

HỆ THỐNG THU THẬP VÀ QUẢN LÝ THÔNG SỐ ĐO LƯỜNG TỪ CÁC THIẾT BỊ ĐO CÔNG SUẤT VÔ TUYẾN

COLLECTION AND MANAGEMENT SYSTEM OF MEASUREMENT PARAMETERS FROM RADIO POWER MEASUREMENT DEVICES

**Trần Vũ Kiên, Hoàng Thị Phương Thảo, Phạm Trọng Hoan
Nguyễn Xuân Sách, Hoàng Đại Dương**

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 09/12/2023, Ngày chấp nhận đăng: 29/12/2023, Phản biện: PGS.TS Nguyễn Huy Hoàng

Tóm tắt:

Bài báo này đề xuất một hệ thống thu thập, quản lý dữ liệu công suất đo đặc cho các trạm phát sóng vô tuyến. Hệ thống bao gồm các mô đun chuyển đổi kết nối với các máy đo và hệ thống phần mềm máy tính được xây dựng để thu thập, quản lý, lưu trữ các thông số được gửi tới từ các máy đo. Dữ liệu đo được gán nhãn theo tình trạng của thiết bị để hỗ trợ cho quá trình nhận dạng và xác định lỗi dựa trên các mô hình học máy. Hệ thống hoạt động ổn định khi thử nghiệm trong phòng thí nghiệm với nguồn đo gồm 05 thiết bị phát sóng vô tuyến, sử dụng các máy đo công suất vô tuyến gắn các mô đun chuyển đổi được kết nối Wi-Fi để chuyển dữ liệu về máy chủ. Hệ thống đo đặc và thu thập công suất có thể được ứng dụng để giám sát tình trạng các thiết bị phát sóng liên tục theo thời gian thực, hỗ trợ cho công việc sửa chữa bảo dưỡng cho các trạm phát sóng trong thông tin vô tuyến.

Từ khóa:

Đo công suất vô tuyến, thu thập dữ liệu.

Abstract:

This article proposes a system for collecting and managing measurement power data for radio transmission stations. The system includes conversion modules connected to the meters and a computer software system built to collect, manage, and store parameters sent from the meters. Measurement data is labeled according to device conditions to support error identification and identification based on machine learning models. The system operates stably in laboratory testing with a measurement source consisting of 05 radio transmitters, using radio frequency power meters with conversion modules connected to Wi-Fi to transfer data to the server. The measurement and collection system can be applied to continuously monitor the status of transmitters in real time, supporting repair and maintenance for base stations in mobile communications.

Keywords:

Power meter, collect data.

1. MỞ ĐẦU

Trong quá trình vận hành, sửa chữa, bảo dưỡng các thiết bị thu phát sóng, máy đo

công suất vô tuyến đóng một vai trò hết sức quan trọng và được sử dụng thường xuyên. Các máy đo thể hiện các thông số

định lượng đối với các nguồn phát cần kiểm tra, từ đó hỗ trợ cho người quản lý vận hành có thể biết được tình trạng hoạt động của các thiết bị phát sóng nhằm đảm bảo được chất lượng thu phát cũng như nhanh chóng đưa ra được các biện pháp giải quyết khắc phục nếu các thiết bị đó gặp sự cố. Các máy đo công suất vô tuyến phổ biến hiện nay bao gồm các hãng như Anritsu, HP, Keysight thường được sử dụng để đo trực tiếp và có cung cấp giao diện truyền thông theo chuẩn IEEE488 tới máy tính, người sử dụng thực hiện quá trình điều khiển và đọc kết quả ngay tại các màn hình chỉ thị trên máy đo [1], [2]. Hầu hết các máy đo này đều không hỗ trợ kết nối từ xa, do vậy không thuận lợi trong việc giám sát thu thập dữ liệu liên tục theo thời gian thực. Ngoài ra, trong các phòng sửa chữa bảo dưỡng thường làm việc cùng lúc với số lượng lớn các bộ phát sóng, do đó cần có số lượng lớn các máy đo công suất tương ứng. Đối với các bài toán phân tích và tìm lỗi trong các bộ phát sóng cần thực hiện lấy mẫu đồng thời các thiết bị này để phục vụ việc so sánh, phân tích đối chứng, để làm được điều này cần phải có một bộ thu dữ liệu tập trung. Đã có một số công trình công bố về các giải pháp thu thập thông số đo lường cho các ứng dụng khác nhau [3], [4], [5], [6]. Trong [3] trình bày một giải pháp thu thập các thông số đo lường từ các loại cảm biến đo thông số môi trường để phục vụ sản xuất nông nghiệp. Các kết quả đạt được của nghiên cứu này là xây dựng một hệ thống bao gồm các cảm biến được kết nối với phần cứng vi điều khiển và truyền dữ liệu đo lường về trung tâm.

Tuy nhiên, các vấn đề về lưu trữ thông kê và xử lý dữ liệu chưa được đề cập đến trong bài báo. Trong [4] đề cập đến vấn đề chuẩn hóa dữ liệu từ các cảm biến đo lường khác nhau. Tuy nhiên, bài báo chỉ tập trung vào việc thiết kế các giao thức truyền thông cho mô đun chuyển đổi dữ liệu nhằm chuẩn hóa dữ liệu từ các nguồn cảm biến khác nhau. Trong [5] cũng đề xuất một hệ thống tích hợp các thiết bị đo lường điện với các loại dụng cụ đo khác nhau. Tuy nhiên, hệ thống cần phải giao tiếp với nhau thông qua cáp dữ liệu và không có hệ thống quản lý thông kê. Như vậy, hầu hết các hệ thống đã đề cập ở trên đều chưa có hệ thống thu thập, quản lý dữ liệu tập trung. Một số hệ thống SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), DCS (Data Collection System) được đề xuất trong [7], [8] để đo lường giám sát, điều khiển đã ra đời từ sớm nhưng các hệ thống này chỉ phù hợp với những mô hình thu thập lớn trong công nghiệp, không thích hợp trong đo lường giám sát các thiết bị phát sóng vô tuyến do mô hình phức tạp, khó thay đổi qui mô của hệ thống. Các mô hình IoT cũng đã được triển khai rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như trong nông nghiệp, chăm sóc sức khỏe, giám sát các thông số môi trường hoặc trong các nhà máy công nghiệp [3], [8], [9]. Tuy nhiên, các hệ thống này vẫn chưa được triển khai cho các trạm phát sóng vô tuyến.

Bài báo này giải quyết những vấn đề trên bằng cách thiết kế và triển khai một hệ thống thập dữ, quản lý dữ liệu tập trung từ các máy đo công suất thông qua mạng vô tuyến với giao thức MQTT (Message

Queueing Telemetry Transport). Môđun thu nhận dữ liệu từ các máy đo công suất vô tuyến được thiết kế, chế tạo để có thể giao tiếp với các máy đo công suất hỗ trợ xuất dữ liệu qua các giao diện USB, Ethernet, RS232 theo tiêu chuẩn IEEE488, tích hợp chức năng truyền nhận qua Wi-Fi hoặc Ethernet để gửi dữ liệu từ các máy đo về máy chủ. Phần mềm máy chủ được cài đặt trên máy chủ có chức năng thu thập và phân loại các gói tin được gửi đến từ các môđun này. Thông tin sau khi thu thập được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu theo ID (Identification) và trạng thái của các bộ phát sóng phục vụ cho quá trình giám sát, phân tích và chẩn đoán lỗi. Hệ thống thực hiện việc tạo ra bộ dữ liệu đo lường ứng với từng chủng loại thiết bị phát công suất vô tuyến, từ đó xây dựng lên các đường đặc tuyến công suất ứng với các trạng thái hoạt động khác nhau của thiết bị. Bộ dữ liệu này đóng vai trò hết sức quan trọng trong việc chẩn đoán lỗi hoặc đưa ra cảnh báo sớm đối với từng loại thiết bị phát sóng vô tuyến [6]. Mô hình này có thể mở rộng ra nhiều điểm đo ở các khu vực địa lý khác nhau. Mục tiêu của bài báo là cung cấp một nền tảng thu

thập và quản lý thông số đo lường ứng dụng trong công nghiệp với các thiết bị đo lường khác nhau như các thiết bị đo lường điện, đồng hồ điện tử, các thiết bị đo thông số môi trường.

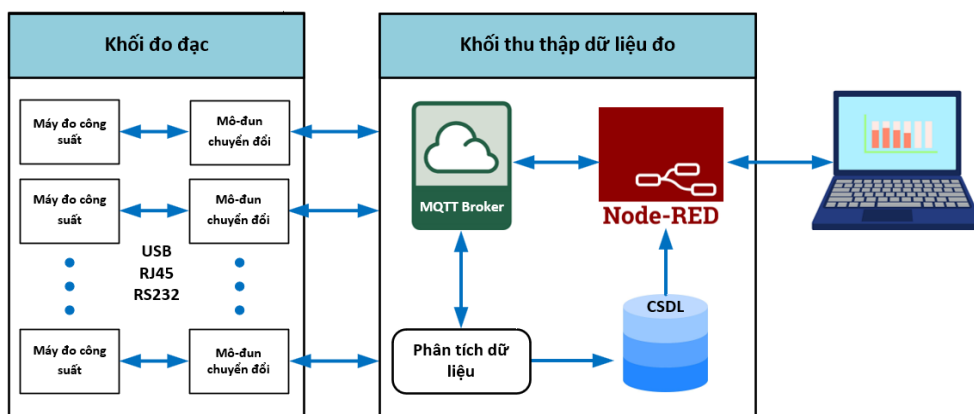
Trong Phần 2, bài báo trình bày mô hình hệ thống đề xuất. Quá trình thử nghiệm và đánh giá hệ thống được trình bày trong Phần 3.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG THU THẬP VÀ QUẢN LÝ THÔNG SỐ ĐO

2.1. Mô hình hệ thống

Mô hình hệ thống thu thập thông số đo vô tuyến được đề xuất như trong Hình 1 gồm khối đo đặc và khối thu thập dữ liệu đo.

Khối đo đặc là các máy đo công suất có đầu ra dữ liệu theo chuẩn IEEE488 được kết nối với môđun chuyển đổi dữ liệu. Môđun chuyển đổi được thiết kế nhằm chuyển đổi dữ liệu từ chuẩn IEEE488 sang chuẩn JSON và ngược lại. Khối thu thập dữ liệu là một phần mềm máy tính gồm khối MQTT broker [10] để quản lý các kết nối từ các môđun chuyển đổi dữ liệu đến máy chủ. Dữ liệu sau khi đến

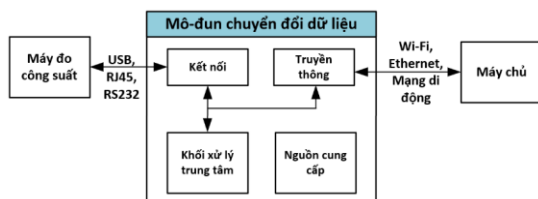


Hình 1. Mô hình hệ thống thu thập thông số đo vô tuyến

khối MQTT broker được khối Data analysis xử lý và phân luồng dữ liệu, sau đó dữ liệu này được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. Khối Node-RED [11], [12] là một webserver có kết nối tới cơ sở dữ liệu cung cấp cho người dùng giao diện để quan sát và quản lý các thông tin đo đạc dưới dạng đồ thị, đồng hồ Gauss. Người dùng cũng có thể cấu hình cài đặt tới các máy đo thông qua giao diện web.

2.2. Môđun chuyển đổi dữ liệu

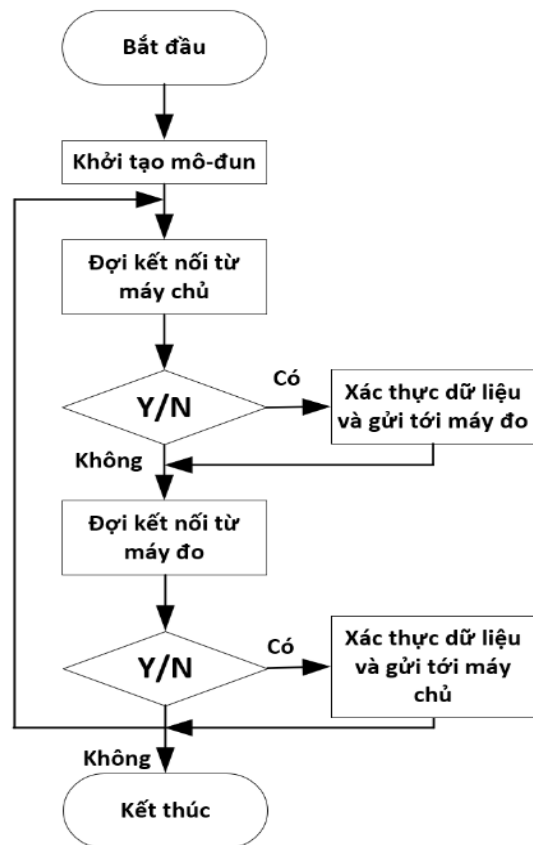
Môđun chuyển đổi dữ liệu bao gồm khối kết nối, khối truyền thông, khối xử lý trung tâm và khối nguồn cung cấp được thực hiện bởi IC MT7688 như được mô tả trong Hình 2. Khối kết nối trong môđun cung cấp giao thức truyền nhận dữ liệu giữa môđun và đầu ra số của máy đo công suất thông qua các kết nối như USB, Ethernet, RS232. Khối truyền thông thực hiện việc kết nối môđun chuyển đổi dữ liệu tới máy chủ thông qua các kết nối Ethernet, Wi-Fi và mạng di động. Khối xử lý trung tâm trên môđun sử dụng hệ điều hành nhúng OpenWRT [13]. Một phần mềm viết bằng ngôn ngữ Python được xây dựng để giao tiếp, quản lý các kết nối giữa môđun với máy đo và giữa môđun với máy chủ.



Hình 2. Môđun chuyển đổi dữ liệu

Hình 3 đề xuất lưu đồ thuật toán của chương trình. Khi môđun được cấp

nguồn, môđun được khởi tạo và sẽ tải các tham số cấu hình được lưu trữ trong bộ nhớ EEPROM cho hoạt động của môđun. Sau đó chương trình sẽ chuyển sang chế độ vòng lặp và kiểm tra các kết nối đến máy chủ và đến máy đo.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán thực hiện trên môđun chuyển đổi dữ liệu

Nếu có kết nối được thiết lập, chương trình sẽ gọi tới khối xử lý tương ứng trong từng trường hợp. Dữ liệu nhận được từ máy chủ có dạng là một chuỗi JSON chứa nội dung truy vấn hoặc điều khiển máy đo công suất. Khối xử lý của môđun sẽ phân tách chuỗi JSON và chuyển đổi dữ liệu nhận được từ máy chủ sang dạng chuẩn IEEE448 và gửi tới máy đo không quan kết nối giữa máy đo với môđun chuyển

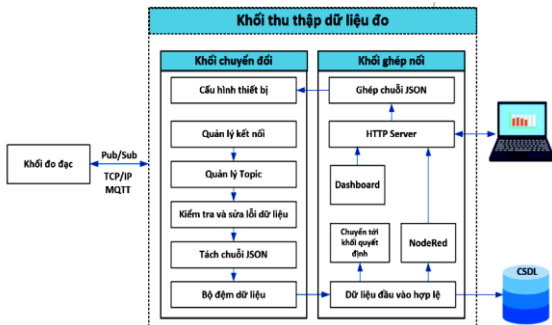
đổi. Trong trường hợp có dữ liệu gửi đến máy chủ từ máy đo, mô đun chuyển đổi sẽ phân tách dữ liệu từ chuẩn IEEE448 và tổ hợp lại thành chuỗi JSON và gửi chuỗi này tới máy chủ. Trong các trường hợp dữ liệu không hợp lệ, phần mềm sẽ bỏ qua và thực hiện tiếp tục chu trình lặp cho đến khi tắt nguồn cho mô đun chuyển đổi.

Dữ liệu thu được từ máy đo được định dạng thành các chuỗi JSON như ví dụ sau:

```
JSON {"ID": "1234", "command": "Measure[1|2]: POWER?", "Data": "value", "Checksum": 0xFFFF}.
```

2.3. Bộ thu thập dữ liệu

Bộ thu thập dữ liệu đo là một phần mềm được lập trình và cài đặt trên máy tính có kiến trúc như trong Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ kiến trúc của bộ thu thập dữ liệu

Khối thu thập dữ liệu đo được phân chia thành 2 khối con gồm khối chuyển đổi có nhiệm vụ quản lý các kết nối đến và đi từ máy chủ. Khối quản lý chủ đề (Topic) kiểm tra và phân loại các dữ liệu đến máy chủ theo các tiêu đề khác nhau. Khối kiểm tra và sửa lỗi dữ liệu đảm bảo tính chính xác của dữ liệu dựa trên các thuật toán checksum và sửa lỗi. Sau đó dữ liệu được đưa qua khối tách chuỗi JSON để

phân tách dữ liệu thành các trường dữ liệu khác nhau. Các dữ liệu này được đưa vào bộ đệm dữ liệu để đảm bảo quá trình nhận dữ liệu được đồng bộ và không mất dữ liệu.

Khối ghép dữ liệu sẽ đọc dữ liệu từ bộ đệm và xử lý dữ liệu ở các giai đoạn tiếp theo. Với các dữ liệu hợp lệ sẽ được ghi vào cơ sở dữ liệu để phục vụ quản lý thống kê. Ngoài ra dữ liệu cũng được đưa đến luồng dữ liệu http để các phần mềm khác có thể truy cập trực tiếp tới các dữ liệu này. Toàn bộ phần giao diện hiển thị và quản lý được thực hiện trên nền tảng Node-RED như trong Hình 5. Người quản lý có thể thực hiện việc giám sát và điều khiển thông qua giao diện web, các dữ liệu tức thời được biểu diễn trực quan dưới dạng đồng hồ, các dữ liệu lịch sử được biểu diễn dưới dạng đồ thị, các thao tác điều khiển cấu hình được thể hiện dưới dạng các nút bấm và biểu tượng. Khi người quản lý thực hiện các thao tác cấu hình điều khiển, nội dung của lệnh điều khiển sẽ được đóng gói dưới dạng một chuỗi JSON và gửi đến các mô đun chuyển đổi, đồng thời lệnh điều khiển này cũng được lưu trữ vào trong cơ sở dữ liệu.



Hình 5. Giao diện web quản lý của hệ thống thu thập dữ liệu đo

Bộ thu thập dữ liệu được viết bằng ngôn ngữ Python phiên bản 3.10 hoạt động trên



Hình 6. Hệ thống thu thập dữ liệu trong phòng thí nghiệm

máy tính NUC11 core i7 chạy hệ điều hành Ubuntu 22.04.3 LTS (Jammy Jellyfish) đã cài đặt phiên bản Node-Red 11 và Mosquitto 12 để làm MQTT broker, hệ cơ sở dữ liệu sử dụng MongoDB. Hệ thống được cấu thành với các thành phần mã nguồn mở với chi phí thấp và có thể triển khai rộng rãi trong lĩnh vực giám sát, bảo trì bảo dưỡng các thiết bị viễn thông.

3. THỬ NGHIỆM

3.1. Kịch bản thử nghiệm

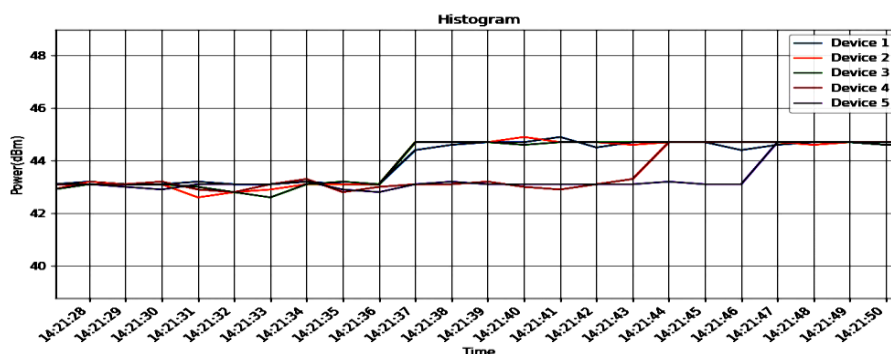
Trong bài báo này chúng tôi thử nghiệm hệ thống để thu thập thông số 05 bộ thu phát RRU 3959 của Huawei như trong Hình 6.

Các thiết bị được cấu hình ở chế độ tự kiểm tra với 3 mức công suất phát thay

đổi 0, 20 W, 30 W. Đầu vào của đồng hồ đo công suất được kết nối ngay tại đầu ra công suất của RRU, đầu ra của đồng hồ đo công suất được kết nối với một tải giả 100 W. Môđun chuyển đổi được kết nối với các đồng hồ đo và gửi giá trị đo lường về máy chủ thông qua mạng WiFi trong phòng thí nghiệm. Hệ thống được kích hoạt và quan sát giá trị đo đạc trong suốt quá trình thử nghiệm và kiểm tra các bộ thu phát.

3.2. Kết quả và thảo luận

Trong quá trình thử nghiệm hệ thống đáp ứng được các mục tiêu đề ra, hệ thống hoạt động liên tục theo thời gian và cập nhật các giá trị đo đạc kịp thời, chính xác như trong Hình 7.



Hình 7. Đồ thị hiển thị kết quả đo đặc công suất của 05 thiết bị phát sóng vô tuyến

Các giá trị đo đặc theo thời gian thực được biểu diễn trực quan dưới dạng biểu đồ giúp cho người quản lý đánh giá được tình trạng của các bộ phát sóng vô tuyến khác nhau. Quá trình cấu hình và gửi lệnh tới các thiết bị đo được thực hiện chính xác và có độ trễ dưới 1 giây.

Trong các đơn vị sửa chữa, bảo dưỡng viễn thông có thể sử dụng hệ thống này để kiểm tra đánh giá hoạt động của các thiết bị cần bảo dưỡng hoặc các thiết bị sau khi xử lý khắc phục sự cố. Kết hợp với bộ dữ liệu đã được thu thập từ trước, người vận hành hệ thống có thể so sánh đối chiếu đặc tính hoạt động của các thiết bị cùng một loại. Điều này giúp phân loại trạng thái các thiết bị khác nhau nhằm giúp quá trình nhận định đánh giá đáng tin cậy và có cơ sở. Bộ dữ liệu có thể được sử dụng cho một quá trình học máy từ đó giúp cho quá trình tìm lỗi và đánh giá trạng thái thiết bị một cách tự động nâng cao tuổi thọ của thiết bị phát sóng vô tuyến.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một thiết kế của hệ

thống thu thập dữ liệu đối với các thiết bị đo công suất sóng vô tuyến. Các nguồn dữ liệu từ các máy đo công suất vô tuyến được gửi tới môđun chuyển đổi và được gửi tới máy chủ sau đó được xử lý và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. Các ứng dụng đã được phát triển để chứng minh sự phù hợp của hệ thống trên. Các tính năng lưu trữ thông kê và so sánh bộ dữ liệu đo lường theo ID của bộ thu phát có thể được sử dụng kết hợp với các thuật toán học máy để đưa ra được tình trạng của thiết bị vô tuyến cần giám sát, hoặc đưa ra các cảnh báo sớm về tình trạng, hỗ trợ cho quá trình bảo dưỡng sửa chữa các thiết bị này. Ngoài ra, hệ thống có tính linh động và khả năng mở rộng cao, vì vậy có thể được sử dụng để kết nối với các thiết bị đo lường khác nhau để tạo thành các hệ thống đo lường tự động hóa một cách hiệu quả.

Lời cảm ơn: Công trình nghiên cứu này đã được Trường Đại học Điện lực tài trợ thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2023 (mã số: ĐTKHCN.28/2022).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Keysight Technology, "N1911A/N1912A P-Series Power Meters and N1921A/N1922A Wideband Power Sensors," Published in USA, March 4, (2020), 5989-2471EN.
- [2] Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI), SCPI Consortium (1999).
- [3] Kaewmard, Nattapol, and Saiyan Saiyod. "Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm," 2014 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE). IEEE, (2014).
- [4] Peters, Sven, et al. "Methods and procedures for automatic collection and management of data acquired from on-the-go sensors with application to on-the-go soil sensors," Computers and Electronics in Agriculture 81 (2012): 104-112.

- [5] Luft, Mirosław, Radosław Cioć, and Daniel Pietruszczak. "Integrated measurement system based on the IEEE-488 bus," 2012 ELEKTRO. IEEE, (2012).
- [6] Tefera, Yonas Yehualaeshet, et al. "Recurrent Neural Network-based Base Transceiver Station Power Supply System Failure Prediction," 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). IEEE, (2020).
- [7] Klump, Ray, Robert E. Wilson, and Kenneth E. Martin. "Visualizing real-time security threats using hybrid SCADA/PMU measurement displays," Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, (2005).
- [8] Saravanan, Krishnann, et al. "Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA," Environmental monitoring and assessment 190 (2018): 1-16.
- [9] Barrat, Alain, et al. "Measuring contact patterns with wearable sensors: methods, data characteristics and applications to data-driven simulations of infectious diseases," Clinical Microbiology and Infection 20.1 (2014): 10-16.
- [10] A. Soni, Dipa, and Ashwin Makwana. "A survey on mqtt: a protocol of internet of things (IoT)," International conference on telecommunication, power analysis and computing techniques (ICTPACT-2017). Vol. 20. (2017).
- [11] Lekić, Milica, and Gordana Gardašević. "IoT sensor integration to Node-RED platform," 2018 17th International Symposium Infoteh-Jahorina (Infoteh). IEEE, (2018).
- [12] Tabaa, Mohamed, et al. "Industrial communication based on modbus and node-RED," Procedia computer science 130 (2018): 583-588.
- [13] Fainelli, Florian. "The OpenWrt embedded development framework," Proceedings of the Free and Open Source Software Developers European Meeting. (2008)

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Trần Vũ Kiên tốt nghiệp đại học tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ và Tiến sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông vào các năm 2010 và 2023. Hiện nay tác giả công tác tại Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Điện lực.

Hướng nghiên cứu chính: Thiết kế hệ thống nhúng và xử lý tín hiệu số.



Tác giả Hoàng Thị Phương Thảo tốt nghiệp đại học tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2004, nhận bằng Thạc sĩ và Tiến sĩ ngành Điện tử Viễn thông tại Đại học Bách Khoa Hà Nội vào các năm 2007 và 2019. Hiện nay tác giả công tác tại Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Điện lực.

Hướng nghiên cứu chính: Thiết kế anten, hệ thống định vị và công nghệ truyền thông không dây.



Tác giả Phạm Trọng Hoan tốt nghiệp đại học và nhận bằng Thạc sĩ tại Trường Đại học Điện lực vào các năm 2018 và 2021. Hiện nay tác giả công tác tại Trường Đại học Điện lực.

Hướng nghiên cứu chính: Thiết kế phần cứng, lập trình vi điều khiển. Nghiên cứu chế tạo ứng dụng trong ngành điện tử và hệ thống viễn thông.



Tác giả Nguyễn Xuân Sách hiện nay là sinh viên Khóa D14, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Điện lực.



Tác giả Hoàng Đại Dương hiện nay là sinh viên Khóa D14, Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Điện lực.