

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA**



BÁO CÁO TỔNG KẾT

TÊN ĐỀ TÀI:

Nghiên cứu và thử nghiệm thuật toán bám line cho AGV

Lĩnh vực: Thuật toán dò line Pure Pursuit cho AGV

Chuyên ngành: Cơ Điện Tử

Sinh viên thực hiện chính:

- Nguyễn Văn Khánh Chiến Nam
- Nguyễn Văn Tuấn Nam

Người hướng dẫn chính: Thạc Sĩ Không Minh

Hà Nội, tháng 5 năm 2021

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA**

BÁO CÁO TỔNG KẾT

TÊN ĐỀ TÀI:

Nghiên cứu và thử nghiệm thuật toán bám line cho AGV

Lĩnh vực: Thuật toán dò line cho AGV

Chuyên ngành: Cơ Điện Tử

Nhóm sinh viên thực hiện:

- Nguyễn Văn Khánh Chiến

Năm thứ 2/4,5

Nghành học : Cơ Điện Tử

- Nguyễn Văn Tuấn

Năm Thứ 2/4.5

Nghành học : Công Nghệ Thông Tin

Người hướng dẫn: Thạc Sĩ Khổng Minh

Hà Nội, tháng 5 năm 2021

MUC LỤC

CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU CHUNG.....	5
1 Tổng quan về AGV	5
1.1 Định nghĩa.....	5
1.2 Phân loại AGV	5
1.2.1 Phân loại AGV theo chức năng	5
1.2.2 Phân loại AGV theo phương pháp dẫn đường.....	8
1.4 Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài	10
1.5 Lý do lựa chọn đề tài;.....	10
1.6 Mục tiêu, nội dung, phương pháp nghiên cứu của đề tài.....	11
1.6.1 Mục tiêu	11
1.7 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	12
CHƯƠNG II: THUẬT TOÁN BẮM ĐƯỜNG CHO AGV	13
2.1 Một số thuật toán nổi tiếng	13
2.2 Thuật toán pure pursuit	15
CHƯƠNG III: THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH THUẬT TOÁN TRÊN MÔ HÌNH AGV	19
3.1 Giới thiệu mô hình AGV thử nghiệm	19
3.1.1 Hệ thống điện.....	19
3.1.2 Sơ đồ thuật toán	20
3.1.4 Mô hình thực tế.....	22
CHƯƠNG IV: THỬ NGHIỆM	23
4.1 Giới thiệu phần mềm và hệ điều hành	23
4.2 Thử nghiệm thuật toán	23
Chương V KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ	24

5.1 Kết quả	24
5.1.1 Kết quả nghiên cứu	24
5.1.2 Kết quả xây dựng mô hình.....	24
5.2 Đánh giá và hướng phát triển.....	24
5.2.1 Đánh giá.....	24
5.2.2 Hướng phát triển của đề tài.....	24
TÀI LIỆU THAM KHẢO	25

CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU CHUNG

1 Tổng quan về AGV

1.1 Định nghĩa

Automatic guide vehicles **AGV** là những xe vận chuyển hàng hóa trên mặt phẳng, hoặc trong các nhà máy mà không cần người lái. Chuyển động của chúng có được là nhờ sự kết hợp giữa phần mềm và hệ thống hướng dẫn dựa trên cảm biến. Bởi vì chúng có khả năng di chuyển trên con đường xác định, có thể kiểm soát tăng giảm tốc chính xác và bao gồm các cảm biến phát hiện chướng ngại vật, nên AGV cung cấp sự di chuyển hàng hóa an toàn. Ứng dụng AGV điển hình bao gồm việc vận chuyển hàng hóa thô, làm việc theo quá trình, hỗ trợ trong dây chuyền sản xuất, và cung cấp các di chuyển khác để hỗ trợ lấy hàng trong các kho bãi và phân phối chúng [1.1].

1.2 Phân loại AGV

1.2.1 Phân loại AGV theo chức năng

a. Xe kéo (Towing Vehicle)

Xe kéo xuất hiện đầu tiên và bay giờ vẫn còn thịnh hành. Loại này có thể kéo được nhiều loại hàng khác nhau và chở được từ 8000 đến 60000 pounds. Ưu điểm của hệ thống xe kéo:

- + Khả năng chuyên chở lớn
- + Có thể dự đoán và lên kế hoạch về tính hiệu quả của việc chuyên chở cũng như đảm bảo an toàn.
- + Tăng tính an toàn.



Hình 1.1: AGV dạng Towing Vehicle

b. Xe chở (Unit Load Vehicle)

Xe tự hành chở được trang bị các tầng khay chứa có thể là các nâng, hạ chuyên động bằng băng tải, đai hoặc xích. Loại này có ưu điểm:

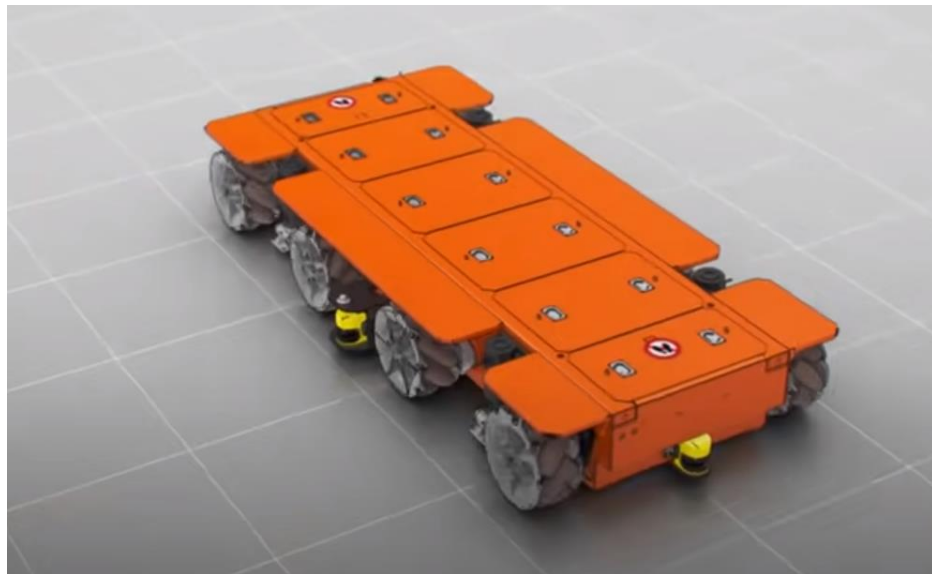
- + Tải trọng được phân phối và di chuyển theo yêu cầu.
- + Thời gian đáp ứng nhanh gọn.
- + Giảm hư hại sản phẩm.
- + Đường đi linh hoạt.
- + Giảm thiểu các tắc nghẽn giao thông chuyên chở.
- + Lập kế hoạch hiệu quả.



Hình 1.2 Xe tự hành AGV dạng Unit Load Vehicle

c. Xe đẩy (Cart Vehicle)

Xe đẩy được cho là có tính linh hoạt cao và rẻ tiền. Chúng được sử dụng để chuyên chở vật liệu và các hệ thống lắp ráp



Hình 1.3 Xe tự hành AGV dạng Cart Vehicle

* Xe nâng (Fork Vehicle)

Có khả năng nâng các tải trọng đặt trên sàn hoặc trên các kệ cao hay các khối hàng đặt trên giá. Các ứng dụng thực tế của AGV trong các ngành sản xuất: Các ngành May mặc, Giày da, sản xuất Ô Tô, sản xuất linh kiện điện tử, các ngành đặt thù cần vận chuyển nhiều trong nhà máy



Hình 1.4 Xe tự hành AGV dạng Fork Vehicle

1.2.2 Phân loại AGV theo phương pháp dẫn đường

a. Loại chạy không theo đường dẫn (free path navigation)

Là loại xe AGV có tính linh hoạt cao được định vị vị trí nhờ các cảm biến xác định hướng di chuyển. Ngoài ra còn có cảm biến laser dùng để xác định vị trí các vật thể xung quanh trong quá trình di chuyển. Hay hệ thống định vị cục bộ (local navigation location) phụ trách xác định tọa độ tức thời,...

Loại này có đặc điểm có thể di chuyển đến bất kỳ vị trí nào trong phạm vi điều khiển. Nó có thể tự động tìm kiếm đường đi ngắn nhất. Tuy nhiên chi phí chế tạo lớn và đòi hỏi công nghệ cao.



Hình 1.5 Xe tự hành AGV dạng free path navigation

b. Loại chạy theo đường dẫn (fixed path navigation)

Các vật liệu được sử dụng để tạo ra đường dẫn gồm: Vạch màu, băng từ, đường dây từ, đường ray,... Khi đó các xe tự hành AGV sẽ chạy theo các đường dẫn này tới các vị trí được xác định trên bản đồ di chuyển.

Loại này có đặc điểm là có đường đi cố định. Khi muốn thay đổi đường đi cần thiết lập lại hệ thống dẫn đường. Tuy nhiên công nghệ điều khiển này đơn giản hơn và có chi phí thấp hơn loại chạy không theo đường dẫn. Các cảm biến sử dụng cho loại này có thể là cảm biến từ trường, cảm biến quang, cảm biến kim loại.



Hình 1.6 Xe tự hành AGV dạng fixed path navigation

1.4 Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài

Cùng với sự phát triển của công nghệ robot, AGV đã trở thành một lĩnh vực đa dạng như lấy hàng và vận chuyển hàng hóa trong nhà kho, xử lý các nguyên linh hoạt trong các dây chuyền sản xuất. Khả năng của AGV là thực hiện các nhiệm vụ mà không có sự can thiệp của con người góp phần đáng kể vào ngành công nghiệp, chẳng hạn, giảm rủi ro nghề nghiệp đối với môi trường làm việc nguy hiểm bằng cách thay thế các công việc của con người tại nơi làm việc, Vì vậy không còn nghi ngờ gì nữa ứng dụng AGV là 1 giải pháp đáng kể để cải thiện năng suất làm việc.

AGV dò line là một trong những loại AGV xuất hiện từ lâu và được sử dụng phổ biến nhất, kiểu AGV này sẽ điều hướng theo một đường đi được xác định trước, có thể là đường bằng sơn, bằng từ,... Để AGV có thể điều hướng đường đi một cách chính xác và êm ái thì việc nghiên cứu các thuật toán bám đường là vô cùng quan trọng. Chính vì sự phát triển từ rất sớm của loại AGV này mà từ lâu người ta đã nghiên cứu và thử nghiệm nhiều thuật toán bám đường

1.5 Lý do lựa chọn đề tài;

- Ứng dụng rộng rãi và sự phát triển của AGV:

Cùng với sự mở rộng sản xuất của các nhà máy, các yêu cầu vận chuyển, bốc dỡ và tích trữ hàng hóa trở nên ngày càng quan trọng hơn. Với xu hướng tự động hóa thay thế nhân công trong các lĩnh vực sản xuất, Việc nghiên cứu các thuật toán tìm đường cho AGV ngày càng trở nên quan trọng trong toàn bộ lĩnh vực vận chuyển vật liệu. Đặc biệt là trong các nhà máy sản xuất linh kiện điện tử, sản phẩm khuôn đúc, chi tiết lắp ráp, dược mỹ phẩm, thực phẩm – đồ uống,...

Theo báo cáo nghiên cứu của Markets and Markets, vào cuối năm 2015, thị trường xe tự hành AGV được định giá hơn 800 triệu USD và dự kiến chỉ tăng gấp đôi trong vòng 9 năm. Nhưng 3 năm sau, định giá của AGV đã vượt mức 1,5 tỷ đô la. Mặc dù năm 2020 toàn cầu biến động do dịch Covid, nhưng thị trường AGV vẫn đạt 2,3 tỷ đô la và được dự kiến tăng lên 3,6 tỷ đô la vào năm 2025. Sở dĩ có sự tăng trưởng vượt bậc như vậy vì nhu cầu tự động hóa nhà máy, phân xưởng trong các ngành công nghiệp ngành càng tăng cao, thêm nữa là sự phổ biến của thương mại điện tử do COVID-19 và cải thiện các tiêu chuẩn an toàn tại nơi làm việc.

- Phù hợp với các chuyên ngành Cơ điện tử và Công nghệ thông tin:

Để xây dựng và triển khai thành công một AGV thì cần có sự kết hợp các công việc phức tạp đòi hỏi nhiều trí thức. Bởi AGV là sản phẩm có sự kết hợp của cả 2 lĩnh vực cơ điện tử và công nghệ thông tin. Cơ điện tử thì xây dựng triển khai các phần cứng của AGV, công nghệ thông tin thì lập trình, xây dựng các phần mềm cho AGV.

1.6 Mục tiêu, nội dung, phương pháp nghiên cứu của đề tài

1.6.1 Mục tiêu

- Nghiên cứu để hiểu biết cơ bản các thuật toán dẫn đường cho AGV.
- Nghiên cứu và thử nghiệm thuật toán dẫn đường cho AGV sử dụng thuật toán Pure Pursuit và đánh giá ảnh hưởng của các tham số trong thuật toán.

1.6.2 Nội dung

- Tổng quan chung của AGV.
- Tổng quan truyền thông và xử lý tín hiệu.

- Các thuật toán bám line cho AGV
- Thử nghiệm trên mô hình AGV, đo đạc, đánh giá

1.7 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Các thuật toán dẫn đường cho AGV
- Phạm vi: Thuật toán Pure Pursuit dẫn đường cho AGV sử dụng 2 bánh vi sai, dẫn đường bằng line từ.

CHƯƠNG II: THUẬT TOÁN BÁM ĐƯỜNG CHO AGV

2.1 Vị trí, vai trò của thuật toán bám đường trong việc điều khiển AGV

- Vị Trí

Thuật toán bám đường chiếm một phần lớn trong việc điều khiển AGV. Thuật toán ảnh hưởng tới mọi hoạt động của AGV.

-Vai trò

Thuật toán bám đường không những có thể giúp AGV bám đường một cách hiệu quả hơn mà còn giúp điều khiển AGV đơn giản hơn có thể tối ưu hóa việc lập trình. ngoài ra thuật toán bám đường còn giúp chương trình điều khiển với hiệu quả cao và tốc độ xử lý nhanh tạo ra hướng xử lý mới cho AGV

2.2 Một số thuật toán cơ bản

Việc phát triển các thuật toán bám đường cho AGV là vô cùng quan trọng, để AGV có khả năng tự động di chuyển hoàn thành mục tiêu trên những tuyến đường nhất định. Bởi vậy mục đích chính của tất cả các thuật toán là tìm ra mối quan hệ giữa sai số đường đi với vận tốc lái và vận tốc góc của AGV. Một trong những thuật toán phổ biến như là: Pure-Pursuit, Stanley hoặc MPC...

Phương pháp chung của 3 thuật toán kể trên đều dựa trên tính toán hình học, tức là sẽ theo đuổi một vị trí phía trước xe với khoảng cách nhìn về phía trước, sau đó tính toán bằng phương pháp hình học để kết nối vị trí này với vị trí hiện tại của xe. Ví dụ: Pure-Pursuit sử dụng một đường cong vòng tròn để khớp hai vị trí.

2.2.1 Thuật toán Stanley:

Bộ điều khiển Stanley. Đây là phương pháp theo dõi đường đi được sử dụng bởi nhóm Darpa Grand Challenge của Đại học Standford. Khác với phương pháp truy đuổi thuần túy sử dụng trục sau làm điểm tham chiếu, phương pháp Stanley sử dụng trục trước làm điểm tham chiếu. Trong khi đó, nó xem xét cả lỗi tiêu đề và lỗi đường chéo. Trong phương pháp này, lỗi đường cắt ngang được định nghĩa là khoảng cách giữa điểm gần nhất trên đường dẫn với trục trước của xe.

$\psi(t)$ là góc giữa hướng quỹ đạo và hướng xe. Góc đánh lái được ký hiệu là δ . Có ba định luật chỉ đạo trực quan của phương pháp Stanley

Đầu tiên $\delta(t) = \psi(t)$

Thứ hai, loại bỏ lỗi chạy chéo. Bước này là để tìm điểm gần nhất giữa đường đi và phương tiện được ký hiệu là $e(t)$. Góc lái có thể được điều chỉnh như sau:

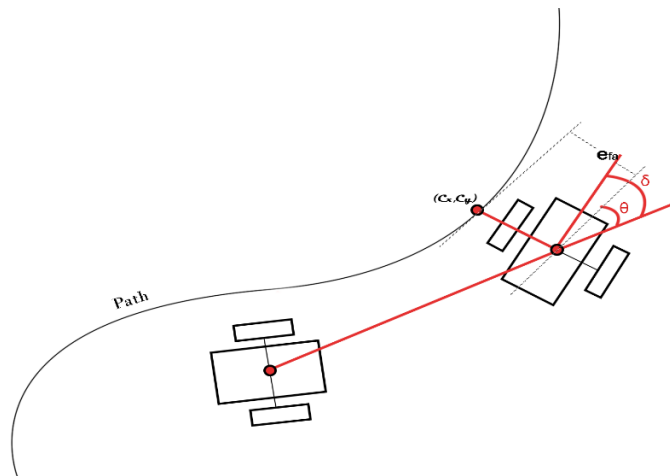
$$\delta(t) = \tan^{-1}\left(\frac{ke(t)}{v(t)}\right)$$

Bước cuối cùng là tuân theo giới hạn góc lái tối đa. Điều đó có nghĩa là :

$$\delta(t) = \psi(t) + \tan^{-1}\left(\frac{ke(t)}{v(t)}\right) \text{ với } \delta(t) \in [\delta_{min}, \delta_{max}].$$

Thông thường để điều chỉnh bộ này người ta thường đưa hệ số k vào :

$$\delta(t) = \psi(t) + \tan^{-1}\left(\frac{ke(t)}{k+v(t)}\right)$$



Hình 2.1: Đồ thị thuật toán Stanley

2.2.2 Thuật toán pure pursuit

Phương pháp pure pursuit điều khiển kiểu bám đường được đề xuất đầu những năm 1990 là một trong những phương pháp hình học được áp dụng phổ biến và hiệu quả nhất

Phương pháp này được sử dụng để tính toán độ cong của quãng đường máy di chuyển từ vị trí hiện tại tới một điểm xác định, gọi là điểm đích. Chiều dài của dây cung được gọi là cự ly đặt trước.

Những ưu điểm chính của thuật toán này là tính toán đơn giản, có thể điều chỉnh cự ly đặt trước để cải thiện độ chính xác

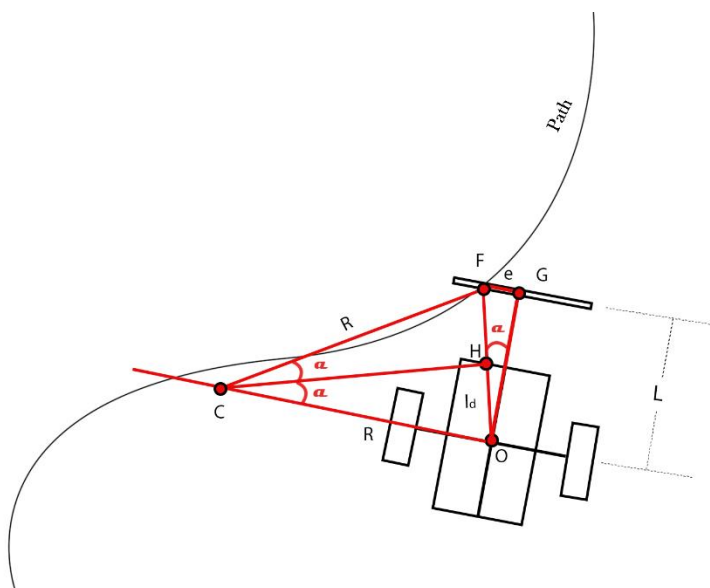
Ý tưởng của thuật toán là điểm tham chiếu có thể được đặt trước đường đi một cách cố định trước xe và hướng lái được tính toán theo điểm này

Trong phương pháp này tâm trục sau sử dụng làm điểm tham chiếu trên xe

nối điểm tham chiếu với mục tiêu ta được hướng nhìn thẳng có độ lớn l_d , góc tạo giữa đường thẳng này và vecto vận tốc của xe có độ lớn là α

Kẻ đường trung trực với đoạn l_d cắt đường thẳng nối 2 trục sau tại C,

Gọi e là sai số lệch đường của robot mà cảm biến đo được .



Hình 2.1: Đồ thị thuật toán Pure Pursuit

Từ hình vẽ ta có

-Xét ΔFOG có:

$$+\sin(\alpha) = \frac{e}{l_d}$$

-Xét ΔCOH có:

$$+\sin(\alpha) = \frac{l_d}{2R}$$

$$\Rightarrow \frac{e}{l_d} = \frac{l_d}{2R} \Leftrightarrow R = \frac{l_d^2}{2e} \quad \text{mà} \quad l_d^2 = e^2 + L^2$$

$$\Rightarrow R = \frac{e^2 + L^2}{2e}$$

-Xét góc quay của robot được tính theo công thức

$$+\omega = \frac{v}{R} \Leftrightarrow \omega = \frac{v \cdot 2e}{e^2 + L^2}$$

-vậy thuật toán được viết như sau:

$$+\omega = \frac{v \cdot 2e}{e^2 + L^2}$$

$$+v = \text{const}$$

2.3 Thuật toán pure pursuit cải tiến

Nhược điểm của thuật toán PP là độ lớn của vận tốc góc phụ thuộc hoàn toàn vào độ lớn của vận tốc dài và bán kính cong R. Tuy nhiên để tăng độ nhạy cảm của vận tốc w so với sai số e ta cần thêm hệ số k vào công thức tính vận tốc góc w . Do đó công thức PP được biến đổi như sau:

$$\begin{cases} v = \text{const} \\ w = k \cdot v \cdot \frac{1}{R} \end{cases}$$

Để thuật toán chạy ổn định hơn chúng em đưa vào một hệ số k vào thuật toán để tang sự ổn định và để tìm hệ số k phù hợp nhất để AGV chạy mượt nhất.

Vậy thuật toán được viết lại như sau:

$$+ \omega = \frac{v \cdot 2e \cdot k}{e^2 + L^2}$$

$$+v = \text{const}$$

Phương trình trên cho thấy độ cong tỷ lệ với sai số đường chéo. Khi sai số tăng lên, độ cong sẽ tăng, đưa xe trở lại đường đi một cách nhanh hơn. Mức tăng tỷ lệ có thể được điều chỉnh bởi hệ số k. Nói tóm lại, điều khiển truy đuổi thuần túy hoạt động như một bộ điều khiển tỷ lệ góc lái hoạt động trên lỗi đường chéo. Có thể giảm lỗi đường cắt ngang bằng cách kiểm soát góc lái, vì vậy phương pháp này có hiệu quả.

2.2.4 bộ điều khiển dự đoán MPC

Khái niệm chính của MPC là sử dụng mô hình của nhà máy để dự đoán sự tiến hóa trong tương lai của hệ thống

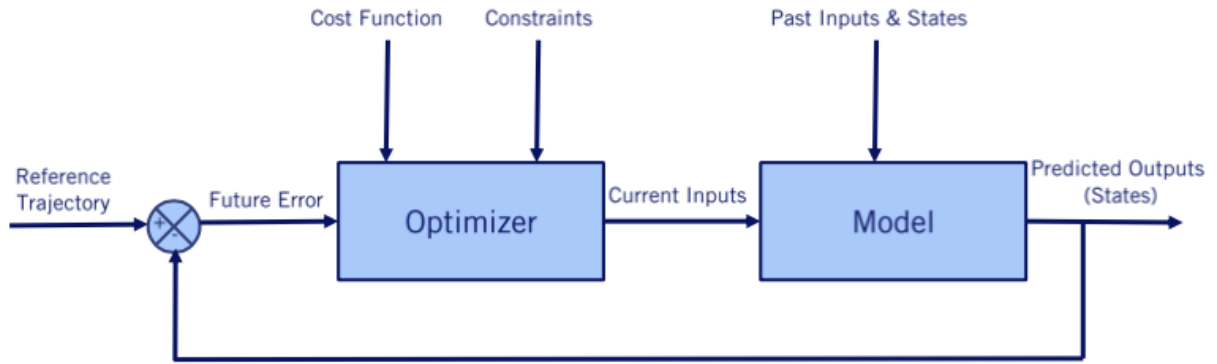
Hàm dự đoán là

$$J(x(t), U) = \sum_{j=t}^{t+T-1} \delta x_{j|t}^T Q \delta x_{j|t} + u_{j|t}^T R u_{j|t}$$

Trong phương trình trên, với đầu vào là góc lái, δx là khoảng cách giữa điểm dự đoán và điểm tham chiếu như sau

$$\delta x_{j|t} = x_{j|t,des} - x_{j|t}$$

Toàn bộ quy trình được tóm tắt:



Hình 2.3 cấu trúc của MPC

Trước hết, giả sử giới hạn góc lái của chúng ta là $\delta(t) \in [\delta_{min}, \delta_{max}]$. Tôi sử dụng một phương pháp đơn giản giúp tách rời đầu vào của mô hình, đó là góc lái δ thành các giá trị có cùng khoảng thời gian.

Sau đó, chúng ta có thể nhận được các đầu ra dự đoán là $[x, y, \theta, \delta]$ bằng cách sử dụng mô hình trên và đầu vào δ

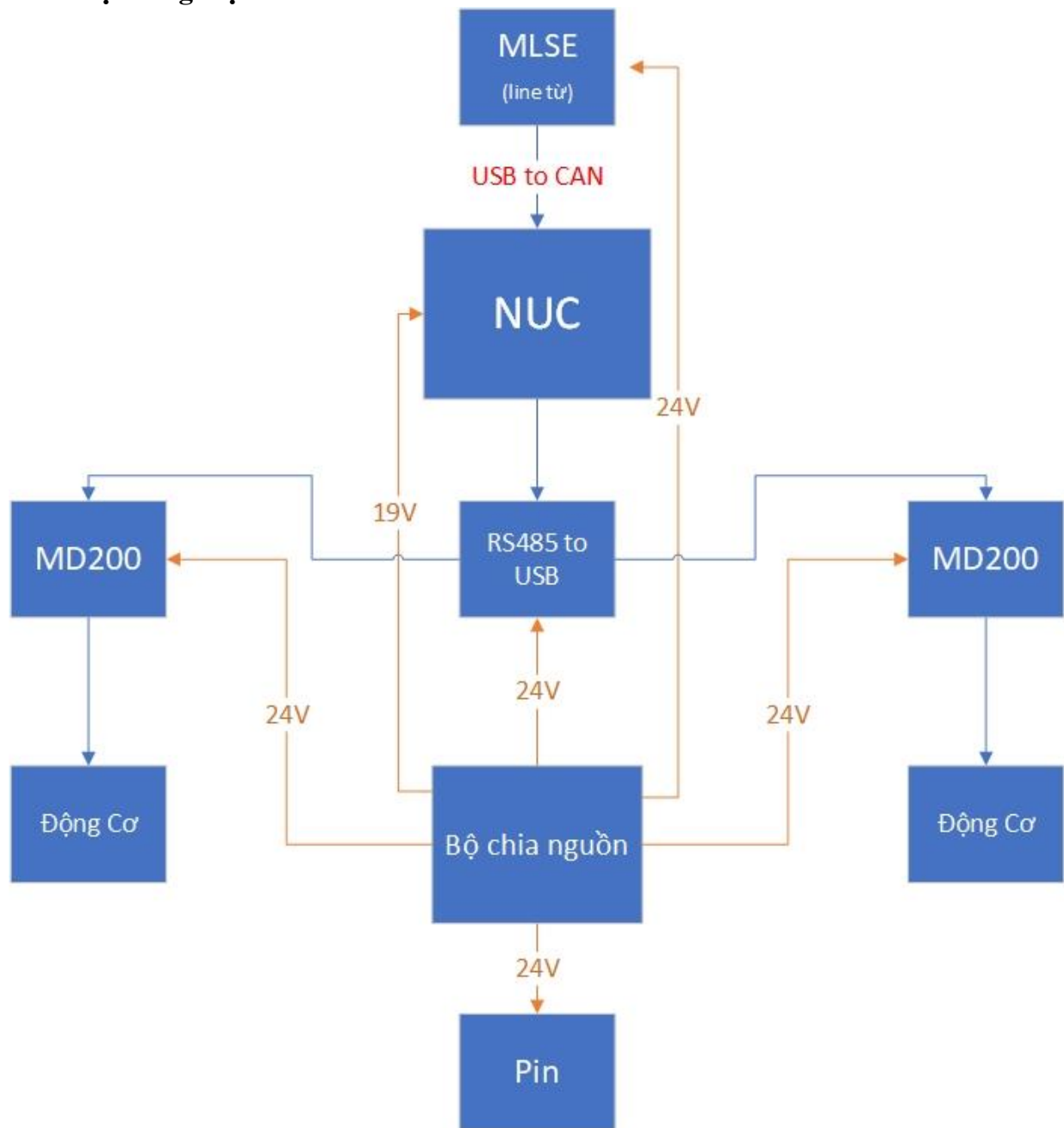
Bước cuối cùng là chọn giá trị nhỏ nhất của hàm chi phí và các đầu vào tương ứng của nó δ .

Và lặp lại quy trình với mỗi bước thời gian

CHƯƠNG III: THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH THUẬT TOÁN TRÊN MÔ HÌNH AGV

3.1 Giới thiệu mô hình AGV thử nghiệm

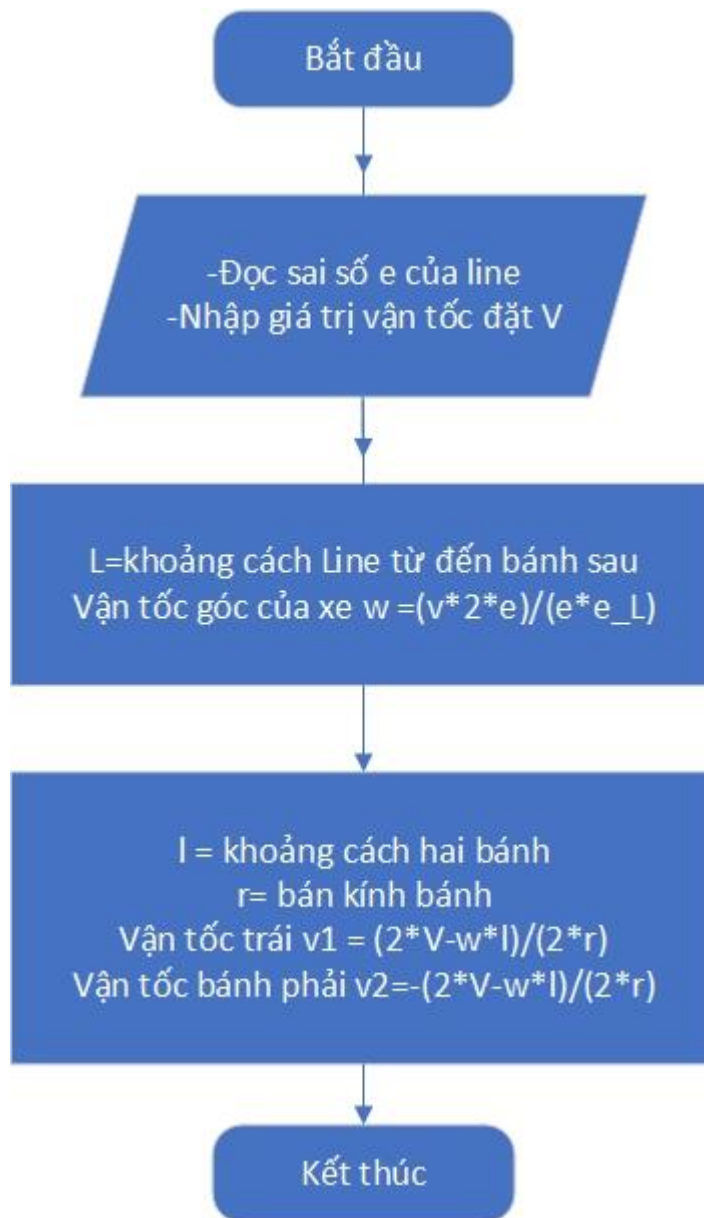
3.1.1 Hệ thống điện



Hình 3.1: Sơ đồ hệ thống điện

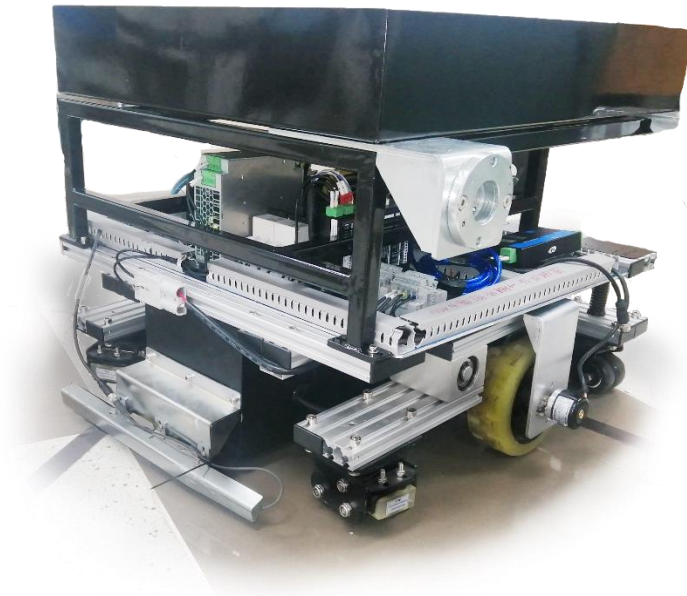
- MLSE: Là line từ do SICK phát triển, MLSE có khả năng phát hiện 3 line với tần số là 100Hz,
- NUC: Là máy tính mini của hãng Intel
- MD200: Driver điều khiển động cơ
- RS485: Là phương thức giao tiếp nối tiếp cho máy tính và các thiết bị
- Động cơ: Sử dụng động cơ BLDC của GGM
- Bộ chia nguồn:
- Pin: Pin LiPo 24V

3.1.2 Sơ đồ thuật toán

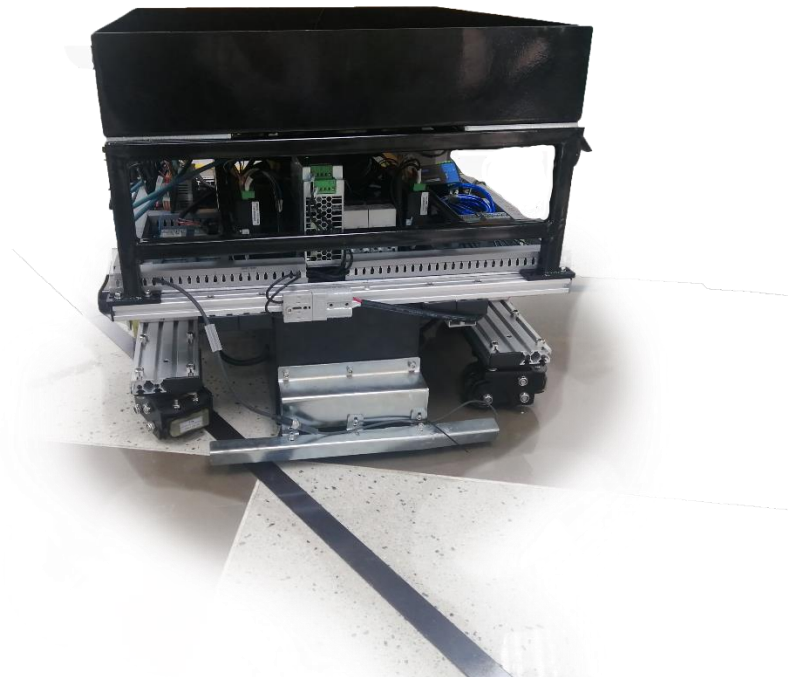


Hình 3.1: Sơ đồ thuật toán

3.1.4 Mô hình thực tế



Hình 3.1: Mô hình AGV



Hình 3.2: Mô hình AGV

CHƯƠNG IV: THỬ NGHIỆM

4.1 Giới thiệu phần mềm và hệ điều hành

- Dùng phần mềm Visual Studio Code có cài sẵn ROS để lập trình robot

+ Visual studio Code là một trình biên dịch mã do Microsoft phát triển dành cho Linux, MacOS và Linux, nó hỗ trợ nhiều chức năng debug, hoàn thành mã thông minh,...

+ ROS là từ viết tắt của cụm từ Robot Operating System, nó có nghĩa là một hệ thống vận hành robot. Nó là một hệ thống nguồn mở, cung cấp cho ta các dịch vụ, công cụ hữu ích mà ta cần trong vận hành robot như trừu tượng hóa phần cứng, các tiện ích, các chức năng phổ biến trong lĩnh vực robot, việc truyền tải các gói quản lý... ROS cũng cung cấp các công cụ và các thư viện cho việc sử dụng, xây dựng, viết, chạy chương trình, giao tiếp đa máy tính...

- Dùng phần mềm Excel để thống kê và vẽ biểu đồ thể hiện tương quan giữa các đại lượng với đường đi

4.2 Thử nghiệm thuật toán

Dùng bộ kit trên để tiến hành thử nghiệm trên đường line từ cố định, việc thử nghiệm sẽ được tiến hành nhiều lần với các sai số line, góc quay khác nhau để đưa ra những đánh giá chính xác.

Chương V KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

5.1 Kết quả

5.1.1 Kết quả nghiên cứu

// nếu k nhỏ thì xe ko đi đc vào line còn nếu k lớn thì xe sẽ bị lắc mạnh và trượt ra khỏi line

5.1.2 Kết quả xây dựng mô hình

5.2 Đánh giá và hướng phát triển

5.2.1 Đánh giá

5.2.2 Hướng phát triển của đề tài

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1.1] <https://www.mhi.org/fundamentals/automatic-guided-vehicles>

[1] Y. Shan, W. Yang, C. Chen, J. Zhou, L. Zheng, and B. Li, "CF-Pursuit: A Pursuit Method with a Clothoid Fitting and a Fuzzy Controller for Autonomous Vehicles," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 12, 2015

[2] Khổng Minh, Nguyễn Anh Tú, Nguyễn Văn Trường, Đào Ngọc Anh, *Giáo trình robot công nghiệp*