

THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT MÁY LỌC NƯỚC DỰA TRÊN INTERNET OF THINGS

Phan Văn Hải^{1*}, Trịnh Thị Hậu¹, Từ Việt Hoàng¹, Đỗ Văn Tân¹, Nguyễn Trung Kiên¹

*Tác giả liên hệ, email: pvhai12@hou.edu.vn. ORCID: 0009-0007-6837-0568

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 15/01/2026

Ngày phản biện đánh giá: 18/03/2026

Ngày bài báo được duyệt đăng: 14/04/2026

DOI: 10.59266/houj.2026.1163

Tóm tắt: Bài báo này đề xuất một kiến trúc giám sát từ xa ứng dụng công nghệ mạng lưới vạn vật (IoT). Hệ thống được thiết kế để định lượng theo thời gian thực ba tham số cốt lõi: mức độ tinh khiết của nguồn nước (thông qua hệ số TDS), tổng lượng nước và công suất điện năng tiêu thụ. Thiết bị trong hệ thống có một khối xử lý trung tâm sử dụng ESP32 (một vi điều khiển) thực hiện việc thu thập các thông số của cảm biến, sau đó đồng bộ hóa dữ liệu lên máy chủ đám mây ThingsBoard để trực quan hóa và lưu trữ. Quá trình kiểm chứng thực nghiệm cho thấy hệ thống đáp ứng được các chức năng đặt ra, với độ sai lệch số liệu nằm trong ngưỡng cho phép của bài toán giám sát kỹ thuật. Kết quả nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi của hệ thống trong việc số hóa quy trình quản lý tài nguyên nước tại các công sở hoặc hộ gia đình.

Từ khóa: Internet of Things, giám sát máy lọc nước, đo lượng nước tiêu thụ, chất lượng nước (TDS), thingsBoard, ESP32

I. Đặt vấn đề

Hiện nay, máy lọc nước là thiết bị thiết yếu trong sinh hoạt. Tuy nhiên, thực tế cho thấy phần lớn các hệ thống lọc nước dân dụng đang hoạt động theo cơ chế thụ động; người dùng không có dữ liệu định lượng về khối lượng nước thực tế đã xử lý hay mức độ bão hòa của các lõi lọc. Việc thiếu hụt thông tin giám sát dẫn đến hai hệ quả: thay thế lõi lọc quá sớm gây lãng phí chi phí vận hành hoặc sử dụng lõi lọc quá hạn làm suy giảm chất lượng nước đầu ra và ảnh hưởng trực tiếp

đến sức khỏe người dùng.

Sự phát triển của mạng lưới vạn vật (IoT) và các giao thức truyền thông giúp việc thay đổi mô hình quản lý thiết bị thủ công sang quản lý tự động, từ xa trở nên thuận lợi hơn. Việc ứng dụng IoT cho phép thiết lập các kênh giám sát liên tục, giúp theo dõi và phân tích các thông số vận hành từ xa mà không phải thao tác ngay tại thiết bị. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu đề xuất các hệ thống giám sát chất lượng nước, nhưng các công bố vẫn đang hướng

¹ Trường Đại học Mở Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

đến các hệ thống quan trắc môi trường quy mô lớn với chi phí cao, hoặc chỉ giải quyết đơn lẻ bài toán đo lưu lượng mà chưa tích hợp việc theo dõi năng lượng tiêu thụ và hiệu suất lọc trong một kiến trúc phần cứng thống nhất (Zulkifli và cộng sự, 2022).

Từ các hạn chế nêu trên, bài báo đã đề xuất một hệ thống giám sát máy lọc nước tích hợp đa tham số. Nghiên cứu tập trung xử lý vấn đề thu thập dữ liệu thời gian thực cho ba chỉ số vận hành cốt lõi: tổng chất rắn hòa tan (TDS), lượng nước và điện năng tiêu thụ. Giải pháp đề xuất sử dụng vi điều khiển ESP32 kết hợp với nền tảng ThingsBoard (ThingsBoard, n.d.), hướng tới việc cung cấp một công cụ quản lý minh bạch, cho phép giám sát hoạt động của thiết bị thông qua việc đối sánh dữ liệu giữa đầu vào và đầu ra.

II. Cơ sở lý thuyết

2.1. Cấu trúc hệ thống

Về mặt cấu trúc, hệ thống bao gồm ba phân lớp chức năng chính. Đầu tiên là lớp nhận thức, đảm nhiệm vai trò số hóa các tín hiệu vật lý từ môi trường thành tín hiệu điện. Tiếp theo là lớp mạng, chịu trách nhiệm vận chuyển gói tin qua các giao thức truyền thông đến trung tâm dữ liệu. Cuối cùng là lớp ứng dụng, nơi thực hiện việc lưu trữ và trực quan hóa thông tin (Al-Fuqaha và cộng sự, 2015). Cấu trúc này cho phép thu thập dữ liệu tự động và giám sát từ xa, qua đó giảm thao tác thủ công tại hiện trường.

2.2. Cơ sở đo lường độ tinh khiết của nước

Chất lượng nước sau lọc thường được đánh giá bằng chỉ số TDS. Về mặt hóa lý, chỉ số này phản ánh tổng hàm lượng các thành phần có khả năng phân ly thành

ion trong một đơn vị thể tích dung môi. Nguyên lý đo lường của các thiết bị điện tử dựa trên mối tương quan giữa nồng độ ion và độ dẫn điện của dung dịch. Do dòng điện di chuyển trong nước nhờ vào sự dịch chuyển của các ion, mật độ ion càng lớn thì điện trở suất của dung dịch càng giảm, do đó, bằng việc đo độ dẫn điện, cảm biến có thể ước lượng nồng độ chất rắn hòa tan trong nước (Rusydi, 2018).

2.3. Nguyên lý đo lưu lượng và tổng lượng nước

Để xác định vận tốc dòng chảy trong đường ống, kỹ thuật sử dụng hiệu ứng Hall là phương pháp phổ biến nhờ chi phí hợp lý và độ bền cơ học. Hiệu ứng này dựa trên nguyên lý dòng điện có thể được sinh ra khi từ trường thay đổi. Cụ thể, khi dòng nước tác động lực làm quay tua-bin có gắn nam châm, sự thay đổi từ trường sẽ kích hoạt linh kiện Hall phát ra chuỗi xung vuông tại đầu ra. Tần số của chuỗi xung tín hiệu này có mối quan hệ tỷ lệ thuận với vận tốc dòng chảy, tạo cơ sở để bộ vi xử lý tính toán lưu lượng tức thời và cộng dồn thể tích nước tiêu thụ theo thời gian (Caldas và cộng sự, 2020).

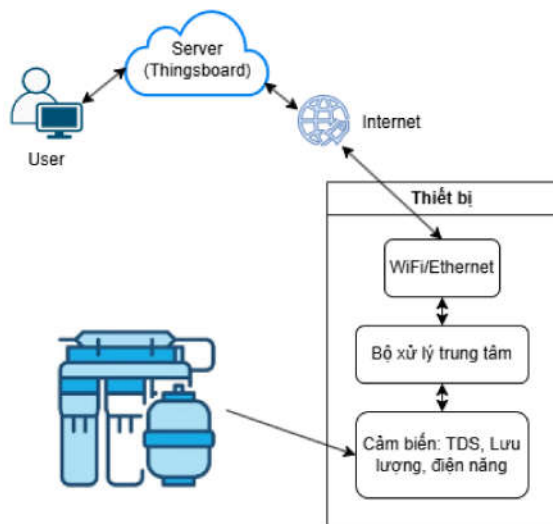
2.4. Cơ sở tính toán điện năng tiêu thụ

Trong điện xoay chiều, việc giám sát năng lượng đòi hỏi sự tính toán dựa trên các đại lượng vector do sự lệch pha giữa điện áp và dòng điện. Công suất tác dụng - phần năng lượng sinh công thực sự - được tính toán dựa trên tích số giữa cường độ dòng điện, điện áp hiệu dụng và hệ số công suất. Điện năng tiêu thụ tích lũy sẽ là tổng đại số của công suất này theo thời gian hoạt động. Đây là cơ sở để các cảm biến xây dựng thuật toán đo lường và đo được các thông số điện xoay chiều (Nobile và cộng sự, 2022).

III. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Kiến trúc hệ thống

Dựa trên nền tảng lý thuyết đã trình bày, bài báo này xây dựng hệ thống theo mô hình tập trung nhằm đáp ứng yêu cầu giám sát từ xa (Hình 1). Luồng dữ liệu được định hướng di chuyển từ các cảm biến đo lường, qua bộ xử lý trung tâm để đóng gói, sau đó truyền tải qua hạ tầng mạng đến máy chủ. Tại đây, nền tảng ThingsBoard sẽ lưu trữ dữ liệu và hiển thị trên giao diện người dùng. Kiến trúc này hỗ trợ cơ chế tương tác hai chiều, cho phép thiết bị vừa gửi báo cáo định kỳ, vừa duy trì trạng thái kết nối để nhận các lệnh cấu hình từ người quản trị, cung cấp sự linh hoạt trong quá trình giám sát.



Hình 1. Kiến trúc hệ thống giám sát máy lọc nước

3.2. Các thành phần phần cứng của thiết bị

3.2.1. Bộ xử lý trung tâm

Bộ xử lý trung tâm được phát triển trên nền tảng vi điều khiển ESP32. Đây là dòng chip sở hữu kiến trúc lõi kép, cho phép hệ thống phân luồng xử lý được nhiều tác vụ. Một lõi được lập trình để chuyên trách nhiệm vụ đọc tín hiệu từ các

cảm biến, lõi còn lại duy trì kết nối mạng sử dụng giao thức TCP/IP. Việc lựa chọn nền tảng này nhằm mục đích cân bằng giữa việc hoạt động ổn định và chi phí phần cứng của hệ thống.

3.2.2. Module đo lưu lượng nước

Để hiện thực hóa nguyên lý đo lường bằng hiệu ứng Hall, nghiên cứu sử dụng cảm biến dòng chảy YF-S201. Thiết bị này hoạt động ở điện áp thấp và chịu được áp lực nước phù hợp với quy mô đường ống dân dụng. Hệ thống bố trí hai cảm biến tại vị trí đầu cấp nước và đầu vòi sử dụng giúp người dùng dễ đánh giá được tình trạng hoạt động của thiết bị.

3.2.3. Module đo chất lượng nước

Hệ thống sử dụng module đo TDS Analog đi kèm đầu dò chuyên dụng để đo chất lượng nước. Tín hiệu tương tự thu được từ cảm biến sẽ được vi điều khiển lấy mẫu và xử lý. Tương tự như phần đo lưu lượng, hai đầu dò TDS được lắp đặt trước và sau màng lọc RO. Dữ liệu thu được từ hai vị trí này giúp đánh giá mức độ giảm thiểu chất rắn hòa tan qua màng lọc, cung cấp căn cứ tham khảo để người dùng quyết định thời điểm thay thế vật liệu lọc.

Cảm biến TDS được hiệu chuẩn bằng phương pháp hồi quy tuyến tính dựa trên dữ liệu thực nghiệm. Cụ thể, nhóm nghiên cứu tiến hành đo đồng thời 10 mẫu nước khác nhau, với giá trị TDS dao động trong khoảng từ 22 đến 517 ppm, sử dụng bút đo thương mại làm thiết bị tham chiếu. Từ tập dữ liệu thu được, một hàm hiệu chỉnh tuyến tính được xây dựng nhằm giảm sai lệch giữa giá trị đo của cảm biến và giá trị thực tế.

Kết quả hiệu chuẩn cho thấy tồn tại sai lệch có hệ thống giữa hai phương pháp đo, thể hiện qua thành phần lệch hằng số

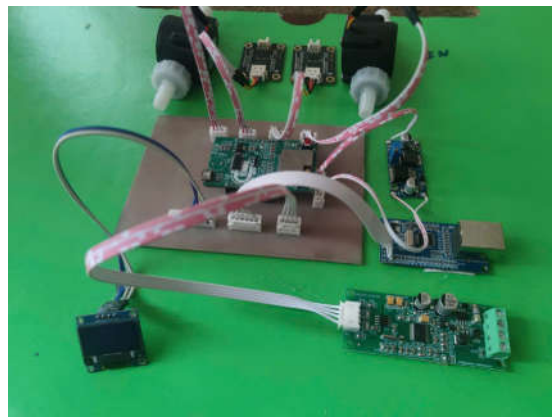
(offset) trong hàm hồi quy. Điều này phản ánh xu hướng cảm biến đánh giá thấp giá trị TDS so với thiết bị tham chiếu trong toàn dải đo.

3.2.4. Module giám sát điện năng

Đối với bài toán quản lý năng lượng, nghiên cứu sử dụng module PZEM-004T. Thiết bị này tích hợp vi mạch đo lường để tính toán các thông số gồm điện năng tích lũy, công suất, dòng điện và điện áp. Việc sử dụng module chuyên dụng giúp giảm tải khối lượng tính toán cho vi xử lý chính, đồng thời cung cấp các thông số vận hành với độ tin cậy đủ đáp ứng cho mục đích giám sát tiêu thụ điện dân dụng.

3.2.5. Module truyền thông Ethernet

Nhằm tăng cường sự ổn định cho kênh truyền dữ liệu, nghiên cứu tích hợp thêm mô-đun Ethernet W5500 bên cạnh kết nối không dây có sẵn của vi điều khiển. Trong các điều kiện môi trường có nhiều vật cản sóng, kết nối có dây được thiết lập làm kênh truyền tin ưu tiên. Thuật toán điều khiển được lập trình cơ chế chuyển đổi dự phòng, hệ thống sẽ chuyển sang sử dụng WiFi khi phát hiện mất kết nối cáp mạng, qua đó nỗ lực duy trì luồng dữ liệu giám sát một cách liên tục nhất có thể.



Hình 2. Mạch phân cứng của thiết bị

3.3. Thu thập và quản lý dữ liệu

Định kỳ theo thời gian cài đặt, vi điều khiển kích hoạt các cảm biến lấy mẫu dữ liệu, sau đó định dạng thành chuỗi JSON. Giao thức MQTT được lựa chọn làm phương thức vận chuyển dữ liệu nhờ đặc tính bản tin nhỏ gọn, phù hợp với hạ tầng mạng băng thông thấp. Trong mô hình này, thiết bị đóng vai trò là bên phát tin đẩy dữ liệu lên máy chủ, đồng thời đăng ký vào các kênh điều khiển để nhận lệnh. Giải pháp này giúp người quản lý có thể theo dõi lịch sử hoạt động và đưa ra các quyết định bảo trì phù hợp. Ngoài ra, hệ thống còn cho phép người quản lý có thể quản lý được nhiều thiết bị thông qua giao diện người dùng (Hình 3).

Created time	Name	Device profile	Label	State	Customer	Public
2026-01-25 21:44:28	he_thong_nuoc_KV05	default		Inactive	Customer A	<input type="checkbox"/>
2026-01-25 21:44:15	he_thong_nuoc_KV04	default		Inactive	Customer B	<input type="checkbox"/>
2026-01-25 21:44:01	he_thong_nuoc_KV03	default		Inactive	Public	<input checked="" type="checkbox"/>
2026-01-25 21:43:44	he_thong_nuoc_KV02	default		Inactive	Customer C	<input type="checkbox"/>
2025-09-08 23:10:55	he_thong_nuoc_KV01	default		Active	mu_kien	<input type="checkbox"/>

Hình 3. Giao diện quản lý các thiết bị của ThingsBoard

IV. Kết quả và thảo luận

4.1. Đánh giá khả năng đo lường nước tiêu thụ

Khả năng giám sát lượng nước tiêu thụ của hệ thống được đánh giá thông qua việc đo với ba mức thể tích tham chiếu gồm 1 lít, 3 lít và 5 lít. Tại mỗi mức thể tích, phép đo được thực hiện lặp lại 5 lần liên tiếp nhằm hạn chế sai số ngẫu nhiên và nâng cao độ tin cậy của kết quả. Sau các lần đo, giá trị trung bình được tính toán để phục vụ đánh giá. Kết quả thực nghiệm cho thấy thể tích nước trung bình do hệ thống ghi nhận lần lượt đạt 1,006 lít đối với mức 1 lít; 3,142 lít đối với mức 3 lít và 5,160 lít đối với mức 5 lít. Từ đó, sai số tương đối được tính toán tương ứng là 2,0%, 4,7% và 3,2%.

Các kết quả này cho thấy hệ thống có khả năng giám sát và cộng dồn lượng nước tiêu thụ với độ ổn định cao. Mức sai số thu được được xem là có thể chấp nhận được trong bài toán giám sát từ xa, trong đó mục tiêu chính là theo dõi sự thay đổi và tổng mức tiêu thụ theo thời gian thay vì yêu cầu độ chính xác tuyệt đối tại từng thời điểm đo. Ngoài ra, việc triển khai đồng thời hai cảm biến lưu lượng tại đầu vào và đầu ra giúp hỗ trợ nhận biết sớm các hiện tượng bất thường như thất thoát hoặc rò rỉ nước trong quá trình vận hành.

4.2. Đánh giá chức năng đo chất lượng nước thông qua chỉ số TDS

Độ chính xác của phân hệ đo TDS được đánh giá bằng phương pháp so sánh với thiết bị tham chiếu là bút đo TDS thương mại phổ biến trên thị trường. Thí nghiệm được tiến hành trên ba mẫu nước đại diện cho các mức độ TDS thấp, trung bình và cao. Mỗi mẫu nước được đo lặp lại 5 lần bằng cả hệ thống đề xuất và thiết

bị tham chiếu, sau đó tính giá trị trung bình để so sánh.

Kết quả TDS trung bình đo bởi hệ thống lần lượt là 22,0 ppm, 142,4 ppm và 414,0 ppm tương ứng với ba mức mẫu nước. Trong khi đó, thiết bị tham chiếu cho các giá trị trung bình là 27,8 ppm, 125,6 ppm và 334,2 ppm. Sai số tương đối giữa hai phương pháp đo được xác định lần lượt là 20,9%, 13,4% và 23,9%.

Có thể nhận thấy, mặc dù đã áp dụng hiệu chỉnh tuyến tính, sai số đo vẫn còn tương đối lớn, đặc biệt tại các mức nồng độ cao. Điều này cho thấy mô hình hiệu chuẩn tuyến tính mới chỉ loại bỏ được sai lệch có hệ thống, trong khi các thành phần sai số khác vẫn tồn tại. Nguyên nhân của hiện tượng này có thể là do mối quan hệ giữa độ dẫn điện và tổng chất rắn hòa tan không hoàn toàn tuyến tính trong toàn dải đo, dẫn đến việc mô hình tuyến tính bậc nhất không thể mô tả chính xác tại các vùng giá trị cao. Ngoài ra, sai số cũng có thể chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố như nhiệt độ môi trường, nhiễu tín hiệu hoặc đặc tính của cảm biến phân khúc phổ thông. Mặc dù vậy, hệ thống vẫn phản ánh rõ ràng sự phân biệt giữa các mức chất lượng nước khác nhau, đồng thời thể hiện được xu hướng biến thiên TDS giữa đầu vào và đầu ra của máy lọc. Điều này đáp ứng được yêu cầu giám sát hiệu suất lọc trong các ứng dụng thực tế.

4.3. Kết quả giám sát và quản lý trên nền tảng ThingsBoard

Dữ liệu đo lường từ thiết bị được truyền định kỳ lên nền tảng ThingsBoard thông qua hạ tầng mạng, trong đó kết nối Ethernet được ưu tiên sử dụng nhằm đảm bảo tính ổn định của đường truyền. Trên nền tảng này, các thông số như tổng lượng nước tiêu thụ, chỉ số TDS và điện năng tiêu thụ được lưu trữ theo thời gian.

Giao diện Dashboard (Hình 4) hiển thị nhiều giá trị theo thời gian thực, cũng như biểu đồ TDS theo thời gian và bảng tổng hợp lượng nước cho từng thiết bị. Ngoài chức năng giám sát, hệ thống còn hỗ trợ giao tiếp hai

chiều, cho phép người quản trị gửi các lệnh điều khiển từ xa như đặt lại (reset) các bộ đếm lượng nước hoặc điện năng. Chức năng này sẽ hữu ích trong các kịch bản quản lý tập trung nhiều thiết bị tại các cơ quan, tổ chức.



Hình 4. Giao diện giám sát một thiết bị trên nền tảng ThingsBoard

4.4. Thảo luận

Kết quả đánh giá ban đầu cho thấy hệ thống đã vận hành đúng theo kịch bản thiết kế, thực hiện được chức năng thu thập và số hóa ba thông số cơ bản gồm: lưu lượng, chỉ số TDS và điện năng. Việc bố trí cảm biến tại hai vị trí là một hướng tiếp cận hợp lý, giúp người dùng có cơ sở để so sánh tương đối chất lượng nước trước và sau khi lọc, thay vì chỉ nhận được thông tin một chiều như các thiết bị thông thường.

Tuy nhiên, cần nhìn nhận thực tế rằng sai số của cảm biến vẫn còn lớn, đặc biệt là ở các phép đo nồng độ chất rắn hòa tan (TDS) với mức lệch có lúc lên tới hơn 20% so với thiết bị tham chiếu. Nguyên nhân chủ yếu đến từ việc sử dụng các mô-đun cảm biến phân khúc phổ thông và quy trình hiệu chỉnh chưa thực sự tối ưu. Do đó, ở giai đoạn hiện tại, dữ liệu từ hệ thống có giá trị chủ yếu trong việc theo

đuôi xu hướng biến thiên và cảnh báo sớm các bất thường, hơn là dùng làm căn cứ đo lường chính xác tuyệt đối.

Mặc dù còn những hạn chế về độ chính xác, nhưng hệ thống có ưu điểm đo nhiều thông tin và khả năng giám sát từ xa ổn định. Hơn nữa, hệ thống được xây dựng từ các linh kiện phổ biến như vi điều khiển ESP32, cảm biến lưu lượng, cảm biến TDS và mô-đun đo điện năng, do đó tổng chi phí phần cứng ở mức thấp. Những điều này cho thấy giải pháp có tính khả thi cao trong việc triển khai thực tế cho các ứng dụng dân dụng và quy mô nhỏ.

V. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất và hiện thực hóa thành công một giải pháp giám sát cho hệ thống máy lọc nước sử dụng công nghệ IoT. Về mặt kỹ thuật, hệ thống đã đáp ứng yêu cầu thiết kế ban đầu: vận hành ổn định trên nền tảng vi điều khiển ESP32, đảm bảo kết nối liên tục nhờ cơ chế mạng lai

(Ethernet/WiFi) và cung cấp dữ liệu giám sát đa chiều gồm lưu lượng, chất lượng nước (TDS) và điện năng tiêu thụ. Đặc biệt, việc đo tại hai điểm (đầu vào - đầu ra) cung cấp cho người dùng thông tin hữu ích để có thể đưa ra đánh giá về tình trạng, hiệu suất làm việc của bộ lọc, hỗ trợ công tác bảo trì và kiểm soát chi phí. Mặc dù vẫn tồn tại sai số nhất định ở các mô-đun cảm biến giá rẻ, nhưng độ ổn định và chức năng của hệ thống được đánh giá là phù hợp với nhu cầu ứng dụng thực tiễn.

Hướng phát triển của nhóm nghiên cứu trong tương lai sẽ tập trung vào hai hướng cải tiến chính.

Thứ nhất, nâng cao độ chính xác của hệ thống bằng cách áp dụng các phương pháp xử lý tín hiệu và hiệu chỉnh dữ liệu ở mức thuật toán. Đối với nhiễu ngẫu nhiên trong quá trình đo, bộ lọc Kalman là một giải pháp phù hợp nhờ khả năng ước lượng giá trị thực của tín hiệu dựa trên chuỗi quan sát theo thời gian, từ đó giúp làm mượt dữ liệu và hạn chế dao động tức thời. Bên cạnh đó, sai số còn lại sau hiệu chuẩn tuyến tính cho thấy cần xem xét các mô hình hiệu chỉnh phi tuyến. Việc sử dụng các phương pháp hồi quy đa thức hoặc các mô hình học từ dữ liệu hiệu chuẩn có thể giúp mô tả chính xác hơn mối quan hệ giữa giá trị đo và giá trị thực, đặc biệt tại các vùng nồng độ cao. Sự kết hợp giữa các phương pháp này được kỳ vọng sẽ cải thiện đồng thời độ ổn định và độ chính xác của hệ thống. Thứ hai, mở rộng thêm chức năng của ứng dụng quản lý, tích hợp các công nghệ học máy để phân tích dữ liệu, từ đó có thể cung cấp các dự báo sớm về rò rỉ nước hoặc gợi ý thời điểm thay thế lõi lọc tối ưu cho người dùng. Ví dụ, hệ thống hỗ trợ thiết lập các ngưỡng cảnh báo trên nền tảng ThingsBoard. Khi các thông số như TDS hoặc công suất tiêu thụ vượt ngưỡng cho phép, cảnh báo sẽ được hiển thị trực tiếp trên giao diện

dashboard và gửi tới email đã cài đặt trước, giúp người dùng kịp thời phát hiện các bất thường trong quá trình vận hành.

Tài liệu tham khảo

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Caldas, A. M. A., Caldas, A. G. A., Dos Santos, C. A. C., Ochoa, A. A. V., C ezar, K. L., & Michima, P. S. A. (2020). Design, development and construction of Hall effect-based turbine meter type to measure flow in low-cost lithium bromide salt: Proposed flowmeter and first results. *International Journal of Refrigeration*, 112, 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.01.002>
- Nobile, G., Cacciato, M., & Vasta, E. (2022). Measuring Active Power as the Difference between the Peak Value of Instantaneous Power and the Apparent Power. *Sensors*, 22(9), 3517. <https://doi.org/10.3390/s22093517>
- Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>
- ThingsBoard. (n.d.). *ThingsBoard*. Retrieved <https://thingsboard.io>
- Zulkifli, C. Z., Garfan, S., Talal, M., Alamoodi, A. H., Alamlah, A., Ahmaro, I. Y. Y., Sulaiman, S., Ibrahim, A. B., Zaidan, B. B., Ismail, A. R., Albahri, O. S., Albahri, A. S., Soon, C. F., Harun, N. H., & Chiang, H. H. (2022). IoT-Based Water Monitoring Systems: A Systematic Review. *Water*, 14(22), 3621. <https://doi.org/10.3390/w14223621>

DESIGN OF AN INTERNET OF THINGS-BASED WATER FILTRATION MONITORING SYSTEM

Phan Van Hai¹, Trinh Thi Hau¹, Tu Viet Hoang¹, Do Van Tan¹, Nguyen Trung Kien¹

Abstract: *This paper proposes a remote monitoring architecture utilizing Internet of Things (IoT) technology. The system is designed to quantify three core parameters in real-time: water source purity (via the TDS coefficient), total water volume, and electrical power consumption. The system's device features a central processing unit powered by an ESP32 microcontroller to acquire sensor data, then synchronizes the data with the ThingsBoard cloud server for visualization and storage. Experimental verification demonstrates that the system meets the defined functional requirements, with data deviation falling within the permissible threshold for technical monitoring applications. The research results demonstrate the feasibility of the system in digitizing water resource management processes in offices or households.*

Keywords: *Internet of Things, water filtration monitoring, water consumption measurement, water quality (TDS), ThingsBoard, ESP32*

¹ Hanoi Open University, Hanoi Vietnam