

อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอรา

LoRa Signal Survey Device

ชัยวัฒน์ ชื่นชาติ, สุชัยศรี ไลออน, นนท์ เชี่ยวหวาน, ชัยพร ใจแก้ว, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, อนันต์ ผลเพิ่ม และ วิธวิช ตั้งตรงไพโรจน์*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
* ผู้รับผิดชอบบทความ
withawat.t@ku.ac.th

Received: 1 Aug 2022
Revised: 15 Aug 2022
Accepted: 23 Aug 2022

บทคัดย่อ

การหาจุดติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอราจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ ซึ่งการสำรวจสัญญาณลอราโดยปกติอุปกรณ์สำรวจจะมีขนาดใหญ่ รวมถึงต้องเชื่อมต่อกับมือถือหรือคอมพิวเตอร์ ทำให้ในช่วงการติดตั้งจริงอาจเกิดความยากลำบาก บทความนี้จึงนำเสนออุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราขนาดเล็กที่สามารถปรับเปลี่ยนโหมดการทำงานได้สองโหมดคือโหมดผู้ส่งที่จะส่งค่าพิกัดดาวเทียมไปที่อุปกรณ์สำรวจสัญญาณ และโหมดสำรวจที่จะรับค่าพิกัดดาวเทียมมาหาค่าคุณภาพสัญญาณลอรา รวมถึงเก็บข้อมูลการสำรวจเพื่อนำผลมาวิเคราะห์ภายหลังได้ อุปกรณ์มีหน้าจอแสดงผลเพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงค่าคุณภาพสัญญาณและพิกัดดาวเทียม มีโมดูลปุ่มกดเพื่อใช้ควบคุมการทำงานและการแสดงผลของอุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์พบสัญญาณที่มีคุณภาพดีจะมีเสียงจากโมดูลเสียงเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ทราบโดยไม่ต้องมองอุปกรณ์ จากการทดลองอุปกรณ์มีความคลาดเคลื่อนพิกัดดาวเทียมเทียบกับพิกัดดาวเทียมจากโทรศัพท์เท่ากับ 3.2 เมตร และจากการวัดกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ประมาณ 2 วัน

คำสำคัญ: ลอรา จีพีเอส โหมดผู้ส่ง โหมดสำรวจ

Abstract

Finding a suitable location for installing the LoRa node or gateway is quite challenging. The accurate signal quality measurement for LoRa communications is essential. Typically, the signal surveying equipment is quite large and may need to connect with the computer or mobile phone to operate and display the results, which is difficult to carry and work in the field. This paper has developed the LoRa signal survey device with a small form factor. The device can operate in two modes. For the Survey mode, the device keeps monitoring the signal quality and location, which can be analyzed if needed. Meanwhile, the device can act as a transmitting device for the Sender mode that periodically broadcasts the GPS location for testing. To make the survey easy, the device has been designed with a monitoring screen and audio module to show the different levels of the received signal. Testing results show that the device works functionally well and can last for two days, with a GPS location drift of around 3.2 meters.

Keywords: LoRa, GPS, Sender Mode, Survey Mode

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of things: IoT) มาใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในพื้นที่ป่าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตัวอย่างเช่น การถ่ายรูปสัตว์ป่า การเก็บข้อมูลตำแหน่งของสัตว์ป่าเพื่อใช้ในการสังเกตพฤติกรรมของสัตว์ การย้ายที่อยู่อาศัยของสัตว์ การแจ้งเตือนไฟป่าเพื่อแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบถึงไฟป่าที่กำลังเกิดขึ้น การแจ้งเตือนผู้บุกรุกป่าเพื่อให้เจ้าหน้าที่ป่าทราบถึงตำแหน่งและลักษณะของผู้บุกรุก เป็นต้น

เนื่องจากอาณาเขตของป่าส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่ ยกตัวอย่างเช่น อุทยานแห่งชาติแก่งกระจานเป็นอุทยานที่มีพื้นที่ประมาณ 2,914.70 ตารางกิโลเมตร [1] เป็นอุทยานที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีสัญญาณจีเอสเอ็ม (Global System for Mobile Communication: GSM) เพื่อนำมาใช้ในการรับและส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT จึงได้มีการนำเทคโนโลยีการส่งสัญญาณลอร่า (Long Range: LoRa) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลโดยใช้พลังงานที่ต่ำ การใช้พลังงานที่ต่ำของลอร่าทำให้แบตเตอรี่ถูกใช้พลังงานน้อยดังนั้นจึงทำให้แบตเตอรี่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ได้ระยะเวลาที่ยาวนาน เหตุผลที่สำคัญอีกหนึ่งเหตุผลคือการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอร่านั้นสามารถติดตั้งให้มีระยะที่ห่างไกลระหว่างกันได้ ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการใช้ในพื้นที่ป่าที่ในบางพื้นที่ยากต่อการเข้าถึงเพื่อติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ

การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ที่อยู่ในป่าไปสู่ผู้ใช้งานโดยการใช้อุปกรณ์ในการส่งข้อมูลนั้นจะแบ่งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอร่าตามลักษณะการทำงานเป็นสองประเภทดังนี้ 1) ลอร่าโหนด (LoRa Node) จะรับข้อมูลเช่น ข้อมูลภาพสัตว์ ภาพผู้บุกรุก ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น คว้นจากอุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ของลอร่าโหนดแล้วส่งข้อมูลที่ได้รับนั้นไปให้แก่ลอร่าเกตเวย์ 2) ลอร่าเกตเวย์ (LoRa Gateway) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากลอร่าโหนด แล้วจัดส่งข้อมูลที่ได้รับนั้นเข้าสู่อินเทอร์เน็ตไปที่ระบบต่าง ๆ เช่น ระบบฐานข้อมูล ระบบประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลหรือเว็บแอปพลิเคชัน

การติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอร่าในพื้นที่ป่าที่มีต้นไม้หรือภูเขา สิ่งเหล่านี้สามารถบดบังสัญญาณลอร่าได้ ทำให้ข้อมูล

เกิดการสูญหายหรือใช้เวลาในการส่งที่นานขึ้น ดังนั้นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณจึงจำเป็นต้องถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้การส่งข้อมูลนั้นมีคุณภาพที่ดี จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่าขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการสำรวจหาตำแหน่งที่ได้รับสัญญาณลอร่าที่มีคุณภาพสัญญาณเหมาะสมต่อการติดตั้งอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอร่านั้นสามารถส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่าที่ถูกนำมาใช้เดิมนั้นจะต้องเชื่อมต่อผ่านสายกับอุปกรณ์แสดงผลเช่นแล็ปท็อปหรือโทรศัพท์ เพื่อตั้งค่าอุปกรณ์ตรวจสอบสัญญาณและแสดงผลคุณภาพสัญญาณที่ตรวจสอบ ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความไม่สะดวกและเกิดความยากลำบากต่อการใช้งานเนื่องจากการวัดสัญญาณในพื้นที่ต่ำอาจจะมีต้นไม้หนาแน่นนั้น จะทำให้เกิดการบดบังแนวของสัญญาณลอร่าทำให้ได้สัญญาณที่มีประสิทธิภาพน้อยหรือไม่ปรากฏสัญญาณเลย ดังนั้นจึงต้องนำอุปกรณ์ไปสำรวจสัญญาณบนตำแหน่งที่สูงขึ้นเพื่อไม่ให้สัญญาณถูกบดบังจากสิ่งอื่น ทำให้การใช้อุปกรณ์สำรวจรูปแบบเดิมในการวัดบนที่สูงเกิดความไม่สะดวกและเสี่ยงต่ออันตรายได้เพราะต้องควบคุมอุปกรณ์พร้อมสังเกตสัญญาณผ่านการเชื่อมสายกับอุปกรณ์แสดงผลทำให้เกิดอุปสรรคในการทำงานและอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้สำรวจสัญญาณลอร่าได้

จากเหตุผลดังกล่าวได้มีการพัฒนาชุดอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่าแบบพกพา [2] ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานั้นโดยการทำให้อุปกรณ์ใช้การเชื่อมต่อไวไฟกับอุปกรณ์อื่นเช่นโทรศัพท์ เพื่อใช้ควบคุมและแสดงผลคุณภาพสัญญาณและเพื่อดึงข้อมูลไปใช้ต่อหรือลบข้อมูลออกจากอุปกรณ์ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวก แต่จะมีข้อจำกัดบางอย่างในเรื่องของการที่จะต้องใช้อุปกรณ์อื่นเช่นโทรศัพท์ ในการตั้งค่าคุณภาพสัญญาณและควบคุมการเปลี่ยนสัญญาณที่จะสำรวจ และข้อจำกัดอีกเหตุผลคือระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้ประมาณ 12 ชั่วโมง

โครงการนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาให้อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่านั้นสามารถใช้งานได้ง่าย ในกรณีที่ไม่มีลอร่าโหนดเพื่อใช้ส่งสัญญาณก็สามารถใช้อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่าอีกหนึ่งตัวแทนได้โดยได้พัฒนาให้อุปกรณ์มีโหมดการทำงานสองโหมดคือ 1) Sender Mode คือการจำลองเป็นตัวส่งข้อมูล

หรือลอราโหนดและ 2) Survey Mode คือ โหมดสำรวจสัญญาณ ลอรา และพัฒนาให้อุปกรณ์มีหน้าจอที่จะแสดงผลคุณภาพ สัญญาณและพิกัด GPS บนตัวอุปกรณ์ผ่านหน้าจอแสดงผล มีเสียงที่แจ้งคุณภาพสัญญาณโดยจะมีเสียงดังในกรณีที่คุณภาพ ของสัญญาณเหมาะสมทำให้ผู้สำรวจไม่จำเป็นต้องมองตัวอุปกรณ์ สสำรวจสัญญาณ ผู้ใช้งานสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้สะดวกที่บน อุปกรณ์ได้โดยตรงโดยใช้ปุ่มกดเพื่อเข้าสู่โหมดการทำงานหรือปิด เสียงแจ้งคุณภาพสัญญาณ อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ทันต่อการ ชาร์จแบตเตอรี่แต่ละครั้ง อุปกรณ์มีขนาดที่สามารถพกพาและติด ตัวได้สะดวก พัฒนาให้ผู้ติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอรา นั้น สามารถนำข้อมูลการสำรวจไปใช้ได้ทันที ทำให้การแสดงผลบน หน้าจอให้เข้าใจง่ายและเหมาะแก่การใช้งานโดยเจ้าหน้าที่และทำให้ ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกและปลอดภัยจากพื้นที่เสี่ยง

2. ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ลอราเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการส่งสัญญาณที่ใช้ในเครือข่าย สื่อสารแบบกว้างที่ใช้พลังงานที่ต่ำ (Low-Power Wide Area Network: LPWAN) และเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมในงาน ด้าน IoT โดยลอราใช้เทคนิค Proprietary Spread Spectrum technology ซึ่งถูกพัฒนาโดย Semtech Corporation โดยการ ส่งสัญญาณสามารถปรับค่าอัตราบิต (bit rate) ที่ใช้ในการส่งโดย จะขึ้นอยู่กับค่า Spreading Factor (SF) ในช่วง 7 – 12 โดยค่า SF ที่สูงจะทำให้การส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลแต่อัตราการส่ง ข้อมูลต่ำ [3]

RSSI (Received Signal Strength Indicator) คือดัชนีที่ ใช้วัดความดังหรือการได้ยินคลื่นสัญญาณของตัวรับสัญญาณ (Receiver) ซึ่งมีหน่วยเป็น dBm ซึ่งในบางกรณีที่มีการรบกวน สัญญาณการใช้ RSSI มาใช้เพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถวัด คุณภาพสัญญาณที่มีประสิทธิภาพที่ดีได้ ดังนั้นจึงมีดัชนี SNR (Signal-to-Noise Ratio) ที่เป็นค่าความต่างระหว่าง RSSI และ Noise ค่า SNR ที่สูงก็จะหมายถึงคุณภาพสัญญาณที่มีคุณภาพมี Noise น้อย ในทางกลับกันค่า SNR ที่น้อยก็จะหมายถึงคุณภาพ สัญญาณที่ต่ำเพราะมี Noise มาก [4]

จีพีเอส (Global Position System) ระบบระบุตำแหน่ง และเวลาที่ในปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายโดยใช้ระบบ วงโคจรดาวเทียมในระยากลาง (MEO satellite system) ทำให้ ครอบคลุมทั้งบริเวณภาคพื้นดินและภาคพื้นน้ำมีการใช้ดาวเทียม ทั้งหมด 31 ดวงโดยมีดาวเทียมที่ให้การบริการ 24 ดวง ที่เหลือ อีก 7 ดวงจะถูกใช้ในกรณีที่ดาวเทียมที่ทำงานอยู่ผิดปกติ หรือไม่สามารถใช้งานได้ โดยแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจร โดยระบบที่ ใช้ในการหาตำแหน่ง GPS บนพื้นโลก มีทั้งหมด 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) Space segment ประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง บินในระดับ MEO ที่อยู่ในระยะทาง 20,200 กิโลเมตร 2) Control segment คือส่วนหน่วยงานที่ใช้ในการควบคุม ดาวเทียม 24 ดวงให้ทำงานอยู่ได้ 3) User segment เป็นส่วน อุปกรณ์ฝั่งตัวรับ (receiver equipment) โดยจะรับข้อมูลจาก ดาวเทียมแล้วนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมนั้นมาคำนวณหา ตำแหน่งและเวลาที่ตำแหน่งของตัวรับ [5]

2.2 งานที่เกี่ยวข้อง

ชุดอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราแบบพกพา [6] เป็นโครงการที่ได้ พัฒนาให้อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราให้มีขนาดเล็กและสามารถ ควบคุมและตรวจสอบสัญญาณลอราได้แบบไร้สายผ่านไวไฟ โดย ใช้อุปกรณ์แสดงผลเช่นโทรศัพท์และเข้าใช้งานผ่านหน้าเว็บไซต์ เพื่อปรับตั้งค่าการรับสัญญาณลอราและแสดงผลคุณภาพ สัญญาณ RSSI และ SNR พร้อมกับพิกัด GPS ผ่านอุปกรณ์ แสดงผลและมีการเก็บข้อมูลการสำรวจในตัวอุปกรณ์และทำให้ สามารถดึงข้อมูลการสำรวจจากอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราเพื่อ นำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ จากลักษณะการใช้งานที่กล่าวมาทำให้ การสำรวจจะต้องมีการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมเช่น โทรศัพท์ ส่งผลให้เมื่อผู้สำรวจที่จะต้องป้อนขึ้นไปบนที่สูงเพื่อหาจุดติดตั้ง อาจทำให้เกิดอันตรายได้ และจากการทดลองระยะเวลาการใช้งาน อุปกรณ์สามารถใช้งานได้เพียง 12 ชั่วโมง ซึ่งอาจทำให้การ สสำรวจต้องหยุดพักเพื่อเปลี่ยนแบตเตอรี่ ในงานวิจัยนี้จึงทำการ พัฒนาให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้บนอุปกรณ์และมีเสียงแจ้ง เตือนเพื่อให้ผู้สำรวจสามารถสำรวจได้ปลอดภัยมากขึ้น และได้ พัฒนาให้อุปกรณ์มีระยะเวลาการใช้งานมากขึ้นโดยการเพิ่ม แบตเตอรี่

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์สำรวจสัญญาณมากมายรวมทั้ง อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราเช่น FTD: network tester [7] อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราที่สามารถใช้ได้เฉพาะแค่ในระบบ LoRaWAN โดยแสดงผลคุณภาพสัญญาณสองค่า คือ 1) Up-Link คือคุณภาพสัญญาณที่ส่งไปหาสถานีเกตเวย์โดยจะแสดงค่า SNR ที่ส่งไปและส่งกลับมาให้อุปกรณ์สำรวจสัญญาณ 2) Down-Link คือ คุณภาพสัญญาณที่ได้รับจากเกตเวย์โดยจะแสดงผลทั้งค่า RSSI และ SNR โดยการตั้งค่าการใช้งานจะต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อตั้งค่าการรับส่งสัญญาณ และจะต้องมีอุปกรณ์ที่เป็นเกตเวย์ที่ใช้งานระบบ LoRaWAN และทำการตั้งค่าการสำรวจ ซึ่งต่างจากงานวิจัยที่อุปกรณ์สามารถตั้งค่าสัญญาณได้บนอุปกรณ์และอุปกรณ์ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ระบบ LoRaWAN ในการใช้งาน

ได้มีการทดลองวัดผลคุณภาพสัญญาณลอราในพื้นที่ต่าง ๆ [8] โดยการทดลองจะใช้การส่งสัญญาณจากอุปกรณ์สำรวจไปให้เกตเวย์ในระยะต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ดังนี้ 1.พื้นที่โล่ง 2.พื้นที่ป่า 3.เมือง ได้ผลการทดลองโดยเรียงลำดับคุณภาพสัญญาณมากไปน้อยดังนี้ พื้นที่โล่ง พื้นที่ป่าและเมือง และได้มีการทดลองอีกหนึ่งปัจจัยคือระดับความสูงของเกตเวย์ได้ผลการทดลองว่าเมื่อเกตเวย์อยู่สูงขึ้นค่าคุณภาพสัญญาณก็จะมากขึ้น โดยอุปกรณ์ในการสำรวจนี้ผู้ใช้ไม่สามารถรู้ค่าคุณภาพสัญญาณหรือปรับค่าสัญญาณระหว่างการสำรวจได้ ต้องทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อเข้าไปดูผลคุณภาพสัญญาณ

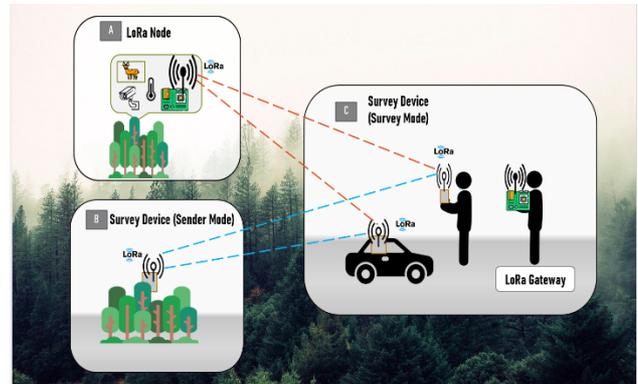
จากงานวิจัยและอุปกรณ์ที่กล่าวมาจะเห็นว่าจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์เกตเวย์ในการรับสัญญาณหรือสถานีในการส่งสัญญาณอย่างใดอย่างหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาให้อุปกรณ์สามารถเป็นได้ทั้งผู้ส่งและผู้รับ ทำให้ไม่จำเป็นต้องนำอุปกรณ์เกตเวย์หรือโหนดของจริงมาทำการติดตั้งในช่วงของการสำรวจสัญญาณ

3. รายละเอียดการพัฒนา

อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราที่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจสัญญาณแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ลอราโหนด (A), อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมดผู้ส่ง (B) และ อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมดสำรวจ (C) แสดงดังรูปที่ 1

3.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 1 โดยในแต่ละส่วนมีการทำงานดังนี้



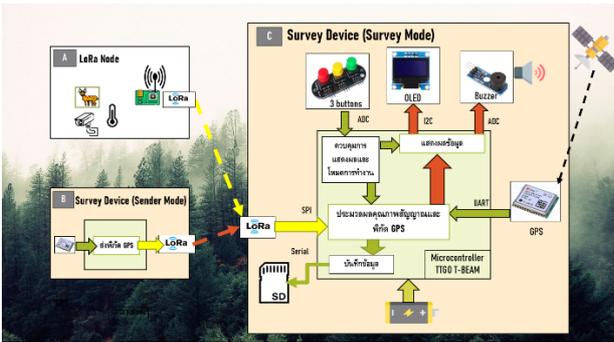
รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

- ลอราโหนด (A) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ในป่าและส่งให้แก่สถานีเกตเวย์ ในกรณีที่กำลังหาจุดติดตั้งสถานีเกตเวย์ก็จะใช้ส่งสัญญาณไปที่ส่วน (C) โดยอุปกรณ์จะถูกติดตั้งอยู่กับที่ในตำแหน่งที่ผู้ใช้งานสนใจ
- อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมดผู้ส่ง (B) อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราที่จะส่งสัญญาณลอราไปที่ส่วน (C) เพื่อใช้กรณีที่ยังไม่มีอุปกรณ์ลอราโหนดหรือใช้เพื่อเพิ่มตำแหน่งการส่งสัญญาณโดยอุปกรณ์จะถูกติดตั้งอยู่กับที่ในตำแหน่งที่ต้องการเช่นเดียวกับส่วนที่ 1
- อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมดสำรวจ (C) เป็นอุปกรณ์ที่ผู้สำรวจพกพาติดตัวและเดินทางสำรวจหาตำแหน่งติดตั้งสถานีเกตเวย์โดยอุปกรณ์จะรับสัญญาณลอราจากส่วน (A) และส่วน (B) แล้วนำสัญญาณลอราที่ได้จากทั้งสองส่วนมาแสดงผลคุณภาพสัญญาณ RSSI และ SNR เพื่อใช้ประเมินคุณภาพสัญญาณเพื่อใช้สำรวจหาตำแหน่งและความสูงที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งสถานีเกตเวย์

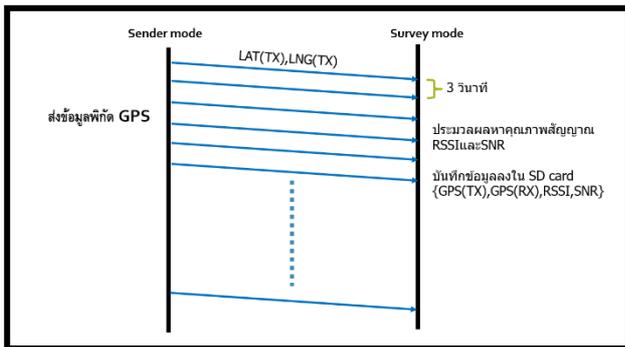
3.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ

อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราที่มีโครงสร้างระบบดังรูปที่ 2 โดยมีส่วน (A) ลอราโหนด และ ส่วน (B) อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมดผู้ส่งทั้งสองส่วนจะถูกติดตั้งอยู่กับที่ในจุดที่ผู้สำรวจสนใจโดยทั้งสองส่วนนั้นจะรับสัญญาณ GPS และส่งข้อมูลพิกัด GPS ผ่าน

สัญญาณลoraไปที่ส่วน (C) อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมตสำรวจ โดยมีโพรโทคอล การสื่อสารที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 3 อุปกรณ์ส่วน (A) และ (B) จะส่งข้อมูลพิกัด GPS ของอุปกรณ์ในอัตราส่ง 1 ครั้งต่อ 3 วินาที



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบ



รูปที่ 3 โพรโทคอลการสื่อสารที่ใช้ระหว่างอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งอยู่กับที่และอุปกรณ์ที่ใช้สำรวจ

ส่วน (C) อุปกรณ์สำรวจสัญญาณโหมตสำรวจที่ไม่มีไมโครคอนโทรลเลอร์คือ TTGO T-BEAM ซึ่งมีลoraและจีพีเอสอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่ออุปกรณ์ได้รับข้อมูลจาก ส่วน (A) หรือ ส่วน (B) จะนำสัญญาณที่ได้นั้นมาหาค่า RSSI และ SNR และนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าจอ OLED บนตัวอุปกรณ์และเมื่อสัญญาณมีคุณภาพเหมาะสมก็จะทำให้โมดูลเสียงมีเสียงดังเพื่อแจ้งให้แก่ผู้ใช้งานด้วย ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องป็นขั้นที่สูงจึงไม่จำเป็นต้องหยิบอุปกรณ์ขึ้นมาดูค่าคุณภาพสัญญาณตลอดเวลา โดยระดับคุณภาพสัญญาณจะแบ่งตามเกณฑ์ [8] ดังนี้ 1) ระดับดีคือ ค่า RSSI > -115 และ SNR > -7, 2) ระดับพอใช้คือ RSSI > -115 และ SNR > -13 และระดับสุดท้าย 3) ระดับแย่คือ RSSI

<= -120 หรือ SNR < -13 จากเกณฑ์ที่กล่าวมาเมื่ออุปกรณ์ประเมินสัญญาณแล้วจะแสดงระดับคุณภาพสัญญาณบนหน้าจอ OLED และจะมีเสียงที่โมดูลเสียงเมื่อระดับสัญญาณที่ได้ไม่ใช่ระดับแย่โดยการแสดงผลจะใช้ข้อมูลที่ได้อีกครั้งขึ้นไปมาวิเคราะห์เพื่อดูค่า RSSI และ SNR ที่มีความคงที่ ข้อมูลคุณภาพสัญญาณทั้งหมดจะถูกเก็บลงใน SD card โดยมีข้อมูลที่เก็บแต่ละครั้งประกอบด้วย พิกัด GPS ของผู้ส่ง, พิกัด GPS ของผู้รับ, RSSI, SNR, ความถี่, ขนาดช่องสัญญาณ, SF, coding rate และ output power โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานได้โดยใช้โมดูลปุ่มกดสามปุ่ม

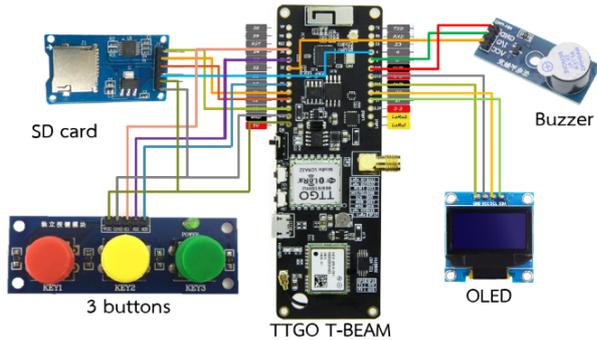
3.3 การใช้งาน

เริ่มต้นการใช้งานอุปกรณ์ทุกครั้งจะมีเมนูแรกให้เลือกกระหว่างโหมตผู้ส่งหรือโหมตสำรวจโดยทั้งสองโหมตจะมีขั้นตอนการกดใช้งานเพื่อเลือกการตั้งค่าต่าง ๆ เหมือนกัน เมื่อเริ่มเลือกโหมตใดโหมตหนึ่งจะมีหน้าจอแสดงผลให้เลือกว่าจะใช้ค่าเริ่มต้นพื้นฐานหรือต้องการตั้งค่าด้วยตนเองถ้าเลือกค่าเริ่มต้นพื้นฐานจะเข้าสู่โหมตการทำงานที่เลือกทันที แต่ถ้าเลือกตั้งค่าด้วยตนเองจะมีค่าให้ปรับเปลี่ยนดังนี้ ความถี่, ขนาดช่องสัญญาณ, SF, coding rate และ output power โดยการปรับเปลี่ยนค่าจะใช้การกดปุ่มหนึ่งและสองเพื่อเพิ่มหรือลดและเมื่อยืนยันค่าแล้วจึงกดปุ่มที่สามสี่เพื่อจบการตั้งค่าเพื่อเข้าสู่โหมตการทำงานที่เลือกในเมนูแรก อุปกรณ์มีการตั้งค่าพื้นฐานดังนี้ ความถี่ = 433 MHz, ขนาดช่องสัญญาณ 145 kHz, SF = 9, coding rate = 4/7 และ output power = 12 dBm เมื่อเข้าสู่โหมตการทำงานในโหมตผู้ส่งจะแสดงข้อมูลพิกัด GPS ที่จัดส่งออกไป ในโหมตสำรวจจะแสดงผล พิกัด GPS ที่ได้รับจากผู้ส่ง, ค่า RSSI, ค่า SNR และระดับคุณภาพสัญญาณจากเกณฑ์ที่ใช้ โดยทั้งสองโหมตการทำงานเมื่อกดปุ่มหนึ่งสี่แดงหรือสองสี่เหลืองก็จะเปลี่ยนสลับกับการแสดงผลพิกัด GPS ของตัวอุปกรณ์สำรวจ ถ้าผู้ใช้งานอยากเริ่มการทำงานของอุปกรณ์ใหม่ก็กดปุ่มที่สามสี่เขียว ถ้าต้องการปิดเสียงก็ทำการกดปุ่มที่สองสี่เหลืองค้าง

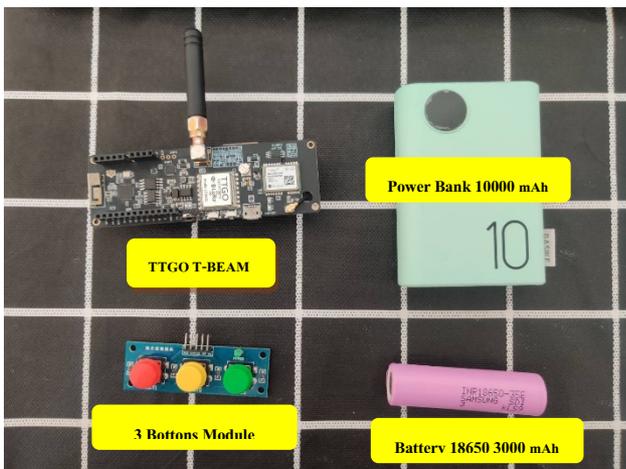
3.4 อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลora

อุปกรณ์มีแผนผังการเชื่อมต่อดังรูปที่ 4 มีส่วนประกอบของอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลoraแสดงดังรูปที่ 5 และ 6 ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ TTGO T-BEAM (LoRa SX1276), พาวเวอร์แบงก์

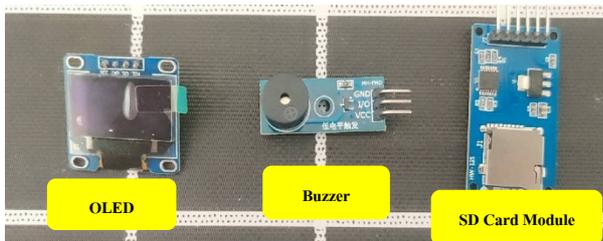
ความจุ 10,000 mAh, โมดูลปุ่มกดสามปุ่ม, แบตเตอรี่ 18650 ความจุ 3,000 mAh, จอ OLED ขนาด 0.96 นิ้ว 128x64 พิกเซล, โมดูลเสียง และโมดูล SD card นำทั้งหมดมาประกอบลงกล่องพลาสติกขนาด 16x10x5 ซม. ดังรูปที่ 7



รูปที่ 4 แผนผังการเชื่อมต่อของอุปกรณ์



รูปที่ 5 อุปกรณ์ส่วนที่หนึ่ง



รูปที่ 6 อุปกรณ์ส่วนที่สอง



รูปที่ 7 อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่า

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ความแม่นยำในการรับค่าพิกัด GPS จากดาวเทียม

ทดสอบโดยการเปรียบเทียบพิกัดดาวเทียมจากอุปกรณ์โทรศัพท์ และพิกัดดาวเทียมจากอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่า ณ ตำแหน่งเดียวกัน นำพิกัดทั้งสองมาหาระยะห่างระหว่างพิกัด คำนวณโดยใช้สูตร Haversine [9] ดังนี้

$$d = 2r \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\psi_2 - \psi_1}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

โดยมีค่าในสูตรดังนี้ d คือระยะห่างระหว่างพิกัดสองจุดที่มีลองจิจูดและละติจูด (ψ , ϕ) และ r คือรัศมีของโลกซึ่งเท่ากับ 6,371 กิโลเมตร โดยการทดสอบแต่ละตำแหน่งจะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วนำระยะห่างจากแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 1 ความแม่นยำในการรับค่าพิกัดจากดาวเทียม

การทดลอง	พิกัดจากโทรศัพท์	พิกัดจากอุปกรณ์	ระยะห่างระหว่างพิกัด (m)
1	100.5682,13.8460	100.5682,13.8462	4.049
2	100.5679,13.8461	100.5679,13.8460	2.039
3	100.5678,13.8458	100.5681,13.8457	3.342
4	100.5681,13.8457	100.5677,13.8455	4.466
5	100.5681,13.8459	100.5681,13.8458	2.039
		เฉลี่ย	3.187

จากการทดลองเพื่อหาค่าความแม่นยำในการรับค่าพิกัดดาวเทียมได้ระยะห่างระหว่างพิกัดจากการทดลอง 5 ครั้ง ดังนี้ 4.049, 2.039, 3.342, 4.466 และ 2.039 เมตร โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.187 เมตร ดังตารางที่ 1

4.2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโหมดการทำงานต่าง ๆ

ทดสอบโดยการจ่ายไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้วยแรงดัน 5 โวลต์และต่อกับอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า ทำการวัดซ้ำ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโหมดการทำงานต่าง ๆ

โหมดการทำงาน	กระแสไฟฟ้า (A)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ผู้ส่ง (Sender Mode)	0.198	0.208	0.198	0.178	0.208	0.198
สำรวจ (Survey Mode)	0.218	0.228	0.238	0.248	0.230	0.232

จากผลการทดสอบ ในโหมดสำรวจจะใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.232 แอมแปร์ มากกว่าโหมดผู้ส่งที่มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.198 แอมแปร์ ดังนั้นจึงนำค่าเฉลี่ยของโหมดสำรวจมาคำนวณหาระยะเวลาการทำงานมากที่สุดสำหรับอุปกรณ์โดยอุปกรณ์มีแบตเตอรี่รวมพาวเวอร์แบงก์มีความจุรวม 13,000 mAh ดังนั้นจากสูตรดังนี้

$$A \cdot h \cdot 1000 = (\text{mAh}) \tag{2}$$

จากการคำนวณโดยสูตรข้างต้นอุปกรณ์สามารถใช้งานได้นานประมาณ 56 ชั่วโมง หรือประมาณ 2 วัน

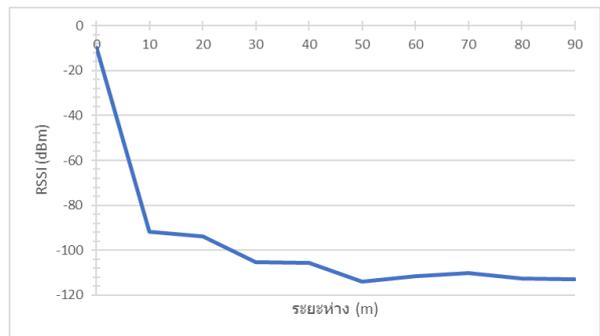
4.3 ทดสอบการวัดค่าคุณภาพสัญญาณ

ทดสอบความสามารถในการวัดค่า RSSI และ SNR โดยทำการทดสอบภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน บนถนนหน้าสวนวรุณาวินเป็นระยะทาง 90 เมตร โดยทำการวัดค่าคุณภาพสัญญาณทุก ๆ 10 เมตร จากจุดติดตั้งอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอร่าโหมดผู้ส่งที่ตำแหน่งปักหมุดดังรูปที่ 8

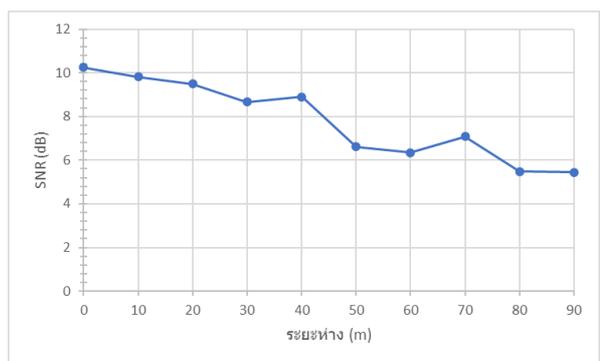


รูปที่ 8 สถานที่ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์

ตัวแปรการตั้งค่าสัญญาณดังนี้ 1) ความถี่ = 433 MHz , 2) ขนาดช่องสัญญาณ 125 kHz, 3) SF = 9, 4) coding rate = 4/7 และ 5) output power = 17 dBm จากการทดสอบอุปกรณ์เมื่อระยะห่างเพิ่มมากขึ้นค่า RSSI และ SNR จะมีค่าลดลง ดังค่าที่ได้จากการทดสอบในรูปที่ 9 และ 10 ดังนั้นอุปกรณ์สามารถใช้เพื่อหาตำแหน่งที่สามารถรับสัญญาณที่มีคุณภาพได้ ทั้งนี้ค่าที่ได้มีค่าน้อยเนื่องจากเป็นพื้นที่ในเมืองและไม่ใช่ที่โล่งหรือทำการวัดค่าอุปกรณ์บนที่สูง เนื่องจากการวิจัยนี้ยังเป็นส่วนของการวิจัยอุปกรณ์สำรวจจึงยังไม่มีกรจัดทำอุปกรณ์เพื่อนำไปติดตั้งในป่าและทำการทดสอบในสถานที่จริง



รูปที่ 9 ค่า RSSI เมื่อเทียบกับระยะห่าง



รูปที่ 10 ค่า SNR เมื่อเทียบกับระยะห่าง

5. สรุป

อุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราเพื่อใช้หาคุณภาพสัญญาณก่อนทำการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณลอรา จากการทดสอบได้พบว่าอุปกรณ์สำรวจสัญญาณมีค่าความคลาดเคลื่อนพิกัดดาวเทียมเทียบกับพิกัดดาวเทียมจากโทรศัพท์ประมาณ 3.2 เมตร อุปกรณ์มีการใช้กระแสไฟฟ้าในโหมดผู้ส่งเฉลี่ย 0.198 แอมแปร์ และในโหมดสำรวจมีค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.232 แอมแปร์ ซึ่งเมื่อนำกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดในโหมดสำรวจมาคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์สามารถทำงานโดยมีความจุแบตเตอรี่รวม 13000 mAh ได้ประมาณ 2 วัน จากการทดลองการใช้งานวัดค่าคุณภาพสัญญาณอุปกรณ์สามารถใช้วัดค่าคุณภาพสัญญาณได้จริง ซึ่งพัฒนาจากชุดอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราแบบพกพาให้มีระยะเวลาการใช้งานที่นานขึ้นมากกว่าเดิม และรูปแบบการใช้งานเปลี่ยนจากความสะดวกจากการใช้มือถือเป็นความสะดวกจากการใช้งานอุปกรณ์เพียงอันเดียวแทน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] "อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน", nps.dnp.go.th. [Online]. Available: <https://nps.dnp.go.th/parksdetail.php?id=130>
 [2] Kritsada Arjchariyaphat, "LoRa, LoRaWAN คืออะไร มารู้จักกันดีกว่า," medium.com, July.2018. [Online]. Available: <https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า-98d2055a4ca>.

[3] Ed Chuchaisri, "รู้จัก Signal Strength & SNR," onehospitality.co.th, April.2020. [Online]. Available: <https://www.onehospitality.co.th/signal-strength-noise-snr/>.

[4] "GPS Overview", Gps.gov. [Online]. Available: <https://www.gps.gov/systems/gps/>.

[5] ชัญญา รื่นพิทักษ์, "ชุดอุปกรณ์สำรวจสัญญาณลอราแบบพกพา (Handheld LoRa sniffing & survey kits)," [Online]. Available: <https://ecourse.cpe.ku.ac.th/projar/project/details/1433/>.

[6] "FTD: network tester," [Online]. Available: <https://www.adeunis.com/en/produit/ftd-network-tester/>.

[7] R. Franksson and A. Liljegren, "Measuring a LoRa Network Performance, Possibilities and Limitations," [Online]. Available: <https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:1219450/fulltext01.pdf>

[8] "Understand how RSSI and SNR are considered as good radio level", [Online]. Available: <https://sensing-labs.com/f-a-q/a-good-radio-level/>

[9] Haversine formula, [Online]. Available: <http://wordpress.mrreid.org/2011/12/20/haversine-formula/>