

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนบนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

The Development of Theft Notification System with Vibration Sensor on Internet of Things Technology

Received:	June	19, 2019
Revised:	August	16, 2019
Accepted:	August	23, 2019

ณัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ (Nattapatch Srirajun)*

กิมวัจน์ วรณทวิ (Pemmavat Vantavee)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบแจ้งเตือนการโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนบนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สมมุติฐานงานวิจัยอยู่บนการตรวจจับแรงสั่นสะเทือนของประตูและหน้าต่างขณะที่เจ้าของบ้านไม่ได้อยู่อาศัย ซึ่งเจ้าของบ้านสามารถกำหนดช่วงเวลาให้ทำการตรวจสอบได้ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน ในกรณีที่เกิดการสั่นสะเทือนในช่วงระดับที่กำหนดจะมีการแจ้งเตือนข้อมูลการโจรกรรมผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแนวคิดในการพัฒนาแบ่งออกเป็นสามส่วนประกอบดังนี้ 1) การทำงานในส่วนของไอโอทีและอุปกรณ์ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ NodeMCU และเซนเซอร์ตรวจจับค่าการสั่นสะเทือนที่ติดตั้งไปยังส่วนที่ต้องการตรวจสอบเช่น ประตูหรือหน้าต่าง โดยควบคุมการทำงานผ่านซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที 2) เครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลจากซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที และ 3) เว็บแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่รับข้อมูลการตั้งค่าการสั่นสะเทือนและการแจ้งเตือนจากผู้ใช้งาน โดยทำการทดสอบระบบแบบอัลฟ่า อุปกรณ์ไอโอทีพร้อมเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนถูกนำไปติดตั้งที่ประตูบ้านเพื่อทดสอบแรงสั่นสะเทือนจากการเปิด และใช้เว็บแอปพลิเคชันตั้งค่าการสั่นสะเทือนในระดับต่าง ๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสามารถทำการตรวจจับแรงสั่นสะเทือนในแต่ละช่วงได้อย่างถูกต้อง ระบบแจ้งเตือนสามารถส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชันไลน์ได้ แต่มีปัญหาล่าช้าในการตอบสนองที่ล่าช้าบ้างเล็กน้อย

คำสำคัญ : ระบบการแจ้งเตือน, เซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือน, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

* อาจารย์ ดร. สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Lecturer Dr., Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University. E-Mail: Nattapatch@webmail.npru.ac.th

** นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Undergraduate student, Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University.

Abstract

This research proposed theft notification system with vibration sensor on internet of things technology. Hypothesis of the research is considered on checking vibration of doors or windows when home owner is not in the home. The home owner can set time period for checking vibration from web application. In the case of vibration occurred in the set level of user then theft notification system will be sent to LINE application. This research was designed concept of development in 3 main parts; 1) IoT devices, interface of NodeMCU and vibration sensor, will be set to the doors or windows that controlled by Arduino IDE, 2) ANTO server is a middleware for getting and sending data from Arduino IDE, and 3) web application is responsible for setting vibration data and notification from user. Alpha testing was used for testing the system. The IoT devices were installed in the home's door for testing vibration in each specified level when the door was opened. The web application was used for setting vibration level and time checking period for testing the result. The result showed that the developed system meets the objectives of this research which can detect vibration in each level correctly. The theft notification system can send message to the user in LINE application but problem of this process is responding time occurred on a few delayed responses slightly.

Keywords: Notification System, Vibration Sensor, Internet of Things

บทนำ

อินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก จากการที่สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ETDA) ประกาศผลสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตประเทศไทยปี 2561 พบคนไทยใช้อินเทอร์เน็ตนานขึ้นเฉลี่ย 10 ชั่วโมง 5 นาทีต่อวัน เป็นผลจากการเปลี่ยนผ่านชีวิตไปสู่ดิจิทัลเพิ่มมากขึ้น โดยที่ GenYเป็นกลุ่มที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตสูงสุดติดต่อกันเป็นปีที่ 4 โดยเฉพาะการใช้แอปพลิเคชัน Facebook, Instagram, Line, Twitter และ Pantip สูงถึง 3 ชั่วโมง 30 นาทีต่อวัน และในยุคดิจิทัลการพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ฉลาดและอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งานมากขึ้น ทำให้แนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที (Internet of Things: IoT) เป็นที่สนใจเพิ่มมากขึ้น ด้วยอุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ สามารถทำงานเชื่อมต่อ และควบคุมได้อย่างอัจฉริยะตัวอย่างเช่น “แนวคิดโรงงานอัจฉริยะ (SmartManufacturing) หรือ อุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0)” (จิตลดา และสมบัติ, 2016) โรงงานยุคใหม่ที่มีระบบการทำงานอัตโนมัติของระบบต่าง ๆ ภายในโรงงานด้วยการทำงานของซอฟต์แวร์ผสมกับอุปกรณ์เฉพาะทางด้วยเทคโนโลยีไอโอที เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมความปลอดภัยรวมถึงตรวจสอบการทำงานของพนักงานได้ผ่านทางโทรศัพท์มือถือได้ทุกที่ทุกเวลา เป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ ประสิทธิภาพการทำงานที่ดี และมีความปลอดภัยมากขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันนี้ได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้งานในระดับที่พักอาศัยเพื่อช่วยในเรื่องของการอำนวยความสะดวกและตรวจสอบความปลอดภัยของที่พักอาศัย ชุมชน สถานที่ราชการ โดยที่หลายแห่งในปัจจุบันได้ติดตั้งกล้องวงจรปิด รวมถึงการพัฒนาแอปพลิเคชันร่วมกับกล้องวงจรปิดเชื่อมต่อบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบที่พักอาศัยได้ตลอดเวลาแม้ขณะที่อยู่นอกสถานที่ แต่กล้องวงจรปิดก็ไม่สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้ได้ทั้งหมด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าบริษัทผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านชั้นนำ ได้ผลิตอุปกรณ์อัจฉริยะที่ใช้ในบ้านออกสู่ตลาดเพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคได้เลือกใช้หลากหลาย เช่น เครื่องตรวจก๊าซรั่ว เครื่องตรวจควันไฟ เครื่องตรวจน้ำล้น มอเตอร์ควบคุมผ้าม่าน สวิตช์ไฟอัจฉริยะ เซนเซอร์ตรวจความเคลื่อนไหวของหน้าต่าง ลูกบิดประตูอัจฉริยะ อุปกรณ์ส่งสัญญาณ Zigbee สำหรับใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในมาตรฐาน Zigbee อีกทั้งยังมีอุปกรณ์อัจฉริยะในรูปแบบ Gadget เสริม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งานเข้าถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านที่มีอยู่เดิมได้ อาทิเช่น Nest Learning Thermostat สำหรับอุปกรณ์คอนโทรลอุณหภูมิภายในบ้าน

จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีไอโอทีที่สามารถตอบโจทย์การทำงานได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนการโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนที่สามารถช่วยตรวจสอบความปลอดภัยที่พักอาศัยเวลาที่ไม่มีผู้อยู่อาศัย กรณีที่มีผู้บุกรุกโดยการงัดประตูหรือหน้าต่าง โดยนำโมดูลเซนเซอร์ตรวจการสั่นสะเทือนโดยทำหน้าที่ในการตรวจจับแรงสั่นสะเทือนและแจ้งเตือนมาตรวจจับในส่วนของประตู หน้าต่าง กรณีที่เกิดการสั่นสะเทือนจากการเปิดปิดระหว่างที่เจ้าของบ้านไม่อยู่และได้ทำการแจ้งเตือนให้เจ้าของบ้านทราบหากเกิดเหตุการณ์น่าสงสัยผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งเป็นการยกระดับในการสนับสนุนป้องกันความปลอดภัย จากเดิมที่เป็นเทคโนโลยีระดับมาตรฐานที่มีเพียงแค่ระบบกล้องวงจรปิด ไปสู่ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกสบายเพิ่มขึ้น โดยสามารถตั้งค่าเวลาการแจ้งเตือนผ่านไลน์จากเว็บแอปพลิเคชัน

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อนำเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาช่วยป้องกันภัยจากการโจรกรรม
2. ศึกษากระบวนการทำงานของเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในการใช้งานเซนเซอร์ร่วมการรับส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์กับเว็บแอปพลิเคชัน
3. เพื่อพัฒนาและการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานที่สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนการสั่นสะเทือนภายในบ้านด้วยเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาช่วยในส่วนที่บ้านอัจฉริยะได้มีการคำนึงถึงมากขึ้น โดยทั่วไประบบรักษาความปลอดภัยสำหรับที่พักอาศัยในปัจจุบันส่วนใหญ่ให้ความสำคัญเฉพาะกล้องวงจรปิดเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถป้องกันปัญหาด้านอัคคีภัย ไฟฟ้าลัดวงจรได้ ดังนั้นมีงานวิจัยที่ให้ความสำคัญระบบบ้านอัจฉริยะ เช่น งานวิจัยของ ไพโรจน์ และคณะ (2560) ได้นำเสนองานวิจัยการทดลองนำเทคโนโลยีสมองกลแบบฝังตัวมาสร้างระบบรักษาความปลอดภัยสำหรับที่พักอาศัย โดยมีอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส

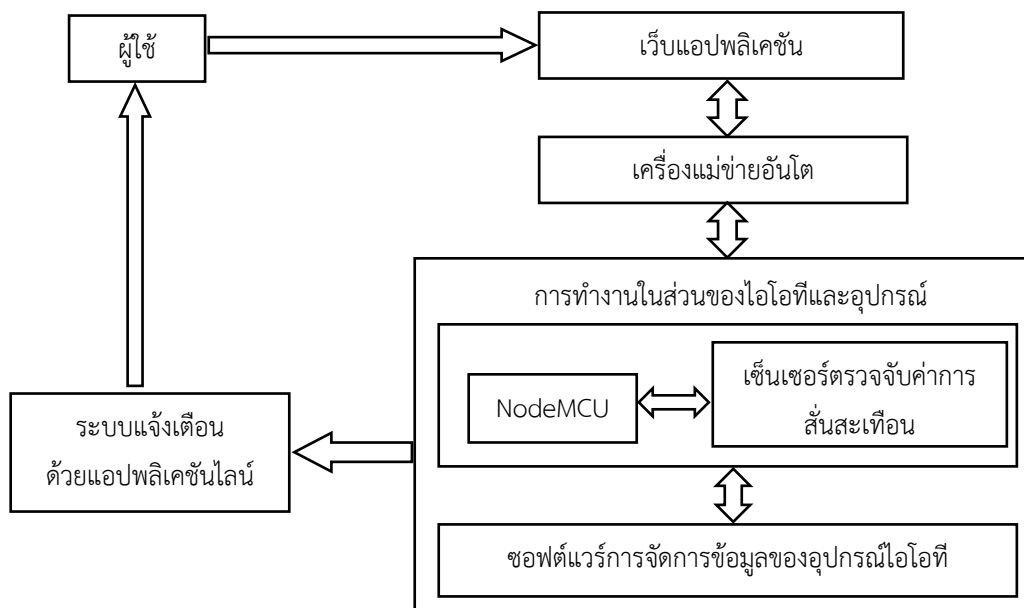
และเซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟเตือนภัยและเผ่าระวังที่สามารถแจ้งเตือนแก๊สรั่วหรือควันไฟพร้อมกับตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยกล้องวงจรปิด ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ใหม่บนอุปกรณ์สมองกลฝังตัว โดยที่งานวิจัยนี้ทำให้ออกแบบองค์ความรู้ใหม่ ในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว ESP8266 กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สและเซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟ รวมถึงเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว บนแนวคิดของไอโอทีที่คนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ เพื่อสร้างระบบเตือนภัยใช้ได้เองอย่างมีประสิทธิภาพและมีราคาที่ประหยัด ถึงแม้ว่าจะมีบางบริษัทที่มีนวัตกรรมครอบคลุมการรักษาความปลอดภัยภายในบ้านแบบครบวงจรแต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ เอกลักษณ์ (2558) ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน คือส่วนควบคุมโรงเรือนผ่านบอร์ดควบคุม ส่วนควบคุมผ่านบลูทูธและระบบส่งข้อความสั้น ส่วนวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนี้ในเรื่องของความปลอดภัยในการทำงานของไอโอที มีงานวิจัยของ Kheir และคณะ (2019) ได้นำเทคนิคความปลอดภัยของอุปกรณ์แบบฝัง โดยออกแบบส่วนของการแก้ไขปัญหาคือความปลอดภัยในระดับสูงบนโครงสร้างพื้นฐานของฟังก์ชันที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลและการปลอมแปลงข้อมูล โดยนำเสนอฟังก์ชัน PUFs (Physically Unclonable Functions) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีหลากหลายเทคนิคที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยภายในตัวอุปกรณ์ และอยู่ภายใต้แนวทางความปลอดภัยระดับสูงของโครงสร้างพื้นฐานของไอโอที จุดเด่นของการนำเสนอเป็นการจัดหาผู้นำทางด้านความปลอดภัยของโครงสร้างพื้นฐานของไอโอทีที่มีความก้าวหน้ามากที่สุดในระดับมุมมองทางกายภาพ ในงานวิจัยของ Wang และคณะ (2016) ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมที่ไอโอทีสามารถเข้าถึงได้เพื่อนำไปใช้กับระบบตรวจสอบยานพาหนะ โดยมีการขยายขอบเขตและการตั้งค่าที่กว้างขึ้นทั้งอุปกรณ์ที่มีความเร็วต่ำและความเร็วสูง ซึ่งไอโอทีได้มีความสำคัญมากขึ้นในงานต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบสภาพการจราจร การรักษาโรค และอุตสาหกรรมการพัฒนาซอฟต์แวร์ การพัฒนาอย่างต่อเนื่องของไอโอทีทำให้สิ่งต่าง ๆ สามารถเข้าถึงไอโอทีได้มากขึ้น บนความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ ทำให้การเข้าถึงไอโอทีจะต้องมีเทคนิคเฉพาะ สถาปัตยกรรมที่นำเสนอใช้พื้นฐานบน FPGA (Field Programmable Gate Array) และ SoC (System on Chip) นอกจากนี้ได้มีการนำมาตรฐาน IEEE1451.2 ทำการปรับในส่วนของการออกแบบเพื่อนำไปใช้กับระบบตรวจสอบยานพาหนะ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากระบบมีประสิทธิภาพดี

งานวิจัยทางด้านไอโอทีในปัจจุบันได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาโมเดลหรือแอปพลิเคชันเพื่อรองรับการทำงานได้ดียิ่งขึ้น เช่น Danilo และคณะ (2018) ได้นำเสนองานวิจัยที่เป็นการออกแบบโมเดลที่รองรับการใช้งานที่ง่ายต่อการตั้งค่าและติดต่อกับผู้ใช้งานของอุปกรณ์ไอโอที โดยปกติแล้วการตั้งค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไอโอทีเป็นสิ่งที่ซับซ้อนและทำได้เฉพาะบุคคลที่มีความชำนาญเฉพาะทางเท่านั้น โมเดลนี้มีการจัดการหลักทั้งหมด 4 ส่วนคือ การติดต่อสื่อสาร เป้าหมาย การจัดการข้อมูล และการพัฒนา โดยที่โมเดลนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจถึงความสามารถของอุปกรณ์ทางด้านไอโอทีได้ดีขึ้น ผลสรุปคือเป็นการอำนวยความสะดวกต่อการใช้งานและเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่ควรจะถูกนำมาใช้ โดยที่โมเดลที่นำเสนอนี้สามารถขยายหรือแก้ไขได้ตลอดเวลาเพื่อให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีเฉพาะทางและมีความคงทนต่อการแก้ไข ปัญหาทางด้านไอโอทีที่ถูกจัดสรรขึ้นมาใหม่ได้ นอกจากนี้ Aly และคณะ (2019) ได้เสนองานวิจัยโดยประยุกต์เมธอดจากหลักการจากพื้นฐานทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์เพื่อต้องการปรับให้เหมาะกับการทำงานจริง

เนื่องจากความยากในการรวมความหลากหลายของเทคโนโลยีเข้ากับระบบไอโอที โดยคำนึงถึงในส่วนของการออกแบบ การพัฒนา บริการ และข้อจำกัดการใช้ข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลที่ได้รับมาจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ของไอโอที ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงความเกี่ยวข้องต่าง ๆ ของระบบไอโอที แต่ยังคงขาดในส่วนของการส่งเสริมการทำงานร่วมกัน โดยได้นำเสนอเมธอดที่ใช้ในการทำงานอยู่บนพื้นฐานทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในรูปแบบของแบบจำลองที่เรียกว่า SLR (Systematic Literature Review) โดยนำแบบจำลองนี้ไปทดสอบกับระบบทางด้านอุตสาหกรรมที่มีการใช้เทคโนโลยีทางด้านไอโอที โดยแบบจำลองนี้ได้ทำการหาผลสรุปงานวิจัยทางด้านไอโอทีในหลายบทความเพื่อออกแบบแบบจำลอง และขั้นตอนการทดลองปฏิบัติงานจริงซึ่งจะพัฒนาในส่วนถัดไป และ Pignotti และ Edwards (2013) ได้มีการอภิปรายถึงโปรเจกต์ที่ทำการศึกษายู่บนความน่าเชื่อถือที่ถือว่าเป็นองค์ประกอบส่วนน้อยของไอโอทีที่ให้ความสำคัญแต่เป็นส่วนที่ท้าทายและเพิ่มความซับซ้อนไปยังผู้ใช้งานได้ โดยงานวิจัยนี้เป็นการอภิปรายและวางแผนสำหรับการออกแบบในเชิงความหมายแบบง่ายและการแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์ การจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับอุปกรณ์ทางด้านไอโอที ที่เน้นการประยุกต์บนแอปพลิเคชัน ทำให้เข้าถึงผู้ใช้ได้มากขึ้น นอกจากนี้ Yeole และ Kalbande (2016) ได้ทำการวิจัยโดยการนำประโยชน์ของไอโอทีมาช่วยในการสื่อความหมาย นำมาช่วยในการสร้างเครื่องมือในการจัดการข้อมูลถึงแม้จะอยู่ห่างไกลและเป็นประโยชน์กับผู้ป่วยที่อยู่ในระยะไกล ซึ่งในปัจจุบันมีการนำไอโอทีมาใช้มากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรมและการให้บริการโดยงานหลักของวิจัยนี้คือการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านสุขภาพ โดยการนำไอโอทีมาประยุกต์ในส่วนหนึ่งของเครื่องมือที่ดูแลในส่วนของเด็ก โรคเรื้อรัง ผู้ป่วยวิกฤต เครื่องส่องตรวจ รวมถึงการจ่ายยา และงานวิจัยของ ขวัญชนก และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบ NETPIE กับแพลตฟอร์มไอโอทีอื่น ซึ่งไอโอทีเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทสำคัญและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ NECTEC ได้พัฒนา NETPIE เพื่อเป็นแพลตฟอร์มบนคลาวด์ที่ให้ บริการการเชื่อมโยงอุปกรณ์ไอโอทีต่าง ๆ เข้าด้วยกันแบบไร้รอยต่อ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาเพื่อทดลองเปรียบเทียบการทำงานและประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม NETPIE กับแพลตฟอร์มไอโอที ได้แก่ Anto, AWS IoT, Azure IoT Hub, Blynk, Firebase Realtime Database และ IBM Watson Internet of Things เพื่อให้เห็นความแตกต่างของแต่ละแพลตฟอร์มและสามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการโจรกรรมด้วยเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนบนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้ออกแบบกรอบแนวคิดประกอบด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1) เว็บแอปพลิเคชัน 2) เครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต 3) การทำงานในส่วนของไอโอทีและอุปกรณ์ และ 4) ระบบแจ้งเตือนด้วยแอปพลิเคชันไลน์ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนาระบบ

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนาระบบข้างต้นการพัฒนาระบบประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานที่สำคัญในแต่ละส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 การทำงานระหว่างผู้ใช้งานและเว็บแอปพลิเคชัน; เป็นออกแบบส่วนประสานการทำงานของผู้ใช้งานแบบกราฟฟิก (Graphic User Interface) เพื่อทำการส่งค่าข้อมูลจากผู้ใช้ไปยังส่วนเว็บแอปพลิเคชัน โดยที่ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าที่ต้องการและค่าเบื้องต้นในการทำงานของระบบได้ ประกอบด้วย

- 1) การเลือกช่วงค่าระดับการสั่นสะเทือนในการเปิดประตูหรือหน้าต่าง
- 2) การตั้งค่าโทเคน (Token) ของแอปพลิเคชันไลน์ (LINE Application) เพื่อทำการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ได้
- 3) การกำหนดช่วงเวลาเพื่อให้ทำการแจ้งเตือนเพื่อให้ระบบทำการตรวจจับการทำงานในช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนดได้

ส่วนที่ 2 การทำงานระหว่างเว็บแอปพลิเคชันไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต (ANTO Server) และซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที (Arduino IDE); เป็นส่วนกลางประสานงานกลางเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเว็บแอปพลิเคชัน เครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต และการทำงานในส่วนของไอโอทีและอุปกรณ์ โดยที่ข้อมูลจากผู้ใช้งานกำหนดในเว็บแอปพลิเคชันจะถูกส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต และเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ตจะทำการเชื่อมต่อไปยังการทำงานในส่วนของไอโอทีและอุปกรณ์เพื่อกำหนดค่าจากผู้ใช้งานผ่านซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอทีในการควบคุมเซ็นเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือน

ส่วนที่ 3 การทำงานในส่วนของไอโอทีและแอปพลิเคชันไลน์เพื่อใช้สำหรับการแจ้งเตือน; เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานจะได้รับข้อความแจ้งเตือนจากแอปพลิเคชันไลน์ ที่ผู้ใช้ได้ตั้งค่าการกำหนดโทเคนของแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ไว้ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน ในช่วงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดให้ทำการตรวจสอบการสั่นสะเทือนและการแจ้งเตือน รวมถึงช่วงค่าระดับความสั่นสะเทือนที่ผู้ใช้กำหนดไว้ในเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานในส่วนของไอโอทีและอุปกรณ์

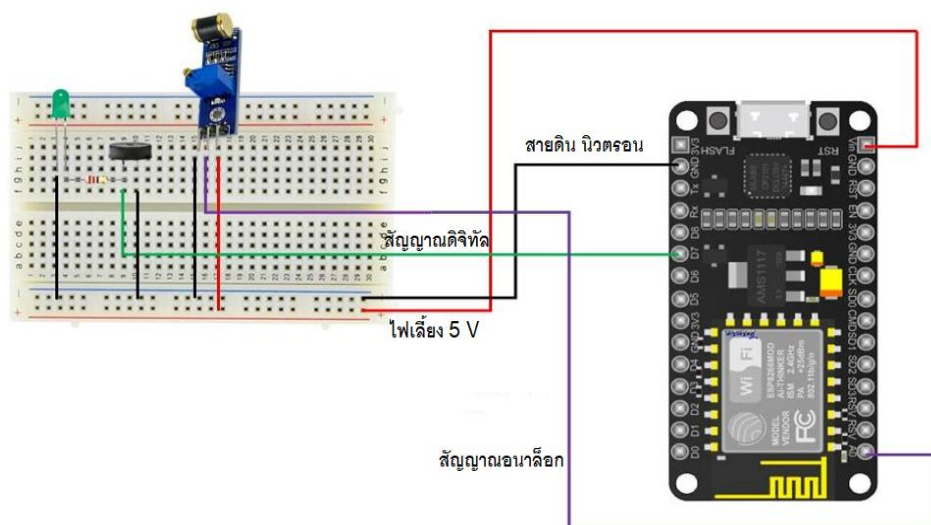
อุปกรณ์ไอโอที ซึ่งส่วนประกอบของอุปกรณ์ไอโอทีสำหรับการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนภายในบ้าน ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ในการทำงาน ดังนี้

1) NodeMCU เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมในการวัดการสั่นสะเทือน และควบคุม ESP8266 ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย

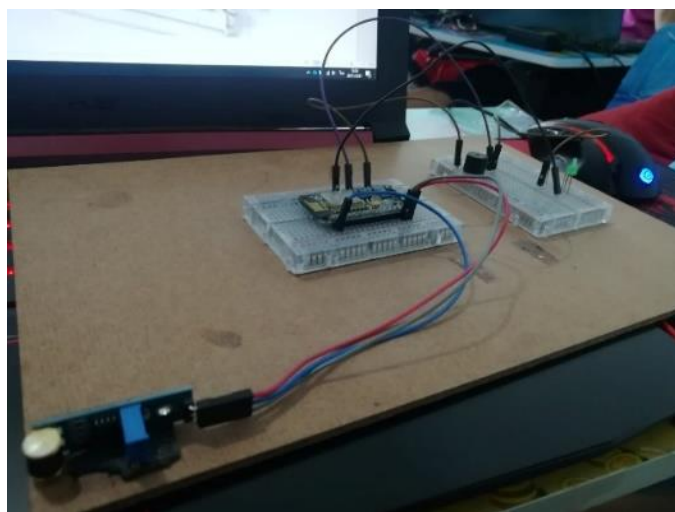
2) Breadboard เป็นบอร์ดสำหรับรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์

3) เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าการสั่นสะเทือน

รูปแบบการเชื่อมต่อเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 2 (ก) และได้ทำการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดค่าสั่นสะเทือนได้ใช้อุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้แสดงดังภาพที่ 2 (ข)



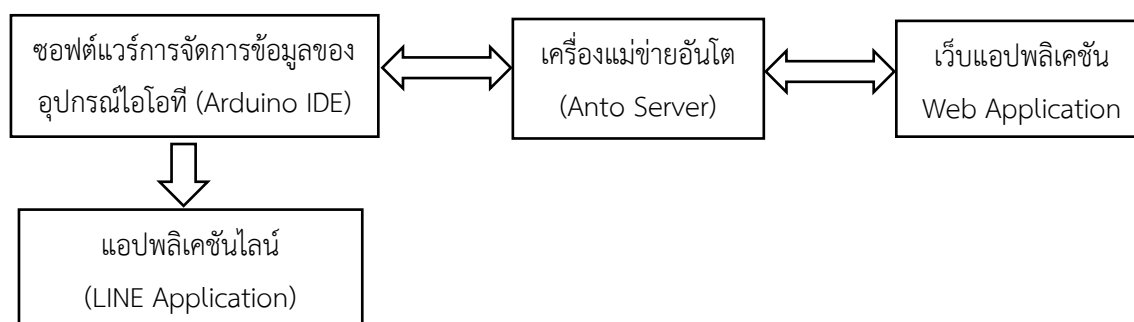
ภาพที่ 2 (ก) การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน



ภาพที่ 2 (ข) อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนได้พัฒนาแล้ว

การออกแบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนา

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนามีการทำงานในการรับส่งข้อมูลระหว่างกันเป็นแบบอัตโนมัติภายใต้การประสานการทำงานของส่วนกลางหรือมิดเดิลแวร์ (Middleware) ระหว่างการทำงานในแต่ละส่วน ประกอบด้วย ซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที เครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต แอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันไลน์ แสดงดังภาพที่ 3

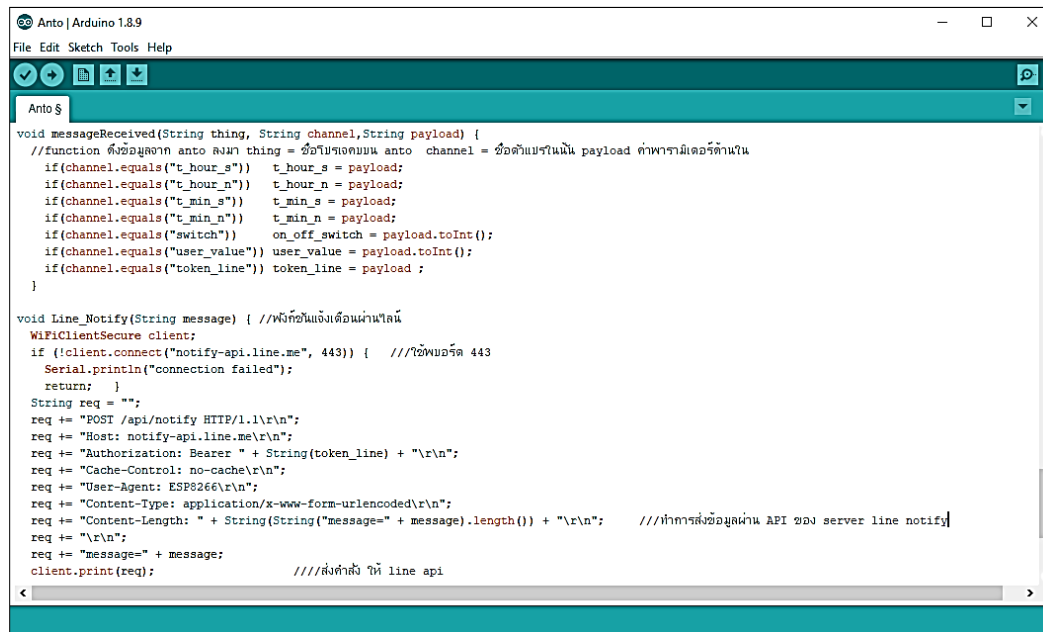


ภาพที่ 3 การประสานการทำงานของส่วนกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์

ในส่วน of ซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที (Arduino IDE) แสดงดังภาพที่ 4 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ NodeMCU และเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบคำสั่งโปรแกรมเพื่อเพิ่มเงื่อนไขการทำงานในส่วน of เซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน และทำการอัปโหลดชุดคำสั่งลงบอร์ดที่ชื่อ ESP8266 โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบฟังก์ชันการควบคุมการทำงาน ดังนี้

1. void messageReceived (String thing, String channel, String payload) คือ ฟังก์ชันการรับค่าจากเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต

2. void Line_Notify (String message) คือ ฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์



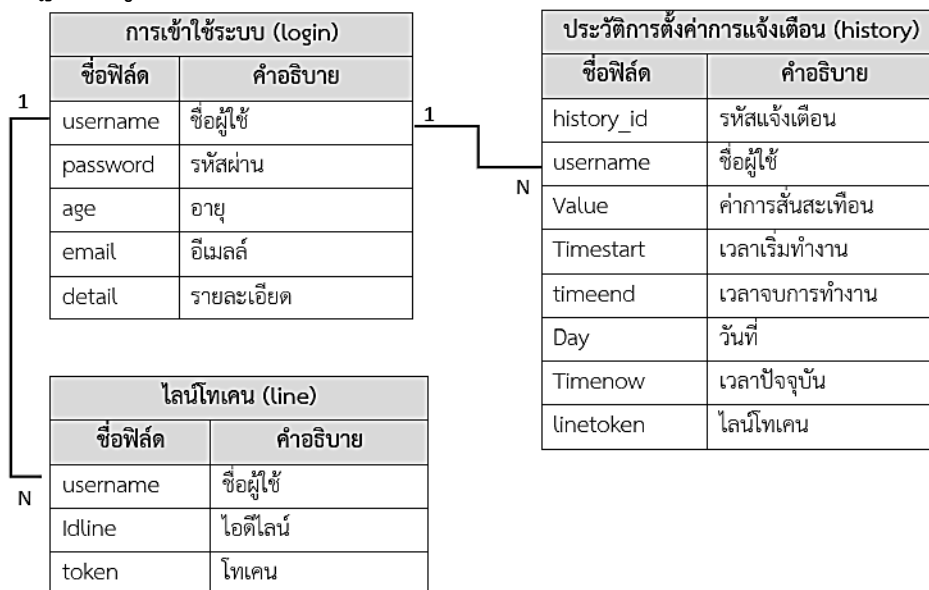
ภาพที่ 4 ซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที (Arduino IDE)

การออกแบบฟิลด์ที่ใช้ในเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่ผู้พัฒนาสามารถกำหนดฟิลด์ที่ใช้สำหรับการทำงานที่เหมาะสมของอุปกรณ์ไอโอทีได้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การออกแบบฟิลด์ที่ใช้ในเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต

ชื่อฟิลด์	คำอธิบาย	ประเภทข้อมูล	ค่าเริ่มต้น
sensor_value	รับค่าตัวแปรการสั่นสะเทือน	จำนวนเต็ม	26
switch	ตัวแปรเปิดปิด	จำนวนเต็ม	1
t_hour_n	เก็บค่าชั่วโมงจบการทำงาน	จำนวนเต็ม	12
t_hour_s	เก็บค่าชั่วโมงเริ่มการทำงาน	จำนวนเต็ม	10
t_min_n	เก็บค่านาทีจบการทำงาน	จำนวนเต็ม	1
t_min_s	เก็บค่านาทีเริ่มการทำงาน	จำนวนเต็ม	16
token_line	ค่า token ของ LINE id	ข้อความ	-
user_value	ค่าการสั่นสะเทือนจากผู้ใช้งาน	จำนวนเต็ม	700

การออกแบบฐานข้อมูลที่ใช้ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ฐานข้อมูลที่ทำกรออกแบบ

ซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที จะตรวจสอบผลระดับการสั่นสะเทือนในช่วงเวลาที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ถ้าพบการสั่นสะเทือนภายในช่วงที่กำหนดจะทำการแจ้งเตือนไปที่แอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งาน แสดงดังภาพที่ 6



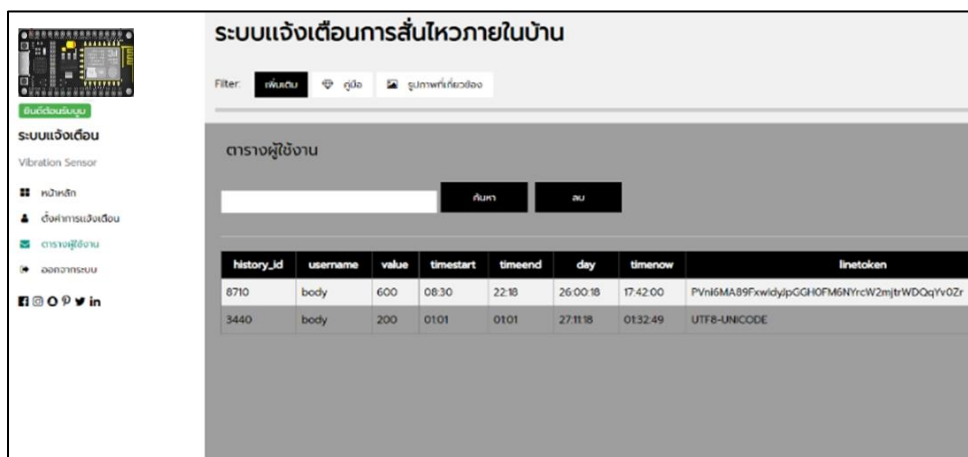
ภาพที่ 6 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

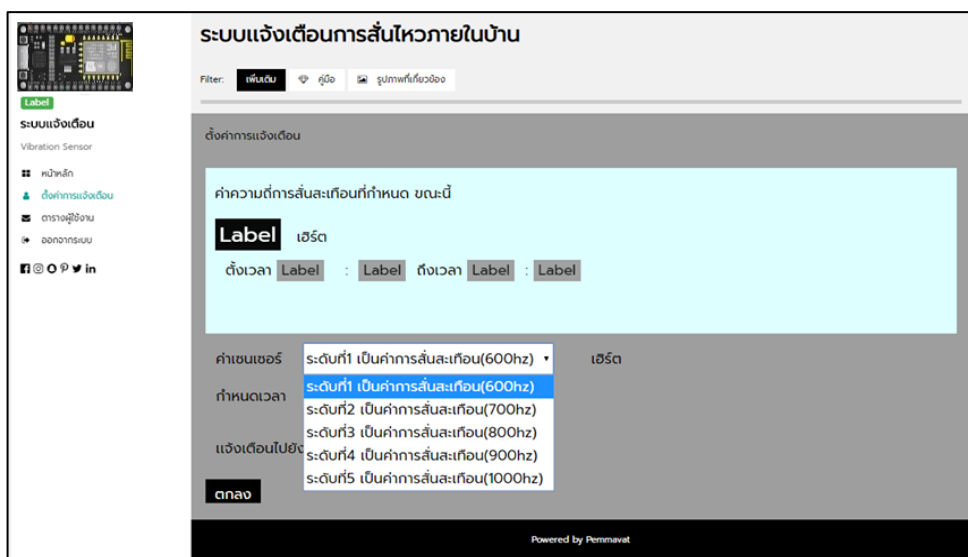
การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบได้ เช่น การกำหนดค่าระดับความสั่นสะเทือนสำหรับควบคุมเซนเซอร์การตรวจจับการสั่นสะเทือนโดยที่การออกแบบสนับสนุนการทำงานใน 2 ส่วนหลัก ดังนี้คือ

การใช้งานในส่วนของผู้ดูแลระบบ ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้ 1) การเข้าสู่ระบบ 2) การตรวจสอบประวัติการใช้งานระบบ 3) การค้นหาประวัติการตั้งค่าการแจ้งเตือน 4) การเพิ่มและลบข้อมูลผู้ใช้ และ 5) การตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้ ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 7 แสดงการใช้งานการตรวจสอบประวัติการใช้งานระบบ การใช้งานระบบผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

การใช้งานในส่วนของผู้ใช้งานระบบ ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้ 1) การเข้าสู่ระบบ 2) การกำหนดและตั้งค่าการแจ้งเตือนตามช่วงเวลาที่กำหนด 3) การตั้งค่าความถี่การสั่นสะเทือน โดยที่ผู้ใช้งานระบบสามารถเพิ่มเติมข้อมูลผู้รับการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันได้ด้วยการตั้งค่าไลน์โทเคน (Token)



ภาพที่ 7 หน้าจอการตรวจสอบประวัติการใช้งานระบบ



ภาพที่ 8 หน้าจอการตั้งค่าระดับการสั่นสะเทือนโดยผู้ใช้

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าจอการตั้งค่าช่วงเวลาในการตรวจสอบการสั่นสะเทือน และการตั้งค่าระดับการการสั่นสะเทือนที่ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดได้ ซึ่งระบบได้กำหนดระดับค่าของความสั่นสะเทือน 5 ระดับ เรียงจากน้อยไปมากดังนี้

- ระดับที่ 1 เป็นค่าการสั่นสะเทือน (600 เฮิร์ต) ค่าที่วัดในช่วง 600 ถึงน้อยกว่า 700 เฮิร์ต
- ระดับที่ 2 เป็นค่าการสั่นสะเทือน (700 เฮิร์ต) ค่าที่วัดในช่วง 700 ถึงน้อยกว่า 800 เฮิร์ต
- ระดับที่ 3 เป็นค่าการสั่นสะเทือน (800 เฮิร์ต) ค่าที่วัดในช่วง 800 ถึงน้อยกว่า 900 เฮิร์ต
- ระดับที่ 4 เป็นค่าการสั่นสะเทือน (900 เฮิร์ต) ค่าที่วัดในช่วง 900 ถึงน้อยกว่า 1000 เฮิร์ต
- ระดับที่ 5 เป็นค่าการสั่นสะเทือน (1000 เฮิร์ต) ค่าที่วัดได้เกินกว่า 1000 เฮิร์ต



ภาพที่ 9 การออกแบบหน้าจอเว็บแอปพลิเคชันที่สนับสนุนการทำงานบนอุปกรณ์พกพาหรือสมาร์ทโฟน

จากภาพที่ 9 เป็นการใช้งานระบบผ่านทางอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ หรือสมาร์ทโฟน โดยที่ภาพซ้ายเป็นการแสดงหน้าการเข้าสู่ระบบ ภาพกลางและขวามือเป็นส่วนของการตั้งค่าการสั่นสะเทือนที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน เป็นต้น

ผลการวิจัย

การทดสอบระบบที่พัฒนา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานแบบอัลฟา (Alpha Testing) โดยให้นำอุปกรณ์ไอโอทีและเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนติดที่ประตูบ้าน การใช้เว็บแอปพลิเคชันตั้งค่าการสั่นสะเทือนเพื่อทำการตรวจจับผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยที่ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินการทดสอบระบบตามหัวข้อในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

รายการ	ผลการทดสอบ
1. การตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน	เซนเซอร์ค่อนข้างไวต่อการตอบสนอง
2. อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต	ทันที
3. อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนรับข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต	ทันที
4. เว็บแอปพลิเคชันรับข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต	ทันที
5. เว็บแอปพลิเคชันส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต	ทันที
6. การตรวจสอบเงื่อนไขและส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์	บางครั้งเกิดการล่าช้าในการแจ้งเตือน
7. การเข้าสู่ระบบภายในเว็บแอปพลิเคชัน	เข้าสู่ระบบได้และแยกประเภทผู้ใช้ได้
8. การตั้งค่าแจ้งเตือนบนเว็บแอปพลิเคชัน	สามารถใช้งานได้
9. การเพิ่มผู้ใช้ของผู้ดูแลระบบ	สามารถเพิ่มข้อมูลได้
10. การดูข้อมูลผู้ใช้โดยผู้ดูแลระบบ	สามารถบัญชีผู้ใช้ ค้นหา และลบได้
11. การดูประวัติการเข้าใช้ระบบและการตั้งค่าการแจ้งเตือนโดยผู้ดูแลระบบ	สามารถทำได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผลที่ได้จากการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน มีดังนี้

1) การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน

การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน มี NodeMCU เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมเซนเซอร์การสั่นสะเทือนในการตรวจวัดค่าสั่นสะเทือนภายในบ้าน และทำการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการติดต่อกับเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ตต้องมีการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายด้วยอุปกรณ์ ESP8266 ที่ติดตั้งมากับ NodeMCU โดยอุปกรณ์จะทำหน้าที่ส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

2) การทำงานของเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต

เครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ตทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดค่าสั่นสะเทือนกับเว็บแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้น ในขณะเดียวกันเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต ยังเก็บข้อมูลไว้และอัปเดตข้อมูลได้ตลอดเวลา การติดต่อกับ NodeMCU จะทำการติดต่อผ่านเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ตที่ออกแบบฟิลด์ข้อมูลไว้ การติดต่อกับเว็บแอปพลิเคชันจะทำการติดต่อในรูปแบบ HTTP API โดยจะใช้ HTTP GET ทำหน้าที่ดึงข้อมูลไปใช้งาน และใช้ HTTP SET ในการรับข้อมูลกลับ ซึ่งทุกครั้งจะมีการคืนค่ากลับมาในรูปแบบของ JSON ไฟล์

3) การทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานของเว็บแอปพลิเคชันจำเป็นที่จะต้องทำการเข้าสู่ระบบก่อน โดยแบ่งประเภทผู้ใช้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ผู้ดูแลระบบ และ 2) ผู้ใช้ โดยการทำงานหลักจะอยู่ที่การแสดงค่าสั่นสะเทือนที่ดึงข้อมูลมาจากเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต และส่งข้อมูลการตั้งค่าการแจ้งเตือนไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้อุปกรณ์รับข้อมูลนี้ไปใช้ในการตรวจสอบและส่งการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ และการทำงานในส่วนการทำงานของผู้ดูแลระบบในการดูประวัติการเข้าใช้งานระบบ ดูประวัติการตั้งค่าการแจ้งเตือน เพิ่มผู้ใช้ ส่วนผู้ใช้สามารถเพิ่มข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้เองได้

สรุปและอภิปรายผล

ผลการดำเนินงานในส่วนของผู้ประมวลผลค่าสั่นสะเทือนสามารถทำงานได้ดี การตรวจวัดค่าสั่นสะเทือนเป็นไปค่อนข้างแม่นยำ สามารถรับและส่งข้อมูลกับเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ตได้ การส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดจากเว็บแอปพลิเคชันตามผู้กำหนด ผลการดำเนินงานในส่วนของผู้ประมวลผลค่าสั่นสะเทือน สามารถรับส่งข้อมูลได้ดีและมีประสิทธิภาพ

ผลการดำเนินงานในส่วนของผู้ประมวลผลค่าสั่นสะเทือน ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบได้ และระบบสามารถแยกประเภทของผู้ใช้ได้ถูกต้อง ผู้ใช้สามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชันตามสิทธิ์ของผู้ใช้ได้ การแสดงค่าสั่นสะเทือนเป็นไปอย่างถูกต้องตามที่อุปกรณ์ตรวจวัดได้ และสามารถส่งข้อมูลการตั้งค่าการแจ้งเตือนไปยังเครื่องแม่ข่ายอินเทอร์เน็ต ดังตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น เช่น งานวิจัยของ ไพโรจน์ และคณะ (2560) ที่มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว ESP8266 กับเซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สและเซ็นเซอร์ตรวจจับควันไฟ ที่ป้องกันอัคคีภัยภายในบ้าน ส่วนงานวิจัยนี้เป็นการนำเซ็นเซอร์ตรวจวัดความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันโจรกรรมจากการรัดประตูหรือหน้าต่าง โดยมีการพัฒนาโปรแกรมที่ให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบโอโอทีได้ง่ายขึ้นผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน พร้อมทั้งระบบแจ้งเตือน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Danilo และคณะ (2018) ที่เน้นเรื่องของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้คำนึงถึงในส่วนของการควบคุมการทำงานของโอโอทีที่มีการพัฒนาให้ง่ายขึ้น ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบและการแจ้งเตือนได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถกำหนดในช่วงเวลาที่ผู้ใช้ไม่ได้อยู่ในที่พักอาศัย และงานวิจัยของ Wang และคณะ (2016) ที่ระบบมีความยืดหยุ่นสามารถขยายขอบเขตและการตั้งค่าที่กว้างขึ้นทั้งอุปกรณ์ที่มีความเร็วต่ำและความเร็วสูงเพื่อนำมาใช้ในระบบตรวจสอบยานพาหนะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโอโอทีกับงานด้านต่าง ๆ ทำให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นถ้าคำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นหลัก ส่วนความยากของระบบโอโอทีคือการทำงานร่วมกันในหลายส่วนทำให้มีการใช้งานเทคโนโลยีที่มีความหลากหลาย อย่างไรก็ตามสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือประสิทธิภาพของระบบไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความเร็ว การจัดการและจัดเก็บข้อมูล การกรองข้อมูลซึ่งสามารถนำเทคนิคเหมืองข้อมูล (Data Mining) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

References

- Aly, M., Khomh, F., Guéhéneuc, Y.G., Washizaki, H., & Yacout, S. (2019). Is Fragmentation a Threat to the Success of the Internet of Things?. *IEEE Internet of Things Journal*, 6 (1), 472–487.
- Caivano, D., Cassano, F., Lanzilotti, R., & Piccinno, A. (2018). Towards an IoT Model for the Assessment of Smart Devices. *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces*, May 29 - June 1.
- Kheir, M., Tentzeris, M.M., Abdelgawad, A., & You, I. (2019). Guest Editorial Special Issue on Intrinsic Hardware Security for Internet of Things Infrastructure. *IEEE Internet of Things Journal*, 6 (1), 321–324.
- Luangwongsakon, P., Lilakiatsakun, W., Phumwuthisan, S., & Phiphatthanaudomdi, P. (2017). *kānprayukchai ESP8266 samrap rabop raksa khwāmploṭṭhai thī bān*. *Information Technology Journal*, 7, 2 (July - December), 44-55.
- Maiman, C., & Teekasap, S. (2016). Industry 4.0 the Future for Thai Industry. *EAU HERITAGE JOURNAL Science and Technology*, 10 (1), January-April, 14-28.
- Pignotti, E., & Edwards, P. (2013). Trusted tiny things: making the internet of things more transparent to users. *Proceedings of the International Workshop on Adaptive Security Article*, September 08–12, 1-4.
- Srimoon, K., Chayakun, T., Nirantasukrat, E., & Pongpaiboon, P. (2017). *kānsuksā priāpṭhiāp NETPIE kap phāentafoṃ Internet of Things ‘ūn*. The 13th National Conference on Computing and Information Technology, July, 680-685.
- Sumonphan, E., & Suchiang, T. (2013). *‘æphoplikhēchan khūāpkhum rabop faifa læ ‘unhaphūm nai rōngrūān liāng nōṃ mai*. The 5th Rajamangala University of technology national Conference, July, 686-695.
- Toemchokkasem, S., & Buaphan, J. (2010). "rabop raksa khwāmploṭṭhai nai bān". Retrieved January 15, 2019, from https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/july_sep_10/pdf/aw19.pdf
- Wang, S., Hou, Y., Gao, F., & Ji, X. (2017). A novel IoT access architecture for vehicle monitoring system. *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, February 9.
- Yeole, A.S., & Kalbande, D.R. (2016). Use of Internet of Things (IoT) in Healthcare: A Survey. *Proceedings of the ACM Symposium on Women in Research*, March 21-22, 71-76.