

NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN HIỆU QUẢ THEO ĐẶC TÍNH NÂNG CAO

INVESTIGATION AND DEVELOP THE EFFICIENT CONTROL METHOD BASED ON THE ADVANCED PERFORMANCE

Nguyễn Đức Thọ¹, Ngô Hà Quang Thịnh²

¹Sinh viên Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Phương pháp điều khiển theo đặc tính nâng cao là một trong những vấn đề được các ngành công nghiệp quan tâm. Do vậy, trong bài báo này, một phương pháp mới để điều khiển hiệu quả các hệ công nghiệp truyền thống được trình bày. Bộ điều khiển sử dụng IC chuyên dụng cho đơn trục nhằm mục đích cung cấp đầy đủ tính năng, đồng thời ổn định hệ theo thời gian. Các thiết kế về phần cứng và phần mềm đều được trình bày chi tiết. Một hệ công nghiệp được xây dựng nhằm mục đích thử nghiệm các thiết kế đề xuất. Từ những kết quả đạt được, chúng ta có thể kết luận về tính hiệu quả của nghiên cứu này.

Từ khóa: Điều khiển máy; Điều khiển ổn định; Thiết kế phần cứng; Hệ tự hành.

ABSTRACT

Advanced characteristic control is one of the issues of interest to the industry. Therefore, in this paper, a new method for efficient control of traditional industrial systems is presented. The controller uses a dedicated IC for single-axis in order to provide full features, while stabilizing the system over time. Hardware and software designs are detailed. An industrial system is built for the purpose of testing the proposed designs. From the obtained results, we can conclude about the effectiveness of this study.

Keywords: Machining control; Stable control; Hardware design; Self-propelled system.

1. PHẦN GIỚI THIỆU

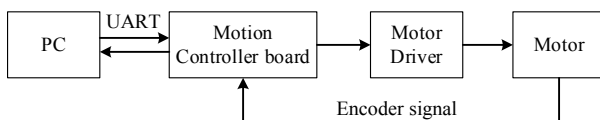
Tạo quỹ đạo là một chủ đề nghiên cứu rất quan trọng trong lĩnh vực chế tạo người máy. Việc lập kế hoạch các chuyển động xác định các chỉ dẫn của robot để thực hiện nhiệm vụ mong muốn. Một tài liệu khoa học phong phú được

dành cho chủ đề này như v.d. [1-4]. Luật chuyển động đóng một vai trò rất quan trọng hoặc để có được những hiệu suất nhất định như tối ưu hóa thời gian, tránh dao động dư và tối ưu hóa năng lượng hoặc để chọn bộ truyền động cần thiết để thực hiện chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến.

Để tạo quỹ đạo, chúng ta cần một biên dạng chuyển động hoặc một định luật chuyển động, vì vậy chúng ta cần một hàm toán học mô tả đường đi của robot giữa hai vị trí. Do đó, kết quả cuối cùng của bài toán lập kế hoạch chuyển động là quỹ đạo sau đó sẽ đóng vai trò là đầu vào cho bộ điều khiển vị trí/vận tốc thời gian thực. Hàm toán học này có thể là một hàm parabol [5-7], một hàm lượng giác, hoặc một hàm đa thức [8-9]. Bất kể chức năng đã chọn là gì, quỹ đạo được chọn phải thỏa mãn một số điều kiện đảm bảo tính liên tục của chuyển động và nó có thể định cấu hình đủ.

2. KIẾN TRÚC CHUNG CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN

Cấu trúc tổng thể của hệ thống điều khiển chuyển động được minh họa trong Hình 1. IPC chủ là PC công nghiệp với hệ điều hành Windows. Thông qua bus giao tiếp, nhiều hơn một bộ điều khiển chuyển động công nghiệp có thể giao tiếp với máy chủ. Hơn nữa, một bộ điều khiển chuyển động có thể thao tác đồng thời các chức năng chuyển động khác nhau. Do đó, nhiệm vụ của bộ điều khiển chuyển động công nghiệp là thực hiện các hoạt động tính toán số học với dữ liệu từ máy chủ và nhận chuyển vị từ trình điều khiển servo. Ngoài ra, bộ điều khiển này phân phối giá trị điều khiển cho động cơ servo để tạo thành điều khiển vòng kín.



Hình 1. Mô tả kiến trúc chung của bộ điều khiển

Có bốn thành phần chính như:

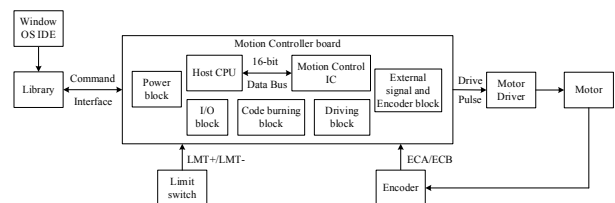
- Personal computer (PC): máy tính chủ.
- Motion controller board: bộ điều khiển trung tâm.

3. ĐẶC ĐIỂM KỸ THUẬT PHẦN CỨNG

MCX501 là một IC điều khiển chuyển động mới, hoạt động dựa trên cài đặt tốc độ theo phạm vi để điều khiển tốc độ biến tần hay động cơ. Điều này sẽ cho phép người dùng tự do thiết lập tốc độ từ 1 pps đến 8 Mpps với gia số 1 pps.

Theo phương pháp thông thường, sử dụng bội số tốc độ để đặt tốc độ có những hạn chế như sau:

- Để cài đặt tốc độ thấp, phải đặt bội số tốc độ nhỏ hơn;
- Để thực hiện điều khiển tốc độ cao, phải đặt bội số tốc độ lớn hơn.



Hình 2. Sơ đồ khối kết nối phần cứng

MCX501 mang đến giải pháp để giải quyết cho những khó khăn được mô tả ở trên bằng tính năng không có dải tốc độ, giúp hệ thống có thể trực tiếp thay đổi tốc độ từ tốc độ thấp như 1 hoặc 2 pps sang tốc độ cao chẳng hạn như 1 Mpps.

MCX501 có hai bộ đếm vị trí 32 bit: một bộ đếm vị trí logic đếm số lượng xung đầu ra và bộ đếm vị trí thực tế đếm số lượng xung phản hồi từ bộ mã hóa bên ngoài. Vị trí hiện tại có thể được đọc bằng lệnh đọc dữ liệu bất cứ lúc nào.

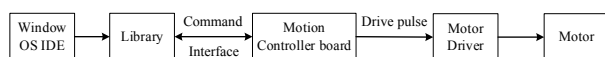
Ngoài ra, MCX501 có chức năng giới hạn phần mềm điều khiển driver dừng lại khi bộ đếm vị trí vượt quá một phạm vi xác định. Có

hai loại dừng khi chức năng giới hạn phần mềm được bật: dừng giảm tốc và dừng ngay lập tức.

Trong Hình 2, sơ đồ từng khối trong hệ thống được mô tả một cách chi tiết. Theo đó, MCX501 là IC chủ đạo thực hiện chức năng điều khiển chuyển động. PIC 16-bit đóng vai trò như vi điều khiển trung tâm trong khi các khối chức năng về giao tiếp với thiết bị ngoại vi I/O, khối nguồn và khối xử lý tín hiệu. Ngoài ra, bộ điều khiển còn được trang bị emulator trực tiếp trên board giúp việc nạp code trở nên dễ dàng hơn.

4. GIAO DIỆN PHẦN MỀM

Các yếu tố của thiết kế phần mềm trong bộ điều khiển chuyển động này bao gồm thư viện, chương trình cơ sở và ứng dụng dựa trên cửa sổ. Phần mềm cơ sở được triển khai PIC trên bo mạch để tạo hồ sơ chuyển động, thuật toán điều khiển để theo dõi và tiếp cận vị trí mục tiêu. Nó cũng đối phó với phần mềm điều khiển để giao tiếp với thiết bị ngoại vi thông qua biến môi trường một cách thích hợp. Thư viện hoạt động như giao diện của phần mềm cơ sở và phần mềm hệ thống để thực hiện các chức năng mong muốn bằng cách cung cấp các chức năng lệnh tối ưu. Bên cạnh đó, mục đích của ứng dụng dựa trên Windows là hỗ trợ người dùng điều chỉnh giao diện thông số và nhận tín hiệu phản hồi để hiển thị dưới dạng đồ thị một cách trực quan.



Hình 3. Sơ đồ trao đổi dữ liệu trong hệ thống

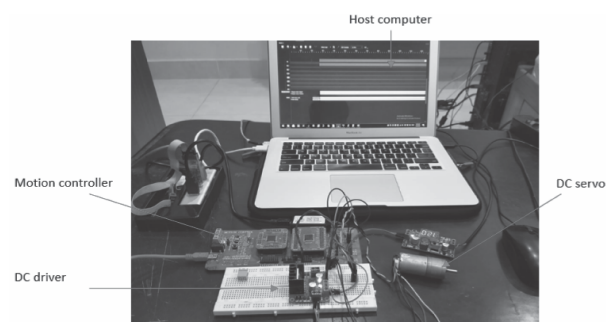
Kiến trúc của các thành phần phần mềm được mô tả như Hình 3. Sự tích hợp trong ngôn ngữ C/C++ làm cho bộ điều khiển có thể lập trình hướng đối tượng một cách tự động song song với sự hỗ trợ của Microsoft Visual Studio. Các đối tượng (mô-đun) được tạo ra có thể trao

đổi dữ liệu với nhau và gọi nhau một cách độc lập với ngôn ngữ mà chúng được viết. Bộ điều khiển xuất giá trị xung cần thiết trong một chu kỳ lệnh cho servo drive để thực thi chuyển động. Từ đó, drive điều khiển trực tiếp động cơ dựa trên tín hiệu dòng điện cũng như các phản hồi từ động cơ về để quản lý tình trạng servo. Trong một số tình huống, servo báo lỗi hay đột ngột dừng, tín hiệu sẽ được chuyển lên bộ điều khiển.

Nếu bộ điều khiển chuyển động là thành phần quan trọng của hệ thống chuyển động, thì chiến lược điều khiển là công nghệ quan trọng của bộ điều khiển chuyển động. Để điều khiển động cơ trơn tru, thuật toán tạo biên dạng đường cong S được lập trình trong PIC để xác định quỹ đạo.

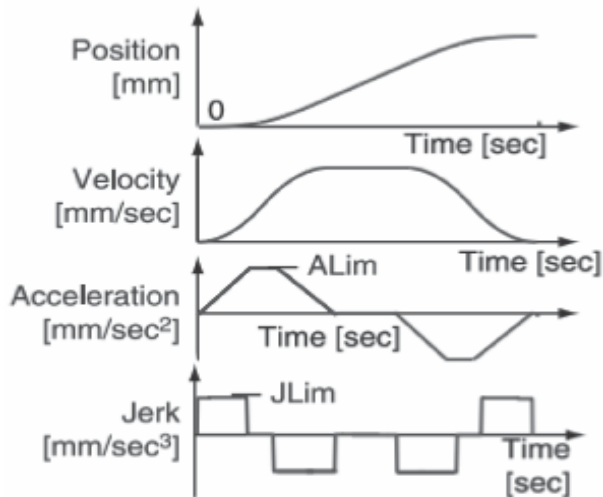
5. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC MINH

Để xác minh hiệu suất cao của phương pháp tiếp cận của chúng tôi, nền tảng tổng thể được khởi chạy trong kịch bản thực tế như Hình 4. Hệ thống servo được kết nối trực tiếp với bộ điều khiển và vận hành bởi máy tính. Trong thí nghiệm, các yêu cầu về máy tính điều khiển không quá khắt khe và linh hoạt trong kết nối thông qua cổng USB. Trong mỗi khoảng thời gian lấy mẫu, dữ liệu được truyền đến servo và nhận thông tin phản hồi đến bộ điều khiển máy chủ. Kết quả thí nghiệm đạt được trong Hình 5 phù hợp với các yêu cầu đặt ra khi thiết kế.



Hình 4. Thử nghiệm thực tế trên hệ thống servo

bằng cách sử dụng phương pháp được đề xuất



Hình 5. Kết quả thực tế trên hệ thống servo sử dụng cách tiếp cận được đề xuất

6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một thiết kế hiệu quả của bộ điều khiển chuyển động trong hệ thống robot và tự động hoá được giới thiệu. Bằng cách sử dụng IC chuyên dụng cho điều khiển chuyển động, các tính năng nâng cao và thời gian thực được bảo đảm. Thiết kế phần cứng bao gồm bộ điều khiển chuyển động và các kết nối với thiết bị ngoại vi. Giao tiếp trao đổi dữ liệu của cả phần mềm và firmware được trình bày để truyền với tốc độ cao và đáng tin cậy. Một số thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được thực hiện để kiểm chứng lại tính ứng dụng trong thế giới thực. Qua đó, thiết kế đề xuất được xác minh rằng tính khả thi, hiệu quả và mạnh mẽ của cách tiếp cận này đã được chấp nhận.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này, do Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh tài trợ theo mã số đề tài SVKSTN-2021-CK-35. Chúng tôi cảm ơn sự hỗ trợ về thời gian và cơ

sở vật chất của Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **01/3/2022**

Ngày phản biện: **14/3/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Biagiotti, L., & Melchiorri, C. (2008); *Trajectory planning for automatic machines and robots*. Springer Science & Business Media.
- [2]. Khalil, W., & Dombre, E. (2002). *Modelisation, identification and control of robots*.
- [3]. Meckl, P. H., & Arestides, P. B. (1998, June). *Optimized s-curve motion profiles for minimum residual vibration*. In *Proceedings of the 1998 American Control Conference*. ACC (IEEE Cat. No. 98CH36207) (Vol. 5, pp. 2627-2631). IEEE.
- [4]. Zribi, S., Mejerbi, M., Tlijani, H., & Knani, J. (2016). *Comparison between motions profiles applied to flexible manipulator arm*. In *3rd International Conference on Automation, Control Engineering and Computer Science* (pp. 565-571).
- [5]. Lin, H. Y., Cheng, I. W., Huang, Y. H., Liu, H. C., Lin, Y. H., Yang, C. Y., ... & Chen, Y. J. (2018, June). *Applying Socket on Connecting EtherCAT and OpenPLC*. In *2018 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)* (pp. 1-5). IEEE.
- [6]. Langlois, K., van der Hoeven, T., Cianca, D. R., Verstraten, T., Bacek, T., Convens, B., ... & Vanderborght, B. (2018). *Ethercat tutorial: An introduction for real-time hardware communication on windows* [tutorial]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 25(1), 22-122.
- [7]. Park, S. M., Kim, H., Kim, H. W., Cho, C. N., & Choi, J. Y. (2017). *Synchronization improvement of distributed clocks in EtherCAT networks*. *IEEE Communications Letters*, 21(6), 1277-1280.
- [8]. Park, S. M., Kim, H. W., Kim, H. J., & Choi, J. Y. (2020). *Accuracy improvement of master-slave synchronization in EtherCAT networks*. *IEEE Access*, 8, 58620-58628.
- [9]. Park, S. M., Kwon, Y., & Choi, J. Y. (2020). *Time Synchronization Between EtherCAT Network and External Processor*. *IEEE Communications Letters*, 25(1), 103-107.