

# NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN SERVO TRONG CÔNG NGHIỆP

STUDY ON THE TECHNIQUE OF SERVO CONTROL IN THE INDUSTRY

Phan Mạnh Huy<sup>1</sup>, Ngô Hà Quang Thịnh<sup>2</sup>

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

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

## TÓM TẮT

Trong lĩnh vực kỹ thuật cơ khí, độ chính xác và tính thời gian thực của máy sản xuất hiệu năng cao đóng một vai trò rất quan trọng. Những năm gần đây, một số giải pháp cho hệ thống Servo có thể giúp chúng ta vượt qua những hạn chế này. Do đó, chúng tôi đã thiết kế một bộ điều khiển chuyển động để thao tác điều khiển vị trí một cách chính xác và ổn định nhất. Việc nghiên cứu về thiết kế phần cứng lẫn lập trình phần mềm sẽ được trình bày trong báo cáo này. Ngoài ra, toàn bộ hệ thống cũng được lắp ráp và ứng dụng thực tế. Với việc sử dụng đa thức bảy đoạn trong bộ tạo chuyển động đã cung cấp một bài kiểm tra trực quan. Từ những kết quả đó, thiết kế và điều khiển của chúng tôi đã cho thấy sự hiệu quả và tính khả thi trong việc ứng dụng công nghiệp.

**Từ khóa:** Điều khiển chuyển động; Người máy; Hệ thống Servo; Điều khiển định vị.

## ABSTRACT

In the field of mechanical engineering, the precision and real-time of high-performance manufacturing machine plays an important role. Recently, some solutions for servo system could overcome these drawbacks. Therefore, a design of motion controller to manipulate the highly precise position control and stability. The investigation of both hardware design and software programming is presented in this work. In addition, overall system is created in the real-world application. The use of the seven segments polynomial in motion generator provides an intuitive examination. From these results, it is clarified that the effectiveness and feasibility of our design and control is proper for industrial applications.

**Keywords:** Motion control; Robotics; Servo system; Positioning control.

## 1. PHÂN GIỚI THIỆU

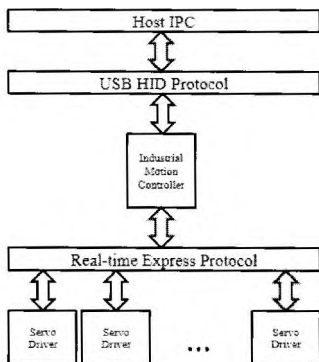
Trong những ngày đầu của sự phát triển các phương tiện cơ học, bộ điều khiển chuyển động vận tốc được chế tạo với các phương pháp phức tạp, đắt đỏ và tốn thời gian, chẳng hạn như một loạt các cơ cấu cam [1, 2], bánh răng

[3, 4], con thoi và những thứ tương tự. Thông thường, các thiết bị khác như xy lanh thủy lực và khí nén [5, 6], các ống dẫn điện [7], piston và tay nắm được thêm vào các hệ thống này. Một vài ví dụ của những phương pháp này bao gồm máy dệt thô sơ, thiết bị sản xuất cuộn và quần dây.

Các ngành công nghiệp ô tô và máy công cụ [8] là một trong những ngành coi điều khiển chuyển động như một phương tiện cung cấp các cấu hình phức tạp và tích hợp các hoạt động đa năng. Vật liệu nặng có thể được di chuyển, xử lý chúng lặp đi lặp lại và liên tục, làm tăng giá trị và tăng năng suất hệ thống. Mặc dù điều này mang lại lợi ích lớn cho các cỗ máy vận hành lặp đi lặp lại liên tục và không thay đổi, nhưng nó không phải là giải pháp tối ưu cho các bộ phận hành trình ngắn cho bất kỳ mức độ đa dạng hoặc tùy chỉnh nào. Tất nhiên, điều này là do các hệ thống tự động hóa ban đầu rất chuyên biệt và yêu cầu đặt lại công cụ và thiết lập khi các sản phẩm hoặc quy trình khác nhau được yêu cầu.

## 2. THIẾT KẾ ĐỀ XUẤT

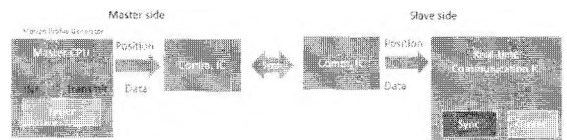
Hệ thống tổng thể có thể được phân loại thành hai phần, trong đó phần đầu tiên chứa bộ điều khiển và máy tính chính trong khi bộ truyền động Servo và các thiết bị ngoại vi nằm ở phần thứ hai như Hình 1. Trong phần đầu tiên, nó đóng vai trò quan trọng trong việc phân phối lệnh của người dùng, cơ chế kích hoạt cũng như cung cấp trạng thái servo cho người vận hành. Cái thứ hai cảm nhận thông tin và thu thập dữ liệu đầu vào, thực hiện lệnh chuyển động như tham chiếu mong muốn. Nó có thể bao gồm một số cảm biến đo lường, bộ điều khiển phụ, nguồn điện, v.v.



Hình 1. Sơ đồ khối toàn hệ thống

## 3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ THÔNG SỐ KỸ THUẬT

Ở cấp độ phần cứng, mô tả về hệ thống được đề xuất được hiển thị trực quan như Hình 2. Cốt lõi của bộ điều khiển chuyển động là bộ điều khiển vi mô 32-bit PIC32MX360F512L có sẵn với nhiều kích thước bộ nhớ và tốc độ xử lý, cùng với kỹ thuật số và tương tự tiên tiến thiết bị ngoại vi. Nó có thể được sử dụng để thêm các khả năng chức năng vào thiết kế tùy chỉnh. Nó cũng cung cấp nhiều tùy chọn kết nối bao gồm CAN, CAN FD, USB tốc độ cao/tốc độ đầy đủ và Ethernet. IC giao tiếp MINAS A6 cung cấp chu kỳ servo lên đến 0,0833 ms, chế độ 32 byte với truyền/nhận nhanh chóng, cấu trúc liên kết vòng và hai chế độ hoạt động như truyền theo chu kỳ và truyền không theo chu kỳ. Bên cạnh đó, nó có thể tính toán những thay đổi về vị trí lệnh trong thời gian cập nhật lệnh và tạo lệnh di chuyển. Thiết kế của MCX501 dựa trên tiêu chuẩn công nghiệp, kích thước nhỏ gọn, dễ dàng thu được nhiều tín hiệu từ bên ngoài, chẳng hạn như bộ điều khiển logic có thể lập trình, máy tính để bàn, bộ vi xử lý hoặc máy tính nhúng. Bộ điều khiển này thường được sử dụng cho một số giải pháp trong M2M, ứng dụng chuyển động, giao thông thông minh, v.v. Ngoài ra, một số IC ngoại vi có thể được thực hiện như tín hiệu giao diện để chuyển đổi tiêu chuẩn thích hợp.



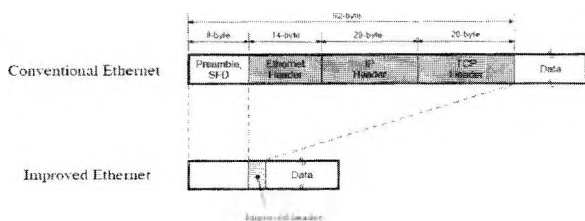
Hình 2. Sơ đồ khối của sơ đồ thiết kế cho hệ thống được đề xuất

## 4. THIẾT KẾ PHẦN MỀM VÀ GIAO THỨC

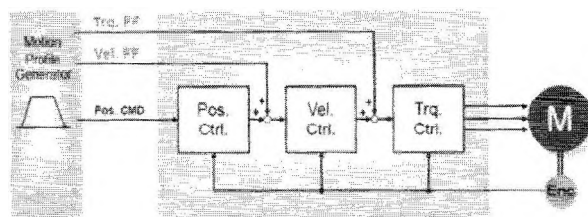
Ethernet truyền thống không thích hợp

để đáp ứng hiệu suất thời gian thực của hệ thống chuyển động vì độ trễ thời gian, truyền đồng bộ hoặc định dạng khung dữ liệu. Để khắc phục những nhược điểm này, một mô-đun truyền thông nhanh thời gian thực vốn đã được xác định rõ ràng cho các giải pháp Ethernet công nghiệp được đề xuất. Hình 3 thể hiện cấu trúc so sánh của khung dữ liệu. Người vận hành chỉ cần thao tác trên máy tính chủ cá nhân một lần trong phòng điều khiển trung tâm. Kết nối USB phổ biến giúp dễ dàng cắm vào, vận chuyển dữ liệu nhanh chóng giữa máy chủ và mô-đun mạng. Có hai lựa chọn trong sơ đồ mạch, gỡ lỗi để phát triển và phát hành cho thương mại. Bộ điều khiển máy chủ liên kết với gói servo bằng hai dây LAN (nhận và truyền) có thể kéo dài đến 100 mét. Hệ thống dựa trên gói Servo là mục tiêu của bộ điều khiển chuyển động của chúng tôi. Để hình dung các tín hiệu phản hồi, một phần mềm tích hợp được cài đặt trong máy tính chủ sẽ kết nối với Servo qua USB loại B.

Đối với vòng điều khiển trong hệ thống Servo như Hình 4, dữ liệu từ nguồn cấp dữ liệu của bộ điều khiển đến cơ cấu chấp hành dưới dạng tín hiệu tham chiếu và tín hiệu chuyển tiếp. Có ba vòng chính trong gói Servo: vị trí, vận tốc và mô-men xoắn. Trong khi lệnh vị trí được cung cấp cho vòng định vị, các giá trị của vận tốc và mô-men xoắn được cung cấp dưới dạng điều khiển tiến lên cho vòng vận tốc và vòng mô-men xoắn. Tín hiệu phản hồi có nguồn gốc từ bộ mã hóa, sau đó được phản hồi với các vòng lặp này.



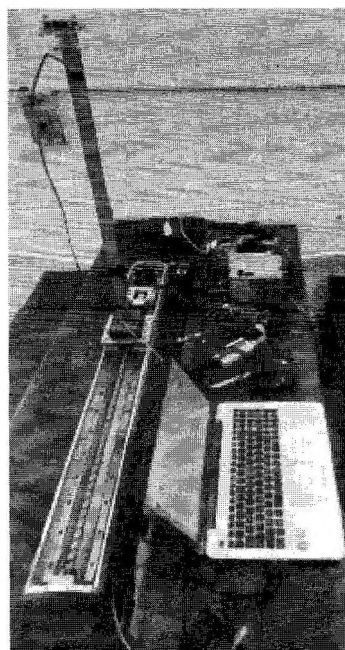
Hình 3. Cấu trúc so sánh của khung dữ liệu



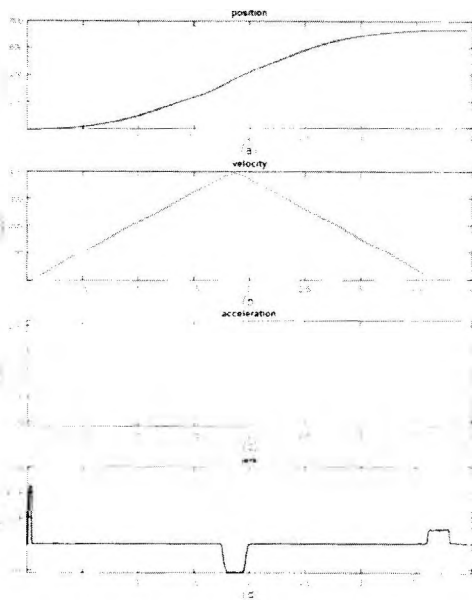
Hình 4. Vòng điều khiển giữa bộ điều khiển phụ và bộ truyền động Servo

### 5. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM ĐẠT ĐƯỢC

Để xác minh hiệu suất cao phương pháp tiếp cận của chúng tôi, nền tảng tổng thể được khởi chạy trong thực tế như Hình 5. Hệ thống này được liên kết với một số loại thiết bị cảm biến thông qua giao thức USB2Serial cần hai chân (Rx, Tx) để tiến hành. Dữ liệu được nhận thường xuyên, tuy nhiên, nó chỉ được lưu giữ ở trạm cục bộ trong mỗi khoảng thời gian lấy mẫu. Giao thức không dây là kết nối trung gian giữa trạm tập trung và trạm cục bộ. Sau đó, dữ liệu được thiết lập trên đám mây để dễ dàng truy cập nếu được yêu cầu.



Hình 5. Thiết lập thử nghiệm bằng cách sử dụng hệ thống được đề xuất cho thí nghiệm một trục



Hình 6. Kết quả thực nghiệm sử dụng hệ thống điều khiển trực đơn được đề xuất với biên dạng đường cong S [trái: (a) vị trí, (b) vận tốc, (c) gia tốc, (d) Jerk]

## 6. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu một thiết kế hiệu quả của bộ điều khiển chuyển động trong hệ thống gia công. Nền tảng phần cứng bao gồm bộ vi xử lý phụ, vi mạch điều khiển chuyển động và một số thiết bị ngoại vi. Giao thức của cả phần mềm và phần lõi được minh họa để trao đổi dữ liệu được truyền với tốc độ cao và đáng tin cậy. Một số thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được thực hiện trong ứng dụng thực tế. Những thử nghiệm này đã chứng minh tính khả thi, hiệu quả và mạnh mẽ của cách tiếp cận này là đúng đắn.

### 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-29. 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: 03/3/2022

Ngày phản biện: 15/3/2022

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. De Groot, W., Van Hoecke, S., & Crevecoeur, G. (2022). Prediction of follower jumps in cam-follower mechanisms: The benefit of using physics-inspired features in recurrent neural networks. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 166, 108453.
- [2]. Yu, H., Yin, H., Peng, J., & Wang, L. (2021). Comparison of the Vibration Response of a Rotary Dobby with Cam-Link and Cam-Slider Modulators. *Autex Research Journal*, 21(4), 491-500.
- [3]. Morimoto, T. K., Hawkes, E. W., & Okamura, A. M. (2017). Design of a compact actuation and control system for flexible medical robots. *IEEE robotics and automation letters*, 2(3), 1579-1585.
- [4]. Safarov, D. T., & Kondrashov, A. G. (2020, May). Application of the graphical computer simulation methods to determine the optimal settings for gearing machines. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1546, No. 1, p. 012041). IOP Publishing.
- [5]. Wang, G., Wei, J., Fang, J., Shi, W., & Zhang, Q. (2018). Modelling and experimental verification of pressure relief synchronous control for small trapped fluid volumes. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 40(9), 2960-2969.
- [6]. Mengren, J., & Qingfeng, W. (2018). Efficient pump and meter-out control for electrohydraulic system with time-varying negative load. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 232(9), 1170-1181.
- [7]. Latif, K., Adam, A., Yusof, Y., & Kadir, A. Z. A. (2021). A review of G code, STEP, STEP-NC, and open architecture control technologies based embedded CNC systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 114(9), 2549-2566.
- [8]. Wu, W., Xie, J., Chen, G., Lin, H., Kong, L., & Zhang, C. (2016, August). Visualization automatic programming system of bending machine based on machine vision. In *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)* (pp. 631-636). IEEE.