

ระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี Narrowband IoT Water Level Monitoring System for Flood Notification via LINE Application Using Narrowband IoT

ชัยวิชิต แก้วกลม, ธนรัฐ โชติพันธ์, ธิติพร ขาญศิริวัฒน์, สันตนิย์ กิจเพิ่มเกียรติ, เสาวลักษณ์ ไทยกลาง*
Chaivichit Kaewklom, Tanarat Chotipant, Thitiporn Chansiriwat, Santanee Kitpermkiat,
Saowaluk Thaiklang*

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Department of Computer Science, Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี Narrowband IoT (NB-IoT) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT 2) ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ 3) วัดประสิทธิภาพระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE โดยแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT มีหน้าที่ส่งข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์จากแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัยไปยังระบบสารสนเทศ 2) ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งประกอบด้วยโมดูลที่ทำหน้าที่ดึงข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์จากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โมดูลที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบ และโมดูลตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำจากอุปกรณ์ต้นแบบและจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 เพื่อแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE โดยตรวจสอบเงื่อนไขตามค่าเตือนภัยของระดับน้ำ ณ จุดติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ และค่าเตือนภัยของสถานีวัดระดับน้ำ M7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า อุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT สามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 96.68 และระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 97.33

คำสำคัญ: การแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ การวัดระดับน้ำ NB-IoT แอปพลิเคชัน LINE

* Corresponding author : saowaluk.t@ubru.ac.th

Abstract

This research presents a water level monitoring system for flood notification via the LINE application using Narrowband IoT (NB-IoT). The objectives of this research are as follows: 1) To design and develop a prototype device that measures the water level using NB-IoT technology. 2) To design and develop an information system for monitoring, measuring, and comparing water level. 3) To evaluate the efficiency of the water level monitoring system in issuing flood notifications through the LINE application. The research methodology is divided into 2 parts: Firstly, design and develop a prototype device using NB-IoT technology, which sending real-time water level data from natural water sources in risk areas to the information system. Secondly, design and develop an information system utilizing to measure and compare water level data, consisting of a module that retrieves real-time water level data from the M7 water level measuring station of the Moon River, Mueang District, Ubon Ratchathani Province, a module that receives data from the prototype device, and a module to compare water level data from both sources based on predefined alarm thresholds: the prototype device and the M7 water level measuring station. If the water level of either source reaches the predetermined alarm threshold, flood risk alert messages are sent through the LINE notification. The performance evaluation revealed that the prototype device accurately transmitted water level data with NB-IoT technology, achieving a representation accuracy of 96.68%. Moreover, the system precisely issued flood alerts through the LINE notification, representing 97.33%.

Keywords: Real time alerts, Water level monitor, NB-IoT, LINE Application

1. บทนำ

อุทกภัยหรือน้ำท่วมถือเป็นภัยธรรมชาติที่สร้างความเสียหายต่อประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนในบริเวณที่ราบลุ่ม ที่ลาดเชิงเขา ริมฝั่งแม่น้ำ มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในหลายรูปแบบ ทั้งน้ำล้นตลิ่ง น้ำท่วมฉับพลัน และน้ำป่าไหลหลาก ซึ่งเขตพื้นที่เทศบาลนครอุบลราชธานีเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น จากปัญหาด้านการแจ้งเตือนน้ำท่วมในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ประชาชนในพื้นที่ยังขาดการรับรู้ข้อมูลข่าวสารอย่างทันท่วงที และหลายหน่วยงานยังขาดระบบสารสนเทศที่สามารถบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่งที่มา เพื่อช่วยในการประเมินสถานการณ์ภัยพิบัติที่อาจจะเกิดขึ้น และใช้ในการวางแผนในการรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที ที่จะช่วยลดความเสียหายได้เป็นอย่างมาก

ในปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ เช่น การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) ซึ่งจะนำไปสู่นวัตกรรมใหม่อีกมากมาย เช่น เซนเซอร์

ภายในบ้านตรวจจัดการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ และส่งสัญญาณไปสั่งเปิด/ปิดสวิตซ์ไฟตามห้องต่าง ๆ อุปกรณ์วัดสัญญาณชีพของผู้ป่วย/ผู้สูงอายุและส่งข้อมูลไปยังบุคลากรทางการแพทย์ หรือส่งข้อความเรียกหน่วยกู้ชีพหรือรถฉุกเฉิน เป็นต้น (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2559) รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยที่บูรณาการหลากหลายศาสตร์ อาทิเช่น งานวิจัยเรื่อง อุโมงค์ฆ่าเชื้อไวรัสร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่มีระบบการทำงานโดยใช้บอร์ด ESP8266 ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจัดการเคลื่อนไหว และเซนเซอร์วัดระยะแบบอัลตราโซนิก (Daosawang et al., 2022) ในการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี IoT นั้น อุปกรณ์ต้องทำงานร่วมกับระบบคลาวด์สำหรับการเชื่อมต่อการสื่อสาร ซึ่งในประเทศไทย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ได้พัฒนาและเปิดให้บริการบริการระบบคลาวด์ แพลตฟอร์ม NETPIE เพื่อสนับสนุนนักวิจัยและนักพัฒนาได้สร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ อีกทั้งต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรมต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวัดปริมาณน้ำฝนและส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย ที่เป็นการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี IoT ร่วมกับระบบคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE เพื่อรับส่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน (ณัฐพงศ์ บุตรธนู และชัยพันธ์ุ ประการะพันธ์, 2564) เทคโนโลยี IoT เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่างระบบหรืออุปกรณ์ที่สื่อสารด้วยข้อมูลที่มีปริมาณน้อย เน้นการใช้พลังงานต่ำและรองรับอุปกรณ์จำนวนมาก (ซัชชัย คุณบัว, 2562) หนึ่งในเทคโนโลยี IoT ที่เน้นสื่อสารในรูปแบบดังกล่าว คือเทคโนโลยี Narrowband Internet of Thing หรือ NB-IoT ซึ่งในประเทศไทย NB-IoT ทำงานอยู่บนเครือข่ายของสองผู้ให้บริการ ประกอบด้วย เครือข่าย AIS และ TRUE ที่ถูกกล่าวถึงในงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Narrowband Internet of Thing ในการสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งนำเสนอต้นแบบการใช้งาน NB-IoT ที่ติดตั้งกับบอร์ด Arduino โดยประยุกต์ใช้งานกับเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ (ศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์ และ พรนรินทร์ สายกลืน, 2561)

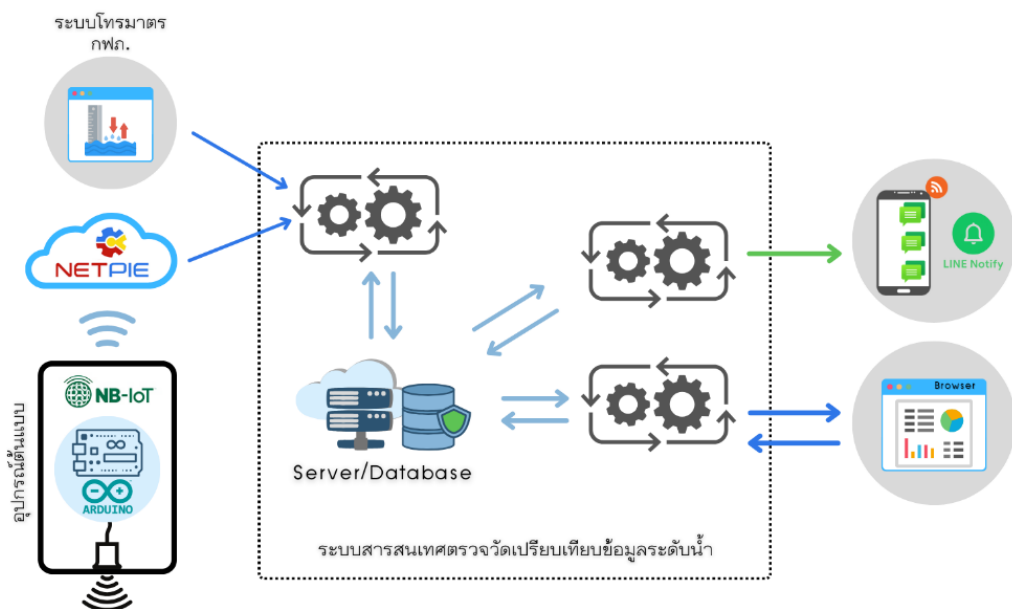
จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาดังกล่าวไว้ข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยี NB-IoT มาประยุกต์ใช้สำหรับส่งสัญญาณข้อมูลระดับน้ำจากแหล่งน้ำในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานีเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมผ่านเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ เพื่อช่วยป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นกับประชาชนที่พักอาศัยในพื้นที่เสี่ยง โดยกระบวนการหลักในการเฝ้าระวังเริ่มตั้งแต่การติดตามระดับน้ำในบริเวณแม่น้ำลำคลอง ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่เทศบาลนครอุบลราชธานีเป็นกรณีศึกษาเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นบันทึกข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่ระบบสารสนเทศอย่างเป็นระบบและสามารถแสดงผลในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการตัดสินใจการเฝ้าระวังสาธารณภัยที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งการแจ้งเตือนประชาชนในพื้นที่ ระบบยังสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบรายงานข้อมูลระดับน้ำในเชิงสถิติ เพื่อใช้ในการประเมินสถานการณ์น้ำท่วมได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ระบบยังมีการแจ้งเตือนการเฝ้าระวังแก่ประชาชนผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ Arduino ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ ประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ NB-IoT เพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE แบบเรียลไทม์ เพื่อใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์การเฝ้าระวังน้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างทันท่วงที

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT
- 2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ
- 2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนเฝ้าระวังน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี NB-IoT ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากอุปกรณ์ต้นแบบ ณ แหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัย และจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งในการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชันให้แก่ผู้ใช้งานได้ อีกทั้งยังสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE เมื่อค่าระดับน้ำของแหล่งข้อมูลถึงค่าเตือนภัยที่กำหนดไว้ ซึ่งมีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้ โดยภาพรวมของระบบแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนเฝ้าระวังน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี NB-IoT

1. การบันทึกข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์ ในส่วนนี้ระบบจะทำการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำจากแหล่งข้อมูล ด้วยโมดูลการบันทึกข้อมูลระดับน้ำ คือ จากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และจากอุปกรณ์ต้นแบบ ณ แหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัย โดยระบบจะทำการดึงข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ผ่าน API ทางหน้าเว็บของระบบโทรมาตรเขื่อนสิรินธรและปากมูล และดึง

ข้อมูลระดับน้ำจากแพลตฟอร์ม NETPIE ที่ได้รับจากอุปกรณ์ต้นแบบ ณ แหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัย ข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมและบันทึกในฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ 15 นาที

2. การแสดงผลข้อมูล ส่วนนี้ระบบทำหน้าที่ในการรับข้อมูลและนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางหน้าเว็บ แอปพลิเคชัน โดยระบบสามารถแสดงผลข้อมูลระดับน้ำให้แก่ผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลพื้นฐานในระบบ เช่น ค่าเตือนภัยและค่าวิกฤติของระดับน้ำ ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์

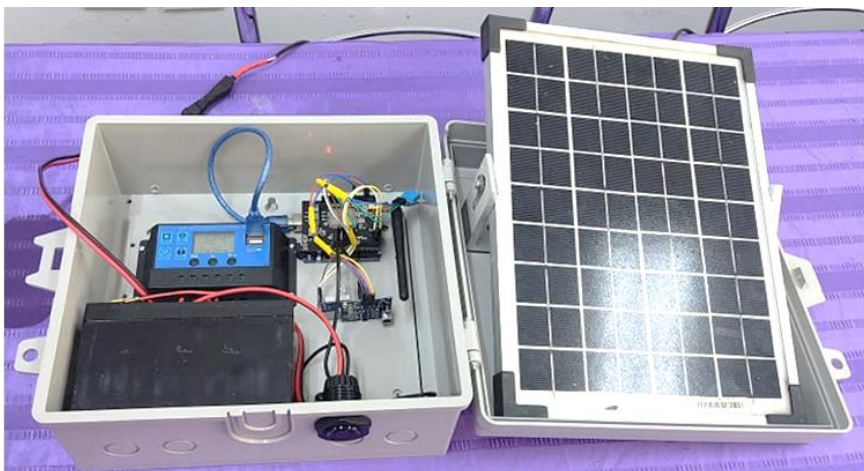
3. การแจ้งเตือนระดับน้ำ ในส่วนนี้ระบบทำการเปรียบเทียบระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 และจากอุปกรณ์ต้นแบบ กับค่าเตือนภัยของสถานีวัดระดับน้ำ M7 และค่าเตือนภัยของระดับน้ำ ณ จุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ เมื่อค่าระดับน้ำของแหล่งข้อมูลถึงค่าเตือนภัยที่กำหนดไว้ ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE ผ่านโมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำ

การวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนเฝ้าระวังน้ำท่วม โดยได้แบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT

3.1.1 การวิเคราะห์และออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้ในการวัดระดับน้ำ ซึ่งอุปกรณ์ต้องมีขนาดเล็กที่สามารถนำไปติดตั้งยังแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัยได้ โดยเลือกบอร์ดควบคุม Arduino ในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำกว่าอุปกรณ์อื่น (ภาณุวัตร อุทัยบาล และ วนิตา แก่นอากาศ, 2566) ซึ่งเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดระยะวัตถุ (Ultrasonic Sensor) เพื่อใช้วัดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ต้นแบบกับพื้นผิวน้ำ และเลือกใช้เทคโนโลยี NB-IoT ในการส่งข้อมูล ซึ่งทำให้เซนเซอร์สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ด้วยการใช้พลังงานต่ำ จากนั้นส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลบนเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Technology) แพลตฟอร์ม NETPIE แบบเรียลไทม์ ซึ่งมีความสามารถในการรองรับการรับส่งข้อมูลปริมาณมาก



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ต้นแบบตรวจวัดระดับน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ

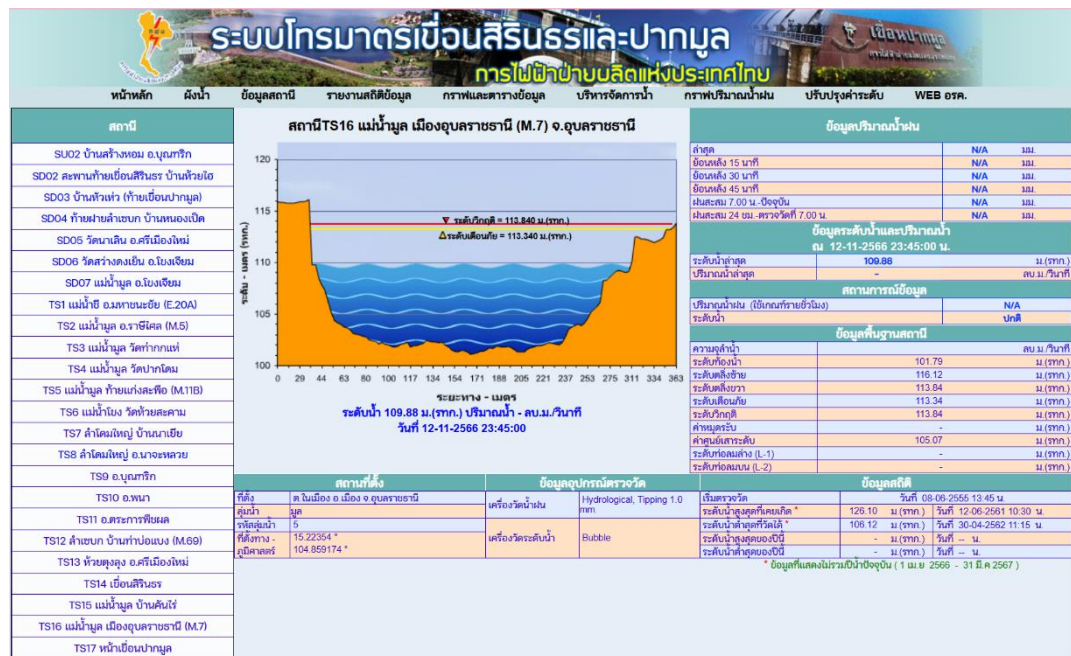
3.1.2 การพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบ

ในส่วนบอร์ด Arduino มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงตามที่ได้ออกแบบไว้ ได้แก่ เซนเซอร์วัดระยะวัตถุ อุปกรณ์ NB-IoT และแหล่งพลังงานซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก และ Solar Charge Controller เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ จากนั้นบอร์ด Arduino จะถูกกำหนดโปรแกรมให้ทำงานโดยทำการอ่านค่าข้อมูลระดับน้ำจากเซนเซอร์วัดระยะวัตถุในทุก ๆ 15 นาที จากนั้นส่งข้อมูลระดับน้ำด้วยอุปกรณ์ NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE เพื่อจัดเก็บข้อมูลระดับน้ำในรูปแบบ Timestamp ที่มีข้อมูลวัน/เวลากำกับด้วย อุปกรณ์ต้นแบบที่ต่อพ่วงพร้อมติดตั้งแสดงในภาพที่ 2

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ

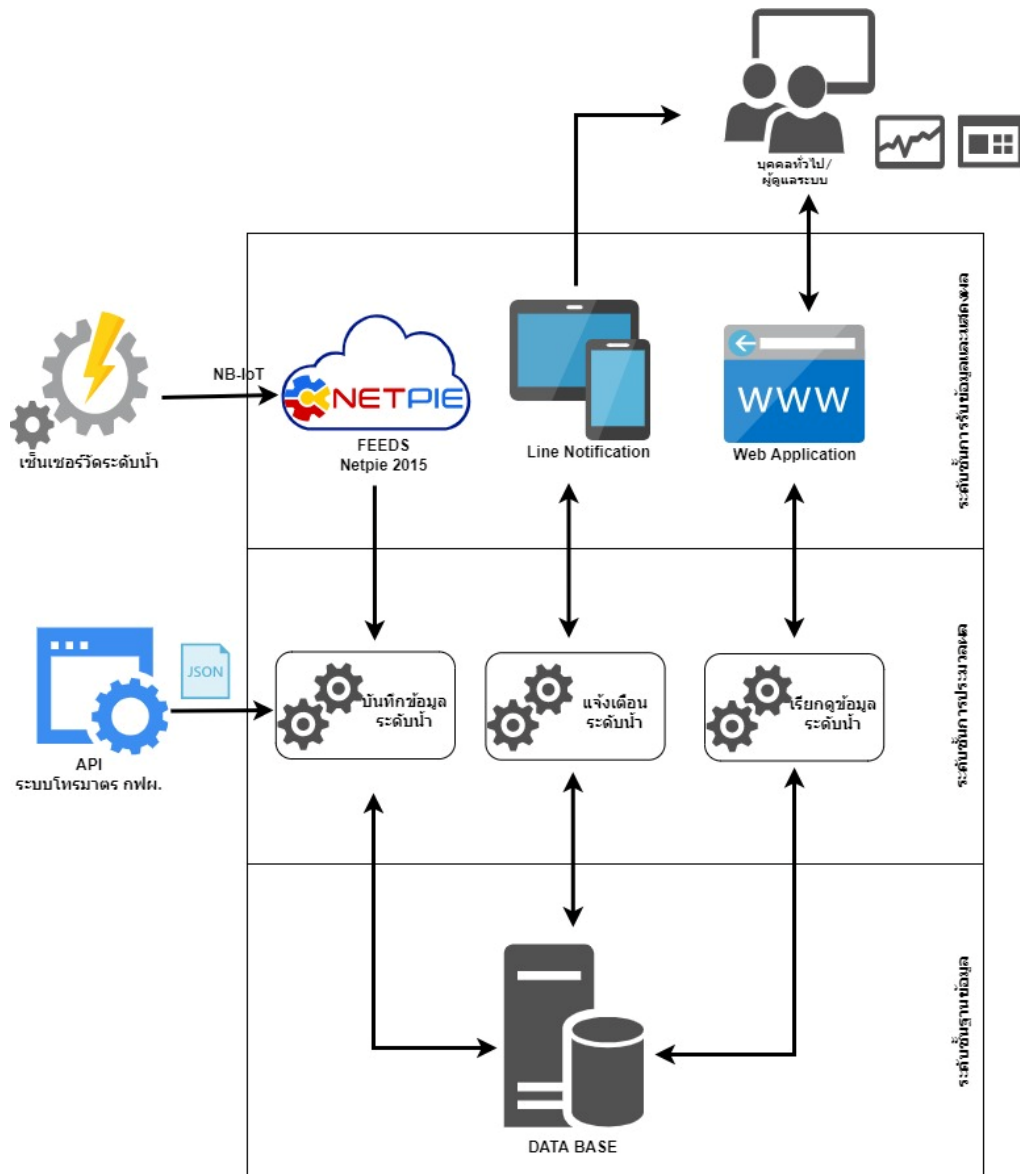
3.2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบระดับน้ำ

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยระบบโทรมาตรเชื่อมสิรินธรและปากมูล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่าข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ถูกบันทึกและแสดงผลในระบบโทรมาตรเชื่อมสิรินธรและปากมูล ทุก 15 นาที โดยในระบบโทรมาตรนั้นยังแสดงถึงระดับเตือนภัยและระดับวิกฤติ ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นค่าอ้างอิงในการกำหนดค่าเตือนภัยเพื่อแจ้งเตือนประชาชนในพื้นที่ลุ่มต่ำ และพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานีได้



ภาพที่ 3 ระดับน้ำสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (ระบบโทรมาตรเชื่อมสิรินธรและปากมูล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2566)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาพื้นที่ชุมชนใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัย เขตเทศบาลนครอุบลราชธานี (เทศบาลนครอุบลราชธานี, 2564) เพื่อพิจารณาตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ และกำหนดค่าเตือนภัยเฉพาะจุดเพื่อแจ้งเตือน จากนั้นทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล และระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนการแสดงผลข้อมูล ส่วนการประมวลผล และส่วนฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ส่วนการแสดงผลข้อมูล ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลและนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยระบบสามารถแสดงผลข้อมูลระดับน้ำให้แก่ผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลพื้นฐานในระบบ เช่น ค่าเตือนภัย ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ ในส่วนของผู้ใช้ทั่วไป สามารถเพิ่มเพื่อนในแอปพลิเคชัน LINE เพื่อรับข้อความการแจ้งเตือนได้

2) ส่วนการประมวลผลข้อมูล มีการทำงานเป็นโมดูลย่อย ได้แก่ โมดูลการบันทึกข้อมูลระดับน้ำ ทำหน้าที่ดึงข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์จากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล และจากแพลตฟอร์ม NETPIE ซึ่งมีการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ NB-IoT ที่ติดตั้งในจุดแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัยไว้ก่อนแล้ว โมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำ ทำหน้าที่ส่งข้อความแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE เมื่อค่าระดับน้ำของแหล่งข้อมูลถึงค่าเตือนภัยที่กำหนดไว้ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการตรวจสอบประกอบด้วย ค่าเตือนภัยของสถานีวัดระดับน้ำ M7 และค่าเตือนภัยของระดับน้ำ ณ จุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ และโมดูลการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ทำหน้าที่จัดการข้อมูล การเรียกดูข้อมูลระดับน้ำจากอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำและสถานีวัดระดับน้ำ M7 ที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล

3) ส่วนฐานข้อมูล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของระบบ รวมไปถึงข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จากอุปกรณ์ต้นแบบและสถานีวัดระดับน้ำ M7 ในทุกช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในเชิงสถิติ

3.2.2 การพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบระดับน้ำ

ระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบระดับน้ำถูกพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาโปรแกรม PHP ร่วมกับ CSS เชื่อมต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL

3.3 การวัดประสิทธิภาพระบบตรวจวัดระดับน้ำ

ผู้วิจัยได้กำหนดการวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ โดยพิจารณาทดสอบประสิทธิภาพใน 2 ประเด็น คือ

3.3.1 ประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับอุปกรณ์ต้นแบบที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล

3.3.2 ประสิทธิภาพการทำงานของโมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำและความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับระบบแจ้งเตือนภัยที่จะนำไปใช้ต่อไป

งานวิจัยนี้เลือกใช้การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำ (Accuracy) เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพของระบบ ค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำเกี่ยวข้องกับการวัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งใจจะวัดหรือค่าจริงหรือไม่ อีกนัยหนึ่งกล่าวได้ว่า ความแม่นยำคือ ความถูกต้องของค่าที่วัดได้เป็นความใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงหรือค่าทฤษฎีมากน้อยเพียงใด (กิตติคุณ แสงนิล และ ประสพชัย พสนนท, 2561)

ความแม่นยำ ในงานวิจัยของไกรวิชญ์ ดาปโสมศรี และ ชลธิ์ โพธิ์ทอง. (2563) ได้อธิบายวิธีการคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%Accuracy = 1 - \%Error \quad (1)$$

โดยที่ $Relative Error = \frac{x_{mea} - x_t}{x_t}$ (2)

$$\%Error = Relative Error \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (measure value)
 x_t คือ ค่าจริง (true value)

4. ผลการวิจัย

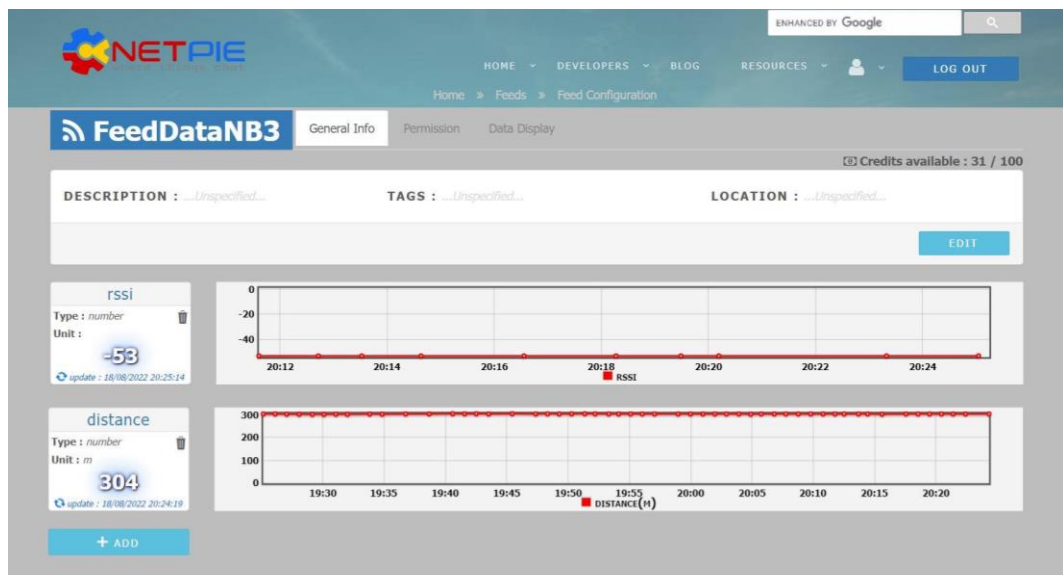
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT

ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT อุปกรณ์ต้นแบบ ถูกประกอบขึ้นจากบอร์ด Arduino มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วง ได้แก่ เซนเซอร์วัดระยะวัตถุ อุปกรณ์ NB-IoT และแหล่งพลังงาน อุปกรณ์ต้นแบบถูกกำหนดโปรแกรมให้ทำการอ่านค่าข้อมูลระดับน้ำจากเซนเซอร์วัดระยะวัตถุ และส่งข้อมูลระดับน้ำด้วยอุปกรณ์ NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE โดยการทดสอบการทำงานต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต้นแบบ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT

ลำดับ	หน้าที่การทำงาน	ผลการทดสอบ
1	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ NB-IoT ผ่านระบบเครือข่าย	อุปกรณ์ NB-IoT สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายได้ทุกครั้งที่เราเริ่มใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบ
2	การเชื่อมต่อเข้าระบบคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE	สามารถเชื่อมต่อได้ สามารถส่งข้อมูลได้แบบเรียลไทม์
3	การส่งค่าเซนเซอร์วัดระยะวัตถุ	สามารถส่งค่าและแสดงผลบนหน้าแสดงข้อมูล (Feed) ของแพลตฟอร์ม NETPIE ได้
4	การทำงานของระบบโซลาร์เซลล์	สามารถจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต้นแบบพร้อมทั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ตลอด 24 ชั่วโมง

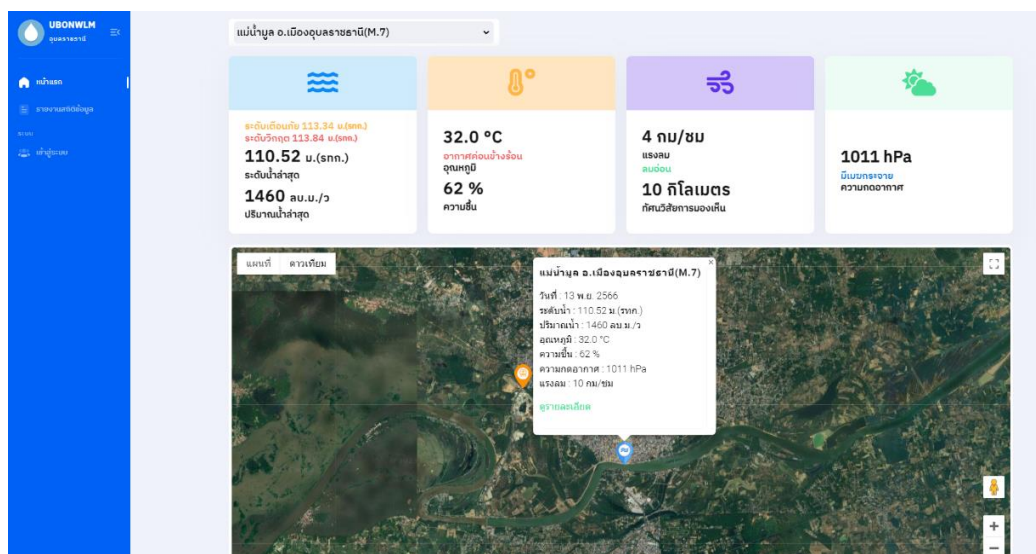
ในภาพที่ 5 แสดงข้อมูลสัญญาณระบบเครือข่ายที่ใช้ในการเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์ NB-IoT และข้อมูลการวัดระดับน้ำจากแหล่งน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกในระบบคลาวด์ของแพลตฟอร์ม NETPIE และแสดงผลผ่านหน้าแสดงผลของแพลตฟอร์ม NETPIE



ภาพที่ 5 หน้าจอการแสดงผลข้อมูลบนหน้าแสดงผลของแพลตฟอร์ม NETPIE

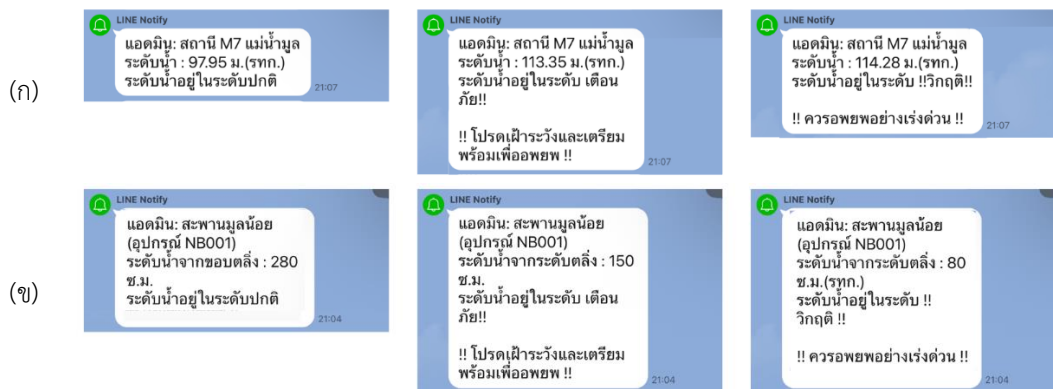
4.2 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ

ผลการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ ได้มีการพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน มีส่วนการแสดงผลข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล และข้อมูลระดับน้ำจากอุปกรณ์ต้นแบบ ดังภาพที่ 6 (หน่วย ม.รทก. ม. คือ เมตร ส่วน รทก. คือ ระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นการอ้างอิงถึงความสูงของพื้นที่ต่าง ๆ โดยใช้ระดับน้ำทะเลเป็นเกณฑ์)



ภาพที่ 6 หน้าจอหลักแสดงผลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล

ในส่วนของการประมวลผลข้อมูล ผู้วิจัยได้พัฒนาโมดูลที่ทำหน้าที่ดึงข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์จากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล และจากแพลตฟอร์ม NETPIE ซึ่งมีการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ NB-IoT ที่ติดตั้งในจุดแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เสี่ยงภัยเพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศในเชิงสถิติ รวมทั้งโมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำที่ทำหน้าที่ส่งข้อความแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE โดยผู้วิจัยได้กำหนดค่าเตือนภัยและค่าวิกฤติในโมดูลการแจ้งเตือน ในส่วนของสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล กำหนดตามระดับเตือนภัยและระดับวิกฤติจากระบบโทรมาตรเขื่อนสิรินธรและปากมูล ซึ่งกำหนดค่าเตือนภัยไว้ที่ 113.340 ม.รทก. และค่าวิกฤติที่ 113.840 ม.รทก. จากนั้นเมื่อโมดูลการแจ้งเตือนทำการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำแล้วพบว่า ค่าระดับน้ำเรียลไทม์สูงกว่าค่าเตือนภัยหรือค่าวิกฤติ ระบบจะทำการแจ้งเตือนข้อมูลระดับน้ำและสถานะไปยังแอปพลิเคชัน LINE ดังภาพที่ 7 (ก) ในส่วนของจุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำ ระดับเตือนภัยและระดับวิกฤติถูกวัดจากระดับตลิ่ง ซึ่งค่าวิกฤติและค่าเตือนภัยกำหนดเป็น 150 ซม. และ 80 ซม. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อค่าระดับน้ำแบบเรียลไทม์เปรียบเทียบกับค่าเตือนภัยหรือค่าวิกฤติ แล้วพบว่า ค่าระดับน้ำเรียลไทม์น้อยกว่าค่าเตือนภัยหรือค่าวิกฤติ ระบบจะทำการแจ้งเตือนข้อมูลระดับน้ำและสถานะไปยังแอปพลิเคชัน LINE ดังภาพที่ 7 (ข)



ภาพที่ 7 ข้อความแจ้งเตือนระดับน้ำและความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE

(ก) ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 (ข) ข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบ ณ จุดติดตั้ง

5. ผลการวัดประสิทธิภาพระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดการวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ โดยพิจารณาทดสอบประสิทธิภาพใน 2 ประเด็น ดังนี้

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE ผู้วิจัยได้ติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบในพื้นที่จำลอง กำหนดช่วงเวลาในการส่งข้อมูลเป็นทุก 5 วินาที ในระยะเวลา 1 วันหรือ 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำในการส่งข้อมูล ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE

ระยะเวลา	x_{mea}	x_t	%Error	%Accuracy
1 วัน/24 ชั่วโมง (ส่งข้อมูลทุก 5 วินาที)	16,706	17,280	3.32	96.68

โดยที่ x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด ในงานวิจัยนี้คือจำนวนครั้งที่ทำการส่งข้อมูลด้วยอุปกรณ์ NB-IoT
 x_t คือ ค่าจริง ในงานวิจัยนี้คือ จำนวนครั้งการส่งข้อมูลที่ต้องเกิดขึ้น

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำและความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วม ผ่านแอปพลิเคชัน LINE เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับระบบแจ้งเตือนภัยที่จะนำไปใช้ต่อไป ผู้วิจัยได้กำหนดชุดข้อมูลทดสอบเพื่อวัดความถูกต้องของโมดูลการแจ้งเตือนตามเงื่อนไขค่าเตือนภัยของระดับน้ำจากทั้งสถานีวัดน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล และจากอุปกรณ์ต้นแบบ ทั้งหมด 150 ชุดข้อมูล จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโมดูลการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ชุดข้อมูลทดสอบ	x_{mea}	x_t	%Error	%Accuracy
150 ชุดข้อมูล	146	150	2.67	97.33

โดยที่ x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด ในงานวิจัยนี้คือ จำนวนการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE
 x_t คือ ค่าจริง ในงานวิจัยนี้คือ จำนวนการแจ้งเตือนทั้งหมดผ่านแอปพลิเคชัน LINE

6. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการพัฒนาระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งประกอบด้วยการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำโดยใช้เทคโนโลยี NB-IoT และการพัฒนาระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำ พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบสามารถอ่านค่าข้อมูลระดับน้ำจากเซนเซอร์วัดระยะวัตถุและส่งข้อมูลระดับน้ำด้วยอุปกรณ์ NB-IoT ไปยังระบบคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ระบบสารสนเทศตรวจวัดเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำสามารถดึงข้อมูลระดับน้ำแบบเรียลไทม์จากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูล และจากแพลตฟอร์ม NETPIE มาบันทึกลงในฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศในเชิงสถิติ อีกทั้งสามารถแสดงผลข้อมูลระดับน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้ นอกจากนี้ระบบสามารถแจ้งเตือนเมื่อค่าระดับน้ำของแหล่งข้อมูลถึงค่าเตือนภัย สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Narrowband Internet of Thing ในการสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ผลการวิจัยพบว่า อุปกรณ์ต้นแบบและระบบสามารถส่งผลไปแสดงที่เว็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์ และพรนรินทร์ สายกลั่น, 2561) และงานวิจัยเรื่อง ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี

NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ ผลการทดลองเมื่อส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือสามารถทำงานเพื่อส่งสัญญาณแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง (พิมพ์รินทร์ ศิริรินทร์ และคณะ, 2567).

ผลการวัดประสิทธิภาพระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ พบว่า 1) ผลการทดสอบการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบวัดระดับน้ำด้วยเทคโนโลยี NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการส่งข้อมูล โดยการทดสอบส่งข้อมูลทุก 5 วินาที ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 17,280 ชุดข้อมูล พบว่าอุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องร้อยละ 96.68 ของชุดข้อมูลทดสอบ 2) ผลการทดสอบการแจ้งเตือนตามเงื่อนไขค่าเตือนภัย โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบทั้งหมด 150 ชุด พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างถูกต้องในร้อยละ 97.33 ของชุดข้อมูลทดสอบ สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนระบบปิด ซึ่งวิเคราะห์ค่าความแม่นยำเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ พบว่า ระบบมีความแม่นยำในรับ/ส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งส่งผลให้ระบบการควบคุมในโรงเรือนสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำตามค่าที่ตั้งไว้ (सानนท์ บุญมี และคณะ, 2562) จากผลการวัดประสิทธิภาพของระบบจะพบว่า เกิดข้อผิดพลาดเล็กน้อยในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นแบบไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE และในการทำงานของโมดูลการแจ้งเตือนระดับน้ำ ในประเด็นการส่งข้อมูลเกิดจากความผิดพลาดในด้านสัญญาณที่ไม่เสถียรส่งผลให้เกิดข้อมูลขาดหายไปในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนประเด็นของการแจ้งเตือนเป็นผลต่อเนื่องจากข้อมูลที่ขาดหายในช่วงเวลาหนึ่ง ส่งผลให้โมดูลการแจ้งเตือนไม่สามารถดึงข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำขณะนั้นกับค่าเตือนภัยหรือค่าวิกฤติได้

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยนำเทคโนโลยี NB-IoT มาประยุกต์ใช้สำหรับส่งสัญญาณข้อมูลระดับน้ำจากแหล่งน้ำในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานีเพื่อเฝ้าระวังน้ำท่วมผ่านเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ ร่วมกับข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำ M7 ของแม่น้ำมูลผ่านระบบโทรมาตรเชื่อมสิรินธรและปากมูล กระบวนการตรวจวัดระดับน้ำเริ่มตั้งแต่การติดตามระดับน้ำในบริเวณแม่น้ำลำคลอง จากนั้นบันทึกข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่ระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการแจ้งเตือนประชาชนในพื้นที่ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบและสามารถแสดงผลเพื่อช่วยในการตัดสินใจการเฝ้าระวังสาธารณภัยที่อาจเกิดขึ้นได้ ระบบยังสามารถนำเสนอข้อมูลระดับน้ำในเชิงสถิติ นอกจากนี้ระบบยังมีการแจ้งเตือนการเฝ้าระวังแก่ประชาชนผ่านทางแอปพลิเคชัน LINE รวมทั้งสามารถเฝ้าติดตามระดับน้ำผ่านระบบสารสนเทศในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันได้อีกด้วย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนความเสี่ยงของน้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลจากระบบโทรมาตรเชื่อมสิรินธรและปากมูล และข้อมูลระดับน้ำจากอุปกรณ์ต้นแบบ ผลการวัดประสิทธิภาพแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบด้วยเทคโนโลยี IoT และความแม่นยำของการแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ NB-IoT ไปยังแพลตฟอร์ม NETPIE โดยมีความแม่นยำค่อนข้างสูง สามารถพิจารณานำไปใช้งานจริงตามแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสัญญาณระบบเครือข่ายครอบคลุม เพื่อติดตามระดับน้ำ และเพิ่มความแม่นยำในการแจ้งเตือนความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี
2. ระบบตรวจวัดระดับน้ำเพื่อการแจ้งเตือนน้ำท่วมผ่านแอปพลิเคชัน LINE ด้วยเทคโนโลยี NB-IoT สามารถนำไปถ่ายทอดการใช้งานให้แก่หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการเฝ้าระวัง แจ้งเตือน รายงาน ติดตามสถานการณ์สาธารณภัย อาทิเช่น ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 13 อุบลราชธานี สำนักงานเทศบาลนครอุบลราชธานี ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบในสถานะควบคุมเท่านั้น ควรทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบในพื้นที่อื่นที่เป็นสภาพแวดล้อมจริง สถานที่จริง เพื่อทดสอบว่าในพื้นที่นั้นรองรับการใช้งานเครือข่าย NB-IoT และทดสอบประสิทธิภาพด้านการสื่อสารของอุปกรณ์ต้นแบบก่อนการติดตั้งใช้งานจริง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ในการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับอาจารย์ และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่การทำงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กิตติคุณ แสงนิล และ ประสพชัย พสุนนท์. (2561). “ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง” ความสอดคล้องในวิธีการและความคลาดเคลื่อนจากการวัดของการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย. *Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University*, 5(6), 1-19. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/159850>
- ไกรวิชญ์ ดาบบัณเฑาะว์ และ ชลธิ์ โพธิ์ทอง. (2563). การศึกษาความผิดปกติของการขึ้นสกรูและเทคนิคการวัดค่าแรงบิดของหุ่นยนต์ขึ้นสกรูอัตโนมัติด้วยการวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้า. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 16(1), 62-77. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jit_journal/article/view/240207
- ซัชชัย คุณบัว. (2562). *IoT: สถาปัตยกรรมการสื่อสาร = Internet of Things*. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ณัฐพงศ์ บุตรธนู และ ชัยพันธ์ุ ประการะพันธ์. (2564). การพัฒนาระบบวัดปริมาณน้ำฝนและส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติ*, 7(1). 32-39. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/featkku/article/view/237300>

- เทศบาลนครอุบลราชธานี. (25 กันยายน 2564). *พื้นที่ลุ่มต่ำ และพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี*.
<http://www.cityub.go.th/2022>
- พิมพ์รินทร์ ศิริจันทร์, เสกสรรค์ ศิริวิทย์ และ อรุมา พราโมต. (2567). ระบบติดตามคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาในกระชังด้วยเทคโนโลยี NB-IoT โดยใช้ดัชนีวัดทางกายภาพ. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี*, 19(1), 1-14. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/262663>
- ภาณุวัตร อุทัยบาล และ วนิดา แก่นอากาศ. (2566). วิเคราะห์พฤติกรรมในการจอตลอดด้วยระบบจอตลอดอัจฉริยะ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 11(1). 12-23. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru/article/view/250626>
- ระบบโทรมาตรเขื่อนสิรินธรและปากมูล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (12 พฤศจิกายน 2566). <https://watertele.egat.co.th/srdpm/>
- ศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์ และ พรนรินทร์ สายกลิ่น. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Narrow Band Internet of Thing ในการสร้างต้นแบบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5* (น. 259-270). สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (22 กันยายน 2559). *NETPIE: Internet of Things*. <https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie.html>
- सानนท์ บุญมี, พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์ และ รัตนา ตั้งวงศ์กิจ. (2562). การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนระบบปิด. *วารสารสจล.ชุมชนเขตอุตสาหกรรม* ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2(1), 15-24. https://www.pcc.kmitl.ac.th/journal/scntech/datascntech/v2_n1_january_December_2019.pdf
- Daosawang, W., Kanlayaput, P., & Charoentia, C. (2022). Anti-virus disinfectant tunnel with Internet of Things. *Journal of Industrial Technology and Innovation*, 2(1), 247773. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/snru_jiti/article/view/247773