DẪN ĐƯỜNG XE TỰ HÀNH DÙNG CẢM BIẾN QUÁN TÍNH VÀ ĐƯỜNG DẪN ẢO

Võ Chí Thành, Trần Lê Thăng Đồng, Nguyễn Ngô Anh Quân*, Trần Thuận Hoàng

Tóm tắt: *Phương pháp dẫn đường là một yếu tố rất quan trọng quyết định đến sự linh hoạt và chính xác của xe tự hành trong các môi trường hoạt động khác nhau. Với mỗi phương pháp dẫn đường chúng ta có các phương pháp xác định vị trí và góc hướng của xe khác nhau. Trong nghiên cứu này, góc hướng và vị trí của xe được ước tính nhờ dữ liệu của cảm biến quán tính, encoder và được tính toán thông qua thuật toán lọc Kalman. Ngoài ra, các sai số đo góc hướng và vị trí được hiệu chỉnh khi xe đi qua các điểm tham chiếu bằng nam châm được lắp dưới sàn nhà trên các đường dẫn ảo. Kết quả mô phỏng nhận được đã minh chứng tính đúng đắn của thuật toán đề xuất.*

Từ khóa: Dẫn đường quán tính; Cảm biến quán tính; Điểm tham chiếu từ tính; Xe tự hành.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, khi các nước đang bắt đầu bước vào cuộc cách mạng Công nghiệp 4.0 thì hệ thống xe tự hành (AGV) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong ngành sản xuất, y tế và kho bãi. Với chức năng vận chuyển hàng tự động và linh hoạt, nó có khả năng thay thế con người để thực hiện các công việc một cách hiệu quả và năng suất hơn. Đặc biệt, hệ thống xe tự hành có ý nghĩa rất quan trọng trong các môi trường nguy hiểm hoặc trong các khu vực cách li [1-2].

Có một số công trình đã nghiên cứu về AGV như: công trình [3] đã mô tả cơ khí của xe tự hành và sử dụng phương pháp nhận dạng để dự đoán quỹ đạo chuyển động của một chủng loại xe tự hành. Công trình [4] nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển trượt, thích nghi cho đối tượng phi tuyến, và cụ thể là xe tự hành. Ngoài ra, còn có một số công trình đã nghiên cứu và công bố về xe tự hành, tuy nhiên mới chỉ dừng lại sử dụng các phương pháp điều khiển khác nhau để điều khiển AVG [5-11].

Khi công nghệ ngày càng phát triển, nhiều giải pháp dẫn đường đã được nghiên cứu và phát triển. Có thể chia hệ thống dẫn đường AGV thành hai loại: đường dẫn cố định và đường dẫn tự do.

Đường dẫn cố định là các đường dẫn vật lý như dây dẫn, vạch sơn, dải băng từ tính,... được đặt cố định trên mặt đất ở mọi nơi mà AGV sẽ đi qua. Ưu điểm của giải pháp này là chi phí thấp, dễ thực hiện và độ tin cậy cao. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là kém linh hoạt, khả năng thích ứng với môi trường kém, đặc biệt là với môi trường ngoài trời hoặc nơi có nhiều bụi bẩn làm tăng chi phí bảo trì đường dẫn.

Đường dẫn tự do là đường dẫn ảo được tính toán xác định trên máy tính dựa vào dữ liệu của các cảm biến định vị hiện đại như cảm biến laser LiDAR, camera 3D, cảm biến quán tính, cảm biến siêu âm,... Giải pháp này có ưu điểm là hệ thống hoạt động linh hoạt, hiệu quả cao. Tuy nhiên, nhược điểm của các hệ thống này là có giá thành cao, việc cải thiện độ chính xác cũng rất khó khăn.

Gần đây, các giải pháp dùng các cảm biến laser LiDAR hay camera được sử dụng phổ biến do có độ chính xác cao và linh hoạt, tuy nhiên, ở một số môi trường đặc thù như ngoài trời hoặc có nhiều bụi bẩn thì độ chính xác của hệ thống sẽ bị giảm đi nhanh chóng. Lúc này, cảm biến quán tính là một giải pháp khả thi do nó phù hợp với hầu hết các loại môi trường. Tuy nhiên, do bản chất của cảm biến quán tính là sai số tích lũy trong quá trình hoạt động, độ chính xác của hệ thống sẽ giảm sau một thời gian hoạt động.

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày một giải pháp dẫn đường AGV sử dụng cảm biến quán tính, trong đó, góc hướng và vị trí của xe được ước tính nhờ dữ liệu của cảm biến quán tính, encoder và được tính toán thông qua thuật toán lọc Kalman. Trên cơ sở này, cảm biến từ được

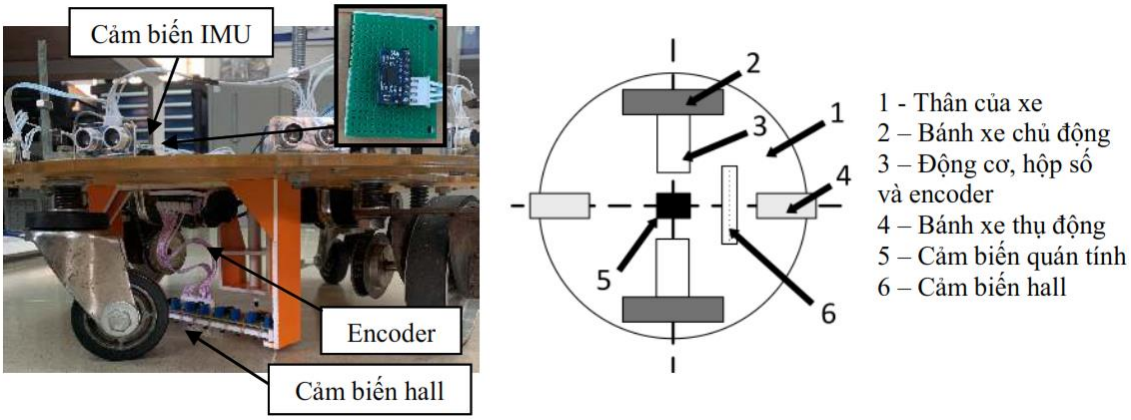
thêm vào để khắc phục các sai số tích lũy, các sai số đo góc hướng và vị trí của AGV được hiệu chỉnh khi đi qua các điểm tham chiếu bằng nam châm được nhúng dưới sàn nhà trên các đường dẫn ảo.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC CỦA XE TỰ HÀNH

2.1. Phân tích mô hình động học của xe tự hành

Xe tự hành trong nghiên cứu này là loại xe chuyển động được với 2 bánh xe vi sai, mỗi bánh được gắn với một mô-tơ điện điều khiển độc lập, việc điều khiển xe di chuyển và định hướng được thực hiện bằng việc điều khiển tốc độ của hai động cơ này.

Có nhiều yếu tố, chẳng hạn như tải trọng xe, mạch điều khiển, hệ thống truyền động và cấu trúc thân xe,... sẽ có tác động lớn trong phân tích động học. Trong bài báo này, bỏ qua một số yếu tố tương đối nhỏ, đưa ra một mô hình chuyển động của AGV tương đối đơn giản. Cấu trúc AGV được minh họa bằng hình sau [5].



Hình 1. *Mô hình cấu trúc xe tự hành.*

Chọn hệ trục tọa độ OXY gắn với mặt phẳng khu vực hoạt động của AGV với gốc O là vị trí xuất phát của AGV. Tâm C của AGV là trung điểm giữa hai bánh xe động lực vi sai.AGV có vị trí được xác định bởi tọa độ của i chuyển trên cung tròn có tâm O_C và bán kính R. Khi $v_l = -v_r$ thì tâm quay O_C sẽ trùng với tâm C của AGV.

Gọi v, ω là vận tốc tịnh tiến và vận tốc góc của AGV. Từ mô hình động học của AGV trên hình 2 ta có [5]:

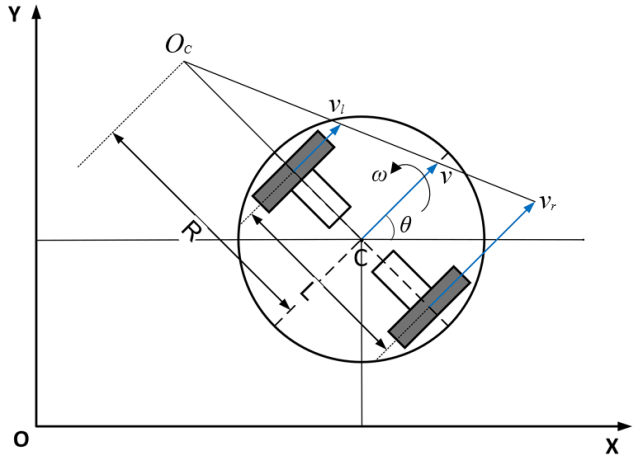
$$v = \frac{v_r + v_l}{2} \tag{1}$$

Gọi x, y là tọa độ của AGV, θ là góc giữa trục dọc của AGV với trục OX.

Trạng thái của AGV được biểu diễn bởi véc tơ $X = \left[x \; y \; \theta\right]^T$. Tại thời điểm k và thời điểm k-1 ta có trạng thái của AGV là $X_k = \left[x_k \; y_k \; \theta_k\right]^T$ và $X_{k-1} = \left[x_{k-1} \; y_{k-1} \; \theta_{k-1}\right]^T$. Khi đó, X_k được tính theo X_{k-1} bởi phương trình sau:

$$X_k = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \\ \theta_{k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\theta_{k-1} & 0 \\ \sin\theta_{k-1} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{k-1}T \\ \omega_{k-1}T \end{bmatrix} \tag{2}$$

Trong đó, T là chu kỳ lấy mẫu của tín hiệu đo.

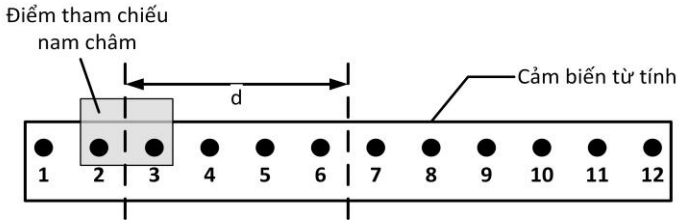


Hình 2. *Mô hình động học của xe tự hành.*

2.2. Xác định vị trí và góc hướng của xe tự hành tại các điểm tham chiếu

Để điều khiển được AGV chúng ta phải theo dõi được quỹ đạo của AGV. Trong mô hình này, bài báo sử dụng encoder và cảm biến quán tính (IMU) để xác định toạ độ và góc hướng của AGV. Do quỹ đạo được tính toán từ các giá trị đầu vào ban đầu kết hợp với các giá trị phản hồi từ cảm biến, sai số tích lũy sẽ tăng dần trong quá trình di chuyển của AGV. Vì vậy, một cảm biến từ được thêm vào để xác định các điểm tham chiếu có tọa độ biết trước để hiệu chỉnh lại quỹ đạo khi AGV đi qua các điểm tham chiếu này. Cảm biến từ được sử dụng là một thanh bao gồm 16 cảm biến hall được đặt thẳng hàng và cách nhau một khoảng l=10 mm. Như vậy, bề rộng của cảm biến từ là 160 mm. Thanh cảm biến sẽ được đặt vuông góc với trục dọc thân xe tại điểm giữa của thanh.

Khi AGV đi qua các điểm tham chiếu bằng nam châm đặt trên mặt sàn, các cảm biến hall đi qua phía trên điểm tham chiếu sẽ được kích hoạt. Từ vị trí của các cảm biến hall đã kích hoạt tính được độ lệch d của trục dọc thân xe so với điểm tham chiếu như thể hiện trên hình 3.



Hình 3. *Mô hình cảm biến từ và điểm tham chiếu nam châm.*

Giả sử hai điểm tham chiếu $A(x_A, y_A)$ và $B(x_B, y_B)$ có khoảng cách là L và các tọa độ đã biết trước, góc của đoạn AB so với trục OX là θ_{AB}. AGV sẽ đi từ A đến B. Khi xe đi qua điểm A cảm biến từ xác định được độ lệch d_A, khi xe đi qua điểm B cảm biến từ xác định được độ lệch d_B. Từ hình 4 có thể tính được vị trí và góc hướng thực tế của xe tại điểm B.

Gọi δ là góc lệch giữa trục dọc thân xe và đoạn thẳng quỹ đạo AB ta có:

$$\delta = \arcsin((d_B - d_A)/L) \tag{3}$$

Khi đó, góc hướng thực tế của AGV tại điểm B sẽ là:

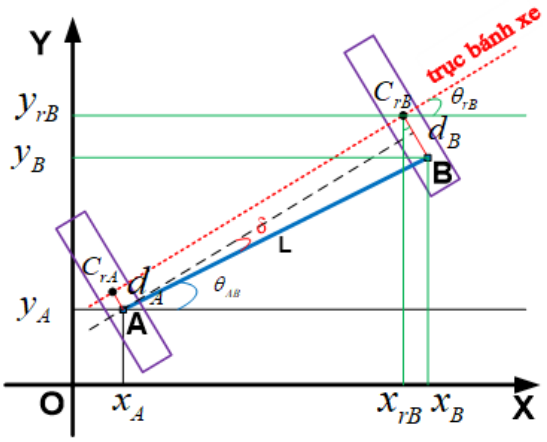
$$\theta_{rB} = \theta_{AB} + \delta \tag{4}$$

Từ đó, ta cũng tính được tọa độ vị trí thực tế của AGV tại điểm B:

$$\begin{cases} x_{rB} = x_B + d_B \sin(\theta_{rB}) \\ y_{rB} = y_B + d_B \cos(\theta_{rB}) \end{cases} \quad (5)$$

Như vậy, tại điểm B, trạng thái của AGV sẽ được hiệu chỉnh theo trạng thái thực tế như sau:

$$X_{rB} = \begin{bmatrix} x_{rB} \\ y_{rB} \\ \theta_{rB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_B + d_B \sin(\theta_{rB}) \\ y_B + d_B \cos(\theta_{rB}) \\ \theta_{AB} + \arcsin((d_B - d_A)/L) \end{bmatrix} \quad (6)$$



Hình 4. *Tính toán vị trí và góc hướng của AGV tại các điểm tham chiếu.*

2.3. Bộ lọc ứng dụng cho xe tự hành

Trong quá trình hoạt động các tín hiệu của AGV thường bị ảnh hưởng của các nhiễu đo lường và nhiễu hệ thống. Để xác định được giá trị chính xác trạng thái của AGV bài báo áp dụng bộ lọc Kalman, đây là bộ lọc được sử dụng nhiều trong lĩnh vực điều khiển và xử lý tín hiệu.

Từ (4) ta xây dựng hệ mô hình trạng thái hệ thống và đo lường như sau [5]:

$$\begin{aligned} X_k &= AX_{k-1} + Bu_{k-1} + w_{k-1} \\ Z_{k-1} &= HX_{k-1} + v_{k-1} \end{aligned} \quad (7)$$

Trong đó, X_k là trạng thái của AGV tại thời điểm k, Z_{k-1} là trạng thái đo lường tại thời điểm k-1, u_{k-1} là tín hiệu điều khiển đầu vào, w và v là nhiễu hệ thống và nhiễu đo lường, A là ma trận chuyển trạng thái, B là ma trận điều khiển đầu vào, H là ma trận chuyển quan sát, các ma trận được xác định cụ thể như sau:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},\ B = \begin{bmatrix} \cos\theta_{k-1} & 0 \\ \sin\theta_{k-1} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},\ u_{k-1} = \begin{bmatrix} v_{k-1}T \\ \omega_{k-1}T \end{bmatrix},\ H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Bộ lọc Kalman bao gồm 2 giai đoạn: dự đoán và hiệu chỉnh.

Giai đoạn 1: dự đoán trạng thái kế tiếp dựa vào trạng thái hiện tại và giá trị tín hiệu điều khiển đầu vào.

$$\begin{aligned} \hat{X}_k^- &= A\hat{X}_{k-1} + Bu_{k-1} \\ P_k^- &= AP_{k-1}A^T + Q \end{aligned} \quad (9)$$

Giai đoạn 2: hiệu chỉnh lại giá trị ước lượng theo giá trị dự đoán và giá trị tín hiệu đo lường.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1}$$
$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k (Z_k - H\hat{X}_k^-) \quad (10)$$
$$P_k = (I_n - K_k H) P_k^-$$

Với Q, R là các ma trận tương quan nhiễu hệ thống và nhiễu đo lường thường được xác định bằng cách lấy phương sai của các nhiễu.

Đối với hệ điều khiển AGV trong bài báo này, các giá trị đo lường Z_k là tổng hợp của giá trị đo từ Encoder, IMU và điểm tham chiếu theo thời gian trong quá trình hoạt động.

2.4. Bộ điều khiển cho xe tự hành

Khi điều khiển AGV di chuyển bám theo quỹ đạo mẫu sẽ xuất hiện sai số và được biểu diễn theo công thức [6, 7]:

$$e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x \\ y_r - y \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix} \quad (11)$$

Trong đó, $X_r = \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ \theta_r \end{bmatrix}$ là quỹ đạo mẫu được thiết lập cho chương trình hoạt động của AGV.

Từ mô hình động học của AGV (4) và đạo hàm (11) ta nhận được:

$$\begin{bmatrix} \dot{e}_1 \\ \dot{e}_2 \\ \dot{e}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos e_3 & 0 \\ \sin e_3 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{r_1} \\ u_{r_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & e_2 \\ 0 & -e_1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\text{với } u_r = \begin{bmatrix} u_{r_1} \\ u_{r_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_r \\ \omega_r \end{bmatrix},\ u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$$

Bộ điều khiển cho AGV được xây dựng như sau:

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{r_1} \cos e_3 \\ u_{r_2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Trong đó, v_1, v_2 là tín hiệu thích nghi của bộ điều khiển được đề xuất như sau [3-4]:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_1 & 0 & 0 \\ 0 & -sign(u_{r_1})|u_{r_1}|k_2 & -k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Theo [6, 7], sai số bám theo quỹ đạo e sẽ tiến về 0 khi thời gian $t \to \infty$ theo tiêu chuẩn ổn định Lyapunov.

3. THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kịch bản mô phỏng

Sử dụng robot trong hình 1 để thực nghiệm. Với khoảng cách giữ 2 bánh xe L=0.47 m, đường kính bánh xe 0.15 m, vận tốc tịnh tiến tối đa v_{max} =1 *m/s*. AGV di chuyển theo quỹ đạo mẫu như hình 5 từ điểm O (0,0) đi qua các điểm A(0,3) , B(1.5, 3) , C(1.5, 0) , D(4.5 , 0) và tiến đến đích E(4.5, 3). Mục tiêu quỹ đạo mẫu AGV_R di chuyển như sau: AGV_R bắt đầu tăng tốc với gia tốc

0.15 m/s^2, sau đó, khi đạt tốc độ 0.3 m/s AGV sẽ di chuyển ổn định thẳng đến điểm A, khi cách điểm A 0.3 m, AGV sẽ giảm tốc với gia tốc -0.*15* m/s^2 và khi đến điểm A, AGV sẽ quay góc -90°, sau đó, lặp lại quá trình tăng - ổn định - giảm vận tốc như trước đó để tiến về điểm B, C, D và E. Khi di chuyển đến điểm đích E AGV sẽ dừng lại.

Quỹ đạo mẫu X_r của AGV trên từng đoạn đường theo thời gian như sau:

$$OA:(0s\rightarrow 10s):\begin{bmatrix}x_r\\y_r\\\theta_r\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\0.3t\\\pi/2\end{bmatrix} \qquad AB:(10s\rightarrow 15s):\begin{bmatrix}x_r\\y_r\\\theta_r\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0.3(t-10)\\3\\0\end{bmatrix}$$

$$BC:(15s\rightarrow 25s):\begin{bmatrix}x_r\\y_r\\\theta_r\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1.5\\3-0.3(t-15)\\-\pi/2\end{bmatrix} \qquad CD:(25s\rightarrow 35s):\begin{bmatrix}x_r\\y_r\\\theta_r\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1.5+0.3(t-25)\\0\\0\end{bmatrix}$$

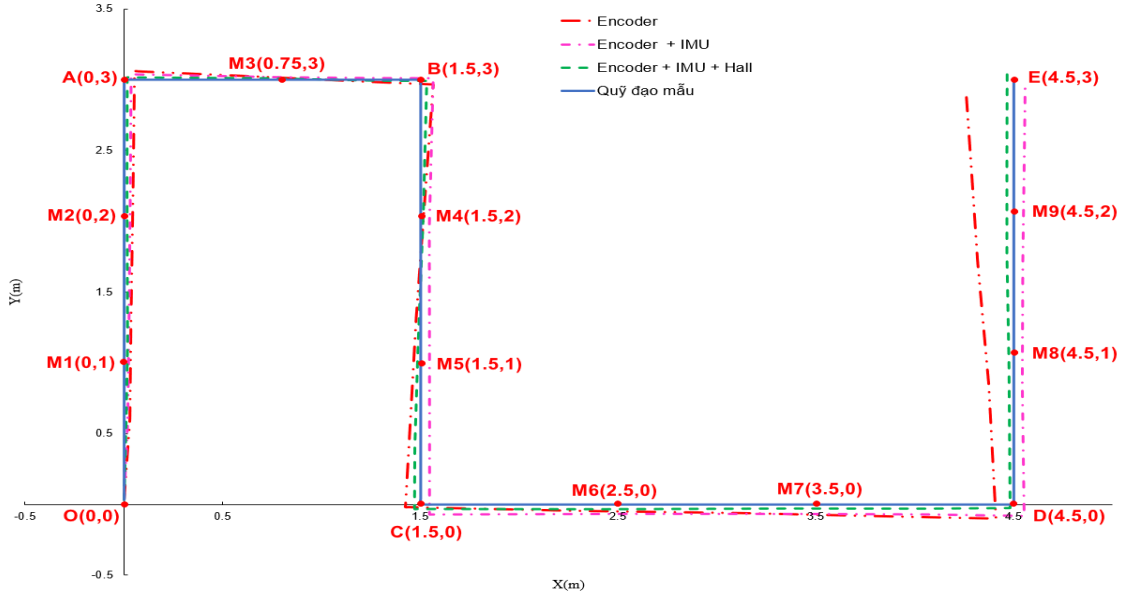
$$DE:(35s\rightarrow 45s):\begin{bmatrix}x_r\\y_r\\\theta_r\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}4.5\\0.3(t-35)\\\pi/2\end{bmatrix}$$

Khi đi qua các điểm hiệu chỉnh từ O, M_1, M_2, A, M_3, B, M_4, M_5, C, M_6, M_7, D, M_8, M_9 thì AGV sẽ cập nhật lại giá trị trạng thái các thông số (bao gồm thông số vị trí từ Encoder và góc hướng từ IMU) và bộ điều khiển dựa trên các thông số trên để điều khiển AGV dần tiến về quỹ đạo mẫu.

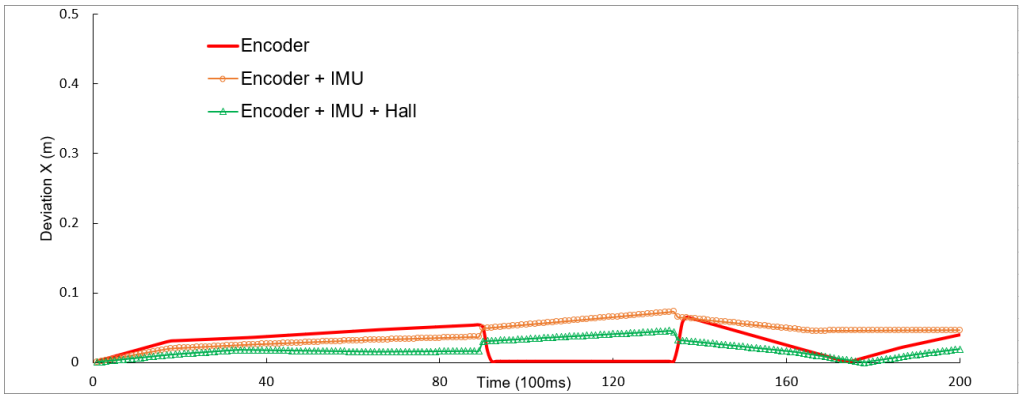
3.2. Kết quả và bình luận

Kết quả thu thập quỹ đạo mà robot đi được trong 3 trường hợp được biểu diễn trên hình 5 với đường đi thực (true), đường đi được ước lượng chỉ bằng phương pháp odometry (encoder), đường đi được ước lượng khi có dùng bộ lọc Kalman với cảm biến IMU (encoder + IMU) và đường đi khi kết hợp thêm cảm biến Hall (Encoder + IMU + Hall).

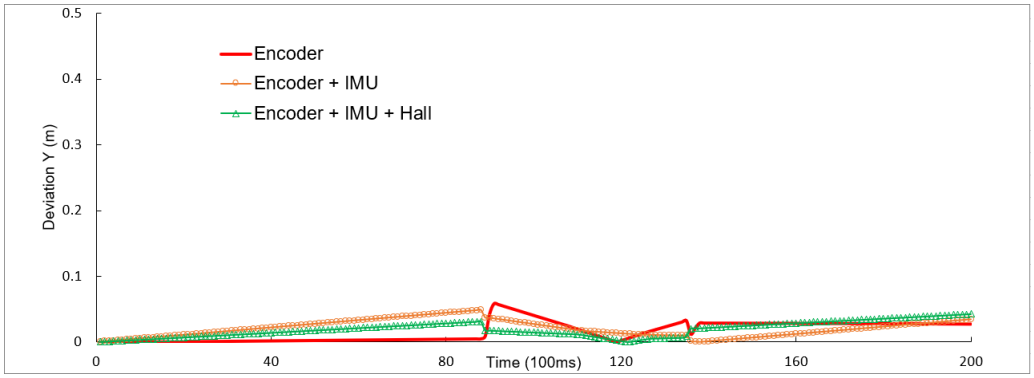
Kết quả vị trí thực tế và sai số vị trí của AGV khi bám theo quỹ đạo mẫu được thể hiện ở hình 6 và hình 7. Bằng trực quan thấy ngay quỹ đạo khi dùng tổng hợp các cảm biến encoder, IMU và cảm biến từ hall gần với đường đi thực hơn so với trường hợp chỉ dùng phương pháp odometry.



Hình 5. *Quỹ đạo di chuyển của AGV bám theo quỹ đạo mẫu.*

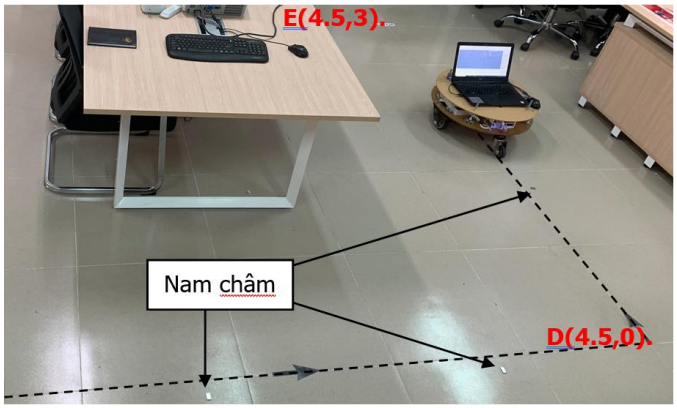


Hình 6. *Độ lệch giữa vị trí của AGV được ước tính khi bám theo quỹ đạo mẫu, theo phương X(m).*



Hình 7. *Độ lệch giữa vị trí của AGV được ước tính khi bám theo quỹ đạo mẫu, theo phương Y(m).*

Một số hình ảnh thực tế khi thử nghiệm:



Hình 8. *Hình ảnh thực nghiệm.*

Rõ ràng với việc tích hợp thêm các điểm hiệu chỉnh từ đã giúp AGV tính toán trạng thái quỹ đạo một cách sát thực nhất, giúp bộ điều khiển hiệu chỉnh sai số để đưa AGV di chuyển bám tốt theo quỹ đạo mẫu.

Qua lý thuyết và thực nghiệm đã minh chứng cho thấy: khi sử dụng phương pháp điều khiển đề xuất cho xe tự hành AGV dùng cảm biến quán tính và dẫn đường ảo. AGV di chuyển theo đúng quỹ đạo mẫu và bám tốt dù có xuất hiện nhiễu đo lường ở các cảm biến như Encoder, IMU. Kết quả này đã minh chứng tính đúng đắn của thuật toán đề xuất và là tiền đề để ứng dụng các kỹ

thuật hiện đại hơn đáp ứng các yêu cầu cao hơn trong xử lý thông tin cũng như điều khiển robot.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Wang Meiling, Wang Zhen, Yang Yi, Fu Mengyin. : *"Model Predictive Control for UGV Trajectory Tracking Based on Dynamic Model"*, In: Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation Ningbo, pp. 1676-1681, (2016).

[2]. David andersson, Eric mansson, : *"Positioning and Docking of an AGV in a Clinical Environment"*, In: Master's of thesis Biomedical Engineering, Chalmers University of Technology, (2012).

[3]. Đặng Việt Bách, *"Xe tự hành ứng dụng thuật toán nhận dạng và dự đoán quỹ đạo di chuyển"*. Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V- VCME 2018, tr. 110-119.

[4]. Nguyễn Thành Trung *"Điều khiển thích nghi bám quỹ đạo theo phương pháp trượt cho xe tự hành"*, Luận án thạc sỹ Đại học Bách khoa (2014).

[5] T. T. Hoang, P. M. Duong, N. T. T. Van, D. A. Viet and T. Q. Vinh. " *Development of an EKF-based Localization Algorithm Using Compass Sensor and LRF*". Proc. IEEE 12th International Conference on Control, Automation, Robotics & Vision, ICARCV 2012, pp.341-346.

[6] T. T. Hoang, D. T. Hiep, P. M. Duong, N. T. T. Van, B. G. Duong and T. Q. Vinh. : In: Proc. IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA-2013), pp.1308-1313.

[7]. Gregor Klancar, Drago Matko, Saso Blazic, "*Mobile Robot Control on a Reference Path*," Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation, Limassol, Cyprus, June 27-29, 2005, pp. 1343-1348.

[8]. DE RYCK, Matthias; VERSTEYHE, Mark; DEBROUWERE, Frederik. *Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques*. Journal of Manufacturing Systems, 2020, 54: 152-173.

[9]. Moshayedi, Ata Jahangir, Atanu Shuvam Roy, and Liefa Liao. *"PID Tuning Method on AGV (automated guided vehicle) Industrial Robot."* Journal of Simulation and Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering 12.4 (2020): 53-66.

[10]. Hasan, Hameedah Sahib, M. Shukri Zainal Abidin, and MSA Mahmud MFMS. *"Automated guided vehicle routing: Static, dynamic and free range.*" Int J Eng Adv Technol 8.5C (2019): 1-7.

[11]. Kim, Sungkwan, et al. *"Optimal Path Planning of Automated Guided Vehicle using Dijkstra Algorithm under Dynamic Conditions."* 2019 7th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications (RiTA). IEEE, 2019.

[12]. T. A. Son et al, *"Research and manufacture of automated guided vehicle for the service of storehouse",* Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ - Chuyên san kỹ thuật & công nghệ, tập 1, số 1 (2018), tr. 5-12.

ABSTRACT

GUIDE AUTOMOTIVE VEHICLES USING INERTIAL SENSORS AND VIRTUAL LINES

The navigation method is a very important factor that decides the flexibility and accurcy of the AGV in different operating enviroments. Each navigation method has an own method of determining the position and angle of the vehicle. In this research the position and angle of the AGV are estimated by data of the inertial sensor, the encoder and caculated by the Kalman filter algorithm. In addition, the measurement errors of angle and position are corrected when the AGV passes through the magnet reference points that is embedded under the floor on the virtual paths. The simulation results received have proved the accuracy of the proposed algorithm.

Keywords: Inertial navigation; Inertial sensor; Magnetic reference point; Automated guided vehicle; AGV.

Nhận bài ngày 15 tháng 4 năm 2021
Hoàn thiện ngày 29 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Trung tâm Điện-Điện tử (CEE) - Đại học Duy Tân - Đà Nẵng.
*Email: nguyenquan97@hotmail.com.