

**ระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟน
ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง**

**MOTORCYCLE STARTING AND TRACKING SYSTEM WITH SMARTPHONES
VIA INTERNET OF THINGS**

เอกรัตน์ สุขสุคนธ์¹, สันติ โสภประดิษฐ์², สาธิต กระชาน³, ภาณุมาศ ธีระนาวิ⁴, ภิญญาพัชญ์ แก้วมณีรุ่งโรจน์⁵

Aekkarat Suksukont¹, Sunti Sopapradit², Satit Krachan³, Panumad Teeranawee⁴,

Pinyapat Kaewmaneerungroj⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

^{1, 2, 3, 4, 5} Program in Computer Technology and Innovation

Faculty of Science and Technology, Southeast Bangkok College

*ผู้นิพนธ์หลัก เอกรัตน์ สุขสุคนธ์: ekk_ele@hotmail.com

* Corresponding author Aekkarat Suksukont : ekk_ele@hotmail.com

บทคัดย่อ

Received:	September 23, 2021
Revised:	October 26, 2021
Accepted:	November 8, 2021

ในปัจจุบันนี้ปัญหารถจักรยานยนต์ถูกขโมยเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการขโมยโดยยกรถจักรยานยนต์ไปทั้งคันหรือขโมยโดยการถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์ และปัญหาดังกล่าว สามารถป้องกันและแก้ไขได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ติดตั้งสัญญาณกันขโมย ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการล็อก แต่ทว่าปัญหานี้ก็ยังคงไม่หมดไปจากสังคม ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้สมาร์ทโฟนซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทุกคนต้องพกพาอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์ในการปกป้องรถจักรยานยนต์ โดยการออกแบบและการใช้สัญญาณดาวเทียมรถจักรยานยนต์ เพราะหากใช้สัญญาณดาวเทียมผู้ขับขี่เองอาจจะลืมกุญแจเสียไว้ที่รถจักรยานยนต์หรือกุญแจอาจจะหล่นหายไปอยู่ในมือของมิจฉาชีพ เมื่อทำการพัฒนาระบบนี้แล้วสามารถค้นหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ได้ จากการทดลองพบว่า 1) ปุ่ม On จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 2) ปุ่ม Start จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 3) ปุ่ม Stop จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 4) ปุ่ม GPS จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% รวมทั้งการแสดงตำแหน่ง Latitude กับ Longitude ได้อย่างแม่นยำ 5) ปุ่ม Alarm จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 76% เนื่องจาก Vibration sensor ที่ใช้เป็นเพียงอุปกรณ์ขั้นพื้นฐานในการทดลอง ผลการหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดีมากเท่ากับ 4.68

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ระบบติดตามตำแหน่ง, แอปพลิเคชัน

Abstract

At this moment, the motorcycles stealing is one of the most undesirable occurring incidents. The problem of motorcycles loss and damage are caused by many incident such as whole vehicle or some spare parts stealing. Problems can be prevented and solved by various methods such as installing a burglar alarm. Use different devices to lock, but this problem is still not gone from society. This article presents the use of smartphones, which are devices that everyone has to carry, to benefit the protection of motorcycles. By design and use of motorcycle starter keys because using the key, sometimes the driver may forget the key to the motorcycle or the key may be lost in the hands of a scammer. It can also find the location of the motorcycle. From the experiment, it was found that 1) On button from 100 tests, equal to 100% 2) Start button from 100 tests, equal to 100% 3) Stop button from 100 tests, equal to 100% 4) GPS button of 100 tests, equal to 100% including accurate latitude and longitude positioning 5) Alarm button of 100 tests, equal to 76 % because the vibration sensor used is only the basic equipment in the experiment. Satisfaction results of users of motorcycle starting and tracking system with smartphones via internet of things the overall average of results was very good at 4.68

Keyword: Internet of Things (IoT), Global Positioning System (GPS), Application

บทนำ

ปัจจุบันยานพาหนะถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการเดินทางในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น หนึ่งสิ่งที่มีคนนำมาใช้งานมากที่สุดก็คือรถจักรยานยนต์ เพราะรถจักรยานยนต์นั้นมีขนาดเล็ก สามารถขี่ไปได้หลากหลายสถานะแวดล้อม หาที่จอดได้ง่าย และมีราคาไม่แพงมากนัก แต่เนื่องจากรถจักรยานยนต์นั้นจำเป็นต้องผลิตในต้นทุนที่ต่ำ ทำให้ระบบของรถจักรยานยนต์นั้นด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ากว่ารถยนต์เป็นอย่างมาก เป็นข้อบกพร่องอันก่อให้เกิดการถูกโจรกรรมได้ง่าย แม้เจ้าของรถจักรยานยนต์จะทำการเพิ่มความปลอดภัยโดยการล็อกรถจักรยานยนต์ ล็อกล้อรถจักรยานยนต์ การติดตามเมื่อรถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรมเป็นไปได้ยากโดยเฉพาะในยามวิกาล หรือเจ้าของรถจักรยานยนต์นั้นอยู่ไกลกับรถจักรยานยนต์ จากงานวิจัยของ [1] เป็นการใช้งานระบบ GPS เพื่อตรวจจับวัตถุในการเคลื่อนที่รวมทั้งหาตำแหน่งที่ใช้เพื่อคำนวณการสูญเสียของพลังงานที่เกิดขึ้น งานวิจัยของ [2-3] การประยุกต์ระบบ GPS ร่วมกับ INS ในการนำทางเพื่อใช้สำหรับการระบุตำแหน่งในการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุ งานวิจัยของ [4] การเปรียบเทียบความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของ GPS กรณีศึกษาเบื้องต้น โดยทำการจำลองและใช้งานภายในเมือง เพื่อหาประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบติดตาม GPS งานวิจัยของ [5-6] เป็นการเลือกใช้ GPS และการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันและความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของวัตถุที่ติดตั้ง GPS และงานวิจัยของ [7-8] เป็นสร้างแอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นที่ด้วย GPS จากผลการทดลองระบบสามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำมาก

ดังนั้น การนำเทคโนโลยีระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาเพิ่มประสิทธิภาพให้กับรถจักรยานยนต์ในต้นทุนที่ถูกและมีประสิทธิภาพ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการลดปัญหาการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ โดยสามารถค้นหาและระบุตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ และสามารถสั่งการการทำงานของรถจักรยานยนต์ที่ถูกมีจฉาชีพโจรกรรมไปใช้งานได้ โดยการศึกษาและออกแบบระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ตโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เป็นการเชื่อมต่อไร้สายผ่าน SIM900 Shield เทคโนโลยีคลื่นความถี่ Quad-Band 850/900/1800/1900MHz ทำให้สามารถควบคุม ติดตาม

และแจ้งเตือนการถูกรังแกได้จากระยะไกล โดยติดตั้ง Application ที่สามารถติดตั้งลงใน สมาร์ทโฟนระบบ Android เพราะสมาร์ทโฟนในปัจจุบันเป็นสิ่งที่มนุษย์พกพาติดตัวไว้ตลอดเวลาเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร เราจึงพัฒนาจากที่สมาร์ทโฟนนั้นใช้ติดต่อสื่อสารกันระหว่างบุคคลกับบุคคล งานวิจัยนี้จึงพัฒนาความสามารถให้บุคคลนั้นสามารถติดต่อกับรถจักรยานยนต์ของตนเองได้ เพื่อลดปัญหาการจราจรรถจักรยานยนต์ทำให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีมิจกซ์กำลังจะทำการจราจรรถจักรยานยนต์ สามารถค้นหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์เมื่อเจ้าของรถจักรยานยนต์ลืมสถานที่จอดหรือถูกเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาและออกแบบระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. เพื่อพัฒนาระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
3. เพื่อประเมินระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ทฤษฎีในการทำวิจัย

Global System for Mobile Communications

GSM ย่อมาจาก Global System for Mobile Communications เป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือที่ได้รับ ความนิยมมากที่สุดในโลก ปัจจุบันมีผู้ใช้มากกว่า 1.5 พันล้านคนใน 210 ประเทศ GSM เป็นมาตรฐานเปิดภายใต้การดูแล ของ 3GPP คือ มาตรฐานโทรศัพท์ คลื่นที่จัดทำโดยกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก เป็นระบบที่ได้รับความนิยมจากประเทศ ต่าง ๆ ทั่วโลก GSM ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับช่องสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสียงแบบ TDMA ซึ่งแตกต่างจาก เทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือก่อนหน้านี้ จึงถือว่าเป็นโทรศัพท์มือถือในยุคที่สอง หรือ 2G มีพัฒนาการมาจากโทรศัพท์แบบ เซลลูลาร์ จนกลายมาเป็น GSM ในปี 1990 ที่มีความเสถียรมากที่สุด ในยุคแรกเมื่อประมาณสิบปีที่แล้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้ระบบ About log เช่น ระบบ AMPS-Advanced Mobile Phone Service ที่เน้นการใช้งานคลื่นเสียงแต่ด้วยการขยายตัว ขณเดียวกันแถบความถี่หรือแบนด์วิดท์ ของการใช้งานก็มีจำกัด [9] ตามสถิติที่สะสมโดยองค์กรที่รู้จักกันในนามของสมาคม GSM ว่าประมาณร้อยละ 80 ของโทรศัพท์มือถือทั่วโลกเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายนี้ โทรศัพท์ในเครือข่ายประเภทนี้ใช้การ์ด Subscriber Identity Module (SIM) ในขณะที่โทรศัพท์ที่ใช้เทคโนโลยีที่เป็นคู่แข่งสำคัญคือ Code Division Multiple Access (CDMA) เครือข่าย GSM ทำงานด้วยความถี่ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ไม่ว่าจะเป็น 2G หรือ 3G แต่ละความถี่ จะถูกแบ่งย่อยเป็นช่องทางที่แตกต่างกันซึ่งอนุญาตให้ส่งข้อมูลดิจิทัลสั้น ๆ ผ่านการเชื่อมต่อ GSM เครือข่ายในอเมริกา เหนือทำงานด้วยความถี่ที่แตกต่างจากในยุโรปหรือเอเชีย สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้โทรศัพท์มือถือในบางส่วนของโลก และแคนาดาและสหรัฐอเมริกาได้จัดสรรความถี่สำหรับการใช้งานอื่น ๆ แล้วซิมการ์ดบนระบบ GSM โทรศัพท์ในเครือข่าย GSM มักใช้ SIM การ์ดซึ่งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับโทรศัพท์และผู้ใช้ทำให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลนั้นไปยังอุปกรณ์อื่นได้อย่างง่ายดาย ผู้ให้บริการระบบ GSM หลายรายใช้ "การล็อก SIM" เพื่อให้บุคคลในเครือข่ายนั้น ๆ ในช่วงระยะเวลาของสัญญา เมื่อสัญญา เสร็จสมบูรณ์แล้วสามารถใช้การ์ดในโทรศัพท์เครื่องใหม่หรือในเครือข่ายอื่น เทคโนโลยีการแข่งขัน CDMA ไม่ใช้การ์ดเหล่านี้ และต้องการข้อมูลที่เก็บไว้ในโทรศัพท์เพื่อถ่ายโอนด้วยตนเองหรือผ่านการเชื่อมต่อ [10]

Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 2539 โดย Atmel ซึ่งได้มาโดย Microchip Technology ในปี 2559 เหล่านี้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดียว 8 บิต RISC แบบ 8 บิต

ของ Harvard ที่ได้รับการดัดแปลง AVR เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลแรกที่ใช้หน่วยความจำแฟลชบนชิปสำหรับการจัดเก็บโปรแกรม ซึ่งต่างจาก ROM ที่ตั้งโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว , EPROM หรือ EEPROM ที่ใช้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นในขณะนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR รุ่นเก่าหลายรุ่น: ATmega8 ในแพ็คเกจคูอินไลน์แคบ 28 พิน (DIP -28N), ATmega128A1 ในแพ็คเกจแพ็คเกจสี่เหลี่ยมแบนสี่เหลี่ยมบาง 100 พิน (TQFP -100), ATtiny45 ในโครงร่างขนาดเล็ก 8 พิน (SO -8) แพคเกจ ATmega328 P ในแพ็คเกจคูอินไลน์แคบ 28 พิน (DIP -28N) มันเป็นเรื่องที่พบได้ทั่วไปใน Arduino บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR พบการใช้งานเป็นจำนวนมากในระบบฝังตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานอดิเรกและแอปพลิเคชันฝังตัวเพื่อการศึกษาซึ่งเป็นที่นิยมโดยการรวมไว้ในบอร์ดพัฒนาฮาร์ดแวร์แบบเปิดของ Arduino โดยภาพรวม AVR เป็นเครื่องสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ที่ได้รับการดัดแปลงโดยที่โปรแกรมและข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในระบบหน่วยความจำกายภาพแยกจากกัน ซึ่งปรากฏในช่องว่างที่อยู่ต่างกัน แต่มีความสามารถในการอ่านรายการข้อมูลจากหน่วยความจำของโปรแกรมโดยใช้คำสั่งพิเศษ[11] ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อไปได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อไป

Global Positioning System Module

จีพีเอส (GPS) มีหลักการทำงานโดยอาศัยคลื่นวิทยุ และรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR จำนวน 24 ดวง ที่โคจรรอบโลกวันละ 2 รอบและมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ทุกๆ จุดบนผิวโลก ใช้นำร่องจากที่หนึ่งไปที่อื่นตามต้องการ ใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่างๆ การทำแผนที่ การทำงานรังวัด (Surveying) ตลอดจนใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

องค์ประกอบของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ [12]

1. ส่วนอวกาศ (Space segment)
2. ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) และ
3. ส่วนผู้ใช้ (User segment)

ส่วนอวกาศ (Space segment) เป็นส่วนที่อยู่บนอวกาศจะประกอบด้วย ดาวเทียม 24 ดวง โดยมีดาวเทียม 21 ดวงทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากอวกาศ (Space Vehicles, SVs) ส่วนอีก 3 ดวง เป็นดาวเทียมปฏิบัติการเสริม วงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาโคจร 12 ชั่วโมง ต่อ 1 รอบ โดยจะมี ทั้งหมด 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง วงโคจรมีมุมเอียง 55° กับระนาบศูนย์สูตรและห่างกัน 60° วงโคจรในลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงอยู่บนท้องฟ้าทุกๆ จุดบนพื้นผิวโลก ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดาวเทียมชุดแรก เรียก GPS Block I มีทั้งหมด 10 ดวง ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นชุดของนาฬิกาอะตอมมิก แปรออกเป็นแหล่งกำเนิดความถี่ปิเดียม 2 เรือน และ ซีเซียม 2 เรือน ทำให้เวลามาตรฐานของ ดาวเทียมมีความถูกต้องสูงมาก นาฬิกาดังกล่าวช่วยในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียม กับเครื่องรับสัญญาณเพื่อที่จะคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งได้

ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) ประกอบไปด้วยสถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบ (Operational Control System : OCS) ที่กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโลกมีหน้าที่ปรับปรุงให้ข้อมูล ดาวเทียม มีความถูกต้องทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โดยแบ่งออกเป็น

สถานีควบคุมหลัก ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศในเมืองโคโลราโดสปริงส์ มลรัฐโคโลราโดของสหรัฐ (Colorado Springs) สถานีติดตามดาวเทียม 5 แห่ง ทำการรังวัดติดตามดาวเทียมตลอดเวลา โดยตั้งอยู่ที่หมู่เกาะฮาวาย (Hawaii) ในมหาสมุทรแปซิฟิก หมู่เกาะแอสเซนชัน (Ascension) มหาสมุทรแอตแลนติกหมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia) มหาสมุทรอินเดียหมู่เกาะควาจาเลียน (Kwajalein) ประเทศฟิลิปปินส์ และเมืองโคโลราโดสปริงส์ สถานีรับส่งสัญญาณ 3 แห่ง ได้แก่ หมู่เกาะควาจาเลียน หมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย และ หมู่เกาะแอสเซนชัน

ส่วนผู้ใช้ (User segment)

ผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลเรือน (Civilian) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับทางทหาร (Military) ในส่วนของผู้ใช้จะมีหน้าที่พัฒนาเครื่องรับสัญญาณให้ทันสมัยและสะดวกแก่การใช้งาน สามารถที่จะใช้ได้ทุกแห่งในโลก และให้ค่าที่มีความถูกต้องและระบบได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันมีดาวเทียมในวงโคจรทั้งหมด 31 ดวง และให้ความแม่นยำอยู่ที่ 30 cm. - 5 m.

Vibration sensor

ความสั่นสะเทือน (Vibration) คือ การแกว่งหรือการสั่นของวัตถุรอบ ๆ จุดสมดุล เช่น การแกว่งของลูกตุ้ม การสั่นสะเทือนของปั๊มน้ำ หรือการสั่นสะเทือนของลำโพง เป็นต้น เครื่องจักรหรือมอเตอร์ในอุตสาหกรรมทุกชนิด จะมีความสั่นที่บ่งบอกถึงสภาพของเครื่องจักร ถ้าค่าความสั่นที่วัดได้มีค่าสูง อาจมีสาเหตุมาจากเครื่องจักรเกิดความไม่สมดุล หรือมีชิ้นส่วนใดเคลื่อนหรือหลุดไปจากตำแหน่งปกติ ซึ่งจำเป็นต้องทำการบำรุงรักษา หากปล่อยให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่องหรือรุนแรง อาจทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายได้

Internet of Things

Internet of Things หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการกล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังต่อไปนี้ [13]

1. การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น (Short-Range Devices) เป็นรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระยะสั้นมากโดยใช้กำลังส่งต่ำมากเหมาะสำหรับการสื่อสารในพื้นที่ครอบคลุมขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (Peer-to-peer) หรือการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายก็ได้ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น WiFi, Bluetooth, Z-Wave และ ZigBee เป็นต้น

2. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นรูปแบบการให้บริการที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้าง โดยอาศัยการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องลูกข่าย IoT เข้ากับโครงข่ายพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่แล้ว ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น เทคโนโลยี NB-IoT และ LTE-M เป็นต้น

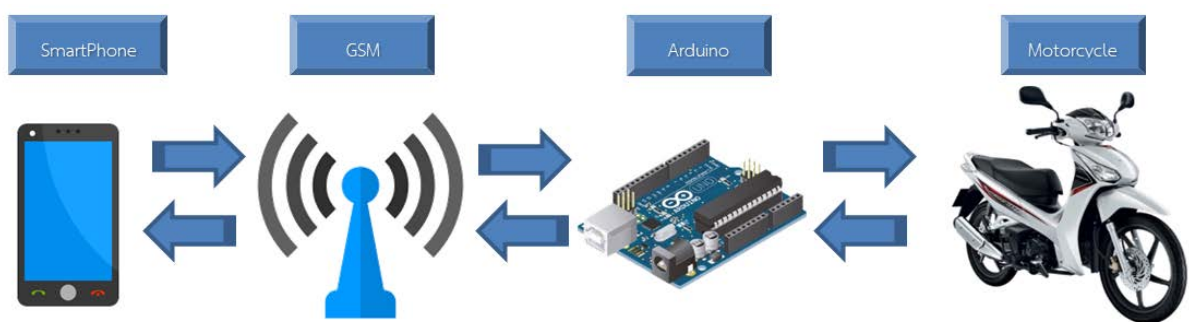
3. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายกำลังส่งต่ำบริเวณกว้าง Low Power Wide Area Network (LPWAN) โดยเน้นใช้งานในลักษณะการสื่อสารแบบ Narrow Band หรือ Ultra Narrow Band ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำมาก ประหยัดพลังงานมาก และมีราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยที่ต่ำ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะ

ดังกล่าว เช่น LoRaWAN, SigFox และ Ingenu เป็นต้น

4. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารดาวเทียม เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อที่เหมาะสมกับการใช้งานที่มีพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการที่กว้างมาก แต่การเชื่อมต่องดังกล่าวจะมีระยะเวลาการตอบสนอง (Latency) ช้ากว่าการเชื่อมต่อรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางไป-กลับ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นโลกและดาวเทียม

วิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบแผนผังการทำงาน



รูปภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นั้นถูกออกแบบโดยเริ่มจากการใช้สมาร์ทโฟนที่เป็นอุปกรณ์สื่อสารระยะไกลมาเชื่อมต่อกับเครือข่าย GSM ซึ่งเป็นเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับช่องสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสียงแบบ Time Division Multiple Access (TDMA) ใช้สำหรับรับส่งข้อความ SMS กับบอร์ด Arduino ที่ใช้สำหรับระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ถูกติดตั้งไว้ในรถจักรยานยนต์ เพื่อนำมาปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของรถจักรยานยนต์ สิ่งานการสตาร์ทรถจักรยานยนต์ ป้องกันการขโมยรถจักรยานยนต์ ค้นหาและระบุตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ได้

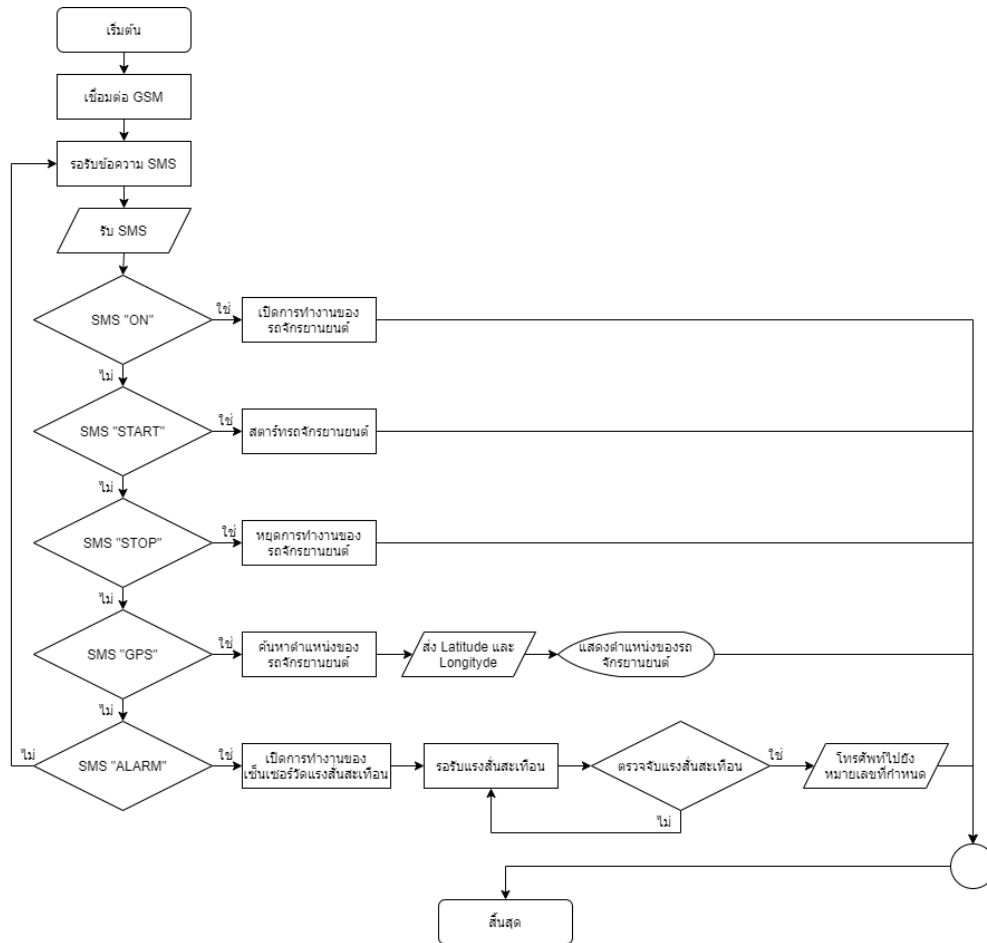
การออกแบบระบบ

ในการออกแบบระบบได้พิจารณาจากการเกิดปัญหาของการโจรกรรมรถจักรยานยนต์และปัญหาการลืมกุญแจรถจักรยานยนต์ ซึ่งการถูกโจรกรรมรถจักรยานยนต์นั้นมีบ่อยมากขึ้น จึงนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เข้ามาช่วยเรื่องความปลอดภัย ถ้าเกิดการโจรกรรมกับรถจักรยานยนต์ที่ถูกติดตั้งอุปกรณ์จะมีการโทรเข้าไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ถูกเชื่อมต่อไว้

ในรูปที่ 2 การออกแบบระบบการทำงานของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เมื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย GSM ถัดมาตัวระบบจะทำการรอรับ SMS เพื่อสั่งการระบบ เมื่อได้รับ SMS จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขทั้งหมด 5 เงื่อนไข คือ 1) SMS = ON เมื่อได้รับข้อความ SMS เป็นคำว่า ON ระบบจะทำการเปิดการทำงานของรถจักรยานยนต์ 2) SMS = START เมื่อได้รับข้อความ SMS เป็นคำว่า START ระบบจะทำการสตาร์ทรถจักรยานยนต์ 3) SMS = STOP เมื่อได้รับข้อความ SMS เป็นคำว่า STOP ระบบจะทำการหยุดการทำงานของ

รถจักรยานยนต์ 4) SMS = GPS เมื่อได้รับข้อความ SMS เป็นคำว่า GPS ระบบจะทำการค้นหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ เมื่อค้นหาเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการส่งค่า Latitude และ Longitude ออกไป เพื่อไปแสดงออกที่แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน

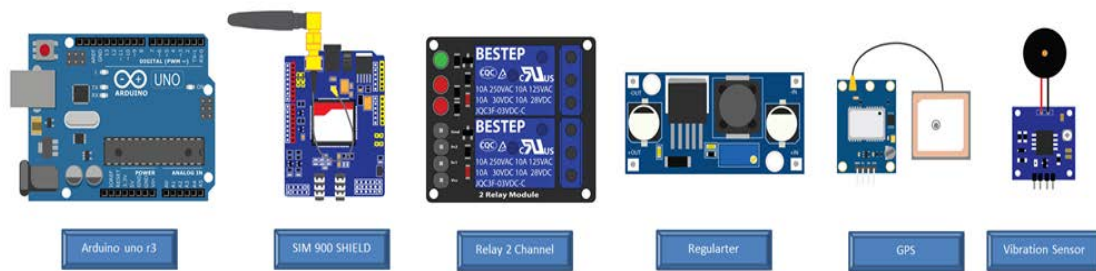
5) SMS = ALARM เมื่อได้รับข้อความ SMS เป็นคำว่า ALARM จะเปิดการทำงานของเซนเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือนเสร็จแล้ว ระบบจะทำการรอรับค่าแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากการตรวจจับของเซนเซอร์ เมื่อตรวจจับแรงสั่นสะเทือนได้ระบบจะโทรศัพท์ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนดไว้และสิ้นสุดการทำงาน หากไม่ตรงเงื่อนไขในการรับ SMS จะกลับไปยังส่วนของการรอรับข้อความ SMS



รูปภาพที่ 2 การออกแบบระบบการทำงาน

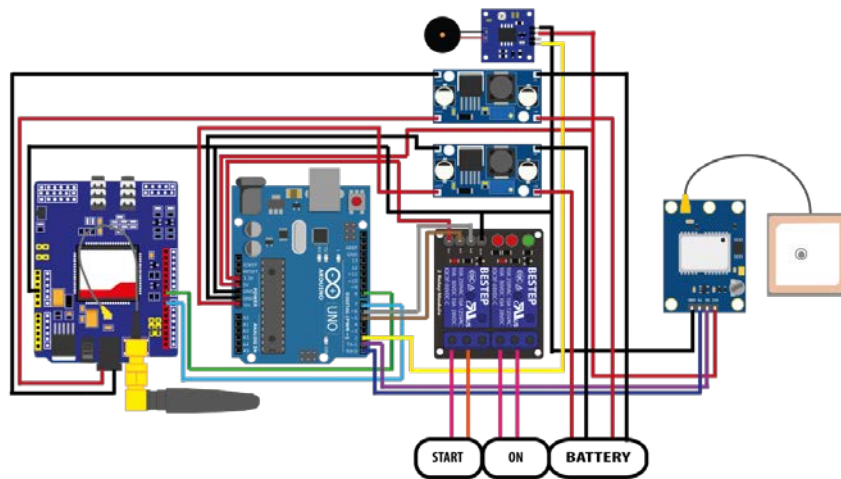
การออกแบบฮาร์ดแวร์

ส่วนที่ 1 จากการศึกษาข้อมูลหลังจากที่ได้กำหนดหัวข้อเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้น ได้ทำการตัดสินใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่อไปนี้ ดังรูปที่ 3



รูปภาพที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบ

ส่วนที่ 2 การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันพร้อมทดสอบการทำงาน



รูปภาพที่ 4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

จากรูปที่ 4 การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันนั้นแสดงการทำงานโดยการแบ่งเป็นแหล่งจ่าย อินพุตและเอาต์พุต แหล่งจ่ายจะแบ่งเป็น 2 แหล่งจ่าย โดยผ่านบอร์ด Regulator Step Down LM2596 DC-DC 4V-35V to 1.23V-30V 3A เพื่อแปลงไฟให้กับบอร์ดในระบบ 1) แหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด Arduino UNO R3 SMD 2) แหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด SIM900 Shield หลังจากนั้นบอร์ด Arduino UNO R3 SMD จะเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด Vibration Sensor Piezoelectric, Relay Module 3V 3.3V 2 Channel และ NEO-6M GPS Module ในส่วนของอินพุตนั้นจะเป็นบอร์ด Vibration Sensor Piezoelectric ใช้เพื่อตรวจจับแรงสั่นสะเทือน และ NEO-6M GPS Module ใช้ในการรับสัญญาณ GPS ในส่วนของเอาต์พุตนั้นจะเป็นบอร์ด Relay Module 3V 3.3V 2 Channel ใช้ในการสั่งงานการเปิดปิดการทำงานของโหลดที่นำมาต่อใช้งาน มีส่วนประมวลผลคือบอร์ด Arduino UNO R3 SMD และมีบอร์ด SIM900 Shield ในการรับส่งข้อมูลไร้สายระยะไกลผ่านสัญญาณเครือข่าย GSM รูปแบบ SMS ในการสื่อสารระหว่างระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นั้นถูกออกแบบเพื่อให้ตอบสนองกับวัตถุประสงค์ของโครงการและสอดคล้องกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ได้กำหนดไว้จาก

การศึกษาและค้นคว้าแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นั้นถูกออกแบบซอฟต์แวร์บนพื้นฐานของภาษา C ผ่านโปรแกรม Arduino IDE

การออกแบบแอปพลิเคชัน

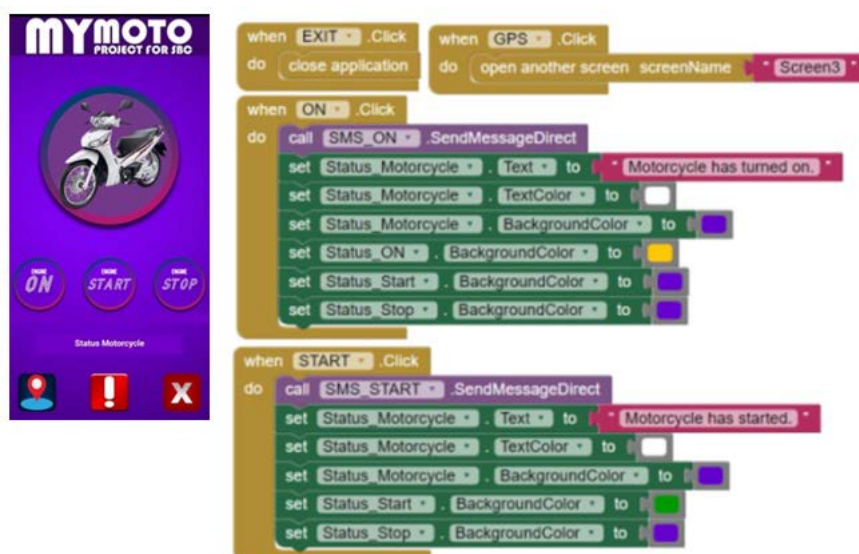
การสร้างแอปพลิเคชันเพื่อเชื่อมต่อ SIM900 Shield ใน Arduino board มีความจำเป็นอย่างมากเนื่องจากระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นั้นจะการใช้การสั่งงานและการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนเป็นหลัก

1) QR Code ในการดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันและการทำงานใน screen 1



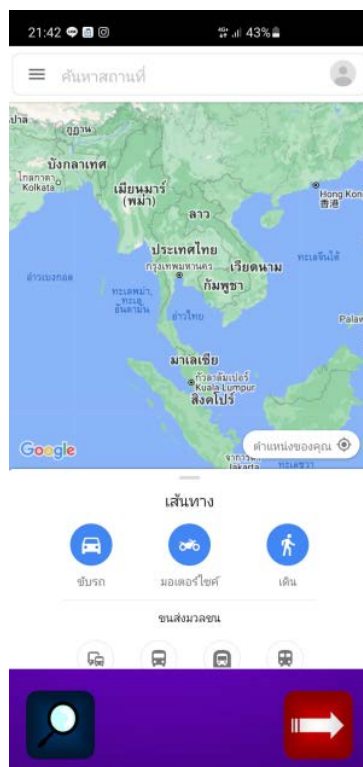
รูปภาพที่ 5 การออกแบบรูปแบบของแอปพลิเคชัน

2) การออกแบบหน้าต่างแอปพลิเคชันในการสั่งงานบอร์ด Arduino



รูปภาพที่ 6 การเขียนโปรแกรมของแอปพลิเคชัน

3) การออกแบบหน้าต่างแอปพลิเคชันในส่วนของการค้นหาตำแหน่งของรถจักรยานยนต์



รูปภาพที่ 7 หน้าต่างของแอปพลิเคชันระบุตำแหน่ง

ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของโครงงานระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งได้ทำการแบ่งการทดสอบเป็น 5 ระบบ อยู่ในพื้นที่บริเวณกลางแจ้งและลานกว้าง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การทดสอบการทำงานของระบบ	ทำงาน	ไม่ทำงาน	ร้อยละ (%)	แปลผล
ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปุ่ม On	100	0	100%	ดีมาก
ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปุ่ม Start	100	0	100%	ดีมาก
ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปุ่ม Stop	100	0	100%	ดีมาก
ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปุ่ม GPS	100	0	100%	ดีมาก
ผลการทดสอบแรงสั่นสะเทือนจากฟังก์ชัน Alarm	76	24	76%	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่าผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม On ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม Start ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม Stop ผลจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม GPS สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพระบบมีการทำงานทุกครั้งจากทั้งหมด 100 ครั้ง อยู่ในระดับที่ดีมากสามารถนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันได้จริง ในส่วนของผลการทดสอบแรงสั่นสะเทือนจากฟังก์ชัน Alarm มีประสิทธิภาพ 76% เนื่องจากในการทดสอบการเซ็นรถจักรยานยนต์และการเซ็นรถจักรยานยนต์บนถนนพื้นผิวเรียบนั้นไม่สามารถสร้างแรงสั่นสะเทือนได้ ทำให้ระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้นไม่สามารถตรวจจับแรงสั่นสะเทือนได้ ส่วนการทดสอบการเซ็นรถจักรยานยนต์บนถนนพื้นผิวขรุขระและการเซ็นรถจักรยานยนต์ผ่านคอสพานนั้นมีประสิทธิภาพในการตรวจจับได้ในเกณฑ์ที่ดี แต่เนื่องจากมีตัวแปรในด้านของพื้นถนนเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งเป็นตัวแปรที่แปรผันได้แล้วแต่สถานการณ์และสถานที่ที่ทดสอบจึงทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนได้

ตารางที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ประสิทธิภาพของการทำงาน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
การสตาร์ทผ่านระบบอัตโนมัติ	4.80	0.65	ดีมาก
ความสามารถในการระบุตำแหน่ง	4.50	0.58	ดีมาก
ความสะดวกในการใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน	4.60	0.75	ดีมาก
ลดความสูญเสียของพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟ	4.80	0.65	ดีมาก
ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	4.68	0.80	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจจากการตอบแบบสอบถามทั้งหมด 10 คนแบ่งเป็น เพศชาย 5 คน เพศหญิง 5 คน โดยใช้สูตร $\bar{x}$ และ S.D. ในการหาค่าเฉลี่ยของผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ 4.68 อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการรวมถึงการศึกษาถึงวิธีการดำเนินงานสร้างและทำการทดสอบการทำงานปรากฏว่าระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถทำงานและควบคุมระบบไฟฟ้าภายในรถจักรยานยนต์ได้จริง เมื่อมีการส่งข้อมูลไปยังเครื่องสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ตั้งค่าเอาไว้ในรถจักรยานยนต์ Honda Wave 125i ปี 2014 ซึ่งมีระบบสตาร์ทด้วยระบบไฟฟ้าและใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V 5A ในที่เก็บสัมภาระใต้เบาะรถจักรยานยนต์ โดยสามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android และสามารถติดตั้งเพื่อใช้งานได้กับรถจักรยานยนต์ทุกยี่ห้อ ที่มีระบบสตาร์ทด้วยระบบไฟฟ้าสามารถแจ้งเตือนโดยมีการโทรเข้ามายังสมาร์ทโฟนที่ได้ทำการติดตั้งแอปพลิเคชันไว้ เจ้าของสมาร์ทโฟนยังสามารถค้นหารถจักรยานยนต์ที่ตั้งระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้โดยแสดงออกมาเป็นแผนที่ของ Google map จากการทดสอบการทำงานฟังก์ชันทั้งหมดของระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 1) ปั๊ม On จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 2) ปั๊ม Start จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 3) ปั๊ม Stop จากการทดสอบ

ทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% 4) ปุ่ม GPS จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100% รวมทั้งการแสดงตำแหน่ง Latitude กับ Longitude ได้อย่างแม่นยำ 5) ปุ่ม Alarm จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 76% เนื่องจาก Vibration sensor ที่ใช้เป็นเพียงอุปกรณ์ขั้นพื้นฐานในการทดลอง ผลการหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสตาร์ทและติดตามรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ค่าเฉลี่ยโดยรวมที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากเท่ากับ 4.68

ข้อเสนอแนะ

1. แอปพลิเคชันควรรองรับระบบปฏิบัติการ IOS และควรมีการสร้างบัญชีและรหัสผ่านเพื่อความปลอดภัยและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน
2. ควรปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ให้กินกระแสไฟฟ้าที่น้อยกว่านี้เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jie Liu, Bodhi Priyantha, Ted Hart, Yuzhe Jin, Woosuk Lee and Vijay Raghunathan, *CO-GPS: Energy Efficient GPS Sensing with Cloud Offloading*, IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 15, No. 6, pp. 1348-1361, 2016.
- [2] Guangcai Wang, Xiaosu Xu, Yiqing Yao and Jinwu Tong, *A Novel BPNN-Based Method to Overcome the GPS Outages for INS/GPS System*, IEEE Access, Vol. 7, pp. 82134-82143, 2019.
- [3] Yuxin Zhang, *A Fusion Methodology to Bridge GPS Outages for INS/GPS Integrated Navigation System*, IEEE Access, Vol. 7, pp. 61296-61306, 2019.
- [4] Budi Sujatmik, Nury Fitria, Dini Fathania, Argita D Salindri and Bachti Alisjahbana, "Comparison of Accuracy Between Smartphone-GPS and Professional-GPS for Mapping Tuberculosis Patients in Bandung City (A Preliminary Study)," *International Conference on Instrumentation, Communications Information Technology and Biomedical Engineering*, pp. 299-303, 2017.
- [5] Kouhei Yoshida and Takatoshi Sugiyama, "Calculated Distance Error Improvement by Using Drones in Relay Type GPS," *International Conference on Information and Communication Technology Convergence*, pp. 792-794, 2020.
- [6] Tam Lam Mou, Wog Pak Kin, Wong Hang Cheong, Lao Hangyuan and Xie Zhengchao, "A Case Study on Testing and Performance Evaluation of Electric Motorcycles to Discuss the Environmental Impact of Urban Area in Macao," *International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications*, pp. 9-12, 2013.
- [7] Muhamad Asyraf Mat Hussin and Norliza Zaini, "Android-Based motorcycle safety notification system," *IEEE Conference on Systems, Process and Control*, pp. 88-93, 2017.
- [8] Achmad Mustofa Luthfi, Nyoman Karna and Ratna Mayasari, "Google Maps API Implementation On IOT Platform For Tracking an Object Using GPS," *IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile*, pp. 126-131, 2019.

-
- [9] C. Kawinthida, "Global System for Mobile Communications," [Online]. Available: https://docs.google.com/document/edit?id=1AwLhduzXOUvm3f_CdkJlkfasDUm4zGVe6RO0aREKCYs&hl=en. [Accessed: 7 September, 2020].
- [10] "What is a GSM network?," [Online]. Available: <https://www.netinbag.com/th/technology/what-is-a-gsm-network.html>. [Accessed: 10 September, 2020].
- [11] "AVR microcontroller," [Online]. Available: https://hmong.in.th/wiki/AVR_microcontroller. [Accessed: 10 September, 2020].
- [12] L. Thira, "Introduction to GPS Satellite Technology," *Thaksin University Journal*, vol 9, no.1, pp.93-98, January-June 2006.
- [13] Office of the Broadcasting Commission television business and the National Telecommunications (NBTC), "Internet of Things Technology and Thailand 4.0 Policy," Thailand World Economic Outlook Database, Apr 2012, International Monetary Fund 2017, [Online]. Available: <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/>. [Accessed: 10 September, 2020]