

THIẾT KẾ MẠNG TRUYỀN THÔNG PROFINET GIỮA CÁC TRẠM PLC

Trịnh Thị Hậu^{1}, Phan Văn Hải¹, Trịnh Bích Ngọc²*

**Tác giả liên hệ, Email: tthau7@hou.edu.vn*

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 08/09/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/10/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.733

Tóm tắt: Ngày nay, khoa học công nghệ càng phát triển thì yêu cầu về khả năng tích hợp các hệ thống sản xuất càng cao, việc lựa chọn và cấu hình mạng truyền thông hiệu quả là vô cùng quan trọng. Profinet, một tiêu chuẩn Ethernet công nghiệp, được lựa chọn vì khả năng truyền thông tốc độ cao, tính đồng bộ và có thể tích hợp nhiều thiết bị trong cùng hệ thống với nhau. Bài báo này tập trung vào nghiên cứu cấu trúc mạng truyền thông Profinet, cách cấu hình phần cứng cũng như trên phần mềm cho ba PLC, bao gồm việc cài đặt địa chỉ IP cho các PLC, thiết lập trao đổi dữ liệu giữa các trạm. Hệ thống được thiết kế sử dụng mạng truyền thông Profinet kết nối giữa các trạm PLC, trong đó PLC trung tâm đóng vai trò master, có vai trò truyền nhận dữ liệu từ hai PLC trạm gửi về để giám sát hoặc lưu trữ từ đó xuất dữ liệu ra màn hình HMI hoặc truyền lên SCADA. Các trạm PLC còn lại đóng vai trò slave, gửi dữ liệu về trạng thái và tham số của thiết bị về PLC trung tâm. Các trạm được thực hiện thông qua giao thức S7 Communication.

Từ khóa: điều khiển và giám sát từ xa, giao thức S7 Communication, PLC, profinet, truyền thông công nghiệp

I. Đặt vấn đề

Sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp hiện đại, đặc biệt là xu hướng công nghiệp 4.0, đòi hỏi các hệ thống sản xuất phải có khả năng tương tác cao, dữ liệu được trao đổi liên tục và đáng tin cậy giữa các bộ phận khác nhau (Monostori,

2014). Trong các nhà máy sản xuất, việc kết nối nhiều bộ điều khiển PLC là rất quan trọng để đạt được tối ưu về hiệu suất và linh hoạt trong sản xuất (Easy Book, n.d.). Bộ điều khiển PLC với kích thước nhỏ gọn, hoạt động ổn định và tính năng tích hợp phong phú, là giải pháp phổ biến

¹ Trường Đại học Mở Hà Nội

² Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

cho các ứng dụng điều khiển công nghiệp quy mô vừa và nhỏ (*Gateway / Ethernet/ PROFINET*, n.d.).

Truyền thông công nghiệp đóng vai trò xương sống trong việc tích hợp các thiết bị và hệ thống trong dây chuyền sản xuất. Với sự phát triển của Ethernet, các giao thức truyền thông công nghiệp dựa trên Ethernet như Profinet đã dần thay thế các giao thức trường cũ nhờ khả năng truyền tải dữ liệu tốc độ cao, băng thông lớn và khả năng tích hợp linh hoạt với hệ thống công nghệ thông tin. Profinet, viết tắt của Process Field Network, là một tiêu chuẩn mở dựa trên Ethernet công nghiệp, phát minh bởi hiệp hội Profibus and Profinet International (PI). Giao thức cung cấp khả năng truyền thông thời gian thực, đồng bộ hóa cao và khả năng chẩn đoán mạnh mẽ, đáp ứng được yêu cầu khắt khe của ứng dụng liên quan đến điều khiển chuyển động và điều khiển quy trình (*IEC 61499 Function Blocks for Embedded and Distributed Control Systems Design | Request PDF*, n.d.).

Mặc dù Profinet đã ứng dụng phổ biến trong công nghiệp, nhưng việc thiết kế và triển khai một mạng Profinet hiệu quả đặc biệt là giữa các PLC vẫn còn hạn chế. Cần có nghiên cứu chi tiết về cấu trúc mạng, cơ chế truyền thông và các công cụ lập trình để hệ thống hoạt động ổn định và tối ưu (Vitturi et al., 2019). Mục tiêu của nghiên cứu này thiết kế mô hình truyền thông Profinet giữa nhiều trạm PLC thay vì chỉ giao tiếp giữa hai PLC như truyền thống, các trạm thực hiện truyền nhận dữ liệu thông qua giao thức S7 Communication đa hướng giữa

nhiều thiết bị từ đó nâng cao khả năng mở rộng hệ thống một cách linh hoạt trong hệ thống sản xuất. Cụ thể, nghiên cứu đã thiết kế, cấu hình và lập trình mạng truyền thông Profinet giữa ba trạm PLC Siemens. Trong đó, PLC trung tâm có nhiệm vụ trao đổi dữ liệu tới hai PLC trạm. Hai PLC trạm điều khiển hoạt động của từng quá trình công nghệ riêng biệt dựa trên dữ liệu điều khiển nhận được của PLC trung tâm thông qua truyền thông Profinet.

II. Cơ sở lý thuyết

2.1. Mạng truyền thông công nghiệp

Mạng truyền thông công nghiệp là hệ thống mạng được thiết kế với mục đích kết nối các máy móc, thiết bị và hệ thống trong hệ thống sản xuất, cho phép các thiết bị có thể giao tiếp và trao đổi dữ liệu với nhau. Mục tiêu chính là tối ưu hóa sản xuất, nâng cao hiệu suất, cải thiện chất lượng và đảm bảo an toàn trong môi trường công nghiệp.

PLC (Programmable Logic Controller) là thiết bị điều khiển phổ biến trong công nghiệp để tự động hóa quy trình sản xuất. Thiết bị này có thể tích hợp với nhiều mạng truyền thông công nghiệp, đáp ứng các yêu cầu đa dạng trong công nghiệp. Một số loại mạng truyền thông phổ biến như Profibus, Modbus, EtherNet/IP, Profinet (“(PDF) Ethernet-Based Real-Time and Industrial Communications,” 2025; “PROFIBUS and PROFINET International (PI),” n.d.; *PROFINET Specification - Official Downloads*, n.d.; *PROFINET vs EtherNet/IP*, n.d.).

Bảng 1. Bảng so sánh các mạng truyền thông công nghiệp phổ biến hiện nay

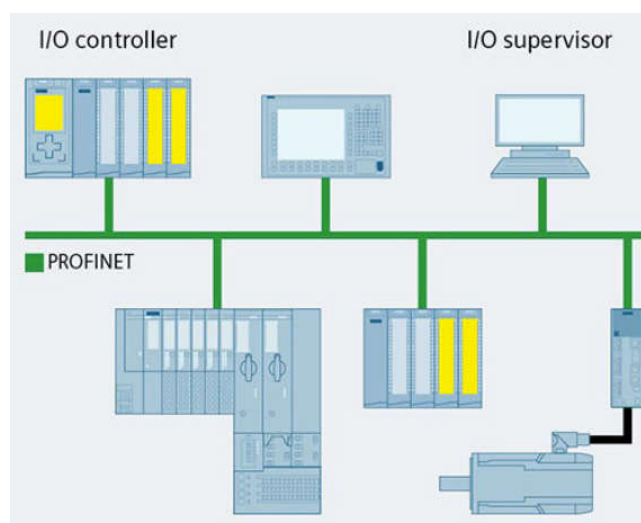
Tiêu chí	Profibus DP	Modbus RTU	Modbus TCP/IP	EtherNet/IP	Profinet
Nền tảng	RS-485 (Nối tiếp)	RS-485 (Nối tiếp)	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Tốc độ truyền(max)	12 Mbps	115 Kbps	10/100 Mbps	10/100 Mbps, 1 Gbps	100 Mbps, 1 Gbps
Thời gian thực	Semi-real-time	Non-real-time	Non-real-time	Real-time (qua CIP Sync)	Real-time (RT) & Isochronous Real-time (IRT)
Khả năng tích hợp IT	Hạn chế	Hạn chế	Tốt	Tốt	Rất tốt
Phạm vi ứng dụng	Điều khiển quá trình/nhà máy	Cảm biến/thiết bị đơn giản	Thiết bị đa dạng, kết nối HMI	Điều khiển máy, robot, I/O phân tán	Điều khiển chuyển động, quy trình, I/O phân tán
Tích hợp với PLC	Qua module CM 1243-5	Tích hợp sẵn (qua TCP/IP)	Tích hợp sẵn	Qua module CM 1243-1	Tích hợp sẵn (trên CPU)

Mạng truyền thông Profinet: (Process Field Network) là một giao thức Ethernet công nghiệp phổ biến hiện nay, phát triển bởi Profibus & Profinet International (PI). Profinet được xây dựng trên Ethernet chuẩn và tối ưu hóa cho ứng dụng tự động hóa. Dựa theo kết quả so sánh bảng 1 có thể nhận thấy các PLC đã tích hợp sẵn cổng mạng truyền thông Profinet giúp giảm chi phí phần cứng và

giảm thiểu thời gian cài đặt, tính năng thời gian thực cao, dễ dàng mở rộng bằng cách thêm hoặc bớt thiết bị mà không ảnh hưởng tới hoạt động của hệ thống.

2.2. Mạng Profinet

Profinet là giao thức mở được phát minh bởi hiệp hội Profibus & Profinet quốc tế, đáp ứng được các yêu cầu cho các hệ thống tự động hóa công nghiệp.

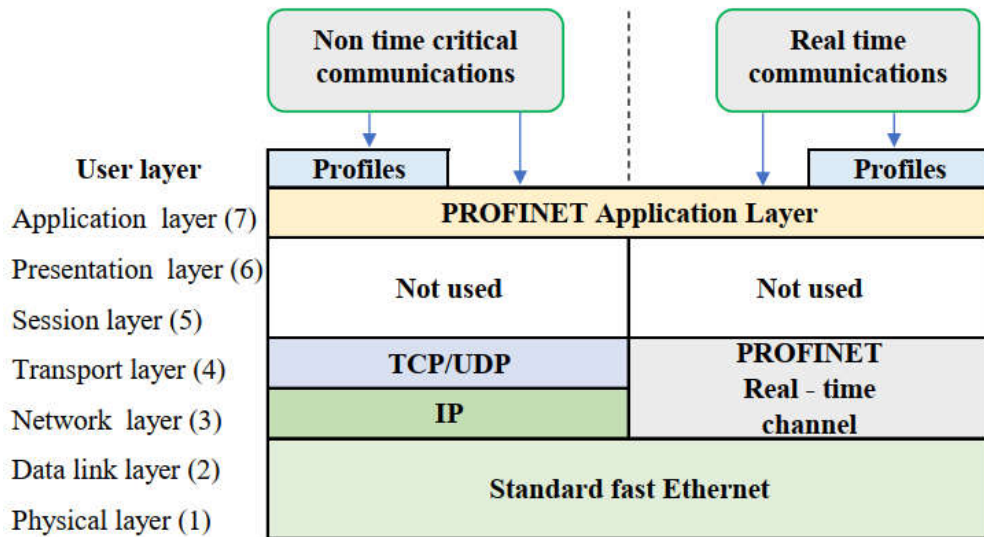


Hình 1. Cấu trúc hệ thống Profinet

Profinet có những tính năng như: an toàn dữ liệu, giao tiếp tốc độ cao, phát hiện lỗi,... Với các tính năng nổi bật như: cấu trúc mạng linh hoạt, tốc độ truyền cao 100Mbps, có thể truyền không dây. Hình 1 minh họa mạng Profinet có khả năng tích hợp vào hệ thống nhiều thiết bị của nhiều hãng sản xuất khác nhau, có khả năng truyền thông thời gian thực.

Cấu trúc mạng và giao thức truyền thông: Mô hình OSI của mạng Profinet được thể hiện như hình 2. Từ đó, cho

thấy mạng truyền thông này có nhiều giao thức truyền thông khác nhau tương ứng với các lớp. Tuy nhiên phổ biến nhất là hai giao thức UDP & TCP/IP (Bolton, 2007; Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013) *Securing the Future of German Manufacturing Industry Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Acatech— National Academy of Science and Engineering, 678 p. - References - Scientific Research Publishing, n.d.*).



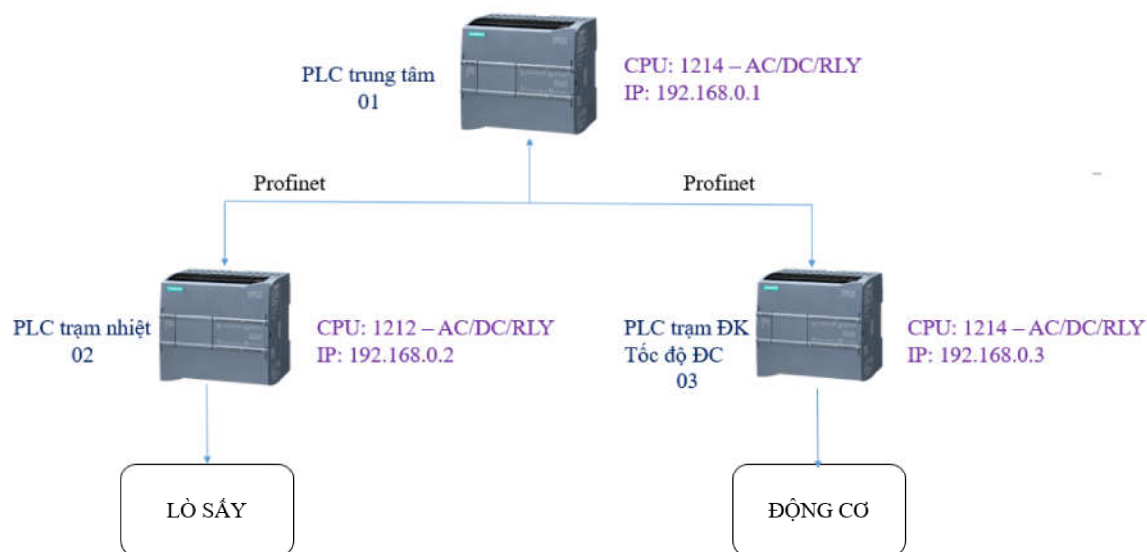
Hình 2. Kiến trúc OSI của mạng truyền thông Profinet.

Profinet sử dụng hạ tầng Ethernet tiêu chuẩn, cho phép kết hợp lưu lượng thời gian thực với dữ liệu cấu hình, giám sát hoặc truy cập từ xa trên cùng một cáp. Điều này rất thích hợp cho mô hình kết nối ngang (horizontal) và dọc (vertical) trong kiến trúc Công nghiệp 4.0.

III. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình mạng truyền thông Profinet được thiết kế bao gồm ba trạm PLC, thực hiện truyền nhận dữ liệu giữa các PLC. Profinet là giao thức Ethernet công

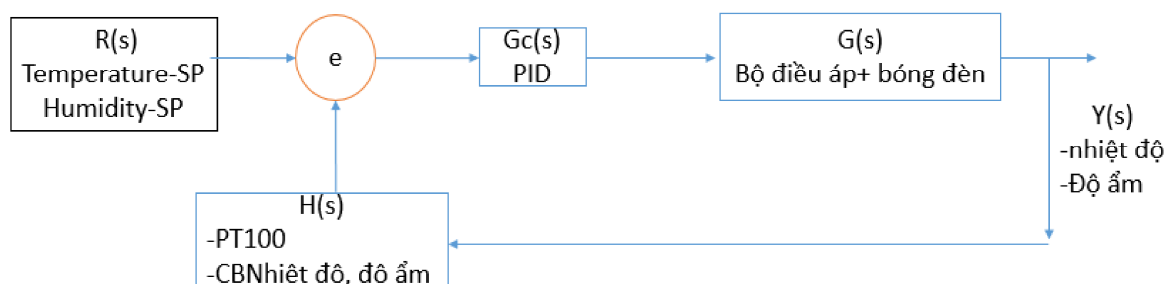
nh nghiệp, hỗ trợ giao tiếp thời gian thực giữa bộ điều khiển (controller) và thiết bị ngoại vi (IO devices). Các dòng PLC có hỗ trợ Profinet tích hợp qua cổng Ethernet RJ-45 đều có thể thực hiện kết nối vào mô hình mạng truyền thông này. Hình 3 thể hiện sơ đồ bố trí, lựa chọn thiết bị PLC, cấu hình địa chỉ IP cho từng thiết bị. Trong đó PLC trung tâm 01 sẽ thực hiện trao đổi dữ liệu với các PLC trạm số 02 và PLC trạm số 03 dựa trên phương thức truyền thông Profinet.



Hình 3. Sơ đồ bố trí kết nối giữa các trạm PLC.

Hệ thống được thiết kế sử dụng mạng truyền thông Profinet kết nối giữa các trạm PLC, trong đó PLC trung tâm 01 đóng vai trò master, gửi các giá trị đặt về nhiệt độ và tốc độ xuống các trạm, nhận phản hồi dữ liệu từ các trạm gửi về để giám sát hoặc lưu trữ từ đó xuất dữ liệu ra màn hình HMI hoặc truyền lên SCADA. Các trạm PLC còn lại đóng vai trò slave, gửi dữ liệu về trạng thái, thông số nhiệt độ hoặc vận tốc về PLC trung tâm. Các giao tiếp được thực hiện qua lệnh PUT/GET hoặc S7 Communication (Gray, n.d.; *S71200_easy_book_en-US_en-US.Pdf - SIMATIC S7-1200 Easy Book - ID: 39710145 - Industry Support Siemens*, n.d.).

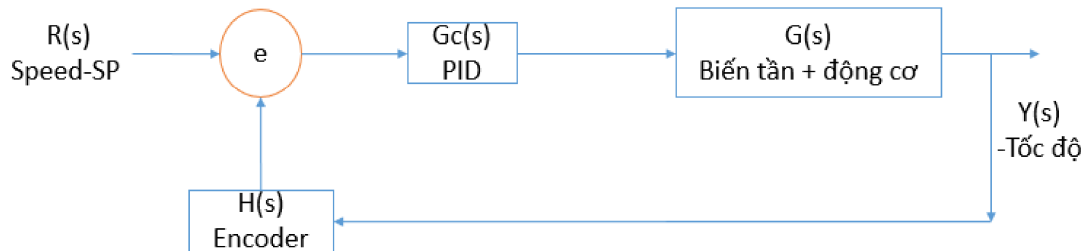
- PLC trạm 02 điều khiển lò sấy: Cảm biến nhiệt độ được dùng để đo lường nhiệt độ lò sấy. Bộ điều khiển điện áp xoay chiều để điều khiển bộ phận gia nhiệt. Sơ đồ cấu trúc như trên hình 4. Trong đó, $R(s)$ là giá trị nhiệt độ mong muốn được thiết lập ban đầu của lò sấy, $H(s)$ giá trị nhiệt độ được xác định bởi cảm biến độ ẩm. Bộ điều khiển PID tính toán tín hiệu điều khiển bộ điều áp và bóng đèn dựa trên sai lệch e để nhiệt độ thực tế tiến đến giá trị nhiệt độ đặt ("Real-Time Ethernet - A Solution for All Communication-Related Problems within a Digital Production Print Line?," n.d.).



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc trạm PLC 02

- Trạm PLC trạm 03 điều khiển động cơ xoay chiều ba pha thông qua luật điều khiển U/f trên biến tần điều khiển mạch vòng kín ổn định tốc độ động cơ. Sơ đồ cấu trúc như trên hình 5.

Trong hình 5, $R(s)$ là giá trị tốc độ mong muốn được thiết lập ban đầu của động cơ, $H(s)$ giá trị tốc độ được xác định bởi encoder. Bộ điều khiển PID tính toán tín hiệu điều khiển biến tần – động cơ dựa trên sai lệch e để tốc độ động cơ thực tế tiến đến giá trị tốc độ đặt.



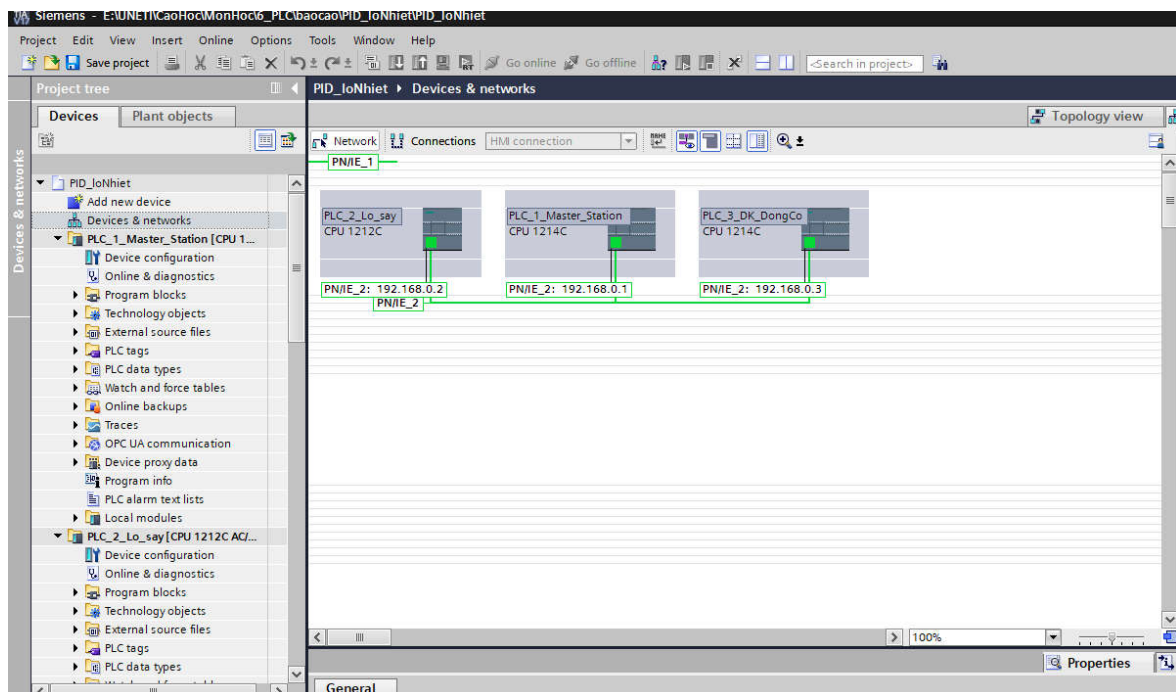
Hình 5. Sơ đồ cấu trúc trạm PLC 03.

IV. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Cấu hình, lập trình kết nối truyền thông

Để lập trình cho bài toán công nghệ nêu trên, phần mềm lập trình sử dụng là

TIA Portal V17, thực hiện khai báo đúng các phiên bản và địa chỉ IP cho ba CPU. Sau khi khai báo xong, tiến hành thiết lập mạng truyền thông Profinet trong phần mềm như trên hình 6.

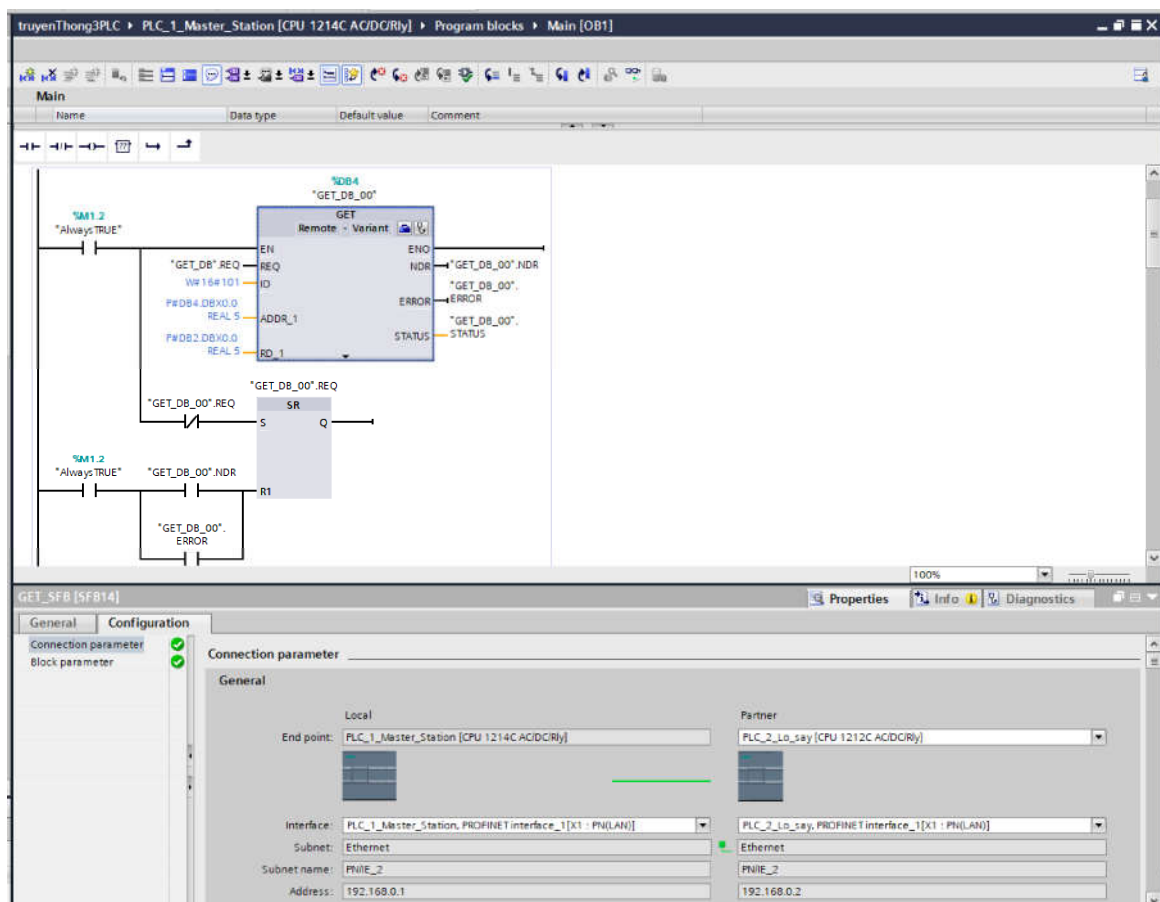


Hình 6. Thiết lập mạng truyền thông Profinet trong phần mềm.

Trong nghiên cứu này, sẽ tập trung vào trình bày lập trình truyền thông để trao đổi dữ liệu của các PLC trạm và PLC trung tâm. Truyền thông giữa các trạm PLC bằng giao thức S7 Communication với lệnh PUT/GET. Trong đó chức năng chính của lệnh GET dùng để đọc dữ liệu từ PLC Partner (remote PLC) về PLC local, lệnh PUT ứng dụng để lập trình với vai

trò truyền dữ liệu từ PLC Local tới PLC Partner (remote PLC).

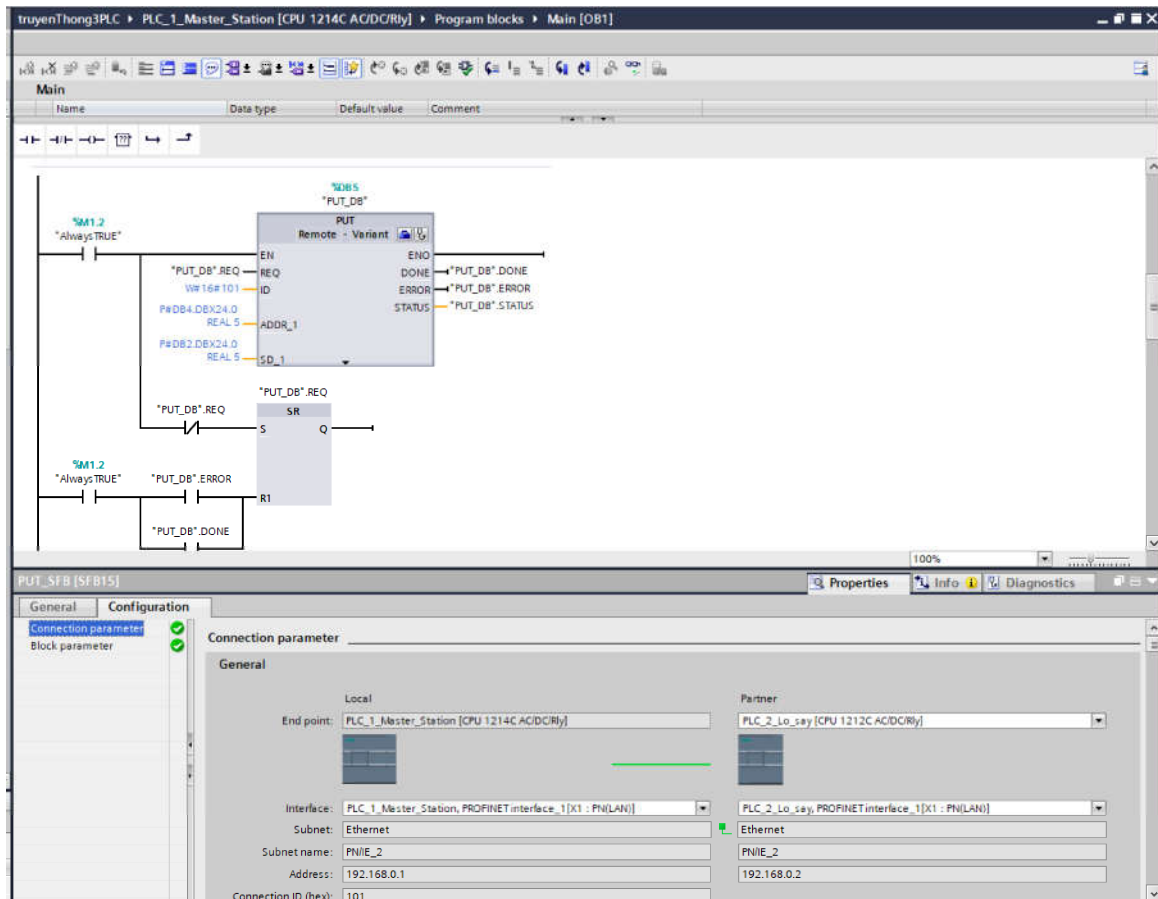
Như vậy để trao đổi được dữ liệu giữa các PLC, sẽ tiến hành cấu hình đọc dữ liệu từ PLC 02 và PLC 03 về PLC 01 sử dụng lệnh truyền thông GET, cấu hình truyền dữ liệu từ PLC 01 tới PLC 02 và PLC 03 sử dụng lệnh truyền thông PUT.



Hình 7. Cấu hình đọc dữ liệu từ PLC 02 về PLC 01

Hình 7 minh họa cách cấu hình và lập trình đọc dữ liệu từ PLC 02 gửi về PLC 01 và hình 8 minh họa cách cấu hình và lập trình truyền dữ liệu từ PLC 01 tới PLC 02. Dữ liệu được trao

đổi thông qua khối dữ liệu Data Block (*S71200_easy_book_en-US_en-US.Pdf* - SIMATIC S7-1200 Easy Book - ID: 39710145 - Industry Support Siemens, n.d.).



Hình 8. Cấu hình truyền dữ liệu từ PLC 01 sang PLC 02

4.2. Đánh giá thử nghiệm hệ thống

Để đánh giá mô hình này, nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá hệ thống thông qua mô phỏng trên phần mềm. Nghiên cứu lần lượt thực hiện các bước thử nghiệm như sau:

- Đọc dữ liệu nhiệt độ tại trạm 02, thực hiện truyền dữ liệu từ PLC 02 lên PLC trung tâm và hiển thị trên màn hình HMI.

- Cài đặt giá trị setpoint của nhiệt độ trên màn hình HMI, từ đó truyền dữ liệu từ PLC trung tâm xuống PLC trạm 02. Tại PLC 02, căn cứ theo giá trị đọc được nhiệt độ từ cảm biến và giá trị setpoint nhận được từ PLC 01 qua truyền thông để điều khiển hoạt động bộ gia nhiệt.

- Đọc dữ liệu tốc độ tại trạm 03, thực hiện truyền dữ liệu từ PLC 03 lên PLC trung tâm và hiển thị trên màn hình HMI.

- Cài đặt giá trị setpoint của tốc độ trên màn hình HMI, từ đó truyền dữ liệu từ PLC trung tâm xuống PLC trạm 03. Tại PLC 03, căn cứ theo giá trị đọc được tốc độ từ encoder và giá trị setpoint nhận được từ PLC 01 qua truyền thông để điều khiển hoạt động của động cơ xoay chiều bap ha thông qua biến tần ba pha.

Qua mô phỏng trên phần mềm, hệ thống đã thực hiện thành công việc truyền nhận dữ liệu giữa PLC trung tâm 01 và PLC trạm 02, 03 thông qua mạng truyền thông

Profinet giao thức S7 Communication. Ưu điểm của hệ thống này là hoạt động linh hoạt và phân tán do mỗi PLC chịu trách nhiệm điều khiển một phần và các trạm hoạt động độc lập. Dữ liệu được tập hợp tại PLC trung tâm để giám sát và điều khiển. Ngoài ra, hệ thống có thể dễ dàng mở rộng bằng cách mở thêm các trạm PLC khác thông qua truyền thông Profinet.

V. Kết luận

Nghiên cứu đã tìm hiểu mạng truyền thông PROFINET bao gồm cấu trúc, cơ chế truyền thông thời gian thực (RT và IRT), và các ưu điểm nổi bật của giao thức này. Đặc biệt, nghiên cứu đã phân tích các loại mạng truyền thông có thể tích hợp với PLC dựa trên khả năng tích hợp sẵn, hiệu suất thời gian thực vượt trội và sự phù hợp với hệ sinh thái Siemens. Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra được cách thiết kế, cấu hình và lập trình mô hình mạng Profinet kết nối ba trạm PLC.

Hệ thống dễ dàng mở rộng bằng cách thêm hoặc bớt thiết bị mà không ảnh hưởng tới hoạt động của hệ thống. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tích hợp thêm thiết bị HMI/SCADA vào hệ thống để xây dựng một giải pháp tự động hóa toàn diện.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bolton, W. (2007). *Programmable logic controllers* (4th ed). Elsevier.
- [2]. *Easy Book*. (n.d.). Retrieved September 11, 2025, from https://euroec.by/assets/files/siemens/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf
- [3]. *Gateway / Ethernet/ PROFINET*. (n.d.). Retrieved September 11, 2025, from https://www.adfweb.com/Home/products/Ethernet_PROFINET.asp?frompg=nav17_35&loc_phy=1028580&k001=p&Viet_k1=profinet%20%2F%20ethernet&d=c&g=78852775119&pos=&gad_source=1&gad_campaignid=1590347959&gbraid=0AAAAAD_Fv8PZvhLWvAdoZROOLEPWg1I7v&gclid=Cj0KCQjww4TGBhCKARIsAFLXndT0aP_8gwKunpDjazCeDlDfQgREUy9zKgxPsaz2bQLFt0D4X7P3rVMaAlssEALw_wcB
- [4]. Gray, P. (n.d.). *S7-1200 Programmable controller*.
- [5]. *IEC 61499 Function Blocks for Embedded and Distributed Control Systems Design | Request PDF*. (n.d.). ResearchGate. Retrieved September 11, 2025, from https://www.researchgate.net/publication/234125674_IEC_61499_Function_Blocks_for_Embedded_and_Distributed_Control_Systems_Design
- [6]. Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013) *Securing the Future of German Manufacturing Industry Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Acatech—National Academy of Science and Engineering*, 678 p. - *References—Scientific Research Publishing*. (n.d.). Retrieved September 11, 2025, from <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2966479>
- [7]. Monostori, L. (2014). Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.001>

- org/10.1016/j.procir.2014.03.115
- [8]. (PDF) Ethernet-Based Real-Time and Industrial Communications. (2025). *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2005.849721>
- [9]. PROFIBUS and PROFINET International (PI). (n.d.). *OPC Foundation*. Retrieved September 11, 2025, from <https://opcfoundation.org/markets-collaboration/profibus-profinet-international-pi/>
- [10]. *PROFINET Specification—Official Downloads*. (n.d.). Retrieved September 11, 2025, from <https://www.profibus.com/download/profinet-specification>
- [11]. *PROFINET vs EtherNet/IP: The Similarities and Differences*. (n.d.). Procentec. Retrieved September 11, 2025, from <https://procentec.com/content/profinet-vs-ethernetip-the-similarities-and-differences/>
- [12]. Real-time Ethernet—A solution for all communication-related problems within a digital production print line? (n.d.). *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2009.5347202>
- [13]. *S71200_easy_book_en-US_en-US.pdf—SIMATIC S7-1200 Easy Book—ID: 39710145—Industry Support Siemens*. (n.d.). Retrieved September 11, 2025, from <https://support.industry.siemens.com/cs/document/39710145/simatic-s7-1200-easy-book?dti=0&lc=en-RO>
- [14]. Vitturi, S., Zunino, C., & Sauter, T. (2019). Industrial Communication Systems and Their Future Challenges: Next-Generation Ethernet, IIoT, and 5G. *Proceedings of the IEEE*, 107(6), 944–961. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2913443>

DESIGN OF PROFINET COMMUNICATION NETWORK AMONG PLC STATIONS

Trinh Thi Hau³, Phan Van Hai³, Trinh Bich Ngoc⁴

Abstract: *As science and technology continue to develop, the higher the requirement for integrating production systems becomes. Therefore, selecting and configuring an effective communication network is essential. Profinet, an industrial Ethernet standard, is chosen due to its high-speed communication capabilities, synchronization, and the ability to integrate multiple devices within the same system. This article focuses on studying the structure of the Profinet communication network, including how to configure both hardware and software for three PLCs. This involves setting IP addresses for the PLCs and establishing data exchange between stations. The system is designed using the Profinet communication network, which connects PLC stations. The central PLC serves as the master, transmitting and receiving data from two PLC stations to monitor or store, and then exporting the data to the HMI screen or transmitting it to SCADA. The remaining PLC stations play the role of enslaved people, sending data about the status and parameters of the device to the central PLC. The stations are implemented through the S7 Communication protocol.*

Keywords: *industrial communication, ProfiNet, PLC, remote control and monitoring, S7 Communication*

³ Hanoi Open University

⁴ Hanoi University of Civil Engineering