

# Điều khiển robot di động tự tìm trạm và nạp năng lượng trên cơ sở luật điều khiển bám và các giải thuật xử lý ảnh

Kim Anh Tuấn\*

\*Trường Đại học Trà Vinh

Received: 13/02/2023; Accepted: 17/02/2023; Published: 3/3/2023

**Abstract:** Mobile robots have the characteristics of moving in large spaces, so the demand for energy for the robot is usually quite large, so it must be refueled regularly. With the idea of building a mobile robot capable of searching for pre-arranged power stations and recharging when the energy in the robot is weak, the article titled "Controlling the mobile robot to find and recharge itself" is carried out, contributing to the development of the automation industry in general and mobile robots in particular. The article has modeled a mobile robot, given the control law and applied it in controlling the robot to the refueling station when needed.

**Keywords:** Mobile robot, self-finding station, recharging, tracking control law, image processing algorithm

## 1. Đặt vấn đề

Xu hướng phát triển của Robot di động hiện chưa có các thống kê cụ thể về các đề tài nghiên cứu về robot di động và xu hướng phát triển của chúng, tuy nhiên chúng ta có thể nhận thấy một số đặc điểm chung nổi bật của chúng như: Khả năng di chuyển độc lập trên các địa hình khác nhau theo quỹ đạo định trước hoặc tự xác định đường đi. Nguồn năng lượng phục vụ hoạt động của robot nằm trên robot. Các bộ điều khiển robot có thể nằm trên robot hoặc điều khiển qua các kết nối không dây. Theo các đặc điểm nói trên robot di động, chúng ta có thể thấy ngoài việc giải quyết các bài toán ứng dụng trong các lĩnh vực riêng biệt, các nhà nghiên cứu còn phải giải quyết 3 bài toán rất cơ bản của robot di động như sau: Bài toán tìm đường đi; Bài toán năng lượng; Bài toán điều khiển robot.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Mô hình toán học của robot di động

Trên mặt phẳng, chúng ta thiết lập một môi quan hệ giữa hệ quy chiếu chung và hệ quy chiếu cục bộ của robot, trục  $OX_I$  và  $OY_I$  xác định một gốc quy chiếu bất kỳ là hệ quy chiếu chung  $OX_I Y_I$ . Để xác định vị trí của robot, chọn một điểm P trên khung robot làm điểm quy chiếu vị trí của nó.

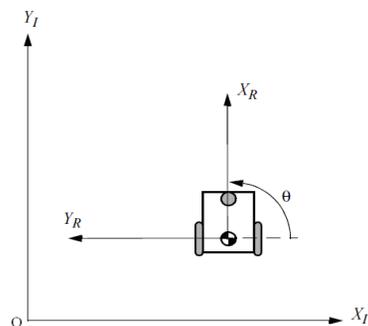
Gốc tọa độ  $(X_R, Y_R)$  xác định hai trục tương đối so với điểm P trên khung robot và là hệ quy chiếu cục bộ của robot. Vị trí của điểm P trên hệ quy chiếu chung được xác định bởi các tọa độ x và y, và sự khác biệt của góc giữa hệ quy chiếu chung và hệ quy chiếu khu vực được cho bởi  $\theta$ . Chúng ta có thể mô tả trạng thái của robot như 1 vector với 3 yếu tố:

$$\xi_r = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Để mô tả chuyển động robot thông qua quan hệ của các chuyển động thành phần, chúng ta cần thiết lập chuyển động các trục của hệ quy chiếu chung theo chuyển động hệ quy chiếu cục bộ của robot.

Biểu thức mô tả trạng thái hiện hành của robot được thực hiện bằng cách sử dụng ma trận xoay quanh trục vuông góc với mặt phẳng di chuyển của robot:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$



Hình 2.1 - Robot di động liên kết với một trục chung

Ma trận này có thể được dùng để lập biểu đồ chuyển động trong hệ quy chiếu chung  $\{X_I, Y_I\}$  trong mối tương quan của hệ quy chiếu khu vực  $\{X_R, Y_R\}$ . Mối liên hệ này được thể hiện bằng  $R(\theta)\xi_r$  mô tả sự phụ thuộc vào giá trị của  $\theta$ :

$$\dot{\xi}_R = R(\theta)\dot{\xi}_I \quad (2.3)$$

Trong đó  $\dot{\xi}_I$ : véc tơ thể hiện chuyển động trong hệ quy chiếu chung.

$\dot{\xi}_R$ : véc tơ thể hiện chuyển động trong hệ quy chiếu cục bộ.

Biểu thức được mô tả bởi phương trình (2.3) có thể đưa ra động học thuận của một robot di động. Các mối quan hệ hình học:

$$\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = f(l, r, \dot{\theta}, \dot{\phi}_1, \dot{\phi}_2, \dots) \quad (2.4)$$

Trong đó  $f(l, r, \dot{\theta}, \dot{\phi}_1, \dot{\phi}_2, \dots)$  là hàm chỉ mối quan hệ giữa khoảng cách các bánh xe  $l$ , bán kính bánh xe  $r$  và các chuyển động quay của thân robot  $\dot{\theta}$ , các bánh xe  $\dot{\phi}_1, \dot{\phi}_2 \dots$  với các biến  $x, y, \theta$  trên hệ tham chiếu tổng thể.

$$\text{Ta có: } \dot{\xi}_I = R(\theta)^{-1} \dot{\xi}_R \quad (2.5)$$

Với  $R(\theta)^{-1}$  được tính ra từ (2.2):

$$R(\theta)^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Robot chỉ di chuyển trên mặt phẳng với vận tốc dài  $V$  và vận tốc góc quanh trục vuông góc với mặt phẳng di chuyển của robot là  $\omega$ .

$$\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Vận tốc của robot:  $v$  (m/s)

Vận tốc của bánh xe trái và phải:

$$v_L = \omega_L \cdot r \quad (2.8)$$

$$v_R = \omega_R \cdot r \quad (2.9)$$

Trong đó:

+  $\omega_L, \omega_R$  (rad/s) lần lượt là vận tốc góc của bánh xe trái và vận tốc góc của bánh xe phải.

+  $r$  (m) là bán kính bánh xe.

Gọi  $R_L, R_R$  lần lượt là bán kính xoay của bánh trái và phải khi robot di chuyển so với tâm xoay thân robot.

## 2.2. Mô hình Robot di động

### 2.2.1. Mô tả kết cấu

Robot di động gồm các bộ phận chính với các chức năng sau: Vật liệu làm khung và vỏ robot là mica cứng.



Hình 2.2 – Mô hình tổng thể robot di động.

- Nguồn: gồm 2 pin 12 VDC nối tiếp nhau cấp nguồn 24V cho toàn bộ bộ điều khiển.

- Mạch điều khiển động lực và các ngõ vào cảm biến và nút điều khiển hai động cơ 24 VDC – 40W, hiệu MODEL GC-3642-002

- Tốc độ: 150 vòng/phút, điện áp sử dụng: 9 – 24 VDC, đường kính trục: 6 mm, chiều dài động cơ 80 mm, hai bánh sau được nối trực tiếp với trục của từng động cơ. Hai bánh sau đường kính Ø 90 mm, hai bộ Encoder (100 xung/vòng) đếm số vòng quay của hai bánh sau. Điện áp ngõ vào của Encoder là:  $V_{in} = 5V$ , tín hiệu ngõ ra ở dạng xung. Một bộ RC servo điều chỉnh góc xoay của camera.

Động cơ RC Servo là loại động cơ có công suất nhỏ, góc quay giới hạn, dùng cho các thiết bị điều khiển vô tuyến. Điều khiển bằng chế độ PWM, tốc độ vòng quay của động cơ là cố định, giá trị PWM xác định vị trí góc quay.

Các thông số kỹ thuật của động cơ RC Servo:

Hiệu Micro Servo 9g SG 90. Tốc độ: 0.12s/60°, Điện áp sử dụng: 3.0 - 7.2V, Kích thước: 22mm x 12mm x 29 mm, Camera xử lý ảnh: Camera được tự động điều khiển góc xoay tối đa 90° bởi động cơ RC Servo. Hãng sản xuất: Đại học Carnegie Mellon.

Bộ thu nhận và xử lý tín hiệu ảnh gồm kết nối giữa cảm biến camera cmos và mạch điện vi xử lý chính là ARM7. Môi trường phát triển mã nguồn mở trên Windows và Linux. Khe cắm thẻ nhớ MMC với hỗ trợ ổ đĩa FAT16, Điều khiển servo 4 công, Tải ảnh vào bộ nhớ 26 hình ảnh trên giây (26 Frames per second). Trình thông dịch ngôn ngữ dung lượng nhẹ LUA cho phép theo nguyên mẫu truyền nhanh, Phần mềm nén ảnh JPEG, Thư viện thao tác ảnh cơ bản (cc3\_lib)

CMUCAM3 hoạt động với cảm biến camera 0V6620, 0V7630: các cảm biến quang đặt trên đầu robot làm nhiệm vụ phát hiện vật cản, khoảng cách tối đa mà cảm biến có thể phát hiện vật cản 30cm. Điện áp ngõ vào của cảm biến  $V = 24v$ , tín hiệu ngõ ra ở dạng logic 0, 1. Bánh dẫn hướng, đường kính Ø70 mm, điều chỉnh hướng di chuyển của robot để bám theo mục tiêu

### 2.2.2. Bộ điều khiển: Gồm 2 mô đun chính

Mô đun điều khiển robot được kết nối với 2 encoder hồi tiếp xung về để đếm số vòng quay, đồng thời điều khiển tốc độ động cơ. Bộ nhớ FLASH 16 K Bytes. Bộ nhớ EEPROM 512 Bytes. SRAM nội 1K Bytes. Chu kỳ ghi xoá Flash/Eeprom 10.000 lần. Bảo mật bằng phần mềm. Hỗ trợ lập trình, debug Flash sửa lỗi mã chương trình, Eeprom (bộ nhớ trong vi xử lý), Fuse các bit *cấu chỉ* để cài đặt một số tính năng và Lock bit (bit khóa) qua giao diện JTAG. 2 bộ đếm thời gian 8 bit với compare Mode (chế độ so sánh). 1 bộ đếm thời gian 16 bit với Compare Mode (chế độ so sánh) và Capture Mode (chế độ phát hiện cạnh lên hoặc cạnh xuống). Tích hợp bộ đếm thời gian thực. 4 kênh PWM. 8 kênh ADC 10 bit với: 8 kênh chế độ đơn, 7 kênh vi sai, 2 kênh vi sai tích hợp bộ khuếch đại 1x, 10x, 200x. Giao diện nối tiếp 2 dây (SCL, SDA), USART, SPI, Watchdog timer, chế độ so sánh Analog, tích hợp dao động RC bên trong lên tới 8 MHz, Chip 40 chân với 32 ngõ vào/ra, nguồn sử dụng 2.7~5.5 V.

Mô đun xử lý ảnh CMUCAM3: sử dụng chip ARM9 để xử lý ảnh hỗ trợ cho điều khiển robot. Mô đun này với giao tiếp với mô đun điều khiển robot qua cổng RS232 tạo nên sự đồng bộ trong hoạt động của robot. Ngoài ra mô đun này điều khiển camera quay lên xuống qua động cơ RC Servo hỗ trợ lấy ảnh tốt hơn.

2.2.3. Hệ thống cảm biến: Hệ thống cảm biến được sử dụng trên robot gồm có camera: sử dụng cảm biến CMOS, RGB color; độ phân giải 352 x 288. Camera sẽ lấy ảnh và đưa về bộ xử lý hình ảnh cho robot. Bốn cảm biến quang đặt phía trước robot để phát hiện vật cản.

### 2.3. Không gian hoạt động của Robot di động

Việc xác định không gian hoạt động của robot đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành nên ý nghiệm ban đầu cho việc thiết kế kết cấu cơ khí và phương thức điều khiển robot.

2.3.1. Đường đi của Robot: Trong việc nghiên cứu robot di động phân thành 2 loại theo khả năng điều khiển: loại đường đi định sẵn, đường dẫn, dấu hiệu trên đường di chuyển.



Hình 2.3. Dạng đường đi định sẵn là các đường dẫn cho robot

Đường dẫn: robot sẽ đi theo một đường dẫn đã được định trước, dấu hiệu trên đường di chuyển: là những ký hiệu hoặc hình ảnh đặc trưng được đặt ở những vị trí cố định trên tường giúp robot xác định được vị trí cần đến. Những dấu hiệu này được robot ghi nhớ qua camera trang bị trên robot.

2.3.2. Vật cản trên đường đi: Trong quá trình di chuyển, robot sẽ gặp không ít các vật cản trên đường đi. Cần phải phân định rõ đặc điểm của từng loại vật cản để có hướng giải quyết cụ thể trong từng trường hợp, giúp robot tránh được các chướng ngại vật một cách dễ dàng trong quá trình di chuyển. Trong môi trường hoạt động của robot ta chia vật cản thành 2 loại: Vật cản nằm cố định, Vật cản di động tự nhiên.

### 2.3.3. Các trạm tiếp năng lượng cho robot di động

Trạm nạp: bố trí ở những vị trí cố định trên tường trong phạm vi hoạt động, đảm bảo cho robot có thể dễ dàng tìm để sạc. Số lượng trạm nạp năng lượng cho robot tùy thuộc lớn vào khả năng dò tìm trạm của robot, với robot có khả năng dò tìm tốt sẽ cần ít trạm tiếp năng lượng hơn.

Trên bộ nạp ngoài biểu tượng chỉ dẫn còn có lắp thêm 2 bóng đèn; để phát tín hiệu giúp cho camera của robot nhận biết dễ dàng. Việc nhận dạng đường dẫn, các dấu hiệu do mô đun xử lý ảnh sẽ đảm nhiệm.

### 3. Kết luận

Bài viết đã được thực hiện từ bước mô hình hóa robot di động, thiết kế bộ điều khiển bám, chế tạo mô hình và thực nghiệm các giải thuật điều khiển robot. Mô hình hóa được động học của robot. Thiết kế bộ điều khiển bám cho robot dựa trên phương trình động học của robot. Chế tạo mô hình robot cơ bản để điều khiển thực nghiệm. Đề xuất các giải thuật: điều khiển bám với hỗ trợ của công nghệ xử lý ảnh, giải thuật tránh vật cản, giải thuật kết hợp bám và tránh vật cản. Ứng dụng các giải thuật đã đề xuất để xây dựng giải thuật dò trạm và nạp năng lượng cho robot. Thực nghiệm thành công các giải thuật trên robot di động đã chế tạo.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Anil.K.Jain, Prentice Hall (1986), *Fundamentals of Digital Image Processing*.
- [2] Ali Gholipour, M.J.Yazdanpanah, *Dynamic tracking control of nonholonomic mobile robot with model reference adaptation for uncertain parameters*.
- [3] Craig A. Lindley (1990), *Practical Image Processing in C*.
- [4] Faculty of Electrical Engineering University Teknologi Malaysia (2007), *Control Of A Non-holonomic mobile Robot*, May.
- [5] Nguyễn Văn Ngo, *Giáo trình xử lý ảnh*.