

ระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำระบบผลิตน้ำประปาผ่านเทคโนโลยี LoRa สำหรับเขื่อนรัชชประภา

Water Level Monitoring and Alert for Water Treatment System Using LoRa Technology at Ratchaprapha Dam

กิตติชัย ชัยเพชร¹ ชาญณรงค์ พงศ์ศรีธรรม^{2*} ปริญญา มลยาภรณ์² และ พิทยาธร ทองเสน³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย kittichai.c@rmuts.ac.th

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย channarong.p@rmuts.ac.th parinya@gmail.com

³การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย Phitayatorn.th@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LoRa ในพื้นที่เขื่อนรัชชประภา ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ส่งข้อมูล (Sender) จำนวน 2 หน่วย ได้แก่ หน่วยที่หนึ่งทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้วยโมดูล PZEM-004T และหน่วยที่สองวัดระดับน้ำโดยใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ข้อมูลจากทั้งสองหน่วยจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์รับข้อมูล (Receiver) ผ่านเครือข่าย LoRa ซึ่งอุปกรณ์ตัวรับ (Receiver) จะรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวส่ง (Sender) แล้วส่งต่อผ่านเครือข่าย Wi-Fi ไปยังแพลตฟอร์ม ThingsBoard เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์ รวมถึงประมวลผลค่าต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หากพบค่าผิดปกติ ระบบจะทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน Line Application จากการทดสอบการทำงานในพื้นที่จริงพบว่า ระบบสามารถส่งข้อมูลผ่าน LoRa ได้ระยะทางสูงสุด 529.59 เมตร โดยไม่มีปัญหาการสูญเสียสัญญาณ และค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ แสดงให้เห็นว่าระบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เพื่อการติดตามและควบคุมคุณภาพน้ำประปาอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เทคโนโลยี LoRa การแจ้งเตือนระดับน้ำ IOT

Abstract

This research presents the design and development of a water level monitoring and alert system for the water production process at the Ratchaprapha Dam, which utilizes LoRa communication technology. The system consists of two sender modules: one measures electrical voltage and current using a PZEM-004T module, while the other monitors water levels using an ultrasonic sensor. Data from both sender units are transmitted via the LoRa network to a receiver unit. The receiver collects data from both sender modules and forwards it via Wi-Fi to the ThingsBoard platform for real-time monitoring. The system processes the incoming data based on predefined conditions and triggers alerts to users via the Line application when abnormal values are detected. Field tests confirmed that the system can reliably transmit data over distances of up to 529.59 meters without significant signal loss. Sensor measurements were found to be accurate and consistent, demonstrating the system's suitability for remote deployment and providing an effective solution for water level monitoring and control in rural areas.

Keywords: LoRa technology, Water Level Alert System, IOT

1. ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลและอินเทอร์เน็ต เข้ามามีบทบาทในการปรับเปลี่ยนชีวิตประจำวันมากขึ้น และได้พัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างอินเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างอัจฉริยะ เราสามารถนำเทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT มาประยุกต์ในด้านต่าง ๆ โดยเพิ่มขีดความสามารถของอุปกรณ์เครื่องใช้หรือบริการ ให้สามารถรับรู้ แลกเปลี่ยนข้อมูล แสดงผล ควบคุมหรือทำงานร่วมกันได้ โดยก้าวข้ามขีดจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ และด้วยราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถูกลงสวนทางกับสมรรถนะที่ดีขึ้น ทำให้การพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เป็น IoT เป็นไปได้โดยง่ายขึ้นซึ่งมันจะผลทำให้เราเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดต้นทุนในการผลิตได้นั่นเอง

กระบวนการผลิตน้ำประปา ณ เขื่อนรัชชประภา มีการจัดเจ้าหน้าที่ประจำเพื่อเฝ้าระวังระดับน้ำในถังเก็บน้ำดิบ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำล้นล้นต่ำจนไม่สามารถผลิตน้ำประปาได้ ซึ่งหากระดับน้ำลดต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะส่งผลให้ระบบการจ่ายน้ำประปาต้องหยุดชะงัก และเกิดผลกระทบต่อผู้ใช้น้ำทั้งภายในองค์กร (พนักงาน) และภายนอกองค์กร (นักท่องเที่ยว) โดยกระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการรอรอบระดับน้ำให้กลับเข้าสู่ค่ามาตรฐาน จึงจะสามารถดำเนินการผลิตน้ำประปาได้อีกครั้ง ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายด้านค่าล่วงเวลาในการจ้างเจ้าหน้าที่ดูแลระบบเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ในส่วนของการเฝ้าระวัง การตรวจสอบการทำงานของบิ๊มน้ำเพื่อประเมินความพร้อมและความปกติของระบบเป็นไปได้อย่างยากลำบาก เนื่องจากบิ๊มน้ำตั้งอยู่ห่างจากฝั่ง การเดินทางเพื่อเข้าถึงพื้นที่ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เรือเป็นพาหนะ ส่งผลให้สิ้นเปลืองทั้งเวลา เชื้อเพลิง และอาจเกิดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยระหว่างการเดินทาง โดยการตรวจสอบระบบจะต้องดำเนินการอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง



รูปที่ 1 การเดินทางไปบิ๊มน้ำ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบสถานะการทำงานของปั้มน้ำ รวมถึงติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำในถังเก็บน้ำประปาซึ่งใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ โดยแสดงผลข้อมูลระดับน้ำผ่านระบบออนไลน์ผ่านการสื่อสารด้วยเทคโนโลยี LoRa ซึ่งได้รับการเลือกใช้แทนระบบ WiFi เนื่องจากบริเวณที่ตั้งของปั้มน้ำอยู่ในพื้นที่ห่างไกลและไม่สามารถรับสัญญาณ WiFi ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนด้านบุคลากรในการเฝ้าระวัง ลดระยะเวลาในการตรวจสอบระบบ และลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงจากการเดินทางไปตรวจสอบปั้มน้ำเป็นประจำทุกเดือน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.1.1 เทคโนโลยี LoRa

LoRa (Long Range) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะไกลที่ทำงานในย่านความถี่วิทยุที่ไม่ต้องขอใบอนุญาต เช่น 433 MHz, 868 MHz และ 915 MHz โดยสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า 10 กิโลเมตรในพื้นที่เปิดโล่ง [1] แต่ระยะส่งจะลดลงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง LoRa มี 2 รูปแบบการใช้งาน ได้แก่ LoRa คือ การสื่อสารแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) ระหว่างอุปกรณ์ LoRa โดยตรง และ LoRaWAN คือ การสื่อสารผ่านเกตเวย์ เพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตที่อยู่ระยะไกล และรองรับการส่งข้อมูลจำนวนมาก คล้ายระบบ WAN [2] สาเหตุที่ LoRa ได้รับความนิยมเพราะมีจุดเด่น คือ กินกำลังไฟต่ำสามารถทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ได้หลายปี และยังส่งข้อมูลได้ไกล หลายกิโลเมตร สาเหตุที่ LoRa ประหยัดพลังงาน เนื่องจากตัวอุปกรณ์จะอยู่ในสถานะ “Sleep” เมื่อไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูล โดย LoRa มีโหมดการทำงาน 3 คลาส ดังนี้

- Class A: ส่งข้อมูลได้ตามต้องการและเปิดรับข้อมูลกลับช่วงสั้น ๆ หลังการส่ง เหมาะกับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำและส่งข้อมูลไม่บ่อย
- Class B: เปิดรับข้อมูลตามเวลาที่กำหนดโดย Beacon จากเกตเวย์ ทำให้รับข้อมูลได้สม่ำเสมอขึ้น โดยใช้พลังงานปานกลาง
- Class C: เปิดรับข้อมูลจากเกตเวย์ตลอดเวลา เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการตอบสนองทันที แต่ใช้พลังงานสูง จึงเหมาะกับอุปกรณ์ที่มีไฟฟ้าต่อเนื่อง

RSSI (Received Signal Strength Indicator) คือค่าที่ใช้บ่งชี้ความแรงของสัญญาณไร้สายที่อุปกรณ์รับได้รับจากอุปกรณ์ส่ง วัดเป็นหน่วยเดซิเบลมิลลิวัตต์ (dBm) โดยค่าที่ใกล้ 0 หมายถึงสัญญาณแรง ในขณะที่ค่าติดลบมาก เช่น -100 dBm สะท้อนว่าสัญญาณอ่อนและมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียข้อมูล RSSI จึงเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินคุณภาพการเชื่อมต่อในระบบสื่อสารไร้สาย เช่น LoRa, Wi-Fi และ Zigbee รวมถึงใช้เป็นเกณฑ์ประกอบในการกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสม [3]

2.1.2 อัลตราโซนิกเซนเซอร์

โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเป็นอุปกรณ์ตรวจจذبระยะที่ทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงความถี่สูง โดยสามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นหรือละอองน้ำได้ [4] มีช่วงการวัดตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ถึง 5 เมตร และใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ในการทำงาน หลักการทำงานของโมดูล คือ การส่งคลื่นอัลตราโซนิกจากขา Trig เมื่อคลื่นสะท้อนกลับจากวัตถุและถูกรับโดยขา Echo ระบบจะวัดเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นไป-กลับ แล้วคำนวณเป็นระยะทางระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุ

2.1.3 โมดูล PZEM-004T สำหรับการวัดพลังงานไฟฟ้า

PZEM-004T เป็นโมดูลวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่รองรับแรงดัน 80–260 VAC และกระแสสูงสุด 100 A โดยสามารถวัดแรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า พลังงานสะสม ความถี่ และ Power Factor [5] ได้อย่างแม่นยำ ($\pm 0.5\%$) สื่อสารผ่านโปรโตคอล Modbus-RTU ผ่านพอร์ต Serial (TTL) เหมาะสำหรับตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า และสามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดควบคุม เช่น ESP32 เพื่อแสดงผลผ่านแพลตฟอร์ม IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ระบบโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่

ระบบโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อนำไปเก็บในแบตเตอรี่หรือผ่านอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้งานเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) การออกแบบต้องคำนวณขนาดแผงและแบตเตอรี่ให้รองรับโหลดผู้ส่งข้อมูล (Sender 2) กำลัง 1 วัตต์ ทำงานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง พร้อมเผื่อค่าการสูญเสีย 35% ตามมาตรฐาน IEC 61215 [6] เพื่อความมั่นคงและเสถียรภาพของระบบ การเลือกแบตเตอรี่พิจารณาจากพลังงานที่ใช้ต่อวัน (Wh) และจำนวนวันที่ต้องการสำรองพลังงาน โดยนิยมใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ซึ่งเหมาะสมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบควรเผื่อค่า Depth of Discharge (DOD) ประมาณ 50% เพื่อยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ควบคุมระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำใน

กระบวนการผลิตน้ำประปา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ออกแบบและพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยใช้เทคโนโลยี LoRa สำหรับสื่อสารระยะไกลระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดภายนอกกับหน่วยประมวลผลภายในอาคาร ระบบสามารถแสดงอย่างน้อย 4 พารามิเตอร์บนแพลตฟอร์ม ThingsBoard และแจ้งเตือนความผิดปกติผ่านแอป Line พร้อมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะไกล ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 หน่วย ดังนี้

- Sender1: วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า 3 เฟสจากตู้ควบคุมมอเตอร์ด้วย PZEM-004T 3 ตัว พร้อม Watchdog ป้องกันบอร์ดค้าง
- Sender2: วัดระดับน้ำในถังเก็บด้วยเซนเซอร์ JSN-SR04T และตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ ใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ 12V 12Ah
- Receiver: รับข้อมูลจาก Sender1 และ Sender2 ผ่าน LoRa ส่งต่อ Wi-Fi ไปยัง Cloud Server เพื่อแสดงผลบน ThingsBoard แจ้งเตือนผ่าน Line และควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

ตู้ควบคุมระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา ทั้ง 3 หน่วย ที่ออกแบบและประกอบเสร็จแล้ว แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตู้ควบคุมระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา

3.2 การคำนวณขนาดแบตเตอรี่และแผงโซลาร์เซลล์

เพื่อกำหนดขนาดความจุของแบตเตอรี่และกำลังแผงโซลาร์เซลล์สำหรับอุปกรณ์ส่งข้อมูล (Sender 2) ดำเนินการคำนวณตามสมการดังนี้

3.2.1 โหลดของตัวส่ง (Sender 2)

อุปกรณ์ในตัวส่ง (Sender 2) ทั้งหมดมีกำลังไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 1 วัตต์ ใช้งานเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการเท่ากับ

$$P = 1W \times 24h = 24Wh$$

3.2.2 ขนาดความจุของแบตเตอรี่

ต้องการสำรองพลังงานให้ตัวส่ง (Sender2) สามารถใช้งานได้ 3 วัน (เมื่อพื้นที่ติดตั้งมีแสงน้อยหรือฝนตกบ่อย) สามารถคำนวณหาได้จาก

$$\text{พลังงานสำรอง} = 24wh \times 3 = 72Wh$$

สามารถคำนวณหาขนาดกระแสไฟฟ้าได้จาก

$$I = \frac{P}{V} = \frac{72Wh}{12V} = 6Ah$$

ค่า DOD (Depth of Discharge) ของแบตเตอรี่ 50 % จะได้

$$I_{DOD} = 6 \times 0.5 = 3Ah$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ใช้จากแบตเตอรี่จะเท่ากับ

$$6Ah + 3Ah = 9Ah$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 12Ah จำนวน 1 ก้อน ซึ่งสามารถสำรองพลังงานได้เพียงพอสำหรับการใช้งานต่อเนื่อง 3 วัน

3.2.3 การคำนวณกำลังของแผงโซลาร์เซลล์

โหลดของตัวส่ง (Sender 2) ทั้งหมดจะมีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1 วัตต์ เพื่อค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ 35 % สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเท่ากับ

$$P_{loss} = 24 \times \frac{35}{100} = 8.4 Wh$$

ดังนั้นโหลดที่ใช้รวมกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเท่ากับ

$$P = 24Wh + 8.4 Wh = 32.4 Wh$$

คำนวณหาขนาดแผงโซลาร์เซลล์จากกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อจำนวนชั่วโมงการประจุได้เต็มที่ (มีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 5 ชั่วโมง/วัน) สามารถหาค่าได้ ดังนี้

$$P = \frac{32.4Wh}{5h} = 6.48 W$$

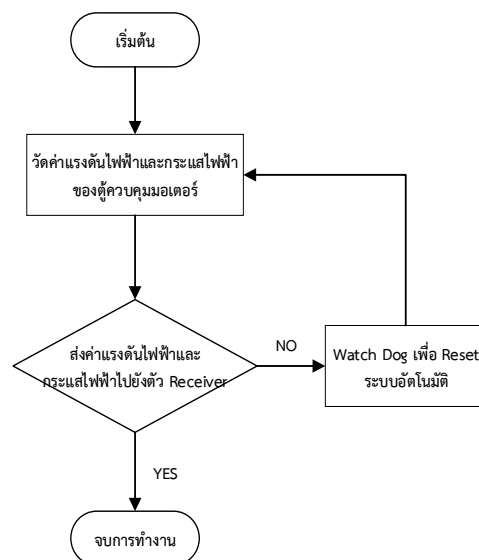
ดังนั้นแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมคือ ขนาด 12V 20W จำนวน 1 แผง ซึ่งเพียงพอในการชาร์จแบตเตอรี่ให้กลับมามีประจุเต็มได้อย่างรวดเร็ว

3.3 ผังการทำงาน

หลักการทำงานของระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำจะมีทั้งหมด 3 ตู้ควบคุม ดังนั้นจึงแบ่งรูปแบบการทำงานออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

3.3.1 ผังการทำงานของตัวส่ง (Sender1)

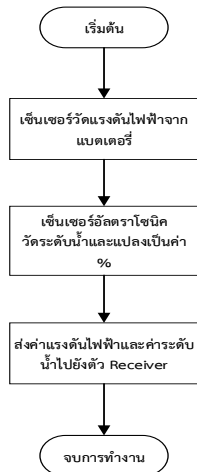
วงจร Sender1 วัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า 3 เฟสจากตู้ควบคุมมอเตอร์ของปั้มน้ำ โดยใช้โมดูล PZEM-004T 3 ตัว และส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย LoRa ไปยัง Receiver ควบคุมด้วยบอร์ด Heltec ESP32 WiFi LoRa OLED V2 ผ่าน Serial (GPIO 17,18) พร้อมระบบ Watchdog Timer สำหรับรีเซ็ตอัตโนมัติเมื่อระบบค้าง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่บำรุงรักษา ยาก แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังการทำงานของตัวส่ง (Sender1)

3.3.2 ผังการทำงานของตัวส่ง (Sender2)

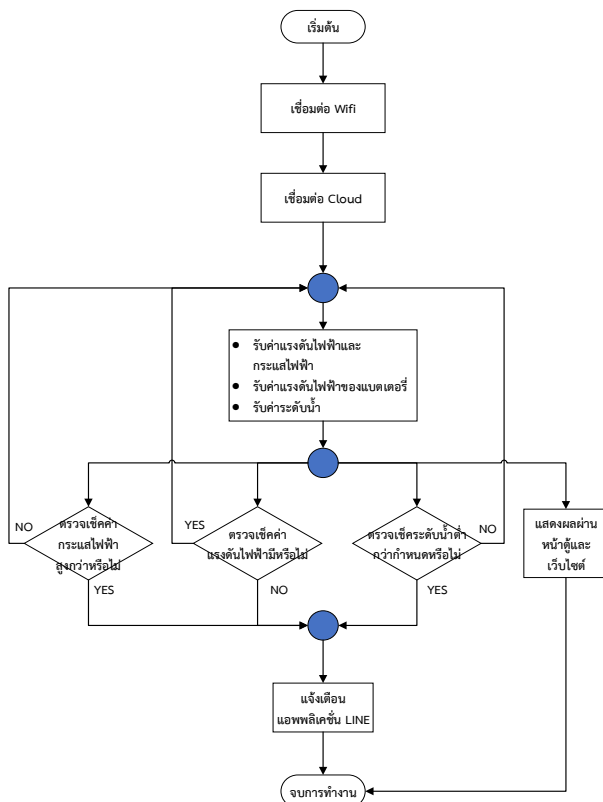
วงจร Sender2 ทำหน้าที่วัดระดับน้ำด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก และตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ จากนั้นส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล LoRa ไปยัง Receiver โดยใช้บอร์ด Heltec ESP32 WiFi LoRa OLED V2 เป็นตัวควบคุมหลัก อุปกรณ์ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12V 36Ah ซึ่งชาร์จด้วยแผงโซลาร์เซลล์ และมีการติดตั้งเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อประเมินสถานะพลังงานของระบบ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผังการทำงานของตัวส่ง (Sender2)

3.3.3 ผังการทำงานของตัวรับ (Receiver)

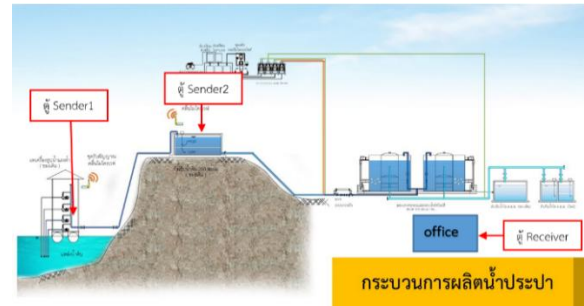
วงจร Receiver ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ Sender1 และ Sender2 ผ่านการสื่อสารด้วย LoRa จากนั้นส่งข้อมูลไปยัง Cloud Server ผ่านเครือข่าย Wi-Fi โดยมีบอร์ด Heltec ESP32 WiFi LoRa OLED V2 เป็นตัวควบคุมหลัก ซึ่งติดตั้งภายในอาคารและใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าภายใน Receiver แสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ได้แก่ แรงดันแบตเตอรี่ ระดับน้ำ กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า ผ่านจอ OLED และสามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟภายในห้องทำงานได้ด้วยรีเลย์ที่ติดตั้งไว้ หากค่าที่ได้รับไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ระบบจะส่งแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่าน Line Application ไปยังผู้ปฏิบัติงาน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผังการทำงานของตัวรับ (Receiver)

3.4 การติดตั้งตัวควบคุมระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา

การติดตั้งตัวควบคุมจะติดตั้งทั้งหมด 3 ตัว โดยประกอบด้วย ตัว Sender 1, ตัว Sender 2 และ ตัว Receiver ซึ่งแต่ละตัวได้รับการออกแบบให้ทำหน้าที่เฉพาะด้าน โดยคำนึงถึงระยะทางของการส่งสัญญาณ LoRa ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและตำแหน่งการติดตั้งของทั้ง 3 ตัว ได้แสดงไว้ในแผนผังระบบ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังแสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวควบคุม เพื่อให้เห็นภาพรวมของการจัดวางและการติดตั้งตัวควบคุมอย่างชัดเจน สามารถสรุปรายละเอียดการติดตั้งตัวควบคุมในแต่ละตำแหน่งได้แสดงดังรูปที่ 7, 8 และ 9

- การติดตั้งตัว Sender1 ที่ปั๊มน้ำ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ติดตั้งตัว Sender1 ที่ปั๊มน้ำ



- การติดตั้งตัว Sender2 ที่ถังเก็บน้ำประปา แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ติดตั้งตัว Sender2 ที่ถังเก็บน้ำประปา



- การติดตั้งตัว Receiver ภายในอาคารสำนักงาน แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ติดตั้งตัว Receiver ภายในอาคารสำนักงาน



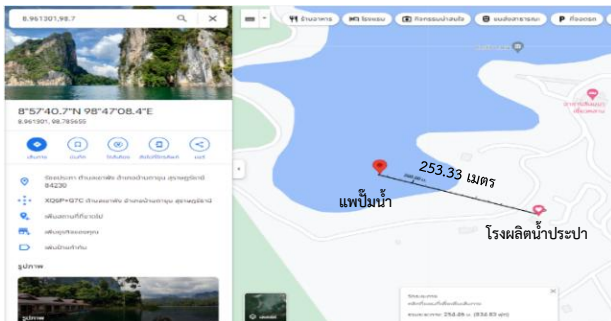
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในการทดสอบประสิทธิภาพการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ส่ง (Sender) และอุปกรณ์รับ (Receiver) ได้มีการกำหนดจุดทดสอบโดยอ้างอิงจากตำแหน่งทางกายภาพ เพื่อประเมินระยะทางและคุณภาพของสัญญาณ LoRa ที่สามารถใช้งานได้จริง โดยมีการทดลองทั้งหมด 4 จุด ดังนี้

4.1 การทดลองส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูล

4.1.1 การทดลองครั้งที่ 1 ระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และแพปัมน้ำ

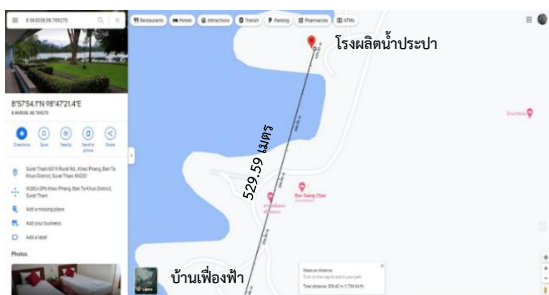
ในการทดลองครั้งที่ 1 ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับเท่ากับ 251.33 เมตร ได้ส่งข้อมูลข้อความทดสอบ ("hello") จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ และพบว่าสัญญาณสามารถรับส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) ที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ -112 dBm ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยังสามารถรับสัญญาณได้ดีในสภาพแวดล้อมจริง แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลระหว่างแพปัมน้ำและโรงผลิตน้ำประปา

4.1.2 การทดลองครั้งที่ 2 ระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านเฟื่องฟ้า

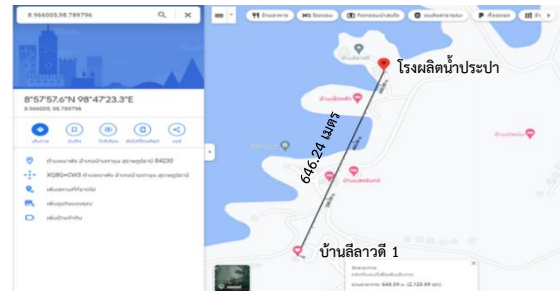
ในการทดลองครั้งที่ 2 ได้ดำเนินการทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับ โดยกำหนดระยะทางระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านเฟื่องฟ้า ซึ่งมีระยะทาง 529.59 เมตร โดยทำการส่งข้อความทดสอบ ("hello") จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับผ่านโปรโตคอล LoRa ผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์สามารถรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) ที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ -117 dBm ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่สามารถรับข้อมูลได้อย่างเสถียรภายใต้สภาพแวดล้อมจริง แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลระหว่างโรงผลิตน้ำประปาและบ้านเฟื่องฟ้า

4.1.3 การทดลองครั้งที่ 3 ระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านลีลาวดี 1

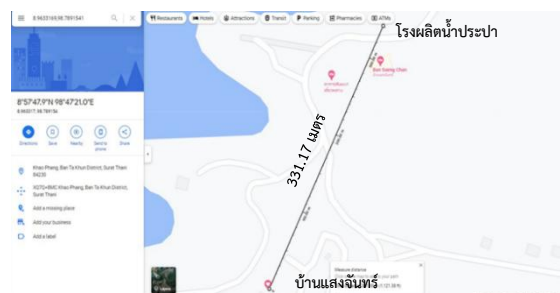
ในการทดลองครั้งที่ 3 ได้ทำการทดสอบการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับ โดยกำหนดระยะทางระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านลีลาวดี 1 ซึ่งมีระยะทาง 646.24 เมตร โดยส่งข้อความทดสอบ ("hello") ผ่านเครือข่าย LoRa เช่นเดียวกับการทดลองก่อนหน้านี้ ผลการทดลองพบว่า ไม่สามารถรับสัญญาณได้ ที่ระยะทางดังกล่าว โดยค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) ที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ -119 dBm ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่อ่อนเกินกว่าขีดจำกัดของการสื่อสารที่มีเสถียรภาพสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้งาน ส่งผลให้การรับข้อมูลไม่สำเร็จในกรณีนี้ แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลระหว่างโรงผลิตน้ำประปาและบ้านลีลาวดี 1

4.1.4 การทดลองครั้งที่ 3 ระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านแสงจันทร์

ในการทดลองครั้งที่ 4 ได้ดำเนินการทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับ โดยกำหนดระยะทางระหว่าง โรงผลิตน้ำประปา และบ้านแสงจันทร์ ซึ่งมีระยะทางรวม 331.17 เมตร ทำการส่งข้อความทดสอบ ("hello") ผ่านโปรโตคอล LoRa จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์สามารถรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) ที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ -114 dBm ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ดีในสภาพแวดล้อมจริง แสดงดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลระหว่างโรงผลิตน้ำประปาและบ้านแสงจันทร์

จากการทดลองทั้ง 4 ครั้ง จะเห็นว่าค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะทางระหว่างอุปกรณ์ส่งและรับเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสูญเสียพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอากาศ (Free Space Path Loss) โดยค่าที่ต่ำกว่า -115 dBm เริ่มแสดงสัญญาณของสัญญาณ LoRa ยังสามารถรับส่งได้ดี แม้ค่า RSSI อยู่ที่ -117 dBm และที่ระยะ > 600 เมตร (การทดลองครั้งที่ 3) : สัญญาณเริ่มสูญหาย และอุปกรณ์ไม่สามารถรับข้อมูลได้ แม้จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขเปิดโล่ง การทดลอง

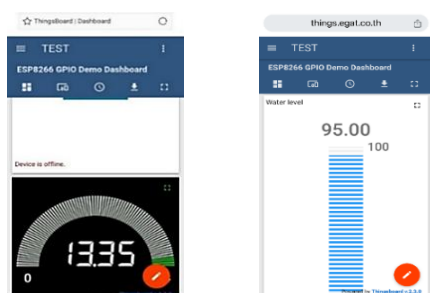
ที่ 4 (ระยะ 331 เมตร, RSSI -114 dBm): ยืนยันว่าระบบยังทำงานได้ดีในระยะสั้นถึงปานกลาง โดยไม่มีปัญหาเรื่องการรับส่งข้อมูล สามารถสรุปผลการทดลองได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองการส่งสัญญาณ LoRa ของอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูล

ลำดับ	ตำแหน่ง	ระยะทาง (เมตร)	ค่า RSSI (dBm)	ผลการรับสัญญาณ
1	โรงผลิตน้ำประปา - แพ้มน้ำ	251.33	-112	รับสัญญาณได้ดี
2	โรงผลิตน้ำประปา - บ้านเพื่องฟ้า	529.59	-117	รับสัญญาณได้ดี
3	โรงผลิตน้ำประปา - บ้านสืลาวดี 1	646.24	-119	ไม่สามารถรับสัญญาณได้
4	โรงผลิตน้ำประปา - บ้านแสงจันทร์	331.17	-114	รับสัญญาณได้ดี

4.2 การทดลองการส่งค่ากระบวนการผลิตน้ำประปาไปยัง ThingsBoard

4.2.1 การทดลองส่งค่าแรงดันแบตเตอรี่และทดลองส่งค่าระดับน้ำ



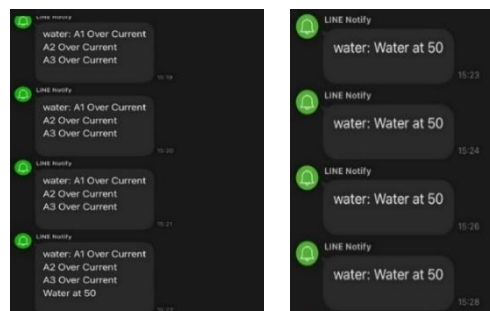
รูปที่ 14 แสดงค่าแบตเตอรี่และค่าระดับน้ำเป็นค่าเปอร์เซ็นต์

4.2.2 การทดลองส่งค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 15 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

4.2.3 การทดลองการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Line เมื่อไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 16 แสดงการแจ้งเตือนผ่าน Line Application

5. สรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าระบบติดตามและแจ้งเตือนระดับน้ำผ่านเทคโนโลยี LoRa สามารถส่งข้อมูลจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำและพลังงานไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำในระยะไกลถึง 529.59 เมตร โดยแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่าน ThingsBoard และแจ้งเตือนผ่าน Line ทำให้เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ห่างไกลเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำประปาอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] จิรวัดน์ แท่นทอง ขำร่า หล่มม้น และวรฤทัย ดวงดี “ระบบแจ้งเตือนฉุกเฉินด้วยเทคโนโลยี LoRa สำหรับลิฟต์โดยสาร กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 29 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2563 หน้า 74-75
- [2] อรรถนพ หมั่นสกุล “การสื่อสารด้วยเทคโนโลยี LoRa ภายในเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ” คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น ตุลาคม 2562 หน้า 2-3
- [3] พงศ์เลิศ สังกะเพศ , ณวรา จันทรศิริ และ บุพผารณ เฉลิมวงศ์ “ระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา” วารสารวิชาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ (JIST) ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2024) ,ก.ค. 2567 - ธ.ค. 2567 หน้า 44
- [4] A Djalilov, E Sobirov, O Nazarov, S Urolov and I Gayipov3 “Study on automatic water level detection process using ultrasonic sensor” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023, pp 3-4
- [5] วิศพล กวนคอนสาร “การพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง” สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์, พฤษภาคม 2565 หน้า 26-27
- [6] IEC 61215: Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval,” International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2005.