

# Mô phỏng xây dựng bản đồ môi trường dựa trên hệ điều hành ROS phục vụ giảng dạy, nghiên cứu rô bốt tự hành

Nguyễn Khắc Tuấn\*

\*TS, Khoa Điện- Điện tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh  
Received: 6/11/2024; Accepted: 11/11/2024; Published: 18/11/2024

**Abstract:** Currently, mapping typically relies on two types of hardware: Lidar sensors and Stereo Cameras, depending on the robot's purpose and requirements, combined with the powerful ROS (Robot Operating System) platform to simulate, design, and build control algorithms for robots. This approach helps reduce the costs and time needed to build real models. This paper presents a method for simulating the construction of an environmental map for robots using lidar sensors based on the ROS platform, serving research, teaching, and robot design purposes.

**Keywords:** Autonomous Robots, Robot Operating System, mapping

## 1. Đặt vấn đề

Rô bốt tự hành đã và đang được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực từ dân sự, quân sự, vũ trụ và đang được nghiên cứu phát triển rộng rãi từ các công ty lớn, các phòng thí nghiệm nhiều nơi trên thế giới. Để rô bốt có thể tự định hướng và xác định vị trí hiện tại. Một trong những bước quan trọng là cần phải mô phỏng lại bản đồ (BĐ) khoảng không gian di chuyển của rô bốt - việc này thường gọi là mapping. Hiện nay, việc mapping thường dựa trên hai thiết bị phần cứng là cảm biến LIDAR và Stereo Camera tùy theo mục đích và yêu cầu của rô bốt kết hợp với nền tảng ứng dụng rất mạnh mẽ ROS [1] (Robot Operating System- là nền tảng hỗ trợ việc thiết kế rô bốt) để mô phỏng, thiết kế xây dựng thuật toán điều khiển cho rô bốt, giúp tiết kiệm được chi phí, thời gian để xây dựng mô hình thật. Bài báo này trình bày phương thức mô phỏng việc xây dựng bản đồ môi trường (BĐMT) cho rô bốt sử dụng cảm biến LIDAR dựa trên nền tảng ROS phục vụ công tác nghiên cứu, giảng dạy, thiết kế rô bốt.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Tổng quan giải pháp

Rô bốt tự hành là rô bốt có khả năng tự di chuyển, tự vận động theo một quỹ đạo được xác định trước hoặc chưa biết trước và được thực hiện một công việc được giao. Rô bốt có thể hoạt động ở nhiều MT khác nhau như trên không, trên mặt đất, dưới nước hay thậm chí là ngoài vũ trụ. Đây là một hướng nghiên cứu có tính ứng dụng rất lớn trên nhiều lĩnh vực từ dân sự, quân sự, vũ trụ và đang được nghiên cứu phát triển rộng rãi từ các công ty lớn, những phòng nghiên

cứu ở khắp nơi thế giới. Một trong những yếu tố quan trọng của rô bốt phải đảm bảo thực hiện nhiệm vụ và có thể tự giải quyết các vấn đề nằm ngoài dự tính như khả năng nhận diện, phát hiện và tránh vật cản hoặc đi vào MT chưa biết.

Bảng việc ứng dụng ROS cho rô bốt, ta có thể mô phỏng hoạt động và xây dựng thuật toán điều khiển cho rô bốt một cách dễ dàng hơn so với việc chúng ta thực hiện công việc đó trên một mô hình thực tế. Từ việc có được BĐ của khoảng không gian di chuyển, ta cần phải xác định vị trí của nó trong khoảng không gian đó - việc này gọi là localization. Sau những công việc trên, ta sẽ xác định đường đi cho rô bốt và điều khiển để rô bốt đi theo đúng quỹ đạo của đường đi mà ta sẽ vẽ - việc này gọi là path-planning. Bài toán cho vấn đề trên thực hiện dựa trên bài toán Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) đã đang được nghiên cứu rộng rãi và tạo ra một cộng đồng phát triển rất mạnh mẽ.

Vì tính ứng dụng rộng lớn và tính phức tạp của vấn đề, bài báo chỉ ở mức tìm hiểu thuật toán và nền tảng ứng dụng cơ bản để có thể xây dựng được BĐMT cho rô bốt dựa trên cảm biến LIDAR và hệ điều hành ROS với ưu điểm giá thành thấp và dễ dàng thực hiện để phục vụ cho học tập và nghiên cứu.

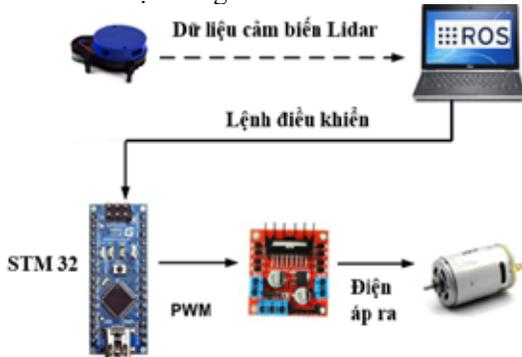
### 2.2. Xây dựng BĐMT dựa trên cảm biến LIDAR và hệ điều hành ROS

Trong lĩnh vực rô bốt tự hành, lập BĐMT là một trong những nhiệm vụ rất quan trọng. Rô bốt cần phải học một BĐ của MT chưa biết trước khi có thể tự vận hành trong MT làm việc đó. Việc lập BĐ của MT cho phép rô bốt có thể thực hiện các nhất nhiệm

vụ mà ta đặt ra chẳng hạn như: xác định vị trí của rô bốt trong không gian, hoạch định đường đi và thực hiện nhiệm vụ dựa trên đường đi đã xác định sẵn. Trong bài báo này, trình bày một hệ thống có thể xây dựng BD dựa trên việc sử dụng cảm biến laser LIDAR và hệ điều hành ROS cho kết quả khá chính xác và nhanh chóng.

### 2.2.1. Sơ đồ cấu trúc phần cứng rô bốt

Sơ đồ 2.1 thể hiện tổng quát của hệ thống được sử dụng. Cảm biến LIDAR [2] được sử dụng là loại cảm biến 2D làm việc trong nhà.



Sơ đồ 2.1. Hệ thống xây dựng BD cho rô bốt

Nguyên tắc làm việc của cảm biến này sử dụng phương pháp tam giác để xác định khoảng cách của vật thể. Cảm biến LIDAR sử dụng tia laser đáp ứng tiêu chuẩn loại 1 của FDA (Food and Drug Administration). Cảm biến này được trang bị động cơ DC để có thể thực hiện quét. Kết quả quét là các giá trị góc cùng với khoảng cách từ cảm biến đến vật thể.

Máy tính được sử dụng để truy cập cảm biến LIDAR. Dữ liệu LIDAR được gửi đến máy tính được cài hệ điều hành ROS thông qua cổng USB. Dữ liệu thu thập từ các phép đo của cảm biến LIDAR sẽ được xử lý và tạo ra BD. Chuyển động của rô bốt có thể sử dụng điều khiển bằng tay hoặc điều hướng tự động sử dụng các thuật toán điều khiển cài đặt trên máy tính để khám phá khu vực hoạt động. Các lệnh điều khiển chuyển động của rô bốt được gửi từ máy tính đến vi điều khiển STM32. Quá trình điều khiển rô bốt cần thực hiện giải quyết các vấn đề sau:

- Thu thập dữ liệu: Giai đoạn đầu tiên liên quan đến việc rô bốt thu thập dữ liệu thông qua các cảm biến khác nhau. Các cảm biến ngoại cảm như LIDAR, camera và radar giúp nhận diện các đặc điểm MT và các đối tượng động, trong khi các cảm biến nội cảm như encoder và IMU (Inertial measurement unit) cung cấp thông tin về chuyển động và định hướng của chính rô bốt.

- Lập BD: Dữ liệu thu thập được được xử lý để tạo ra BD của MT. Các đối tượng tĩnh, hay còn gọi là mốc, được tích hợp vào BD toàn cục, trong khi các đối tượng động được theo dõi và phân tích để dự đoán chuyển động của chúng.

- Định vị: Rô bốt sử dụng BD và dữ liệu từ cảm biến để xác định vị trí của mình trong MT. Các kỹ thuật như định vị đồng thời và lập BD SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) cho phép rô bốt cập nhật vị trí của mình theo thời gian thực, ngay cả trong các MT không có GPS (Global Positioning System).

- Lập kế hoạch: Khi rô bốt đã nắm rõ MT xung quanh và biết vị trí của mình, nó có thể lập kế hoạch đường đi đến mục tiêu. Điều này liên quan đến việc sử dụng BD cục bộ để điều hướng xung quanh các chướng ngại vật và tránh các đối tượng động.

- Điều khiển: Cuối cùng, hệ thống điều khiển của rô bốt thực hiện đường đi đã được lập kế hoạch bằng cách gửi lệnh đến các động cơ và bộ truyền động, đảm bảo rô bốt di chuyển một cách mượt mà và chính xác.

### 2.2.2. Thuật toán xây dựng BD Hector SLAM

Hector SLAM [3] là một thuật toán mã nguồn mở được sử dụng để xây dựng BD lưới 2D cho MT xung quanh dùng cảm biến laser scan (LIDAR). Bài báo này sử dụng cảm biến laser scan RPLIDAR A1, có tốc độ quét là 5.5 Hz và tầm quét lên đến 12m để quét MT cần xây dựng BD. Quá trình xây dựng BD sử dụng Hector SLAM theo các bước như sau:

**Bước 1:** Cảm biến LIDAR sẽ tiến hành quét MT xung quanh. Giá trị trả về từ cảm biến gồm 360 điểm tương ứng với 360 độ khi cảm biến quét MT xung quanh. Mỗi điểm sẽ có 1 giá trị khoảng cách tính từ LIDAR đến vị trí có vật cản.

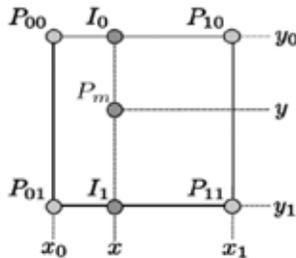
**Bước 2:** Quá trình tiền xử lý sẽ sử dụng thuật toán Hector SLAM để nội suy tất cả các điểm trên thành các giá trị tương ứng trên BD và vẽ chúng lên BD lưới được lập sẵn

**Bước 3:** Quá trình Scan Matching sẽ tối ưu hóa các liên kết của các điểm đã vẽ và các điểm mới quét được sao cho giá trị chiếm dụng được giảm tối thiểu.

**Bước 4:** Thực hiện di chuyển LIDAR dựa vào sự tính toán của các quá trình trên ta sẽ thu được một BD của MT cần quét.

Khi khởi động quét MT để tạo BD, góc tọa độ của BD sẽ được cài đặt ở vị trí ban đầu của rô bốt với trục z hướng lên trên, trục x hướng theo chiều thuận bánh xe của rô bốt (hướng tiến). Hector SLAM sẽ thiết lập sẵn một BD chiếm dụng, mỗi giá trị rời rạc trên bề mặt BD có một giới hạn riêng. Khi lập BD ta không

thể truy cập trực tiếp vào các giá trị này mà cần phải tính toán nội suy ra xác suất chiếm dụng của từng điểm và các dẫn xuất. Có thể sử dụng bộ lọc Bilinear [4] để nội suy giá trị ô lưới con sau đó ước tính xác suất chiếm dụng và các dẫn xuất trên. Từ ý tưởng trên, khi thực hiện quét bề mặt MT, cảm biến LIDAR sẽ trả về vị trí các điểm cần đánh dấu trên bản đồ lưới rời rạc mà Hector SLAM đã lập sẵn. Các điểm trả về sẽ là liên tục ở bất kỳ đâu trên BĐ. Cho ví dụ, cảm biến LIDAR trả về một điểm  $P_m$  bất kỳ sẽ chiếm vị trí trên BĐ, như hình 2.2.



Hình 2.2: Một điểm trên BĐ lưới 2D.

Các điểm  $P_{00}, P_{01}, P_{10}, P_{11}$  là các giá trị rời rạc được định sẵn trên OGM (Occupancy Grid Map), các giá trị trên là các tọa độ nguyên gần nhất với  $P_m$ . Cần tính xem điểm  $P_m$  sẽ nằm ở vị trí nào trên BĐ. Giá trị chiếm chỗ của  $P_m$  là  $M(P_m)$ . Giá trị chiếm chỗ được xấp xỉ bằng cách sử dụng phương pháp Bilinear thì phép nội suy tuyến tính với tọa độ nguyên gần nhất  $P_{00}, P_{01}, P_{10}, P_{11}$  được biểu diễn dưới dạng:

$$M(P_m) \approx \frac{y-y_0}{y_1-y_0} \left( \frac{x-x_0}{x_1-x_0} M(P_{11}) + \frac{x_1-x}{x_1-x_0} M(P_{01}) \right) + \frac{y_1-y}{y_1-y_0} \left( \frac{x-x_0}{x_1-x_0} M(P_{10}) + \frac{x_1-x}{x_1-x_0} M(P_{00}) \right)$$

Gradient của nó là

$$\nabla M(P_m) = \left( \frac{\partial M(P_m)}{\partial x}, \frac{\partial M(P_m)}{\partial y} \right)$$

Từ đó, các dẫn xuất của BĐ trong một điểm cụ thể sẽ được tính như sau:

$$\frac{\partial M(P_m)}{\partial x} \approx \frac{y-y_0}{y_1-y_0} (M(P_{11}) - M(P_{01})) + \frac{y_1-y}{y_1-y_0} (M(P_{10}) - M(P_{00}))$$

$$\frac{\partial M(P_m)}{\partial y} \approx \frac{x-x_0}{x_1-x_0} (M(P_{11}) - M(P_{10})) + \frac{x_1-x}{x_1-x_0} (M(P_{01}) - M(P_{00}))$$

Khi cảm biến LIDAR di chuyển (xoay, tiến, lùi) trong MT cần quét, vị trí của các điểm mà LIDAR trả về cũng thay đổi một lượng tương ứng. Việc

này dẫn đến giá trị chiếm dụng của một điểm trên BĐ OGM cũng không cố định mà sẽ bị lệch đi một khoảng tương ứng với góc quay của LIDAR. Kết quả là BĐ của chúng ta sẽ không còn chính xác. Do đó, cần có bước Scan matching để giúp liên kết giữa các chùm điểm cuối (endpoints) đã được vẽ trên BĐ với các chùm điểm cuối vừa mới được cảm biến LIDAR quét. Scan matching sẽ đảm bảo cho BĐ luôn được cập nhật một cách chính xác cho dù cảm biến LIDAR có di chuyển hay xoay bất kỳ góc nào. Phương pháp Gauss-Newton thường được sử dụng để dự đoán các tư thế tiếp theo mà không cần liên kết dữ liệu tìm kiếm giữa các endpoints.

### 2.3. Xây dựng BĐMT sử dụng mô hình mô phỏng

Trong bài báo này thực hiện mô phỏng việc xây dựng BĐMT cho một phòng đơn sử dụng mô hình rô bốt turtlebot3 có trang bị cảm biến RPLIDAR trên nền tảng ROS.

Trình tự mô phỏng được thực hiện trên hệ điều hành Linux như sau:

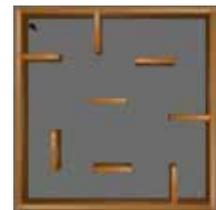
- `Source ~/test_turtlebot/devel/setup.bash`: Thiết lập MT làm việc cho ROS (Rô bốt Operating System) khi làm việc với workspace test\_turtlebot.

- `Export TURTLEBOT3_MODEL=burger`: Chọn cấu hình rô bốt dạng turtlebot\_burger như trong hình 2.3

- `Roslaunch turtlebot3_gazebo turtlebot3_empty_world.launch`: khởi chạy mô hình TurtleBot3 trong không gian của ứng dụng Gazebo và thiết lập MT mô phỏng mà chưa có chướng ngại vật hoặc đặc điểm địa hình. Trong ứng dụng này ta chọn phòng turtlebot3\_plaza như trong hình 2.4



Hình 2.3: Rô bốt Turtlebot.



Hình 2.4: MT hoạt động của rô bốt.

- `Roslaunch turtlebot3_slam turtlebot3_slam.launchslam_methods:=gmapping`:

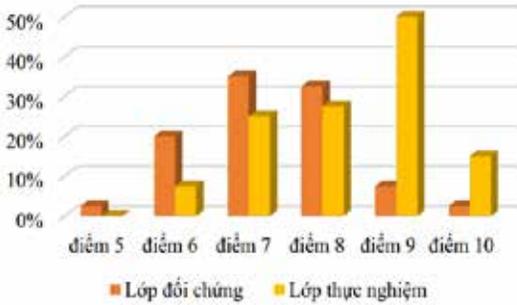
khởi chạy SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) cho TurtleBot3 trong MT ROS, với phương pháp gmapping.

- `Roslaunch turtlebot3_teleop turtlebot3_teleop_key.launch`: điều khiển TurtleBot3 sử dụng bàn phím trong MT ROS.

(Xem tiếp trang 168)

lớp đối chứng và lớp thực nghiệm trong bài kiểm tra đánh giá bằng điểm số được thực thể hiện như sau:

Dựa vào biểu đồ cho thấy sau khi có sự tác động thực nghiệm sư phạm thì sự chênh lệch về điểm số giữa lớp đối chứng với lớp thực nghiệm khá rõ ràng. Qua đó, ta có thể khẳng định rằng việc tổ chức dạy học theo mô hình LHĐN môn Toán lớp 4 đem lại hiệu quả cao.



Biểu đồ 2.1. Biểu đồ thống kê kết quả kiểm tra của 2 lớp 4/1 và 4/3

### 3. Kết luận

## Mô phỏng xây dựng bản đồ môi trường... (tiếp theo trang 3)

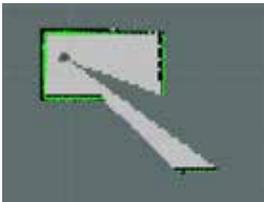
Phím W: Di chuyển tiến.

Phím X: Di chuyển lùi.

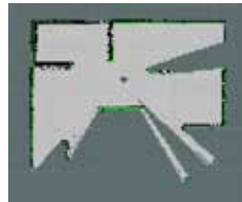
Phím A: Quay trái.

Phím D: Quay phải.

Phím S: Dừng lại.



Hình 2.5: rô bốt bắt đầu xây dựng BDMT.



Hình 2.6: Quá trình thực hiện xây dựng BDMT.



Hình 2.7: BDMT hoàn chỉnh.

Việc vận dụng mô hình LHĐN kết hợp mô hình 5E trong dạy học toán đã đáp ứng được những yêu cầu của đổi mới giáo dục hiện nay. Thông qua thực nghiệm sư phạm, cho thấy HS chủ động tìm tòi và khám phá kiến thức về phân số bằng nhau ở lớp 4, đưa ra những câu hỏi thắc mắc, sẵn sàng chia sẻ với GV và các bạn. Bên cạnh đó, HS được hoạt động nhiều, hào hứng tham gia làm sản phẩm cắt bánh pizza từ việc vận dụng tính chất bằng nhau của phân số. Từ đó, HS hiểu bài sâu hơn và thấy được vai trò toán học với cuộc sống xung quanh giúp phát triển được năng lực của bản thân. Vì thế khẳng định tính khả thi và đúng đắn của vấn đề nghiên cứu.

### Tài liệu tham khảo

[1] Bộ Giáo dục và Đào tạo (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông tổng thể 2018*.

[2] Nguyễn Văn Lợi (2014), *Lớp học nghịch đảo – mô hình dạy học kết hợp trực tiếp và trực tuyến*, Tạp chí khoa học trường Đại học Cần Thơ.

[3] Nguyễn Quốc Vũ (2020), *Dạy học đảo ngược định hướng phát triển năng lực sáng tạo cho sinh viên ngành kỹ thuật điện tử*, Luận án tiến sĩ.

### 3. Kết luận

Hệ điều hành ROS và các công cụ của nó cung cấp cho giảng viên linh hoạt trong mô phỏng và kiểm chứng các nghiên cứu trong lĩnh vực rô bốt. Bài báo này đã trình bày các bước để xây dựng BDMT cho rô bốt, giúp cho giảng viên và sinh viên trong việc giảng dạy, học tập và nghiên cứu các vấn đề liên quan đến điều khiển rô bốt tự hành.

### Tài liệu tham khảo

[1]. Ramkumar Gandhinathan, Lentin Joseph, *ROS Rô bốt học Projects*, Packt Publishing Ltd, 2019.

[2]. Md Shah Alam, Jared Oluoch, *A survey of safe landing zone detection techniques for autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs)*, Xpert Systems With Applications 179 (2021) 115091, Elsevier Ltd, 2015.

[3]. Ming-Yi Ju, Yu-Jen Chen, and Wei-Cheng Jiang, *Implementation of Odometry with EKF in Hector SLAM Method*, International Journal of Automation and Smart Technology, March 1, 2018

[4]. Edmund Lai, *Bilinear Transformation*, Practical Digital Signal Processing, Elsevier Ltd, 2003