XÂY DỰNG HỆ ĐỊNH VỊ, BẢN ĐỒ HÓA CHO ROBOT TỰ HÀNH TRONG NHÀ KÍNH NÔNG NGHIỆP DỰA TRÊN HỆ ĐIỀU HÀNH LẬP TRÌNH CHO ROBOT

Nguyễn Thị Duyên[1*], Ngô Mạnh Tiến[2], Đỗ Quang Hiệp[3],
Trần Ngọc Ban[3], Nguyễn Minh Đông[3], Trần Bá Hiến[4]

Tóm tắt: *Bài báo này trình bày về phương pháp định vị xây dựng bản đồ 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 quả mô phỏng thuật toán, và chạy robot trên Gazebo, 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 phục vụ trong các nhà kính nông nghiệp công nghệ cao.*

Từ khóa: Agricultural Robot; Robot Operating System (ROS); Gazebo; Rviz; Simultaneous Localization and Mapping (SLAM); Omni robot.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu, gia tăng dân số và thiếu hụt lao động là những mối đe dọa ngay lập tức đến tính bền vững của nông nghiệp toàn cầu những lo ngại về an ninh lương thực đã làm tăng sự quan tâm đến tự động hóa nông nghiệp; chi phí toàn cầu cho robot nông nghiệp đang tăng lên theo cấp số nhân, cũng như sự phát triển mạnh của các tổ chức trên toàn thế giới hoạt động về tự động hóa nông nghiệp và phát triển robot nông nghiệp [1]. Theo xu hướng công nghiệp 4.0, thì robot, kết nối vạn vật (IoT), tích hợp công nghệ và trí tuệ nhân tạo luôn được quan tâm trong lĩnh vực nông nghiệp [2, 3].

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 [4] và nông nghiệp công nghệ cao [5]. 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 [6], tỉa, vắt sữa , xác định hình thái [7] và phân loại.

Tại Việt Nam, ứng dụng nông nghiệp công nghệ cao cũng đang được đầu tư và phát triển mạnh, tuy nhiên, số lượng robot sử dụng để làm việc thay thế cho con người vẫn còn rất hạn chế. Một số trang trại nông nghiệp áp dụng chủ yếu là thiết bị bay không người lái như dự án nông nghiệp công nghệ cao với quy mô 213 ha tại huyện Xuyên Mộc (Bà Rịa - Vũng Tàu) sử dụng thiết bị bay không người lái, chụp ảnh quang tuyến cắt lớp, thu thập toàn bộ dữ liệu một cách chi tiết nhất theo từng phút. Còn lại hầu hết là các robot kết hợp với công nghệ xử lý ảnh để chăm sóc cây trồng, phun thuốc trừ sâu được một số nhóm nghiên cứu thiết kế, chế tạo đang trong giai đoạn thử nghiệm.

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 [8]. Mặc dù trong công nghiệp hiện nay đã có rất 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. [9] là một robot ứng dụng trong môi trường sản xuất cây trồng trong những cánh đồng khép kín trong nhà kính nhằm canh tác cây, rau quả trái vụ. 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. Durmus và cộng sự [10] đã thực hiện dự án robot tự hành và thử nghiệm nó trong môi trường nhà kính bằng cách sử dụng nền tảng ROS. Robot di động sử dụng một camera 3D để lập bản đồ môi trường nhà kính và điều hướng trong nhà kính bằng cách sử dụng bản đồ đã tạo. Habibie và cộng sự [11] đã sử dụng công cụ mô phỏng ROS để điều hướng một UGV trên cánh đồng vườn cây ăn quả. Các đánh giá đều cho rằng các robot hoạt động hiệu quả với độ chính xác cao trong quá trình canh tác.

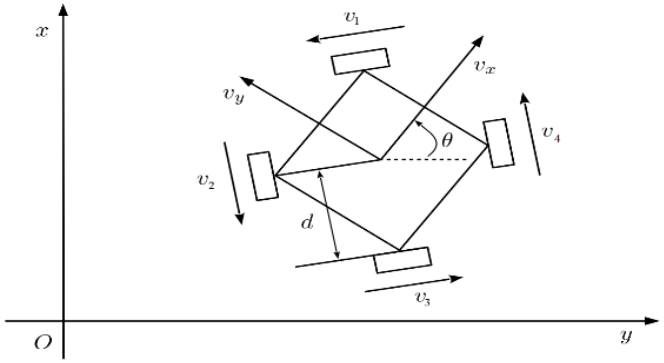
Trong việc phát triển và điều khiển robot tự hành ứng dụng trong nhà kính nông nghiệp [16], phương pháp định vị và lập bản đồ đồng thời (Simultaneous Localization and Mapping- SLAM) [18] là nhiệm vụ đầu tiên và đóng vai trò quan trọng trong nhiệm vụ điều hướng cho robot [17] và trở thành một chủ đề được nghiên cứu nhiều nhất trong lĩnh vực này. Đây là phương pháp tạo ra bản đồ và phát hiện các chướng ngại vật xung quanh trong môi trường không xác định [12-14]. Bằng cách thu thập dữ liệu qua IMU hoặc encoder thông qua ROS [15], vị trí của robot có thể được ước tính và tạo ra bản đồ môi trường. ROS đã tích hợp phần mềm Rviz và Gazebo cho phép mô phỏng và giám sát các hoạt động của robot.

Bài báo này trình bày về phương pháp định vị xây dựng bản đồ đồng thời SLAM cho robot tự hành hoạt động trong các nhà kính nuôi trồng cây nông nghiệp dựa trên ROS. Nội dung bài báo được chia làm 5 phần chính. Mô hình động học cho robot Omni và hệ điều hành ROS được trình bày trong phần 2. Bản đồ hóa môi trường và định vị đồng thời SLAM cho robot trong phần 3. Phần 4 là các kết quả mô phỏng và thực nghiệm để kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả của hệ thống. Cuối cùng, phần 5 là kết luận và hướng nghiên cứu.

2. MÔ HÌNH ROBOT TỰ HÀNH OMNI BỐN BÁNH VÀ HỆ ĐIỀU HÀNH ROS

2.1. Mô hình robot tự hành omni bốn bánh

Mô hình động học cho robot Omni bốn bánh được xây dựng dựa trên mô hình với bánh xe Omni được bố trí đặt cách nhau một góc 90^0 như trên hình 1. $q = \begin{bmatrix} x & y & \theta \end{bmatrix}^T$ là véc tơ tọa độ của robot trong hệ tọa độ toàn cục Oxy, trong đó, x và y lần lượt là toạ độ của robot theo phương Ox và Oy, θ là góc quay của robot so với chiều dương của trục Ox. $v = \begin{bmatrix} v_x & v_y & \omega \end{bmatrix}^T$ là véc tơ vận tốc của robot trong hệ trục tọa độ động gắn vào tâm robot bao gồm vận tốc tịnh tiến và vận tốc góc của robot.



Hình 1. *Robot Omni đa hướng 4 bánh.*

Để đơn giản trong việc thiết kế bộ điều khiển robot, mối quan hệ giữa vận tốc trong trục của robot và vận tốc trong trục của môi trường được mô tả bằng mô hình động học của robot:

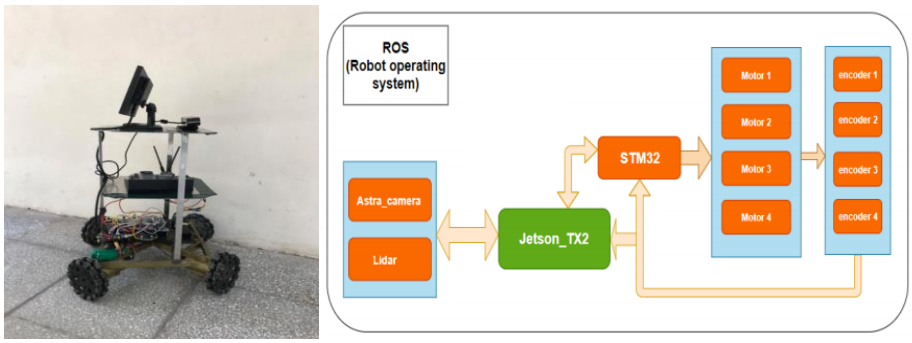
$$\underline{\dot{q}} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \underline{v}. \tag{1}$$

Từ (1), chúng ta sẽ có được phương trình để lập trình cho Robot trong ROS:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_x \cos\theta - v_y \sin\theta \\ \dot{y} = v_x \sin\theta + v_y \cos\theta \\ \dot{\theta} = w \end{cases} \tag{2}$$

Trong đó, v_x, v_y, và $\dot{w}$ là vận tốc của robot và vận tốc là tín hiệu điều khiển được tạo ra từ tính toán điều khiển. Sau khi tín hiệu được chuyển đổi, vị trí của robot được điều khiển trực tiếp bởi các tín hiệu này thông qua bốn bánh của robot.

2.2. Cấu trúc phần cứng thực tế của omni robot bốn bánh



Hình 2. *Mô hình thực tế và cấu trúc phần cứng của Omni robot.*

Mô hình Robot được xây dựng với 3 thành phần chính: Phần xử lý trung tâm, phần cảm biến, và phần điều khiển cơ cấu chấp hành. Về cấu trúc bộ phận di chuyển là Omni 4 bánh đa hướng giúp việc di chuyển linh hoạt và dễ dàng hơn. Máy tính nhúng đóng Jetson TX2 vai trò là bộ xử lý trung tâm được cài đặt hệ điều hành ROS cùng với các node tính toán thuật toán SLAM. Sau khi tính toán xong, Jetson TX2 gửi lệnh điều khiển cho bộ phận điều khiển cơ cấu chấp hành là mạch STM32. RPLidar quét laser 360^o giúp Robot xây dựng bản đồ và nhận diện vật cản tầm cao với khoảng cách xa. Camera 3D sử dụng Deep Camera giúp nhận diện vật cản tầm trung và tầm thấp ở phía trước Robot.

2.3. Hệ điều hành lập trình robot ROS

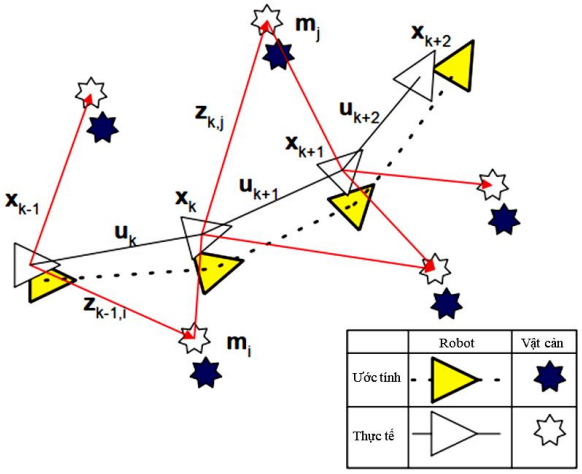
Hệ điều hành ROS (Robot Operating System) là một nền tảng linh hoạt cho việc lập trình các phần mềm cho hệ thống robot. Nó bao gồm các công cụ và thư viện nhằm đơn giản hoá việc xây dựng các hệ thống robot phức tạp bằng việc kết hợp các nền tảng robot với nhau. Hơn thế nữa, ROS được xây dựng để tạo điều kiện cho việc phát triển và kết hợp các phần mềm robot với nhau một cách thuận lợi. Nó cung cấp các phương thức hoạt động của một hệ điều hành, bao gồm kết nối tới phần cứng, điều khiển thiết bị cấp thấp và thực hiện những tác vụ trong hệ thống robot thống nhất. Nó cũng cung cấp các công cụ và thư viện để xây dựng, viết và hoạt động trên nhiều máy tính.

ROS đã cho phép người dùng thiết lập một môi trường có thể hợp tác phát triển phần mềm cho robot ở mức toàn cầu. Sử dụng các API đã nghiên cứu và phát triển cho robot sẽ giúp rút ngắn quá trình nghiên cứu, ứng dụng và đây cũng là mục tiêu cuối cùng của ROS.

3. BẢN ĐỒ HOÁ MÔI TRƯỜNG VÀ ĐỊNH VỊ ĐỒNG THỜI SLAM CHO ROBOT

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.

3.1. Định nghĩa SLAM



Hình 3. *Vấn đề SLAM.*

Xét hệ robot tự hành di chuyển vào một môi trường không xác định và các giá trị khoảng cách từ robot đến các vật cản tĩnh trong môi trường được đo bằng cảm biến Lidar như hình 3. Tại thời điểm k các giá trị sau đây được định nghĩa:

x_k : Vector trạng thái miêu tả hướng và vị trí của robot.

u_k : Vector điều khiển lái robot từ thời điểm $k-1$ đến trạng thái x_k tại thời điểm k

m_i : Vector miêu tả vị trí của điểm mốc thứ i được giả định là không thay đổi.

$z_{i,k}$: Phép quan sát được lấy từ robot từ vị trí thứ i tại thời điểm thứ k. Khi có nhiều quan sát mốc tại một thời điểm hoặc khi mốc cụ thể không liên quan đến khoảng đang xét, phép quan sát sẽ được viết đơn giản là z_k.

Thêm vào đó, ta sẽ định nghĩa thêm:

$X_{0:k} = \{x_0, x_1, ..., x_k\} = \{X_{0:k-1}, x_k\}$: Tập chứa các vị trí của robot từ thời điểm ban đầu đến thời điểm k.

$U_{0:k} = \{u_0, u_1, ..., u_k\} = \{U_{0:k-1}, u_k\}$: Tập chứa các giá trị đầu vào điều khiển từ thời điểm ban đầu đến thời điểm k.

$m = \{m_1, m_2, ..., m_n\}$: Tập các điểm mốc thể hiện vị trí vật cản quét được.

$Z_{0:k} = \{z_0, z_1, ..., z_k\} = \{Z_{0:k-1}, z_k\}$: Tập các điểm mốc quan sát được từ thời điểm ban đầu đến thời điểm k.

Vấn đề SLAM từ đó được định nghĩa là việc xác định được vị trí của các vật cản tĩnh trong môi trường m để bản đồ hoá môi trường và đồng thời ước tính vị trí của robot trong bản đồ đó x_k.

3.2. Kỹ thuật SLAM trong xác suất robotic

Ở dạng xác suất, vấn đề SLAM được biểu diễn dưới dạng phân phối xác suất sau:

$$P(x_k, m \mid Z_{0:k}, U_{0:k}) \tag{3}$$

Phân phối xác suất này mô tả phân phối hậu nghiệm liên kết giữa vị trí điểm mốc trong bản đồ với trạng thái của robot tại thời điểm k khi biết giá trị quan sát được và tín hiệu đầu vào điều khiển cùng với trạng thái ban đầu của robot. Việc tính toán giá trị phân phối xác xuất này yêu cầu mô hình chuyển trạng thái và mô hình quan sát để mô tả việc tác động của tín hiệu điều khiển và các giá trị quan sát được. Mô hình quan sát mô tả xác suất thực hiện được giá trị quan sát z_k khi vị trí robot và vị trí điểm mốc trên bản đồ đã được xác định, và nó có dạng:

$$P(z_k \mid x_k, m) \tag{4}$$

Và giải thiết rằng khi vị trí của robot và bản đồ được xác định thì các giá trị quan sát được là độc lập có điều kiện. Mô hình chuyển động của robot được mô tả bởi phân bố xác suất chuyển trạng thái sau:

$$P(x_k \mid x_{k-1}, u_k) \tag{5}$$

Phân bố này được giả sử là thoả mãn tiêu chuẩn Markov, ở đó trạng thái x_k chỉ phụ thuộc vào trạng thái ngay trước nó x_{k-1} và tín hiệu điều khiển u_k, và x_k độc lập với các giá trị quan sát được và bản đồ m.

Thuật toán SLAM được thực thi với hai bước tuần tự lặp lại là bước dự đoán (prediction) còn được gọi là cập nhật theo thời gian và bước chỉnh sửa (correction) còn được gọi là cập nhật theo đo lường.

Bước dự đoán được mô tả bởi phân phối:

$$P(x_k, m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) \tag{6}$$

Do trạng thái của robot x_k và bản đồ m là độc lập, ta có:

$$\begin{aligned} P(x_k, m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0) &= P(x_k \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) P(m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) \\ &= \int P(x_k \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_{k-1}) P(x_{k-1} \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) P(m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) dx_{k-1} \end{aligned} \tag{7}$$

x_{k-1} và m độc lập nên (7) trở thành:

$$\int P(x_k \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_{k-1}) P(x_{k-1}, m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k}) dx_{k-1} \tag{8}$$

x_k có tính chất Markov nên (8) được thu gọn thành:

$$\int P(x_k \mid x_{k-1}, u_k) P(x_{k-1}, m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k-1}) dx_{k-1} \tag{9}$$

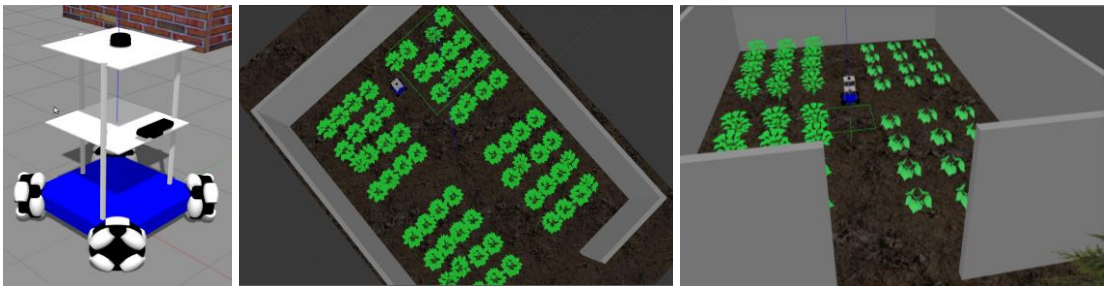
Sau khi tính toán bước dự đoán, bước chỉnh sửa được thực hiện theo phân phối sau:

$$P(x_k, m \mid Z_{0:k}, U_{0:k}) = \frac{P(z_k \mid x_k, m) P(x_k, m \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k})}{P(z_k \mid Z_{0:k-1}, U_{0:k})} \tag{10}$$

Biểu thức (8) và (9) mô tả quá trình tính toán đệ quy cho việc tính toán xác suất hậu nghiệm (10) cho trạng thái robot x_k và bản đồ m tại thời điểm k dựa vào tập quan sát $Z_{0:k}$ và tập tín hiệu điều khiển đầu vào $U_{0:k}$.

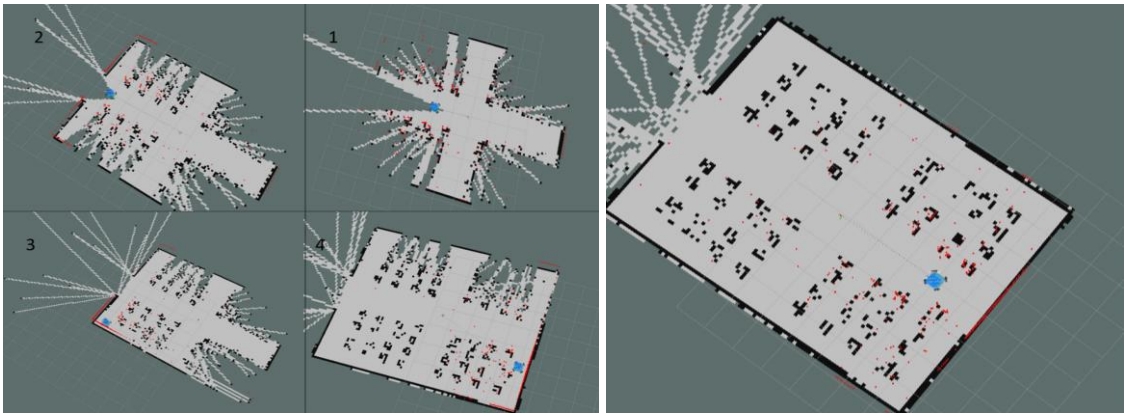
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

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. Mô hình robot Omni bốn bánh và môi trường thực nghiệm robot hoạt động là một nhà kính nuôi trồng cây được xây dựng như hình 4.



Hình 4. *Mô hình 3D robot Omni và môi trường thực nghiệm nhà kính nông nghiệp.*

Việc chạy mô phỏng 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 5 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 5. *Quá trình SLAM của robot và kết quả bản đồ hoá môi trường.*

Khi robot di chuyển đến các vị trí khác nhau, các tín hiệu laser scan quét được cũng thay đổi theo từ đó các dữ liệu thu được cũng liên tục thay đổi. Bộ SLAM liên tục tính toán và bản đồ hoá môi trường dựa vào các dữ liệu này đồng thời định vị robot trong bản đồ đó. Sau khi di chuyển đến các vị trí đủ để thu thập dữ liệu cho việc bản đồ hoá toàn bộ môi trường như hình 5, dữ liệu bản đồ này có thể được lưu lại để tái sử dụng trong những lần kế tiếp mà không cần phải tiến hành bản đồ hoá lại môi trường.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày về phương pháp định vị xây dựng bản đồ đồng thời SLAM cho robot hoạt động trong nhà kính nông nghiệp sử dụng ROS. Các kết quả cho thấy sự hiệu quả của việc SLAM khi sử dụng Gmapping vào việc xây dựng bản đồ 2D thực hiện trực quan trong môi trường mô phỏng và môi trường thực tế. 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. Kết quả của nghiên cứu sẽ được ứng dụng cụ thể trong việc chăm sóc cây khoai tây được trồng trong nhà kính tại Học viện Nông nghiệp Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. The Food and Agriculture Organization of the UN (FAO). *"The state of food insecurity in the world2015, meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress"*. Technical report, WFO, 2015.

[2]. Redmond Ramin Shamshiri. *"Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming"*. Int J Agric & Biol Eng, Vol.11 No.4- July 2018.

[3]. Wolfert S, Ge L, Verdouw C, Bogaardt M J. *"Big data in smart farming - A review"*. Agric. Syst., 2017; 153: 69-80.

[4]. Chlingaryan A, Sukkarieh S, Whelan B. *"Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review"*. Comput. Electron. Agric, 2018; 151: 61-69.

[5]. Bechar A & Vigneault C. *"Agricultural robots for field operations: Concepts and components"*. Biosystems Engineering, 2016; 149: 94-111.

[6]. Gonzalez-de-Soto M, Emmi L, Perez-Ruiz M, Aguera J, Gonzalez-de-Santos P. *"Autonomous systems for precise spraying - Evaluation of a robotised patch sprayer"*. Biosyst. Eng., 2016; 146: 165-182.

[7]. Zhang C, Gao H, Zhou J, Cousins A, Pumphrey M. O, Sankaran S. *"3D robotic system development for high-throughput crop phenotyping"*. IFAC-PapersOnLine, 2016; 49(16): 242-247.

[8]. De Baerdemaeker J, Munack A, Ramon H, Speckmann H. *"Mechatronic systems, communication, and control in precision agriculture"*. IEEE Control Syst, 2001; 21(5): 48-70.

[9]. Shamshiri R R, Kalantari F, Ting K C, Thorp K R, Hameed I A, Weltzien C, et al. *"Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture"*. Int J Agric & Biol Eng, 2018; 11(1): 1-22.

[10]. Durmus, H.; Gunes, E.O.; Kirci, M. *"Data acquisition from greenhouses by using autonomous mobile robot"*. In Proceedings of the 5th International Conference on Agro-Geoinformatics, Tianjin, China, 18–20 July 2016; pp. 5–9.

[11]. Habibie, N.; Nugraha, A.M.; Anshori, A.Z.; Masum, M.A.; Jatmiko, W. *"Fruit mapping mobile robot on simulated agricultural area in Gazebo simulator using simultaneous localization and mapping (SLAM)"*. In Proceedings of the 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), Nagoya, Japan, 3–6 December 2018; pp. 1–7.

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

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

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

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

[16]. Ritesh Kumar Singh, Michiel Aernouts, Mats De Meyer, Maarten Weyn and Rafael Berkvens, *"Leveraging LoRaWAN Technology for Precision Agriculture in Greenhouses",* Sensors **2020**, *20*, 1827.

[17]. Jawad Iqbal, Rui Xu, Shangpeng Sun and Changying Li, *"Simulation of an Autonomous Mobile Robot for LiDAR-Based In-Field Phenotyping and Navigation",* Sensor 2020, 9, 46.

[18]. André Silva Aguiar, Filipe Neves dos Santos, José Boaventura Cunha, Héber Sobreira and Armando Jorge Sousa, *"Localization and Mapping for Robots in Agriculture and Forestry: A Survey",* Robotics, 2020, 9, 97.

ABSTRACT

CONSTRUCTING A SIMULTANEOUSLY LOCALIZATION AND MAPPING SYSTEM FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS IN THE AGRICULTURE GREENHOUSE ENVIRONMENT BASED ON ROBOT OPERATING SYSTEM

This paper introduces a new method implemented in 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 simulation results in Matlab and the robot simulation in a greenhouse using Gazebo reveal the potential of implementing ROS in monitoring and controlling autonomous agricultural robots in high-tech agricultural applications.

Keywords: Agricultural Robot; Robot Operating System (ROS); Gazebo; Rviz; Simultaneous Localization and Mapping (SLAM); Omni robot.

Nhận bài ngày 10 tháng 4 năm 2021
Hoàn thiện ngày 05 tháng 8 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: [1]Khoa Cơ Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam;
[2]Viện Vật Lý, Viện Hàn Lâm KH&CN Việt Nam;
[3]Trường Đại học KT-KT Công nghiệp;
[4]Trường Đại học Công nghệ Hà Nội.
*Email: ntduyen@vnua.edu.vn.