

GIÁO TRÌNH XE DELIVERY

Mục tiêu:

Thiết kế robot tự hành di chuyển ứng dụng vận chuyển (Delivery vihicle) vận hành ở những môi trường trong nhà và ngoài trời với ứng dụng giao hàng, vận chuyển hàng hóa. Các chức năng hoạt động chính của xe Deli:

- Có khả năng di chuyển tự hành ở cả môi trường ngoài trời và trong nhà.
- DELI thu phát tín hiệu từ Wi-Fi từ trung tâm điều khiển từ xa.
- Người vận hành có thể điều khiển và giám sát DELI thông qua camera và giao diện GUI từ máy tính.
- DELI có khả năng mang vác hàng hóa, di chuyển tốt trong những môi trường phức tạp.

Tài liệu tham khảo:

Luận văn anh Nguyễn Quang Linh.

Luận văn anh Nguyễn Quang Hà.

Nghiên cứu khoa học Nguyễn Gia Khiêm.

Luận văn anh Thuận-Duy

Tổng quan công việc:

- Tính toán, thiết kế mô hình cơ khí hoàn chỉnh.
- Thực hiện thuật toán dẫn đường và điều khiển cho xe tự hành ngoài trời.
- Dựng bản đồ SLAM và di chuyển tự hành trong nhà.
- Có khả năng né vật cản bằng cảm biến siêu âm sonar và Lidar

	Công việc	Đặc tính	Phụ trách
Mô hình	Tính toán và thiết kế mô hình	Làm mới	Khoa, Định, Dinh, Hoàng Anh
	Tính toán sử dụng thiết bị và bố trí		
	Thi công mô hình và hệ thống điện		
	Lập trình vi điều khiển và giao tiếp		
Di chuyển ngoài trời, trong nhà	Thực hiện thuật toán dẫn đường	Phát triển	Phong, Tài, Đức Anh
	Thực hiện giải thuật điều hướng		
	Giao tiếp MAVLink và truyền thông		
	Xây dựng app và giao diện GUI		

MỤC LỤC

Chương 1. TỔNG QUAN ĐỀ TÀI.....	5
1.1. Sơ lược về Robot giao hàng.....	5
1.1.1. Tìm hiểu chung.....	5
1.1.2. Sự hình thành và phát triển của mô hình giao hàng bằng robot.....	5
1.2. Ứng dụng của Robot giao hàng trong các lĩnh vực	6
1.2.1. Lĩnh vực y tế	6
1.2.2. Lĩnh vực bán lẻ	7
1.2.3. Lĩnh vực thư tín	7
1.2.4. Lĩnh vực dịch vụ ăn uống	8
1.3. Tìm hiểu một số robot giao hàng hiện nay	8
1.3.1. Starship Technologies' Delivery Robot	8
Hình 1.7 Starship Technologies' Delivery Robot	9
1.3.2. The Robo mart – Self-Driving Groceries Store	9
1.3.3. Robot vận chuyển hàng hóa MIR 200	10
1.4. Tính cấp thiết, mục tiêu, đối tượng , phạm vi nghiên cứu và nhiệm vụ của luận văn	11
1.4.1. Tính cấp thiết của luận văn	11
1.4.2. Mục tiêu luận văn	12
1.4.3. Phạm vi luận văn	12
1.4.4. Nhiệm vụ của luận văn	13
Chương 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN	14
2.1. Phương án về thiết kế cơ khí cho robot	14
2.1.1. Phương án về cơ cấu di chuyển	14
2.1.2. Các phương án về lựa chọn vật liệu cơ khí	15
2.2. Phương án về thiết kế hệ thống điện cho robot	16
2.2.1. Các thiết bị điều khiển chính	16
2.2.1.1. Máy tính nhúng NVIDIA Jetson TX2	16

2.2.1.2.	Vi điều khiển STM32F407 Discovery	17
2.2.1.3.	Bộ GPS Here V2+RTK	18
2.2.1.4.	IMU RTxQ	19
2.2.1.5.	Cảm biến siêu âm MB7076 XL-MaxSonar- WRL1	19
2.2.2.	Lựa chọn loại động cơ	20
2.2.2.1.	Động cơ DC có chổi than	20
2.2.2.2.	Động cơ không chổi than	21
2.2.2.3.	Kết luận	21
2.2.3.	Phương án về nguồn	21
2.2.3.1.	Phương án sử dụng ác quy axit chì	21
2.2.3.2.	Phương án sử dụng pin lipo	22
2.2.3.3.	Kết luận	23
2.3.	Phương án điều khiển cho Robot	23
2.3.1.	Cấu trúc điều khiển tập trung	24
2.3.2.	Cấu trúc điều khiển phân cấp	24
2.3.3.	Kết luận	25
2.4.	Phương án về quản lý và giám sát đơn đặt hàng, giám sát, điều khiển robot	26
2.5.	Kết luận	26
Chương 3.	THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ	Error! Bookmark not defined.
3.1.	Tính toán tải xe tự hành	Error! Bookmark not defined.
3.1.1.	Thông số đầu vào	Error! Bookmark not defined.
3.1.2.	Tính toán công suất động cơ	Error! Bookmark not defined.
3.2.	Tổng kết số liệu	Error! Bookmark not defined.
3.3.	Thiết kế cơ khí cho xe	Error! Bookmark not defined.
3.4.	Kết luận	35
Chương 4.	THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN	36
4.1.	Tính toán lựa chọn nguồn	36
4.2.	Lựa chọn loại động cơ	37

4.3.	Driver điều khiển động cơ	38
4.4.	Encoder E6B2-CWZ6C	39
4.5.	Khối điều khiển	39
4.5.1.	Mạch tổng hợp cho vi điều khiển	39
4.5.2.	Mạch giảm áp cho máy tính nhúng	42
4.6.	Sơ đồ kết nối điện của xe giao hàng	43
4.7.	Kết luận	44
Chương 5. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁM SÁT ROBOT		45
5.1.	Cơ sở lý thuyết về xe giao hàng	46
5.1.1.	Mô hình động học của Robot	46
5.1.2.	Hệ điều hành cho Robot	48
5.1.3.	Hệ thống định vị cho robot	50
5.1.3.1.	Hệ thống GPS	50
5.1.4.	Giải thuật Dijkstra	55
5.2.	Xây dựng giải thuật điều hướng, bám đường và bộ điều khiển góc (heading control)	56
5.2.1.	Giới thiệu	56
5.2.2.	Thuật toán bám đường Line-of Sign(LOS)	57
5.2.3.	Bán kính chuyển tiếp	59
5.2.4.	Bộ điều khiển vận tốc và hướng	60
5.3.	Thuật toán né vật cản tĩnh dùng cảm biến siêu âm	61
5.4.	Lưu đồ giải thuật robot tự hành bám đường	64
5.5.	Mô phỏng giải thuật và đánh giá kết quả	65
5.5.1.	Mô phỏng giải thuật bám đường LOS	65
5.5.1.1.	Sơ đồ khái thuật toán bám đường	65
5.5.1.2.	Kết quả	66
5.5.2.	Xây dựng thuật toán LOS kèm né vật cản	67
5.6.	Giao tiếp giữa các thành phần trong hệ thống	70
5.6.1.	Giao thức MQTT	70

5.7. Thiết kế phần mềm giám sát điều khiển Robot.....	72
5.8. Kết luận	75
Chương 6. KẾT QUÁ	88
6.1. Kết quả thu thập khu vực làm việc	88
6.1.1. Tọa độ vị trí giao hàng	88
6.2. Kết quả giải thuật tạo quỹ đạo cho robot di chuyển	88
6.2.1. Quỹ đạo di chuyển giữa các điểm ngoài trời	88
6.3. Kết quả khảo sát bộ điều khiển PID cho góc bám.....	91
6.4. Kết quả di chuyển bám quỹ đạo	92
6.4.1. Di chuyển trên đường đi ngoài trời	92
6.4.2. Đánh giá kết quả	96
Chương 7. TỔNG KẾT	97
7.1. Các kết quả đạt được	97
7.2. Hạn chế	97
7.3. Định hướng phát triển cho đề tài	97

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Một Delivery Robot của hãng Starship đã có trên thị trường hiện nay	6
Hình 1.2 Các loại Delivery Robot được phát triển theo thời gian	6
Hình 1.3 Các loại Robot giao hàng trong lĩnh vực y tế, bệnh viện	7
Hình 1.4 Các robot giao hàng trong lĩnh vực bán lẻ	7
Hình 1.5 Robot giao hàng trong lĩnh vực thư tín	8
Hình 1.6 Các Robot giao hàng trong lĩnh vực ăn uống	8
Hình 1.7 Starship Technologies' Delivery Robot	9
Hình 1.8 The Robo mart – Self – Driving Groceries Store	10
Hình 1.9 Robot vận chuyển hàng hóa	10
Hình 1.10 Hình vẽ hoạch định phạm vi làm việc của robot	13
Hình 2.1 Hình ảnh về cơ cấu di chuyển	14
Hình 2.2 Máy tính nhúng	17
Hình 2.3 Vi điều khiển STM32F407	18
Hình 2.5 Bộ Here V2	18
Hình 2.6 IMU 6050	19
Hình 2.7 Cảm biến siêu âm MB7076	20
Hình 2.8 Phương án nguồn sử dụng acquy chì	22
Hình 2.9 Phương án nguồn sử dụng pin lipo	23
Hình 2.10 Mô hình điển hình của cấu trúc điều khiển tập trung	24
Hình 2.11 Mô hình điển hình của cấu trúc điều khiển phân cấp	25
Hình 3.1 Hình ảnh tổng quan về thiết kế cơ khí..... Error! Bookmark not defined.	
Hình 3.2 Hình ảnh phía sau của xe	34
Hình 3.3 Hình ảnh phía trước của xe	34
Hình 3.4 Hình ảnh thực tế sau khi thực hiện	35
Hình 4.1 Hình ảnh pin thực tế	37
Hình 4.2 Động cơ MY1016Z2 thực tế	38
Hình 4.3 Hình ảnh driver	38
Hình 4.4 Hình ảnh thực tế Encoder	39
Hình 4.5 Sơ đồ khối nguồn của hệ thống	40
Hình 4.6 Sơ đồ nguyên lý khối STM32F407	40
Hình 4.7 Sơ đồ nguyên lý khối HEADER	41
Hình 4.8 PCB mạch tổng hợp cho vi điều khiển	41
Hình 4.9 Mạch tổng hợp cho vi điều khiển sau khi thi công	42
Hình 4.10 Mạch hạ áp DC-DC	42

Hình 4.11 Sơ đồ kết nối điện của hệ thống	43
Hình 4.12 Hình ảnh kết nối thực tế	44
Hình 5.1 Hình ảnh sơ đồ điều khiển của robot	45
Hình 5.2 Mô hình động học của robot	46
Hình 5.3 Giới thiệu về hệ điều hành ROS	48
Hình 5.4 Sơ đồ tổng quát của ROS	50
Hình 5.5 Hình ảnh giữa các node thực tế của robot	50
Hình 5.6 Vệ tinh GPS đang bay trên quỹ đạo trái đất	51
Hình 5.7 Một số hệ thống định vị hiện nay trên thế giới	52
Hình 5.8 Nguyên lý định vị của GPS	53
Hình 5.9 Giải thuật Dijkstra	55
Hình 5.10 Sơ đồ hệ thống dẫn đường dùng giải thuật LOS	57
Hình 5.11 Ảnh minh họa thuật toán LOS trên đoạn đường thẳng	57
Hình 5.12 khái quát các xác định điểm trung gian khi robot gặp chướng ngại vật	62
Hình 5.13 Lưu đồ giải thuật robot tự hành bám đường	64
Hình 5.14 Sơ đồ khởi mô phỏng giải thuật bám đường	65
Hình 5.15 Kết quả đường đi ngắn nhất từ điểm (1) đến điểm (11) bằng giải thuật dijkstra	66
Hình 5.16 Đồ thị sai số Cross-track trong LOS bám đường thẳng	66
Hình 5.17 Đồ thị góc heading điều khiển trong LOS bám đường thẳng	67
Hình 5.18 Sơ đồ khởi thuật toán LOS kết hợp né vật cản	67
Hình 5.19 Hình ảnh mô phỏng thuật toán LOS và né vật cản	68
Hình 5.20 Đồ thị sai số Cross-track trong LOS bám đường thẳng có vật cản	69
Hình 5.21 Đồ thị góc heading điều khiển trong LOS bám đường thẳng có vật cản	69
Hình 5.22 Sơ đồ giao tiếp giữa các thành phần trong hệ thống	70
Hình 5.23 Giới thiệu về giao thức MQTT	70
Hình 5.24 Giao diện trang đăng nhập	72
Hình 5.25 Giao diện trang đăng ký	72
Hình 5.26 Giao diện trang bán hàng	73
Hình 5.27 Trang kết nối và điều khiển robot	74
Hình 5.28 Trang giám sát robot	74
Hình 6.1 Tổng quan về khu vực làm việc	89
Hình 6.2 Đường đi hoạch định từ H1 đến nhà thi đấu	89
Hình 6.3 Hoạch định đường đi từ tòa H3 đến nhà thi đấu	90
Hình 6.4 Hoạch định đường đi từ tòa H6 đến nhà thi đấu	90
Hình 6.5 Hoạch định đường đi từ tòa H2 đến nhà thi đấu	91

Hình 6.6 Đồ thị đáp ứng PID với đặt nhỏ hơn góc cài đặt.....	91
Hình 6.7 Đồ thị đáp ứng PID với góc đặt lớn hơn góc cài đặt.....	92
Hình 6.8 Quỹ đạo di chuyển của robot từ H3 đến nhà thi đấu	93
Hình 6.9 Đồ thị góc bám của robot khi di chuyển từ H3 đến nhà thi đấu	
Hình 6.10 Đồ thị sai số của robot khi di chuyển từ H2 đến nhà thi đấu	93
Hình 6.11 Quỹ đạo di chuyển của robot từ nhà thi đấu đến H6	94
Hình 6.12 Đồ thị sai số so với quỹ đạo của robot trên đoạn từ nhà thi đấu đến H6	95

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1 Thông số kỹ thuật của Starship Technologies' Delivery Robot	9
Bảng 2.1 Ưu và nhược điểm của cơ cấu skid steer	14
Bảng 2.2 Ưu và nhược điểm của bộ truyền đai	15
Bảng 2.3 Vật liệu chi tiết cho từng bộ phận của Delivery Robot	15
Bảng 2.4 Bảng thông số máy tính nhúng	16
Bảng 2.5 Bảng thông số giá trị vi điều khiển STM32F407	17
Bảng 2.6 Thông số kỹ thuật bộ GPS RTK	18
Bảng 2.7 Bảng thông số giá trị IMU6050	19
Bảng 2.8 Bảng thông số giá trị cảm biến Sonar	19
Bảng 3.1 Bảng tổng kết số liệu thông số cơ khí.... Error! Bookmark not defined.	
Bảng 4.1 Bảng thông số giá trị điện áp và công suất của các thiết bị điện	36
Bảng 4.2 Thông số của pin xe	36
Bảng 4.3 Thông số động cơ MY1016Z2	38
Bảng 4.4 Thông số kỹ thuật của driver	38
Bảng 4.5 Thông số giá trị Encoder E6B2-CWZ6C	39
Bảng 4.6 Bảng thông số giá trị mạch hạ áp DC-DC	42
Bảng 6.1 Bảng kết quả tọa độ khu vực làm việc của Robot	88

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

ROS: Robot Operating System

IMU: Inertial Measurement Unit

PWM: Pulse Width Modulation

IC: Intergrated Circuit

PID: Proportional Intergral Derivative

UART: Univeral Asynchronous Receiver Transmitter

CS1: Cơ sở 1

CS2: Cơ sở 2

TÓM TẮT LUẬN VĂN BẰNG TIẾNG VIỆT

Luận văn tập trung vào việc nghiên cứu các cơ sở lý thuyết, các phương án thực hiện để từ đó để xây dựng hoàn chỉnh mô hình xe tự hành và xây dựng các giải thuật để điều khiển xe tự hành.

Các công việc chính của luận văn bao gồm:

- Phân tích lựa chọn các phương án về cơ khí, điện và điều khiển.
- Tính toán thiết kế hệ thống cơ khí cho robot.
- Tính toán thiết kế và thi công hệ thống điện cho robot.
- Lập trình phần mềm quản lý
- Lựa chọn sử dụng và lập trình các giải thuật điều khiển robot di chuyển tự hành và một số chức năng khác
- Giám sát, điều khiển robot làm việc.
- Thực nghiệm thu thập số liệu chứng minh giải thuật trên mô hình thực tế trong khuôn viên định sẵn.

ABSTRACT

The thesis focuses on the study of theoretical foundations, implementation plans from which to build a complete model of self-propelled vehicles and build algorithms to control self-propelled vehicles.

The main tasks of the thesis include:

- Analyze and select mechanical, electrical and control options.
- Calculate and design mechanical systems for robots.
- Calculate, design and construct electrical systems for robots.
- Programming management software
- Choose to use and program algorithms to control autonomous moving robots and some other functions
- Monitor and control working robots.
- Experimentally collect data to prove the algorithm on a real model in a predetermined campus.

MỞ ĐẦU

Ngày nay lĩnh vực robot công nghiệp đã đạt được những thành tựu vô cùng to lớn trong sản xuất. Những cánh tay robot có khả năng làm việc với độ chính xác và tốc độ cao, làm việc liên tục không mệt mỏi đã làm năngsuất lao động tăng lên nhiều lần. Chúng có thể làm việc trong các môi trường độc hại hay những công việc đòi hỏi sự tỉ mỉ cao. Tuy nhiên có một hạn chế chung đó là không gian làm việc. Không gian làm việc của tay máy bị hạn chế bởi số bậc tự do và vị trí lắp đặt. Nhu cầu đặt ra hiện nay robot không chỉ là những cỗ máy vô tri, thực hiện lặp lại một thao tác tại một vị trí cố định mà còn hướng tới khả năng linh hoạt, có thể di chuyển và vận hành trong các môi trường khác nhau. Robot tự hành hay còn gọi Mobile robot có khả năng tự hoạt động, thực thi nhiệm vụ mà không cần sự can thiệp của con người. Nhiệm vụ thường không cố định một vị trí mà đòi hỏi robot phải di chuyển liên tục. Chúng cả khả năng thu thập và nhận biết về môi trường xung quanh để từ đó phân tích, đưa ra hành vi phù hợp. Robot tự hành ngày càng có nhiều ứng dụng quan trọng trong ngành công nghiệp, y tế, thương mại, dịch vụ, khoa học.

Về robot tự hành hiện có hai hướng nghiên cứu chính:

- Hướng thứ nhất: Nghiên cứu robot tự hành có khả năng điều hướng ở tốc độ cao nhờ các cảm biến hiện đại. Có khả năng hoạt động ở cả môi trường trong nhà và ngoài trời. Loại robot này yêu cầu khói lượng tính toán đồ sộ, trang bị cảm biến có độ nhạy cao.
- Hướng thứ hai: Nghiên cứu robot tự hành chỉ hoạt động môi trường trong nhà. Loại robot này có kết cấu đơn giản và chỉ thực hiện những nhiệm vụ đơn giản.

Robot tự hành có 2 loại chính:

- Loại chuyển động bằng chân: Có thể thích nghi ở những môi trường có địa hình gồ ghề phức tạp , trọng lượng lớn

- Loại chuyển động băng bánh (xe tự hành): Được sử dụng rộng rãi nhất do thiết kế đơn giản hơn. Không phải chú trọng nhiều vào vấn đề cân bằng tuy nhiên bị ảnh hưởng bởi địa hình

Chương 1. TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

1.1. Sơ lược về Robot giao hàng

1.1.1. Tóm tắt chung

Delivery robot (robot giao hàng) là một loại robot được thiết kế để tự động hoặc bán tự động giao hàng hàng hóa từ điểm A đến điểm B mà không cần sự can thiệp của con người. Các loại robot này có khả năng tự hành, dễ sử dụng, tích hợp công nghệ thông minh, và an toàn thường được sử dụng trong môi trường như nhà hàng, khách sạn, trung tâm mua sắm, bệnh viện, khu công nghiệp, và các khu vực công cộng khác.

Ngày nay, với xu hướng giao hàng trực tuyến ngày càng cao cùng với đó là việc bảo vệ môi trường thì Robot giao hàng được dự đoán sẽ là xu thế mới của thời đại hiện nay.

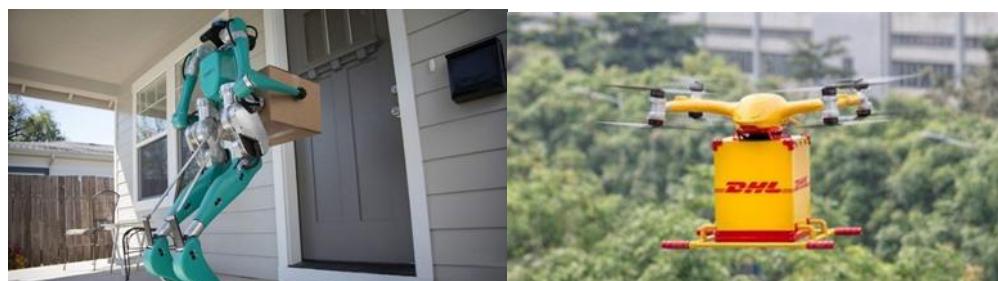
1.1.2. Sự hình thành và phát triển của mô hình giao hàng bằng robot

Dịch vụ vận chuyển bằng robot tự hành đầu tiên được công bố vào ngày 31 tháng 12 năm 2018 bởi công ty Starship Technologies tại San Francisco, Mỹ. Robot giao hàng đầu tiên của Starship Technologies là một loại robot tự hành nhỏ gọn được thiết kế để giao hàng đến các địa chỉ trong phạm vi ngắn, như các khu dân cư và khu đô thị. Công ty đã triển khai dịch vụ thương mại với hàng trăm mẫu robot tự hành giúp vận chuyển hàng hóa đến ngay tại nhà người dân. Từ đó, cái tên robot chuyển hàng tự động - Delivery Robot được biết đến rộng rãi trên thế giới. Tính đến hiện tại, Robot giao hàng của hãng Startship đã vận hành được hơn 3,6 triệu km khắp 20 quốc gia và hơn 100 thành phố trên thế giới.



Hình 1.1 Một Delivery Robot của hãng Starship đã có trên thị trường hiện nay

Về khía cạnh công nghệ: Delivery Robot phát triển ngày một đa dạng với nhiều mẫu mã và tích hợp càng nhiều thành tựu công nghệ. Có thể kể đến như các mẫu robot hộp 2, 4, 6 bánh được tích hợp các công nghệ dò tìm, quét, cảm biến tiên tiến với khả năng phản hồi ngay lập tức đến nhà điều hành khi gặp sự cố vận hành cùng với khả năng di chuyển vượt địa hình vượt trội. Sau đó là sự phát triển của Delivery Robot dạng 2 chân được thiết kế với kỹ thuật cơ khí, tiếp đến là sự ra đời của mô hình Delivery.



Hình 1.2 Các loại Delivery Robot được phát triển theo thời gian

Về tương lai của mô hình giao hàng sử dụng robot: Không thể không nói đến yếu tố thay thế con người của chúng. Vấn đề việc làm của các ngành giao hàng truyền thống sẽ ngày một cạnh tranh hơn khi Delivery Robot có thể thay thế con người trong quá trình vận chuyển.

1.2. Ứng dụng của Robot giao hàng trong các lĩnh vực

1.2.1. Lĩnh vực y tế

Delivery Robot được sử dụng trong các bệnh viện để vận chuyển thuốc men, nhu yếu phẩm đến các bệnh nhân một cách tự động, giúp tiết kiệm thời gian của y tá

và bác sĩ. Delivery Robot còn được sử dụng như một y tá phụ, giúp nhắc nhở bệnh nhân các vấn đề như thời gian uống thuốc, loại thuốc.



Hình 1.3 Các loại Robot giao hàng trong lĩnh vực y tế, bệnh viện

1.2.2. Lĩnh vực bán lẻ

Delivery Robot được sử dụng tại các cửa hàng bán lẻ giúp vận chuyển hàng hóa đến tay người tiêu dùng, cho phép người dùng mua hàng trực tuyến tại nhà và được giao hàng tận tay.



Hình 1.4 Các robot giao hàng trong lĩnh vực bán lẻ

1.2.3. Lĩnh vực thư tín

Delivery Robot được sử dụng để vận chuyển bưu kiện, bưu tín. Giúp ngành bưu điện tiết kiệm nhân công và giúp các đơn hàng được vận chuyển một cách tự động, liên tục để các đơn hàng đến tay người dùng trong thời gian ngắn nhất.



Hình 1.5 Robot giao hàng trong lĩnh vực thư tín

1.2.4. Lĩnh vực dịch vụ ăn uống

Trong lĩnh vực nhà hàng, khách sạn, dịch vụ, Delivery Robot được sử dụng như một Robot phục vụ giúp hỗ trợ gọi món, vận chuyển đồ ăn, thức uống đến cho thực khách. Robot trong lĩnh vực này thường được tích hợp khả năng thể hiện cảm xúc thông qua màn hình LED, được xử lý qua hệ thống AI giúp nâng cao trải nghiệm của thực khách.



Hình 1.6 Các Robot giao hàng trong lĩnh vực ăn uống

1.3. Tìm hiểu một số robot giao hàng hiện nay

1.3.1. Starship Technologies' Delivery Robot

Delivery Robot của công ty Starship là một Robot vận chuyển cao cấp có thể vận chuyển hàng hóa ở một khoảng cách nhỏ, được biết đến rộng rãi trên thế giới. Công ty Starship giúp vận chuyển hàng hóa, nhu yếu phẩm, thức ăn trực tiếp từ cửa

hàng đến với người tiêu dùng thông qua ứng dụng điện thoại được thiết kế riêng. Người dùng có thể kiểm soát trực tiếp hàng hóa thông qua ứng dụng như trạng thái đơn hàng, tọa độ và lộ trình di chuyển. Đặc biệt, Robot có thể hoạt động 24/7 và 99% là thời gian tự vận hành.



Hình 1.7 Starship Technologies' Delivery Robot

Bảng 1.1 Thông số kỹ thuật của Starship Technologies' Delivery Robot

STT	Thành phần	Thông số	Giá trị
1	Thông tin chung	Tốc độ di chuyển	4-5 km/h
		Bán kính giao hàng	4 dặm
2	Điện	Nguồn sử dụng	Có thể sạc lại
3	Các công nghệ	Các cảm biến sử dụng	Camera,radar,..
		Cách thức giao tiếp	Giữa Robot và kỹ thuật viên: Mạng Internet Giữa Robot và người dùng: Mobile App

1.3.2. The Robo mart – Self-Driving Groceries Store

Robomart là một công ty chế tạo người máy có trụ sở tại Milpitas, California, được thành lập vào năm 2017. Đứng trước nhu cầu mua sắm tại nhà ngày một tăng của người tiêu dùng, công ty Robomart nhận thấy ngoài yếu tố tiện lợi, người tiêu dùng còn muốn ưu tiên tốc độ giao hàng, điển hình với các mặt hàng thực phẩm để đáp ứng độ tươi ngon. Theo đó công ty Robomart đã thành lập một startup và cho ra đời dịch vụ mua hàng tại chỗ đầu tiên, với mục tiêu đáp ứng nhu cầu mua hàng chỉ 10 phút.



Hình 1.8 The Robo mart – Self – Driving Groceries Store

1.3.3.Robot vận chuyển hàng hóa MIR 200



Hình 1.9 Robot vận chuyển hàng hóa

MiR200 là một robot di động an toàn, tiết kiệm chi phí, có khả năng tự động vận chuyển nhanh chóng hàng hóa nội bộ và hậu cần trong các nhà xưởng. Robot tối ưu hóa quy trình làm việc, giải phóng sức làm việc của nhân viên, có thể tăng năng suất và giảm chi phí.

MiR200 là một robot di động an toàn, tiết kiệm chi phí, có khả năng tự động vận chuyển nhanh chóng hàng hóa nội bộ và hậu cần trong các nhà xưởng. Robot tối ưu hóa quy trình làm việc, giải phóng sức làm việc của nhân viên, có thể tăng năng suất và giảm chi phí.

MiR200 rất linh hoạt, có thể vận chuyển tự động với khối lượng lên tới 200 kg (440 lbs). Nó có thể được gắn với các mô-đun hàng như thùng, giá đỡ, thang máy, băng tải hoặc thậm chí là một cánh tay robot để phù hợp với các ứng dụng được yêu cầu. Các mô-đun hàng rất dễ thay đổi để robot có thể được triển khai cho các nhiệm vụ khác nhau

Với các cảm biến và camera tích hợp và phần mềm tinh vi, MiR200 có thể xác định môi trường xung quanh và đi theo con đường hiệu quả nhất đến đích, tránh chướng ngại vật và con người một cách an toàn

1.4. Tính cấp thiết, mục tiêu, đối tượng , phạm vi nghiên cứu và nhiệm vụ của luận văn

1.4.1.Tính cấp thiết của luận văn

Hiện nay, nhu cầu mua hàng trực tuyến, người mua hàng không phải đi trực tiếp đi mua hàng đang vô cùng phát triển. Có rất nhiều hãng xe công nghệ phục vụ các tiện ích giao hàng trên. Tuy nhiên, tất cả đều còn phụ thuộc vào con người, tồn tại nhiều nguồn lực.

Ngoài ứng dụng trong lĩnh vực kinh tế thì robot tự hành còn có thể được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác như khoa học, quân sự. Việt Nam hiện còn trên 6,1 triệu ha đất, tương đương gần 20% diện tích lãnh thổ đang bị nhiễm bom mìn sau chiến tranh, tập trung chủ yếu ở các tỉnh miền Trung. Tuy nhiên, công tác thu gom, xử lý bom mìn, vật liệu nổ vẫn còn chậm đan đến nhiều hậu quả đáng tiếc đã xảy ra. Công việc ra phá bom mìn, khảo sát địa hình là vô cùng nguy hiểm cả trong thời chiến lẫn thời bình. Vì vậy robot tự hành thay thế con người trong những môi trường nguy hiểm và độc hại là một trong những giải pháp hữu ích để giảm thiểu thiệt hại có thể xảy ra.

Với tình hình giao thông ở Việt Nam, việc các robot di chuyển giao hàng ngoài đường phố trực tiếp sẽ vô cùng nguy hiểm, đòi hỏi việc điều khiển vô cùng phức tạp và khó khăn. Hiện nay ở các khu vực dân cư, khu đô thị, trường đại học có khuôn viên rộng rãi, tình hình giao thông ở các khu vực này không quá đông đúc và được quy hoạch hợp lý.

Như tại trường ĐH Bách Khoa – ĐHQG TPHCM, mong muốn mua và nhận đồ ăn trực tiếp tại các khu vực tự học kể cả các khu trong các tòa trong khuôn viên trường ngày càng nhiều, tuy nhiên các cửa hàng phục vụ ăn uống trong trường chỉ

bán trực tiếp. Theo đó, các robot giao hàng tự động trong các khu vực này vô cùng phù hợp.

Từ những nhu cầu thực tiễn đã nêu ra và căn cứ tình hình trên thế giới chúng tôi thấy việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo xe tự hành có ý nghĩ rất thiết thực và tính ứng dụng cao. Do đó nhóm quyết định lựa chọn đề tài về xe tự hành để nghiên cứu.

1.4.2.Mục tiêu luận văn

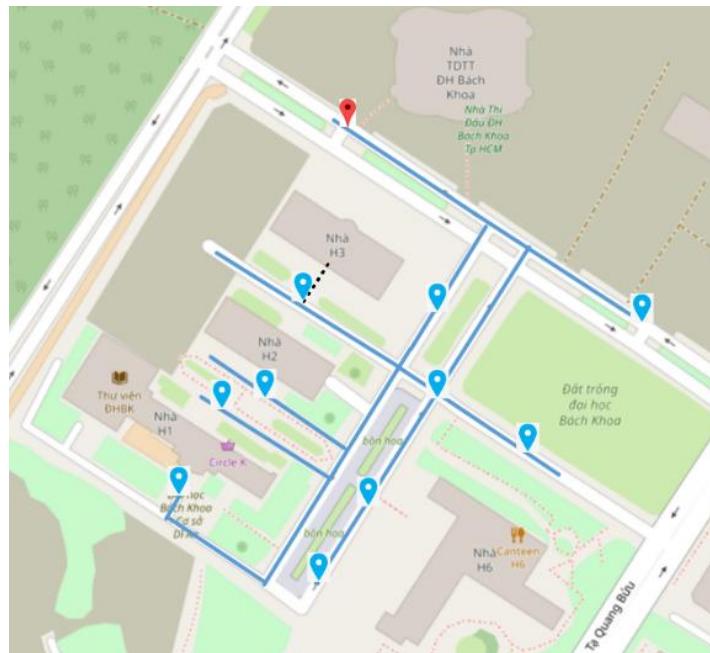
Từ ván đề đặt ra như trên, việc nghiên cứu thiết kế robot giao hàng tự hành trong khu vực dân cư, trường học,...là cần thiết. Theo đó, đề tài được xây dựng nhằm thiết kế ra một robot có thể thực hiện được công việc giao hàng tự động nêu trên. Đối với robot tự hành thì mục tiêu quan trọng nhất là di chuyển từ điểm khởi hành đến điểm đích và quay trở về an toàn. Trong suốt quá trình tự di chuyển của mình nó phải tự đưa ra phương án di chuyển và luôn bám sát lộ trình đã được định sẵn. Bước đầu tiên và quan trọng nhất để một xe tự hành có thể đáp ứng được yêu cầu đi đến đích và về đó là phải xây dựng được thuật toán dẫn đường và điều khiển. Sau khi đã dẫn đường và điều khiển xe chạy tốt thì mới có thể phát triển thêm các giải thuật định vị, né vật cản dựa vào các module, cảm biến và camera.

Đề tài này sẽ tập trung vào nghiên cứu thiết kế được một robot giao hàng có thể di chuyển tự hành trong môi trường ngoài trời, thêm vào đó là một số chức năng cần thiết của một robot giao hàng.

1.4.3.Phạm vi luận văn

Robot được thiết kế dựa vào một số yêu cầu sau:

- Khối lượng giao hàng tối đa 20 kg
- Robot có thể giao hàng 30 đơn hàng/ngày và làm việc 6 ngày/tuần
- Di chuyển với tốc độ trung bình 1.2m/s trên đoàn đường thẳng và 0.5m/s với đoạn đường nghiêng 25^0
- Thực nghiệm trong khu vực trường ĐH Bách Khoa -ĐHQG cơ sở Dĩ An với các địa điểm ngoài trời được hoạch định:



Hình 1.10 Hình vẽ hoạch định phạm vi làm việc của robot

1.4.4.Nhiệm vụ của luận văn

Dựa vào những mục tiêu đề ra ở phần 1.4.2, Luận văn bao gồm các nhiệm vụ sau:

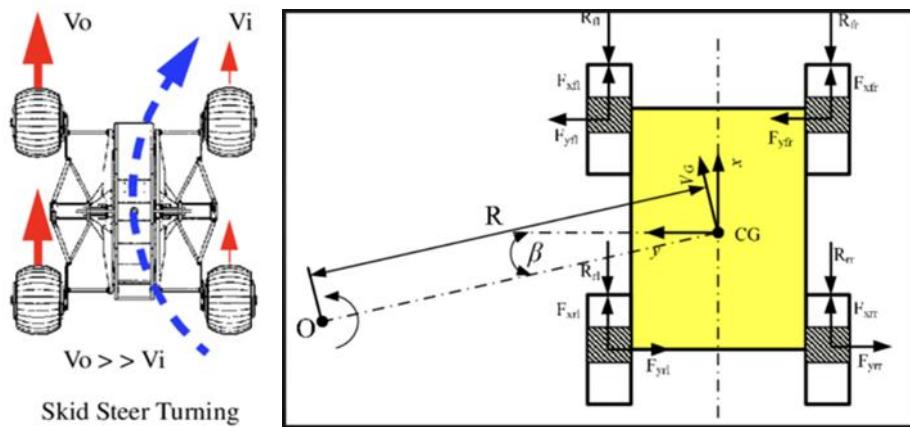
- Thiết kế hệ thống cơ khí
 - Xây dựng phương trình điều khiển động học dành cho xe tự hành
 - Xây dựng bộ điều khiển cho xe tự hành, hình thành thuật toán điều khiển
 - Xây dựng bản đồ môi trường trong khu vực làm việc
 - Hoạch định quỹ đạo, dẫn đường cho xe tự hành
 - Thiết kế giao diện giám sát trạng thái hoạt động và quỹ đạo di chuyển của xe
- Các giải thuật và phương trình toán sẽ được phô mỏng kiểm chứng trên phần mềm Matlab rồi sau đó mới được tiến hành thực nghiệm để giảm thiểu sai sót không mong muốn

Chương 2. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

2.1. Phương án về thiết kế cơ khí cho robot

2.1.1. Phương án về cơ cấu di chuyển

- Loại cơ cấu: Skid-steer (Phương pháp rẽ hướng bằng trượt bánh)
- Là phương án rẽ mà không dùng một bánh lái cụ thể nào, robot sẽ được rẽ dựa vào sự chênh lệch vận tốc giữa các cặp bánh xe



Hình 2.1 Hình ảnh về cơ cấu di chuyển

Ưu và nhược điểm của cơ cấu skid steer:

Bảng 2.1 Ưu và nhược điểm của cơ cấu skid steer

Ưu điểm	Nhược điểm
Tính di động cao	Mô hình hệ thống rất phức tạp
Cấu trúc cơ khí đơn giản	Trượt, bánh xe nhanh mòn
Lực kéo lớn để điều khiển trên bề mặt gồ ghề	Yêu cầu công suất lớn
Khả năng tải trọng lớn hơn	

Phương án về hệ thống truyền động

Lựa chọn phương án: Phương án về bộ truyền đai

Bộ truyền đai có một số ưu điểm và nhược điểm như sau:

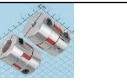
Bảng 2.2 Ưu và nhược điểm của bộ truyền đai

Ưu điểm	Nhược điểm
Có khả năng truyền tải điện giữa các trục có khoảng cách rất xa (lên tới 15m hoặc hơn).	Ô đĩa kích thước lớn.
Cấu trúc đơn giản và vận hành dễ dàng.	Lực tác dụng lên ổ trục lớn.
Độ ồn thấp, phù hợp với trường hợp tốc độ cao	Tỷ số vận tốc không ổn định (không cố định).
Bảo vệ quá tải, giảm độ rung.	Tuổi thọ sử dụng ngắn.

2.1.2. Các phương án về lựa chọn vật liệu cơ khí

Bảng 2.3 Vật liệu chi tiết cho từng bộ phận của Delivery Robot

STT	Bộ phận	Vật liệu	Lý do chọn vật liệu	Hình ảnh
1	Khung xe	Nhôm định hình	Độ bền cao, tính thẩm mỹ, nhẹ, vật liệu không cháy, dễ dàng thi công và lắp đặt, giá thành rẻ	
2	Vỏ xe	Mica	Tính thẩm mỹ cao, dễ dàng gia công, độ bền cao, chống cháy tốt, cách điện tốt, chống thấm nước, dễ dàng vệ sinh	
3	Trục xe	Thép C45	Độ cứng lớn, phổ biến, dễ gia công, giá thành phù hợp	
4	Pulley	Gang	Chịu nén tốt, độ chống rung cao, giá thành rẻ	
5	Dây đai	Vỏ cao su kết hợp lõi polyester	Chịu lực tốt, hạn chế độ giãn cao, chống chịu mài mòn, chống độ ẩm và dầu mỡ	

6	Bánh xe	Cao su	Chịu tải tốt, độ đàn hồi cao giúp tăng tính ổn định cho xe, giá thành phù hợp	
7	Nối trực	Nhôm dẻo & cao su	Chịu lực tốt, độ bền cao, tăng tính ổn định cho hệ truyền động	
8	Giá đỡ encoder	Inox 304	Độ cứng cao, chống rung tốt, chống mài mòn, phô biến	

2.2. Phương án về thiết kế hệ thống điện cho robot

2.2.1. Các thiết bị điều khiển chính

2.2.1.1. Máy tính nhúng NVIDIA Jetson TX2

Để có thể điều khiển được các chức năng cần thiết của Robot, đọc được các tín hiệu trả về từ các cảm biến với nhiều kiểu truyền thông khác nhau, các Robot hiện đại ngày nay thường trang bị theo nó là những máy tính nhúng với khả năng xử lý vượt trội.

Máy tính nhúng NVIDIA Jetson TX2 là một trong những máy tính nhúng của hãng NVIDIA phát triển với trang bị phần cứng chất lượng và hiện đại đảm bảo có thể thực hiện được tất cả các tác vụ cần thiết trong việc điều khiển Robot.

Bảng 2.4 Bảng thông số máy tính nhúng

Thông số	Giá trị
GPU	NVIDIA Pascal™, 256 CUDA cores
CPU	HMP Dual Denver 2/2 MB L2 +Quad ARM A57/2 MB L2
Nguồn cấp	19VDC
Kích thước	170.2mm x 170.2mm x 15.6mm
Truyền thông	802.11ac WLAN, Bluetooth
Kết nối	Gigabit Ethernet
Hệ điều hành	Linux
Bộ nhớ	8GB LPDDR4; băng thông bộ nhớ 58,3GB/s

Lưu trữ	32GB eMMC
---------	-----------



Hình 2.2 Máy tính nhúng

NVIDIA Jetson TX2

Chức năng trong robot:

- Đọc dữ liệu cảm biến IMU Lidar GPS Camera
- Chạy thuật toán điều khiển
- Truyền dữ liệu xuống vi điều khiển thông qua CAN

2.2.1.2. Vi điều khiển STM32F407 Discovery

Vi điều khiển trong mô hình là thành phần quan trọng có vai trò xử lý tín hiệu trả về từ một số cảm biến mà máy tính nhúng không xử lý và là thành phần trực tiếp xuất tín hiệu điều khiển cho động cơ hoạt động.

Vi điều khiển STM32F407 là một vi điều khiển thuộc dòng hiệu suất cao ARM Cortex-M4 của STMicroelectronics. Đây là dòng vi điều khiển được sử dụng phổ biến trong giáo dục.

Bảng 2.5 Bảng thông số giá trị vi điều khiển STM32F407

Thông số	Giá trị
Chip sử dụng	ARM Cotex-M4
Bộ nhớ	1MB Flash
RAM	192 KB
Nguồn cấp	3,3 hoặc 5 VDC
Kit nạp	STLink

Cấu trúc	3 bộ ADC 12bit với 16 kênh 2,4 MSPS; 2 bộ ADC 12 bit; 12 Timer 16 bit; 2 Timer 32bit có hỗ trợ encoder; 2 watchdog Timer; RTC; 82 I/Os; 2 CAN; 3 I2C; 3 SPI 42 Mbits/s; 2 I2S; 4 UARTS; 2 UART 10,5 Mbis; có hỗ trợ DMA; 1 USB OTG FS/HS; Ethenet; Camera.
----------	---



Hình 2.3 Vi điều khiển STM32F407

Chức năng trong robot:

- Đọc dữ liệu cảm biến siêu âm
- Xử lý dữ liệu truyền xuống từ máy tính nhúng, điều khiển động cơ và các thiết bị

2.2.1.3. Bộ GPS Here V2+RTK

Bộ công cụ Here V2+ RTK do HEX và Ardupilot Team phát triển với kích thước nhỏ gọn, dễ sử dụng. Nó sử dụng đo GPS bằng phương pháp RTK có độ chính xác cao hơn nhiều so với phương pháp GNSS truyền thống khác.

Bảng 2.6 Thông số kỹ thuật bộ GPS RTK



Thông số	Gía trị
Nguồn cấp	5 VDC
Kết nối Base	USB,UART,SMA
Kết nối Rover	UART

Hình 2.4 Bộ Here V2

2.2.1.4. IMU RTxQ

IMU (Inertial Measurement Unit) là module đo lường quán tính được tích hợp trong rất nhiều thiết bị như máy bay, UAV, điện thoại thông minh. Nó thường bao gồm 2 thành phần chính là gia tốc kế và con quay hồi chuyển

IMU RTxQ là IMU 6-DOF có độ tin cậy cao của hãng Ruva Tech Hàn Quốc. Được tích hợp cảm biến 9 trục, có bộ chuyển đổi ADC độ phân giải 16 bit.

Bảng 2.7 Bảng thông số giá trị IMU6050



Thông số	Giá trị
Nguồn cấp	5 VDC
Kết nối	UART-RS232
Dòng tiêu thụ	30mA

Hình 2.5 IMU RTxQ

2.2.1.5. Cảm biến siêu âm MB7076 XL-MaxSonar- WRL1

Cảm biến siêu âm là cảm biến thu thập thông tin về khoảng cách đến vật cản bằng các chùm sóng siêu âm trong thời gian ngắn. Tuy nhiên độ chính xác của cảm biến này không ổn định. Theo đó, trong đề tài cảm biến này được sử dụng để phát hiện vật cản mà LiDAR không phát hiện được sau đó dừng robot chứ không thực hiện tránh vật cản đó.

Cảm biến siêu âm MB7076 XL-MaxSonar thực hiện nhận biết khoảng cách với thời gian phản hồi nhanh, độ chính xác cao với các thông số cụ thể như sau:

Bảng 2.8 Bảng thông số giá trị cảm biến Sonar

Thông số	Giá trị
Nguồn cấp	3,3-5,5VDC



Dòng tiêu thụ	10-40mA
Kết nối	RS232
Khoảng cách đo được	20-1000 cm
Sai số	1 cm

Hình 2.6 Cảm biến siêu âm MB7076

XL-MaxSonar

2.2.2. Lựa chọn loại động cơ

Động cơ là thành phần quan trọng bậc nhất trong mô hình Robot, trực tiếp làm việc từ các kết quả của các thuật toán và các mạch điện. Hiện nay, có nhiều loại động cơ được sử dụng trong các mô hình robot, chia gồm 2 loại chính

2.2.2.1. Động cơ DC có chổi than

Động cơ DC là loại động cơ chuyển đổi năng lượng điện trực tiếp thành năng lượng cơ học. Các loại phổ biến nhất dựa vào các lực được tạo ra bởi từ trường. Gần như tất cả các loại động cơ DC có một số cơ chế bên trong, hoặc cơ điện hoặc điện tử, để định kỳ thay đổi hướng của dòng điện trong một phần của động cơ. Động cơ điện thường cung cấp cho robot tốc độ tốt nhưng không đủ mô-men xoắn.

Do đó, để khắc phục điều này, động cơ điện một chiều thường được kết hợp với bánh răng để cung cấp mô-men xoắn lớn hơn.

➤ Ưu điểm:

- Chi phí thấp, động cơ đơn giản.
- Có thể tạo momen xoắn lớn.
- Thông dụng, hiệu suất làm việc ổn định.

➤ Nhược điểm:

- Có kích thước lớn hơn do có bộ giảm tốc.
- Năng lượng thất thoát nhiều do sự ma sát chổi than.

2.2.2.2. Động cơ không chổi than

Động cơ không chổi than (BLDC) là loại động cơ hoạt động dựa vào từ trường vĩnh cửu và cảm biến xác định vị trí mà không cần sử dụng chổi than.

➤ **Ưu điểm:**

- Hiệu suất làm việc cao.
- Có thể tăng tốc, giảm tốc trong thời gian ngắn.
- Tiết kiệm chi phí bảo trì bảo dưỡng.

➤ **Nhược điểm:**

- Giá thành cao
- Ít phô biến.

2.2.2.3. Kết luận

Dựa trên những phân tích trên và ưu tiên đến tính điều khiển của động cơ. Lựa chọn động cơ DC có chổi than để sử dụng cho Robot.

2.2.3. Phương án về nguồn

Với những robot làm việc bằng cách di chuyển đi đến các địa điểm khác nhau thì cần có một nguồn điện dung lượng đủ lớn để có thể làm việc trong thời gian đủ dài và loại nguồn đó nên là loại có thể sạc lại sau khi sử dụng hết để tiết kiệm được chi phí thay thế. Hiện nay trên thị trường có một số loại nguồn đáp ứng được các yêu cầu trên như: ắc quy axit chì, pin lipo,...

2.2.3.1. Phương án sử dụng ắc quy axit chì

Ắc quy axit chì là một loại ắc quy thứ cấp, có cấu tạo bao gồm các tấm chì và chì oxit trong dung dịch axit sunfuric. Khi làm việc, chì oxit sẽ hóa tấm chì, tạo ra dòng điện.

Ưu điểm:

- Giá thành thấp và đơn giản dễ sản xuất.
- Khi được sử dụng đúng cách, axit - chì có độ bền cao.

Nhược điểm:

- Số lần sạc lại ác quy khá hạn chế.
- Không thể lưu trữ trong điều kiện môi trường phóng điện.
- Không an toàn khi di chuyển, dung dịch axit dễ tràn sẽ gây ô nhiễm môi trường.



Hình 2.7 Phương án nguồn sử dụng acquy chì

2.2.3.2. Phương án sử dụng pin lipo

Pin LiPo (Lithium Polymer) là loại pin hoạt động dựa trên phương pháp điện phân tạo ra dòng điện, tuy nhiên pin Lipo không sử dụng chất điện phân dạng lỏng mà sử dụng chất điện phân dạng polymer khô.

Ưu điểm:

- Nhỏ, nhẹ, có thể làm ở mọi hình dáng kích thước.
- Có thể lưu trữ dung lượng lớn trong một gói pin nhỏ.
- Có dòng xả cao, có thể cấp năng lượng liên tục.

Nhược điểm:

- Cần chú ý cao khi lưu trữ để tránh hư hỏng gây cháy nổ.
- Có thể cháy nổ nếu không sạc đúng cách



Hình 2.8 Phương án nguồn sử dụng pin lipo

2.2.3.3. Kết luận

Dựa trên các phân tích bên trên, loại pin Lipo được lựa chọn làm nguồn cho Robot hoạt động.

2.3. Phương án điều khiển cho Robot

Cấu trúc điều khiển là thành phần kết nối các thành phần khác của một hệ Robot lại với nhau như các cảm biến, các thiết bị điều khiển hay các cơ cấu chấp hành,... Có 2 cấu trúc điều khiển phổ biến nhất được sử dụng là:

- Điều khiển tập trung.
- Điều khiển phân cấp

Ưu điểm:

- Thích hợp với các hệ với quy mô vừa và nhỏ.
- Đơn giản, dễ thực hiện, tiết kiệm chi phí.
- Dễ kiểm soát hệ thống làm việc

Nhược điểm:

- Độ tin cậy kém.
- Dễ chịu ảnh hưởng của nhiễu.

2.3.1.Cấu trúc điều khiển tập trung

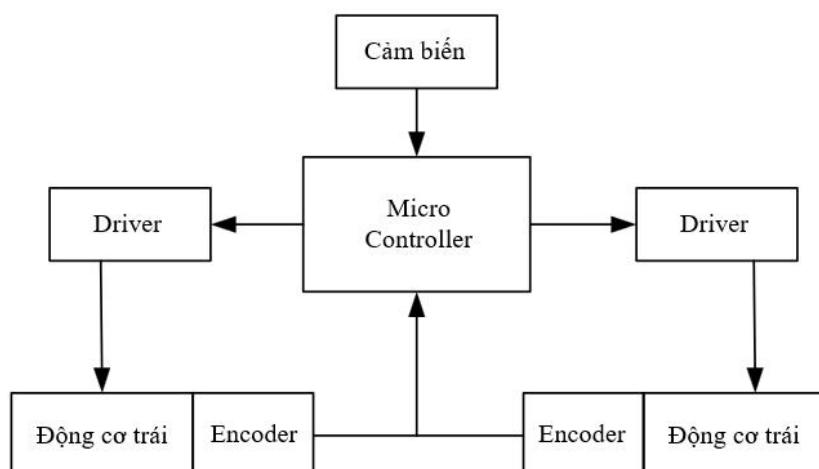
Cấu trúc điều khiển tập trung là cấu trúc điều khiển mà ở đó chỉ có một thành phần chính đảm nhiệm tất cả các tác vụ chính của hệ bao gồm đọc tín hiệu cảm biến, xử lý thuật toán và xuất giá trị ra các thành phần khác.

Ưu điểm:

- Thích hợp với các hệ với quy mô vừa và nhỏ.
- Đơn giản, dễ thực hiện, tiết kiệm chi phí.
- Dễ kiểm soát hệ thống làm việc

Nhược điểm:

- Độ tin cậy kém.
- Dễ chịu ảnh hưởng của nhiễu.



Hình 2.9 Mô hình điển hình của cấu trúc điều khiển tập trung

2.3.2.Cấu trúc điều khiển phân cấp

Cấu trúc điều khiển phân cấp là cấu trúc điều khiển mà ở đó có một thành phần chính và nhiều thành phần phụ khác, mỗi thành phần phụ đảm nhận một nhiệm vụ riêng cho các tác vụ của hệ thống mà không để một thành phần đảm nhiệm tất cả các nhiệm vụ.

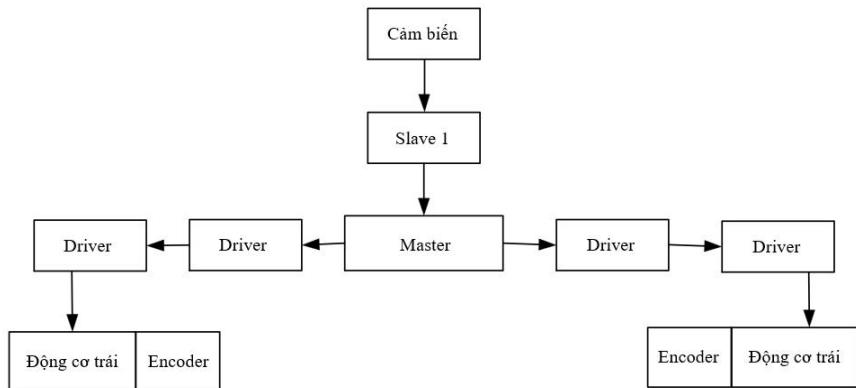
Ưu điểm:

- Có tính linh hoạt, tích hợp cao vì có thể tối ưu các ưu điểm của từng thành phần.

- Độ tin cậy cao.
- Dễ khắc phục sự cố khi xảy ra.

Nhược điểm:

- Giá thành cao.
- Cấu trúc mô hình phức tạp



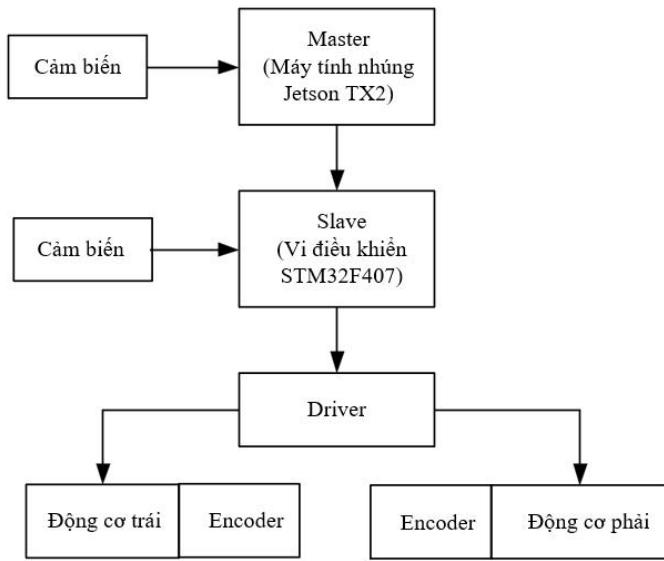
Hình 2.10 Mô hình điển hình của cấu trúc điều khiển phân cấp

2.3.3.Kết luận

Dựa trên những phân tích trên và xét đến tính năng, ưu nhược điểm của các thiết bị sử dụng, lựa chọn cấu trúc điều khiển phân cấp. Cấu trúc điều khiển phân cấp trong mô hình như sau:

- Thành phần chính (Master): Máy tính nhúng Jetson TX2 có nhiệm vụ xử lý các tín hiệu, dữ liệu từ một số cảm biến và cả từ thành phần phụ.
- Thành phần phụ: Vi điều khiển STM32F407.

Sơ đồ cấu điều khiển sơ bộ của mô hình như sau:



Hình 2.11 Sơ đồ cấu trúc điều khiển sơ bộ của mô hình

2.4. Phương án về quản lý và giám sát đơn đặt hàng, giám sát, điều khiển robot

Với các robot làm việc ở các môi trường ngoài phạm vi kiểm soát của người sử dụng thì vấn đề giám sát và quản lý robot là vô cùng quan trọng. Ngày nay hầu hết các robot giao hàng trên thị trường đều có các phần mềm giám sát, hệ thống quản lý các robot đang làm việc về vị trí, tình trạng hàng hóa, tình hình khu vực làm việc,... VỚI MÔ HÌNH ROBOT GIAO HÀNG ĐƯỢC THỰC HIỆN TRONG LUẬN VĂN, HỆ THỐNG QUẢN LÝ ROBOT, QUẢN LÝ ĐƠN HÀNG ĐƯỢC XÂY DỰNG BAO GỒM:

- Phần mềm trên máy tính: Nhận đơn hàng, phân bổ đơn hàng cho các robot, giám sát về vị trí robot, tình trạng đơn hàng, nhận biết sự cố,...
- Phần mềm trên điện thoại: Đặt hàng.
- Webserver: chứa các giải thuật xử lý thông tin.
- Cơ sở dữ liệu: Để lưu trữ mọi thông tin về sản phẩm, giá cả, đơn hàng, vị trí (tọa độ) giao hàng.

2.5. Kết luận

Các phần đã được thực hiện trong chương 2 bao gồm:

- Lựa chọn các phương án về thiết kế cơ khí cho robot.
- Lựa chọn các phương án về thiết kế hệ thống điện cho robot.
- Lựa chọn các phương án về điều khiển robot.
- Lựa chọn phương án về phần mềm giám sát, quản lý và điều khiển robot.

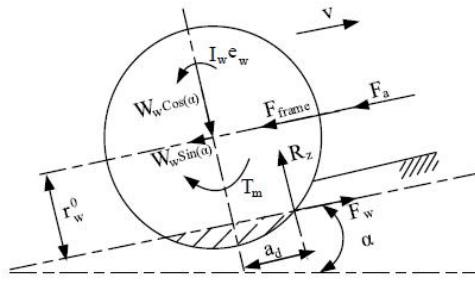
Các phương án được lựa chọn ở chương này là cơ sở cho việc thiết kế cơ khí ở chương 3, thiết kế hệ thống điện ở chương 4, thiết kế hệ thống điều khiển, phần mềm giám sát, quản lý và điều khiển robot ở chương 5.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

3.1 TÍNH TOÁN TẢI XE TỰ HÀNH

3.1.1 Thông số đầu vào

- Vận tốc vận hành trên đường phẳng ($\alpha=0^\circ$) tối đa: $v_{max} = 1.5 \text{ m/s}$
- Gia tốc cực đại trên đoạn đường phẳng: $a_{max} = 0,5 \text{ m/s}^2$
- Trong quá trình di chuyển, robot leo dốc với góc nghiêng góc $\alpha = 30^\circ$
- Vận tốc vận hành tối đa khi leo dốc từ trạng thái đứng yên $v_{amax} = 0.75 \text{ (m/s)}$
- Gia tốc cực đại trên đoạn đường dốc là: $a_{amax} = 0,2 \text{ m/s}^2$
- Khối lượng tối đa của xe (chưa bao gồm hàng hóa): $M_k = 50 \text{ kg}$
- Khối lượng hàng giao tối đa: $m_h = 20 \text{ kg}$
- Bán kính bánh xe: $r_w = 12.5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m}$
- Bán kính lõi xe: $r_h = 1.7 \text{ (cm)}$
- Hệ số ma sát với mặt đường $\mu = 0.5$



Hình 3.1 Hình biểu diễn các thành phần lực, momen tác dụng lên một bánh xe

3.1.2 Tính toán công suất động cơ

Trường hợp 1: Robot di chuyển trên mặt phẳng ngang

Vận tốc góc:

$$\omega_m \geq \frac{v_{max}}{r_w} = \frac{1.5}{0.125} = 12 \text{ (rad/s)} = 114.59 \text{ (vòng/phút)}$$

$$\varepsilon_m = \frac{a_{max}}{r_w} = \frac{0.5}{0.125} = 4 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

$$F_{trac} = (M_k + m_h)a_w + (M_k + m_h).g.\cos(\alpha)\mu + (M_k + m_h).g.\sin(\alpha)$$

$$= (50 + 20) \times 0.5 + (50 + 20) \times 0.5 \times 9.8 \times \cos(0) = 378(N)$$

$$F_{Frame} = \frac{1}{4}F_{trac} = 94.5 \text{ (N)}$$

Khối lượng bánh xe: $m_w = 2 \text{ (kg)}$

$$T_m = r_w(m_w a_w + F_{frame}) + \frac{1}{2}m_w(r_w^2 - r_h^2)\varepsilon_w$$

$$= 0.125 \times (2 \times 0.5 + 94.5) + \frac{1}{2} \times 2 \times (0.125^2 - 0.017^2) \times 4 = 12(N.m)$$

Với hệ số an toàn về lực ta chọn: $k_s = 1.3$

$$T_{mr} = 1.3 \times 12 = 15.6 \text{ (N.m)}$$

$$P_{mr} = T_{mr} \times \omega_{mr} = 15.6 \times 7.4 = 115.44 \text{ (W)}$$

Trường hợp 2: Robot di chuyển trên dốc nghiêng ($\alpha = 30^\circ$)

$$\omega_m \geq \frac{v_{max}}{r_w} = \frac{0.75}{0.125} = 6 \text{ (rad/s)} = 57.3 \text{ (vòng/phút)}$$

$$\varepsilon_w = \frac{a_w}{r_w} = \frac{0.2}{0.125} = 1.6 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
F_{trac} &= (M_k + m_h)a_w + (M_k + m_h).g.\cos(\alpha)\mu + (M_k + m_h).g.\sin(\alpha) \\
&= (50 + 20) \times 0.2 + (50 + 20) \times 9.8 \times \cos(30) \times 0.5 + (50 + 20) \cdot 9.8 \cdot \sin(30) \\
&\approx 654 \text{ (N)}
\end{aligned}$$

$$F_{frame} = \frac{1}{4} \times 654 = 163.5 \text{ (N)}$$

$$\begin{aligned}
T_m &= r_w(m_w a_w + F_{frame}) + \frac{1}{2} m_w(r_w^2 - r_h^2) \varepsilon_w \\
&= 0.125 \times (2 \times 0.2 + 163.5) + \frac{1}{2} \times 2 \times (0.125^2 - 0.017^2) \times 1.6 \\
&= 20.51 \text{ (N.m)}
\end{aligned}$$

$$T_{mr} = 1.3 \times 20.51 = 26.66 \text{ (N.m)}$$

$$P_{mr} = T_{mr} \omega_{mr} = 26.66 \times 3.75 = 100 \text{ (W)}$$

Xét 2 trường hợp ta thấy để robot di chuyển được 2 trường hợp:

$$\begin{cases} \omega_{mr} = 114.59 \text{ (vòng/phút)} \\ P_{mr} = 115.44 \text{ (W)} \end{cases}$$

Công suất động cơ cần thiết:

$$P_{ct} = \frac{\frac{P_{mr}}{n_d} + P_{mr}}{\frac{n_{ol}^2 n_{nt}}{n_{ol}^2 n_{nt}}} = \frac{\frac{115.44}{0.95} + 115.44}{\frac{0.99^2}{0.99^2 \times 0.98}} = 246.7 \text{ (W)}$$

3.2 TÍNH TOÁN BỘ TRUYỀN ĐAI

3.2.1 Thông số đầu vào:

P	Công suất đầu vào	246.7w
n	Tốc độ quay	114.59rpm
u	Tỉ lệ truyền	1:1

→ Chọn đai thang loại B (d1: 140mm- 280mm):

Chiều rộng mặt dưới: b1= 14mm

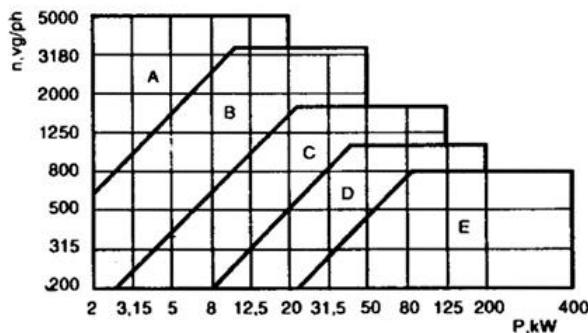
Chiều rộng mặt trên: b2= 17mm

Chiều cao: h=10.5mm

Đường kính pulley 1: d1=160mm (tiêu chuẩn: d1=1.2 dmin=)

Đường kính pulley 2: d2=d1=160mm (u=1)

1- Chọn dạng dai (tiết diện dai) theo công suất P_1 và số vòng quay n_1 theo đồ thị hình 4.22.



Hình 4.22 Lựa chọn loại dai theo công suất và số vòng quay

Bảng 4.3 Kích thước mặt cắt dai, chiều dài dai, đường kính bánh dai các loại dai thang

Dạng dai	Ký hiệu	b_p, mm	b_n, mm	h, mm	y_p, mm	A, mm^2	Chiều dài dai, (mm)	$T, \text{N.m}$	d_i, mm
Đai thang	Z	8,5	10	6	2,1	47	400 ÷ 2500	< 25	70 ÷ 140
	A	11	13	8	2,8	81	560 ÷ 4000	11 ÷ 70	100 ÷ 200
	B	14	17	10,5	4,0	138	800 ÷ 6300	40 ÷ 190	140 ÷ 280
	C	19	22	13,5	4,8	230	1800 ÷ 10600	110 ÷ 550	250 ÷ 400
	D	27	32	19	6,8	476	3150 ÷ 15000	450 ÷ 2000	320 ÷ 630
	E	32	38	23,5	8,3	692	4500 ÷ 18000	1100 ÷ 4500	500 ÷ 1000
Đai thang hép	SPZ	8,5	10	8	2	58	630 ÷ 3550	< 500	< 150
	SPA	11	13	10	2,8	93	800 ÷ 4500	90 ÷ 400	90 ÷ 400
	SPB	14	17	13	3,5	159	1250 ÷ 8000	300 ÷ 2000	300 ÷ 2000

3.2.2 Kích thước đai theo điều kiện lý tưởng nhất:

4- Khoảng cách trực a cho trước theo kết cấu hoặc chọn sơ bộ khoảng cách trực a theo đường kính d_2 :

u	1	2	3	4	5	≥ 6
a	$1,5d_2$	$1,2d_2$	d_2	$0,95d_2$	$0,9d_2$	$0,85d_2$

$$a = 1.5d_2 = 240 \text{ mm}$$

$$L = 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \text{ mm}$$

$$L = 982.65 \text{ mm}$$

$$a = \frac{k + \sqrt{k^2 - 8\Delta^2}}{4}$$

$$k = L - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2}; \quad \Delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

3.2.3 Kích thước đai theo yêu cầu bản vẽ

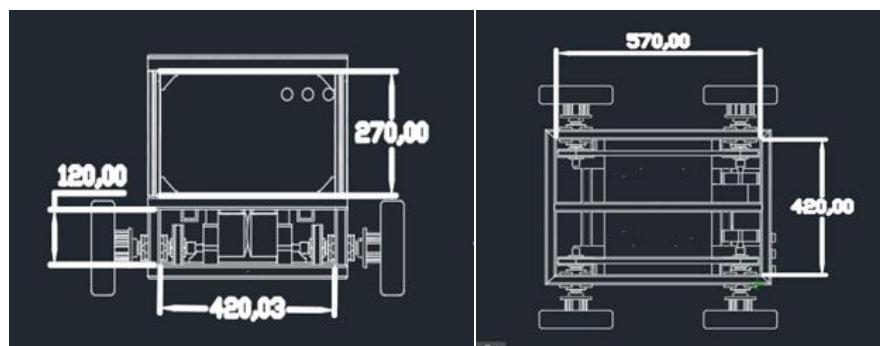
Kiểm tra theo yêu cầu thực tế:

EXTERNAL DIMENSIONS (LxWxH): 635x490x482 (mm)
trong khi: $a = 1.5d_2 = 240$ mm

Khoảng cách 2 vòng ngoài cùng đai: $a+d= 400$ mm

Kết luận: quá ngắn so với kích thước xe

Điều chỉnh kích thước đai:



Chọn đai B

Đường kính pulley dẫn: $d_1 = 160$ mm

Đường kính pulley bị dẫn: $d_2 = 160$ mm

$b_1 = 14$

$b_2 = 17$

$h = 10.5$

Góc truyền động: 180° (lý tưởng) (hệ số truyền 1:1)

Khoảng cách trực theo yêu cầu thiết kế: 380mm

Chọn kích thước pulley: $d_1=d_2= 160$ mm

Chiều dài đai yêu cầu: $L \approx 1262.65$ mm

3.3 Tổng kết số liệu

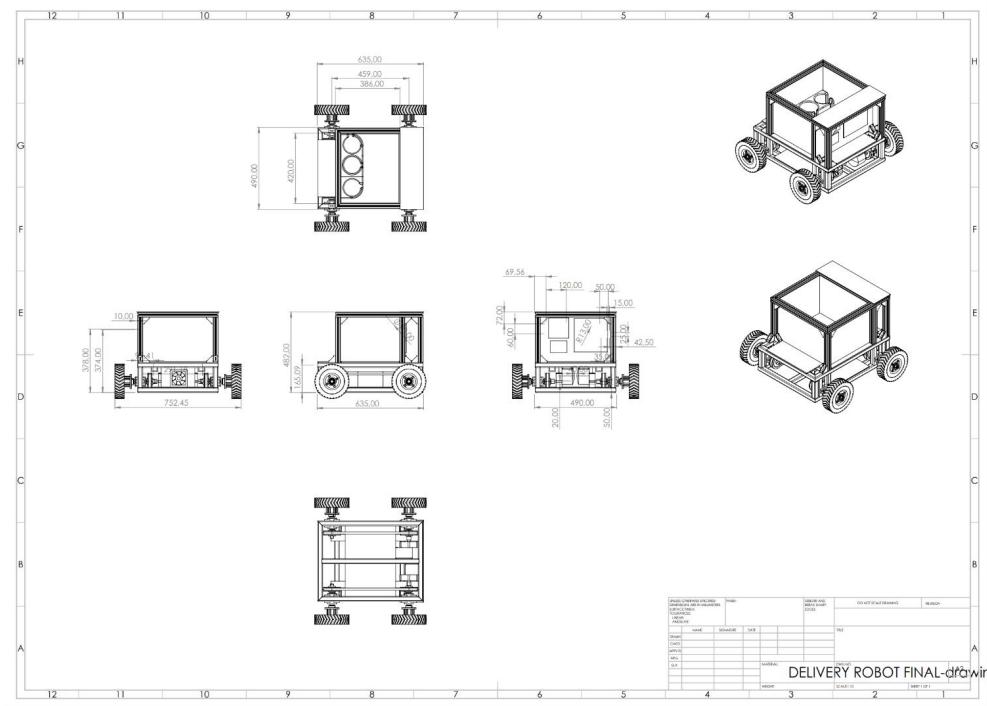
KÍCH THƯỚC VÀ TRỌNG LƯỢNG	
Kích thước bên ngoài (lxwxh)	635x490x482 (mm)
Kích thước bên trong:	575x430x422(mm)
Cân nặng:	60 (kg)
Đường kính bánh xe :	250mm
Khoảng cách so với mặt đất	10mm
TỐC ĐỘ VÀ HIỆU SUẤT	
Tải trọng tối đa:	20 (kg)
Tải trọng mọi địa hình:	10 (kg)
Tốc độ tối đa:	1,5 (m/s)
Tốc độ trung bình	1 (m/s)
Độ dốc tối đa	30°

Loại cơ cấu đai	4x4 Skid-steer/ Bộ truyền
--------------------	---------------------------

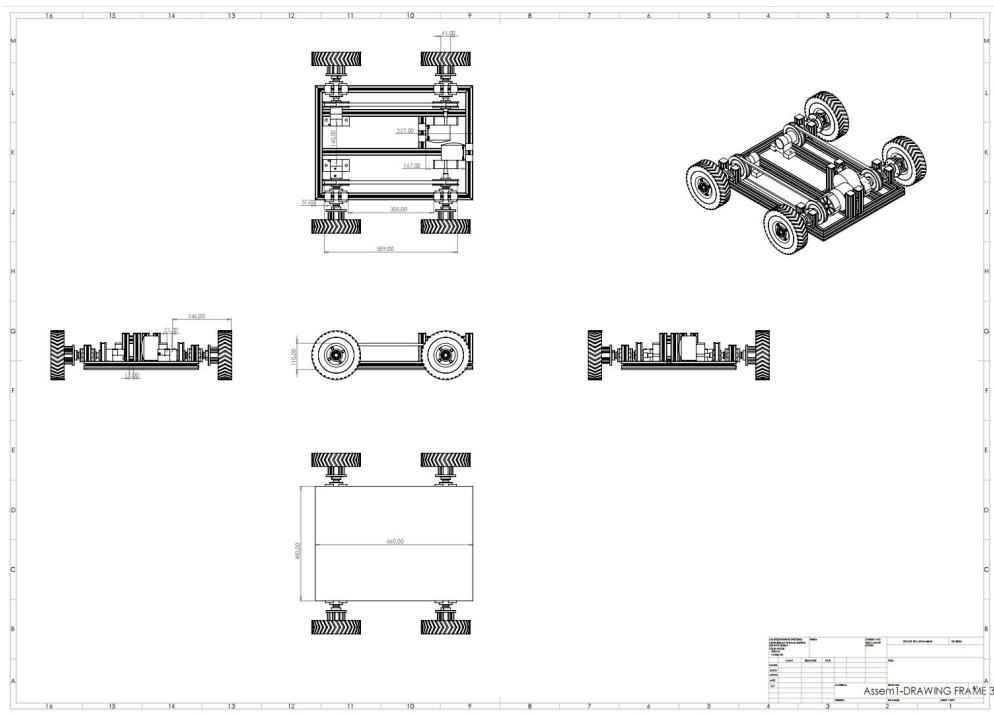
MOMENT QUÁN TÍNH		
r	Bán kính bánh lái	12.5mm
2b	Khoảng cách giữa hai bánh xe	665mm
d P0	Khoảng cách điểm P_c đến điểm	27,41mm
m_c	Khối lượng của bệ không có bánh dẫn động và rôto của động cơ DC	50kg
m_w	Khối lượng của mỗi bánh dẫn động cộng với rôto của động cơ	4.4805kg
I_w	Momen quán tính của mỗi bánh xe và rôto của động cơ đối với trục bánh xe	0.0294 kg.m ²
I_c	Momen quán tính của sàn không có bánh dẫn động và rôto của động cơ quanh trục thẳng đứng đi quanh P_c	2.6805 kg.m ²
I_m cơ	Momen quán tính của rôto động cơ	0.0056 kg.m ²

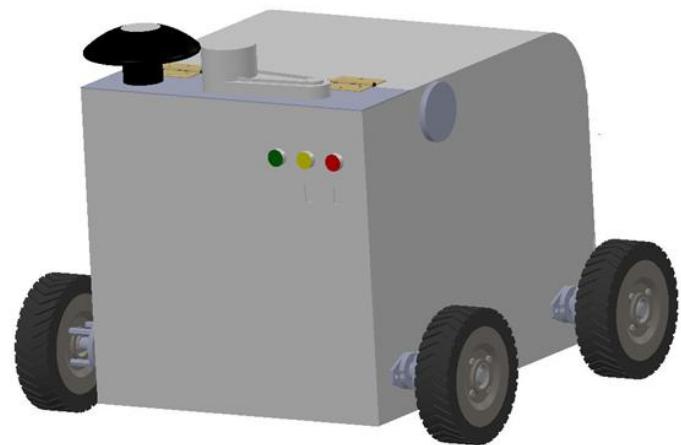
3.4 Thiết kế

3.4.1 Tôđng quan

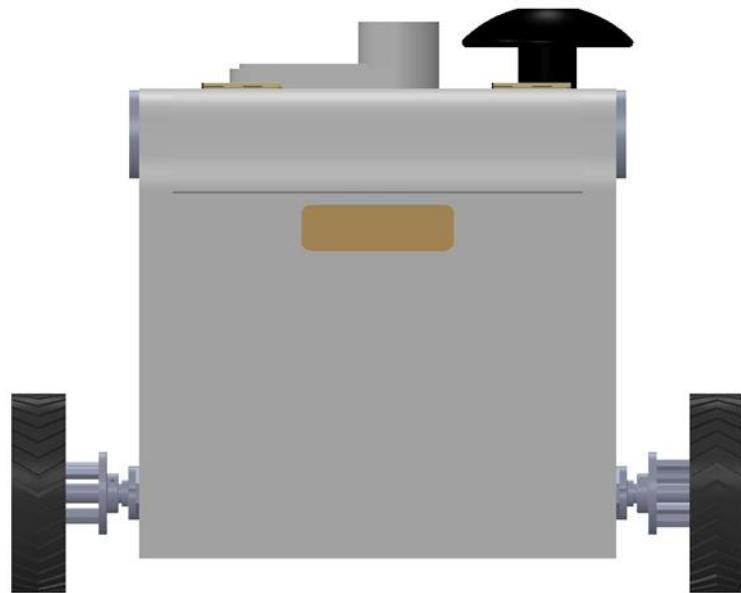


3.4.2 Hệ truyền động

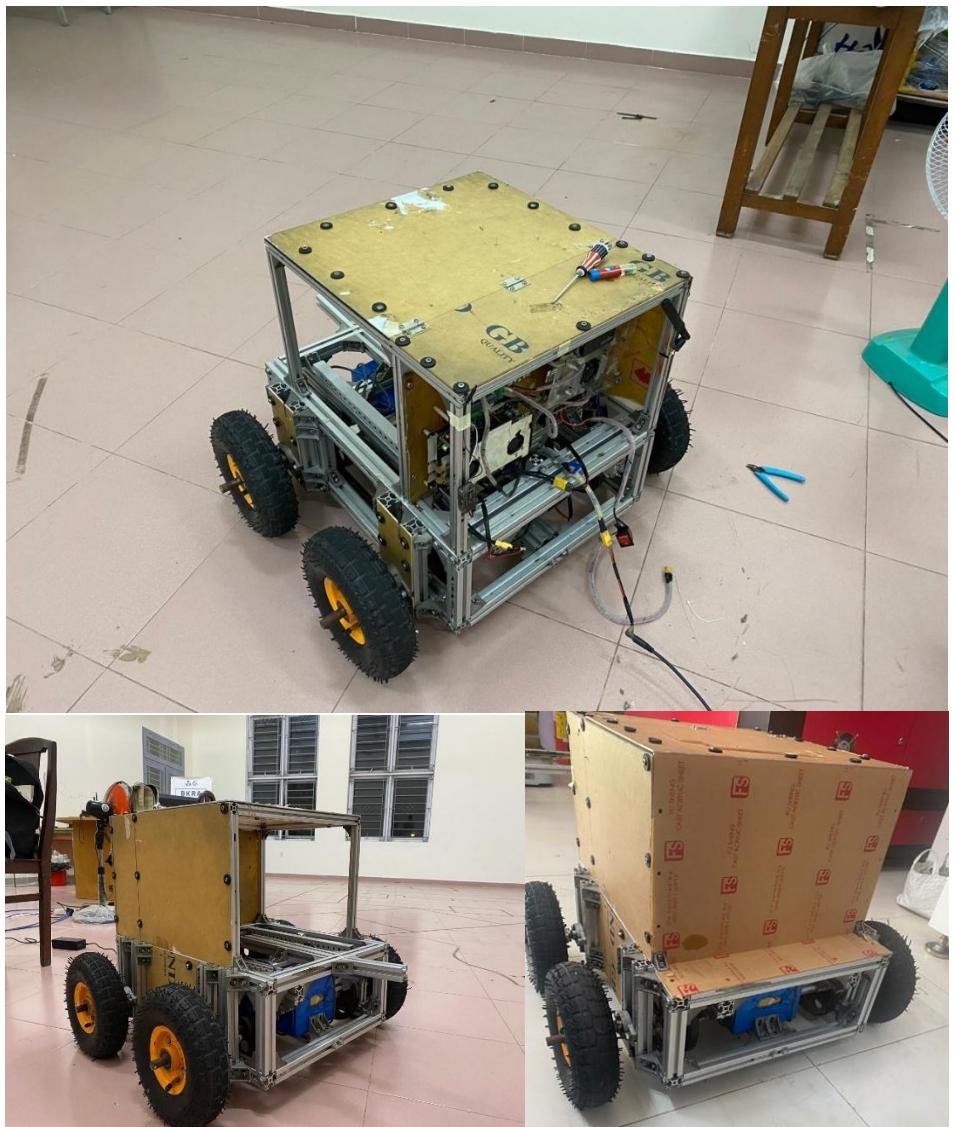




Hình 3.2 Hình ảnh phía sau của xe



Hình 3.3 Hình ảnh phía trước của xe



Hình 3.4 Hình ảnh thực tế sau khi thực hiện

2.6. Kết luận

Ở chương này, đã hoàn thành việc lên phương án, tính toán công suất động cơ và thiết kế hệ thống cơ khí của xe làm tiền đề để tiếp tục chương 4 của đề tài này.

Chương 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

3.1. Tính toán lựa chọn nguồn

Từ các thiết bị đã lựa chọn, tiến hành tính toán dung lượng pin và lựa chọn nguồn phù hợp như sau:

Bảng 4.1 Bảng thông số giá trị điện áp và công suất của các thiết bị điện

STT	Thiết bị	Điện áp đầu vào	Công suất
1	Vi điều khiển STM32F407	5(V)	Không đáng kể
2	Máy tính nhúng Jetson TX2	19 (V)	15 (W)
3	LiDAR Hokuyo	12 (V)	12 (W)
4	IMU RTxQ	5 (V)	0.15 (W)
5	Động cơ DC	24 (V)	250 (W)
6	Encoder	5(V)	0.4 (W)
7	Cảm biến siêu âm	5(V)	0.2 (W)
8	Rover GPS	5(V)	Không đáng kể

Dựa vào thông số về nguồn đầu vào cho các thiết bị như bảng trên cần lựa chọn nguồn có điện áp tối thiểu là 24V

Công suất tối thiểu của nguồn để có thể cấp năng lượng cho tất cả các thiết bị trên là:

$$P_{\min} = 15 + 12 + 0.15 + 250 \times 2 + 0.4 \times 2 + 0 \times 0.2 = 528.15(W)$$

Với thời gian hoạt động liên tục 1 ngày của robot theo đầu bài đặt ra là 1 giờ thì dung lượng pin tối thiểu cần để robot làm việc trong 1 ngày là:

$$\frac{P.T}{V} = \frac{528,15.1}{24} = 22 Ah$$

Từ những yêu cầu về thông số của nguồn sử dụng cho robot như trên, chọn nguồn có thông số như sau:

Bảng 4.2 Thông số của pin xe

STT	Thông số	Giá trị
1	Loại pin	Lipo
2	Điện áp trung bình 1 cell(V)	3,7

3	Điện áp 1 cell khi đầy(V)	4,2
4	Tổng điện áp(V)	29,4
5	Số cell	7
6	Dung lượng (mAh)	40000
7	Dòng xả(A)	200
8	Kích thước(mm)	200x150x120



Hình 4.1 Hình ảnh pin thực tế

Với thông số nguồn pin lựa chọn nêu trên, thì mỗi robot có thể làm việc gần 2 ngày, sau đó phải tiến hành sạc lại để robot làm việc tiếp.

3.2. Lựa chọn loại động cơ

Sau khi tính toán ở chương 3 ta được các yêu cầu về động cơ nên chúng tôi quyết định lựa chọn động cơ MY1016Z2 có các thông số như sau:

Thông số	Giá trị
Tốc độ(sau hộp số)	300 rpm
Mô men xoắn	40 N.m
Điện áp hoạt động	24 V
Công suất hoạt động	250 W
Hiệu suất	>78%
Dòng điện có tải	13,4(A)
Dòng điện không tải	2,2 (A)

Bảng 4.3 Thông số động cơ MY1016Z2

Hộp giảm tốc	9,78:1
--------------	--------



Hình 4.2 Động cơ MY1016Z2 thực tế.

3.3. Driver điều khiển động cơ

Với động cơ lựa chọn ở phần 3.1 động cơ được chọn là động cơ DC, ta cần chọn Driver về bản chất là cầu H để điều khiển điện áp và đáp ứng được dòng tiêu thụ của động cơ. Với yêu cầu điện áp 24 VDC và đáp ứng được dòng tải 14.3A/động cơ. Nên để tài lựa chọn loại driver: SmartDriveDuo-30.

Bảng 4.4 Thông số kỹ thuật của driver



Hình 4.3 Hình ảnh driver

SmartDriveDuo-30

Thông số	Giá trị
Điện áp hoạt động	7-35V
Dòng mỗi động cơ	30A
Hỗ trợ các tín hiệu đầu vào	RC(RadioControl), điện áp analog từ chiết áp/Biến trö/Cần vi điều khiển, PWM và DIR,

3.4. Encoder E6B2-CWZ6C

Bảng 4.5 Thông số giá trị Encoder E6B2-CWZ6C



Thông số	Giá trị
Tên hãng sản xuất	Omron
Tên Encoder	E6B2-CWZ6C
Loại Encoder	Tương đối
Độ phân giải	1000 xung/1 vòng
Số kênh	3
Nguồn cấp	5-24 VDC
Dòng cung cấp	Max 80 mA

Hình 4.4 Hình ảnh thực tế Encoder

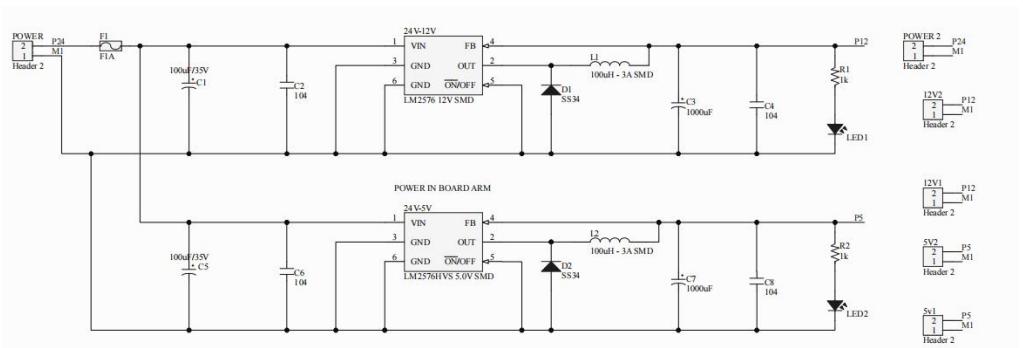
E6B2-CWZ6C

3.5. Khối điều khiển

3.5.1. Mạch tổng hợp cho vi điều khiển

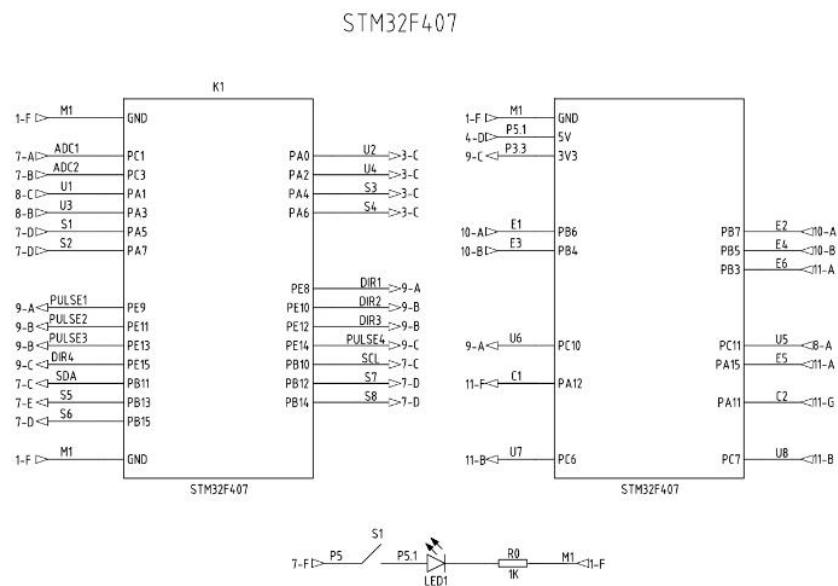
Mạch tổng hợp cho vi điều khiển STM32F407 (Board Main STM) là thành phần mạch tạo ra các cụm chức năng riêng cho vi điều khiển làm việc từ các thành phần của vi điều khiển chính kết hợp với các linh kiện, thiết bị cảm biến khác giúp cho việc kết nối với các thiết bị khác được thuận tiện, dễ dàng. Các thành phần trong mạch bao gồm:

Khối nguồn: sử dụng IC LM2576 để chuyển đổi điện áp từ 29,4V – 12V cấp đầu vào cho các cảm biến và 29,4V – 5V cấp đầu vào cho vi điều khiển



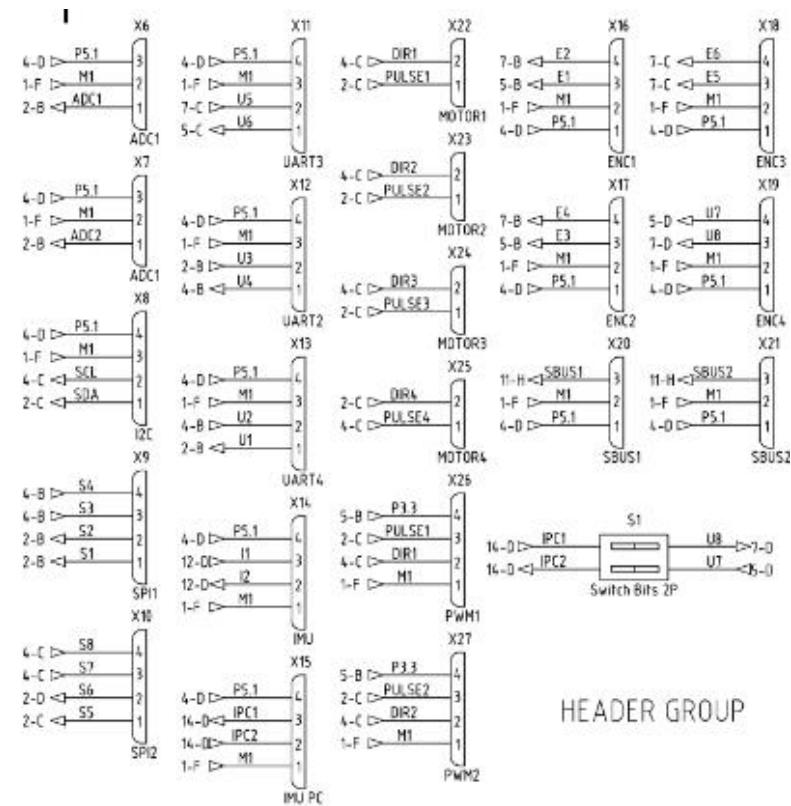
Hình 4.5 Sơ đồ khói nguồn của hệ thống

Khởi STM32F407: Là khởi ra các chân bộ trí vi điều khiển và cấp nguồn cho vi điều khiển:

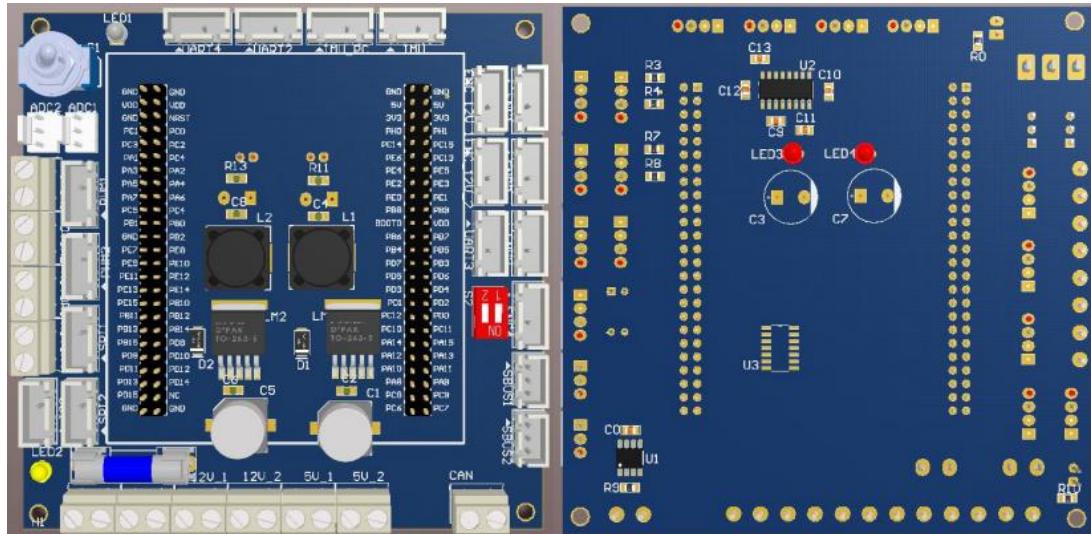


Hình 4.6 Sơ đồ nguyên lý khói STM32F407

Khối HEADER:



Hình 4.7 Sơ đồ nguyên lý khối HEADER



Hình 4.8 PCB mạch tổng hợp cho vi điều khiển

Kết quả thi công sau khi thi công:



Hình 4.9 Mạch tổng hợp cho vi điều khiển sau khi thi công

3.5.2. Mạch giảm áp cho máy tính nhúng

Do các thiết bị sử dụng có nguồn cấp ở các mức điện áp khác nhau, để máy tính nhúng hoạt động ổn định ở mức điện áp 19V cần phải sử dụng mạch hạ áp DC-DC Buck 12A chuyển điện áp từ 29,4VDC – 19VDC

Bảng 4.6 Bảng thông số giá trị mạch hạ áp DC-DC

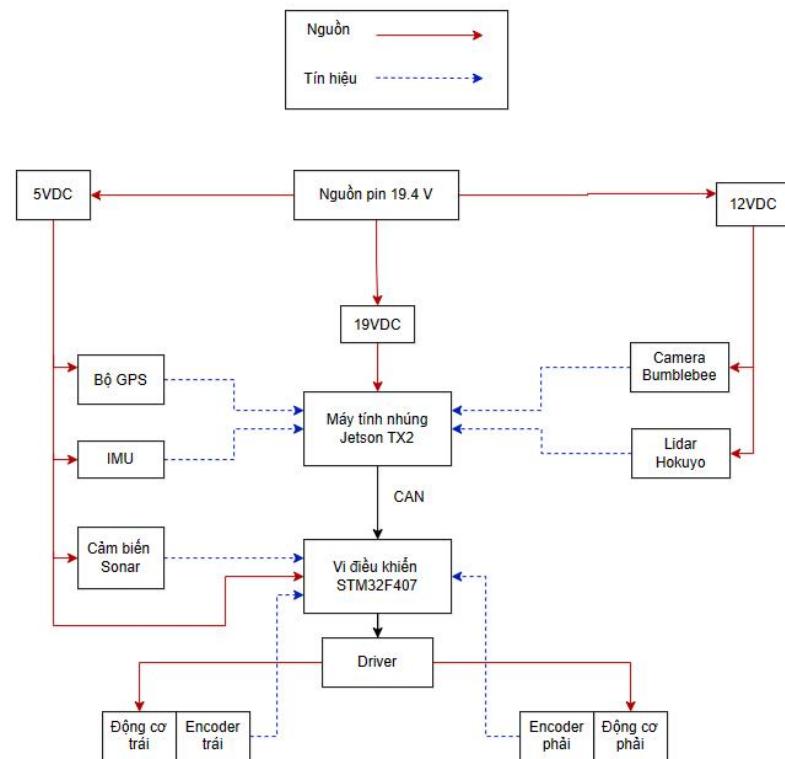


Thông số kỹ thuật	Giá trị
Điện áp đầu vào	7-32 VDC
Điện áp đầu ra	0.8-28 VDC
Dòng điện đầu vào	0.2-12 A
Công suất ngõ ra	100W
Tần số hoạt động	300kHz

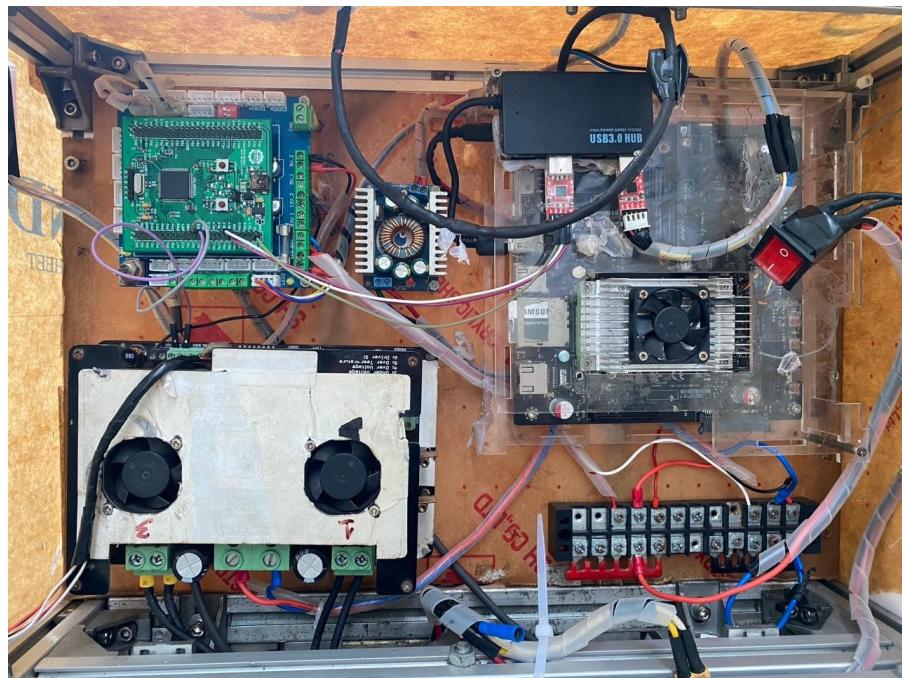
Hình 4.10 Mạch hạ áp DC-DC

3.6. Sơ đồ kết nối điện của xe giao hàng

Dựa trên những thông số của thiết bị được lựa chọn ở phần 2.2 cùng với các phương pháp điều khiển giữa các thành phần trong hệ thống điện được trình bày ở trên, sơ đồ về phân bổ nguồn và tín hiệu giữa các thành phần đó như sau:



Hình 4.11 Sơ đồ kết nối điện của hệ thống



Hình 4.12 Hình ảnh kết nối thực tế

3.7. Kết luận

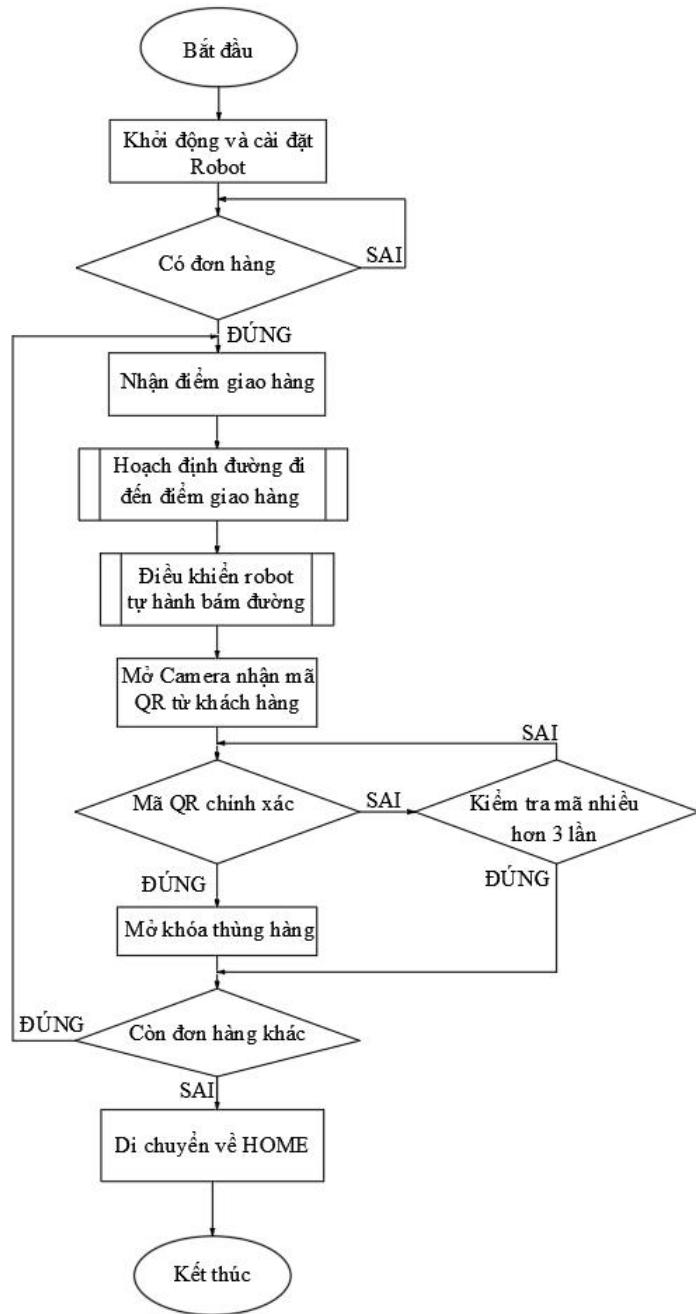
Dựa trên các kết quả đạt được các chương 2 và 3, chương này đã thực hiện được các công việc đề ra như sau:

- Tính toán lựa chọn nguồn phù hợp cho hệ thống.
- Lựa chọn và thiết kế mạch PCB và thi công mạch điều khiển động cơ.
- Thiết kế, thi công mạch điện tổng hợp cho vi điều khiển.
- Kết nối toàn bộ hệ thống điện cho mô hình.

Với các kết quả trên, đây là nền tảng để xây dựng các giải thuật điều khiển ở chương 5 cho robot có thể hoạt động ổn định trong môi trường thực tế.

Chương 4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁM SÁT ROBOT

Để thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát cho robot một cách đầy đủ. Cần thiết xây dựng lưu đồ tổng quát của toàn bộ quá trình như sau:

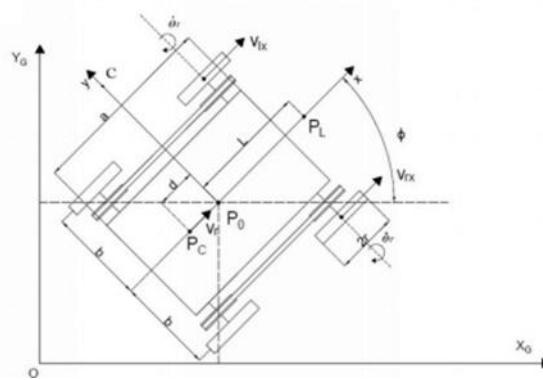


Hình 5.1 Hình ảnh sơ đồ điều khiển của robot

4.1. Cơ sở lý thuyết về xe giao hàng

4.1.1. Mô hình động học của Robot

Đầu tiên, ta xem xét đến mô hình động học của robot giao hàng với mục đích nghiên cứu hệ thống cơ học của xe mà không cần xem xét đến các lực tác động. Các vận tốc của robot được biểu diễn dưới dạng hàm theo vận tốc của bánh xe. Đối với hệ xe 4 bánh sử dụng cơ cấu lái trượt, mô hình động học được biểu diễn như sau :



Hình 5.2 Mô hình động học của robot

Đầu tiên, ta định nghĩa hệ quy chiếu (HQC) toàn cục gắn với HQC mặt đất, ký hiệu $\{G\}$, và HQC cục bộ gắn với robot , ký hiệu $\{P\}$. Tọa độ vị trí và hướng quay của robot được mô tả bởi :

$$q_G = [x_G \ y_G \ \varphi]^T$$

Trong đó x_G, y_G là tọa độ của hệ $\{P\}$ và φ là góc xoay quanh trục Oz trong hệ $\{G\}$.

Trong HQC $\{G\}$ và $\{P\}$, các vận tốc của robot được biểu diễn như sau:

$$\dot{q}_G = [\dot{x}_G \ \dot{y}_G \ \dot{\varphi}_G]^T$$

$$\dot{q}_P = [\dot{x}_P \ \dot{y}_P \ \dot{\varphi}_R]^T$$

Để liên hệ các vận tốc của $\{G\}$ và $\{R\}$, ta có :

$$\dot{q}_G = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \dot{q}_P$$

Và khi \dot{y}_P thì :

$$\dot{q}_G = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 \\ \sin \varphi & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{x}_P \\ \dot{\varphi}_R \end{bmatrix}$$

Khi này, $\dot{q}_P = \begin{bmatrix} \dot{x}_P \\ \dot{\varphi} \end{bmatrix}$ biểu diễn cho thành phần vận tốc của gốc HQC $\{P\}$ (P_0) theo P_x nằm trong $\{P\}$ và vận tốc góc.

Lưu ý rằng, phương trình trên thỏa mãn trong lúc robot hoạt động trên bờ mặt ngang. Trong trường hợp này, x_G phụ thuộc vào :

$$x_G = R\dot{\varphi}$$

Trong đó, R là bán kính cong của quỹ đạo robot.

Cho điểm C là tâm quay tức thời của robot, vì ta cho $\dot{y}_P = 0$ nên điểm C luôn thuộc trục P_y .

Từ đây, ta xác định được vận tốc robot :

$$\begin{cases} \dot{x}_P = \frac{v_{lx} + v_{rx}}{2} \\ \dot{y}_P = 0 \\ \dot{\varphi}_R = \frac{v_{rx} - v_{lx}}{T} \end{cases}$$

Trong đó : v_{lx}, v_{rx} là vận tốc của bánh xe bên trái và bên phải.

$$T = \frac{\text{khoảng cách giữa 2 bánh trái và bánh phải}}{2}$$

Thêm vào đó, tọa độ của tạm quay tức thời C (trong HQC $\{P\}$) là:

$$\begin{cases} x_C = 0 \\ y_C = -\frac{\dot{x}_P}{\dot{\varphi}_R} \end{cases}$$

4.1.2. Hệ điều hành cho Robot

Robot Operating System – ROS là hệ điều hành mã nguồn mở dành cho robot, là một framework được dùng rất rộng rãi trong lĩnh vực robotic với nhiều ưu điểm.

Nó tạo ra một nền tảng phần mềm có thể hoạt động trên rất nhiều robot khác nhau mà không cần sự thay đổi quá nhiều trong chương trình phần mềm. ROS được bắt đầu với ý tưởng tạo ra sự thuận tiện là có thể chia sẻ dễ dàng và có thể được sử dụng lại trên những phần cứng robot khác nhau mà không cần phải xây dựng lại từ đầu. Việc xây dựng lại từ đầu cho một nền tảng robot riêng biệt sẽ tốn rất nhiều thời gian và công sức; bên cạnh đó, việc ứng dụng lại những thành quả của việc nghiên cứu trước đó để xây dựng những thuật toán cao hơn cũng gặp rất nhiều khó khăn.



Hình 5.3 Giới thiệu về hệ điều hành ROS

Các thành phần chính trong ROS bao gồm:

Nodes: là một quy trình dùng để tính toán, điều khiển. Một node có thể được tạo ra khi biên dịch một package thành công và trong cùng một package có thể tạo

nhiều node. Khi một node muốn giao tiếp, tương tác các node khác thì bản thân node đó phải được kết nối với mạng ROS. Trong một hệ thống, mỗi node sẽ có một chức năng khác nhau. Để tạo ra sự dễ dàng trong quản lý và chuyên biệt hóa trong một chương trình, chúng ta nên tạo ra nhiều node với mỗi node có một chức năng riêng biệt; không nên để một node quản lý quá nhiều tác vụ sẽ gây khó khăn trong lập trình và bảo trì.

Master: ROS Master cung cấp một tên đăng ký và tra cứu phần còn lại của Computation Graph. Nếu không có ROS Master thì các node không thể tìm thấy nhau, trao đổi các message hay gọi các service.

Parameter Server: Parameter Server cho phép dữ liệu được lưu trữ bởi các từ khóa trong một vị trí trung tâm. Nó là một phần của Master.

Với các biến này, nó có thể được cấu hình các node trong khi nó đang hoạt động hoặc để thay đổi hoạt động của node.

Messages: các node giao tiếp với nhau thông qua messages. Một message đơn giản là một cấu trúc dữ liệu, bao gồm các trường được định nghĩa như integer, floating point, boolean,... Messages có thể bao gồm các kiểu cấu trúc và mảng lồng nhau (giống kiểu struct trong C). Chúng ta cũng có thể tự phát triển kiểu message dựa trên các message chuẩn.

Topics: messages được định tuyến thông qua hệ thống vận chuyển, trong đó được phân loại thành publish và subscribe. Một node sẽ gửi một messages bằng việc publishing message đó lên một topic định trước. Topic chỉ là một cái tên để nhận dạng nội dung của message. Một node chỉ có thể subscribe một topic có tên và kiểu dữ liệu được khai báo. Trong cùng một thời điểm, có thể nhiều publishers và subscribers cùng truy cập vào cùng một topic, và một node có thể publish và subscribe nhiều topic. Nhìn chung, publishers và subscriber sẽ không nhận thức được sự tồn tại của nhau. Ý tưởng xây dựng trao đổi thông tin ở ROS nhằm tách rời giữa nguồn tạo thông tin và nơi sử dụng thông tin.

Service types: là mô tả một service, được lưu trữ dưới dạng my_package/-msg/MyServiceType.srv. Service định nghĩa cấu trúc dữ liệu request và response

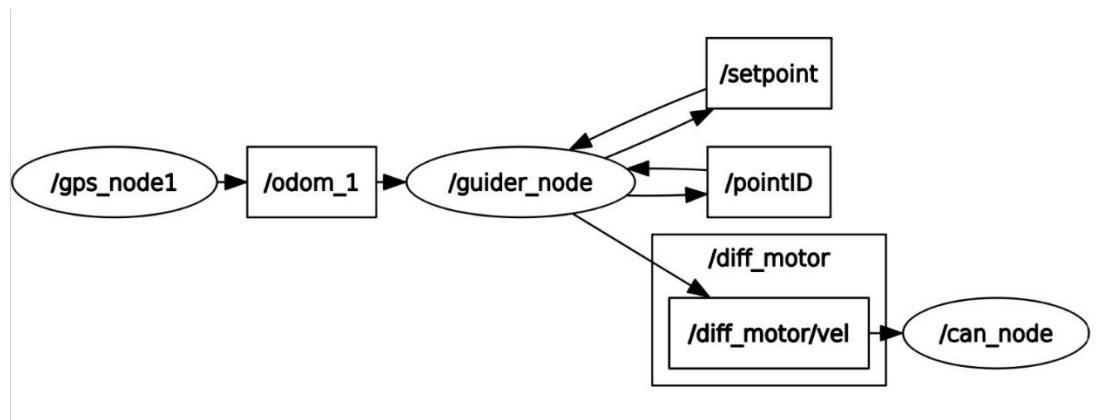
giữa các node trong ROS. Để gọi một service, ta cần phải sử dụng tên của service cùng với tên của package chứa service đó.



Hình 5.4 Sơ đồ tổng quát của ROS

Tên của topic phải là duy nhất để tránh các vấn đề và xung đột giữa các topic có cùng tên với nhau

Ảnh quan hệ giữa các node trong ROS trong đề tài này :



Hình 5.5 Hình ảnh giữa các node thực tế của robot

4.1.3. Hệ thống định vị cho robot

4.1.3.1. Hệ thống GPS

a) Khái niệm hệ thống GPS(Global Position System)

GPS (Global Position System) là hệ thống xác định vị trí dựa trên vị trí của các vệ tinh nhân tạo, do Bộ Quốc phòng Hoa Kỳ thiết kế, xây dựng, vận hành và quản lý. Trong cùng một thời điểm, tọa độ của một điểm trên mặt đất sẽ được xác định nếu xác định được khoảng cách từ điểm đó đến ít nhất ba vệ tinh. Nó gồm các vệ tinh và các trạm điều khiển trên mặt đất, GPS sử dụng các trạm cố định như là

các điểm chuẩn để tính toán vị trí một cách chính xác và kiểm soát quỹ đạo của các vệ tinh



Hình 5.6 Vệ tinh GPS đang bay trên quỹ đạo trái đất

Hệ thống GPS hiện nay có ít nhất là 24 vệ tinh di chuyển theo 6 quỹ đạo quanh trái đất. Các quỹ đạo này lệch nhau một góc 55 độ và có mối liên hệ với đường xích đạo. Chiều dài của các quỹ đạo này là 20200 km. Những vệ tinh này gửi tín hiệu sóng ngắn về thiết bị nhận GPS, cho phép xác định vị trí hiện tại, thời gian và vận tốc chuyển động. Một số chức năng của GPS được cấp phép sử dụng miễn phí trên toàn thế giới. Một trong những tính năng nổi trội của công cụ này là xác định vị trí dựa trên vị trí của các vệ tinh nhân tạo. Hiện nay, GPS ngày càng trở nên phổ biến và được ưa chuộng bởi rất nhiều người do sự nhanh chóng, tiện lợi và chính xác của nó.

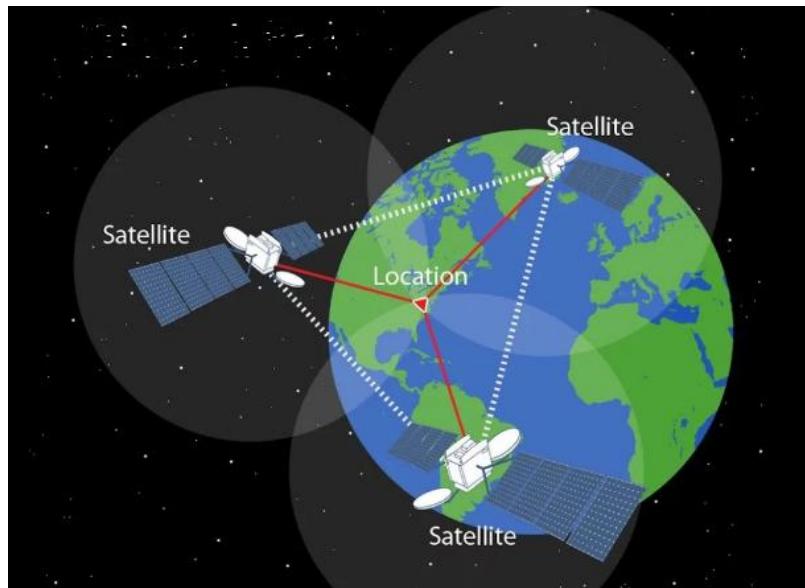


Hình 5.7 Một số hệ thống định vị hiện nay trên thế giới

GPS hiện tại gồm 3 phần chính: phần không gian, kiểm soát và sử dụng. Không quân Hoa Kỳ phát triển, bảo trì và vận hành các phần không gian và kiểm soát. Các vệ tinh GPS truyền tín hiệu từ không gian, và các máy thu GPS sử dụng các tín hiệu này để tính toán vị trí trong không gian 3 chiều (kinh độ, vĩ độ và độ cao) và thời gian hiện tại.

b) Nguyên lý hoạt động và định vị GPS

Các vệ tinh GPS bay vòng quanh Trái Đất hai lần trong một ngày theo một quỹ đạo rất chính xác và phát tín hiệu có thông tin xuống Trái Đất. Các máy thu GPS nhận thông tin này và bằng phép tính lượng giác tính được chính xác vị trí của người dùng. Về bản chất máy thu GPS so sánh thời gian tín hiệu được phát đi từ vệ tinh với thời gian nhận được chúng. Sai lệch về thời gian cho biết máy thu GPS ở cách vệ tinh bao xa. Rồi với nhiều khoảng cách đo được tới nhiều vệ tinh máy thu có thể tính được vị trí của người dùng và hiển thị lên bản đồ điện tử của máy.



Hình 5.8 Nguyên lý định vị của GPS

c) Một số yếu tố gây giảm độ chính xác của hệ thống GPS

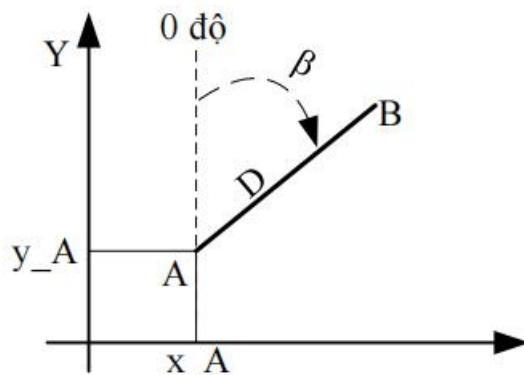
- Giữ chậm của tầng đối lưu và tầng ion: Tín hiệu vệ tinh bị chậm đi khi xuyên qua tầng khí quyển.
- Tín hiệu đi nhiều đường: Điều này xảy ra khi tín hiệu phản xạ từ nhà hay các đối tượng khác trước khi tới máy thu.
- Lỗi đồng hồ máy thu: Đồng hồ có trong máy thu không chính xác như đồng hồ nguyên tử trên các vệ tinh GPS.
- Lỗi quỹ đạo: Cũng được biết như lỗi thiên văn, do vệ tinh thông báo vị trí không chính xác.
- Lỗi do ảnh hưởng của bão từ, đã được thử nghiệm nhiều lần, tùy theo cường độ của bão từ mà sai số của GPS sẽ sai từ vài chục đến hơn 100 m.
- Số lượng vệ tinh nhìn thấy: Càng nhiều quả vệ tinh được máy thu GPS nhìn thấy thì càng chính xác. Nhà cao tầng, địa hình, nhiễu loạn điện tử hoặc đôi khi thậm chí tán lá dày có thể chặn thu nhận tín hiệu, gây lỗi định vị hoặc không định vị được. Nói chung máy thu GPS không làm việc trong nhà, dưới nước hoặc dưới đất.

- Che khuất về hình học: Điều này liên quan tới vị trí tương đối của các vè tinh ở thời điểm bất kì. Phân bố vè tinh lí tưởng là khi các quả vè tinh ở vị trí tạo các góc rộng với nhau. Phân bố xấu xảy ra khi các quả vè tinh ở trên một đường thẳng hoặc cụm thành nhóm.

d) Phương pháp RTK

Phương pháp RTK là một phương pháp đo động xử lý tức thời trên nguyên tắc sử dụng một trạm cơ sở (Base) thông qua việc thu định vị vè tinh nhân tạo tính toán ra một số nguyên đa trị N (số gia cải chính). Số gia cải chính này sẽ được phát ra và mang tới vị trí đặt các máy di động (Rover) nhằm mục đích hiệu chỉnh vị trí các máy di động để đạt được độ chính xác cao.

e) Tính toán tọa độ bằng GPS



Mặt phẳng tọa độ GPS là hình cầu với vĩ độ θ , kinh độ σ . Các góc đo được chuyển về độ ở dạng thập phân. Tọa độ này không thích hợp cho việc tính toán nên phải chuyển về hệ tọa độ Cartesian. Vì robot hoạt động trong khu vực nhỏ và kinh độ cong bờ biển trái đất là không đáng kể. Góc tọa độ tham chiếu cho bản đồ hoạt động được đo ở đơn vị mét với trục X là hướng Bắc và trục Y là đường Tây. Để tìm được tọa độ chính xác của một điểm ở hệ met, ta phải áp dụng thuật toán rất phức tạp với thời gian tính toán lớn.

- Công thức tính góc β giữa 2 điểm A(θ_1, σ_1) và B(θ_2, σ_2), như sau:
 - $x = \cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) - \sin(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) * \cos(\sigma_2 - \sigma_1)$
 - $y = \sin(\sigma_2 - \sigma_1) \cdot \cos(\theta_2)$

$$-\rightarrow \beta = \arctan(y, x)$$

- Công thức tính khoảng cách giữa 2 điểm $A(\theta_1, \sigma_1)$ và $B(\theta_2, \sigma_2)$, như sau:

- $a = \sin\left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2}\right)^2 + \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2) \cdot \sin\left(\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2}\right)^2$

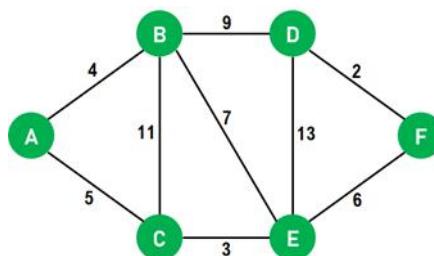
- $c = 2 \cdot \arctan(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$

$$\rightarrow D = R \cdot c$$

4.1.4. Giải thuật Dijkstra

Trong điều hướng cho robot để robot đến được vị trí mong muốn, ta phải đưa ra một hoạch định đường đi từ điểm bắt đầu (vị trí hiện tại của robot) đến điểm kết thúc (vị trí đích mong muốn). Nhằm tối ưu hóa cho đường đi, ta cần phải lựa chọn đường đi ngắn nhất giữa hai điểm ấy. Với yêu cầu này, thuật toán Dijkstra là một trong những thuật toán đơn giản để tìm được đường đi tối ưu nhất.

Thuật toán Dijkstra cho phép tìm đường đi ngắn nhất từ một đỉnh s đến các đỉnh còn lại của đồ thị có chiều dài (trọng số) không âm tương ứng. Thuật toán được xây dựng trên cơ sở gán cho mỗi đỉnh các nhãn tạm thời. Nhãn tạm thời của các đỉnh cho biết cận trên của chiều dài đường đi ngắn nhất từ s đến đỉnh đó. Nhãn của các đỉnh sẽ biến đổi trong các bước lặp, mà ở mỗi bước lặp sẽ có một nhãn tạm thời trở thành chính thức. Nếu nhãn của một đỉnh nào đó trở thành chính thức thì đó cũng chính là chiều dài ngắn nhất của đường đi từ s đến đỉnh đó.



Hình 5.9 Giải thuật Dijkstra

4.2. Xây dựng giải thuật điều hướng, bám đường và bộ điều khiển góc (heading control)

4.2.1. Giới thiệu

Điều khiển robot di động chủ yếu bao gồm lập kế hoạch đường đi (path planning), bám đường đi (path tracking) và thiết kế cấu hình. Bám đường đi được xác định bằng cách đưa ra các nhiệm vụ lập kế hoạch đường đi và tiếp đó xe giao hàng đến điểm mục tiêu dọc theo đường dự kiến một cách chính xác và nhanh chóng.

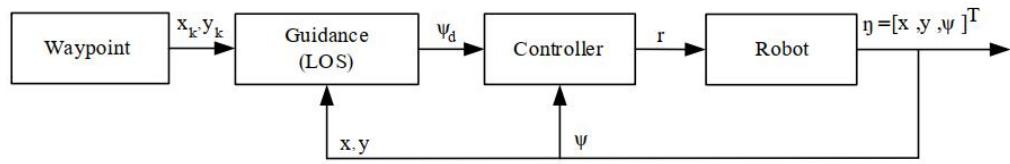
Các phương pháp điều khiển thông thường chủ yếu là điều khiển PID, điều khiển mờ, điều khiển chuyên gia và điều khiển mạng nơron. Hiện nay việc điều hướng, định vị và lập kế hoạch đường đi (tổng quát và cục bộ) của robot di động đều dựa trên công nghệ đa cảm biến (cảm biến vision, cảm biến siêu âm,...)

Điều khiển bám (Tracking control) không chỉ là một vấn đề quan trọng trong việc chuyển động mà còn một vấn đề rất thực tế. Điều khiển bám được phân loại thành điều khiển bám theo quỹ đạo (trajectory tracking control) và điều khiển bám theo đường đi (path tracking control).

Trong điều khiển bám theo quỹ đạo, quỹ đạo bám mong muốn của robot di động là một đường cong thay đổi theo thời gian. Trong điều khiển bám theo đường đi, quỹ đạo mong muốn được mô tả bởi các thông số hình học cơ bản như đường thẳng, đoạn cung.

Khi robot được yêu cầu bám đường được mô tả bằng các thông số hình học với tốc độ mong muốn thì việc điều khiển bám đường đi là phù hợp còn yêu cầu đến một điểm nhất định trong một thời gian cụ thể thì việc điều khiển bám quỹ đạo là cần thiết.

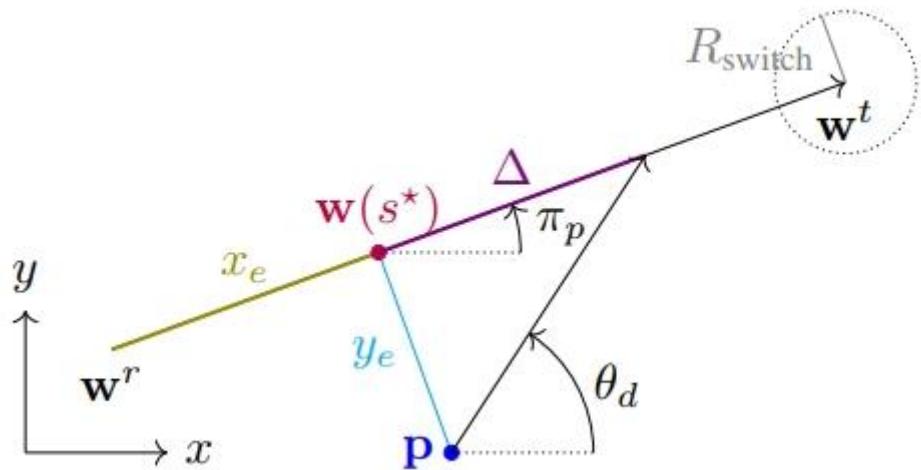
Trong bài luận văn này, Chúng tôi áp dụng phương pháp điều khiển LOS kết hợp bộ điều khiển PID để đạt được điều khiển bám đường đi.



Hình 5.10 Sơ đồ hệ thống dẫn đường dùng giải thuật LOS

4.2.2.Thuật toán bám đường Line-of Sign(LOS)

Để bám theo 1 đường bao gồm các đoạn thẳng, chúng tôi sử dụng light-of-sight guidance law.



Hình 5.11 Ảnh minh họa thuật toán LOS trên đoạn đường thẳng

Hãy xem xét một đoạn đường mở, khả vi liên tục được biểu thị bằng $w(s) \in \mathbb{R}^2$, trong đó $s \geq 0$ là biến đường dẫn. Chúng tôi giả sử rằng điểm trên đoạn đường gần nhất với vị trí xe hiện tại $p(t)$ là duy nhất và biểu thị điểm này bằng $w(s^*(t))$ ¹. Trong line-of-sight guidance, hướng của xe hướng về một điểm ở khoảng cách $\Delta(t) > 0$ phía trước trên tiếp tuyến của đoạn đường, lấy tại điểm $w(s^*)$. Khoảng cách $\Delta(t)$ được gọi là khoảng cách nhìn về phía trước.

Khi đoạn đường dẫn là một đường thẳng giữa điểm tham chiếu tham chiếu w^r và điểm mục tiêu w^t , như minh họa trong Hình (*), góc của đoạn đường này đối với trục x tọa độ, được gọi là góc tiếp tuyến đường dẫn, được đưa ra bởi công thức:

$$\pi_p = \arctan(y^t_w - y^r_w, x^t_w - x^r_w) \quad (1)$$

Khoảng cách giữa đoạn đường dẫn và điểm p, được gọi là cross-track error(CTE) được hiểu là sự sai lệch giữa vị trí hiện tại của robot và đường đi mong muốn.

$$\begin{bmatrix} x_e \\ y_e \end{bmatrix} = R(\pi_p)(p - w^t) \quad (2)$$

trong đó $R(\theta)$ biểu thị ma trận xoay 2D. Mục tiêu của the line-of-sight guidance law là tối thiểu hóa cross-track error bằng cách điều khiển hướng đi θ . Sử dụng π_p , y_e và Δ , chúng ta có thể tính toán hướng đi mong muốn là:

$$\theta_d(y_e) = \pi_p + \theta_r(y_e) \quad (3)$$

Với $\theta_r(y_e) = \arctan(-y_e / \Delta)$ là góc tương quan giữa hướng di chuyển và đường thẳng hướng tới điểm nằm trên waypoint, nằm cách xa một khoảng $\Delta > 0$ so với hình chiếu của vị trí điểm p hiện tại lên waypoint.

Dựa trên (2), chúng ta nhận thấy rằng động lực học CTE trong chế độ mở là được xác định bởi

$$\dot{y}_e = V \sin(\theta - \pi_p) \quad (4)$$

Nếu hướng mong muốn được bám hoàn hảo, tức là, $\theta(t) = \theta_d(t)$ đúng với mọi t , chúng ta có thể sử dụng công thức $\sin(\arctan(x)) = x / \sqrt{1+x^2}$ để đạt được động lực học của cross-track error trong hệ vòng kín.

$$\dot{y}_e(t) = -\frac{V(t)}{\sqrt{\Delta(t)^2 + y_e(t)^2}} y_e(t) \quad (5)$$

Để đảm bảo (5) hoạt động tốt, chúng tôi áp đặt giả định rằng tốc độ V(t) và khoảng cách nhìn về phía trước $\Delta(t)$ hoàn toàn dương với $0 < V_{\min} \leq V(t) \leq V_{\max}$.^[8] cho thấy rằng dưới giả định trên, nếu hướng di chuyển được bám hoàn hảo ($\theta_d(t) = \theta(t)$ với mọi t), điểm gốc $y_e = 0$ của động lực học CTE hệ khép kín (5) là ổn định mạnh toàn cục một cách đồng đều .

Lưu ý: Khoảng cách nhìn trước $\Delta(t)$ là một tham số điều chỉnh quyết định mức độ di chuyển của xe về phía đường đi khi $y_e \neq 0$. Khoảng cách nhìn phía trước ngắn thường liên quan đến sự hội tụ nhanh chóng của y_e , ref. (5), trong khi một khoảng cách nhìn về phía trước dài hơn dẫn đến chuyển động mượt mà hơn và giảm thiểu sự gia tăng độ nhiễu.

Từ đó ta giả sử rằng phương trình cho lookahead distance (Δ) có dạng:

$$\Delta_{ye} = (\Delta_{\max} - \Delta_{\min}) e^{-\gamma|y_e|} + \Delta_{\min}$$

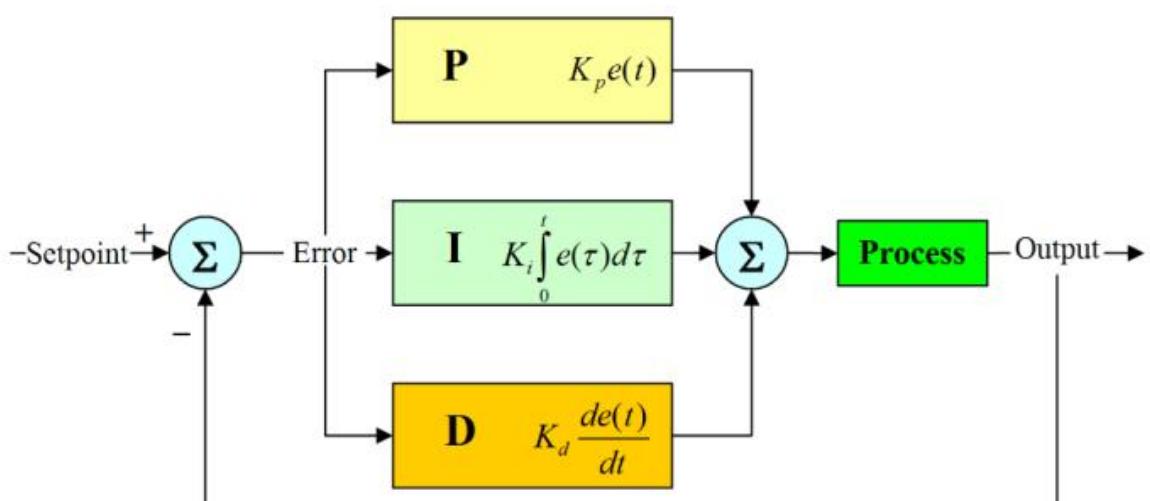
Với Δ_{\max} và Δ_{\min} là giá trị tối đa và tối thiểu cho phép của Δ đi kèm với hệ số tốc độ hội tụ $\gamma > 0$, được tinh chỉnh thiết kế sao cho phù hợp đối với mô hình của chúng tôi .

4.2.3.Bán kính chuyển tiếp

Ngoài guidance law (3), chúng ta cần một cơ chế chuyển đổi để thay đổi điểm mục tiêu và điểm tham chiếu khi điểm mục tiêu w_t được coi là đã đạt được. Với mục đích này, chúng tôi sử dụng luật chuyển vòng chấp nhận được mô tả trong [12]. Chúng tôi giả sử rằng toàn bộ đường đi được đưa ra dưới dạng các điểm tham chiếu 2D $x_i = [x_{iw}, y_{iw}]^T$, với $i \in 0, \dots, N_w$. Ban đầu, chúng tôi đặt $w_r = w_0$ và $w_t = w_1$. Các chỉ số của điểm mục tiêu và điểm tham chiếu được tăng lên khi xe ở trong khoảng cách $R_{switch} > 0$ tính từ điểm mục tiêu w_t , tức là khi $\|w_t - p\| \leq R_{switch}$. Ở đây, $\|\cdot\|$ biểu thị chuẩn Euclidean. Xem Hình (*) để biết ví dụ về vòng tròn chấp nhận xung quanh điểm mục tiêu w_t .

4.2.4. Bộ điều khiển vận tốc và hướng

Bộ điều khiển vi tích phân tỉ lệ (PID - Proportional Integral Derivative) là một cơ chế phản hồi vòng điều khiển tổng quát được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điều khiển công nghiệp – bộ điều khiển PID là bộ điều khiển được sử dụng nhiều nhất trong các bộ điều khiển phản hồi. Bộ điều khiển PID sẽ tính toán giá trị “sai số” là hiệu số giữa giá trị đo thông số biến đổi và giá trị đặt mong muốn. Bộ điều khiển sẽ thực hiện giảm tối đa sai số bằng cách điều chỉnh giá trị điều khiển đầu vào.



Hình 5.12 Sơ đồ khái niệm giải thuật của bộ điều khiển PID

Giải thuật tính toán bộ điều khiển PID bao gồm 3 thông số riêng biệt (điều khiển ba khâu): các giá trị tỉ lệ, tích phân và đạo hàm, viết tắt là P, I, và D. Giá trị tỉ lệ xác định tác động của sai số hiện tại, giá trị tích phân xác định tác động của tổng các sai số quá khứ, và giá trị vi phân xác định tác động của tốc độ biến đổi sai số. Tổng hợp của ba tác động này dùng để điều chỉnh quá trình thông qua một phần tử điều khiển như vị trí của van điều khiển hay bộ nguồn của phần tử gia nhiệt.

Khâu tỉ lệ, tích phân, vi phân được cộng lại với nhau để tính toán đầu ra của bộ điều khiển PID. Định nghĩa rằng $u(t)$ là đầu ra của bộ điều khiển, biểu thức cuối cùng của giải thuật PID là:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

Phương trình PID rời rạc:

$$u(n) = K_p e(n) + K_i \frac{T}{2} \sum_{k=1}^n e(k) + e(k-1) + \frac{K_d}{T} (e(n) - e(n-1))$$

Trong đó:

Độ lợi tỉ lệ K_p giá trị càng lớn thì đáp ứng càng nhanh do đó sai số càng lớn, bù khâu tỉ lệ càng lớn. Một giá trị độ lợi tỉ lệ quá lớn sẽ dẫn đến quá trình mất ổn định và dao động.

Độ lợi tích phân K_i : giá trị càng lớn kéo theo sai số ổn định bị khử càng nhanh. Đổi lại là độ vọt lố càng lớn, bất kỳ sai số âm nào được tích phân trong suốt đáp ứng quá độ phải được triệt tiêu tích phân bằng sai số dương trước khi tiến tới trạng thái ổn định.

Độ lợi vi phân K_d : giá trị càng lớn càng giảm độ vọt lố, nhưng lại làm chậm đáp ứng quá độ và có thể dẫn đến mất ổn định do khuếch đại nhiễu tín hiệu trong phép vi phân sai số.

Các phương pháp điều chỉnh thông số PID:

- Điều chỉnh thủ công
- Phương pháp Ziegler-Nichols
- Phương pháp Cohen-Coon
- Sử dụng các công cụ phần mềm

Với ứng dụng của chúng tôi thì bộ điều khiển PID sẽ được dùng trong điều khiển góc lái của xe sao cho bám với góc đặt.

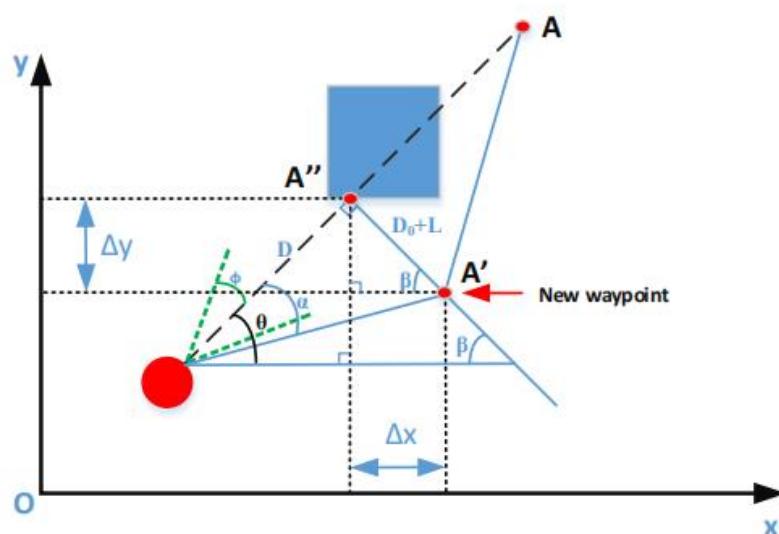
4.3. Thuật toán né vật cản tĩnh dùng cảm biến siêu âm

Né vật cản là một phần không thể thiếu trong hệ thống xe tự hành điều khiển ngoài trời. Có rất nhiều phương án né vật cản đi kèm với đó là tùy thuộc vào loại vật cản có thể là vật cản tĩnh hoặc vật cản động và từ đó đưa ra phương pháp sao

cho phù hợp, có thể liệt kê các phương pháp như sau: cảm biến siêu âm, depth camera, cảm biến LiDAR, ...

Trong nội dung và giới hạn thiết bị chúng tôi sử dụng sẽ sử dụng cảm biến siêu âm để xây dựng thuật toán né vật cản tĩnh từ dữ liệu trả về của cảm biến.

Hình dưới mô tả khái quát các xác định điểm trung gian khi robot gấp chướng ngại trên đường di chuyển. Ta giả sử trên đoạn từ waypoint(k) tới waypoint(k+1) ta quét ra được vật cản nằm giữa đường lúc này cần 1 điểm phụ dùng để chuyển hướng sao cho robot có thể dễ dàng đi qua mà không vướng phải va chạm.



Hình 5.13 khái quát các xác định điểm trung gian khi robot gấp chướng ngại vật

Giả sử cảm biến phát hiện vật cản và trả về giá trị D là khoảng cách ngắn nhất từ xe tới vật cản. θ là góc heading hiện tại của xe, và D_0 là bề rộng của vật chắn và L là bề rộng của xe. Từ đó ta có góc α là hướng và xe cần di chuyển tới với công thức sau:

$$\tan(\alpha) = \frac{D_0 + L}{D}$$

Nếu vị trí hiện tại của xe tại thời điểm t là $[x_0; y_0]$ vậy ta có thể suy ra tọa độ của điểm nằm trên vật cản và ta phát hiện gần nhất ta gọi là $A'' = [x_{A''}; y_{A''}]$ được tính như sau:

$$\begin{aligned}x_{A''} &= x_O + D \cdot \cos \alpha \\y_{A''} &= y_O + D \cdot \sin \alpha\end{aligned}$$

Do cảm biến siêu âm có góc mở nên ta có thể dự đoán vật cản đang nằm ở giữa, bên trái hay bên phải. Do đó ta có thể đưa ra quyết định cho xe khi gặp các trường hợp cụ thể:

- Trường hợp 1: Khi vật nằm ở giữa bên trái thì xe sẽ né bên phải.
- Trường hợp 2: Khi vật nằm ở giữa bên phải thì xe sẽ né bên trái.

Tọa độ điểm trung gian N lúc này ứng với trường hợp 1 sẽ như sau:

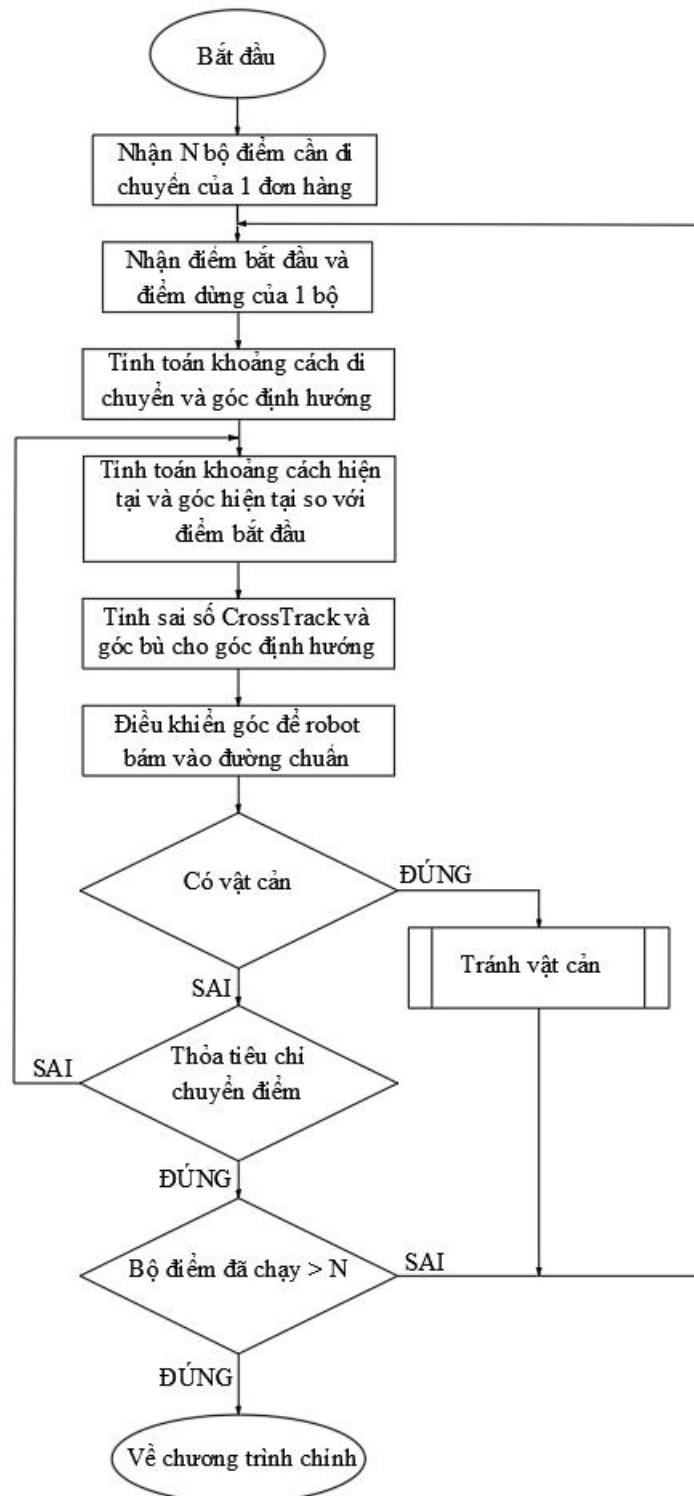
$$\begin{aligned}x_{A'} &= x_{A''} + (D_0 + L) \cdot \cos \beta \\y_{A'} &= y_{A''} - (D_0 + L) \cdot \sin \beta\end{aligned}$$

Còn đối với trường hợp 2:

$$\begin{aligned}x_{A'} &= x_{A''} - (D_0 + L) \cdot \cos \beta \\y_{A'} &= y_{A''} + (D_0 + L) \cdot \sin \beta\end{aligned}$$

Với $\beta = 90 - \theta$

4.4. Lưu đồ giải thuật robot tự hành bám đường

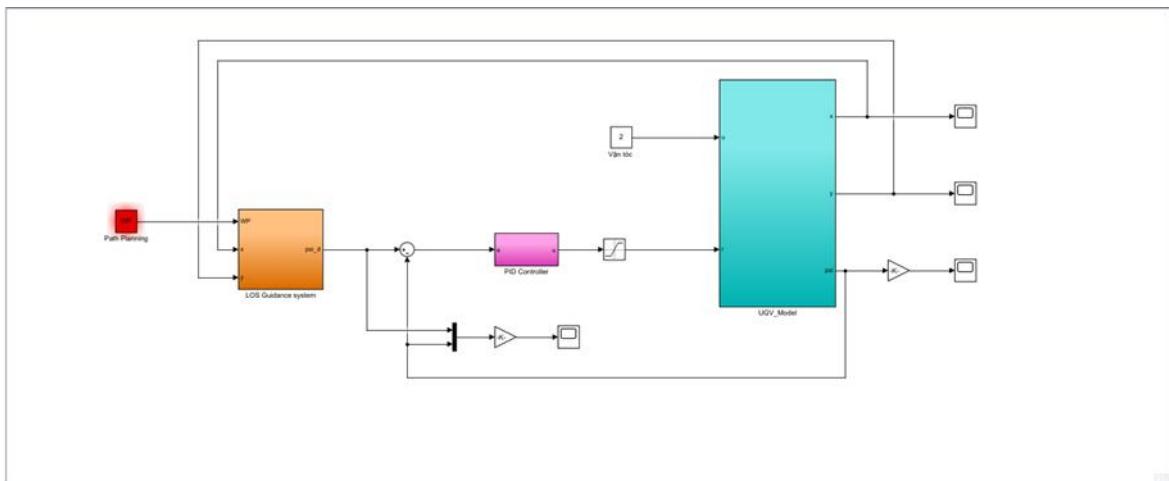


Hình 5.14 Lưu đồ giải thuật robot tự hành bám đường

4.5. Mô phỏng giải thuật và đánh giá kết quả

4.5.1. Mô phỏng giải thuật bám đường LOS

4.5.1.1. Sơ đồ khối mô phỏng giải thuật bám đường



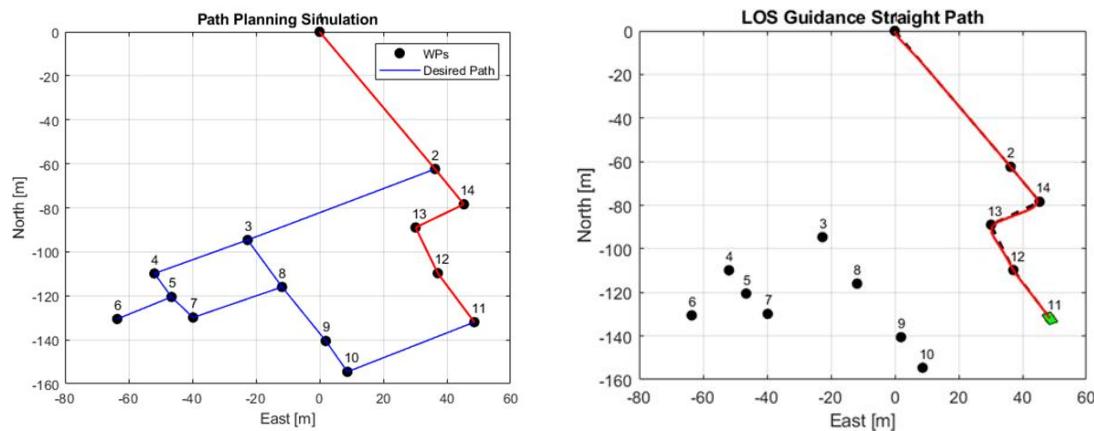
Hình 5.15 Sơ đồ khối mô phỏng giải thuật bám đường

Mô tả các khối trong sơ đồ:

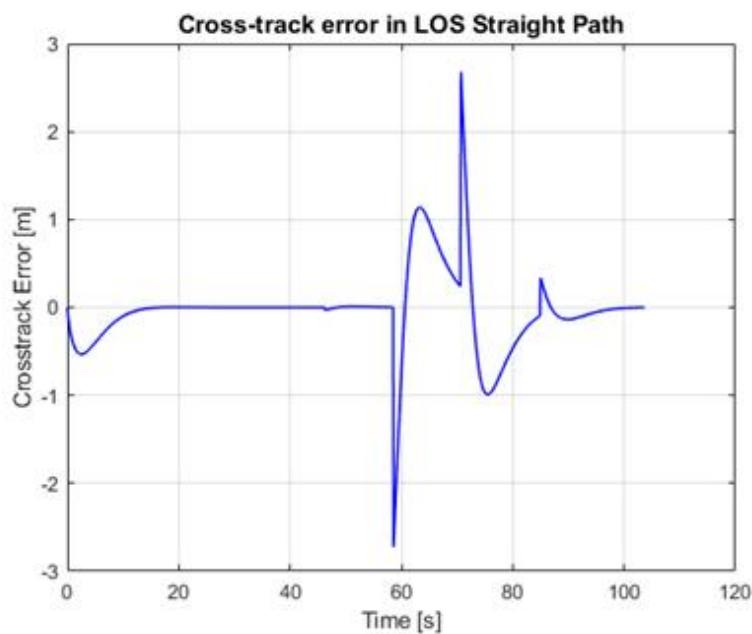
- Khối màu đỏ: “Path planning” khối này nhận đầu vào là chuỗi các điểm đã được hoạch định sẵn nhờ thuật toán Dijkstra.
- Khối màu cam: “LOS Guidance system” có nhiệm vụ xây dựng giải thuật bám đường với các đầu vào là vị trí của robot và quỹ đạo hoạch định sẵn, đầu ra là góc mà xe cần hướng tới.
- Khối màu tím: “PID Controller” là khối xây dựng bộ điều khiển hướng với đầu vào sai số giữa góc hiện tại và góc mong muốn từ đó hiệu chỉnh tốc độ góc của xe mong muốn.
- Khối màu xanh: “Delivery_Model” là khối xây dựng các phương trình động học của robot với các đầu vào cần thiết như vận tốc dài và vận tốc góc, đầu ra là vị trí xe đang di chuyển trên không gian.

4.5.1.2. Kết quả

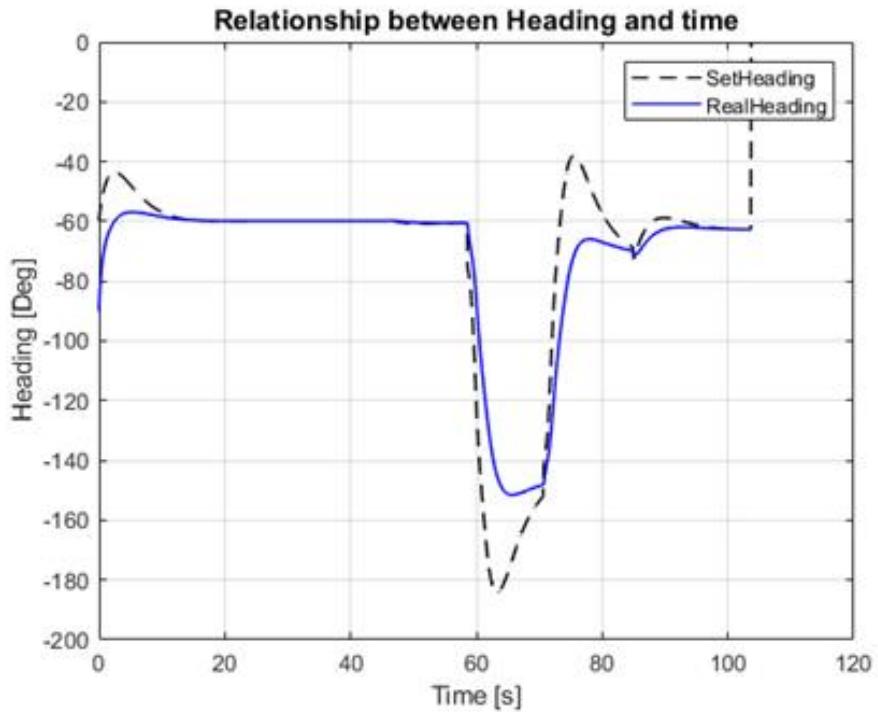
Tác giả sử dụng các tập điểm được lấy mẫu từ GPS/RTK để làm dữ liệu cho mô phỏng. Ở đây nhóm tác giả sử dụng quỹ đạo là các đường thẳng để cho quá trình mô phỏng trở nên thuận tiện hơn. Dưới đây là kết quả của giải thuật tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra với điểm đầu là 1 và điểm cuối là 11.



Hình 5.16 Kết quả đường đi ngắn nhất từ điểm (1) đến điểm (11) bằng giải thuật dijkstra



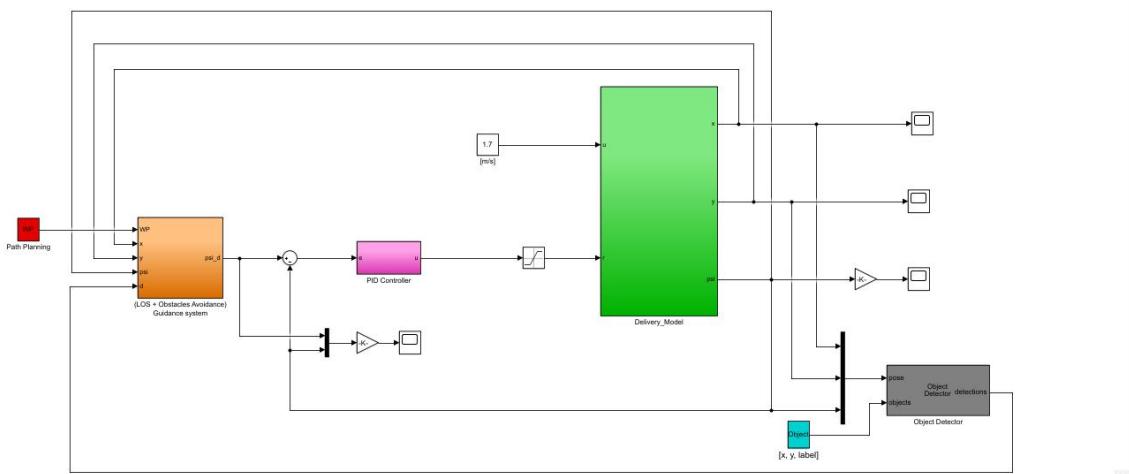
Hình 5.17 Đồ thị sai số Cross-track trong LOS bám đường thẳng



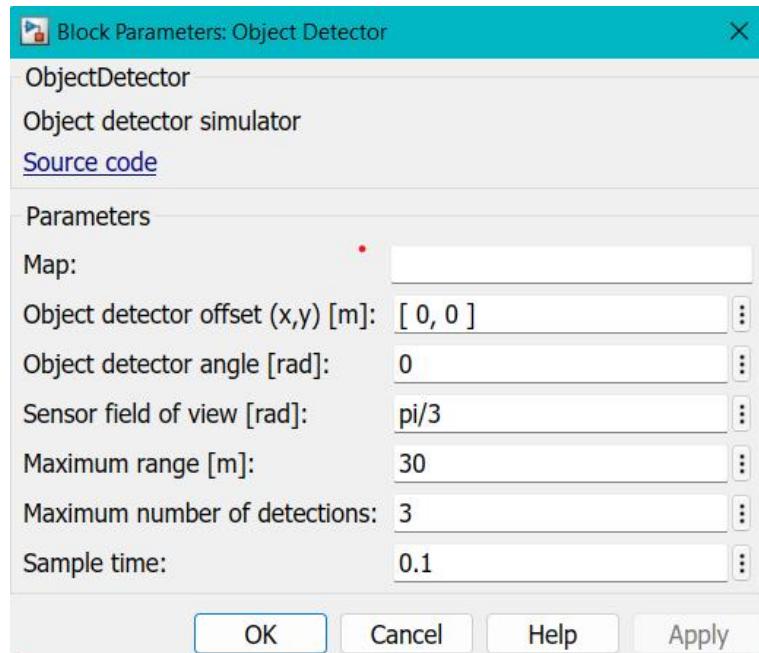
Hình 5.18 Đồ thị góc heading điều khiển trong LOS bám đường thẳng

Nhận xét: tại các điểm chuyển tiếp quỹ đạo thì có sự thay đổi lớn về góc đặt và sai số cross-track. Các kết quả mô phỏng phù hợp với cơ sở lý thuyết của thuật toán này. Việc chọn lựa hay xây dựng hàm Δ và bán kính chuyển tiếp sao cho phù hợp.

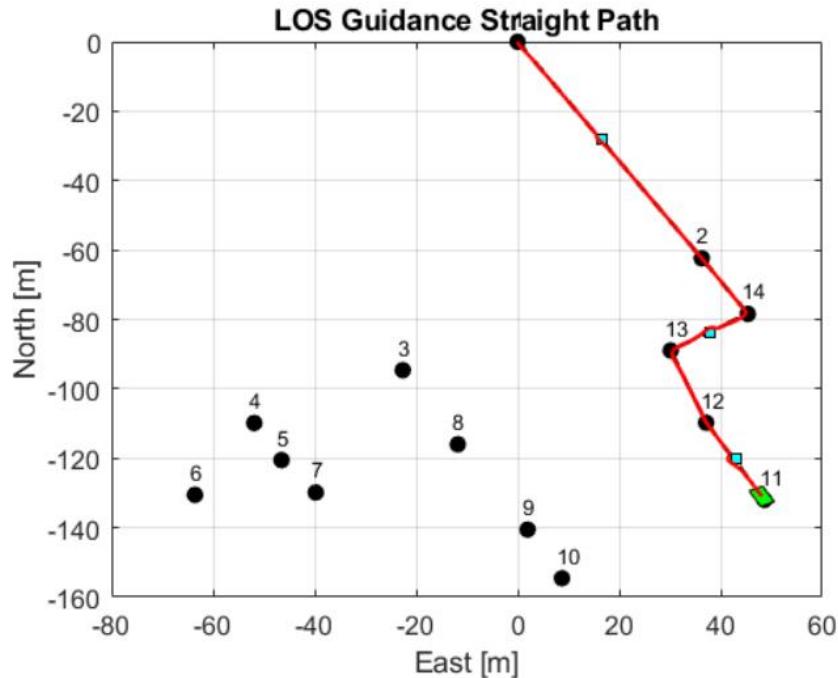
4.5.2.Xây dựng thuật toán LOS kèm né vật cản



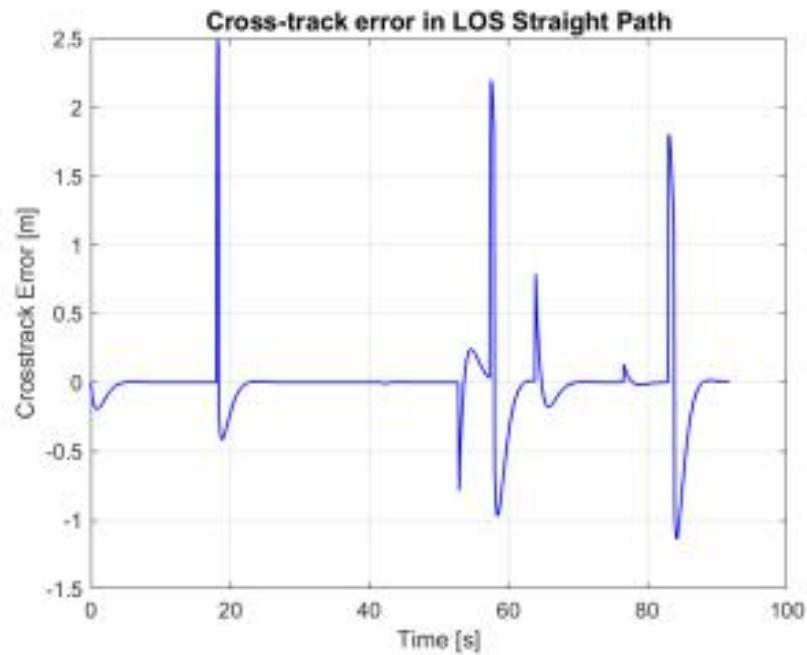
Hình 5.19 Sơ đồ khối thuật toán LOS kết hợp né vật cản



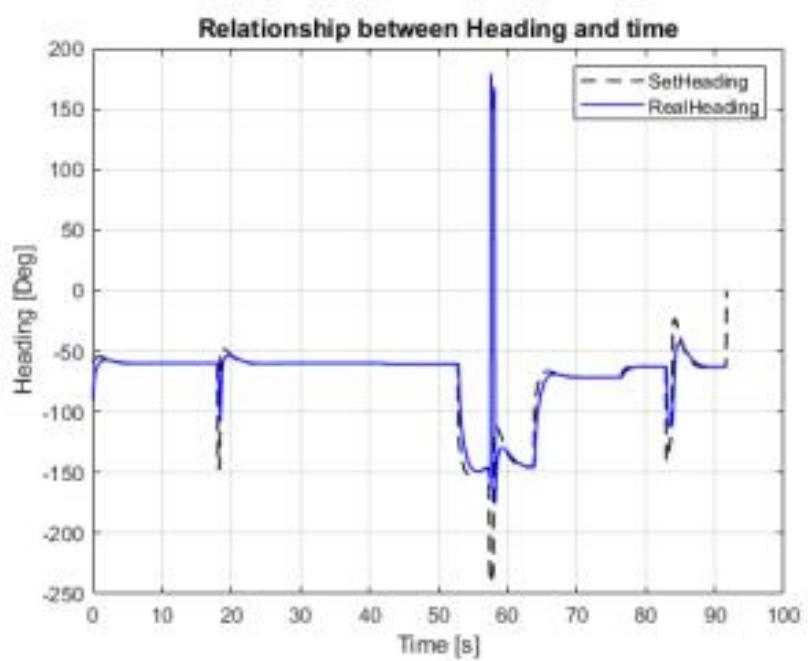
Hình 5.20 Các thông số phát hiện vật cản



Hình 5.21 Hình ảnh mô phỏng thuật toán LOS và né vật cản



Hình 5.22 Đồ thị sai số Cross-track trong LOS bám đường thẳng có vật cản

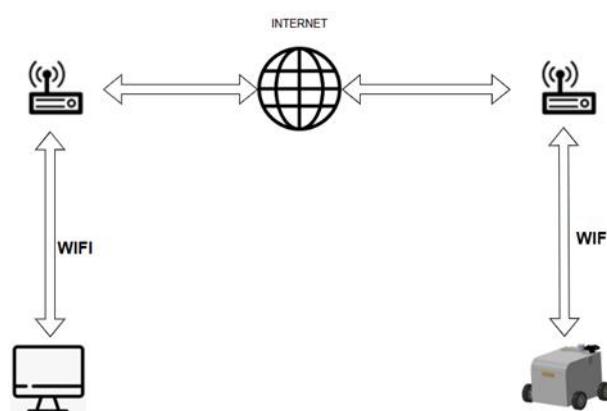


Hình 5.23 Đồ thị góc heading điều khiển trong LOS bám đường thẳng có vật cản

Nhận xét: Đáp ứng vẫn thỏa mãn yêu cầu khi có thể né vật mà không xảy ra va chạm, phù hợp để test thực tế trong điều kiện khách quan

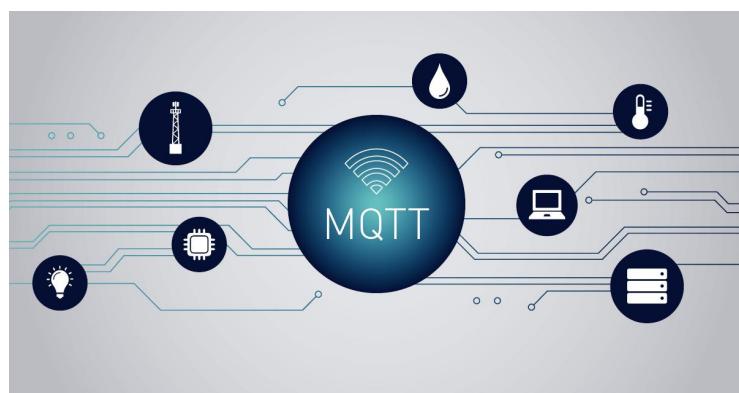
4.6. Giao tiếp giữa các thành phần trong hệ thống

Ngoài robot, với ứng dụng giao hàng cần có các thành phần liên quan khác như: hệ thống phần mềm giám sát, quản lý đơn hàng, quản lý robot, hệ thống truyền dữ liệu trong phương pháp RTK, Theo đó, để robot có thể làm việc độc lập trong môi trường, cần thiết xây dựng một phương pháp truyền thông giữa các thành phần này cụ thể như hình:



Hình 5.24 Sơ đồ giao tiếp giữa các thành phần trong hệ thống

4.6.1. Giao thức MQTT



Hình 5.25 Giới thiệu về giao thức MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) là một giao thức nhắn tin tiêu chuẩn OASIS cho Internet of Things (IoT). Nó được thiết kế như một phương tiện truyền tải tin nhắn publish/subscribe (xuất bản/đăng ký) cực kỳ nhẹ, lý tưởng

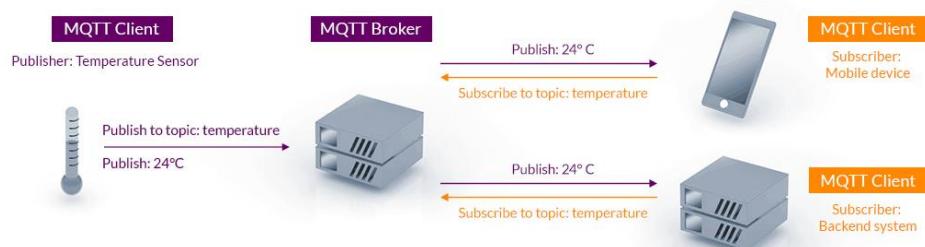
để kết nối các thiết bị từ xa với băng thông mạng thấp. MQTT ngày nay được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, chẳng hạn như ô tô, sản xuất, viễn thông, dầu khí.

Các thành phần trong MQTT bao gồm:

- **MQTT Broker:** được cung cấp dưới dạng mã nguồn mở, có thể đi kèm với dịch vụ điện toán đám mây. Chức năng của Broker là lọc các tin nhắn dựa trên chủ đề (topic), sau đó phân phối chúng đến thiết bị/ứng dụng đã đăng ký nhận thông tin theo topic đó.
- **MQTT Client:** là các thiết bị/ứng dụng kết nối đến Broker để thực hiện việc truyền/nhận dữ liệu. Một Client gửi dữ liệu gọi là một Publisher, một Client đăng ký nhận dữ liệu gọi là một Subscribe
- **Topic:** được quản lý bởi Broker và được trao đổi giữa các MQTT Client với nhau.

Ưu điểm giao thức MQTT:

- Khả năng truyền thông tin hiệu quả hơn
- Thu thập nhiều dữ liệu hơn, giảm tiêu thụ băng thông mạng
- Chi phí thấp
- Tiết kiệm thời gian phát triển

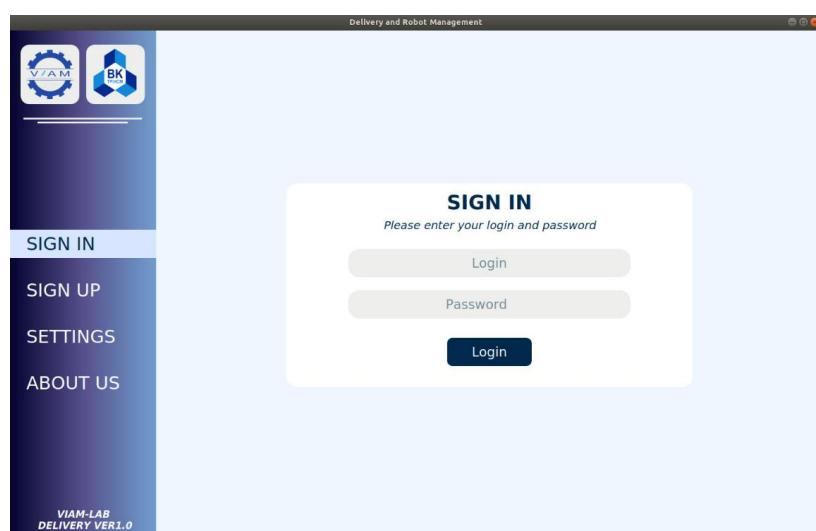


Hình 5.26 Cách hoạt động giao thức MQTT

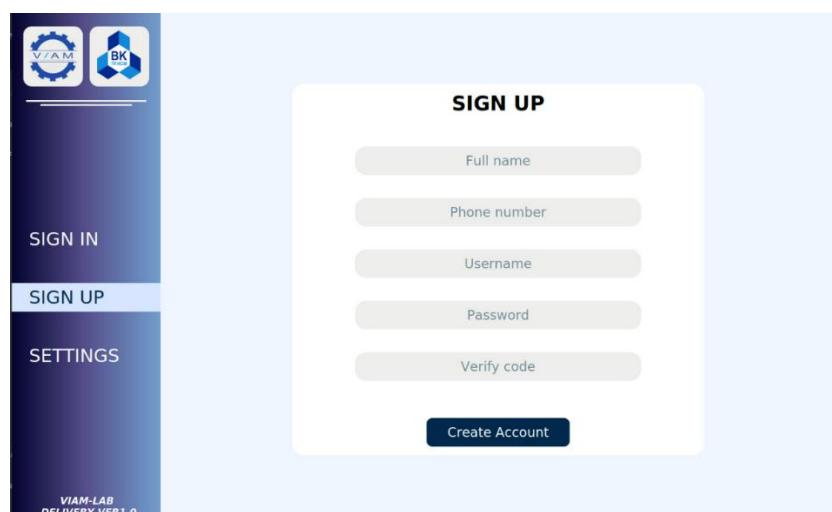
Ở đề tài này, chúng tôi sử dụng giao thức này cơ bản vì nó dễ sử dụng nó khá phổ biến nên dễ dàng tiếp cận, với tốc độ truyền phù hợp với nhu cầu.

4.7. Thiết kế phần mềm giám sát điều khiển Robot

Giao diện phần mềm có 5 trang chính: Trang đăng kí, đăng nhập: Sau khi truy cập vào trang web, giao diện đầu tiên mà người truy cập nhìn thấy giao diện dùng để đăng nhập. Vì phần mềm sẽ chứa nhiều thông tin liên quan đến hệ thống nên việc đăng nhập phải được bảo vệ bằng mật khẩu. Nút đăng nhập sẽ cho phép nhấn khi người truy cập nhập thông tin ở cả hai ô ‘Tên đăng nhập’ và ‘Mật khẩu’. Để có được tài khoản đăng nhập, người quản lý phải đăng ký tài khoản ở trang đăng kí bằng một “verify code” để phân loại nhân viên bán hàng và người quản lý.

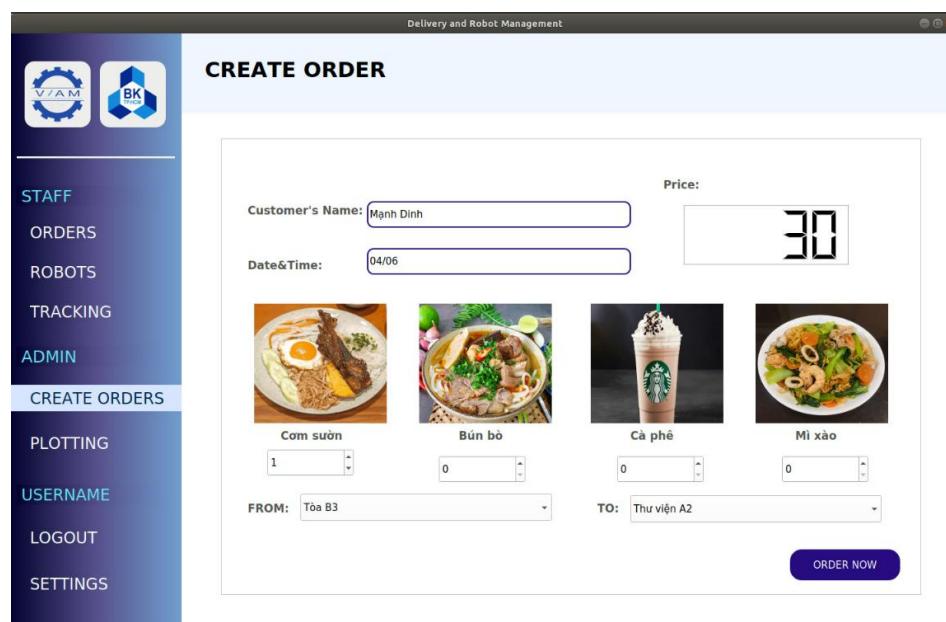


Hình 5.27 Giao diện trang đăng nhập



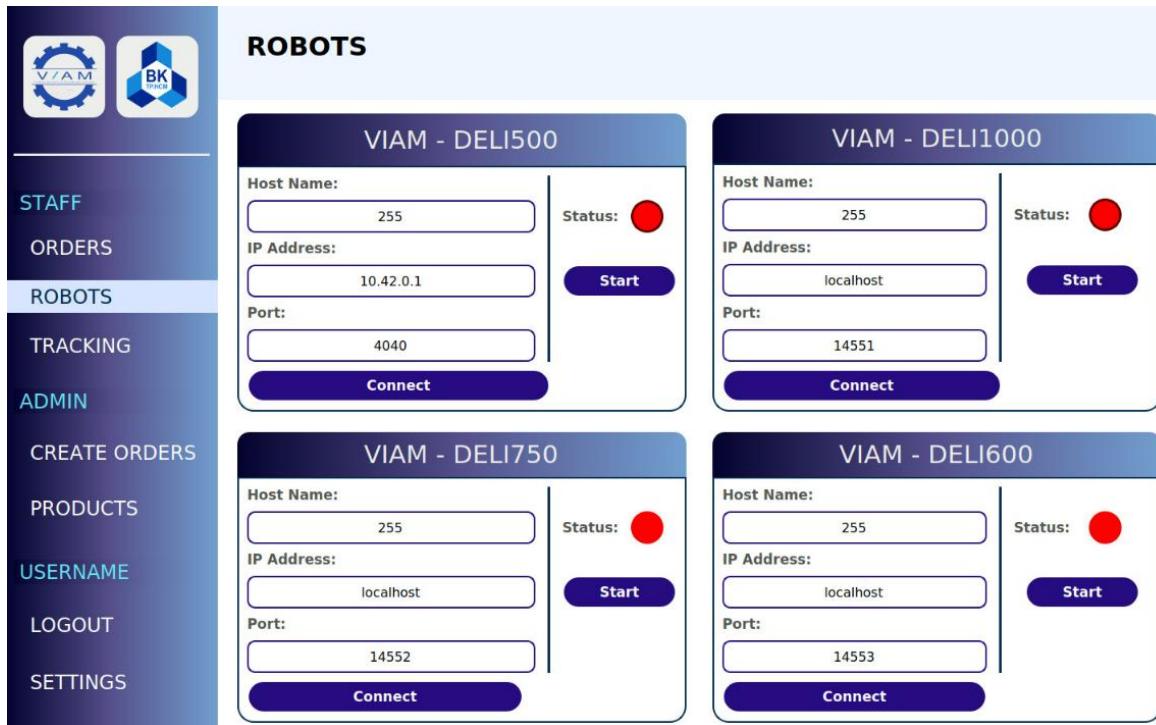
Hình 5.28 Giao diện trang đăng kí

Trang quản lý đơn hàng: Trang này bao gồm 2 phần: nhận đơn hàng từ webserver và quản lý đơn hàng cần giao của robot giao hàng. Khi nhận được đơn hàng mới, người bán hàng sẽ chọn món hàng cần giao và địa điểm cần giao tới. Sau đó sẽ nhấn chọn **ORDER NOW** để bắt đầu giao hàng.



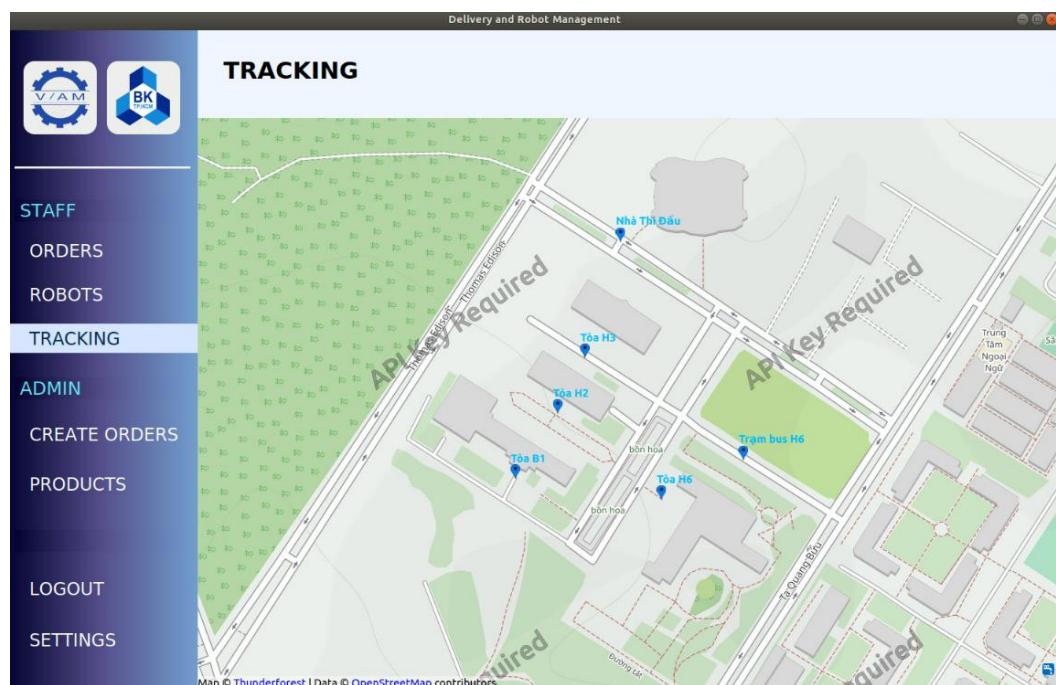
Hình 5.29 Giao diện trang bán hàng

Khi nhấn nút connect, phần mềm sẽ kết nối với máy tính nhúng dưới robot và đèn Status sẽ chuyển sang màu xanh. Sau khi chuẩn bị xong tất cả đơn hàng, người bán hàng bấm nút Start, phần mềm sẽ tự động hoạch định đường đi cho đơn hàng đầu tiên, khi hoàn thành đơn hàng đầu tiên phần mềm sẽ tự động chuyển đến đơn hàng tiếp theo cho đến khi đến đơn hàng cuối cùng sẽ cho robot trở về vị trí ban đầu.



Hình 5.30 Trang kết nối và điều khiển robot

Trang giám sát robot: Để giám sát vị trí của robot trong lúc làm việc



Hình 5.31 Trang giám sát robot

4.8. Kết luận

Sau khi hoàn thành chương này kết quả đạt được gồm:

- Xây dựng các giải thuật điều khiển robot tự hành theo quỹ đạo
- Kiểm chứng được các giải thuật tạo quỹ đạo , bám quỹ đạo.
- Thiết kế phần mềm quản lý, giám sát và điều khiển robot ,các phương thức giao tiếp giữa phần mềm với robot, và phương thức giao tiếp giữa các thành phần.
- Dựa vào những kết quả đạt được ở chương này là điều kiện cần thiết để chúng tôi tiếp tục thử nghiệm với mô hình thực tế

Giao thức MAVLink:

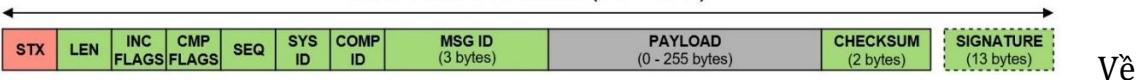
Trong truyền thông giữa xe và GUI thu thập dữ liệu, các phương thức truyền thông không dây như Rf thì chỉ được khoảng cách ngắn, 4G lại tốn chi phí,... Nên nhóm quyết định dùng wifi để truyền nhận dữ liệu, vừa đảm bảo khoảng cách truyền tương đối xa (50-100m), vừa không tốn chi phí, đồng thời áp dụng được các giao thức truyền thông phổ biến. MAVLink là giao thức truyền thông phổ biến giữa các phương tiện tự hành không người lái. Ưu điểm của MAVLink là số byte trong một gói tin rất nhỏ (tối đa 279 bytes); hỗ trợ phát hiện mất khung, sai khung và bảo mật khung; code gốc được viết trên C nên có thể chạy trên nhiều hệ thống (từ ARM7, ATMega, dsPic, STM32 đến Windows, Linux, MacOS, Android, iOS).



Hình 7.5: Giao thức MAVlink

Giới thiệu về giao thức MAVLink:

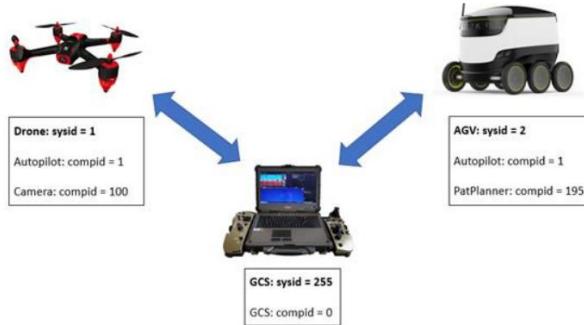
MAVLink v2 Frame (11 - 279)



mặt kĩ thuật, MAVLink thuộc lớp Application trong mô hình OSI, tức giao thức có thể chạy trên nền các giao thức lớp Transport (UDP/TCP), Network (IP), DataLink và Physical (Wifi, Ethernet), thậm chí có thể truyền thông qua Serial. Cấu trúc message của MAVLink như sau.

Hình 7.6: Cấu trúc message của MAVlink

Ở đây ta sẽ bàn về 3 field quan trọng là SYS ID, COMP ID và MSG ID. Trong thế giới MAVLink, system dùng để chỉ một tập hợp phần cứng và phần mềm thống nhất, quan hệ chặt chẽ nhằm thực hiện các tác vụ nhất định. Trạm kiểm soát mặt đất (GCS), máy bay không người lái (Drone) hay robot tự hành trên mặt đất (AGV) đều có thể coi là các system riêng biệt. Mỗi system có id riêng nhằm phân biệt với các system khác.



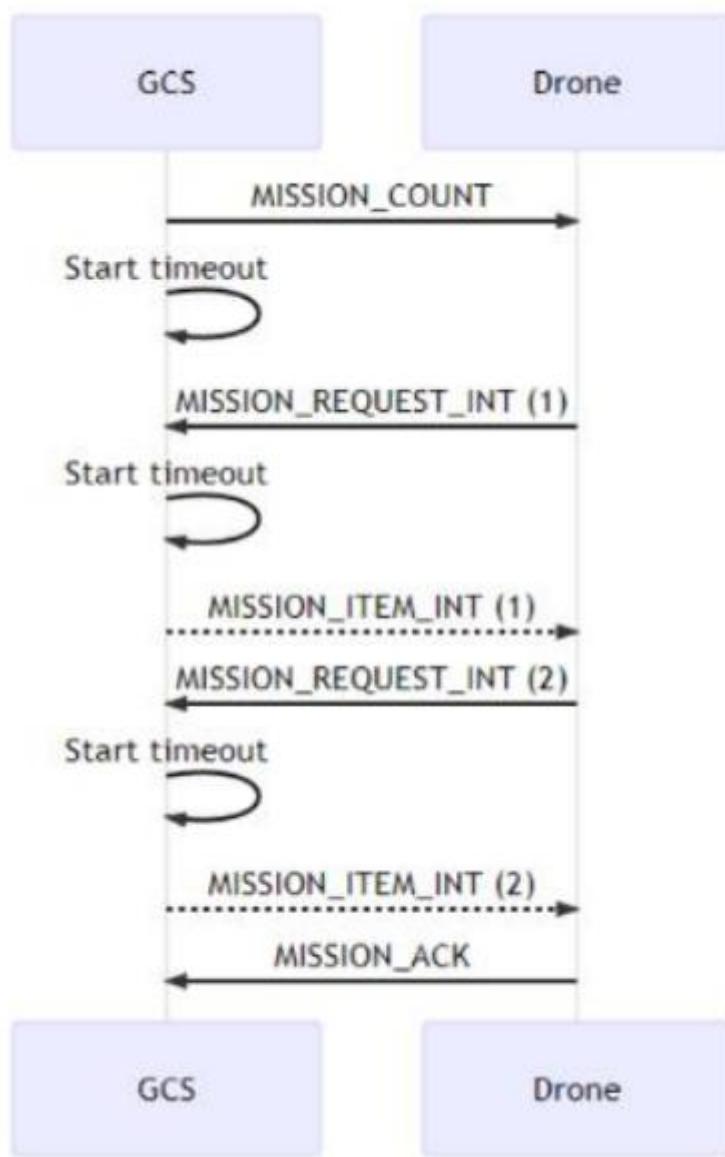
Hình 7.7: Sơ đồ sysid và compid giữa các thành phần trong thế giới MAVlink

Trong một system có nhiều phần cứng (camera, servo, GPS module, IMU module ...) và nhiều phần mềm (autopilot, pathplanner, obstacle avoider ...), mỗi thứ được coi là một component, định danh bằng id riêng. Khác với sysid, compid cho từng loại thiết bị được quy định sẵn bởi MAVLink: compid = 1 ứng với autopilot, compid = 100 ứng với camera, compid = 195 ứng với pathplanner.

Chú ý SYS ID và COMP ID trong cấu trúc MAVLink message là của bên gửi dữ liệu. Điều này có nghĩa là khi một component gửi gói tin, mặc định gói tin được gửi đến toàn bộ các component của các system trong mạng (broadcasting). Sysid và compid của bên nhận gói tin, nếu cần, sẽ được bổ sung trong phần payload của message (cụ thể là target_system và target_component).

MAVLink quy định nhiều kiểu message, định danh bằng id riêng. Một system duy trì sự hiện diện của mình bằng cách thường xuyên gửi gói tin Heartbeat lên mạng, thông báo tình trạng pin bằng SysStatus, gửi dữ liệu GPS bằng GPS_RAW_INT, nhận waypoint bằng MISSION_ITEM_INT ... Tập các msgid phổ biến và tổng quát nhất được quy định trong file common.xml. Ngoài ra, autopilot phổ biến như ArduPilot còn quy định thêm tập msgid cho riêng mình qua file ardupilotmega.xml.

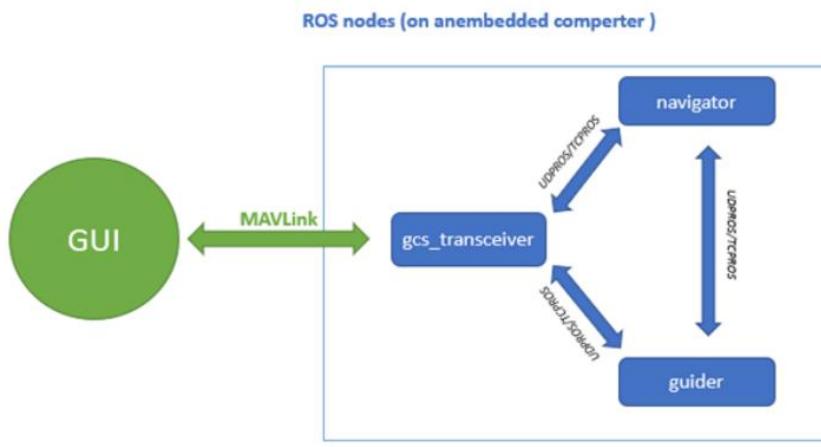
Microservice:



Chuỗi gửi và nhận các kiểu message nhất định để hoàn thành một tác vụ cụ thể, trong MAVLink, gọi là microservice. Ba microservice quan trọng nhất trong MAVLink là mission microservice, command microservice và parameter microservice. Ví dụ, mission microservice quy định khi muốn tải waypoints từ GCS lên Drone (phương tiện tự hành), hai bên cần trao đổi tuần tự các message như hình 7.9. Xem chi tiết quy trình của các microservice tại website chính thức của MAVLink.

Hình 7.8: Sơ đồ trao đổi message giữa GCS và phương tiện tự hành bằng MAVlink

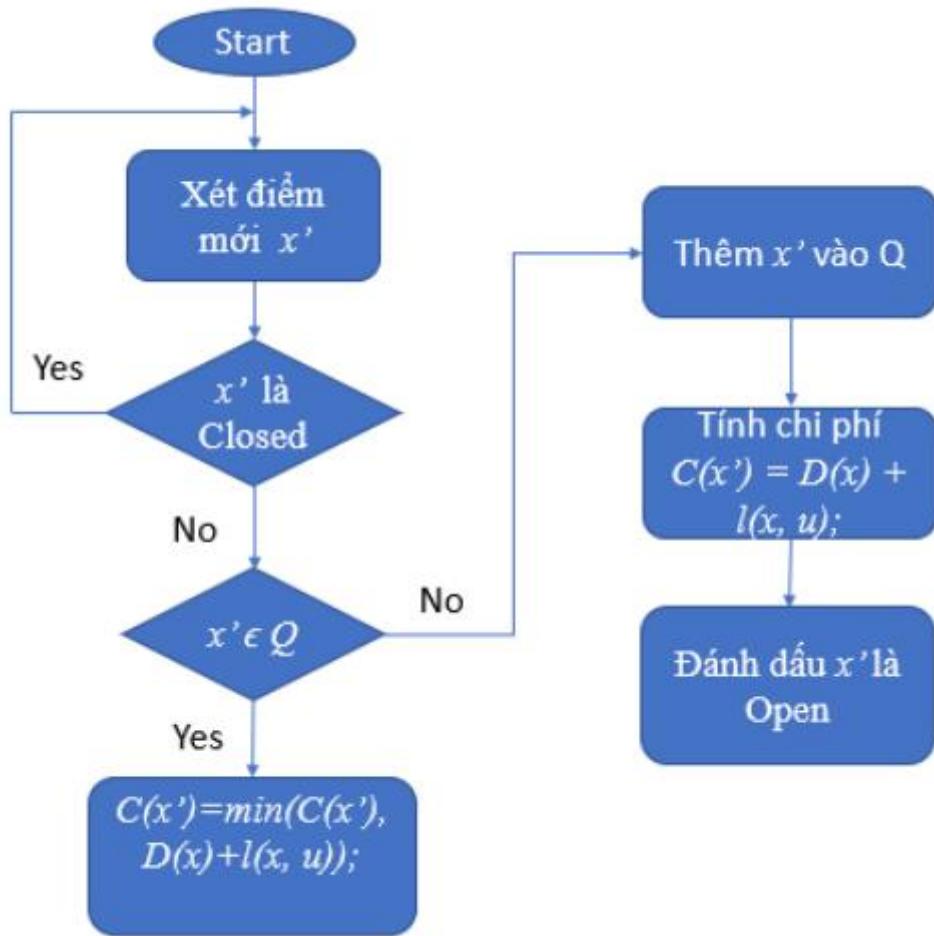
Giao tiếp với GUI thu thập dữ liệu thông qua ROS:



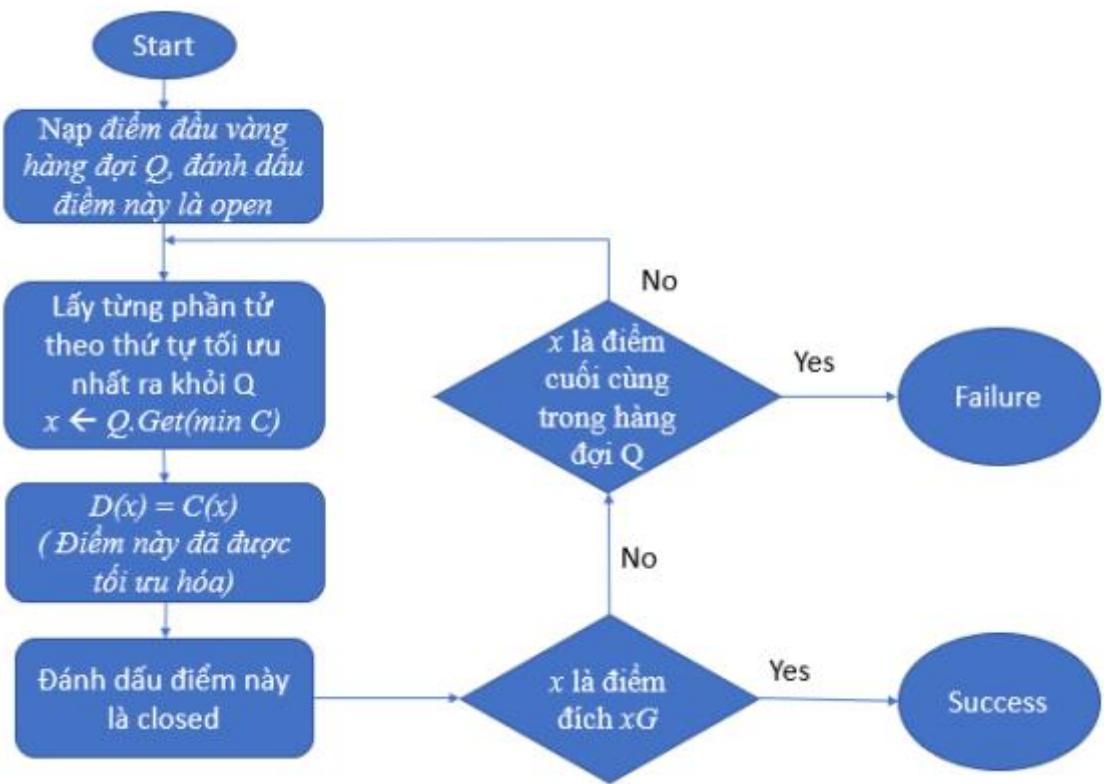
GCS (trạm kiểm soát mặt đất) chính là GUI thu thập dữ liệu. Để truyền nhận dữ liệu từ GUI tới robot bằng giao thức MAVLink thông qua nền tảng ROS, ta sử dụng thêm gói mavros. Nhiệm vụ của package này là biến các ROS message thành MAVLink message để truyền lên GUI. Một nhược điểm lớn khi sử dụng mavros là phải có các autopilot chuẩn như PX4 hay ArduPilot chạy trên các board chuẩn (Pixhawk). Do đó, ta sẽ không sử dụng toàn bộ gói này, mà chỉ sử dụng thư viện libmavconn cùng một số kiểu message trong mavros_msgs được cài kèm mavros. libmavconn là thư viện C++ thuần tuý (không sử dụng bất kì hàm nào trong ROS), cung cấp các API để đóng gói MAVLink message thành các khung truyền UDP, TCP hay Serial thông qua các API thuần tuý của C++ và Linux. Tận dụng thư viện này, ta sẽ viết một ROS node “trung gian”, đặt tên là gcs_transceiver, giao tiếp giữa GUI (sử dụng MAVLink) và robot là một hệ thống ROS node khác (sử dụng UDPROS/TCPROS).

Hình 7.9: Sơ đồ giao tiếp giữa GUI và máy tính nhúng trên xe

Lưu đồ điều khiển và thu thập dữ liệu:

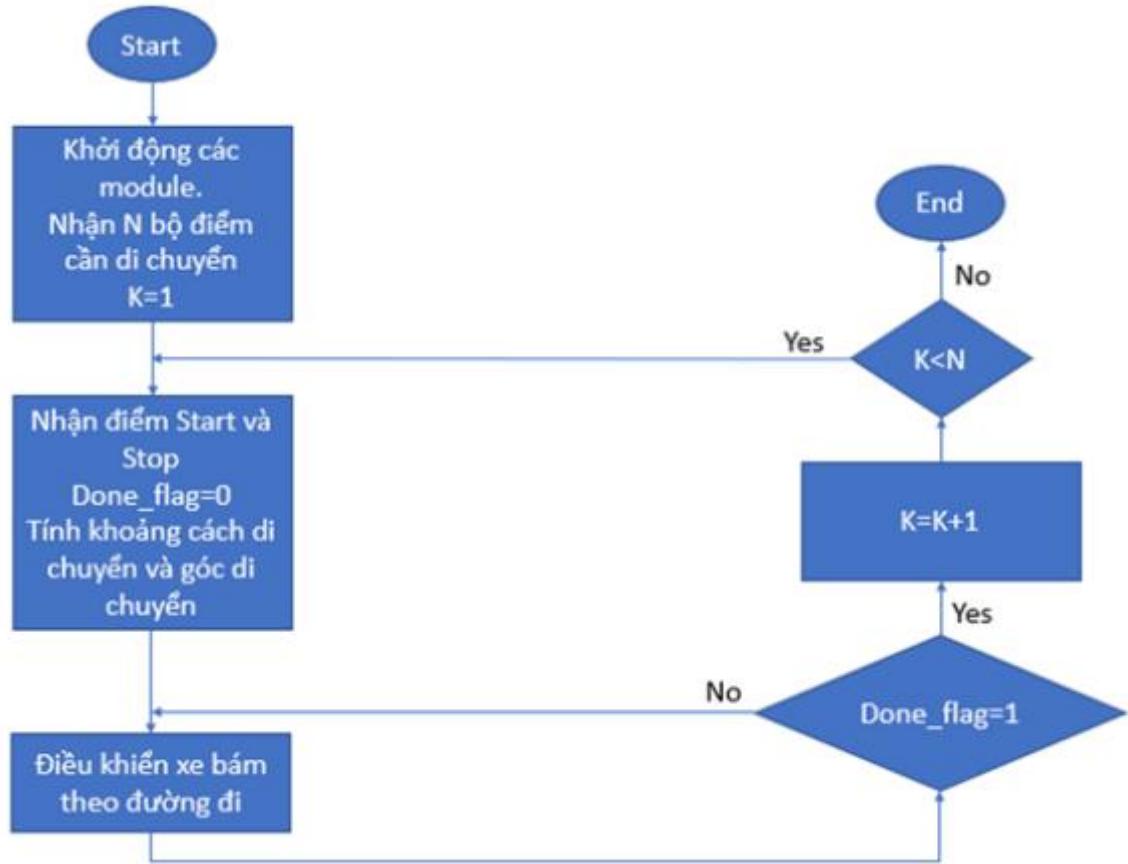


Lưu đồ tìm đường đi ngắn nhất bằng Dijkstra:



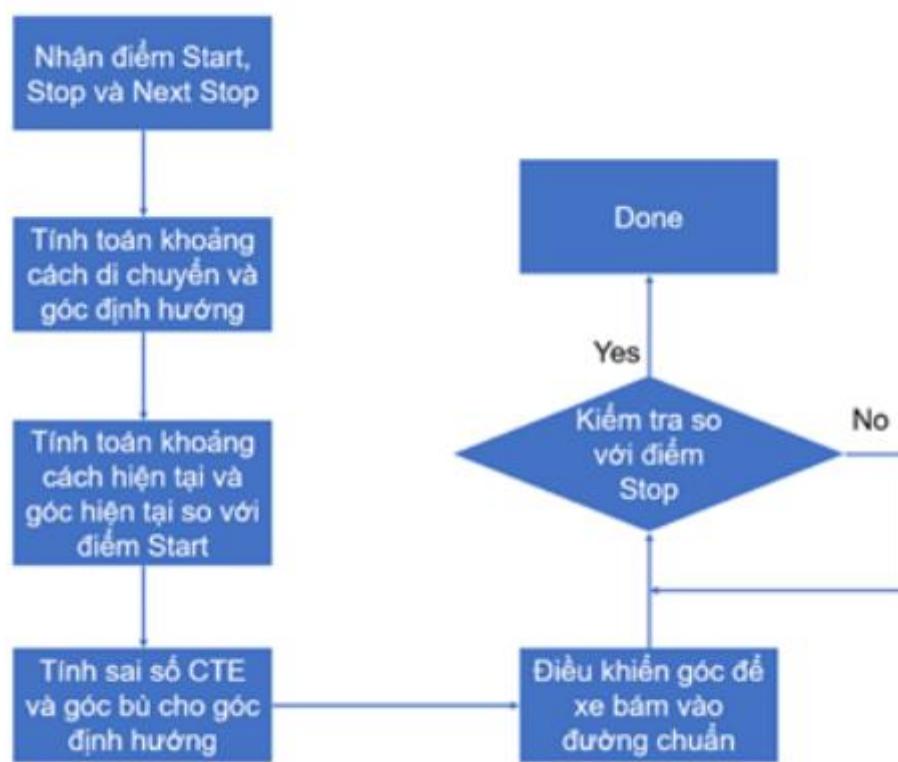
Hình 7.10: Lưu đồ mở rộng hàng đợi ưu tiên Q .

Hình 7.11: Lưu đồ tìm đường đi ngắn nhất



Lưu đồ giải thuật điều khiển xe tự hành:

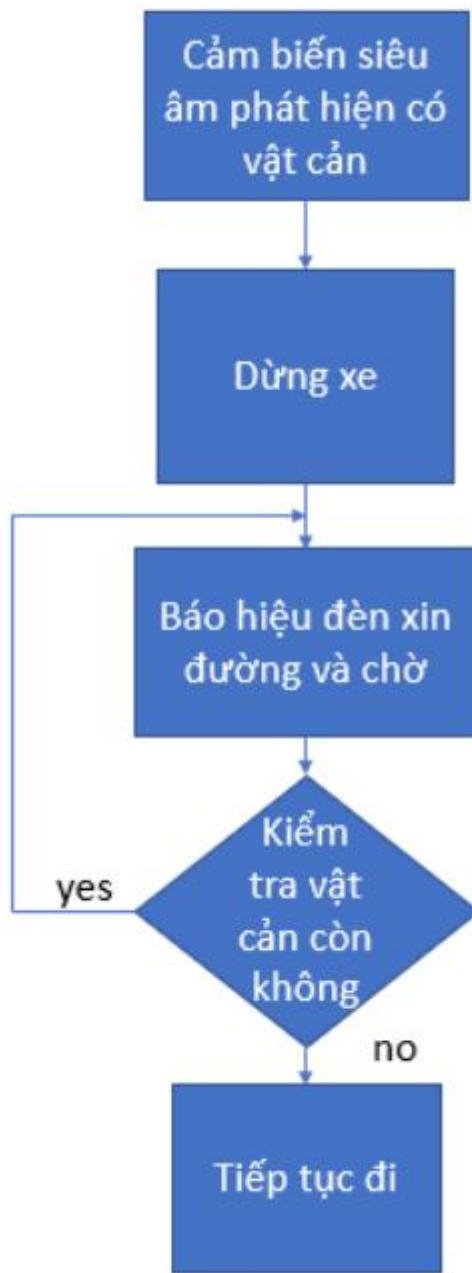
Hình 7.12: Lưu đồ tổng quát.



Lưu đồ điều khiển xe tự hành bám đường:

Hình 7.13: Lưu đồ điều khiển xe tự hành bám đường.

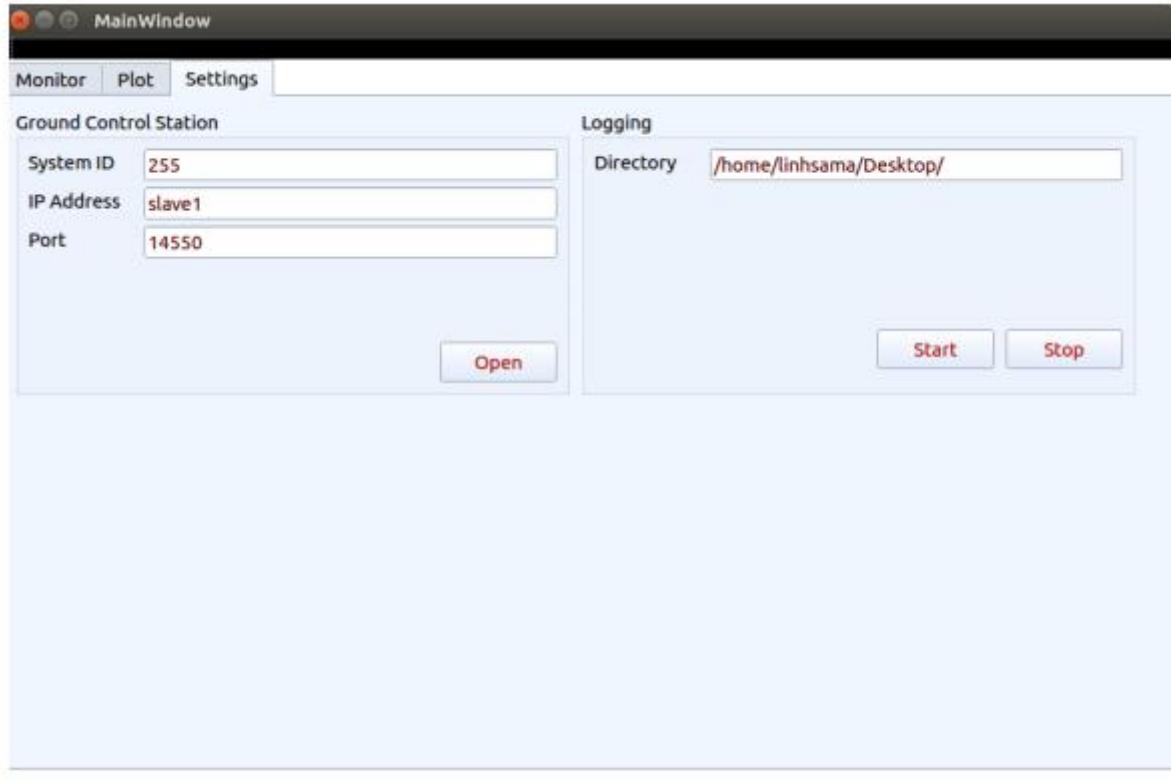
Lưu đồ giải thuật né vật cản:



Việc xe tự hành trên đường sẽ khó tránh khỏi gặp một số vật cản ngẫu nhiên (người, xe cộ,...). Do đó nhóm sử dụng cảm biến siêu âm để phát hiện vật cản phía trước đường đi của xe. Quyền ưu tiên của cảm biến siêu âm sẽ lớn hơn quyền điều khiển của hệ thống dẫn đường, việc điều khiển hệ thống khi nhận được tín hiệu vật cản từ Ultrasonic Sensor sẽ theo lưu đồ giải thuật như hình dưới đây.

Hình 7.14: Giải thuật né vật cản kết hợp Ultrasonic.

1.



Chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu từ máy tính:

Hình 7.15: Tab setting của chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu.

Group Logging: lưu file dữ liệu trạng thái của robot

Start: bắt đầu ghi dữ liệu vào file

Stop: kết thúc ghi dữ liệu và lưu file dưới dạng file_name.csv

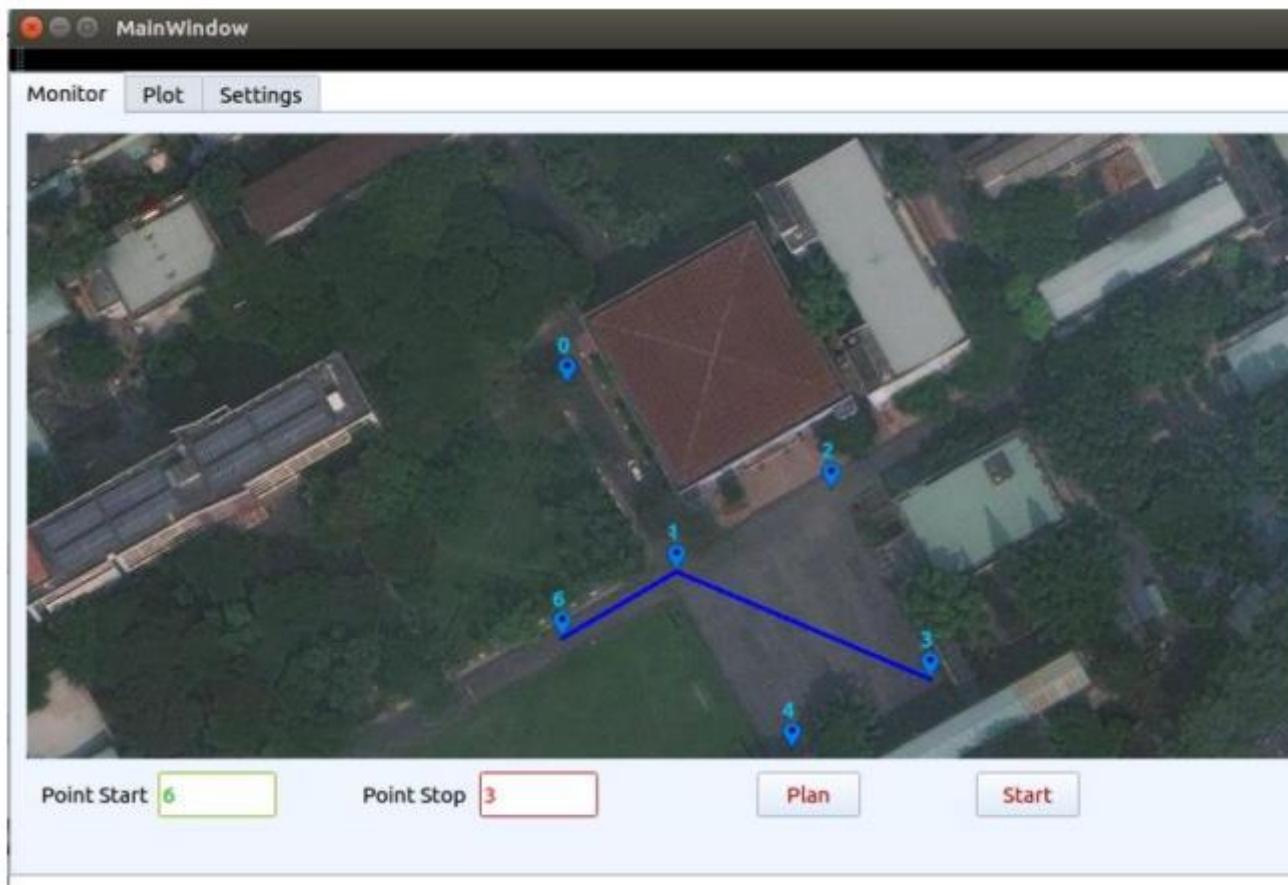
Directory: chứa đường dẫn để lưu file dữ liệu

Group Ground Control Station:

System ID: chứa sysID của chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu trong giao tiếp MAVLink

IP address: chứa địa chỉ Ipv4 của máy tính nhúng muốn kết nối với chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu

Port: chọn port để kết nối



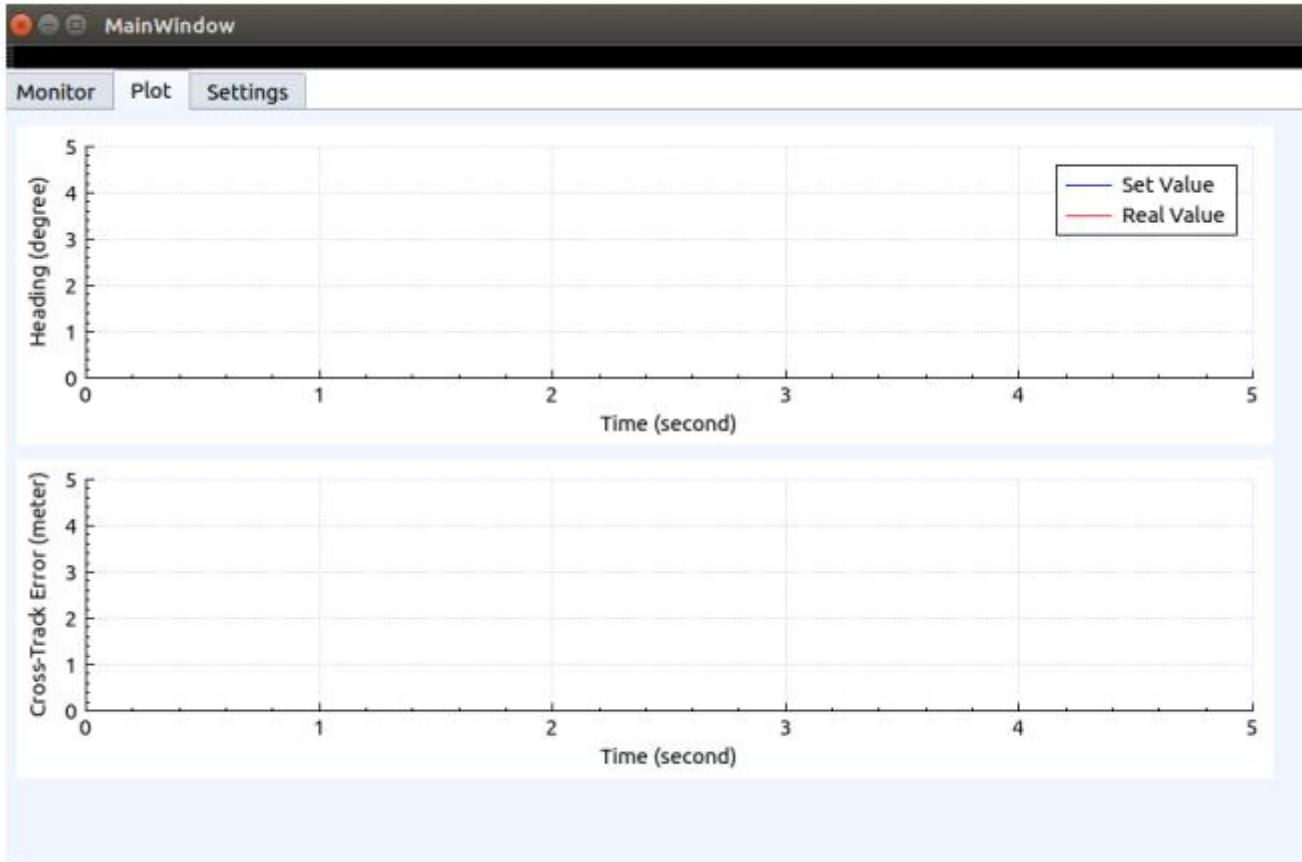
Hình 7.16: Tab monitor của chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu.

Monitor: điều khiển và theo dõi quãng đường di chuyển của robot

Point Start: chọn điểm đầu để tìm kiếm đường đi

Point Stop: chọn điểm cuối để tìm kiếm đường đi

Start: bắt đầu tính toán đường đi ngắn nhất giữa điểm đầu và điểm cuối, vẽ đường đã tính toán lên bản đồ



Start: ra lệnh cho xe di chuyển theo đường đã định

Hình 7.17: Tab plot của chương trình điều khiển và thu thập dữ liệu

Graph : vẽ đồ thị

Graph Heading: Biểu diễn 2 đường: góc hiện thời của xe, góc điều khiển mong muốn.

Graph CrossTrack Error: Biểu diễn sai số khoảng cách của xe so với tuyến đường chỉ định.

Chương 5. KẾT QUẢ

5.1. Kết quả thu thập khu vực làm việc

5.1.1. Tọa độ vị trí giao hàng

Sau khi thu thập dữ liệu GPS của các vị trí giao hàng ngoài trời và tọa độ của các điểm giao hàng trong nhà từ bản đồ trên, thu được bảng số liệu sau:

Bảng 6.1 Bảng kết quả tọa độ khu vực làm việc của Robot

STT	Không gian giao hàng	Vị trí giao hàng	Tọa độ GPS-Latitude	Tọa độ GPS-Longitude
1	Trường Đại Học Bách Khoa TPHCM CS2	Tòa H1	10.87959	106.80577
2		Tòa H2	10.88053	106.80501
3		Trước tòa H6	10.88002	106.80562
4		Trước tòa H3	10.88093	106.80521
5	Trường Đại Học Bách Khoa TPHCM CS1	Tòa B3	10.77258	106.65879
6		Tòa A5	10.77303	106.65965
7		Thư viện	10.77300	106.66002
8		Tòa A1	10.77272	106.65988

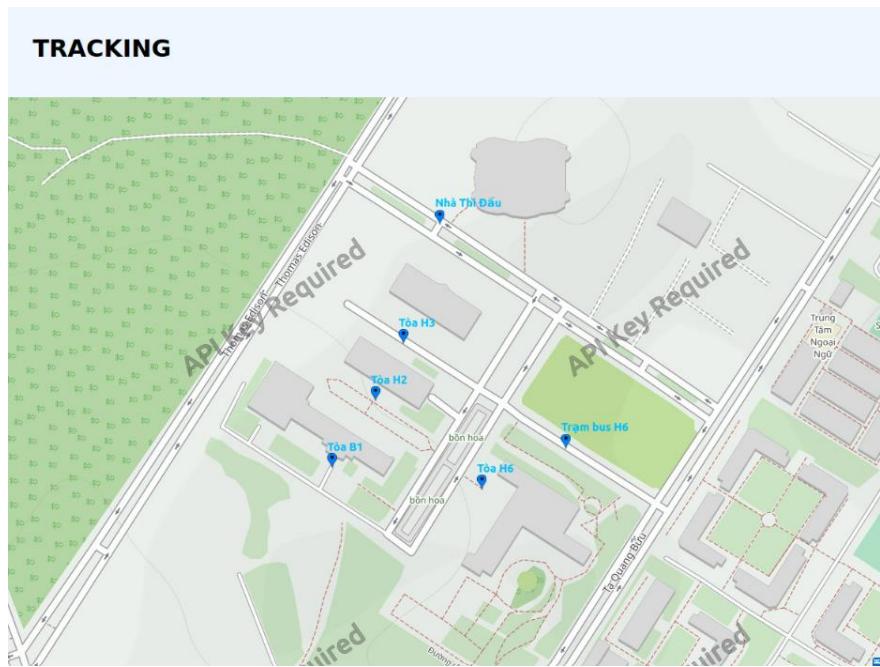
5.2. Kết quả giải thuật tạo quỹ đạo cho robot di chuyển

5.2.1. Quỹ đạo di chuyển giữa các điểm ngoài trời

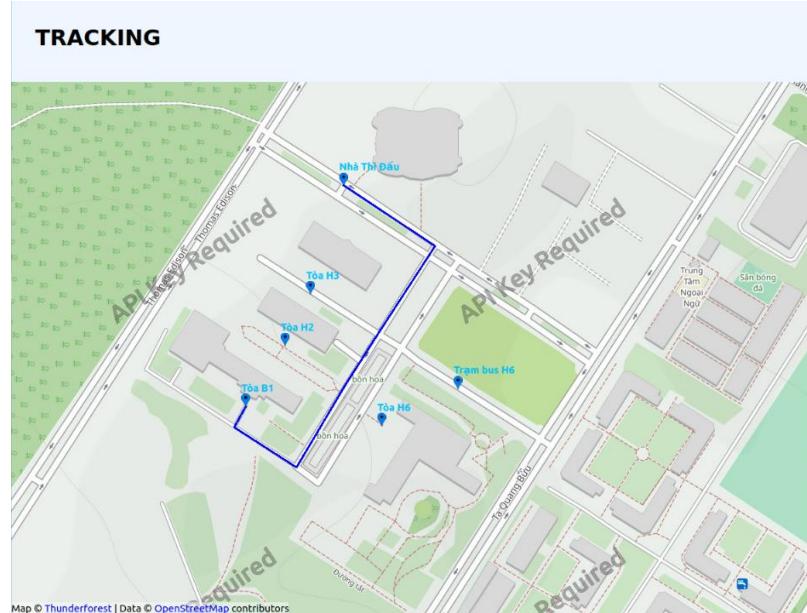
Dựa trên các vị trí hoạch định ở bảng 6.2, thực hiện thuật toán tìm đường đi ngắn nhất Djisktra, xác định được quỹ đạo cho robot di chuyển từ vị trí giao hàng ban đầu (nhà thi đấu) đến các điểm giao như sau:

Đường đi của robot khi di chuyển ngoài trời được biểu diễn trên phần mềm giám sát và điều khiển.

Tổng quan về không gian di chuyển của robot:

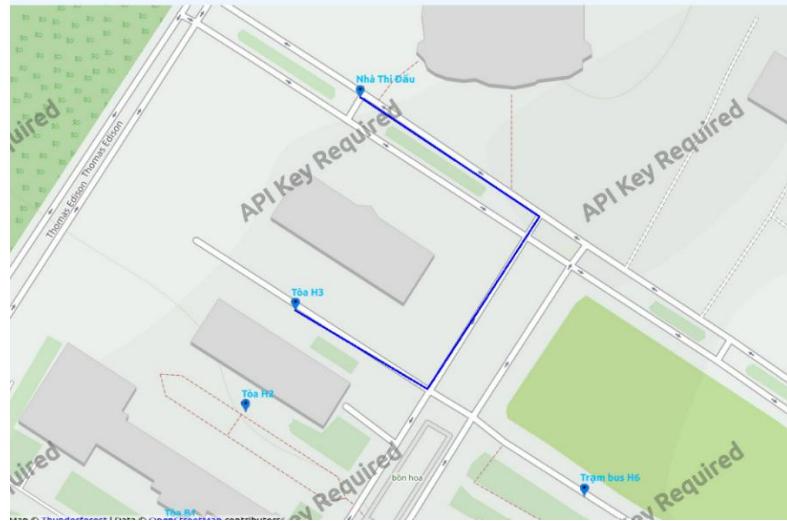


Hình 6.1 Tổng quan về khu vực làm việc ở cơ sở Dĩ An



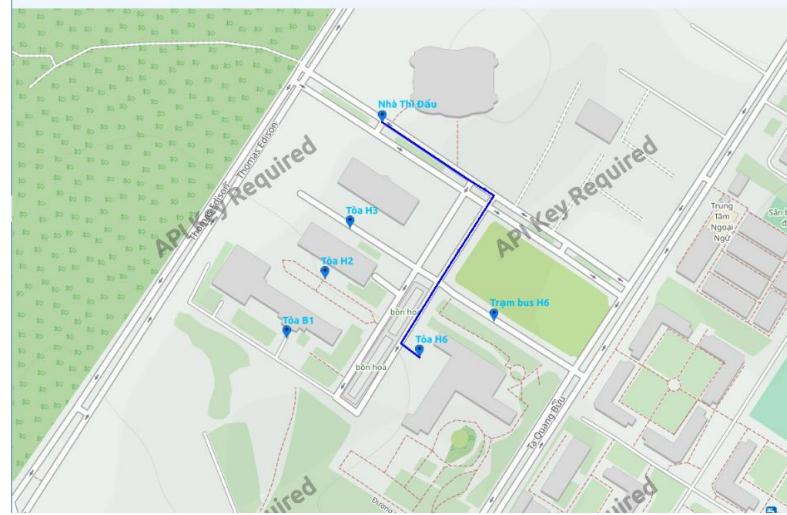
Hình 6.2 Đường đi hoạch định từ H1 đến nhà thi đấu

TRACKING

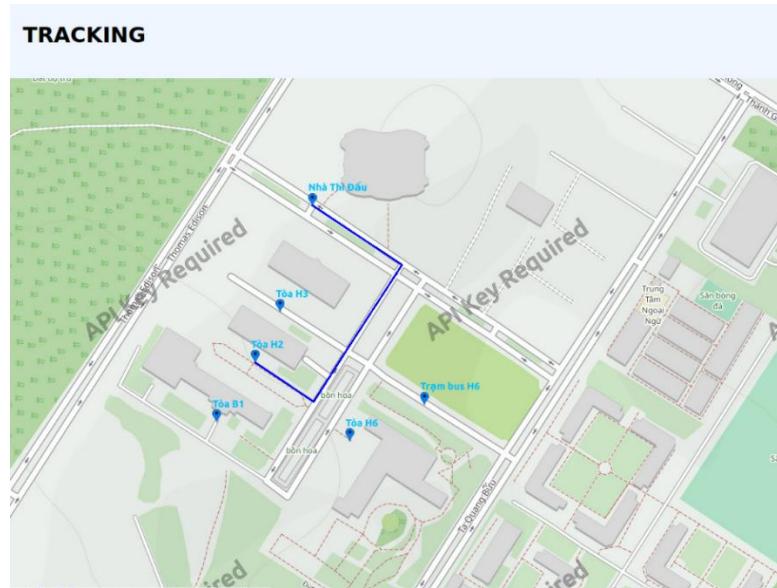


Hình 6.3 Hoạch định đường đi từ tòa H3 đến nhà thi đấu

TRACKING



Hình 6.4 Hoạch định đường đi từ tòa H6 đến nhà thi đấu

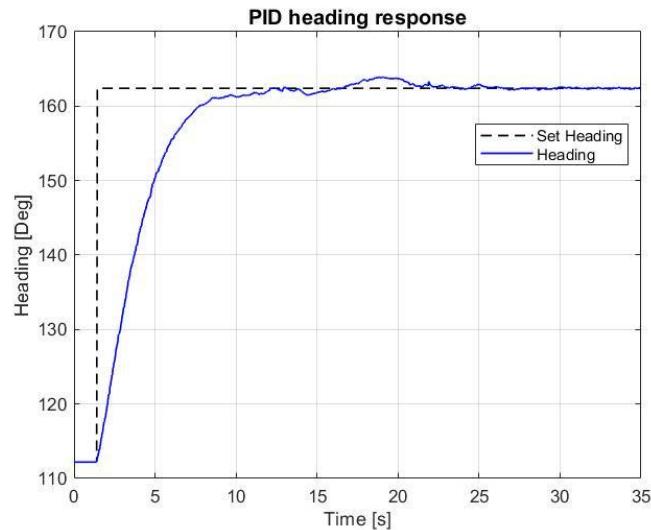


Hình 6.5 Hoạch định đường đi từ tòa H2 đến nhà thi đấu

5.3. Kết quả khảo sát bộ điều khiển PID cho góc bám

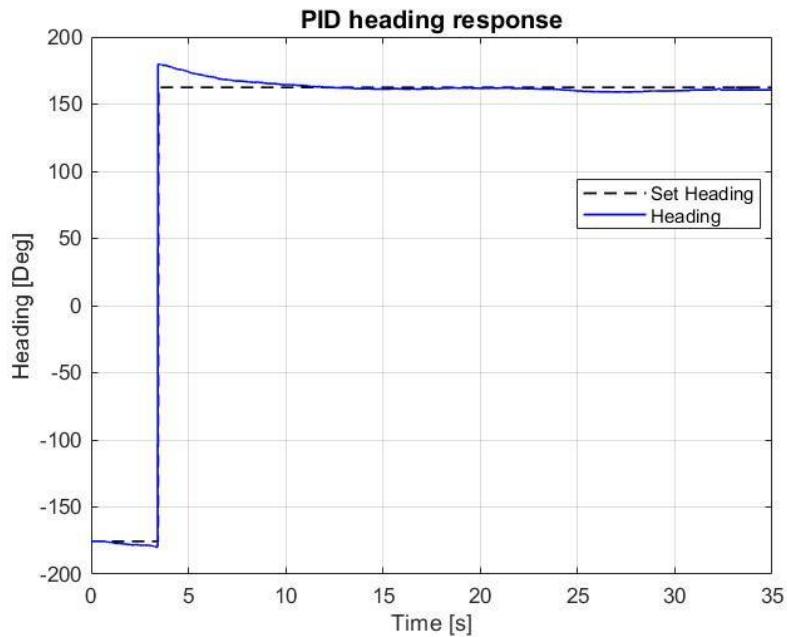
Sau khi chạy thử nghiệm với các thông số của bộ điều khiển PID cho góc bám , tiến hành chạy mô hình với 2 trường hợp , thu được kết quả sau:

- Góc cài đặt: 162,3
 - Góc đặt: 112,2



Hình 6.6 Đồ thị đáp ứng PID với đặt nhỏ hơn góc cài đặt

- Góc đặt : 175,4

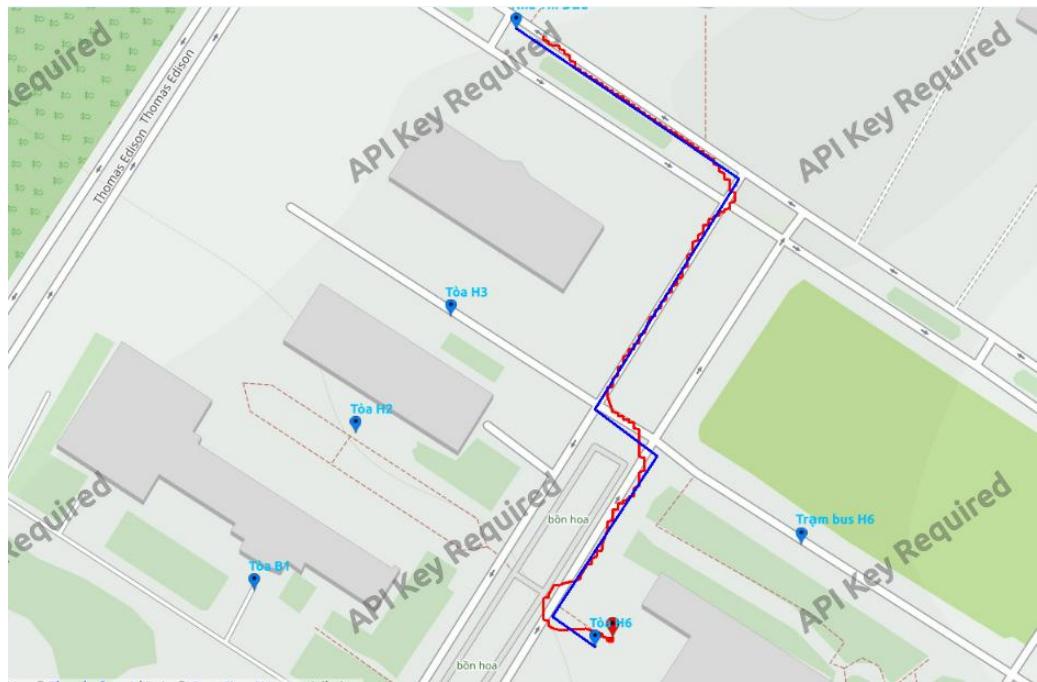


Hình 6.7 Đồ thị đáp ứng PID với góc đặt lớn hơn góc cài đặt

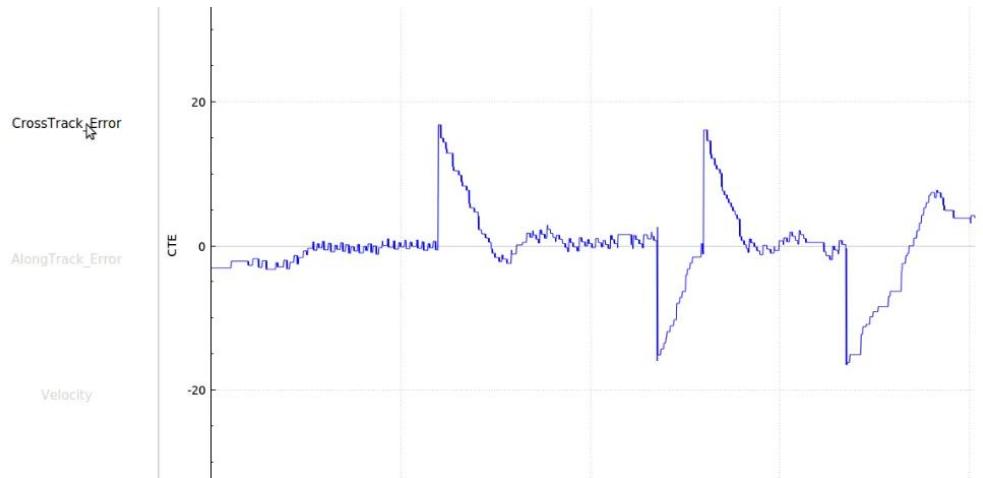
5.4. Kết quả di chuyển bám quy đạo

5.4.1. Di chuyển trên đường đi ngoài trời

- Kết quả di chuyển ngoài trời từ nhà thi đấu đến trước tòa H6



Hình 6.8 Quỹ đạo di chuyển của robot khi di chuyển từ nhà thi đấu đến trước tòa H6



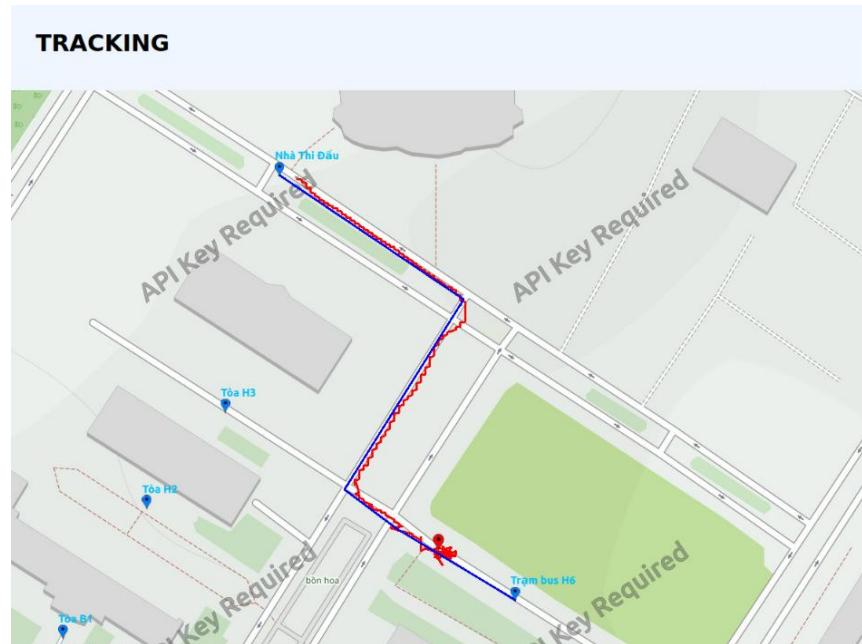
Hình 6.9 Đồ thị sai số của robot khi di chuyển từ nhà thi đấu đến trước tòa H6

Nhận xét:

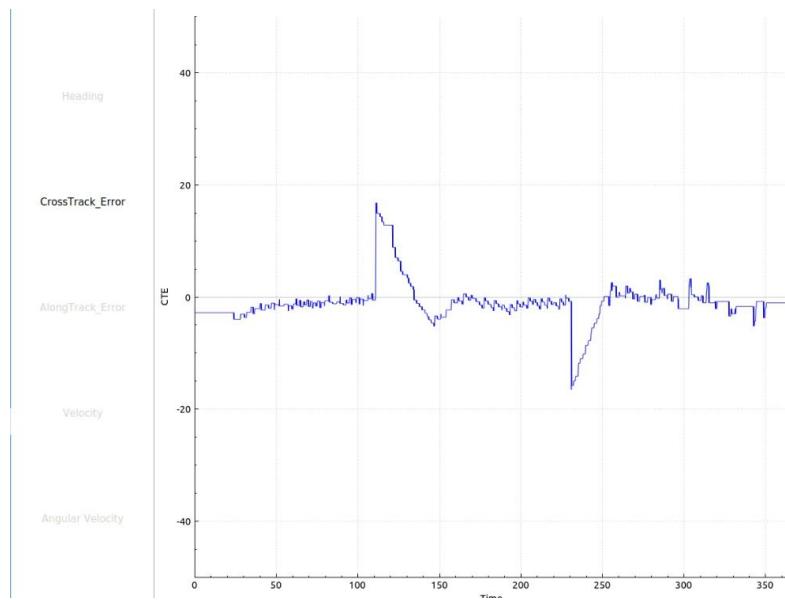
- Robot di chuyển ít dao động, đi tương đối thẳng, có thể trong đường đi cho phép

- Thời gian di chuyển giữa 2 điểm: 6 phút 50 giây
- Sai số Cross-track ~ 2 m

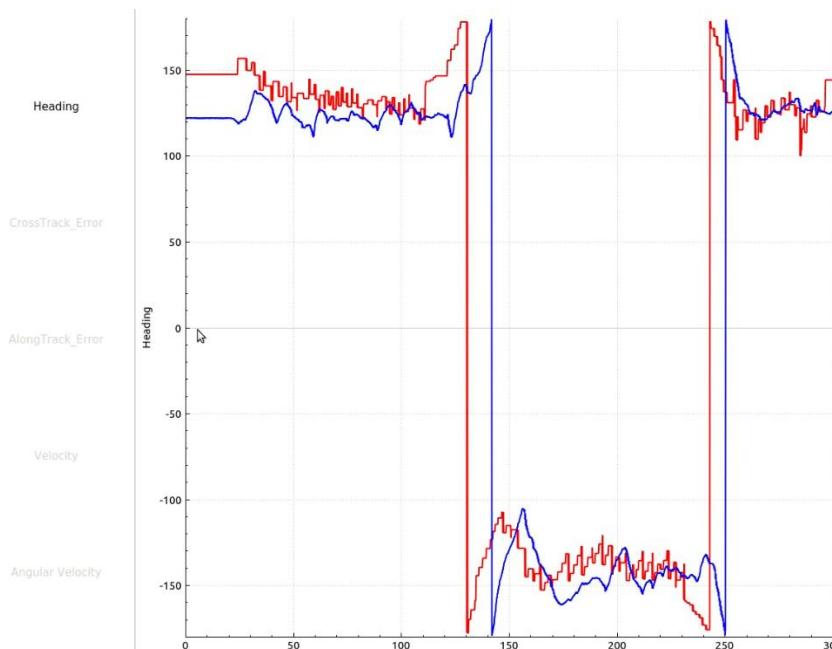
➤ Kết quả di chuyển ngoài trời từ nhà thi đấu đến trạm xe bus



Hình 6.10 Quỹ đạo di chuyển của robot từ nhà thi đấu đến trạm xe bus



Hình 6.11 Đồ thị sai số so với quỹ đạo của robot trên đoạn từ nhà thi đấu đến trạm xe bus



Hình 6.123 Đồ thị góc bám của robot khi di chuyển từ nhà thi đấu đến trạm xe bus

Nhận xét:

- Sai số cross-track hiệu dụng: ~ 1 m
- Thời gian giữa 2 lần di chuyển 4 phút 10 giây

- Robot di chuyển khá dao động do ảnh hưởng nhiều từ GPS cung quanh các tòa nhà

5.4.2.Đánh giá kết quả

Robot di chuyển hoàn thành đến các địa điểm giao hàng trong nhà và ngoài trời đặt ra. Đường đi thực tế bám tốt được quỹ đạo với sai số chấp nhận được so với chiều dài di chuyển và điều kiện thực nghiệm

Khi di chuyển có những đoạn có dao động về góc bám dẫn đến sai số với quỹ đạo do hiện tượng thay đổi GPS đột ngột trên những đoạn đường bị tán cây che khuất

Chương 6. TỔNG KẾT

6.1. Các kết quả đạt được

Qua bước đầu tìm hiểu và nghiên cứu, mặc dù gặp nhiều khó khăn trong việc nghiên cứu, làm quen và tìm hiểu đề tài, nhưng nhóm thấy được tính khả thi và có thể thực hiện được với thời gian và điều kiện cho phép. Những công việc nhóm đã thực hiện được:

- Hoàn thành việc tìm hiểu tổng quan về thực trạng, nhu cầu của phương pháp giao hàng bằng robot trên thế giới kết hợp với tìm hiểu một số robot giao hàng điển hình hiện có để đưa ra được đầu bài cho luận văn.
- Thiết kế, thi công được mạch tổng hợp cho vi điều khiển, thi công được mạch điều khiển động cơ, đấu nối các linh kiện, thiết bị thành một hệ thống điện thực tế hoàn chỉnh.
- Hoàn thành việc xây dựng các giải thuật điều khiển cho robot, lập trình mô phỏng trên phần mềm matlab để kiểm chứng giải thuật từ đó tiến hành lập trình điều khiển robot thực tế dựa trên nền tảng ROS.

6.2. Hạn chế

Bên cạnh các mặt đạt được đề tài cũng có các mặt hạn chế: Về giao thức truyền nhận giữa Desktop App và robot vẫn đang sử dụng MQTT, nó vẫn tương đối chậm so với các giao thức hiện hành. Chưa thiết kế mobile app để khách hàng có thể đặt hàng quan sát quá trình di chuyển của Delivery Robot. Việc lựa chọn động cơ có trực là ren nên khó khăn trong quá trình bẻ lái tại chỗ với góc lớn không được

6.3. Định hướng phát triển cho đề tài

Từ những kết quả đạt được, đề tài có thể phát triển và tối ưu hơn, một số đề xuất được đưa ra như sau:

- Thiết kế Mobile App để có thể ứng dụng thực tế

- Tối ưu các giải thuật điều khiển cho Robot, phần mềm quản lý, giám sát robot để hoạt động tốt hơn
- Việc nhận diện vật cản và né vật cản có thể dùng AI vào việc nhận diện để có thể phát hiện và đưa ra các phương án né đa dạng hơn
- Phát triển thêm lớp mạng để có thể hoàn chỉnh thành một hệ thống xuyên suốt và đồng nhất
- Tích hợp thêm các biện pháp bảo vệ và bảo mật cho xe tự hành

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Benard Marr. The Future Of Delivery Robots. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/11/05/the-future-of-delivery-robots/?sh=69f2a1167337>.
- [2] The Cartographer Authors (2021). Cartographer ROS Documentation
- [3] <https://robomart.co/safety/RobomartSafetyGuide.pdf>
- [4] <http://www.smartautomation.com.cn/m/content/?649.html>
- [5] Trịnh Chất – Lê Văn Uyển. (2016). *Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí*, Hà Nội. Nhà Xuất Bản Giáo Dục, pp. 161-172
- [6] <https://vn.misumi-ec.com/vona2/detail/>
- [7] Maciej Trojnacki. (2015). *Dynamics Model of a Four-Wheeled Mobile Robot for Control Applications – A Three-Case Study*.
- [8] Bách khoa toàn thư mở Wikipedia. *Hệ thống Định vị Toàn cầu*.
- [9] Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points.
Available: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>.
- [10] Khánh Linh (2013). Một số kỹ thuật định vị cho Robot di động, *Tạp chí tự động hóa ngày nay*, 154.
- [11] P. Goel, S. I. Roumeliotis and G. S. Sukhatme. *Robot Localization Using Relative and Absolute Position Estimates*, Department of Computer Science, University of Southern California, ed. Los Angeles.
- [12] Bách khoa toàn thư mở Wikipedia. ROS Tutorials,. Available:
<http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials>
- [13] Behinner's Guid To IMU
- [14] Nguyễn Minh Chương, Trần Văn Ánh, 2016, Luận văn tốt nghiệp. *Xe tự hành ngoài trời định vị bằng GPS kết hợp Encoder*.