

## ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำแบบเวลาจริงจากทุ่นแบบเคลื่อนที่ Real-time tide data tracking system with moving buoys

อนุชา พิพิธ<sup>1</sup>, สุชัยศรี โลออน<sup>1</sup>, วิธวัช ตั้งตรงไพโรจน์<sup>1</sup>, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง<sup>1</sup>, ชัยพร ใจแก้ว<sup>1</sup>, อนันต์ ผลเพิ่ม<sup>1\*</sup>,  
จิตรภรณ์ พักโสภา<sup>2</sup> และ สุชาย วรชนะนันท์<sup>2</sup>  
Anucha Pipit<sup>1</sup>, Suchaisri Li-On<sup>1</sup>, Withawat Tangtrongpaioj<sup>1</sup>, Aphirak Jansang<sup>1</sup>,  
Chaiporn Jaikaeo<sup>1</sup>, Anan Phonphoem<sup>1\*</sup>, Jitraporn Phaksopa<sup>2</sup> and Suchai Worachananant<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<sup>2</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<sup>1</sup>Department of Computer Engineering, Kasetsart University

<sup>2</sup>Faculty of Fisheries, Kasetsart University

\*Email: anan.p@ku.ac.th

Received: March 26, 2022; Revised: June 18, 2022; Accepted: July 01, 2022

### บทคัดย่อ

ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำในปัจจุบันถูกใช้เพื่อการวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการใช้ทุ่นที่มีระบบวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดที่ต้องการทดสอบ ซึ่งถ้าหากจะทดสอบหลายจุดจะต้องเพิ่มจุดทดสอบจำนวนมาก และเกิดความยุ่งยากในการดูแลรักษา จากปัญหาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำจากทุ่นลอย แบบปล่อยลอยตามกระแสน้ำ ซึ่งจะใช้งานได้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้นกว่าการใช้ทุ่นฝั่งสมอ โดยมีการออกแบบอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำแบบพื้นฐาน ที่สามารถใช้งานได้ขณะทุ่นเคลื่อนที่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความขุ่นของน้ำ ลักษณะของคลื่น และมีระบบติดตามตำแหน่ง ซึ่งออกแบบระบบให้ส่งข้อมูลเซนเซอร์แสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันตามคาบเวลาแบบเวลาจริง โดยใช้เทคโนโลยีลอร่าเป็นตัวติดต่อสื่อสารระหว่างทุ่นและเกตเวย์ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ และใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลมาที่เครือข่ายหลักในการจัดเก็บลงในฐานข้อมูล จากการทดสอบความแรงของสัญญาณลอร่า พบว่าจะเริ่มมีการลดทอนของสัญญาณที่ 350 เมตร เนื่องจากสิ่งกีดขวางและข้อจำกัดค่า RSSI ที่รับได้ ซึ่งเมื่อใช้แบตเตอรี่ 11000 mAh อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ถึง 80 และ 134 ชั่วโมงสำหรับส่วนทุ่นวัดน้ำและเกตเวย์ตามลำดับ

**คำสำคัญ :** การวัดคุณภาพน้ำ, เทคโนโลยีลอร่า, ระบบติดตามตำแหน่ง, อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

### Abstract

In the present, tide data tracking system is used for measuring water quality with the fixed location of the anchored buoy. However, if more testing areas are required, more anchored buoys are needed to be installed, which leads to more maintenance issues. In this paper, Real-time tide data tracking system with moving buoys has been proposed. The buoy is freely floated and moves along the water current, covering more sensing areas than the anchored buoy. The proposed system is equipped with many sensors such as essential water quality measurement, temperature, water turbidity, current wave characteristics,

and GPS tracking. All periodically sensing data will be transmitted to the gateway via the LoRa technology. Then the gateway will forward the data to the database server on the Internet via the mobile communication technology for analyzing and displaying the results in the web application. The results show that LoRa signal strength starts attenuating at 350 meters due to obstacles and RSSI limits. On an 11000 mAh battery, the device can last up to 80 hours and 134 hours for the buoy and gateway sections, respectively.

**Keywords :** Water quality measurement, LoRa technology, GPS tracking system, IoT

## 1. บทนำ

น้ำทะเลชายฝั่งเป็นระบบนิเวศทางน้ำที่ธรรมชาติสร้างมาให้สอดคล้องและสมดุล แต่เมื่อเมืองขยายตัวขึ้น ผู้คนมากขึ้น ปัญหาการรุกล้ำพื้นที่ชายฝั่งทะเลก็ตามมา ปัญหาการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน ทั้งจากอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และบ้านเรือน ก็ไหลต่อเนื่องลงสู่แหล่งน้ำทะเลในท้ายที่สุดทำให้เกิดมลพิษทางทะเล [1] นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากมนุษย์แล้วยังมีภัยธรรมชาติ หลังเหตุการณ์สึนามิ ในปี 2548 กรมทรัพยากรและทะเลชายฝั่ง ได้เสนอร่างพระราชบัญญัติส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งครั้งแรกและได้ใช้จริงเมื่อ พ.ศ.2550 เหตุผลในการประกาศใช้ จะเน้นไปที่มาตรการคุ้มครองและการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวกับทรัพยากรทางทะเล [2] ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่จะช่วยจัดการและป้องกันให้ระบบนิเวศทางทะเลอยู่ในทิศทางที่ดีขึ้น

สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจึงเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องจับตามอง แม้ว่าความรุนแรงของปัญหาในภาพรวมอาจจะดูไม่รุนแรงนักแต่ก็ไม่อาจมองข้ามไปได้ จึงมีการประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Marine Water Quality Index) ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เป็นองค์การมหาชน เช่น สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISDA) ตั้งได้มีการรายงานสรุปสถานการณ์ทางทะเลของประเทศไทย ซึ่งได้จัดทำขึ้นเป็นประจำทุกปี การประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลในประเทศไทยได้มีการใช้เทคโนโลยีมาปรับใช้มากมายในปัจจุบัน ดังเช่นการใช้หุ่นเซนเซอร์ อุปกรณ์วัดลม เรดาร์และกล้องส่องทางไกล

จากดาวเทียม กล้อง CCTV สถานีเรดาร์ชายฝั่ง จนนำข้อมูลมาให้บริการแก่ประชาชนผ่านฐานข้อมูล [3]

จากปัญหาที่อุปกรณ์การตรวจวัดดังกล่าวเป็นมีค่าใช้จ่ายที่สูง ใช้พลังงานมาก รวมถึงต้องใช้กำลังคนในการดูแลและใช้งานจำนวนมากในการดูแล ซึ่งแลกมากับคุณภาพข้อมูลทางทะเลที่น้ำเชื่อถือ จึงได้เกิดแนวคิดออกแบบระบบติดตามและส่งข้อมูลกระแสน้ำทะเลจากหุ่นผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ในรูปแบบอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพน้ำทะเล ซึ่งเป็นหุ่นลอยขนาดเล็ก ทนทาน ประหยัดพลังงาน ประหยัดค่าใช้จ่าย ไม่ต้องใช้กำลังคนในการเฝ้าดูแล สามารถส่งข้อมูลทางทะเลได้เป็นอัตโนมัติ และนำข้อมูลมาให้บริการแก่ผู้ใช้งานผ่านฐานข้อมูลเช่นกันกับวิธีที่ได้กล่าวมา เพื่อเสนอเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอุปกรณ์การตรวจวัดสภาพน้ำทะเล

## 2. ขอบเขตของการวิจัย

กำหนดขอบเขตของการวิจัยตามส่วนประกอบของระบบงานดังนี้

### 2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (หุ่นและเครือข่ายไร้สาย)

- 1) ลักษณะหุ่นในทุก ๆ ชุดเป็นหุ่นลอยขนาดเล็กไม่ฝังสมอ
- 2) ติดต่อฝั่ง server โดยใช้เครือข่ายไร้สายแบบกว้างที่เน้นใช้พลังงานต่ำ (LoRa)
- 3) ใช้ ESP32 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประหยัดแบตเตอรี่ และราคาประหยัด
- 4) บนมหุ่นจะประกอบไปด้วยโมดูล จีพีเอส สำหรับติดตามตำแหน่งของหุ่น

5) บนหุ่นจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพของ กระแสน้ำ

## 2.2 เว็บแอปพลิเคชัน

- 1) แสดง data แบบเวลาจริง
- 2) แสดง Map GUI
- 3) แจ้งเตือนสถานะหุ่นต่างๆ เช่น แบตเตอรี่ต่ำ โมดูลไม่ตอบสนอง

## 3. งานวิจัยและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1.1 ลอรา (LoRa: Long Range Low Power Wireless Platform)

เป็นเทคโนโลยีการเชื่อมต่อไร้สายเหมาะสำหรับงาน Internet of Things (IoT) มีจุดเด่นในเรื่องของระยะทางการสื่อสาร สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในระยะไกล 5-15 กิโลเมตร และเนื่องจากพลังงานที่ใช้ในช่วงรับ-ส่งข้อมูลค่อนข้างต่ำ และยังมีโหมดประหยัดพลังงานในกรณีที่ไม่ได้ส่งข้อมูล จึงทำให้ลอราเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในการใช้งานปัจจุบันมีโมดูลลอรามากมายหลายตัวเลือกในการทำเครือข่าย LoRaWAN ซึ่งรองรับในคอนโทรลเลอร์หลายประเภท [4]

#### 3.1.2 เครือข่าย LoRaWAN

เครือข่ายความเร็วสูงสำหรับการใช้งาน Internet of Things (IoT) ซึ่งเป็นทางเลือก ที่จะช่วยให้การเชื่อมต่อแบบไร้สายของอุปกรณ์ต่างๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปัจจุบันเครือข่าย LoRaWAN ครอบคลุมแล้วทั่วประเทศ จึงมีภาครัฐและเอกชนจะนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้ ทั้งในแง่การบริหารจัดการจราจร การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม การเก็บข้อมูลการท่องเที่ยวและอื่นๆ อีกมากมาย ด้วยจุดเด่นที่สำคัญคือใช้พลังงานต่ำสามารถยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ IoT ให้นานยิ่งขึ้น เพราะว่าอุปกรณ์ IoT ส่วนใหญ่ที่ทำงานด้วยพลังงานแบตเตอรี่ [5]

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะไม่ใช้การสื่อสารด้วย LoRaWAN เนื่องจากต้องการควบคุมการส่งข้อมูลการสื่อสารในรูปแบบที่แตกต่างจากมาตรฐานที่เน้นการประหยัดพลังงานเป็นหลัก โดยงานวิจัยนี้เสนอการทำงานที่ใช้เพียง

การสื่อสารด้วย ลอราในระดับ datalink เพื่อให้ส่งข้อมูลได้รวดเร็วและยังคงประหยัดพลังงานได้

### 3.1.3 โมดูลจีพีเอส

โมดูลจีพีเอส คือเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์รับสัญญาณของฮาร์ดแวร์ ที่สามารถเพิ่มเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆของฮาร์ดแวร์ต่างๆได้ เพื่อให้สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอส อุปกรณ์ที่ใช้จีพีเอสทั่วไปมีฟังก์ชันขั้นพื้นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยเสาอากาศเป็นตัวรับสัญญาณหลายช่องสัญญาณและการคำนวณในการรับส่งข้อมูลระยะทาง, เวลาที่ส่งไป แล้วถอดรหัสข้อมูลเหล่านั้นออกมาเป็นพิกัด ที่ส่งจากดาวเทียมและโปรเซสเซอร์ที่อยู่ใน โมดูลจีพีเอสจะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้และรายงานออกมาเป็น ตำแหน่ง พิกัด ความเร็ว และข้อมูลสำคัญต่างๆ

## 3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.2.1 MARINE & COASTAL GI APPLICATION (GISTDA)

ด้วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดทางทะเลได้แก่ งาน MARINE & COASTAL GI APPLICATION (GISTDA) เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ศึกษา พัฒนา และปรับปรุงการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอวกาศและระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศทางทะเลให้เป็นมาตรฐานที่ยอมรับและให้บริการภูมิสารสนเทศทางทะเล (Marine Geo-information) เช่น การวิเคราะห์ติดตามสถานการณ์ทางทะเลประจำวัน มลพิษสิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางทะเล การวิเคราะห์ติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเล ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ การวิเคราะห์ติดตามสถานการณ์การรั่วไหลของน้ำมันในทะเล ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ พัฒนาระบบบริหารจัดการเชิงพื้นที่ทางทะเลและชายฝั่ง โดยจะใช้ข้อมูลและเรดาร์จากดาวเทียม ซึ่งมีจุดเด่นคือการนำเสนอข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่มี UI สวยงาม ข้อมูลมีจำนวนมากหลากหลายประเภท [3]

### 3.2.2 โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตรแบบหุ่นลอยในคลอง สารภี จังหวัดปทุมธานี

โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตรแบบหุ่นลอยในคลอง สารภี จังหวัดปทุมธานี จัดทำสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ โดยใช้หุ่นลอยเดี่ยวขนาดใหญ่ ลักษณะเป็นสถานีที่มีการส่งข้อมูลระยะไกลแบบเวลาจริงผ่าน GPRS เข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อประโยชน์ในการใช้

งานเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริเวณคลองสารภี จังหวัดปราจีนบุรี โดยมีพารามิเตอร์วัดน้ำได้แก่ DO, pH, EC และ Temperature มีจุดเด่นคือการส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และ SMS แบบเวลาจริง แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้พลังงานที่มากซึ่งทำให้ใช้แบตเตอรี่ขนาดใหญ่และมีการติดตั้งโซล่าเซลล์ซึ่งทำให้ต้นทุนมีขนาดใหญ่

### 3.2.3 Data Buoys Versatile monitoring platforms [6]

หุ่นติดตามเซนเซอร์สำหรับวัดคุณภาพน้ำทะเล ที่พัฒนาโดยบริษัท Nextsens technology โดยจุดเด่นจะเป็นหุ่นขนาดใหญ่ที่มีความทนทานสูงต่อสภาพแวดล้อมของน้ำทะเล จุดเด่นจะมีให้เลือกถึง 9 ผลิตภัณฑ์ ตามลักษณะการใช้งานที่เหมาะสมและมีอุปกรณ์ตกแต่งเสริมได้อีก โดยจะส่งสัญญาณ 4G ส่งข้อมูลลง cloud data center ที่มีความปลอดภัยและใช้พลังงานโซล่าเซลล์

### 3.2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการตรวจวัดการเคลื่อนที่โดยใช้เซนเซอร์

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่สามารถตรวจวัดได้ทั้งความเร่งและความเร็วเชิงมุมระหว่างเคลื่อนที่นั้น จะใช้โมดูล MPU6050 ซึ่งเป็นโมดูลที่ราคาไม่แพงและถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดในงานวิจัยประยุกต์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ การตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุทั้งในคนและในสัตว์ [7 - 9] การวัดท่าทาง [10] ระบบความปลอดภัยสำหรับผู้หญิง [11] การออกแบบความปลอดภัยของรถสองล้อ [12]

## 4. วัสดุ อุปกรณ์ และการทดลอง

ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำจากหุ่นแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ (A) หุ่นวัดน้ำ (B) เกตเวย์ (C) ฐานข้อมูล และ (D) เว็บแอปพลิเคชันแสดงภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1

ในงานวิจัยนี้นำเสนอระบบการเฝ้าระวังติดตามสถานะของน้ำและกระแสน้ำโดยเน้นการพัฒนาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและสามารถรับข้อมูลในระดับเวลาจริงซึ่งจะเห็นได้ว่างานเฝ้าระวังและตรวจวัด [3,6] เป็นงานโครงการขนาดใหญ่ ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์มีราคาสูงทั้งด้านของอุปกรณ์ซอฟต์แวร์หรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน (operation cost)



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

### 4.1 ภาพรวมของระบบ

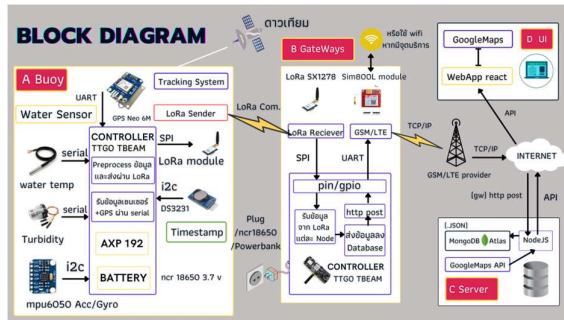
ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 1 หุ่นวัดน้ำ (A) ที่ปล่อยลอยตามกระแสน้ำจะรับพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียมจีพีเอส รวมถึงรับข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจวัดน้ำที่ติดตั้งบนหุ่น ได้แก่ เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เซนเซอร์ตรวจวัดความขุ่นของน้ำ และเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและความเอียงของวัตถุ แล้วทำการส่งข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับมาไปยังเกตเวย์ (B) ที่ติดตั้งตามชายฝั่งตามเส้นทางของกระแสน้ำด้วยสัญญาณลอรา (LoRa Communication) ตามระยะเวลาที่กำหนดตามความเหมาะสมกับแบตเตอรี่ และเป็นการประหยัดพลังงาน โดยเกตเวย์ (B) จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากหุ่นหลายๆตัวผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล โดยออกแบบให้เมื่อเกิดการรับข้อมูลจากหุ่นแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล (C) ที่ติดตั้งไว้บนเซิร์ฟเวอร์ทันทีแบบเวลาจริง โดยฐานข้อมูลนั้นได้เชื่อมต่อ API กับเว็บแอปพลิเคชัน (D) โดยจะแสดงผลของข้อมูลจากหุ่นออกมาในรูปแบบที่และตาราง

### 4.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำจากหุ่นมีโครงสร้างระบบดังรูปที่ 2 ส่วนต่างๆดังนี้โดยมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนคือ ส่วนหุ่นวัดน้ำ เกตเวย์ ฐานข้อมูล และเว็บแอปพลิเคชัน

ส่วนหุ่นวัดน้ำ (A) ดังแสดงในรูปที่ 3 จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนควบคุมกลางและเซนเซอร์ตรวจวัดโดยส่วนควบคุมใช้บอร์ด ESP32 ซีรีส์ TTGO TBeam ในการควบคุมเซนเซอร์ทั้งหมดบนตัวหุ่นรวมถึงการส่งข้อมูลให้เกตเวย์ โดยใช้สัญญาณลอรา โดยจะเป็นบอร์ดสำเร็จรูป ที่ติดตั้ง ESP32 ที่สื่อสารด้วยลอราพร้อมเสา

อากาศทำงานที่ย่านความถี่ 433-470MHz และโมดูลจีพีเอส Neo-6m-0-001 พร้อมเสาอากาศ ในส่วนของเซนเซอร์ ตรวจวัดคุณภาพน้ำโครงการนี้ใช้งาน DS18B20 เซนเซอร์วัด อุณหภูมิแบบกันน้ำ Analog Turbidity Sensor Module โมดูลเซนเซอร์วัดความขุ่นในน้ำ และ mpu6050 เซนเซอร์ ตรวจจับการเคลื่อนไหวและความเอียงของวัตถุ โดยมี RTC DS3231 เป็นตัว timestamp ข้อมูลเซนเซอร์โดยทั้งหมดนี้ ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ Panasonic ncr18650b 3.7v ดัง แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบ

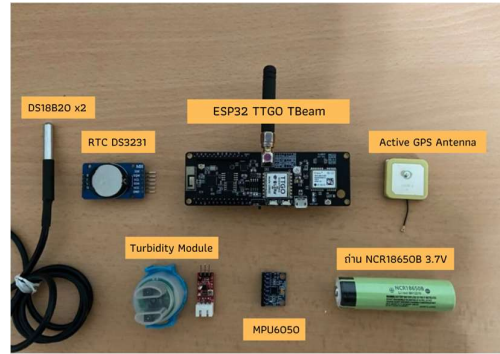


รูปที่ 3 อุปกรณ์ต้นแบบของทุ่นวัดน้ำ

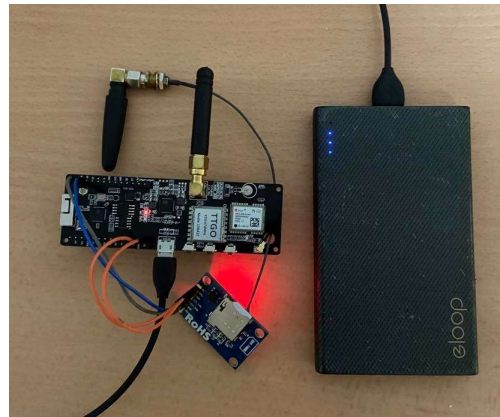
ส่วนเกตเวย์ (B) ใช้บอร์ด ESP32 ซีรีส์ TTGO TBeam เป็นส่วนส่วนควบคุมกลางและติดตั้งโมดูลSIM800L สำหรับ ใช้งานสัญญาณ GSM/LTE โดยสามารถใช้พลังงานจาก แบตเตอรี่สำรองขนาด 11000 mA ในกรณี unplug in ดัง แสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6

ส่วนฐานข้อมูล (C) เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Cloud MongoDB Atlas ใช้ภาษา NodeJS ในการเขียนฟังก์ชัน RestAPI เพื่อติดต่อสื่อสารกับส่วนเว็บแอปพลิเคชัน (D)

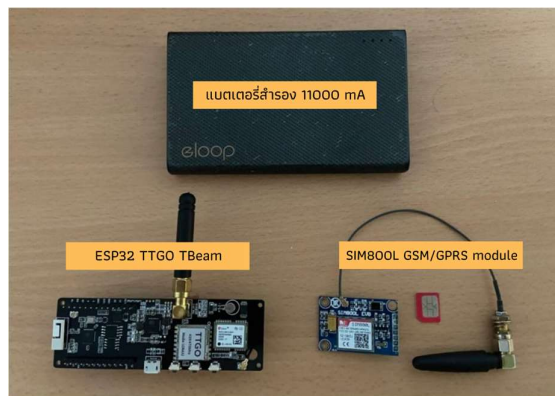
ส่วนเว็บแอปพลิเคชัน (D) ใช้งาน Frontend Framework UI ReactJS ร่วมกับ Bootstrap โดยภาษาที่ ใช้งานจะเป็นภาษา JavaScript โดยจะนำข้อมูลที่ได้ผ่าน การประมวลผลและนำไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 4 รายละเอียดอุปกรณ์ของทุ่นวัดน้ำ



รูปที่ 5 อุปกรณ์ต้นแบบของเกตเวย์



รูปที่ 6 รายละเอียดอุปกรณ์ของเกตเวย์

#### 4.3 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารของอุปกรณ์ลอรา

ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำจากหุ่น ทุกๆการส่งข้อมูล เซนเซอร์ผ่านสัญญาณลอราในแต่ละ 1 ชุดข้อมูลนั้น จะมีรูปแบบการส่งของข้อมูลลอรา แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ตามการออกแบบดังรูปที่ 7 ซึ่งโดยพื้นฐานนั้นการส่งสัญญาณลอราแบบพื้นฐานจะเป็นการส่งสัญญาณให้แก่อุปกรณ์ทุกตัวที่มีย่านความถี่เดียวกัน ดังนั้นจึงได้ออกแบบ Address เฉพาะตัวของอุปกรณ์ และเพิ่ม Source และ Destination Address ลงใน แพ็กเก็ต ทำให้ละอุปกรณ์สามารถเลือกจะรับพิจารณาแพ็กเก็ตที่มี Destination Address เป็นของตัวเองเท่านั้น สามารถทราบได้ว่าแต่ละแพ็กเก็ตส่งมาจากอุปกรณ์ใด ทำให้แยกแยะอุปกรณ์ออกได้อย่างชัดเจนมากขึ้น และออกแบบ type message ลงในแพ็กเก็ตที่จะแยกแยะหน้าที่ของแต่ละแพ็กเก็ต ซึ่งจะทำให้ระบบมีความเฉพาะตัวมากขึ้น



รูปที่ 7 รูปแบบการส่งของข้อมูลลอรา

### 5. ผลการวิจัย ทดลอง และการอภิปรายผล

#### 5.1 การทดสอบระบบ

ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบการทำงานของระบบเบื้องต้นเป็น 3 ส่วนคือการส่งสัญญาณลอรา การใช้พลังงานของอุปกรณ์และการเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์

##### 5.1.1 ทดสอบค่าสัญญาณลอรา

ทดสอบค่าสัญญาณ Received Signal Strength Indicator (RSSI) ของการส่งข้อมูลลอราระหว่างหุ่นวัดน้ำและเกตเวย์ในระยะต่างๆ จนถึงระยะทางที่ค่าสัญญาณมีความอ่อนลงถึง -120 dBm โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ความถี่ 450 MHz แบนวิทซ์ 125 kHz, Cr = 4/8, SF = 12, CRC

13 dBm โดยเสาสัญญาณจะใช้อุปกรณ์ตามรูปที่ 8 โดยทดสอบการส่งสัญญาณที่ระยะ 500 เมตร สภาพของจุดทดสอบคือในชุมชน มีตึกแออัด วัดค่า RSSI โดยใช้บอร์ด TTGO TBeam ทดสอบรับค่า RSSI ของการส่งแพ็กเก็ตลอราในหน่วย dBm



รูปที่ 8 Magnetic antenna 433 MHz LoRa SMA Male 3.5 dBi

#### 5.1.2 ทดสอบการใช้พลังงานของอุปกรณ์

ทดสอบการใช้พลังงานเฉลี่ยของหุ่นวัดน้ำและเกตเวย์ในหน่วยมิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง (mAh) โดยใช้มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้านาขนาด 5V ทดสอบในขณะที่ระบบกำลังส่งข้อมูลลอราระหว่างหุ่นวัดน้ำและเกตเวย์ โหมด จีพีเอส ของหุ่นวัดน้ำ และโหมดประหยัดพลังงานของอุปกรณ์หุ่นวัดน้ำ โดยโหมดประหยัดพลังงานจะเป็นการปิดการใช้งานลอราและ จีพีเอส ซึ่งควบคุมโดยชิพ AXP192 ที่ติดตั้งมาที่บอร์ด TTGO TBeam V 1.0 ขึ้นไป

#### 5.1.3 ทดสอบการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

ในการทดสอบได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ได้รับการสื่อสารแบบลอราลงในฐานข้อมูล MongoDB Atlas แบบเวลาจริงพร้อมทั้งทดสอบเวลาค่าหน่วยเวลาซึ่งนับตั้งแต่เกตเวย์เริ่มส่งข้อมูลสู่เซิร์ฟเวอร์จนได้ข้อมูลเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ทำการเก็บจะอยู่ในรูปแบบของชุดข้อมูล JSON ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้ ได้แก่ หมายเลขของหุ่น ความจุแบตเตอรี่ อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส) ระดับความขุ่นของน้ำ (NTU) ข้อมูลวันที่ ข้อมูลเวลา ค่าพิกัดตำแหน่ง และค่าความเคลื่อนไหวและความเอียงของวัตถุ

(3 แกน) โดยจะนำข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผลและนำแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน

## 5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

การทดสอบผลการวิจารณ์ผลจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ดังนี้

### 5.2.1 ผลการทดสอบค่าสัญญาณลอร่า

จากการ ทดสอบค่าสัญญาณลอร่ามีการบันทึกค่า RSSI ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์น้ำและเกตเวย์ในระยะต่างๆ จนถึงระยะทางที่ค่าสัญญาณมีความอ่อนลงถึง -120 dBm ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ความสัมพันธ์ของสัญญาณและระยะทางในการรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอร่า

ระยะทาง (km)	ค่า RSSI เฉลี่ย (dBm)
0-10 m	-19
20-30m	-27
40-50m	-44
50-100m	-62
100-200m	-82
200-350m	-110
350m+	< -120

ในช่วง 100 เมตรแรกสามารถรับส่งข้อมูลได้รวดเร็ว เนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่ดีเยี่ยม ช่วง 100-300 เมตรรับส่งข้อมูลได้รวดเร็วลดลงเนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่พอใช้ ในระยะ 300 เมตรเป็นต้นไปเริ่มรับส่งข้อมูลได้ช้าลงและเริ่มจะมีบางแพ็กเก็ตที่หายไปหรือค่าผิดพลาดและเห็นความผิดพลาดชัดเจนในความไวการรับสัญญาณระดับ -120 dBm ซึ่งมีแพ็กเก็ตหายไปหรือมีค่าผิดพลาดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะที่ใกล้จะเกิดการรับส่งที่เร็วมากและผิดพลาดจำนวนน้อย เมื่อส่งสัญญาณระยะทางไกลขึ้นสัญญาณการรับส่งผ่านเทคโนโลยีลอร่าเริ่มอ่อนลง ผลประสิทธิภาพการส่งข้อมูลระยะไกลนั้นยังมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังเช่น จุดทดสอบมีสิ่งกีดขวางจำนวนมากที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ทำให้ประสิทธิภาพการส่งข้อมูล

ระยะไกลนั้นอ่อนลง ซึ่งในการใช้งานจริงสามารถใช้งานได้ในระดับกิโลเมตร

### 5.2.2 ผลการทดสอบการใช้พลังงานของอุปกรณ์

จากการทดสอบการใช้พลังงานของหุ่นยนต์น้ำและเกตเวย์ ในหน่วยมิลลิแอมป์(mA) โดยใช้มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าขนาด 5V ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2

ส่วนหุ่นยนต์น้ำ (A) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 136 mAh ถ้ามีการข้อมุลลอร่าระหว่างหุ่นยนต์น้ำและเกตเวย์ตลอดเวลา โดยไม่มีการหยุดพักการใช้งาน แบตเตอรี่ ncr18650b 3.7V ขนาด 3400 mAh จำนวน 1 ก้อน จะสามารถใช้งานได้ประมาณ 25 ชั่วโมง หากใช้แบตเตอรี่สำรองขนาด 11000 mAh จะใช้งานได้ประมาณ 80 ชั่วโมง มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือโหมด จีพีเอส นับเป็น 228 mAh และลดการใช้พลังงานอย่างมากในโหมดประหยัดพลังงานซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงถึง 0.01 mAh

### ตารางที่ 2

 การใช้กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์

อุปกรณ์	หุ่นยนต์น้ำ			เกตเวย์
	ลอร่า	จีพีเอส	sleep	
โหมด	ลอร่า	จีพีเอส	sleep	ลอร่า
ครั้งที่	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (Ah)			
1	0.13	0.26	0.01	0.07
2	0.16	0.22	0.01	0.08
3	0.14	0.19	0.01	0.11
4	0.09	0.23	0.01	0.07
5	0.16	0.24	0.01	0.08
เฉลี่ย	0.136 Ah	0.228	0.010	0.082 Ah
	136 mAh	228 mAh	10 mAh	82 mAh

สำหรับเกตเวย์ (B) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 82 mAh หากมีการส่งแพ็กเก็ตตลอดเวลาแบบไม่หยุดพัก การใช้แบตเตอรี่ ncr18650b 3.7V ขนาด 3400 mAh จำนวน 1 ก้อนจะสามารถใช้งานได้ประมาณ 41 ชั่วโมง หากใช้แบตเตอรี่สำรองขนาด 11000 mAh จะเพิ่มการใช้งานได้ถึง 134 ชั่วโมง

### 5.2.3 ทดสอบการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล

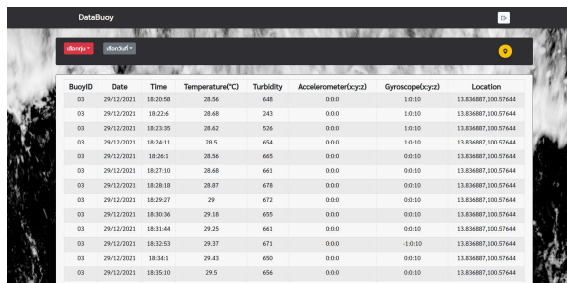
จากการทดสอบข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล MongoDB Atlas แบบเวลาจริง จะมีชุดข้อมูลที่ฝั่งส่งมา ณ เวลานั้น ๆ ที่ทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ทำการเก็บจะอยู่ใน

รูปแบบของชุดข้อมูล JSON ดังรูปภาพที่ 9 และแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันดังรูปที่ 10

```

_id: ObjectId("61acba09135aed00081a4ccb")
buoyid: "07"
battery: 98
temp: 27.05
ec: 756
lat: 13.840533
long: 100.57525
dd: 5
mm: 12
yy: 2021
hh: 3
mn: 26
ss: 7
gx: 56
gy: -3
gz: 82
ax: 25
ay: 77
az: 26
_v: 0
    
```

รูปที่ 9 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูล MongoDB Atlas



รูปที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้นำแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 3 ค่าหน่วยเวลาของการส่งแพ็กเก็ตจากเกตเวย์สู่ฐานข้อมูล ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ครั้งที่	ค่าหน่วยเวลา (s)
1	4.661
2	4.220
3	4.225
4	5.384
5	4.281
6	4.323
7	4.248
8	4.432
เฉลี่ย	4.472 ± 0.140

จากการทดสอบค่าหน่วยเวลาของการส่งแพ็กเก็ตจากเกตเวย์จนข้อมูลถูกบันทึกในฐานข้อมูลผ่านระบบ

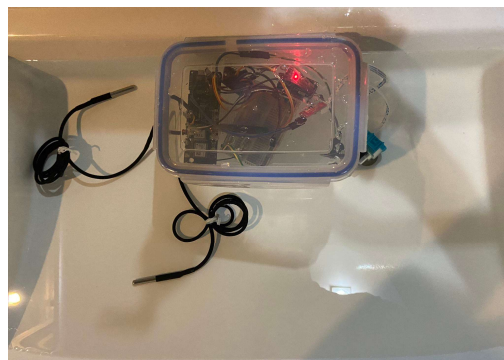
อินเทอร์เน็ต ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ยที่ 4.472 s และค่าความคาดเคลื่อน 0.140 s ต่อการส่ง 1 ชุดข้อมูล

### 5.2.4 ผลทดสอบการตรวจวัดคุณภาพน้ำของอุปกรณ์

ในระหว่างการทดสอบดังรูปที่ 11 พบว่า การบันทึกค่าเวลาในความเป็นจริงมีค่าเคลื่อนจากคาบเวลาที่ 5 นาทีอยู่เล็กน้อยเนื่องจากมีการหน่วงเวลาของการส่งแพ็กเก็ตจลอร่าส่วนพารามิเตอร์วัดค่าคุณภาพน้ำอย่างเช่นอุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส) ระดับความขุ่นของน้ำ (NTU) และค่าความเคลื่อนไหว ยังคงให้ผลที่ค่าความคาดเคลื่อนที่ต่างกันไม่มากในสภาพแวดล้อมของน้ำที่เหมือนกันดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลทดสอบบางส่วนของการตรวจวัดคุณภาพน้ำของอุปกรณ์

เวลา (h:m:s)	อุณหภูมิ (°C)	ความขุ่น (NTU)	ตำแหน่ง (lat,Lng)	แบตเตอรี่ (V)	ค่าความเคลื่อนไหว ความเอียง (3แกน)
11:8:18	28.50	672	100.576442,13.789137	4.1	-1,0,0 0,0,0
11:13:27	28.37	672	100.576442,13.789136	4.1	-1,2,14 0,0,0
11:18:36	28.31	677	100.576442,13.789136	4.1	1,0,2 0,0,0
11:23:44	28.25	675	100.576442,13.789136	4.1	-1,0,0 0,0,0
11:28:53	28.18	676	100.576442,13.789138	4.1	0,0,0 0,0,0
11:34:2	28.12	674	100.576442,13.789133	4.1	-1,0,0 0,0,0



รูปที่ 11 อุปกรณ์ท่นวัดน้ำขณะทดสอบตรวจวัดคุณภาพน้ำ



## 6. บทสรุป

ระบบติดตามข้อมูลกระแสน้ำจากหุ่นแบบเวลาจริงผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ที่ทำการพัฒนาขึ้นสามารถทำการตรวจวัดค่าต่างๆ ได้แก่หมายเลขของหุ่น ความจุแบตเตอรี่ อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส) ความขุ่นของน้ำ (NTU) ข้อมูลวันที่ ข้อมูลเวลา ค่าพิกัดตำแหน่ง และค่าความเค็ล่อนไหวและความเอียงของวัตถุ(3 แกน) และสามารถส่งข้อมูลจากตัวหุ่นผ่านเกตเวย์มายังเครื่องแม่ข่ายที่มีการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสมจากการทดสอบความแรงของสัญญาณลอร่า ในระยะที่ใกล้ จะเกิดการรับส่งที่เร็วและข้อมูลไม่ผิดพลาด เมื่อส่งสัญญาณระยะทางไกลขึ้นสัญญาณการรับส่งผ่านเทคโนโลยีลอร่าเริ่มอ่อนลงซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนที่ระยะ 350 เมตรเป็นต้นไป จะมีความแรงสัญญาณต่ำกว่า -120 dBm เริ่มรับส่งข้อมูลได้ช้าลงและเริ่มจะมีบางแพ็กเก็ตที่หายไปหรือค่าผิดพลาดอย่างชัดเจน นอกจากนี้ด้วยที่จุดทดสอบมีสิ่งกีดขวางจำนวนมากที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการส่งข้อมูลระยะไกล และจากการการใช้งานกระแสไฟฟ้า ในส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ โหมดลอร่าจะใช้พลังงานเฉลี่ยที่ 82 mAh หุ่นวัดน้ำในโหมด ลอร่าจะใช้พลังงานเฉลี่ยที่ 136 mAh โหมดจีพีเอส 228 mAh และโหมดประหยัดพลังงานที่ 10 mAh ซึ่งโหมดประหยัดพลังงานจะถูกใช้งานในช่วงที่ระบบที่ไม่ได้มีการบันทึกค่าเซนเซอร์หรือมีการส่งสัญญาณลอร่า ซึ่งถ้าในการใช้งานมีการออกแบบให้มีการส่งข้อมูลเซนเซอร์ที่มีคาบเวลานานๆ จะช่วยเพิ่มอายุการใช้งานแบตเตอรี่ของหุ่นวัดน้ำได้มากขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Marine Knowledge Hub. [Online]. (2017). [Cited February 27, 2017]. Available: [http://www.mkh.in.th/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75&Itemid=1](http://www.mkh.in.th/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=1)
- [2] DMCR. Central Database System and Data Standard for Marine and Coastal Resources. [Online]. (2021). [Cited August 28, 2021]. Available: [https://km.dmcr.go.th/th/c\\_244/d\\_12891](https://km.dmcr.go.th/th/c_244/d_12891)
- [3] MARINE & COASTAL GI APPLICATION. MARINE & COASTAL GI APPLICATION. [Online]. (2021). [Cited August 28, 2021]. Available: <https://ocean.gistda.or.th/ocean2/>
- [4] Cattelcom. Internet of Thing Long Range IoT [Online]. (2021). [Cited August 29, 2021]. Available: <https://loraiot.cattelcom.com/site/home>
- [5] Mostori. Understanding the Limits of LoRaWAN. [Online]. (2014). [Cited August 28, 2021]. Available: [https://www.mostori.com/blog\\_detail.php?bid=117](https://www.mostori.com/blog_detail.php?bid=117)
- [6] Nexsens Technology. Data Buoys [Online]. (2021). [Cited August 28, 2021]. Available: <https://www.nexsens.com/products/data-buoys>
- [7] J. He, Z. Zhang, X. Wang and S. Yang, "A Low Power Fall Sensing Technology Based on FD-CNN," *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, no. 13, pp. 5110-5118. July. 2019.
- [8] J. M. D. S. Jeewandara, L. Karunaratne and K. A. Y. Sanju, "An Efficient Machine Learning Based Elderly Monitoring System," *2021 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, 2021, pp. 1-5.
- [9] Z. Wang, C. Cao, H. Yu and Y. Liu, "Design and Implementation of Early Warning System Based on Dairy Cattle Activity Detection," *2020 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, 2020, pp. 2186-2189.
- [10] X. Pengfei, C. Shiwen and Y. Zhang, "Design of Pose measurement and Display system based on STM32 and MPU6050," *2021 International Conference on Intelligent Computing*,

*Automation and Systems (ICICAS)*, 2021, pp.

71-74.

- [11] D. Tanwar, V. Nijhawan, P. Sinha and R. Gupta, “Design of Low-Cost Women Safety System using GPS and GSM,” *2021 8th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2021, pp. 827-831.
- [12] G. You and W. Zeng, “Design of Two-Wheel Balance Car Based on STM32,” *2018 9th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2018, pp. 775-779.