

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
**CAPSTONE PROJECT**

**NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

**ĐỀ TÀI:**

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG QUAN TRẮC CHẤT  
LƯỢNG NƯỚC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LORA  
CHO NÔNG TRẠI NUÔI CÁ KẾT HỢP TRỒNG  
CÂY THỦY SINH**

Người hướng dẫn: **TS. NGÔ ĐÌNH THANH**  
**KS. CHẾ NAM HOÀNG**

Sinh viên thực hiện:

- 1. BÙI ĐỨC LÂM – MSSV: 105200456 – LỚP: 20TDHCLC3**
- 2. HOÀNG TRUNG DŨNG – MSSV: 105200327 – LỚP: 20TDH2**
- 3. NGUYỄN PHÙNG HIẾU – MSSV: 105200299 – LỚP: 20TDH1**

*Đà Nẵng, 6/2025*

## TÓM TẮT

Tên đề tài: **Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.**

Sinh viên thực hiện:

- 1) Bùi Đức Lâm                      MSSV: 105200456      Lớp: 20TDHCLC3
- 2) Hoàng Trung Dũng      MSSV: 105200327      Lớp: 20TDH2
- 3) Nguyễn Phùng Hiếu      MSSV: 105200299      Lớp: 20TDH1

Trong bối cảnh ngành nông nghiệp Việt Nam hướng tới phát triển bền vững và ứng dụng công nghệ cao, các mô hình sản xuất thông minh ngày càng trở nên cấp thiết. Đặc biệt, mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh, dù mang lại hiệu quả kinh tế và môi trường, nhưng lại đặt ra thách thức lớn về giám sát, kiểm soát chất lượng nước – yếu tố sống còn quyết định sự thành công của vụ nuôi. Các hệ thống quan trắc chuyên nghiệp hiện có thường quá đắt đỏ và phức tạp, không phù hợp để áp dụng rộng rãi cho các hộ nuôi vừa và nhỏ.

Để giải quyết bài toán này, đề án "Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh" được thực hiện với mục tiêu xây dựng một hệ thống giám sát tự động, chi phí hợp lý, hoạt động ổn định và dễ sử dụng, giúp người nông dân theo dõi môi trường ao nuôi chính xác và nhận cảnh báo kịp thời. Giải pháp của nhóm là một hệ thống IoT hoàn chỉnh, gồm các trạm thu thập dữ liệu đặt nổi trên ao. Các trạm sử dụng năng lượng mặt trời, được trang bị cảm biến chuyên dụng để đo liên tục các chỉ số quan trọng như pH, ORP, oxy hòa tan (DO), và nhiệt độ. Dữ liệu sau đó được truyền không dây bằng công nghệ Lora – với ưu điểm tầm phủ sóng xa và tiêu thụ năng lượng thấp, phù hợp với điều kiện khu vực nông thôn. Dữ liệu được gửi về trạm xử lý trung tâm, rồi đẩy lên nền tảng đám mây ThingsBoard, cho phép người dùng theo dõi trực quan qua giao diện web.

Kết quả thử nghiệm thực tế tại các trại nuôi ở Hòa Khương và Hòa Phú (Đà Nẵng) cho thấy kết quả tích cực. Hệ thống hoạt động ổn định, truyền dữ liệu chính xác trong phạm vi 1 km và gửi cảnh báo thành công khi các chỉ số vượt ngưỡng an toàn, hứa hẹn trở thành công cụ đắc lực hỗ trợ người nông dân quản lý ao nuôi hiệu quả, giảm thiểu rủi ro và nâng cao hiệu quả kinh tế trong bối cảnh nông nghiệp 4.0.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA  
VIỆT NAM  
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

**NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

| TT | Họ tên sinh viên  | Số thẻ SV | Lớp       | Ngành                              |
|----|-------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 1  | Bùi Đức Lâm       | 105200456 | 20TDHCLC3 | Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa |
| 2  | Hoàng Trung Dũng  | 105200327 | 20TDH2    | Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa |
| 3  | Nguyễn Phùng Hiếu | 105200299 | 20TDH1    | Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa |

1. Tên đề tài đồ án:

**Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.**

2. Đề tài thuộc diện:  Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

4. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

a. Phần chung:

| TT | Họ tên sinh viên  | Nội dung  |
|----|-------------------|---|
| 1  | Bùi Đức Lâm       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tìm hiểu ảnh hưởng của thực vật đến sinh vật trong hồ, các yếu tố ảnh hưởng đến sinh vật trong hồ</li></ul>   |
| 2  | Hoàng Trung Dũng  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tìm hiểu quy trình công nghệ đo các thông số chất lượng nước.</li><li>• Xây dựng thư viện phần mềm cho các thiết bị ngoại vi, cảm biến, module.</li></ul>                   |
| 3  | Nguyễn Phùng Hiếu | <ul style="list-style-type: none"><li>• Thiết kế hệ thống tối ưu năng lượng tiêu thụ của thiết bị.</li><li>• Viết chương trình phần mềm cho thiết bị cảnh báo.</li><li>• Viết báo cáo, làm slide báo cáo.</li></ul> |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

*b. Phần riêng:*

| TT | Họ tên sinh viên  | Nội dung   |
|----|-------------------|--|
| 1  | Bùi Đức Lâm       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiết kế lưu đồ thuật toán, xây dựng mô hình hoạt động cho hệ thống đo chất lượng nước.</li> <li>• Lập trình giao tiếp các cảm biến với vi điều khiển.</li> <li>• Lập trình giao tiếp cảm biến với vi điều khiển</li> <li>• Thiết kế phần cứng và thiết kế mạch PCB.</li> </ul>           |
| 2  | Hoàng Trung Dũng  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiết kế lưu đồ thuật toán, xây dựng mô hình cả hệ thống.</li> <li>• Lập trình phân truyền gửi tín hiệu từ cấp trường lên cấp cloud.</li> <li>• Lập trình giao tiếp cảm biến với vi điều khiển.</li> <li>• Lập trình giao thức truyền thông Lora.</li> </ul>                              |
| 3  | Nguyễn Phùng Hiếu | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lập trình phân truyền gửi tín hiệu từ cấp trường lên cấp điều khiển.</li> <li>• Xây dựng mô hình hoạt động cho hệ thống giám sát và cảnh báo.</li> <li>• Lập trình cảnh báo các chỉ tiêu vượt ngưỡng.</li> <li>• Viết chương trình phần mềm cho thiết bị giám sát và cảnh báo.</li> </ul> |

5. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

6. Người hướng dẫn:

| Họ tên người hướng dẫn: | Phân/ Nội dung:  |
|-------------------------|--|
| TS. Ngô Đình Thanh      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hướng dẫn các bước tìm hiểu, thực hiện đồ án.</li> <li>• Hỗ trợ các thiết bị cảm biến.</li> </ul> |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|                   |  |
|-------------------|--|
|                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Cung cấp tài liệu tham khảo.</li></ul>   |
| KS. Chế Nam Hoàng | <ul style="list-style-type: none"><li>• Cung cấp tài liệu tham khảo.</li><li>• Hỗ trợ ý tưởng giải pháp cho hệ thống</li></ul> |

7. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 25/02/2025

8. Ngày hoàn thành đồ án: 10/06/2025

*Đà Nẵng, ngày.... tháng năm 2025*

**Trưởng Bộ môn**

**GVHD**

**TS. Giáp Quang Huy**

**TS. Ngô Đình Thanh**

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN**

**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA  
VIỆT NAM**  
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

## PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Phiếu dành cho người hướng dẫn/sinh viên)

Họ và tên sinh viên:

Mã số sinh viên:

Bùi Đức Lâm

105200456

Hoàng Trung Dũng

105200327

Nguyễn Phùng Hiếu

105200299

Tên đề tài ĐATN: **Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.**

Họ và tên người HD1: TS. Ngô Đình Thanh

Đơn vị: Trường Đại Học Bách  
Khoa – ĐHQĐN

Họ và tên người HD2: KS. Chế Nam Hoàng

Đơn vị: Công ty THTECH – Đà  
Nẵng

| Tuần | Ngày       | Khối lượng  |                        | GVHD<br>ký tên |
|------|------------|---|------------------------|----------------|
|      |            | đã thực hiện (%)  | tiếp tục thực hiện (%) |                |
| 1    | 25/02/2025 | 5%  | 95%                    |                |
| 2    | 02/03/2025 | 10%   | 90%                    |                |
| 3    | 16/3/2025  | 15%   | 85%                    |                |
| 4    |            | Duyệt lần 1: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % :<br>Được tiếp tục làm ĐATN <input type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/> |                        |                |
| 5    | 26/03/2025 | 18%   | 82%                    |                |
| 6    | 01/04/2025 | 25%   | 75%                    |                |
| 7    | 10/05/2025 | 40%   | 60%                    |                |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|    |            |   |     |  |
|----|------------|---|-----|--|
| 8  |            | Duyệt lần 2: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % :<br>Được tiếp tục làm ĐATN <input type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/> |     |  |
| 9  | 15/05/2025 | 50%   | 50% |  |
| 10 | 18/05/2025 | 60%   | 40% |  |
| 11 | 23/05/2025 | 75%   | 25% |  |
| 12 |            | Duyệt lần 3: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % :<br>Được tiếp tục làm ĐATN <input type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/> |     |  |
| 13 | 24/05/2025 | 80%   | 20% |  |
| 14 | 08/06/2025 | 95%   | 5%  |  |
| 15 | 10/06/2025 | 100%  | 0%  |  |

## LỜI NÓI ĐẦU VÀ CẢM ƠN

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng diễn biến phức tạp cùng với áp lực gia tăng từ nhu cầu thực phẩm, việc phát triển các mô hình nông nghiệp thông minh, bền vững đang trở thành xu hướng tất yếu. Trong đó, mô hình nuôi trồng thủy sản kết hợp với trồng cây thủy sinh không chỉ giúp tối ưu hóa không gian và nguồn nước, mà còn góp phần cải thiện chất lượng môi trường nuôi, giảm thiểu nguy cơ dịch bệnh, đồng thời nâng cao hiệu quả kinh tế cho người nông dân. Tuy nhiên, một trong những thách thức lớn nhất của mô hình này chính là khả năng giám sát và kiểm soát chất lượng nước – yếu tố then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến sự sinh trưởng, phát triển và sức khỏe của vật nuôi trong ao hồ. Trước yêu cầu đó, việc ứng dụng công nghệ IoT, đặc biệt là truyền thông không dây sử dụng chuẩn Lora – với ưu điểm vượt trội về tầm phủ sóng xa, tiêu thụ điện năng thấp và chi phí vận hành hợp lý – đã mở ra một hướng đi đầy triển vọng trong việc triển khai các hệ thống quan trắc nước tự động tại khu vực nông thôn.

Đề án “*Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh*” được thực hiện nhằm xây dựng một mô hình hệ thống giám sát môi trường nước hoạt động ổn định, hiệu quả, có khả năng ứng dụng thực tế cao và thân thiện với người sử dụng. Đề án không chỉ tập trung vào khía cạnh kỹ thuật mà còn hướng đến việc giải quyết những bài toán thực tiễn tại các mô hình sản xuất nông nghiệp quy mô nhỏ và vừa.

Nhóm thực hiện xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý Thầy, Cô bộ môn Tự động hóa đã tận tình giảng dạy, truyền đạt kiến thức và định hướng chuyên môn cho chúng em trong suốt quá trình học tập. Xin được cảm ơn Anh kỹ sư Chế Nam Hoàng các Anh kỹ sư tại Trại Khuyến nông Hòa Khương đã hỗ trợ, tạo điều kiện thuận lợi để nhóm triển khai thực nghiệm và thu thập dữ liệu phục vụ đề tài. Đặc biệt, chúng em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Thầy Ngô Đình Thanh – người thầy hướng dẫn, đồng hành, chỉ bảo tận tình và luôn tạo mọi điều kiện tốt nhất để chúng em có thể hoàn thành đề án một cách hiệu quả và trọn vẹn. Mặc dù nhóm đã nỗ lực hết sức để hoàn thành đề án, nhưng do hạn chế về kiến thức và kinh nghiệm nên không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng em rất mong nhận được sự góp ý từ quý thầy cô và các bạn để sản phẩm được hoàn thiện hơn.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Đà Nẵng, ngày ... tháng ... năm 2025

## **LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT**

Nhóm em xin cam đoan nội dung của đề án "*Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh*" là do sự tìm hiểu nghiên cứu của nhóm dưới sự định hướng của giáo viên hướng dẫn, cán bộ hướng dẫn và các anh kỹ sư tại trại khuyến nông Hòa Khương. Nội dung báo cáo này không sao chép hay vi phạm bản quyền từ bất kỳ công trình nghiên cứu nào. Nếu sai, nhóm em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm và chịu mọi kỷ luật của bộ môn và nhà trường.

Bùi Đức Lâm

Hoàng Trung Dũng

Nguyễn Phùng Hiếu

## MỤC LỤC

|  |             |
|--|-------------|
| <b>TÓM TẮT:</b> .....  | <b>i</b>    |
| <b>NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP</b> .....   | <b>ii</b>   |
| <b>PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP</b> .....                              | <b>v</b>    |
| <b>LỜI NÓI ĐẦU VÀ CẢM ƠN</b> .....   | <b>vii</b>  |
| <b>LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT</b> .....   | <b>viii</b> |
| <b>MỤC LỤC</b> .....   | <b>ix</b>   |
| <b>DANH SÁCH CÁC ẢNH</b> .....   | <b>xii</b>  |
| <b>DANH SÁCH CÁC BẢNG</b> .....  | <b>xiv</b>  |
| <b>MỞ ĐẦU</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI</b> .....   | <b>2</b>    |
| 1.1 Giới thiệu chung .....   | 2           |
| 1.1.1 Mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh .....                                | 2           |
| 1.1.2 Các yếu tố chính ảnh hưởng đến mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh ..... | 4           |
| 1.2 Các trạm, hệ thống quan trắc nước hiện có .....                                    | 6           |
| 1.2.1 Trạm quan trắc nước mặt trên sông Hậu .....                                      | 6           |
| 1.2.2 Nhận xét về hệ thống.....  | 6           |
| 1.2.3 Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro.....                                      | 6           |
| 1.2.4 Nhận xét về hệ thống.....  | 7           |
| 1.3 Các vấn đề chính trong ao nuôi và phương án thiết kế hệ thống .....                | 7           |
| 1.3.1 Yêu cầu về tính năng của hệ thống.....   | 8           |
| 1.3.2 Yêu cầu kỹ thuật của hệ thống.....   | 9           |
| 1.4 Kết luận.....  | 10          |
| <b>CHƯƠNG 2: GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG</b> .....                                     | <b>11</b>   |
| 2.1 Giới thiệu chung .....   | 11          |
| 2.2 Sơ đồ hoạt động của hệ thống .....   | 11          |
| 2.2.1 Truyền thông giữa các thiết bị trong hệ thống.....                               | 11          |
| 2.3 Truyền thông giữa người quản lý, vận hành và người nuôi .....                      | 13          |
| 2.4 Thiết bị thu thập dữ liệu .....  | 13          |
| 2.4.1 Sơ đồ khối.....  | 13          |
| 2.4.2 Cảm biến pH.....   | 14          |
| 2.4.3 Cảm biến nồng độ DO (Oxy hòa tan).....   | 15          |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.4.4  | Cảm biến nồng độ Amoniac .....   | 16        |
| 2.4.5  | Xử lý dữ liệu.....   | 18        |
| 2.4.6  | Các phương án mở rộng hệ thống đo đa điểm .....                          | 20        |
| 2.4.6.1  | Kết hợp dây ròng rọc .....   | 20        |
| 2.4.6.2  | Lắp đặt nhiều thiết bị thu thập dữ liệu.....                             | 21        |
| 2.4.6.3  | Kết hợp động cơ chân vịt.....  | 22        |
| 2.4.6.4  | Kết luận .....   | 22        |
| 2.4.7  | Truyền tải dữ liệu đến thiết bị giám sát và cảnh báo .....               | 23        |
| 2.4.8  | Năng lượng và tính ổn định.....  | 24        |
| 2.5  | Thiết bị giám sát và cảnh báo .....                                      | 25        |
| 2.5.1  | Sơ đồ khối.....  | 25        |
| 2.5.2  | Phương pháp giao tiếp Multiples Node – Master Node .....                 | 25        |
| 2.5.2.1  | Các thuật toán truyền nhận trong mạng Lora với cấu trúc hình sao .....   | 26        |
| 2.5.3  | Phương thức cảnh báo khi chỉ tiêu vượt ngưỡng .....                      | 27        |
| 2.5.4  | Quản lý dữ liệu trực tuyến.....  | 28        |
| 2.6  | Sơ đồ kiến trúc IoT .....  | 29        |
| 2.6.1  | Giải thích sơ đồ IOT của hệ thống .....                                  | 29        |
| 2.7  | Phương án lắp đặt hệ thống.....  | 30        |
| 2.8  | Kết luận.....  | 30        |
| <b>CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM CHO HỆ THỐNG ...</b> |  | <b>31</b> |
| 3.1  | Giới thiệu chung .....   | 31        |
| 3.2  | Thiết bị thu thập dữ liệu .....  | 31        |
| 3.2.1  | Sơ đồ khối chi tiết.....   | 31        |
| 3.2.2  | Thiết kế phần cứng cho mô hình thử nghiệm.....                           | 31        |
| 3.2.2.1  | Thiết kế 3D ban đầu cho Thiết bị thu thập dữ liệu .....                  | 31        |
| 3.2.2.2  | Mạch điều khiển của Thiết bị thu thập dữ liệu.....                       | 32        |
| 3.2.3  | Các cảm biến sử dụng cho mô hình thử nghiệm Thiết bị thu thập dữ liệu .. | 32        |
| 3.2.3.1  | Hiệu chuẩn cảm biến DO .....   | 34        |
| 3.2.3.2  | Hiệu chuẩn cảm biến pH .....   | 35        |
| 3.2.3.3  | Hiệu chuẩn cảm biến ORP .....  | 37        |
| 3.2.4  | Thiết kế Firmware cho hệ thống.....                                      | 38        |
| 3.2.4.1  | Lưu đồ thuật toán Master trong mạng Lora với cấu trúc hình sao .....     | 38        |
| 3.2.4.2  | Lưu đồ thuật toán các Node trong mạng Lora với cấu trúc hình sao .....   | 39        |
| 3.2.4.3  | Lưu đồ thuật toán Thiết bị thu thập dữ liệu (Node) .....                 | 40        |
| 3.3  | Thiết lập giao tiếp Raspberry với Thingsboard .....                      | 41        |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.1 Sơ đồ khối chi tiết.....  | 41        |
| 3.3.2 Lưu đồ thuật toán .....   | 43        |
| 3.4 Kết luận.....   | 44        |
| <b>CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỆ THỐNG .....</b>                               | <b>45</b> |
| 4.1 Giới thiệu chung .....  | 45        |
| 4.2 Sản phẩm thực tế .....  | 45        |
| 4.3 Đánh giá kết quả .....  | 45        |
| 4.3.1 Thử nghiệm các chức năng hoạt động tại nhà.....   | 45        |
| 4.3.2 Độ tin cậy của Thiết bị thu thập dữ liệu .....  | 46        |
| 4.3.3 Tỷ lệ kích hoạt cảnh báo vượt ngưỡng thành công của Thiết bị giám sát và cảnh báo ..... | 47        |
| 4.3.4 Quản lý và giám sát năng lượng.....   | 48        |
| 4.4 Hồ tại trại khuyến nông Hòa Khương .....  | 48        |
| 4.5 Hồ tại trại nuôi Hòa Phú.....   | 51        |
| 4.5.1 Thử nghiệm các chức năng hoạt động tại hồ.....  | 54        |
| 4.5.2 Thử nghiệm độ tin cậy cảm biến tại hồ .....   | 54        |
| 4.5.3 Thử nghiệm cảnh báo thành công của Thiết bị giám sát và cảnh báo tại hồ.....            | 56        |
| 4.6 Khoảng cách truyền nhận Lora và tính ổn định của dữ liệu.....                             | 56        |
| 4.7 Đánh giá kết quả thực nghiệm giữa 2 hồ nuôi trong ngày .....                              | 57        |
| 4.8 Phân tích sự cố và bài học kinh nghiệm từ triển khai thực tế .....                        | 57        |
| 4.9 So sánh với các thiết bị thực tế trên thị trường.....                                     | 58        |
| <b>KẾT LUẬN .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>  | <b>62</b> |
| <b>PHỤ LỤC .....</b>  | <b>63</b> |

## **DANH SÁCH CÁC ẢNH**

|  |    |
|--|----|
| Hình 1.1 Địa điểm trại thực nghiệm nông nghiệp Hòa Khương .....              | 3  |
| Hình 1.2 Ao nuôi cá kết hợp thủy sinh .....                                  | 4  |
| Hình 1.3 Trạm quan trắc nước trên sông Hậu .....                             | 6  |
| Hình 1.4 Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro .....                        | 7  |
| Hình 2.1 Sơ đồ hoạt động của hệ thống .....                                  | 11 |
| Hình 2.2 Sơ đồ khối.....   | 13 |
| Hình 2.3 Cảm biến đo PH.....   | 14 |
| Hình 2.4 Cảm biến đo DO .....  | 16 |
| Hình 2.5 Cảm biến đo NH3 .....   | 17 |
| Hình 2.6 Vi điều khiển STM32L476VGT .....                                    | 19 |
| Hình 2.7 Module Lora AS32 .....  | 23 |
| Hình 2.8 Mạch sạc MPPT .....   | 24 |
| Hình 2.9 Cảm biến điện áp T17.....   | 24 |
| Hình 2.10 Sơ đồ khối chi tiết của Thiết bị giám sát và cảnh báo .....        | 25 |
| Hình 2.11 Mạng Lora cấu trúc hình sao .....                                  | 26 |
| Hình 2.12 Sơ đồ kiến trúc IoT hệ thống .....                                 | 29 |
| Hình 3.1 Sơ đồ khối chi tiết.....  | 31 |
| Hình 3.2 Thiết kế 3D cho thiết bị thu thập dữ liệu.....                      | 32 |
| Hình 3.3 Mạch điều khiển thực tế của thiết bị thu thập dữ liệu cảm biến..... | 32 |
| Hình 3.4 ORP-N01-3-EX .....  | 33 |
| Hình 3.5 Hiệu chuẩn cảm biến DO .....  | 34 |
| Hình 3.6 Sử dụng phần mềm của nhà sản xuất để hiệu chuẩn .....               | 35 |
| Hình 3.7 Hiệu chuẩn cảm biến PH .....  | 36 |
| Hình 3.8 Hiệu chuẩn cảm biến ORP .....                                       | 37 |
| Hình 3.9 Ảnh lưu đồ thuật toán Master .....                                  | 38 |
| Hình 3.10 Ảnh lưu đồ thuật toán các Node .....                               | 39 |
| Hình 3.11 Ảnh lưu đồ thiết bị thu thập dữ liệu.....                          | 40 |
| Hình 3.12 Thiết bị giám sát và cảnh báo .....                                | 41 |
| Hình 3.13 Lưu đồ cảnh báo .....  | 43 |
| Hình 4.1 Mô hình hệ thống.....   | 45 |
| Hình 4.2 Dung lượng pin được hiển thị ở bảng điều khiển.....                 | 48 |
| Hình 4.3 Ảnh thực nghiệm thiết bị tại trại khuyến nông Hòa Khương.....       | 48 |
| Hình 4.4 Số liệu thu thập ORP tại hồ Hòa Khương .....                        | 49 |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|  |    |
|--|----|
| Hình 4.5 Số liệu thu thập DO tại hồ Hòa Khương .....                       | 49 |
| Hình 4.6 Số liệu thu thập Nhiệt độ tại hồ Hòa Khương .....                 | 50 |
| Hình 4.7 Số liệu thu thập pH tại hồ Hòa Khương .....                       | 50 |
| Hình 4.8 Thiết bị thực nghiệm tại trại Hòa Phú .....                       | 52 |
| Hình 4.9 Số liệu thu thập ORP tại hồ Hòa Phú .....                         | 52 |
| Hình 4.10 Số liệu thu thập DO tại hồ Hòa Phú .....                         | 52 |
| Hình 4.11 Số liệu thu thập Nhiệt độ tại hồ Hòa Phú .....                   | 53 |
| Hình 4.12 Số liệu thu thập pH tại hồ Hòa Phú .....                         | 53 |
| Hình 4.13 Đo thử công bằng tay các chỉ tiêu tại trại nuôi Hòa Khương ..... | 55 |
| Hình 4.14 Giao diện cảnh báo trên Thingsboard.....                         | 56 |
| Hình 4.15 Node thu thập dữ liệu khi gặp sự cố.....                         | 58 |
| Hình 4.16 Thiết bị quan trắc trên ao nuôi cá ở hồ Mỹ An- Vĩnh Long.....    | 58 |
| Hình 5.1 Nền tảng Thingsboard .....  | 63 |
| Hình 5.2 Lấy Access Token của thiết bị .....                               | 64 |
| Hình 5.3 Dữ liệu đã nhận và đẩy lên Thingsboard.....                       | 64 |
| Hình 5.4 Thêm thiết bị mới .....   | 65 |
| Hình 5.5 Thêm các cảnh báo với các ngưỡng báo động xác định trước .....    | 65 |
| Hình 5.6 Tạo bảng điều khiển .....   | 66 |
| Hình 5.7 Chỉnh sửa các chuỗi quy tắc gốc .....                             | 67 |
| Hình 5.8 Thiết lập chuỗi quy tắc của hệ thống.....                         | 67 |
| Hình 5.9 Trung tâm thông báo Thingsboard .....                             | 67 |
| Hình 5.10 Tạo tài khoản người dùng cho khách hàng.....                     | 68 |
| Hình 5.11 Kích hoạt người dùng là khách hàng .....                         | 68 |
| Hình 5.12 Giao diện các chỉ tiêu đo đạc.....                               | 69 |

## **DANH SÁCH CÁC BẢNG**

|  |    |
|--|----|
| Bảng 1.1 Yêu cầu tính năng của hệ thống .....                      | 9  |
| Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật cảm biến PH .....                       | 15 |
| Bảng 2.2 Thông số kỹ thuật cảm biến DO .....                       | 16 |
| Bảng 2.3 Bảng thông số kỹ thuật cảm biến NH <sub>3</sub> -EX ..... | 18 |
| Bảng 2.4 Bảng chọn cảm biến.....                                   | 18 |
| Bảng 2.5 Thông số cấu hình vdk STM32L476VGT .....                  | 19 |
| Bảng 2.6 So sánh các vdk STM32 dòng L. ....                        | 20 |
| Bảng 2.7 So sánh các tiêu chí giải pháp đo đa điểm .....           | 23 |
| Bảng 2.8 Thông số kỹ thuật của Module Lora AS32 .....              | 23 |
| Bảng 2.9 So sánh ưu nhược điểm các thuật toán.....                 | 27 |
| Bảng 3.1 Ảnh hưởng của ORP với cá nuôi trong ao hồ .....           | 33 |
| Bảng 3.2 Thông số cảm biến ORP .....                               | 34 |
| Bảng 4.1 Test chức năng khi hoạt động tại nhà.....                 | 46 |
| Bảng 4.2 Kiểm tra chức năng cảm biến .....                         | 47 |
| Bảng 4.3 Kiểm tra chức năng cảnh báo.....                          | 47 |
| Bảng 4.4 Thử nghiệm chức năng tại hồ.....                          | 54 |
| Bảng 4.5 Thử nghiệm độ tin cậy cảm biến tại hồ.....                | 54 |
| Bảng 4.6 So sánh kết quả đo chỉ tiêu.....                          | 55 |
| Bảng 4.7 Thử nghiệm chức năng cảnh báo tại hồ .....                | 56 |
| Bảng 4.8 Khoảng cách truyền nhận Lora thực tế .....                | 56 |
| Bảng 4.9 So sánh giá trị tại hai hồ.....                           | 57 |
| Bảng 4.10 So sánh thiết bị của nhóm và trên thị trường .....       | 59 |

## DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

| STT | Ký hiệu | Chữ viết tắt   |
|-----|---------|--|
| 1   | ACK     | Acknowledgement (Tín hiệu xác nhận)                                |
| 2   | ADC     | Analog-to-Digital (Bộ chuyển đổi tương tự-số)                      |
| 3   | BOD     | Biochemical Oxygen Demand (Nhu cầu oxy sinh hóa)                   |
| 4   | CAN     | Controller Area Network (Giao thức truyền thông)                   |
| 5   | COD     | Chemical Oxygen Demand (Nhu cầu oxy hóa học)                       |
| 6   | CRC     | Cyclic Redundancy Check (Kiểm tra tính toàn vẹn dữ liệu)           |
| 7   | DB      | Database (Cơ sở dữ liệu)   |
| 8   | DMA     | Direct Memory Access (Truy cập bộ nhớ trực tiếp)                   |
| 9   | DO      | Dissolved Oxygen (Oxy hòa tan)                                     |
| 10  | I2C     | Inter-Integrated Circuit (Giao thức truyền thông)                  |
| 11  | IoT     | Internet of Things   |
| 12  | ISE     | Ion-Selective Electrode (Điện cực ion chọn lọc)                    |
| 13  | LAN     | Local Area Network (Mạng cục bộ)                                   |
| 14  | Lora    | Long Range (Công nghệ truyền thông không dây tầm xa)               |
| 15  | LPWAN   | Low-Power Wide-Area Network (Mạng diện rộng công suất thấp)        |
| 16  | MCU     | Microcontroller Unit (Vi điều khiển)                               |
| 17  | MPPT    | Maximum Power Point Tracking (Mạch sạc theo điểm công suất tối đa) |
| 18  | NB-IoT  | Narrowband-IoT (Công nghệ mạng diện rộng)                          |
| 19  | NFC     | Near Field Communication (Công nghệ mạng không dây tầm gần)        |
| 20  | ORP     | Oxidation-Reduction Potential (Thế oxy hóa-khử)                    |
| 21  | PCB     | Printed Circuit Board (Mạch in)                                    |
| 22  | PVC     | Polyvinyl Chloride (Loại nhựa)                                     |
| 23  | QSPI    | Quad Serial Peripheral Interface (Giao thức giao tiếp)             |
| 24  | RAM     | Random Access Memory (Bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên)                  |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|    |         |  |
|----|---------|--|
| 25 | RTC     | Real-Time Clock (Đồng hồ thời gian thực)                             |
| 26 | SMS     | Short Message Service (Dịch vụ tin nhắn ngắn)                        |
| 27 | SPI     | Serial Peripheral Interface (Giao thức truyền thông)                 |
| 28 | TDMA    | Time Division Multiple Access (Phân chia thời gian truy cập)         |
| 29 | TOC     | Total Organic Carbon (Tổng carbon hữu cơ)                            |
| 30 | UART    | Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Giao thức truyền thông) |
| 31 | USB     | Universal Serial Bus   |
| 32 | USB OTG | USB On-The-Go  |
| 33 | WAN     | Wide Area Network (Mạng diện rộng)                                   |

## MỞ ĐẦU

Mục đích thực hiện đề tài: Ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT), cụ thể là công nghệ truyền thông không dây tầm xa Lora, để xây dựng một hệ thống quan trắc chất lượng nước hiệu quả, ổn định, có chi phí hợp lý. Hệ thống hướng đến việc giải quyết các bài toán thực tiễn tại các mô hình sản xuất nông nghiệp, giúp người nông dân dễ dàng theo dõi môi trường ao nuôi, nhận cảnh báo kịp thời và nâng cao hiệu quả kinh tế.

Mục tiêu đề tài: Thiết kế và chế tạo thành công hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh. Tìm hiểu nắm được phương pháp đo lường các chỉ tiêu trong nước, ứng dụng các cảm biến để thay thế cho việc đo lường thủ công, đảm bảo độ chính xác, hiệu quả. Ứng dụng công nghệ Lora để truyền tải dữ liệu tại ao hồ, nông thôn, cảnh báo đến người nuôi khi các chỉ tiêu đang theo dõi vượt ngưỡng quy định.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu: Đề tài tập trung nghiên cứu mô hình Hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.

Phương pháp nghiên cứu:

- Nghiên cứu lý thuyết: Phân tích các tài liệu khoa học về thủy sản, các yếu tố môi trường nước và các công nghệ IoT, truyền thông không dây liên quan.
- Thiết kế kỹ thuật: Áp dụng quy trình thiết kế hệ thống nhúng từ việc lựa chọn linh kiện, thiết kế mạch, xây dựng thuật toán đến lập trình phần mềm.
- Thực nghiệm và đo lường: Chế tạo sản phẩm, hiệu chuẩn cảm biến và triển khai hệ thống tại thực địa để thu thập, kiểm chứng dữ liệu.
- Phân tích và so sánh: Sử dụng dữ liệu thực tế để đánh giá hiệu năng hệ thống và rút ra các nhận xét khoa học về đối tượng nghiên cứu.

Cấu trúc của đồ án tốt nghiệp:

- Chương 1: Tổng quan về đề tài.
- Chương 2: Giải pháp thiết kế hệ thống.
- Chương 3: Thiết kế phần cứng và phần mềm cho hệ thống.
- Chương 4: Thực nghiệm và đánh giá kết quả hệ thống.

## **CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI**

### **1.1 Giới thiệu chung**

Trong bối cảnh phát triển nông nghiệp bền vững và nhu cầu đảm bảo an toàn thực phẩm ngày càng cao, việc giám sát và đánh giá tình trạng môi trường nước trong các ao nuôi và ao hồ thủy sinh trở thành một yêu cầu cấp thiết. Các ao nuôi cá, đặc biệt là các mô hình nuôi thâm canh, thường gặp nhiều vấn đề liên quan đến chất lượng nước như hàm lượng oxy hòa tan, nồng độ amoniac. Những yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe vật nuôi và hiệu quả kinh tế.

Trong khi đó, các ao hồ thủy sinh – thường được sử dụng để nuôi cá cảnh hoặc kết hợp với cây trồng thủy sinh như hoa súng – có khả năng cải thiện một phần chất lượng nước nhờ hệ sinh thái cân bằng tự nhiên. Tuy nhiên, vẫn cần được giám sát định kỳ để phát hiện sớm các biến động có thể dẫn đến ô nhiễm hoặc ảnh hưởng tiêu cực đến sinh vật trong ao.

Đề tài này tập trung vào việc khảo sát và phân tích các thông số chất lượng nước tại hai loại hình: ao nuôi thông thường và ao có trồng thủy sinh, nhằm đánh giá hiệu quả sinh thái và khả năng duy trì điều kiện sống ổn định cho cá nuôi. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng các công nghệ giám sát môi trường nước tự động và đề xuất các mô hình nuôi trồng thân thiện, hiệu quả và bền vững hơn.

#### ***1.1.1 Mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh***

Mô hình ao nuôi cá ở Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng như ô nhiễm môi trường, quản lý nguồn nước chưa hiệu quả, cùng các vấn đề an ninh và sinh kế bấp bênh của người dân. Những thách thức này không chỉ làm giảm năng suất và chất lượng sản phẩm mà còn đe dọa sự phát triển bền vững của ngành nuôi trồng thủy sản. Đặc biệt, các sự cố môi trường liên tiếp xảy ra đã phản ánh rõ những hạn chế trong công tác quản lý, bảo vệ nguồn nước và ứng phó với rủi ro. Trong bối cảnh đó, mô hình nuôi cá trong ao kết hợp với trồng cây thủy sinh đang ngày càng được ưa chuộng nhờ khả năng tối ưu hóa diện tích sử dụng và nâng cao hiệu quả sản xuất, mang lại hướng đi mới cho ngành thủy sản Việt Nam.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 1.1 Địa điểm trại thực nghiệm nông nghiệp Hòa Khương

Trong một mô hình thực tế tại trại khuyến nông Hòa Khương, thành phố Đà Nẵng, các ao nuôi với diện tích 350m<sup>2</sup> áp dụng mô hình kết hợp giữa nuôi cá rô, ốc bươu đen và trồng cây hoa súng tối ưu hiệu quả kinh tế và góp phần bảo vệ môi trường, các cây thủy sinh không chỉ giúp cải thiện chất lượng nước mà còn tạo ra môi trường sống ổn định, bổ sung oxy và kiểm soát các chất dinh dưỡng dư thừa trong ao, từ đó giảm thiểu ô nhiễm và hỗ trợ sự phát triển bền vững của hệ sinh thái thủy sinh. Một trong những thách thức lớn của mô hình này là sự biến động nhanh chóng của các yếu tố như nhiệt độ nước, độ pH, nồng độ amoniac và các chất độc hại khác, do đó giải pháp kiểm soát và xử lý các yếu tố môi trường nước để ngăn ngừa rủi ro trước khi chúng xảy ra là rất quan trọng trong việc duy trì sự ổn định và an toàn cho hệ thống nuôi cá kết hợp với trồng cây thủy sinh. Một số giải pháp có thể được áp dụng để kiểm soát và cải thiện chất lượng nước trong ao bao gồm:

- **Sử dụng vi sinh tự nhiên:** Vi sinh vật có thể đóng vai trò quan trọng trong việc phân hủy chất hữu cơ, làm giảm sự tích tụ của chất dinh dưỡng dư thừa trong nước. Việc sử dụng vi sinh tự nhiên giúp duy trì sự cân bằng sinh thái trong hệ thống ao, đồng thời giảm thiểu nguy cơ tạo ra các khí độc như amoniac hoặc metan. Các vi sinh vật có thể được bổ sung vào nước định kỳ để cải thiện chất lượng nước và hỗ trợ sự phát triển của cả cá và cây thủy sinh.
- **Trồng cây thủy sinh (Cây hoa súng):** Cây hoa súng không chỉ tạo ra môi trường sống tự nhiên cho cá, mà còn có tác dụng tuyệt vời trong việc hấp thụ chất dinh dưỡng dư thừa và khí độc trong nước. Cây hoa súng giúp giảm nồng độ amoniac, nitrat và các chất hữu cơ khác trong ao, đồng thời cung cấp oxy và làm giảm sự phát triển của tảo gây hại. Việc trồng cây thủy sinh kết hợp với nuôi cá tạo ra một hệ sinh thái bền vững, giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường.
- **Hệ thống lọc nước:** Các hệ thống lọc như lọc cơ học, sinh học và hóa học có thể giúp loại bỏ các chất rắn, vi khuẩn và khí độc trong nước. Các bộ lọc này giúp duy

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

trì chất lượng nước ổn định, giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm và đảm bảo môi trường sống an toàn cho cá. Tuy nhiên, một yếu tố cần lưu ý là chi phí lắp đặt và bảo trì các hệ thống lọc này khá cao, đặc biệt là đối với những mô hình nuôi có quy mô lớn. Vì vậy, cần tính toán kỹ lưỡng và lựa chọn hệ thống lọc phù hợp với nguồn lực của từng hộ nuôi.

- **Phương pháp hóa học:** Dù các hóa chất như thuốc diệt tảo hay chất khử trùng có tác dụng nhanh và hiệu quả trong việc xử lý nước, nhưng chúng cũng tiềm ẩn nhiều rủi ro. Dư lượng hóa chất có thể ảnh hưởng xấu đến cá và môi trường nếu không được sử dụng đúng cách. Chính vì vậy, cần sử dụng hóa chất một cách cẩn thận và có sự kiểm soát chặt chẽ để tránh gây ô nhiễm hoặc làm hại đến các sinh vật trong hệ sinh thái ao.

Tất cả những giải pháp trên đều có vai trò quan trọng trong việc duy trì chất lượng nước trong hệ thống nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh. Tuy nhiên, không có giải pháp nào là hoàn hảo và có thể độc lập xử lý toàn bộ vấn đề.



Hình 1.2 Ao nuôi cá kết hợp thủy sinh

Không chỉ đối với hệ thống nuôi cá trong ao kết hợp với trồng cây thủy sinh mà mô hình nuôi cá truyền thống cũng gặp các vấn đề rủi ro nguy hiểm ảnh hưởng đến năng suất nuôi trồng. Vì vậy để đạt hiệu quả cao, cần phải kết hợp nhiều phương pháp cùng lúc và thường xuyên theo dõi, điều chỉnh môi trường nước kịp thời, đảm bảo sức khỏe cho cả cá và cây thủy sinh, điều này đặt ra nhu cầu cần có một hệ thống quan trắc môi trường ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh để giám sát sự tác động của cây thủy sinh, cảnh báo kịp thời khi các yếu tố trong nước gây nguy hiểm cho ao nuôi.

### ***1.1.2 Các yếu tố chính ảnh hưởng đến mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh***

#### **Yếu tố tự nhiên:**

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Độ pH là một trong những yếu tố quan trọng phản ánh độ axit và độ kiềm quyết định chất lượng môi trường nước và ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của cá cũng như khả năng phát triển của cây thủy sinh. Một khoảng pH ổn định từ 6.5 đến 8.5 được xem là lý tưởng. Trong khoảng này, cá có thể sinh trưởng khỏe mạnh và cây thủy sinh dễ dàng hấp thụ các chất dinh dưỡng cần thiết.
- Nồng độ amoniac ( $\text{NH}_3$ ) là một yếu tố quan trọng cần được kiểm soát chặt chẽ trong ao nuôi cá. Amoniac là sản phẩm từ phân cá, thức ăn dư thừa, và chất hữu cơ phân hủy. Ở nồng độ cao, amoniac gây độc cho cá, làm tổn thương mang và ảnh hưởng đến khả năng hô hấp.
- Oxy hòa tan là yếu tố sống còn đối với cả cá, cây thủy sinh, và vi sinh vật trong ao nuôi. Cá cần oxy để hô hấp, cây thủy sinh cần oxy vào ban đêm, và vi khuẩn hiếu khí cần oxy để phân hủy các chất hữu cơ và chuyển hóa amoniac. Mức DO thấp, thường xảy ra vào ban đêm hoặc khi mật độ cá quá cao, có thể gây hiện tượng thiếu oxy trầm trọng, làm cá ngạt thở và chết hàng loạt.
- Nồng độ kim loại trong nước là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của cá, cây thủy sinh, và toàn bộ hệ sinh thái ao. Các kim loại như sắt (Fe), kẽm (Zn), đồng (Cu), chì (Pb), cadmium (Cd), và thủy ngân (Hg) có thể tồn tại trong nước do nguồn nước bị ô nhiễm từ nước thải công nghiệp, phân bón hóa học.

**Yếu tố con người:**

- Nguồn nước đầu vào bị ô nhiễm do người nuôi không kiểm tra chất lượng trước khi bơm vào ao hồ. Nếu nước chứa nhiều chất ô nhiễm như kim loại nặng, dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, hoặc hóa chất độc hại, chúng sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe của cá và cây thủy sinh, đồng thời gây suy giảm chức năng của vi sinh vật. Nước có độ cứng cao hoặc chứa quá nhiều muối cũng có thể cản trở quá trình trao đổi chất của sinh vật trong ao.
- Sử dụng phân bón gây ô nhiễm cho ao nuôi, nhiều loại phân bón và thuốc trừ sâu chứa kim loại như đồng (Cu), kẽm (Zn), và arsen (As). Các hợp chất này dễ dàng bị rửa trôi vào hệ thống ao sau mưa lớn hoặc từ các ruộng lúa và vùng trồng trọt lân cận.
- Hoạt động đốt rác không kiểm soát và sử dụng nhiên liệu hóa thạch phát thải các kim loại nặng như chì, cadmium, và thủy ngân vào không khí. Những kim loại này lắng đọng qua mưa hoặc gió, sau đó ngấm vào nguồn nước ao.

## **1.2 Các trạm, hệ thống quan trắc nước hiện có**

### **1.2.1 Trạm quan trắc nước mặt trên sông Hậu**

Trạm quan trắc nước mặt trên sông Hậu được lắp đặt tại huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang, được trang bị các thiết bị đo lường và phân tích các thông số quan trọng như COD, TOC, BOD, DO, Nitrate, độ mặn, pH và nhiệt độ, giúp giám sát chất lượng nước sông Hậu một cách liên tục và tự động.



Hình 1.3 Trạm quan trắc nước trên sông Hậu

Hệ thống này không chỉ giúp giám sát chất lượng nước trong thời gian thực mà còn cung cấp các thông tin cần thiết để đưa ra các quyết định kịp thời, từ đó giúp bảo vệ môi trường và sức khỏe của hệ sinh thái thủy sinh.

### **1.2.2 Nhận xét về hệ thống**

Trạm quan trắc nước mặt sông Hậu là một hệ thống quy mô lớn, cung cấp dữ liệu chính xác và đáng tin cậy về các yếu tố môi trường như độ pH, nhiệt độ, DO và các chất độc hại để quản lý và bảo vệ môi trường sông.

Tuy nhiên, hệ thống này không phù hợp cho việc giám sát các ao nuôi nhỏ do được thiết kế cho quy mô sông lớn, thiếu linh hoạt, và không tính đến các tương tác trong một hệ sinh thái khép kín. Thêm vào đó, chi phí duy trì và bảo dưỡng một trạm quan trắc lớn cho các ao nhỏ là rất tốn kém và phức tạp, đòi hỏi một giải pháp đơn giản và tiết kiệm hơn.

Vì vậy, để ứng dụng vào mô hình nuôi trồng thủy sản, cần phải điều chỉnh và bổ sung các loại cảm biến nhỏ gọn, linh hoạt và chuyên biệt hơn.

### **1.2.3 Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro**

Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro là thiết bị tiên tiến được thiết kế để giám sát liên tục và tự động chất lượng nước trong các môi trường như nước thải, nước mặt, nước biển và nước sinh hoạt. Sản phẩm này được nhập khẩu từ các thương hiệu hàng đầu thế giới về thiết bị quan trắc môi trường online, sử dụng công nghệ quang phổ nhúng chìm, không sử dụng hóa chất, giúp quan trắc hầu hết các chỉ tiêu chất lượng nước.

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 1.4 Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro

Hệ thống quan trắc nước tự động hoạt động bằng cách thu thập dữ liệu từ các cảm biến đo các chỉ số như pH, DO, nhiệt độ, nồng độ chất độc hại, v.v. Dữ liệu thu được sẽ được xử lý để đánh giá chất lượng nước và phát hiện các sự cố bất thường. Khi có sự thay đổi đáng lo ngại, hệ thống sẽ gửi cảnh báo qua email hoặc SMS để người dùng kịp thời ứng phó. Dữ liệu còn lại sẽ được lưu trữ và truyền tải qua mạng để có thể dễ dàng truy xuất. Hệ thống cũng tự động làm sạch cảm biến để duy trì độ chính xác. Thông qua giao diện người dùng, các thông tin về chất lượng nước sẽ được hiển thị và phân tích, giúp giám sát và bảo vệ nguồn nước một cách hiệu quả và chính xác.

### **1.2.4 Nhận xét về hệ thống**

Hệ thống quan trắc nước tự động Stepro là một giải pháp hiện đại để giám sát chất lượng nước mặt, với khả năng đo các chỉ số quan trọng như pH, DO, nhiệt độ và các chất ô nhiễm khác. Mặc dù cung cấp dữ liệu thời gian thực hiệu quả, hệ thống này có chi phí đầu tư cao và được thiết kế cho các môi trường rộng lớn như sông hoặc ao lớn, gây khó khăn khi áp dụng vào các ao nuôi nhỏ.

Hệ thống Stepro không có khả năng phát hiện các sự cố đột ngột như thiếu oxy về đêm hay sự tích tụ khí độc, do đó cần bổ sung cơ cấu đo đa điểm để giám sát các biến động này hiệu quả hơn. Do đó, để áp dụng cho mô hình ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh, hệ thống này cần được cải tiến và bổ sung các cảm biến đặc thù để phù hợp với môi trường sinh thái khép kín và các yêu cầu quản lý cụ thể.

### **1.3 Các vấn đề chính trong ao nuôi và phương án thiết kế hệ thống**

Sau khi nghiên cứu và phân tích thực trạng, nguyên nhân, công nghệ hiện có, cùng với ưu và nhược điểm của các giải pháp hiện tại, tiến hành xây dựng và phát triển một hệ thống mới, tận dụng tối đa các điểm mạnh và khắc phục những hạn chế của các giải pháp trước đó. Hệ thống được thiết kế sẽ giải quyết 3 vấn đề chính:

- Cho biết chính xác các thông số, chỉ số của các yếu tố ảnh hưởng đến ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh, tập trung vào các yếu tố tác động chính đến ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh, các hệ thống quan trắc đã trình bày chưa tập trung vào các yếu tố phù hợp với môi trường sinh thái khép kín.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Xây dựng cơ cấu đo đa điểm bằng cách xác định các vị trí quan trọng trong ao (như khu vực gần bờ, khu vực trung tâm và khu vực gần cây thủy sinh) để lắp đặt cảm biến, giúp giảm số lượng cảm biến cần thiết mà vẫn đảm bảo giám sát hiệu quả. Việc này giúp tăng tính linh hoạt của hệ thống và tối ưu hóa chi phí lắp đặt và bảo trì.

- Hệ thống cảnh báo hiện tại trong các ao nuôi cá vẫn chủ yếu dựa vào các ứng dụng điện thoại và web, tuy nhiên, phương thức này vẫn chưa hiệu quả trong việc cung cấp thông tin kịp thời cho người nuôi cá tại các khu vực có vấn đề về chất lượng nước. Việc thông báo qua ứng dụng điện thoại và web yêu cầu người sử dụng phải chủ động kiểm tra và phản ứng, điều này có thể dẫn đến sự chậm trễ trong việc xử lý tình huống, đặc biệt khi các thay đổi trong môi trường nước diễn ra nhanh chóng. Do đó, cần phát triển các hệ thống cảnh báo trực tiếp và nhanh chóng.

Đề xuất giải pháp hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây với chức năng chính là:

- Thu thập, xử lý và quản lý dữ liệu chất lượng nước trong ao, đồng thời phát cảnh báo cho người sử dụng qua nhiều phương thức khác nhau.
- Cơ cấu đo đa điểm giúp kịp thời phát hiện nguy hiểm và rủi ro, kết hợp với sử dụng nguồn điện tái tạo.

**1.3.1 Yêu cầu về tính năng của hệ thống**

Hệ thống quan trắc chất lượng nước cho ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh được thiết kế để thu thập dữ liệu chất lượng nước, cảnh báo kịp thời khi các yếu tố ảnh hưởng môi trường nước vượt quá ngưỡng an toàn và đánh giá sự ảnh hưởng của cây thủy sinh (cây hoa súng) đến sự phát triển của cá. Để đáp ứng các yêu cầu về tính năng hệ thống cần thiết kế hai thiết bị và cả hai đáp ứng các yêu cầu sau.

| <b>Chức năng</b>  | <b>Yêu cầu</b>  |
|-------------------|---|
| Thiết bị đo lường | <ul style="list-style-type: none"><li>- Đo được các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng nước ao nuôi.</li><li>- Đánh giá được sự ảnh hưởng của cây thủy sinh so với ao nuôi truyền thống.</li><li>- Đo đa điểm các vị trí trong ao nuôi.</li><li>- Cảm biến đo có khả năng tự động hiệu chỉnh và tối ưu hóa việc đo lường.</li><li>- Dữ liệu đo lường phải được cập nhật theo thời gian thực.</li></ul> |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Thiết bị giám sát và cảnh báo | <ul style="list-style-type: none"><li>- Cảnh báo trực tiếp đến người nuôi qua điện thoại, gmail hoặc SMS.</li><li>- Cảnh báo gián tiếp và hiển thị thông tin cần giám sát trên giao diện Web, App.</li></ul> |
|-------------------------------|--|

Bảng 1.1 Yêu cầu tính năng của hệ thống

### 1.3.2 Yêu cầu kỹ thuật của hệ thống

Yêu cầu của thiết bị đo lường

- Về tính năng đo lường

- Độ chính xác cao và truyền tải dữ liệu đi xa.
- Dải đo phù hợp với yêu cầu chất lượng nước trong ao nuôi.
- Có khả năng đọc chính xác giá trị đo và khử nhiễu khi có nhiễu xảy ra.
- Trao đổi với chu kỳ ít nhất 1 lần/ 10 phút.

- Về tính năng đo đa điểm

- Dễ dàng tích hợp thêm hoặc thay thế các cảm biến đo.
- Đo được nhiều vị trí khác nhau trong ao nuôi, tăng tính linh hoạt của thiết bị.
- Tối ưu chi phí cảm biến đo lường.

- Về nguồn năng lượng

- Sử dụng nguồn điện có thể tái sử dụng.
- Hệ thống cần được thiết kế để tiêu thụ năng lượng thấp, duy trì hoạt động trong thời gian liên tục 1-2 tháng.

Yêu cầu của thiết bị giám sát và cảnh báo:

- Về tính năng giám sát và cảnh báo

- Hiển thị các thông tin đo lường chính xác theo thời gian thực.
- So sánh được sự tác động của cây hoa súng đến yếu tố môi trường trong ao nuôi.
- Cảnh báo kịp thời khi các yếu tố trong môi trường nước vượt ngưỡng an toàn ảnh hưởng đến chất lượng nước ao nuôi.
- Hệ thống phải có ít nhất hai giao thức truyền thông trong điều kiện bình thường và điều kiện sóng yếu.

- Về nguồn năng lượng

- Sử dụng nguồn điện 12VDC kết hợp với pin năng lượng mặt trời có thể hoạt động khi mất điện.

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Có cơ chế chống đoản mạch, cách ly và bảo vệ bo mạch chủ khi xảy ra sự cố về nguồn điện.

### **1.4 Kết luận**

Chương 1 nhóm đã trình bày tổng quan về tình trạng ao hồ nuôi cá ở địa, giới thiệu về mô hình nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh, các nguyên nhân, yếu tố ảnh hưởng đến ao nuôi. Tuy đã có giải pháp, các trạm, hệ thống quan trắc môi trường nước nhưng tất cả trạm, hệ thống đó chưa giải quyết và đáp ứng yêu cầu hoạt động trong mô trường ao nuôi khép kín, cụ thể như:

- Chi phí đầu tư ban đầu khá lớn, đặc biệt là trong việc mua sắm và bảo trì thiết bị cảm biến.
- Chủ yếu tập trung vào giám sát nước mặt sông lớn và có phạm vi giám sát rộng.
- Được thiết kế cho các môi trường lớn và rộng như sông, ao lớn, vì vậy việc áp dụng vào các ao nuôi nhỏ gặp khó khăn về quy mô và tính linh hoạt.
- Dữ liệu chỉ phản ánh chất lượng nước tại một vị trí cố định, có thể bỏ qua các biến động ở các khu vực khác trong ao.

Vì những khuyết điểm trong các hệ thống trên, cần thiết kế một hệ thống quan trắc chất lượng nước trong ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh nhằm giải quyết các vấn đề trên.

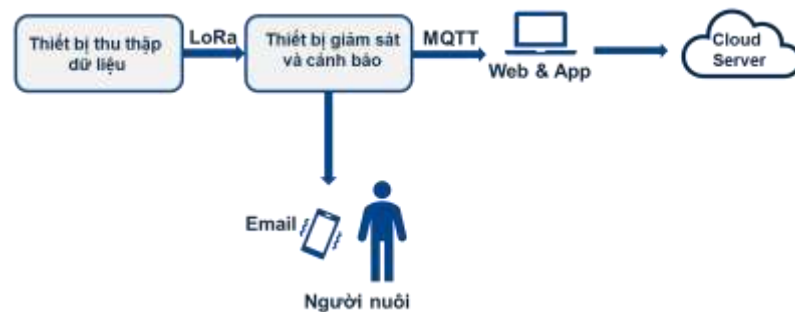
## CHƯƠNG 2: GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### 2.1 Giới thiệu chung

Chương 2 trình bày mô tả nguyên lý hoạt động của hệ thống, thiết kế sơ đồ hoạt động của hệ thống và nêu ra các thiết bị sẽ sử dụng trong hệ thống, các thuật toán truyền nhận Lora, lựa chọn phương pháp truyền nhận.

### 2.2 Sơ đồ hoạt động của hệ thống

Sau khi trình bày về tính năng của thiết bị, cũng như các thành phần chính tạo nên thiết bị. Nhóm sẽ dựa trên sơ đồ hoạt động của hệ thống để đi vào chi tiết thiết kế, tính chọn các phần tạo nên hệ thống.



Hình 2.1 Sơ đồ hoạt động của hệ thống

#### 2.2.1 Truyền thông giữa các thiết bị trong hệ thống

Để hệ thống truyền nhận dữ liệu trong một hệ thống quan trắc nước hiệu quả, việc lựa chọn phương thức truyền thông phù hợp là rất quan trọng. Hệ thống cần đảm bảo khả năng truyền tải dữ liệu thời gian thực với độ chính xác cao và ít độ trễ. Có 2 cách thức truyền thông giữa các thiết bị là:

Truyền thông có dây là phương thức truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị thông qua các cáp hoặc dây dẫn. Phương thức này thường được sử dụng để kết nối các thiết bị trong cùng một mạng LAN (Mạng cục bộ) hoặc WAN (Mạng diện rộng), nhằm truyền tải thông tin giữa các thiết bị trong hệ thống máy tính hoặc kết nối các thiết bị trong các hệ thống tự động hóa và điều khiển. Truyền thông có dây đảm bảo độ ổn định cao và tốc độ truyền tải dữ liệu nhanh, thích hợp cho những ứng dụng yêu cầu sự chính xác và hiệu quả trong việc xử lý và giám sát.

Truyền thông không dây là phương thức truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị mà không cần sử dụng cáp hay dây dẫn. Công nghệ này phổ biến trong các thiết bị di động như điện thoại thông minh, máy tính xách tay và máy tính bảng. Bao gồm sóng radio, sóng vô tuyến (microwave), sóng hồng ngoại (infrared), Bluetooth, Wi-Fi và nhiều công nghệ

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

khác. Truyền thông không dây mang lại sự linh hoạt và tiện lợi, cho phép kết nối các thiết bị ở khoảng cách xa mà không cần lo lắng về các giới hạn vật lý của cáp.

Để đáp ứng được trong môi trường ao hồ nuôi việc sử dụng truyền thông có dây sẽ rất tốn chi phí và không khả thi. Việc sử dụng truyền thông có dây yêu cầu phải tính toán chính xác kích thước hồ, không linh hoạt trong việc cài đặt. Do đó nhóm chọn phương án truyền thông không dây để đáp ứng hệ thống quan trắc chất lượng ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.

Một số giao thức truyền thông không dây:

- Mạng không dây tầm ngắn: Các công nghệ như Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave và NFC đều thuộc nhóm mạng không dây tầm ngắn, thường có phạm vi phủ sóng từ vài mét đến vài trăm mét. Những công nghệ này được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống nhà thông minh, thiết bị gia đình thông minh như đèn thông minh, khóa thông minh và các ứng dụng IoT trong nhà.
- Mạng viễn thông: Các công nghệ kết nối di động như 2G, 3G, 4G và 5G cung cấp khả năng truyền tải dữ liệu ở tốc độ cao và phạm vi rộng, hỗ trợ kết nối cho các thiết bị IoT trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Các công nghệ này đặc biệt hữu ích trong các ứng dụng cần truyền tải dữ liệu thời gian thực như theo dõi tài sản, đo lường từ xa, và ứng dụng trong y tế.
- Mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN): Các công nghệ như Lora, Sigfox và NB-IoT được thiết kế để truyền tải dữ liệu trong khoảng cách xa với chi phí thấp và yêu cầu năng lượng tối thiểu. Những công nghệ này rất phù hợp với các ứng dụng IoT cần độ phủ sóng rộng, ví dụ như giám sát môi trường, đo lường nước và theo dõi tài sản ở những khu vực không có kết nối mạng di động.

Trong hệ thống quan trắc chất lượng ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh công nghệ kết nối không dây cần đáp ứng các tiêu chí sau:

- Phạm vi kết nối: Yêu cầu phạm vi rộng đủ để phủ sóng diện tích hồ 5000m<sup>2</sup>
- Khả năng mở rộng: Khả năng mở rộng linh hoạt, dễ dàng phát triển và thay thế.
- Chi phí: Chi phí hợp lý, tiết kiệm nhưng vẫn hiệu quả và ổn định.
- Tốc độ truyền: Dữ liệu truyền đi gồm các thông số về cảm biến, nên tốc độ truyền không cần quá cao.
- Tiêu thụ năng lượng: Tiêu thụ năng lượng thấp.

Dựa trên các tiêu chí trên, nhóm lựa chọn công nghệ kết nối không dây phù hợp đối với hệ thống quan trắc chất lượng nước trong ao hồ kết hợp với trồng cây thủy sinh là công nghệ kết nối không dây Lora.

### 2.3 Truyền thông giữa người quản lý, vận hành và người nuôi

Trong hệ thống quan trắc, việc giao tiếp giữa thiết bị và người dùng cuối (người quản lý, người nuôi) đóng vai trò then chốt, quyết định tính hữu dụng của toàn bộ giải pháp. Hệ thống cần đáp ứng nhu cầu của các đối tượng khác nhau:

- **Người quản lý/vận hành:** Cần khả năng giám sát tình trạng hệ thống từ xa, quản lý dữ liệu và cấu hình thiết bị.

- **Người nuôi trồng:** Cần một phương thức trực quan, dễ dàng để tiếp cận dữ liệu chất lượng nước thông qua Web hoặc ứng dụng di động (App).

Để đáp ứng những yêu cầu này một cách toàn diện và hiệu quả, nhóm lựa chọn kết hợp giữa giao thức MQTT và Cloud Server.

Giao thức MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) được sử dụng làm phương thức chính để kết nối và trao đổi dữ liệu hai chiều giữa Gateway của hệ thống và máy chủ Cloud. Giải pháp này mang lại nhiều ưu điểm vượt trội:

- **Giám sát thời gian thực:** MQTT cho phép Gateway đẩy dữ liệu lên máy chủ gần như ngay lập tức, giúp người vận hành có thể giám sát hệ thống một cách trực tuyến thông qua giao diện Web mà không có độ trễ.

- **Lưu trữ và phân tích dữ liệu:** Toàn bộ dữ liệu sẽ được lưu trữ an toàn trên nền tảng Cloud. Điều này không chỉ phục vụ cho việc truy cập và theo dõi của người nuôi mà còn tạo ra bộ dữ liệu lớn, có giá trị cho việc phân tích xu hướng môi trường nước về lâu dài.

- **Cảnh báo đa kênh và linh hoạt:** Điểm mạnh của giải pháp này là khả năng cảnh báo đa kênh. Thay vì chỉ giới hạn ở một phương thức, nền tảng Cloud cho phép cấu hình và gửi cảnh báo tự động khi các chỉ số vượt ngưỡng qua nhiều phương thức hiện đại như Email, thông báo đẩy (push notification) đến ứng dụng di động, giúp thông tin khẩn cấp được truyền đi nhanh chóng và đáng tin cậy.

### 2.4 Thiết bị thu thập dữ liệu

#### 2.4.1 Sơ đồ khối



Hình 2.2 Sơ đồ khối

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Thiết bị thu thập dữ liệu có nhiệm vụ lấy dữ liệu từ các cảm biến đo chỉ tiêu trong ao hồ và gửi dữ liệu đến Thiết bị giám sát và cảnh báo theo 1 chu kỳ được quy định, dữ liệu sẽ được truyền không dây tầm xa qua Lora.

### **2.4.2 Cảm biến pH**

Để đảm bảo chất lượng nước trong ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh, việc lựa chọn cảm biến đo độ pH phù hợp là vô cùng quan trọng. Cảm biến cần đảm bảo độ chính xác cao, độ bền trong môi trường nước, và khả năng hoạt động ổn định trong khoảng pH từ 6.5 đến 8 vốn là mức lý tưởng để cá sinh trưởng khỏe mạnh và cây thủy sinh hấp thụ tốt dinh dưỡng. Nhóm chọn cảm biến pH công nghiệp PH DFrobot gravity với độ bền cao và khả năng hoạt động ổn định. Với các ưu điểm

- **Độ chính xác cao:** Độ chính xác đo lường  $\pm 0.1$  pH, phù hợp với các yêu cầu nghiêm ngặt trong công nghiệp.
- **Dải đo rộng:** Có thể đo trong khoảng từ 0 đến 14 pH, đáp ứng đa dạng các môi trường nước.
- **Thiết kế chống ăn mòn:** Đầu cảm biến được làm từ vật liệu bền bỉ, chống ăn mòn trong môi trường chứa hóa chất hoặc nước có tính kiềm hoặc axit cao.
- **Khả năng truyền dữ liệu:** Tích hợp đầu ra tín hiệu tương tự (4-20mA) hoặc tín hiệu số, dễ dàng kết nối với các hệ thống điều khiển và giám sát.
- **Ứng dụng linh hoạt:** Hoạt động tốt trong nước thải, ao nuôi, nước sông, và các môi trường khắc nghiệt khác.



Hình 2.3 Cảm biến đo PH

| Thông số          | Chi tiết     |
|-------------------|--------------|
| Dải đo            | 0 - 14 pH    |
| Độ chính xác      | $\pm 0.1$ pH |
| Độ phân giải      | 0.01 pH      |
| Tín hiệu đầu ra   | Analog       |
| Điện áp hoạt động | 10 - 30 VDC  |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Vật liệu điện cực       | Nhựa chống ăn mòn                   |
| Nhiệt độ hoạt động      | 0°C - 80°C                          |
| Áp suất làm việc tối đa | 0 - 6 bar                           |
| Thời gian đáp ứng       | < 1 giây                            |
| Kết nối cơ khí          | Ren tiêu chuẩn PG13.5               |
| Chất liệu vỏ            | Nhựa PVC/PP chống ăn mòn            |
| Tuổi thọ điện cực       | 12-18 tháng (tùy điều kiện sử dụng) |
| Hiệu chuẩn              | 2 hoặc 3 điểm chuẩn (pH 4, 7, 10)   |

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật cảm biến PH

### 2.4.3 Cảm biến nồng độ DO (Oxy hòa tan)

Là một yếu tố quan trọng trong ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của cá, sự phát triển của cây thủy sinh và hoạt động của hệ vi sinh trong nước. Thiếu oxy hòa tan có thể dẫn đến tích tụ các khí độc như H<sub>2</sub>S và NH<sub>3</sub>, gây ngộ độc cho cá cây hoa súng và môi trường ao.

Hàm lượng DO thấp (<3 mg/L) sẽ dẫn đến cá dễ bị căng thẳng, giảm sức đề kháng, chậm lớn, và có nguy cơ chết ngạt nếu tình trạng thiếu oxy kéo dài. Hàm lượng DO lý tưởng cho cá phát triển khỏe mạnh, tăng cường khả năng hấp thụ dinh dưỡng và trao đổi chất là (5-8 mg/L). Nhóm chọn cảm biến DO công nghiệp RS-LDO-N01-EX với độ bền cao và khả năng hoạt động ổn định. Với các ưu điểm:

- **Không cần hiệu chuẩn thường xuyên:** Sử dụng công nghệ đo quang học (optical) không yêu cầu thay thế màng hay dung dịch điện phân, giúp giảm chi phí vận hành và bảo trì.
- **Độ chính xác cao:** Đảm bảo độ tin cậy với kết quả đo ổn định trong các môi trường nước khác nhau.
- **Khả năng hoạt động trong môi trường khắc nghiệt:** Thiết kế chịu được áp lực và chống ăn mòn, phù hợp với ao nuôi và các hệ thống nước công nghiệp.
- **Không bị nhiễu bởi các chất ô nhiễm:** Không bị ảnh hưởng bởi sulfide hoặc các chất oxy hóa khác như các cảm biến truyền thống.
- **Dễ lắp đặt và vận hành:** Thiết kế đơn giản, tương thích với nhiều hệ thống quan trắc khác nhau.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 2.4 Cảm biến đo DO

| Thông số                | Chi tiết                            |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Dải đo                  | 0 – 20 mg/L                         |
| Độ chính xác            | ±0.1 mg/L                           |
| Độ phân giải            | 0.01 mg/L                           |
| Tín hiệu đầu ra         | RS-485 (Modbus RTU)                 |
| Điện áp hoạt động       | 10 - 30V DC                         |
| Vật liệu điện cực       | Thép không gỉ, chống ăn mòn         |
| Nhiệt độ hoạt động      | 0 – 50°C                            |
| Áp suất làm việc tối đa | ≤4 bar                              |
| Thời gian đáp ứng       | <30 giây                            |
| Kết nối cơ khí          | Ren G3/4 hoặc tùy chọn theo yêu cầu |
| Chất liệu vỏ            | Thép không gỉ                       |
| Tuổi thọ điện cực       | ≥2 năm                              |
| Hiệu chuẩn              | Không cần hiệu chuẩn thường xuyên   |

Bảng 2.2 Thông số kỹ thuật cảm biến DO

#### 2.4.4 Cảm biến nồng độ Amoniac

Nồng độ Amoniac: Amoniac ( $\text{NH}_3$ ) là một chất độc đối với cá, có thể gây tổn thương đến hệ thống thần kinh, hô hấp, và tiêu hóa của chúng. Trong môi trường nước, nồng độ amoniac cao sẽ làm giảm khả năng hấp thụ oxy của cá, gây ra tình trạng thiếu oxy và ảnh hưởng xấu đến sự sống của cá. Mặc dù cây thủy sinh có thể hấp thụ một phần amoniac như một nguồn dinh dưỡng, nhưng nồng độ cao vẫn có thể gây ức chế sự phát triển của cây.

Để đo nồng độ Amoniac và nồng độ kim loại nặng trong môi trường nước ta cần sử dụng các cảm biến chuyên dụng như cảm biến ion chọn lọc (ISE) cho kim loại nặng hoặc amoniac, hoặc các phương pháp phân tích hóa học khác. Nhóm chọn cảm biến  $\text{NH}_3$  công nghiệp ES-CT-NH3-02 với nguyên lý hoạt động là khí Amoniac ( $\text{NH}_3$ ) khuếch tán qua một lớp màng lọc vào bên trong buồng cảm biến. Tại đây,  $\text{NH}_3$  sẽ tham gia vào một

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

phản ứng điện hóa trên bề mặt của điện cực làm việc (working electrode). Phản ứng này tạo ra một dòng điện tỷ lệ thuận với nồng độ khí NH<sub>3</sub> có trong môi trường.

- **Độ nhạy và độ chính xác cao:** Cung cấp kết quả đo nồng độ Amoniac chính xác và ổn định, giúp theo dõi và kiểm soát chất lượng không khí hoặc quy trình một cách hiệu quả.
- **Phản hồi nhanh:** Cho phép phát hiện sự thay đổi nồng độ NH<sub>3</sub> một cách kịp thời, quan trọng cho các ứng dụng cần cảnh báo sớm hoặc điều khiển nhanh.
- **Khả năng hoạt động trong môi trường khắc nghiệt:** Thiết kế chịu được áp lực và chống ăn mòn, phù hợp với ao nuôi và các hệ thống nước công nghiệp.
- **Không bị nhiễu bởi các chất ô nhiễm:** Không bị ảnh hưởng bởi sulfide hoặc các chất oxy hóa khác như các cảm biến truyền thống.
- **Dễ lắp đặt và vận hành:** Thiết kế đơn giản, tương thích với nhiều hệ thống quan trắc khác nhau.



Hình 2.5 Cảm biến đo NH<sub>3</sub>

| Thông số                | Chi tiết                    |
|-------------------------|-----------------------------|
| Dải đo                  | 1 – 100PPM                  |
| Độ chính xác            | 5% F.S                      |
| Độ phân giải            | 0.01 PPM                    |
| Tín hiệu đầu ra         | RS-485 (Modbus RTU)         |
| Điện áp hoạt động       | 12 - 24V DC                 |
| Vật liệu điện cực       | Thép không gỉ, chống ăn mòn |
| Nhiệt độ hoạt động      | 0 – 50°C                    |
| Áp suất làm việc tối đa | ≤4 bar                      |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Thời gian đáp ứng | <30 giây                            |
| Kết nối cơ khí    | Ren G3/4 hoặc tùy chọn theo yêu cầu |
| Chất liệu vỏ      | Thép không gỉ                       |
| Tuổi thọ điện cực | ≥2 năm                              |
| Hiệu chuẩn        | Cần hiệu chuẩn thường xuyên         |

Bảng 2.3 Bảng thông số kỹ thuật cảm biến NH3-EX

Thông qua các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh, nhóm lựa chọn 3 cảm biến đo:

| <b>Yếu tố đo lường</b> | <b>Cảm biến</b>                    | <b>Khoảng đo</b> |
|------------------------|------------------------------------|------------------|
| Độ pH                  | Cảm biến pH DFrobot gravity2       | 0 đến 14 pH      |
| DO (Oxy hòa tan)       | Cảm biến Oxy hòa tan RS-LDO-N01-EX | 0 đến 20mg/L     |
| Nhiệt độ               | Đã được tích hợp trên cảm biến DO  | 0 đến 80 độ C    |
| NH <sub>3</sub>        | ES-CT-NH3-02                       | 1 đến 100PPM     |

Bảng 2.4 Bảng chọn cảm biến

#### **2.4.5 Xử lý dữ liệu**

Xử lý dữ liệu đóng vai trò then chốt trong việc tối ưu hóa hoạt động của hệ thống, kết nối các thành phần của nó và cung cấp thông tin đáng tin cậy, đồng thời giảm thiểu rủi ro sự cố. Để thực hiện công việc này hiệu quả, cần sử dụng các thiết bị điện tử có khả năng xử lý và tính toán nhanh chóng, chính xác. Những thiết bị này, gọi là vi điều khiển (MCU - Microcontroller Unit), tích hợp nhiều chức năng trong một chip duy nhất. Vi điều khiển ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, từ các hệ thống điều khiển tự động đơn giản cho đến các hệ thống IoT phức tạp.

Có nhiều vi điều khiển phổ biến như Arduino, ESP, nhưng vi điều khiển STM32 được đánh giá cao vì sự linh hoạt, hiệu suất cao và khả năng mở rộng vượt trội. Nó hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông như SPI, I2C, UART, và CAN, cùng với các tính năng như bộ chuyển đổi analog-to-digital (ADC), bộ đếm, và tính năng tiết kiệm năng lượng,

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

làm cho nó trở thành lựa chọn lý tưởng cho các ứng dụng đòi hỏi hiệu suất cao và độ ổn định lâu dài.

STM32 phân thành nhiều dòng khác nhau, mỗi dòng được thiết kế để phục vụ các nhu cầu và ứng dụng cụ thể. Trong đó, dòng STM32L nổi bật với khả năng tiết kiệm năng lượng, lý tưởng cho hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh. Dòng STM32L sử dụng các công nghệ tiết kiệm năng lượng tiên tiến, như chế độ ngủ và chế độ ngừng hoạt động, giúp kéo dài tuổi thọ của pin mà vẫn duy trì hiệu suất và khả năng xử lý của vi điều khiển.

Dựa trên những đặc điểm đó và bảng so sánh các vi điều khiển STM32 dòng L trong bảng 2.5 quyết định chọn vi điều khiển STM32L476VGT cho hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh. Với 5 cổng USART đủ để kết nối và mở rộng với các cảm biến trên hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh.



Hình 2.6 Vi điều khiển STM32L476VGT

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Lõi điều khiển          | ARM Cortex-M4 với tốc độ 80 MHz.                           |
| Bộ nhớ                  | 1 MB Flash và 128 KB RAM, hỗ trợ bộ nhớ ngoài.             |
| Khả năng xử lý tín hiệu | 3 bộ ADC 12-bit, 2 bộ DAC 12-bit, và 4 bộ lọc sigma-delta. |
| Giao tiếp               | 20 giao tiếp bao gồm USB OTG, I2C, SPI, CAN, USART, SAI.   |
| DMA                     | 14 kênh DMA để giảm tải cho CPU.                           |
| Đồng hồ và bộ đếm       | 16 Timer, 2 watchdog timer, và RTC.                        |

Bảng 2.5 Thông số cấu hình vdk STM32L476VGT

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

| <b>Thông số</b>             | <b>STM32L0</b>  | <b>STM32L1</b>  | <b>STM32L4</b>   | <b>STM32L5</b>  |
|-----------------------------|---|---|--|---|
| Loại vi điều khiển          | Cortex-M0+  | Cortex-M3   | Cortex-M4  | Cortex-M33  |
| Tốc độ xung nhịp            | Tối đa 32 MHz   | Tối đa 32 MHz   | Tối đa 80 MHz  | Tối đa 110 MHz  |
| Dung lượng bộ nhớ Flash     | Lên đến 192 KB  | Lên đến 512 KB  | Lên đến 1 MB   | Lên đến 1 MB  |
| Dung lượng RAM              | Lên đến 20 KB   | Lên đến 80 KB   | Lên đến 128 KB   | Lên đến 320 KB  |
| Tiêu thụ năng lượng         | Siêu tiết kiệm năng lượng, chế độ hoạt động thấp                                  | Tiết kiệm năng lượng tốt, chế độ ngủ và chế độ ngừng hoạt động          | Tiết kiệm năng lượng với các chế độ hoạt động thấp và hiệu quả           | Tiết kiệm năng lượng tối ưu, với các tính năng bảo mật và chế độ thấp |
| ADC                         | 12-bit, 1 Msps  | 12-bit, 1 Msps  | 16-bit, 2.4 Msps   | 16-bit, 3.6 Msps  |
| Giao tiếp                   | I2C, SPI, USART, USB, CAN   | I2C, SPI, USART, USB, CAN   | I2C, SPI, USART, USB, CAN, QSPI  | I2C, SPI, USART, USB, CAN, QSPI                                       |
| Chế độ tiết kiệm năng lượng | Ngủ, ngừng, bật, chế độ tiết kiệm năng lượng thấp                                 | Ngủ, ngừng, bật, chế độ tiết kiệm năng lượng thấp                       | Ngủ, ngừng, bật, chế độ tiết kiệm năng lượng thấp                        | Ngủ, ngừng, bật, chế độ tiết kiệm năng lượng thấp                     |
| Ứng dụng phổ biến           | Các thiết bị IoT, cảm biến, thiết bị đeo, thiết bị điện tử tiêu thụ ít năng lượng | Các thiết bị IoT, thiết bị tiêu thụ ít năng lượng, ứng dụng công nghiệp | Thiết bị di động, thiết bị tiêu thụ ít năng lượng, các ứng dụng phức tạp | Các thiết bị yêu cầu bảo mật cao, ứng dụng công nghiệp, IoT           |

Bảng 2.6 So sánh các vdk STM32 dòng L.

### **2.4.6 Các phương án mở rộng hệ thống đo đa điểm**

#### **2.4.6.1 Kết hợp dây ròng rọc**

Nguyên lý hoạt động:

- Dây ròng rọc được gắn cố định ở hai bên hồ để định hướng di chuyển thiết bị đo.

### Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Thiết bị sẽ được kéo bằng dây qua hệ thống ròng rọc. Nhờ một cơ chế kéo chủ động từ động cơ giảm tốc gắn trên thiết bị.
- Hệ thống có thể di chuyển theo đường thẳng hoặc tạo góc tùy vào thiết kế dây ròng rọc.

Ưu điểm:

- Chi phí thấp: Dây ròng rọc và cơ chế kéo đơn giản, dễ lắp đặt.
- Định hướng chính xác: Chuyển động có thể kiểm soát tốt theo tuyến đường định sẵn.
- Bảo trì dễ dàng: Ít hư hỏng phức tạp, không phụ thuộc nhiều vào nước.

Nhược điểm:

- Ảnh hưởng bởi chướng ngại vật: Dây và thiết bị dễ vướng vào chướng ngại vật như hoa súng hoặc các vật thể nổi.
- Tốc độ di chuyển chậm: Do bị hạn chế bởi lực kéo dây.
- Hạn chế trong vùng phức tạp: Khó triển khai nếu hồ có nhiều góc khuất hoặc địa hình không đều.

#### *2.4.6.2 Lắp đặt nhiều thiết bị thu thập dữ liệu*

Nguyên lý hoạt động:

- Các thiết bị thu thập dữ liệu được bố trí tại các điểm chiến lược trong hồ (đầu vào, giữa hồ, đầu ra, hoặc các khu vực có nhiều thay đổi về chất lượng nước).
- Mỗi thiết bị thu thập dữ liệu sẽ gửi tín hiệu đo về thiết bị giám sát và cảnh báo.

Ưu điểm:

- **Thu thập dữ liệu toàn diện:** Có thể đo đồng thời tại nhiều vị trí, cho cái nhìn chính xác hơn về chất lượng nước trên toàn bộ hồ.
- **Tiết kiệm thời gian:** Loại bỏ nhu cầu di chuyển thiết bị qua các vị trí, giúp thu thập dữ liệu nhanh chóng.
- **Hoạt động liên tục:** Các trạm cố định có thể hoạt động liên tục, cung cấp dữ liệu thời gian thực.
- **Giảm tác động vật lý:** Không cần di chuyển thiết bị nên hạn chế tác động đến hoa súng và cá, ốc trong hồ.

Nhược điểm:

- **Chi phí ban đầu cao:** Lắp đặt nhiều trạm và thiết bị cảm biến đòi hỏi đầu tư lớn.
- **Bảo trì phức tạp:** Cần kiểm tra và thay thế pin hoặc bảo trì thiết bị tại nhiều điểm.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- **Khó di chuyển:** Các trạm được cố định tại chỗ, không phù hợp nếu cần thay đổi vị trí đo.

#### 2.4.6.3 Kết hợp động cơ chân vịt

Nguyên lý hoạt động:

- Gắn động cơ chân vịt vào thiết bị đo đạc, cho phép nó tự vận hành và di chuyển trong hồ.
- Động cơ chân vịt sẽ tạo lực đẩy thông qua chân vịt quay trong nước, điều chỉnh hướng bằng servo hoặc hệ thống lái tích hợp.

Ưu điểm:

- **Tính linh hoạt cao:** Có thể di chuyển đến bất kỳ vị trí nào trong hồ, không phụ thuộc vào vị trí dây cố định.
- **Tốc độ di chuyển nhanh:** Phù hợp với các hồ lớn và nhu cầu đo đạc nhiều điểm trong thời gian ngắn.
- **Ít bị ảnh hưởng bởi chướng ngại vật:** Có thể thiết kế để tránh hoa súng hoặc vật cản bằng cách di chuyển vòng qua chúng.

Nhược điểm:

- **Phức tạp hơn:** Cần trang bị động cơ, bộ điều khiển và pin.
- **Phức tạp trong bảo trì:** Động cơ có thể bị hư hỏng bởi nước, rễ cây hoặc bùn.
- **Khả năng định hướng:** Cần tích hợp cảm biến GPS hoặc hệ thống dẫn đường để đảm bảo đo chính xác.

#### 2.4.6.4 Kết luận

- **Phương pháp ròng rọc:** Phù hợp cho hồ nhỏ và vừa, nơi cần đo tại các tuyến cố định.
- **Phương pháp động cơ chân vịt:** Phù hợp cho hồ lớn, cần sự linh hoạt và di chuyển đến nhiều vị trí khác nhau.
- **Phương pháp nhiều trạm đo cố định:** Phù hợp để giám sát liên tục và toàn diện tại các khu vực chiến lược trong hồ.

Các phân tích trên **bảng 2.7** cho thấy tiềm năng và các hướng đi để mở rộng hệ thống trong tương lai. Trong phạm vi của đề án này, nhóm sẽ tập trung vào việc thiết kế và hoàn thiện một thiết bị thu thập dữ liệu nền tảng hoạt động ổn định, làm cơ sở cho việc nhân rộng thành một mạng lưới quan trắc đa điểm sau này.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

| Tiêu chí                         | Sử dụng dây ròng rọc | Sử dụng động cơ chân vịt | Sử dụng nhiều trạm đo cố định |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Khả năng di chuyển               | Trung bình           | Cao                      | Thấp                          |
| Chi phí đầu tư                   | Thấp                 | Trung bình               | Cao                           |
| Ảnh hưởng đến hoa súng, cá và ốc | Cao                  | Cao                      | Trung bình                    |
| Khả năng bảo trì                 | Dễ                   | Trung bình               | Cao                           |

Bảng 2.7 So sánh các tiêu chí giải pháp đo đa điểm

**2.4.7 Truyền tải dữ liệu đến thiết bị giám sát và cảnh báo**

Sau khi chọn lựa chọn phương thức truyền thông giữa các thiết bị cho cho hệ thống là công nghệ công nghệ truyền thông Lora cho thiết bị, nhóm đã tiến hành chọn linh kiện phù hợp đó là Module Lora AS321.



Hình 2.7 Module Lora AS32

Sử dụng kỹ thuật điều chế Lora nên AS32 có thể đạt được độ nhạy trên -148dBm, giải quyết được các vấn đề như phạm vi, nhiễu hay năng lượng tiêu thụ. Dải tần số hoạt động chủ yếu 410 - 441MHz.

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| Kiểu giao tiếp           | UART        |
| Công suất phát tối đa    | 20dBm-100mW |
| Tốc độ bit tối đa        | 300Kbps     |
| Dòng điện tối đa sử dụng | 10.3mA      |
| Độ nhạy thu tối đa       | -148dBm     |
| CRC                      | 256 bit     |

Bảng 2.8 Thông số kỹ thuật của Module Lora AS32

#### **2.4.8 Năng lượng và tính ổn định**

Việc duy trì sự ổn định và thời gian hoạt động liên tục là yêu cầu thiết yếu đối với hệ thống giám sát đặt ngoài ao hồ, nơi cơ sở hạ tầng điện lưới còn hạn chế. Để giải quyết thách thức này, nhóm đã đề xuất giải pháp sử dụng nguồn năng lượng thay thế nhằm giảm sự phụ thuộc vào lưới điện, giúp hệ thống hoạt động tin cậy hơn trước các điều kiện khắc nghiệt.

Qua nghiên cứu, nhóm đã lựa chọn giải pháp năng lượng mặt trời kết hợp khối pin 18650 12VDC vì những lý do sau:

- Tiết kiệm chi phí: Sử dụng năng lượng mặt trời giúp loại bỏ chi phí điện vận hành và chi phí lắp đặt hạ tầng lưới điện tốn kém.
- Độ tin cậy cao: Hệ thống hoạt động độc lập, không bị gián đoạn bởi các sự cố điện lưới, từ đó đảm bảo khả năng giám sát liên tục và chính xác.
- Tiện lợi trong lắp đặt: Giải pháp không dây dẫn giúp việc triển khai hệ thống trở nên nhanh chóng, dễ dàng và giảm thiểu chi phí nhân công.



Hình 2.8 Mạch sạc MPPT

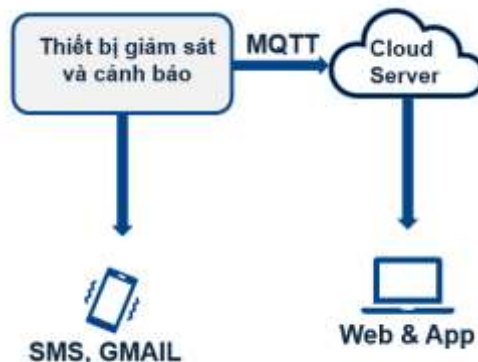
Đây là bộ điều khiển điện tử có chức năng tối ưu hóa năng lượng từ tấm pin mặt trời để sạc cho pin. Trong khi điện áp tấm pin thường dao động ở mức 16-18V, mạch MPPT sẽ hiệu chỉnh nó xuống mức điện áp sạc phù hợp cho pin (khoảng 13-14.5V), đảm bảo quá trình chuyển đổi năng lượng đạt hiệu suất cao nhất. Đồng thời để giám sát năng lượng cần sử dụng thêm một module theo dõi điện áp để dễ dàng đánh giá hiệu suất của nguồn điện, ở đây để phù hợp với nguồn điện 12VDC nhóm sử dụng cảm biến điện áp T17 có dải đo là 0-25V hoàn toàn phù hợp với hệ thống.



Hình 2.9 Cảm biến điện áp T17

## 2.5 Thiết bị giám sát và cảnh báo

### 2.5.1 Sơ đồ khối



Hình 2.10 Sơ đồ khối chi tiết của Thiết bị giám sát và cảnh báo

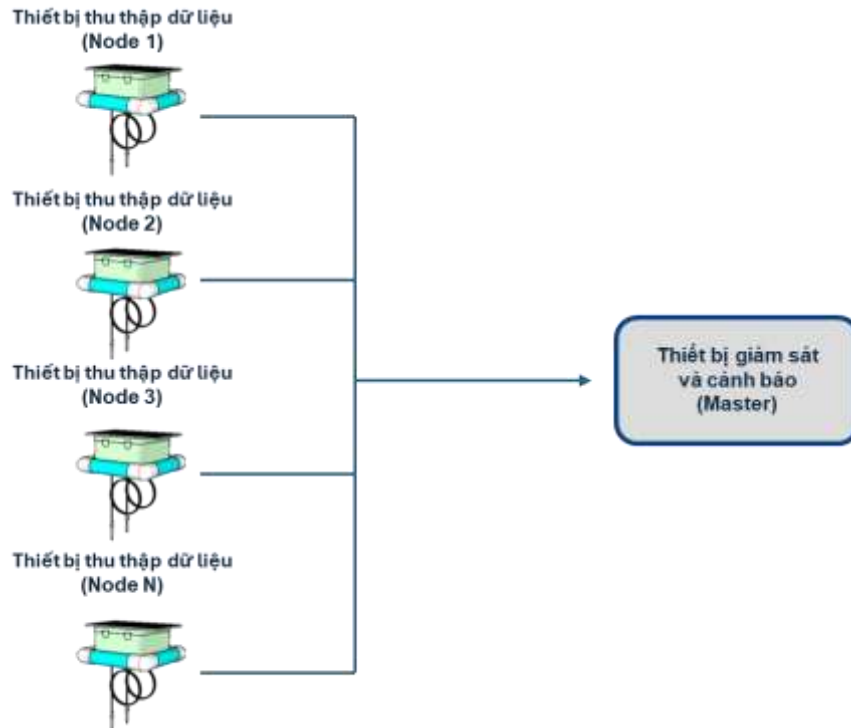
Thiết bị giám sát và cảnh báo (Master) có nhiệm vụ lấy dữ liệu từ các Thiết bị thu thập dữ liệu theo phương pháp phân tán trong ao hồ (sẽ được trình bày kỹ ở **mục 2.5.2**) qua mạng truyền thông Lora sau đó dữ liệu sẽ được xử lý và đưa ra cảnh báo đến người nuôi nếu chỉ tiêu vượt ngưỡng quy định, hiển thị thông số, giám sát theo thời gian.

### 2.5.2 Phương pháp giao tiếp Multiples Node – Master Node

Để đáp ứng yêu cầu giám sát từ một trạm trung tâm đến nhiều điểm quan trắc phân tán, nhóm đã thiết kế và triển khai một giao thức giao tiếp theo mô hình **Master-Node** (Chủ-Tớ) hay còn gọi là **Star Topology** (Mạng hình sao). Giao thức hoạt động dựa trên phương pháp Polling (Hỏi vòng), trong đó Trạm Trung tâm (Master) chủ động khởi tạo và kiểm soát toàn bộ quá trình trao đổi dữ liệu.

- Các điểm quan trắc và trạm thu thập sẽ có riêng biệt 1 địa chỉ để giao tiếp (Ví dụ: 0xFF, 0xBB, 0xCC...).

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 2.11 Mạng Lora cấu trúc hình sao

**2.5.2.1 Các thuật toán truyền nhận trong mạng Lora với cấu trúc hình sao**

- Thuật toán TDMA (Time Division Multiple Access – phân chia thời gian)

Thuật toán TDMA hoạt động dựa trên việc chia thời gian thành các khung (frame), trong đó mỗi khung được chia nhỏ thành các slot thời gian. Mỗi Node trong hệ thống được gán một slot cố định để truyền dữ liệu đến Master.

- Thuật toán ALOHA ( Slotted ALOHA)

Các Node gửi dữ liệu bất cứ khi nào có, không quan tâm đến thời gian hay trạng thái kênh. Nếu xảy ra va chạm, Node sẽ gửi lại sau một khoảng thời gian ngẫu nhiên.

Slotted ALOHA: Thời gian được chia thành các slot đều nhau. Node chỉ được phép truyền dữ liệu tại đầu slot. Điều này làm giảm khả năng xảy ra va chạm hơn so với ALOHA thường.

- Thuật toán Polling

Master đóng vai trò chủ động, gửi lệnh hỏi (poll request) đến từng Node theo thứ tự. Khi nhận được lệnh, Node sẽ phản hồi lại bằng cách gửi dữ liệu. Sau khi hoàn tất, Master sẽ hỏi Node tiếp theo.

- Thuật toán Event-Driven

Mỗi Node sẽ giám sát một số điều kiện nhất định (ví dụ: vượt ngưỡng nhiệt độ, pH bất thường...). Khi có sự kiện xảy ra, Node ngay lập tức gửi dữ liệu về cho Master. Có thể sử dụng thêm cơ chế ACK/NACK để xác nhận dữ liệu đã nhận hay chưa.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Thuật toán Hybrid

Thuật toán Hybrid là sự kết hợp của hai hoặc nhiều thuật toán trên, để tận dụng ưu điểm và giảm nhược điểm của từng cái.

| Thuật toán       | Ưu điểm   | Nhược điểm  |
|------------------|---|---|
| TDMA             | Tránh va chạm hoàn toàn<br>Dễ kiểm soát luồng dữ liệu<br>Ổn định, chính xác | Cần đồng bộ thời gian<br>Không linh hoạt nếu Node thay đổi<br>Slot có thể bị lãng phí |
| ALOHA            | Đơn giản, dễ triển khai<br>Không cần đồng bộ                                | Tỷ lệ va chạm cao<br>Hiệu suất thấp khi Node nhiều                                    |
| Slotted ALOHA    | Tốt hơn ALOHA về hiệu suất<br>Không cần đồng bộ chính xác                   | Vẫn có khả năng va chạm<br>Cần chia slot thời gian                                    |
| Polling          | Tránh va chạm hoàn toàn<br>Master kiểm soát toàn bộ luồng dữ liệu           | Độ trễ cao khi nhiều Node<br>Tăng lưu lượng điều khiển                                |
| Event-Driven     | Tiết kiệm năng lượng<br>Phản ứng nhanh với bất thường                       | Dễ va chạm nếu nhiều Node gửi cùng lúc<br>Phải thêm cơ chế ACK hoặc phát hiện va chạm |
| Hybrid (Kết hợp) | Cân bằng hiệu suất và phản ứng nhanh<br>Phù hợp hệ thống thực tế phức tạp   | Thiết kế phức tạp<br>Yêu cầu phần mềm đồng bộ tốt                                     |

Bảng 2.9 So sánh ưu nhược điểm các thuật toán

- Dựa vào ưu nhược điểm của các thuật toán và yêu cầu của hệ thống, nhóm chọn thuật toán Hybrid kết hợp giữa TDMA (giao tiếp định kỳ theo slot thời gian) và Event-Driven (giao tiếp theo sự kiện bất thường). Chi tiết về lưu đồ thuật toán sẽ được trình bày ở **Chương 3**.

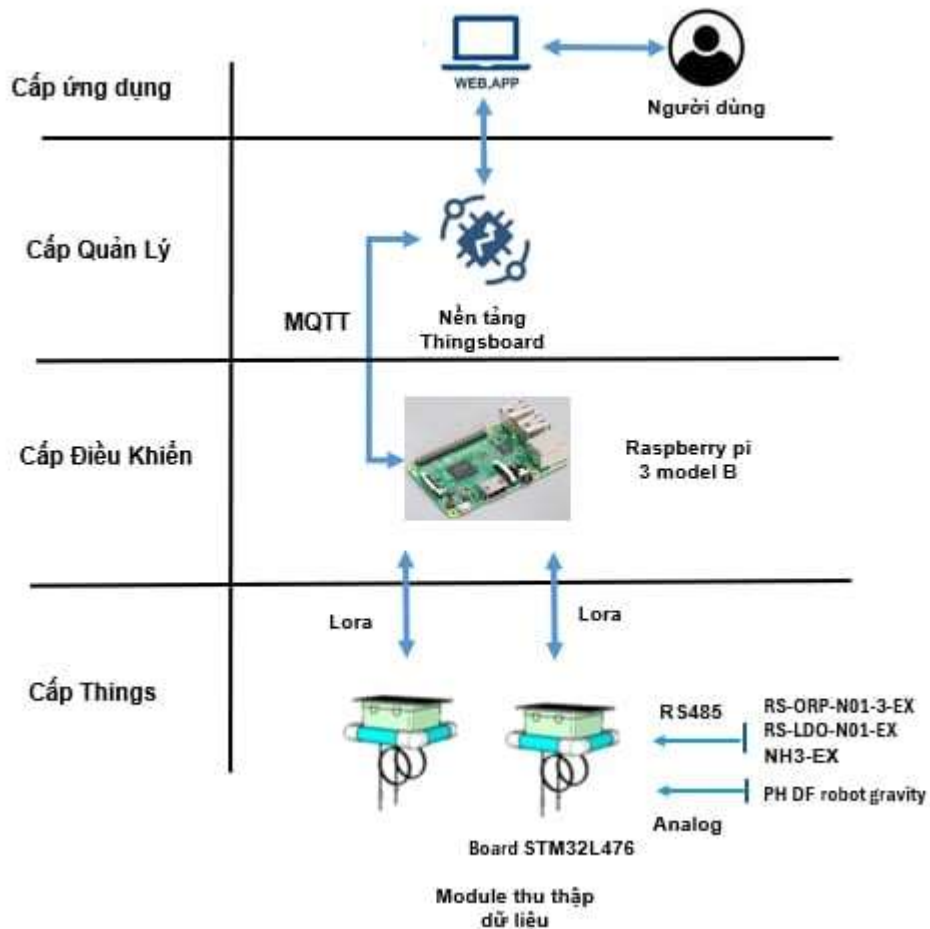
**2.5.3 Phương thức cảnh báo khi chỉ tiêu vượt ngưỡng**

Hệ thống sử dụng giao thức truyền thông Lora để nhận dữ liệu cảm biến từ các thiết bị đo đặt tại các ao hồ. Sau khi thu thập, dữ liệu được xử lý và so sánh với ngưỡng an toàn đã được thiết lập. Khi chỉ tiêu vượt quá giới hạn cho phép, hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn email và hiện cảnh báo lên giao diện người sử dụng, giúp đảm bảo nhận thông tin kịp thời kể cả khi không có mặt tại ao quản lý.

#### **2.5.4 Quản lý dữ liệu trực tuyến**

- Trong quá trình phát triển hệ thống giám sát và điều khiển các thông số môi trường ao hồ như pH, NH<sub>3</sub>, DO, nhiệt độ... một yêu cầu quan trọng là khả năng quản lý dữ liệu cảm biến theo thời gian thực, đồng thời có thể hiển thị trực quan, lưu trữ và cảnh báo khi vượt ngưỡng. Sau khi khảo sát một số giải pháp phổ biến như Blynk, Firebase, Ubidots, Grafana, nhóm quyết định lựa chọn ThingsBoard làm nền tảng chính để triển khai hệ thống quản lý dữ liệu trực tuyến.
- ThingsBoard là một nền tảng mã nguồn mở mạnh mẽ được thiết kế riêng cho các ứng dụng Internet of Things (IoT). Nền tảng này hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông phổ biến như MQTT, HTTP, CoAP, phù hợp với mô hình hệ thống Master-Node đang được triển khai. Một điểm nổi bật khác là khả năng tạo Dashboard trực quan, cho phép hiển thị các giá trị cảm biến thông qua biểu đồ, đồng hồ đo, cảnh báo bằng màu sắc hoặc tin nhắn.
- Ngoài ra, ThingsBoard còn cung cấp các tính năng quản lý thiết bị từ xa, lưu trữ dữ liệu lịch sử, đặt ngưỡng cảnh báo tự động, và tích hợp dễ dàng với các cơ sở dữ liệu như PostgreSQL hoặc TimescaleDB. Việc triển khai ThingBoard có thể thực hiện trên nền tảng đám mây hoặc máy chủ cục bộ, đảm bảo linh hoạt trong từng giai đoạn phát triển hệ thống.

## 2.6 Sơ đồ kiến trúc IoT



Hình 2.12 Sơ đồ kiến trúc IoT hệ thống

### 2.6.1 Giải thích sơ đồ IOT của hệ thống

- **Cấp Things:** Gồm vi điều khiển STM32L476 và các cảm biến (đo nồng độ Amoniac NH<sub>3</sub>, cảm biến đo nồng độ Oxy hòa tan DO sử dụng chuẩn giao tiếp RS-485, cảm biến pH giao tiếp Analog), sẽ gửi tín hiệu thông qua mạng Lora đến cấp điều khiển.
- **Cấp Điều Khiển:** Sử dụng máy tính nhúng Raspberry Pi 3 có chức năng xử lý các thông tin nhận được từ lớp Things thông qua mạng Lora. Đóng vai trò như là 1 Gateway và là bộ xử lý trung tâm xử lý các tín hiệu từ các node gửi về và giao tiếp với Thingsboard.
- **Cấp Quản lý:** Web, App đóng vai trò giúp người giám sát, người nuôi quan sát được dữ liệu chỉ số của các chỉ tiêu, giao thức chủ yếu là MQTT dùng để trao đổi dữ liệu.
- **Cấp ứng dụng:** Bao gồm nền tảng cơ sở dữ liệu trực tuyến Thingsboard dùng để lưu trữ giữ liệu các chỉ tiêu theo thời gian, thiết bị cảnh báo sẽ gửi dữ liệu lên

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Thingsboard nhờ vào phương thức Publish của giao thức MQTT. Lưu trữ dữ liệu giúp đánh giá được tình trạng của ao hồ nuôi theo thời gian.

Nguyên lý hoạt động:

- **Thu thập dữ liệu:** Các cảm biến ở cấp things (ES-CT-NH3-EX, RS-LDO-N01-EX, DFrobot Gravity, ORP-N01-3-EX) thu thập dữ liệu và gửi về vi điều khiển STM32L476 thông qua các giao tiếp như RS-485.

- **Xử lý và truyền dữ liệu:** STM32L476 xử lý dữ liệu nhận được và truyền lên cấp điều khiển thông qua module Lora AS32.

- **Kết nối đám mây:** Raspberry Pi nhận dữ liệu từ STM32L476 thông qua module Lora và truyền lên nền tảng đám mây ThingsBoard thông qua giao thức MQTT.

- **Hiển thị và quản lý:** Dữ liệu được lưu trữ và xử lý trên ThingsBoard, sau đó hiển thị trên ứng dụng web (WEB\_APP) hoặc gửi cảnh báo qua Gmail nếu cần.

Hệ thống này cho phép giám sát và điều khiển từ xa các thiết bị và cảm biến, đồng thời cung cấp khả năng phân tích và quản lý dữ liệu thông qua nền tảng đám mây.

### **2.7 Phương án lắp đặt hệ thống**

- Thiết bị thu thập dữ liệu (Node): Thiết bị thu thập dữ liệu sẽ được đặt tại mỗi ao 1 thiết bị đối với ao có diện tích trung bình, 2 trở lên tại các vị trí ao lớn hơn (vị trí đặt cần khảo sát ao hồ riêng), với mục đích là theo dõi các khu vực xảy ra biến động môi trường nước hoặc theo dõi chất lượng nước ao hồ nuôi.

- Thiết bị giám sát và cảnh báo (Master): Sẽ được đặt tại trại ao hoặc trạm chủ để quản lý các ao hồ xung quanh thuận tiện.

### **2.8 Kết luận**

Chương 2 nhóm đã trình bày phương án thiết kế 2 thiết bị bao gồm Thiết bị thu thập dữ liệu (Node), Thiết bị giám sát và cảnh báo (Master). Bằng cách phân tích, chia tính năng của thiết bị theo yêu cầu đã đặt ra, nhóm đã giải thích từng tính năng đồng thời chọn ra các linh kiện, thiết bị giúp hệ thống của tính năng đó. Nhóm cũng đã đưa ra sơ đồ khối hoạt động của hệ thống, đồng thời cũng đã đề xuất phương án lắp đặt hệ thống. Bước sang chương tiếp theo nhóm sẽ trình bày thiết kế phần cứng và phần mềm cho từng thiết bị.

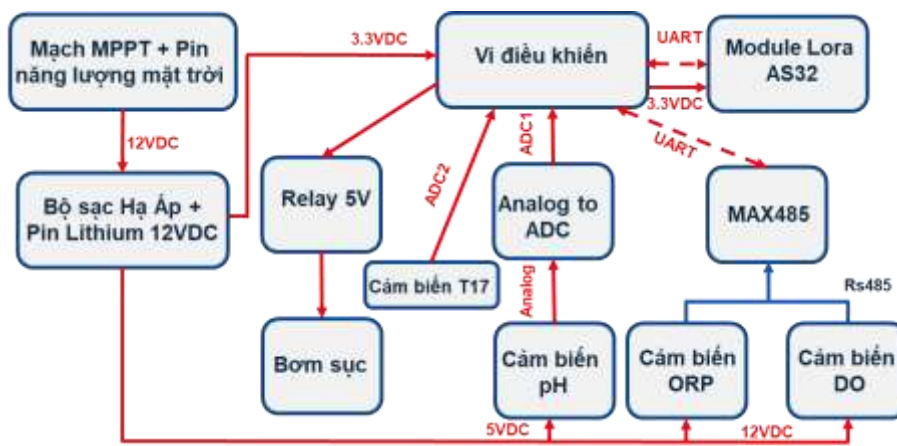
## CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM CHO HỆ THỐNG

### 3.1 Giới thiệu chung

Ở chương 2 nhóm đã nêu rõ tính năng của từng thiết bị cùng với các linh kiện có trong từng thiết bị. Ở chương này nhóm sẽ trình bày về thiết kế phần cứng, phần mềm của thiết bị giám sát và cảnh báo, thiết bị thu thập dữ liệu, các thuật toán truyền nhận Lora, các quy trình hiệu chuẩn cảm biến.

### 3.2 Thiết bị thu thập dữ liệu

#### 3.2.1 Sơ đồ khối chi tiết



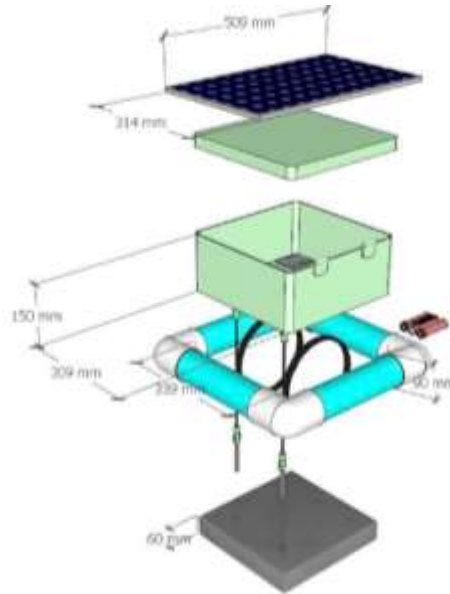
Hình 3.1 Sơ đồ khối chi tiết

- Phần nguồn gồm có khối pin lithium 12VDC, tấm pin năng lượng mặt trời, bộ chuyển đổi năng lượng ( nạp xả). Nguồn sẽ được chia làm nguồn 3.3V, 5V và 12V dùng phù hợp cho từng thiết bị.
- Vi điều khiển STM32 xử lý các lệnh thu thập dữ liệu cảm biến, truyền thông Lora và thực hiện lệnh bơm vệ sinh theo yêu cầu.
- Cảm biến DO, ORP giao tiếp STM32 qua RS485 sử dụng module MAX485 chuyển đổi RS485 sang TTL.
- Cảm biến pH DFrobot Gravity và cảm biến điện áp T17 giao tiếp STM32 qua 2 kênh Analog.
- Module Lora giao tiếp STM32 qua cổng Uart truyền dữ liệu từ lớp Things lên lớp Xử lý.

#### 3.2.2 Thiết kế phần cứng cho mô hình thử nghiệm

##### 3.2.2.1 Thiết kế 3D ban đầu cho Thiết bị thu thập dữ liệu

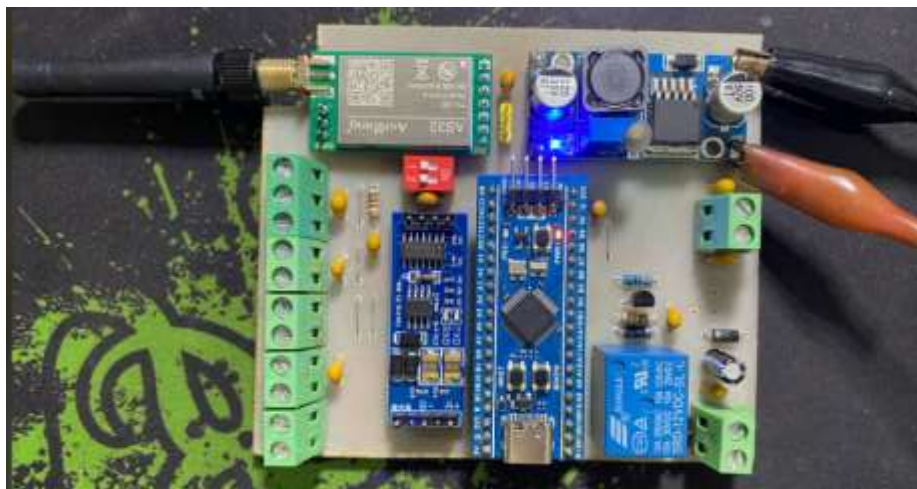
Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 3.2 Thiết kế 3D cho thiết bị thu thập dữ liệu

Mô hình thiết kế thiết bị đo bao gồm vi điều khiển STM32L476, phân hộp điều khiển dùng hộp nhựa PVC chống nước theo tiêu chuẩn IP6, phần phao nổi dùng xốp cao cấp kết hợp vỏ PVC, cảm biến sử dụng 3 cảm biến đã trình bày ở **mục 2.3.1**.

**3.2.2.2 Mạch điều khiển của Thiết bị thu thập dữ liệu**



Hình 3.3 Mạch điều khiển thực tế của thiết bị thu thập dữ liệu cảm biến

**3.2.3 Các cảm biến sử dụng cho mô hình thử nghiệm Thiết bị thu thập dữ liệu**

**Lưu ý:** Do điều kiện hạn chế, trong phương án mô hình thử nghiệm này nhóm tạm thời sử dụng cảm biến ORP-N01-3-EX để đánh giá gián tiếp mức độ ô nhiễm hữu cơ, thay vì cảm biến Amoniac ( $\text{NH}_3$ ) chuyên dụng. ORP là một chỉ số hữu ích cho thấy môi trường có xu hướng oxy hóa hay khử, tuy nhiên nó không thể thay thế hoàn toàn việc đo đặc nồng độ  $\text{NH}_3$  trực tiếp. Việc tích hợp cảm biến  $\text{NH}_3$  là một trong những ưu tiên hàng đầu trong phiên bản nâng cấp của hệ thống.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

| Dải ORP (mV) | Môi trường Oxy hóa-khử            | Ảnh hưởng đến cá trong ao hồ   |
|--------------|-----------------------------------|--|
| >450         | Oxy hóa mạnh                      | Cá stress, dễ tổn thương mô mang, giảm ăn, nguy cơ chết nếu kéo dài. |
| 300-450      | Oxy hóa tốt – hiếu khí mạnh       | Điều kiện tốt cho cá nếu không quá sát 450 mV                        |
| 150-300      | Oxy hóa nhẹ                       | Cá phát triển bình thường, ít stress                                 |
| 0-150        | Khử mạnh – thiếu oxy              | Cá dễ bị sốc, nổi đầu, lờ đờ, tăng tỷ lệ bệnh                        |
| <0           | Môi trường khử cực mạnh (yếm khí) | Cá chết nếu tiếp xúc lâu, xuất hiện khí độc (H <sub>2</sub> S)       |

Bảng 3.1 Ảnh hưởng của ORP với cá nuôi trong ao hồ



Hình 3.4 ORP-N01-3-EX

| <b>Thông số</b>   | <b>Chi tiết</b>     |
|-------------------|---------------------|
| Thông số          | Chi tiết            |
| Dải đo            | 0 – 20 mg/L         |
| Độ chính xác      | ±0.1 mg/L           |
| Độ phân giải      | 0.01 mg/L           |
| Tín hiệu đầu ra   | RS-485 (Modbus RTU) |
| Điện áp hoạt động | 10 - 30VDC          |

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Vật liệu điện cực       | Thép không gỉ, chống ăn mòn         |
| Nhiệt độ hoạt động      | 0 – 50°C                            |
| Áp suất làm việc tối đa | ≤4 bar                              |
| Thời gian đáp ứng       | <30 giây                            |
| Kết nối cơ khí          | Ren G3/4 hoặc tùy chọn theo yêu cầu |
| Chất liệu vỏ            | Thép không gỉ                       |
| Tuổi thọ điện cực       | ≥2 năm                              |

Bảng 3.2 Thông số cảm biến ORP

### 3.2.3.1 Hiệu chuẩn cảm biến DO

Việc hiệu chuẩn cảm biến DO bao gồm hai điểm: điểm 100% (trong nước bão hòa không khí) và điểm 0% (trong dung dịch không có oxy). Ở đây nhóm sử dụng Sodium sulfite được sử dụng để tạo ra một dung dịch có nồng độ oxy hòa tan bằng không.



Hình 3.5 Hiệu chuẩn cảm biến DO

Các bước thực hiện:

#### **Bước 1: Chuẩn bị Dung dịch Zero Oxygen (Không có chất xúc tác)**

- Đong nước: Đổ một lượng nước cất đủ để nhấn chìm đầu dò cảm biến vào cốc chứa.
- Thêm lượng dư  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ : Cho một lượng dư natri sulfit vào nước. Quy tắc khoảng 2-3g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  cho mỗi 100 mL nước.
- Khuấy đều dung dịch và đợi khoảng 15-20 phút để đảm bảo  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  có đủ thời gian để phản ứng và loại bỏ toàn bộ oxy hòa tan trong nước.

#### **Bước 2: Thực hiện Hiệu chuẩn Điểm Không (0%)**

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Rửa sạch cảm biến: Rửa kỹ đầu dò của cảm biến bằng nước cất và lau khô nhẹ nhàng.
- Đặt cảm biến vào dung dịch: Nhúng đầu dò vào dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  đã được khuấy đủ thời gian. Đảm bảo phần màng cảm biến ngập hoàn toàn và chờ đợi giá trị đo giảm xuống.
- Thực hiện hiệu chuẩn: Khi số đọc đã ổn định ở mức gần 0, vào phần mềm hiệu chuẩn và xác nhận điểm 0% theo phần mềm của nhà sản xuất.

**Bước 3: Hoàn tất Hiệu chuẩn (Hiệu chuẩn điểm 100%)**

- Rửa sạch cảm biến: Lấy cảm biến ra khỏi dung dịch sodium sulfite và rửa thật kỹ bằng nước cất để loại bỏ hoàn toàn hóa chất.
- Chuẩn bị điểm 100%: Để đầu dò cảm biến trong không khí, đảm bảo có một giọt nước nhỏ còn đọng lại trên màng cảm biến. Môi trường không khí ẩm 100% này tương ứng với độ bão hòa oxy 100%.
- Thực hiện hiệu chuẩn 100%: Đặt cảm biến vào môi trường 100% đã chuẩn bị. Chờ số đọc ổn định và sau đó vào phần mềm hiệu chuẩn và xác nhận điểm 100% theo phần mềm của nhà sản xuất.



Hình 3.6 Sử dụng phần mềm của nhà sản xuất để hiệu chuẩn

**3.2.3.2 Hiệu chuẩn cảm biến pH**

Việc hiệu chuẩn cảm biến pH bao gồm ba điểm:

Điểm pH 6.86 (hoặc 7.00): Đây là điểm "zero" hay điểm trung tính (offset). Nó được hiệu chuẩn đầu tiên.

Điểm pH 4.01 và 9.18: Đây là các điểm axit và bazơ, dùng để hiệu chuẩn "độ dốc" (slope) của cảm biến, đảm bảo cảm biến đọc đúng ở các vùng pH khác nhau.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 3.7 Hiệu chuẩn cảm biến PH

Các bước thực hiện:

**Bước 1: Chuẩn bị các Dung dịch Đệm (Buffer Solutions)**

- Chuẩn bị 3 cốc sạch: Dán nhãn cho từng cốc: pH 4.01, pH 6.86, và pH 9.18 để tránh nhầm lẫn. Thêm chính xác lượng nước cất hoặc nước đã khử ion theo hướng dẫn trên gói bột (250 mL).
- Dùng que khuấy sạch (rửa sạch giữa các lần khuấy) để khuấy đều cho đến khi bột tan hoàn toàn.
- Ổn định nhiệt độ: Để các dung dịch ở nhiệt độ phòng (lý tưởng là 25°C như ghi trên gói) trong một vài phút. Nhiệt độ ảnh hưởng đến giá trị pH, vì vậy việc này giúp đảm bảo độ chính xác.

**Bước 2: Hiệu chuẩn Điểm Trung tính (pH 6.86)**

- Rửa sạch điện cực: Lấy cảm biến pH ra, dùng nước cất phun rửa sạch đầu điện cực (bầu thủy tinh). Sau đó, dùng khăn giấy mềm thấm nhẹ để khô.
- Nhúng vào dung dịch: Đặt điện cực vào cốc chứa dung dịch đệm pH 6.86. Nhúng sâu đủ để ngập bầu thủy tinh và mối nối tham chiếu. Khuấy nhẹ rồi để yên.
- Đo điện áp đầu ra ở chân ADC là 1,734 Vol

**Bước 3: Hiệu chuẩn điểm Axit (pH 4.01)**

- Rửa sạch điện cực: Lấy điện cực ra khỏi dung dịch pH 6.86, rửa lại thật kỹ bằng nước cất và thấm khô nhẹ nhàng như trước. Bước rửa này cực kỳ quan trọng để không làm nhiễm bẩn dung dịch tiếp theo.
- Nhúng vào dung dịch: Đặt điện cực vào cốc chứa dung dịch đệm pH 4.01. Đợi cho giá trị đọc trên máy ổn định.
- Đo điện áp đầu ra ở chân ADC là 1,493 Vol

**Bước 4: Hiệu chuẩn/Kiểm tra điểm Bazo (pH 9.18)**

- Rửa sạch điện cực: Lặp lại quy trình rửa kỹ điện cực với nước cất và thấm khô.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Nhúng vào dung dịch: Đặt điện cực vào cốc chứa dung dịch đệm pH 9.18. Đợi cho giá trị đọc trên máy ổn định.
- Đo điện áp đầu ra ở chân ADC là 1,217 Vol

Từ các giá trị đo được tương ứng với các giá trị pH tính được giá trị  $a=-11,826$  và  $b=24,516$ , ta được phương trình  $pH = a.ADC \text{ value} + b$ .

### **3.2.3.3 Hiệu chuẩn cảm biến ORP**

Việc hiệu chuẩn cảm biến ORP thường chỉ cần hiệu chuẩn hoặc kiểm tra tại một điểm duy nhất để điều chỉnh "offset". Nhóm sử dụng dung dịch chuẩn 222mV mục đích là để đảm bảo rằng khi nhúng vào dung dịch có giá trị đã biết là 222mV, cảm biến sẽ đọc chính xác giá trị đó.



Hình 3.8 Hiệu chuẩn cảm biến ORP

Các bước thực hiện:

#### **Bước 1: Chuẩn bị dung dịch hiệu chuẩn:**

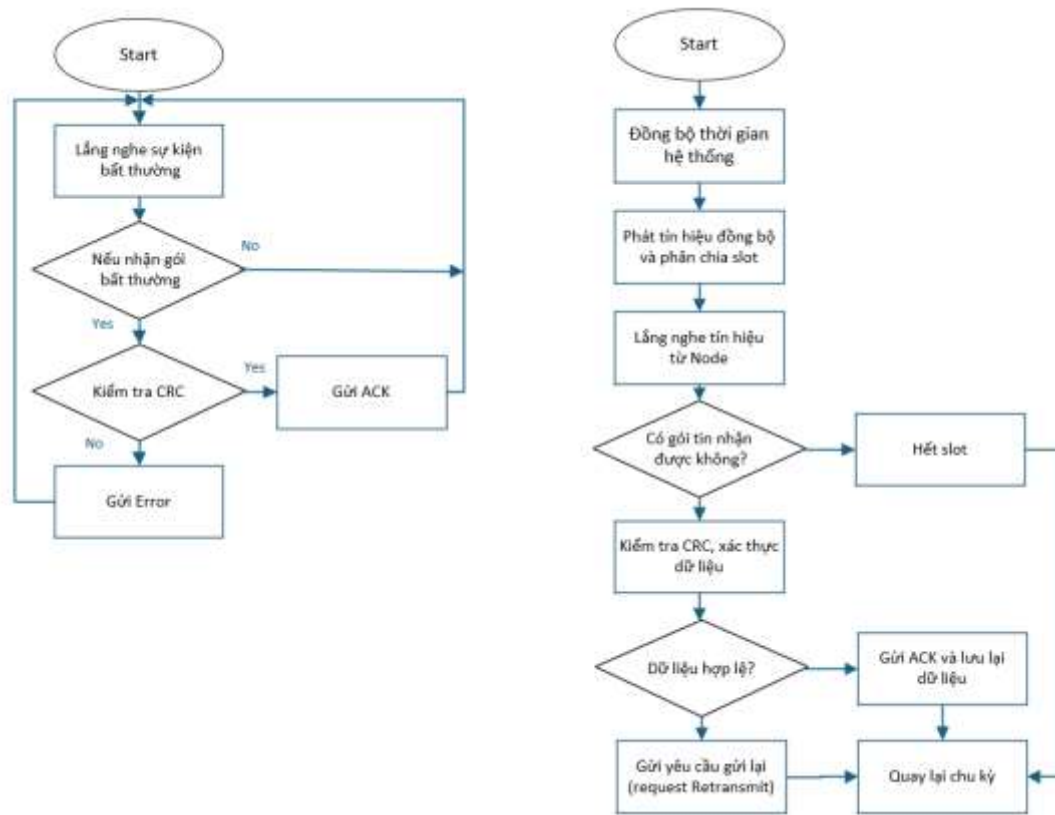
- Rót dung dịch chuẩn: Rót một lượng vừa đủ dung dịch chuẩn ORP 222mV vào một cốc sạch. Lượng dung dịch phải đủ để làm ngập đầu đo của cảm biến ORP.

#### **Bước 2: Thực hiện Kiểm tra / Hiệu chuẩn**

- Rửa sạch cảm biến: Dùng nước cất phun rửa sạch đầu đo ORP. Nhúng cảm biến vào dung dịch: Đặt cảm biến ORP đã được làm sạch vào cốc chứa dung dịch chuẩn 222mV.
- Chờ giá trị đo ổn định: Cảm biến ORP cần vài phút để giá trị đọc ổn định hoàn toàn. Sau đó vào phần mềm hiệu chuẩn và xác nhận điểm ORP thứ nhất theo phần mềm của nhà sản xuất.

### 3.2.4 Thiết kế Firmware cho hệ thống

#### 3.2.4.1 Lưu đồ thuật toán Master trong mạng Lora với cấu trúc hình sao



Hình 3.9 Ảnh lưu đồ thuật toán Master

Thuật toán điều khiển phía Master trong hệ thống mạng Lora với cấu trúc hình sao (star topology) được nhóm thiết kế để đảm bảo giao tiếp hiệu quả, ổn định và phản ứng nhanh với các sự kiện bất thường.

- Thuật toán gồm hai phần chính:

- (1) Giao tiếp định kỳ theo khung thời gian (TDMA), nơi Master đồng bộ thời gian, phân chia slot và thu thập dữ liệu từ từng Node theo lịch trình cố định.
- (2) Xử lý sự kiện bất thường ngoài lịch, cho phép các Node gửi tín hiệu khẩn cấp bất kỳ lúc nào. Cả hai cơ chế đều tích hợp kiểm tra CRC để xác thực dữ liệu và phản hồi thích hợp qua tín hiệu ACK hoặc yêu cầu gửi lại, giúp tăng độ tin cậy và tính sẵn sàng của hệ thống.

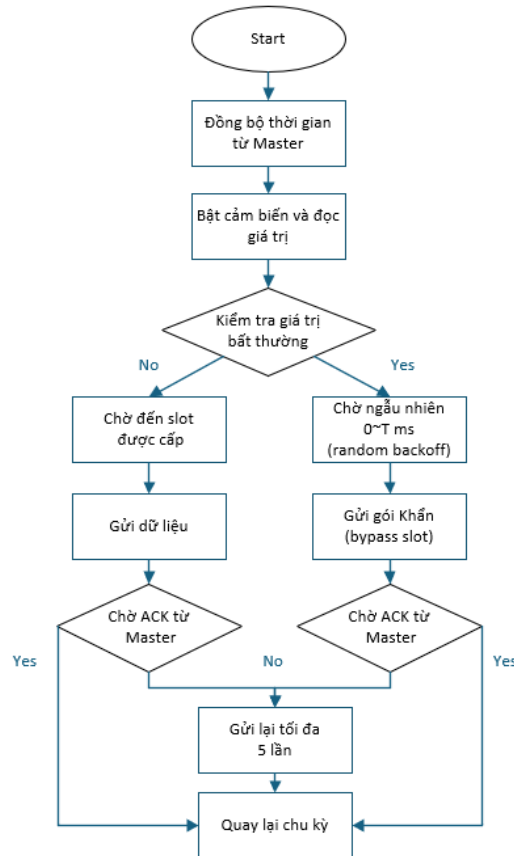
- Ưu Điểm của Thuật Toán

- Giảm xung đột nhờ TDMA, tối ưu hóa thời gian truyền.
- Độ tin cậy cao với cơ chế kiểm tra CRC và phản hồi ACK/NACK.
- Phản ứng nhanh với sự cố nhờ cơ chế xử lý sự kiện bất thường.
- Tiết kiệm năng lượng cho các Node do không phải liên tục cạnh tranh truyền dữ liệu.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Thuật toán này đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định, hiệu quả và linh hoạt trong cả điều kiện bình thường lẫn khẩn cấp.

**3.2.4.2 Lưu đồ thuật toán các Node trong mạng Lora với cấu trúc hình sao**



Hình 3.10 Ảnh lưu đồ thuật toán các Node

Thuật toán điều khiển phía Node trong hệ thống mạng Lora cấu trúc hình sao (star topology) được nhóm thiết kế để phù hợp, tiết kiệm năng lượng và phản ứng nhanh với các sự kiện bất thường truyền dữ liệu kịp thời đến Master.

- Thuật toán gồm hai chế độ:

**Chế độ truyền dữ liệu định kỳ (Scheduled Transmission)**

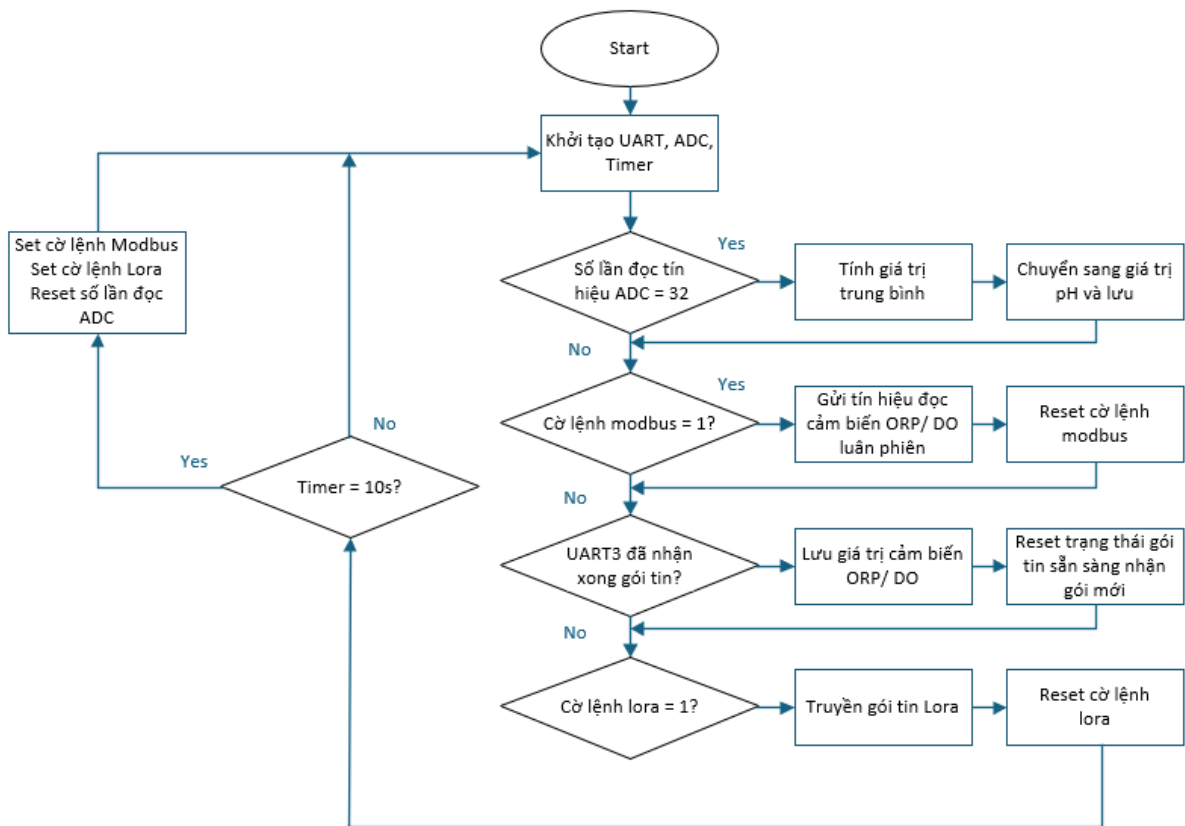
- Đồng bộ thời gian với Master, Xác định slot truyền dữ liệu được Master phân công.
- Thu thập và kiểm tra dữ liệu, Kích hoạt cảm biến, đọc giá trị đo lường (nhiệt độ, độ ẩm, ...).
- Kiểm tra ngưỡng bất thường (nếu dữ liệu vượt ngưỡng, chuyển sang chế độ khẩn cấp).
- Truyền dữ liệu trong slot được chỉ định, Gửi dữ liệu kèm CRC và chờ phản hồi ACK/NACK để Master kiểm tra tính toàn vẹn.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

**Chế Độ Truyền Khẩn Cấp (Emergency Transmission)**

- Kích hoạt khi phát hiện dữ liệu bất thường, Node bỏ qua slot định kỳ, gửi ngay gói tin "Priority Flag" đến Master.
- Sử dụng cơ chế Random Backoff ( $0 \div T$  ms) để giảm xung đột nếu nhiều Node cùng gửi khẩn cấp.
- Xác nhận và xử lý lỗi, Nếu không nhận ACK sau 200ms, Node thử gửi lại (tối đa 5 lần).
- Ưu Điểm của thuật Toán
  - Tiết kiệm năng lượng nhờ truyền theo slot cố định, giảm thời gian hoạt động
  - Phản ứng nhanh với sự cố nhờ cơ chế ưu tiên truyền khẩn cấp.
  - Độ tin cậy cao với CRC, ACK/NACK và retry tự động.
  - Giảm xung đột nhờ TDMA + Random Backoff cho truyền khẩn.

**3.2.4.3 Lưu đồ thuật toán Thiết bị thu thập dữ liệu (Node)**



Hình 3.11 Ảnh lưu đồ thiết bị thu thập dữ liệu

Giải thích lưu đồ chương trình chính:

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Đầu tiên khởi tạo các ngoại vi: UART, ADC, Timer và thực hiện trước vòng lặp chính. Cấu hình UART để giao tiếp với cảm biến (Modbus và Lora), cấu hình ADC để đọc tín hiệu pH, cấu hình Timer để định thời thực hiện các hành động định kỳ.
- Đọc tín hiệu pH từ ADC và tính trung bình ADC được đọc 32 lần liên tiếp (mục đích để giảm nhiễu, sau đó tính trung bình để tăng độ ổn định của tín hiệu. Giá trị trung bình sẽ được chuyển đổi sang giá trị pH tương ứng theo công thức hiệu chuẩn  $pH=ax+b$ .
- Nếu cờ flagT1\_modbus được đặt (do timer sau một khoảng thời gian định trước), thì bắt đầu gửi lệnh đến cảm biến ORP và DO qua giao thức Modbus. Các lệnh được gửi luân phiên: lần này gửi ORP, lần sau gửi DO.
- Gửi lệnh Modbus để đọc cảm biến ORP và cảm biến DO.
- Khi cảm biến phản hồi, dữ liệu sẽ đến qua UART3. Sau đó chờ và kiểm tra UART3 đã nhận xong gói tin chưa.
- Khi gói tin đã được nhận đầy đủ và đúng định dạng, chương trình sẽ giải mã dữ liệu, sau đó lưu giá trị ORP và DO vào biến tương ứng để truyền đi.
- Nếu đã đến thời điểm (ví dụ: mỗi 10 giây), cờ flagSendLora sẽ được đặt → chương trình sẽ chuẩn bị truyền dữ liệu qua Lora.
- Sau đó gửi toàn bộ dữ liệu cảm biến (pH, ORP, DO) theo định dạng quy định qua UART đến module Lora.
- Bộ định thời sẽ đếm đến mỗi 10 giây, sau đó đặt các cờ flagT1\_modbus = 1 và flagSendLora = 1 để báo hiệu chương trình thực hiện bước đọc cảm biến và truyền dữ liệu.
- Sau khi mỗi hành động (đọc cảm biến, truyền Lora) hoàn thành, các cờ được reset về 0 để đảm bảo chương trình không lặp lại thao tác cho đến khi có tín hiệu Timer tiếp theo.

### 3.3 Thiết lập giao tiếp Raspberry với Thingsboard

#### 3.3.1 Sơ đồ khối chi tiết



Hình 3.12 Thiết bị giám sát và cảnh báo

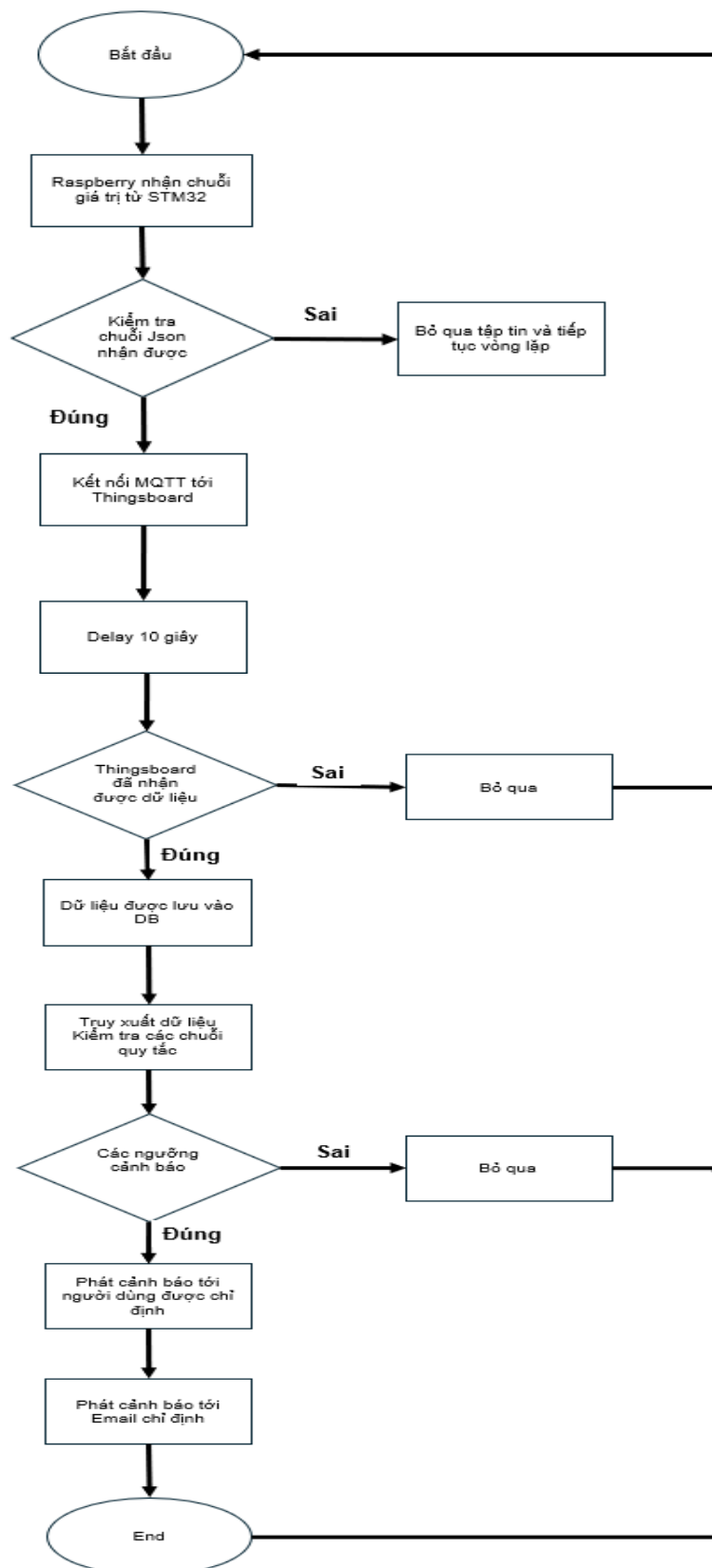
Raspberry Pi 3 đóng vai trò là bộ điều khiển trung tâm (Master Gateway) trong hệ thống mạng cấu trúc hình sao sử dụng công nghệ Lora. Với khả năng xử lý mạnh mẽ và

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

linh hoạt của một máy tính nhúng, Raspberry Pi 3 không chỉ đơn thuần là một thiết bị thu thập dữ liệu, mà còn đảm nhiệm nhiều chức năng quan trọng khác trong toàn bộ quy trình vận hành.

Sau khi dữ liệu được thu thập và xử lý sơ bộ (lọc nhiễu, kiểm tra bất thường...), Raspberry Pi sử dụng giao thức MQTT – một giao thức truyền thông nhẹ chuyên dùng cho IoT – để gửi dữ liệu lên nền tảng Thingsboard), hệ thống có thể đồng bộ dữ liệu thời gian thực lên đám mây, giúp người dùng giám sát hệ thống từ xa, thiết lập ngưỡng cảnh báo, biểu đồ trực quan và lưu trữ dữ liệu lịch sử.

### 3.3.2 Lưu đồ thuật toán



Hình 3.13 Lưu đồ cảnh báo

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Bắt đầu khởi tạo Raspberry Pi và các module liên quan (UART, kết nối mạng, MQTT client...).
- Raspberry Pi đóng vai trò master, nhận giá trị đo từ các cảm biến hoặc vi điều khiển gửi lên thông qua UART, Modbus hoặc tương tự.
- Kiểm tra gói dữ liệu nhận được ;
  - Sau khi nhận dữ liệu, Raspberry Pi phân tích gói tin nhận.
  - Nếu gói tin bị lỗi như thiếu dữ liệu bỏ qua gói tin json tiếp tục chu trình nhận gói tin mới
- Nếu gói tin nhận được hợp lệ, tiếp tục kết nối MQTT với Thingsboard
  - Raspberry Pi thiết lập kết nối giao thức MQTT để gửi dữ liệu đến máy chủ Thingsboard.
  - Nếu dữ liệu được xác nhận gửi thành công để tiếp tục xử lý.
  - Dữ liệu được lưu trữ trong hệ thống database của Thingsboard để tránh thất thoát dữ liệu.
- Truy xuất dữ liệu & kiểm tra chuỗi quy tắc
  - Dữ liệu từ DB được kiểm tra theo các điều kiện, quy tắc đã định nghĩa (rule engine của Thingsboard) theo điều kiện môi trường quy định sẵn.
  - Ví dụ: “nếu DO < 4 mg/L trong 5 phút liên tiếp thì cảnh báo thiếu oxy.”
- Giá trị có vượt ngưỡng cảnh báo không?
  - Nếu các quy tắc được kích hoạt có nghĩa hệ thống phát hiện tình huống cần cảnh báo.
- Phát cảnh báo qua email đến người giám sát
  - Gửi thông báo đến email được chỉ định sẵn trong hệ thống (quản lý, kỹ thuật viên...).
  - Hành động này đảm bảo thông tin đến đúng người và lưu lại được lịch sử cảnh báo.
- Sau khi xử lý xong, hệ thống tiếp tục vòng lặp mới, chờ dữ liệu tiếp theo.

### **3.4 Kết luận**

Ở chương 3 nhóm đã trình bày chi tiết về thiết kế Thiết bị thu thập dữ liệu, Thiết bị giám sát và cảnh báo, lưu đồ thuật toán của toàn hệ thống, phương án thử nghiệm sản phẩm. Kết nối dữ liệu lên Thingsboard và thiết kế giao diện người dùng, cuối cùng nhóm sẽ thử nghiệm sản phẩm thực tế, chi tiết sẽ được trình bày ở **Chương 4**

## CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỆ THỐNG

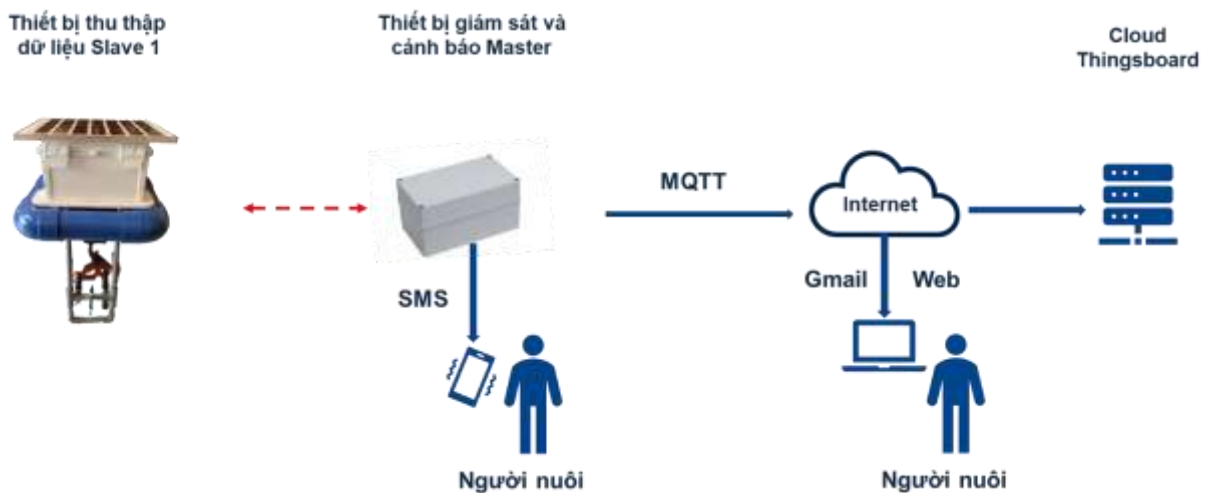
### 4.1 Giới thiệu chung

Ở chương này, tiến hành kiểm tra tính hiệu quả, độ tin cậy của hệ thống dựa trên các tiêu chí:

- Tỷ lệ đọc dữ liệu từ cảm biến đo lường.
- Độ chính xác của các chỉ tiêu đo được.
- Tỷ lệ gửi gói tin Lora thành công tới Thiết bị giám sát và cảnh báo
- Tỷ lệ phát thông tin cảnh báo khi các chỉ tiêu vượt ngưỡng.
- Thời gian duy trì hệ thống khi không được sạc năng lượng.

(Qua đó tiêu chí trên sẽ rút ra được ưu nhược điểm và hướng phát triển cho hệ thống.)

### 4.2 Sản phẩm thực tế



Hình 4.1 Mô hình hệ thống

Đây là toàn bộ Hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh sau khi nhóm thiết kế xong, Thiết bị thu thập dữ liệu sẽ gửi dữ liệu các chỉ tiêu đo được đến Thiết bị giám sát và cảnh báo qua Lora. Từ Thiết bị giám sát và cảnh báo qua Lora sẽ gửi dữ liệu lên Thingsboard thông qua MQTT. Ở đây sẽ lấy dữ liệu để hiển thị các thông tin đo được. Người dùng có thể quan sát thông qua máy tính hoặc smartphone.

### 4.3 Đánh giá kết quả

#### 4.3.1 Thử nghiệm các chức năng hoạt động tại nhà

Trước khi triển khai hệ thống tại hồ thực tế, nhóm đã tiến hành thử nghiệm toàn bộ các chức năng trong môi trường được kiểm soát tại nhà. Mục tiêu của giai đoạn này là để xác minh sự hoạt động chính xác, ổn định và đồng bộ giữa các thành phần của hệ thống,

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

bao gồm Thiết bị thu thập dữ liệu, Thiết bị giám sát và cảnh báo, và nền tảng đám mây ThingsBoard.

Các bài kiểm tra tập trung vào những chức năng quan trọng nhất: (1) Gửi dữ liệu cảm biến (DO, ORP, pH, nguồn pin) qua LoRa; (2) Kích hoạt cảnh báo vượt ngưỡng qua các kênh gián tiếp (Web) và trực tiếp (Gmail); và (3) Hoạt động của cơ chế tự động vệ sinh định kỳ.

Kết quả thu được, như được trình bày chi tiết trong **Bảng 4.1**, cho thấy tất cả các chức năng đều hoạt động đúng như thiết kế. Dữ liệu cảm biến được truyền và nhận thành công, các cảnh báo được kích hoạt chính xác, và module vệ sinh hoạt động đúng lịch trình.

| Chức năng  | Phương thức truyền thông | Xác nhận từ Thiết bị thu thập dữ liệu | Xác nhận từ Thiết bị giám sát và cảnh báo | Cập nhật dữ liệu lên Thingsboard |
|--|--------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| Gửi giá trị các chỉ tiêu từ cảm biến đo DO, ORP, pH, điện áp pin | Lora                     | Nhận thành công                       | Nhận thành công                           | Cập nhật thành công              |
| Gửi cảnh báo vượt ngưỡng chỉ tiêu đến người dùng gián tiếp       | Web                      | -                                     | Nhận thành công                           | -                                |
| Gửi cảnh báo vượt ngưỡng chỉ tiêu đến người dùng trực tiếp       | Gmail                    | -                                     | Nhận thành công                           | Cập nhật thành công              |
| Tự động vệ sinh định kỳ  | -                        | Hoạt động                             | -   | -                                |

Bảng 4.1 Test chức năng khi hoạt động tại nhà

#### **4.3.2 Độ tin cậy của Thiết bị thu thập dữ liệu**

Một trong những yếu tố cốt lõi quyết định sự thành công của hệ thống là độ tin cậy của việc thu thập dữ liệu tại từng Thiết bị thu thập dữ liệu (Node). Để đánh giá khả năng hoạt động ổn định của vi điều khiển và firmware, nhóm đã tiến hành các bài kiểm tra riêng biệt cho từng loại cảm biến.

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Phương pháp kiểm tra được thực hiện bằng cách cho vi điều khiển đọc và xử lý dữ liệu từ mỗi cảm biến 100 lần liên tiếp. Kết quả được tổng hợp trong **Bảng 4.2** cho thấy một hiệu suất hoạt động hoàn hảo.

Các kết quả này khẳng định rằng phần cứng và firmware của Thiết bị thu thập dữ liệu có độ tin cậy rất cao, đảm bảo khả năng thu thập dữ liệu chính xác và không bị gián đoạn, sẵn sàng cho việc triển khai trong môi trường thực tế.

| Cảm biến     | Tín hiệu lấy mẫu | Số lần truyền dữ liệu | Số lần nhận dữ liệu thành | Tỷ lệ nhận thành công | Tỷ lệ gửi đi thành công | Độ chính xác |
|--------------|------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Cảm biến ORP | Modbus           | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |
| Cảm biến DO  | Modbus           | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |
| Cảm biến pH  | ADC              | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |

Bảng 4.2 Kiểm tra chức năng cảm biến

### **4.3.3 Tỷ lệ kích hoạt cảnh báo vượt ngưỡng thành công của Thiết bị giám sát và cảnh báo**

Chức năng cảnh báo kịp thời khi các chỉ số môi trường vượt ngưỡng an toàn là yêu cầu cốt lõi của hệ thống, trực tiếp giúp người nuôi, người quản lý phòng ngừa các rủi ro cho ao nuôi. Để xác minh độ tin cậy của tính năng này, nhóm đã thực hiện các bài kiểm tra bằng cách mô phỏng các điều kiện dữ liệu vượt ngưỡng đã được thiết lập sẵn trên nền tảng ThingsBoard.

Hai kênh cảnh báo chính được kiểm tra bao gồm cảnh báo hiển thị trên giao diện Web và cảnh báo được tự động gửi qua Gmail. Mỗi hình thức được kích hoạt thử nghiệm 100 lần.

Kết quả kiểm tra được trình bày chi tiết trong **Bảng 4.3**, cho thấy độ tin cậy cao của hệ thống. Cả hai hình thức cảnh báo đều đạt tỷ lệ thành công 100%, không ghi nhận bất kỳ trường hợp thất bại hay có độ trễ đáng kể nào. Điều này khẳng định rằng người dùng có thể hoàn toàn tin tưởng vào khả năng của hệ thống trong việc cung cấp thông tin cảnh báo một cách nhanh chóng và chính xác khi có sự cố xảy ra.

| Hình thức kích hoạt | Số lần kích hoạt | Số lần kích hoạt thành công | Tỷ lệ |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| Cảnh báo trên Web   | 100 lần          | 100 lần                     | 100%  |
| Gmail               | 100 lần          | 100 lần                     | 100%  |

Bảng 4.3 Kiểm tra chức năng cảnh báo

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

**4.3.4 Quản lí và giám sát năng lượng**



Hình 4.2 Dung lượng pin được hiển thị ở bảng điều khiển

Thiết bị thu thập dữ liệu được đặt trực tiếp tại hồ nơi không có nguồn điện duy trì liên tục, việc cấp điện trực tiếp bằng dây truyền tải rất bất tiện trong quá trình bảo trì, di chuyển. Nên để giải quyết vấn đề trên nhóm sử dụng hệ thống cấp năng lượng dùng bình ắc quy 12VDC và kết hợp nạp xả bằng tấm pin năng lượng mặt trời được gắn trực tiếp trên thiết bị đo. Việc kiểm soát năng lượng được giám sát trên phần mềm, có thể quan sát thời lượng pin, dung tích giúp người dùng dễ dàng ứng phó kịp thời các tình huống gặp các vấn đề về năng lượng ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của cả hệ thống.

Qua quá trình kiểm nghiệm thiết bị thực tế Node thu thập dữ liệu khi không sử dụng tấm pin năng lượng mặt trời có thể hoạt động liên tục trong 7-8 ngày nếu đã được nạp đầy. Khi sử dụng kết hợp nạp qua tấm năng lượng mặt trời do quá trình về thời gian đo và thời tiết ảnh hưởng hiện tại nhóm vẫn chưa đưa ra được đánh giá cụ thể.

**4.4 Hồ tại trại khuyến nông Hòa Khương**

Địa điểm thực nghiệm đầu tiên được nhóm lựa chọn là trại khuyến nông Hòa Khương. Đây là mô hình ao nước ngọt với diện tích 350m<sup>2</sup>, áp dụng phương pháp nuôi kết hợp giữa cá rô, cá thác lác, ốc bươu đen và có trồng cây hoa súng, bèo tây để tối ưu hiệu quả kinh tế và cải thiện môi trường nước.

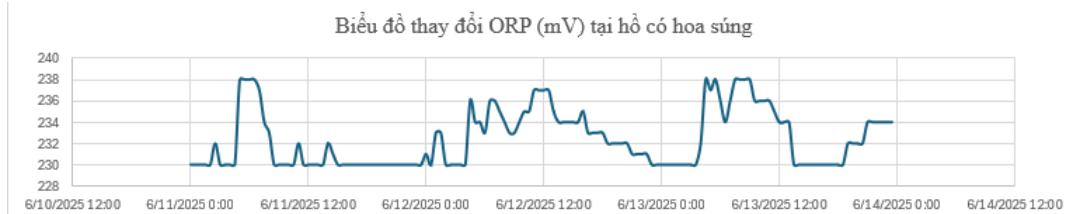


Hình 4.3 Ảnh thực nghiệm thiết bị tại trại khuyến nông Hòa Khương

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Để đảm bảo môi trường sinh trưởng tốt nhất cho các loài trong ao, các chỉ số chất lượng nước cần được duy trì trong các khoảng sau (Thông tin do trại nuôi cung cấp):

- **Độ pH:** Khoảng lý tưởng cho sự phát triển của cá và cây thủy sinh là từ **6.5 đến 8.0**.
- **Nhiệt độ:** Nhiệt độ nước phù hợp nhất nên được duy trì trong khoảng **22–30°C**.
- **Oxy hòa tan (DO):** Nồng độ DO lý tưởng để cá phát triển khỏe mạnh là từ **4 mg/L trở lên**. Mức DO không nên giảm xuống dưới 3 mg/L để tránh gây căng thẳng hoặc tử vong cho vật nuôi.
- **Thế oxy hóa-khử (ORP):** Khoảng ORP tối ưu để cá phát triển bình thường và ít bị căng thẳng là từ **150-300 mV**.

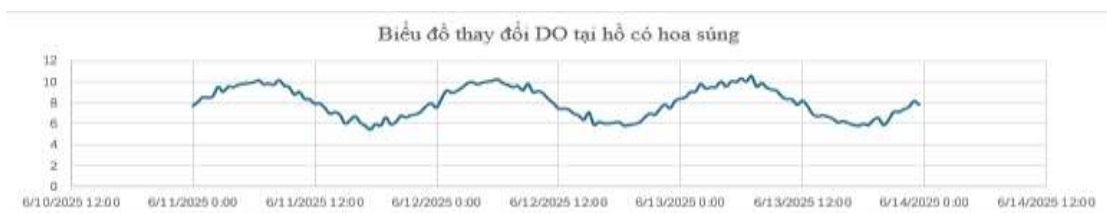


Hình 4.4 Số liệu thu thập ORP tại hồ Hòa Khương

Biểu đồ tại **Hình 4.4** thể hiện sự biến thiên của chỉ số Thế oxy hóa-khử (ORP) trong khoảng thời gian 3 ngày tại ao nuôi có trồng hoa súng.

Dữ liệu cho thấy một xu hướng biến đổi theo chu kỳ ngày và đêm rõ rệt. Chỉ số ORP có xu hướng tăng cao vào ban ngày, đạt đỉnh vào buổi chiều, và giảm xuống mức thấp nhất vào lúc rạng sáng. Chu kỳ này tương quan chặt chẽ với hoạt động quang hợp của cây thủy sinh và tảo trong ao. Ban ngày, quá trình quang hợp tạo ra một lượng lớn oxy, làm tăng nồng độ DO và đẩy chỉ số ORP lên cao. Ngược lại, vào ban đêm, quá trình hô hấp của toàn bộ hệ sinh thái (cá, cây, vi sinh vật) tiêu thụ oxy, làm giảm DO và kéo theo sự sụt giảm của ORP.

- Nhận xét: Các giá trị ORP dao động trong khoảng 230 mV đến 238 mV. Đây là một khoảng giá trị tốt, nằm trong ngưỡng an toàn và lý tưởng (150-300 mV) cho ao nuôi. Điều này cho thấy môi trường nước luôn ở trạng thái hiếu khí, giàu oxy và có khả năng tự làm sạch tốt, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của cá.



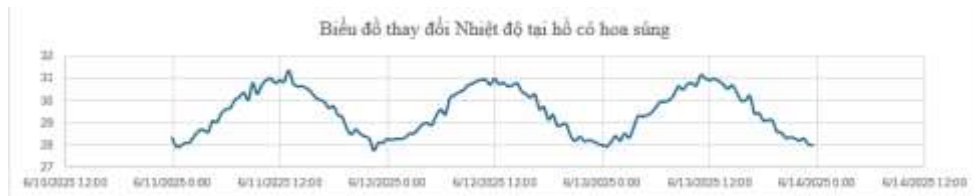
Hình 4.5 Số liệu thu thập DO tại hồ Hòa Khương

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Biểu đồ tại **Hình 4.5** minh họa sự thay đổi của nồng độ Oxy hòa tan (DO) trong cùng khoảng thời gian 3 ngày tại ao nuôi có trồng cây hoa súng.

Tương tự như ORP, nồng độ DO cũng thể hiện một chu kỳ ngày và đêm rất đều đặn và rõ nét. Nồng độ DO bắt đầu tăng từ lúc sáng sớm, đạt giá trị cao nhất vào cuối buổi chiều (khoảng 10-11 mg/L) do quá trình quang hợp tích lũy cả ngày. Sau đó, DO giảm dần suốt đêm do quá trình hô hấp, và đạt mức thấp nhất vào thời điểm trước khi mặt trời mọc (khoảng 6 mg/L).

- Nhận xét: Điều quan trọng nhất rút ra từ biểu đồ này là ngay cả ở thời điểm thấp nhất, nồng độ DO vẫn giữ ở mức khoảng 6 mg/L. Mức này vẫn nằm trong khoảng lý tưởng (5-8 mg/L) và cao hơn nhiều so với ngưỡng gây nguy hiểm cho cá (<3 mg/L). Điều này khẳng định vai trò tích cực của cây hoa súng trong việc cung cấp và duy trì một lượng oxy dồi dào, ổn định cho ao nuôi trong suốt 24 giờ.

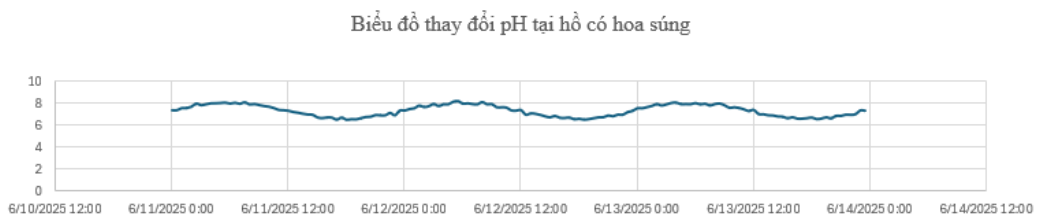


Hình 4.6 Số liệu thu thập Nhiệt độ tại hồ Hòa Khương

Biểu đồ tại **Hình 4.6** ghi lại sự thay đổi nhiệt độ của nước trong ao.

Nhiệt độ nước cũng tuân theo chu kỳ ngày và đêm một cách tự nhiên. Nhiệt độ tăng dần trong ngày do hấp thụ bức xạ mặt trời, đạt đỉnh vào buổi chiều và sau đó giảm dần vào ban đêm do quá trình tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh.

- Nhận xét: Nhiệt độ nước dao động trong khoảng từ 28°C đến 31.5°C. So với khoảng nhiệt độ lý tưởng cho cá rô và ốc bươu (22-30°C), có thể thấy nhiệt độ ao nuôi trong thời gian thực nghiệm luôn ở mức cao và có thời điểm vượt ngưỡng tối ưu. Mặc dù chưa đến mức nguy hiểm cấp tính, nhưng việc duy trì nhiệt độ ở ngưỡng cao trong thời gian dài có thể gây ra một số căng thẳng (stress) nhất định cho vật nuôi. Dữ liệu này cung cấp một thông tin quan trọng cho người quản lý về việc có thể cần xem xét các giải pháp che mát bổ sung trong những ngày nắng nóng đỉnh điểm.



Hình 4.7 Số liệu thu thập pH tại hồ Hòa Khương

**Biểu đồ tại** Hình 4.6 thể hiện sự biến động của độ pH tại ao nuôi có trồng hoa súng trong 3 ngày liên tiếp.

Dữ liệu cho thấy một xu hướng biến thiên theo chu kỳ ngày và đêm rất rõ ràng. Cụ thể, độ pH bắt đầu tăng lên từ buổi sáng, đạt giá trị cao nhất vào cuối buổi chiều (khoảng 8.0 - 8.2), sau đó giảm dần trong suốt đêm và xuống mức thấp nhất vào thời điểm rạng sáng (khoảng 6.5 - 6.7).

Sự biến động này chủ yếu được quyết định bởi nồng độ khí Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) trong nước, vốn là sản phẩm của hai quá trình đối nghịch: quang hợp và hô hấp.

- Vào ban ngày: Cây thủy sinh và tảo tiêu thụ một lượng lớn CO<sub>2</sub> để quang hợp. Việc này làm giảm nồng độ axit cacbonic (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) trong nước, khiến nước trở nên ít axit hơn và do đó, độ pH tăng lên.
- Vào ban đêm: Quá trình quang hợp ngưng lại, nhưng quá trình hô hấp của toàn bộ hệ sinh thái (cá, ốc, cây cối, vi sinh vật) vẫn diễn ra và liên tục thải ra CO<sub>2</sub>. Lượng CO<sub>2</sub> hòa tan tăng lên làm tăng tính axit của nước, khiến độ pH giảm xuống.

#### **4.5 Hồ tại trại nuôi Hòa Phú**

Địa điểm thực nghiệm thứ hai của nhóm là một ao nuôi tại trại Hòa Phú. Đây là mô hình ao nước ngọt được sử dụng để nuôi cá chình thương phẩm với quy mô 20 hồ. Khác với mô hình tại Hòa Khương, ao nuôi tại đây là ao nuôi truyền thống, không có sự hiện diện của cây thủy sinh. Việc triển khai thiết bị tại đây có vai trò quan trọng, giúp thu thập dữ liệu đối chứng để so sánh và đánh giá vai trò của cây thủy sinh trong việc điều hòa môi trường nước.

Để đảm bảo môi trường sinh trưởng và phát triển tốt nhất cho cá chình, các chỉ số chất lượng nước cần được duy trì trong các khoảng sau (Do chủ trại cung cấp):

- **Độ pH:** Môi trường pH ổn định, dao động từ **6.5 đến 8.5**, là điều kiện lý tưởng cho cá chình.
- **Nhiệt độ:** Nhiệt độ nước tối ưu cho cá chình nên được duy trì trong khoảng **25–28°C**.
- **Oxy hòa tan (DO):** Nồng độ DO cần được giữ ở mức cao, lý tưởng là **từ 3mg/L trở lên** và không nên giảm xuống dưới 3 mg/L để tránh gây stress hoặc tử vong cho cá.
- **Thế oxy hóa-khử (ORP):** Mức ORP an toàn, cho thấy môi trường nước sạch và đủ oxy, nằm trong khoảng **150-300 mV**.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 4.8 Thiết bị thực nghiệm tại trại Hòa Phú

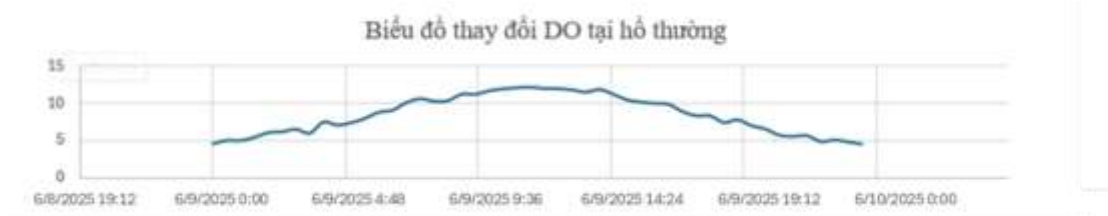


Hình 4.9 Số liệu thu thập ORP tại hồ Hòa Phú

Biểu đồ tại **Hình 4.9** trình bày dữ liệu ORP trong khoảng thời gian một ngày tại ao nuôi truyền thống.

Tương tự ao có hoa súng, dữ liệu ORP tại ao này cũng cho thấy một chu kỳ ngày và đêm rõ rệt. Chỉ số ORP tăng dần trong ngày, đạt đỉnh (gần 250mV) vào buổi chiều và giảm xuống vào ban đêm. Chu kỳ này được quyết định bởi hoạt động quang hợp của các vi tảo trong nước vào ban ngày và quá trình hô hấp của toàn bộ hệ sinh thái (cá, vi sinh vật) vào ban đêm.

- Nhận xét: Các giá trị ORP dao động trong khoảng 239 mV đến 250 mV. Đây là một khoảng giá trị tốt, nằm trong ngưỡng an toàn và lý tưởng (150-300 mV), cho thấy môi trường nước vẫn duy trì trạng thái hiếu khí tốt, phù hợp cho việc nuôi cá chình.



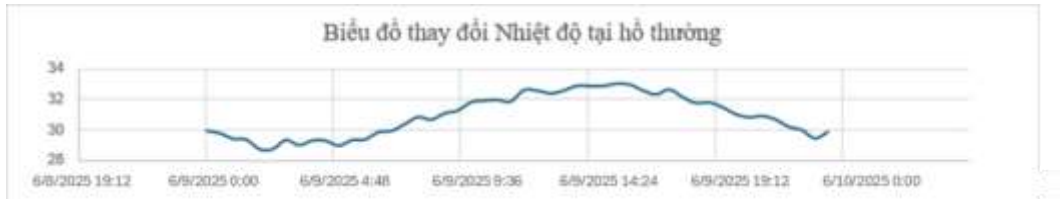
Hình 4.10 Số liệu thu thập DO tại hồ Hòa Phú

Biểu đồ tại **Hình 4.10** thể hiện nồng độ Oxy hòa tan (DO) trong cùng khoảng thời gian. Biểu đồ DO cũng thể hiện một chu kỳ ngày và đêm rất điển hình, tương quan chặt chẽ với biểu đồ ORP. Nồng độ oxy tăng cao vào ban ngày do quang hợp của vi tảo và đạt

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

đỉnh vào buổi chiều (khoảng 12 mg/L), sau đó giảm dần về đêm và đạt mức thấp nhất vào rạng sáng.

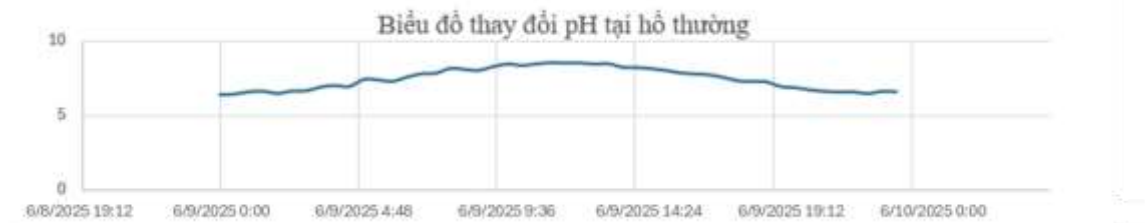
- Nhận xét: Đây là một kết quả phân tích quan trọng. Mặc dù mức DO cao, nhưng mức DO thấp nhất vào rạng sáng đã giảm xuống còn khoảng 4 mg/L. Dù chưa đến mức gây chết hàng loạt (<3 mg/L), việc duy trì DO ở ngưỡng thấp như vậy trong thời gian dài có thể bắt đầu gây căng thẳng (stress) cho cá, làm giảm khả năng bắt mồi và sức đề kháng.



Hình 4.11 Số liệu thu thập Nhiệt độ tại hồ Hòa Phú

Biểu đồ tại **Hình 4.11** ghi lại sự biến thiên nhiệt độ của nước tại ao thường.

- Nhận xét: Nhiệt độ nước dao động trong khoảng 29°C đến gần 34°C. So với ao có hoa súng, biên độ dao động nhiệt ở ao thường lớn hơn và nhiệt độ đỉnh điểm cũng cao hơn đáng kể. Sự chênh lệch này có thể được giải thích do đang trong thời điểm mùa nóng và ao không có lớp lá cây thủy sinh che phủ bề mặt, khiến nước hấp thụ trực tiếp và nhiều hơn bức xạ mặt trời. Nhiệt độ cao (vượt 30°C) kết hợp với nồng độ DO có xu hướng giảm thấp vào ban đêm có thể cộng hưởng, tạo ra một môi trường sống căng thẳng hơn cho cá chình so với ao có trồng cây thủy sinh.



Hình 4.12 Số liệu thu thập pH tại hồ Hòa Phú

Biểu đồ tại **hình 4.12** thể hiện sự biến động của độ pH trong ao nuôi cá chình truyền thống

- Nhận xét:
- Biểu đồ cho thấy vào thời điểm rạng sáng, độ pH của ao đã giảm xuống đến mức khoảng 6.5.
- Mặc dù mức này vẫn nằm trong ngưỡng an toàn chung, nhưng nó đã thấp hơn ngưỡng tối ưu (7.0) cho cá chình. Điều này có nghĩa là trong vài giờ mỗi ngày, cá chình có thể phải sống trong điều kiện không hoàn toàn lý tưởng, có thể ảnh hưởng nhẹ đến tốc độ tăng trưởng nếu tình trạng này kéo dài.

#### **4.5.1 Thử nghiệm các chức năng hoạt động tại hồ**

Sau khi hoàn tất các bài kiểm tra trong môi trường được kiểm soát, nhóm đã triển khai hệ thống tại địa điểm thực tế (trại nuôi Hòa Phú) để đánh giá hiệu năng và độ tin cậy trong điều kiện vận hành thực. Kết quả cho thấy hệ thống hoạt động hoàn hảo, với tỷ lệ thành công đạt 100% cho tất cả các bài kiểm tra, tương tự như kết quả đã thực hiện tại nhà. Điều này khẳng định firmware và phần cứng của sản phẩm có độ ổn định cao, sẵn sàng cho việc vận hành liên tục.

| Chức năng  | Phương thức truyền thông | Xác nhận từ Thiết bị thu thập dữ liệu | Xác nhận từ Thiết bị giám sát và cảnh báo | Cập nhật dữ liệu lên Thingsboard |
|--|--------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| Gửi giá trị các chỉ tiêu từ cảm biến đo DO, ORP, pH        | Lora                     | Nhận thành công                       | Nhận thành công                           | Cập nhật thành công              |
| Gửi cảnh báo vượt ngưỡng chỉ tiêu đến người dung gián tiếp | Web                      | -                                     | Nhận thành công                           | -                                |
| Gửi cảnh báo vượt ngưỡng chỉ tiêu đến người dung trực tiếp | Gmail                    | -                                     | Nhận thành công                           | Cập nhật thành công              |
| Tự động vệ sinh định kỳ                                    | -                        | Hoạt động                             | -   | -                                |

Bảng 4.4 Thử nghiệm chức năng tại hồ

#### **4.5.2 Thử nghiệm độ tin cậy cảm biến tại hồ**

| Cảm biến     | Tín hiệu lấy mẫu | Số lần truyền dữ liệu | Số lần nhận dữ liệu thành | Tỷ lệ nhận thành công | Tỷ lệ gửi đi thành công | Độ chính xác |
|--------------|------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Cảm biến ORP | Modbus           | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |
| Cảm biến DO  | Modbus           | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |
| Cảm biến pH  | ADC              | 100 lần               | 100 lần                   | 100%                  | 100%                    | Cao          |

Bảng 4.5 Thử nghiệm độ tin cậy cảm biến tại hồ

Để đánh giá độ chính xác và tin cậy của các cảm biến điện tử được sử dụng trong hệ thống, nhóm đã tiến hành một bài kiểm tra so sánh đối chứng. Dữ liệu từ hệ thống quan trắc tự động được so sánh trực tiếp với kết quả đo bằng các phương pháp thủ công tại

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

cùng một thời điểm và vị trí lấy mẫu nước ở trại nuôi Hòa Khương. Phương pháp đo thủ công sử dụng các bộ kit thử nghiệm chuyên dụng, trong khi hệ thống của đề án sử dụng các cảm biến công nghiệp đã được hiệu chuẩn.



Hình 4.13 Đo thủ công bằng tay các chỉ tiêu tại trại nuôi Hòa Khương

| Chỉ số<br>Phương<br>thức đo | Chỉ<br>số pH | Chỉ số<br>DO | Nhiệt<br>độ | Chỉ số<br>ORP |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| Đo bằng tay                 | 6.8          | 8mg/L        | 30          | -             |
| Đo bằng cảm biến            | 6.62         | 8.5mg/L      | 31          | 238mV         |

Bảng 4.6 So sánh kết quả đo chỉ tiêu.

Kết quả so sánh được trình bày chi tiết trong bảng xx, cho thấy sự tương đồng cao giữa hai phương pháp đo:

**Về độ pH:** Kết quả đo của cảm biến (6.62) có sự chênh lệch rất nhỏ so với phương pháp đo thủ công (6.8). Mức sai số chỉ 0.18 là hoàn toàn chấp nhận được trong thực tế ao nuôi.

**Về Oxy hòa tan (DO):** Nồng độ DO đo bằng cảm biến (8.5 mg/L) và đo thủ công (8.0 mg/L) có sai số là 0.5 mg/L, cho thấy độ tương quan rất tốt.

**Về Nhiệt độ:** Hai phương pháp cho kết quả gần như tương đương, chỉ chênh lệch 1°C (31°C so với 30°C).

**Về chỉ số ORP:** Cảm biến của hệ thống ghi nhận được giá trị 238mV. Chỉ số này không được đo đối chứng do hạn chế về bộ kit thử thủ công.

- **Kết luận:** Từ các kết quả trên, có thể khẳng định rằng các cảm biến điện tử của hệ thống, sau khi được hiệu chuẩn cẩn thận, đã cung cấp các số liệu có độ chính xác cao và đáng tin cậy. Dữ liệu từ hệ thống hoàn toàn tương đương với các phương pháp đo lường truyền thống và đủ tiêu chuẩn để ứng dụng vào việc quan trắc thực tế, giúp tự động hóa quá trình giám sát một cách hiệu quả.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

**4.5.3 Thử nghiệm cảnh báo thành công của Thiết bị giám sát và cảnh báo tại hồ**

| Hình thức kích hoạt | Số lần kích hoạt | Số lần kích hoạt thành công | Tỉ lệ |
|---------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| Cảnh báo trên Web   | 100 lần          | 100 lần                     | 100%  |
| Gmail               | 100 lần          | 100 lần                     | 100%  |

Bảng 4.7 Thử nghiệm chức năng cảnh báo tại hồ

Thử nghiệm tại hồ, khi các chỉ tiêu đạt mức nguy hiểm thì hệ thống cảnh báo hoạt động tốt



Hình 4.14 Giao diện cảnh báo trên Thingsboard

**4.6 Khoảng cách truyền nhận Lora và tính ổn định của dữ liệu**

Một trong những mục tiêu quan trọng nhất của việc thử nghiệm thực địa là xác định phạm vi hoạt động hiệu quả của công nghệ LoRa trong môi trường trang trại điển hình, vốn có nhiều vật cản như cây cối và đồi núi.

| Khoảng cách đo | Số lượng tin gửi | Số lượng tin nhận được | Số tin nhận thành công | Tỷ lệ thành công |
|----------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| 500 m          | 100 lần          | 100 lần                | 100 lần                | 100%             |
| 800 m          | 100 lần          | 100 lần                | 100 lần                | 100%             |
| 1000 m         | 100 lần          | 100 lần                | 100 lần                | 100%             |
| 1200 m         | 100 lần          | 92 lần                 | 50 lần                 | 50%              |
| 1500 m         | 100 lần          | 56 lần                 | 5 lần                  | 5%               |

Bảng 4.8 Khoảng cách truyền nhận Lora thực tế

Phân tích dữ liệu: Dữ liệu thực nghiệm cho thấy hệ thống duy trì tỷ lệ truyền nhận thành công tuyệt đối (100%) ở các khoảng cách 500m, 800m và lên đến 1000m (1km). Tuy nhiên, khi khoảng cách tăng lên 1200m, hiệu suất giảm mạnh xuống còn 50%, và gần như mất hoàn toàn ở cự ly 1500m (chỉ 5%).

- Kết luận: Từ kết quả trên, có thể kết luận rằng khoảng cách hoạt động ổn định và đáng tin cậy của hệ thống là 1km, cho phép đặt trạm Master ở vị trí trung tâm và quản lý nhiều ao nuôi trong bán kính 1km.

#### 4.7 Đánh giá kết quả thực nghiệm giữa 2 hồ nuôi trong ngày

| Loại ao                    | Loại cá<br>chăn nuôi         | Ngưỡng<br>ORP | Ngưỡng DO     | Ngưỡng<br>pH | Ngưỡng nhiệt<br>độ |
|----------------------------|------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|
| Ao<br>truyền<br>thống      | Cá chình                     | 240-252mV     | 5-13mg/L      | 6.5-8.5      | 29-33°C            |
| Ao có<br>trồng<br>hoa súng | Cá thác<br>lác, cá rô,<br>ốc | 230-238mV     | 5.48-10.2mg/L | 6.5-8.0      | 28-31°C            |

Bảng 4.9 So sánh giá trị tại hai hồ

- **Về Nhiệt độ:** Ao có trồng hoa súng có biên độ nhiệt độ hẹp hơn và mát mẻ hơn (28-31°C) so với ao truyền thống (29-33°C) nhờ lớp lá che phủ hồ.
- **Về độ pH:** độ pH của ao có hoa súng cũng ổn định hơn, dao động trong một khoảng hẹp hơn (6.5-8.0) so với ao truyền thống (6.5-8.5). Cho thấy hệ thực vật phát triển mạnh mẽ có khả năng hoạt động như một hệ đệm, giúp điều hòa và hạn chế các biến động pH đột ngột, tạo ra môi trường hóa học ổn định hơn.
- **Về DO và ORP:** Ao truyền thống có chỉ số DO và ORP đỉnh điểm vào ban ngày cao hơn một chút. Điều này có thể được giải thích do bề mặt ao thoáng, nhận nhiều ánh sáng hơn, thúc đẩy sự phát triển bùng nổ của vi tảo, dẫn đến việc sản sinh oxy ồ ạt. Tuy nhiên, điều quan trọng hơn là mức DO tối thiểu vào ban đêm. Như đã phân tích ở các biểu đồ trước, ao có hoa súng duy trì được mức DO tối thiểu an toàn hơn (khoảng 6 mg/L) so với ao thường (khoảng 4 mg/L).
- **Kết luận:** Mô hình ao nuôi có trồng cây thủy sinh cho thấy những ưu điểm vượt trội trong việc ổn định nhiệt độ và điều hòa độ pH. Mặc dù có mức DO đỉnh điểm thấp hơn, nó lại đảm bảo được một môi trường an toàn và ít biến động hơn trong suốt chu kỳ 24 giờ, đặc biệt là duy trì được nồng độ oxy an toàn vào ban đêm. Kết quả này cung cấp bằng chứng thực nghiệm mạnh mẽ về lợi ích của việc tích hợp thực vật thủy sinh vào mô hình nuôi trồng, giúp tạo ra một hệ sinh thái bền vững và hiệu quả hơn.

#### 4.8 Phân tích sự cố và bài học kinh nghiệm từ triển khai thực tế

Khi thực nghiệm tại hồ Hòa Khương từ ngày 11/6 đến ngày 13/6/2025 do ảnh hưởng của bão Node thu thập dữ liệu bị chìm vào rạng sáng ngày 13/6/2025 vì:

- Chủ quan trong quá trình neo cột cố định thiết bị.
- Sử dụng phao nổi chưa hợp lí.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

- Chưa tính đến các trường hợp ảnh hưởng của thiên tai.



Hình 4.15 Node thu thập dữ liệu khi gặp sự cố

Từ sự cố này, nhóm rút ra bài học sâu sắc về tầm quan trọng của thiết kế cơ khí. Phiên bản nâng cấp sẽ bao gồm:

- Căn chỉnh lại độ nổi của phao, sử dụng phao hình tròn để lực phân bố áp lực nước đều theo mọi hướng, giúp phao cân bằng tốt hơn đặc biệt khi có gió hoặc sóng mạnh.
- Thiết kế thêm chức năng gửi thông tin độ nghiêng của phao bằng cảm biến góc nghiêng đến thiết bị giám sát và cảnh báo.
- Nắm bắt thời tiết để chủ động trong việc bảo vệ và bảo trì thiết bị.
- Trường hợp thiết bị giám sát cảnh báo mất kết nối Wifi nhóm cũng đã thiết kế cơ chế lưu dữ liệu vào bộ nhớ đệm buffering đợi khi có kết nối trở lại sẽ tiếp tục truyền dữ liệu.

#### 4.9 So sánh với các thiết bị thực tế trên thị trường

Hiện tại trên thị trường đang cung cấp thiết bị “Hệ thống E-Sensor Aqua giám sát chất lượng môi trường nước phục vụ nuôi tôm cá”. Sau đây là bảng so sánh đặc điểm của thiết bị trên thị trường với sản phẩm của nhóm:



Hình 4.16 Thiết bị quan trắc trên ao nuôi cá ở hồ Mỹ An- Vĩnh Long

Nhận xét: Dựa vào **bảng 4.10** so sánh chi tiết về thiết bị của nhóm và Thiết bị có sẵn trên thị trường có thể thấy rằng, Tuy các thiết bị như cảm biến có chất lượng chưa cao như yêu cầu thực tế nhưng về các vấn đề như bảo đảm năng lượng, truyền tải dữ liệu,

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

cảnh báo. Cũng đã đạt các yêu cầu đề ra của người sử dụng như có thể vệ sinh định kỳ, đưa ra các cảnh báo về biến đổi môi trường, có thể hoạt động trong thời gian dài.

| STT | Đặc điểm   | Sản phẩm của nhóm                       | Thiết bị Công ty Eplusi             |
|-----|--|---|-------------------------------------|
| 1   | Tuổi thọ cảm biến theo datasheet của nhà sản xuất.<br>1.OPR<br>2. DO<br>3.PH | 1. >2 năm<br>2. >2 năm<br>3. >1 năm     | 1. >4 năm<br>2. >5 năm<br>3. >4 năm |
| 2   | Thời gian bảo trì  | 4-6 tháng                               | Không rõ                            |
| 4   | Thời gian vệ sinh cảm biến   | Tự động vệ sinh theo lịch trình đặt sẵn | 1-2 tuần                            |
| 5   | Sử dụng pin mặt trời   | Có                                      | Có                                  |
| 6   | Bù trừ nhiệt độ  | Cảm biến DO, ORP                        | Mọi cảm biến                        |
| 8   | Cảnh báo thông số vượt ngưỡng  | Gmail + Web                             | SMS+ Còi báo tại chỗ                |
| 9   | Phương thức gửi dữ liệu  | Wifi                                    | Tùy chọn Wifi hoặc network          |

Bảng 4.10 So sánh thiết bị của nhóm và trên thị trường

## KẾT LUẬN

Trong quá trình nghiên cứu và phát triển đề tài “*Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh sử dụng công nghệ Lora*”, nhóm đã xây dựng và triển khai thành công một hệ thống quy mô nhỏ có khả năng đánh giá chất lượng nước ao nuôi, cảnh báo các chỉ tiêu vượt ngưỡng tại ao hồ đã thực nghiệm.

Hệ thống không chỉ giúp quan trắc các chỉ tiêu mà còn có thể thay thế nhân công giúp người nuôi bảo vệ ao hồ, giám sát và phân tích dữ liệu với độ chính xác cao. Nhờ khả năng cập nhật dữ liệu theo thời gian thực thông qua giao diện phần mềm website, chi phí thiết bị thấp và hiệu quả mang lại cao.

Những mục tiêu đã đạt được:

- Thực hiện việc đo chính xác các thông số cần đo (đã kiểm chứng)
- Sản phẩm bám sát các nhu cầu tại trạm đo thực tế đã xác định ban đầu
- Tạo ra sản phẩm quan trắc chất lượng nước có thể thay thế việc đo thủ công của người nuôi.
- Kịp thời cảnh báo nếu chất lượng môi trường nước biến đổi vượt mức cho phép

Những mục tiêu chưa đạt được:

- Vì vấn đề kinh tế nên việc giám sát chỉ thực hiện trên hoàn thiện được 1 Node thu thập dữ liệu.
- Các chỉ số đo như NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Canxy chưa được tích hợp vào hệ thống.
- Hệ thống chỉ nằm ở mức độ giám sát và đưa ra cảnh báo tới người dùng, chưa tích hợp các thiết bị xử lý như thổi khí,....
- Thiết bị thu thập dữ liệu có mức dự trữ năng lượng còn thấp chỉ 7-8 ngày khi không có ánh sáng mặt trời.

Hướng phát triển trong tương lai:

- Hoàn thiện module thu thập dữ liệu, sử dụng các thiết bị có độ bền và chất lượng tốt hơn.
- Tích hợp thêm các hệ thống xử lý chất lượng nước nước như xử lý nồng độ Oxy, độ Kiềm,....
- Tối ưu việc sử dụng năng lượng bằng cách thay đổi chu kỳ truyền hay là sử dụng các thiết bị tiêu thụ năng lượng ít hơn. Cải thiện lại bộ lưu trữ năng lượng.
- Tăng khoảng cách thu thập dữ liệu nếu mô hình chăn nuôi thực tế mở rộng thêm ở phần quy mô nuôi trồng.

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Một số đánh giá và góp ý của các kỹ sư tại “Trại thực nghiệm nông nghiệp Hòa Khương” :

- Các chỉ số yêu cầu đo tương đối chính xác vào các thời điểm trong ngày
- Hệ thống hoạt động góp phần thay thế cho việc giám sát thủ công chất lượng nước mà việc này tại trung tâm thực hiện thường xuyên.
- So với giá cả các thiết bị trên thị trường thì tối ưu hơn.
- Hướng phát triển thêm:
  - Cải thiện lại kết cấu phao, chống nước cho thiết bị đo.
  - Lắp đặt thêm bộ phận bảo vệ các đầu dò

Tổng kết lại, ***Hệ thống quan trắc chất lượng nước ao nuôi kết hợp trồng cây thủy sinh sử dụng công nghệ Lora*** nhóm đề xuất là một giải pháp hiệu quả và cần thiết trong việc áp dụng vào quan trắc ao hồ kiểu mô hình trồng cây thủy sinh. Hệ thống không chỉ giúp cảnh báo kịp thời các tình huống chỉ tiêu vượt ngưỡng mà còn giúp xây dựng được bộ dữ liệu các chất khi so sánh giữa ao hồ truyền thống và ao trồng kết hợp cây thủy sinh. Đề tài hiện tại đang được ứng dụng tại trại khuyến nông Hòa Khương, trong tương lai nhóm sẽ tiếp tục nghiên cứu và phát triển hệ thống để cải thiện khuyết điểm và phát huy điểm mạnh.

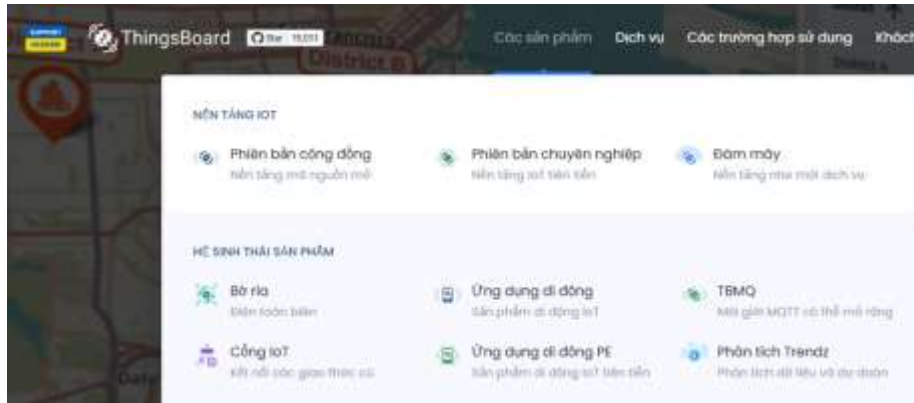
## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Atlas Scientific, “EZO™ Class Embedded Sensors - Datasheets and Application Notes,”.
- [2]. Hướng dẫn kỹ thuật nuôi cá thác lác cườm thương phẩm trong lồng lưới – Sở nông nghiệp và phát triển nông thôn TP Đà Nẵng- Trung tâm Khuyến ngư Nông lâm.
- [3] Engdahl, Jonathan R., and Dukki Chung. "Fast parallel CRC implementation in software." *2014 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2014)*. IEEE, 2014.
- [4] Libelium, “pH, ORP, and Dissolved Oxygen Sensors Technical Guide,”.
- [5] Lora Alliance, “LoraWAN® 1.0.4 Specification,”.
- [6] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, “A study of Lora: Long range & low power networks for the Internet of Things,” *Sensors*, vol. 16, no. 9, p. 1466, 2016
- [7] A. Mahmood, E. Sisinni, L. Guntupalli, S. A. Hassan, and M. Gidlund, “Scalability analysis of a Lora network under imperfect orthogonality,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 3, pp. 1425–1436, Mar. 2019..
- [8] Gang, Tong, and Li Ping. "Ground Source Heat Pump Air Conditioner Monitoring Control System Design Based on CAN Bus." *2010 Third International Conference on Information and Computing*. Vol. 2. IEEE, 2010.
- [9] Wey, Chin-Long, et al. "Enhancement of Controller Area Network (CAN) bus arbitration mechanism." *2013 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*. IEEE, 2013.
- [10] M. Centenaro, L. Vangelista, A. Zanella, and M. Zorzi, “Long-range communications in unlicensed bands: The rising stars in the IoT and smart city scenarios,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 23, no. 5, pp. 60–67, Oct. 2016.
- [11] STMicroelectronics. “RM0090: STM32F405/415, STM32F407/417 Reference Manual,” Rev 21, Mar. 2023.

## PHỤ LỤC

### Kết nối Thingsboard và truyền dữ liệu

Thingsboard là nền tảng IOT mã nguồn mở giúp quản lý thiết bị thu thập dữ liệu và trực quan hóa để giải quyết các vấn đề trong IOT. Nó cho phép kết nối các thiết bị thông qua giao thức IoT tiêu chuẩn công nghiệp – MQTT, Coap, và HTTP và hỗ trợ cả triển khai đám mây và tại chỗ. Thingsboard kết hợp khả năng mở rộng, khả năng chịu lỗi và hiệu suất để bạn không bao giờ bị mất dữ liệu.



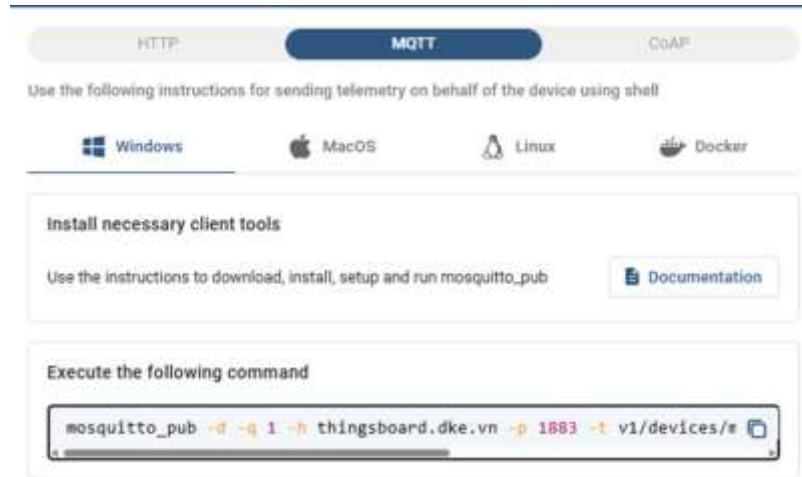
Hình 5.1 Nền tảng Thingsboard

- Thingsboard hỗ trợ 3 cấp độ tài khoản cho người dùng:
  - Quản lý hệ thống là tài khoản quản lý tất cả các node, cài đặt các thông số cho dịch vụ mong muốn
  - Quản lý khách hàng là tài khoản có quyền truy cập sâu vào hệ thống để dàng thao tác quản lý làm việc với các thiết bị và dữ liệu (nhóm sử dụng cấp độ tài khoản này cho đề tài)
  - Khách hàng là tài khoản được cung cấp cho người dùng có thể sử dụng và dùng các tác vụ đơn giản nhất như quan sát dữ liệu đo và hiển thị các thông báo.

### Kết nối Thiết bị giám sát và cảnh báo với Thingsboard

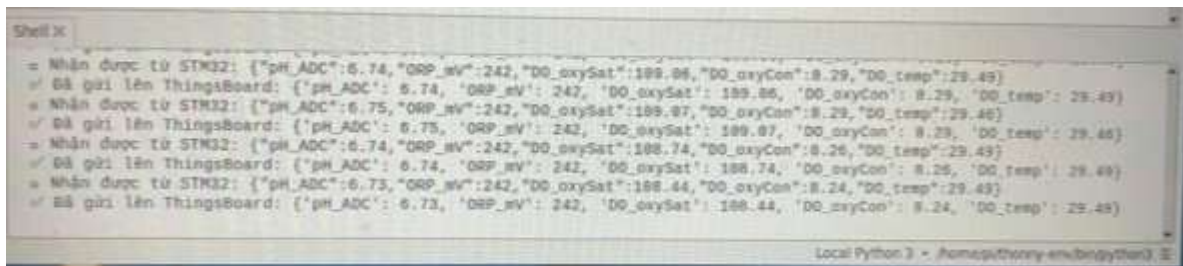
Things board cung cấp phương thức kết nối dễ dàng với Raspberry theo giao thức MQTT cần lấy địa chỉ Host (địa chỉ máy chủ Thingsboard) và Access token được cấu hình từ nền tảng Thingsboard trước đó.

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 5.2 Lấy Access Token của thiết bị

- Import các thư viện cần thiết cho Raspberry : json, mqtt\_client, serial, time,....
- Raspberry sẽ gửi chuỗi các dữ liệu nhận được từ Node thu thập dữ liệu đóng gói theo kiểu json đẩy lên Thingsboard.
- Kết nối MQTT tới Thingsboard : Tạo client MQTT → Thiết lập User theo chuẩn của Thingsboard → Kết nối đến Broker mqtt trên Thingsboard → Chạy vòng lặp chương trình.



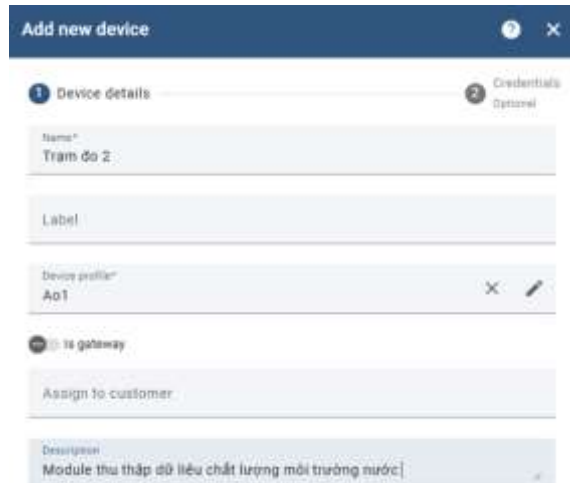
Hình 5.3 Dữ liệu đã nhận và đẩy lên Thingsboard

- Vòng lặp chính hoạt động như sau: Đọc các dữ liệu nhận được, kiểm tra xem json có đủ các trường yêu cầu không, nếu có gửi dữ liệu lên Thingsboard thông qua MQTT, nếu thiếu bỏ qua. Nếu định dạng JSON không hợp lệ cũng bỏ qua. Đợi 10 giây cho lần đọc và gửi tiếp theo.

### Thiết kế giao diện người dùng Thingsboard

#### Tạo thiết bị

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 5.4 Thêm thiết bị mới

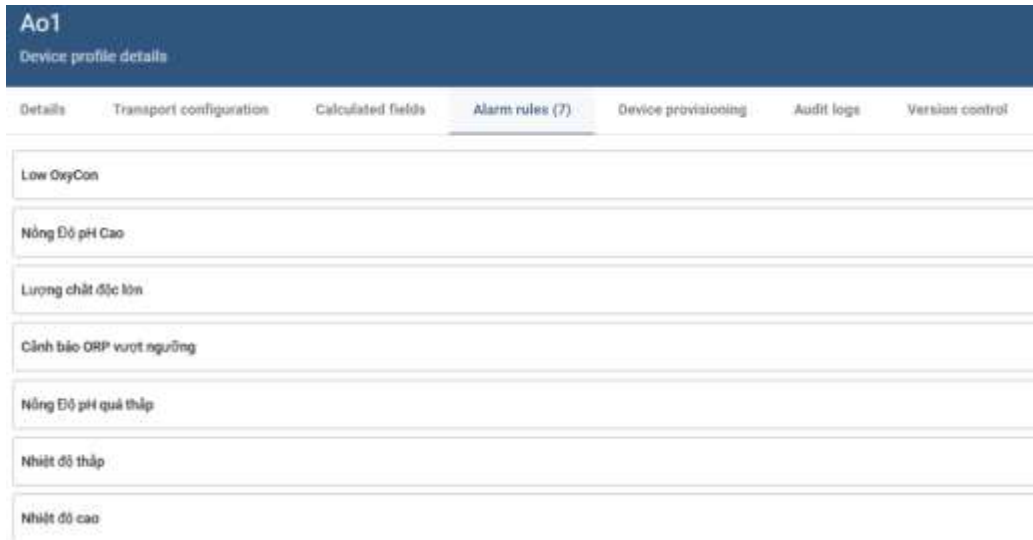
- Sau khi tạo thành công thiết bị mới ta nhận được Access Token của thiết bị giúp ta kết nối thiết bị từ nền tảng Thingsboard với bên ngoài.
- Ở phần Device Profile thiết lập các mức độ cảnh báo và các quy tắc hoạt động của thiết bị.



Hình 5.5 Thêm các cảnh báo với các ngưỡng báo động xác định trước

**Tạo Dashboard (bảng điều khiển)**

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh



Hình 5.6 Tạo bảng điều khiển

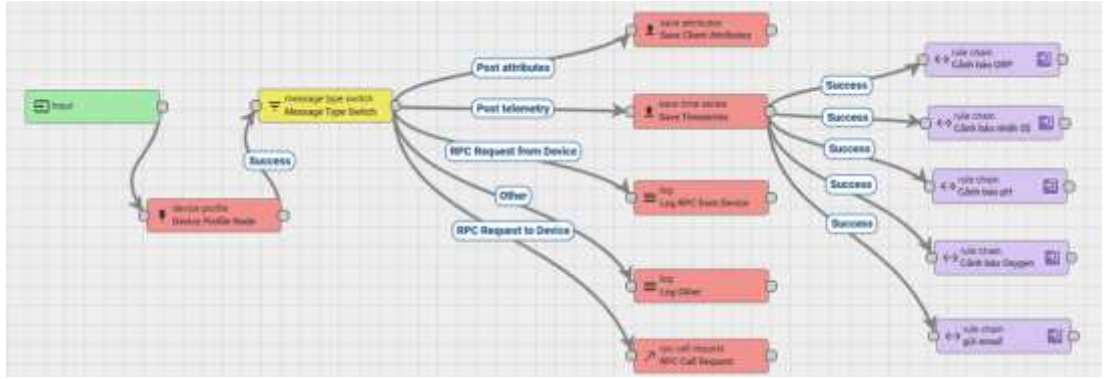
Bảng điều khiển cung cấp các khả năng sau:

- Trực quan hóa dữ liệu người dùng
- Quản lí các thiết bị
- Các công cụ tương tác
- Tùy chỉnh giao diện hiển thị
- Quyền truy cập dựa trên các vai trò như ở các cấp tài khoản

### **Cấu hình các quy tắc báo động**

- Tiếp theo ở phần Rule chain (chuỗi quy tắc) thực hiện thiết lập chuỗi quy tắc ban đầu với các lệnh, mỗi ao hồ riêng sẽ có các ngưỡng chỉ tiêu yêu cầu khác nhau tùy theo loài cá hoặc vật nuôi.
  - Lưu các thuộc tính của khách hàng
  - Lưu chuỗi các giá trị thời gian thực
  - Yêu cầu gọi RPC thiết bị
  - Tra nhật kí truy cập

Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

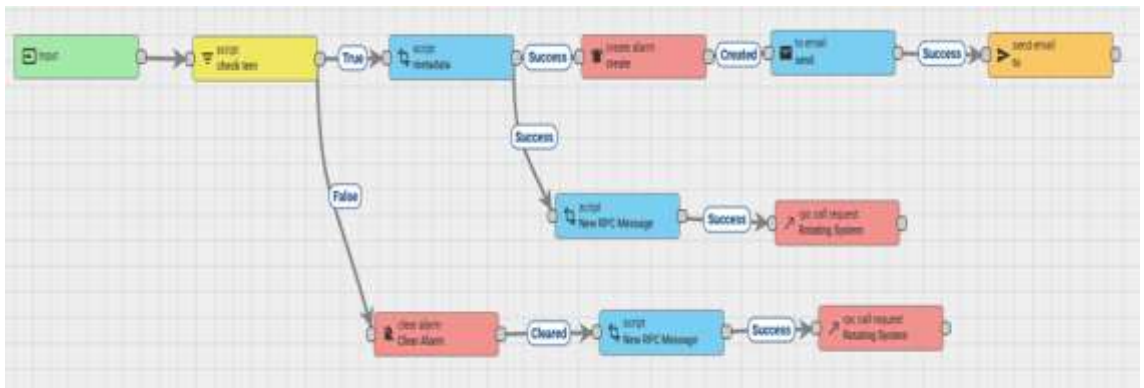


Hình 5.7 Chỉnh sửa các chuỗi quy tắc gốc

Ở chuỗi các quy tắc phụ thực hiện lan truyền các cảnh báo tới các người dùng được quy định. Thực hiện gửi cảnh báo qua Gmail nếu hệ thống đạt ngưỡng cảnh báo.

**Thông báo về cảnh báo**

- Trung tâm thông báo Thingsboard cho phép gửi thông báo được các nhân hóa đến người dùng cuối. Ngoài ra ứng dụng di động Thingsboard cho phép người dùng nhận thông báo đẩy tức thời trực tiếp trên thiết bị thông minh. Đảm bảo rằng nhận được các thông báo kịp thời.



Hình 5.8 Thiết lập chuỗi quy tắc của hệ thống

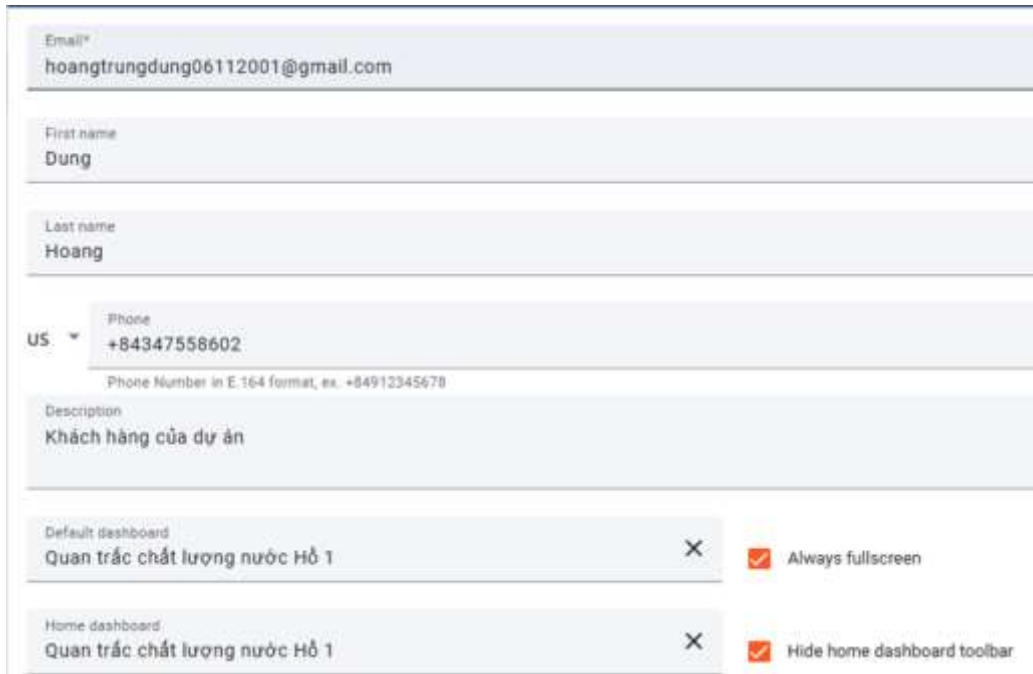
| Created time        | Type          | Subject                              | Message  |
|---------------------|---------------|--------------------------------------|--|
| 2025-06-06 15:20:01 | Entity action | Device was added                     | Device 'Trạm đo 2' was added by user Neuthong180@gmail.com |
| 2025-06-05 19:25:49 | Alarm         | New alarm 'Cảnh báo CRP vượt ngưỡng' | Severity: warning, originator: Device 'Trạm đo 1'          |
| 2025-06-05 19:25:49 | Alarm         | Alarm 'General Alarm' - acknowledged | Severity: critical, originator: Device 'Trạm đo 1'         |
| 2025-06-05 19:24:17 | Alarm         | New alarm 'General Alarm'            | Severity: critical, originator: Device 'Trạm đo 1'         |

Hình 5.9 Trung tâm thông báo Thingsboard

**Giao diện màn hình theo dõi các chỉ tiêu**

## Thiết kế hệ thống quan trắc chất lượng nước ứng dụng công nghệ Lora cho nông trại nuôi cá kết hợp trồng cây thủy sinh

Tạo tài khoản người dùng: tài khoản người dùng có thể là 1 cá nhân hoặc tổ chức mua và sử dụng thiết bị, người dùng khách hàng có quyền đọc bảng điều khiển và các thực thể do tài khoản quản trị viên chỉ định.



Hình 5.10 Tạo tài khoản người dùng cho khách hàng

- Sau khi tài khoản được tạo có thể lập tức đăng nhập theo đường dẫn người quản trị cung cấp và thiết lập mật khẩu người dùng.



Hình 5.11 Kích hoạt người dùng là khách hàng

- Giao diện trực quan hóa cho người nuôi
- Người nuôi có thể quan sát các chỉ số chất lượng nước 1 cách trực quan
- Nhận các thông báo về thay đổi của môi trường, thiết bị.
- Có thể tùy chỉnh thời gian hiển thị theo thời gian thực

