XÂY DỰNG BỘ ĐÔI SỐ CHO RÔ BỐT UR3 TRONG HỆ THỐNG LẮP RÁP BÓNG ĐÈN

DEVELOPMENT OF DIGITAL TWIN TECHNOLOGY FOR UR3 ROBOT IN LAMP ASSEMBLY SYSTEM

ThS. **Đoàn Thanh Xuân**, PGS,TS. **Vũ Toàn Thắng**, TS. **Đặng Thái Việt***, TS. **Vũ Tiến Dũng**
Trường Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Cùng với việc áp dụng khoa học công nghệ vào sản xuất ngày càng sâu và rộng, tự động hóa trong quá trình sản xuất đã trở thành một xu thế chung quyết định hiệu quả hoạt động và khả năng cạnh tranh của các doanh nghiệp sản xuất. Và trong quá trình tự động hóa này, rô bốt công nghiệp đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng suất lao động và thay thế ngày càng nhiều con người trong các khâu thao tác đòi hỏi kỹ thuật và độ chính xác cao. Cùng với đó, các phần mềm với tính năng mạnh mẽ, khả năng ảo hóa mô tả giống như thật các thiết bị và hệ thống đã tạo điều kiện cho công nghệ bộ đôi số phát triển và ứng dụng rộng rãi. Trong nghiên cứu này, mô hình bộ đôi số sử dụng cho rô bốt UR3 sẽ được xây dựng áp dụng cho hệ thống lắp ráp bóng đèn. Từ tiền đề của việc xây dựng bộ đôi số này sẽ mở ra nhiều khả năng ứng dụng để nâng cao hiệu suất hoạt động của rô bốt như tìm đường đi, nâng cao hiệu quả phối hợp hoạt động giữa rô bốt và người.

Từ khóa: *Bộ đôi số; Mô phỏng; Ứng dụng công nghiệp; Rô bốt UR3.*

ABSTRACT

As the contribution of science and technology to production has been increasingly deep and wide, the automation in the production process becomes a common trend determining the operational efficiency and competitiveness of manufacturing companies. In automation process, industrial robots play an important role in improving labor productivity as well as replacing human employees in high-tech and high-precision manufacturing operations. On the other hand, digital twin technology has been well developped and applied owing to the availability of powerful softwares that have virtualization capabilities for authentic description of devices and systems. In this study, a digital twin design process for UR3 robot was developed for a lamp assembly system. Based on this digital twin development, it is possible to enhance the robotic performance (such as path finding) as well as robot-human coordination.

Keywords: *Digital Twin; Simulation; Industrial application; UR3 robot.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự ra đời máy tính và sau đó là mạch tích hợp đã tạo cơ hội cho sự xuất hiện những rô bốt công nghiệp trong những ứng dụng thương mại đầu tiên từ những năm 1960 [1]. Trải qua hơn 06 thập kỷ, các rô bốt đã phát triển từ khả năng chuyển động ban đầu đơn giản đến mức độ có thể quản lý cả chuyển động phức tạp và đáp ứng các ứng dụng yêu cầu nhiều thao tác, khéo léo và tỉ mỉ hơn sẽ như hàn, mài và lắp ráp... Với sự phát triển của các phần mềm mô phỏng, các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo, điện toán đám mây… đã mở ra cơ hội phát triển của công nghệ Bộ đôi số cũng như mở ra cơ hội phát triển thêm của các công nghệ mới ứng dụng cho rô bốt công nghiệp. Ứng dụng bộ đôi số cho rô bốt sẽ giúp giải quyết được các vấn đề nâng cao tính tự động hóa, tăng năng suất như tìm đường đi, phối hợp giữa người và rô bốt… Trong nghiên cứu này sẽ phân tích các đặc điểm hình học, động lực học của rô bốt UR3, xây dựng mô hình số của rô bốt mô phỏng giống hệt các đặc điểm động lực học của rô bốt thật, sau đó xây dựng kết nối trao đổi thông tin thời gian thực giữa rô bốt thật và rô bốt ảo. Rô bốt UR3 trong thí nghiệm là thiết bị đóng vào trò chính trong hệ thống lắp ráp bóng đèn.

2. BỘ ĐÔI SỐ

Một bản sao kỹ thuật số là một đại diện ảo đóng vai trò là bản sao kỹ thuật số thời gian thực của một đối tượng hoặc quá trình vật lý. Mặc dù khái niệm này có nguồn gốc sớm hơn (do Michael Grieves, sau đó là Đại học Michigan, vào năm 2002), định nghĩa thực tế đầu tiên về song sinh kỹ thuật số bắt nguồn từ NASA trong nỗ lực cải thiện mô phỏng mô hình vật lý của tàu vũ trụ vào năm 2010 [2]. Bộ đôi số là kết quả của sự cải tiến liên tục của thiết kế và hoạt động kỹ thuật của thiết bị hoặc hệ thống. Các bản vẽ sản phẩm và thông số kỹ thuật được phát triển từ việc vẽ bằng tay sang có sự hỗ trợ của máy tính đến kỹ thuật mô hình hóa mô phỏng của cả hệ thống.

Bộ đôi số gồm có ba thành phần: thành phần thứ nhất là một đối tượng hay một hệ thống vật lý, đó có thể là một thiết bị, một dây chuyền sản xuất; thành phần thứ hai là mô hình ảo được xây dựng từ các file CAD (computer aided design), mô phỏng giống hệt của thiết bị hay hệ thống vật lý; thành phần thứ ba là kết nối truyền thông thời gian thực giữa hệ thống vật lý và hệ thống ảo [3].

3. RÔ-BỐT CÔNG NGHIỆP UR3

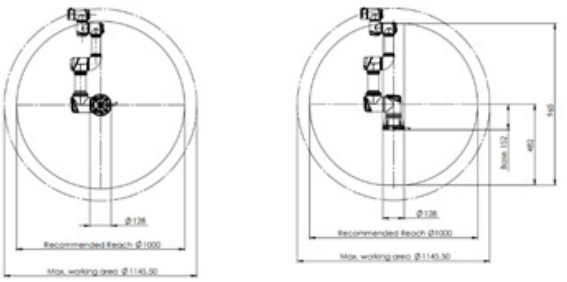
Theo các thông tin thông số kỹ thuật trên trang web của Công ty Universal Robots [4], rô bốt cộng tác UR3 là một rô bốt cộng tác cỡ nhỏ đặt trên mặt bàn, thích hợp cho các công việc lắp ráp nhẹ và xây dựng các kịch bản làm việc tự động trên bàn máy. Cobot để bàn nhỏ gọn chỉ nặng 24,3 lbs (11 kg), nhưng có tải trọng đến 6,6 lbs (3 kg), xoay ± 360 độ trên tất cả các khớp cổ tay và xoay vô hạn trên khớp cuối cùng.

Thông tin về giới hạn góc, tốc độ chuyển động của các khớp và vùng làm việc của rô bốt UR3 được mô tả chi tiết tương ứng trong hình 1 và hình 2.

Movement

Axis movement robot arm	Working range	Maximum speed
Base	± 360°	± 120°/Sec.
Shoulder	± 360°	± 120°/Sec.
Elbow	± 360°	± 180°/Sec.
Wrist 1	± 360°	± 180°/Sec.
Wrist 2	± 360°	± 180°/Sec.
Wrist 3	± 360°	± 180°/Sec.
Typical tool		1 m/Sec. / 39.4 in/Sec.

Hình 1. Giới hạn góc và tốc độ chuyển động các khớp của rô-bốt UR3

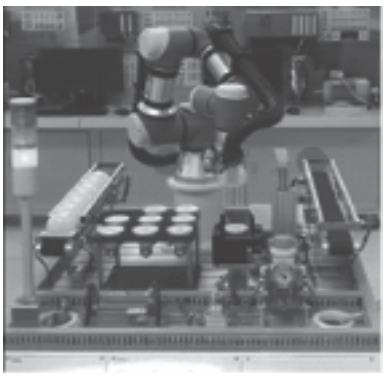


Hình 2. Hình chiếu đứng (bên trái) và hình chiếu cạnh (bên phải) vùng làm việc của rô-bốt UR3

4. THÍ NGHIỆM

4.1. Hệ thống thực tế

Thí nghiệm được thực hiện trên hệ thống lắp ráp bóng đèn sử dụng rô-bốt UR3, hình 3 là hình ảnh thực tế của hệ thống lắp ráp bóng đèn.



Hình 3. Hình ảnh thực tế hệ thống lắp ráp bóng đèn

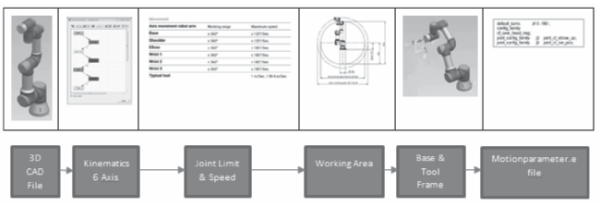
Rô-bốt UR3 thực hiện vận chuyển đui bóng vào lỗ dập, sau đó vận chuyển nắp bóng vào lỗ dập. Xy lanh dập thực hiện việc dập để gắn nắp với đui bóng. Cuối cùng, rô-bốt UR3 vận chuyển bóng đèn hoàn thiện đến băng chuyền để chuyển lưu kho.

4.2. Xây dựng mô hình số

Mô hình mô phỏng (không gian số trong bộ đôi số) là một môi trường động được xây dựng bằng cách đưa các đối tượng thiết kế hỗ trợ máy tính (CAD) 3 chiều vào phần mềm Tecnomatix Process Simulate. Tao [5] cho rằng mô hình ảo bao gồm bốn lớp, tức là hình học (tạo ra các đối tượng CAD 3D), vị trí vật lý (vị trí của các đối tượng CAD trong cảnh), hành vi (động học của rô bốt) và quy tắc (trình tự quy trình lắp ráp). Các đối tượng CAD động học 3D của rô bốt có sẵn tại thư viện trực tuyến do Trung tâm hỗ trợ Siemens duy trì.

Việc tạo ra các đối tượng 3D được áp dụng cho tất cả các bộ phận và thành phần khác của hệ thống để được đưa vào môi trường Tecnomatix. Tecnomatix có thể nhập dữ liệu CAD ở định dạng JT (Jupiter Tessellation).

Việc xây dựng mô hình số của rô bốt UR3 mô phỏng hình học và các động lực học của rô bốt gồm có các bước như trên hình 4 dưới đây:

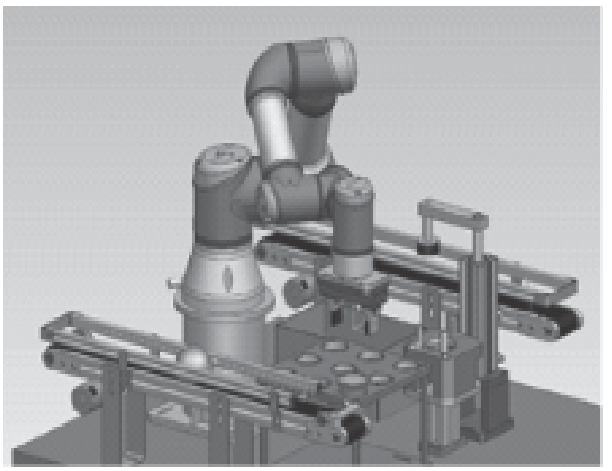


Hình 4. Các bước xây dựng mô hình số rô bốt UR3

Trước tiên, file 3D CAD được tạo ra mô tả chính xác kích thước hình học của rô bốt thật, file này được đưa vào phần mềm Tecnomatix Process Simulate. Sau đó, thực hiện xây dựng các kết nối động lực học giữa các khâu khớp của rô bốt, trong đó dựa vào các thông số kỹ thuật về tốc độ và giới hạn khớp, vùng làm việc, các thông số này được mô tả lại trên rô bốt ảo giống như rô bốt thật. Bước tiếp theo là việc tạo các khung tọa độ làm việc cho rô bốt, có hai khung tọa độ cho Base (đế của rô bốt) và cho Tool (dụng cụ lắp trên rô bốt để thực hiện một công việc cụ thể). Cuối cùng, một file thông số

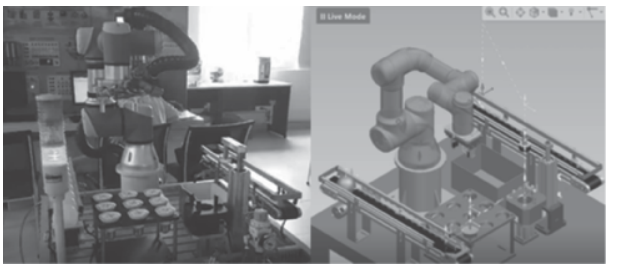
hoạt động của rô bốt hoàn chỉnh được xuất ra có tên là Motionparameter.e.

Tương tự như vậy, mô hình số được xây dựng cho các thiết bị khác trong hệ thống lắp ráp bóng đèn như hình 5 bên dưới.



Hình 5. Mô hình số của hệ thống lắp ráp bóng đèn trong phần mềm Tecnomatix Process Simulate

Giao thức TCP/IP được sử dụng để kết nối truyền thông thời gian thực giữa rô bốt thật và rô bốt ảo qua cổng Ethernet. Chế độ "Live Mode" trong phần mềm Tecnomatix Process Simulate được sử dụng để kết nối giữa rô bốt thật và ảo như hình ảnh dưới đây:



Hình 6. Kết nối trực tiếp giữa rô-bốt thật và rô bốt ảo

Bộ đôi số của rô bốt UR3 đã được hình thành, trong đó mỗi hành động trong rô bốt thật đều được phản ánh ngay lập tức theo thời gian thực trên rô bốt ảo.

5. KẾT LUẬN

Phần thí nghiệm đã xây dựng thành công bộ đôi số rô bốt UR3 trong hệ thống lắp ráp bóng đèn, trong đó mô hình ảo được xây dựng mô phỏng thực tế 1:1 mô tả được đầy đủ các đặc tính hình học, vật lý, động lực học của rô bốt thật. Dựa trên bộ đôi số này, có thể thực hiện được nhiều nghiên cứu thú vị trong các ứng dụng như tìm các vị trí, đường đi tốt hơn cho rô bốt và nâng cao hiệu quả của phối hợp người và rô bốt, xem xét các khoảng không gian làm việc chung có thể gây ra xung đột, từ đó lập lịch làm việc giữa người và rô bốt để đảm bảo an toàn và tăng hiệu suất công việc. Trong các nghiên cứu tiếp theo, các ứng dụng từ bộ đôi số của rô bốt UR3 trong hệ thống lắp ráp bóng đèn sẽ được nghiên cứu sâu hơn và đưa ra những giải pháp và cải tiến cụ thể trong các ứng dụng này.❖

Ngày nhận bài: **22/3/2022**
Ngày phản biện: **04/5/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. J. Wallen (2008), "The history of the industrial robot", Report no. LiTH-ISY-R-2853. Technical reports from the Automatic Control group in Linköping are available from http://www.control.isy.liu.se/publications (accessed on 26 April 2022).

[2]. E. Negri (2017). "A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems", Procedia Manufacturing, 11: 939–948.

[3]. Y. Lu, C. Liu, K. I.-K. Wang, H. Huang, X. Xu (2020), "Digital twin driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 61: 101837.

[4]. UR3 Technical specifications available at https://www.universal-robots.com/media/240787/ur3_us.pdf (accessed on 26 April 2022).

[5]. F. Tao, M. Zhang (2017), "Digital Twin Shop-Floor: A new shop-floor paradigm towards smart manufacturing", IEEE Access 5: 20418–20427.