

MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TAY MÁY 5 BẬC TỰ DO

Lê Quốc Hà, Đỗ Quang Minh, TS. Ngô Văn Thành, Trần Viết Thắng,
PGS. TS. Nguyễn Ngọc Lâm - Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa
GS. TS. Nguyễn Công Hiền - Trường ĐHBK Hà Nội

Tóm tắt

Mô hình thực nghiệm điều khiển thông minh và mô phỏng tay máy 5 bậc tự do được thiết kế cho đầu Scorbot kiểu quay thông dụng, gồm bộ xử lý song song để kết nối máy tính và điều hành controller; 6 bộ vi xử lý riêng để điều khiển các bậc tự do và tay gắp; các phần mềm điều khiển và vận hành, biên dịch mã, mô phỏng; các thiết bị hỗ trợ như băng tải chứng minh, camera,...

Hệ thống cho phép tiến hành thực nghiệm về điều khiển giám sát tay máy vận hành riêng lẻ cho mỗi bậc tự do, vận hành chung, điều khiển từ controller hoặc từ máy tính, khảo sát hoạt động tay máy với các thuật toán PID, PIV, Fuzzy, thông minh. Hệ thống có thể hoạt động mô phỏng theo các chương trình đã vận hành thực tế hoặc theo thông số xác lập.

Hệ thống có tính mở về phần cứng và phần mềm, cho phép sử dụng để đào tạo và nghiên cứu phát triển.

1. Mở đầu

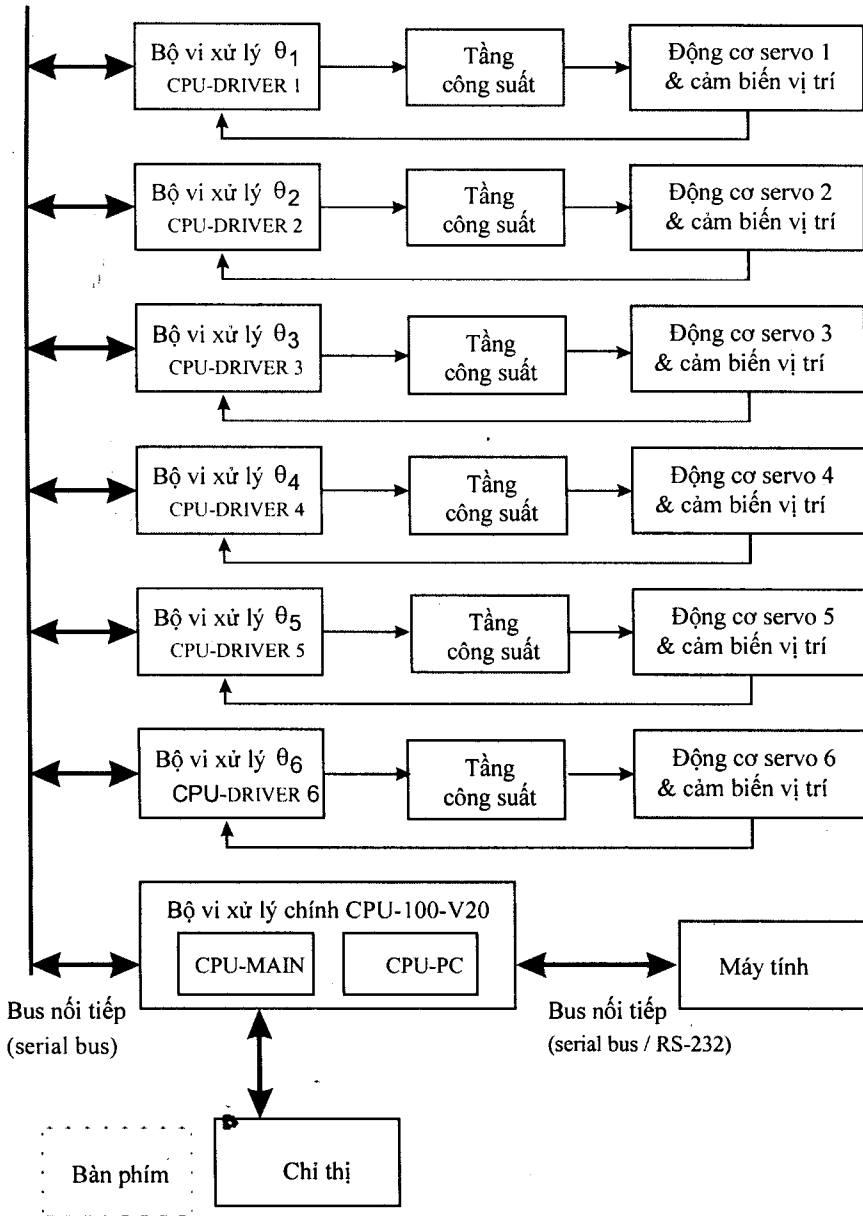
Thiết kế và chế tạo robot cho các mục đích ứng dụng đã được nhiều nhà khoa học - kỹ thuật trong nước quan tâm. Nhiều sản phẩm phục vụ sản xuất, bảo hộ lao động và phòng sinh học đã được đưa ra sử dụng [1-4]. Vấn đề đào tạo và nghiên cứu về robot - trong đó, việc xây dựng một mô hình thực nghiệm tay máy 5 bậc tự do, có tính cơ bản, hệ thống, đáp ứng các yêu cầu thực hành hiện đại, có khả năng mô phỏng và có giá thành thấp là một nhu cầu thực tế.

2. Cấu trúc phần cứng của mô hình

Mô hình thực nghiệm được xây dựng trên cơ sở tay máy Scorbot ER V Plus dạng toạ độ cầu với 5 khớp quay dẫn động bằng các động cơ servo DC và phản hồi bằng encoder quang.

Hệ thống điều khiển (hình 1) bao gồm máy tính (thực hiện các điều khiển thông minh và mô phỏng) giao diện với hệ vi xử lý gồm bộ vi xử lý chính quản lý 6 bộ vi xử lý riêng (θ_1 : θ_6) cho mỗi bậc tự do và tay kẹp. Cấu hình như vậy cho phép đơn giản và

nhất quán hệ thống khi phân định rõ chức năng vận hành, giám sát và mô phỏng, đồng thời trên hệ thống có thể tiến hành hàng loạt thí nghiệm khác nhau.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ điều khiển tay máy 5 bậc tự do SCS-376

Bộ vi xử lý chính CPU-100-V20 được thiết kế trên hai bộ vi điều khiển 89S8252 có sẵn các đường liên kết nối tiếp. Một bộ vi điều khiển CPU-Main hoạt động kết nối với 6 bộ vi điều khiển riêng (tốc độ 625 Kbits/s) và một bộ CPU-PC thực hiện liên kết với máy

tính (qua đường RS-232, 115 Kbits/s). Hai bộ vi xử lý này hoạt động song song cho phép hệ điều khiển và giám sát theo thời gian thực. Liên kết giữa các bộ vi điều khiển kiểu SPI (1.25 Mbits/s) cho phép đơn giản phần cứng, đảm bảo hệ hoạt động ở tốc độ cao, tin cậy. Trong sơ đồ sử dụng các linh kiện PLD để lập trình một số chức năng logic (giải mã địa chỉ,...), cho phép tăng độ tích hợp, độ tin cậy và đơn giản sơ đồ. Bộ vi xử lý chính có 8 lối vào cách ly / 8 lối ra cho phép mở rộng ứng dụng, chẳng hạn để kết nối bảng tải chứng minh, cảm biến vị trí,...

Các bộ vi xử lý cho 6 kênh riêng có cấu trúc giống nhau, cũng được thiết kế trên bộ vi điều khiển AT89S8252. Nhiệm vụ của chúng là nhận tín hiệu mã hoá từ encoder và các công tắc giới hạn, xử lý thành tài liệu địa chỉ và được quản lý trong bộ vi điều khiển. Đồng thời, chúng giao diện với bộ vi xử lý chính qua hệ bus (ổ 64 chân), hình thành tín hiệu điều rộng xung (PWM), khuếch đại công suất điều khiển động cơ servo DC. Trong khối có sử dụng các linh kiện PLD lập trình để tạo các bộ giải mã, tạo địa chỉ, lệnh.

3. Cấu trúc phần mềm của mô hình

Hệ thống chương trình cho mô hình thực nghiệm tay máy 5 bậc tự do là một hệ phần mềm hợp nhất, liên kết chặt chẽ và có tính mở phục vụ yêu cầu thực nghiệm của người sử dụng. Biểu thị trên màn hình máy tính dưới dạng các cửa sổ chức năng, màn hình thân thiện, dễ sử dụng.

Hệ thống phần mềm của mô hình gồm các mảng chính:

- Phần chương trình điều khiển vận hành tay máy:
 - Chương trình máy tính điều khiển tay máy SCORBOT ER V Plus.
 - Chương trình hoạt động của CPU-MAIN điều hành trung tâm.
 - Chương trình hoạt động của CPU-PC kết nối máy tính.
 - Chương trình hoạt động của CPU-DRIVER cho các khớp.
- Phần chương trình biên dịch.
- Phần chương trình ứng dụng – thực nghiệm.
- Phần chương trình mô phỏng hoạt động và mô phỏng toán học trên nền Matlab.

3.1. Chương trình điều khiển vận hành tay máy

Hệ thống chương trình này cho phép điều khiển vận hành và giám sát hoạt động của tay máy từ máy tính hoặc trực tiếp từ bộ vi xử lý chính trong hệ điều khiển.

- *Chương trình máy tính điều khiển tay máy SCORBOT ER V Plus.*

Ở chế độ điều khiển từ máy tính, mọi kiểu hoạt động, thuật toán điều khiển PID, PIV, Fuzzy và điều khiển thông minh được xuất ra từ máy tính qua CPU-PC truyền vào CPU-Main và sau đó tới CPU-Driver để điều khiển vận hành các khớp.

Khi có tín hiệu từ trả về CPU-PC qua đường RS-232, máy tính sẽ nhận đủ Frame chứa vị trí các khớp. Tiếp theo là các bước - vận hành chương trình hoạt động OB1 trữ trong PC - lựa chọn thuật toán điều khiển - kiểu truyền dữ liệu từ PC sang CPU-PC (mã truyền =0: truyền chế độ điều khiển; =1: truyền vị trí đặt; =2: truyền trực tiếp giá trị điều khiển; =3: truyền tham số điều khiển).

Giải thuật chương trình vận hành tay máy OBI cho phép khi được tác động, máy tính sẽ tiến hành đọc mã thực hiện lệnh mới ở dạng mã máy trung gian (do người thiết kế tự quy định), sau đó tiến hành chọn mã lệnh và thực hiện lệnh (move, goto, if... then goto,...). Đồng thời PC lập cờ chờ đợi hoàn thành lệnh.

Thuật toán xử lý và điều khiển trong chương trình cho phép chọn hoạt động của hệ theo kiểu PID, PIV, Fuzzy hoặc thông minh.

Phần mềm cho phép giám sát các hoạt động của tay máy. Khi thực hiện thuật toán xử lý và điều khiển, giá trị điều khiển tức thời U_{dk} và các trạng thái góc quay, vị trí X-Y-Z, vận tốc, gia tốc được hiển thị và biểu diễn động trên màn hình máy tính.

- *Chương trình hoạt động của CPU-MAIN điều hành trung tâm.*

Trong chế độ điều khiển trực tiếp từ bộ vi xử lý, CPU-Main và CPU-Driver sẽ thực hiện điều hành tay máy theo chương trình trữ trong khối điều khiển. Do đó, các thuật toán điều khiển được hạn chế (chỉ có PID và PIV) so với điều khiển từ PC.

Sau khi khởi động chương trình, CPU-Main sẽ xác lập lại các CPU-Driver của từng khớp, dò tìm điểm chuẩn zero và quay các khớp về vị trí khởi động. Sau đó CPU-Main sẽ vận hành chương trình OBIa. Khi đó CPU-Main sẽ tiến hành đọc mã thực hiện lệnh mới ở dạng mã trung gian, sau đó tiến hành chọn mã lệnh và thực hiện lệnh (goto; move; if ... then goto;...).

Phần mềm cho phép giám sát các hoạt động của tay máy. Khi thực hiện thuật toán xử lý và điều khiển, các trạng thái góc quay, vị trí X-Y-Z, vận tốc, gia tốc được hiển thị và biểu diễn động trên màn hình máy tính.

- *Chương trình hoạt động của CPU-PC kết nối máy tính.*

Chương trình tổ chức việc trao đổi dữ liệu giữa CPU-PC với CPU-Main (qua chuẩn SPI) và với máy tính (qua chuẩn RS-232). Sau khi khởi động, CPU-PC sẽ xác lập lại CPU-Main và nhận dữ liệu từ CPU-Main và chuyển các dữ liệu này về máy tính. Sau đó nhận dữ liệu từ máy tính để chuyển vào CPU-Main. CPU-PC được khởi động theo các lệnh ngắt từ CPU-Main hoặc từ PC.

- *Chương trình hoạt động của CPU-DRIVER cho các khớp.*

CPU-Driver thực hiện điều khiển các khớp theo chương trình từ CPU-Main hoặc PC. Chu kỳ lấy mẫu là 10ms. Trường hợp điều khiển từ CPU-Main, chương trình điều khiển lấy từ CPU-Driver cho mỗi khớp. Trường hợp điều khiển từ PC, CPU-Driver chỉ nhận kết quả điều khiển đã được xử lý trong máy tính. Chương trình cho phép CPU-Driver nhận các tín hiệu quay từ khớp, tạo các interrupt, kiểm tra chiều quay và đếm định vị trí. Khi có các interrupt từ serial bus, chương trình cho phép đặt lại các tham số PID, PIV, nhận giá trị mới hoặc nhận giá trị điều khiển từ PC.

3.2. Phần chương trình biên dịch

Để mô hình có thể hoạt động tùy ý (từ bộ vi xử lý, từ máy tính, từ các chương trình người sử dụng) hệ thống cần có sự tương thích về lệnh và dữ liệu. Phần mềm biên dịch mã chương trình cơ sở SCOR-KC376 cho phép hệ hoạt động thống nhất về phần cứng và phần mềm. Hệ biên dịch mã này biên soạn trên nền ngôn ngữ C# là 1 hệ thống mở để phát triển. Chương trình hoạt động sau khi biên soạn sẽ được chương trình biên dịch

này sẽ tạo thành mã trung gian, được đọc và hiểu từ các chương trình nền OB1 hoặc OB1a.

3.3. Chương trình ứng dụng – thực nghiệm

Các chương trình ứng dụng – đào tạo - huấn luyện được biên soạn để điều khiển và giám sát hoạt động của hệ thống khi thay đổi thông số của các thuật toán điều khiển.

- *Thuật toán điều khiển PID, PIV*

Chương trình thực hiện việc gọi hàm, tính giá trị, xuất dữ liệu để điều khiển độ rộng xung cho động cơ khớp vận hành. Chương trình hiển thị cho phép quan sát các thông số tức thời của hệ tay máy.

- *Thuật toán điều khiển mờ (Fuzzy)*

Chương trình điều khiển mờ thực hiện chỉnh định tham số của bộ điều khiển chính (mờ lai). Ngõ vào của bộ điều khiển mờ là các giá trị sai lệch vận tốc và sai lệch vị trí. Các hệ số được tính toán cho điều khiển.

- *Thuật toán điều khiển thông minh*

Mô hình thực nghiệm được thiết kế cho phép tổ chức các bài toán điều khiển thông minh. Trong chương trình ứng dụng giới thiệu một mô hình điều khiển theo nhận hình dạng và màu sắc bằng mạng neural. Chương trình cho phép bằng camera nhận dạng ảnh màu và thực hiện huấn luyện mạng với các mẫu. Sử dụng bằng tài chứng minh có gắn cảm biến vị trí, có thể tổ chức chọn mẫu theo hình dạng hoặc màu mong muốn.

3.4. Phần chương trình mô phỏng hoạt động và mô phỏng toán học trên nền Matlab.

- *Mô phỏng hoạt động*

Chương trình mô phỏng hoạt động cho phép mô phỏng hoạt động tay máy theo tất cả các chương trình đã vận hành trước đây được trữ trong bộ nhớ. Các thông số được biểu diễn tương ứng trên màn hình. Sử dụng chương trình mô phỏng có thể thiết kế, vận hành, chạy thử một chương trình trước khi đưa vào ứng dụng. Chương trình mô phỏng liên kết với chương trình máy tính qua mã trung gian. Khi mô phỏng, hệ thống cũng hoạt động tương tự như chương trình OB1, chỉ khác là theo các thông số giả lập.

- *Mô phỏng toán học trên nền Matlab*

Chương trình cung cấp phương tiện mô phỏng toán học cho người sử dụng, xây dựng trên công cụ Robotics Tollbox cho phép mô tả toán học tay máy, thực hiện các thuật toán điều khiển, cho phép xây dựng chương trình hoạt động của tay máy theo quỹ đạo. Chương trình mô phỏng gồm các bước (được soạn thành các module chương trình nằm trong hồ sơ ứng dụng): xác lập thông số ban đầu -> xác lập mô tả toán học của robot theo tải -> Chọn quỹ đạo đường đi -> Khởi động vị trí ban đầu -> Quá trình tính vận tốc, giá trị điều khiển, vị trí mới -> Biểu diễn kết quả trên màn hình (khi kết thúc số vòng lặp).

4. Kết luận



Hình 2. Mô hình thực nghiệm tay máy 5 bậc tự do

Mô hình thực nghiệm thực hiện trên cơ sở tay máy 5 bậc tự do SCORBOT ER V Plus (hình 2) là một hệ thống có độ tích hợp cao, đơn nhất, cho phép tiến hành hầu hết các thực nghiệm cơ bản phục vụ đào tạo - huấn luyện như điều khiển vận hành từ bộ vi xử lý, từ máy tính, thực nghiệm với các thuật toán PID, PIV, Fuzzy, thông minh, thực hành mô phỏng hoạt động và mô phỏng toán học. Hệ thống có cấu trúc mở cả về phần cứng và phần mềm, cho phép người sử dụng thử nghiệm các thuật toán điều khiển khác

Tài Liệu Tham Khảo

- [1]. CÁC TÁC GIẢ, (4-2000), *Tuyển tập Các báo cáo khoa học Hội nghị TĐH toàn quốc lần IV*, Tr. 68, 93, 352, 505.
- [2]. CÁC TÁC GIẢ, (10-2002), *Tuyển tập Các báo cáo khoa học Hội nghị TĐH toàn quốc lần V*, Tr. 36, 42, 71, 249, 300, 306.
- [3]. CÁC TÁC GIẢ, (10-2002), *Tuyển tập thông báo khoa học Hội nghị TĐH toàn quốc lần IV*, Tr. 84.
- [4]. NGUYỄN THIÊN PHÚC, (2003), *Robot công nghiệp*, NXB KH & KT.
- [5]. ĐÀO VĂN HIỆP, (2003), *Kỹ thuật robot*, NXB KH & KT.
- [6]. SCORBOT ER V PLUS, (1997), *User Manual*, Israel.
- [7]. PHILLIP JOHN MCKERROW, (1992), *Introduction to Robotics*, Addison-Wesley Publishing Co.,
- [8]. FRANCIS N-NAGY, ANDRAS SIEGLER, (1990), *Engineering Foundations of Robotics*, Prentice Hall Int.
- [9]. K.S.FU, R.C.GONZLEZ, C.S.G.LEE, (1990), *Robotics, Control, Sensing, Vision and Interlligence*, McGraw-Hill Inter. Edditions.
- [10]. RAFAEL C.GONZALEZ, RICHARD E.WOODS, (1992), *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Co.,
- [11]. IOANNIS PITAS, (1993), *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall Inter.