HỌC TẬP TÍCH HỢP SCADA VÀ CLOUD-BASED IOT

Trần Nhật Long
Khoa Điện - Điện tử, Trường Cao đẳng Lào Cai

Tóm tắt: *Bài báo nghiên cứu xây dựng và đánh giá mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT theo định hướng phát triển năng lực trong đào tạo chuyên ngành Tự động hóa. Mô hình được thiết kế dựa trên nền tảng PLC Siemens S7-1200/1500 kết hợp với hệ thống SCADA và các nền tảng đám mây nhằm mô phỏng hệ thống điều khiển phân tán trong thực tế. Trên cơ sở đó, nghiên cứu tổ chức các hoạt động dạy học theo tình huống và dự án, giúp sinh viên tiếp cận các giao thức truyền thông công nghiệp như MQTT, OPC UA và Modbus TCP/IP. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình góp phần nâng cao rõ rệt năng lực vận hành hệ thống, đặc biệt là kỹ năng xử lý sự cố và tư duy tích hợp công nghệ.*

Từ khóa: *đào tạo theo năng lực, SCADA, IoT công nghiệp, PLC Siemens, truyền thông công nghiệp.*

DEVELOPING OPERATIONAL CAPABILITIES IN AUTOMATION SYSTEMS THROUGH AN INTEGRATED SCADA AND CLOUD-BASED IoT LEARNING MODEL

Abstract: *This paper studies the construction and evaluation of an integrated SCADA and Cloud-based IoT learning model oriented towards developing competencies in automation engineering training. The model is designed based on a Siemens S7-1200/1500 PLC platform combined with a SCADA system and cloud platforms to simulate a distributed control system in practice. Based on this, the study organizes teaching activities based on scenarios and projects, helping students access industrial communication protocols such as MQTT, OPC UA, and Modbus TCP/IP. Experimental results show that the model significantly contributes to improving system operational capabilities, especially troubleshooting skills and technology integration thinking.*

Keywords: *competency-based training, SCADA, industrial IoT, Siemens PLC, industrial communication.*

Nhận bài: 10/02/2026 Phản biện: 10/03/2026 Duyệt đăng: 15/03/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đổi mới giáo dục nghề nghiệp trong bối cảnh chuyển đổi số đòi hỏi các chương trình đào tạo kỹ thuật phải hướng đến phát triển năng lực thực hành và khả năng thích ứng công nghệ của người học. Đối với ngành Tự động hóa, yêu cầu này càng trở nên cấp thiết khi các hệ thống sản xuất hiện đại ngày càng tích hợp sâu giữa điều khiển, giám sát và kết nối dữ liệu. Tuy nhiên, trong thực tế giảng dạy, nội dung đào tạo vẫn còn phân tách giữa các học phần như PLC, SCADA và mạng truyền thông công nghiệp, khiến sinh viên khó hình dung tổng thể hệ thống. Điều này dẫn đến hạn chế trong việc vận hành và xử lý sự cố khi tiếp cận môi trường sản xuất thực tế.

Trước yêu cầu đó, việc xây dựng mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT theo định hướng phát triển năng lực là cần thiết. Mô hình không chỉ giúp sinh viên hiểu bản chất hệ thống tự động hóa hiện đại mà còn tạo điều kiện rèn luyện kỹ năng nghề nghiệp thông qua các tình huống thực hành.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp thiết kế mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT dựa trên nền tảng PLC Siemens S7-1200/1500. Thực nghiệm được triển khai với sinh viên ngành Tự động hóa thông qua các nội dung: lập trình PLC, thiết kế SCADA, kết nối Cloud và xử lý sự cố truyền thông. Hiệu quả được đánh giá dựa trên năng lực vận hành hệ thống, hiểu giao thức (MQTT, OPC UA, Modbus TCP/IP) và kỹ năng Troubleshooting trước và sau thực nghiệm.

2.2. Xây dựng mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT

2.2.1. Kiến trúc tổng thể của mô hình

Mô hình học tập được thiết kế theo hướng mô phỏng một hệ thống tự động hóa công nghiệp thu nhỏ nhưng đảm bảo đầy đủ các thành phần cốt lõi của một hệ thống sản xuất hiện đại. Kiến trúc tổng thể được xây dựng theo dạng phân tầng, bao gồm ba lớp chính: lớp thiết bị hiện trường, lớp điều khiển và lớp giám sát – dữ liệu.

Ở lớp thiết bị hiện trường, hệ thống sử dụng các cảm biến đo lường (cảm biến mức, cảm biến nhiệt độ, cảm biến tiệm cận…) và các cơ cấu chấp hành như động cơ, van điện từ hoặc bơm. Đây là lớp trực tiếp tương tác với quá trình vật lý, giúp sinh viên hiểu rõ nguyên lý thu thập và xử lý tín hiệu đầu vào/đầu ra. Lớp điều khiển sử dụng PLC

Siemens S7-1200 hoặc S7-1500 làm trung tâm xử lý. PLC thực hiện các thuật toán điều khiển logic, điều khiển tuần tự và điều khiển liên tục tùy theo bài toán. Ngoài ra, PLC còn đảm nhận vai trò là nút trung gian kết nối dữ liệu giữa thiết bị hiện trường với hệ thống giám sát và nền tảng đám mây.

Lớp giám sát và dữ liệu bao gồm hệ thống SCADA và nền tảng Cloud-based IoT. SCADA cho phép hiển thị trạng thái hoạt động của hệ thống theo thời gian thực, đồng thời lưu trữ dữ liệu vận hành. Trong khi đó, nền tảng đám mây giúp mở rộng khả năng giám sát từ xa, lưu trữ dữ liệu lớn và phân tích xu hướng vận hành.Việc tổ chức theo kiến trúc phân tầng không chỉ phản ánh đúng cấu trúc của hệ thống công nghiệp hiện đại mà còn giúp sinh viên dễ dàng tiếp cận từng thành phần và hiểu mối quan hệ giữa các lớp trong hệ thống.

2.2.2. Thiết kế phần cứng của mô hình

Hệ thống phần cứng được xây dựng với mục tiêu đảm bảo tính linh hoạt, dễ mở rộng và phù hợp với điều kiện đào tạo tại cơ sở giáo dục nghề nghiệp. Trung tâm của hệ thống là PLC Siemens S7-1200/1500 với các module vào/ra số (DI/DO) và tương tự (AI/AO).Các thiết bị đầu vào được lựa chọn bao gồm cảm biến mức nước, cảm biến nhiệt độ, công tắc hành trình và cảm biến quang. Các thiết bị đầu ra bao gồm động cơ DC/AC, đèn báo trạng thái, còi cảnh báo và van điện từ. Sự đa dạng của thiết bị giúp xây dựng nhiều bài toán điều khiển khác nhau, từ đơn giản đến phức tạp.

Hệ thống sử dụng mạng Ethernet công nghiệp làm nền tảng truyền thông chính, kết nối PLC với máy tính, HMI và các thiết bị khác. Bộ chuyển mạch (switch) công nghiệp được sử dụng để đảm bảo tính ổn định của kết nối. Ngoài ra, trong một số trường hợp, có thể tích hợp thêm module truyền thông không dây để mở rộng phạm vi ứng dụng.Một điểm quan trọng trong thiết kế phần cứng là khả năng mô phỏng lỗi. Hệ thống được bố trí các điểm ngắt kết nối, thay đổi tín hiệu hoặc cấu hình sai để phục vụ mục tiêu đào tạo kỹ năng Troubleshooting. Điều này giúp mô hình không chỉ phục vụ vận hành mà còn hỗ trợ huấn luyện xử lý sự cố.

2.2.3. Thiết kế phần mềm và hệ thống SCADA

Phần mềm đóng vai trò quan trọng trong việc kết nối và hiển thị dữ liệu của hệ thống. Trong mô hình này, phần mềm TIA Portal được sử dụng để lập trình PLC, cấu hình mạng và tích hợp các giao thức truyền thông.

Hệ thống SCADA được xây dựng với các chức năng chính như: giám sát trạng thái thiết bị, hiển thị thông số vận hành, lưu trữ dữ liệu lịch sử, thiết lập cảnh báo và điều khiển từ xa. Giao diện SCADA được thiết kế trực quan, mô phỏng gần giống với hệ thống thực tế trong doanh nghiệp, giúp sinh viên dễ dàng làm quen với môi trường làm việc sau khi tốt nghiệp.Ngoài ra, SCADA còn đóng vai trò là cầu nối giữa hệ thống điều khiển và nền tảng đám mây. Dữ liệu từ PLC được thu thập, xử lý sơ bộ tại SCADA trước khi được truyền lên cloud. Điều này giúp đảm bảo tính ổn định và giảm tải cho hệ thống truyền thông.

Trong quá trình học tập, sinh viên được hướng dẫn xây dựng giao diện SCADA từ cơ bản đến nâng cao, bao gồm thiết kế màn hình, cấu hình tag dữ liệu, lập trình cảnh báo và hiển thị biểu đồ xu hướng. Đây là kỹ năng quan trọng trong vận hành hệ thống tự động hóa hiện đại.

2.2.4. Tích hợp nền tảng Cloud-based IoT

Một điểm nổi bật của mô hình là khả năng kết nối với các nền tảng đám mây như AWS IoT, Microsoft Azure hoặc ThingSpeak. Dữ liệu từ PLC hoặc SCADA được truyền lên cloud thông qua các giao thức phù hợp, cho phép lưu trữ và truy cập từ xa.Trên nền tảng đám mây, dữ liệu được hiển thị dưới dạng dashboard trực quan, bao gồm biểu đồ, bảng số liệu và trạng thái thiết bị. Sinh viên có thể truy cập hệ thống từ nhiều thiết bị khác nhau như máy tính, điện thoại thông minh, từ đó hiểu rõ hơn về khái niệm giám sát từ xa và nhà máy thông minh.

Việc tích hợp Cloud-based IoT còn giúp mở rộng khả năng phân tích dữ liệu, phát hiện xu hướng và dự báo trạng thái hệ thống. Mặc dù trong phạm vi đào tạo, các chức năng này được triển khai ở mức cơ bản, nhưng đây là nền tảng quan trọng để sinh viên tiếp cận các công nghệ nâng cao trong tương lai.

2.2.5. Tổ chức tích hợp các giao thức truyền thông

Để đảm bảo tính thực tiễn, mô hình tích hợp nhiều giao thức truyền thông công nghiệp khác nhau. Mỗi giao thức được sử dụng trong một bối cảnh cụ thể nhằm giúp sinh viên hiểu rõ vai trò và đặc điểm của từng chuẩn.Modbus TCP/IP được sử dụng trong các bài thực hành cơ bản để giúp sinh

viên làm quen với cấu trúc truyền thông, cách đọc/ghi thanh ghi và cấu hình địa chỉ thiết bị. OPC UA được sử dụng trong tích hợp PLC với SCADA, giúp đảm bảo tính bảo mật và khả năng mở rộng của hệ thống. MQTT được sử dụng để truyền dữ liệu lên nền tảng đám mây, giúp sinh viên hiểu mô hình truyền thông publish/subscribe.

Quá trình giảng dạy không chỉ dừng lại ở việc cấu hình giao thức mà còn tập trung vào việc phân tích dữ liệu truyền, kiểm tra lỗi và tối ưu hóa hiệu suất truyền thông. Điều này giúp sinh viên phát triển tư duy hệ thống và khả năng làm việc với các mạng công nghiệp phức tạp.

2.2.6. Thiết kế học liệu và bài tập thực hành

Học liệu được xây dựng theo hướng tích hợp và phân cấp rõ ràng, bao gồm các bài thực hành từ cơ bản đến nâng cao. Ở mức cơ bản, sinh viên thực hiện các bài tập lập trình PLC và kết nối Modbus. Ở mức trung gian, sinh viên thiết kế hệ thống SCADA và tích hợp OPC UA. Ở mức nâng cao, sinh viên thực hiện kết nối Cloud IoT và xử lý dữ liệu từ xa.Ngoài ra, các bài tập tình huống được thiết kế để rèn luyện kỹ năng Troubleshooting. Mỗi bài tập đưa ra một lỗi cụ thể, yêu cầu sinh viên phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp khắc phục. Các lỗi được xây dựng dựa trên tình huống thực tế trong công nghiệp, giúp tăng tính ứng dụng của bài học.

Việc thiết kế học liệu theo hướng này không chỉ giúp sinh viên nắm vững kiến thức mà còn phát triển năng lực giải quyết vấn đề, làm việc nhóm và tư duy sáng tạo.

2.3. Phát triển kỹ năng Troubleshooting cho sinh viên

Kỹ năng Troubleshooting (xử lý sự cố) là năng lực cốt lõi trong đào tạo ngành Tự động hóa, đặc biệt trong bối cảnh hệ thống công nghiệp ngày càng phức tạp và phân tán. Mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT cho phép tái hiện các tình huống lỗi thực tế, từ đó tạo môi trường hiệu quả để rèn luyện kỹ năng này cho sinh viên.

Trước hết, hệ thống được thiết kế có chủ đích với các điểm phát sinh lỗi như sai cấu hình địa chỉ IP, mất kết nối mạng, lỗi giao thức MQTT, OPC UA hoặc sai lệch dữ liệu Modbus. Việc đưa lỗi vào bài học giúp sinh viên tiếp cận trực tiếp với các tình huống thường gặp trong thực tế thay vì chỉ thao tác trên hệ thống "lý tưởng".Quá trình rèn luyện kỹ năng Troubleshooting được tổ chức theo quy trình logic gồm: phát hiện hiện tượng bất thường, xác định phạm vi lỗi, phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp khắc phục. Sinh viên được hướng dẫn kiểm tra hệ thống theo từng lớp, từ thiết bị hiện trường, PLC, mạng truyền thông đến SCADA và nền tảng cloud. Cách tiếp cận này giúp hình thành tư duy hệ thống và khả năng phân tích đa chiều.

Bên cạnh đó, việc kết hợp nhiều giao thức truyền thông trong cùng một mô hình giúp sinh viên nhận diện và so sánh các loại lỗi khác nhau, từ lỗi vật lý đến lỗi cấu hình và lỗi truyền dữ liệu. Điều này góp phần nâng cao khả năng thích ứng khi làm việc với các hệ thống công nghiệp thực tế.Kết quả thực nghiệm cho thấy sinh viên có sự tiến bộ rõ rệt trong việc rút ngắn thời gian phát hiện lỗi, tăng độ chính xác trong chẩn đoán và chủ động hơn trong quá trình xử lý sự cố. Như vậy, mô hình học tập tích hợp không chỉ nâng cao kỹ năng kỹ thuật mà còn góp phần phát triển tư duy logic và năng lực giải quyết vấn đề cho người học.

2.4. Kết quả và thảo luận

Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT mang lại hiệu quả rõ rệt trong việc nâng cao năng lực thực hành của sinh viên chuyên ngành Tự động hóa. Sinh viên không chỉ thực hiện tốt các thao tác lập trình PLC mà còn có khả năng thiết kế hệ thống giám sát, kết nối dữ liệu và vận hành hệ thống tích hợp một cách tương đối hoàn chỉnh.

Về năng lực chuyên môn, sinh viên thể hiện sự tiến bộ trong việc hiểu và vận dụng các giao thức truyền thông công nghiệp như Modbus TCP/IP, OPC UA và MQTT. Thay vì chỉ thao tác theo hướng dẫn, người học đã có thể giải thích nguyên lý hoạt động và lựa chọn giao thức phù hợp với từng bài toán cụ thể. Điều này cho thấy sự chuyển biến từ học tập thụ động sang học tập có tư duy hệ thống.

Đối với kỹ năng Troubleshooting, kết quả cho thấy thời gian phát hiện và xử lý lỗi của sinh viên được rút ngắn đáng kể. Sinh viên có xu hướng tiếp cận vấn đề một cách có hệ thống hơn, biết phân tích lỗi theo từng lớp của hệ thống (thiết bị – điều khiển – truyền thông – giám sát – cloud) thay vì xử lý mang tính thử – sai như trước đây. Đây là minh chứng rõ ràng cho hiệu quả của việc tích hợp các tình huống lỗi vào quá trình dạy học. Về mặt sư phạm, mô hình góp phần tăng tính chủ

động và hứng thú học tập của sinh viên. Việc học thông qua dự án và tình huống thực tế giúp người học gắn kết kiến thức với ứng dụng, đồng thời phát triển kỹ năng làm việc nhóm và tư duy giải quyết vấn đề.

Tuy nhiên, kết quả cũng cho thấy một số hạn chế như sự chênh lệch về mức độ tiếp thu giữa các nhóm sinh viên và yêu cầu cao về năng lực giảng viên cũng như cơ sở vật chất. Điều này đặt ra yêu cầu cần tiếp tục hoàn thiện mô hình, chuẩn hóa học liệu và tăng cường hỗ trợ kỹ thuật trong quá trình triển khai. Nhìn chung, mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT là hướng tiếp cận hiệu quả, góp phần thu hẹp khoảng cách giữa đào tạo và thực tiễn, đồng thời đáp ứng yêu cầu phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực tự động hóa hiện nay

III. KẾT LUẬN

Mô hình học tập tích hợp SCADA và Cloud-based IoT là giải pháp hiệu quả trong đào tạo ngành Tự động hóa theo định hướng phát triển năng lực. Mô hình không chỉ giúp sinh viên nắm vững kiến thức chuyên môn mà còn phát triển kỹ năng vận hành hệ thống và xử lý sự cố trong môi trường công nghiệp hiện đại. Đây là hướng đi cần được nhân rộng trong các cơ sở đào tạo kỹ thuật nhằm đáp ứng yêu cầu của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Siemens AG (2022), *SIMATIC S7-1200 System Manual.*
Siemens AG (2022), *SIMATIC S7-1500 System Manual.*
Boyer, S.A. (2010), *SCADA Systems.*
Banks, A. (2014), *MQTT Protocol Specification.*
OPC Foundation (2020), *OPC UA Specification.*
Gilchrist, A. (2016), *Industry 4.0 and IIoT.*