

NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP SỐ HÓA DỮ LIỆU BẰNG IOT GATEWAY

Nguyễn Lê Thế Duy, Huỳnh Hữu Tiến và Nguyễn Thanh Yên

Trường Đại học Kỹ thuật - Công nghệ Cần Thơ

Email: nltduy@ctu.edu.vn

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 23.01.2024

Ngày nhận bài sửa: 16.4.2024

Ngày duyệt đăng: 16.4.2024

Từ khóa:

IoT Gateway, Node-RED, OPC UA, S7 Protocol.

TÓM TẮT

Trong bối cảnh thế giới ngày càng chuyển đổi sang mô hình số hóa, việc thu thập, xử lý và quản lý dữ liệu trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Nghiên cứu này sẽ tập trung vào việc nghiên cứu và phát triển một thiết bị IoT Gateway có khả năng thu thập dữ liệu từ nhiều PLC lên Internet bằng các giao thức truyền thông trong công nghiệp như OPC UA, S7 Protocol... và dựa trên nền tảng Node-RED để xây dựng giao diện giám sát và quản lý dữ liệu từ xa. Phương pháp nghiên cứu: Sử dụng Raspberry Pi tạo ra Module IoT Gateway để thu thập và xử lý dữ liệu từ cảm biến thông qua PLC S7-1200 và gửi lên Node-RED qua các giao thức OPC UA, S7 Protocol. Kết quả nghiên cứu: Đã thành công trong việc thiết kế ra một bộ IoT Gateway có khả năng kết nối với PLC thông qua giao thức OPC UA, S7 Protocol và giám sát dữ liệu trực tiếp hoặc thông qua Internet. Bộ IoT Gateway sau khi chạy thử nghiệm đã đạt sai số khi giám sát khối lượng khoảng 0,12% so với khối lượng thực tế và sai số khi giám sát nhiệt độ khoảng 0,3% so với nhiệt độ thực tế.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự thúc đẩy của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 cùng với quá trình số hóa dữ liệu đã lan tỏa, đi sâu vào nền sản xuất hiện đại và đời sống xã hội, gắn liền với sự phát triển như vũ bão của các giải pháp Internet of Things (IoT) (Zhu et al., 2010) trong mọi lĩnh vực của công nghiệp và đời sống (Thái và Long, 2022). Đây là một viễn cảnh trong đó mọi vật được cung cấp các định danh và khả năng tự động truyền tải dữ liệu qua một mạng lưới mà không cần sự tương tác giữa con người với con người hoặc con người với máy tính. Nhờ IoT mà tất cả các thiết bị điện thông minh đều được nâng lên một tầm cao mới, thông qua việc được điều khiển và giám sát dễ dàng và trực quan bằng các thiết bị thông minh qua internet (Thịnh, 2018). Tuy nhiên các thiết bị

điện thông minh trong hộ gia đình sử dụng rất nhiều giao thức truyền thông riêng biệt như sóng vô tuyến, MQTT, Zigbee, Bluetooth của các hãng sản xuất khác nhau, tạo ra khoảng cách rất lớn trong việc giao tiếp các thiết bị với nhau. Từ đó, giải pháp được đề ra là thiết kế bộ IoT Gateway (Zolotová et al., 2015) cho phép kết nối giữa nhiều giao thức khác nhau của các thiết bị điện thông minh trong hộ gia đình. Từ kết quả những số liệu thu được, được đồ thị hoá rất trực quan, người dùng có thể chủ động lập kế hoạch sử dụng điện trong hộ gia đình một cách tiết kiệm và hiệu quả (Riêng và cộng sự, 2022).

Trong môi trường công nghiệp ngày nay, việc thu thập, lưu trữ, xử lý và phân tích dữ liệu từ các hệ thống tự động như PLC (Programmable Logic Controller) đã trở thành

một yếu tố quan trọng để tối ưu hoạt động và nâng cao hiệu suất của các thiết bị công nghiệp (Luis et al., 2021). Thông qua các IoT Gateway công nghiệp có thể tạo điều kiện giao tiếp giữa hàng chục, hàng trăm hoặc hàng nghìn thiết bị IoT, máy móc nhà máy và thiết bị nhà máy, cũng như giao tiếp giữa các thiết bị này với đám mây (Chuquimarca et al., 2022). IoT Gateway cho phép giám sát từ xa các tài sản của nhà máy, cũng như kiểm soát các tài sản đó (Mellado và Núñez, 2022). Các IoT Gateway công nghiệp có thể kết nối máy móc mới sử dụng các giao thức hiện đại, cũng như máy móc cũ sử dụng các giao thức cũ. Các giao thức được hỗ trợ bởi công IoT bao gồm: OPC UA (Toc và Korodi, 2018), Modbus, Fieldbus, PROFINET, EtherNET/IP và EtherCAT. IoT Gateway cũng có thể thu thập thông tin từ các thiết bị này, xử lý, phân tích thông tin, cung cấp thông tin chi tiết có giá trị cho phép các nhà vận hành nhà máy tối đa hóa hiệu quả hoạt động của họ, cũng như giảm thiểu thời gian ngừng hoạt động thông qua bảo trì dự đoán thiết bị trong tủ điện của nhà máy.

Các nhà máy rất quan tâm đến việc quản lý dữ liệu trong các khâu, dây chuyền sản xuất trên internet, giải pháp số hóa dữ liệu bằng IoT Gateway (Ngu et al., 2016) và một module IoT Gateway có khả năng thu thập dữ liệu từ cảm biến thông qua PLC sử dụng các giao thức truyền thông như OPC UA, S7 Protocol (Dũng, 2017). Bên cạnh đó, một số hệ thống còn ứng dụng công nghệ thông tin vào việc xây dựng một web server để quản lý các dữ liệu của PLC trên tủ điện (Đức và cộng sự, 2023).

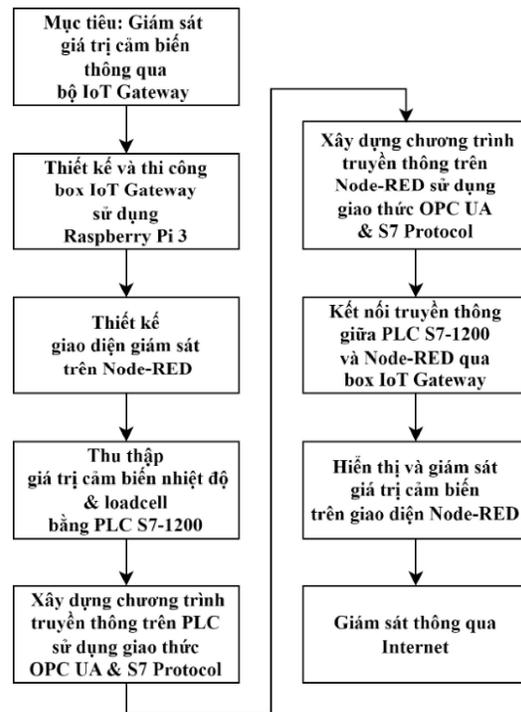
Nhận thấy rõ tầm quan trọng của việc giám sát, lưu trữ dữ liệu trong các tủ điện công nghiệp khi đồng bộ lên internet và kế thừa các đề tài đã nghiên cứu trước đó. Nhóm tác giả đề xuất nghiên cứu các phương pháp tối ưu và phát triển giải pháp số hóa dữ liệu bằng IoT Gateway với mục tiêu chính là thiết

kế một module IoT Gateway có khả năng thu thập dữ liệu từ cảm biến thông qua PLC sử dụng các giao thức truyền thông công nghiệp. Đồng thời nhóm tác giả còn xây dựng một web server cơ bản và bộ cơ sở dữ liệu để quản lý các tín hiệu truyền về từ cảm biến hoặc PLC trên tủ điện.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan mô hình nghiên cứu

Theo sơ đồ quy trình nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1, với các thành phần chính của hệ thống bao gồm: Một máy tính nhúng Raspberry Pi 3 sẽ là phần xử lý trung tâm cho bộ IoT Gateway, được tích hợp sẵn chương trình được thiết kế trên phần mềm Node-RED, cảm biến nhiệt độ PT100 và Loadcell Jihnsense S-5 được tích hợp vào mô hình phần cứng để đo đạc các thông số cần thiết rồi gửi kết quả về tủ điện trung tâm. Đường truyền internet được kết nối giữa PLC và bộ IoT Gateway để trao đổi dữ liệu, truyền thông lên web server.



Hình 3. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

Nhóm tác giả sẽ thực hiện quá trình nghiên cứu một cách tuần tự các bước như sau:

Bước 1 sẽ thiết kế các bản vẽ 2D và thi công box IoT Gateway sử dụng linh kiện chính là máy tính nhúng Raspberry Pi 3.

Bước 2 tiến hành thiết kế giao diện giám sát dữ liệu cảm biến trên phần mềm Node-RED.

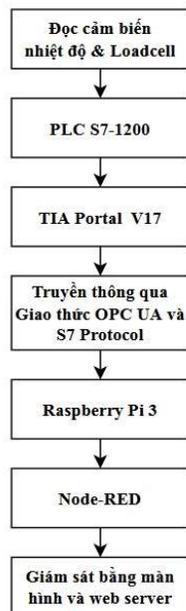
Bước 3 đọc cảm biến nhiệt độ và loadcell thông qua PLC S7-1200.

Bước 4 xây dựng chương trình truyền thông trên phần mềm TIA Portal V17 sử dụng hai giao thức OPC UA và S7 Protocol để truyền dữ liệu cảm biến.

Bước 5 xây dựng chương trình nhận dữ liệu truyền thông từ PLC trên phần mềm Node-RED.

Bước 6 kết nối truyền thông giữa PLC S7-1200 và phần mềm Node-RED sử dụng box IoT Gateway đã thiết kế.

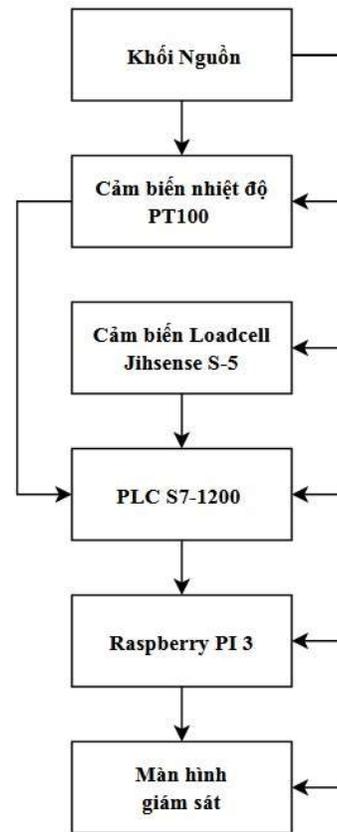
Bước 7 hiển thị những dữ liệu cảm biến nhận được từ PLC lên giao diện giám sát và cuối cùng thực hiện đưa giao diện lên Internet để giám sát từ xa.



Hình 2: Sơ đồ tổng quát của hệ thống

Các thành phần chính kết nối với nhau như Hình 2, nhóm nghiên cứu đã kết nối mô hình phần cứng và thiết kế phần mềm kèm theo để có thể giám sát dữ liệu nhiệt độ và khối lượng được tối ưu nhất.

2.2. Thiết kế phần cứng



Hình 3. Sơ đồ kết nối phần cứng



Hình 4. Box IoT Gateway

Sơ đồ kết nối phần cứng được thể hiện qua Hình 3. Trong đó, hệ thống sẽ bao gồm:

- Cảm biến nhiệt độ PT100 dùng để thu thập giá trị nhiệt độ tại các vị trí cần giám sát (buồng động cơ, các chỗ gắn phốt cao su).

- Cảm biến Loadcell Jih sense S-5 được gắn tại 03 bồn chứa để giám sát lượng rò rỉ của nước và dầu.

Các cảm biến nêu trên sẽ được kết nối với PLC S7-1200 thông qua các bộ chuyển đổi.

PLC sẽ kết nối với máy tính nhúng Raspberry PI 3 thông qua cổng Ethernet và cuối cùng dùng cáp HDMI để kết nối giữa Raspberry với màn hình giám sát.

Kế tiếp để thiết kế box IoT Gateway nhóm tác giả sử dụng phần mềm AutoCAD để vẽ 2D các mặt của box và dùng vật liệu mica cắt laser để tạo nên box như Hình 4.

Std. °C	Pt100	JPt100	Std. °C	Pt100	JPt100	Std. °C	Pt100	JPt100	Std. °C	Pt100	JPt100	Std. °C	Pt100
-200	18.52	17.14	0	100	100	200	175.86	177.13	400	247.09	249.56	600	313.71
-190	22.83	21.46	10	103.9	103.97	210	179.53	180.86	410	250.53	253.06	610	316.92
-180	27.1	25.8	20	107.79	107.93	220	183.19	184.58	420	253.96	256.55	620	320.12
-170	31.34	30.12	30	111.67	111.88	230	186.84	188.29	430	257.38	260.02	630	323.3
-160	35.54	34.42	40	115.54	115.81	240	190.47	191.99	440	260.78	263.49	640	326.48
-150	39.72	38.68	50	119.4	119.73	250	194.1	195.67	450	264.18	266.94	650	329.64
-140	43.88	42.91	60	123.24	123.64	260	197.71	199.35	460	267.56	270.38	660	332.79
-130	48	47.11	70	127.08	127.54	270	201.31	203.01	470	270.93	273.8		
-120	52.11	51.29	80	130.9	131.42	280	204.9	206.66	480	274.29	277.22		
-110	56.19	55.44	90	134.71	135.3	290	208.48	210.3	490	277.64	280.63		
-100	60.26	59.57	100	138.51	139.16	300	212.05	213.93	500	280.98	284.02		
-90	64.3	63.68	110	142.29	143.01	310	215.61	217.54	510	284.3	287.4		
-80	68.33	67.77	120	146.07	146.85	320	219.15	221.15	520	287.62			
-70	72.33	71.85	130	149.83	150.67	330	222.68	224.74	530	290.92			
-60	76.33	75.91	140	153.58	154.49	340	226.21	228.32	540	294.21			
-50	80.31	79.96	150	157.33	158.29	350	229.72	231.89	550	297.49			
-40	84.27	83.99	160	161.05	162.08	360	233.21	235.45	560	300.75			
-30	88.22	88.01	170	164.77	165.86	370	236.7	238.99	570	304.01			
-20	92.16	92.02	180	168.48	169.63	380	240.18	242.53	580	307.25			
-10	96.09	96.02	190	172.17	173.38	390	243.64	246.05	590	310.49			

Bảng 1: Thông số điện trở của cảm biến nhiệt độ PT100

Cảm biến nhiệt độ PT100 mang một giá trị điện trở (độ phân giải) khác nhau ở mỗi một giá trị nhiệt độ khác nhau được thể hiện ở

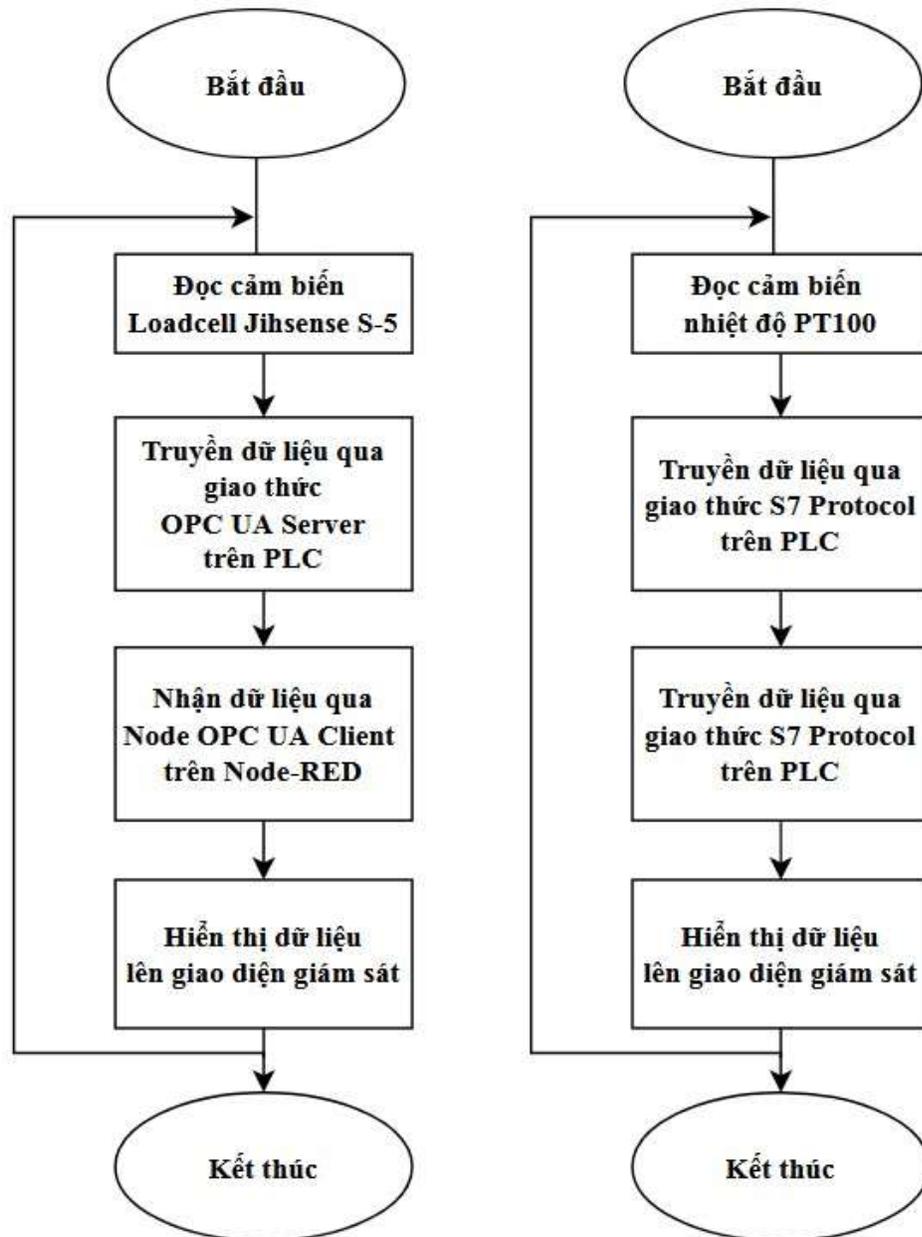
Bảng 1 sẽ giúp trả tin hiệu về PLC một mức điện áp khác nhau.

Bảng 2: Thông số kỹ thuật của Loadcell Jih sense S-5

Định mức đầu ra	2.0mV/V (S1,2 1.0mV/V)
Sai số	0.05%
Độ trễ	0.03%
Độ sai số khi treo	0.05%/30min
Trở kháng đầu vào	430 hoặc 405 ± 25 Ω
Trở kháng đầu ra	350 ± 5 Ω
Điện áp tối đa	20V
Điện áp hoạt động	10V
Độ quá tải an toàn	150%
Chiều dài dây kết nối	3m
Dây kết nối	Ngõ vào: Đỏ (+), Đen (-). Ngõ ra: Xanh (+), Trắng (-)

Các thông số kỹ thuật của cảm biến Loadcell Jihsense S-5 và các điều kiện kèm theo được thể hiện ở Bảng 2 nhằm giúp cảm biến có thể đọc chính xác giá trị, độ ổn định và sai số thấp nhất khi giám sát khối lượng.

2.3. Kết nối truyền thông giữa PLC S7-1200 và phần mềm Node-RED qua box IoT Gateway

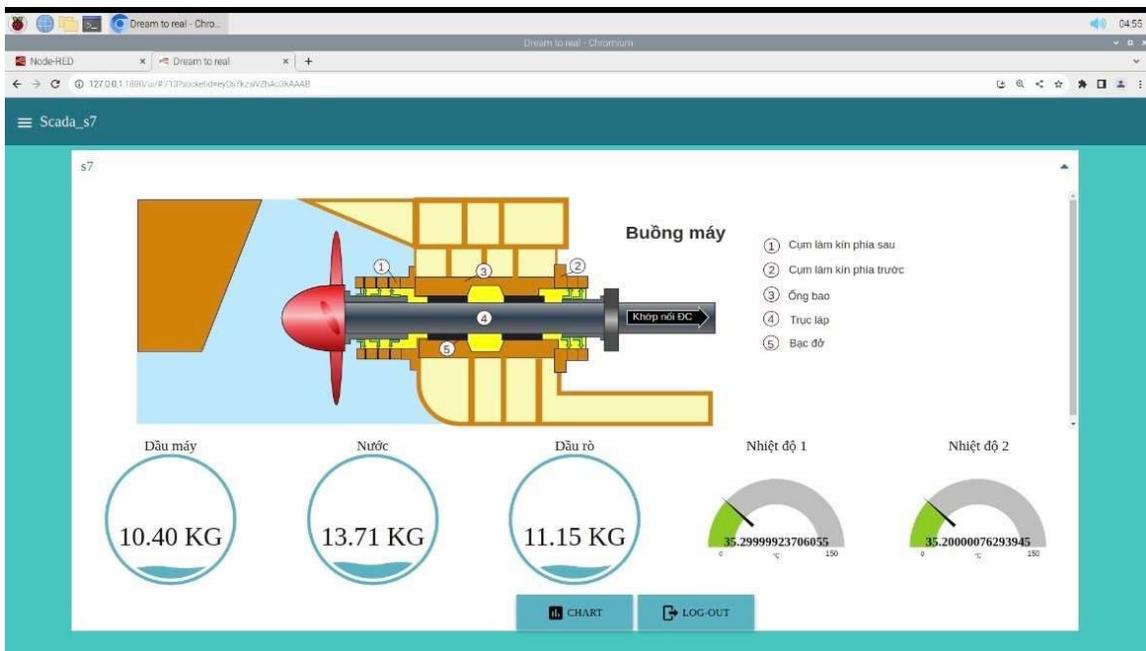


Hình 5. Lưu đồ giải thuật truyền thông OPC UA (trái) và S7 Protocol (phải)

Với nghiên cứu này nhóm tác giả sẽ sử dụng hai giao thức chính là truyền thông OPC UA và truyền thông S7 Protocol để có thể kết nối truyền thông truyền dữ liệu cảm biến từ PLC đến giao diện giám sát thông qua box IoT Gateway. Như Hình 5 PLC sẽ đọc cảm Loadcell Jihsense S-5 sau đó thực hiện truyền dữ liệu qua giao thức OPC UA (Server) trên PLC và sử dụng node OPC UA (Client) để

nhận dữ liệu trên Node-RED. Đối với cảm biến nhiệt độ PT100 dữ liệu sẽ được truyền qua giao thức S7 Protocol trên PLC và nhận dữ liệu bằng cách sử dụng node S7 Protocol. Khi kết nối truyền thông thành công giữa PLC và phần mềm Node-RED trên box các thông số của cảm biến sẽ được hiển thị trực tiếp trên giao diện giám đã được thiết kế.

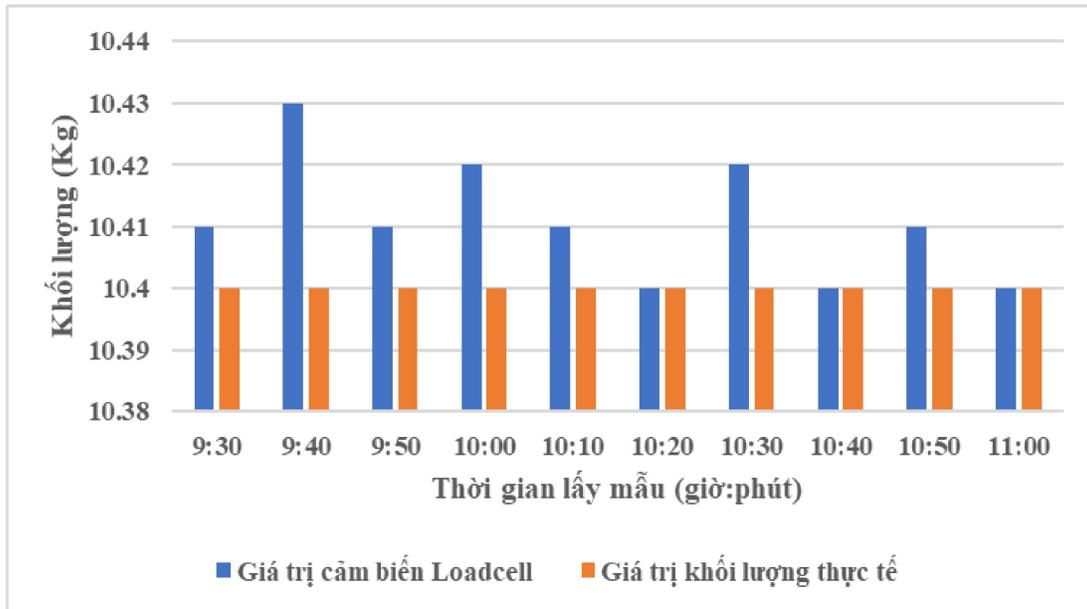
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



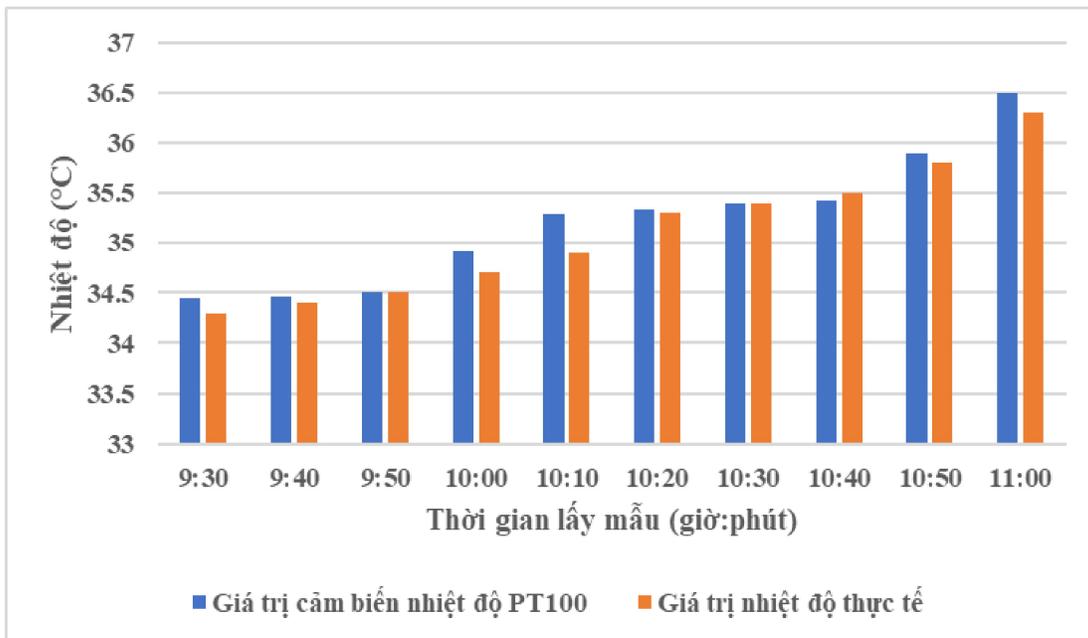
Hình 6. Hiển thị giá trị cảm biến nhận từ PLC trên giao diện web

Sau khi đã thiết kế hoàn thiện box IoT Gateway, lập trình đọc cảm biến, truyền thông trên phần mềm TIA Portal V17 cho PLC và giao diện web giám sát trên Node-RED nhóm tác giả đã tiến hành thực nghiệm kết nối phần cứng để đọc dữ liệu từ hai cảm biến. Đầu tiên thực nghiệm đọc và giám sát thông số cảm biến nhiệt độ PT100 và loadcell thông qua PLC S7-1200 sử dụng giao thức OPC UA và S7 Protocol kết

quả được thể hiện qua Hình 6, các thông số về khối lượng và nhiệt độ được cập nhật liên tục lên giao diện hoàn toàn không có tình trạng mất kết nối giữa PLC và box IoT Gateway được thể hiện thông qua kết quả đo liên tục trong 90 phút. Từ đó có thể chứng minh thêm khả năng kết nối truyền thông giữa box và PLC S7-1200 thông qua giao thức OPC UA và S7 Protocol.



Hình 7. Biểu đồ giá trị cảm biến Loadcell



Hình 8. Biểu đồ giá trị cảm biến nhiệt độ

Qua biểu đồ Hình 7 cho thấy khi sử dụng bộ IoT Gateway của nhóm phát triển để giám sát thông số cảm biến Loadcell có giá trị trung bình 10 lần đo với thời gian 90 phút là 10,411 kg, sai số khoảng 0,12% so với khối lượng thực tế là 10,400 kg, tuy có sự thay đổi về khối lượng nhưng không đáng

kể. Với cảm biến nhiệt độ PT100 (Hình 8) sai số trung bình một lần đo là 0,12°C tương ứng khoảng 0,3% so với thực tế. Từ các kết quả đó thấy được độ tin cậy khi sử dụng bộ IoT Gateway để giám sát các thông số cảm biến thời gian thực với độ chính xác tương đối cao.

4. KẾT LUẬN

Giải pháp số hóa dữ liệu bằng IoT Gateway đã được triển khai thực nghiệm trong nghiên cứu này. Box IoT Gateway bao gồm các cổng Ethernet, HDMI, COM, RS485, USB-C, dễ dàng kết nối với các thiết bị ngoại vi khác. Giao diện giám sát trực quan dễ dàng sử dụng trên các nền tảng web hoặc điện thoại di động giúp người dùng linh hoạt trong việc theo dõi giám sát thông số cảm biến. Thực nghiệm đã chứng minh khả năng kết nối truyền thông với PLC thông qua hai giao thức OPC UA và S7 Protocol, hoạt động tốt và đảm bảo kết nối trong thời gian dài. Qua đó cho thấy tiềm năng thương mại của box IoT Gateway trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

Chuquimarca, L., Asencio, A., Torres, W., Bustos, S., Sánchez, J., & Saldaña, C. (2021). "Evaluation of Data Transfer from PLC to Cloud Platforms-Based Real-Time Monitoring Using the Industrial Internet of Things". In *Information and Knowledge in Internet of Things*. Cham: Springer International Publishing, pp. 331-344.

Dũng, B. H. (2017), "Xây dựng hệ thống giám sát thời tiết dựa trên nền tảng IoT", Luận văn Thạc sĩ Khoa học máy tính, Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng năm 2017.

Luis, C. J., Alba, A. G., Washington, T. G., Samuel, B. G., & José, S. A. (2021, February), "Development of network system for connection PLC to cloud platforms using IIoT." In *International Conference on Advances in Digital Science*. Cham: Springer International Publishing, Vol. 1352, pp. 433-443.

Mellado, J., & Núñez, F. (2022), "Design of an IoT-PLC: A containerized programmable logical controller for the industry 4.0.", *Journal of Industrial Information Integration*, Vol. 25, 100250.

Ngu, A. H., Gutierrez, M., Metsis, V., Nepal, S., & Sheng, Q. Z. (2016), "IoT middleware: A survey on issues and enabling technologies." *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 04, No. 01, pp.1-20.

Riêng, P. T. X., Hiều, L. T., & Ngôn, N. C. (2022), "Ứng dụng công nghệ IoT trong cảnh báo rò rỉ khí gas hộ gia đình." *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, tập 58, số 03, trang 44-51.

Thái, T. M., và Long, D. N. (2022), "Ứng dụng công nghệ IoT và mạng cảm biến trong giải pháp quản lý môi trường và nâng cao hiệu quả mô hình lúa tôm ở huyện An Biên tỉnh Kiên Giang." *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, tập 58(SDMD), trang 31-41.

Thịnh, N. Đ. (2018), "Thiết kế IoT Gateway sử dụng máy tính nhúng cho lưới điện thông minh trong hộ gia đình." *Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật*, Trường Đại học Bách khoa – Đại Học Đà Nẵng năm 2018.

Toc, S. I., và Korodi, A. (2018, September), "Modbus-OPC UA Wrapper using Node-RED and IoT-2040 with application in the water industry." In *2018 IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, IEEE, pp. 000099-000104.

Zhu, Q., Wang, R., Chen, Q., Liu, Y., và Qin, W. (2010, December), "Iot gateway: Bridging wireless sensor networks into internet of things." In *2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pp. 347-352.

Zolotová, I., Bundzel, M., & Lojka, T. (2015). "Industry IoT gateway for cloud connectivity." In *Advances in Production Management Systems: Innovative Production*

Management Towards Sustainable Growth: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2015, Tokyo, Japan, September 7-9, 2015, Proceedings, Part II 0. Springer International Publishing, Vol. 460, pp. 59-66.

Đức, N. P. C., Lịch, L. Đ., và Thắng, H. (2023), “Ứng dụng IoT xây dựng trạm quan trắc môi trường sông biển sử dụng năng lượng tái tạo.” Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng, tập 21, số 07, trang 52-57.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DATA DIGITIZATION SOLUTIONS USING IOT GATEWAY

ABSTRACT

In the context of a world that is increasingly transitioning to a digitized model, the collection, processing and management of data is becoming more important than ever. This research will focus on the research and development of an IoT Gateway device capable of collecting data from multiple PLCs to the Internet using industrial communication protocols such as OPC UA, S7 Protocol... and based on the Node-RED platform to build a remote data management and monitoring interface. Research Methods: Using Raspberry Pi to create IoT Gateway Module to collect and process data from sensors via S7-1200 PLC and send to Node-RED via OPC UA, S7 Protocol. Results: Successfully designed an IoT Gateway suite capable of connecting to PLC via OPC UA protocol, S7 Protocol and monitoring data directly or via the Internet. After testing, the IoT Gateway set achieved an error when monitoring mass of about 0.12% compared to the actual volume and an error when monitoring temperature of about 0.3% compared to the actual temperature.

Keywords: *IoT Gateway, Node-RED, OPC UA, S7 Protocol*