

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ VÀ ĐIỀU HƯỚNG CHO ROBOT TỰ HÀNH TRONG SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP

BUILDING MAP AND NAVIGATION FOR SELF-PROVED ROBOT IN AGRICULTURE PRODUCTION

Trần Bá Hiến^{1*}, Lê Quang Thịnh¹, Sái Thanh Huyền²,
Đoàn Quang Khởi², Bùi Thị Thu Hà³

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về xây dựng hệ điều hướng dựa trên bản đồ, định vị đồng thời SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) cho robot tự hành hoạt động trong các nhà kính nuôi trồng cây nông nghiệp dựa trên hệ điều hành lập trình cho robot (Robot Operating System - ROS). Phần cứng là một robot Omni 4 bánh với nền tảng máy tính nhúng hiệu suất cao Jetson-Tx2 xử lý tác vụ trung tâm, camera 3D và một cảm biến Lidar để thu thập dữ liệu từ môi trường hoạt động. Các kết chạy mô phỏng robot trong nhà kính sử dụng Gazebo, và thử nghiệm trên Rviz cho thấy tiềm năng, sự hiệu quả của hướng nghiên cứu sử dụng hệ điều hành robot ROS vào việc điều khiển và giám sát robot tự hành trong các ứng dụng nông nghiệp công nghệ cao.

Keywords: Agricultural Robot, ROS, Gazebo, Rviz, SLAM, Omni robot.

ABSTRACT

This paper presents construct a Navigation System on Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) for autonomous robots in greenhouse, which are programed with Robot Operating System (ROS). Our proposed SLAM based algorithm in this paper was tested in 4 wheels Ommi robot which uses Jeston TX2 combined with 3D camera and Lidar sensor to acquire the environmental data. The robot simulation results in a greenhouse using Gazebo and testing on Rviz reveal the potential of implementing ROS in monitoring and controlling autonomous agricultural robots in high-tech agricultural applications.

Keywords: Agricultural Robot, ROS, Gazebo, Rviz, SLAM, Omni robot.

¹Lớp Điện tử Truyền thông 04 - K13, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp Điện tử Truyền thông 02 - K13, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hienbn3333@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Robot và máy thao tác trong lĩnh vực nông nghiệp đã trở thành một phần quan trọng trong các khía cạnh khác nhau của canh tác kỹ thuật số và nông nghiệp công nghệ cao. Với những tiến bộ trong lý thuyết điều khiển, các ứng dụng của những robot này trong canh tác kỹ thuật số ngày càng tăng mức độ tự động hóa, thay đổi các cách thức, công nghệ truyền thông sang ứng dụng công nghiệp công nghệ cao đang thu hút các nhà đầu tư, kỹ sư, nhà khoa học

và các doanh nghiệp. Các sản phẩm, kết quả nghiên cứu phát triển robot phục vụ nông nghiệp có thể ứng dụng trong rất nhiều công đoạn của quá trình sản xuất, các hoạt động canh tác khác nhau như: dò tìm cây trồng, kiểm soát sâu bệnh và cỏ dại, thu hoạch, phun thuốc có mục tiêu, tỉa, vớt sữa, xác định hình thái và phân loại.

Không giống như trong môi trường công nghiệp, các robot rất khó khăn để có thể tự động hóa hoàn toàn trong môi trường nông nghiệp. Một robot nông nghiệp phải hoạt động trong một môi trường rất đa dạng, nhưng lại có các yêu cầu thao tác, cảm nhận hoặc điều khiển cây trồng và môi trường xung quanh một cách chính xác, điều này là thách thức lớn với các nhà nghiên cứu chế tạo. Mặc dù trong công nghiệp hiện nay đã sử dụng đa dạng robot công nghiệp với độ chính xác và tốc độ cao, tuy nhiên ứng dụng của robot trong nông nghiệp lại rất hạn chế do môi trường hoạt động nông nghiệp là phi cấu trúc, nhiều yếu tố bất định và các nhiệm vụ không rõ ràng nên đặt ra những thách thức lớn. Với robot nông nghiệp việc ứng dụng các giải pháp cảm biến truyền thống là rất khó khả thi và xu hướng là các robot được trang bị các loại cảm biến tiên tiến như camera 3D, laser scan vào thu thập dữ liệu, bản đồ hóa và hoạt động tự động hoàn toàn. Trong việc phát triển và điều khiển robot tự hành ứng dụng trong nhà kính nông nghiệp, phương pháp định vị và lập bản đồ đồng thời (Simultaneous Localization and Mapping- SLAM) là nhiệm vụ đầu tiên và đóng vai trò quan trọng trong nhiệm vụ điều hướng cho robot và trở thành một chủ đề được nghiên cứu nhiều nhất trong lĩnh vực này [5].

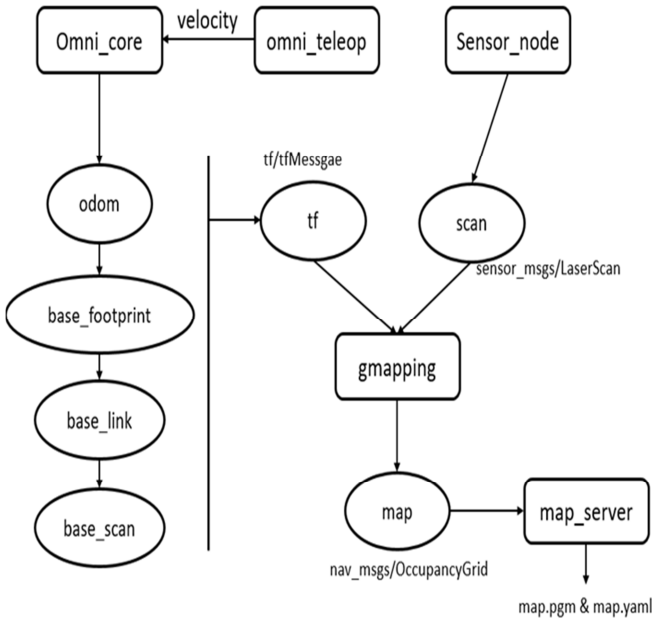
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Bản đồ hóa và định vị đồng thời SLAM cho Robot [1-3, 9, 10, 13]

Trong lĩnh vực robotic, vấn đề định vị đồng thời xây dựng bản đồ SLAM là một trong những vấn đề quan trọng nhất và đóng vai trò then chốt trong điều hướng robot, vì vậy đã thu hút được sự quan tâm lớn của đông đảo các nhà khoa học. Vấn đề SLAM được mô tả tổng quát trong quá trình khi robot di chuyển để lập bản đồ những nơi con người không thể hoặc không muốn tiếp cận, đồng thời robot tự xác định được vị trí của nó so với những đối tượng xung quanh. Kỹ thuật xử lý SLAM sẽ cung cấp thông tin bản

đồ về môi trường cũng như đồng thời ước tính tư thế riêng (vị trí và hướng) của robot dựa vào các tín hiệu thu được từ các cảm biến tầm nhìn bao gồm Rplidar và 3D camera.

Để thực hiện SLAM, chúng tôi sử dụng gói gmapping cho omni robot. Bằng việc thu các dữ liệu từ RPLidar, Astra camera và chuyển đổi Deep to Laser với cấu trúc các phần như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ tín hiệu xây dựng bản đồ

Quá trình xử lý SLAM với các node chính là sensor_node, omni_teleop, omni_core, gmapping và map_server.

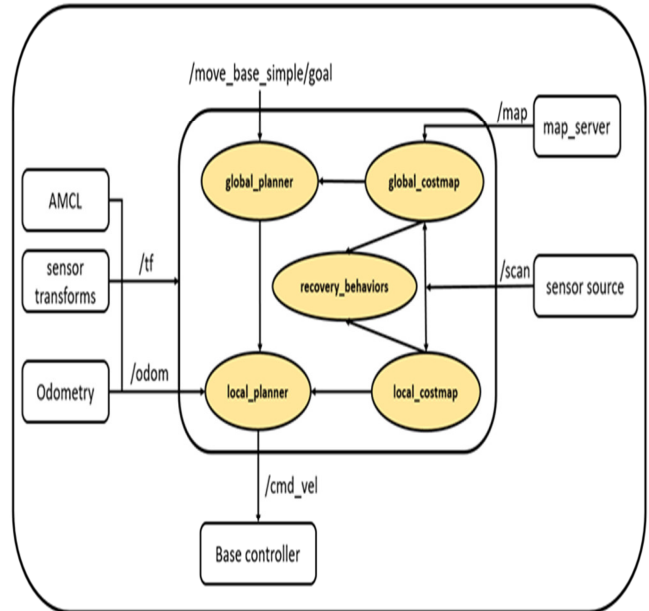
- Sensor_node: node chạy cảm biến khoảng cách (LIDAR), từ đó dữ liệu từ cảm biến khoảng cách sẽ được gửi đến robot thông qua topic "sensor_msgs/LaserScan".
- Omni_teleop: node dùng để điều khiển chuyển động của robot bằng cách publish dữ liệu vận tốc (velocity).
- Omni_core: nhận dữ liệu từ omni_teleop bao gồm góc lệch và tốc độ di chuyển của robot. Trong khi node xuất bản "odom" là tư thế thực hiện đo lường và ước tính của robot, nó xuất bản tọa độ tương đối đã chuyển đổi theo thứ tự odom → base_footprint → base_link → base_scan.
- Gmapping: node tạo bản đồ dựa trên các dữ liệu đầu vào gồm "tf" và "scan". Đầu ra của node này là một bản đồ lưới chiếm dụng (OccupancyGrid).
- Map_server: Bản đồ sau khi được xử lý từ node gmapping sẽ được node map_server lưu vào tệp "map.pgm" và "map.yaml".

2.2. Xây dựng hệ thống điều hướng cho Robot

Khi robot đã có thông tin về môi trường và vị trí của nó từ hệ thống SLAM, các vị trí đích có thể được đặt nhưng chỉ trong vùng môi trường đã xác định. Hệ thống điều hướng cho robot phải đảm bảo được nó có thể di chuyển tự động và an toàn trong môi trường thực tế, tránh các vật cản động cũng như vật cản tĩnh của môi trường trong suốt quá

trình di chuyển đồng thời phải bám sát quỹ đạo từ vị trí ban đầu đến vị trí mong muốn trong môi trường [6 - 8].

Hệ thống điều hướng cho robot bao gồm hai phần chính là phần lập quỹ đạo toàn cục (Global planner) và lập quỹ đạo cục bộ (Local planner). Việc tính toán quỹ đạo cho robot dựa vào việc bản đồ hóa môi trường xung quanh từ hệ thống nhận thức từ đó sinh ra quãng đường ngắn nhất cho robot di chuyển từ vị trí ban đầu đến vị trí mong muốn.



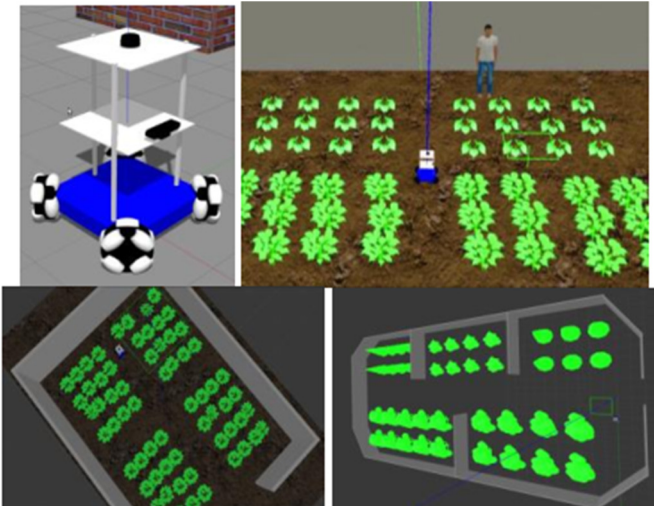
Hình 2. Sơ đồ hệ thống điều hướng cho Robot

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

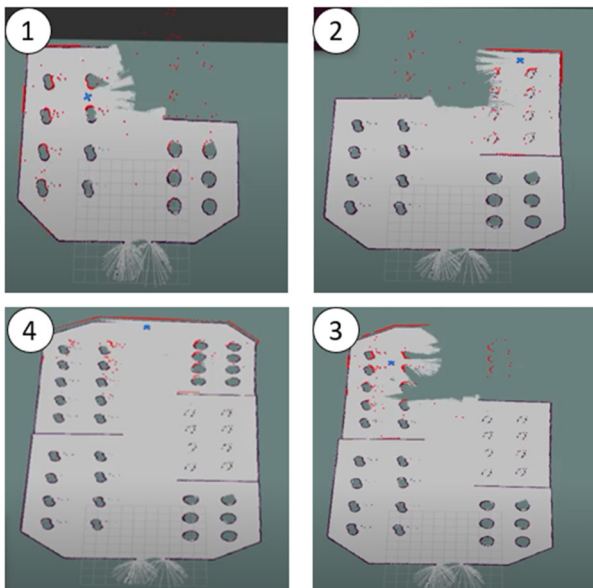
Phần mềm mô phỏng Gazebo được tích hợp để có thể sử dụng trong ROS. Môi trường trong Gazebo được tối ưu sao cho các điều kiện vật lý giống với môi trường thực tế nhất, nhóm đã xây dựng môi trường nhà kính khác với những loại cây trồng khác nhau. Mô hình robot tự hành Omni như hình 3, với các tham số mô phỏng và thực nghiệm giống nhau:

- Tốc độ lớn nhất theo phương x và y: 1,5m/s
- Tốc độ góc lớn nhất: 0,5rad/s
- Bán kính robot: 0,25m
- Bán kính bánh xe: 0,07m
- Tham số cho cảm biến lidar: Phạm vi quét lớn nhất: 0,2 ÷ 10m, Độ phân giải: 1°, Góc quét: 360°.

Việc chạy mô phỏng thử nghiệm SLAM được thực hiện trên Rviz, là công cụ trực quan của ROS. Mục đích chính là hiển thị các thông báo thu được ở chế độ 3D, cho phép người dùng xác minh trực quan dữ liệu. Thông qua Rviz người dùng có thể giám sát được môi trường xung quanh Robot khám phá được theo thời gian. Hình 4 là là kết quả thu được khi bắt khởi chạy kỹ thuật SLAM trong hệ thống nhận robot. Các vùng màu trắng là các vùng môi trường đã được nhận thức. Các đường màu đen là các vật cản (tường, các cây trồng) mà robot nhận dạng được và bản đồ hoá.

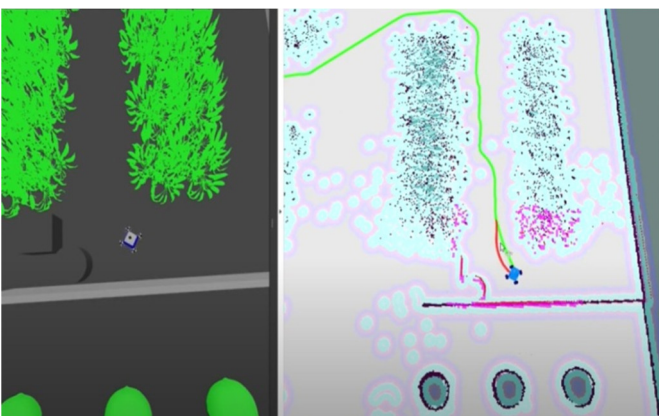


Hình 3. Mô hình 3D robot Omni và môi trường mô phỏng



Hình 4. Quá trình SLAM

Mô phỏng quá trình điều hướng lập quỹ đạo chuyển động toàn cục tập trung vào việc di chuyển tới vị trí đích bất kỳ trên bản đồ và đồng thời tránh được vật cản trong quá trình di chuyển.



Hình 5. Điều hướng cho Robot

Hình 5 cho thấy việc hệ thống điều hướng tính toán quỹ đạo cho robot di chuyển tới điểm đích. Hệ thống điều hướng sẽ tính toán hai loại quỹ đạo. Đường màu xanh là quỹ đạo toàn cục cho robot, đây là quỹ đạo được tính toán sao cho nó là quỹ đạo ngắn nhất từ vị trí hiện tại của robot tới đích.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày về xây dựng hệ thống điều hướng dựa trên bản đồ, định vị đồng thời SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) cho robot tự hành hoạt động trong các nhà kính nuôi trồng cây nông nghiệp dựa trên hệ điều hành lập trình cho robot (Robot Operating System - ROS). Các kết quả cho Robot có khả năng trong việc lập quỹ đạo chuyển động toàn cục dựa trên bản đồ 2D thu được từ quá trình SLAM sử dụng hàm Gmapping.

Các kết quả này là nền tảng cho các bước điều hướng, lập quỹ đạo chuyển động thông minh cho robot phục vụ các bài toán cụ thể trong nhà kính, như ứng dụng trong công việc chăm sóc cây trồng trong nhà kính: giám sát quá trình sinh trưởng, tưới nước, cung cấp dinh dưỡng hoặc phun thuốc sâu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Duyên, Ngô Mạnh Tiến, Hà Thị Kim Duyên, Bùi Quang Tuấn, Trần Bá Hiến, Phạm Ngọc Minh, 2021. *Lập quỹ đạo cục bộ dựa trên bản đồ định vị đồng thời SLAM cho Robot tự hành trong nhà kính nông nghiệp trên nền tảng hệ điều hành ROS*. Hội thảo quốc gia lần thứ XXIV: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và Truyền thông - Thái Nguyên.
- [2]. Ngô Mạnh Tiến, Nguyễn Mạnh Cường, Hà Thị Kim Duyên, Bùi Quang Tuấn, Trần Bá Hiến, Nguyễn Minh Đông, Đỗ Quang Hiệp, 2021. *Xây dựng Hệ thống Bản đồ hóa SLAM và ứng dụng điều hướng cho Robot đa hướng sử dụng bánh xe Mecanum dựa trên hệ điều hành ROS*. Hội thảo quốc gia lần thứ XXIV: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông - Thái Nguyên.
- [3]. Nguyễn Thị Duyên, Ngô Mạnh Tiến, Hà Thị Kim Duyên, Bùi Quang Tuấn, Trần Bá Hiến, Nguyễn Minh Đông, Đỗ Quang Hiệp, 2021. *Xây dựng hệ điều hướng trên bản đồ, định vị SLAM cho Robot tự hành trong nhà kính nông nghiệp dựa trên hệ điều hành ROS*. Hội nghị - Triển lãm quốc tế lần thứ 4 về Điều khiển và Tự động hoá (VCCA).
- [4]. L. Xie, C. Scheifele, W. Xu, K. A. Stol, 2015. *Heavy-duty omni-directional Mecanum-wheeled Robot for autonomous navigation: System development and simulation realization*. IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), pp. 256-261.
- [5]. M. Galli, R. Barber, S. Garrido, L. Moreno, 2017. *Path planning using Matlab-ROS integration applied to mobile Robots*. IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), pp. 98-103.
- [6]. M. Quigley et al., 2009. *ROS: an open-source Robot Operating System*. ICRA workshop on open source software, vol. 3, p. 5.
- [7]. I. Zamora, N. G. Lopez, V. M. Vilches, A. H. Cordero, 2016. *Extending the openai gym for Robotics: a toolkit for reinforcement learning using ros and gazebo*. arXiv preprint arXiv:1608.05742.

[8]. S. Park, G. Lee, 2017. *Mapping and localization of cooperative Robots by ROS and SLAM in unknown working area*. 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), pp. 858-861.

[9]. B. M. da Silva, R. S. Xavier, L. M. Gonçalves, 2019. *Mapping and Navigation for Indoor Robots under ROS: An Experimental Analysis*. Creative Commons CC BY license.

[10]. Q. Lin, et al, 2017. *Indoor mapping using gmapping on embedded system*. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), pp. 2444-2449.

[11]. L. Zhi, M. Xuesong, 2018. *Navigation and Control System of Mobile Robot Based on ROS*. IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), pp. 368-372.

[12]. Trần Bá Hiến, Ngô Mạnh Tiến, Hà Thị Kim Duyên, Ngô Mạnh Long, 2021. *Ứng dụng RTAB-Map xây dựng bản đồ 3D cho Robot đa hướng bốn bánh dựa trên hệ điều hành ROS*. Hội nghị Quốc gia lần thứ XXIV về Điện tử, Truyền thông và Công nghệ Thông tin (REV - ECIT 2021).

[13]. Trần Bá Hiến, Bùi Thị Thu Hà, Hà Thị Kim Duyên, Trương Thị Bích Liên, Ngô Mạnh Tiến, 2022. *Xây dựng hệ thống điều khiển cho Robot tự hành di chuyển trong nhà ứng dụng hệ điều hành ROS*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.