

Design and Control of a Library Service Robot

Dang Xuan Ba^{1*}, Huynh Trung Hieu², Vu Trong Luat¹

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

²Optima Robotics JSC, Vietnam

*Corresponding author. Email: badx@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 02/12/2023
Revised: 27/12/2023
Accepted: 06/03/2024
Published: 28/10/2024

KEYWORDS

Librarian Robot;
Automation Guided Vehicle;
Face Recognition;
Computer Communication;
Remote Control.

ABSTRACT

Nowadays, the use of robots as substitutes for humans has been increasingly prevalent. Robots are progressively integrating advanced technologies such as artificial intelligence, Internet of Things (IoT), and more, enabling them to operate autonomously like humans. Service robots are applied in many fields and industries such as health, education, rescuing, military, etc. This article presents design and control of an intelligent robot for library services, in which most advanced technologies are combined in a very reasonable way to create better experiences for readers and meet needs of a modern library. The robot is equipped with facial recognition capabilities, allowing it to identify and interact with individual users. Additionally, users can utilize the robot for tasks such as borrowing and returning books and searching for book information without visiting to service desks. Furthermore, the robot can detect and navigate around objects, furniture, and people moving within the library, ensuring safety for both users and the surrounding environment. Library managers can monitor and control the robot through an online interface, facilitating effective management and supervision of the robot's activities. Experimental results have demonstrated effectiveness and feasibility of the developed robot in real-world operational environments.

Thiết Kế và Điều Khiển Mô Hình Robot Thư Viện

Đặng Xuân Ba^{1*}, Huỳnh Trung Hiếu², Vũ Trọng Luật¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Công ty Cổ phần Optima Robotics, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: badx@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 02/12/2023
Ngày hoàn thiện: 27/12/2023
Ngày chấp nhận đăng: 06/03/2024
Ngày đăng: 28/10/2024

TỪ KHÓA

Robot thư viện;
Xe tự hành;
Nhận diện khuôn mặt;
Truyền thông máy tính;
Điều khiển từ xa.

TÓM TẮT

Ngày nay, việc sử dụng các robot phục vụ thay thế con người đang ngày càng trở nên phổ biến. Robot ngày càng được tích hợp các công nghệ cao hiện đại như trí tuệ nhân tạo, vạn vật kết nối (IoT)... để robot có thể hoạt động tự động như một con người. Robot phục vụ được ứng dụng trong đa lĩnh vực, đa ngành nghề như y tế, giáo dục, cứu trợ, quân sự,... Bài báo này trình bày sự thiết kế và điều khiển một mô hình robot thông minh phục vụ thư viện, ở đó các công nghệ tiên tiến nhất sẽ được kết hợp một cách rất hợp lý để tạo ra trải nghiệm tốt hơn và đáp ứng được nhu cầu vận hành hiệu quả trong thư viện cho người sử dụng. Robot được trang bị khả năng nhận dạng khuôn mặt, giúp hệ thống nhận biết và tương tác với từng người dùng. Bên cạnh đó, người dùng có thể sử dụng robot để mượn sách, trả sách, tra cứu thông tin sách mà không cần đến quầy phục vụ. Ngoài ra, robot có thể xác định và tránh các vật thể, bàn ghế, và người đi lại trong thư viện, đảm bảo sự an toàn cho cả người dùng và môi trường xung quanh. Người quản lý thư viện có thể theo dõi và điều khiển robot thông qua giao diện trực tuyến, giúp quản lý và giám sát hoạt động của robot một cách hiệu quả. Các kết quả thực nghiệm đã cho thấy hiệu quả làm việc và tính khả thi của robot trong môi trường hoạt động thực tế.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2024.1500>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Robot đang trở thành một phần quan trọng trong cuộc sống hiện đại, mang lại sự tiện lợi và tiến bộ cho nhiều lĩnh vực. Với khả năng tự động và thông minh, robot có thể thực hiện các nhiệm vụ từ đơn giản đến phức tạp mà trước đây chỉ có con người mới có thể làm. Robot mang lại hiệu suất và hiệu quả cao, giảm công sức lao động và rủi ro cho con người. Tuy nhiên, việc nghiên cứu và phát triển robot không chỉ tập trung vào khả năng kỹ thuật mà còn đặt ra các thách thức về đạo đức, an ninh và tương tác với con người. Điều này đòi hỏi sự cân nhắc cẩn thận và quyết định thông minh để đảm bảo rằng robot đáp ứng được nhu cầu và tạo lợi ích thiết thực cho xã hội [1]-[4].

Thư viện được xem là nơi hội tụ kiến thức của cả nhân loại, chuyên cung cấp các nguồn thông tin đa dạng và có tổ chức cho mọi đối tượng độc giả. Để hoàn thành sứ mệnh của mình, nhiều nguồn tài liệu được tổ chức theo sơ đồ phân loại và quy tắc biên mục trước khi phổ biến cho công chúng sử dụng. Do các bước kỹ thuật phức tạp trong việc quản lý tài nguyên nên có nhiều cấp độ nhiệm vụ khác nhau dành cho người sử dụng. Thông thường, người sử dụng trong môi trường thư viện vật lý phải thực hiện nhiều thủ tục, chẳng hạn như tìm kiếm và xác định các tài nguyên có sẵn thông qua danh mục truy cập công cộng mở, ghi lại số điện thoại, đi theo các biển báo trong không gian thư viện và di chuyển giữa các kệ để tìm tài liệu vật liệu mong muốn [5].

Nhiều robot thông minh đã và đang được phát triển có thể được sử dụng cho môi trường thư viện. Trong các nghiên cứu [6], [7], các robot thông minh đã được nghiên cứu để giao tiếp và giải đáp các câu hỏi của người dùng bằng nhiều ngôn ngữ khác nhau. Một robot thông minh khác, được đặt tên là Tu Xiaoling, đã được đưa vào sử dụng tại thư viện Thành phố Thượng Hải, Trung Quốc vào năm 2022. Ngoài tính năng giao tiếp tốt, robot này có trang bị thêm khả năng tư vấn các chủ đề thông thường cho độc giả [8]. Năm 2019, một robot mới, tên là Libby, đã được giới thiệu để phục vụ cho hoạt động của thư viện trường Đại học Pretoria, Nam Phi [9]. Robot Libby có thể nhận dạng khuôn mặt người đối diện và giao tiếp được bằng giọng nói. Robot trên cũng được trang bị khả năng đọc được cử chỉ tay của người đối diện. Với yêu cầu ngày càng cao trong hoạt động vận hành thư viện, các robot có khả năng di chuyển thông minh được ưu chuộng hơn [10]-[12]. Như một xu thế, một nhóm chuyên gia tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh đã nghiên cứu, chế tạo và vận hành thành công một robot thông minh, tên là Miabot. Khả năng di chuyển đa hướng và có thể giao tiếp với người sử dụng bằng giọng nói là các điểm nổi bật của nghiên cứu này [13]. Năm 2018, một robot dịch vụ khác, tên là Robbie, đã được đưa vào hỗ trợ hoạt động thư viện Trường Temasek Poly, ở Singapore [14]. Robot Robbie này trang bị tính năng di chuyển linh hoạt, tránh các vật cản động, và sạc tự động. Ngoài ra, hệ thống này cũng tích hợp thêm các tính năng quét mã sách tự động, thông báo cho nhân viên thư viện các trường hợp sách bị xếp sai chỗ, hỗ trợ tra cứu thông tin người sử dụng và thông tin sách.

Tuy nhiên, nhìn chung các tính năng được trang bị trên các robot hiện nay vẫn còn hạn chế chưa đáp ứng được hầu hết các nhiệm vụ cơ bản trong thư viện. Các tính năng cần thiết để giúp robot có thể tự chủ hành động như một người vận hành thư viện bao gồm: (i) Tính năng nhận diện khuôn mặt hoặc quét thẻ thông tin sẽ giúp robot có thể định danh người dùng, giám sát và quản lý người ra vào thư viện; (ii) Tính năng giao tiếp giọng nói sẽ giúp robot có thể trò chuyện tương tác và chỉ dẫn cho người sử dụng; (iii) Tính năng tra cứu, mượn và trả sách sẽ thay thế hoàn toàn các quy trình mượn trả thủ công và thay vào đó là quy trình mượn trả hoàn toàn được số hóa và đạt tính chính xác cao. Bên cạnh đó, chức năng tra cứu chỉ dẫn còn giúp người đọc dễ dàng tìm kiếm, nắm bắt thông tin các tài liệu đang cần mà không cần tốn quá nhiều thời gian tìm kiếm thủ công như trước đây; (iv) Ngoài ra, robot thư viện còn được yêu cầu tích hợp camera giám sát trực tuyến giúp cho người vận hành hoàn toàn có thể điều khiển, giám sát quy trình hoạt động diễn ra trong thư viện từ xa thông qua mạng Internet.

Do đó, trong nghiên cứu này, một mô hình robot dịch vụ mới được đề xuất với sự tổng hợp tất cả các tính năng thông minh trên phục vụ cho môi trường thư viện. Các công nghệ xu hướng như xử lý hình ảnh nhận diện khuôn mặt, công nghệ nhận dạng phân tích giọng nói, công nghệ tự hành và công nghệ

kết nối vạn vật (IoT) được sử dụng để phát triển các tính năng thông minh cho robot. Ngoài ra, một giải pháp truyền thông giữa hai máy tính thông qua bộ định tuyến không dây cũng được áp dụng trong nghiên cứu này nhằm giúp hệ thống vận hành trơn tru với số lượng dữ liệu tài liệu và thông tin người dùng lớn. Các công nghệ tiên tiến trên sẽ được tích hợp một cách hợp lý nhằm mang lại hiệu quả làm việc tốt nhất cho robot trong các nhiệm vụ phục vụ thư viện. Các kết quả thực nghiệm trong môi trường vận hành thư viện thực tế đã cho thấy được hiệu quả làm việc của hệ thống được đề xuất.

Phần còn lại của bài báo được sắp xếp như sau: thiết kế phần cứng mô hình và quy trình hoạt động của hệ thống sẽ được trình bày trong Phần 2; kết quả đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống trên môi trường mô phỏng và thử nghiệm thực tế được thảo luận trong Phần 3; sau đó, bài báo được tổng kết ở Phần 4. Các lý thuyết nền tảng, dữ liệu và thảo luận liên quan khác có thể được tham khảo trong các Phụ Lục.

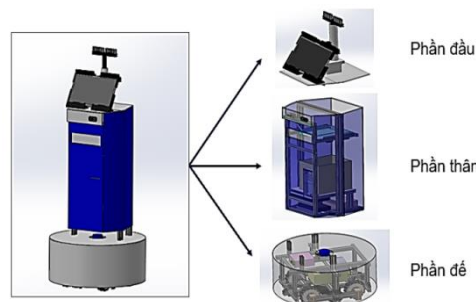
2. Xây dựng hệ thống robot

Thiết kế phần thân của robot sẽ được trình bày trong phần này. Tiếp theo đó là thảo luận quy trình hoạt động của robot để đáp ứng yêu cầu làm việc tại thư viện. Lý thuyết của các công nghệ được áp dụng trong robot có thể được tham khảo trong các Phụ Lục A và B.

2.1. Thiết kế phần cứng

Mô hình bao gồm 3 phần chính là đế, thân và đầu robot. Mô hình được thiết kế để đảm bảo tính chắc chắn, thẩm mỹ, khi di chuyển ít bị rung lắc. Chiều cao của robot phù hợp để có thể sử dụng được với nhiều đối tượng sinh viên có chiều cao khác nhau.

Khung đế được xây dựng từ các thanh nhôm định hình 20x20 mm và 20x40 mm. Phần vỏ xung quanh được gia công bằng nhựa nguyên khối. Phần thân xương được làm từ vật liệu nhôm định hình 20x40 mm và 20x20mm. Vỏ ngoài được gia công bằng sự kết hợp các vật liệu như các tấm mica 5mm, nhựa in tổng hợp và nhôm tấm 1mm. Phần đầu được làm từ vật liệu nhôm định hình, nhôm tấm 1 mm, và nhựa nguyên khối. Robot được di chuyển bằng các bánh xe Mecanum, dẫn động bằng các động cơ điện một chiều. Hệ thống được phác thảo như *Hình 1 (a)*. Sau khi thi công phần cơ khí với các kích thước đã được tính toán, mô hình robot phục vụ thư viện thực tế như *Hình 1 (b)*. Mô hình toán học chuyển động của robot có thể được tham khảo tại Phụ Lục A.



(a) Tổng quan mô hình Robot được phác thảo trên Solidworks



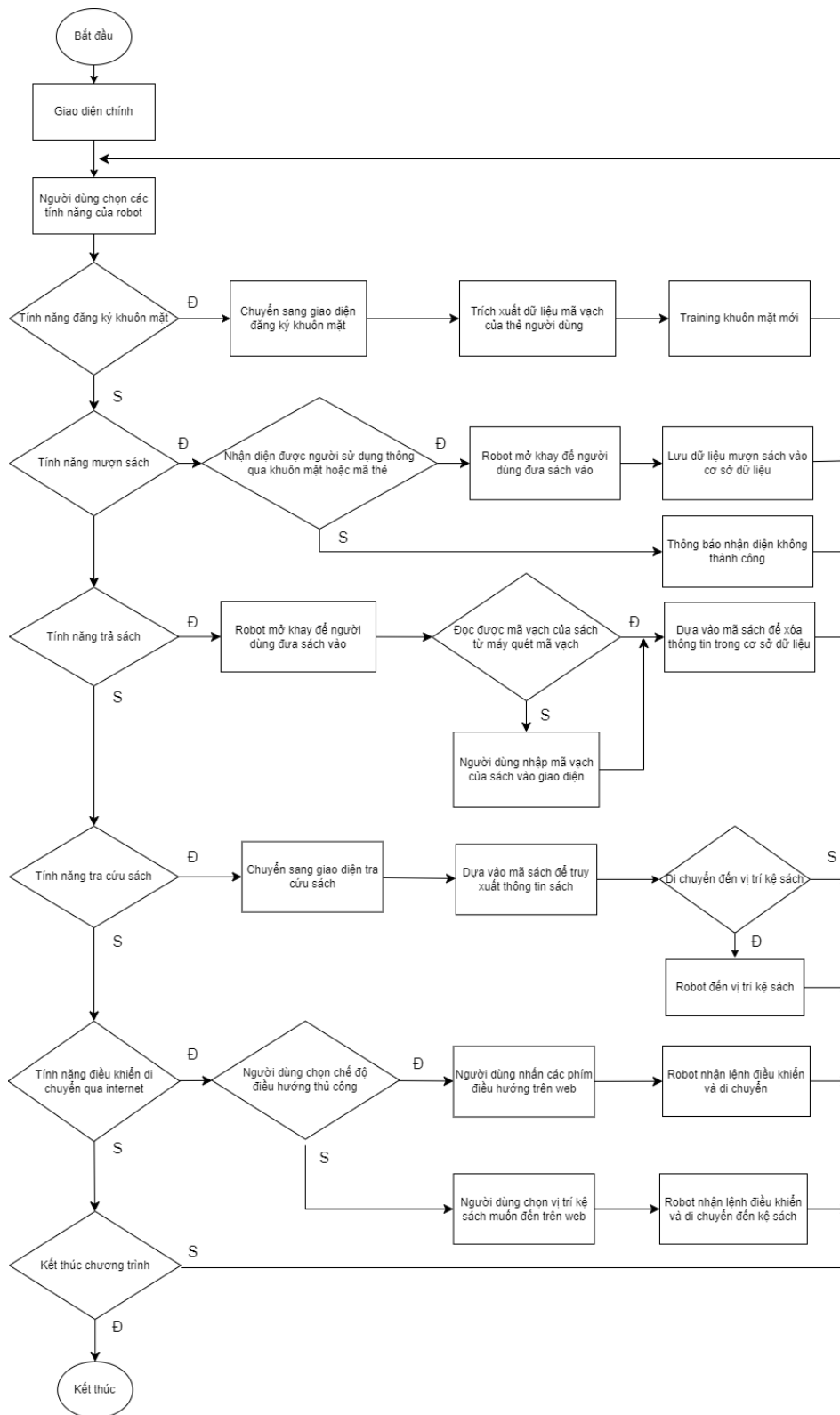
(b) Mô hình Robot thực tế

Hình 1. Mô hình Robot phục vụ thư viện

2.2. Quy trình hoạt động

Để robot có thể hoạt động một cách chính xác với các tính năng tương tác hấp dẫn và hữu ích cho người sử dụng và người vận hành thư viện, các công nghệ tiên tiến nhất trên thế giới sẽ được kết hợp vào hệ thống. Để đơn giản trong việc lập trình, phần mềm của robot được xây dựng trên nền tảng hệ điều hành robot (ROS) [15] với các công cụ sau được tích hợp: công cụ 2D Navigation Stack [16], Lidar Slamtec Mapper [17], [18], thuật toán Dijkstra, thuật toán tiếp cận cửa sổ động (Dynamic Window Approach - DWA), thuật toán nhận dạng khuôn mặt với phương pháp Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) [19]-[23] và phương pháp Facenet [20], [24], kỹ thuật truyền thông

dữ liệu Socket nâng cao [25], [26] và điều khiển qua mạng Internet [27]. Các thuật toán Dijkstra và DWA có thể được tham khảo chi tiết hơn ở Phụ lục B.



Hình 2. Quy trình vận hành tổng quan của Robot thư viện

Dựa trên các yêu cầu kỹ thuật, đặc điểm thực tế, và chất lượng sản phẩm, một quy trình hoạt động hệ thống được đề ra như Hình 2. Robot phục vụ thư viện này có giao diện tương tác dành cho người sử dụng, nhờ vào đó người sử dụng có thể dễ dàng mượn – trả sách, tra cứu thông tin sách (bao gồm tra cứu theo tên sách, tên tác giả, mã số sách) và nhận diện khuôn mặt hoặc quét thẻ sinh viên nhờ vào khay quét mã vạch để vào thư viện. Bên cạnh đó là một chức năng mở rộng khác với giao diện điều khiển robot và giám sát từ xa. Ở tính năng này, robot sẽ được điều khiển bằng các nút nhấn và camera được gắn trên thân robot. Hệ thống có thể lưu video hành trình hoạt động của robot. Hệ thống cũng có thể di chuyển thông minh tự động và tránh vật cản tĩnh hoặc động trên đường đi.

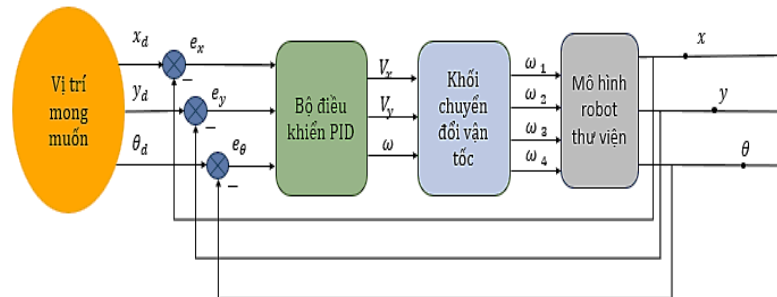
Robot nhận dạng được những sinh viên đã có thông tin trong cơ sở dữ liệu của hệ thống. Các cơ sở dữ liệu về khuôn mặt, thông tin sinh viên, thông tin sách được lưu ở một máy trạm. Khi có dữ liệu mới, dữ liệu sẽ được chuyển sang cho máy trạm xử lý từ máy chủ, để đảm bảo sự hoạt động mượt mà của máy chủ. So với các robot thư viện hiện tại ở Việt Nam và trên thế giới, hệ thống được đề xuất có nhiều đặc điểm vượt trội hơn. Việc tổng hợp các tính năng trên vào thành một hệ thống là thử thách lớn.

3. Kết quả đánh giá

Các kết quả thí nghiệm để đánh giá chất lượng hoạt động của các tính năng trên hệ thống sẽ được trình bày trong phần này. Một số tính năng liên quan tới việc di chuyển của hệ thống đã được kiểm chứng trên môi trường mô phỏng trước khi thử nghiệm thực tế. Tính năng giao tiếp bằng giọng nói giữa người sử dụng và robot được tích hợp chủ yếu trong giao diện chính của hệ thống. Ở các giao diện khác, robot sẽ phát ra các âm thanh hướng dẫn phù hợp để hỗ trợ thao tác cho người dùng. Chức năng giọng nói được thực thi thông qua các hàm giao diện lập trình ứng dụng (API) của công ty phần mềm Google [28]. Do giới hạn về không gian trình bày của bài báo, một số dữ liệu thí nghiệm và thảo luận mở rộng có thể được tham khảo tại các Phụ Lục C - G.

3.1. Kiểm chứng trên môi trường mô phỏng

a) Chất lượng của bộ điều khiển cấp thấp



Hình 3. Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID cho Robot

Bảng 1. Chất lượng điều khiển của hệ thống theo các vị trí và hướng mong muốn

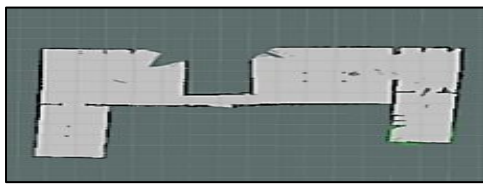
Chất lượng điều khiển	Thí nghiệm 1			Thí nghiệm 2			Thí nghiệm 3		
	x	y	θ	x	y	θ	x	y	θ
Sai số xác lập	0.01	0.0086	0.0093	0.009	0.2	0.0085	0.2	0.1	0.0091
Thời gian xác lập (giây)	1	0.2	0.4	1.5	0.8	1.1	0.1	0.05	1

Để điều khiển chuyển động của hệ thống theo các mục tiêu mong muốn, các bộ điều khiển cấp thấp và cấp cao phải được sử dụng. Ở tầng điều khiển dưới, một bộ điều khiển Vi-tích-phân-tỉ-lệ (PID), như được phác họa ở Hình 3, đã được áp dụng vào hệ thống. Trong đó, $q_d = [x_d \ y_d \ \theta_d]^T$ là vector vị trí và hướng mong muốn của robot, vector $u_{dk} = [v_x \ v_y \ w]^T$ bao gồm vận tốc theo phương x, phương y và vận tốc xoay của robot theo hệ trục tọa độ thân xe, $q = [x \ y \ \theta]^T$ là vector vị trí và hướng theo hệ trục tọa độ hiện tại của Robot, w_i ($i=1,2,3,4$) là vận tốc góc của bánh xe.

Các kết quả mô phỏng chi tiết có thể được tham khảo tại Phụ Lục C. *Bảng 1* tổng hợp các thông số chính bao gồm sai số xác lập và thời gian xác lập, của các thí nghiệm để đánh giá chất lượng hoạt động của hệ thống dưới sự tác động của bộ điều khiển PID. Trong cả ba thí nghiệm, sai số xác lập và thời gian xác lập tối đa của hệ thống cho cả vị trí và hướng lần lượt là 0.2 m và 1.5 giây. Các kết quả này cho thấy hệ thống đáp ứng vị trí và hướng tốt khi lựa chọn các thông số điều khiển phù hợp. Vì vậy, việc sử dụng bộ điều khiển PID cấp thấp cho Robot hoạt động trong môi trường thư viện là hoàn toàn khả thi và chưa cần sử dụng thêm bộ điều khiển khác.

b) Chất lượng của bộ điều khiển cấp cao trên ROS

Để robot có thông tin về môi trường xung quanh, robot cần phải được di chuyển theo phương pháp thủ công để quét toàn bộ bản đồ. Quá trình và kết quả quét bản đồ trên môi trường ảo có thể thấy như *Hình 4 (a)*. Sau khi đã quét và lấy được thông tin, bản đồ được lưu như *Hình 4 (b)* và lúc này có thể tiến hành điều hướng cho robot.

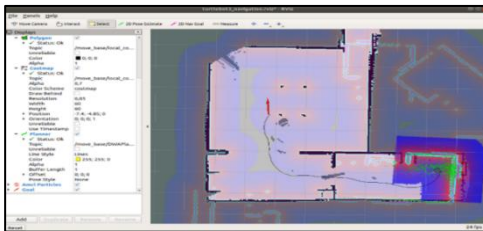


a) Bản đồ sau khi quét xong

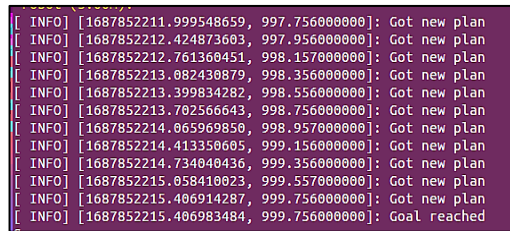


b) Bản đồ đã lưu

Hình 4. Kết quả quét bản đồ của robot trên ROS



a) Điều hướng robot dùng 2D Nav Goal



b) Thông báo đã tới nơi

Hình 5. Kết quả điều khiển robot trên ROS

Công cụ “2D Nav Goal” (công cụ tự động điều hướng để đạt đến các mục tiêu cụ thể trên bản đồ) được sử dụng để chọn mục tiêu đến của robot như được thấy trong *Hình 5 (a)*. Hệ thống sẽ tính toán và đưa ra một kế hoạch mới (Got new plan) từ vị trí hiện tại đến mục tiêu đã được đặt. Sau khi robot tới nơi, trên Terminal sẽ thông báo đã đến (Goal reached) như *Hình 5 (b)*. Điều này cho thấy hệ thống đã có thể đáp ứng được vấn đề điều khiển vị trí cấp cao trong môi trường bất định sử dụng cảm biến SLAMTEC và các thuật toán hoạch định quỹ đạo đã lựa chọn.

3.2. Kiểm nghiệm thực tế

Tất cả các tính năng của robot đã được kiểm nghiệm thực tế tại thư viện trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh. Trong mục này, các số liệu thu thập được sẽ được thảo luận để đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống.

a) Kiểm chứng thực nghiệm di chuyển tự động

Các thí nghiệm điều khiển di chuyển thực tế của robot được trình bày trong các thảo luận dưới đây. Trong *Thí nghiệm 1*, robot được điều hướng bằng công cụ “2D Nav Goal” trên Rviz. Với *Thí nghiệm 2*, robot được điều khiển sử dụng nút nhấn trên giao diện người dùng. Trong khi đó, ở *Thí nghiệm 3*, robot được điều khiển thông qua nút nhấn trên giao diện web. Các thông số tọa độ ban đầu, tọa độ đích mong muốn, và sai số điều khiển được trình bày trong *Bảng 2*. Hình ảnh và các dữ liệu di chuyển thực tế của robot được thể hiện trong các *Hình 6* và *7*. Các hình ảnh bản đồ hiển thị tọa độ robot, giao diện hiển thị vị trí kệ sách và cơ sở dữ liệu tọa độ sách có thể được tham khảo trong phụ lục D.

Theo hình ảnh thực tế (Hình 7), robot đã được điều khiển từ vị trí ban đầu đến vị trí mong muốn và tránh được vật cản phía trước. Các số liệu thu được trong các thí nghiệm (Bảng 2 và Hình 6) cho thấy sai số điều khiển tối đa theo các phương x , y và góc xoay θ lần lượt là 0.057 m , 0.074 m và 8 độ . Các dữ liệu này ám chỉ rằng chất lượng điều khiển thực tế của hệ thống ở mức chấp nhận được đối với một ứng dụng robot thư viện [2], [5].

Bảng 2. Chất lượng điều khiển vị trí và hướng của xe trong các thí nghiệm thực tế

Các thí nghiệm	Tọa độ ban đầu			Tọa độ đích mong muốn			Tọa độ đích thực tế			sai số		
	x	y	θ	x	y	θ	x	y	θ	x	y	θ
Thí nghiệm 1	1.807	-0.013	178	3.352	0.864	178	3.2999	0.835	177	0.052	0.029	1
Thí nghiệm 2	1.816	-0.056	6	-0.001	-0.01	2	0.0418	-0.084	-6	-0.043	0.074	8
Thí nghiệm 3	1.263	-0.625	-86	2.321	0.45	89	2.264	0.403	81	0.057	0.047	8

```
position:
x: 1.88710756778717
y: -0.01307159349020958
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: 0.9998363876598964
w: 0.018888612749720966
```

a) Dữ liệu trong Thí nghiệm 1

```
position:
x: 3.299722941552518
y: 0.8353565862971124
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: 0.9997253833630534
w: 0.023434117427287904
```

b) Dữ liệu trong Thí nghiệm 2

```
position:
x: 1.81610202789
y: -0.0561062060297
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: 0.0546743471427
w: 0.998504239232
```

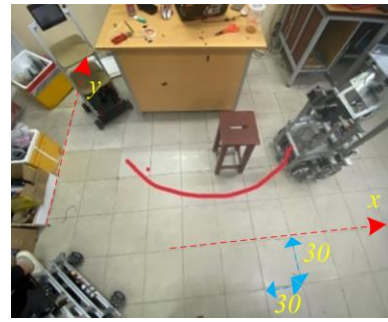
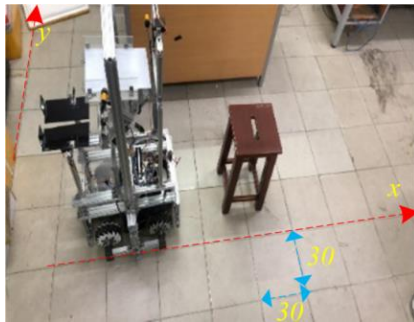
```
position:
x: 0.0418063364923
y: -0.0841847658157
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: -0.0536941399847
w: 0.99855742916
```

```
position:
x: 1.26324212551
y: -0.6257699131
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: -0.6841693955
w: 0.72932313705
```

c) Dữ liệu trong Thí nghiệm 3

```
position:
x: 2.26447749138
y: 0.402786552906
z: 0.0
orientation:
x: 0.0
y: 0.0
z: 0.644358395239
w: 0.764723648441
```

Hình 6. Tọa độ xe tại điểm bắt đầu và tọa độ xe thực tế tại điểm đích trong các thí nghiệm thực tế



Hình 7. Vị trí trước và sau khi điều khiển robot thực tế trong Thí nghiệm 1

Bảng 3. Kết quả nhận dạng khuôn mặt sử dụng MTCNN và FaceNet

ID	Số ảnh huấn luyện	Số ảnh nhận diện đúng	Số ảnh nhận diện sai	Thời gian nhận diện (giây)	Hiệu suất (%)
1	50	47	5	1.75	94
2	50	48	2	1.65	96
3	45	42	3	1.4	93.33
4	48	46	2	1.45	95.83
5	50	47	3	1.85	94
6	40	37	3	0.9	92.5
7	47	43	3	1.4	91.49
8	42	39	3	1.1	92.86
9	50	49	1	1.8	98
10	44	42	2	1.3	95.48

b) Kiểm chứng giải thuật nhận diện khuôn mặt

Kết quả chuẩn hóa hình ảnh để huấn luyện và thực hiện nhận dạng khuôn mặt được trình bày chi tiết ở Phụ lục E và được tổng hợp ở *Bảng 3*. Tập dữ liệu để kiểm tra bao gồm 20 người với 400 bức ảnh. Hệ thống sử dụng 300 ảnh để huấn luyện và 100 ảnh để kiểm thử (tất cả các ảnh sau khi chụp sẽ được điều chỉnh về kích thước 400x400, chuẩn hóa độ sáng, chuẩn hóa độ nét ảnh) và áp dụng huấn luyện. Kết quả ở *Bảng 3* cho thấy hệ thống nhận diện với độ chính xác hơn 90% và thời gian nhận diện trung bình khoảng 1 giây và tối đa khoảng 2 giây. Qua kết quả thực nghiệm thu được cho thấy sự kết hợp một cách hợp lý các phương pháp MTCNN và Facenet để xác minh thông tin của người dùng vào phòng đọc thư viện là hoàn toàn khả thi và hiệu quả.

c) Kiểm chứng truyền thông máy tính

Các kết quả cài đặt và kiểm chứng khả năng truyền thông dữ liệu giữa các máy tính được trình bày trong Phụ lục F.

Bảng 4. Thống kê truyền – nhận thông qua phương thức socket

Kích thước bộ đệm	Thời gian truyền	Thời gian nhận
64	0.01561s	0.03145s
512	0.01562s	0.03124s
1024	0.01562s	0.03138s
4096	0.01555s	0.03123s
8192	0.01607s	0.04731s

Bảng 4 thống kê thời gian truyền-nhận tương ứng với các kích thước bộ đệm (buffer_size) khác nhau. Sau quá trình thực nghiệm, có thể thấy khi tăng kích thước bộ đệm để truyền dữ liệu thì thời gian truyền – nhận cũng không thay đổi đáng kể. Tuy nhiên, do dữ liệu truyền nhận thực tế là mã số người dùng có kích thước bộ đệm tương đối nhỏ, ứng với kích thước bộ đệm nhỏ hơn 20 nên tổng thời gian truyền và nhận sẽ khoảng 0.04 giây cho cả quá trình. Qua kết quả thực nghiệm ở *Bảng 4*, việc truyền nhận dữ liệu thông qua phương thức socket với dữ liệu là mã số người dùng có kích thước bộ đệm là 13 cho kết quả tốt và áp dụng được vào thực tế.

d) Kiểm chứng điều khiển từ xa thông qua mạng Internet

Các kết quả truyền nhận dữ liệu trong quá trình điều khiển robot thông qua mạng Internet được trình bày trong *Bảng 5*. Các cài đặt và đo lường khả năng điều khiển từ xa qua mạng Internet có thể được tham khảo thêm trong Phụ lục G.

Bảng 5. Thống kê thời gian truyền – nhận dữ liệu điều khiển qua Internet.

Khi nhấn nút		Khi nhả nút	
Thời gian gửi request	Thời gian chờ phản hồi từ server	Thời gian gửi request	Thời gian chờ phản hồi từ server
0.13ms	458.60ms	0.19ms	322.24ms
0.16ms	567.66ms	0.14ms	534.48ms
0.11ms	481.63ms	0.20ms	550.99ms
0.12ms	648.00ms	0.14ms	806.13ms
0.10ms	506.87ms	0.14ms	747.25

Các dữ liệu đo lường cho thấy thời gian gửi request cho MQTT platform vào khoảng 0.15 ms cho mỗi lần gửi. Thời gian phản hồi trung bình khoảng 500 ms, thời gian đáp ứng lâu hơn phụ thuộc vào

nhiều yếu tố như: Độ trễ mạng (Latency), dữ liệu truyền lớn, ... Qua kết quả thực nghiệm thu được ở *Bảng 5*, việc truyền nhận dữ liệu thông qua Internet với dữ liệu là tín hiệu điều khiển cho kết quả phản hồi tốt và áp dụng được vào thực tế.

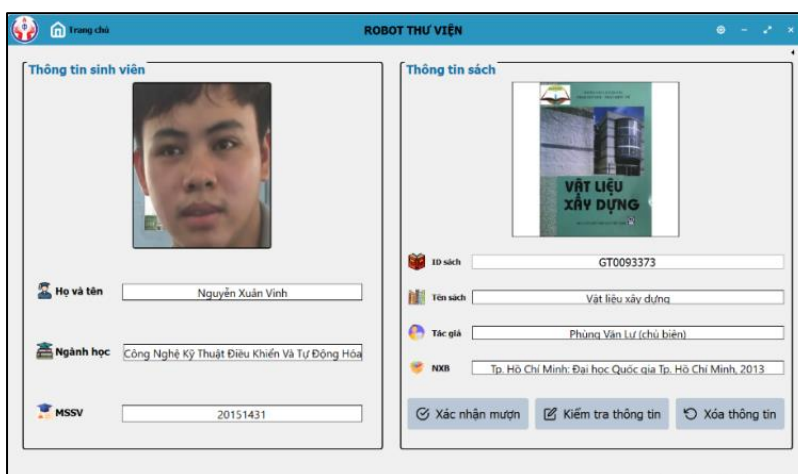
e) Đánh giá tính năng mượn – trả sách của robot

Robot này có tích hợp cả tính năng mượn sách và trả sách tự động, như được thấy trong *Hình 8*. Khi người dùng muốn sử dụng tính năng mượn sách, hệ thống cần xác thực thông tin khuôn mặt hoặc thông tin mã vạch trong thẻ của người dùng. Hệ thống sẽ hướng dẫn vị trí của sách cần mượn cho người sử dụng. Một khi đã tìm được quyển sách mong muốn, người dùng cần xác nhận thông tin sách với robot thông qua một cơ chế quét mã vạch sách được tích hợp sẵn. Sau khi kiểm tra thông tin sách và nhấn nút “Xác nhận mượn” trên giao diện mượn sách ở *Hình 9*, hệ thống sẽ cập nhật dữ liệu người dùng và thông tin sách mượn tương ứng ngay lập tức vào cơ sở dữ liệu của nhà trường.



Hình 8. Hoạt động mượn – trả sách tại thư viện của hệ thống

Khi sử dụng tính năng trả sách, người sử dụng chỉ cần để sách vào khay bên trong hệ thống. Máy quét mã vạch sẽ truy xuất thông tin của sách và tiến hành quy trình trả sách vào thùng chứa bên trong robot. Robot có khả năng lưu trữ 20 cuốn sách từ người trả sách và có thể cập nhật các dữ liệu liên quan lên cơ sở dữ liệu chung của thư viện. Hệ thống mượn – trả sách được tích hợp bên trong robot có thể được sử dụng liên tục và dữ liệu được đồng bộ với cơ sở dữ liệu cục bộ của Thư viện. Lưu ý là người dùng hoàn toàn có thể tra cứu tất cả các thông tin về việc mượn/trả sách của mình trên robot bao gồm người mượn, ngày mượn và ngày trả, như được thấy ở *Hình 10*.



Hình 9. Giao diện hiển thị thông tin người dùng và sách mượn

Nhật ký cho mượn			
Tìm thấy: 4 lượt. Trang: 1			
Tên tư liệu	Người mượn	Ngày mượn	Ngày trả
Vật liệu xây dựng : Viết theo chương trình đã được hội đồng môn học ngành xây dựng thông qua / Phùng Văn Lự (chủ biên), Phạm Duy Hữu, Phan Khắc Trí (ĐKCB : gt0093373)	Nguyễn Xuân Vinh (20151431)	03/11/2023 0:0	04/03/2024 0:0
Bài tập Toán học cao cấp: Đại số và hình học giải tích - Tập 1: Môn học: 1001011 - Toán cao cấp A1/ Nguyễn Đình Trí, Tạ Văn Đĩnh, Nguyễn Hồ Quỳnh (ĐKCB : gt0258125)	Nguyễn Xuân Vinh (20151431)	03/11/2023 0:0	04/03/2024 0:0
Thực hành lập trình Microsoft Visual Foxpro 9.0 / Vũ Nhật Minh (ĐKCB : skv069413)	Nguyễn Xuân Vinh (20151431)	03/11/2023 0:0	01/12/2023 0:0

Hình 10. Thông tin sách mượn được lưu trong cơ sở dữ liệu

4. Kết luận

Bài báo này đã đề xuất một mô hình robot tự động phục vụ trong thư viện. Robot đã được chế tạo theo mục đích thực tế để đáp ứng nhiều chức năng cụ thể bằng việc kết hợp một cách hợp lý các công nghệ tiên tiến. Một chương trình điều khiển cho toàn bộ các chức năng và điều khiển robot hoạt động thông qua các giao diện đã được thiết kế. Robot có thể nhận dạng thông tin người dùng thông qua tính năng nhận dạng khuôn mặt thông minh. Cơ cấu quét mã định danh đã được sử dụng để xác định chính xác các thông tin liên quan đến đầu sách và thông tin hiện tại của người dùng. Robot cũng được trang bị tính năng mượn sách và trả sách tự động. Trong một vài trường hợp, robot cũng có thể hướng dẫn người sử dụng các thao tác thông qua một chức năng hỗ trợ giọng nói. Chức năng này được thực thi thông qua các hàm giao diện lập trình ứng dụng (API) của công ty phần mềm Google. Ngoài ra, robot có thể tự điều hướng đến các kệ sách và thực hiện tuần tra thư viện như một người quản lý. Các thông tin quan trọng hoàn toàn có thể quan sát được từ xa thông qua mạng Internet. Các tính năng đã được thử nghiệm thành công trong điều kiện thực tế tại Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh. Những robot như vậy với số lượng vừa đủ có thể giảm bớt công việc của người vận hành thư viện.

Tuy nhiên, vẫn còn một số hạn chế còn tồn tại trong quá trình thực hiện như việc xử lý ảnh nhận dạng khuôn mặt chưa đạt được độ chính xác cao tuyệt đối. Kết quả nhận dạng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sự đa dạng và chất lượng hình ảnh của dữ liệu, các thông số khi huấn luyện và nhận dạng, góc quan sát của camera đối với khuôn mặt và sự biến đổi khuôn mặt của người sử dụng.

Từ những hạn chế bên trên, việc sử dụng camera nhận khuôn mặt người dùng ba chiều có thể là một giải pháp tiềm năng trong tương lai. Ngoài ra, việc xây dựng hệ thống bảo mật thông tin cho robot bao gồm thông tin gương mặt và các dữ liệu của robot, cải tiến phần cứng để robot chắc chắn và thẩm mỹ cũng là những điểm cần phát triển trong tương lai.

Lời cảm ơn

Công trình này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành Phố Hồ Chí Minh thông qua đề tài Đặt hàng mã số: T2023-03ĐH.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Lin, H. P. Yueh, H. Y. Wu, and L. C. Fu, "Developing a Service Robot for a Children's Library: A Design-Based Research Approach," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 65, 2014, doi: 10.1002/asi.22975.
- [2] O. E. Said and S. A. Hajri, "Are customers happy with robot service? Investigating satisfaction with robot service restaurants during the COVID-19 pandemic," *Heliyon*, vol. 8, no. 3, p. e08986, 2022.
- [3] J. Behan and D. O'Keefe, *LUCAS: The Library Assistant Robot, Implementation and Localisation*. 2005, pp. 1140-1146.
- [4] B. Graf, M. Hans, and R. Schraft, "Care-O-bot II—Development of a Next Generation Robotic Home Assistant," *Auton. Robots*, vol. 16, pp. 193-205, 2004.
- [5] M. K. Kwak, J. Lee, and S. S. Cha, "Senior Consumer Motivations and Perceived Value of Robot Service Restaurants in Korea," *Sustainability*, vol. 13, no. 5, doi: 10.3390/su13052755.

- [6] M. Makatchev *et al.*, *Dialogue patterns of an Arabic robot receptionist*. 2010, pp. 167-168.
- [7] M. Moujahid, H. Hastie, and O. Lemon, "Multi-party Interaction with a Robot Receptionist," in *17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, 2022, pp. 927-931.
- [8] *Tu Xiaoling Robot in Shanghai library*, China. Link: [Shanghai Library_Construction starts on Shanghai Library East](#).
- [9] *Libby Robot in Pretoria library*, South Africa. Link: [UP Libraries steps into future as it 'employs' robot to help students, University of Pretoria](#).
- [10] A. Moshayedi, J. Li, and L. Liao, "AGV (automated guided vehicle) robot: Mission and obstacles in design and performance," *Journal of Simulation & Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering*, vol. 12, pp. 05-18, 2019.
- [11] X. Chen, S. He, Y. Zhang, L. Tong, P. Shang, and X. Zhou, "Yard crane and AGV scheduling in automated container terminal: A multi-robot task allocation framework," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 114, pp. 241-271, 2020.
- [12] A. J. Moshayedi, A. Roy, and L. Liao, "PID Tuning Method on AGV (Automated Guided Vehicle) Industrial Robot," *Journal of Simulation and Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering*, vol. 12, pp.53-66, 2019.
- [13] *Robot Miabot*, Ho Chi Minh City University of Technology and Education, 2017. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=UcAzbofU30U>. [Accessed: Apr. 2024].
- [14] *Robbie robot in Temasek Polytechnic Library*, Singapore, 2018. Link: [Robbie Library Inventory Robot - YouTube](#).
- [15] M. Quigley *et al.*, *ROS: an open-source Robot Operating System*. 2009.
- [16] S. Gateschapakorn, J. Takamatsu, and M. Ruchanurucks, *ROS based Autonomous Mobile Robot Navigation using 2D LiDAR and RGB-D Camera*. 2019, pp. 151-154.
- [17] Shanghai Slamtec Co. Ltd, "Introduction and Datasheet(PREVIEW)," pp. 4-5, 2019.
- [18] Haifei Si, Xingliu Hu , Li Xu, "Research and Implementation of Indoor Location for Home Service Robot," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 3-4, doi:10.1088/1757-899X/711/1/012035
- [19] K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li, and Y. Qiao, "Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 23, no. 10, pp. 1499-1503, 2016.
- [20] I. William, D. R. I. M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, H. A. Santoso, and C. A. Sari, "Face Recognition using FaceNet (Survey, Performance Test, and Comparison)," in *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 2019, pp. 1-6.
- [21] P. Bose, S. K. Bandhyopadhyay and V. Goyal, "Human Different Head Poses and Facial Expression Analysis using Principal Component Analysis," *Xeno Journal of Biomedical Sciences*, vol. 2, 2020.
- [22] H. Q. L. H. M. T. D. N. Doan, "Face recognition in video using convolutional neural networks," *VJST B*, vol. 62, no. 1, Jul. 2020.
- [23] L. T. T. Nga, N. V. Chau, and N. X. Phan, "Automatic attendance using multi-task cascade convolutional neural network model and Triplet Loss technique," *CTA*, pp. 219-226, 2020.
- [24] H. N. Hoi, N. T. N. Khuong, V. T. Chau, D. X. Ba, "An enhanced path-optimization algorithm for realtime intelligent transportation systems," *Journal of Technical Education Science*, no.59, pp. 2-5, 2020.
- [25] J. C. Foster and M. Price, "Chapter 7 - Portable Network Programming," in *Sockets, Shellcode, Porting, & Coding*, J. C. Foster and M. Price, Eds. Burlington: Syngress, 2005, pp. 273-332.
- [26] E. Salihu and G. Blakaj, "Workplace Chat Application Using Socket Programming in Python," *UBT International Conference*, 2021.
- [27] C. Rodriguez *et al.*, *REST APIs: A Large-Scale Analysis of Compliance with Principles and Best Practices*. 2016, pp. 21-39
- [28] Google Assistant API, 2023. Link: <https://developers.google.com/assistant/sdk/reference/rpc>.



Dang Xuan Ba (Member, IEEE) received the B.S. and M.S. degrees from the Ho Chi Minh City University of Technology, Ho Chi Minh City, Vietnam, in 2008 and 2012, respectively, and the Ph.D. degree from the School of Mechanical Engineering, University of Ulsan, Ulsan, South Korea, in 2016.

He is currently a Lecturer with the Department of Automatic Control, Ho Chi Minh City University of Technology and Education (HCMUTE), Vietnam. He is also the Manager of the Dynamics and Robotic Control (DRC) Laboratory and the Director of Smart Robotic Center (SRC). His research interests include intelligent control, nonlinear control, modern control theories, and their applications in robotics. Email: badx@hcmute.edu.vn; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-9548>



Huynh Trung Hieu received the Engineering degree from the Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Ho Chi Minh City, Vietnam, in 2023.

He is also the Member of the Dynamics and Robotic Control (DRC) Laboratory. His research interests include intelligent control, modern control theories, and their applications in robotics.

Email: hthieu@optimarobotics.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1998-1219>



Vu Trong Luat received the B.S. degrees from the Hanoi University of Culture and Hanoi University of Science and Technology, Hanoi City, Vietnam, in 1999, and 2006, respectively, and the M.S. degree from the School of Administration, Southern Leyte State University, Sogod, Southern Leyte, Philippines, in 2013.

He is the Director of the Library of Ho Chi Minh City University of Technology and Education. His working interests include informatics, library, information technologies and administration.

Email: luatvt@hcmute.edu.vn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9468-2342>