

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

-----๑๓-----



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN MÔN
IOT VÀ ỨNG DỤNG

ĐỀ TÀI:

**Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với
RFID và nhận diện khuôn mặt**

Giảng viên hướng dẫn: Kim Ngọc Bách

Nhóm BTL: 3

Thành viên:

B21DCAT015

Đỗ Trí Nghĩa

B21DCCN136

Phan Hồng An

B21DCAT204

Hoàng Anh Tuấn

Hà Nội, 2025

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt”, nhóm chúng em đã có cơ hội tiếp cận sâu hơn với các kiến thức và kỹ năng liên quan đến lĩnh vực IoT — một mảng quan trọng trong ngành Công nghệ thông tin. Để hoàn thành bài tập lớn này, chúng em đã nhận được rất nhiều sự hỗ trợ, định hướng và giúp đỡ quý báu.

Trước hết, nhóm xin trân trọng cảm ơn Học viện Công nghệ Bru chính Viễn thông và Khoa Công nghệ Thông tin 1 đã xây dựng chương trình đào tạo toàn diện, luôn cập nhật và định hướng thực tiễn, tạo điều kiện cho sinh viên được tiếp cận với các kiến thức chuyên sâu và ứng dụng công nghệ hiện đại trong quá trình học tập.

Đặc biệt, nhóm xin gửi lời biết ơn chân thành tới thầy Kim Ngọc Bách— giảng viên hướng dẫn môn học IoT và Ứng dụng. Sự tận tâm giảng dạy, sự nhiệt huyết trong truyền đạt kiến thức và những chỉ dẫn tận tình của thầy đã giúp chúng em rất nhiều trong việc tiếp cận, nghiên cứu và triển khai đề tài một cách đúng hướng, khoa học và hiệu quả. Không chỉ dừng lại ở kiến thức lý thuyết, thầy còn giúp chúng em hiểu rõ hơn về cách tư duy hệ thống, kỹ năng làm việc nhóm và xử lý các vấn đề kỹ thuật thực tế trong lĩnh vực IOT.

Chúng em cũng xin cảm ơn các thầy cô và bạn bè đã hỗ trợ, góp ý, chia sẻ tài liệu cũng như kinh nghiệm trong suốt quá trình nhóm thực hiện bài tập lớn. Những sự hỗ trợ này đã góp phần không nhỏ vào việc hoàn thành sản phẩm và bài báo cáo cuối cùng.

Mặc dù nhóm đã nỗ lực hết mình trong quá trình nghiên cứu và xây dựng đề tài, nhưng do giới hạn về thời gian và kinh nghiệm thực tế, bài làm chắc chắn vẫn còn nhiều điểm chưa thực sự hoàn thiện. Chúng em rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu từ thầy cô để có thể rút kinh nghiệm và cải thiện trong những lần sau.

Một lần nữa, chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Kim Ngọc Bách cùng toàn thể các thầy cô trong Khoa CNTT1. Kính chúc quý thầy cô luôn mạnh khỏe, công tác tốt và tiếp tục truyền lửa đam mê cho nhiều thế hệ sinh viên.

MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU.....	4
1. Lý do chọn đề tài.....	4
2. Mục tiêu đề tài.....	4
3. Phạm vi nghiên cứu.....	5
4. Phương pháp thực hiện.....	6
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG RFID.....	9
1.1. Giới thiệu về công nghệ RFID.....	9
1.2. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống RFID.....	9
1.3. Các loại thẻ và đầu đọc RFID.....	11
1.4. Ứng dụng của RFID trong quản lý thư viện và các lĩnh vực khác.....	14
1.5. Ưu điểm – Hạn chế.....	17
CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH YÊU CẦU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG.....	20
2.1. Bài toán đặt ra.....	20
2.2. Yêu cầu hệ thống.....	20
2.3. Sơ đồ tổng thể hệ thống.....	22
2.4. Phân tích phần cứng sử dụng.....	24
2.5. Phân tích phần mềm.....	27
CHƯƠNG 3: THỰC HIỆN VÀ TRIỂN KHAI.....	31
3.1. Sơ đồ nối dây phần cứng.....	31
3.2. Lắp ráp và kiểm thử thiết bị.....	32
3.3. Giao diện người dùng.....	34
3.4. Kết quả chạy chương trình.....	36
CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	41
5.1. Kết luận chung về đề tài.....	41
5.2. Kiến thức, kỹ năng nhóm thu nhận được.....	41
5.3. Hướng phát triển mở rộng.....	42
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	45

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong bối cảnh Internet of Things (IoT) đang trở thành nền tảng công nghệ then chốt trong cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, việc ứng dụng IoT vào các lĩnh vực truyền thống như quản lý thư viện là một hướng đi tất yếu nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động, tối ưu quy trình và cải thiện trải nghiệm người dùng. Đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt” ra đời nhằm mục đích xây dựng một hệ thống quản lý thư viện thông minh, cho phép kết nối các thiết bị phần cứng như module RFID, camera, và màn hình hiển thị vào một mạng IoT phục vụ giám sát và quản lý từ xa.

Hệ thống cho phép tự động hóa quy trình mượn – trả sách và điểm danh sinh viên thông qua RFID và nhận diện khuôn mặt, đồng thời gửi dữ liệu thời gian thực về máy chủ hoặc dịch vụ cloud, từ đó giúp cán bộ thư viện có thể quản lý hoạt động từ bất kỳ đâu. Đề tài không chỉ mang tính thực tiễn cao mà còn tạo điều kiện cho sinh viên tiếp cận sâu hơn với các nguyên lý và ứng dụng thực tế của IoT, từ kết nối thiết bị đến thu thập, truyền và xử lý dữ liệu.

2. Mục tiêu đề tài

Đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt” được thực hiện với mục tiêu xây dựng một hệ thống IOT thông minh có khả năng tự động hóa quy trình mượn – trả sách và điểm danh sinh viên, đồng thời kết nối với mạng để truyền và giám sát dữ liệu từ xa. Hệ thống được thiết kế xoay quanh vi điều khiển ESP32, với khả năng giao tiếp Wi-Fi, nhằm điều khiển các thiết bị như module RFID, camera nhận diện khuôn mặt, màn hình hiển thị và các linh kiện hỗ trợ khác. Một trong những mục tiêu quan trọng là tận dụng kết nối mạng để truyền dữ liệu thời gian thực, bao gồm lịch sử mượn – trả sách và thông tin điểm danh, lên máy chủ nội bộ hoặc nền tảng cloud như Firebase hoặc MQTT broker. Bên cạnh đó, đề tài cũng hướng tới việc xây dựng giao diện dashboard trực quan giúp cán bộ thư viện theo dõi hoạt động và quản lý sinh viên dễ dàng hơn, đồng thời thể hiện rõ tính chất của một ứng dụng IoT thực tiễn. Về mặt kỹ thuật, nhóm sinh viên đặt mục tiêu áp dụng toàn diện kiến thức về lập trình vi điều khiển, giao tiếp cảm biến, xử lý dữ liệu và kết nối mạng để hoàn thiện một sản phẩm có tính khả thi cao. Việc kết hợp công nghệ RFID với nhận diện khuôn mặt thể hiện sự tích hợp đa công nghệ, giúp nâng cao độ tin cậy và bảo mật của hệ thống. Hơn nữa, nhóm cũng tập trung vào việc tối ưu phần mềm để đảm bảo hoạt động ổn định trong môi trường mạng nội bộ hoặc khi tích hợp với các nền tảng IoT đơn giản, phù hợp với quy mô của đề tài trong khuôn khổ môn học.

3. Phạm vi nghiên cứu

Trong phạm vi bài tập lớn môn học “IoT và Ứng dụng”, đề tài được triển khai dưới dạng một hệ thống nguyên mẫu (prototype) hướng đến mô hình thư viện quy mô vừa và nhỏ. Về phần cứng, nghiên cứu tập trung vào việc sử dụng vi điều khiển ESP32 làm trung tâm điều phối, kết nối với các thiết bị như module

đọc/ghi RFID RC522, camera phục vụ nhận diện khuôn mặt, màn hình LCD/OLED, cùng với một số linh kiện cơ bản như nút nhấn, dây nguồn và bo mạch phụ trợ. Đề tài không mở rộng sang các thiết bị cao cấp như cửa từ tự động, hệ thống kiểm soát truy cập chuyên dụng hay thiết bị bảo mật nâng cao, nhằm đảm bảo tính phù hợp với năng lực triển khai và thời lượng môn học.

Về phần mềm và kết nối mạng, hệ thống chỉ xử lý các chức năng cốt lõi như ghi nhận dữ liệu RFID, xác thực khuôn mặt bằng thư viện mã nguồn mở đơn giản, hiển thị thông tin sách và người dùng, cũng như lưu lại lịch sử giao dịch. Dữ liệu sẽ được truyền lên cloud hoặc máy chủ qua các giao thức phổ biến trong IoT như HTTP hoặc MQTT. Giao diện giám sát sẽ được xây dựng bằng các công cụ mã nguồn mở hoặc nền tảng cloud miễn phí, thể hiện rõ thông tin mượn – trả sách và điểm danh sinh viên theo thời gian thực. Tuy nhiên, hệ thống chỉ hoạt động trong phạm vi mạng cục bộ hoặc với kết nối cloud quy mô nhỏ, chưa hướng tới tích hợp với hệ thống quản lý thư viện lớn, hệ thống điện toán đám mây toàn diện hay cơ chế bảo mật cấp cao. Nhóm không đi sâu vào xử lý ảnh phức tạp hay ứng dụng AI trong nhận diện khuôn mặt mà chỉ sử dụng các công cụ đơn giản để minh họa chức năng.

Việc giới hạn rõ ràng về kỹ thuật, chức năng và quy mô ứng dụng giúp nhóm sinh viên tập trung hoàn thiện một mô hình thực tiễn có tính ứng dụng cao trong môi trường giáo dục. Đây sẽ là nền tảng quan trọng để phát triển thêm các chức năng nâng cao hoặc mở rộng quy mô hệ thống trong các nghiên cứu hoặc dự án sau này.

4. Phương pháp thực hiện

Để thực hiện đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt” với các chức năng mượn – trả sách, check-in/check-out và nhận diện khuôn mặt, nhóm đã sử dụng một phương pháp tiếp cận toàn diện kết hợp các công nghệ phần mềm và phần cứng hiện đại. Quá trình triển khai được chia thành ba giai đoạn chính: thiết kế hệ thống, phát triển phần mềm và triển khai phần cứng, kiểm thử và hoàn thiện.

1. Phát triển phần mềm (Backend và Frontend)

Phần mềm của hệ thống được chia thành hai phần chính: Backend và Frontend. Phía Backend được xây dựng sử dụng Express.js, một framework Node.js nhẹ và hiệu quả. Express.js giúp nhóm dễ dàng xây dựng các API RESTful để xử lý các yêu cầu từ client, bao gồm các thao tác mượn sách, trả sách, điểm danh, kiểm tra thẻ RFID và nhận diện khuôn mặt. Backend cũng chịu trách nhiệm kết nối và xử lý dữ liệu với cơ sở dữ liệu MySQL để lưu trữ thông tin người dùng, sách, lịch sử giao dịch và các thông tin liên quan khác.

Frontend được phát triển bằng React, một thư viện JavaScript phổ biến để xây dựng giao diện người dùng. React giúp xây dựng các component UI tái sử dụng được, từ đó tạo ra trải nghiệm người dùng mượt mà, tương tác trực quan khi thực hiện các thao tác mượn sách, điểm danh hoặc xem thông tin về sách và các giao dịch. Các giao diện sẽ được thiết kế dễ sử dụng và thích nghi tốt với cả máy tính để bàn và thiết bị di động.

2. Phát triển phần cứng (ESP32 và các thiết bị ngoại vi)

Phần cứng của hệ thống sử dụng ESP32, một vi điều khiển mạnh mẽ và linh hoạt, phù hợp cho các ứng dụng IoT. ESP32 sẽ đóng vai trò là trung tâm điều khiển hệ thống, xử lý các tín hiệu từ thẻ RFID. Ngoài ra, ESP32 còn kết nối với các thiết bị ngoại vi như đầu đọc thẻ RFID để quét thẻ và camera USB hoặc module camera để nhận diện khuôn mặt của người dùng.

3. Giao tiếp và truyền tải dữ liệu (MQTT và Socket.IO)

Để hệ thống hoạt động một cách hiệu quả và có thể xử lý được nhiều yêu cầu đồng thời, nhóm đã sử dụng MQTT (qua HiveMQ) làm giao thức truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị trong hệ thống. MQTT là một giao thức nhẹ, phù hợp cho các ứng dụng IoT, giúp giao tiếp giữa ESP32 và server trở nên nhanh chóng và đáng tin cậy. MQTT giúp gửi các thông tin như mã thẻ RFID, ảnh khuôn mặt nhận diện và các trạng thái mượn sách từ phần cứng lên hệ thống backend.

Đồng thời, để đảm bảo tính tương tác thời gian thực giữa người dùng và hệ thống, nhóm sử dụng Socket.IO để xây dựng các kết nối WebSocket, cho phép truyền tải dữ liệu trực tiếp từ client (frontend) đến server (backend). Điều này đặc biệt quan trọng khi thực hiện các thao tác điểm danh và mượn sách, yêu cầu phản hồi ngay lập tức từ hệ thống.

4. Xử lý nhận diện khuôn mặt (Face-api.js)

Để thực hiện chức năng nhận diện khuôn mặt, nhóm đã sử dụng face-api.js, một thư viện JavaScript mạnh mẽ cho phép nhận diện khuôn mặt trực tiếp trên trình duyệt web. Thư viện này sẽ giúp nhận diện khuôn mặt của người dùng khi họ thực hiện check-in/check-out tại thư viện, đồng thời xác minh người mượn sách thông qua việc đối chiếu với cơ sở dữ liệu khuôn mặt đã lưu. Face-api.js giúp thực hiện các tác vụ như nhận diện khuôn mặt, phân loại và đối chiếu các đặc điểm khuôn mặt để xác nhận danh tính người dùng một cách chính xác.

5. Phát triển và triển khai (PlatformIO)

Để phát triển phần mềm IOT cho ESP32, nhóm sử dụng PlatformIO, một nền tảng phát triển mã nguồn mở cho các hệ thống IOT. PlatformIO hỗ trợ nhiều thư viện và công cụ để dễ dàng lập trình ESP32 và kết nối với các thiết bị ngoại vi, đồng thời cung cấp môi trường phát triển tích hợp (IDE) giúp nhóm dễ dàng theo dõi tiến trình và kiểm tra lỗi trong suốt quá trình phát triển.

6. Cơ sở dữ liệu (MySQL)

Hệ thống cơ sở dữ liệu MySQL được sử dụng để lưu trữ và quản lý tất cả thông tin cần thiết cho hệ thống, bao gồm thông tin người dùng (sinh viên), danh mục sách, lịch sử mượn và trả sách, cùng với các thông tin đăng nhập, lịch sử điểm danh. MySQL là một hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ mạnh mẽ, giúp đảm bảo dữ liệu được lưu trữ an toàn và có thể truy xuất nhanh chóng khi cần thiết.

7. Kiểm thử và hoàn thiện

Cuối cùng, sau khi hoàn thành việc triển khai phần mềm và phần cứng, nhóm sẽ tiến hành các bước kiểm thử hệ thống. Kiểm thử sẽ bao gồm các bài kiểm tra đơn giản như kiểm tra thẻ RFID, kiểm tra khả năng nhận diện khuôn mặt trong điều kiện khác nhau, và đảm bảo các chức năng mượn – trả sách hoạt động chính xác. Sau khi hoàn thành việc kiểm thử, nhóm sẽ hoàn thiện hệ thống và đưa vào hoạt động thử nghiệm tại thư viện.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG RFID

1.1. Giới thiệu về công nghệ RFID

Trong kỷ nguyên của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, khi yêu cầu về quản lý thông tin nhanh chóng, chính xác và tự động ngày càng trở nên quan trọng, các công nghệ nhận dạng tự động (Auto-ID) đã và đang giữ một vai trò cốt lõi. Trong số đó, RFID (Radio Frequency Identification – Nhận dạng bằng tần số vô tuyến) nổi lên như một công nghệ tiên tiến và đầy tiềm năng. Với khả năng truyền tải dữ liệu không dây giữa một thiết bị đọc và một thẻ mang thông tin, RFID mang lại một giải pháp hiệu quả cho các hệ thống theo dõi và quản lý đối tượng trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

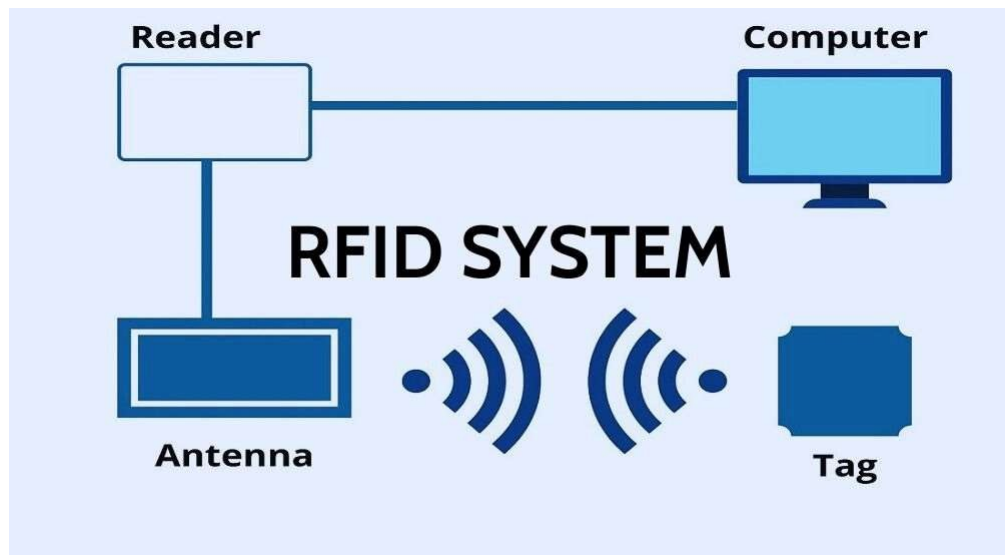
Khác với mã vạch (barcode) truyền thống đòi hỏi sự can thiệp trực tiếp để quét, RFID cho phép truyền dữ liệu từ xa thông qua sóng vô tuyến mà không cần tiếp xúc vật lý. Điều này đồng nghĩa với việc quá trình nhận dạng có thể diễn ra một cách tự động, liên tục và nhanh chóng, ngay cả trong môi trường nhiều đối tượng hoặc không thuận lợi về mặt quan sát trực tiếp. Nhờ ưu điểm đó, RFID đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành như logistics, bán lẻ, sản xuất, chăm sóc sức khỏe, giao thông vận tải và đặc biệt là trong lĩnh vực giáo dục và quản lý thư viện.

Tại các thư viện hiện đại, công nghệ RFID đang dần thay thế cho các hình thức quản lý truyền thống nhờ khả năng tối ưu hóa quy trình mượn – trả sách, chống thất thoát tài liệu, quản lý kho lưu trữ hiệu quả và đặc biệt là nâng cao trải nghiệm người dùng. Khi được kết hợp với các công nghệ nhận dạng khác như nhận diện khuôn mặt, hệ thống có thể mở rộng chức năng để hỗ trợ điểm danh tự động (check-in/check-out), kiểm soát truy cập hay cá nhân hóa trải nghiệm người dùng.

Với những lợi ích vượt trội kể trên, nhóm chúng em lựa chọn nghiên cứu và phát triển đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt” nhằm hiện thực hóa một mô hình ứng dụng RFID kết hợp với các công nghệ hiện đại khác. Việc lựa chọn đề tài không chỉ xuất phát từ nhu cầu thực tiễn trong công tác quản lý thư viện tại các cơ sở giáo dục mà còn là cơ hội để nhóm tiếp cận sâu hơn với một công nghệ đang được ứng dụng rộng rãi và có tính thực tiễn cao trong phát triển hệ thống IOT.

1.2. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống RFID

Hệ thống RFID là một hệ thống nhận dạng tự động không tiếp xúc, hoạt động dựa trên nguyên lý truyền và thu dữ liệu bằng sóng vô tuyến giữa một thiết bị đọc (reader) và một thẻ RFID (tag). Về cơ bản, một hệ thống RFID hoàn chỉnh bao gồm ba thành phần chính: thẻ RFID (RFID tag), đầu đọc RFID (RFID reader) và hệ thống xử lý dữ liệu (backend system). Ngoài ra, trong một số trường hợp, hệ thống còn có thể tích hợp thêm ăng-ten, module điều khiển trung gian hoặc các thiết bị ngoại vi hỗ trợ, tùy vào mục đích sử dụng và mức độ phức tạp của ứng dụng.



1.2.1. Thẻ RFID (RFID Tag)

Thẻ RFID là thiết bị gắn vào đối tượng cần được theo dõi hoặc nhận dạng. Mỗi thẻ chứa một vi mạch nhỏ có bộ nhớ lưu trữ thông tin định danh và một ăng-ten nhỏ dùng để truyền và nhận tín hiệu. Thẻ RFID có thể được chia thành ba loại cơ bản dựa trên nguồn năng lượng hoạt động:

- Thẻ thụ động (Passive Tag): Không có nguồn điện riêng, hoạt động nhờ năng lượng thu được từ sóng vô tuyến do đầu đọc phát ra. Đây là loại phổ biến nhất do chi phí thấp, kích thước nhỏ và dễ triển khai.
- Thẻ bán chủ động (Semi-passive Tag): Có nguồn điện riêng để cấp năng lượng cho chip, nhưng vẫn sử dụng sóng từ đầu đọc để truyền dữ liệu.
- Thẻ chủ động (Active Tag): Có nguồn điện riêng và có thể tự phát tín hiệu. Loại thẻ này có phạm vi hoạt động lớn hơn nhưng chi phí cao hơn và thường dùng trong các ứng dụng yêu cầu tầm xa.

1.2.2. Đầu đọc RFID (RFID Reader)

Đầu đọc RFID là thiết bị trung gian có chức năng giao tiếp với thẻ RFID thông qua sóng vô tuyến. Nó thực hiện hai chức năng chính: kích hoạt thẻ (nếu là thẻ thụ động) và đọc/ghi dữ liệu từ/thẻ RFID. Đầu đọc có thể hoạt động độc lập hoặc kết nối với hệ thống máy tính để gửi dữ liệu về cơ sở dữ liệu trung tâm.

Tùy vào phạm vi sử dụng, đầu đọc có thể có các đặc điểm khác nhau như: tần số hoạt động (LF, HF, UHF), công suất phát, giao diện truyền thông (USB, RS232, Ethernet, WiFi), và khả năng tương thích với nhiều loại thẻ RFID khác nhau.

1.2.3. Hệ thống xử lý dữ liệu

Đây là phần mềm quản lý có chức năng tiếp nhận dữ liệu từ đầu đọc RFID, phân tích, lưu trữ và đưa ra các hành động phù hợp theo quy trình của hệ thống. Trong đề tài của nhóm, hệ thống xử lý bao gồm một server backend (sử dụng

ExpressJS) kết nối với cơ sở dữ liệu MySQL, cùng với giao diện frontend React giúp người dùng dễ dàng tương tác với hệ thống. Ngoài ra, các dữ liệu như thông tin thẻ, thời gian quét, người dùng check-in/check-out cũng được lưu trữ và hiển thị rõ ràng phục vụ quản lý.

1.2.4. Nguyên lý hoạt động



Nguyên lý hoạt động của hệ thống RFID được mô tả theo các bước cơ bản như sau:

- 1) Phát sóng: Đầu đọc RFID phát ra sóng vô tuyến ở tần số xác định. Sóng này có tác dụng cung cấp năng lượng cho thẻ RFID (đối với thẻ thụ động) và tạo một vùng hoạt động xung quanh đầu đọc.
- 2) Kích hoạt thẻ: Khi thẻ RFID đi vào vùng hoạt động của đầu đọc, nó sẽ được kích hoạt và truyền về thông tin định danh đã lưu trữ (ví dụ: mã số sinh viên, mã sách, ID người dùng,...).
- 3) Nhận và xử lý dữ liệu: Đầu đọc thu dữ liệu từ thẻ và truyền về hệ thống xử lý trung tâm. Tại đây, hệ thống kiểm tra dữ liệu nhận được, thực hiện các thao tác nghiệp vụ như ghi nhận mượn sách, trả sách, hoặc điểm danh người dùng.
- 4) Phản hồi và lưu trữ: Kết quả xử lý được phản hồi về hệ thống giao diện hoặc cập nhật trong cơ sở dữ liệu để phục vụ cho các truy vấn sau này.

Đặc biệt, trong hệ thống thư viện thông minh của nhóm, quy trình này còn được kết hợp với nhận diện khuôn mặt thông qua thư viện face-api.js và sử dụng giao tiếp thời gian thực qua Socket.IO để đảm bảo việc xác thực người dùng một cách chính xác, an toàn và tiện lợi.

1.3. Các loại thẻ và đầu đọc RFID

Để thiết kế và triển khai một hệ thống RFID hiệu quả, việc lựa chọn đúng loại thẻ và đầu đọc phù hợp với yêu cầu thực tế là yếu tố then chốt. Mỗi loại thẻ và đầu đọc đều có những đặc điểm, phạm vi ứng dụng và mức độ tương thích khác nhau. Trong phần này, nhóm sẽ trình bày tổng quan về các loại thẻ RFID và đầu đọc RFID phổ biến hiện nay cũng như tiêu chí lựa chọn phù hợp cho hệ thống thư viện thông minh.

1.3.1. Phân loại thẻ RFID

Thẻ RFID là thành phần gắn liền với đối tượng cần quản lý như sách, thẻ sinh viên, tài sản,... Mỗi thẻ chứa thông tin định danh và hoạt động theo các cơ chế truyền tín hiệu khác nhau. Có thể phân loại thẻ RFID theo nhiều tiêu chí, cụ thể như sau:

a. Theo nguồn năng lượng hoạt động:

- Thẻ RFID thụ động (Passive RFID tag): Là loại phổ biến nhất. Không có nguồn điện riêng mà sử dụng năng lượng thu được từ sóng vô tuyến do đầu đọc phát ra để hoạt động. Loại thẻ này có kích thước nhỏ gọn, giá thành rẻ và tuổi thọ cao. Tuy nhiên, phạm vi hoạt động ngắn (thường dưới 3 mét).

→ Phù hợp với hệ thống thư viện cần gắn vào sách hoặc thẻ người dùng.

- Thẻ RFID chủ động (Active RFID tag): Có pin hoặc nguồn điện riêng. Có khả năng tự phát tín hiệu định kỳ mà không cần kích hoạt từ đầu đọc. Phạm vi hoạt động rộng hơn (có thể lên tới 100 mét), dung lượng bộ nhớ lớn hơn và tốc độ truyền dữ liệu cao.

→ Thường sử dụng trong quản lý kho, container, phương tiện giao thông.

- Thẻ bán thụ động (Semi-passive hoặc Semi-active RFID tag): Có pin nội bộ để cấp nguồn cho chip nhưng vẫn cần tín hiệu từ đầu đọc để giao tiếp. Hiệu suất tốt hơn thẻ thụ động nhưng chi phí cũng cao hơn.

→ Ứng dụng trong môi trường yêu cầu độ ổn định và khoảng cách trung bình.

b. Theo dải tần hoạt động:

- Tần số thấp (LF – 125~134 kHz): Khả năng đọc qua vật cản tốt, tuy nhiên tốc độ truyền dữ liệu thấp, khoảng cách đọc ngắn (dưới 10cm).

→ Thường dùng trong chấm công, kiểm soát ra vào.

- Tần số cao (HF – 13.56 MHz): Tốc độ truyền ổn định, khoảng cách đọc trung bình (dưới 1 mét), được sử dụng rộng rãi trong thẻ sinh viên, thẻ thư viện.

→ Đây là loại tần số mà hệ thống của nhóm đang sử dụng.



- Tần số siêu cao (UHF – 860~960 MHz): Phạm vi đọc xa hơn (3–10 mét), tốc độ truyền nhanh nhưng dễ bị ảnh hưởng bởi môi trường và vật cản.

→ Phù hợp với logistics, bán lẻ, theo dõi chuỗi cung ứng.

1.3.2. Phân loại đầu đọc RFID

Đầu đọc RFID là thiết bị có nhiệm vụ kích hoạt và giao tiếp với các thẻ RFID trong vùng hoạt động. Việc lựa chọn loại đầu đọc phụ thuộc vào môi trường hoạt động, loại thẻ sử dụng và giao diện tích hợp.

a. Theo kiểu kết nối:

- Đầu đọc cầm tay (Handheld Reader): Có tính di động cao, thường tích hợp màn hình, nút điều khiển và pin sạc. Người dùng có thể mang theo để quét thẻ tại nhiều vị trí khác nhau.
- Đầu đọc cố định (Fixed Reader): Được lắp đặt tại một vị trí cố định như cổng thư viện, quầy mượn/trả sách,... Có thể kết nối với máy chủ hoặc hệ thống điều khiển qua các giao thức như USB, RS232, Ethernet.
- Đầu đọc nhúng (Embedded Reader): Tích hợp vào các thiết bị IOT hoặc hệ thống chuyên dụng như máy kiểm tra sách, máy điểm danh,...

→ Trong đề tài này, nhóm sử dụng module RC522 kết nối với ESP32 để đóng vai trò đầu đọc nhúng, truyền dữ liệu qua MQTT tới hệ thống backend.



b. Theo dải tần số tương thích:

- LF Reader: Dùng cho thẻ tần số thấp, khả năng chống nhiễu tốt nhưng tốc độ chậm.
- HF Reader: Phù hợp với thẻ sinh viên và thẻ thư viện (13.56 MHz).
- UHF Reader: Cho phép đọc đồng thời nhiều thẻ trong phạm vi xa hơn, thường dùng trong công nghiệp.

c. Theo hình thức giao tiếp dữ liệu:

- Đầu đọc có thể giao tiếp với hệ thống quản lý qua Serial (UART), I2C, SPI, USB, hoặc qua mạng không dây như WiFi, MQTT hoặc Socket.IO.
- Trong hệ thống của nhóm, đầu đọc RC522 kết nối qua SPI với ESP32, sau đó ESP32 giao tiếp qua giao thức MQTT (sử dụng HiveMQ broker) để gửi dữ liệu lên hệ thống backend, giúp đảm bảo tính thời gian thực, ổn định và mở rộng.

1.4. Ứng dụng của RFID trong quản lý thư viện và các lĩnh vực khác



Công nghệ RFID đã chứng minh được giá trị vượt trội trong nhiều lĩnh vực nhờ khả năng tự động hóa, nhận dạng nhanh chóng và quản lý dữ liệu chính xác. Trong những năm gần đây, RFID được triển khai rộng rãi không chỉ trong các ngành công nghiệp lớn mà còn trong lĩnh vực giáo dục, đặc biệt là quản lý thư viện – nơi yêu cầu sự chính xác, nhanh chóng và hiệu quả trong việc kiểm soát luồng tài liệu và người dùng.

1.4.1. Ứng dụng của RFID trong quản lý thư viện

a. Tự động hóa quy trình mượn – trả sách

RFID cho phép người dùng tự thực hiện quá trình mượn và trả sách mà không cần đến sự can thiệp của thủ thư. Khi sách được gắn thẻ RFID và các máy đọc được bố trí tại khu vực mượn/trả, người dùng chỉ cần quét thẻ sinh viên và các cuốn sách muốn mượn vào đầu đọc RFID. Hệ thống sẽ tự động nhận diện, ghi nhận giao dịch và cập nhật vào cơ sở dữ liệu. Điều này giúp giảm thiểu thời gian xếp hàng, tăng tốc độ phục vụ và giảm tải cho cán bộ thư viện.

b. Quản lý tồn kho và kiểm kê tài liệu

Việc kiểm kê sách truyền thống thường mất nhiều thời gian và nhân lực. Với RFID, nhân viên chỉ cần mang thiết bị đọc cầm tay đi dọc các giá sách để kiểm tra, hệ thống sẽ tự động ghi nhận dữ liệu từ các thẻ RFID trong phạm vi đọc. Quá trình kiểm kê từ đó trở nên nhanh chóng, chính xác và tiết kiệm thời gian đáng kể.

c. Bảo mật và chống thất thoát tài liệu

RFID hỗ trợ xây dựng các cổng an ninh tại lối ra vào của thư viện. Khi một cuốn sách chưa được hệ thống xác nhận trả mà bị đưa ra khỏi khu vực thư viện, đầu đọc tại cổng sẽ phát hiện và phát tín hiệu cảnh báo. Đây là một biện pháp chống thất thoát hiệu quả mà các thư viện truyền thống gặp nhiều khó khăn trong việc kiểm soát.

d. Điểm danh và kiểm soát ra vào thư viện

Thẻ sinh viên tích hợp RFID có thể sử dụng để điểm danh khi sinh viên vào thư viện hoặc vào các khu vực học tập riêng. Khi sinh viên quét thẻ tại thiết bị đầu đọc (hoặc sử dụng công nghệ nhận diện khuôn mặt kết hợp RFID như hệ thống nhóm đang triển khai), hệ thống sẽ ghi nhận thời gian check-in/check-out, từ đó hỗ trợ công tác thống kê và quản lý hoạt động học tập, tra cứu.

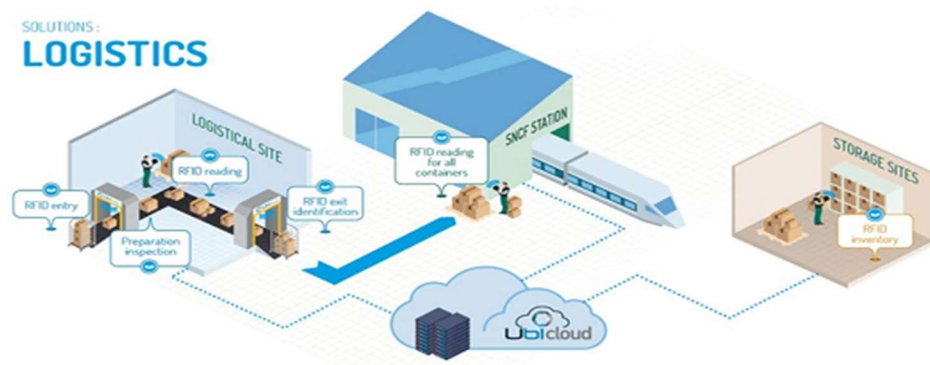
e. Quản lý dữ liệu và thống kê

Thông tin mượn – trả sách, tần suất sử dụng tài liệu, lượt ra vào thư viện,... đều được thu thập và lưu trữ thông qua hệ thống RFID. Các dữ liệu này giúp ban quản lý thư viện dễ dàng đánh giá nhu cầu người dùng, quản lý tài nguyên hiệu quả hơn và hỗ trợ ra quyết định chính sách phù hợp.

1.4.2. Ứng dụng RFID trong các lĩnh vực khác

a. Quản lý chuỗi cung ứng và kho vận (Logistics)

Trong công nghiệp và thương mại, RFID được sử dụng để theo dõi vị trí và trạng thái của hàng hóa trong suốt quá trình vận chuyển. Các pallet, thùng hàng được gắn thẻ RFID và dễ dàng được giám sát bằng các cổng đọc tự động tại kho, cảng hoặc xe tải, giúp tăng cường khả năng truy xuất nguồn gốc và kiểm soát hàng hóa theo thời gian thực.



b. Bán lẻ và quản lý cửa hàng

Các siêu thị và cửa hàng có thể gắn thẻ RFID lên từng sản phẩm để thực hiện kiểm kê nhanh, giảm thời gian thanh toán và chống gian lận. Thậm chí một số hệ thống hiện đại có thể tự động nhận diện các món hàng được khách hàng chọn và thực hiện thanh toán không cần quét mã vạch.



c. Y tế

Bệnh nhân, thuốc men và thiết bị y tế có thể được gắn thẻ RFID để theo dõi vị trí và tình trạng trong bệnh viện. Việc này giúp giảm thiểu sai sót trong y khoa, tăng cường khả năng quản lý thuốc và nâng cao độ an toàn cho bệnh nhân.



d. Giao thông và kiểm soát phương tiện

Thẻ RFID được tích hợp vào xe để kiểm soát ra vào bãi đỗ, trạm thu phí tự động (ETC – Electronic Toll Collection), theo dõi phương tiện công cộng, v.v. Đây là một trong những lĩnh vực ứng dụng rộng rãi nhất của RFID tại các đô thị thông minh.

e. Giáo dục – điểm danh – an ninh trường học

Tại nhiều trường học, thẻ học sinh gắn RFID có thể được dùng để điểm danh, kiểm soát ra vào cổng, tích hợp với ví điện tử, hoặc theo dõi vị trí học sinh trong khuôn viên. Công nghệ này góp phần tăng cường tính minh bạch và an toàn trong môi trường giáo dục.



1.5. Ưu điểm – Hạn chế

Công nghệ RFID mang lại nhiều tiện ích và giá trị thực tiễn trong các hệ thống nhận dạng và quản lý tự động. Tuy nhiên, giống như bất kỳ công nghệ nào khác, RFID cũng tồn tại những giới hạn và thách thức cần được cân nhắc kỹ lưỡng trước khi triển khai trong thực tế.

1.5.1. Ưu điểm

a. Tự động hóa và không cần tiếp xúc trực tiếp

Một trong những ưu điểm nổi bật của RFID so với mã vạch truyền thống là khả năng hoạt động mà không cần tiếp xúc vật lý hoặc phải nằm trong tầm nhìn trực tiếp với thiết bị đọc. Điều này giúp quá trình nhận dạng trở nên nhanh chóng, tiện lợi và không bị cản trở bởi các yếu tố như bụi bẩn, mờ, hoặc vị trí dán thẻ.

b. Khả năng đọc đồng loạt nhiều thẻ

Hệ thống RFID có thể nhận diện và đọc dữ liệu từ nhiều thẻ trong cùng một thời điểm, giúp tăng đáng kể tốc độ xử lý trong các ứng dụng như kiểm kê kho, điểm danh số lượng lớn hoặc xử lý mượn – trả sách đồng thời trong thư viện.

c. Dung lượng lưu trữ dữ liệu lớn hơn mã vạch

Thẻ RFID có thể lưu trữ được nhiều thông tin hơn so với mã vạch, bao gồm cả mã định danh, dữ liệu bổ sung, và trạng thái cập nhật. Một số thẻ còn có khả năng ghi – xóa để thay đổi nội dung lưu trữ theo nhu cầu sử dụng.

d. Độ bền và tuổi thọ cao

Thẻ RFID không sử dụng linh kiện cơ học, nên chúng bền hơn và có thể hoạt động ổn định trong môi trường khắc nghiệt, ẩm ướt, nhiều bụi, hoặc nơi có điều kiện ánh sáng kém. Điều này rất phù hợp với môi trường thư viện hoặc kho lưu trữ tài liệu lâu dài.

e. Tăng cường bảo mật và kiểm soát truy cập

Khi kết hợp RFID với các công nghệ khác như mã hóa dữ liệu, xác thực truy cập hay nhận diện khuôn mặt, hệ thống có thể đảm bảo độ an toàn cao hơn trong các ứng dụng quản lý như thư viện, y tế, tài chính hoặc an ninh công cộng.

1.5.2. Hạn chế

a. Chi phí đầu tư ban đầu cao

Một trong những rào cản lớn khi triển khai RFID là chi phí thiết bị ban đầu khá cao so với các phương pháp truyền thống như mã vạch. Việc mua đầu đọc, gắn thẻ cho toàn bộ tài sản, và xây dựng hệ thống phần mềm tích hợp có thể tạo ra áp lực về ngân sách, đặc biệt với các đơn vị có quy mô trung bình hoặc nhỏ.

b. Khả năng bị nhiễu tín hiệu

RFID sử dụng sóng vô tuyến để truyền tín hiệu, do đó có thể bị ảnh hưởng bởi môi trường xung quanh như kim loại, nước, hoặc các thiết bị điện tử khác. Những yếu tố này có thể làm giảm độ chính xác hoặc phạm vi hoạt động của thiết bị đọc.

c. Bảo mật chưa tuyệt đối nếu không có lớp mã hóa

Một số thẻ RFID giá rẻ không có tính năng mã hóa, khiến chúng dễ bị sao chép hoặc giả mạo. Nếu không có các lớp bảo vệ bổ sung như mã hóa dữ liệu hoặc xác thực hai lớp, hệ thống có thể trở thành mục tiêu của các cuộc tấn công đánh cắp thông tin.

d. Yêu cầu bảo trì và quản lý phức tạp hơn

So với các hệ thống đơn giản như mã vạch, RFID đòi hỏi hệ thống phần mềm và phần cứng phức tạp hơn, cần được cập nhật, bảo trì thường xuyên để đảm bảo hiệu suất. Đồng thời, nhân viên sử dụng hệ thống cũng cần được đào tạo để hiểu và vận hành đúng quy trình.

CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH YÊU CẦU VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG

2.1. Bài toán đặt ra

Trong bối cảnh công nghệ ngày càng phát triển, việc số hóa và tự động hóa các quy trình quản lý truyền thống là xu hướng tất yếu nhằm nâng cao hiệu suất và trải nghiệm người dùng. Một trong những lĩnh vực chịu ảnh hưởng rõ nét nhất của xu hướng này là quản lý thư viện. Ở các thư viện truyền thống, hoạt động mượn – trả sách thường diễn ra theo hình thức thủ công, phụ thuộc nhiều vào cán bộ thư viện và việc ghi chép bằng tay. Điều này dẫn đến nhiều vấn đề tồn tại như: thời gian xử lý lâu, dễ xảy ra sai sót, khó kiểm kê tài sản, thiếu minh bạch trong truy vết dữ liệu, và không thể đáp ứng được nhu cầu truy cập nhanh – chính xác của độc giả trong thời đại số.

Từ thực trạng trên, bài toán đặt ra là cần xây dựng một hệ thống thư viện thông minh, giúp tự động hóa hoàn toàn quy trình mượn – trả sách, đồng thời hỗ trợ kiểm soát ra vào thư viện một cách nhanh chóng và an toàn. Hệ thống này cần sử dụng thẻ RFID để gắn cho mỗi cuốn sách cũng như người dùng, từ đó giúp việc nhận dạng và xử lý trở nên nhanh chóng, chính xác và không cần tiếp xúc vật lý. Ngoài ra, để tăng cường tính bảo mật và kiểm soát người dùng ra vào thư viện, hệ thống cần tích hợp thêm chức năng check-in/check-out bằng nhận diện khuôn mặt.

Không chỉ dừng lại ở việc nhận dạng, hệ thống cũng cần có khả năng giao tiếp hai chiều giữa phần cứng và phần mềm, cho phép gửi dữ liệu thời gian thực như trạng thái mượn – trả, lịch sử truy cập hay sự kiện ra vào. Điều này đòi hỏi phải có một mô hình kiến trúc hệ thống hiện đại, sử dụng các công nghệ mới như: Express.js để xây dựng backend RESTful API, React.js để tạo giao diện người dùng hiện đại, ESP32 để điều khiển các thiết bị phần cứng, MQTT (HiveMQ) và Socket.IO để truyền tải dữ liệu thời gian thực, MySQL làm cơ sở dữ liệu lưu trữ thông tin người dùng và sách, và face-api.js để xử lý nhận diện khuôn mặt.

Ngoài ra, hệ thống cần đảm bảo có khả năng mở rộng, dễ bảo trì, và bảo mật dữ liệu người dùng. Các chức năng phải được thiết kế sao cho dễ sử dụng với người dùng cuối (sinh viên, nhân viên thư viện), đồng thời cung cấp giao diện quản trị dành cho quản lý thư viện để theo dõi, thống kê và điều phối hoạt động hệ thống. Tóm lại, bài toán mà nhóm hướng đến là xây dựng một hệ thống quản lý thư viện thông minh sử dụng RFID kết hợp với nhận diện khuôn mặt, tích hợp giữa phần cứng (thiết bị đọc thẻ, camera, vi điều khiển ESP32) và phần mềm (web app quản trị và người dùng), nhằm tự động hóa quá trình mượn – trả sách và kiểm soát ra vào thư viện một cách hiệu quả, an toàn và hiện đại.

2.2. Yêu cầu hệ thống

Để xây dựng một hệ thống quản lý thư viện hiện đại, tích hợp công nghệ RFID và nhận diện khuôn mặt, cần xác định rõ các yêu cầu của hệ thống trên cả hai phương diện: yêu cầu chức năng và yêu cầu phi chức năng. Việc phân tích và xác định đầy đủ, chính xác các yêu cầu này là cơ sở quan trọng cho quá trình thiết kế, triển khai và vận hành hệ thống một cách hiệu quả.

2.2.1. Yêu cầu chức năng

Hệ thống phải có khả năng quản lý thông tin của các thành viên thư viện (sinh viên, cán bộ, nhân viên). Mỗi người dùng sẽ được cấp một mã định danh duy nhất và được gắn với một thẻ RFID. Ngoài ra, người dùng cũng cần được lưu ảnh chân dung để phục vụ cho chức năng nhận diện khuôn mặt.

Từng cuốn sách trong thư viện sẽ được gán một thẻ RFID để hệ thống có thể theo dõi trạng thái và vị trí của sách. Hệ thống cần hỗ trợ thêm, sửa, xoá thông tin sách, đồng thời ghi nhận các sự kiện mượn – trả tương ứng.

Khi người dùng quét thẻ RFID cá nhân tại máy, hệ thống sẽ nhận diện người dùng, sau đó tiếp nhận tín hiệu từ các thẻ sách để ghi nhận hành vi mượn sách. Tương tự, quá trình trả sách cũng được thực hiện thông qua việc quét thẻ RFID của sách và xác nhận thông tin người dùng.

Hệ thống tích hợp camera và sử dụng thư viện face-api.js để nhận diện khuôn mặt người dùng khi ra/vào thư viện. Việc check-in sẽ tự động lưu lại thời gian và thông tin người dùng trong cơ sở dữ liệu.

Hệ thống cần có khả năng giao tiếp với thiết bị thông qua giao thức MQTT và Socket.IO, để nhận dữ liệu từ đầu đọc RFID, gửi phản hồi tới màn hình hoặc các thiết bị ngoại vi (buzzer, LED, màn hình LCD,...).

Hệ thống phải có giao diện web hiện đại, trực quan, dễ sử dụng để người dùng có thể đăng nhập, tra cứu sách, xem lịch sử mượn – trả; quản trị viên có thể quản lý toàn bộ dữ liệu và thiết bị.

Toàn bộ hoạt động như mượn – trả sách, check-in/out, và các thao tác hệ thống đều được ghi nhận để phục vụ việc thống kê và đánh giá hiệu quả hoạt động thư viện.

2.2.2. Yêu cầu phi chức năng

Hệ thống cần đảm bảo độ chính xác cao trong việc nhận diện khuôn mặt và đọc dữ liệu RFID. Thời gian xử lý tín hiệu từ lúc quét đến khi trả kết quả cần tối ưu để tránh chờ đợi lâu cho người dùng.

Kiến trúc hệ thống cần được thiết kế sao cho dễ mở rộng, cho phép tích hợp thêm các thiết bị mới, chức năng mới, hoặc nâng cấp quy mô sử dụng trong tương lai.

Dữ liệu cá nhân của người dùng và thông tin sách phải được bảo vệ, đảm bảo không bị rò rỉ hoặc truy cập trái phép. Các phiên đăng nhập cần được mã hoá và xác thực rõ ràng.

Hệ thống phải hoạt động ổn định trong thời gian dài, kể cả trong điều kiện mất mạng tạm thời. Việc đồng bộ dữ liệu giữa các thành phần phải đảm bảo nhất quán.

Quản trị viên cần có khả năng giám sát tình trạng của các thiết bị (ESP32, camera, đầu đọc RFID). Các lỗi phát sinh phải được ghi log và cảnh báo kịp thời.

2.3. Sơ đồ tổng thể hệ thống

Hệ thống quản lý thư viện thông minh mà nhóm thực hiện bao gồm hai chức năng chính: quản lý check in/out người dùng ra vào thư viện và quản lý mượn/trả sách, tất cả đều được thực hiện tự động thông qua các công nghệ như RFID, nhận diện khuôn mặt, và giao tiếp thời gian thực. Mô hình tổng thể được thiết kế theo hướng phân tầng, bao gồm các thành phần chính như sau:

1. Lớp thiết bị phần cứng (Hardware Layer)

- ESP32: Là vi điều khiển được lập trình để giao tiếp với các đầu đọc RFID, đọc mã thẻ của người dùng hoặc sách, sau đó gửi thông tin đó lên máy chủ thông qua giao thức MQTT.
- Đầu đọc RFID: Kết nối với ESP32 để đọc thẻ người dùng và sách.
- HiveMQ (MQTT Broker): Là trung gian giao tiếp giữa ESP32 và máy chủ backend. Tất cả các gói tin từ ESP32 đều được đẩy lên đây để backend nhận và xử lý.

2. Lớp máy chủ backend (Server Layer)

- Express.js: Nhận dữ liệu từ HiveMQ, xử lý xác thực thẻ, kiểm tra thông tin người dùng/sách, xử lý mượn – trả sách hoặc check in/out. Ngoài ra, backend còn cung cấp API để frontend gửi dữ liệu ảnh khuôn mặt lên xác thực.
- Face-api.js: Được tích hợp tại backend để nhận diện và so khớp khuôn mặt người dùng với ảnh đã lưu.
- Socket.IO: Dùng để truyền dữ liệu thời gian thực giữa backend và frontend, ví dụ như phản hồi quét thẻ, trạng thái mượn/trả sách, kết quả nhận diện khuôn mặt.

3. Lớp giao diện người dùng (Frontend)

ReactJS: Là framework phát triển giao diện người dùng. Giao diện này cho phép thủ thư hoặc người dùng thao tác mượn – trả sách, quét mặt để check in/out, xem lịch sử giao dịch, trạng thái xác thực,... Giao diện sẽ lắng nghe dữ liệu thời gian thực từ backend thông qua Socket.IO và thực hiện gửi yêu cầu qua các API thích hợp.

4. Lớp cơ sở dữ liệu (Database Layer)

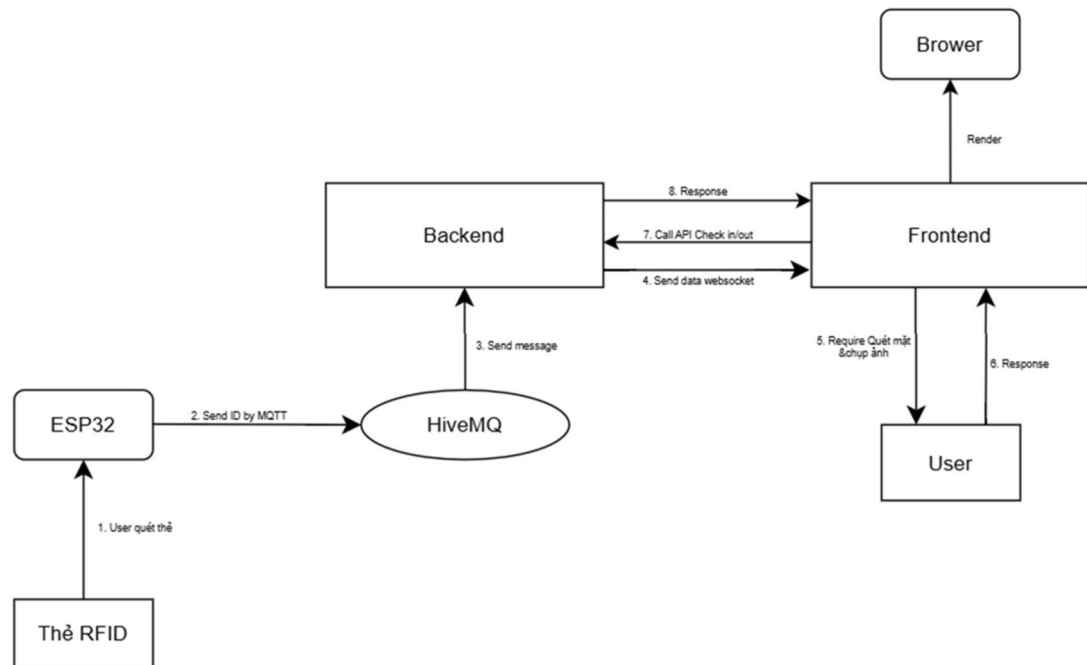
MySQL: Lưu trữ toàn bộ dữ liệu hệ thống bao gồm thông tin người dùng, sách, lịch sử mượn – trả, bản ghi check in/out, ảnh khuôn mặt, và nhật ký hoạt động.

5. Luồng hoạt động của hệ thống

Luồng 1: Check in/out người dùng

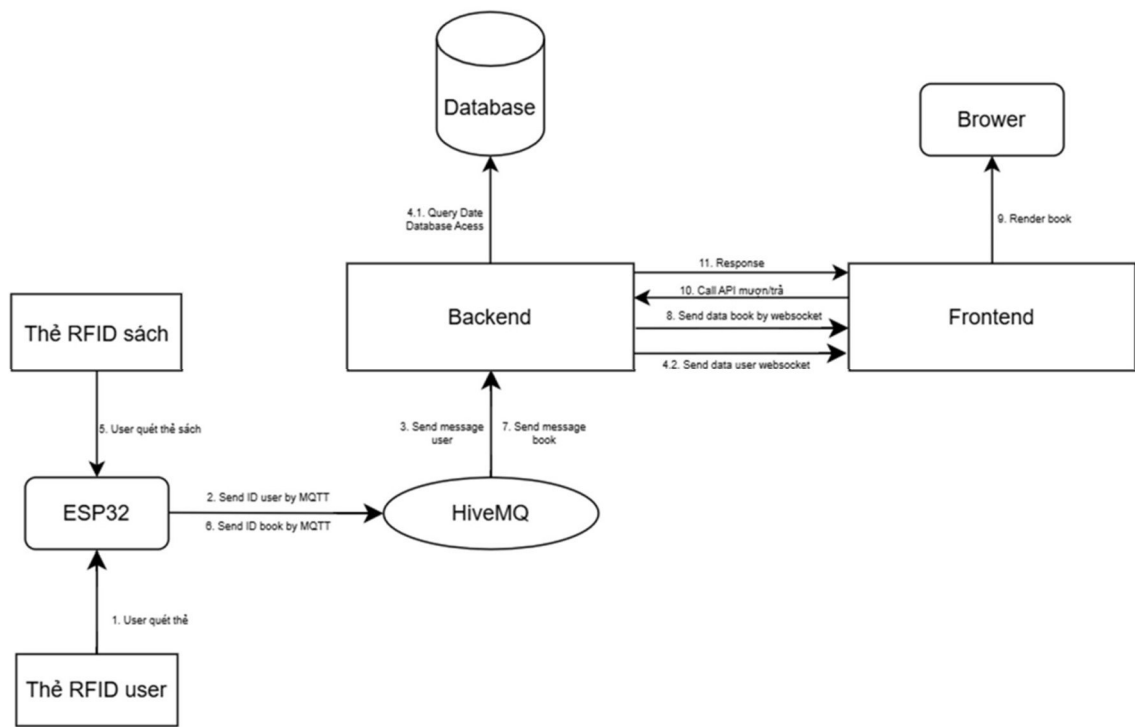
- 1) Người dùng đến cổng thư viện, đưa thẻ RFID đến đầu đọc.
- 2) ESP32 đọc ID và gửi lên HiveMQ.
- 3) Backend nhận dữ liệu từ HiveMQ và gửi thông tin tới frontend qua Socket.IO.

- 4) Frontend tiếp nhận dữ liệu, hiển thị trạng thái và kích hoạt camera máy tính để quét khuôn mặt.
- 5) Ảnh được frontend gửi lên backend thông qua API.
- 6) Backend sử dụng Face-api.js để xử lý ảnh, xác thực người dùng và quyết định check in hay check out.
- 7) Kết quả trả về frontend để hiển thị thành công/thất bại.



Luồng 2: Mượn – trả sách

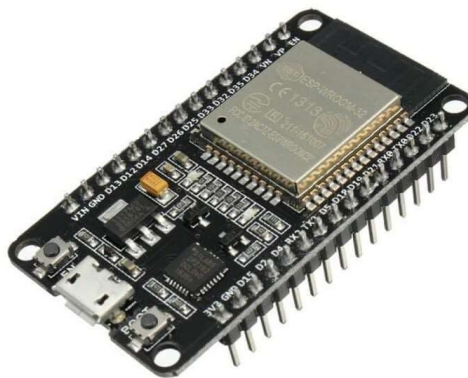
- 1) Người dùng quét thẻ RFID để xác thực danh tính
- 2) ESP32 đọc thẻ, gửi ID lên HiveMQ.
- 3) Backend nhận dữ liệu từ HiveMQ và phản hồi đến frontend qua Socket.IO.
- 4) Người dùng quét sách cần mượn hoặc trả.
- 5) ESP32 đọc ID sách và gửi lên HiveMQ.
- 6) Backend tiếp tục xác thực sách, kiểm tra trạng thái mượn/trả và trả thông tin về frontend.
- 7) Frontend hiển thị danh sách sách tương ứng, người dùng xác nhận thao tác.
- 8) Frontend gọi API tới backend để ghi nhận giao dịch mượn – trả vào hệ thống.
- 9) Backend trả về kết quả để frontend hiển thị cho người dùng.



2.4. Phân tích phần cứng sử dụng

1. Vi điều khiển ESP32

ESP32 được lựa chọn là bộ vi điều khiển trung tâm xử lý giao tiếp giữa đầu đọc RFID và hệ thống phần mềm. Đây là vi điều khiển đa năng, tích hợp WiFi và Bluetooth, rất phù hợp cho các ứng dụng IoT.



Thông số kỹ thuật chính:

- CPU: Dual-core Tensilica LX6, tốc độ 240 MHz
- RAM: 520 KB SRAM
- WiFi: 802.11 b/g/n
- Bluetooth: BLE và Bluetooth cổ điển

- GPIO: Hơn 30 chân I/O kỹ thuật số
- Giao tiếp: UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC
- Điện áp hoạt động: 3.3V

Vai trò trong hệ thống:

- Giao tiếp với đầu đọc RFID thông qua SPI hoặc UART.
- Gửi dữ liệu ID thẻ qua giao thức MQTT đến HiveMQ.
- Tương tác với máy chủ backend theo thời gian thực.

2. Đầu đọc RFID RC522

RC522 là module RFID phổ biến, sử dụng trong hệ thống để đọc dữ liệu từ thẻ RFID khi người dùng quét thẻ thành viên hoặc sách.



Thông số kỹ thuật chính:

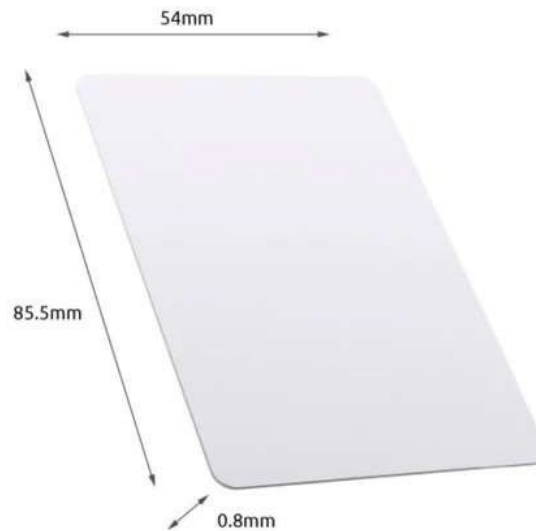
- Tần số hoạt động: 13.56 MHz (chuẩn ISO/IEC 14443 Type A)
- Giao tiếp: SPI (tốc độ lên tới 10 Mbps), I2C, UART
- Điện áp hoạt động: 3.3V Khoảng cách đọc: 2 – 5 cm (tùy điều kiện môi trường và loại thẻ)
- Kích thước: khoảng 40mm x 60mm

Vai trò trong hệ thống:

- Đọc ID từ thẻ thành viên hoặc sách.
- Gửi dữ liệu đến ESP32 để xử lý và truyền tiếp lên hệ thống.

3. Thẻ RFID MIFARE Classic 1K

Thẻ RFID được sử dụng cho cả người dùng và sách trong hệ thống, có khả năng lưu trữ ID và một số dữ liệu bổ sung nhỏ.



Thông số kỹ thuật chính:

- Chuẩn: MIFARE Classic 1K (ISO/IEC 14443 Type A)
- Bộ nhớ: 1024 bytes (1 KB), chia thành 16 sector
- Tần số hoạt động: 13.56 MHz
- Khoảng cách hoạt động: 2 – 5 cm
- Tuổi thọ: Trên 100,000 lần đọc/ghi

Vai trò trong hệ thống: Gắn vào sách hoặc cung cấp cho người dùng để định danh và quản lý mượn – trả.

4. Camera tích hợp trên máy tính (Webcam)

Hệ thống sử dụng webcam tích hợp trên máy tính hoặc camera rời cắm USB để phục vụ cho chức năng nhận diện khuôn mặt khi check in/out.

Thông số kỹ thuật:

- Độ phân giải: 720p hoặc 1080p (HD)
- Frame rate: 30 FPS
- Cổng giao tiếp: USB 2.0/3.0
- Tương thích trình duyệt: Chrome, Firefox, Edge...

Vai trò trong hệ thống:

- Ghi hình khuôn mặt người dùng khi thực hiện check in/out.
- Kết hợp với face-api.js trên frontend để xử lý nhận diện trước khi gửi ảnh lên backend xác thực.

5. Máy tính vận hành server (backend)

Máy tính chủ được sử dụng để vận hành backend, cơ sở dữ liệu và xử lý logic nghiệp vụ, bao gồm xử lý ảnh khuôn mặt và xác thực người dùng.

Cấu hình khuyến nghị:

- CPU: Intel Core i5 hoặc AMD Ryzen 5 trở lên
- RAM: 8 GB hoặc cao hơn
- Ổ cứng: SSD 256 GB trở lên
- Hệ điều hành: Ubuntu 20.04 / Windows 10
- Kết nối mạng: Ethernet hoặc WiFi ổn định

Vai trò trong hệ thống:

- Xử lý API xác thực người dùng và giao tiếp MQTT.
- Phân tích ảnh khuôn mặt với thư viện máy học.
- Gửi và nhận dữ liệu real-time qua socket.io.

2.5. Phân tích phần mềm

Phần mềm là thành phần cốt lõi quyết định khả năng hoạt động, hiệu quả xử lý và trải nghiệm người dùng trong hệ thống thư viện thông minh tích hợp RFID và nhận diện khuôn mặt. Việc thiết kế phần mềm được chia thành nhiều tầng chức năng riêng biệt, đảm bảo tính mở rộng, bảo trì và phát triển trong tương lai. Hệ thống phần mềm bao gồm ba phần chính: Frontend (giao diện người dùng), Backend (máy chủ xử lý logic), và Phần mềm IOT điều khiển thiết bị. Ngoài ra, hệ thống sử dụng thêm các nền tảng giao tiếp thời gian thực và thư viện nhận diện khuôn mặt để tăng cường tính thông minh.

1. Backend – Express.js

Backend của hệ thống được xây dựng bằng Express.js, một framework web nhẹ và phổ biến của Node.js. Backend chịu trách nhiệm tiếp nhận và xử lý các yêu cầu từ frontend, xác thực người dùng, giao tiếp với cơ sở dữ liệu và xử lý logic nghiệp vụ.

Các chức năng chính của backend:

- Giao tiếp MQTT: Lắng nghe và xử lý dữ liệu từ HiveMQ.
- Xác thực RFID: Kiểm tra ID người dùng và sách.
- Xác thực khuôn mặt: Nhận ảnh từ frontend, so sánh với dữ liệu đã lưu.
- Quản lý mượn – trả sách: Xử lý luồng mượn và trả qua API.
- Giao tiếp real-time với frontend thông qua Socket.io.
- Kết nối và truy vấn cơ sở dữ liệu MySQL.

Công nghệ sử dụng:

- Node.js + Express.js
- MQTT client
- Socket.io

- MySQL (thư viện sequelize)

2. Frontend – React.js

Giao diện người dùng được xây dựng bằng React.js, một thư viện JavaScript mạnh mẽ giúp phát triển các SPA (Single Page Application), đảm bảo trải nghiệm mượt mà, trực quan và linh hoạt.

Các tính năng chính của frontend:

- Hiển thị thông tin mượn – trả sách, check in/out.
- Nhận thông điệp từ backend qua Socket.io để cập nhật real-time.
- Sử dụng camera máy tính để quét và chụp ảnh khuôn mặt người dùng.
- Gọi API xác thực khuôn mặt và check in/out.
- Giao diện quản lý, bảng điều khiển cho admin.

Thư viện và công cụ đi kèm:

- Axios (gửi yêu cầu HTTP)
- Socket.io-client
- face-api.js (phân tích khuôn mặt)
- Bootstrap/Tailwind CSS (giao diện)

3. Lập trình điều khiển thiết bị IoT – ESP32

ESP32 là vi điều khiển được sử dụng để điều khiển các thiết bị phần cứng như RFID, cảm biến, màn hình LCD và giao tiếp với hệ thống backend qua MQTT. ESP32 được lập trình để thực hiện các tác vụ quét thẻ RFID, xác thực người dùng và sách, cùng với các hoạt động liên quan đến hiển thị thông tin trên màn hình LCD.

Các chức năng chính của lập trình điều khiển thiết bị IOT trên ESP32:

- Kết nối Wi-Fi: ESP32 sẽ kết nối với mạng Wi-Fi để giao tiếp với backend và MQTT broker.
- Giao tiếp với MQTT: ESP32 sử dụng giao thức MQTT để gửi và nhận thông điệp từ broker. Điều này cho phép ESP32 truyền tải thông tin quét thẻ RFID hoặc nhận phản hồi từ backend về trạng thái mượn sách.
- Quét thẻ RFID: ESP32 sẽ đọc thông tin từ thẻ RFID, bao gồm ID người dùng và sách. Dữ liệu này sẽ được gửi tới backend qua MQTT để xử lý.
- Hiển thị thông báo trên LCD: Khi quét thành công hoặc thất bại, ESP32 sẽ hiển thị kết quả trên màn hình LCD (ví dụ: “Quét thành công”, “Mượn sách thành công”).
- Giao tiếp với cảm biến khuôn mặt: ESP32 có thể được mở rộng để kết hợp với các cảm biến hoặc camera để hỗ trợ việc nhận diện khuôn mặt, đồng thời xử lý các thông tin liên quan tới xác thực qua khuôn mặt.

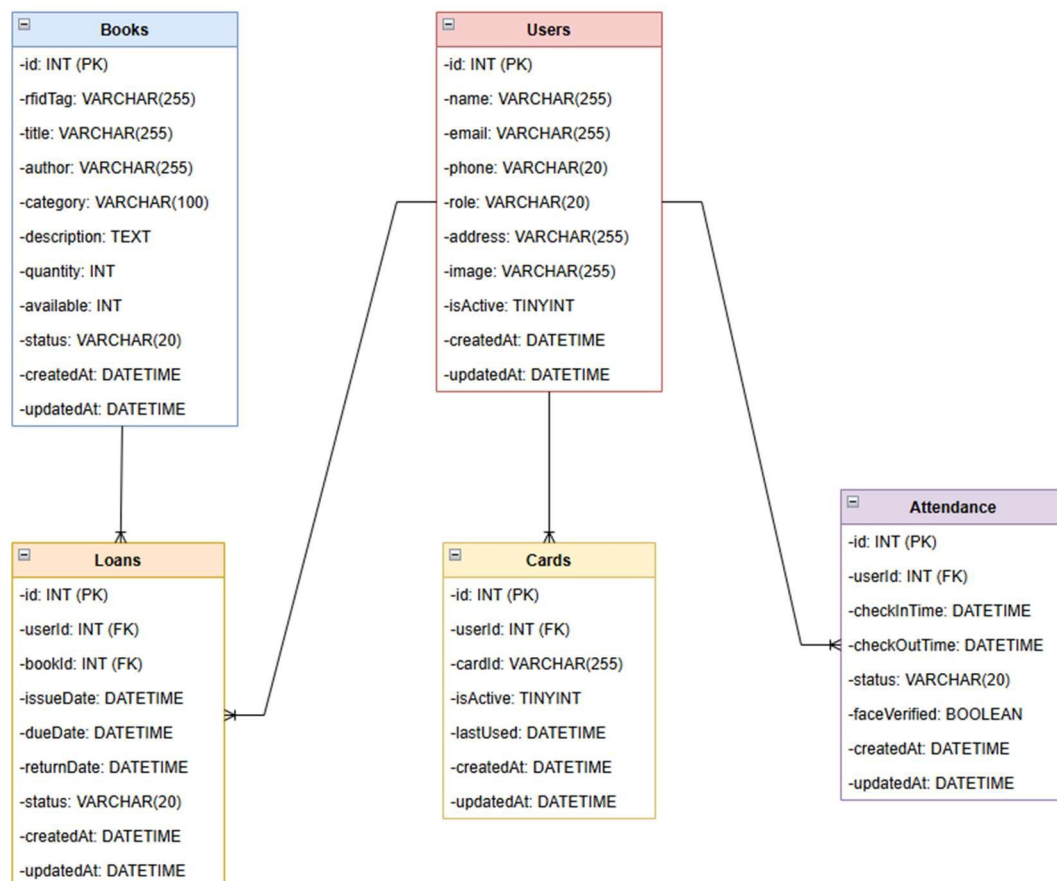
Công nghệ sử dụng:

- Arduino IDE (hoặc PlatformIO)
- MQTT client (PubSubClient)
- RFID module (MFRC522 hoặc tương tự)
- LCD display (16x2 hoặc tương tự)
- Wi-Fi module (ESP32)

4. Cơ sở dữ liệu – MySQL

Cơ sở dữ liệu MySQL sẽ lưu trữ thông tin người dùng, sách và lịch sử mượn trả trong hệ thống thư viện. Cơ sở dữ liệu này đóng vai trò quan trọng trong việc lưu trữ và quản lý dữ liệu, cho phép truy vấn, cập nhật thông tin mượn trả, cũng như lưu trữ thông tin thẻ RFID và nhận diện khuôn mặt.

Các bảng trong cơ sở dữ liệu:



5. Giao tiếp giữa các thành phần – MQTT và WebSocket

Giao tiếp giữa các thành phần trong hệ thống thư viện thông minh sử dụng hai giao thức chính: MQTT cho giao tiếp giữa các thiết bị IOT (ESP32) và backend, và WebSocket cho giao tiếp thời gian thực giữa backend và frontend.

- MQTT: Dùng để truyền tải các thông điệp như thông tin quét RFID, trạng thái mượn sách, và dữ liệu nhận diện khuôn mặt giữa các thiết bị IoT (ESP32) và backend. MQTT sử dụng các chủ đề (topics) để phân chia và xử lý thông điệp.
 - Các chủ đề cơ bản: rfid/user, rfid/book, rfid/write,...
 - MQTT broker sẽ trung gian nhận và phân phối các thông điệp giữa các thành phần khác nhau trong hệ thống.
- WebSocket: Dùng để truyền thông tin theo thời gian thực từ backend tới frontend. Backend sẽ gửi các thông báo cập nhật về trạng thái mượn sách hoặc trạng thái nhận diện khuôn mặt ngay lập tức khi có sự thay đổi, giúp frontend có thể cập nhật giao diện mà không cần phải tải lại trang.

CHƯƠNG 3: THỰC HIỆN VÀ TRIỂN KHAI

3.1. Sơ đồ nối dây phần cứng

Để xây dựng một hệ thống nhận dạng và quản lý thẻ RFID trong môi trường thư viện, nhóm sử dụng vi điều khiển ESP32 làm bộ xử lý trung tâm, kết hợp với các linh kiện ngoại vi như module RFID MFRC522 và màn hình LCD 16x2 giao tiếp I2C. Việc nối dây chính xác, ổn định giữa các phần tử phần cứng là điều kiện tiên quyết để đảm bảo hệ thống hoạt động đúng chức năng.

Các linh kiện sử dụng:

- ESP32 Dev Module: Vi điều khiển chính, có khả năng kết nối Wi-Fi và hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông như SPI, I2C, UART. Là trung tâm điều khiển toàn bộ hệ thống.
- Module RFID MFRC522: Được sử dụng để đọc dữ liệu từ các thẻ RFID chuẩn MIFARE 13.56 MHz, giao tiếp thông qua giao thức SPI.
- Màn hình LCD 16x2 (giao tiếp I2C): Hiển thị thông tin như UID của thẻ RFID, trạng thái kết nối Wi-Fi, hoặc phản hồi từ server. Giao tiếp qua I2C giúp tiết kiệm chân GPIO so với giao tiếp song song.
- Breadboard và dây cắm: Hỗ trợ việc kết nối và thử nghiệm mạch điện một cách dễ dàng.
- Nguồn điện 5V (qua cổng USB hoặc nguồn rời): Cung cấp điện áp cho toàn bộ hệ thống.

Chi tiết kết nối phần cứng

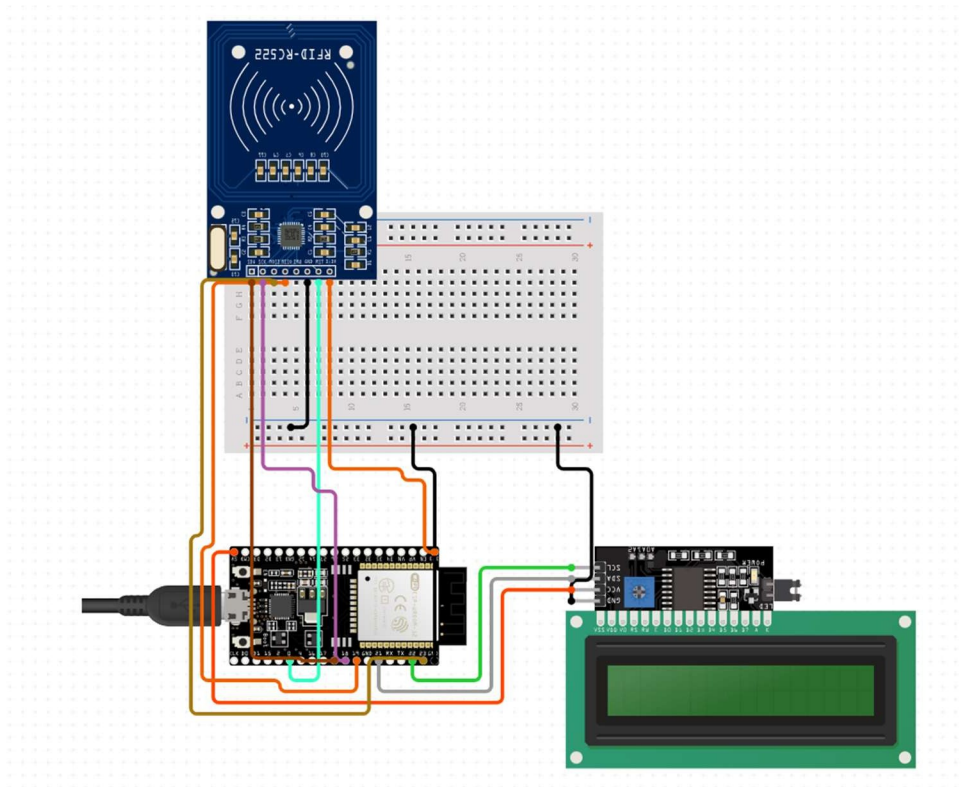
Thiết bị	Chân	Kết nối với ESP32
MFRC522 RFID	SDA	GPIO 4
	SCK	GPIO 18
	MOSI	GPIO 23
	MISO	GPIO 19
	RST	GPIO 5
	3.3V	3.3V
LCCD I2C 16x2	GND	GND
	SDA	GPIO 21
	SCL	GPIO 22
	VCC	5V
	GND	GND

Giải thích kết nối:

- Module MFRC522 sử dụng giao thức SPI nên cần kết nối các chân SPI cơ bản: SCK, MOSI, MISO, cùng với SDA (chân chọn thiết bị – tương đương SS/CS) và RST để khởi động lại module khi cần.

- LCD I2C 16x2 chỉ sử dụng 2 dây dữ liệu là SDA và SCL, rất thuận tiện cho việc tiết kiệm chân GPIO trên ESP32 – điều này đặc biệt hữu ích khi tích hợp thêm nhiều cảm biến khác sau này.
- Nguồn cấp 3.3V cho RFID và 5V cho LCD phù hợp với yêu cầu điện áp từng thiết bị.

Sơ đồ mô phỏng:



3.2. Lắp ráp và kiểm thử thiết bị

3.2.1. Quy trình lắp ráp hệ thống

Để xây dựng và vận hành hệ thống đọc thẻ RFID, hiển thị trên LCD và truyền dữ liệu lên server qua giao thức MQTT, quá trình lắp ráp được thực hiện theo các bước sau:

1. Chuẩn bị linh kiện và breadboard:

- Đặt bo mạch ESP32, module đọc thẻ RFID MFRC522, và màn hình LCD I2C 16x2 lên breadboard hoặc trên đế nhựa cố định.
- Đảm bảo rằng các linh kiện không bị cong chân, lỏng socket và đủ khoảng cách để cắm dây dễ dàng.

Nối dây theo sơ đồ mạch:

- Kết nối nguồn điện:
 - ESP32 được cấp nguồn qua cổng USB (5V) từ máy tính.
 - Module MFRC522 được cấp nguồn từ chân 3.3V của ESP32 để tránh hỏng do quá áp.

- LCD I2C được cấp nguồn từ chân 5V và GND của ESP32.
- Kết nối giao tiếp SPI cho MFRC522:
 - SDA (SS) → GPIO 5 (hoặc GPIO tùy khai báo)
 - SCK → GPIO 18
 - MOSI → GPIO 23
 - MISO → GPIO 19
 - RST → GPIO 4
- Kết nối giao tiếp I2C cho LCD:
 - SDA → GPIO 21
 - SCL → GPIO 22

Kiểm tra điện áp và tính ổn định:

- Đảm bảo tất cả các thiết bị đều chia chung GND để tránh sai lệch mức logic.
- Dùng đồng hồ đo điện kiểm tra các chân nguồn nếu nghi ngờ có sự cố.
- Kiểm tra dây nối đúng chân theo sơ đồ mạch, đặc biệt là nhóm chân giao tiếp SPI và I2C – nếu cắm sai có thể dẫn đến lỗi không nhận thiết bị hoặc hư hỏng linh kiện.

3.2.2. Quy trình kiểm thử chức năng

Sau khi hoàn thành phần cứng, tiến hành kiểm thử từng phần của hệ thống như sau:

1. Nạp chương trình vào ESP32:

- Mở Arduino IDE, chọn đúng board là “ESP32 Dev Module” và cổng COM tương ứng.
- Nạp đoạn mã điều khiển bao gồm: kết nối WiFi, khởi tạo giao tiếp với RFID và LCD, gửi dữ liệu lên MQTT.

2. Khởi động thiết bị và quan sát hiển thị LCD:

- Sau khi ESP32 khởi động, LCD sẽ hiển thị:
 - Dòng 1: “Connecting to WiFi...”
 - Sau vài giây, nếu kết nối thành công → hiển thị “WiFi connected”.

3. Kiểm tra đọc thẻ RFID:

- Đưa thẻ RFID lại gần module MFRC522 (khoảng cách từ 0 – 3 cm).
- Nếu đọc thành công, LCD hiển thị mã UID của thẻ.
- UID cũng được in ra Serial Monitor để theo dõi.

4. Gửi dữ liệu lên MQTT Broker:

- Sau khi nhận thẻ, ESP32 sẽ gửi UID đến server thông qua giao thức MQTT.
- Dùng công cụ như MQTT.fx hoặc HiveMQ Web Client để quan sát thông điệp gửi lên Broker.

5. Xử lý phản hồi từ server:

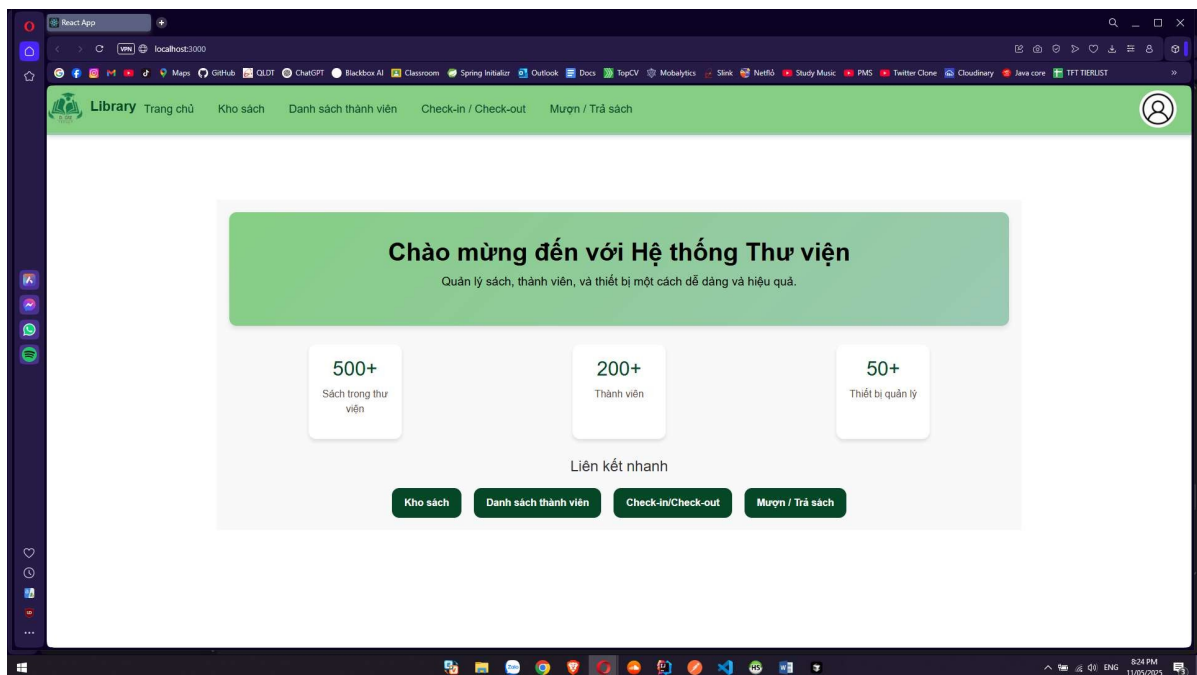
- Server MQTT sẽ gửi phản hồi về cho ESP32 (VD: xác nhận đã ghi dữ liệu).
- LCD sẽ hiển thị thông báo thành công hoặc trạng thái lỗi nếu có.

3.2.3. Kết quả kiểm thử thực tế:

- Màn hình LCD I2C hoạt động ổn định, hiển thị chính xác các trạng thái kết nối và mã UID thẻ RFID.
- Module RFID MFRC522 đọc được UID của thẻ chính xác, phản hồi nhanh trong phạm vi gần.
- Dữ liệu được gửi và nhận qua MQTT thành công, thể hiện rõ ràng trên Serial Monitor và phần mềm giám sát MQTT.
- Hệ thống hoạt động ổn định trong nhiều lần kiểm thử, không xuất hiện tình trạng treo, mất kết nối hoặc lỗi phần cứng.

3.3. Giao diện người dùng

Trang chủ:



Kho sách:

Library RFID Check- In/Out System

Library RFID Project

Fix callback underfin

React App

localhost:3000/ap/

React App

Zalo - An Phan

Nhật ký tài xuống

Microsoft Word - E

Thống tin phòng học...

@377 Discord | Rupi...

Tắt cả dấu trang

Library Trang chủ Kho sách Danh sách thành viên Check-in/Check-out Mượn sách Trả sách Quản lý thiết bị

Danh sách sách

Thêm sách thủ công Thêm sách quét RFID

ID	Tiêu đề	Tác giả	ISBN	Thẻ loại	Năm xuất bản	Số lượng	Còn lại	Hành động
1	Lập trình với ESP32	Nguyễn Văn A	978-1234567890			3	2	Xem Sửa Xóa
2	Hệ thống nhúng IoT	Trần Văn B	978-1234567891			2	2	Xem Sửa Xóa
3	Kỹ thuật RFID	Lê Thị C	978-1234567892			2	1	Xem Sửa Xóa
4	Cấu trúc dữ liệu và giải thuật	Phạm Văn D	978-1234567893			5	5	Xem Sửa Xóa
5	Cơ sở dữ liệu MySQL	Hoàng Thị E	978-1234567894			3	2	Xem Sửa Xóa
6	Lập trình Web với Node.js	Ngô Văn F	978-1234567895			2	2	Xem Sửa Xóa
7	React.js Handbook	Vũ Thị G	978-1234567896			3	3	Xem Sửa Xóa
8	Machine Learning cơ bản	Đặng Văn H	978-1234567897			2	2	Xem Sửa Xóa
9	Mạng máy tính	Bùi Thị I	978-1234567898			4	4	Xem Sửa Xóa
10	Hệ điều hành Linux	Mai Văn J	978-1234567899			2	2	Xem Sửa Xóa

Type here to search

10:42 PM 8/4/2023

Danh sách thành viên:

Library RFID Check- In/Out System

Library RFID Project

Fix callback underfin

React App

localhost:3000/ap/

React App

Zalo - An Phan

Nhật ký tài xuống

Microsoft Word - E

Thống tin phòng học...

@377 Discord | Rupi...

Tắt cả dấu trang

Library Trang chủ Kho sách Danh sách thành viên Check-in/Check-out Mượn sách Trả sách Quản lý thiết bị

Danh sách thành viên

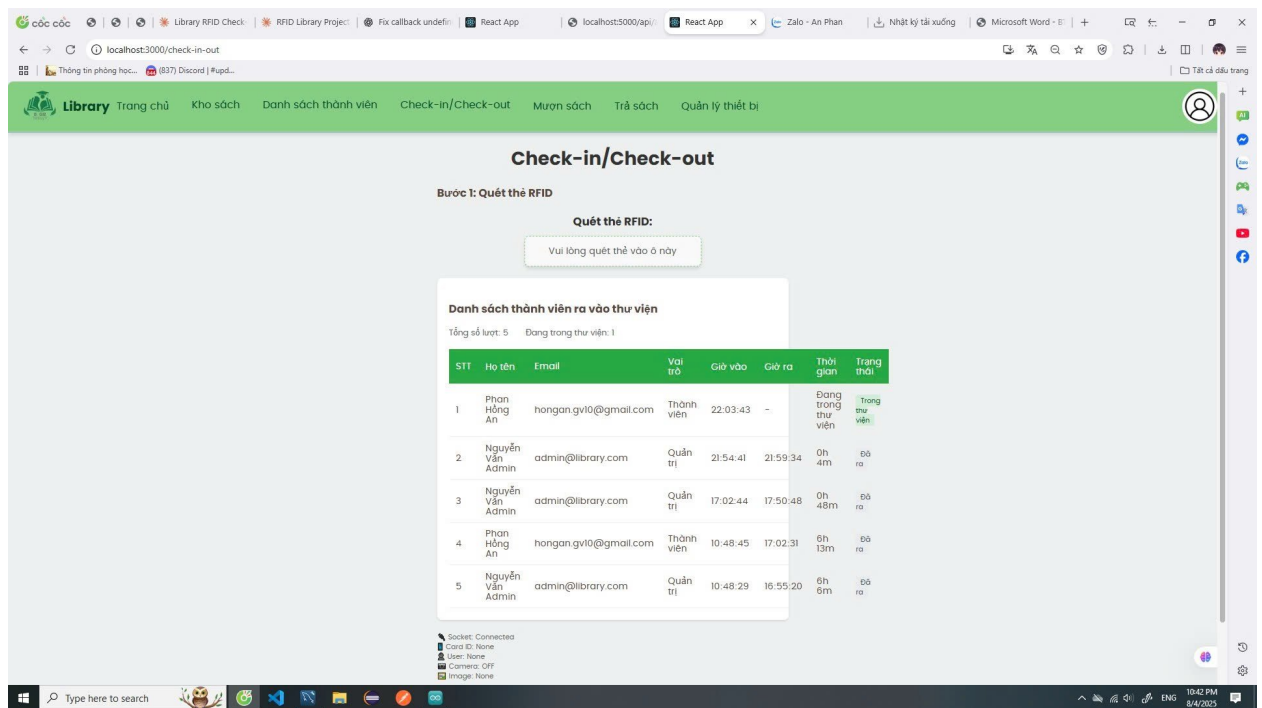
Thêm thành viên Đăng ký QR

ID	Tên	Email	Vai trò	Số điện thoại	Địa chỉ	Trạng thái	Ngày tạo	Hành động
1	Nguyễn Văn Admin	admin@library.com	admin	0123456789	Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa
2	Phan Hồng An	hongan.gv10@gmail.com	member	0987654321	Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa
3	Hoàng Anh Tuấn	dinhthanh@student.com	member	0385789556	PTIT, Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa
4	Đỗ Trí Nghĩa	tranducanh@student.com	member	0123456788	PTIT, Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa
5	Trần Thị Phương Nhung	phuongnhung@student.com	member	0123456787	PTIT, Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa
6	Nguyễn Anh Thư	anhthu@student.com	member	0123456786	PTIT, Hà Nội	Hoạt động	10:45:24 4/8/2025	Xem Sửa Xóa

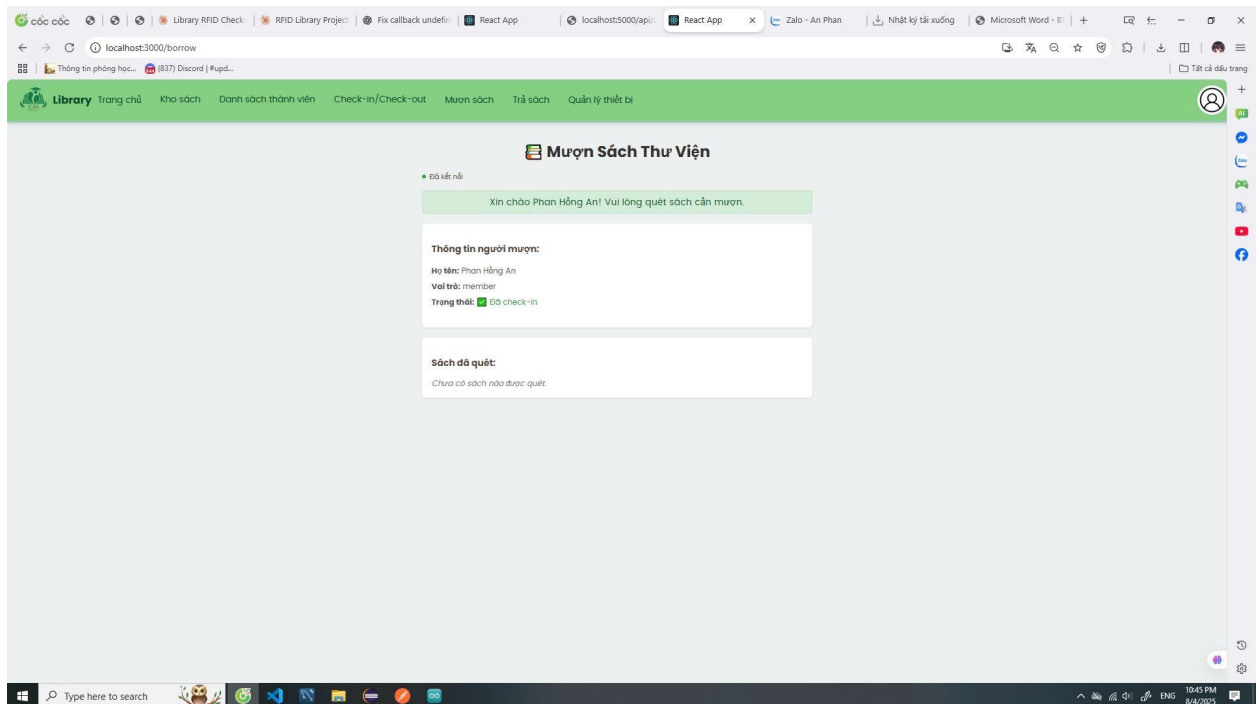
Type here to search

10:42 PM 8/4/2023

Check in/Check out:



Mượn/Trả sách:



3.4. Kết quả chạy chương trình

3.4.1. Kết quả chạy trên thiết bị (Embedded System)

```

Connecting to WiFi: Minh Duc
Password length: 10
.....
WiFi connected
IP address: 192.168.1.5
Place RFID card to read or write...
Attempting MQTT connection...Connected
Received MQTT: rfid/user
Attempting MQTT connection...Connected

```

LCD hiển thị thông tin đúng như mong đợi:

- Ban đầu: Connecting to WiFi...
- Sau khi kết nối: WiFi connected
- Khi đưa thẻ RFID vào: hiện mã UID và thông báo gửi dữ liệu.

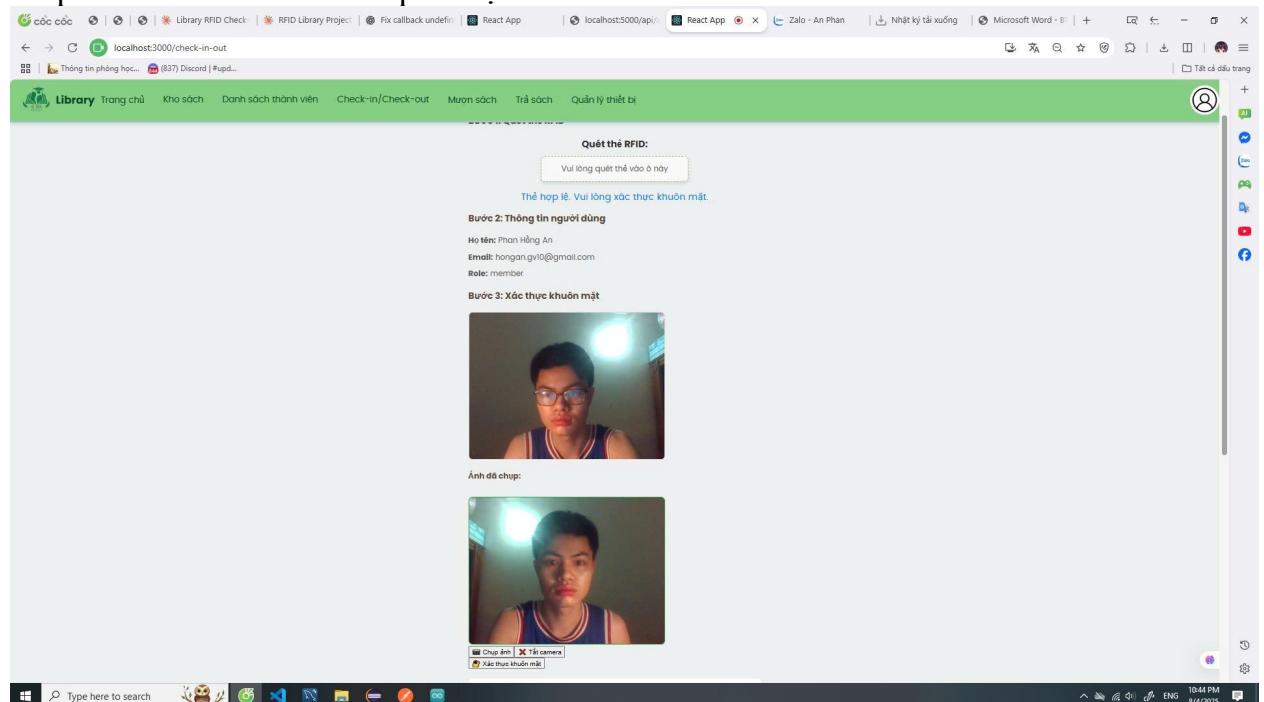
ESP32 đọc được thẻ RFID chính xác và hiển thị UID trên màn hình LCD.

3.4.2. Kết quả chạy trên server và giao diện

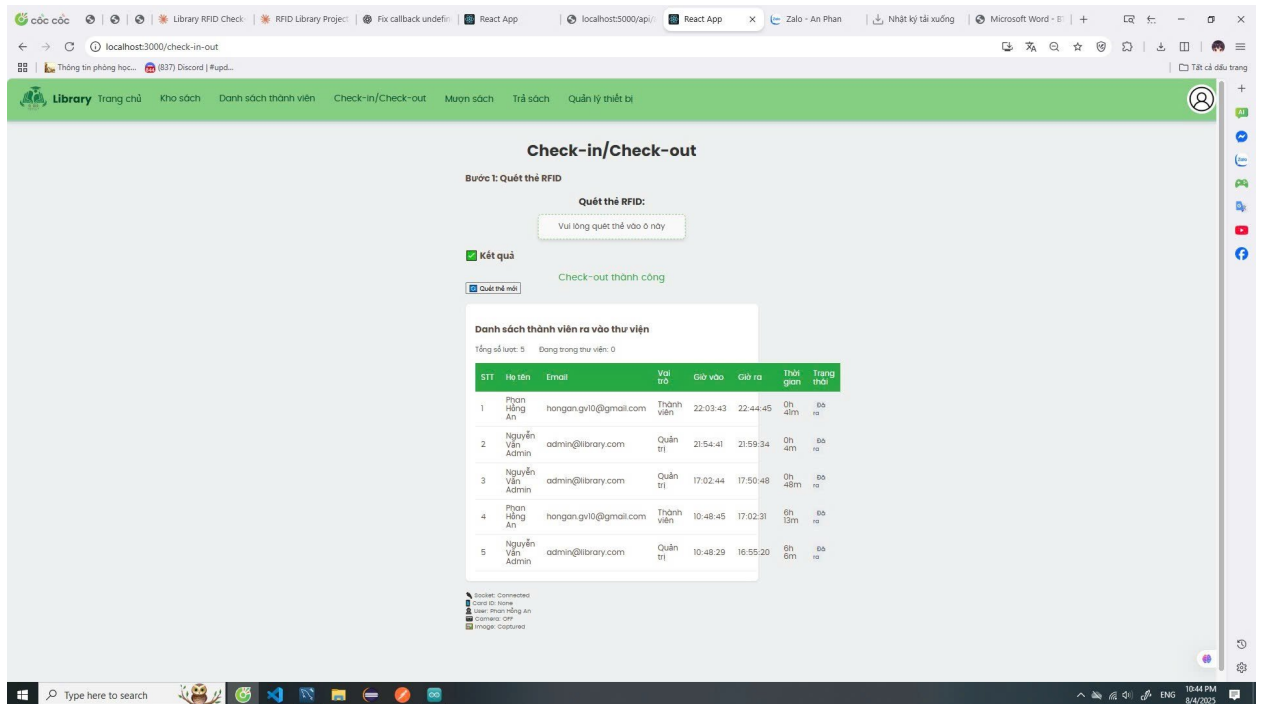
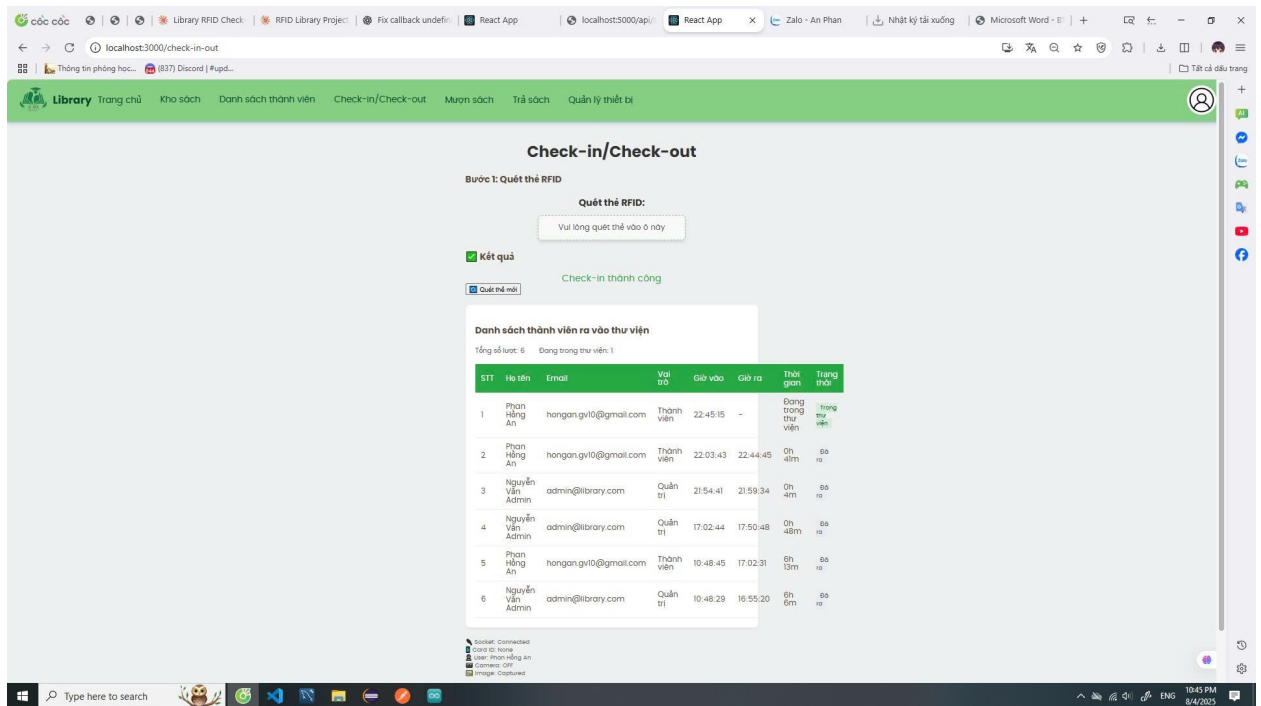
1. Chức năng check in/check out

Sau khi đưa thẻ RFID của sinh viên vào đầu đọc, giao diện sẽ hiển thị mã thẻ của sinh viên lên giao diện (U0001), đồng thời thông báo thẻ hợp lệ và yêu cầu xác thực khuôn mặt. Giao diện cũng sẽ hiển thị giao diện của sinh viên ở dưới bao gồm họ tên và email.

Tiếp theo sẽ mở camera để quét mặt sinh viên



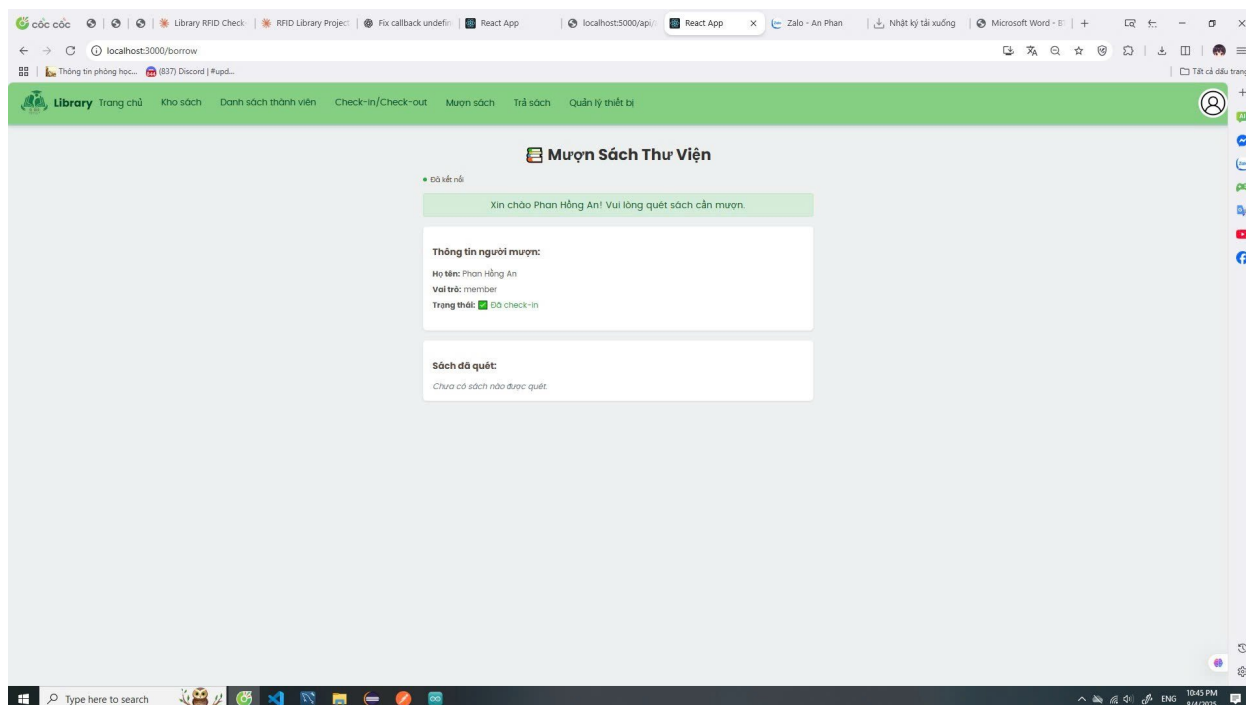
Nếu khuôn mặt trùng khớp với dữ liệu khuôn mặt đã lưu trong hệ thống, hệ thống sẽ hiển thị thông báo "Check-in thành công" hoặc "Check-out thành công" tùy vào trạng thái hiện tại. Đồng thời, thông tin sinh viên như họ tên, email cùng thời gian vào/ra được hiển thị rõ ràng trên giao diện.



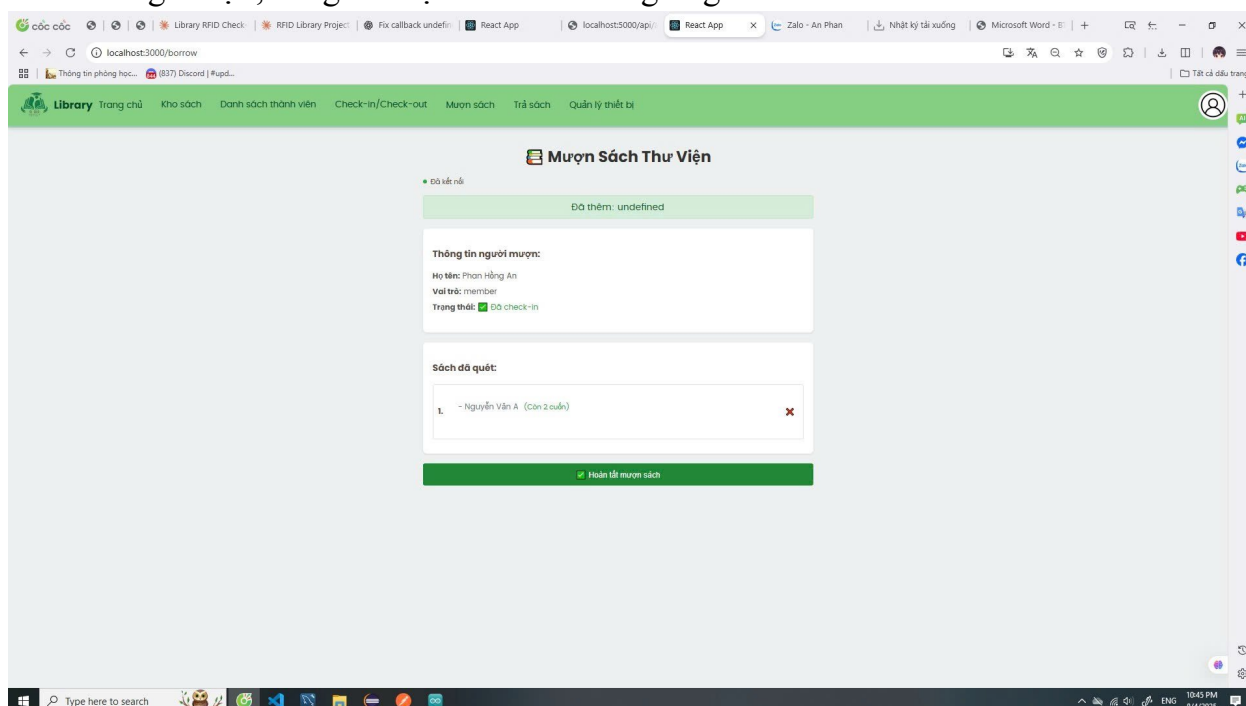
Sau khi check in xong, sinh viên có thể tiếp tục chức năng mượn/trả sách

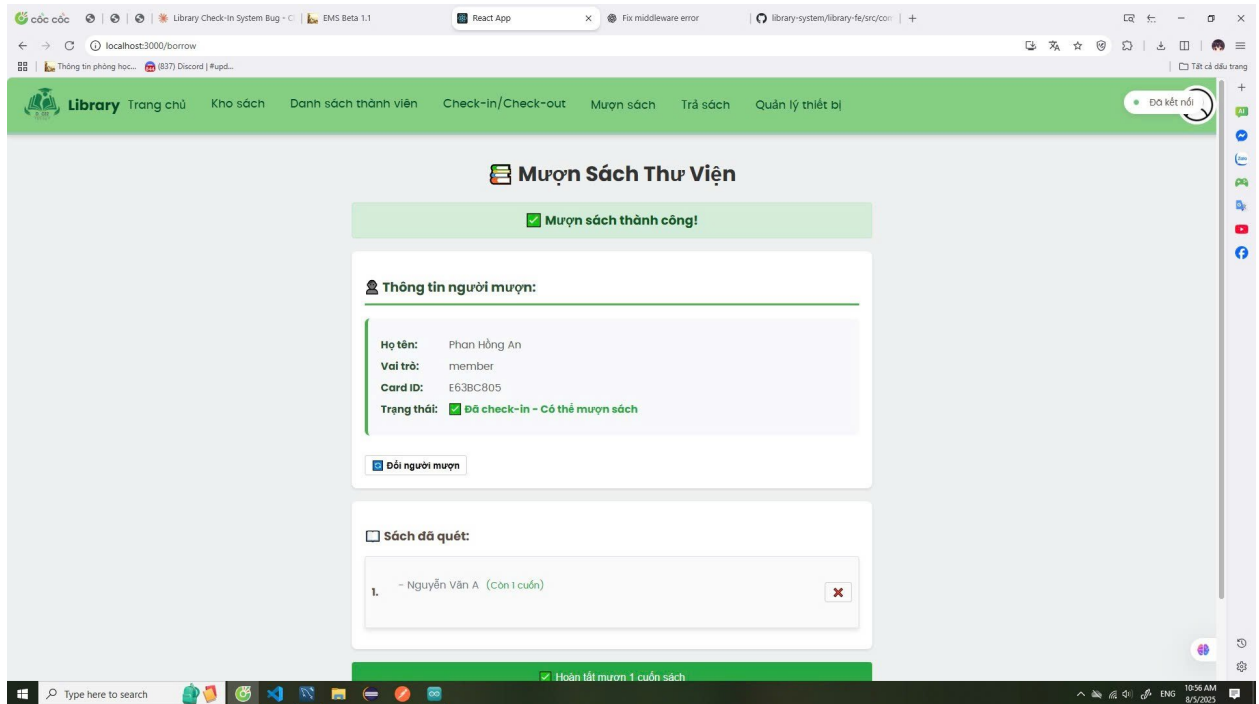
2. Chức năng mượn/trả sách

Sau khi đưa thẻ RFID vào đầu đọc, giao diện sẽ hiển thị thông báo Xin chào và yêu cầu quét sách để mượn/trả. Giao diện cũng sẽ hiển thị giao diện của sinh viên ở dưới bao gồm họ tên và email và cả danh sách các sách đang mượn của sinh viên mà chưa trả.

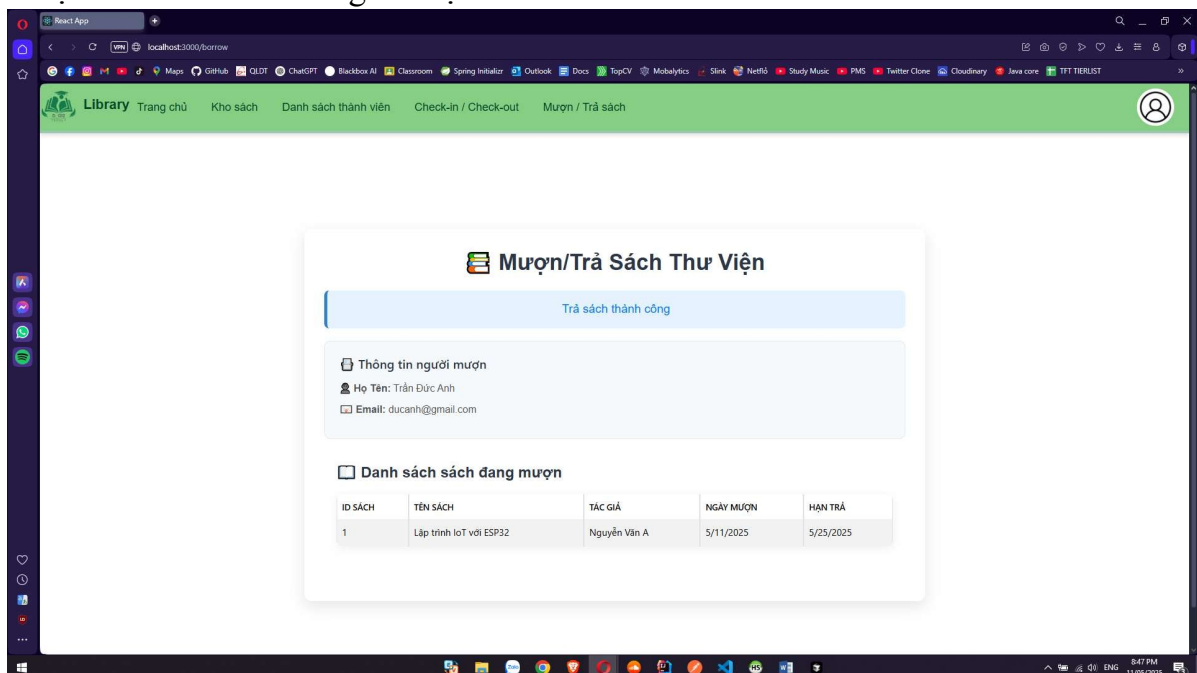


Tiếp tục quét sách vào đầu đọc, hệ thống sẽ xác nhận sách còn trong kho và hiển thị thông báo "Mượn sách thành công". Giao diện cập nhật thêm sách vừa mượn vào danh sách đang mượn, cùng với hạn trả sách tương ứng.





Nếu sinh viên quét một cuốn sách đã từng mượn, hệ thống sẽ xác nhận và hiển thị thông báo "Trả sách thành công". Cuốn sách đó được xóa khỏi danh sách sách đang mượn của sinh viên trên giao diện.



Việc kiểm thử cho thấy toàn bộ hệ thống từ phần cứng (thiết bị ESP32, đầu đọc RFID, camera) đến phần mềm (server xử lý, giao diện web) đều hoạt động ổn định và đúng như yêu cầu đặt ra. Cụ thể:

- Thông tin sinh viên được nhận dạng chính xác, kết hợp giữa RFID và xác thực khuôn mặt.
- Giao diện người dùng trực quan, cập nhật đầy đủ thông tin theo thời gian thực.
- Dữ liệu được xử lý đồng bộ giữa client và server, đảm bảo tính chính xác và nhất quán.

- Chức năng check-in/check-out và mượn/trả sách hoạt động liền mạch, mang lại trải nghiệm mượt mà cho người dùng.

Hệ thống đã đạt được các mục tiêu ban đầu đề ra, sẵn sàng triển khai thử nghiệm trong môi trường thực tế như thư viện, phòng lab hoặc khu vực quản lý ra vào.

CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1. Kết luận chung về đề tài

Đề tài “Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt” mà nhóm thực hiện đã bước đầu tiếp cận và giải quyết được những vấn đề cơ bản của một hệ thống quản lý thư viện thông minh thông qua việc tích hợp các công nghệ như RFID, nhận diện khuôn mặt, giao tiếp thời gian thực MQTT và Socket.IO, cùng với nền tảng giao diện người dùng hiện đại.

Hệ thống được xây dựng theo mô hình phân tầng rõ ràng, với các chức năng chính như check in/out người dùng và mượn/trả sách được triển khai đầy đủ và hoạt động ổn định. Lớp phần cứng sử dụng vi điều khiển ESP32 giúp đảm bảo khả năng đọc dữ liệu từ thẻ RFID và truyền tải thông tin nhanh chóng thông qua giao thức MQTT. Lớp backend xử lý logic nghiệp vụ chính, hỗ trợ xác thực thẻ, xử lý ảnh khuôn mặt, và cập nhật cơ sở dữ liệu. Trong khi đó, lớp giao diện ReactJS đảm nhiệm việc tương tác với người dùng và hiển thị thông tin theo thời gian thực, tạo nên một hệ thống hoàn chỉnh, thân thiện và hiệu quả.

Kết quả triển khai cho thấy hệ thống hoạt động ổn định trong các tình huống giả lập thực tế, xử lý chính xác các yêu cầu từ người dùng, từ việc quét thẻ, nhận diện khuôn mặt cho đến cập nhật giao dịch mượn/trả vào hệ thống. Bên cạnh đó, việc sử dụng MySQL làm cơ sở dữ liệu giúp lưu trữ và truy vấn thông tin một cách nhanh chóng, phục vụ tốt cho việc quản lý và thống kê sau này.

Tuy vẫn còn một số hạn chế nhất định như độ chính xác nhận diện khuôn mặt bị ảnh hưởng bởi điều kiện ánh sáng hay phụ thuộc vào kết nối mạng khi sử dụng MQTT, nhưng nhóm đã rút ra được nhiều bài học kinh nghiệm quý báu trong quá trình triển khai một hệ thống IOT tích hợp đa công nghệ. Đây là nền tảng quan trọng để phát triển các ứng dụng IoT – AI trong thực tiễn, đặc biệt trong lĩnh vực giáo dục và quản lý thông minh.

Nhìn chung, đề tài đã hoàn thành các mục tiêu đề ra ban đầu, thể hiện được tính thực tiễn cao và khả năng mở rộng trong tương lai. Hệ thống là một ví dụ điển hình cho việc ứng dụng công nghệ vào giải quyết các bài toán quản lý trong đời sống, hướng tới xây dựng các mô hình thư viện thông minh, hiện đại và tự động hóa.

5.2. Kiến thức, kỹ năng nhóm thu nhận được

Thông qua quá trình nghiên cứu và triển khai đề tài " Hệ thống thư viện thông minh ứng dụng IoT với RFID và nhận diện khuôn mặt ", nhóm đã tích lũy được nhiều kiến thức và kỹ năng quý báu, không chỉ trong lĩnh vực hệ thống IOT mà còn ở các mảng công nghệ liên quan. Cụ thể:

1. Kiến thức chuyên môn:

- Nhóm đã nắm vững nguyên lý hoạt động của vi điều khiển ESP32, cách cấu hình các cổng giao tiếp với thiết bị ngoại vi như đầu đọc RFID, camera.

- Qua quá trình truyền dữ liệu từ ESP32 lên backend thông qua HiveMQ, nhóm hiểu rõ cách thức hoạt động của giao thức MQTT trong việc truyền thông tin theo mô hình publish/subscribe, cùng với cách xây dựng hệ thống giao tiếp thời gian thực giữa các thiết bị IoT.
- Nhóm đã nắm rõ cơ chế hoạt động của công nghệ RFID, cách mã hóa và đọc thông tin từ thẻ, cũng như các ứng dụng thực tiễn của công nghệ này trong quản lý tài sản, đặc biệt trong lĩnh vực thư viện.
- Việc tích hợp Face-api.js giúp nhóm hiểu thêm về các thuật toán nhận diện khuôn mặt, cách xử lý dữ liệu ảnh từ camera, so khớp khuôn mặt và các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của nhận diện sinh trắc học.
- Nhóm học được cách thiết kế hệ thống với phân tầng rõ ràng: từ phần cứng, backend xử lý logic, frontend tương tác với người dùng đến tầng cơ sở dữ liệu lưu trữ, qua đó nâng cao khả năng tổ chức và phát triển các hệ thống có quy mô lớn hơn trong tương lai.

2. Kỹ năng kỹ thuật:

- Thành viên nhóm có thể lập trình thành thạo trên nền tảng ESP32, xử lý tín hiệu từ thiết bị RFID, gửi và nhận dữ liệu qua mạng không dây với độ ổn định cao.
- Nhóm đã có khả năng xây dựng một REST API hoàn chỉnh, quản lý logic xác thực, mượn – trả, cũng như tích hợp thêm các thư viện xử lý ảnh, kết nối MQTT và giao tiếp với cơ sở dữ liệu.
- Nhóm thành thạo việc tạo giao diện người dùng hiện đại, đồng thời lắng nghe và phản hồi các sự kiện từ máy chủ theo thời gian thực.
- Nhóm đã học được cách thiết kế cơ sở dữ liệu quan hệ hợp lý, tối ưu hóa các bảng dữ liệu cho hiệu năng truy xuất cao, đảm bảo độ chính xác và toàn vẹn dữ liệu.

3. Kỹ năng mềm:

- Trong suốt quá trình thực hiện đề tài, các thành viên đã phối hợp ăn ý, chia đều các mảng công việc từ phần cứng, lập trình backend/frontend đến viết báo cáo, giúp dự án hoàn thành đúng tiến độ.
- Nhóm đã học cách phân tích lỗi, xử lý sự cố phát sinh khi hệ thống không hoạt động như mong đợi, như mất kết nối MQTT, nhận diện sai khuôn mặt, hoặc xung đột API.
- Nhóm rèn luyện được khả năng nhìn nhận một hệ thống ở góc độ tổng thể, đánh giá luồng dữ liệu, dòng xử lý thông tin và mối quan hệ giữa các thành phần một cách mạch lạc, logic.

5.3. Hướng phát triển mở rộng

Mặc dù hệ thống quản lý thư viện thông minh mà nhóm đã xây dựng đã cơ bản đáp ứng được các chức năng chính như check in/out người dùng và quản lý mượn – trả sách tự động, tuy nhiên trong tương lai, nhóm định hướng phát triển mở rộng đề tài theo một số hướng sau để nâng cao trải nghiệm người dùng và tăng tính ứng dụng thực tiễn:

1. Tích hợp kiểm soát ra vào với cửa tự động

Hiện tại hệ thống mới chỉ hỗ trợ xác thực người dùng khi ra/vào thư viện, chưa thực hiện hành động vật lý cụ thể. Trong tương lai, hệ thống có thể được tích hợp với hệ thống cửa từ, cổng an ninh tự động (barie) để tự động mở cửa khi người dùng đã được xác thực hợp lệ (qua RFID và khuôn mặt). Điều này sẽ giúp tăng cường tính tự động hóa, giảm sự can thiệp thủ công của nhân viên thư viện.

2. Xây dựng ứng dụng di động (mobile app)

- Phát triển một ứng dụng trên Android/iOS giúp người dùng:
 - Xem lịch sử mượn – trả sách.
 - Xem thông báo nhắc trả sách, quá hạn.
 - Quét mã QR hoặc RFID bằng điện thoại để check in.
- Điều này không chỉ tăng trải nghiệm người dùng mà còn hỗ trợ việc quản lý linh hoạt hơn ở mọi lúc, mọi nơi.

3. Tích hợp thêm công nghệ AI để nâng cao độ chính xác

- Hệ thống nhận diện khuôn mặt hiện tại sử dụng Face-api.js, nhưng trong tương lai có thể kết hợp thêm mô hình học sâu (Deep Learning) để nhận diện khuôn mặt trong môi trường ánh sáng yếu hoặc nhiều người cùng lúc.
- Áp dụng AI phân tích hành vi để phát hiện những bất thường như mượn sách lặp đi lặp lại trong thời gian ngắn, nghi ngờ gian lận.

4. Hỗ trợ thêm nhiều loại đầu đọc và cảm biến

- Mở rộng hệ thống để hỗ trợ đa dạng đầu đọc RFID (có thể dùng USB, Bluetooth, NFC trên điện thoại).
- Kết hợp cảm biến chuyển động, camera quan sát để theo dõi số lượng người ra vào thư viện và cảnh báo khi có tình huống bất thường (ví dụ chen lấn, đi vào mà không xác thực).

5. Phân quyền người dùng và thống kê nâng cao

- Hiện tại hệ thống tập trung vào người dùng cá nhân, trong tương lai có thể phát triển thêm các cấp quyền quản trị viên, thủ thư, giảng viên, với mỗi quyền hạn có thể thực hiện các chức năng khác nhau.
- Thêm bảng điều khiển thống kê (dashboard) cho thư viện:
 - Biểu đồ sách mượn nhiều nhất.
 - Tần suất ra vào thư viện theo ngày/tuần/tháng.
 - Thống kê người dùng theo nhóm ngành, lớp học, độ tuổi,...

6. Tối ưu bảo mật hệ thống

- Tăng cường xác thực đa lớp (Multi-factor Authentication), ví dụ yêu cầu xác thực khuôn mặt và OTP từ ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đinh Mạnh Tường, Khoa CNTT-Đại học quốc gia Hà Nội (2010), AI – Giáo trình trí tuệ nhân tạo.
- [2]. RFID Working Group (2005), “RFID Data Model for Libraries”
- [3]. Politecnico Di Milano (2005), “RFID between past and future”, Quaderni AIP.
- [4]. Hayashi Hetal. (2003), “Access tracking system using long life active RFID tags”, NTT Technical Review