

PHÁT TRIỂN PHẦN MỀM GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN CHO XE TỰ HÀNH AGV

DEVELOPMENT OF MONITORING AND CONTROL SOFTWARE FOR AGV

Dương Văn Lạc^{1,*}, Nguyễn Quyền Anh¹,
Lưu Văn Đức¹, Vũ Trường Sơn¹, Bùi Tiến Sơn²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.306>

TÓM TẮT

Bài báo này đề xuất phát triển một phần mềm giám sát và điều khiển AGV sử dụng camera T265. Phần mềm cho phép tạo ra các đường dịch chuyển ảo bằng cách vẽ thủ công trên phần mềm bằng công cụ "Mapping Tool" hoặc được tạo tự động từ bản vẽ mặt bằng nhà máy. Người vận hành cũng có thể lên lịch hoạt động cho xe bằng những câu lệnh đơn giản được quy ước với công cụ "Planning Tool", đây đều là những công cụ được xây dựng và tích hợp trong cùng một phần mềm duy nhất nhằm cung cấp đầy đủ những tiện ích cần thiết để người dùng có thể vận hành một cách nhanh chóng và chính xác nhất. Ngoài ra, phần mềm có chức năng điều khiển trực tiếp xe bám quỹ đạo trong đó vị trí và hướng của xe AGV được Camera Tracking Intel T265. Phần mềm được phát triển còn có thể sử dụng để giám sát vị trí, nhiệm vụ đang thực hiện, mức năng lượng, mô phỏng được hoạt động của AGV theo lịch trình đã thiết lập.

Từ khóa: Hệ thống giám sát AGV, lập kế hoạch làm việc, điều khiển chuyển động.

ABSTRACT

This paper proposes the development of a monitoring and control software for AGVs using the T265 camera. The software allows for the creation of virtual movement paths either by manual drawing on the software using the "Mapping Tool" or automatically generated from factory floor plans. Operators can also schedule vehicle operations with simple predefined commands using the "Planning Tool", which are tools built and integrated within a single software package to provide all the necessary utilities for users to operate quickly and accurately. Additionally, the software has a direct control function for the vehicle to follow the trajectory, where the position and orientation of the AGV are tracked by the Intel T265 Camera Tracking. The developed software can also be used to monitor the location, ongoing tasks, energy level, and simulate AGV operations according to the established schedule.

Keywords: AGV monitoring system, work planning, motion control.

¹Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

²Phòng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: lac.duongvan@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 28/4/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 12/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2024

CHỮ VIẾT TẮT

CAD: Computer-Aided Design

AGV: Automated Guided Vehicle

1. GIỚI THIỆU

Trong nền công nghiệp 4.0, xe tự hành tự động (AGV) đóng một vai trò không thể thiếu trong việc cải thiện sự linh hoạt và hiệu quả trong một hệ thống sản xuất. Trong công nghiệp, phương pháp dẫn hướng có dây cho AGV như dẫn hướng từ tính, quang học, điện từ... [1, 2] thường hay được sử dụng phổ biến vì có ưu điểm là thực hiện theo dõi và lái xe một cách dễ dàng. Tuy nhiên, những phương pháp điều hướng này có nhược điểm khó thay đổi các đường dẫn hướng do thường được thi công gắn hoặc nhúng vào sàn. Hiện nay, việc áp dụng các loại công nghệ tiên tiến hơn như sử dụng camera để điều hướng đang ngày càng trở nên phổ biến và trở thành một xu hướng nổi bật, với khả năng cung cấp sự linh hoạt và độ chính xác cao mà không yêu cầu cơ sở hạ tầng phức tạp. Công nghệ này cho phép AGV thích ứng nhanh chóng với các thay đổi trong môi trường làm việc, đồng thời giảm thiểu chi phí và thời gian cần thiết cho việc cài đặt và bảo trì hệ thống dẫn hướng.

Việc lựa chọn và sử dụng camera cho xe tự hành AGV cũng là một phần quan trọng của quá trình thiết kế hệ thống. Camera không chỉ giúp AGV nhận diện môi trường xung quanh để lập bản đồ và di chuyển một

cách chính xác. Camera 3D thường được sử dụng trong AGV, tuy nhiên các camera này thường giá thành cao và cần xử lý bản đồ tương đối phức tạp và yêu cầu chạy trên máy tính có cấu hình cao. Nghiên cứu này lựa chọn Intel RealSense Tracking Camera T265 [3] đã tích hợp sẵn các thuật toán SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), có độ chính xác cao và có thể sử dụng trên các máy tính cấu hình thấp như Raspberry Pi.

Nghiên cứu tập trung vào việc phát triển một hệ thống giám sát và điều khiển xe tự hành AGV sử dụng camera T265. Phần mềm được phát triển có khả năng lập bản đồ khu vực làm việc, lên kế hoạch và mô phỏng quá trình làm việc, cho phép giám sát trạng thái, vị trí, mức năng lượng và nhiệm vụ đang thực hiện của AGV theo thời gian thực. Các nghiên cứu trước đây phần lớn tập trung vào việc chế tạo AGV để tự động hóa quy trình sản xuất và vận chuyển hàng hóa hay ứng dụng trong những môi trường đặc thù [4-6], nhưng vẫn chưa được áp dụng rộng rãi. Một số tập trung vào việc điều khiển phi tuyến cho hệ thống AGV, nhằm tối ưu hóa quá trình làm việc của AGV trong không gian lớn và tránh va chạm [7]. Nghiên cứu này cung cấp một giải pháp tổng thể gồm phần cứng, phần mềm và phương pháp định vị điều khiển đóng góp vào mở rộng ứng dụng AGV trong tương lai.

2. PHẦN MỀM GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN AGV

Phần mềm được nhóm nghiên cứu phát triển với mục đích hỗ trợ người vận hành thao tác một cách dễ dàng và linh hoạt bằng các công cụ được tích hợp trong một phần mềm duy nhất. Các chức năng chính của phần mềm bao gồm: Xây dựng bản đồ và tạo tuyến đường - Mapping Tool, lên kế hoạch làm việc - Planning Tool, điều khiển và giám sát quá trình làm việc của AGV.

2.1. Lập bản đồ khu vực làm việc

Trong môi trường công nghiệp đặc thù như nhà kho, xưởng sản xuất, và nhà máy, xe tự hành AGV đóng một vai trò thiết yếu trong việc duy trì hiệu quả hoạt động. AGV được lập trình để di chuyển theo quỹ đạo cố định, được tối ưu hóa để phù hợp với cấu trúc và nhu cầu cụ thể của từng không gian làm việc.

Việc tối ưu hóa quỹ đạo cho xe tự hành AGV cũng là một nhiệm vụ quan trọng, đòi hỏi sự chính xác và hiệu quả cao. Công cụ “Lập bản đồ khu vực làm việc” được thiết kế để hỗ trợ quá trình này, bắt đầu từ việc xử lý và tùy chỉnh bản đồ CAD sẵn có của nhà máy.

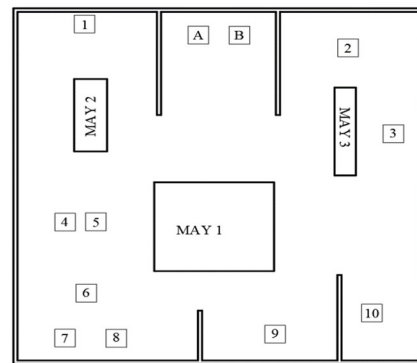
- *Xử lý bản đồ CAD:* Trước khi tải lên, bản đồ CAD cần được vẽ lại hoặc xử lý để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của phần mềm. Điều này đảm bảo rằng mọi thông tin cần

thiết đều được cập nhật và phản ánh chính xác cấu trúc thực tế của nhà máy.

- *Tự động hóa và tùy chỉnh:* Mặc dù quá trình này có thể đòi hỏi một số công việc ban đầu, nhưng nó cho phép phần mềm tự động thiết kế quỹ đạo làm việc, tối ưu hóa đường đi, xác định khu vực làm việc và tránh vật cản cố định.

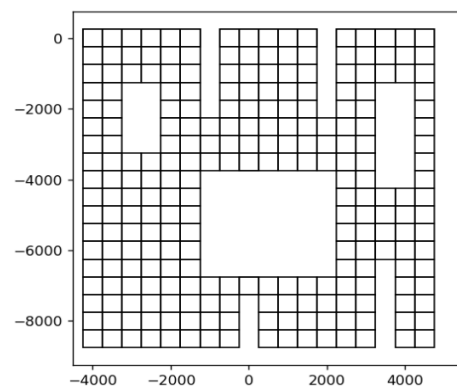
Xử lý bản đồ CAD

Bản đồ CAD yêu cầu loại bỏ những chi tiết phức tạp, đơn giản hóa cách biểu diễn vật cản cố định bằng cách sử dụng các hình đa giác, biểu diễn các vị trí làm việc và trạm sạc của AGV (hình 1). File CAD nếu đáp ứng yêu cầu kỹ thuật sẽ được thực hiện vẽ lại trên giao diện chính làm nhiệm vụ hiển thị và mô phỏng.



Hình 1. Bản đồ minh họa mặt bằng nhà máy 100m² biểu diễn trên AutoCAD

Tự động thiết kế quỹ đạo làm việc



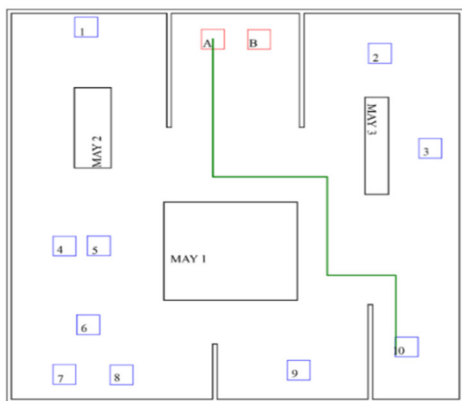
Hình 2. Hình ảnh biểu diễn miền không gian mở

File CAD sau khi được tải thành công sẽ trải qua quy trình xử lý để thu thập dữ liệu, việc này đóng vai trò cho mọi thao tác trên phần mềm khi liên quan đến bản đồ CAD (hiển thị, mô phỏng, lên kế hoạch). Sau khi thu thập được các thông tin cần thiết, tiến hành chia lưới trên bản đồ với kích thước phù hợp với kích thước thiết kế cho xe AGV. Loại bỏ những khu vực được xác định là bị vật cản

chiếm chỗ, ta thu được miền không gian mở là khu vực AGV có thể hoạt động (hình 2).

Thuật toán Dijkstra: Tìm đường đi ngắn nhất

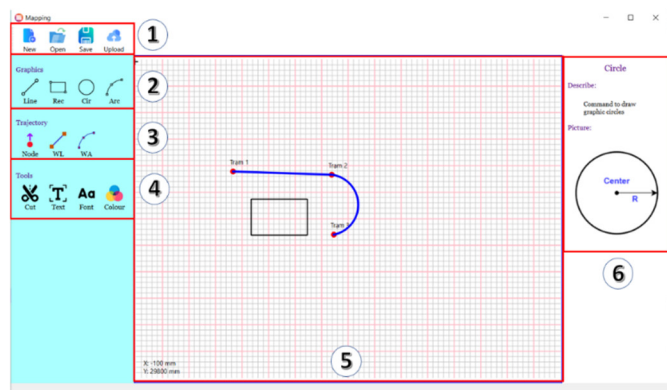
Sau khi thu được tập hợp miền không gian mở, dựa vào chức năng “Lập kế hoạch làm việc” ta sẽ xác định được điểm nguồn, điểm đích và tập hợp các nút với trọng số là hằng số. Đây sẽ là đầu vào cho thuật toán Dijkstra để tìm kiếm đường đi ngắn nhất. Kết quả áp dụng thuật toán Dijkstra như thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Kết quả áp dụng thuật toán Dijkstra

2.2. Lập quỹ đạo cá nhân hóa - Mapping Tool

“Mapping Tool” được xây dựng như một công cụ hỗ trợ người dùng có thể linh hoạt thiết kế quỹ đạo đường đi, trạm làm việc cho xe AGV. Khác với việc sử dụng file CAD mặt bằng của không gian làm việc, thì công cụ “Mapping Tool” sẽ cung cấp một khả năng tùy chỉnh với độ linh hoạt cao hơn.



Hình 4. Bố cục giao diện công cụ Mapping

“Mapping Tool” cho phép người dùng thao tác thay đổi quỹ đạo một cách nhanh chóng và dễ dàng như với một công cụ vẽ đơn giản. Người dùng có thể tạo ra các quỹ đạo riêng biệt phù hợp với yêu cầu cụ thể của nhà máy hoặc nhà xưởng. Điều này không chỉ tăng khả năng linh hoạt của hệ thống, mà còn cho phép người dùng tối

ưu hóa quỹ đạo dựa trên các yếu tố như vị trí của các máy móc, kích thước và hình dạng của nhà xưởng và các yếu tố khác như luồng giao thông trong nhà xưởng.

Giao diện người dùng

Màn hình “Mapping” được bố cục thành 6 phần chính, giúp đơn giản hóa việc tương tác cũng như hỗ trợ người sử dụng thiết kế quỹ đạo làm việc cho AGV:

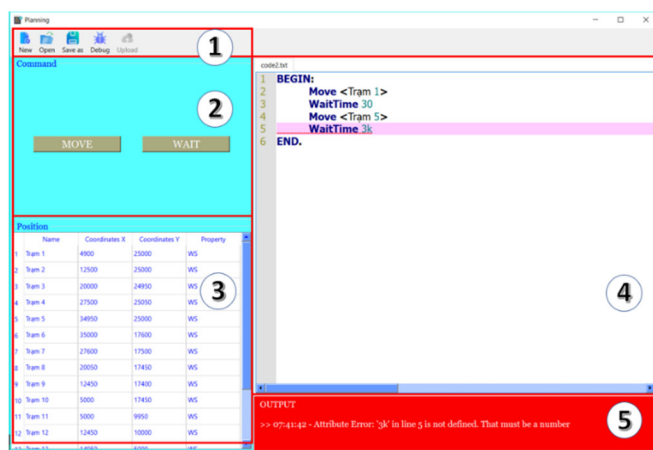
- Thanh công cụ: Với các chức năng tạo file mới, mở file, lưu file và upload bản đồ sau khi thiết kế lên màn hình giám sát.
- Graphics Panel: Công cụ vẽ đồ họa, biểu thị vật cản cố định hay những vị trí AGV không thể đi qua.
- Trajectory Panel: Công cụ vẽ quỹ đạo làm việc, đặt tọa độ trạm làm việc cho AGV.
- Tools Panel: Công cụ tùy chỉnh trên bản vẽ.
- Khu vực thiết kế: Vị trí thể hiện bản vẽ.
- Property Panel: Bảng thể hiện thuộc tính của từng lệnh, hướng dẫn thao tác vẽ.

Xử lý dữ liệu

Sau khi bản đồ được thiết lập và Upload thành công, dữ liệu về tọa độ và thuộc tính của các đối tượng sẽ được thu thập và xử lý. Áp dụng giải thuật Dijkstra tìm kiếm đường đi ngắn nhất.

2.3. Lập kế hoạch làm việc - Planning Tool

Giao diện làm việc ở công cụ Planning Tool được thiết kế như một trình biên dịch đơn giản với các câu lệnh đơn giản như di chuyển (Move), chờ đợi (WaitTime). Các câu lệnh sẽ được quy ước sao cho đơn giản cho người sử dụng và thuận tiện cho việc xử lý.



Hình 5. Bố cục giao diện công cụ Planning

Giao diện người dùng

Màn hình “Planning” sẽ được bố cục thành 5 phần chính, giúp đơn giản hóa việc tương tác cũng như hỗ trợ

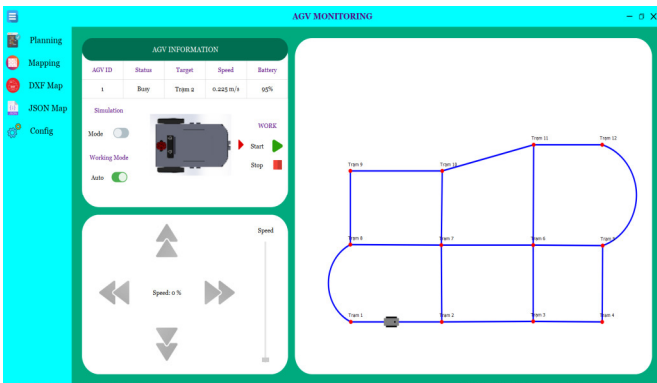
người sử dụng ra lệnh điều khiển, lên kế hoạch cho AGV thuận tiện nhất có thể:

- Thanh công cụ.
- Command Panel: Chứa các nút lệnh, khi được nhấn sẽ tự động thêm câu lệnh với cú pháp chính xác vào trình soạn thảo, hỗ trợ người dùng thao tác nhanh chóng và chính xác.
- Workspace: Khu vực chứa tọa độ các trạm làm việc và thuộc tính của chúng mà người dùng đã thiết lập ở bản đồ.
- Trình soạn thảo: Nơi làm việc chính, thao tác như với mọi trình soạn thảo thông thường.
- Thông báo: Khu vực hiển thị thông báo khi debug, tìm lỗi sai trong câu lệnh hoặc xác nhận đã debug thành công.

Xử lý dữ liệu

Quá trình xử lý dữ liệu chủ yếu tập trung vào việc xử lý chuỗi, phân tích quỹ đạo mà người dùng đã lên kế hoạch nhằm đánh giá tính hợp lý. Cuối cùng, chúng ta sẽ tạo ra quỹ đạo chi tiết và hướng điều khiển cho AGV.

2.4. Giám sát và điều khiển AGV



Hình 6. Bố cục giao diện phần mềm giám sát và điều khiển AGV

Thông thường trong các nhà xưởng vấn đề an toàn được đặt lên hàng đầu, do đó việc giám sát trạng thái hoạt động của xe khi vận hành là vô cùng quan trọng. Với nghiên cứu này, AGV sẽ hoạt động trên các tuyến đường line ảo được thiết kế bởi công cụ mà phần mềm cung cấp, kết hợp với dữ liệu từ camera Intel T256 Tracking hoàn toàn có thể điều khiển được xe mà không cần các đường line vật lý. Do đó, ngoài việc kết hợp cảm biến siêu âm để xác định các loại vật cản động, AGV cũng sẽ luôn cập nhật các thông tin về tốc độ, nhiệm vụ đang thực hiện, vị trí,... tới phần mềm giám sát và kịp thời đưa ra cảnh báo nếu xe gặp sự cố.

Ngoài ra, người sử dụng cũng có thể lựa chọn chế độ hoạt động của AGV là tự động hay điều khiển bằng tay

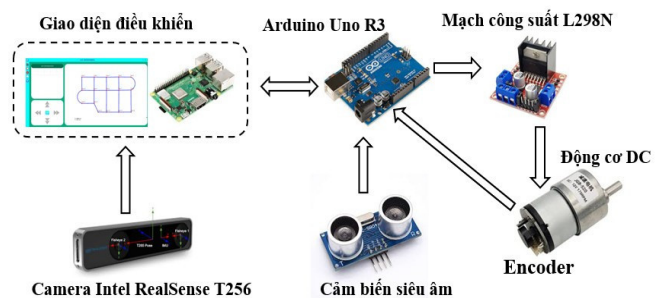
chỉ bằng các thao tác đơn giản với phần mềm. Ngoài khả năng điều khiển trực tiếp, khi sử dụng ở tầng quản lý, phần mềm còn có tính năng giám sát vị trí và trạng thái của xe (tốc độ, mức pin,...) thông qua ID của các xe. Phần mềm ở các tầng khác nhau được kết nối và chia sẻ dữ liệu với nhau thông qua một máy chủ (Server).

3. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN AGV SỬ DỤNG CAMERA INTEL REALSENSE T265 VÀ GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN XE AGV

Trong hệ thống điều khiển tự động của xe tự hành AGV, định vị và điều hướng đóng vai trò quan trọng. Trong số các công nghệ hiện có, camera Intel RealSense T265 cung cấp một phương pháp điều hướng linh hoạt, cho phép AGV hoạt động thích ứng với môi trường sản xuất động. Camera T265 được lựa chọn nhờ khả năng xử lý SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) độc lập và độ chính xác cao.

3.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của hệ thống

Hình 7 mô tả kiến trúc của mô hình hệ thống điều khiển AGV được xây dựng dựa trên sự kết hợp giữa bộ điều khiển Arduino và máy tính nhúng Raspberry Pi. Phần mềm điều khiển và giám sát được triển khai trên Raspberry Pi, hoạt động như một web server có thể truy cập thông qua địa chỉ local host. Máy tính nhúng sẽ trực tiếp kết nối với camera T265 và gửi lệnh điều khiển đến Arduino, từ đó điều khiển các cơ cấu chấp hành. Hai bánh xe được quay bởi động cơ servo DC, với mạch công suất L298N đóng vai trò cung cấp dòng điện và điện áp theo tín hiệu điều khiển. Khi robot AGV nhận được lệnh từ phần mềm, máy tính nhúng sẽ tính toán tín hiệu điều khiển dựa trên thuật toán đã được đề xuất, sau đó chuyển tiếp chúng đến Arduino. Arduino sẽ tạo ra các xung điều khiển động cơ servo DC và nhận dữ liệu từ cảm biến siêu âm. Nếu phát hiện chướng ngại vật, cảm biến tiệm cận sẽ cảnh báo ngay lập tức trên màn hình điều khiển. Ba cảm biến tiệm cận được bố trí xung quanh robot AGV giúp phát hiện chướng ngại vật và đảm bảo an toàn trong quá trình vận hành.

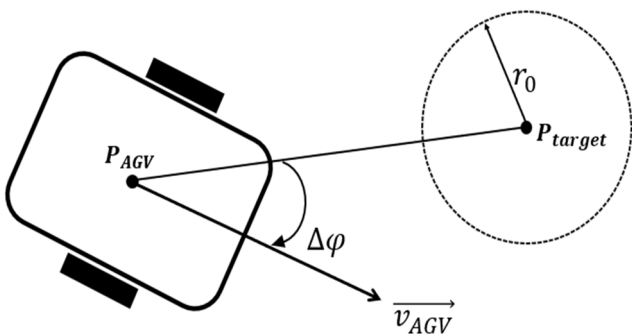


Hình 7. Sơ đồ tổng quan hệ thống điều khiển

Trên giao diện điều khiển, sau khi người vận hành thực hiện biên dịch và gỡ lỗi chương trình kế hoạch hoạt động của xe, nếu không có lỗi xảy ra, giao diện sẽ thực hiện tính toán quỹ đạo (Trajectory planning) có kết quả là dạng dữ liệu chuyển động gồm vị trí, hướng và tốc độ của xe (thêm tâm cung tròn nếu là quỹ đạo cung tròn) theo thời gian. Kết quả của tính toán quỹ đạo là dữ liệu để điều khiển xe bám quỹ đạo: tại mỗi thời điểm, giao diện thực hiện lấy thông tin tọa độ và hướng từ camera Intel RealSense T265 kết hợp với dữ liệu Trajectory planning và thuật toán điều khiển bám quỹ đạo tính toán giá trị vận tốc đặt phù hợp cho các động cơ. Thông tin về vận tốc của các động cơ được giao diện gửi xuống mạch điều khiển (Arduino) qua các bản tin. Mạch điều khiển nhận dữ liệu và điều khiển vận tốc động cơ theo các giá trị đặt mong muốn. Từ thông tin giá trị đặt nhận từ giao diện và giá trị thực được phản hồi từ Encoder, mạch điều khiển tính toán giá trị PWM đặt trên mô đun mạch công suất L298N sử dụng bộ điều khiển PID. Cảm biến siêu âm được sử dụng để phát hiện vật cản trên đường đi, đảm bảo sự an toàn khi vận hành xe AGV.

3.2. Thuật toán điều khiển bám quỹ đạo

Để thực hiện điều khiển xe theo các quỹ đạo mong muốn, **Thuật toán 1** và **2** lần lượt trình bày thuật toán bám quỹ đạo đường thẳng và quỹ đạo cung tròn. Phương pháp bám quỹ đạo đường thẳng là điều khiển tốc độ hai bánh xe để hướng lệch của xe sao cho vectơ vận tốc của xe luôn hướng điểm đích (P_{target}). Trong đó hệ số điều chỉnh vận tốc được xác định bởi $K_L \cdot |\Delta\varphi|$ với K_L là hệ số điều khiển. Do thực tế sẽ có sai số nên xe khó có thể đạt được vị trí chính xác tuyệt đối, vòng tròn có bán kính r_0 là dung sai cho phép để xe tự hành AGV đạt được vị trí điểm đích.



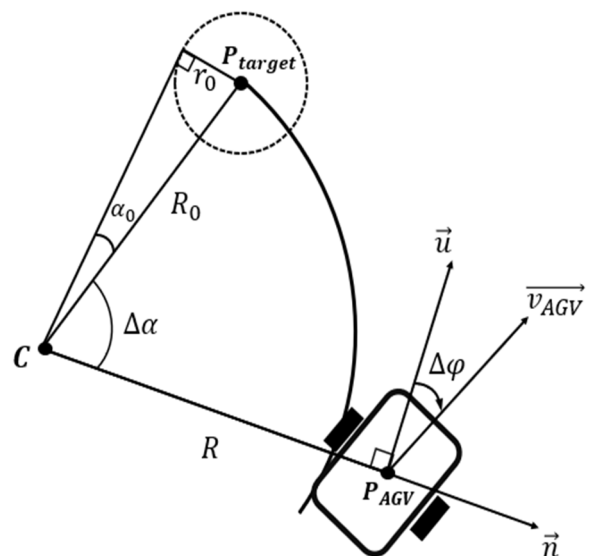
Hình 8. Xe AGV bám quỹ đạo đường thẳng

Thuật toán 1: Điều khiển xe bám đích trên quỹ đạo đường thẳng

```

WHILE | P_target - P_AGV | > r_0
    IF Δφ < 0 THEN // Lệch phải
        V_Left = V . (1 - K_L . |Δφ|); // Giảm
        // tốc độ bánh bên trái
        V_Right = V;
    END IF
    IF Δφ > 0 THEN // Lệch trái
        V_Right = V . (1 - K_L . |Δφ|) // Giảm
        // tốc độ bánh bên phải
        V_Left = V;
    END IF
    IF |Δφ| < δ_T265 THEN // Xe đi thẳng, tốc độ hai
    // bánh như nhau, δ_T265 là sai số góc của camera T265.
        V_Left = V;
        V_Right = V;
    END IF
    SendCommand(V_Left, V_Right)
END WHILE
    
```

Thuật toán 2 trình bày phương pháp điều khiển xe bám quỹ đạo cung tròn với chiều di chuyển ngược kim đồng hồ (CCW), chiều di chuyển theo chiều kim đồng hồ (CW) được thực hiện tương tự. Phương pháp là điều khiển tốc độ của 2 bánh xe để xe bám quỹ đạo bán kính R_0 , và hướng xe luôn hướng theo vectơ tuyến tuyến sao cho góc lệch $|\Delta\varphi| < 90^\circ$. Hệ số điều chỉnh vận tốc trong thuật toán này được xác định theo công thức $K_C \cdot |\Delta R|$, với K_C là hệ số điều khiển, R là khoảng cách từ P_{AGV} đến tâm quay C .

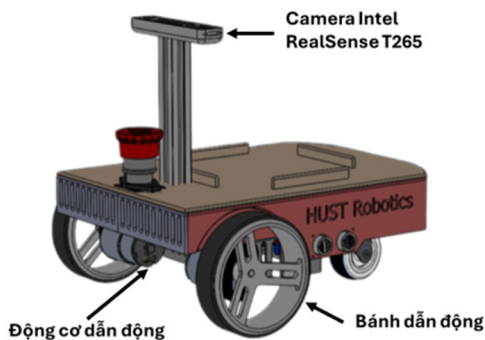


Hình 9. Xe AGV bám quỹ đạo cung tròn

```

WHILE |Δα| > α0 OR |Ptarget - PAGV| > r0 THEN
    IF R > R0 THEN // Lệch ngoài bán kính cần rẽ
        hướng vào tâm
            VLeft = V ·  $\frac{R-d}{R}$  · (1 - KC|ΔR|); // Giảm
            tốc độ bánh bên trái
            VRight = V ·  $\frac{R+d}{R}$ ; // 2d là khoảng cách giữa
            2 bánh xe
        END IF
        IF Rv < R0 THEN // Lệch trong bán kính cần rẽ
            hướng xa tâm
                VLeft = V ·  $\frac{R-d}{R}$ ;
                VRight = V ·  $\frac{R+d}{R}$  · (1 - KC|ΔR|); // Giảm
                tốc độ bánh bên phải
            END IF
        IF |Rv - R0| < δ0 THEN // Xe chạy trong khoảng
            cho phép
                VLeft = V ·  $\frac{R-d}{R}$ ;
                VRight = V ·  $\frac{R+d}{R}$ 
            END IF
        IF Δφ < -90° THEN // Lệch hướng phía
            sau, bên phải
                VLeft = -VRight; // Xoay xe để đảm bảo
                Δφ > -90°
            END IF
        IF Δφ > 90° THEN // Lệch hướng phía
            sau, bên trái
                VRight = -VLeft; // Xoay xe để đảm bảo
                Δφ < 90°
            END IF
        SendCommand(VLeft, VRight)
    END WHILE
    
```

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM



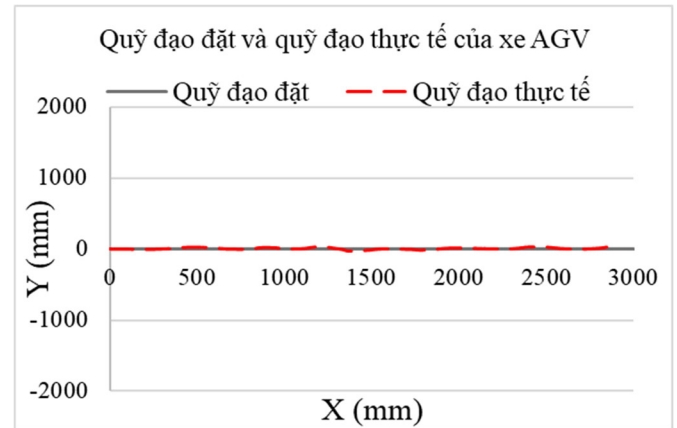
Hình 10. Mô hình xe AGV

Để đánh giá độ bám quỹ đạo của xe tự hành AGV sử dụng hệ thống điều khiển và thuật toán bám quỹ đạo, một thí nghiệm đã được thực hiện để đánh giá sai số bám quỹ đạo. Trong thí nghiệm này, mô hình xe AGV cỡ bé với 2 bánh chủ động và một bánh dẫn hướng được sử dụng, như hình 10.

Một số thông số của xe

- Đường kính bánh xe dẫn động: 100mm
- Khoảng cách giữa hai bánh dẫn động: 2d = 214mm
- Động cơ dẫn động: Động cơ điện một chiều JGB37-520

Xe tự hành AGV dịch chuyển bắt đầu từ tọa độ (0, 0) đến tọa độ (3000, 0) tính theo đơn vị mm, dịch chuyển theo quỹ đạo đường thẳng (đường thẳng Target). Trong quá trình di chuyển, xe tự hành AGV thực hiện lấy mẫu liên tục theo chu kì 0,1 giây, mẫu thu được là tọa độ của xe. Dữ liệu tọa độ thu được thể hiện trên đồ thị hình 11.



Hình 11. Kết quả quỹ đạo đặt và quỹ đạo thực tế khi xe chạy thực nghiệm
Độ bám được đánh giá bằng sai số tính theo công thức:

$$Error = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2}$$

Trong đó, d_i là khoảng cách từ tọa độ điểm lấy mẫu thứ i đến quỹ đạo đặt. Qua tính toán, kết quả thu được Error = 10,27mm, cho thấy xe AGV bám quỹ đạo khá tốt.

5. KẾT LUẬN

Giải pháp được đề xuất trong bài báo cho thấy nhiều tính ưu việt hơn sử dụng các đường line từ truyền thống. Với phương pháp truyền thống, các đường line là các dải màu đen hoặc băng từ được thi công gắn trực tiếp vào sàn để xe có cơ sở định vị, dẫn hướng để điều khiển xe tự hành, nếu muốn thay đổi các tuyến line này, bắt buộc phải dỡ các tuyến cũ ra và thi công lại. Với đề xuất của

nhóm nghiên cứu, việc thiết kế đường line ảo trên phần mềm kết hợp với sử dụng Camera Intel Realsense T256 đã loại bỏ được việc sử dụng các đường line vật lý này. Hệ thống mang lại tính linh hoạt và đa dạng trong việc lập bản đồ khu vực làm việc, lên kế hoạch làm việc, và mô phỏng quá trình làm việc, cho phép triển khai dễ dàng vào môi trường thực tế một cách nhanh chóng. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống điều khiển AGV đạt được độ chính xác khá cao trong việc bám quỹ đạo. Tương lai, nghiên cứu sẽ tiếp tục nâng cao độ chính xác thuật toán điều khiển và mô phỏng, nâng cấp hệ thống quản lý nhiều AGV.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) trong đề tài mã số T2023-TĐ-016

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Kim S.H., Hwang H., Kim, Y.D., Hahn K.H., "Development of operating rules for automated guided vehicle systems in heterarchical manufacturing system," *J. Korean Inst. Ind. Eng.*, 1997.
- [2]. Qui L., Hsu, W.J., Huang S.Y., Wang H., "Scheduling and routing algorithms of AGVs. A survey," *Int. J. Prod. Res.*, 2002.
- [3]. Camera Intel Realsense T265. Available online: Intel® RealSense™ Tracking Camera T265 and Intel® RealSense™ Depth Camera D435 - Tracking and Depth (intelrealsense.com) (accessed on 19 May 2024)
- [4]. Merin Antony, Megha Parameswaran, Nithin Mathew, Sajithkumar V.S., Jineeth Joseph, Christy Mary Jacob, "Design and Implementation of Automatic Guided Vehicle for Hospital Application," in *ICCES 2020*, India, IEEE, 10-12 June 2020.
- [5]. Xiufang Cheng, Ran Tao, "Design of Automatic Guided Vehicles and Dunking Robot System," in *2011 Third International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, China, IEEE, 26-27 August 2011.

[6]. Meenakshi Prabhakar, Valenteena Paulraj, Joshuva Arockia Dhanraj, S. Nagarajan, Dhusyant Arumukam Karthi Kannappan, Adithyaa Hariharan, "Design and Simulation of an Automated Guided Vehicle through Webots for Isolated COVID-19 Patients in Hospitals" in *2020 IEEE 4th Conference on Information & Communication Technology*, India, IEEE, 3-5 December 2020.

[7]. J. Liu, P. Jayakumar, J. L. Stein, T. Ersal, "A nonlinear model predictive control formulation for obstacle avoidance in high-speed autonomous ground vehicles in unstructured environments," *Vehicle System Dynamics*, 56, 6, 853-882, 2018.

AUTHORS INFORMATION

Duong Van Lac¹, Nguy Quyen Anh¹, Luu Van Duc¹,
Vu Truong Son¹, Bui Tien Son²

¹School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

²Department of Science and Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam