

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	8
2.2.2.4 Ưu điểm và nhược điểm	9
2.2.3 MQTT	9
2.2.3.1 Giới thiệu	9

2.2.3.2	Nguyên lý hoạt động	9
2.2.3.3	Đặc điểm nổi bật	10
2.2.3.4	Ưu điểm và nhược điểm	10
2.2.4	So sánh và lựa chọn giao thức	11
2.2.4.1	So sánh các công nghệ truyền thông	11
2.2.4.2	Lựa chọn và giải thích	11
2.2.5	ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	12
2.2.6	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	13
2.2.7	Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	14
2.2.8	Module GPS NEO-6MV2	15
2.2.9	Module truyền thông LoRa	16
2.3	Các kỹ thuật bảo mật trong IoT	16
3	Phân tích yêu cầu hệ thống	17
3.1	Yêu cầu chức năng	17
3.1.1	Người dùng	17
3.1.2	Hệ thống	18
3.2	Yêu cầu phi chức năng	18
3.2.1	Hiệu năng	18
3.2.2	Tính sẵn sàng	18
3.2.3	Khả năng mở rộng	19
3.2.4	Tính dễ sử dụng	19
3.2.5	Tính tương thích	19
3.2.6	Khả năng bảo trì	19
3.3	Quy trình vận chuyển đạn dược	20
3.4	Các rủi ro cần giám sát	20
3.5	Use-case diagram	20
3.6	Activity diagram	20
3.6.1	Điều phối lộ trình	20
3.6.2	Quản lý hàng hoá	22
3.6.3	Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	24
4	Thiết kế hệ thống	27
4.1	Sơ đồ kiến trúc tổng thể	27
4.2	Sơ đồ kết nối phần cứng	27
4.3	Thiết kế truyền thông dữ liệu	27
4.4	Thiết kế ứng dụng giám sát	27
4.5	Thiết kế giao diện quản lý	27

4.6	Thiết kế cơ chế bảo mật	27
5	Cài đặt và triển khai hệ thống	29
5.1	Cài đặt môi trường phát triển	30
5.2	Cài đặt firmware	30
5.3	Cài đặt backend	30
5.4	Cài đặt ứng dụng	30
5.5	Kết nối thiết bị	30
5.6	Triển khai hệ thống	30
6	Kết quả và đánh giá	31
6.1	Mô phỏng vận chuyển	32
6.2	Độ ổn định truyền dữ liệu	32
6.3	Độ chính xác GPS	32
6.4	Độ chính xác của cảm biến	32
6.5	Độ trễ truyền thông	32
6.6	Khả năng cảnh báo	32
6.7	So sánh và đánh giá	32
7	Kết luận và hướng phát triển	33
7.1	Đánh giá chung	33
7.2	Hạn chế	33
7.3	Hướng phát triển	33
	Phụ lục A	35
	Tài liệu tham khảo	36
	Danh mục thuật ngữ	39

Danh sách hình vẽ

2.1	Minh hoạ về công nghệ LoRa	6
2.2	ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	13
2.3	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11	14
2.4	Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345	15
2.5	Module GPS NEO-6MV2	16
3.1	Usecase diagram	20
3.2	Activity diagram: Điều phối lộ trình	22
3.3	Activity diagram: Quản lý hàng hoá	24
3.4	Activity diagram: Giám sát & cập nhật trạng thái vận chuyển	26

Danh sách bảng

2.1	Bảng so sánh các công nghệ truyền thông IoT	11
2.2	Thông số kỹ thuật của ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker	13
2.3	Thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11 . . .	14
2.4	Thông số kỹ thuật của cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345 . . .	14
2.5	Thông số kỹ thuật của module GPS NEO-6MV2	15

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.

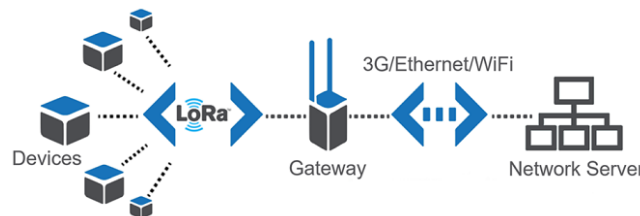
2.2 Các giao thức truyền thông trong IoT

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, do 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

Công nghệ mạng di động thế hệ thứ 4 (4G - LTE) và thế hệ thứ 5 (5G) là các chuẩn truyền thông không dây băng thông rộng, cung cấp khả năng kết nối Internet tốc độ cao cho các thiết bị di động. Trong các hệ thống IoT giám sát vận tải, 4G/5G đóng vai trò là kênh truyền thông chủ đạo (backhaul) hoặc kênh dự phòng quan trọng, giúp duy trì kết nối liên tục giữa phương tiện đang di chuyển và máy chủ trung tâm, đặc biệt là tại những khu vực không có sóng LoRa hoặc khi cần truyền tải dữ liệu đa phương tiện (hình ảnh, video).

2.2.2.2 Nguyên lý hoạt động

Mạng 4G/5G hoạt động dựa trên cấu trúc các trạm thu phát sóng (BTS - Base Transceiver Station) được phân bố rộng khắp theo hình dạng tổ ong (cells).

- **Mã hóa và điều chế:** Dữ liệu từ thiết bị IoT được mã hóa kỹ thuật số và điều chế (sử dụng kỹ thuật OFDM) để truyền qua sóng vô tuyến đến trạm BTS gần nhất.
- **Chuyển mạch gói (Packet Switching):** Khác với các mạng di động thế hệ cũ sử dụng chuyển mạch kênh, 4G/5G sử dụng chuyển mạch gói hoàn toàn trên nền tảng IP, giúp tối ưu hóa việc truyền dữ liệu.
- **Mạng lõi (Core Network):** Dữ liệu từ BTS được chuyển về mạng lõi để định tuyến, xác thực và chuyển tiếp đến đích là máy chủ ứng dụng hoặc Internet.

2.2.2.3 Đặc điểm nổi bật

- **Tốc độ truyền tải cao:** 4G có thể đạt tốc độ lý thuyết lên tới hàng trăm Mbps, và 5G có thể đạt tới hàng chục Gbps, đáp ứng tốt nhu cầu truyền dữ liệu lớn thời gian thực.
- **Độ trễ thấp:** Đặc biệt với 5G, độ trễ có thể giảm xuống mức dưới 10ms, cực kỳ quan trọng đối với các ứng dụng cảnh báo tức thời như giám sát đạn được.

- **Tính di động cao (Mobility):** Hỗ trợ duy trì kết nối ổn định ngay cả khi thiết bị di chuyển với tốc độ cao trên phương tiện vận tải.
- **Vùng phủ sóng rộng:** Hạ tầng mạng 4G hiện nay đã bao phủ hầu hết các khu vực địa lý, đảm bảo khả năng giám sát liên tục.

2

2.2.2.4 Ưu điểm và nhược điểm

- **Ưu điểm:**
 - Phạm vi phủ sóng toàn quốc, không cần tự xây dựng hạ tầng trạm thu phát như LoRaWAN.
 - Băng thông lớn, cho phép gửi dữ liệu cập nhật firmware (OTA) hoặc gửi log chi tiết dễ dàng.
 - Độ trễ thấp, đảm bảo tính thời gian thực (Real-time).
- **Nhược điểm:**
 - Tiêu thụ năng lượng cao hơn nhiều so với LoRa, đòi hỏi nguồn cấp ổn định từ phương tiện.
 - Chi phí vận hành cao hơn do phải trả phí thuê bao dữ liệu cho nhà mạng.
 - Phụ thuộc vào chất lượng sóng của nhà cung cấp dịch vụ viễn thông.

2.2.3 MQTT

2.2.3.1 Giới thiệu

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức truyền thông điệp dạng publish-subscribe (xuất bản - đăng ký) cực kỳ nhẹ, được thiết kế riêng cho các thiết bị có băng thông hạn chế và độ trễ mạng cao. Đây là giao thức chuẩn "de facto" trong lĩnh vực IoT, hoạt động trên nền tảng TCP/IP, giúp kết nối các cảm biến và thiết bị di động với máy chủ đám mây một cách hiệu quả.

2.2.3.2 Nguyên lý hoạt động

Mô hình hoạt động của MQTT bao gồm ba thành phần chính:

- **Publisher (Người xuất bản):** Là thiết bị IoT (trong dự án này là bộ thiết bị trên xe chở đạn) thu thập dữ liệu cảm biến và gửi đi.

- **Broker (Môi giới):** Là máy chủ trung gian (ví dụ: Mosquitto, EMQX). Nhiệm vụ của Broker là nhận thông điệp từ Publisher và lọc, phân phối lại cho các Subscriber quan tâm.
- **Subscriber (Người đăng ký):** Là ứng dụng giám sát hoặc backend server đăng ký nhận tin từ Broker.

Cơ chế hoạt động dựa trên **Topic (Chủ đề):** Khi thiết bị gửi dữ liệu, nó sẽ gửi vào một Topic cụ thể (ví dụ: `vehicle/truck01/temp`). Ứng dụng giám sát sẽ đăng ký Topic này để nhận dữ liệu ngay lập tức.

2

2.2.3.3 Đặc điểm nổi bật

- **Gọn nhẹ (Lightweight):** Header của gói tin MQTT rất nhỏ (tối thiểu chỉ 2 byte), giúp tiết kiệm băng thông 3G/4G và năng lượng.
- **Chất lượng dịch vụ (QoS - Quality of Service):** MQTT cung cấp 3 mức độ tin cậy khi truyền tin, rất quan trọng cho giám sát hàng nguy hiểm:
 - *QoS 0:* Gửi tối đa 1 lần (có thể mất tin).
 - *QoS 1:* Gửi ít nhất 1 lần (đảm bảo tin đến nơi, nhưng có thể lặp).
 - *QoS 2:* Gửi chính xác 1 lần (đảm bảo tin đến và không lặp).
- **Last Will and Testament (LWT):** Tính năng giúp Broker thông báo cho Server biết nếu thiết bị đột ngột mất kết nối (ví dụ: xe đi vào vùng mất sóng hoặc bị ngắt nguồn).
- **Retained Messages:** Giúp thiết bị mới kết nối nhận được ngay trạng thái gần nhất của hệ thống.

2.2.3.4 Ưu điểm và nhược điểm

- **Ưu điểm:**
 - Sử dụng băng thông mạng cực kỳ hiệu quả, giảm chi phí 4G.
 - Hoạt động ổn định ngay cả trong điều kiện mạng chập chờn, độ trễ cao.
 - Dễ dàng mở rộng hệ thống (Scalability) lên hàng ngàn thiết bị mà không cần thay đổi kiến trúc.
 - Cơ chế bảo mật hỗ trợ xác thực (username/password) và mã hóa SSL/TLS.
- **Nhược điểm:**

- Chạy trên nền TCP nên vẫn có độ trễ thiết lập kết nối cao hơn so với UDP (như CoAP).
- Mô hình tập trung vào Broker, nếu Broker gặp sự cố thì toàn bộ hệ thống truyền tin sẽ bị gián đoạn (trừ khi thiết lập Cluster).

2.2.4 So sánh và lựa chọn giao thức

2

2.2.4.1 So sánh các công nghệ truyền thông

Dựa trên các phân tích kỹ thuật ở trên, Bảng 2.1 dưới đây tóm tắt sự khác biệt giữa các công nghệ truyền thông phổ biến trong IoT là LoRa, 4G/5G và Wi-Fi để làm cơ sở cho việc lựa chọn.

Bảng 2.1: Bảng so sánh các công nghệ truyền thông IoT

Tiêu chí	LoRa	4G/5G	Wi-Fi
Phạm vi phủ sóng	Rất xa (lên đến 15km+) [119]	Rộng (theo hạ tầng nhà mạng)	Ngắn (vài chục mét)
Tiêu thụ năng lượng	Rất thấp (pin 5-10 năm) [126]	Cao	Trung bình/Cao
Băng thông	Thấp (giới hạn \approx 100 bytes) [134]	Rất cao (Mbps - Gbps)	Rất cao
Chi phí vận hành	Thấp (không phí thuê bao)	Cao (cước phí data 3G/4G)	Thấp (tại điểm truy cập)
Độ trễ	Cao	Thấp	Rất thấp
Khả năng triển khai	Mạng riêng linh hoạt (Private Network)	Phụ thuộc hạ tầng viễn thông	Phụ thuộc điểm truy cập cục bộ

2.2.4.2 Lựa chọn và giải thích

Dựa trên yêu cầu đặc thù của đề tài "Ứng dụng IoT trong giám sát và điều phối vận chuyển đạn dược", nhóm thực hiện quyết định lựa chọn công nghệ **LoRa** làm giao thức truyền thông chính cho các thiết bị giám sát gắn trên phương tiện, kết hợp với giao thức MQTT ở tầng ứng dụng. Các lý do chính cho sự lựa chọn này bao gồm:

- **Phù hợp với đặc điểm dữ liệu:** Hệ thống giám sát vận chuyển đạn dược chủ yếu thu thập các thông số dạng chuỗi số liệu nhỏ như: toạ độ GPS, nhiệt độ, độ ẩm và thông số rung động [56]. Các gói tin này có kích thước

nhỏ, hoàn toàn phù hợp với giới hạn tải trọng (payload) của LoRa [121, 134].

- **Tối ưu hoá năng lượng cho thiết bị di động:** Quá trình vận chuyển có thể kéo dài nhiều giờ hoặc nhiều ngày. LoRa có ưu điểm vượt trội về tiết kiệm năng lượng [124], cho phép thiết bị giám sát hoạt động bền bỉ bằng pin mà không cần nguồn cấp điện liên tục từ xe, đảm bảo an toàn cháy nổ trong môi trường vận chuyển đạn dược.
- **Khả năng hoạt động độc lập và bảo mật:** Với LoRa, nhóm có thể thiết lập một mạng riêng (Private LoRaWAN) mà không phụ thuộc hoàn toàn vào sóng di động của nhà mạng [129]. Điều này đặc biệt quan trọng trong các khu vực quân sự hoặc vùng sâu vùng xa nơi sóng 4G có thể không ổn định. Ngoài ra, chuẩn mã hoá AES128 tích hợp sẵn của LoRa giúp tăng cường tính bảo mật cho dữ liệu nhạy cảm [131].
- **Chi phí triển khai thấp:** Các module LoRa (như Ra-02) và vi điều khiển ESP32 có chi phí thấp, dễ dàng thay thế và bảo trì, phù hợp với phạm vi triển khai thử nghiệm của đề tài [154].

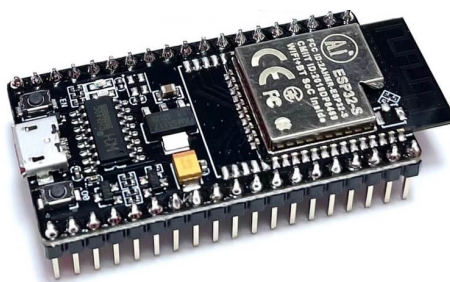
Mặc dù LoRa có nhược điểm về độ trễ và băng thông thấp so với 4G/5G, nhưng với mục tiêu giám sát trạng thái môi trường và vị trí (không yêu cầu truyền hình ảnh/video trực tiếp), sự đánh đổi này là hợp lý để đạt được sự ổn định về năng lượng và khoảng cách truyền tin.

2.2.5 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



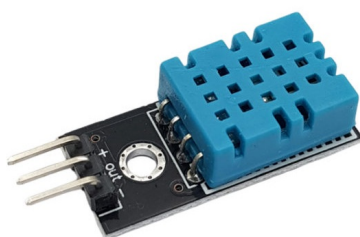
Hình 2.2: ESP32 NodeMCU-32S CH340 Ai-Thinker

2.2.6 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



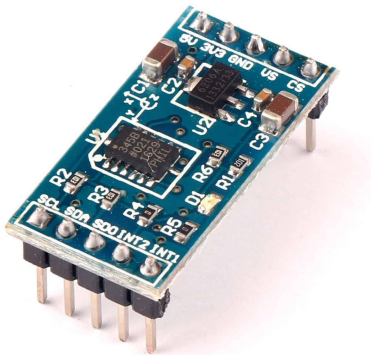
Hình 2.3: Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11

2.2.7 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 2.4: Cảm biến gia tốc 3 trục ADXL345

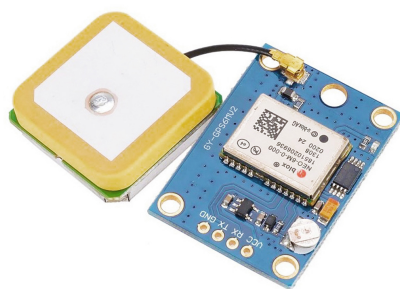
2.2.8 Module GPS NEO-6MV2

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 2.5: *Module GPS NEO-6MV2*

2.2.9 Module truyền thông LoRa

2.3 Các kỹ thuật bảo mật trong IoT

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 chuyển 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*

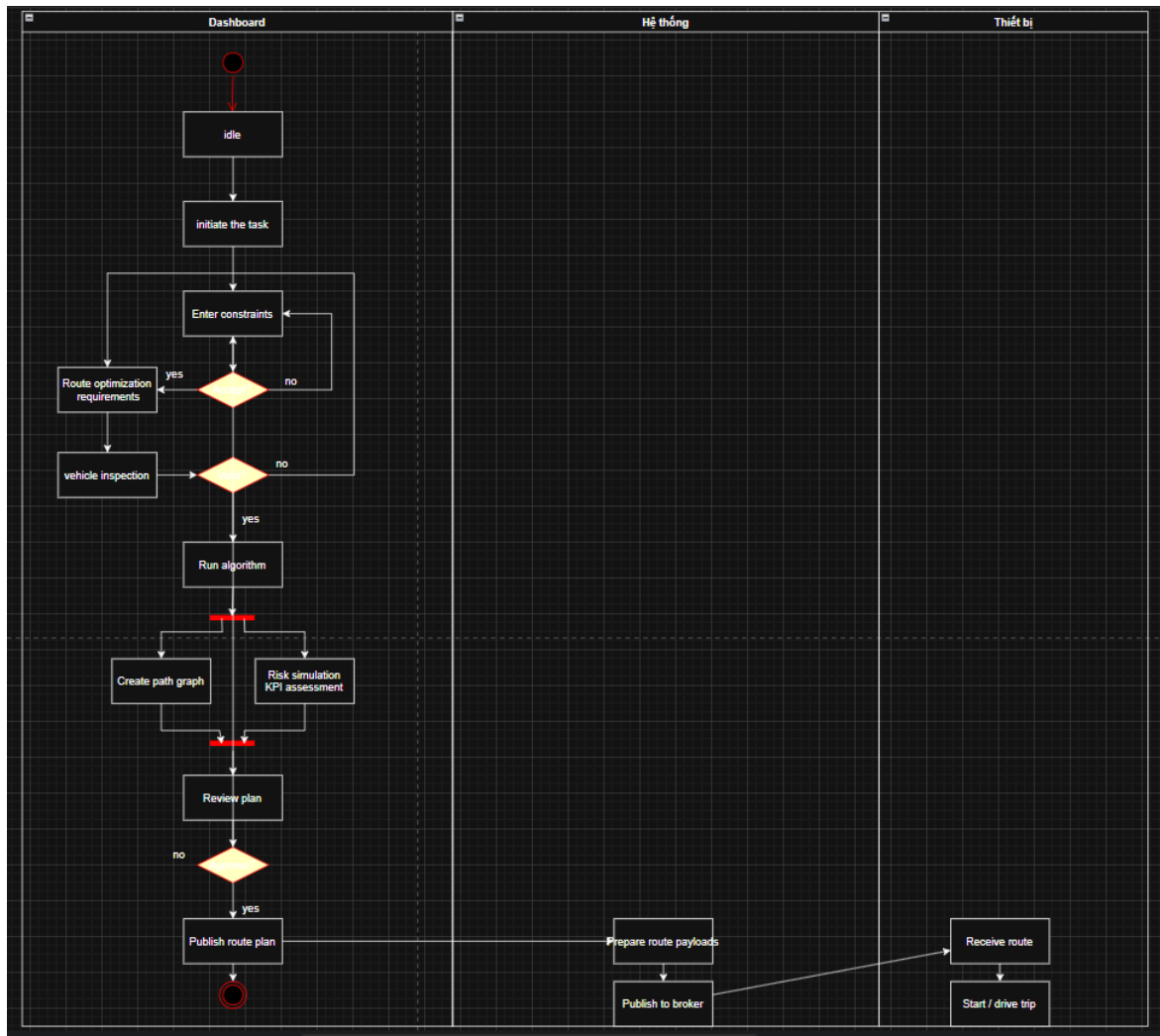
- Hệ thống phải được thiết kế theo hướng module hóa để cho phép bảo trì hoặc nâng cấp từng phần mà không làm ảnh hưởng đến toàn bộ hoạt động.
- Phải cung cấp đầy đủ tài liệu kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng.

- 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, toạ 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

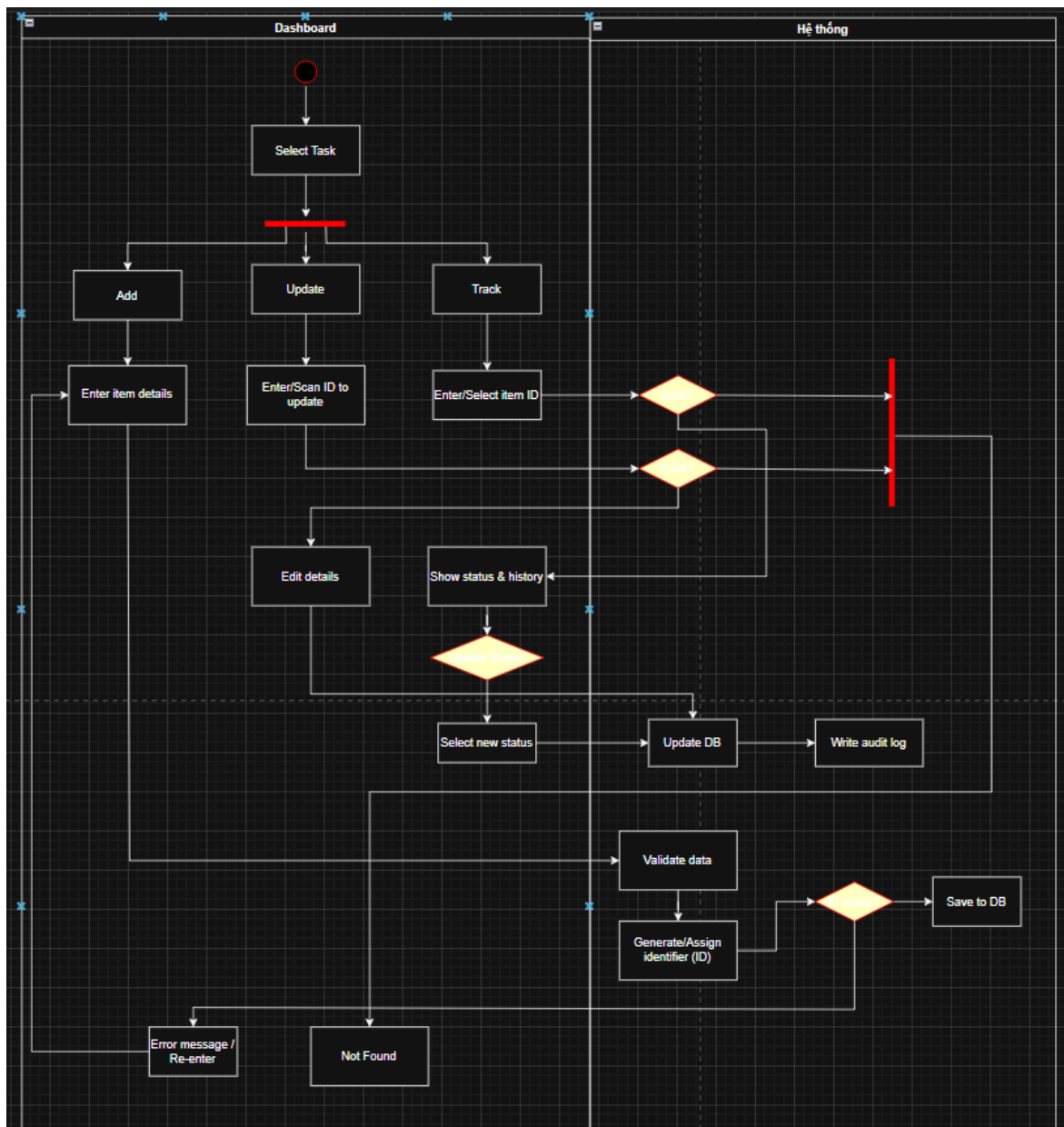
- Xác thực dữ liệu khi tạo mới; nếu trùng ID trả lỗi và yêu cầu nhập lại; nếu hợp lệ thì cấp/ghi ID (QR/Rfid) và lưu CSDL.
- Với Update/Track: kiểm tra tồn tại; nếu có, cho phép chỉnh sửa/đổi trạng thái và ghi audit log.
- Với sự kiện bàn giao: đối chiếu đơn–phương tiện, ghi sự kiện (thời gian, vị trí,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

3

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.

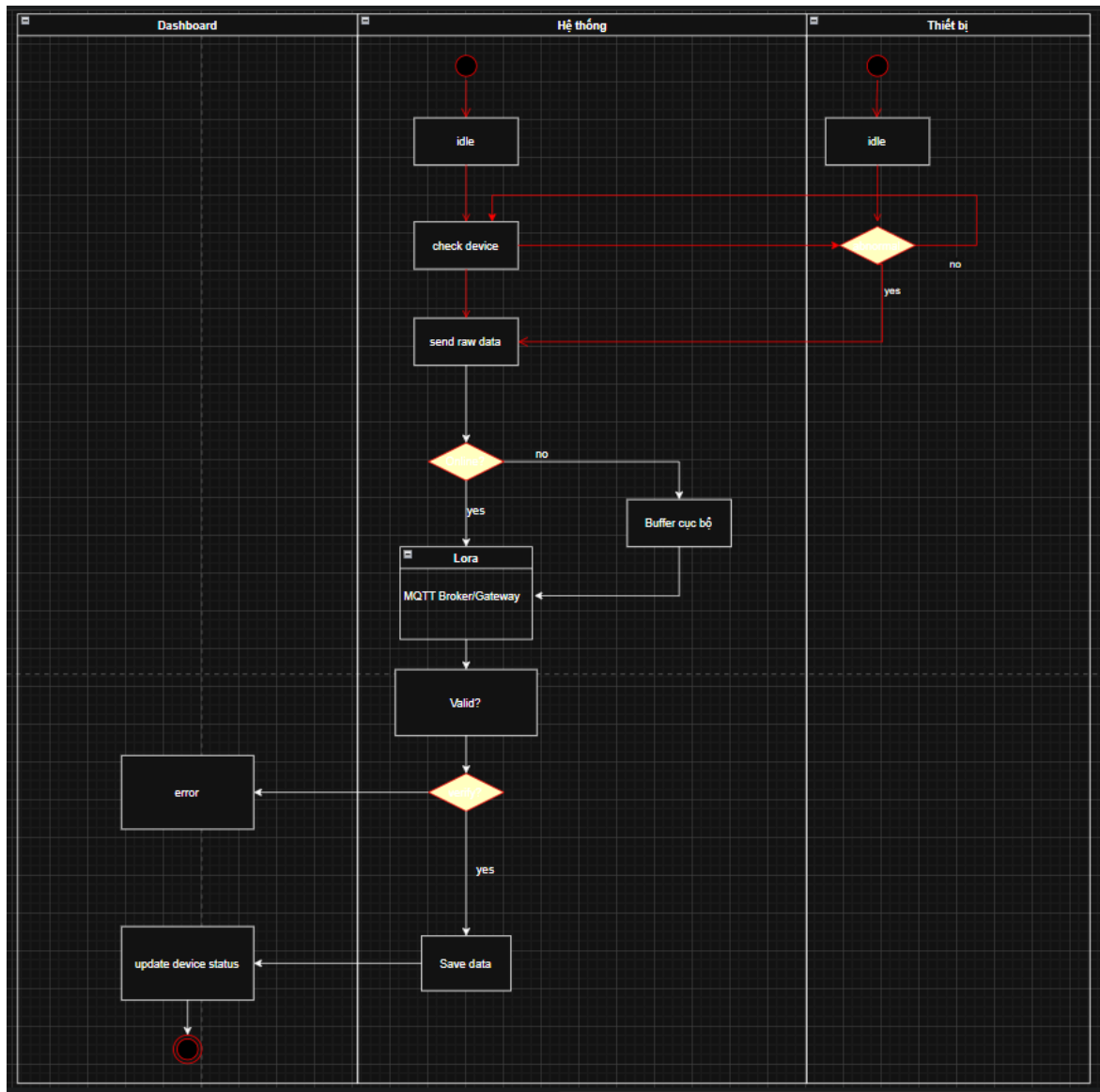
Hệ thống giám sát

- 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.



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