

Một phương pháp xây dựng phòng thí nghiệm đo lường và điều khiển dựa trên cấu trúc hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu

A Method for Constructing Laboratory of Measurement and Control based on Infrastructure of Data Center

Nguyễn Trần Hiệp
Học viện kỹ thuật Quân sự
E-Mail: hiiep.songlinh@gmail.com

Phạm Xuân Thủy
Học viện kỹ thuật Quân sự
E-Mail: thuy.phxuan@gmail.com

Tóm tắt

Sự phát triển của công nghệ thông tin và truyền thông hiện nay cho phép xây dựng những mô hình phòng thí nghiệm có khả năng cung cấp cho các đối tượng nghiên cứu và học tập đồng thời ba dịch vụ là: thao tác bằng tay trên các thiết bị trực quan, phân tích và mô phỏng quá trình thí nghiệm qua các phần mềm ứng dụng hay thực hành các bài thí nghiệm từ xa qua mạng internet hay intranet. Các phòng thí nghiệm theo mô hình giáo dục kinh điển chỉ có khả năng đáp ứng được duy nhất một dịch vụ cho phép giáo viên hay sinh viên thao tác bằng tay trên các thiết bị trực quan. Bài báo này giới thiệu một giải pháp xây dựng mô hình phòng thí nghiệm dựa trên hạ tầng của một trung tâm xử lý dữ liệu nhằm cung cấp cho cán bộ nghiên cứu và sinh viên đồng thời cả ba dịch vụ như vừa nêu ở trên. Để chứng minh tính hiệu quả của giải pháp, chúng tôi thực hiện một bộ điều khiển PID tự chỉnh bám tốc độ đặt của động cơ xoay chiều ba pha cho mục đích giảng dạy và nghiên cứu.

Từ khóa: Trung tâm xử lý dữ liệu, mạng truyền thông, bộ điều khiển.

Abstract

Advances in information and communication technologies have contributed to the laboratory education by creating new abilities such as manual mode of labs with convenient user interface, analysis, modeling and simulation control systems using virtual programs, or experiments execution remotely via internet or intranet networks. On the other hands, classical laboratory models only have a capability, which is manually operation on labs by teachers or students. This paper introduces a method on building laboratory based on infrastructure of data center in order to provide to students and researchers platform with the abilities mentioned above. To validate the effectiveness of the proposed method, we implement a autotuning PID controller to track the desired speed of three phase AC motor for teaching and researching purposes.

Keywords: Data Center, Network Communication, Controller.

1. Đặt vấn đề

Tiến hành thí nghiệm môn học tại phòng thí nghiệm là một học phần bắt buộc đối với chương trình đào tạo sinh viên trong các trường kỹ thuật. Trong lĩnh vực kỹ thuật, đòi hỏi các sinh viên không chỉ nắm vững các khái niệm mà cần phải có thực hành để minh chứng các kiến thức đã học. Do đó, trong các trường đào tạo kỹ thuật, cần có hai môi trường giáo dục độc lập đó là lớp học và phòng thí nghiệm. Sinh viên có thể nắm bắt kiến thức lý thuyết trên lớp học và cần quá trình khẳng định kiến thức và tích lũy kinh nghiệm thực tế tại các phòng thí nghiệm [1, 2]. Mô hình các phòng thí nghiệm kinh điển từ trước đến nay tại hầu hết các trường đại học kỹ thuật tại Việt nam vẫn là cho sinh viên thao tác trực quan trên thiết bị. Nếu sinh viên chỉ thực hành trong môi trường thí nghiệm của các phòng thí nghiệm nêu trên, họ sẽ khó có thể đáp ứng được các yêu cầu trong thực tiễn như khả năng phân tích, kỹ năng thiết kế và phát huy tính sáng tạo trong công việc. Mô hình phòng thí nghiệm mới sử dụng những thành tựu nổi bật của công nghệ thông tin và truyền thông có thể thực hiện các nhiệm vụ: mô phỏng môi trường các bài thí nghiệm, tự động thu thập dữ liệu và điều khiển từ xa các thiết bị thí nghiệm, hoàn toàn có thể giúp trang bị cho sinh viên những khả năng và kỹ năng để đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của công việc [3, 4].

Hiện nay, có hai phương pháp tiếp cận để xây dựng thí nghiệm trực tuyến. (a) Mô phỏng phòng thí nghiệm và (b) phòng thí nghiệm cho phép truy cập từ xa [5, 6].

Phòng thí nghiệm mô phỏng (a) đã được chứng minh là tương đương với thiết bị thí nghiệm vật lý để giải thích và củng cố các khái niệm, kiến thức mà sinh viên được học trên lớp học. Tuy nhiên, nó có hạn chế về khả năng thực hành của sinh viên trong quá trình thử nghiệm. Trong khi đó, phòng thí nghiệm truy cập từ xa (b) cho phép các sinh viên làm việc trên thiết bị thực tế ở khoảng cách xa thông qua mạng nội bộ (Intranet) hay mạng diện rộng (Internet). Nhược điểm của mô hình phòng thí nghiệm này là người dùng

không có cảm giác về sự hiện diện của mình trong môi trường thí nghiệm [3, 7].

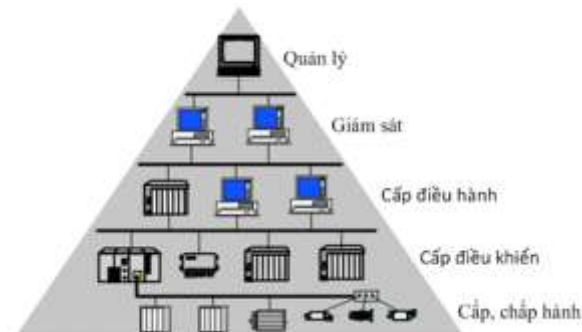
Bài báo này đề cập đến một mô hình phòng thí nghiệm được xây dựng trên cơ sở hạ tầng của một trung tâm xử lý dữ liệu có khả năng đáp ứng được cả ba tiêu chí:

- Thao tác trực quan trên thiết bị,
- Mô phỏng môi trường thí nghiệm,
- Truy cập từ xa.

Nội dung bài báo được trình bày như sau: Trước hết, sự đồng nhất và khác biệt giữa mô hình mạng truyền thông trong đo lường, điều khiển với một hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu sẽ được làm rõ. Sau đó, phương án xây dựng mô hình phòng thí nghiệm dựa trên hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu sẽ được đề xuất. Trong phần tiếp theo, giới thiệu mô hình phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển của Bộ môn Tự động và kỹ thuật tính, Khoa Kỹ thuật điều khiển, Học Viện Kỹ thuật Quân sự, được xây dựng dựa trên hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu. Mô hình này đóng vai trò là nền tảng để phát triển trong việc xây dựng các bài thí nghiệm cũng như thực hiện các nội dung nghiên cứu chuyên sâu. Cuối cùng, nghiên cứu xây dựng hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều 3 pha sử dụng bộ điều khiển PID tự chỉnh với khả năng thao tác, thu thập dữ liệu và giám sát từ xa sẽ được trình bày như một minh chứng về tính hiệu quả của giải pháp mà các tác giả đề xuất.

2. Mạng truyền thông trong đo lường và điều khiển

Có thể dựa vào đặc trưng của hệ thống mạng truyền thông công nghiệp để xây dựng mạng đo lường, điều khiển. Mô hình này cho phép phân thành nhiều cấp các thiết bị theo chức năng mà chúng đảm nhiệm như trên hình 1.



H. 1 Mô hình phân cấp mạng đo lường, điều khiển

Tương ứng với năm cấp chức năng là bốn cấp của hệ thống truyền thông. Từ cấp điều khiển giám sát trở xuống, thuật ngữ “bus” thường được dùng thay cho “mạng” với lý do phần lớn các hệ thống mạng phía dưới đều có cấu trúc vật lý hoặc logic kiểu bus.

Các cấp chức năng cơ bản

- Cấp chấp hành có chức năng đo lường, truyền dẫn và chuyển đổi tín hiệu từ các cảm biến (sensor) hay đưa đến các cơ cấu chấp hành (actuator).

- Cấp điều khiển đảm nhận thu thập thông tin từ các bộ cảm biến, xử lý thông tin theo thuật toán đã được thiết kế và truyền kết quả xuống các chấp hành. Cấp điều khiển và cấp chấp hành còn được gọi chung là cấp trường (field level), lý do là các bộ điều khiển, cảm biến và cơ cấu chấp hành thường được cài đặt trực tiếp tại hiện trường, gần kề với hệ thống kỹ thuật.
- Cấp điều hành có chức năng hỗ trợ người sử dụng trong việc cài đặt ứng dụng, thao tác, theo dõi, giám sát vận hành và xử lý những tình huống bất thường. Ngoài ra, trong một số trường hợp, cấp này còn thực hiện các bài toán điều khiển cao cấp như điều khiển phối hợp, điều khiển khởi động/dừng và điều khiển theo công thức. Trong xu thế phát triển của công nghệ thông tin và truyền thông hiện đại, việc tích hợp hệ thống và loại bỏ các cấp trung gian trở nên cần thiết, do đó ranh giới giữa cấp điều hành, giám sát và quản lý là không rõ ràng, xu hướng hợp nhất các cấp này làm một và gọi chung là cấp điều hành [8].

Các cấp kết nối cơ bản

- Bus trường (Bus thiết bị) là hệ bus sử dụng kỹ thuật truyền tin số để kết nối các thiết bị thuộc cấp chấp hành và cấp điều khiển với nhau. Một số kiểu bus trường chỉ thích hợp kết nối các thiết bị cảm biến và cơ cấu chấp hành với các bộ điều khiển, còn được gọi là bus chấp hành/cảm biến. Nhiệm vụ của bus trường là chuyển dữ liệu từ các cảm biến lên cấp điều khiển để xử lý và chuyển quyết định điều khiển xuống các cơ cấu chấp hành. Vì vậy, yêu cầu về tính năng thời gian thực được đặt lên hàng đầu. Thời gian phản ứng yêu cầu nằm trong phạm vi từ 0,1 tới vài ms.
- Bus hệ thống (system bus) hay bus quá trình (process bus) kết nối các máy tính điều khiển và các máy tính trên cấp điều khiển giám sát với nhau. Thông qua bus hệ thống, các máy tính điều khiển có thể phối hợp hoạt động, cung cấp dữ liệu quá trình cho các trạm kỹ thuật và trạm quan sát (có thể gián tiếp thông qua hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu trên các trạm chủ) cũng như nhận lệnh và tham số điều khiển từ các trạm phía trên. Bus trường và bus hệ thống thường có cấu trúc giống nhau, phân biệt hai loại bus này dựa trên mục đích sử dụng ví dụ như chúng được kết nối với thiết bị nào. Trong nhiều trường hợp, một kiểu bus duy nhất được dùng cho cả hai cấp này.
- Mạng LAN thực hiện kết nối các máy tính thuộc cấp điều hành với cấp điều khiển giám sát. Thông tin được đưa lên trên bao gồm trạng thái làm việc của các quá trình, các số liệu tính toán, thống kê. Hai loại mạng được dùng phổ biến cho mục đích này là Ethernet và Token-Ring, trên cơ sở các giao thức chuẩn như TCP/IP và IPX/SPX.
- Mạng WAN kết nối các máy tính của mạng LAN, cung cấp các dịch vụ trao đổi thông tin nội bộ và với bên ngoài như thư viện điện tử e-library, thư điện tử email, hội thảo từ xa qua điện thoại, hình ảnh, cung cấp dịch vụ truy cập Internet.

Các hệ thống truyền thông công nghiệp phổ biến hiện nay cho phép liên kết mạng ở nhiều mức khác nhau, từ các bộ cảm biến, cơ cấu chấp hành dưới cấp trường cho đến các máy tính điều khiển giám sát và các máy tính cấp điều hành xí nghiệp quản lý công ty [8].

Như vậy có thể thấy rằng mạng truyền thông công nghiệp thực chất là một dạng đặc biệt của mạng máy tính. Có một số điểm giống và khác nhau giữa mạng máy tính và mạng truyền thông công nghiệp như sau:

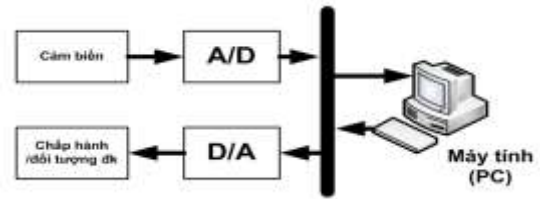
- Kỹ thuật truyền thông số hay truyền dữ liệu là đặc trưng chung.
- Mạng máy tính sử dụng trong công nghiệp được coi là một phần (ở các cấp điều khiển giám sát, điều hành sản xuất và quản lý công ty) trong mô hình phân cấp của mạng công nghiệp.
- Yêu cầu về tính năng thời gian thực, độ tin cậy và khả năng tương thích trong môi trường công nghiệp của mạng truyền thông công nghiệp cao hơn so với mạng máy tính thông thường, trong khi đó mạng máy tính thông thường đòi hỏi cao hơn về độ bảo mật thông tin.
- Mạng máy tính có phạm vi sử dụng rất rộng lớn, ví dụ trong phạm vi nhỏ (kết nối một vài máy tính) ta sử dụng mạng LAN, trong phạm vi lớn (kết nối nhiều máy tính trên diện rộng) ta sử dụng mạng WAN.

Trong lĩnh vực đo lường, điều khiển và tự động hóa, việc sử dụng mạng truyền thông công nghiệp đặc biệt là bus trường, để thay thế cách nối điểm - điểm cổ điển giữa các thiết bị công nghiệp mang lại những lợi ích sau:

- Đơn giản hóa cấu trúc liên kết giữa các thiết bị công nghiệp.
- Giảm đáng kể giá thành dây nối và công lắp đặt hệ thống.
- Nâng cao độ tin cậy và độ chính xác của thông tin nhờ truyền thông số.
- Nâng cao độ linh hoạt, tính năng mở của hệ thống.
- Đơn giản hóa, tiện lợi hóa việc chẩn đoán định vị lỗi, sự cố của các thiết bị.
- Nâng cao khả năng tương tác giữa các thành phần (phần cứng và phần mềm) nhờ các giao diện chuẩn.
- Mở ra nhiều chức năng và khả năng ứng dụng mới của hệ thống, ví dụ, các ứng dụng điều khiển phân tán, điều khiển giám sát hoặc chẩn đoán lỗi từ xa qua Internet.

3. Mô hình phòng thí nghiệm dựa trên hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu

Như đã trình bày ở phần trước, phòng thí nghiệm đáp ứng đủ các tính năng của giáo dục hiện đại cần phải được xây dựng trên mô hình của một mạng truyền thông công nghiệp.



H. 2 Cấu trúc hệ đo lường, điều khiển dùng máy tính.

Một hệ đo lường, điều khiển sử dụng máy tính có cấu trúc như trong hình 2. Trong cấu trúc này, thuật ngữ “máy tính” bao gồm cả những board mạch vi điều khiển, FPGA, PSoC có kết nối theo chuẩn RS-232, USB, hay Ethernet. Dây nối và cable truyền thông sẽ liên kết các thành phần của hệ đo lường, điều khiển dùng máy tính tương đương với các cấp kết nối như bus trường (RS-232, RS-485), bus hệ thống (Ethernet). Để đơn giản cấu trúc, kết nối cấp trường và cấp hệ thống sử dụng chung một kiểu bus. Như vậy, với mức độ kết nối của một hệ đo lường, điều khiển bằng máy tính ở mức độ như sơ đồ hình 2 cho phép ta có thể kết nối chúng như một mạng truyền thông công nghiệp ở mức trường và mức hệ thống. Nâng mức kết nối lên mức điều hành (LAN và WAN) ta có thể sử dụng các phần mềm để xử lý, phân tích và thống kê các kết quả đo, truy cập từ xa, mô phỏng các quá trình đo và điều khiển trong mỗi trường hợp cụ thể. Như vậy, việc sử dụng cấu trúc hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu để xây dựng phòng thí nghiệm đáp ứng được các yêu cầu của giáo dục hiện đại như: đảm bảo truy cập từ xa, mô phỏng, xử lý và phân tích kết quả cần giải quyết một số vấn đề sau:

- Tiêu chuẩn hóa các thiết bị theo tiêu chuẩn của một trung tâm xử lý dữ liệu (cơ khí, điện áp, kết nối).
- Đảm bảo cho sinh viên có thể thao tác được bằng tay trên thiết bị.

Với các thành phần của hệ thống đo lường điều khiển bằng máy tính (hình 2), và trung tâm xử lý dữ liệu sử dụng cấu trúc tủ rack, ta có thể bố trí các khay cơ khí theo đúng tiêu chuẩn (U19), trên các khay này, đặt các board điều khiển, board DAQ hay các bộ xử lý tín hiệu để thực hiện bài toán đo lường và điều khiển (Hình 3).

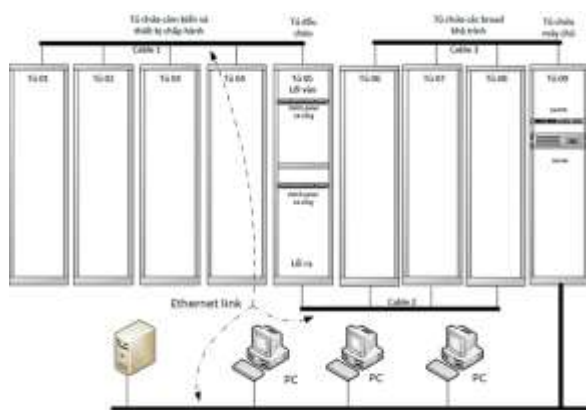


H. 3 Bố trí Board DAQ cùng mạch xử lý tín hiệu trên khay theo tiêu chuẩn 19U

Việc bố trí như vậy rất linh hoạt, khi cần thiết ta có thể đưa khay ra khỏi tủ rack, khi đó sinh viên có thể trực tiếp tiến hành lắp ráp, đấu nối và tiến hành thực hiện bài thí nghiệm theo phương pháp trực quan. Khi đặt khay trên tủ rack, sinh viên có thể thực hiện bài thí nghiệm từ xa hệ thống hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu. Phần mềm điều hành mạng (Web Server) cùng với một số phần mềm chuyên dụng như Matlab, Labview, và các modul phần mềm điều khiển đi kèm các Board DAQ đảm bảo cho hệ thống hoạt động đáp ứng được 3 tiêu chí đặt ra ở phần 1.

4. Mô hình phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển

Dựa trên những lập luận và phân tích được trình bày ở mục 2, phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển thuộc bộ môn Tự động và kỹ thuật tính được xây dựng trên hạ tầng của một trung tâm xử lý dữ liệu có cấu trúc như hình 4.



H. 4 Mô hình phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển

Phòng thí nghiệm được thiết kế dưới dạng các tủ - modul với các thiết bị chính như sau:

- Tủ các cảm biến, thiết bị chấp hành và các bộ điều khiển cấp trường (Board nhúng, PLC, Board DAQ).
- Tủ các máy tính điều khiển chuẩn PXI, cFP, Panel PC.
- Tủ máy chủ.
- Tủ chuyên mạch thiết bị điều khiển, chuẩn kết nối.
- Hệ thống cáp nối, cáp nguồn.
- Các bàn thí nghiệm, thực tập với các máy tính, hệ thống nguồn điện, các phương tiện đo, dụng cụ thí nghiệm.
- Hệ thống nguồn điện, làm mát, bảo vệ.

Trong khi hệ thống cable trong các tủ đảm bảo cấp nguồn và tín hiệu đồng bộ đến từng khay chứa các Board, thì thiết bị truyền thông của MOXA chuẩn hóa các tín hiệu vào/ra cho các khay chứa (RS 232, RS 485 sang RJ 45 và ngược lại). Các Board nhúng, DAQ được nạp và chạy các chương trình điều khiển khác nhau nhờ kết nối với các máy tính thông qua hệ thống mạng. Trong hệ thống này, máy chủ có nhiệm

vụ quản lý, duy trì hoạt động của toàn bộ hệ thống, giám sát, phân quyền và kiểm tra các máy con kết nối vào hệ thống mạng thí nghiệm. Trong các ứng dụng chuyên sâu, tùy theo yêu cầu mà máy chủ cấp quyền can thiệp vào hệ thống cũng như phạm vi làm việc cho các máy trạm. Với hệ thống kết nối như vậy, có thể xây dựng hệ thống điều khiển trên bất kỳ một Board điều khiển nào và có thể liên kết tới bất kỳ cảm biến hay một cơ cấu chấp hành nào. Thông qua các thiết bị truyền thông, mỗi một Board điều khiển đều được cấp một địa chỉ IP và từ bất kỳ một máy tính nào tại các bàn thí nghiệm đều có thể lập trình cho Board để tạo ra các chương trình (luật) điều khiển khác nhau tương ứng với các cảm biến và cơ cấu chấp hành đã chọn. Các chuẩn kết nối trong phòng thí nghiệm này đã được cấp chứng chỉ TIA 942 bởi Tyco Electronic. Cấu trúc dây nhảy (Patch cord) trên tủ đấu chéo trong phòng thí nghiệm cho phép tạo nên một hệ thống có tính mở để dàng phát triển, nâng cấp sau này.



H. 5 Toàn cảnh phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển

Sau khi được hoàn thành và đưa vào hoạt động, phòng thí nghiệm các hệ thống điều khiển đã hoạt động khá hiệu quả, phục vụ cho các đối tượng sau:

- Phục vụ thí nghiệm các môn học: Phần tử tự động, lý thuyết điều khiển tự động, đo lường và điều khiển bằng máy tính, vi điều khiển, thiết kế các hệ thống nhúng, mạng truyền thông công nghiệp, cấu trúc lập trình cho các hệ đo lường – điều khiển, cho sinh viên cao học và đại học các chuyên ngành Tự động hóa, Điện tử viễn thông, Tên lửa, Tin học trong các hệ thống điều khiển.
- Phục vụ công tác nghiên cứu khoa học cho đội ngũ giáo viên và nghiên cứu sinh của bộ môn theo các hướng: Cấu trúc các hệ thống đo lường - điều khiển, mô phỏng các hệ điều khiển phi tuyến, bảo mật thông tin trong các hệ truyền thông công nghiệp, nghiên cứu máy tính hiệu năng cao.

5. Ứng dụng thiết kế hệ thống điều khiển

Trong phần này, chúng tôi trình bày về việc phát triển ứng dụng thiết kế bộ điều khiển sử dụng kiến trúc của phòng thí nghiệm được nêu ở phần trên. Đây được coi như là một minh chứng thể hiện tính hiệu quả của giải

pháp mà chúng tôi đề xuất. Trước hết, các hệ thống điều khiển được xây dựng dựa trên cơ sở mạng truyền thông được trình bày. Sau đó, bộ điều khiển PID tự chỉnh, sử dụng thiết bị Real-Time Fieldpoint bằng phương pháp role cho động cơ xoay chiều 3 pha được trình bày. Cuối cùng là kết quả thực hiện và một số trao đổi.

5.1 Các cấu trúc mạng có thể được sử dụng để thiết kế hệ thống điều khiển

Cấu trúc phòng thí nghiệm đề xuất ở phần trên cho phép phát triển ba kiểu cấu trúc điều khiển khác nhau, như được trình bày trên hình 6, 7, và 8:

- Cấu trúc với bộ điều khiển đặt từ xa
- Cấu trúc với hoạt động điều chỉnh, giám sát đặt từ xa
- Cấu trúc lai các bộ điều khiển

Cấu trúc với bộ điều khiển đặt từ xa

Trong cấu trúc này (hình 6), bộ điều khiển được đặt tại một vị trí cách xa đối tượng điều khiển, và kết nối với thiết bị điều khiển qua hệ thống truyền thông, xây dựng dựa trên chuẩn truyền dữ liệu Ethernet trong phòng thí nghiệm. Với cấu trúc này, hệ thống truyền thông trở thành một phần trong hệ thống điều khiển, nói cách khác, hệ thống điều khiển có thành phần trễ trên cả kênh truyền tín hiệu điều khiển và kênh đo, thu thập tín hiệu. Các bộ điều khiển logic có thể lập trình được (PLC), Fieldpoint với khả năng giao tiếp theo chuẩn Ethernet được sử dụng trong cấu trúc này. Quá trình thao tác (cấp tín hiệu yêu cầu hoặc mong muốn), hiển thị kết quả sử dụng giao diện tương tác người máy (HMI) hoặc máy tính (PC) để thu thập, phân tích các tham số phức tạp.

Cấu trúc với hoạt động điều chỉnh giám sát từ xa

Trong trường hợp này (hình 7), lệnh điều khiển hoặc đầu vào mong muốn được gửi từ xa đến bộ điều khiển thông qua thiết bị truyền thông. Bởi, hệ thống truyền dẫn dữ liệu được tách biệt khỏi hệ thống điều khiển, nó chỉ đóng vai trò giám sát chất lượng của bộ điều khiển và đặc tính của đối tượng điều khiển, nên độ trễ trên đường truyền sẽ không ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống điều khiển. Tất nhiên, độ trễ sẽ ảnh hưởng vào quá trình truyền tín hiệu đầu vào mong muốn và thu thập tín hiệu đầu ra.

Cấu trúc lai các bộ điều khiển

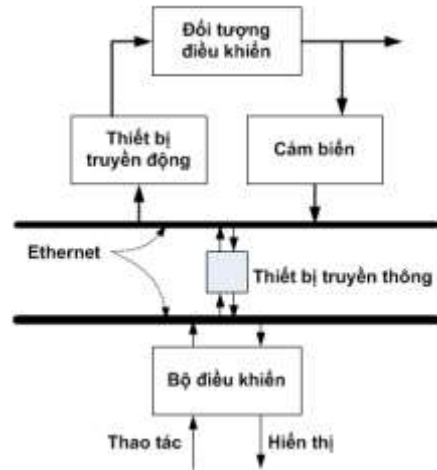
Tổ hợp hai cấu trúc trên, ta nhận được cấu trúc lai (hình 8), một bộ điều khiển được thiết lập phía đối tượng điều khiển, một bộ điều khiển khác được đặt phía thao tác điều chỉnh qua hệ thống truyền thông.

Trong cấu trúc này, bộ điều khiển phía đối tượng điều khiển sử dụng để điều chỉnh tín hiệu điều khiển trong chế độ hoạt động thông thường. Tuy nhiên, nếu chất lượng của bộ điều khiển này bị suy giảm do sự tác động của môi trường xung quanh hay sự thay đổi của tải, bộ điều khiển thứ hai phía thao tác và hiển thị sẽ được sử dụng để thiết lập lại tham số cho bộ điều khiển phía đối tượng điều khiển, hoặc thay đổi tham số đầu vào mong muốn. Đây là cấu trúc được sử dụng phổ biến trong các hệ thống điều khiển robot [9].

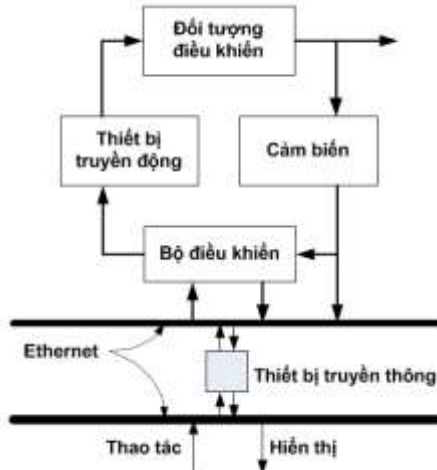
Các kiến trúc này có ưu điểm là có thể truy cập từ xa hệ thống điều khiển thông qua hệ thống truyền thông

với giao thức chuẩn Ethernet, tạo điều kiện thuận lợi khi nghiên cứu.

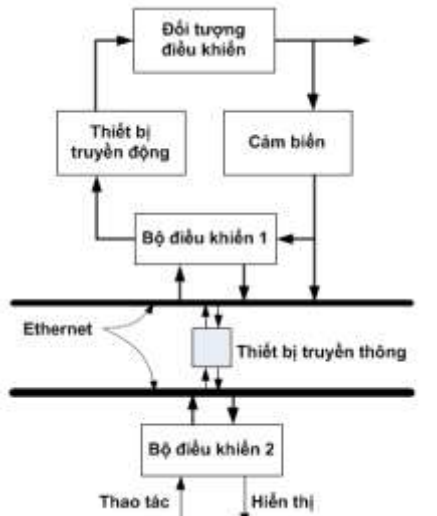
Tuy nhiên, nó cũng đưa ra thách thức lớn đó là bài toán độ trễ trên đường truyền. Mặc dù vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của độ trễ trên đường truyền đến chất lượng làm việc của hệ thống điều khiển nằm ngoài phạm vi nghiên cứu của bài báo này.



H.6 Cấu trúc với bộ điều khiển đặt từ xa



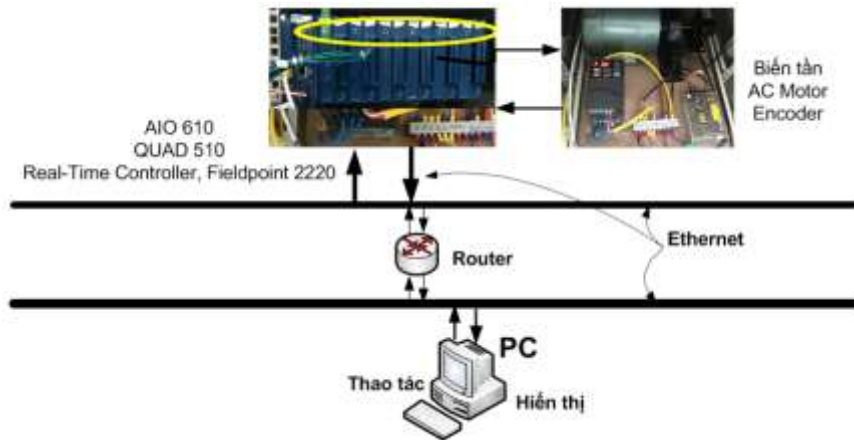
H.7 Cấu trúc với hoạt động điều chỉnh giám sát từ xa



H.8 Cấu trúc lai các bộ điều khiển

Thực tế, cũng có nhiều nghiên cứu để giải quyết vấn đề trên, ví dụ, [10, 11]. Tuy nhiên, với từng bài toán và mục tiêu cụ thể khác nhau, việc lựa chọn cấu trúc điều khiển là vấn đề quan trọng nhất.

5.2 Điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều Mô hình hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều



H.9 Mô hình hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều 3 pha

Hình 9 mô tả cấu trúc phần cứng hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều 3 pha, cấu trúc điều khiển được lựa chọn là cấu trúc với hoạt động điều chỉnh giám sát từ xa. Trong hệ thống này, động cơ xoay chiều hoạt động với điện áp 220 Volt, và tốc độ được điều chỉnh thông qua bộ biến tần Delta VFD-E với phương pháp điều khiển tần/áp. Phần cứng điều khiển sử dụng bộ điều khiển thời gian thực Fieldpoint 2220 của National Instruments với các card mở rộng, AIO 610 – cấp tín hiệu điều khiển cho biến tần, và QUAD 510 – thu nhận tín hiệu từ encoder và chuyển thành vận tốc tương ứng.

Giả sử, điều kiện thiết lập của động cơ là bằng không, hàm truyền mô tả mối quan hệ giữa vị trí góc của động cơ (θ) và điện áp điều khiển (V) được thể hiện bằng phương trình dưới đây [12]:

$$H(s) = \frac{q(s)}{V(s)} = \frac{K}{s(\tau s + 1)} \quad (1)$$

trong đó, K và τ – là các hằng số đặc trưng cho từng động cơ.

Bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển PID là bộ điều khiển có cấu trúc đơn giản, và có độ tin cậy cao, vì vậy nó được sử dụng phổ biến trong các hệ thống công nghiệp, phục vụ sản xuất. Bộ điều khiển PID thường được mô tả bằng phương trình:

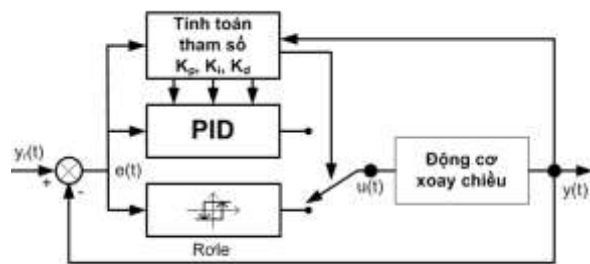
$$u(t) = K_p \int_0^t e(t) dt + \frac{1}{t_i} \int_0^t e(t) dt + t_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Trong đó, $e(t) = y_r(t) - y(t)$, $e(t)$ – là tín hiệu vào, $u(t)$ – là tín hiệu ra; K_p , τ_i , τ_D – lần lượt là các hằng số tỷ lệ, hằng số thời gian tích phân, và hằng số thời gian vi phân.

Đã có nhiều nghiên cứu trong vấn đề tự chỉnh các tham số của bộ điều khiển PID để hệ thống thu được đáp ứng mong muốn, một trong các phương pháp phổ biến được sử dụng là phương pháp role [13-16].

Tự chỉnh tham số PID bằng phương pháp role

Sơ đồ khối mô tả bộ điều khiển PID tự chỉnh bằng phương pháp role được trình bày trên Hình 10:

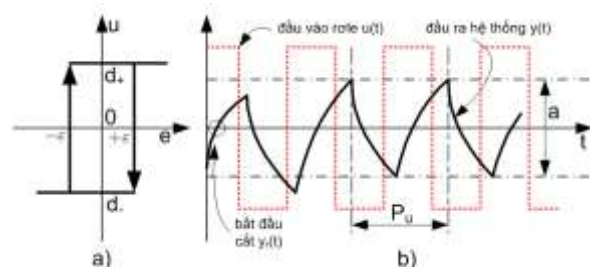


H.10 Sơ đồ khối bộ tự chỉnh role cho PID

Tự chỉnh role tham số của bộ điều khiển PID được thực hiện dựa trên phương pháp mà Astrom và Hagglund đã đề cập [13]. Trước tiên, đối tượng điều khiển được kết nối với role được mô tả bằng phương trình toán học dưới đây (hình 11 a):

$$u(t) = \begin{cases} d_+ & \text{khi } e(t) > +e \\ d_- & \text{khi } e(t) < -e \end{cases} \quad (3)$$

Dưới tác động của tín hiệu vào $u(t)$, tín hiệu đầu ra, $y(t)$ – tốc độ động cơ xoay chiều, sẽ dao động xung quanh tốc độ đặt mong muốn $y_r(t)$ với biên độ a và chu kỳ P_u (hình 11 b). Tùy thuộc vào từng đối tượng điều khiển mà biên độ d_+ , d_- , và số lần dao động mà từ đó xác định P_u và a sẽ được chọn cho phù hợp.



H.11 Đặc tính của role và mối quan hệ với đầu ra $y(t)$

Đối với động cơ xoay chiều trong nghiên cứu này, $d_+ = d_- = 3$ (Volt), và số lần dao động được thực hiện là 3 bằng cách xác định 6 lần tín hiệu đầu ra bằng giá trị tốc độ đặt của động cơ.

Sau khi xác định được P_u và a , các tham số của bộ điều khiển PID với phương trình mô tả (2) được tính theo Ziegler-Nichols [17]. Đối tượng điều khiển lúc này, động cơ xoay chiều, được kết nối với bộ điều khiển PID.

Bảng 1 – Chính tham số PID theo Ziegler-Nichols

Bộ đk ↓ Tham số →	K_p	τ_I	τ_D
P	$0.5 * K_{cu}$		
PI	$0.45 * K_{cu}$	$0.85 * P_u$	
PID	$0.6 * K_{cu}$	$0.5 * P_u$	$0.125 * P_u$

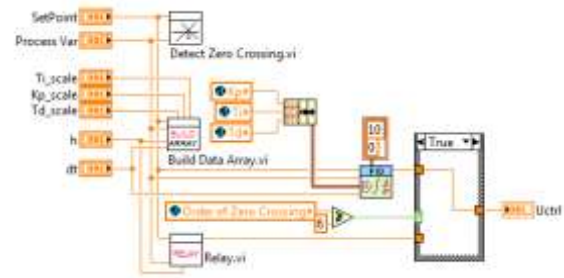
Trong đó, hệ số khuếch đại tới hạn K_{cu} được xác định bằng biểu thức:

$$K_{cu} = \frac{4d}{pa} \quad (4)$$

Chương trình phần mềm

Phần mềm hiện thực hóa giải thuật được viết bằng ngôn ngữ lập trình LabVIEW (hình 12), và được thực hiện dựa trên kiến trúc Server – Client. Server có chứa bộ điều khiển PID tự chỉnh được thực hiện phía động cơ trên nền bộ điều khiển thời gian thực Fieldpoint 2220 của National Instruments (NI), Client được thực hiện trên PC với giao diện giám sát, thu thập, và cấp tín hiệu điều khiển mong muốn như trên hình 13. Trong kiến trúc này, truyền thông giữa server và client sử dụng chuẩn giao tiếp Ethernet với băng thông rộng (100 Mbps) và đều được lập trình dựa trên kiến trúc producer – consumer – thu thập giám sát,

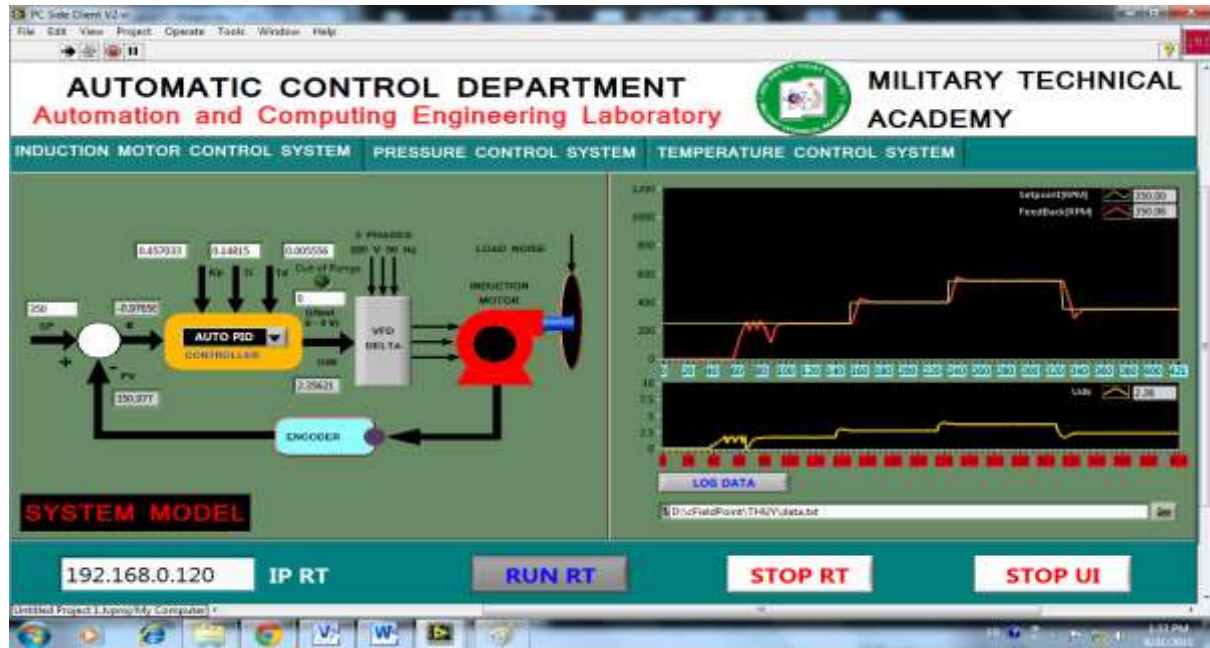
điều khiển hoạt động làm việc song song. Kết quả là, ảnh hưởng của độ trễ và mất dữ liệu đến chất lượng làm việc của hệ thống điều khiển được giảm đến mức tối thiểu. Thêm vào đó, để đảm bảo cho hệ thống làm việc được an toàn, bên cạnh việc giới hạn tín hiệu điều khiển trong phạm vi cho phép, giao diện giám sát cũng cung cấp thông tin và khả năng dừng tức thời khi phần cứng của hệ thống gặp sự cố (nút bấm STOP RT – hình 13).



H.12 Mã nguồn của bộ điều khiển PID tự chỉnh

5.3 Kết quả thực nghiệm

Hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều 3 pha đã được thử nghiệm trên cơ sở cấu trúc hạ tầng của trung tâm xử lý dữ liệu mà các tác giả đề xuất. Kết quả nhận được trên giao diện điều khiển cho thấy, bộ điều khiển bám tốt với tốc độ đặt mong muốn từ phía thao tác yêu cầu. Cụ thể là, giai đoạn đầu, các tham số của bộ điều khiển PID được tính toán theo phương pháp role, sau đó, hệ thống đáp ứng các yêu cầu từ phía thao tác: ổn định tốc độ động cơ lần lượt 300, 400, 550, và 350 (vòng/phút).



H. 13 Giao diện chương trình thu thập, giám sát, và cấp tín hiệu điều khiển cho bộ điều khiển tự chỉnh PID

6. Kết luận

Phòng thí nghiệm sử dụng thành tựu của công nghệ thông tin và truyền thông như trình bày trong bài báo này là một hệ thống hạ tầng mở cho phép nghiên cứu

và phát triển nhiều lĩnh vực mới như: hệ thống điều khiển qua mạng, cấu trúc điện toán lưới, điện toán đám mây, máy tính hiệu năng cao, xử lý và điều khiển song song, bảo mật dữ liệu cho mạng truyền thông công nghiệp. Với kết nối linh hoạt đa dạng, mô hình này cho phép triển khai tất cả các trang thiết bị của phòng thí nghiệm trên một diện tích hẹp.

Ngoài việc đảm bảo cho sinh viên thao tác trực quan trên thiết bị, phòng thí nghiệm còn có khả năng chạy các chương trình mô phỏng thí nghiệm và truy cập từ xa. Phục vụ rất hiệu quả cho công tác thí nghiệm và nghiên cứu khoa học của giáo viên và sinh viên khoa kỹ thuật điều khiển, Học viện kỹ thuật Quân sự. Học sinh, sinh viên khi tiếp cận với phòng thí nghiệm này sẽ có được cái nhìn tổng quan về mô hình hệ thống đo lường, điều khiển hiện đại đang được trang bị trong Quân đội như tổ hợp tên lửa S300, hệ thống điều khiển vũ khí và hoạt động trên các tàu ngầm, tàu hộ vệ tên lửa.

Tài liệu tham khảo

- [1] B. Lamuralithara., P.C. Wood.: *Virtual Laboratories in Engineering Education: The Simulation Lab and Remote Lab*. 2008 Wiley Periodicals, Inc.
- [2] Mahmoud Abdulwahed., Zontan K. Nagy.: *Developing the Trilab, a Triple Access Mode (Hand-on, Vitual, Remote) Laboratory, of a Process Control Rig Using Labview and Joomla*. 2010 Wiley Periodicals, Inc.
- [3] Angel Valera, Jose Luis Diez, Marina Valles, and Pedro Albertos: *Virtual and Remote Control Laboratory Development*. IEEE Control Systems Magazine, February 2005.
- [4] L. D. Feisel and A. J. Rosa., *The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education*, J Eng Educ 94, pp. 121-130, 2005.
- [5] Maria T. Restivo., Joaquim Mendes., Antonio M. Lopes., Carlos M. Silva and Fatiam Chouzal. *A Remote Laboratory in Engineering Measurement*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, No. 12, December 2009.
- [6] Xuemin Chen., Gangbing Song and Youngpeng Zhang. *Virtual and Remote Laboratory Development: A Review*, Earth and Space 2010: Engineering, Science, Contruction, and Operations in Challenging Enviroments 2010 ASCE.
- [7] B. Aktan, C. A. Bohus and M. H. Shor: *Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories*. IEEE Trans Educ 39, pp. 320-326, 1996.
- [8] Vu Duc Truong, Nguyen Tran Hiep, Dinh Hong Toan., *Mạng máy tính và truyền thông công nghiệp*, Giáo trình giảng dạy. Bộ môn Tự động và kỹ thuật tính, Học viện kỹ thuật Quân sự, 2009.
- [9] K. H. Han, S. Kim, Y. J. Kim, J. H. Kim: *Internet control architecture for internet-based personal robot*, Autonomous Robots, vol. 10, pp. 611-614, 1998.
- [10] S. H. Yang, X. Chen, J. L. Alty: *Design issues and Implementation of Internet based process control*, Control Engineering Practice, vol. 11, no. 6, pp. 306-315, 1999.
- [11] S. H. Yang, X. Chen: *Dealing with time delay and data loss for internet-based control systems*, IFAC Workshop on Time Delay Systems, Rocquencourt, France, September 2003.
- [12] D.K. Anand, *Introduction to Control Systems*. New York: Pergamon Press Inc., 1974, p. 34-37.
- [13] Åström, K. J.; Hagglund, T. *Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins*. Automatica 1984, 20 (5), 645.
- [14] Yu, C. C. *Autotuning of PID Controllers, a Relay Feedback Approach*, 2nd ed.; Springer-Verlag: London, 2006.
- [15] Jeon, C. H.; Cheon, Y. J.; Kim, J. S.; Lee, J. S.; Sung, W.: *Relay feedback methods combining sub-relays to reduce harmonics*. J. Process Control 2010, 20 (2), 228.
- [16] M. Faraji-Niri, M. R. Jahed-Motlagh, and H. Sadjadian: *General Algorithm for Autotuning of Proportional-Integral-Derivative Controllers by the Relay Feedback Test*, Ind. Eng. Chem. Res., 2013, 52 (13), pp 4794-4804.
- [17] Ziegler, J. G., and Nichols, N. B.: *Optimum settings for automatic controllers*, Trans. ASME, 1942, 65, pp. 433-444.



Nguyễn Trần Hiệp sinh năm 1962. Nhận bằng Tiến sỹ chuyên ngành “Tự động hóa” năm 2012 tại Học viện kỹ thuật Quân sự. Hiện là phó chủ nhiệm bộ môn Tự động và kỹ thuật tính, khoa Kỹ thuật điều khiển, Học viện kỹ thuật Quân sự. Hướng nghiên cứu chính là điều khiển các hệ thống phi tuyến, điều khiển thông minh, mạng truyền thông công nghiệp, đo lường – điều khiển bằng máy tính, cấu trúc hệ máy tính hiệu năng cao.



Phạm Xuân Thủy sinh năm 1982. Nhận bằng thạc sỹ chuyên ngành Điện tử thông minh năm 2013 tại Trường đại học GroupT Leuven, Vương Quốc Bỉ. Hiện là giáo viên bộ môn Tự động và kỹ thuật tính, Khoa kỹ thuật điều khiển, Học viện kỹ thuật Quân sự. Hướng nghiên cứu chính là điều khiển thông minh, thiết kế hệ thống số, xử lý ảnh và các máy thị giác kỹ thuật.