

SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PLC TRONG THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT PHAO TIÊU HÀNG HẢI THÔNG MINH

USING PLC CONTROLLER IN THE DESIGN OF THE INTELLIGENT MARINE BUOY MONITORING SYSTEM

NGUYỄN VĂN HÙNG*, PHẠM TẤN DŨNG, NGUYỄN THỊ THANH THANH TÂM,
ĐẶNG HỮU CÔNG, NGUYỄN MẠNH HÙNG, BÙI ĐỨC NHẬT

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: hung.ddt@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Hiện nay, quản lý hệ thống phao tiêu hàng hải từ xa là một trong những vấn đề cần thiết và đáng quan tâm. Phương pháp truyền thống đơn giản về mặt kỹ thuật nhưng tiêu tốn nhiều nhân công, nguy hiểm đến tính mạng. Vì vậy, cần phải ứng dụng những phương pháp mới và công nghệ tiên tiến trong lĩnh vực này. Bài báo giới thiệu về hệ thống giám sát phao báo hiệu hàng hải để giám sát thông số của phao bao gồm: Chu kỳ chớp tắt của phao, tọa độ, dòng điện sạc pin mặt trời. Bên cạnh đó, một số cảm biến được sử dụng trong công việc để đo và thu thập dữ liệu nhằm dự đoán chất lượng nước, đáy biển và các sinh vật sống trong đó. Hệ thống thu thập dữ liệu theo thời gian về trung tâm quản lý để giám sát, lưu trữ từ xa thông qua internet.

Từ khóa: Giám sát môi trường biển, Phao thông minh, thu thập năng lượng, phao tiêu hàng hải, giám sát phao tiêu.

Abstract

Nowadays, the remote control system for maritime buoys is one of the most important issues. The traditional method is technically simple but labour-intensive and life-threatening. Therefore, applying advanced methods and technology in this field is necessary. The article introduces the marine signalling buoy monitoring system to monitor the buoy's parameters, including the buoy's blinking cycle, coordinates, and solar battery charging current. In addition, several sensors are used in the work to measure and collect data to predict the quality of the water, the seabed and the organisms that live in it. The system collects data over time to the management centre for remote monitoring and storage via the Internet.

Keywords: Marine environment monitoring, smart buoys, energy harvesting, marine buoy, buoy monitoring.

1 Mở đầu

Hiện nay, việc quản lý các phao báo hiệu hàng hải bằng phương pháp thủ công có thể gây ra nhiều khó khăn trong việc đảm bảo tính an toàn cho tàu thuyền và người đi biển. Tuy nhiên, đối với những phương pháp này, chi phí bảo trì bảo dưỡng thường cao do yêu cầu sử dụng nhiều nhân công, phương tiện và thời gian. Ngoài ra, phương pháp truyền thống tiềm ẩn nhiều rủi ro cho nhân công trong điều kiện thời tiết mưa, bão gây ra khó khăn và nguy hiểm [1]. Trong nghiên cứu được thực hiện bởi S. L. Kao et al cả cơ sở dữ liệu lịch sử và dữ liệu AIS đều được sử dụng để tính toán tốc độ điều động tàu an toàn nhằm giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm không khí và hàng hải tại Cảng Keelung [2]. Nhóm tác giả X. B. Olba và cộng sự cũng đưa dữ liệu AIS vào bài báo của họ với mục tiêu tăng cường an toàn hàng hải thông qua mô hình đánh giá rủi ro và xác định chỉ số rủi ro có thể áp dụng trên các cảng khác nhau [3]. Các phương pháp trên đã áp dụng các công nghệ để tính toán phục vụ lĩnh vực hàng hải và môi trường biển nhưng chưa xây dựng phần mềm quản lý và cảnh báo tình trạng phao tiêu hàng hải trên các kênh và cảng.

Việt Nam là quốc gia có bờ biển dài với hệ sinh thái biển đa dạng và nhiều tuyến hàng hải quốc tế quan trọng đi qua. Các hệ sinh thái ven biển dễ bị tổn thương trước tác động của hoạt động con người đối với sự phát triển công nghiệp, du lịch và đô thị dẫn đến ô nhiễm môi trường. Trên thế giới, với sự xuất hiện của nhiều sáng kiến khác nhau, từ các nghiên cứu trường hợp đơn giản đến các hệ thống quan sát ven biển phức tạp được thiết kế để giám sát môi trường biển.

Từ thực tiễn trên, việc nghiên cứu, thiết kế hệ thống giám sát phao báo hiệu hàng hải từ xa kết hợp với theo dõi chất lượng môi trường biển là hết sức cần thiết. Điều này giúp tiết kiệm nhân công, chi phí quản lý và dễ dàng giám sát, tăng cường hiệu quả trong công tác quản lý. Hệ thống bao gồm bộ điều khiển PLC có chức năng giám sát hoạt động của phao tiêu, thu thập các thông số chất lượng nước tại vị trí đặt phao đó. Ngoài ra, hệ thống được xây dựng dựa trên

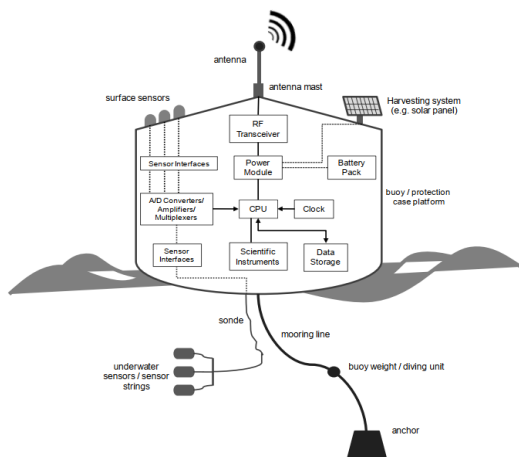
các công nghệ GPS, LoraWAN, từ đó truyền và nhận dữ liệu từ xa. Phần mềm giám sát tọa độ phao được thiết kế dựa trên dữ liệu Open CPN để lấy chính xác tọa độ phao. Hệ thống có thể truy xuất báo cáo tình trạng, kiểm soát tất cả các thông số kỹ thuật hoạt động cần thiết của phao (chu kỳ chớp/tắt của đèn trên phao, năng lượng ắc quy,...) dưới dạng báo cáo và lưu trữ dữ liệu phục vụ nghiên cứu.

Bài báo được sắp xếp theo thứ tự sau: Mục 2 trình bày tổng quan hệ thống phao tiêu thông minh. Mục 3 trình bày các bước thiết kế phần cứng và xây dựng phần mềm giám sát. Mục 4 thực hiện quá trình thử nghiệm hệ thống ngoài thực tế và phần cuối cùng là kết luận.

2. Tổng quan hệ thống phao tiêu thông minh

2.1. Cấu trúc hệ thống phao tiêu thông minh

Để thiết kế được hệ thống phao tiêu thông minh, nhóm tác giả đã nghiên cứu một số cấu trúc phao thông minh như trên Hình 1.

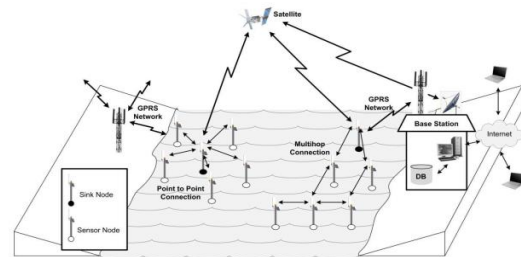


Hình 1. Cấu trúc thân phao

Trong đó, các thiết bị được sử dụng trong thiết kế và triển khai trên mỗi phao. Trước tiên, một thiết bị nổi như phao để giữ cho một phần của phao không bị chìm trong nước. Thân phao trên mặt nước bao gồm một ăng-ten để truyền RF và tấm pin năng lượng mặt trời để bổ sung nguồn điện vào ắc quy và trong một số trường hợp một hoặc nhiều cảm biến bên ngoài chủ yếu để theo dõi khí tượng với dữ liệu (tốc độ gió, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí,...). Phần chìm của phao bao gồm một hoặc nhiều cảm biến, có thể được đặt ở các độ sâu khác nhau (dây cảm biến), một đầu dò để truyền dữ liệu thu được đến phao và cuối cùng là tại các phao này được kết nối với xích và cố định dưới đáy sông, biển cho phép di chuyển trong khoảng cách giới hạn (do dòng hải lưu, gió, sóng,...).

2.2. Tìm hiểu cấu trúc chung A-WSN

Tiếp theo, nhóm nghiên cứu tìm hiểu cấu trúc của hệ thống nhiều phao tiêu thu thập dữ liệu. Hệ thống (Aerial Wireless Sensor Networks - A-WSN) là hệ thống cảm biến truyền không dây) thường được dùng để triển khai mạng. Hình 2 cho thấy kiến trúc chung của A-WSN để theo dõi hải dương học. Có hai loại giao tiếp giữa các nút chính: Điểm - điểm và có một hoặc nhiều phao giao tiếp trực tiếp với trạm cơ sở. Trong quá trình hoạt động một số phao chỉ có chức năng giám sát tọa độ phao tiêu. Các hệ thống giám sát ven biển dựa trên phao phù hợp để theo dõi và kiểm soát tình trạng của nước, vì việc lắp đặt và bảo trì rất đơn giản để thực hiện và không quá tốn kém. Hơn nữa, công nghệ được sử dụng cho phép tự động hóa thiết bị và lấy mẫu cũng như điều chỉnh thay đổi tần suất lấy mẫu. Bằng cách này, phao cảm biến bề mặt có thể được triển khai trong mạng để đạt được sự thể hiện không gian chính xác của các biến số biển được đo [3].



Hình 2. Hệ thống giám sát phao qua sóng RF

Có 3 loại mạng phao cảm biến tùy thuộc vào cách các nút cảm biến được liên kết:

- Mạng phao có dây [4].
- Các mạng phao trên không không dây được liên kết bằng tần số vô tuyến [5].
- GPRS hoặc sự kết hợp của phương pháp trên [6].
- Mạng lưới phao dưới nước liên kết bằng sóng âm.

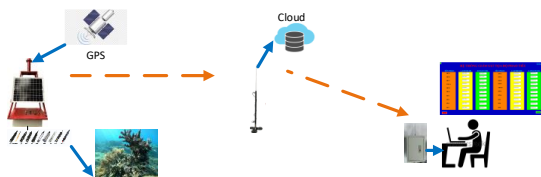
Mật độ và cấu trúc liên kết vật lý mạng hoàn toàn phụ thuộc vào môi trường. Vì vậy, cần phải hiểu môi trường mà nó sẽ được cài đặt. Điều này có nghĩa là chọn số lượng phao trong khu vực được giám sát. Việc triển khai dày đặc hơn giúp cải thiện độ chính xác của dữ liệu và cung cấp cho các mạng cảm biến nhiều năng lượng hơn và kết nối tốt hơn. Tuy nhiên, lắp đặt nhiều phao sẽ gây ra xung đột dữ liệu và nhiễu đến thiết bị trung tâm [7]. Do vậy, nhóm tác giả tiến hành xây dựng cấu trúc của hệ thống phao tiêu như sau.

2.3. Xây dựng sơ đồ tổng quan cấu trúc phao tiêu

Nhóm nghiên cứu đã xây dựng hệ thống phao tiêu hàng hải tích hợp cảm biến đo chất lượng nước dựa

theo cấu trúc được trình bày ở mục 2.1 và mục 2.2.

Hệ thống phao tiêu thể hiện như Hình 3 bao gồm hệ thống cảm biến thu thập các thông số về môi trường nước thông qua bộ chuyển đổi về bộ điều khiển PLC. Đồng thời, thiết bị định vị vệ tinh GPS gửi tín hiệu thông qua bộ giải mã bản tin NMEA để đưa vào bộ điều khiển trung tâm. Tại đây, thông qua bộ chuyển đổi dữ liệu không dây RF sẽ truyền đến trạm thu trung gian đặt trên bờ và đưa lên Cloud để lưu trữ. Tại trung tâm giám sát, người vận hành có thể truy dữ liệu các phao đã được mã hóa sẵn tăng tính bảo mật.



Hình 3. Sơ đồ tổng quan hệ thống

3. Thiết kế phần cứng và xây dựng phần mềm giám sát phao tiêu

3.1. Thiết kế phần cứng phao báo hiệu từ xa

Sau khi nghiên cứu cấu trúc hệ thống phao tiêu, nhóm tác giả lựa chọn phần cứng và tính toán thời gian hoạt động của ắc quy trong điều kiện thời tiết bất thường như Bảng 1:

Bảng 1. Tọa độ phao tiêu thực

TT	Thiết bị	Số lượng
1	PLC DVP 12SE	1
2	Thiết bị RF	2
3	Bộ thu dữ liệu	1
4	Cảm biến nước tích hợp	1
5	GPS	1
6	Bộ nguồn	1
7	Pin, sạc	1

Tiếp theo, nhóm tính toán dòng điện trong hệ thống để lựa chọn ắc quy phù hợp như sau:

$$I_{Total} = I_{Standby} + I_{Connection} + I_{Data request} + I_{DC/DC} + I_{S3178} + I_{StoreMemory} + I_{Send} + I_{BeaconLight} \quad (1)$$

Trong đó:

$I_{Standby}$: Dòng điện tiêu thụ ở chế độ chờ.

$I_{Connection}$: Dòng điện trong quá trình kết nối phao thông minh với trạm gốc.

$I_{Data request}$: Dòng điện tiêu thụ trong quá trình đồng bộ phao thông minh với trạm gốc.

$I_{DC/DC}$: Dòng điện tiêu thụ với bộ chuyển đổi dòng điện ở chế độ hoạt động.

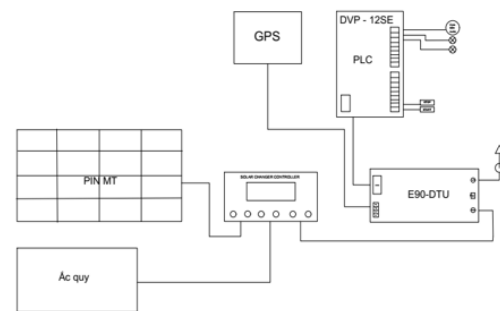
I_{S3178} : Dòng điện tiêu thụ bởi cảm biến chất lượng nước.

$I_{StoreMemory}$: Dòng điện tiêu thụ trong quá trình lưu trữ dữ liệu trên Cloud.

I_{Send} : Dòng điện tiêu thụ khi gửi dữ liệu tới trạm gốc.

$I_{BeaconLight}$: Dòng điện tiêu thụ bởi đèn giả lập hàng hải.

Kết quả sau khi dựa vào thông số các thiết bị đã lựa chọn được số thiết bị và thiết kế sơ đồ nguyên lý cho hệ thống như Hình 4.



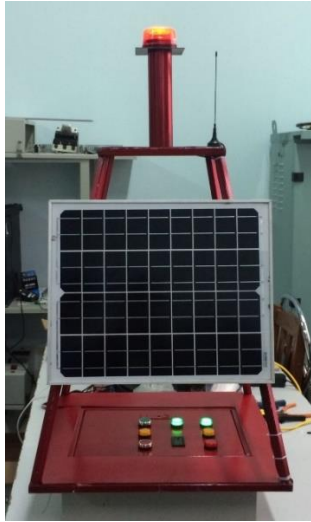
Hình 4. Sơ đồ nguyên lý hệ thống



Hình 5. Tủ điều khiển và giám sát phao

Cấu tạo phần cứng phao được thể hiện như Hình 5 bao gồm các thiết bị như:

- Bộ điều khiển PLC: Có chức năng thu thập dữ liệu từ bộ giải mã GPS và cảm biến chất lượng nước.
- Thiết bị giải mã bản tin NMEA GPS để lấy tọa độ cho phao tiêu từ vệ tinh.
- Cảm biến nước: Là loại cảm biến có chức năng thu thập thông số môi trường nước.
- Nguồn ắc quy: Được cung cấp năng lượng bởi tấm pin mặt trời thông qua bộ sạc cấp nguồn cho hệ thống.
- Bộ phát tín hiệu RF: Có khả năng truyền tín hiệu đi xa với khoảng cách lớn.



Hình 6. Phần cứng hệ thống phao tiêu

Sau khi thiết kế và lắp đặt xong các thiết bị trong tủ điều khiển, nhóm tiến hành dựng khung và kết nối với nguồn pin mặt trời. Ngoài ra, hệ thống phao cũng có lắp đặt đèn báo hiệu và có thể giám sát trạng thái chu kỳ tắt, khi bị sự cố đèn. Trên mặt tủ điều khiển còn có một số đèn báo trạng thái hoạt động, từ trung tâm giám sát, theo dõi được hoạt động của chúng. Nhóm nghiên cứu đã kết nối các thiết bị thành công thể hiện trên Hình 6.

3.2. Thiết kế trạm trung gian truyền nhận dữ liệu

Trong phần này để truyền nhận dữ liệu từ các phao tiêu trên luồng, khu vực cảng cần phải có thiết bị truyền và nhận dữ liệu từ xa. Một trạm thu thập từ xa được thiết kế như Hình 7. Trạm bao gồm thiết bị truyền nhận dữ liệu thông qua sóng RF. Thiết bị trung tâm xử lý dữ liệu và đưa lên Cloud để lưu trữ. Thiết bị cấp nguồn bằng ắc quy với thời gian hoạt động lên tới 14 ngày trong điều kiện ảnh hưởng bởi thời tiết. Sau khi thiết kế, chế tạo phần cứng nhóm đã xây dựng phần mềm giám sát hệ thống phao tiêu thông minh này.

3.3. Xây dựng phần mềm giám sát tọa độ phao tiêu từ xa

Nhóm tiến hành xây dựng phần mềm giám sát hệ thống phao tiêu với chức năng giám sát vị trí, trạng thái hoạt động của phao. Để xây dựng chính xác các tọa độ của phao tiêu, nhóm đã khảo sát tuyến luồng Hải Phòng, kết hợp với dữ liệu hải đồ điện tử để lấy tọa độ.

Tọa độ phao được lấy trực tiếp từ hải đồ kết hợp so sánh với GPS từ thiết bị trong phần mềm này dữ liệu tọa độ, trạng thái được nhóm xây dựng dựa trên hệ thống phao báo hiệu trên kênh Hà Nam, Hải Phòng với



Hình 7. Trạm truyền nhận dữ liệu trung gian

trên 20 phao tiêu. Giao diện hệ thống được thể hiện như Hình 8. Hình dưới thể hiện trạng thái hoạt động của các phao trên kênh Hà Nam. Nếu các phao bị sự cố nào đó đèn sẽ báo đỏ và nhấp nháy, lịch sử báo động sẽ lưu lại và có thể truy suất bởi người vận hành.



Hình 8. Hệ thống phao trên hải đồ



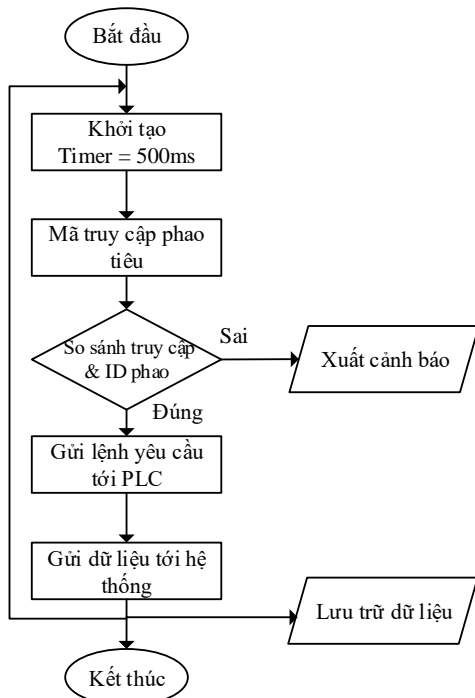
Hình 9. Trang giám sát trạng thái phao tiêu

Bên cạnh đó, để lấy chính xác vị trí phao từ thiết bị GPS nhóm đã xây dựng thuật toán giải mã lưu vào PLC như sau:

Sau khi nhận dữ liệu từ thiết bị GPS, thiết bị giải mã bản tin GPS để lấy được giá trị tọa độ như kinh độ và vĩ độ đưa vào PLC lưu trong vùng nhớ. Tiếp đó, để lấy được dữ liệu từ PLC thông qua thiết bị truyền phát sóng RF cần phải có mật mã đã được cấp quyền với

tùng đối tượng vận hành. Trường hợp sai mật mã hệ thống sẽ từ chối truy cập và cảnh báo và lưu lịch sử truy cập bất thường.

Trên Hình 10 thể hiện thuật toán gọi dữ liệu từ máy tính vận hành. Sau thời gian khởi tạo, hệ thống nhận mật mã nếu đúng sẽ truy suất đến phao và lấy thông tin dữ liệu của phao đó. Tối đa đối với một trạm trung gian có thể quản lý truy xuất dữ liệu 254 phao. Dưới đây là phần mềm giám sát vị trí phao được thể hiện như Hình 11.



Hình 10. Thuật toán gọi dữ liệu từ phao tiêu

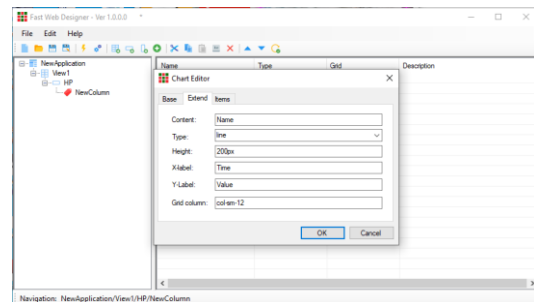


Hình 11. Giao diện hiển thị tọa độ phao tiêu

Trên hình là bản đồ nhóm tác giả thiết kế với một số phao tiêu khu vực kênh Hà Nam. Các phao thể hiện trong bản đồ 1, trường hợp phao tiêu lệch khỏi vị trí sẽ làm các phao trên bản đồ lệch khỏi vị trí hiện tại. Đồng thời, hệ thống sẽ cảnh báo chính xác sự cố trên phao tiêu. Để so sánh chính xác vị trí, chỉ cần mở hải đồ điện tử xuất hiện, do đó người vận hành quan sát dễ dàng hơn. Ngoài ra, để truy cập phao bất kì, cần

chọn phao đó trên bản đồ và nhập mật khẩu đã được cấp. Dữ liệu từ phao tiêu được gửi về máy tính như tọa độ, thời gian, thông số môi trường nước,...

Để thiết kế giao diện website trong việc giám sát và quản lý phao tiêu nhóm tác giả sử dụng phần mềm Fastweb giúp hỗ trợ xây dựng trang web thuận tiện và dễ dàng sử dụng. Trong phần mềm có thiết kế các hàng, cột trong đó được đặt các đối tượng cần thu thập dữ liệu. Đặc biệt, dữ liệu trên web được kết nối trực tiếp tới MySQL trên máy tính chủ giúp đồng bộ hóa dữ liệu với nhau.



Hình 12. Giao diện phần mềm tạo website

Để truy cập trên web ở các vị trí khác nhau cần tạo tên miền và mở cổng cho model wifi hệ thống tại phòng trung tâm thu thập dữ liệu.

4. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

Sau khi thiết kế phần cứng và xây dựng phần mềm, nhóm tác giả tiến hành chạy thử nghiệm hệ thống với một số trường hợp cụ thể. Do không thể lắp được hết tất cả phao trên kênh Hà Nam nên nhóm chỉ lấy dữ liệu một số phao cụ thể như Hình 13.



Hình 13. Khu vực trước kênh Hà Nam

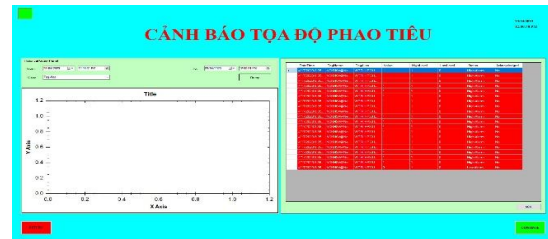
4.1. Thử nghiệm trạng thái sự cố trên phao tiêu

Trong phần này thử nghiệm khi đèn báo hiệu bị cháy, cảm biến chất lượng nước bị mất kết nối. Nhóm đã đi khảo sát và đặt phao tại vị trí phao HP37.

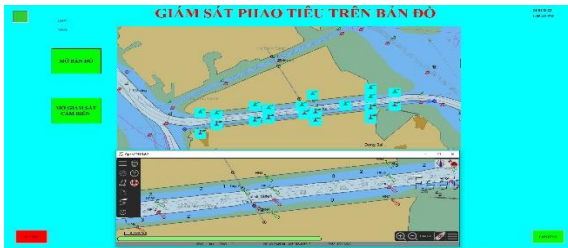
Trên Hình 14 thể hiện 2 phao HP37 bị mất tín hiệu và sai vị trí, phao HP33 bị đứt xích trôi trên khu vực kênh. Hệ thống sẽ báo động là lưu lại để truy xuất dữ liệu phục vụ công tác sau này được thể diện dưới Hình 15.



Hình 14. Phao tiêu bị sự cố



Hình 15. Cảnh báo sự cố phao tiêu



Hình 16. Vị trí phao HP37 bị lệch



Hình 17. Vị trí phao HP44 sau khi lệch tọa độ

Bảng 2. Tọa độ phao tiêu thực

TT	Tên Phao	Latitude	Longitude
1	HP33	20°49.1484'N	106°53.0364'E
2	HP37	20°49.0549'N	106°52.1545'E
3	HP44	20°48.8495'N	106°51.0103'E

Bảng 3. Tọa độ phao tiêu sai vị trí

TT	Tên Phao	Latitude	Longitude
1	HP33	20°49.1913'N	106°53.2261'E
2	HP37	20°49.0572'N	106°52.4016'E
3	HP44	20°48.8165'N	106°50.7262'E



Hình 18. Trạng thái phao tiêu HP44



Hình 19. Trạng thái phao tiêu HP37

4.2. Thử nghiệm sự cố sai lệch vị trí tọa độ phao tiêu

Trên Bảng 2 là tọa độ phao tiêu được lấy từ dữ liệu hải đồ điện tử kết hợp với Google Earth và Google Map qua chuyến khảo sát.

Sau đó nhóm di chuyển phao tiêu tại ba vị trí khác nhau để kiểm tra sự sai khác. Khi đó tọa độ phao trên bản đồ sẽ thay đổi và dữ liệu cảnh báo sẽ hiện lên cho người vận hành biết.

Tiếp theo, nhóm tiến hành thử nghiệm khi vị trí phao tiêu rời khỏi vị trí. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện di chuyển phao tiêu sang vị trí khác với tọa độ khác nhau như Bảng 3.

Trên Hình 16 là vị trí phao HP37 đã bị xô dịch ra

khỏi tọa độ thật. Kết quả so sánh trực tiếp giữa hải đồ và bản đồ.

Hình 17 là trường hợp thử nghiệm phao HP44 bị lệch khỏi vị trí do sự cố đứt xích.

Từ thử nghiệm trên, các kết quả đã đáp ứng được các yêu cầu đề ra và từ xa hoàn toàn giám sát được vị trí phao tiêu.

4.3. Thử nghiệm nhận dữ liệu chất lượng nước

Phao tiêu báo hiệu được tích hợp cảm biến chất lượng nước, tại vị trí đo hệ thống còn giám sát được chất lượng nước tại các vị trí khác nhau trên khu vực kênh và từ đó có thể thu thập dữ liệu phục vụ trong nghiên cứu môi trường biển.

Nhóm tác giả thử nghiệm tại 3 khu vực phao tiêu

để thu thập dữ liệu về. Trước tiên, muốn lấy thông tin phao nào cần nhập chọn phao đó. Lúc này một Panel xuất hiện yêu cầu nhập mã truy cập phao tiêu. Nếu đúng dữ liệu sẽ tự động gửi về máy chủ như Hình 18.

Hình 19 thể hiện thông số chất lượng môi trường nước tại các vị trí phao tiêu được gắn thiết bị.

5. Kết luận

Hệ thống quản lý phao tiêu hàng hải từ xa kết hợp giám sát chất lượng môi trường biển tại một số khu vực là hướng đi mới trong việc quản lý phao báo hiệu truyền thống hiện nay. Việc chế tạo, xây dựng thành công phần mềm giám sát và thử nghiệm hệ thống với môi trường thật đã giúp cho quản lý phao báo hiệu hàng hải trở nên hiệu quả hơn, giảm thiểu các sai sót trong quá trình vận hành và rủi ro. Hơn nữa, hệ thống này cũng giúp cho các thông tin về phao báo hiệu hàng hải được gửi nhanh chóng và đáng tin cậy hơn, giúp cho quá trình đưa ra quyết định và hành động phù hợp trở nên dễ dàng hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: SV.22-23.26.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Tuấn Anh (2012), *Hệ thống kiểm soát phao báo hiệu hàng hải từ xa qua mạng di động GSM*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số tháng 11/2012.
- [2] Bellsolà Olba, X., Daamen, W., Vellinga, T., Hoogendoorn, S.P. (2020), *Risk Assessment Methodology for Vessel Traffic in Ports by Defining the Nautical Port Risk Index*. Journal of Marine Science and Engineering. Vol.8 (1).
<https://doi.org/10.3390/jmse8010010>.

- [3] Kao, S.-L., Lin, J.-L., Tu, M.-R. (2020), *Utilizing the fuzzy IoT to reduce Green Harbor emissions*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Vol.11.
<https://doi.org/10.1007/s12652-020-01844-z>.
- [4] Cristina Albaladejo, Pedro Sánchez*, Andrés Iborra, Fulgencio Soto, Juan A. López and Roque Torres (2010), *Wireless Sensor Networks for Oceanographic Monitoring: A Systematic Review*, Sensors, Vol.10.
<https://doi.org/10.3390/s100706948>.
- [5] Cristina Albaladejo, Pedro Sánchez*, Andrés Iborra, Fulgencio Soto, Juan A. López and Roque Torres (2012), *A Low-Cost Sensor Buoy System for Monitoring Shallow Marine Environments*, Sensors, Vol.12.
<https://doi.org/10.3390/s120709613>
- [6] Chiung-Hsing, Yi-Chen Wu, Kang-Pyng Yu; Miin-Jong Hao, Shouh Ren Tsas (2021), *Monitoring River Pollution of Marine Environmen*, 2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS).
<https://doi.org/10.1109/ISPACS.2021.9651056>.
- [7] Guo, Z.; Hong, F.; Feng, H.; Chen, P.; Yang, X.; Jiang, M. OceanSense (2008), *Sensor Network of "Realtime Ocean Environmental Data Observation and Its Development Platform*. In *Proceedings*", International Workshop on UnderWater Networks, San Francisco, CA, USA, pp.101-105.

Ngày nhận bài:	24/03/2023
Ngày nhận bản sửa:	02/04/2023
Ngày duyệt đăng:	07/04/2023