

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

*Đồ 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	viii
Danh sách bảng	x
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 của đề tài	2
1.3 Phạm vi 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
4	Thiết kế hệ thống	31
4.1	Sơ đồ kiến trúc tổng thể	31
4.2	Sơ đồ kết nối phần cứng	31
4.3	Thiết kế truyền thông dữ liệu	31

4.4	Thiết kế ứng dụng giám sát	31
4.5	Thiết kế giao diện quản lý	31
4.6	Thiết kế cơ chế bảo mật	31
5	Cài đặt và triển khai hệ thống	33
5.1	Cài đặt môi trường phát triển	34
5.2	Cài đặt firmware	34
5.3	Cài đặt backend	34
5.4	Cài đặt ứng dụng	34
5.5	Kết nối thiết bị	34
5.6	Triển khai hệ thống	34
6	Kết quả và đánh giá	35
6.1	Mô phỏng vận chuyển	36
6.2	Độ ổn định truyền dữ liệu	36
6.3	Độ chính xác GPS	36
6.4	Độ chính xác của cảm biến	36
6.5	Độ trễ truyền thông	36
6.6	Khả năng cảnh báo	36
6.7	So sánh và đánh giá	36
7	Kết luận và hướng phát triển	37
7.1	Đánh giá chung	37
7.2	Hạn chế	37
7.3	Hướng phát triển	37
	Phụ lục A	39
	Tài liệu tham khảo	40
	Danh mục thuật ngữ	43

Danh sách hình vẽ

2.1	Minh hoạ về công nghệ LoRa	6
2.2	Minh hoạ về nguyên lý hoạt động của MQTT	11
2.3	ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	14
2.4	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	15
2.5	Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	16
2.6	Module GPS NEO-6MV2	17
2.7	Module LoRa Ra-08H Development Board Ai-Thinker	17
3.1	Usecase diagram	23
3.2	Activity diagram: Điều phối lộ trình	25
3.3	Activity diagram: Quản lý hàng hoá	27
3.4	Activity diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	29

Danh sách bảng

2.1	So sánh giữa LoRa, 4G/5G và MQTT	13
2.2	Thông số kỹ thuật của ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	14
2.3	Thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	15
2.4	Thông số kỹ thuật của cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	15
2.5	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 của đề tài

Mục tiêu chính của đề tài là xây dựng một hệ thống IoT hỗ trợ giám sát và điều phối quá trình vận chuyển đạn dược theo thời gian thực, đảm bảo an toàn và nâng cao hiệu quả quản lý. Hệ thống được thiết kế để thu thập dữ liệu liên tục từ các cảm biến rung, cảm biến nhiệt độ và module GPS được gắn trên phương tiện vận chuyển. Những dữ liệu này sau đó được truyền về máy chủ trung tâm thông qua các giao thức mạng phù hợp, đảm bảo khả năng truyền tải ổn định trong nhiều điều kiện hoạt động khác nhau.

Bên cạnh truyền dữ liệu, hệ thống còn hiển thị trực quan trạng thái vận chuyển qua ứng dụng theo thời gian thực, giúp đơn vị dễ dàng theo dõi hành trình. Hệ thống được tích hợp cơ chế tự động phát hiện và cảnh báo khi xuất hiện các tình huống bất thường như nhiệt độ vượt ngưỡng cho phép, rung lắc mạnh hoặc phương tiện lệch khỏi lộ trình định sẵn. Ngoài ra, chức năng điều phối và theo dõi hành trình trên bản đồ số cho phép đưa ra các quyết định kịp thời, từ đó nâng cao mức độ an toàn, đảm bảo tuân thủ các quy định kỹ thuật và tối ưu hóa hiệu quả vận hành trong toàn bộ quá trình vận chuyển.

1.3 Phạm vi của đề tài

Đề tài tập trung vào việc thiết kế và triển khai một mô hình hệ thống IoT phục vụ giám sát quá trình vận chuyển đạn dược trong phạm vi thử nghiệm. Hệ thống được xây dựng dựa trên các thành phần phần cứng bao gồm cảm biến đo độ rung, cảm biến nhiệt độ, module GPS và bộ truyền thông LoRa, nhằm thu thập và truyền tải các thông số quan trọng trong quá trình di chuyển. Bên cạnh đó, đề tài cũng bao gồm việc thiết kế kiến trúc kết nối và giao thức truyền dữ liệu giữa thiết bị IoT và máy chủ, đảm bảo dữ liệu được gửi về hệ thống trung tâm một cách ổn định và liên tục. Song song với phần cứng, nhóm thực hiện xây dựng backend, dashboard giám sát và giao diện người dùng để hiển thị dữ liệu theo thời gian thực, hỗ trợ công tác quản lý và theo dõi hành trình.

Ngoài chức năng giám sát, hệ thống còn trang bị cơ chế cảnh báo tự động và khả năng ghi lịch sử vận chuyển nhằm phân tích, đánh giá và xử lý sự cố khi cần thiết. Để kiểm chứng tính đúng đắn và độ tin cậy, toàn bộ hệ thống được mô phỏng và thử nghiệm trong môi trường giả lập, giúp đánh giá khả năng hoạt động ổn định của mô hình trước khi triển khai thực tế. Tuy nhiên, đề tài không mở rộng sang các nghiệp vụ chuyên sâu, không thử nghiệm trên phương tiện vận chuyển thật và không xử lý các tình huống tác chiến thực tế, nhằm đảm bảo phù hợp với phạm vi nghiên cứu và điều kiện triển khai của đồ án.

1.4 Cấu trúc của đề tài

1

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 trình bày phần giới thiệu tổng quan, bao gồm bối cảnh hình thành đề tài, mục tiêu nghiên cứu, phạm vi thực hiện và bố cục của toàn bộ báo cáo.

Chương 2 cung cấp cơ sở lý thuyết và các công nghệ liên quan, bao gồm khái niệm về IoT, các giao thức truyền thông cũng như các loại cảm biến và thiết bị được sử dụng trong hệ thống.

Chương 3 tập trung phân tích yêu cầu hệ thống, mô tả các yêu cầu chức năng, yêu cầu phi chức năng, quy trình vận chuyển và những rủi ro cần được giám sát.

Chương 4 mô tả thiết kế hệ thống IoT, bao gồm kiến trúc tổng thể, thiết kế phần cứng, mô hình truyền thông dữ liệu và các giao diện giám sát.

Chương 5 trình bày quá trình cài đặt và triển khai hệ thống, từ cấu hình thiết bị, lập trình firmware cho đến xây dựng backend và ứng dụng giám sát.

Chương 6 đưa ra các kết quả đạt được, kèm theo đánh giá thông qua mô phỏng và kiểm thử để xác định độ ổn định, độ chính xác và khả năng cảnh báo của hệ thống.

Chương 7 tổng kết các nội dung chính của đề tài, đồng thời nêu ra những hạn chế còn tồn tại và đề xuất các hướng phát triển hệ thống trong tương lai.

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 mạng 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 gán với một địa chỉ IP và được cung cấp khả năng truyền tải dữ liệu qua mạng lưới.

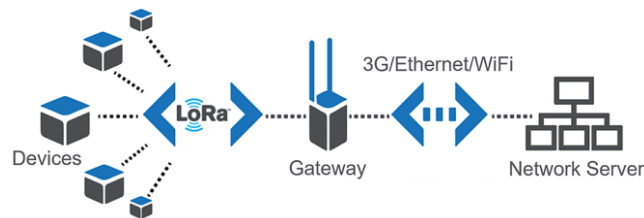
2.2 Các giao thức truyền thông trong IoT

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 2.1: 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 nhiều 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 hoá 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

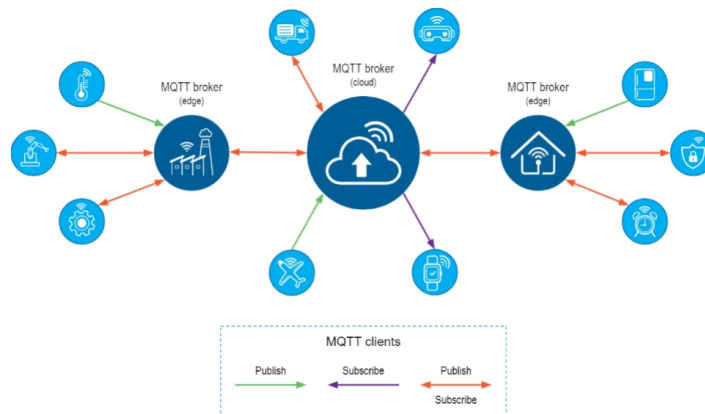
MQTT, viết tắt của Message Queuing Telemetry Transport, là giao thức truyền thông được sử dụng cho các thiết bị IoT với băng thông thấp, độ tin cậy cao và khả năng được sử dụng trong mạng lưới không ổn định.

MQTT là một lựa chọn lý tưởng trong các môi trường mà giá mạng viễn thông đắt đỏ 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 hỗ 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.



Hình 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 mạng 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.

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 2.1: 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

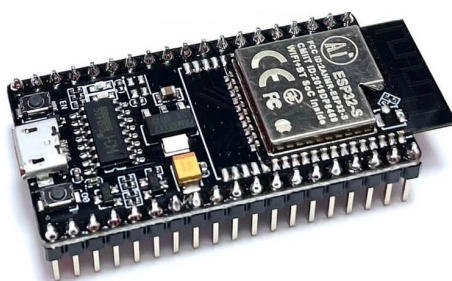
2.3.1 ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker

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



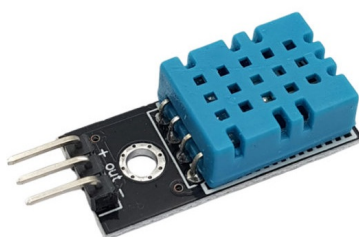
Hình 2.3: ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker

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.

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: Thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11



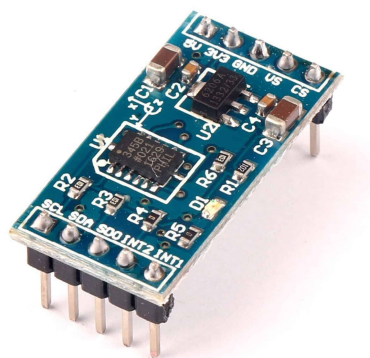
Hình 2.4: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11

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



Hình 2.5: Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345

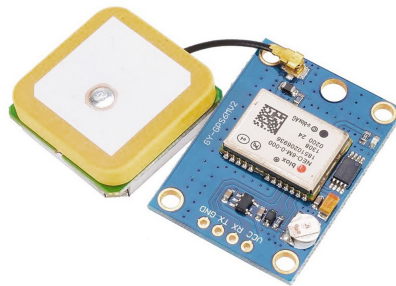
2.3.4 Module GPS NEO-6MV2

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

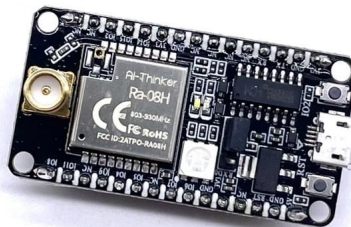
Bảng 2.5: Thông số kỹ thuật của module GPS NEO-6MV2



Hình 2.6: *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 2.7: *Module LoRa Ra-08H Development Board Ai-Thinker*

2.4 Các kỹ thuật bảo mật trong IoT

Bảo mật là yếu tố sống còn trong hệ thống giám sát vận chuyển hàng hóa quân sự. Đề tài tập trung vào ba khía cạnh bảo mật chính:

2.4.1 Mã hóa dữ liệu (Confidentiality)

Để đảm bảo dữ liệu (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 lạ 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.

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 chệch 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 chuyển 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 chuyển 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 chuyển 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.

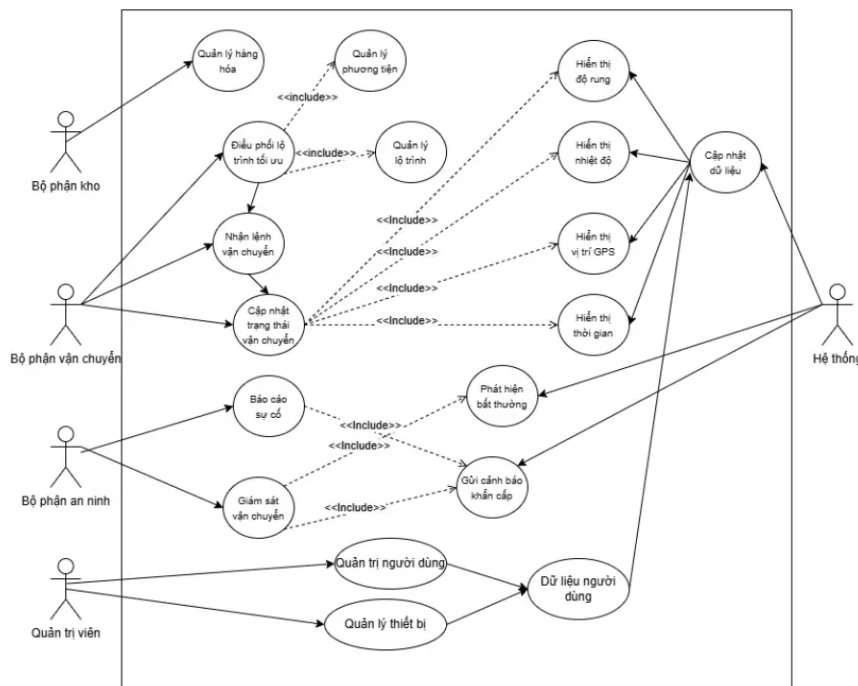
Một rủi ro khác là mất tín hiệu hoặc mất kết nối truyền thông, khiến thiết bị

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 3.1: 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.

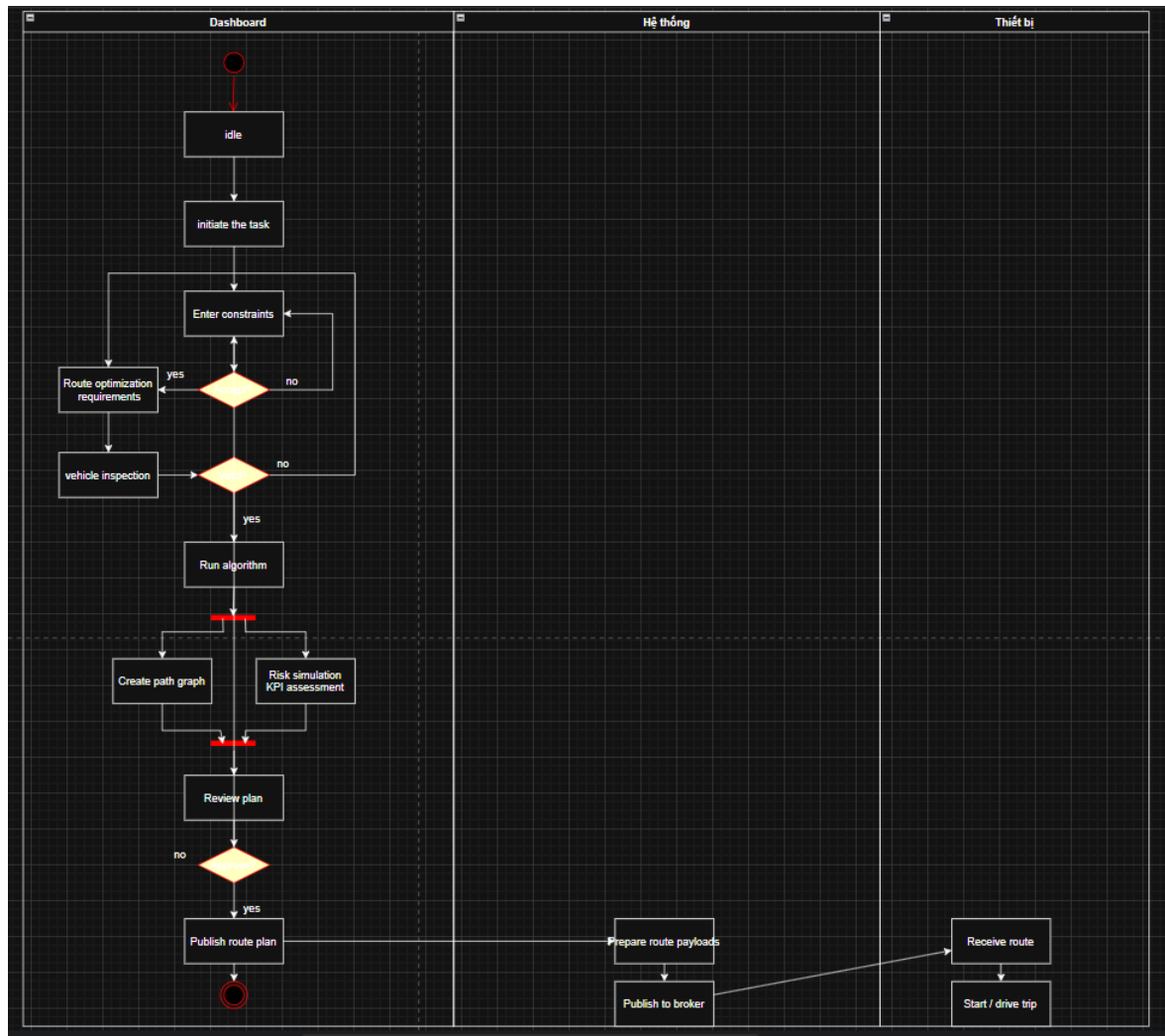
Hệ thống điều phối

- 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.

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 3.2: Activity diagram: Điều phối lộ trình

3.6.2 Quản lý hàng hoá

Sơ đồ hoạt động này minh họa vòng đời bản ghi hàng hoá/đơn 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/đơn (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.

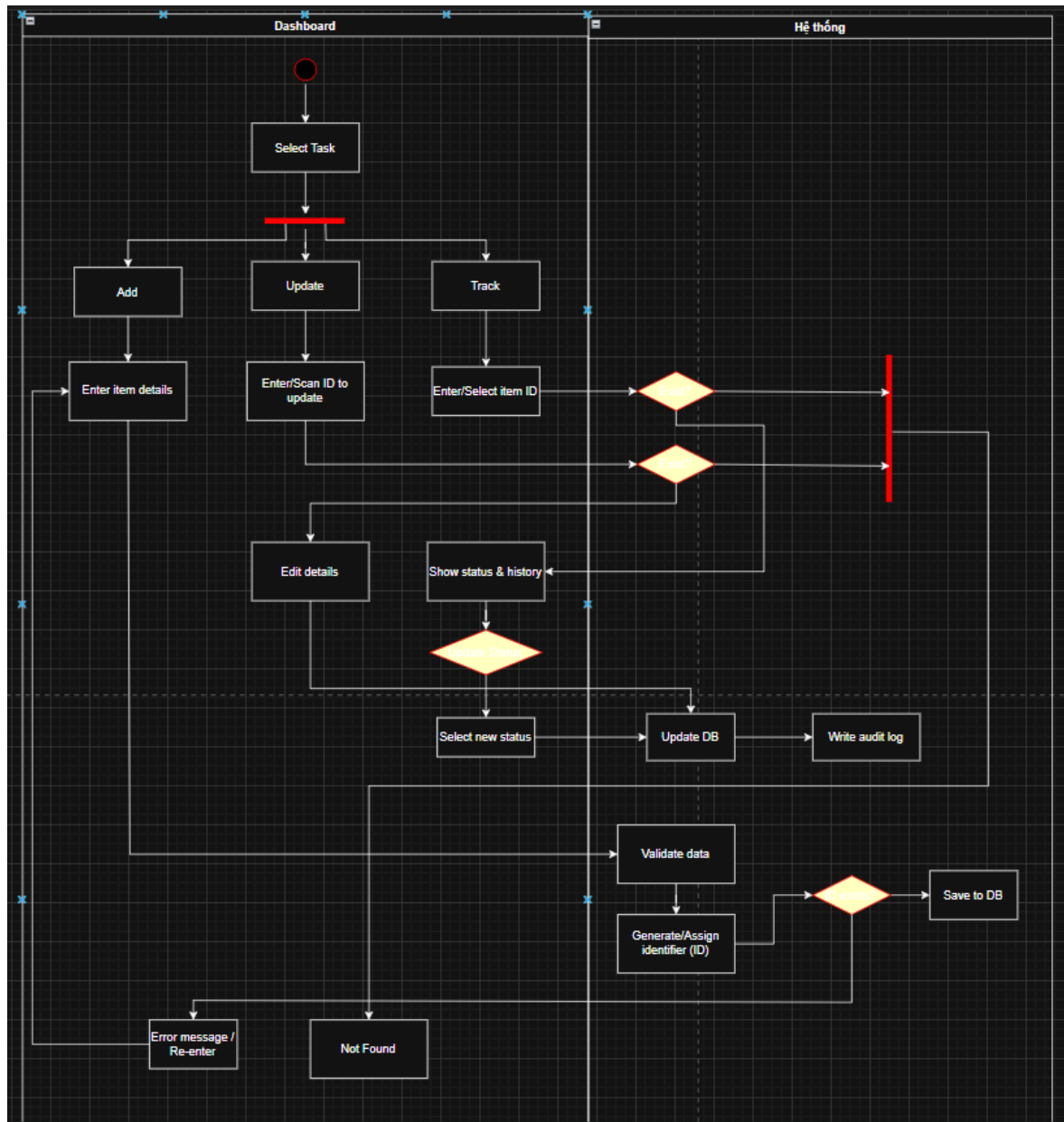
Hệ thống quản lý

- 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

- Quét & gửi đối 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 3.3: Activity diagram: Quản lý hàng hoá

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 chuyển. 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

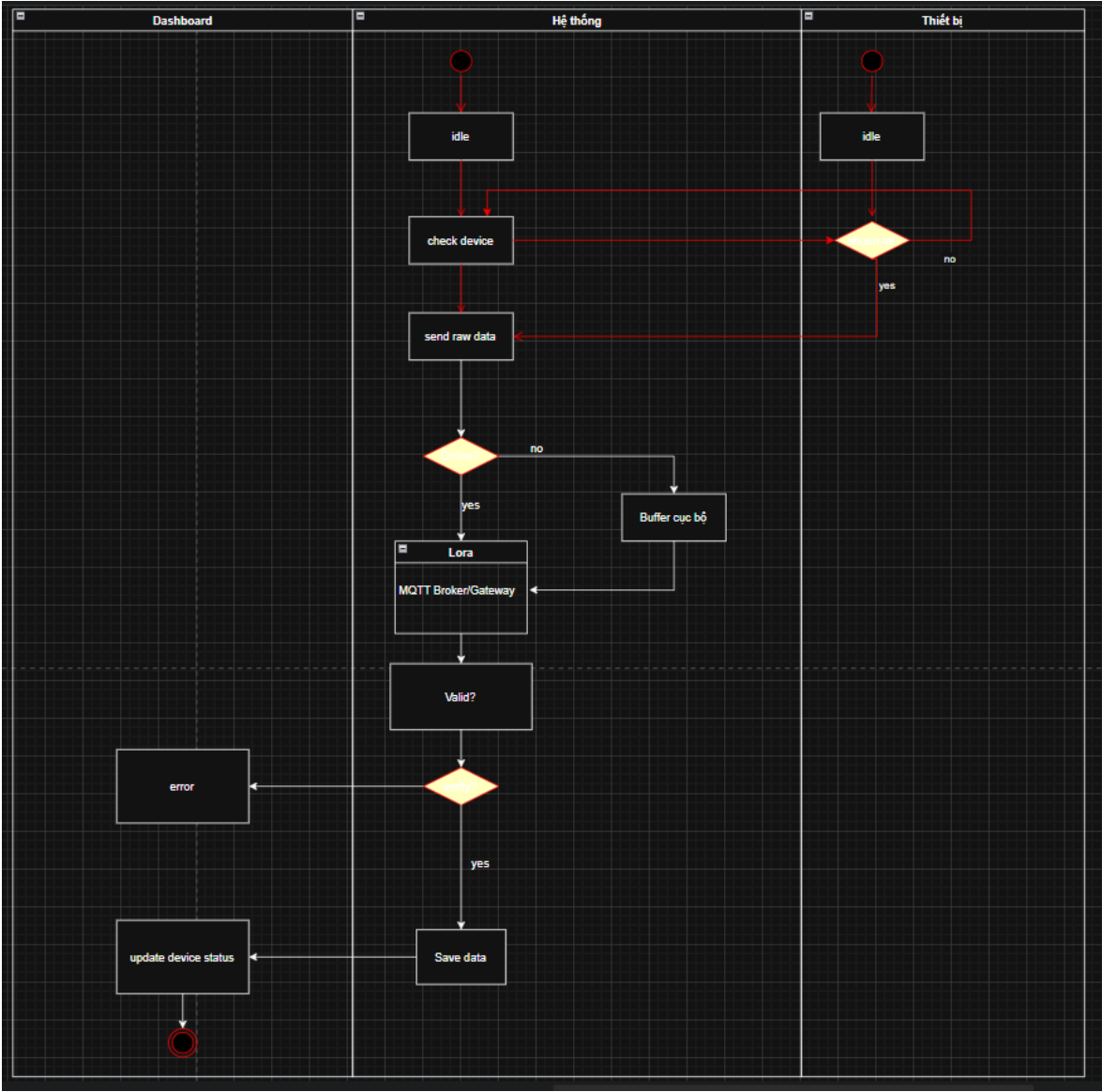
- Nhận gói tin và xác thực (verify): định danh, bảo mật/chữ ký, cấu trúc dữ liệu.
- Nếu không đạt, ghi lỗi và không cập nhật; nếu đạt, lưu dữ liệu và cập nhật trạng thái chuyển (IN_TRANSIT/DELAYED/ALERT/ARRIVED/DELIVERED).
- Đánh giá luật bất thường: vượt ngưỡng an toàn (nhiệt/rung), lệch lộ trình (geofence), 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 chuyển.

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.

3



Hình 3.4: Activity diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển

4

4

THIẾT KẾ HỆ THỐNG

- 4.1 Sơ đồ kiến trúc tổng thể**
- 4.2 Sơ đồ kết nối phần cứng**
- 4.3 Thiết kế truyền thông dữ liệu**
- 4.4 Thiết kế ứng dụng giám sát**
- 4.5 Thiết kế giao diện quản lý**
- 4.6 Thiết kế cơ chế bảo mật**

CÀI ĐẶT VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG

5

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur 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, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur 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