

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT MÁY TÍNH**



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**ỨNG DỤNG IOT TRONG GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU
PHỐI VẬN CHUYỂN ĐẠN DƯỢC**

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT MÁY TÍNH
HỘI ĐỒNG: XX KỸ THUẬT MÁY TÍNH**

Giảng viên hướng dẫn:

TS. Võ Tuấn Bình - HCMUT

Giảng viên phản biện:

xxx - HCMUT

Sinh viên thực hiện:

Trương Nguyễn Hoàng Anh - 2210147

Hoàng Sỹ Xuân Sơn - 2212937

Lâm Hoàng Tân - 2213054

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 9 năm 2025

*Đô án này xin được dành tặng cho Cha/Mẹ và các Thầy/Cô
tại Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG-HCM.*

Mục lục

Danh sách hình vẽ	ix
Danh sách bảng	xi
Lời cam kết	xiii
Lời cảm ơn	xv
Tóm tắt	xvii
1 Giới thiệu	1
1.1 Bối cảnh của đề tài	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.2.1 Mục tiêu tổng quát	2
1.2.2 Mục tiêu cụ thể	2
1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
1.3.1 Đối tượng nghiên cứu	2
1.3.2 Phạm vi triển khai của đề tài	2
1.4 Cấu trúc của đề tài	3
2 Cơ sở lý thuyết và các công nghệ liên quan	5
2.1 Tổng quan về Internet of Things	5
2.2 Các giao thức truyền thông trong IoT	6
2.2.1 LoRa	6
2.2.1.1 Giới thiệu	6
2.2.1.2 Nguyên lý hoạt động	6
2.2.1.3 Đặc điểm nổi bật	7
2.2.1.4 Ưu điểm và nhược điểm	7
2.2.2 4G/5G	8
2.2.2.1 Giới thiệu	8
2.2.2.2 Nguyên lý hoạt động	8

2.2.2.3	Đặc điểm nổi bật	9
2.2.2.4	Ưu điểm và nhược điểm	9
2.2.3	MQTT	10
2.2.3.1	Giới thiệu	10
2.2.3.2	Nguyên lý hoạt động	10
2.2.3.3	Đặc điểm nổi bật	11
2.2.3.4	Ưu điểm và nhược điểm	11
2.2.4	So sánh và lựa chọn giao thức	12
2.3	Các loại cảm biến, thiết bị sử dụng	13
2.3.1	ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	13
2.3.2	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	14
2.3.3	Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	15
2.3.4	Module GPS NEO-6MV2	16
2.3.5	Module truyền thông LoRa	17
2.4	Các kỹ thuật bảo mật trong IoT	17
2.4.1	Mã hóa dữ liệu (Confidentiality)	17
2.4.2	Xác thực thiết bị (Authentication)	18
2.4.3	Toàn vẹn dữ liệu (Integrity)	18
3	Phân tích yêu cầu hệ thống	19
3.1	Yêu cầu chức năng	19
3.1.1	Người dùng	19
3.1.2	Hệ thống	20
3.2	Yêu cầu phi chức năng	20
3.2.1	Hiệu năng	20
3.2.2	Tính sẵn sàng	20
3.2.3	Khả năng mở rộng	21
3.2.4	Tính dễ sử dụng	21
3.2.5	Tính tương thích	21
3.2.6	Khả năng bảo trì	21
3.3	Quy trình vận chuyển đạn dược	21
3.4	Các rủi ro cần giám sát	22
3.5	Use-case diagram	23
3.6	Activity diagram	23
3.6.1	Điều phối lộ trình	23
3.6.2	Quản lý hàng hoá	25
3.6.3	Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	27
3.7	Sequence diagram	29

3.7.1	Điều phối lộ trình	30
3.7.2	Quản lý hàng hoá	32
3.7.3	Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	33
4	Thiết kế hệ thống	37
4.1	Sơ đồ kiến trúc tổng thể	37
4.2	Sơ đồ kết nối phần cứng	39
4.3	Thiết kế truyền thông dữ liệu	40
4.4	Thiết kế ứng dụng giám sát	41
4.4.1	Backend	41
4.4.2	Frontend	42
4.5	Thiết kế giao diện người dùng	43
4.6	Thiết kế cơ chế bảo mật	45
5	Cài đặt và triển khai hệ thống	47
5.1	Cài đặt môi trường phát triển	48
5.2	Cài đặt firmware	48
5.3	Cài đặt backend	48
5.4	Cài đặt ứng dụng	48
5.5	Kết nối thiết bị	48
5.6	Triển khai hệ thống	48
6	Kết quả và đánh giá	49
6.1	Mô phỏng vận chuyển	50
6.2	Độ ổn định truyền dữ liệu	50
6.3	Độ chính xác GPS	50
6.4	Độ chính xác của cảm biến	50
6.5	Độ trễ truyền thông	50
6.6	Khả năng cảnh báo	50
6.7	So sánh và đánh giá	50
7	Kết luận và hướng phát triển	51
7.1	Đánh giá chung	51
7.2	Hạn chế	51
7.3	Hướng phát triển	51
Phụ lục A		53
Tài liệu tham khảo		54

Danh sách hình vẽ

2.2.1 Minh họa về công nghệ LoRa	6
2.2.2 Minh họa về nguyên lý hoạt động của MQTT	11
2.3.1 ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	14
2.3.2 Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	15
2.3.3 Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	16
2.3.4 Module GPS NEO-6MV2	17
2.3.5 Module LoRa Ra-08H Development Board Ai-Thinker	17
3.5.1 Usecase diagram	23
3.6.1 Activity diagram: Điều phối lộ trình	25
3.6.2 Activity diagram: Quản lý hàng hoá	27
3.6.3 Activity diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển .	29
3.7.1 Sequence diagram: Điều phối lộ trình	31
3.7.2 Sequence diagram: Quản lý hàng hoá	33
3.7.3 Sequence diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	35
4.1.1 Sơ đồ khái của toàn bộ hệ thống	37
4.2.1 Sơ đồ kết nối phần cứng của hệ thống	39
4.3.1 Mô phỏng luồng dữ liệu tổng quan của hệ thống	40
4.5.1 Các giao diện liên quan đến phần đăng nhập, đăng ký	43
4.5.2 Các giao diện liên quan đến trang Home	43
4.5.3 Các giao diện liên quan đến trang Maps	44
4.5.4 Các giao diện liên quan đến trang Dashboard	44
4.5.5 Các giao diện liên quan đến trang Profile	45

Danh sách bảng

2.2.1 So sánh giữa LoRa, 4G/5G và MQTT	13
2.3.1 Thông số kỹ thuật của ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	14
2.3.2 Thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	15
2.3.3 Thông số kỹ thuật của cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	15
2.3.4 Thông số kỹ thuật của module GPS NEO-6MV2	16

LỜI CAM KẾT

LỜI CẢM ƠN

TÓM TẮT

1

GIỚI THIỆU

Chương này trình bày tổng quan về đề tài, bao gồm bối cảnh, các vấn đề thực tiễn đặt ra và lý do cần thiết phải xây dựng hệ thống giám sát vận chuyển đạn được ứng dụng IoT. Bên cạnh đó, chương cũng nêu rõ mục tiêu nghiên cứu, phạm vi triển khai và cấu trúc tổng thể của báo cáo. Những nội dung này đóng vai trò định hướng cho toàn bộ đề tài, giúp người đọc hiểu được mục đích, giới hạn và cách thức tổ chức của các phần tiếp theo.

1.1 Bối cảnh của đề tài

Trong bối cảnh hiện nay, nhu cầu hiện đại hóa các hoạt động quản lý và đảm bảo an toàn trong lĩnh vực quân sự ngày càng trở nên cấp thiết. Trong đó, công tác vận chuyển đạn được là một quy trình có độ rủi ro cao, đòi hỏi sự giám sát chặt chẽ về vị trí, tình trạng môi trường và an toàn kỹ thuật trong suốt quá trình di chuyển. Tuy nhiên, phần lớn hoạt động theo dõi hiện nay vẫn phụ thuộc vào ghi chép thủ công hoặc các phương pháp quản lý truyền thống, dẫn đến hạn chế trong khả năng giám sát theo thời gian thực, chậm trễ trong xử lý sự cố và thiếu tính minh bạch trong quản lý hành trình.

Sự phát triển của IoT đã mở ra khả năng tự động hóa giám sát, thu thập dữ liệu liên tục và truyền tải thông tin theo thời gian thực. IoT cho phép tích hợp các cảm biến đo rung, nhiệt độ, vị trí và các tín hiệu khác vào một hệ thống tập trung, hỗ trợ đơn vị quản lý phát hiện bất thường và đưa ra cảnh báo kịp thời. Điều này góp phần nâng cao tính an toàn, độ tin cậy và hiệu quả trong quy trình vận chuyển đạn được, vốn là một hoạt động đặc biệt nhạy cảm và quan trọng.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1 Mục tiêu tổng quát

Nghiên cứu và xây dựng hệ thống giám sát vận tải quân sự dựa trên công nghệ LoRa P2P (Point-to-Point) và vi điều khiển ESP32, đảm bảo khả năng truyền tin tin cậy trong điều kiện thiếu hạ tầng mạng.

1.2.2 Mục tiêu cụ thể

Để hiện thực hóa mục tiêu tổng quát nêu trên, đề tài tập trung giải quyết ba nhiệm vụ cốt lõi sau:

Thứ nhất, **nghiên cứu và tối ưu hóa kiến trúc phần mềm nhúng** cho giao thức truyền tin LoRa. Trọng tâm là đảm bảo tính thời gian thực (real-time) và tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ cho thiết bị đầu cuối hoạt động bằng pin.

Thứ hai, **thiết kế khối thu thập dữ liệu** tích hợp đa cảm biến. Hệ thống sẽ sử dụng cảm biến DHT11 để giám sát nhiệt độ, độ ẩm; module Neo-6M cho định vị toạ độ GPS; và gia tốc kế ADXL345 nhằm phát hiện các va đập bất thường có thể ảnh hưởng đến an toàn của khí tài.

Thứ ba, **xây dựng cơ sở hạ tầng Back-end và giao diện Frontend**. Hệ thống cần có khả năng thu thập dữ liệu tập trung thông qua giao thức MQTT và hiển thị trực quan các thông số giám sát trên Dashboard (sử dụng nền tảng Firebase và Web App) để phục vụ công tác chỉ huy, điều hành.

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.3.1 Đối tượng nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu sâu vào hai nhóm đối tượng chính:

- **Về phần cứng:** Vi điều khiển ESP32 đóng vai trò bộ xử lý trung tâm, Module LoRa RA-08H cho truyền thông tầm xa, và các module cảm biến ngoại vi (GPS, DHT11, ADXL345).
- **Về giải pháp phần mềm:** Các giao thức truyền thông điệp tin cậy (LoRa P2P, MQTT), kỹ thuật lập trình nhúng trên Arduino IDE, ngôn ngữ Python cho các tác vụ cầu nối (bridge), và cơ sở dữ liệu thời gian thực Firebase.

1.3.2 Phạm vi triển khai của đề tài

Trong khuôn khổ của đề án tốt nghiệp, phạm vi nghiên cứu được giới hạn ở các nội dung sau:

1. **Môi trường phát triển:** Tập trung phát triển và kiểm thử trên bộ Kit phần

cứng mô phỏng, chưa triển khai trên phương tiện vận tải thực tế quy mô lớn.

- 1 2. **Kịch bản thử nghiệm:** Thực hiện đo đạc khả năng truyền tin trong phạm vi hẹp (phòng thí nghiệm) và mô phỏng các kịch bản mất kết nối để đánh giá tính năng lưu trữ cục bộ (Local Logging) trên thẻ nhớ SD.
3. **Giới hạn nghiên cứu:** Đề tài tập trung giải quyết bài toán ở tầng ứng dụng (Application Layer) và tầng truyền thông (Network Layer), chưa đi sâu vào các giải pháp bảo mật vật lý chuyên dụng hay thiết kế cơ khí chịu lực cho vỏ hộp thiết bị.

1.4 Cấu trúc của đề tài

Đề tài được tổ chức thành bảy chương theo trình tự logic giúp người đọc dễ dàng theo dõi quá trình nghiên cứu và triển khai hệ thống. Mỗi chương đảm nhận một vai trò riêng, từ việc giới thiệu bối cảnh cho đến trình bày lý thuyết nền tảng, phân tích yêu cầu, thiết kế, cài đặt, đánh giá và tổng kết. Cấu trúc này đảm bảo tính mạch lạc và phản ánh đầy đủ các bước thực hiện của đồ án.

Chương 1 - Giới thiệu: Tổng quan về đề tài, lý do chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu.

Chương 2 - Cơ sở lý thuyết: Trình bày về công nghệ LoRa, vi điều khiển ESP32 và các giao thức liên quan.

Chương 3 - Phân tích yêu cầu: Xác định các yêu cầu phi chức năng và chức năng của hệ thống.

Chương 4 - Thiết kế hệ thống: Thiết kế kiến trúc phần cứng và phần mềm, sơ đồ khối và luồng dữ liệu.

Chương 5 - Cài đặt và Triển khai: Mô tả quá trình lập trình, lắp ráp mạch và cấu hình hệ thống.

Chương 6 - Kết quả và Đánh giá: Trình bày kết quả thử nghiệm thực tế và đánh giá hiệu năng.

Chương 7 - Kết luận và Hướng phát triển: Tổng kết các kết quả đạt được và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo.

2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÁC CÔNG NGHỆ LIÊN QUAN

Chương này trình bày cơ sở lý thuyết và các công nghệ liên quan phục vụ việc xây dựng hệ thống IoT. Nội dung bao gồm tổng quan về IoT, các giao thức truyền thông phổ biến, các loại cảm biến và phần cứng sử dụng, cùng với các kỹ thuật bảo mật cần thiết trong quá trình truyền tải và xử lý dữ liệu.

2.1 Tổng quan về Internet of Things

Internet of Things (IoT) là thuật ngữ dùng để chỉ các đối tượng có thể được nhận biết cũng như sự tồn tại của chúng trong một kiến trúc mang tính kết nối. Đây là một viễn cảnh trong đó mọi vật, mọi con vật hoặc con người được cung cấp các định danh và khả năng tự động truyền tải dữ liệu qua một mạng lưới mà không cần sự tương tác giữa con người với con người hoặc con người với máy tính. IoT tiến hoá từ sự hội tụ của các công nghệ không dây, hệ thống vi cơ điện tử và Internet.

"Thing" trong Internet of Things, có thể là một trang trại động vật với bộ tiếp sóng chip sinh học, một chiếc xe ô tô tích hợp các cảm biến để cảnh báo lái xe khi lốp quá non, hoặc bất kỳ đồ vật nào do tự nhiên sinh ra hoặc do con người sản xuất ra mà có thể được gắn với một địa chỉ IP và được cung cấp khả năng truyền tải dữ liệu qua mạng lưới.

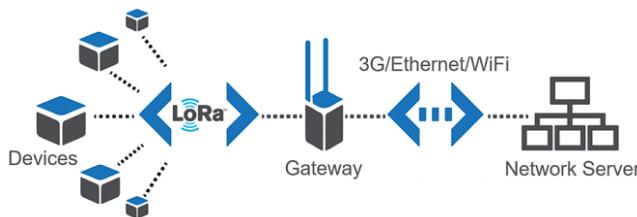
2.2 Các giao thức truyền thông trong IoT

2.2.1 LoRa

2.2.1.1 Giới thiệu

LoRa, viết tắt của Long Range Radio, là một loại công nghệ hỗ trợ truyền dữ liệu trong những khoảng cách lên đến hàng chục km mà không cần thêm bất kỳ các mạch khuếch đại công suất nào. LoRa giúp việc truyền và nhận dữ liệu trở nên đơn giản hơn, tiết kiệm năng lượng tiêu thụ hiệu quả.

Một mạng LoRa có thể cung cấp vùng phủ sóng tương tự như của một mạng di động. Trong một số trường hợp, các antenna Lora có thể kết hợp với antenna di động khi các tần số là gần nhau, từ đó giúp tiết kiệm đáng kể chi phí.



Hình 2.2.1: Minh họa về công nghệ LoRa

2.2.1.2 Nguyên lý hoạt động

Nền tảng phát triển công nghệ LoRa dựa trên kỹ thuật điều chế Chirp Spread Spectrum. Khi các dữ liệu được tạo xung với tần số cao để tạo ra những tín hiệu có dải tần cao hơn. Các tín hiệu này sẽ được mã hóa theo các chuỗi chirp signal (tín hiệu hình sin thay đổi theo thời gian) trước khi được gửi đi từ antenna. Có hai loại chirp signal, bao gồm tần số up-chirp theo thời gian và tần số của down-chirp giảm dần theo thời gian.

Nguyên tắc hoạt động này hỗ trợ thiết bị giảm độ phức tạp và tăng độ chính xác cần thiết cho mạch nhận để có thể giải mã và điều chỉnh lại dữ liệu. LoRa không yêu cầu nhiều công suất phát mà vẫn có thể truyền đi xa, vì tín hiệu LoRa có thể nhận được ở khoảng cách xa ngay cả khi cường độ tín hiệu thấp hơn nhiều xung quanh.

Băng tần hoạt động của LoRa nằm trong khoảng từ 430MHz đến 915MHz, áp dụng cho các khu vực khác nhau trên thế giới. Tín hiệu chirp sẽ cho phép các tín hiệu LoRa hoạt động trong cùng một khu vực mà không gây nhiễu lẫn nhau, cho phép nhiều thiết bị trao đổi dữ liệu trên nhiều kênh đồng thời.

2.2.1.3 Đặc điểm nổi bật

Là một công nghệ hiện đại được sử dụng phổ biến hiện nay, LoRa có khả năng truyền dữ liệu ở khoảng cách cực xa và có thể đạt khoảng cách truyền hơn 15km trong môi trường mở hoặc rộng hơn nữa. Nó còn có thể chạy với mức tiêu thụ điện năng thấp, điều này có thể kéo dài tuổi thọ pin và giảm chi phí sử dụng khi không cần thay quá nhiều lần.

Với kỹ thuật truyền của công nghệ LoRa, tốc độ truyền tuy thấp nhưng vẫn cung cấp đủ băng thông cho một số ứng dụng IoT nhất định, chẳng hạn như định vị, theo dõi tài nguyên và gửi thông tin trạng thái. Công nghệ này có khả năng chống nhiễu tốt và khả năng tự động tìm kiếm kênh truyền tốt nhất, giúp đảm bảo tính toàn vẹn của dữ liệu truyền đi.

2.2.1.4 Ưu điểm và nhược điểm

Nổi bật nhất, LoRa có mức tiêu thụ điện năng thấp, đây là ưu điểm lớn nhất của công nghệ LoRa. Bởi mức tiêu thụ điện năng của công nghệ này thấp. Tương ứng, tuổi thọ của ắc quy có thể lên đến 10 năm, hỗ trợ các nhà máy, doanh nghiệp giảm chi phí thay thế ắc quy.

LoRa còn có thể hỗ trợ máy tính truyền dữ liệu vài km mà không cần bộ khuếch đại công suất. Do Lora sử dụng ít điện từ hơn nên tín hiệu có thể duy trì khoảng cách xa hoặc khả năng làm việc mạnh mẽ ngay cả trong môi trường đô thị với những ngôi nhà dày đặc.

LoRa là một giao thức mạng mở, có khả năng cung cấp các kết nối nút cuối được tiêu chuẩn hóa giữa những máy tính và thiết bị IoT. Điều này cho phép mỗi nhà máy nhanh chóng triển khai các ứng dụng IoT ở mọi nơi.

Công nghệ còn sở hữu mã hóa AES128, cho phép xác thực lẫn nhau, đảm bảo tính toàn vẹn và tăng tính bảo mật.

Tuy LoRa là một công nghệ được ưa chuộng sử dụng nhưng nó không phải một công nghệ có tính hoàn hảo về mọi mặt. Công nghệ này không phù hợp với những công việc cần tải dữ liệu lớn, đây cũng là nhược điểm lớn nhất đối với công nghệ LoRa. Do các sóng truyền ở tần số này làm chậm tốc độ truyền và tải trọng của công nghệ bị giới hạn ở 100 byte. Do đó, độ trễ của công nghệ LoRa sẽ cao hơn các phương pháp khác.

Khi sử dụng công nghệ LoRa, người dùng sẽ gặp khó khăn trong việc lắp đặt các gateway trong khu vực nội thành cũng là một trở ngại cho việc phổ cập công nghệ LoRa tại các khu vực đông dân cư.

LoRa có khả năng truyền dữ liệu hạn chế và không phù hợp với các ứng dụng

yêu cầu truyền dữ liệu lớn. Ngoài ra, để có thể triển khai một hệ thống LoRa hoàn chỉnh, cần có nhiều cổng và thiết bị kết nối, điều này làm tăng chi phí triển khai.

2.2.2 4G/5G

2.2.2.1 Giới thiệu

Mạng 4G và 5G là các thế hệ mạng di động băng thông rộng được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống IoT yêu cầu tốc độ truyền dữ liệu cao, độ trễ thấp và phạm vi phủ sóng lớn.

Mạng 4G cung cấp tốc độ truyền tải cao hơn nhiều so với 3G, hỗ trợ tốt các ứng dụng IoT như camera giám sát, theo dõi phương tiện hoặc truyền dữ liệu thời gian thực. Mạng 5G là thế hệ mạng mới nhất với tốc độ vượt trội, độ trễ cực thấp, khả năng kết nối số lượng lớn thiết bị, đặc biệt phù hợp với các ứng dụng IoT quy mô lớn như xe tự hành, thành phố thông minh hoặc tự động hóa công nghiệp.

2.2.2.2 Nguyên lý hoạt động

Mạng 4G và 5G đều hoạt động dựa trên kiến trúc mạng di động tổ ong, trong đó mỗi khu vực được bao phủ bởi các trạm gốc truyền nhận tín hiệu vô tuyến. Khi một thiết bị IoT hoặc thiết bị di động khởi tạo kết nối, tín hiệu sẽ được truyền đến trạm gốc gần nhất để thực hiện quá trình xác thực và thiết lập phiên làm việc với mạng lõi. Đối với 4G, mạng lõi EPC chịu trách nhiệm định tuyến gói dữ liệu và đảm bảo chất lượng truyền dẫn. Trong khi đó, 5G sử dụng kiến trúc hiện đại hơn, cho phép xử lý dữ liệu linh hoạt và hiệu quả thông qua các chức năng ảo hóa và tách rời.

Sau khi kết nối được thiết lập, dữ liệu IoT được truyền dưới dạng gói IP qua trạm gốc, đi qua mạng lõi và đến server hoặc nền tảng cloud. Công nghệ 5G còn sử dụng các kỹ thuật tiên tiến như beamforming và Massive MIMO để tập trung tín hiệu theo hướng tối ưu, tăng tốc độ và giảm nhiễu. Ngoài ra, 5G hỗ trợ phân đoạn mạng, cho phép tạo ra nhiều “lát cắt” mạng độc lập nhằm phục vụ các nhóm ứng dụng có yêu cầu khác nhau, từ băng thông cao, độ trễ thấp cho đến số lượng kết nối lớn. Nhờ những cơ chế hoạt động này, 4G và đặc biệt là 5G có khả năng cung cấp tốc độ truyền tải nhanh, độ trễ thấp và hiệu suất kết nối ổn định cho các hệ thống IoT hiện đại.

2.2.2.3 Đặc điểm nổi bật

Công nghệ 4G và 5G đều mang lại những bước tiến quan trọng trong lĩnh vực truyền thông không dây, đặc biệt đối với các hệ thống IoT hiện đại. Ở thế hệ 4G, tốc độ truyền tải dữ liệu được nâng lên đáng kể, đạt đến 100 Mbps đối với thiết bị di động và có thể lên tới 1 Gbps trong các kết nối cố định. Độ trễ cũng được cải thiện, giảm xuống chỉ còn 5–20 ms, giúp phản hồi nhanh hơn cho các ứng dụng thời gian thực. 4G sử dụng các công nghệ như OFDMA và MIMO để tăng băng thông, hỗ trợ nhiều thiết bị kết nối đồng thời, đảm bảo hiệu suất ổn định trong môi trường đông người dùng.

Bước sang 5G, công nghệ này mang đến những đột phá vượt trội về tốc độ, độ trễ và khả năng kết nối. Tốc độ tải xuống lý thuyết có thể đạt tới 10 Gbps, nhanh hơn 4G từ 10 đến 100 lần, đồng thời độ trễ giảm xuống mức cực thấp chỉ khoảng 1 ms. Điều này cho phép 5G hỗ trợ tốt các ứng dụng yêu cầu phản hồi tức thời như xe tự hành, điều khiển robot từ xa, thực tế ảo. 5G cũng cho phép kết nối hàng triệu thiết bị trên mỗi km², đáp ứng nhu cầu của đô thị thông minh và các hệ thống IoT mật độ cao. Ngoài ra, nhờ ứng dụng sóng milimet, Massive MIMO và công nghệ phân mảnh mạng, 5G có khả năng tối ưu băng thông linh hoạt và tùy chỉnh tài nguyên theo từng loại dịch vụ, mang lại hiệu suất vượt trội trong nhiều tình huống sử dụng khác nhau.

2.2.2.4 Ưu điểm và nhược điểm

Công nghệ 4G và 5G mang lại nhiều lợi ích quan trọng trong các hệ thống IoT hiện đại. Với tốc độ truyền dữ liệu cao, 4G cho phép truyền tải video HD, chơi game trực tuyến và vận hành các dịch vụ yêu cầu băng thông rộng mà vẫn duy trì độ trễ thấp. Khi bước sang 5G, tốc độ còn được cải thiện vượt trội cùng với độ trễ cực thấp, giúp đáp ứng tốt các ứng dụng thời gian thực như điều khiển từ xa, xe tự hành hoặc các hệ thống giám sát thông minh. Chất lượng dịch vụ ổn định giúp mạng có thể xử lý đồng thời thoại, video và dữ liệu mà không ảnh hưởng đến hiệu năng. Ngoài ra, 5G còn hỗ trợ mật độ kết nối rất lớn, phù hợp cho các mô hình IoT quy mô cao trong đô thị thông minh hoặc công nghiệp.

Tuy nhiên, cả 4G và 5G đều tồn tại một số hạn chế. Chi phí triển khai hạ tầng cao khiến việc phủ sóng đồng đều gặp khó khăn, đặc biệt tại khu vực nông thôn hoặc vùng sâu vùng xa. Việc xây dựng mạng 5G càng yêu cầu đầu tư lớn hơn do sử dụng nhiều trạm thu phát và băng tần cao. Thiết bị di động sử dụng mạng 4G/5G thường tiêu tốn năng lượng lớn hơn, làm giảm thời gian sử dụng pin. Ngoài ra, dù đã có nhiều cải tiến về bảo mật, các mạng này vẫn đối mặt với

rủi ro bị tấn công do kiến trúc phức tạp, đặc biệt ở 5G. Người dùng cũng cần có thiết bị tương thích mới để tận dụng đầy đủ lợi ích của 5G, gây khó khăn cho quá trình phổ cập.

2.2.3 MQTT

2.2.3.1 Giới thiệu

MQTT, viết tắt của Message Queuing Telemetry Transport, là giao thức truyền thông được sử dụng cho các thiết bị IoT với băng thông thấp, độ tin cậy cao và khả năng được sử dụng trong mạng lưới không ổn định.

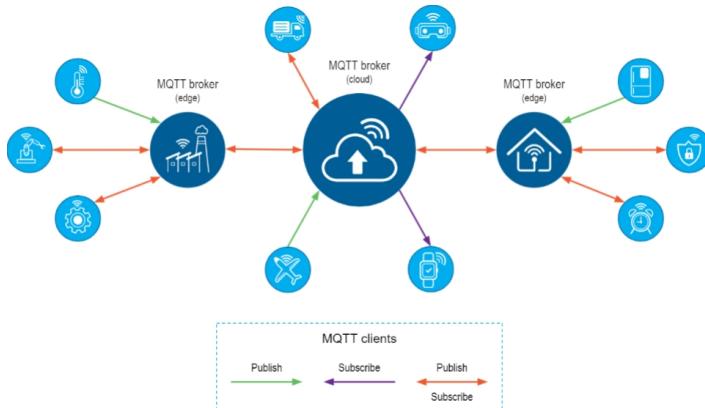
MQTT là một lựa chọn lý tưởng trong các môi trường mà giá mạng viễn thông đất đő hoặc băng thông thấp hay thiếu tin cậy, hoặc khi chạy trên thiết bị nhúng bị giới hạn về tài nguyên tốc độ và bộ nhớ. Bởi vì giao thức này sử dụng băng thông thấp trong môi trường có độ trễ cao nên nó là một giao thức lý tưởng cho các ứng dụng M2M.

2.2.3.2 Nguyên lý hoạt động

MQTT hoạt động dựa trên mô hình Publish/Subscribe thông qua kiến trúc Client/Server, trong đó Broker đóng vai trò trung gian xử lý toàn bộ quá trình truyền thông. Các thiết bị IoT (Client) có thể gửi dữ liệu dưới dạng thông điệp đến một chủ đề với vai trò Publisher, hoặc đăng ký nhận thông điệp từ các chủ đề đó với vai trò Subscriber. Nhờ cơ chế tách biệt giữa nơi gửi và nơi nhận, MQTT giúp giảm tải băng thông, tối ưu tài nguyên và duy trì hiệu quả hoạt động ngay cả trong môi trường mạng yếu, rất phù hợp với các hệ thống IoT.

Broker được xem như lõi trung tâm của toàn bộ hệ thống, chịu trách nhiệm tiếp nhận thông điệp từ Publisher, xử lý và phân phối chúng đến các Subscriber tương ứng. Bên cạnh nhiệm vụ chính này, Broker còn có thể đảm nhận các chức năng bổ trợ như quản lý hàng đợi, lưu trữ thông điệp, ghi log hệ thống, xác thực và mã hóa nhằm đảm bảo an toàn trong truyền thông. Chính nhờ sự linh hoạt và cấu trúc nhẹ, MQTT trở thành một trong những giao thức phổ biến nhất trong các ứng dụng IoT hiện nay.

2



Hình 2.2.2: Minh họa về nguyên lý hoạt động của MQTT

2.2.3.3 Đặc điểm nổi bật

Công nghệ MQTT sở hữu nhiều đặc điểm nổi bật giúp nó trở thành một trong những giao thức tối ưu cho các hệ thống IoT hiện đại. Trước hết, MQTT sử dụng mô hình truyền thông Pub/Sub, cho phép việc trao đổi thông điệp diễn ra theo hướng phân tán và tách biệt hoàn toàn giữa bên gửi và bên nhận. Nhờ đó, việc truyền tải dữ liệu diễn ra ngay lập tức mà không phụ thuộc vào nội dung hay bản chất của thông điệp, giúp giảm độ phức tạp và tài nguyên xử lý trên thiết bị. Giao thức này hoạt động dựa trên nền tảng TCP/IP, đảm bảo độ tin cậy trong truyền dẫn và duy trì kết nối ổn định giữa các thiết bị IoT.

Một trong những ưu điểm quan trọng của MQTT là khả năng hỗ trợ ba mức chất lượng dịch vụ (Quality of Service, hay QoS), cho phép lựa chọn độ tin cậy phù hợp tùy theo ứng dụng. Ở mức QoS 0, thông điệp được gửi đúng một lần nhưng không có cơ chế xác nhận ngoài TCP/IP. Với QoS 1, phía gửi đảm bảo dữ liệu được nhận ít nhất một lần, có thể dẫn đến việc nhận trùng lặp thông điệp. Mức QoS 2 cung cấp độ tin cậy cao nhất khi đảm bảo mỗi thông điệp chỉ được nhận đúng một lần thông qua cơ chế bắt tay bốn bước. Bên cạnh đó, phần bao gói dữ liệu (packet) của MQTT rất nhỏ và được tối ưu đến mức tối thiểu, giúp giảm tải đáng kể cho đường truyền và phù hợp với các mạng băng thông thấp.

2.2.3.4 Ưu điểm và nhược điểm

MQTT mang lại nhiều ưu điểm quan trọng nhờ cơ chế hoạt động nhẹ, linh hoạt và phù hợp với đặc thù của các hệ thống IoT. Với mô hình Pub/Sub và phần bao gói dữ liệu nhỏ, MQTT giúp truyền tải thông tin hiệu quả, giảm đáng kể băng thông tiêu thụ và tối ưu việc sử dụng tài nguyên mạng. Tính chất hoạt động này cũng giúp tăng khả năng mở rộng hệ thống và duy trì hiệu suất tốt trong

điều kiện mang yếu hoặc hạn chế. MQTT rất phù hợp cho các ứng dụng điều khiển, giám sát từ xa như trong SCADA, IoT công nghiệp, hay các hệ thống thu thập dữ liệu cảm biến.

Ngoài ra, giao thức có chi phí vận hành thấp, hỗ trợ bảo mật thông qua các lớp giao thức như TLS/SSL và được tin dùng bởi nhiều tập đoàn lớn. Việc phát triển ứng dụng dựa trên MQTT cũng được đơn giản hóa, giúp rút ngắn thời gian triển khai, đồng thời cơ chế Pub/Sub cho phép thu thập lượng dữ liệu lớn với băng thông ít hơn so với các giao thức truyền thống.

Tuy nhiên, MQTT cũng tồn tại một số hạn chế nhất định. Khi so sánh với CoAP, một giao thức hướng tài nguyên cho IoT, tốc độ truyền của MQTT đôi khi chậm hơn, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu phản hồi tức thời. CoAP sử dụng mô hình tài nguyên tĩnh, trong khi MQTT hoạt động dựa trên cơ chế đăng ký động, khiến việc quản lý nội dung đôi khi phức tạp hơn.

Một nhược điểm khác là MQTT không tích hợp sẵn cơ chế mã hóa dữ liệu, buộc hệ thống phải sử dụng các giao thức bảo mật bổ sung như TLS/SSL để đảm bảo an toàn. Cuối cùng, khả năng mở rộng ở quy mô rất lớn vẫn là thách thức, do Broker trở thành điểm trung tâm cần xử lý lượng lớn kết nối đồng thời, dễ dẫn đến quá tải nếu không được tối ưu đúng cách.

2.2.4 So sánh và lựa chọn giao thức

Việc lựa chọn giao thức truyền thông phù hợp đóng vai trò then chốt trong hệ thống IoT giám sát và điều phối vận chuyển đạn dược, nơi yêu cầu truyền dữ liệu ổn định, phạm vi xa, tiêu thụ năng lượng thấp và đảm bảo an toàn trong môi trường quân sự. Ba lựa chọn phổ biến trong các hệ thống IoT hiện nay là LoRa, 4G/5G và MQTT. Mỗi công nghệ mang những đặc trưng riêng và đáp ứng những nhóm yêu cầu khác nhau.

LoRa hoạt động ở dải tần ISM, sử dụng kỹ thuật trải phổ CSS, cho phép truyền dữ liệu tầm xa, tiêu thụ năng lượng rất thấp và chịu nhiễu tốt. Tốc độ truyền không cao nhưng phù hợp cho các gói dữ liệu cảm biến như GPS, nhiệt độ và cảnh báo rung/lắc. Điều này giúp LoRa đặc biệt phù hợp cho các thiết bị IoT chạy bằng pin và hoạt động trong môi trường di chuyển liên tục như phương tiện vận chuyển đạn dược.

Ngược lại, 4G/5G cung cấp tốc độ cao, độ trễ thấp và khả năng truyền dữ liệu thời gian thực. 4G thích hợp cho các hệ thống cần truyền dữ liệu liên tục như video, trong khi 5G hỗ trợ băng thông lớn, độ trễ chỉ vài mili-giây và khả năng kết nối thiết bị dày đặc. Tuy nhiên, cả 4G và 5G đều tiêu thụ năng lượng cao hơn đáng kể, phụ thuộc vào hạ tầng viễn thông và phát sinh chi phí vận hành (SIM, gói dữ liệu). Điều này làm chúng kém phù hợp hơn cho thiết bị IoT chạy

pin và yêu cầu hoạt động dài ngày.

Trong khi đó, MQTT không phải là công nghệ truyền sóng, mà là giao thức tầng ứng dụng chạy trên TCP/IP, thường được dùng kết hợp với 4G/5G, Wi-Fi hoặc Ethernet. MQTT phù hợp cho truyền dữ liệu nhẹ, ổn định, nhưng không thể đảm bảo phạm vi rộng nếu lớp vật lý bên dưới không đáp ứng. Do đó, MQTT không phải lựa chọn thay thế cho LoRa hay 4G/5G mà chỉ đóng vai trò giao thức truyền tải khi thiết bị sử dụng mạng IP.

2

Tiêu chí	LoRa	4G/5G	MQTT
Phạm vi	2–15 km, không phụ thuộc hạ tầng nhà mạng	Toàn quốc, phụ thuộc trạm BTS	Phụ thuộc mạng IP (4G/5G/Wi-Fi)
Năng lượng	Rất thấp	Cao	Trung bình (tùy mạng dưới)
Tốc độ	Thấp (0.3–50 kbps)	Cao đến rất cao (Mbps–Gbps)	Phụ thuộc 4G/5G/Wi-Fi
Loại dữ liệu	Cảm biến, GPS, cảnh báo	Video, dữ liệu lớn, real-time	Telemetry, log nhẹ
Độ ổn định	Cao ở vùng xa	Phụ thuộc hạ tầng	Phụ thuộc lớp mạng dưới
Chi phí	Rất thấp	Cao (SIM, data)	Thấp

Bảng 2.2.1: So sánh giữa LoRa, 4G/5G và MQTT

Dựa trên yêu cầu của hệ thống giám sát và điều phối vận chuyển đạn dược, bao gồm truyền dữ liệu cảm biến (GPS, nhiệt độ, rung/lắc), hoạt động tầm xa, độ ổn định cao, chi phí vận hành thấp và thiết bị tiêu thụ năng lượng nhỏ, nhóm quyết định lựa chọn LoRa làm giao thức truyền thông chính. LoRa đáp ứng tốt nhất các tiêu chí của môi trường quân sự, đặc biệt trong các tuyến đường xa khu vực dân cư, nơi hạ tầng viễn thông 4G/5G có thể không ổn định. 4G/5G chỉ được xem xét như tùy chọn bổ sung cho các khu vực có hạ tầng mạnh hoặc khi cần truyền dữ liệu dung lượng lớn.

2.3 Các loại cảm biến, thiết bị sử dụng

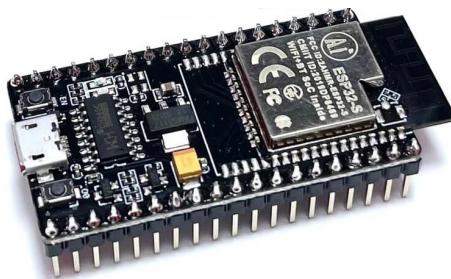
2.3.1 ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker

ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker được phát triển trên nền Vi điều khiển trung tâm là ESP32 SoC với công nghệ Wifi, BLE và kiến trúc ARM mới nhất hiện nay, kit có thiết kế phần cứng, firmware và cách sử dụng tương tự Kit

NodeMCU ESP8266, với ưu điểm là cách sử dụng dễ dàng, ra chân đầy đủ, tích hợp mạch nạp và giao tiếp UART CH340, thích hợp với các nghiên cứu, ứng dụng về Wifi, BLE, IoT và điều khiển, thu thập dữ liệu qua mạng.

Thông số	Giá trị
SPI Flash	32 Mbits
Dải tần số	2400 - 2483.5 MHz
Bluetooth	BLE 4.2 BR/EDR
WiFi	802.11
Giao diện hỗ trợ	UART/SPI/SDIO/I2C/PWM/I2S/IR/ADC/DAC
Nguồn sử dụng	5VDC qua cổng Micro USB
Mạch nạp	Tích hợp CH340 UART
Số chân	38 chân cắm 2.54mm, ra đầy đủ chân ESP32
Tích hợp	LED trạng thái, nút nhấn IO0 (BOOT), nút ENABLE
Kích thước	25.4 x 48.3 mm

Bảng 2.3.1: Thông số kỹ thuật của ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker



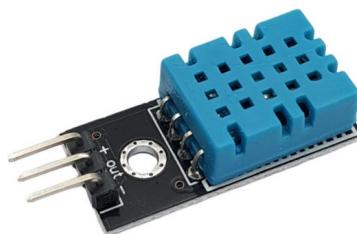
Hình 2.3.1: ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker

2.3.2 Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11

DHT11 là cảm biến nhiệt độ, độ ẩm rất thông dụng hiện nay vì chi phí rẻ và rất dễ lấy dữ liệu thông qua giao tiếp 1-wire (giao tiếp digital 1-wire truyền dữ liệu duy nhất). Cảm biến được tích hợp bộ tiền xử lý tín hiệu giúp dữ liệu nhận về được chính xác mà không cần phải qua bất kỳ tính toán nào.

2

Thông số	Giá trị
Điện áp hoạt động	3-5V
Phạm vi đo độ ẩm	20 - 90% RH
Phạm vi đo nhiệt độ	0 - 50°C
Độ chính xác độ ẩm	±5% RH
Độ chính xác nhiệt độ	±2°C
Tần số lấy mẫu tối đa	1 Hz
Khoảng cách truyền tối đa	20m

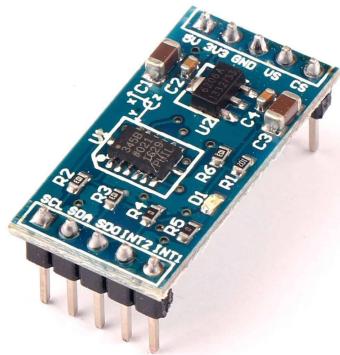
Bảng 2.3.2: Thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11**Hình 2.3.2:** Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11

2.3.3 Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345

Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345 được dùng để đo gia tốc hoặc độ rung theo ba trục trong hệ tọa độ Descartes. Thiết bị hỗ trợ giao tiếp I2C, dễ tích hợp và có nhiều thư viện mẫu đi kèm. Nhờ độ nhạy cao và kích thước nhỏ gọn, ADXL345 phù hợp với các ứng dụng di động. Cảm biến có thể đo được cả gia tốc tĩnh (dùng để xác định độ nghiêng dựa trên trọng lực) lẫn gia tốc động (phát hiện chuyển động, va đập hoặc rung động).

Thông số	Giá trị
Điện áp hoạt động	3–5VDC
Điện áp giao tiếp	3.3V
Dòng điện tiêu thụ	30µA
Nhiệt độ hoạt động	-40°C - 85°C
Chuẩn giao tiếp	I2C, SPI
Dải đo gia tốc	±2g, ±4g, ±8g, ±16g

Bảng 2.3.3: Thông số kỹ thuật của cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345



Hình 2.3.3: Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345

2.3.4 Module GPS NEO-6MV2

Module GPS NEO-6MV2 là một module GPS hoàn chỉnh dựa trên GPS Ublox NEO 6M. Thiết bị này sử dụng công nghệ mới nhất của Ublox để cung cấp thông tin định vị tốt nhất có thể và bao gồm một ăng-ten GPS chủ động tích hợp lớn hơn với chân cắm UART TTL.

Module GPS Ublox có đầu ra TTL nối tiếp, đồng thời có đèn LED hiển thị trạng thái để dễ dàng quan sát trong quá trình sử dụng.

Thông số	Giá trị
Điện áp hoạt động	3–5VDC
Điện áp giao tiếp	3.3V
Kích thước antenna	12 × 12mm
Kích thước module	23 × 30mm
Chuẩn giao tiếp	UART TTL
Baud rate mặc định	9600

Bảng 2.3.4: Thông số kỹ thuật của module GPS NEO-6MV2

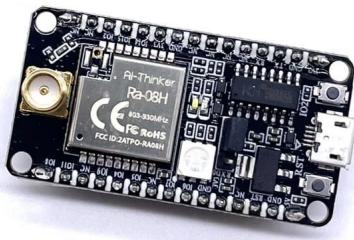
2



Hình 2.3.4: *Module GPS NEO-6MV2*

2.3.5 *Module truyền thông LoRa*

Kit phát triển LoraWan SoC ASR6601 868/915MHz Ra-08H Development Board Ai-Thinker được sản xuất bởi Ai-Thinker sử dụng chip SoC ASR6601 là sự kết hợp giữa MCU kiến trúc 32-bit RISC và chuẩn truyền sóng Lora, rất thích hợp cho các ứng dụng xây dựng mạng truyền sóng LoraWan, chuẩn Lora mang đến hai yếu tố quan trọng là tiết kiệm năng lượng và khoảng cách phát siêu xa, ngoài ra nó còn có khả năng cấu hình để tạo thành mạng truyền nhận nên hiện tại được phát triển và sử dụng rất nhiều trong các nghiên cứu về IoT.



Hình 2.3.5: *Module LoRa Ra-08H Development Board Ai-Thinker*

2.4 Các kỹ thuật bảo mật trong IoT

2.4.1 *Mã hóa dữ liệu (Confidentiality)*

Để đảm bảo bảo mật (tọa độ, trạng thái đạn dược) không bị nghe lén trong quá trình truyền tải qua không gian, hệ thống sử dụng thuật toán mã hóa AES-128 (Advanced Encryption Standard). Trước khi gửi gói tin từ ESP32 qua LoRa hoặc 4G, dữ liệu payload sẽ được mã hóa bằng một khóa bí mật (Secret Key) chỉ được biết bởi thiết bị gửi và máy chủ nhận.

2.4.2 Xác thực thiết bị (*Authentication*)

Hệ thống ngăn chặn các thiết bị lừa giả mạo thành xe vận chuyển bằng cơ chế xác thực.

- **Với MQTT:** Sử dụng Username/Password và Client ID định danh cho từng thiết bị khi kết nối vào Broker.
- **Với LoRa:** Sử dụng cơ chế xác thực ABP (Activation By Personalization) hoặc OTAA (Over-The-Air Activation) để đảm bảo chỉ các node đã đăng ký mới được tham gia mạng.

2.4.3 Toàn vẹn dữ liệu (*Integrity*)

Để đảm bảo dữ liệu không bị thay đổi hoặc làm sai lệch trên đường truyền, hệ thống sử dụng kỹ thuật Checksum hoặc HMAC (Hash-based Message Authentication Code). Phía nhận sẽ tính toán lại mã kiểm tra và so sánh với mã nhận được; nếu không khớp, gói tin sẽ bị loại bỏ để tránh xử lý sai thông tin.

3

PHÂN TÍCH YÊU CẦU HỆ THỐNG

3.1 Yêu cầu chức năng

3.1.1 Người dùng

- Có thể theo dõi các thông số quan trọng của quá trình vận chuyển theo thời gian thực trên ứng dụng và web, bao gồm độ rung, nhiệt độ, vị trí GPS và thời gian cập nhật.
- Có thể xem vị trí hiện tại và toàn bộ lộ trình của phương tiện trên bản đồ, đồng thời cập nhật tuyến đường khi cần thiết.
- Có thể nhận cảnh báo ngay lập tức qua ứng dụng hoặc web khi hệ thống phát hiện nhiệt độ hoặc độ rung vượt ngưỡng cho phép hoặc khi phương tiện đi lệch lộ trình.
- Có thể giám sát trạng thái vận chuyển và tiến độ của chuyến hàng.
- Có thể xem và truy xuất lịch sử của các thông số vận chuyển và các sự kiện cảnh báo đã xảy ra.
- Có thể quản lý quyền truy cập và phân quyền cho các vai trò khác nhau như quản trị viên, điều phối viên, lái xe và kỹ thuật viên.
- Quản trị viên có thể xem nhật ký đăng nhập và thao tác của tất cả người dùng trong hệ thống.

3.1.2 Hệ thống

- Phải liên tục thu thập và xử lý dữ liệu từ các cảm biến độ rung, nhiệt độ và thiết bị GPS.
- Phải đồng bộ hóa các dữ liệu này lên hệ thống trung tâm và hiển thị theo thời gian thực trên giao diện người dùng.
- Phải phân tích dữ liệu để đề xuất lộ trình tối ưu dựa trên các thông số đã thu được.
- Phải tự động xác định và kích hoạt cảnh báo khi các thông số vượt ngưỡng hoặc khi vị trí phương tiện đi chêch khỏi lộ trình đã định.
- Phải gửi thông báo cảnh báo đến trung tâm điều hành và người có thẩm quyền qua ứng dụng hoặc web.
- Phải lưu trữ và quản lý toàn bộ lịch sử vận chuyển và dữ liệu liên quan một cách an toàn.
- Phải thực hiện xác thực người dùng trước khi cấp quyền truy cập hệ thống.
- Phải thực hiện xác thực thiết bị trước khi chấp nhận dữ liệu gửi về.
- Phải mã hóa dữ liệu trong quá trình truyền tải và khi lưu trữ để đảm bảo bảo mật dữ liệu.

3

3.2 Yêu cầu phi chức năng

3.2.1 Hiệu năng

- Hệ thống phải đảm bảo truyền dữ liệu từ thiết bị đến máy chủ trong khoảng 2-3 giây.
- Dữ liệu mới phải được cập nhật lên giao diện người dùng trong vòng dưới 5 giây kể từ khi dữ liệu được gửi về.

3.2.2 Tính sẵn sàng

- Hệ thống phải đảm bảo sẵn sàng hoạt động trên 90% khi có kết nối mạng ổn định.
- Dữ liệu phải được thu thập và lưu trữ liên tục khi hệ thống hoạt động.

3.2.3 *Khả năng mở rộng*

- Hệ thống phải hỗ trợ cùng lúc nhiều thiết bị, với mức tối thiểu là 4 thiết bị đang hoạt động đồng thời.
- Thiết kế hệ thống phải cho phép tích hợp thêm các loại cảm biến mới khác nếu có nhu cầu giám sát mở rộng.

3.2.4 *Tính dễ sử dụng*

- Giao diện người dùng phải trực quan, dễ nhìn và dễ thao tác.
- Người dùng mới có thể làm quen với các chức năng chính của hệ thống trong không quá 15 phút.

3.2.5 *Tính tương thích*

- Hệ thống phải tương thích với các thiết bị IoT phổ biến trên thị trường.
- Ứng dụng di động phải hỗ trợ tốt trên nền tảng Android.

3.2.6 *Khả năng bảo trì*

- Hệ thống phải được thiết kế theo hướng module hóa để cho phép bảo trì hoặc nâng cấp từng phần mà không làm ảnh hưởng đến toàn bộ hoạt động.
- Phải cung cấp đầy đủ tài liệu kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng.

3.3 Quy trình vận chuyển đạn dược

Quy trình vận chuyển đạn dược được tổ chức theo một chuỗi bước nghiêm ngặt nhằm đảm bảo an toàn tuyệt đối cho phương tiện, hàng hóa và nhân sự. Hệ thống IoT đóng vai trò hỗ trợ giám sát toàn bộ quá trình, kết hợp với các quy định truyền thống của công tác vận chuyển quân sự để nâng cao mức độ an toàn và khả năng ứng phó sự cố.

Trước khi xuất phát, phương tiện và lô đạn dược được kiểm tra toàn diện về tình trạng kỹ thuật, bao gói, niêm phong và khối lượng theo đúng tiêu chuẩn an toàn. Các cảm biến IoT như nhiệt độ, độ rung và GPS được kích hoạt, kiểm tra tín hiệu và xác thực kết nối với hệ thống trung tâm. Điều phối viên tiến hành cấu hình tuyến đường, thông số giám sát và thiết lập vùng địa lý cho chuyến đi.

Tại điểm xuất phát, đạn dược xếp lên phương tiện theo đúng quy định về an toàn và trọng tải. Sau khi hoàn tất, lực lượng phụ trách thực hiện các bước xác nhận bàn giao cần thiết cho tài xế và ghi nhận thông tin vào hệ thống trước khi khởi hành.

Khi phương tiện bắt đầu di chuyển, thiết bị IoT trên xe sẽ gửi dữ liệu định kỳ về hệ thống trung tâm, bao gồm vị trí GPS, tốc độ, nhiệt độ và độ rung. Hệ thống dựa trên các dữ liệu này để tự động cập nhật trạng thái chuyến đi và hiển thị lộ trình theo thời gian thực, giúp điều phối viên theo dõi và nắm bắt tình hình liên tục.

Trong suốt hành trình, hệ thống IoT có nhiệm vụ giám sát và phát hiện các điều kiện bất thường như nhiệt độ vượt ngưỡng, rung/lắc mạnh, lệch khỏi tuyến đường quy định, dừng quá lâu ngoài khu vực cho phép hoặc mất kết nối truyền thông. Khi xảy ra sự cố, hệ thống sẽ phát cảnh báo ngay lập tức để điều phối viên kịp thời chỉ đạo, có thể yêu cầu dừng kiểm tra, điều chỉnh hướng di chuyển hoặc huy động lực lượng hỗ trợ gần nhất.

Khi xe đến điểm nhận, tài xế và lực lượng tại kho đích tiến hành kiểm tra niêm phong, xác nhận bàn giao và hoàn tất các thủ tục theo quy định. Thông tin về thời gian, vị trí và nhân sự tiếp nhận được hệ thống ghi nhận đầy đủ.

Sau khi bàn giao hoàn tất, toàn bộ dữ liệu liên quan đến chuyến vận chuyển như lộ trình thực tế, thông số giám sát, cảnh báo và các bước xử lý được lưu trữ trên hệ thống. Các dữ liệu này phục vụ công tác đánh giá rủi ro, truy vết và tối ưu hóa các nhiệm vụ vận chuyển trong tương lai.

3.4 Các rủi ro cần giám sát

Trong quá trình vận chuyển đạn dược, tồn tại nhiều rủi ro tiềm ẩn có thể ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn con người, phương tiện và hàng hoá. Để giảm thiểu những nguy cơ này, hệ thống IoT được triển khai nhằm giám sát liên tục, phát hiện sớm bất thường và hỗ trợ điều phối xử lý kịp thời.

Một trong những rủi ro quan trọng là nhiệt độ, bởi đạn dược rất nhạy cảm với môi trường nóng, vì khi xe di chuyển qua khu vực nhiệt độ cao hoặc dừng lâu dưới trời nắng, nhiệt độ bên trong thùng chứa có thể vượt quá ngưỡng an toàn, đòi hỏi hệ thống phải cảnh báo ngay lập tức.

Bên cạnh đó, rung và lắc mạnh do đường xấu, phanh gấp hoặc va chạm cũng là yếu tố nguy hiểm, có thể ảnh hưởng đến độ ổn định của đạn, cảm biến rung giúp phát hiện các xung lực bất thường và gửi cảnh báo cho điều phối viên.

Hệ thống cũng cần phát hiện lệch lộ trình, bởi việc phương tiện đi sai đường có thể dẫn đến nguy cơ an ninh, xâm nhập khu vực cấm hoặc rơi vào tình huống bị theo dõi. Ngoài ra, dừng hoặc bất động bất thường là dấu hiệu của sự cố hoặc can thiệp trái phép, vì vậy dữ liệu thời gian dừng được phân tích để đánh giá mức độ nguy hiểm.

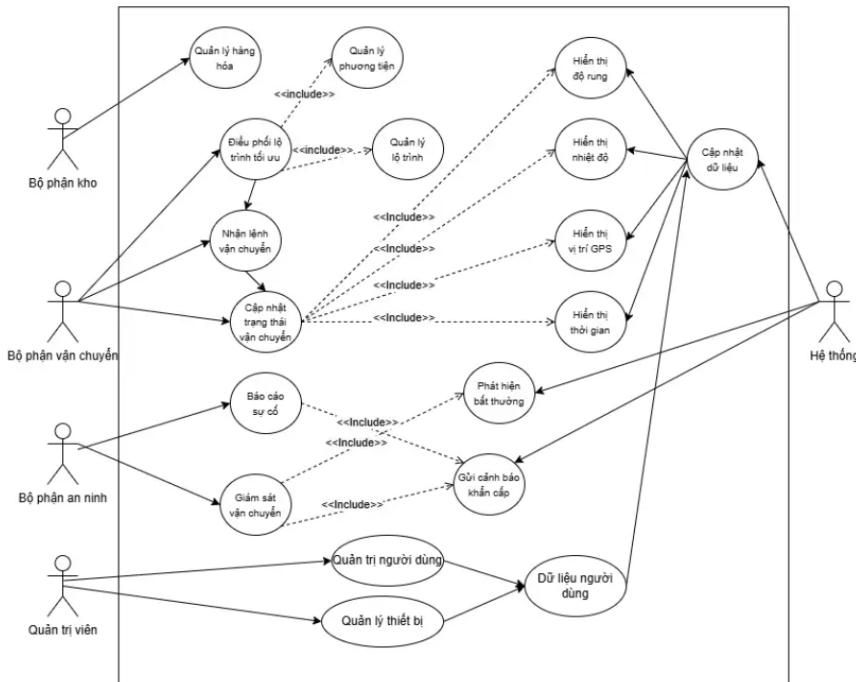
Một rủi ro khác là mất tín hiệu hoặc mất kết nối truyền thông, khiến thiết bị

không thể gửi dữ liệu về trung tâm, khi đó, hệ thống phải ghi nhớ dữ liệu và đồng bộ lại khi kết nối được phục hồi. Vấn đề an ninh thiết bị cũng đặc biệt quan trọng, bởi thiết bị IoT có thể bị truy cập trái phép hoặc gửi dữ liệu giả mạo nếu thiếu cơ chế bảo vệ, do đó cần áp dụng mã hóa, ký số và xác thực hai chiều.

Bên cạnh các yếu tố kỹ thuật, hệ thống còn phải tính đến sự cố phương tiện, chẳng hạn như hỏng động cơ, thủng lốp hoặc tai nạn, thường thể hiện qua các tín hiệu rung bất thường, dừng đột ngột hoặc mất tín hiệu. Nguy hiểm nhất là rủi ro cháy nổ, có thể xảy ra khi nhiệt độ tăng nhanh, va chạm mạnh hoặc rò rỉ nhiên liệu; do vậy các cảm biến phải giám sát chặt chẽ để đưa ra cảnh báo sớm.

3

3.5 Use-case diagram



Hình 3.5.1: Usecase diagram

Đặc tả diagram

3.6 Activity diagram

3.6.1 Điều phối lộ trình

Sơ đồ hoạt động này minh họa các khối chức năng của hệ thống, bao gồm ba phần: **Người dùng (Điều phối viên)**, **Hệ thống điều phối**, và **Thiết bị/Phương tiện**.

Người dùng

- Khởi tạo yêu cầu điều phối và nhập ràng buộc: điểm nhận/giao, cửa sổ thời gian, năng lực phương tiện, vùng cấm (geofence), yêu cầu an toàn.
- Duyệt phương án hệ thống đề xuất (KPI/ETA hiển thị trên bản đồ) và phê duyệt (Approve) hoặc quay lại chỉnh ràng buộc nếu chưa phù hợp.

Hệ thống điều phối

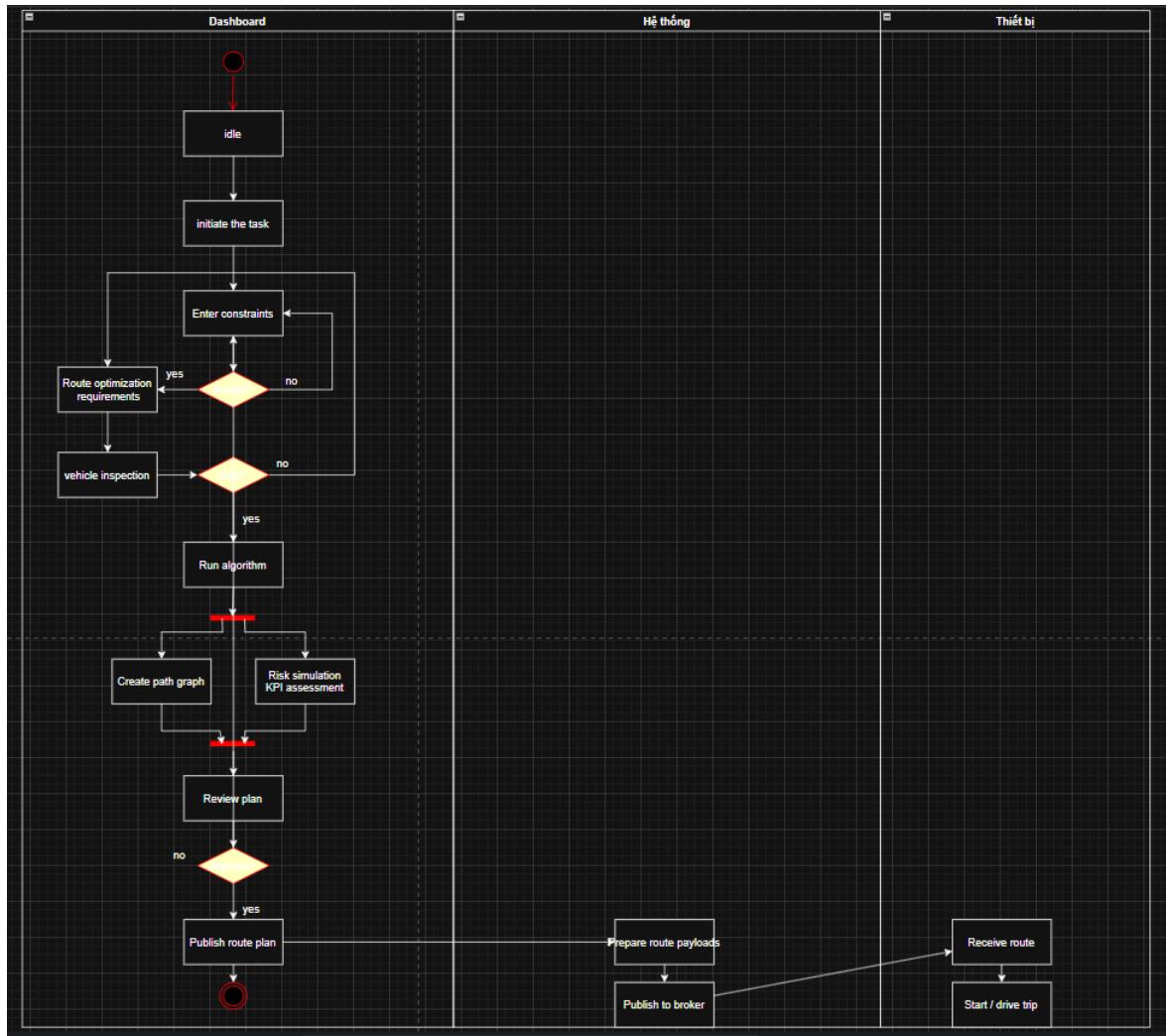
- Kiểm tra hợp lệ dữ liệu đầu vào (đủ trường, không trùng, đúng geofence & time window).
- Xây dựng đồ thị lộ trình và chạy thuật toán tối ưu (VRP/TSP mở rộng) để tạo kế hoạch lộ trình kèm KPI/ETA.
- Đóng gói payload (các chặng, tọa độ, ETA, geofence, tham số cảnh báo) và phát hành qua broker.
- Theo dõi ACK từ thiết bị; nếu không nhận ACK thì xếp hàng/Retry theo backoff cho lần gửi tiếp theo.

3

Thiết bị/Phương tiện

- Nhận lộ trình, gửi ACK xác nhận và bắt đầu hành trình theo kế hoạch đã phát hành.

Kết quả: Kế hoạch lộ trình được tối ưu, phê duyệt và phát hành xuống thiết bị; trạng thái phát hành được theo dõi qua ACK/Retry để đảm bảo thực thi.



Hình 3.6.1: Activity diagram: Điều phối lô trình

3.6.2 Quản lý hàng hoá

Sơ đồ hoạt động này minh họa vòng đời bản ghi hàng hoá/dơn vận chuyển: đăng ký, cập nhật, bàn giao và theo dõi trạng thái. Quá trình gồm Người dùng (Kho/Điều phối), Hệ thống quản lý và Điểm giao nhận/Thiết bị quét.

Người dùng

- **Đăng ký (Add):** nhập thông tin lô/dơn (loại, khối lượng, bao gói, đơn vị nhận, ưu tiên).
- **Cập nhật (Update):** quét/nhập ID để chỉnh thuộc tính.
- **Tra cứu & đổi trạng thái (Track):** theo tiến trình READY → LOADED → IN_TRANSIT → DELIVERED/RETURNED.
- Tại các điểm Load/Unload/Deliver: quét ID để ghi nhận bàn giao.

Hệ thống quản lý

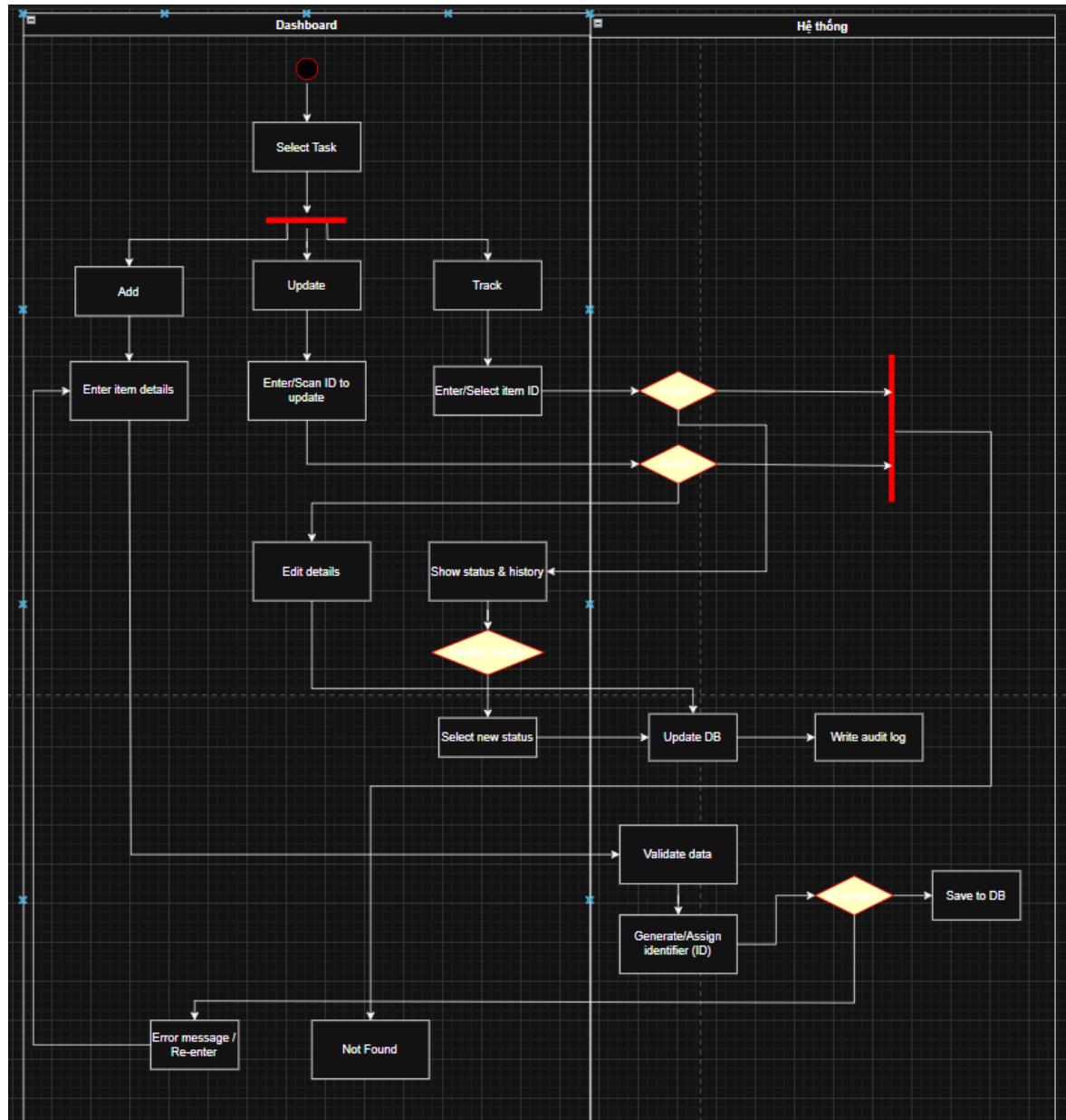
- Xác thực dữ liệu khi tạo mới; nếu trùng ID trả lỗi và yêu cầu nhập lại; nếu hợp lệ thì cấp/ghi ID (QR/RFID) và lưu CSDL.
- Với Update/Track: kiểm tra tồn tại; nếu có, cho phép chỉnh sửa/đổi trạng thái và ghi audit log.
- Với sự kiện bàn giao: đổi chiều đơn–phương tiện, ghi sự kiện (thời gian, vị trí, người phụ trách) và đồng bộ trạng thái lên dashboard/app.

Điểm giao nhận/Thiết bị quét

3

- Quét & gửi đổi soát (OK/Rejected). Trường hợp không khớp, hệ thống từ chối và yêu cầu kiểm tra lại trước khi cập nhật.

Kết quả: Hàng hoá được đăng ký – truy vết – bàn giao đúng quy trình; audit log đầy đủ; trạng thái đồng bộ giữa kho, phương tiện và dashboard.



Hình 3.6.2: Activity diagram: Quản lý hàng hóa

3.6.3 Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển

Sơ đồ hoạt động này minh họa pipeline thu thập – xác thực – lưu trữ telemetry (GPS, tốc độ, nhiệt, rung), phát hiện bất thường và cập nhật trạng thái chuyên. Quá trình gồm **Thiết bị**, **Hệ thống giám sát** và **Người dùng (Giám sát viên/Điều phối)**.

Thiết bị

- Định kỳ gửi gói dữ liệu. Nếu Online gửi trực tiếp; nếu Offline thì đệm cục bộ và gửi lại khi có kết nối.

Hệ thống giám sát

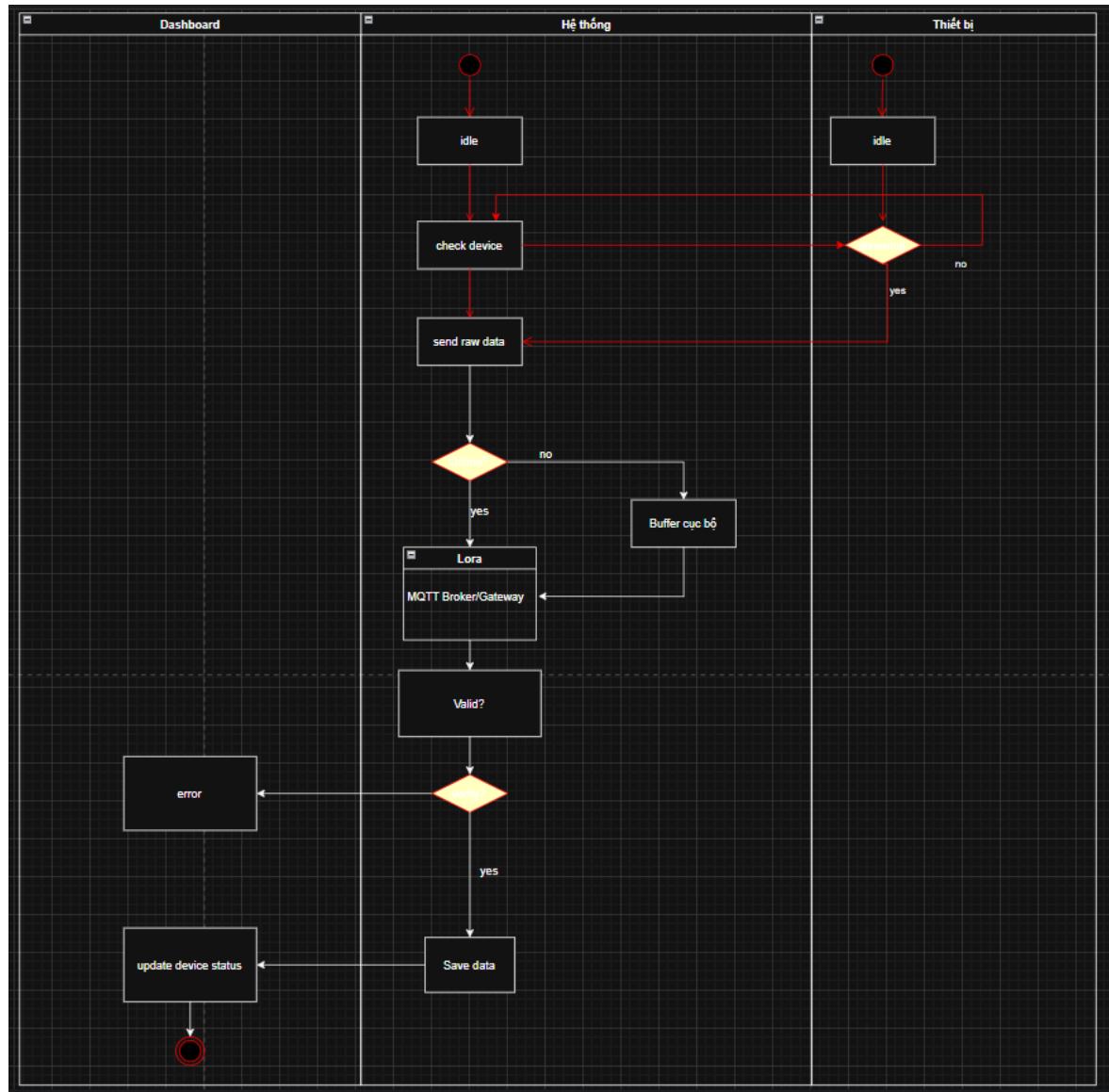
- Nhận gói tin và xác thực (verify): định danh, bảo mật/chữ ký, cấu trúc dữ liệu.
- Nếu không đạt, ghi lỗi và không cập nhật; nếu đạt, lưu dữ liệu và cập nhật trạng thái chuyến (IN_TRANSIT/DELAYED/ALERT/ARRIVED/DELIVERED).
- Đánh giá luật bất thường: vượt ngưỡng an toàn (nhiệt/rung), lệch lộ trình (geofence), dừng bất thường/over-speed. Khi phát hiện ALERT, tạo cảnh báo, có thể mở sự cố và đề xuất hành động; nếu đến đích, xác nhận bàn giao và đóng chuyến.

3

Người dùng

- Nhận thông báo, xử lý cảnh báo (ack/assign/resolve), và khi cần có thể bổ sung ghi chú để hoàn tất hồ sơ sự cố.

Kết quả: Trạng thái vận chuyển được cập nhật liên tục; bất thường được phát hiện sớm & cảnh báo; dữ liệu được xác thực – lưu trữ an toàn và liên thông với điều phối để tái tối ưu khi cần.



Hình 3.6.3: Activity diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển

3.7 Sequence diagram

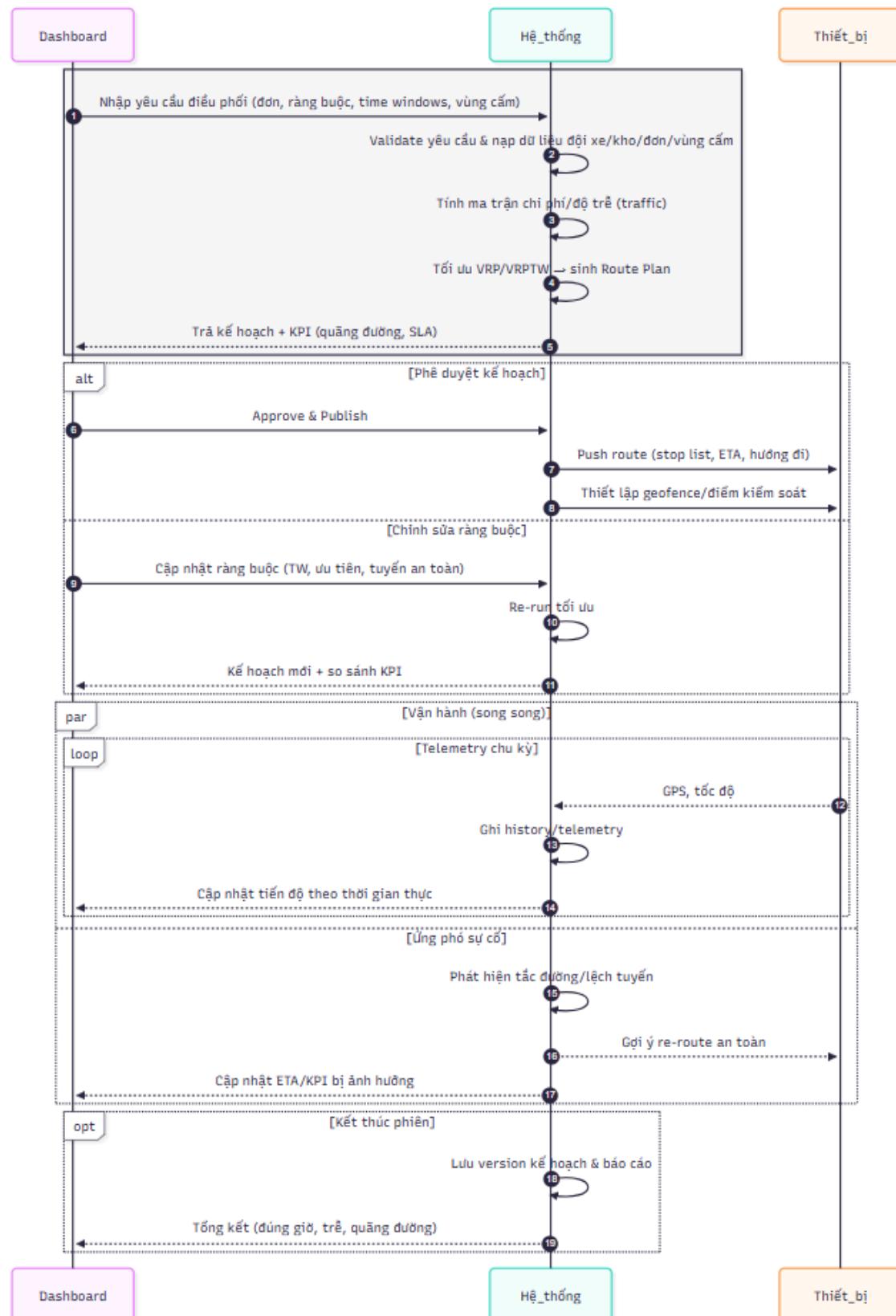
Phần này trình bày ba sơ đồ trình tự tương ứng với ba khối chức năng cốt lõi của hệ thống: **Điều phối lộ trình**, **Quản lý hàng hoá** và **Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển**. Mỗi sơ đồ mô tả chi tiết chuỗi tương tác theo thời gian giữa ba thành phần chính: *Dashboard* (giao diện người dùng), *Hệ thống* (xử lý nghiệp vụ) và *Thiết bị* (thiết bị/ứng dụng triển khai tại hiện trường). Thông qua các sơ đồ này, quá trình xử lý tác vụ, phản hồi và đồng bộ dữ liệu giữa các thành phần được biểu diễn một cách rõ ràng, hỗ trợ cho việc thiết kế, hiện thực và đánh giá hệ thống.

3.7.1 Điều phối lộ trình

Trong chức năng điều phối lộ trình, Dashboard đóng vai trò khởi tạo yêu cầu điều phối bao gồm tập đơn hàng, các ràng buộc vận hành, khoảng thời gian giao (*time windows*) và các khu vực hạn chế. Hệ thống tiếp nhận yêu cầu, kiểm tra tính hợp lệ, tải dữ liệu đội xe, kho và đơn hàng, đồng thời xây dựng ma trận chi phí hoặc thời gian. Dựa trên các dữ liệu này, hệ thống giải bài toán tối ưu (VRP/VRPTW) để sinh ra kế hoạch lộ trình cùng các chỉ số đánh giá (KPI), sau đó gửi kết quả về Dashboard để người vận hành xem trước.

Quá trình xử lý phân nhánh thành hai hướng chính. Trường hợp kế hoạch được phê duyệt, hệ thống tiến hành công bố lộ trình và chuyển danh sách điểm dừng, thời gian dự kiến (ETA) đến Thiết bị, đồng thời tạo *geofence* và các điểm kiểm soát dọc tuyến. Ngược lại, nếu người vận hành thực hiện chỉnh sửa, Dashboard gửi lại ràng buộc cập nhật, hệ thống chạy lại thuật toán tối ưu và trả về kế hoạch mới kèm theo so sánh KPI giữa hai phiên bản.

Khi vận hành thực tế diễn ra, Hệ thống và Thiết bị hoạt động song song. Thiết bị gửi dữ liệu *telemetry* định kỳ để hệ thống ghi lại lịch sử, cập nhật tiến độ và tính toán ETA theo thời gian thực, sau đó hiển thị trên Dashboard. Đồng thời, hệ thống liên tục đánh giá điều kiện giao thông và phát hiện lạch tuyến để đưa ra gợi ý điều hướng lại khi cần thiết.



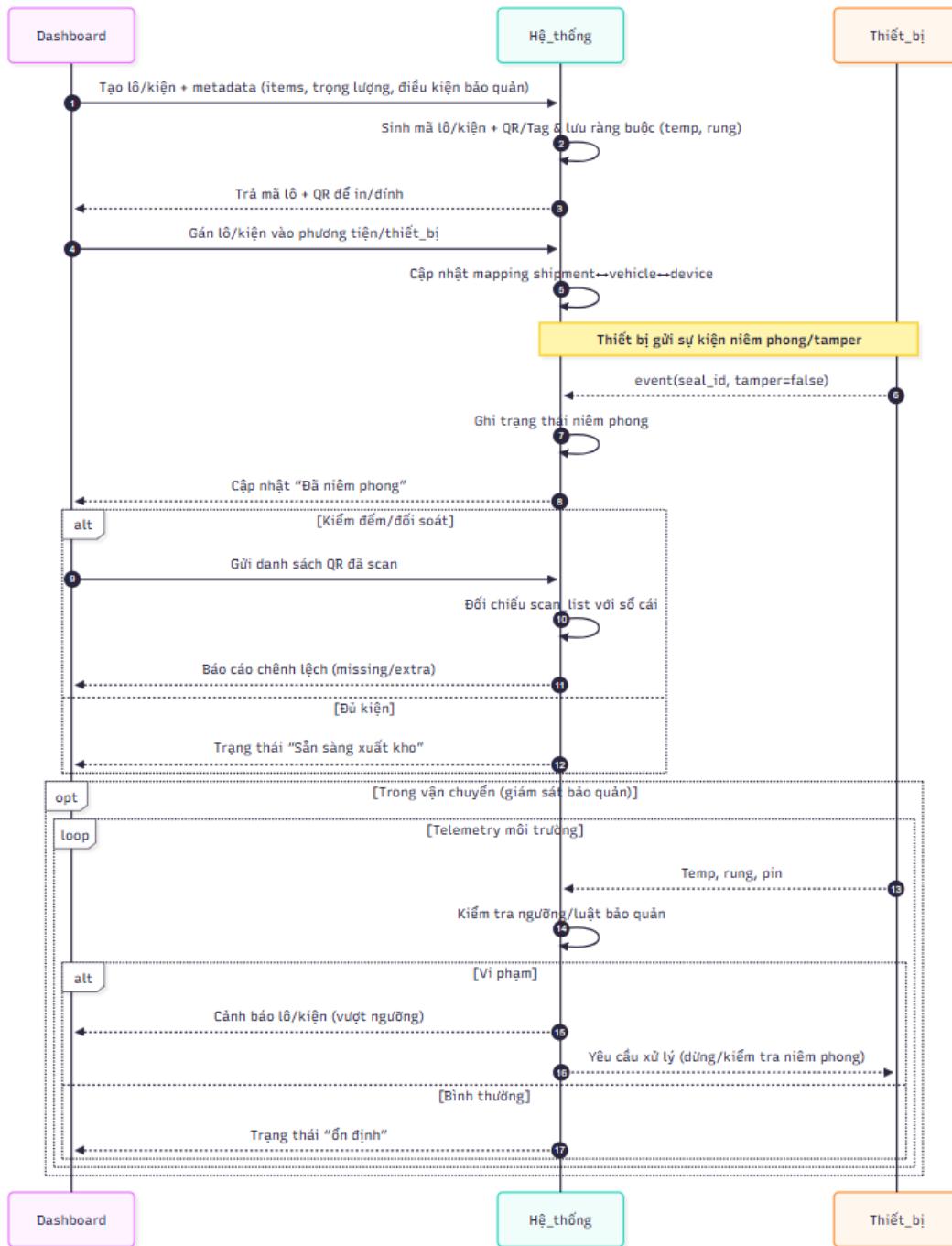
Hình 3.7.1: Sequence diagram: Điều phối lộ trình

3.7.2 Quản lý hàng hoá

Trong chức năng quản lý hàng hoá, Dashboard khởi tạo lô/kiện với các thông tin mô tả như danh sách vật phẩm, trọng lượng, hoặc điều kiện bảo quản yêu cầu. Hệ thống tiếp nhận yêu cầu, sinh mã định danh (QR/Tag) cho từng lô/kiện và lưu lại các ràng buộc như mức nhiệt độ cho phép hay ngưỡng rung, sau đó trả mã về để gắn hoặc in nhãn. Khi phân bổ hàng hóa, Dashboard gán các lô/kiện cho phương tiện hoặc thiết bị, và hệ thống cập nhật ánh xạ giữa lô hàng, phương tiện và thiết bị giám sát tương ứng.

Trong quá trình đối soát, thiết bị gửi sự kiện liên quan đến niêm phong hoặc phát hiện can thiệp trái phép. Hệ thống ghi nhận trạng thái, đánh dấu cảnh báo và cập nhật về Dashboard. Khi cần kiểm đếm, Dashboard gửi danh sách QR đã quét, hệ thống kiểm tra và đối chiếu với dữ liệu gốc để xác định chênh lệch, cảnh báo thiếu hoặc thừa, hoặc xác nhận tình trạng *sẵn sàng xuất kho* nếu kết quả trùng khớp.

Trong suốt hành trình vận chuyển, hệ thống duy trì vòng giám sát điều kiện bảo quản. Thiết bị định kỳ gửi dữ liệu nhiệt độ, rung và mức pin. Hệ thống so sánh giá trị gửi lên với ngưỡng đặt trước; nếu có vi phạm, cảnh báo được tạo và gửi tới Dashboard đồng thời phát lệnh xử lý về Thiết bị. Nếu các giá trị vẫn trong ngưỡng an toàn, trạng thái ổn định được cập nhật liên tục để người vận hành theo dõi.



Hình 3.7.2: Sequence diagram: Quản lý hàng hóa

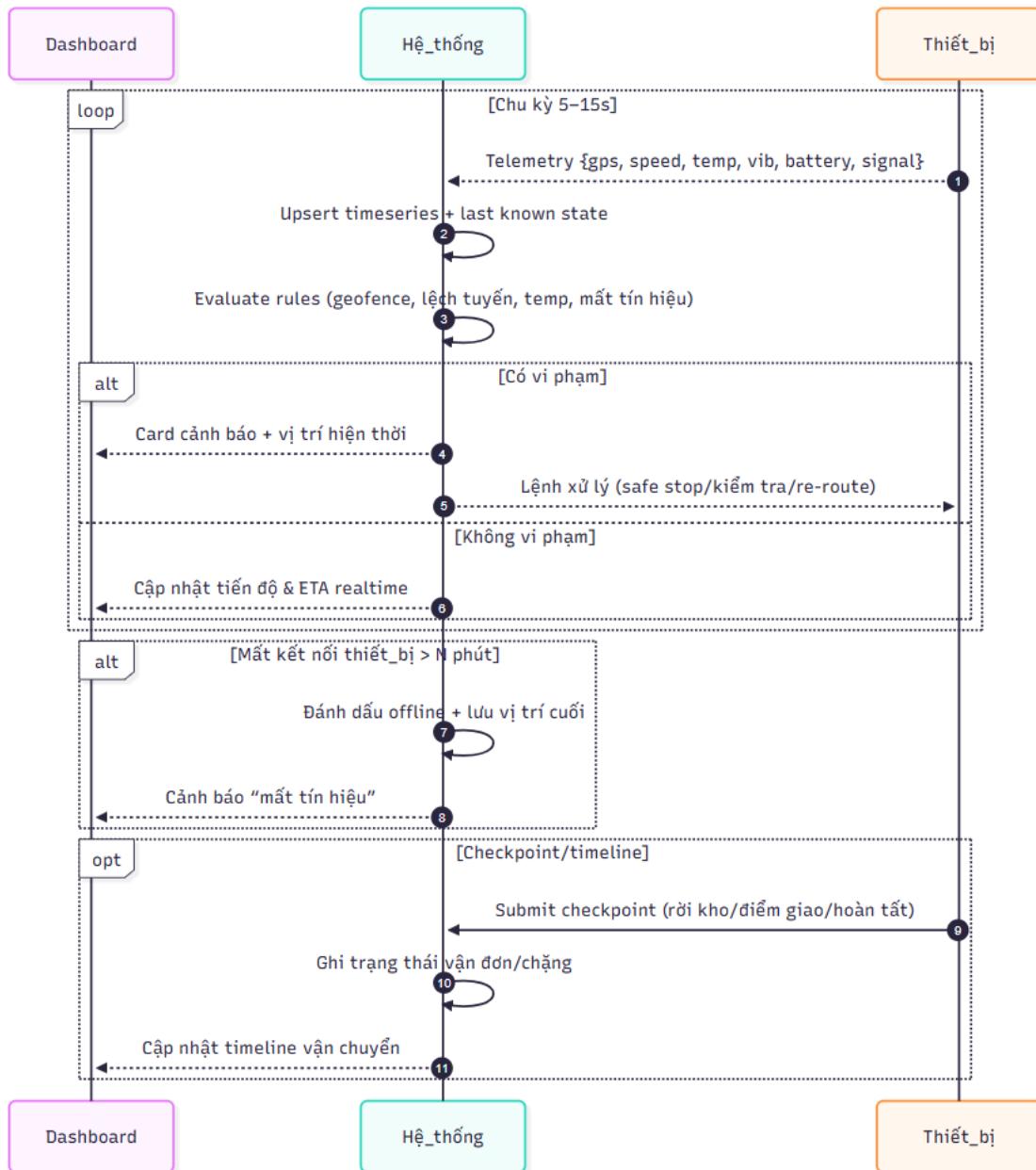
3.7.3 Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển

Chức năng giám sát và cập nhật trạng thái vận chuyển dựa trên luồng dữ liệu telemetry do Thiết bị gửi định kỳ trong khoảng 5–15 giây. Dữ liệu bao gồm vị trí GPS, tốc độ, nhiệt độ, mức rung, dung lượng pin và chất lượng tín hiệu.

Hệ thống xử lý dữ liệu theo cơ chế *upsert*, đánh giá theo các luật giám sát như geofence, lệch tuyến, vi phạm nhiệt độ hoặc mất tín hiệu. Trên cơ sở đó, luồng xử lý được phân thành hai trường hợp: nếu phát hiện vi phạm, Hệ thống tạo thẻ cảnh báo (kèm vị trí hiện tại), hiển thị trên Dashboard và gửi lệnh xử lý xuống thiết bị như dừng an toàn, kiểm tra hoặc điều hướng lại tuyến; nếu không có vi phạm, hệ thống tiếp tục cập nhật tiến độ và ETA theo thời gian thực.

Trong trường hợp thiết bị mất kết nối, hệ thống phát hiện dựa trên thời gian im lặng vượt ngưỡng, đánh dấu thiết bị ở trạng thái *offline* và thông báo vị trí cuối cùng cho Dashboard để người vận hành triển khai xác minh. Bên cạnh đó, hệ thống hỗ trợ cơ chế checkpoint/timeline, trong đó thiết bị gửi các mốc quan trọng như rời kho, đến điểm giao hoặc hoàn tất chuyến, giúp xây dựng dòng thời gian vận chuyển phục vụ truy vết và đánh giá hiệu suất.

3



Hình 3.7.3: Sequence diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển

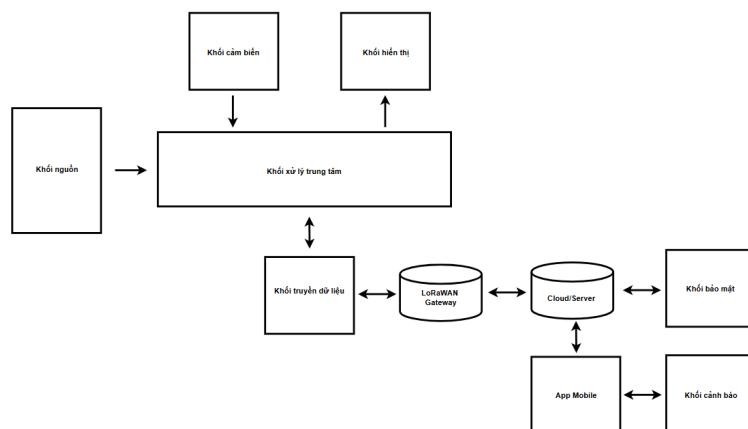
4

4

THIẾT KẾ HỆ THỐNG

4.1 Sơ đồ kiến trúc tổng thể

Sơ đồ khái niệm của hệ thống được thể hiện trong Hình 4.1.1. Trung tâm của hệ thống là khái xử lý trung tâm, chịu trách nhiệm thu nhận dữ liệu từ các cảm biến rung, nhiệt độ và GPS, thực hiện tiền xử lý, mã hóa và quản lý luồng thông tin. Khối nguồn đảm bảo cung cấp điện áp ổn định cho toàn bộ hệ thống. Sau khi xử lý, dữ liệu được hiển thị cục bộ trên màn hình và đồng thời truyền qua LoRa/LoRaWAN đến Gateway trước khi chuyển tiếp lên Cloud/Server. Tại đây, dữ liệu được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu, quản lý bởi MQTT Broker và tích hợp với khái bảo mật cùng ứng dụng di động để hỗ trợ giám sát, cảnh báo và ra quyết định từ xa.



Hình 4.1.1: Sơ đồ khái của toàn bộ hệ thống

Toàn bộ hệ thống được cấp điện bởi khối nguồn, đảm bảo cung cấp mức điện áp 5V ổn định cho các khối cảm biến, xử lý, hiển thị và truyền thông. Việc duy trì nguồn điện liên tục và ổn định là yếu tố then chốt để đảm bảo thiết bị có thể giám sát hành trình vận chuyển đạn được mà không bị gián đoạn.

Khối cảm biến đóng vai trò thu thập dữ liệu môi trường và trạng thái chuyển động của phương tiện. Cảm biến rung giám sát các dao động bất thường trong quá trình vận chuyển, cảm biến DHT20 theo dõi nhiệt độ và độ ẩm nhằm đảm bảo điều kiện bảo quản đạn được luôn nằm trong ngưỡng an toàn, module GPS cung cấp thông tin vị trí địa lý theo thời gian thực, giúp hệ thống giám sát chính xác lộ trình và phát hiện các sai lệch hướng di chuyển.

Bên cạnh đó, khối hiển thị sử dụng màn hình LCD cho phép hiển thị trực tiếp các thông số môi trường ngay tại phương tiện vận chuyển. Điều này giúp người vận hành có thể theo dõi nhanh mà không cần phụ thuộc hoàn toàn vào kết nối mạng. Khi xuất hiện tình huống như nhiệt độ tăng cao, độ rung vượt ngưỡng hoặc phương tiện rời khỏi tuyến đường cho phép, khối cảnh báo ngay lập tức kích hoạt tín hiệu cảnh báo và gửi thông báo đến ứng dụng quản lý trên thiết bị di động.

Dữ liệu sau khi được xử lý tại thiết bị sẽ được truyền đi thông qua khối truyền dữ liệu LoRa/LoRaWAN. Công nghệ LoRa cho phép truyền dữ liệu tầm xa với mức tiêu thụ năng lượng thấp, phù hợp với yêu cầu của môi trường vận chuyển quân sự, nơi địa hình thường phức tạp và liên lạc phải duy trì ổn định. Tín hiệu từ các node cảm biến được chuyển đến LoRaWAN Gateway, đóng vai trò cầu nối giữa thiết bị tại hiện trường và không gian lưu trữ trên Cloud. Gateway hỗ trợ quản lý nhiều thiết bị cùng lúc, mã hóa dữ liệu nhận được và chuyển tiếp lên nền tảng server qua giao thức bảo mật MQTT.

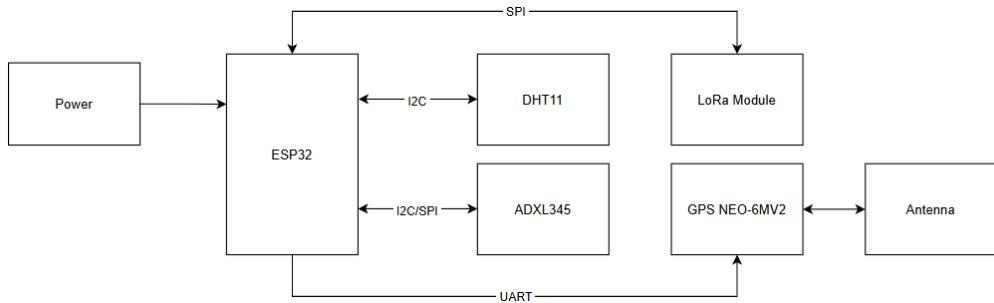
Tại tầng xử lý dữ liệu trung tâm, Cloud/Server đảm nhiệm vai trò tiếp nhận dữ liệu từ Gateway, xử lý, phân loại và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. MQTT Broker được sử dụng để đảm bảo việc truyền nhận dữ liệu giữa các thiết bị và ứng dụng giám sát diễn ra đồng bộ, ổn định theo thời gian thực. Tại đây, người quản lý có thể xem lại lịch sử hành trình, phân tích dữ liệu hoặc đánh giá các chỉ số an toàn trong suốt quá trình vận chuyển.

Xuyên suốt toàn bộ hệ thống là khối bảo mật, tích hợp ở từng tầng từ cảm biến, Gateway cho tới Cloud. Các cơ chế mã hóa dữ liệu, xác thực thiết bị và kiểm soát quyền truy cập giúp đảm bảo rằng mọi thông tin liên quan đến vận chuyển đạn được đều được bảo vệ, tránh nguy cơ truy cập trái phép hoặc rò rỉ dữ liệu.

Cuối cùng, ứng dụng di động đóng vai trò giao diện tương tác với người quản

lý. Ứng dụng hiển thị trạng thái vận chuyển theo thời gian thực, cung cấp bản đồ số để theo dõi lộ trình và nhận cảnh báo tức thời khi hệ thống ghi nhận bất kỳ sự cố nào. Nhờ đó, người quản lý có thể ra quyết định nhanh chóng và điều phối phương tiện hiệu quả hơn.

4.2 Sơ đồ kết nối phần cứng



4

Hình 4.2.1: Sơ đồ kết nối phần cứng của hệ thống

Sơ đồ kết nối phần cứng minh họa trong Hình 4.2.1 thể hiện kiến trúc tổng thể của các thành phần điện tử trong hệ thống giám sát vận chuyển đạn dược. Trung tâm của toàn bộ cấu trúc là ESP32, đóng vai trò vi điều khiển chính, chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu từ các cảm biến, truyền thông với các module ngoại vi và gửi dữ liệu đến backend thông qua LoRa. ESP32 đồng thời được cấp nguồn trực tiếp từ khối Power, đảm bảo toàn bộ hệ thống hoạt động ổn định và liên tục.

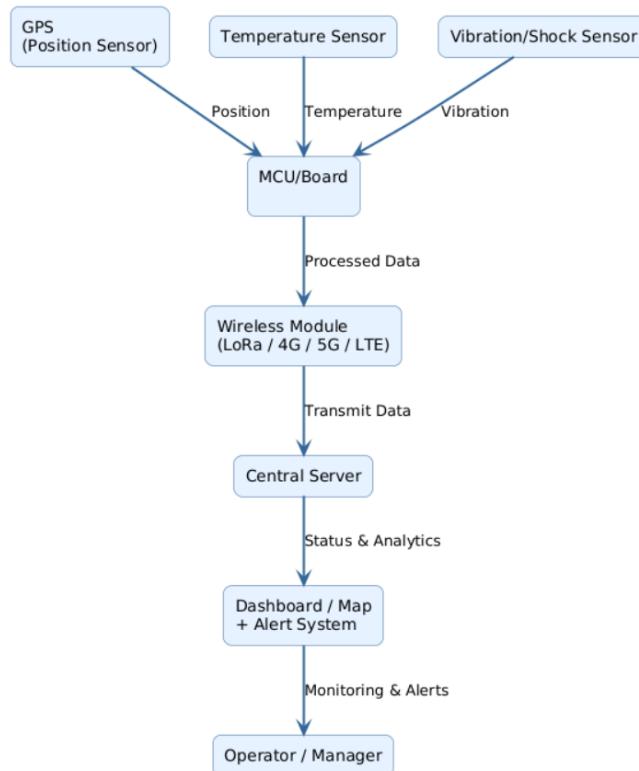
Các cảm biến môi trường và trạng thái được kết nối trực tiếp đến ESP32 thông qua các giao thức phù hợp. Cảm biến DHT11 sử dụng giao tiếp I2C, cho phép truyền dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm theo chu kỳ về vi điều khiển. Tương tự, cảm biến gia tốc ADXL345 được kết nối qua giao tiếp I2C hoặc SPI, hỗ trợ ESP32 thu thập thông tin về rung/lắc và chuyển động của phương tiện trong quá trình vận chuyển. Các kết nối này giúp hệ thống ghi nhận đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến an toàn của lô đạn dược.

Đối với việc xác định vị trí, hệ thống sử dụng module GPS NEO-6MV2, kết nối với ESP32 thông qua giao tiếp UART. Module GPS đảm nhiệm việc thu thập tọa độ thời gian thực và truyền về vi điều khiển. Dữ liệu định vị sau đó được ESP32 xử lý và gửi đi, đảm bảo phương tiện luôn được giám sát chặt chẽ trên bản đồ. Module GPS cũng được kết nối với antenna ngoài để cải thiện khả năng thu tín hiệu trong điều kiện môi trường phức tạp.

Để truyền dữ liệu về trung tâm, ESP32 sử dụng module LoRa, kết nối thông

qua chuẩn SPI. Module LoRa đảm nhiệm việc gửi dữ liệu tầm xa, năng lượng thấp, phù hợp với đặc thù vận chuyển quân sự. Toàn bộ thông tin bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, rung/lắc và vị trí GPS được ESP32 tổng hợp và gửi sang LoRa Module, sau đó truyền về Gateway của hệ thống.

4.3 Thiết kế truyền thông dữ liệu



4

Hình 4.3.1: Mô phỏng luồng dữ liệu tổng quan của hệ thống

Hệ thống truyền thông dữ liệu được thiết kế nhằm đảm bảo rằng mọi thông tin thu thập từ phương tiện vận chuyển đều được truyền về trung tâm một cách ổn định, liên tục và an toàn. Mô phỏng luồng dữ liệu tổng quan được thể hiện trong Hình 4.3.1, mô tả đầy đủ hành trình mà dữ liệu đi qua từ khi được tạo ra tại lớp cảm biến đến lúc được trình bày trên bảng điều khiển cho người quản lý.

Ở lớp thấp nhất, các cảm biến đóng vai trò là nguồn tạo dữ liệu. Ba nhóm cảm biến chính gồm GPS, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm và cảm biến rung/lắc, liên tục ghi nhận các thông số liên quan đến vị trí phương tiện, điều kiện môi trường và trạng thái chuyển động. Các dữ liệu này mang tính thô và cần được xử lý thêm trước khi truyền đi.

Toàn bộ dữ liệu thô được chuyển tới khối xử lý cục bộ (MCU/Board), nơi thực hiện các tác vụ như lọc nhiễu tín hiệu, định dạng dữ liệu và kiểm tra tính

hợp lệ. Việc xử lý sơ bộ giúp giảm tải cho hệ thống trung tâm, đồng thời đảm bảo dữ liệu truyền đi có cấu trúc rõ ràng, giảm rủi ro sai lệch hoặc nhiễu trong quá trình truyền.

Dữ liệu sau khi được chuẩn hóa sẽ được chuyển sang module truyền thông, với hai công nghệ chính là LoRa và 4G/5G. LoRa đóng vai trò nền tảng truyền thông chính của hệ thống nhờ ưu thế về tầm xa, độ ổn định và mức tiêu thụ năng lượng thấp, rất phù hợp với bối cảnh vận chuyển quân sự. Trong khi đó, 4G/5G được xem như kênh bổ trợ giúp duy trì liên lạc trong trường hợp thiết bị đi vào khu vực không phủ sóng LoRa hoặc môi trường truyền dẫn quá nhiễu.

Tại trung tâm, dữ liệu được tiếp nhận bởi máy chủ. Máy chủ có nhiệm vụ lưu trữ, xử lý sâu hơn và phân tích dữ liệu theo các thuật toán phát hiện bất thường. Từ đây, các thông tin quan trọng như cảnh báo, thống kê hay trạng thái vận chuyển sẽ được cập nhật liên tục lên hệ thống giao diện người dùng.

Cuối chuỗi truyền thông là dashboard giám sát, nơi dữ liệu được biểu diễn dưới dạng bản đồ hành trình, biểu đồ nhiệt độ, đồ thị rung/lắc và các cảnh báo theo thời gian thực. Dashboard đóng vai trò then chốt, giúp người quản lý dễ dàng theo dõi toàn bộ quá trình vận chuyển và ra quyết định nhanh chóng khi phát hiện tình huống bất thường.

Qua thiết kế truyền thông dữ liệu này, toàn bộ quá trình từ thu thập, xử lý, truyền tải đến hiển thị được đảm bảo tính liên tục, đáng tin cậy và hiệu quả. Đây là nền tảng quan trọng giúp hệ thống vận hành ổn định trong thực tế, đặc biệt trong các tình huống yêu cầu an toàn cao như vận chuyển đạn dược.

4.4 Thiết kế ứng dụng giám sát

Để hỗ trợ việc xây dựng và triển khai ứng dụng giám sát, hệ thống được tổ chức theo kiến trúc tách biệt giữa Backend (xử lý thiết bị IoT) và Frontend (ứng dụng giám sát). Cách tổ chức repository theo hướng Implementation View nhằm đảm bảo việc phát triển, mở rộng và bảo trì được thuận lợi.

4.4.1 Backend

Backend chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu từ các cảm biến, thực hiện mã hoá và truyền dữ liệu, đồng thời giao tiếp với hệ thống giám sát trung tâm. Thành phần này đóng vai trò là nguồn cung cấp dữ liệu cốt lõi cho ứng dụng theo dõi trạng thái vận chuyển trong toàn bộ hệ thống.

Cấu trúc thư mục của Backend được tổ chức rõ ràng nhằm hỗ trợ quá trình phát triển, kiểm thử và triển khai trên vi điều khiển ESP32. Các thành phần chính bao gồm mã nguồn, tài liệu và bộ kiểm thử, được sắp xếp theo từng thư

mục chức năng như dưới đây:

- **src/** - Chứa toàn bộ mã nguồn chạy trên ESP32
 - **main.c** - Vòng lặp chính của chương trình.
 - **sensors.c/.h** - Thu thập dữ liệu từ GPS, nhiệt độ, độ rung/lắc.
 - **comm_mqtt.c/.h, comm_coap.c/.h** - Giao tiếp bằng giao thức MQTT/CoAP.
 - **lora_driver.c/.h** - Truyền dữ liệu qua mạng LoRa.
 - **security.c/.h** - Thực hiện mã hoá và xác thực thiết bị.
 - **utils.c/.h** - Các hàm tiện ích dùng chung.
- **tests/** - Chứa các kịch bản kiểm thử cảm biến, truyền thông và bảo mật.
- **docs/** - Lưu trữ sơ đồ mạch, tài liệu kiến trúc và hướng dẫn triển khai Backend.

4

4.4.2 Frontend

Frontend được phát triển bằng Flutter, đóng vai trò cung cấp giao diện trực quan để giám sát trạng thái vận chuyển theo thời gian thực. Ứng dụng hỗ trợ hiển thị bản đồ, cảnh báo, lịch sử dữ liệu và tình trạng của thiết bị trên nền tảng di động hoặc web. Toàn bộ cấu trúc mã nguồn được tổ chức theo mô hình rõ ràng giúp quá trình phát triển, mở rộng và bảo trì trở nên thuận tiện hơn.

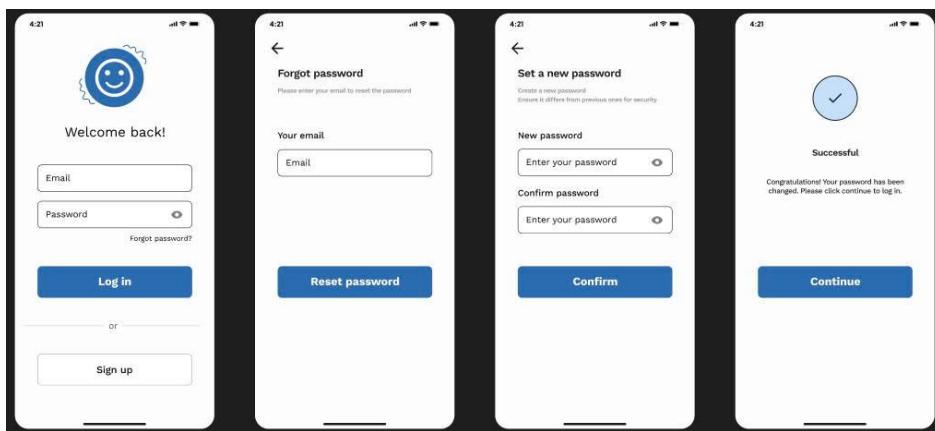
Cấu trúc thư mục của Frontend bao gồm các thành phần chính như sau:

- **lib/** – Thư mục mã nguồn chính của ứng dụng Flutter
 - **main.dart** – Điểm khởi động của ứng dụng.
 - **screens/** – Chứa các màn hình chức năng như Dashboard, MapScreen, AlertScreen và HistoryScreen.
 - **widgets/** – Các thành phần giao diện được tái sử dụng trong nhiều màn hình.
 - **services/** – Thực hiện kết nối API và xử lý dữ liệu nhận từ Backend.
 - **models/** – Định nghĩa các mô hình dữ liệu như *Sensor, Alert, History*.
 - **utils/** – Chứa các hàm tiện ích và cấu hình chung của ứng dụng.
- **assets/** – Lưu trữ hình ảnh, biểu tượng và các tệp cấu hình.
- **docs/** – Bao gồm tài liệu thiết kế giao diện, tài liệu kiến trúc Frontend và hướng dẫn sử dụng ứng dụng.

4.5 Thiết kế giao diện người dùng

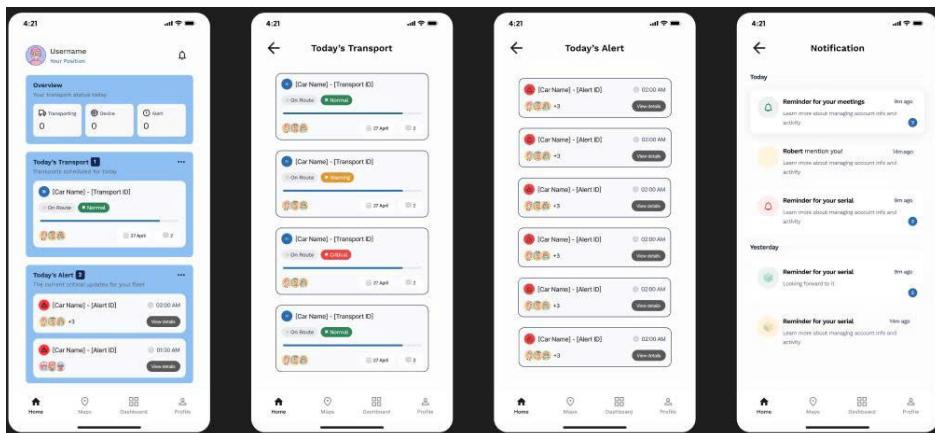
Hình 4.5.1 mô tả các giao diện liên quan đến chức năng đăng nhập và đăng ký. Người dùng có thể tạo tài khoản mới hoặc đăng nhập vào hệ thống để bắt đầu sử dụng các tính năng giám sát vận chuyển đạn được.

4



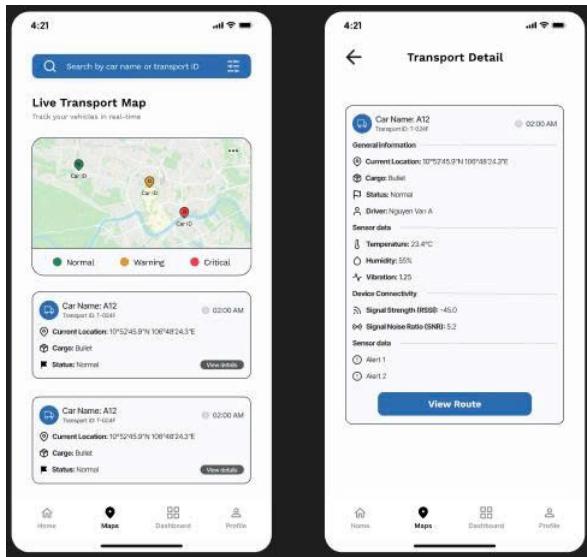
Hình 4.5.1: Các giao diện liên quan đến phần đăng nhập, đăng ký

Tiếp theo, Hình 4.5.2 thể hiện giao diện trang Home, nơi tổng hợp các thông tin quan trọng ở dạng tóm tắt. Trang này đóng vai trò trung tâm điều hướng, cung cấp các mục chính như tổng quan, lịch trình vận chuyển và cảnh báo trong ngày.



Hình 4.5.2: Các giao diện liên quan đến trang **Home**

Hình 4.5.3 minh họa giao diện trang Maps, cho phép theo dõi vị trí các phương tiện vận chuyển đạn được theo thời gian thực. Bản đồ tích hợp các điểm đánh dấu thể hiện trạng thái, tuyến đường di chuyển, và các cảnh báo. Người dùng có thể tương tác trực tiếp với bản đồ để xem thêm thông tin chi tiết về từng phương tiện hoặc tuyến vận chuyển.



Hình 4.5.3: Các giao diện liên quan đến trang Maps

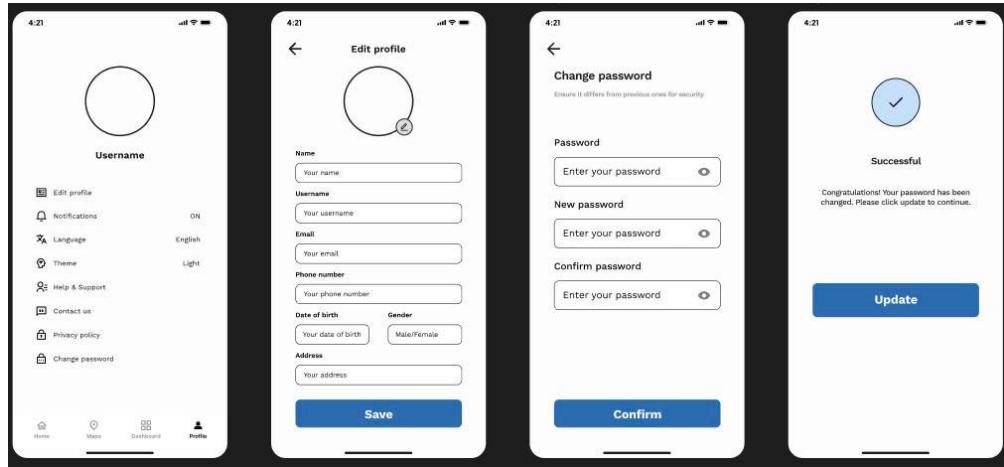
4

Trong Hình 4.5.4, giao diện Dashboard được thể hiện, cung cấp các biểu đồ thống kê và thông số quan trọng, hoặc các thông tin phân tích theo thời gian. Mục tiêu của dashboard là hỗ trợ người vận hành đưa ra quyết định nhanh chóng dựa trên dữ liệu trực quan.



Hình 4.5.4: Các giao diện liên quan đến trang Dashboard

Cuối cùng, Hình 4.5.5 mô tả trang Profile, nơi người dùng có thể xem và chỉnh sửa thông tin cá nhân, thay đổi cài đặt tài khoản, hoặc đăng xuất khỏi hệ thống. Giao diện được thiết kế đơn giản, tập trung vào sự rõ ràng và dễ thao tác.



Hình 4.5.5: Các giao diện liên quan đến trang *Profile*

4

4.6 Thiết kế cơ chế bảo mật

5

CÀI ĐẶT VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG

5

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi

blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

5.1 Cài đặt môi trường phát triển

5.2 Cài đặt firmware

5.3 Cài đặt backend

5.4 Cài đặt ứng dụng

5.5 Kết nối thiết bị

5.6 Triển khai hệ thống

6

KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

6

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi

blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

6.1 Mô phỏng vận chuyển

6.2 Độ ổn định truyền dữ liệu

6.3 Độ chính xác GPS

6.4 Độ chính xác của cảm biến

6.5 Độ trễ truyền thông

6.6 Khả năng cảnh báo

6.7 So sánh và đánh giá

7

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

7.1 Đánh giá chung

7.2 Hạn chế

7.3 Hướng phát triển

PHỤ LỤC A

TÀI LIỆU THAM KHẢO

DANH MỤC THUẬT NGỮ