

การพัฒนาเครื่องเตือนภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวเพื่อให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

The Development Earthquake Warning Equipment Controlled by Embedded System for Standard

สิปราง เจริญผล^{1*} รัชณี ลือดารา² นวลนภา จุลสิทธิ³ และธเนศ คณະดี⁴

^{1,2} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

³ สำนักนวัตกรรมและบริการสังคม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

⁴ ศูนย์ความเชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Siprang Charoenpol^{1*} Rachanee Luedara² Noulapha Julasitti³ and Thanat kanadee⁴

^{1,2} Faculty of Industrial Technology Chiangrai Rajabhat University

³ Innovation and Social Service Office Chiangrai Rajabhat University

⁴ Center for Microwave and Robotic Technology Chiangrai Rajabhat University

*E-mail: siprang15@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการสร้างเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวและส่งข้อมูลการแจ้งเตือนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลด้วยเทคโนโลยี LORA โดยเครื่องมือนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์ที่ทำการวัดมุมเอียง เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรไมโครคอมพิวเตอร์แบบสมองกลฝังตัว สำหรับการคำนวณจะใช้เทคนิคการประมาณค่าที่เปลี่ยนแปลงของมุมโดยใช้สมการถดถอย จะสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ดังนั้นเมื่อทดสอบจะทดสอบความแรงของแผ่นดินไหวจำนวน 6 ค่า คือ 1 ริกเตอร์ 2 ริกเตอร์ 3 ริกเตอร์ 4 ริกเตอร์ 5 ริกเตอร์ และ 6 ริกเตอร์ ตามลำดับ จากการทดลองสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามและมีระยะทางไกลจากการแจ้งเตือนในระยะ 2 กิโลเมตร จากตัวเซนเซอร์และสามารถแสดงการแจ้งเตือนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะทางไกล ผลจากการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวที่คณะผู้วิจัยนำเสนอมีความถูกต้องอยู่ที่ระดับที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จากความแม่นยำ

คำสำคัญ: แผ่นดินไหว, ระบบสมองกลแบบฝังตัว, เซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือน

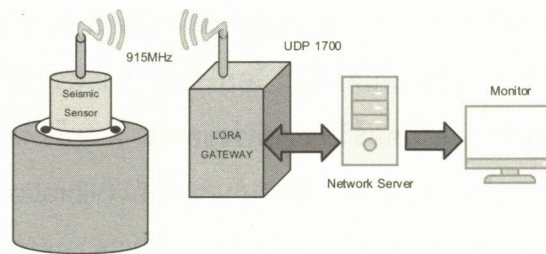
Abstract

The research focuses on the development of the earthquake detection controlled by the embedded system and the data transmission warning through the remote internet system with LORA technology. The tools consist of the tilt sensor, the vibration sensor, the microcontroller circuit and the embedded microcomputer circuit. For the calculation, an estimation technique of changing the angle is applied using the regression equation. It can be described that when the magnitude of the earthquake increases, the changed angle of the angle sensor will increase as well. Therefore, the test has determined the strength of the earthquake in 6 levels by the Richter Magnitude Scale; 1 Richter, 2 Richter, 3 Richter, 4 Richter, 5 Richter, and 6 Richter respectively. The experimental results show that the tools can be alerted in the distance of 2 kilometers from the sensor. Moreover, it can display the notifications via the remote internet system for long distance. The results provide about 80 percent accuracy.

Keywords: Earthquake, Embedded System, Seismic-Isolated.

1. บทนำ

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์มีขนาดมากกว่า 9 ริคเตอร์เล็กน้อย แม้จะไม่มีขีดจำกัดว่าขนาดจะมีได้ถึงเท่าใด จากแผ่นดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายเมื่อปี พ.ศ. 2557 มีความรุนแรงขนาด 6.0 ริคเตอร์ จากการสำรวจข้อมูลของชุมชนพบว่า แผ่นดินไหวครั้งที่ผ่านมาสร้างความเสียหายให้กับที่อยู่อาศัยในพื้นที่เกิดเหตุเป็นจำนวนมาก รวมถึงสร้างความตื่นตัวและวิตกกังวลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นอีกในอนาคต ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนวัดโดยมาตราเมอร์กัลลีที่ถูกดัดแปลง หากตัวแปรอื่นคงที่ แผ่นดินไหวที่อยู่ตื้นกว่าจะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างมากกว่าแผ่นดินไหวที่อยู่ลึกกว่าในการแจ้งเตือนภัยที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวนั้นส่วนใหญ่จะสามารถแจ้งเตือนในระยะเวลาน้อยใกล้เคียงกับการเกิด และปัญหาจากการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงเวลากลางคืนจะยิ่งทำให้เกิดความเสียหายกับมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาพักผ่อนและอาจทำให้เกิดการสูญเสียจากการที่ไม่สามารถหนีหรือหลบภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว ดังนั้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวระบบการแจ้งเตือนแผ่นดินไหวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัว เพื่อที่จะสามารถแจ้งเตือนการเกิดแผ่นดินไหวในเวลากลางวันและเวลากลางคืนได้สามารถแจ้งเตือนให้ผู้ประสบภัยทำการหนีออกจากอาคารและหลบภัยได้



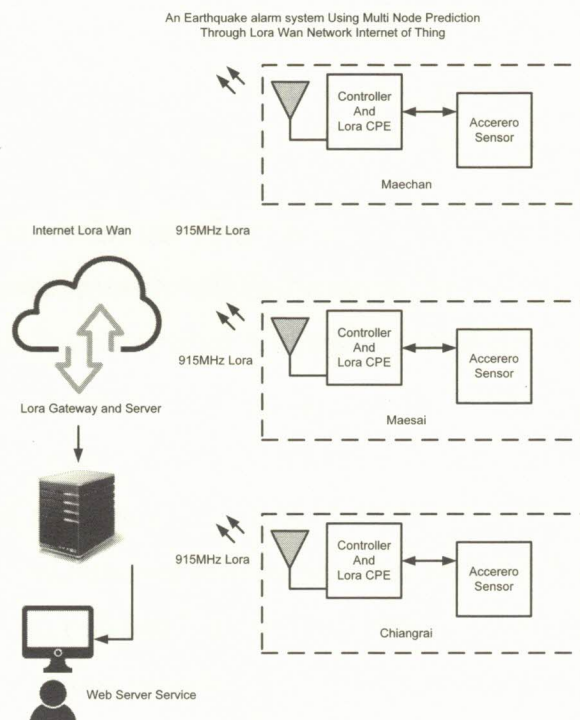
ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อระบบตรวจจับแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างวงจรไซสโมมิเตอร์ (Seismometer) และเพื่อสร้างวงจรควบคุมและวิเคราะห์การเกิดแผ่นดินไหวด้วยระบบสมองกลจากนั้นนำข้อมูลของการวิเคราะห์และการแจ้งเตือนทำการส่งข้อมูลที่ถูการประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วทำการแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และเมื่อทำการทดสอบในเบื้องต้นแล้วจากนั้นทำการพัฒนาและทดสอบเครื่องมือเตือนภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวให้ได้มาตรฐาน และทำการทดลองใช้เครื่องมือเตือนภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวให้กับชุมชนในพื้นที่เสี่ยงภัย

3. วิธีการวิจัย

3.1 ทฤษฎีและการออกแบบระบบสมองกลฝังตัวบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของระบบการแจ้งเตือนแผ่นดินไหวผ่านระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งกำลังงานต่ำ

จากภาพที่ 1 แสดงการเชื่อมต่อระบบตรวจจับแผ่นดินไหวในงานวิจัยนี้ โดยเริ่มจากเมื่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ทำการตรวจจับแผ่นดินไหว โดยใช้หลักการตรวจวัดความเร่งของมุม ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร่งของมุม ทำหน้าที่ตรวจจับมุมเอียงที่เกิดขึ้นและตรวจจับความเร่งของมุมที่เปลี่ยนแปลง วงจรเซนเซอร์การสั่นสะเทือน (Vibration Sensor) ทำหน้าที่ตรวจจับการสั่นสะเทือน วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ stm32 ทำหน้าที่ประมวลผลความเร่งของมุมและทำหน้าที่ส่งข้อมูลวงจรรับส่งข้อมูลระบบอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่งกำลังงานต่ำ

จากภาพที่ 2 หลักการทำงานของวงจรเริ่มจากเมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดความเร่งของมุมตรวจวัดความเร่งเชิงมุม ที่มีค่าเกินปริมาณ 40 องศา และทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนได้รับแรงสั่นสะเทือนพร้อมกันจะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขนาดการสั่นสะเทือนจะแสดงออกมาในรูปของการขจัด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการขจัดมีความสัมพันธ์กับความเร็วและความเร่ง การวัดความเร็วและความเร่งก็อาจใช้เพื่อแสดงการสั่นสะเทือนได้ พิจารณาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการขจัด ความเร็วและความเร่งต่อไปนี้ (Xiang Ding ; Xiaoqing Wang ; Aixia Dou ; Long Wang, 2009)

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

$$y = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

$$z = -\omega A \cos(\omega t + \varphi) \quad (3)$$

โดยที่ A คือ ขนาดของการขจัด

x คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน แกน x

y คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน แกน y

z คือ ค่ามุมความเร่งที่วัดได้ใน แกน Z

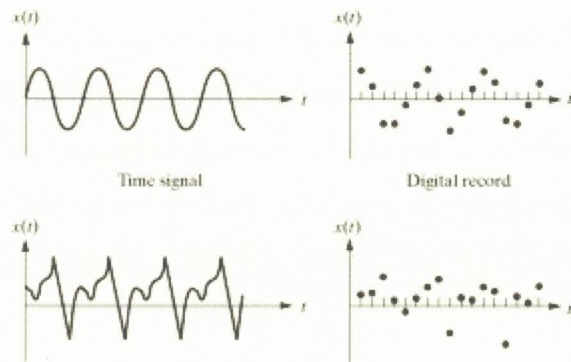
เนื่องจากพลังงานเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว เช่น พลังงานจลน์เป็นฟังก์ชันของความเร็ว ยกกำลังสอง ดังนั้นความเร็วจึงเป็นปริมาณพื้นฐานตัวหนึ่งที่ใช้ในการวัดการสั่นสะเทือน

จากสมการจะพบว่า หากขนาดของการขจัดเป็น A ขนาดของความเร็วและความเร่งจะหาได้โดยคูณขนาดของการขจัดด้วย ความเร็วเชิงมุม ω หรือ $2\pi f$ ตามลำดับ ดังนั้นหากการสั่นสะเทือนเกิดที่ความถี่สูงขนาดความเร่งก็จะมีค่ามากกว่าความเร็วและการขจัด ด้วยเหตุนี้ในการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรโดยทั่วไปที่มักมีความถี่สูง มากกว่า 1,000 เฮิร์ตซ์ จึงวัดปริมาณที่เป็นความเร่ง ในทางตรงกันข้ามการวัดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำ น้อยกว่า 10 เฮิร์ตซ์ เช่น การสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว จึงอาจวัดขนาดของการขจัดแทน สำหรับการสั่นสะเทือนที่ความถี่ปานกลาง อยู่ระหว่าง 10 เฮิร์ตซ์ ถึง 1,000 เฮิร์ตซ์ มักนิยมวัดความเร็วและเมื่อวัดค่าการสั่นสะเทือนโดยการอ่านค่าและทำการคำนวณโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจะทำการสุ่มค่าความถี่ที่เกิดขึ้นโดยเวลาที่แต่ละจุดถูกสุ่มวัดจะห่างเท่ากัน ลักษณะการสุ่มวัดสัญญาณแสดงดังภาพที่ 3 ความถี่ที่ใช้สุ่มวัดการสั่นสะเทือนมีชื่อเรียกว่าความถี่สุ่มสัญญาณ Sampling Frequency สำหรับช่วงเวลาทีแต่ละจุดข้อมูลห่างกันนั้นสามารถคำนวณได้จากความถี่สุ่มสัญญาณดังสมการที่ 4

$$T = \frac{1}{\text{samplefreq}} \quad (4)$$

โดยที่ T คือ ค่าเวลาที่เกิดขึ้นเมื่อทำการสุ่มสัญญาณ

Samplefreq คือ ค่าความถี่ของการสุ่มสัญญาณ



ภาพที่ 3 ความถี่ที่ใช้สุ่มวัดการสั่นสะเทือนสำหรับช่วงเวลาที่แต่ละจุดข้อมูล

จะเห็นว่ายิ่งใช้ความถี่สุ่มสัญญาณสูงขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้วัดสัญญาณได้ตรงกับลักษณะสัญญาณจริงมากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามหากใช้ความถี่สุ่มสัญญาณสูงมากเกินไปก็จะส่งผลต่อจำนวนของจุดข้อมูลที่ต้องจัดเก็บและเวลาดำเนินการต่อมากขึ้นเกินกว่าความจำเป็น โดยอาจได้รายละเอียดของข้อมูลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในทางตรงข้ามหากใช้จำนวนจุดความถี่สุ่มสัญญาณน้อยมากเกินไปแล้ว อาจเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Aliasing ขึ้นได้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเปลี่ยนสัญญาณในโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ โดยใช้การแปลงแบบฟูเรียร์ (Fourier Transform) หลักการของการแปลงฟูเรียร์มีความคล้ายคลึงกับการเขียนสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันคาบ ให้เป็นผลรวมของฟังก์ชันไซน์ซายด์โดยสมการที่ใช้ในการแปลงฟูเรียร์คือ

$$x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{j\omega t} dt \quad (5)$$

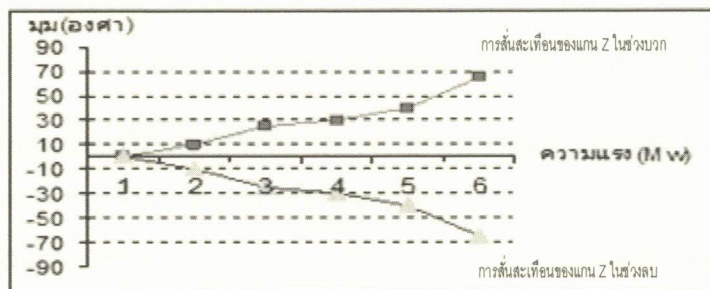
โดย $x(\omega)$ คือ สัญญาณในโดเมนความถี่ และ $x(t)$ คือ สัญญาณในโดเมนเวลา สำหรับตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ความสูงของเส้นหมายถึงขนาดของสัญญาณ X และเกิดที่ตำแหน่งในแกนนอน ซึ่งเท่ากับความถี่ ω ของสัญญาณ

เมื่อสุ่มค่าวัดการสั่นสะเทือนและเปลี่ยนสัญญาณในโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ เสร็จสิ้นก็จะส่งข้อมูลที่ทำการวัดได้โดยผ่านโมดูลอินเทอร์เนตสรรพสิ่งระยะทางไกลกำลังงานต่ำ ด้วยเทคโนโลยี LORA ซึ่งจะส่งข้อมูลที่ความถี่ 915 MHz กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์กำลังงาน สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลถึง 3 กิโลเมตร เมื่อใช้งานร่วมกับสายอากาศแบบรอบทิศทางอัตรากำลังขยาย 12 dBi โดยใช้งานที่ช่องสัญญาณความถี่ 923.4 MHz ทำการส่งข้อมูลที่วัดค่าสั่นสะเทือนไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ของระบบอินเทอร์เนตสรรพสิ่งและทำการส่งผ่านข้อมูลผ่าน UDP โปรโตคอลที่พอร์ต 1700 ไปยัง LORA เน็ตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์ จากนั้น LORA

เน็ตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์จะคัดกรองแพ็กเกจข้อมูลที่ได้จากเกตเวย์และทำการส่งข้อมูลแสดงผลไปยัง แอปพลิเคชัน สำหรับผู้ใช้งานผ่านโปรโตคอล MQTT

3.2 การทดลองการวัดค่าของมุมเอียงของเซนเซอร์

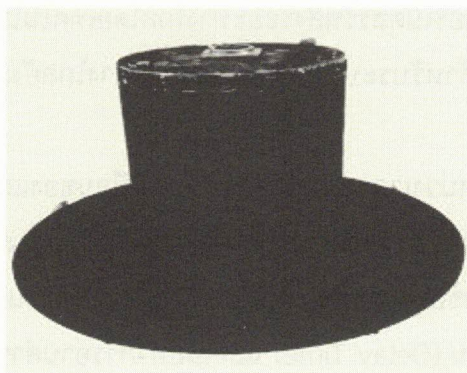
การทดสอบค่าของมุมที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดสภาวะแผ่นดินไหวโดยการทดสอบได้ทดสอบ เทียบมุมองศาที่เปลี่ยนแปลงกับเครื่องจำลองแผ่นดินไหวของศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัด เชียงราย โดยค่าความแรงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองศาที่เปลี่ยนแปลงไปจากกราฟในภาพที่ 4 เมื่อทำการใช้เทคนิค การประมาณค่าที่เปลี่ยนแปลงของมุมโดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) จะสามารถบอกได้ว่าเมื่อ มีค่าความแรงของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor) จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ดังนั้น เมื่อทำการทดสอบจะทำการทดสอบความแรงของ แผ่นดินไหวจำนวน 6 ค่า คือ 1 ริกเตอร์ 2 ริกเตอร์ 3 ริกเตอร์ 4 ริกเตอร์ 5 ริกเตอร์ และ 6 ริกเตอร์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงของแผ่นดินไหวกับมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor)

$$Y = \alpha + \beta x \quad (6)$$

การวิเคราะห์สมการถดถอย กำหนดให้ Y คือ ค่าเฉลี่ย ตัวแปร X จะถูกกำหนดค่าไว้ก่อนและค่า Y จะเปลี่ยนไปตามตัวแปร X กำหนดให้ α คือ ค่าคงที่ เป็นค่าที่เส้นกราฟถดถอยตัดกับแกน Y ส่วน β คือ ความชันของเส้นกราฟ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 5 เซนเซอร์วัดมุม (Accelerometer Seismology Sensor) ที่ใช้ในงานวิจัย

โดยค่าความแรงของการสั่นสะเทือนนั้นสามารถวัดได้โดยเทียบเป็นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตั้งแต่ -90 องศา ไปจนถึง 90 องศาในการติดตั้งเซนเซอร์วัดมุมจะติดตั้งโดยยึดสกรูลงบนแท่นหล่อปูนที่ติดตั้งบนพื้นดิน

3.3 การทดลองการวัดสัญญาณที่เกิดขึ้นของการสื่อสารผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ด้วยเทคโนโลยี LORA

จากภาพที่ 6 แสดงระยะการส่งข้อมูลจาก LORA Node ไปยัง LORA Gateway ด้วยช่องทางการส่งความถี่สูง ด้วยการส่งรูปแบบ FSK โดยความถี่ที่ทำการส่งมีกำลังส่งอยู่ที่ประมาณ 14 dBm หรือประมาณ 25 มิลลิวัตต์กำลังงาน และมีการเข้ารหัสการส่งด้วยเทคโนโลยี LORA Protocols ระหว่างตัวส่งโนด LORA กับ LORA Gateway



ภาพที่ 6 ระยะของการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนการสั่นสะเทือนผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ด้วยเทคโนโลยี LORA

4. อภิปรายผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวสามารถวัดค่ามุมความเอียงของการสั่นสะเทือนได้อยู่ในช่วง -90 ถึง 90 องศา และได้มีการเพิ่มส่วนงานของระบบการสื่อสารระยะ

ทางไกลด้วยระบบการสื่อสารอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งระยะทางไกลโดยเทคโนโลยี LORA อย่างไรก็ตามพบว่าในผลการทดลองเห็นว่าการทดลองสำหรับระบบการสื่อสารระยะทางไกลยังมีข้อจำกัดบางประการ ซึ่งผู้วิจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ค่าของการหน่วงเวลาเนื่องจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวมีการสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่องและมีช่วงความถี่ระดับ Short Period (1-10 Hz) และระบบการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยังหน่วยประมวลผลกลางของระบบหลักส่งข้อมูลแบบอนุกรม SPI โดยมีความเร็วในการส่งข้อมูล 4,200 บิตต่อวินาที ส่งผลให้มีค่าการประวิงเวลาเกิดขึ้น (Delay Time) และเมื่อทำการอ่านค่าของการสั่นสะเทือนจะได้ข้อมูลที่หน่วงเวลาเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในทฤษฎีของ Seismic Wave Field Separation แล้วนั้นก็มีผลที่มีค่าที่สอดคล้องและใกล้เคียงกันแต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของระบบของการแจ้งเตือนที่งานวิจัยของ Seismic Wave Field Separation นั้นจะทำการวิเคราะห์แล้วแจ้งเตือนที่ตัวมันเองส่วนงานวิจัยนี้จะทำการแจ้งเตือนที่ระยะทางไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ประเด็นที่ 2 ระยะทางการรับส่งของการแจ้งเตือนจะมีช่วงระยะไม่เกิน 2 กิโลเมตร และมีการประวิงเวลาในการรับข้อมูลระหว่างโนด เซนเซอร์การสั่นสะเทือน และเกตเวย์ เนื่องจากข้อจำกัดการใช้งานในงานวิจัยได้ทำการเลือกใช้สายอากาศแบบรอบทิศทางและมีอัตราการขยายสัญญาณขนาด 3 dBi จึงทำให้ได้ระยะทางของการรับและส่งสัญญาณอยู่ในช่วง 100 เมตร ถึง 2 กิโลเมตร หากต้องการระยะทางการแจ้งเตือนที่ไกลขึ้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งสายอากาศที่มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงระยะทางที่ทดลองได้ในงานวิจัยก็สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ปัญหาที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือในการติดตั้งเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวนั้นจะต้องทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดมุมกับพื้นที่ระนาบที่ทำมุม 0 องศา เพื่อลดความผิดพลาดของมุมที่ทำการตรวจจับ และการแจ้งเตือนนั้นเกิดการประวิงเวลาขึ้นเนื่องจากจะต้องใช้ในการอ่านค่าการสั่นสะเทือนและทำการส่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะควรมีการพัฒนาต่อยอดให้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลของเซนเซอร์ให้สูงขึ้น และเพิ่มความเร็วของการส่งข้อมูลให้มากขึ้นให้ทำการแสดงผลและแจ้งเตือนได้รวดเร็วกว่าระบบเดิม

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวไปทำการทดสอบระบบ ณ ศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่ามุมมองค่าที่เปลี่ยนแปลงกับเครื่องจำลองแผ่นดินไหวของศูนย์เฝ้าระวังแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยค่าความแรงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองศาที่เปลี่ยนแปลงไป และจากการทดสอบในการวัดค่าการสั่นสะเทือนนั้นจะทำการทดลองค่าการสั่นสะเทือนจำนวน 6 ค่า ตั้งแต่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 มาตราริกเตอร์ ตามลำดับ และนำเทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ความเป็นเชิงเส้น โดยใช้สมการแบบถดถอยจะสามารถบอกได้ว่าเมื่อมีค่าความแรง

ของขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของเซนเซอร์วัดมุมจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตาม ผลจากการทดลองเครื่องเตือนแผ่นดินไหวที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัวที่คณะผู้วิจัยนำเสนอมีความถูกต้องอยู่ที่ระดับที่มากกว่า 80% และสามารถแสดงการแจ้งเตือนการสั่นสะเทือนด้วยระยะทางไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลด้วยเทคโนโลยี LORA ทำให้สะดวกต่อการติดตั้ง เนื่องจากสถานที่ติดตั้งเซนเซอร์การสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวในบางพื้นที่มีข้อจำกัดด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้น ระบบการสื่อสารด้วยอินเทอร์เน็ตระยะทางไกลสามารถที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถติดตามสถานการณ์แจ้งเตือนได้จากหน้าแอปพลิเคชันได้ นอกจากนี้เครื่องวัดแผ่นดินไหวนี้ยังสามารถต่อยอดองค์ความรู้เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ Multi Node และสามารถวิเคราะห์การแจ้งเตือนได้ในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยภายใต้งบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2561 รหัสโครงการ 643011

8. เอกสารอ้างอิง

- สิปราง เจริญผล, รัชนี ลือดารา, นวลนภา จุลสิทธิ, และธเนศ คณะดี. (2562). การออกแบบและสร้างอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์การตรวจจับแผ่นดินไหวโดยใช้ระบบสมองกลแบบฝังตัวส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายกำลังต่ำ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ “เทคโนโลยีภาคใต้วิจัย” ครั้งที่ 9 ประจำปีการศึกษา 2561*. นครศรีธรรมราช: วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้.
- อนวัช สรรพศรี (2012), *เอาชีวิตรอดจากสึนามิ สิ่งที่คุณควรรู้ก่อนภัยมาถึง*, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 250 หน้า.
- อนวัช สรรพศรี (2010), *การประเมินความเสี่ยงสึนามิต่อประชากรและอาคารริมฝั่งทะเลในประเทศไทย*, ดุษฎีนิพนธ์มหาวิทยาลัยโทโฮคุ, 260 หน้า. (ภาษาอังกฤษ).
- Ding, X., Wang, X. Q., Dou, A. X., and Wang, L. (2009). Study on a practical earthquake damage analysis and processing system based on RS and GIS. *2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Cape Town, South Africa.
- Shen, H. Y., and Li, Q. C. (2010). A new method of seismic wavefield separation and denoising. *2010 2nd International conference on advanced computer contro.* (pp. 107-110). Shenyang, China.
- Sherki, Y., Gaikwad, N., Chandle, J., Kulkarni, A. (2015). Design of real time sensor system for detection and processing of seismic waves for earthquake early warning system. *2015 International Conference on Power and Advanced Control Engineering* (285-289). Bangalore, India.