อุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยการแจ้งเตือนผ่านคลื่นวิทยุ

Anti-theft device for car : Alert system using radio wave

เกียรติศักดิ์ ลาภพาณิชยกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง: อุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยการแจ้งเตือนผ่านคลื่นวิทยุ

ผู้วิจัย: นายเกียรติศักดิ์ ลาภพาณิชยกุล

พ.ศ.: 2562

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาการโจรกรรมรถยนต์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเป็นปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และอาชญากรข้ามชาติ ถึงแม้จะมีอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์อยู่ในท้องตลาดจำนวนมากทั้งอุปกรณ์ล็อคเกียร์, อุปกรณ์ล็อกพวงมาลัย, อุปกรณ์ล็อคเบรคครัช, ระบบ TDS หรือระบบส่งสัญญาณด้วยเสียง, Wireless Door-lock Remote Control System และอุปกรณ์ติดตามรถด้วย GPS รายการอุปกรณ์ที่กล่าวมาทั้งหมดมีอุปกรณ์ติดตามรถด้วย GPS เป็นอุปกรณ์ที่น่าสนใจโดยอาศัยหลักการในการเชื่อมต่อกับสัญญาณโทรศัพท์ในการส่ง GPS location ไปยังมือถือของเจ้าของรถในกรณีที่มีการโจรกรรมรถยนต์เกิดขึ้น แต่อุปกรณ์ดังกล่าวยังไม่ได้รับความนิยมในท้องตลาดเนื่องจากมีค่าบริการค่อนข้างแพง และมีการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวในลักษณะที่เจ้าของรถยนต์ต้องการทราบตำแหน่งที่อยู่ของรถยนต์เท่านั้น ทำให้การป้องกันปัญหาการโจรกรรมรถยนต์จะทำได้หลังจากที่รถยนต์ได้ถูกโจรกรรมไปแล้ว และเจ้าของได้รับรู้ถึงการโจรกรรมรถยนต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งแตกต่างจากอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เมื่อมีคนพยายามเข้ามาโจรกรรมรถยนต์ระบบจะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในรถยนต์ และส่งตำแหน่ง GPS location ไปยังเจ้าของรถยนต์แบบทันทีทันใด และอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นอาศัยเทคโนโลยีของ LoRa ในการส่งข้อมูลซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าอุปกรณ์ติดตามรถยนต์ด้วย GPS ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

Title : Anti-theft device for car : Alert system using radio wave

Researcher : Kreadtisak Lappanitchayakul

Year : 2019

Abstract

Currently, car theft in Thailand is one problem that affects the economy and involves transnational criminals, although there are many anti-theft devices available on the market. These mechanisms include gear locking devices, steering wheel locking devices, clutch/brake locking systems, TDS systems, voice transmissions, wireless door-lock remote control system, and GPS car tracking devices. Of the mentioned devices the GPS tracking devices are interesting as they use the principle of connecting to the cell phone system to send, on-demand, the GPS location of the car to the owner's phone in the case that the vehicle is stolen. However, these devices are not popular in the marketplace because the service fees are quite expensive. Also, the function of these devices is to send the vehicles location to the verified car owner, so the protection function is activated after the vehicle is stolen and the owner is only then aware that the car has been stolen. This is different from the devices that researchers have developed. The researcher's equipment for when someone tries to steal a vehicle is the system will detect the movement inside the car and send the GPS location to the car owner instantaneously. Additionally, the device was developed by using LoRa technology to transmit the data, giving a lower operating cost than by using a GPS tracking device as sold on the market presently.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนหัวข้อการวิจัยจากคณะบริหารธุรกิจ และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2562 คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

และขอขอบพระคุณบุคลากรคณะบริหารธุรกิจทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นายเกียรติศักดิ์ ลาภพาณิชยกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญรูป	(จ)
สารบัญตาราง	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎี	4
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	31
3.1 เงื่อนไขในการออกแบบ	31
3.2 การดำเนินการออกแบบ	11
บทที่ 4 ผลการวิจัย	39
4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 1	39
4.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 2	40
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ประวัติผู้วิจัย	46

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของมาตรฐาน Wi-Fi 9
ตารางที่ 2-2 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยี LoRa กับเทคโนโลยีอื่นๆ 11
ตารางที่ 2-3 LoRa Regional Summary 13
ตารางที่ 2-4 The compared of Low Power Wireless Technology 14

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 สถาปัตยกรรม Bluetooth 4
รูปที่ 2-2 สถาปัตยกรรม Zigbee 6
รูปที่ 2-3: LoRA Key Features 10
รูปที่ 2-4: LoRa Gateway 11
รูปที่ 2-5: LoRa WAN Architecture 11
รูปที่ 2-6: LoRa Network Architecture 12
รูปที่ 2-7 GPS Navigation and Tracking Device 15
รูปที่ 2-8 BSGPS program interface 16
รูปที่ 2-9 Sirf (Demo) program interface 17
รูปที่ 2-10 Message receive from MCU 17
รูปที่ 2-11 บอร์ด ST32 Starter Kit 18
รูปที่ 2-12 การทำงานของ Application Server 19
รูปที่ 2-13 การทำงานของ Web Application 19
รูปที่ 2-17 ภาพรวมของระบบการแจ้งเตือนเด็กพลัดหลงบริเวณชายหาด 21
รูปที่ 2-18 โครงสร้างฮาร์ดแวร์อุปกรณ์สถานีฐาน 21
รูปที่ 2-19 การออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า 22
รูปที่ 2-20 nRF52 Development Kit 22
รูปที่ 2-21 LoRa shield for Arduino 23
รูปที่ 2-22 ขั้นตอนการทำงานอุปกรณ์สถานีฐานส่วนการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ติดตัวสาหรับเด็ก 25
รูปที่ 2-23 ขั้นตอนการทางานอุปกรณ์สถานีฐานส่วนการประมวลผลข้อมูลก่อนส่งไปอุปกรณ์เกตเวย์ 26
รูปที่ 2-24 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมในส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ 27
รูปที่ 2-25: การทำงานของโปรแกรมการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล 28
รูปที่ 2-26 ระบบการลงทะเบียนเด็ก 29
รูปที่ 2-27 ข้อมูลบนระบบฐานข้อมูล 29
รูปที่ 2-28 หน้าแสดงผลตำแหน่งอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก 30
รูปที่ 3-1 พื้นที่การให้บริการ Cat lora 31
รูปที่ 3-2 การให้บริการ Cat lora ในอนาคต 32
รูปที่ 3-3 Architecture Design 32
รูปที่ 3-4 อุปกรณ์สำหรับงานวิจัย 33
รูปที่ 3-5 การทำงานของอุปกรณ์ 35
รูปที่ 3-6 การออกแบบตัวอุปกรณ์บนคลื่น 433 MHz 36

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3-7 การทำงานของระบบในอุปกรณ์ Arduino บนคลื่นความถี่ 433 MHz 38
รูปที่ 4-1 ตำแหน่ง Gps location ที่ได้จาก Database ของ Cat Telecom 39
รูปที่ 4-2 ข้อมูลที่ถูกส่งจากโมดูล Lora ไปยัง Gateway 39
รูปที่ 4-3 ข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ Arduino ตัวที่ติดตั้งภายในรถ 40
รูปที่ 4-4 ข้อมูลจากรูปที่ 4-4 นำมา plot จุดใน Google Map 40
รูปที่ 5-1 พื้นที่การให้บริการ Cat lora ในปัจจุบัน 41
รูปที่ 5-2 การให้บริการ Cat lora ในอนาคต 42

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาการโจรกรรมรถยนต์มีสถิติเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี [1] โดยสถิติการรับแจ้งคดีการโจรกรรมรถยนต์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2552-2554 มีการรับแจ้งคดีโจรกรรมรถยนต์ทั้งสิ้น 3043,2601 และ 1618 รายตามลำดับ และใน 10 จังหวัดที่มีการรับแจ้งคดีโจรกรรมมากที่สุดในปี 2554 มีดังนี้

อันดับที่ 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 322 ราย
อันดับที่ 2 ปทุมธานี จำนวน 154 ราย
อันดับที่ 3 ชลบุรี จำนวน 135 ราย
อันดับที่ 4 นนทบุรี จำนวน 65 ราย
อันดับที่ 5 สมุทรปราการ จำนวน 60 ราย
อันดับที่ 6 นครปฐม จำนวน 48 ราย
อันดับที่ 7 ระยอง จำนวน 48 ราย
อันดับที่ 8 พระนครศรีอยุธยา จำนวน 47 ราย
อันดับที่ 9 พิษณุโลก จำนวน 42 ราย
อันดับที่ 10 ปราจีนบุรี จำนวน 40 ราย

การโจรกรรม-ลักลอบนำรถยนต์ขายข้ามประเทศส่อพุ่งพร้อมเปิดประชาคมอาเซียน ด้านศูนย์ปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ เผยสถิติรถหายรอบ 9 ปี 5 อันดับแรก ได้แก่ โตโยต้า อีซูซุ นิสัน ฮอนด้า และมิตซู จากข้อมูลที่เก็บสถิติตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 2558-15 ม.ค. 2559 สถิติโจรกรรมรถยนต์ทั่วประเทศรวม 553 คัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ [2]

1 โตโยต้า 239 คัน
2. อีซูซุ 164 คัน
3. ฮอนด้า 45 คัน
4. มิตซูบิชิ 39 คัน
5. นิสัน 33 คัน
6. มาสด้า 10 คัน
7. เชฟโรเล็ต 9 คัน
8. ฮิโน่ 7 คัน
9. ฟอร์ต 4 คัน
10. บีเอ็มดับเบิ้ลยู 3 คัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลต่อเช่าซื้อที่ประสบปัญหาในการติดตามรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ และไม่สามารถใช้ประโยชน์ในส่วนของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ได้ อีกทั้งบริษัท ลีสซิ่งผู้ให้บริการสินเชื่อรถยนต์ประสบปัญหาแก๊งค่ารถจักรยานยนต์ข้ามชาติมาขอกู้จากนั้นนำมอเตอร์ไซต์ไปขายที่พม่ากลายเป็นหนี้สูญ และปัญหาที่เกิดขึ้นนี่เองถือเป็นอาชญากรรมข้ามชาติ อีกรูปแบบหนึ่งด้วย

จากสถิติที่ผ่านมาข้างต้น จะเห็นว่าอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ที่มีอยู่ในท้องตลาดหลายรายการ อาทิ อุปกรณ์ล็อคเกียร์, อุปกรณ์ล็อกพวงมาลัย, อุปกรณ์ล็อคเบรคครัช, ระบบ TDS หรือระบบส่งสัญญาณด้วยเสียง, Wireless Door-lock Remote Control System และอุปกรณ์ติดตามรถด้วย GPS นั้น รายการดังกล่าวข้างต้นก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหาการโจรกรรมรถยนต์ได้ 100% ซะทีเดียว แต่สิ่งนึงที่เราจะช่วยหลังจากการติดตามรถหลังจากการโจรกรรมรถยนต์คืออุปกรณ์ติดตามรถด้วย GPS ที่ปัจจุบันประเทศไทยได้นำมาใช้ในขบวนการของโลจิสติกส์ และติดตามรถยนต์ในบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์และค่าใช้บริการอื่นๆ หลังการใช้งาน

ผู้วิจัยมีความสนใจในอุปกรณ์ดังกล่าวที่มีการทำงานด้วยนำระบบเรดาร์นำทาง GPS ที่มีตัวส่งสัญญาณทำให้ทราบได้ว่าขณะนี้รถยนต์ที่ถูกขโมยวิ่งอยู่ที่ไหน เมื่อเจ้าของรถได้ทราบตำแหน่งของรถยนต์ที่ถูกโจรกรรม จะดำเนินการประสานงานกับตำรวจเพื่อติดตามได้อย่างทันท่วงที

แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายหลังบริการหลังการขายที่ค่อนข้างแพง ผู้วิจัยได้คิดค้นพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีของ LoRa ในการทำหน้าที่ส่งตำแหน่ง GPS Location ที่มีค่าบริการถูกกว่าอุปกรณ์ติดตามรถด้วย GPS ที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าใช้จ่ายเพียง 300 บาทต่อปีเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 พัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 อุปกรณ์ Arduino ที่รองรับระบบ LoRa

1.3.2 ตัวแปรต้น ได้แก่ การใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในรถ

1.3.3 ตัวแปรตาม เมื่อมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวในรถได้จะมีการส่งข้อมูลผ่าน LoRa

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ดำเนินการศึกษาอุปกรณ์ป้องกันขโมยรถยนต์ในท้องตลาด

1.4.2 วิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของอุปกรณ์ป้องกันการขโมยรถยนต์ในท้องตลาด

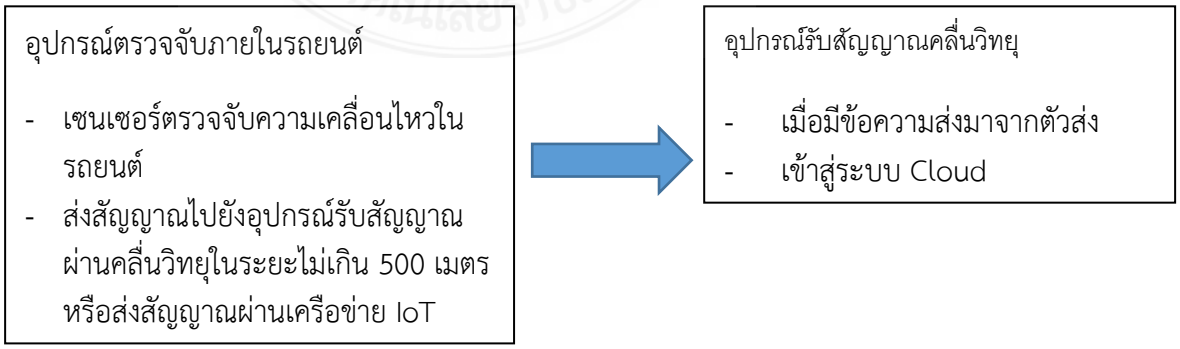
1.4.3 ดำเนินการศึกษาอุปกรณ์สำหรับทำอุปกรณ์ป้องกันการขโมยรถยนต์

1.4.4 ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการขโมยรถยนต์

1.4.5 ดำเนินการพัฒนาระบบให้อุปกรณ์ป้องกันการขโมยรถยนต์สามารถทำงานได้ตามต้องการ

1.4.6 ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันการขโมยรถยนต์

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

อุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยการแจ้งเตือนผ่านคลื่นวิทยุที่มีประสิทธิภาพ

1.7 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

1.7.1 Wireless หรือ Wi-Fi คือ เครือข่ายไร้สาย มักใช้กับระบบเครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นในองค์กรหรือในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Wi-Fi ย่อมาจาก wireless fidelity) [12]

1.7.2 GPS ย่อมาจาก Global Positioning System หมายถึง ระบบการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกที่มีการทำงานร่วมกับดาวเทียมบอกตำแหน่งทั้งหมดจำนวน 24 ดวง โดยสามารถบอกระดับพิกัดตำแหน่ง (X, Y, Z) ความเร็ว และเวลาได้

โดยดาวเทียมต่างๆ นี้จะโคจรอยู่รอบโลกเพื่อส่งสัญญาณให้กลับมายังจุดรับสัญญาณบริเวณต่างๆ ที่อยู่ในโลกของเรา เช่น มือถือ, เรือ, รถยนต์ มีการคำนวณระยะห่างจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง กับจุดรับสัญญาณ ดาวเทียมเหล่านี้เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง ความสูงของตัวดาวเทียมราวๆ 20,000 กม. จากพื้นผิวโลก [A13]

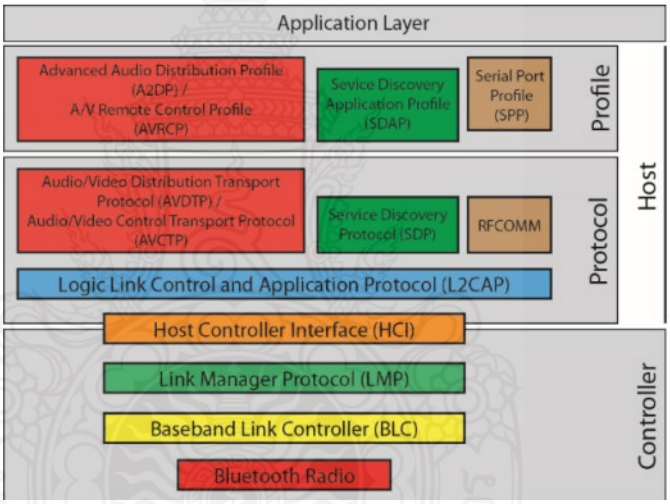
บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 Bluetooth

เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (WPAN) บนพื้นฐาน IEEE 802.15.1 ซึ่งใช้งานอยู่บนความถี่ 2.4GHz และมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลสูงสุดที่ 1Mb/s เทคโนโลยี Bluetooth สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เทคโนโลยีเดียวกันได้ 8 node โดยที่ 7 node เป็น slave และอีก 1 node เป็น master [A14]

พื้นฐานของเครือข่าย Bluetooth จะเป็นลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างจุดต่อจุด (master-slave) ซึ่งมีการใช้พลังงานสำหรับการเชื่อมต่อกันอย่างแข็งแรงระหว่าง transmitter and receive โดยมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 สถาปัตยกรรม Bluetooth

Bluetooth (บูลทูธ) [15] เป็นเทคโนโลยีที่ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากและหลายคนคงเคยใช้มาแล้ว ถึงแม้จะมีโอกาสใช้ไม่มากเท่าไหร่ เนื่องจากมีเทคโนโลยีอื่นๆ ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลกว่า ความหมายของบูลทูธคือ “เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สารในรูปแบบหนึ่งโดยคลื่นวิทยุ ระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิดขึ้นไป” โดยอาศัยการพัฒนามาจากการใช้อินฟราเรดแบบดั้งเดิมที่เราใช้อยู่ในรีโมท ซึ่งอินฟราเรดนั้นมีข้อจำกัดอยู่คือต้องส่งในแนวเส้นตรง มีมุม 30 องศาสามารถรับส่งได้ 2 – 3 เมตรเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้พัฒนาใช้เคลื่อนวิทยุในการทำบูลทูธขึ้นมาทำให้สามารถรับส่งได้ไกลมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องส่งในแนวตรงเท่านั้น มีความเร็วมากในการรับส่งข้อมูลได้มากขึ้นขึ้นจึงสามารถใช้งานได้หลากหลาย ดังนั้นแล้วบูลทูธจึงมีประสิทธิมากกว่าอินฟาเรด ปัจจุบัน เทคโนโลยี Bluetooth มีติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ มือถือ และอื่นเพราะเป็นการสื่อสารไร้สายที่มีความสะดวก มีขนาดเล็กใช้พลังงานต่ำ และมีประโยชน์อย่างมากสำหรับอุปกรณ์พกพาชนิดต่างๆ ซึ่งปัจจุบันบูลทูธมีประโยชน์ดังนี้

(1) หูฟังปกตินั้นจะเป็นแบบมีสาย เมื่อมีการนำเทคโนโลยีบูลทูธมาใช้งานแทน โดยไม่ต้องมีสายทำให้กลายเป็นหูฟังไร้สายที่สามารถฟังและพูดคุยกันได้

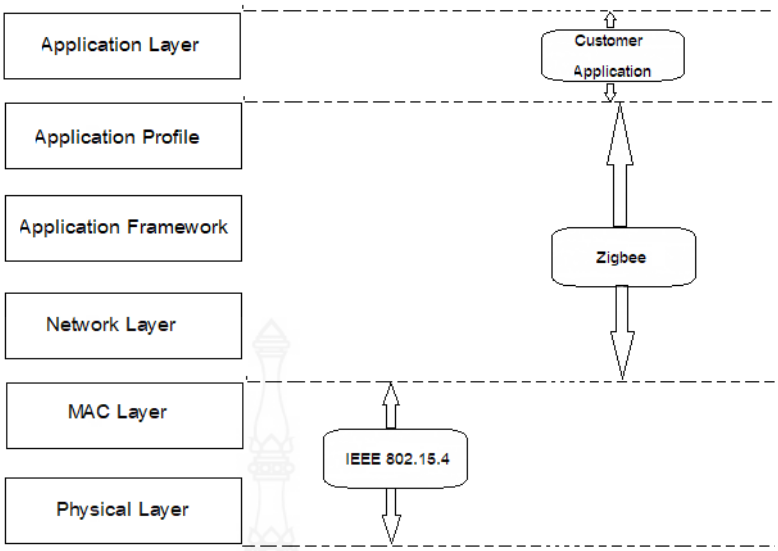
(2) การสร้างเครือข่ายขนาดเล็ก ระหว่างอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กเข้าด้วยกัน ระหว่างมือถือกับมือถือ โน๊ตบุ๊ตกับมือถือ กล้องกับเครื่องปริ้นต์ที่ สามารถเชื่อมต่อและสั่งปริ้นต์ได้เลยโดยไม่ต้องต่อสาย

(3) การถ่ายโอนข้อมูลต่างๆ บูลทูธนั้นสามารถที่จะถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพ เสียง ข้อมูลอื่นๆ ไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ก็ได้ ถึงแม้ความจำเป็นในการเชื่อมต่อบูลทูธนั้นจะลดบทบาทส่งแต่ก็ยังสามารถใช้งานได้ดีและมีการพัฒนาเวอร์ชั่นเป็นระยะๆ

2.1.2 ZigBee

ZigBee [16] เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย บนพื้นฐาน IEEE802.15.4 ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ ซึ่งระบบนี้เหมาะสมใช้งานกับพวก Monitoring ต่างๆ

ZigBee ได้กำหนดย่านความถี่มาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่คือ ย่าน 2.4 GHz, ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง, 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps, 40 Kbps, 20 Kbps ตามลำดับเช่นกัน โดยมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 สถาปัตยกรรม Zigbee

เทคโนโลยี Zigbee [17] จึงถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการสื่อสารไร้สายที่ไร้ขีดจำกัดมากขึ้นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบเดิมๆ เช่นBluetooth , Wifi หรือ Z-Wave ในแง่ของขนาดระบบเครือข่าย เทคโนโลยี Zigbee มีความยืดหยุ่นที่สามารถเชื่อมต่อเทคโนโลยีดังกล่าวได้ถึง 65,000 เซ็นเซอร์ ในขณะที่เทคโนโลยี Z-Wave สามารถเชื่อมต่อได้สูงสุดแค่ 230 เซ็นเซอร์เท่านั้น ถ้ามองในมุมมองของความแรงของสัญญาณเทคโนโลยี Zigbee ที่สามารถเชื่อมต่อได้ระยะไกลสูงสุด 300 เมตร ในขณะที่เทคโนโลยี Bluetooth สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลสูงสุดแค่ 10 เมตร และเทคโนโลยี Wifi สามารถส่งสัญญาณไปไกลได้สูงสุดแค่ 100 เมตรเท่านั้น นอกจากนั้น เทคโนโลยี Zigbee ยังประหยัดพลังงานสูงที่สุดในเทคโนโลยีไร้สายทั้งหมด และอุปกรณ์บางชิ้นสามารถใช้ถ่านนาฬิกาเล็กๆ เพียงหนึ่งก้อนเท่านั้น และมีอายุการใช้งานได้เป็นปีเลยทีเดียว ด้วยคุณสมบัติข้อนี้จึงปฏิเสธไม่ได้เลยว่าเทคโนโลยี Zigbee เป็นน้องใหม่ไฟแรงที่เหมาะสมที่สุดแล้วสำหรับการทำระบบบ้านอัจฉริยะเพื่อดูแลบ้าน

โดยมากมักสับสนกันระหว่าง Zigbee กับ Wifi ที่มีการใช้ย่านความถี่ 2.4 Ghz เหมือนกัน แต่ไม่สามารถสื่อสารกันได้เพราะ Protocol ที่ใช้สื่อสารกันไม่เหมือนกัน

2.1.3 Wi-Fi

ถึงแม้จะมีเทคโนโลยี Bluetooth และ ZigBee ที่เป็นพลังงานต่ำ และเป็นเทคโนโลยีเซนเซอร์ไร้สายที่มีความซับซ้อนต่ำ แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของอัตราการส่งข้อมูลที่ต่ำ และไม่สามารถทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางของคลื่นได้ ทำให้เกิดการพัฒนา Wi-Fi ขึ้นมาใช้งานที่อยู่บนพื้นฐาน IEEE standard 802.11 ซึ่งในอดีต Wi-Fi ได้มีการใช้คลื่นความถี่อยู่หลายคลื่น อาทิ 900 MHz, 2.4 GHz, 3.6GHz, 5 GHz และ 60 GHz แต่ในปัจจุบันมีการใช้คลื่นความถี่ในย่าย 2.4GHz และ 5GHz เท่านั้น และสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระดับ 11 Mbps to 6.75Gbps [18]

เทคโนโลยี Wi-Fi ถูกพัฒนาจากสถาบันวิศวกรไฟฟ้า และอิเลคโทรนิค (Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE)) [19-20] นั่นเอง เลยทำให้กลายเป็นศัพท์ใหม่ที่เห็นกันบ่อยๆว่า IEEE โดยมีมาตรฐานคือ IEEE 802.11 ซึ่งก็ได้มีการพัฒนากันมาเรื่อยจาก 802.11

ธรรมดามาเป็น 802.11b 802.11a 802.11g 802.11n 802.11ac และในอนาคตข้างหน้าก็จะเกิด 802.11ax ในปี 2019 ซึ่งแต่ละมาตรฐานจะแตกต่างกันในเรื่องของความเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นหลัก ดังตารางที่ 2-1 และมีรายละเอียดของแต่ละมาตรฐานดังนี้

(1) มาตรฐาน IEEE802.11a

เป็นมาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูง ทำงานที่ย่านความถี่ 5 GHz มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 54 Mbps ในการเผยแพร่ภาพและข่าวสารที่ต้องการความละเอียดสูงได้ โดยที่อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลง เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น เช่น 54, 48, 36, 24 และ 11 เมกกะบิตต่อวินาทีเป็นต้น ในขณะที่คลื่นความถี่ 5 GHz นี้ยังไม่ได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ดังนั้นปัญหาการรบกวนคลื่นความถี่จึงมีน้อยต่างจากคลื่นความถี่ 2.4 GHz ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทำให้สัญญาณของคลื่นความถี่ 2.4 GHz ถูกรบกวนจากอุปกรณ์ประเภทอื่นที่ใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ ระยะทางการเชื่อมต่อประมาณ 300 ฟุตจากจุดกระจายสัญญาณ Access Point หากเทียบกับมาตรฐาน 802.11b แล้ว ระยะทางจะได้น้อยกว่า 802.11b ที่คลื่นความถี่ต่ำกว่า และทั้ง 2 มาตรฐานนี้ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ ขณะที่ประเทศไทยไม่อนุญาติให้ใช้คลื่นความถี่ 5 GHz จึงไม่เห็นอุปกรณ์ WLAN มาตราฐาน 802.11a จำหน่ายในประเทศไทย

(2) มาตรฐาน IEEE802.11b

เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย เป็นมาตรฐาน WLAN ที่ทำงานที่คลื่นความถี่ 2.4 GHz มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 11 Mbps ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายภายใต้มาตรฐานนี้ถูกผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก และที่สำคัญแต่ละผลิดภัณฑ์มีความสามารถทำงานร่วมกันได้ อุปกรณ์ของผู้ผลิตทุกยี่ห้อต้องผ่านการตรวจสอบจากสถาบัน Wi-Fi Alliance เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์และความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต ปัจจุบันนี้นิยมนำอุปกรณ์ WLAN ที่มาตราฐาน 802.11b ไปใช้ในองค์กรภาคธุรกิจ สถาบันการศึกษา สถานที่สาธารณะ และที่พักอาศัยมากขึ้น โดยที่มาตรฐาน IEEE802.11b จะมีการเข้ารหัสข้อมูลแบบ WEP ที่ 128 บิต

(3) มาตรฐาน IEEE802.11g

มาตรฐานใหม่ที่ความถี่ 2.4 GHz โดยสามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 36 – 54 Mbps ซึ่งมีความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่งมาตรฐาน 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ (ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน และระยะทางระหว่างอุปกรณ์) นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีบางผลิตภัณฑ์ใช้เทคโนโลยีเฉพาะตัวเข้ามาเสริม ทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 54 Mbps เป็น 108 Mbps แต่ต้องทำงานร่วมกันเฉพาะอุปกรณ์ที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันเท่านั้น ซึ่งความสามารถนี้เกิดจากชิป (Chip) กระจายสัญญาณของตัวอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตบางรายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่ง สัญญาณเป็น 2 เท่าของการรับส่งสัญญาณได้ แต่ปัญหาของการกระจายสัญญาณนี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์ไร้สายในมาตรฐาน 802.11b มีประสิทธิภาพลดลงด้วยเช่นกัน

(4) มาตรฐาน IEEE802.11n [21]

เป็นมาตรฐานที่สามารถทำงานบนคลื่นความถี่ 2.4 และ 5 GHz ได้ โดยรองรับความเร็วตั้งแต่ 300-450 Mbps โดยมีเสาสัญญาณตั้งแต่ 2 - 4 เสา บนตัวอุปกรณ์ หากผู้ใช้งานต้องการใช้งานที่ความเร็วสูงสุด อุปกรณ์ต่างๆ ที่ผู้ใช้งานใช้จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ต้องรองรับ

มาตรฐาน 802.11n ด้วยเช่นกัน ด้วยมาตรฐาน 802.11n สามารถทำงานร่วมกับ 802.11b, g ได้ โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพทั้งระบบลดลงเหมือนมาตรฐาน 802.11g

(5) มาตรฐาน IEEE802.11ac [22]

เป็นมาตรฐาน WLAN ใหม่ ที่ตั้งเป้าที่จะมาแทนมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยมีหัวหอกเป็นผู้ผลิตชิปเซ็ทอย่าง Broadcom และผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายชั้นนำที่เข้ามาเป็นพันธมิตรร่วมกันผลักดันมาตรฐานตัวนี้ให้เข้าไปอยู่ในมาตรฐาน Wi-Fi Alliance ให้

มาตรฐาน IEEE802.11ac นั้นได้มีการปรับปรุงเรื่องของการเข้ารหัสใหม่ โดยมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใส่ไว้ ทำให้สามารถทำความเร็วต่ำสุดตามทฤษฎีต่อ 1 เสาได้ถึง 433 Mbps ซึ่งมีความเร็วใกล้เคียงกันกับมาตรฐาน 11n ที่เป็นแบบ 3 เสา ซึ่งมีความเร็วอยู่ที่ 450 Mbps

การที่มาตรฐาน IEEE802.11ac นั้นออกแบบมาโดยคำนึงถึงอุปกรณ์พกพาต่างๆ เป็นสำคัญ เพราะว่าการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้เน้นการเชื่อมต่อแบบไร้สาย อย่างไรก็ตามอุปกรณ์พวกนี้มักจะไม่ค่อยมีพื้นที่ในการใส่เสารับส่งสัญญาณจำนวนมากในการรับส่งสัญญาณในมาตรฐาน IEEE802.11ac ถึงสามารถใส่ได้ก็มีผลต่อการใช้พลังงานอีกทำให้ความเร็วในการเชื่อมต่อผ่าน Wi-Fi นั้นโดนจำกัดไว้ แต่ด้วยความเร็วขั้นต่ำที่มาตรฐาน IEEE802.11ac ทำได้ จะช่วยให้การโอนถ่ายข้อมูลนั้นมีความเร็วมากขึ้น โดยไม่ต้องใช้เสารับส่งสัญญาณจำนวนมาก ซึ่งจะช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงานอีกด้วย

สำหรับข้อมูลทางเทคนิคคร่าว ๆ ของมาตรฐาน IEEE802.11ac ดังนี้

- เปลี่ยนมาใช้คลื่นความถี่ 5 GHz เป็นหลัก
- มีการเปลี่ยนวิธีการเข้ารหัสใหม่ และการใช้งานแบนด์วิดธ์ที่กว้างขึ้นเป็น 80 MHz หรือ 160 MHz ทำให้ความเร็วที่ได้ต่อ 1 เสาอยู่ที่ 433 Mbps ที่ 80 MHz และ 866 Mbps ที่ 160 MHz (ความเร็วของมาตรฐาน 11n จะอยู่ที่ 72 Mbps ที่ 20 MHz และ 150 Mbps ที่ 40 MHz)
- รองรับเสาอากาศตั้งแต่ 1 – 8 ต้น หมายความว่ามาตรฐาน 11ac จะสามารถทำความเร็วได้ถึง 3.6 Gbps ซึ่งมากกว่า 11n ที่ 600 Mbps และ Gigabit LAN เสียอีก แต่ในช่วงเริ่มต้นนี้ ตัวสินค้าต่างๆ ที่ออกมาจะรองรับความเร็วสูงสุดไม่เกิน 1.3 Gbps
- รองรับเทคนิคการส่งสัญญาณแบบใหม่ๆ เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น Beamforming ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณเข้าไปยังอุปกรณ์โดยตรง และ Multi-user MIMO ที่ทำให้ Router สามารถแยกเสาสัญญาณที่มีอยู่ไปรับส่งสัญญาณกับอุปกรณ์หลายๆ ตัว ทำให้อุปกรณ์ไม่ต้องแย่งแบนด์วิดธ์กันใช้งานเหมือนระบบ MIMO ใน 11n
- ยังคงรองรับมาตรฐาน Wi-Fi เก่า ๆ อยู่เหมือนเดิม

(6) มาตรฐาน IEEE802.11ax [23]

มาตรฐาน Wi-Fi ที่หลายฝ่ายคาดว่าจะเป็นมาตรฐานถัดจาก 802.11ac คือ 802.11ax ที่จะให้บริการความเร็วสูงกว่า 2 Gbps ในขณะที่ 802.11ac ให้ความเร็วโดยประมาณ 400 Mbps จากการทดลองของ Huawei พบว่ามาตรฐาน 802.11ax สามารถทำความเร็วได้สูงสุดถึง 10.53 Gbps หรือประมาณ 1.4 GB ต่อวินาทีในการรับส่งข้อมูล

มาตรฐาน 802.11ax เป็นมาตรฐานที่พัฒนาต่อยอดจาก 802.11ac ที่รองรับการรับส่งข้อมูลแบบ MIMO สูงสุดที่ 4 Spatial Streams โดยแต่ละ Stream ใช้วิธีซอยย่อยช่องสัญญาณ และรับส่งข้อมูลแบบ OFDA (Orthogonal Frequency Division Access) ซึ่งจุดนี้ยังเป็นที่คลุมเครือระหว่าง Wi-Fi Alliance และ Huawei เป็น OFDA หรือ ODFMA (Multiple Access) ที่เป็นเทคนิคสำคัญที่ช่วยให้ระบบ LTE สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว แต่ไม่ว่าจะเป็นวิธี OFDM, OFDA หรือ OFDMA ก็เป็นวิธีการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่ถูกซอยย่อยออกเป็นช่องเล็กๆ หลายสิบ หรืออาจหลายร้อยช่องสัญญาณ โดยมีช่วงคลื่นความถี่แตกต่างกันเล็กน้อย จากนั้นก็ส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณย่อยเหล่านั้นพร้อมๆ กัน ซึ่งมีการบริหารจัดการช่องสัญญาณต่างๆ ไม่ให้เกิดสัญญาณกวนกัน (Crosstalk) ผลจากการทดลองของ Huawei พบว่า OFDA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของคลื่นสเปกตรัมตามทฤษฎีได้สูงสุดถึง 10 เท่า แต่ในความเป็นจริงแล้ว คาดว่าจะได้ความเร็วสูงกว่าเดิมประมาณ 4 เท่าตัว ซึ่งมาตรฐาน 802.11ax ยังคงใช้ช่วงคลื่นความถี่ 5 GHz เช่นเดียวกับ 802.11ac เนื่องจากมีช่องสัญญาณที่กว้าง (80 และ 160 MHz) และเลือกใช้ได้เป็นจำนวนมาก

การรับส่งข้อมูลบนช่องสัญญาณขนาด 160 MHz ในกรณีนี้ ความเร็วสูงสุดของแต่ละ Stream จะอยู่ที่ประมาณ 3.5 Gbps (867 Mbps สำหรับมาตรฐาน 802.11ac) เมื่อรวมกับฟีเจอร์ MIMO แบบ 4×4:4 จะได้ความเร็วรวมสูงสุดที่ประมาณ 14 Gbps ถ้าอุปกรณ์ต่างๆ รองรับการรับส่งข้อมูล 2 – 3 Spatial Streams พร้อมๆ กันจะสามารถเชื่อมต่อสัญญาณได้ด้วยความเร็วสูงกว่า 1 GB ต่อวินาที ในกรณีที่ใช้งานทั่วไปที่ใช้ช่องสัญญาณมีความกว้าง 80 MHz จะได้ว่าความเร็วสูงสุดของแต่ละ Stream อยู่ที่ประมาณ 1.6 Gbps หรือประมาณ 200 MB/sec ซึ่งถ้าอุปกรณ์รองรับ MIMO ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 400 – 600 MB/sec และในกรณีที่ใช้งานบนพื้นที่ที่ให้บริการหนาแน่นจนต้องปรับลดความกว้างของช่องสัญญาณเหลือ 40 MHz เพื่อลดการชนกันของสัญญาณ ก็จะได้ความเร็วสูงสุดรวมแล้ว 3.2 Gbps โดยสรุปแล้ว มาตรฐาน 802.11ax คือ การต่อยอดจาก 802.11ac โดยที่คอนเซ็ปต์ส่วนใหญ่ยังคงยึดถือตามแบบเดิม เพียงแค่ปรับแต่งและเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริธึมเพื่อให้ได้ Throughput ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 2-1 เปรียบคุณสมบัติต่างๆ ของมาตรฐาน Wi-Fi

มาตราฐาน	คลื่นความถี่	อัตราความเร็วของข้อมูล
802.11a	5.1 – 5.2 GHz	54 Mbps
802.11b	2.4 – 2.8 GHz	11 Mbps
802.11g	2.4 – 2.8 GHz	36 – 54 Mbps
802.11n	2.4-5 GHz	300-450 Mbps
802.11ac	5GHz	3.2 Gbps
802.11ax	5 GHz	10.53 Gpbs

2.1.4 LoRa

LoRa ลอราเป็นชื่อที่เรียกย่อมาจาก Long Range Low Power Wireless Platform โดยนำสองตัวอักษร ด้านหน้าของสองคำแรกมาใช้ ซึ่ง Lora ถูกนำมาใช้ในการการสื่อสารไร้สายที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ระยะไกล โดยใช้พลังงานต่ำ (Lora is the Low Power Wide Area Network :LPWAN)

LoRa [24] เป็นเทคโนโลยีการเชื่อมต่อไร้สายที่เหมาะสำหรับงาน Internet of Thing (IoT) ที่ข้อมูลหลักๆ มาจากเซ็นเซอร์รับข้อมูลต่างๆ ปัจจุบัน LoRa เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยมีบริษัทชั้นนำพัฒนาอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์มารองรับการเชื่อมต่อ LoRa เทคโนโลยี LoRa มีจุดเด่นในเรื่องระยะทางในการสื่อสาร สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ในระบะไกล 5-15 กิโลเมตร ประหยัดพลังงานจากการใช้พลังงานในช่วงรับ-ส่งข้อมูลค่อนข้างต่ำ ในช่วงที่ไม่ส่งข้อมูลสามารถกำหนดให้อุปกรณ์เข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2.1.4.1 ประวัติความเป็นมา [32]

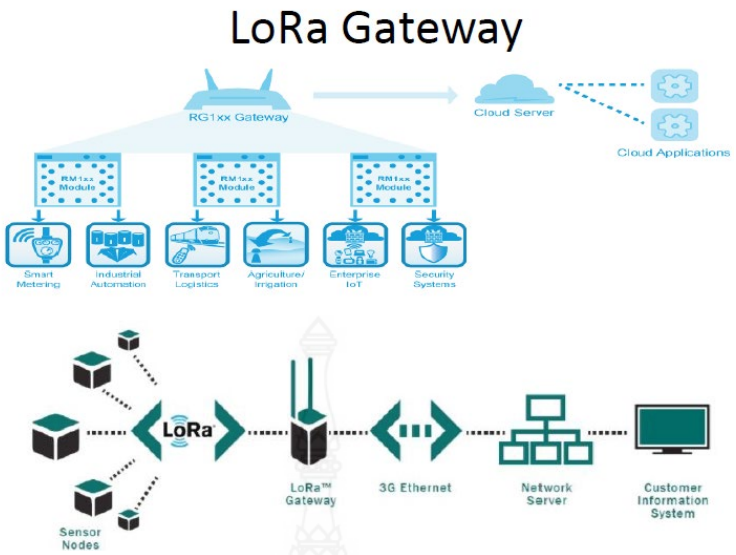
ปี 2013 คลื่นวิทยุ LoRa ถูกเปิดใช้งาน โดย Semtech

ปี 2014 ผู้ให้บริการมือถือรายแรกให้ทดลองใช้

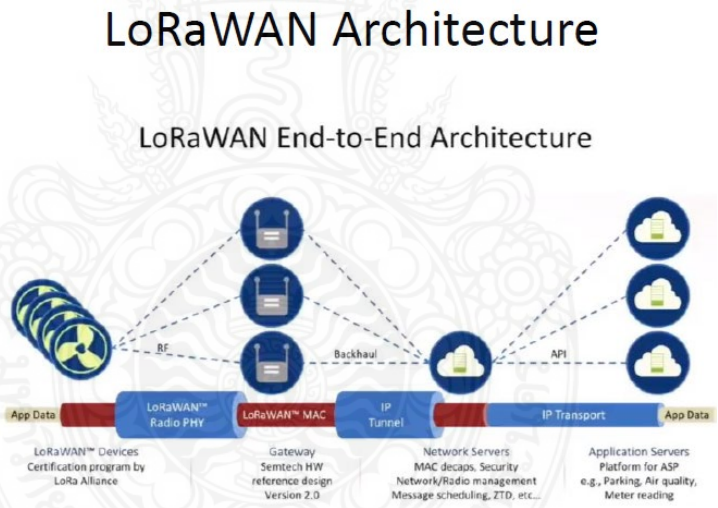
ปี 2015 มีการให้บริการ LoRa กับสมาชิก 130 คนในระยะเวลา 6 เดือน
มีจำนวนหลายเซนเซอร์, เกตเวย์ และโมดุลต่างๆ เปิดใช้งาน
มีการเปิดใช้งานทั้งแบบทั่วไปและส่วนตัว และมีการพัฒนาการทำงานของ Lora ไปทั่วโลก

ปี 2016 มีสมาชิก 400 คนที่ใช้งาน LoRa
มี 100 ประเทศที่มีการพัฒนา LoRa
เริ่มมีการนำเสนอในรูปแบบการใช้พลังงานต่ำ
เริ่มมีการใช้งานเครือข่าย LoRaWAN ในประเทศสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 2-3: LoRA Key Features [32]



รูปที่ 2-4: LoRa Gateway [32]



รูปที่ 2-5: LoRa WAN Architecture [32]

2.1.4.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยี LoRa กับเทคโนโลยีอื่นๆ [32]

ตารางที่ 2-2 ตารางเปรียบเทียบเทคโนโลยี LoRa กับเทคโนโลยีอื่นๆ

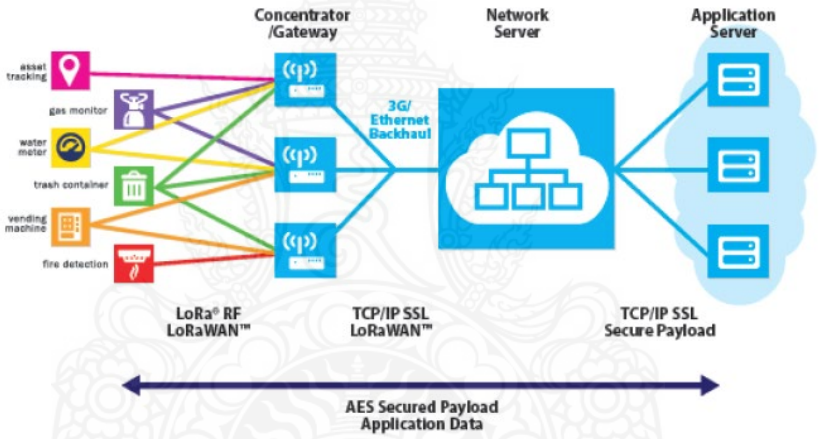
	SIGFOX	LoRa	LTE-M (Celular)
Data Rate	<0.1 kbps [1]	~21.9 kbps	< 150 kbps [1]
Cost of Module	~$5-$20	~$5-$20	$12-$65
Range	< 13 km[1]	Up to 15 km	< 15 km[1]

	SIGFOX	LoRa	LTE-M (Celular)
Ongoing Costs	Paid Subscription Model	Paid Subscription OR Free/ Independent	Paid Subscription Model

2.1.4.3 LoRa vs LoRaWan [32]

LoRa ประกอบด้วยโปรโตคอลลิงค์เลเยอร์และมีการเชื่อมต่อแบบ P2P ระหว่างโหนดด้วยกันเอง LoRaWAN ประกอบด้วยเลเยอร์เครือข่ายจำนวนมากที่เป็นได้ในการส่งข้อมูลไปยังทุกๆ ฐานสถานีที่สามารถเชื่อมต่อไปยัง Cloud Platform ได้ โดยที่โมดุล LoRaWAN จะทำงานในความถี่ที่แตกต่างกันโดยทำการเชื่อมต่อที่เสาสัญญาณภายในอุปกรณ์ บางทีการเชื่อมต่อระหว่างโมดูล LoRa กับ โมดูลของ LoRaWAN ไม่มีความเสถียรเนื่องจากมีความแตกต่างในเรื่องของโปรโตคอลที่มีการเชื่อมต่อระหว่างกัน

2.1.4.4 LoRa Network Architecture [32]



รูปที่ 2-6: LoRa Network Architecture

2.1.4.5 LoRa Regional Summary [32]

ตารางที่ 2-3 LoRa Regional Summary

	Europe	North America	China	Korea	Japan	India
ย่านความถี่	867-869MHz	902-928 MHz	470-510MHz	920-925MHz	920-925MHz	865-867MHz
ช่อง	10	64 +8 +8	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee
ช่อง Bandwidth upload	125/250kHz	125/250kHz				
ช่อง Bandwidth download	125kHz	500kHz				
TX Power upload	+14dBm	+20dBm typ (+30dBm allowed)				
TX Power download	+14dBm	+27dBm				
SF Up	7-12	7-10				
อัตราการส่งข้อมูล	250bps-50kbps	980bps-21.9kbps				
Link Budget Upload	155dB	154dB				
Link Budget Download	155dB	157dB				

2.1.5 LoRa in Thailand

ปัจจุบันประเทศไทย [25] มีการให้บริการคลื่นความถี่ 2 ย่านความถี่คือ 920-925 MHz และ 433MHz โดยที่คลื่นความถี่ 920-925 MHz ในประกาศราชกิจจานุเบกษา วันที่ 24 พ.ย. 2017 ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรศัพท์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่องมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ สำหรับเครื่องวิทยุที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz ต้องมีกำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก (Equivalent Isotopically Radiated Power: e.i.r.p) ไม่เกิน 4 วัตต์ แต่ผู้ขอใช้บริการคลื่นความถี่ดังกล่าวต้องมีใบอนุญาตวิทยุคมนาคมในการให้บริการ

สำหรับคลื่นความถี่ 433.05-434.79 MHz [26] ในประกาศราชกิจจานุเบกษา วันที่ 25 มิ.ย. 2015 ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนความถี่วิทยุกิจการเคลื่อนที่ทางบกและกิจการประจำที่ผ่านความถี่ 401-405.9MHz , 406.2-410 MHz และ 430-450 MHz โดยกำลังส่งสูงสุด 10mW (e.i.r.p) ได้รับการ

ยกเว้นใบอนุญาตวิทยุคมนาคมในการใช้งานคลื่นความถี่ดังกล่าว ถ้ามีการใช้งานกำลังส่ง 1W (e.i.r.p) ต้องได้รับใบอนุญาตวิทยุคมนาคมเท่านั้น

2.1.6 LOW POWER WIRELESS TECHNOLOGIES [27]

ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการให้บริการเครือข่ายไร้สายพลังงานต่ำอยู่หลายแบบ ที่ทำการเชื่อมต่อกันระหว่างเทคโนโลยีด้วยกันเอง อาทิ Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi โดยมีการเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานของเทคโนโลยีดังกล่าวในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 The compared of Low Power Wireless Technology

No.	Type	Max. data throughput	Max. line-of-sight range*
1	Bluetooth	2 Mbps	750 m
2	ZigBee	250 Kbps	130 m
3	Wi-Fi	347 Mbps	N/A

2.1.7 เครือข่าย LoRa กับการประยุกต์ใช้งานใน Smart University

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราชและนายสุชิน เขียวเนตร [32] ได้บรรยายเกี่ยวกับเครือข่าย LoRa กับการประยุกต์ใช้งานใน Smart University โดยมีหัวข้อสำคัญๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Lora ดังนี้

- LoRa Device/Node and Gateway
- LoRa Standard
- LoRa vs NB-IoT
- LoRa in Thailand
- LoRa Case Study
- LoRa for Smart University

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราชและนายสุชิน เขียวเนตร ได้กล่าวถึงเทรนด์ไอทีไทยปี 2018 Digital Payment คาดว่าจะมาแรงที่สุด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราชและนายสุชิน เขียวเนตร ได้กล่าวถึงสถาบัน IMC ประเมินสังคมไทยในปี 2018 จะเข้าสู่ความเป็นดิจิทัลมากขึ้น โดยเทคโนโลยีที่จะเข้ามาเปลี่ยนบทบาทคือ Digital Payment และ Smart City ความน่ากังวัลในปี 2018 องค์กรต่างๆ ในประเทศไทย ไม่ว่าภาครัฐ ภาคเอกชน หน่วยงานรัฐวิสาหกิจจะมีการปรับตัวไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนผ่านไปสู่ดิจิทัลแบบผิวเผิน และยังไม่มี Mindset เพื่อนำข้อมูลดิจทัลมาใช้พัฒนาธุรกิจอย่างจริงจัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราชและนายสุชิน เขียวเนตรได้ให้คำนิยามไว้ว่า LoRa® และ LoRaWAN™ เป็นระบบพลังงานต่ำ Wide-Area Network (LPWAN) เป็นโครงการที่สนับสนุนช่องทางการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์นับจำนวนพันล้านอุปกรณ์เข้าด้วยกันสำหรับอุปกรณ์ IoT

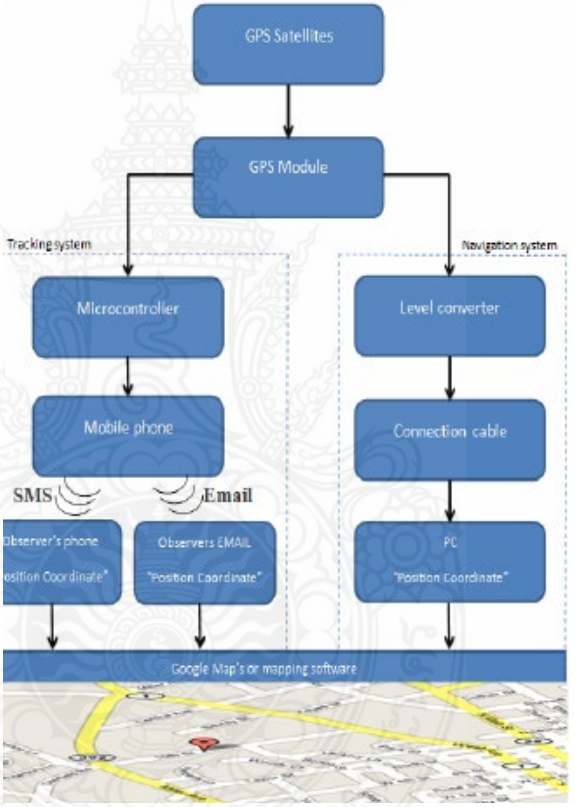
LoRaWAN™ ถูกออกแบบมาอยู่เหนือ LPWANs สำหรับแบตเตอรี่ที่ไม่มีวันหมดอายุ, ความจุ, ความยาวคลื่น และต้นทุน กล่าวโดยสรุปลักษณะพิเศษของ LoRaWAN™ จะกล่าวถึงความแตกต่างกันในเรื่องของการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยี LPWAN

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 GPS Navigation and Tracking Device [28]

ตั้งแต่เริ่มมีระบบนำทาง GPS ในท้องตลาด ทั้ง ผู้ใช้บริการและภาคธุรกิจต่างนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ในชีวิตประจำวัน ระบบนำทาง GPS และระบบติดตามจะเก็บข้อมูลตำแหน่งสุดท้ายในแผนที่ GPS ซึ่งมีการใช้งานสำหรับการติดตามเด็กเมื่อเด็กออกจากบ้าน หรือใช้ในเชิงธุรกิจในการเก็บข้อมูลตำแหน่งที่อยู่ของยาพาหนะทำให้เราทราบได้ว่าอยู่ในตำแหน่งไหนบน GPS

อุปกรณ์ GPS Tracking Device เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่อยู่ในมือถือคอยทำหน้าที่เป็น GPS tracker ที่จะคอยส่งข้อความ หรืออีเมล์ และรองรับการใช้งานใน google map หรือซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวกับแผนที่ เราจะใช้ GPS Module ในการระบุตำแหน่งที่อยู่ของอุปกรณ์โดยการเชื่อมต่อกับสัญญาณมือถือ พร้อมส่งตำแหน่งที่อยู่ไปทาง sms รูปที่ 2-7



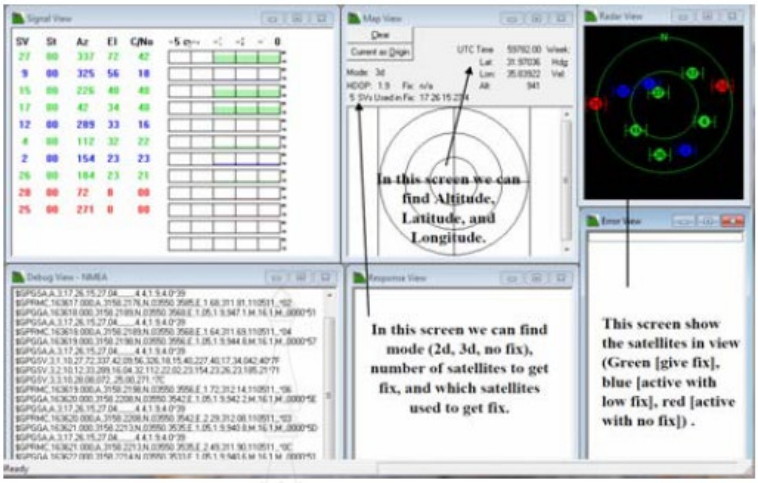
รูปที่ 2-7 GPS Navigation and Tracking Device

โดยในงานวิจัยดังกล่าวได้มีอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ GPS module EM408, Level converter MAX3232, PC connection RS232 (9 pin) และเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อมีการทำงานระบบจะทำการส่งตำแหน่ง GPS Location ไปยังผู้ใช้งาน และผู้ใช้งานสามารถทราบตำแหน่ง GPS ของตัวเองใน Google Map หรือซอฟต์แวร์ map-ping ได้

ผู้วิจัยได้นำเสนอซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการรับข้อมูล GPS คือ BSGPS และ Sirf (Demo) โดยที่ซอฟต์แวร์ BSPGS เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานง่ายและฟรี ซึ่งมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับ GPS module โดยการค้นหาอุปกรณ์จากพอร์ตของคอมพิวเตอร์ และสามารถเชื่อมต่อกับแผนที่ในซอฟต์แวร์ตัวเดียวกัน ดังรูปที่ 2-8

รูปที่ 2-8 BSGPS program interface

ซอฟต์แวร์ Sirf (Demo) เป็นซอฟต์แวร์ตัวที่ 2 ที่ผู้วิจัยใช้งานในงานวิจัย ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานฟรี และใช้งานง่าย และมีการเพิ่มฟังก์ชันในการใช้งานในส่วนของ GPS radar หลังจากที่ตัวซอฟต์แวร์มีการเลือกพอร์ตของคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่อ GPS module แล้ว ซอฟต์แวร์จะเริ่มทำการรับข้อมูล GPS หลังจากนั้นซอฟต์แวร์จะแสดงตำแหน่งของ GPS บนแผนที่ ดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 Sirf (Demo) program interface

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบต่อในการส่ง sms ไปยังระบบโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบไปด้วย EM 408 GPS module, ATMEL Attiny 84 Microcontroller, Motorola C168 phone โดยตัว GPS module จะรับข้อมูลจาก GPS satellites หลังจากนั้น MCU จะทำการส่ง SMS หรือ E-mail ที่ประกอบด้วย longitude, latitude, วันและเวลา ไปยังมือถือ ดังรูปที่ 2-10 เพื่อจะนำไปใช้ใน Google map หรือโปรแกรมอื่นๆ

รูปที่ 2-10 Message receive from MCU

2.2.2 ระบบตรวจสอบไฟป่า (Wild Smart Environment)

วัชรพันท์ ทาต่อมวงศ์, อนนต์เดช กิจศิรานุวัตร [33] ได้กล่าวถึงเขตพื้นที่ภาคเหนือมีอัตราการเกิดไฟป่าที่สูงมากในแต่ละปี ทั้งที่เกิดจากการเผาป่า หรือเกิดจากธรรมชาติทำให้เกิดมลพิษทางอากาศจำนวนมากส่งผลให้มีผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อพื้นที่ป่าลดลง การที่พื้นที่ป่าลดลงนั้นเองทำให้เกิดน้ำท่วมในฤดูฝน ถ้าหามีระบบที่คอยช่วยเตือนอาจทำให้การควบคุมการลุกลามของไฟป่าได้ทัน และสร้างความเสียหายต่อป่าได้ลดลง ถ้ามีการเก็บสถิติความชื้นและอุณหภูมิของป่าเอามาวิเคราะห์เหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นย้อนหลังด้วยแล้ว จะทำให้เราสามารถระบุตำแหน่งเฝ้าระวังการเกิดไฟป่าให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ประยุกต์การใช้ LoRa ในการตรวจจับ อุณหภูมิ และความชื้น เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้มีการจัดการเรื่องของการใช้พลังงานที่ดีมีอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ยาวนานมากกว่า 5 ปี และมีการส่งสัญญาณได้ระยะไกลจึงมีความเหมาะสมสำหรับโครงการวิจัยดังกล่าว

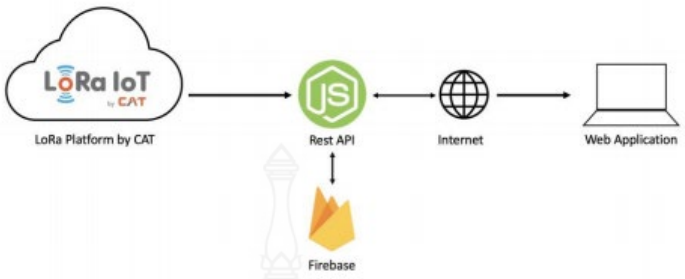
ผู้วิจัยได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ การทำงานของอุปกรณ์ , การทำงานของ Application Server, การทำงานของ Web Application

การทำงานอุปกรณ์ผู้วิจัยใช้บอร์ดของ ST32 Starter Kit ดังรูปที่ 2-11 ซึ่งเป็นบอร์ดที่มีเซ็นเซอณีหลากหลายชนิด เช่น ความชื้น (Humidity), อุณหภูมิ (Temperature), ความเร่งตามแนวแกน XYZ (Accelerometer), ความเร่งเชิงมุมของแกน XYZ (Gyrometer), ความดันอากาศ (Barometer), สถานะหลอดไฟ LED (Digital Input/Output) เป็นต้น โดยบอร์ดดังกล่าวมีชิพเซ็ตของ LoRa Module จึงท้าให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลผ่าน โครงข่ายของ LoRa ผู้วิจัยได้นำเซนเซอร์อุณหภูมิ และความชื้นติดต่อกับอุปกรณ์และทำการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับตัว board Arduino

รูปที่ 2-11 บอร์ด ST32 Starter Kit

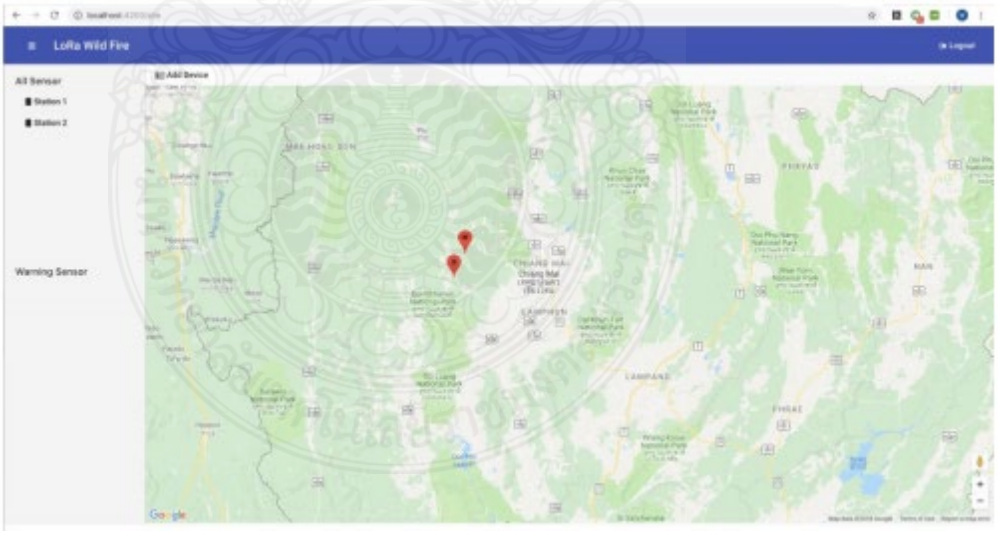
การทำงานของ Application Server ของงานวิจัยนี้จะถูกพัฒนาขึ้นด้วย NodeJs ที่ติดตั้งบน GCloud Platform เพื่อทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์จาก CAT Application Server ไปยัง Application Server ของระบบ โดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล Firebase แบบReal time ในรูปแบบของ NOSQL Cloud Firestone ที่มีลักษณะการเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Document

และมีการ sync ข้อมูลแบบ real time กับทุกอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดทำ Backend ในรูปแบบของ RestAPI ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 การทำงานของ Application Server

ในการพัฒนา Web Application ตามรูปที่ 2-13 ซึ่ง Web Application ดังกล่าวจะท้าหน้าในการ Monitor Sensor ในจุดต่างๆ ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ไว้ โดยจะ แสดงบนแผนที่ Google Maps เพื่อท้าให้เห็นภาพภูมิประเทศที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่ และในกรณีเกิดไฟฟ้าก็จะ สามารถที่จะรู้ได้ทันทีว่าจุดไหนเกิดเหตุไฟป่า โดยระบบออกแบบให้มีหน้าจอการ login ดังรูปที่ 2-13 เพื่อให้ผู้ใช้ สามารถเข้าใช้งานตามการเข้าถึงของอุปกรณ์ในแต่ละบุคคล



รูปที่ 2-13: การทำงานของ Web Application

จากการทดลองระบบ ผู้วิจัยไม่สามารถที่จะจำลองการเกิดไฟป่าได้ เนื่องจากสาเหตุเรื่องความปลอดภัย ผู้วิจัยจึงเลือกทดลองด้วยการปรับค่าของการทดสองให้ตรวจจับในอุณหภูมิที่ต่ำลงมา

เพียงเพื่อทดสอบหลักการทำงานของอุปกรณ์เท่านั้น จากการพัฒนาระบบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้ และอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมต่อไป

2.2.3 การพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนเด็กพลัดหลงบริเวณชายหาด (Development of Anti-Lost Child Alarm Device for beach area)

พิเชษฐ์ ปิตานุสรณ์, ณัฐวุฒิ สนิท, บดินทร์ ถานอาจนา [34] ได้ทำการวิจัยพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนเด็กพัดหลงบริเวณชายหาด ได้กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัยเช่นนี้ว่า ปัจจุบันการพลัดหลงของเด็กกับผู้ปกครองในสถานที่ท่องเที่ยวมักเกิดขึ้นอยู่ประจำ โดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวบริเวณชายหาด ที่ผู้ปกครองมักนิยมพาบุตรหลานมาท่องเที่ยวในช่วงวันหยุด เนื่องจากบริเวณชายหาดเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีทัศนวิสัยโดยรอบที่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งชายหาด ทำให้เด็กเกิดความสับสนได้ง่าย หรือการละสายตาช่วงเวลาสั้นๆ ของผู้ปกครองในการดูแลบุตรหลานส่งผลให้เด็กเกิดการพลัดหลงกับผู้ปกครอง ซึ่งในช่วงเวลาที่ค้นหาเด็กที่เกิดการพลัดหลง อาจเกิดอุบัติเหตุหรือถูกลักพาตัวเพื่อแสวงหาผลประโยชน์ แต่เพื่อเป็นการไม่ประมาทจนนำไปสู่เหตุการณ์ร้ายแรง จึงต้องมีการป้องกันไว้ล่วงหน้า

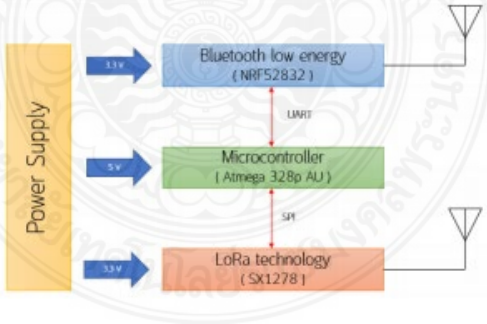
ปัจจุบันมีเทคโนโลยีด้านการสื่อสารที่สามารถรับส่งข้อมูลหรือติดต่อสื่อสารได้อย่างรวดเร็วและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถระบุตำแหน่งของผู้ที่สวมใส่อุปกรณ์ที่สามารถรับส่ง ข้อมูลผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายออกมาอย่างแพร่หลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงอาศัยหลักการการทำงานของอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์การแจ้งเตือนเด็กหายบริเวณชายหาด ออกเป็น 3 ส่วนคือ การออกแบบอุปกรณ์สถานีฐาน, การพัฒนาอุปกรณ์เกตเวย์ และการออกแบบเว็บแอพพลิเคชั่น ในส่วนของการออกแบบอุปกรณ์สถานีฐานจะเป็นการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมา เพื่อทำหน้าที่ในการรับข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านบลูทูธพลังงานต่ำ แล้วจะส่งข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณ รวมทั้งหมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ โดยการแพร่กระจายความถี่ของคลื่นวิทยุ เมื่ออุปกรณ์เกตเวย์ได้รับข้อมูลค่าความแรงของสัญญาณและหมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กจากสถานีฐาน เพื่อทำการอัพโหลดข้อมูลไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล และในส่วนของเว็บแอพพลิเคชั่น จะเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก ซึ่งการเข้าถึง เว็บแอพพลิชั่นสามารถเข้าถึงได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และ Smartphone ดังรูปที่ 2-17

รูปที่ 2-17 ภาพรวมของระบบการแจ้งเตือนเด็กพลัดหลงบริเวณชายหาด

2.2.3.1 การออกแบบและพัฒนาส่วนของอุปกรณ์สถานีฐาน

การออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์ในส่วนของอุปกรณ์สถานีฐาน โดยอาศัยเทคโนโลยี Bluetooth พลังงานต่ำ กับเทคโนโลยี LoRa เข้าด้วยกัน และสามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเหมาะสมกับการใช้งานในโครงงานนี้ การออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์ในส่วนนี้เป็นการออกแบบขึ้นเพื่อใช้งานการรับข้อมูลตำแหน่ง (GPS Location) จากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก โดยจะระบุตำแหน่งที่อยู่ของตัวอุปกรณ์รวมทั้งหมายเลขประจำตัวของตัวอุปกรณ์ และส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เกตเวย์โดยใช้การแพร่กระจายความถี่ของคลื่นวิทยุ โครงสร้างหลักของอุปกรณ์สถานีฐานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

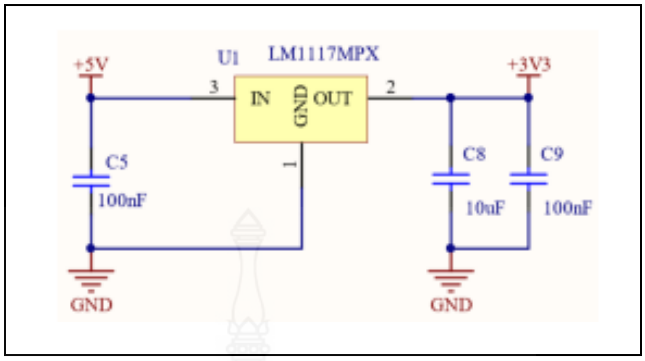


รูปที่ 2-18 โครงสร้างฮาร์ดแวร์อุปกรณ์สถานีฐาน

(1) แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในโครงงานนี้จะรับไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 24 โวลต์จากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าภายนอก โดยทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ เนื่องจากโมดูล nrf52832 และ LoRa Chip ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ เนื่องจาก

ต้องแปลงกระแสไฟฟ้า จาก 5 โวลต์ ให้เป็น 3.3 โวลต์ โดยใช้ IC Voltage Regulator LM1117 ในการแปลงกระแสไฟฟ้าจาก 5 โวลต์ ให้เป็น 3.3 โวลต์ ดังรูปที่ 2-19



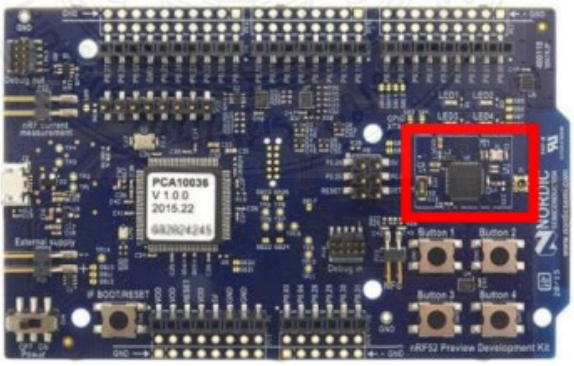
รูปที่ 2-19 การออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า

(2) อุปกรณ์สถานีฐาน

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สถานีฐาน เพื่อให้สามารถรับค่าสัญญาณจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กและนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผลเพื่อกรองข้อมูลก่อนส่งข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ โดยสามารถแบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

(2.1) ส่วนของการรับส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ

หลักการออกแบบในส่วนนี้ศึกษาจากการออกแบบบอร์ดบลูทูธพลังงานต่ำสำเร็จรูป nRF52 Development Kit ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Nordic Semiconductor ที่สามารถทำงานร่วมกันกับ Arduino Uno Revision 3 และสามารถพัฒนาด้านโปรแกรมด้วย Nordic Software Development Tool โดยใช้ โปรแกรม Keil, IAR และ GCC สำหรับการสร้างต้นแบบและการพัฒนาอย่างรวดเร็วบนไลบรารีซอฟต์แวร์ที่หลากหลาย ซึ่งมีชุดซอฟต์แวร์ตัวอย่างให้เลือกใช้งานจาก nRF5 SDK เพื่อรองรับแอพพลิเคชั่น Bluetooth Smart, ANTและ 2.4 GHz โดยในโครงงานนี้นำเอาส่วนของ Chip nRF52832 มาพัฒนาและออกแบ อุปกรณ์สถานีฐานดังรูปที่ 2-20

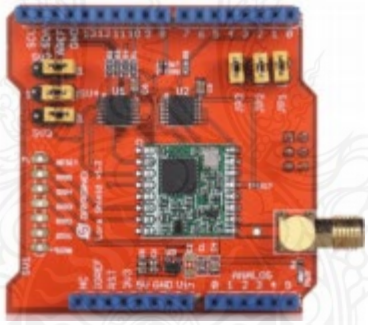


รูปที่ 2-20 nRF52 Development Kit

(2.2) ส่วนการรับส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีLoRa

การรับส่งรับข้อมูลด้วยเทคโนโลยี LoRa เป็นการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์สถานีฐานไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ ซึ่งจะใช้ Chip SX1278 ที่ภายในมี IC RFM95W ซึ่งมีไอซีการสื่อสารไร้สายระยะไกลในการรับส่งข้อมูล โดยใช้การแพร่กระจายความถี่คลื่นวิทยุที่ความถี่ 915 MHz และมีขนาดเล็กใช้พลังงานต่ำ สามารถรับข้อมูลด้วยความไวมากกว่า –137 dBm จึงเหมาะสมสำหรับงานแอพพลิเคชั่นแบบ M2M โดย โครงงานนี้ RFM95W จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านทาง SPI โดย RFM95W จะทำหน้าที่เหมือนอุปกรณ์ SPL Slave ส่วนไมโครคอนโทรเลอร์จะทำหน้าที่เหมือนอุปกรณ์ SPI Master และจะกำหนดจังหวะในการส่งข้อมูลของระบบด้วยสัญญาณนาฬิกา

โดยการออกแบบและพัฒนาในส่วนนี้การออกแบบบอร์ด LoRa shield for Arduino สำเร็จรูปที่ถูกออกแบบโดยบริษัท Dragino เป็นอุปกรณ์รับส่งข้อมูลระยะไกลในรูปแบบ Arduino shield form factor and based มีการพัฒนาด้านโปรแกรมแบบ Open Source ป้องกันการรบกวนจากสัญญาณภายนอก มีการใช้พลังงานต่ำ และใช้คลื่นความถี่ในการสื่อสาร 3 ย่านความถี่คือ 433 MHz/ 868 MHz/ 915 MHz โดยถูกกำหนดจากโรงงานมาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้ย่านความถี่ 915 MHz และสามารถใช้งานร่วมกับ Arduino Leonaedo, Uno, Mega, Due จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์สถานีฐาน ดังรูปที่ 2-21



รูปที่ 2-21 LoRa shield for Arduino

(2.3) ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโครงงานนี้จะใช้ IC ATmega328pAU ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มศึกษา และยังสามารถพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมได้ โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมที่ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานและการประมวลผลข้อมูล

โดยการออกแบบและพัฒนาในส่วนนี้จะศึกษาจากการออกแบบบอร์ด Arduino UNO สำเร็จรูป ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลโทรเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐาน ATmega328 โดยบอร์ด Arduino UNO นี้มีทุกสิ่งที่เอื้อต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การต่อไฟเลี้ยงสามารถทำได้ทั้งการเชื่อมต่อเข้ากับ USB cable หรือจ่ายไฟด้วย AC-DC adapter หรือการใช้แบตเตอรี่ และมีความแตกต่างจากบอร์ดของ

Arduino อื่นๆ โดยที่ UNO ไม่ได้ใช้ FTDI USB-to-serial deiver chilp แต่จะมี ATmega16U เข้ามาเป็นโปรแกรมแปลง USB-to-serial อีกทั้งยังรองรับของ nRF52 Development Kit และ LoRa shield for Arduino จึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นส่วนที่ทำการประมวลผลการทำงานของอุปกรณ์สถานีฐาน

(2.4) เสาสัญญาณ

ในโครงงานนี้จะมีเสาสัญญาณอยู่ 2 แบบ ดังนี้

(2.4.1) เสาสัญญาณคลื่นความถี่ 2.4 GHz

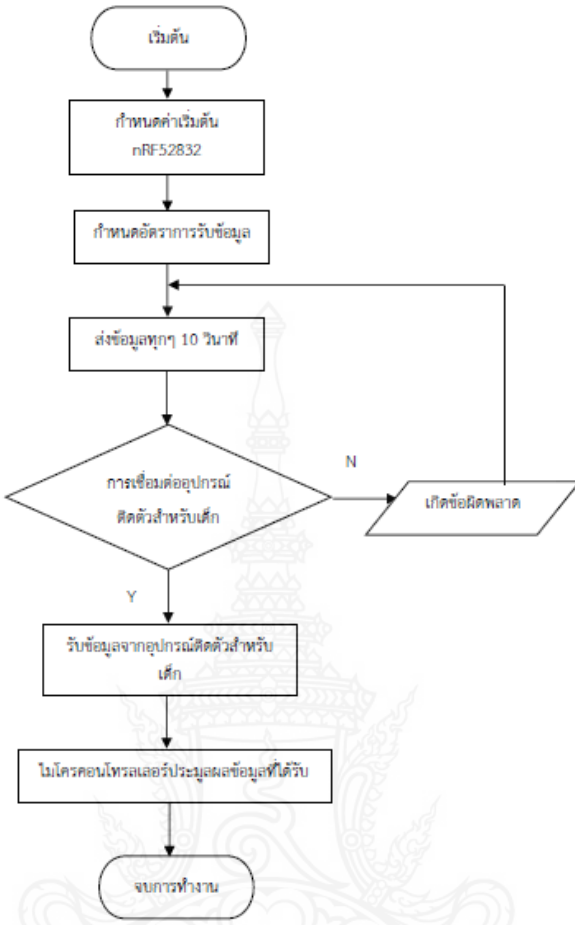
เสาสัญญาณคลื่นความถี่ 2.4 GHz เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณของตัวอุปกรณ์สถานีฐาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับค่าสัญญาณจากตัวอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กได้ดียิ่งขึ้น

(2.4.2) เสาสัญญาณคลื่นความถี่ 915 MHz

เสาสัญญาณคลื่นความถี่ 915 MHz เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณของตัวอุปกรณ์สถานีฐาน เพื่อเพิ่มประสิทธิในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ได้ดียิ่งขึ้น

2.2.3.2 การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนของอุปกรณ์สถานีฐาน

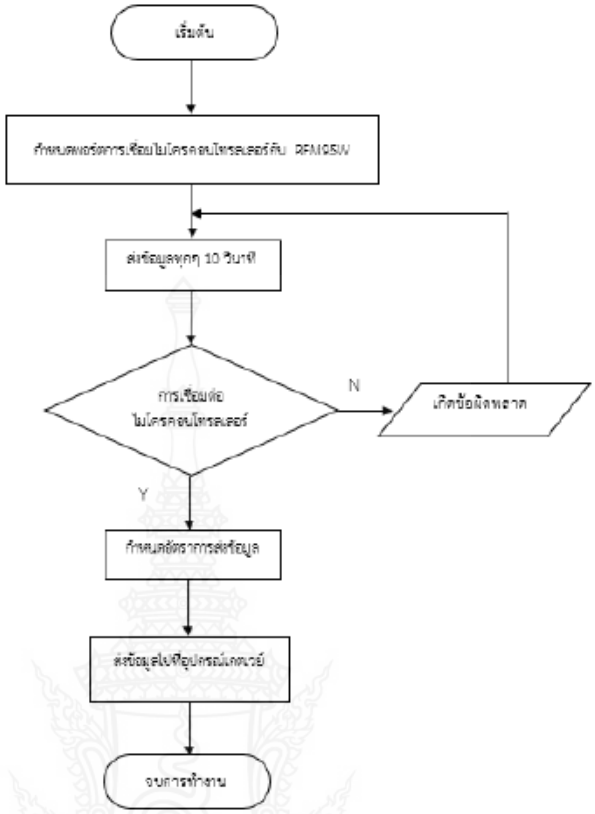
การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ในส่วนของอุปกรณ์สถานีฐานเป็นการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหรือจัดการข้อมูล เพื่อบริหารจัดการลำดับการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สถานีฐาน และเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานของตัวอุปกรณ์ โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากการกำหนดค่าต่างๆ ของ Chip nRF52832 กำหนดอัตราการรับข้อมูลและกำหนดช่วงเวลาในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กหากมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กจะเริ่มการรับข้อมูลจากอปุกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กก่อนส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลดังรูปที่ 2-22 และ รูปที่ 2-23



รูปที่ 2-22 ขั้นตอนการทำงานอุปกรณ์สถานีฐานส่วนการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ติดตัวสาหรับเด็ก

จากการทำงานของโปรแกรมในส่วนของอุปกรณ์สถานีฐานส่วนการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กโดยการทำงานของโปรแกรม เริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ เช่นการกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Chip nRF52832 และกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลที่ใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เกต์เวย์

จากนั้นระบบจะเริ่มต้นการทำงานเพื่อรับข้อมูลมาจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับตัวเด็ก และทำการส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328P-AU เพื่อทำการประมวลผลของข้อมูลที่ได้รับจาก Chip nRF52833 และส่งข้อมูลต่อไปยัง RFM95W หลังจากนั้นจะเป็นการทำงานของโปรแกรมในส่วนอุปกรณ์สถานีฐานในส่วนการประมวลผลข้อมูลก่อนส่งไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ โดยลำดับการทำงานเริ่มต้นของโปรแกรมเริ่มจากการกำหนดพอร์ตการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Chip RFM95W แล้วจึงตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Chip RFM95W หากการเชื่อมต่อสำเร็จจะต้องกำหนดความถี่ในการใช้งานและหน่วงเวลาในการส่งข้อมูลให้กับ Chip RFM95W หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการกรองข้อมูลที่จำเป็นในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก แล้วจึงส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ ดังรูปที่ 2-23



รูปที่ 2-23 ขั้นตอนการทางานอุปกรณ์สถานีฐานส่วนการประมวลผลข้อมูลก่อนส่งไปอุปกรณ์เกตเวย์

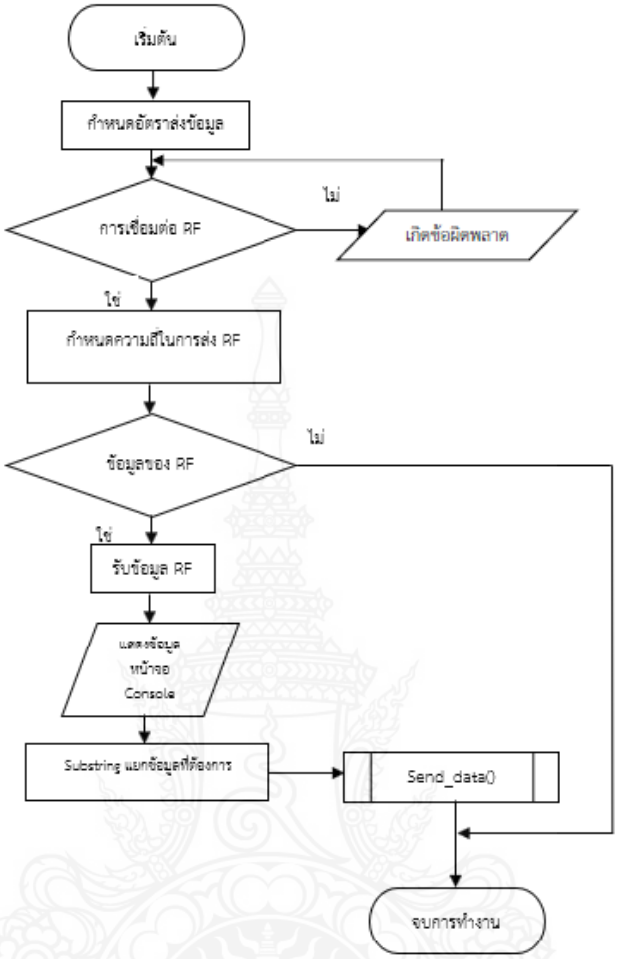
2.2.3.3 การพัฒนาส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์

การพัฒนาในส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ เป็นการพัฒนาเพื่อให้ใช้งานในการรับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์สถานีฐาน เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ แล้วจึงทาการอัพโหลดขึ้นไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล ก่อนนำข้อมูลไปใช้ในการแสดงผลในส่วนของเว็บแอพพลิเคชั่น โดยในโครงการนี้จะใช้ LoRa Gateway ที่ผลิตขึ้นโดยบริษัท Dragino

LoRa Gateway เป็นเกตเวย์ที่สามารถเชื่อมต่อเครื่อข่ายการสื่อสารแบบไร้สาย LoRa เข้ากับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านช่องทาง WiFi, Ethernet, 3G หรือ 4G และยังเป็นอุปกรณ์เกตเวย์ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source ที่รองรับ Arduino IDE ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มใช้งาน เพราะง่ายต่อการแก้ไขหรือพัฒนาซอฟต์แวร์ ให้เหมาะสมสาหรับการใช้งาน

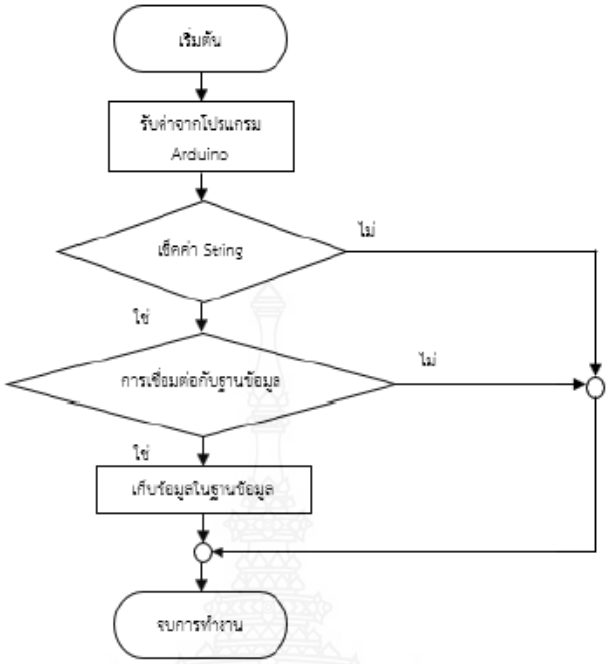
(1) การพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์

การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ในส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหรือการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล เพื่อลำดับการทำงานของอุปกรณ์เกตเวย์ และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการระบุบตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 2-24



รูปที่ 2-24 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมในส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์

จากผังการทำงานของโปรแกรมส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ จะเห็นว่าขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเริ่มจากการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Dragino HE Linux แล้วตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์กับ RFM95W ถ้ามีการเชื่อมต่อสำเร็จระบบจะให้ทำการกำหนดความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารการรับส่งข้อมูลให้กับ RFM95W จากนั้นทำการตรวจสอบสถานะของข้อมูลที่ RFM95W ถ้าสามารถรับได้จะทำการอ่านข้อมูลนั้นและจัดการข้อมูลที่ได้รับ เพื่อทำการแยกข้อมูลที่เราต้องการจากนั้นจึงเรียกใช้ฟังก์ชัน send_data ไปยังระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการแสดงข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตัวสาหรับเด็กผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น ดังรูปที่ 2-25



รูปที่ 2-25: การทำงานของโปรแกรมการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

2.2.3.4 การออกแบบส่วนของเว็บแอพพลิเคชั่น

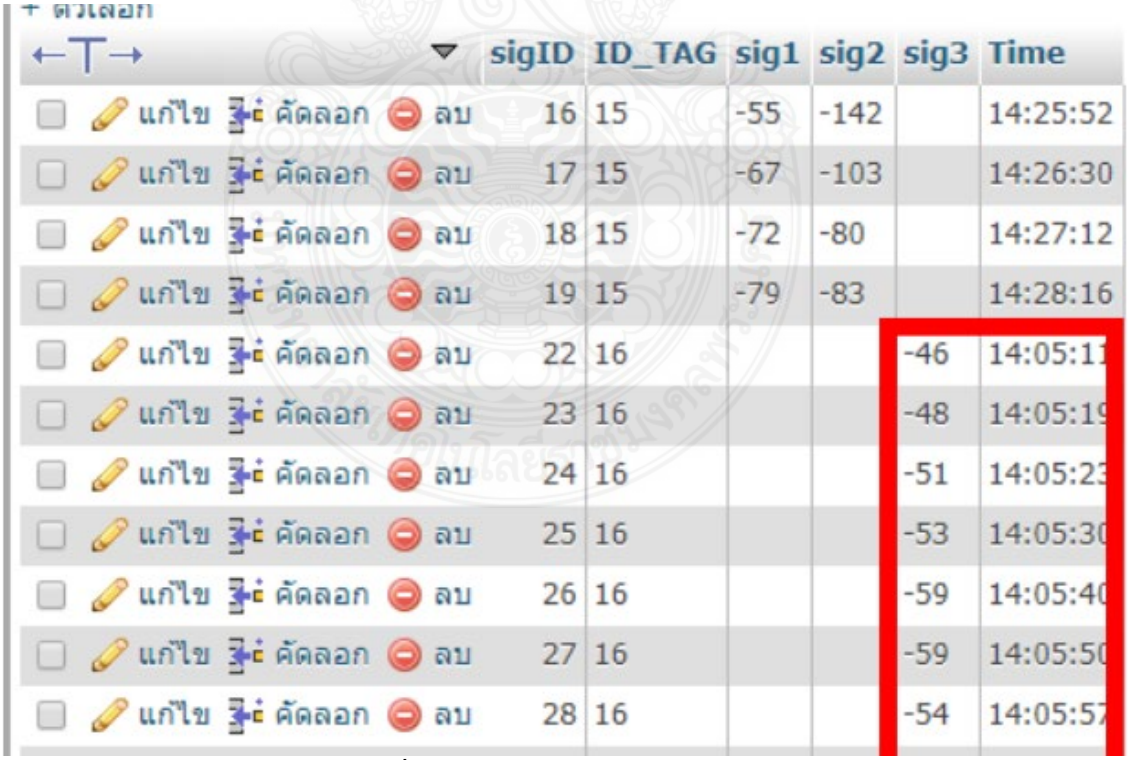
การออกแบบในส่วนของเว็บแอพพลิเคชั่น ผู้วิจัยได้ออกแบบเว็บแอพพลิเคชั่น ให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชั่นเข้าใจง่าย ไม่มีความซับซ้อนมากนัก โดยผู้ใช้งานจะสามารถเข้าใช้งานด้วยการลงทะเบียน เพื่อดูข้อมูลจากฐานข้อมูล เมื่อใช้งานเสร็จผู้ใช้งานสามารถออกจากระบบได้อย่างง่าย โดยสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 สิทธิ์คือ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน

2.2.3.5 ผลการทดลอง

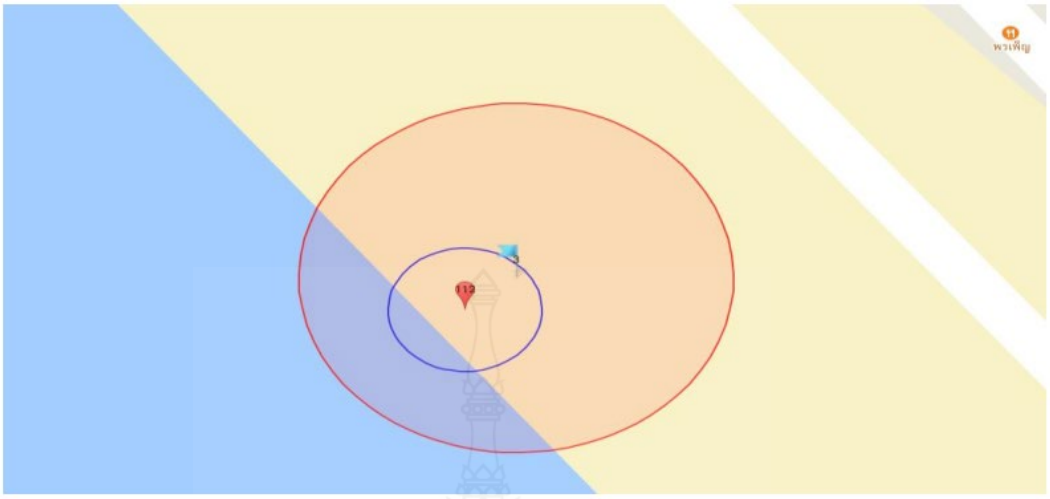
จากผลการทดลองใช้งานระบบแจ้งเตือนเด็กพลัดหลงบริเวณชายหาดในพื้นที่การทดลองชายหาดบางแสน เพื่อทำการทดลองการใช้งานของระบบในสภาพแวดล้อมและสถานที่จริง โดยขอความอนุเคราะห์จากนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในบริเวณดังกล่าว เพื่อนำอุปกรณ์ติดตัวสำหรับไปติดตัวให้กับบุคตหลานเพื่อทดลองให้เก็บผลการทดลอง โดยได้ขออนุญาตจากผู้ปกครองเพื่อทำการทดสอบและสอบถามข้อมูลของเด็กที่ใส่อุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กเพื่อทำการลงทะเบียน เมื่อมีการลงทะเบียนเรียบร้อยแล้ว ระบบจะให้ใช้งานผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นดังรูป

รูปที่ 2-26 ระบบการลงทะเบียนเด็ก

เมื่อข้อมูลที่อุปกรณ์สถานีฐานได้รับจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็กจะถูกส่งไปเก็บไว้บนระบบฐานข้อมูลดังรูป 2-27 และอัพโหลดไปยังหน้าแอพพลิคชั่น ซึ่งจะแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก เพื่อทำการระบุตำแหน่งที่เด็กส่วมใส่ เพื่อให้ผู้ปกครองทราบตำแหน่งของบุตรหลานผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่นดังรูป 2-28



รูปที่ 2-27 ข้อมูลบนระบบฐานข้อมูล



รูปที่ 2-28 หน้าแสดงผลตำแหน่งอุปกรณ์ติดตัวสำหรับเด็ก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เงื่อนไขในการออกแบบ

3.1.1 แบบที่ 1 ระหว่างอุปกรณ์ Arduino ที่มีโมดูล Lora ติดมากับตัวอุปกรณ์กับผู้ให้บริการเครือข่าย Lora Gateway

3.1.2 แบบที่ 2 ระหว่างอุปกรณ์ Arduino ที่มีโมดูล Lora ติดมากับตัวอุปกรณ์ จำนวน 2 ตัว

3.2 การดำเนินการออกแบบ

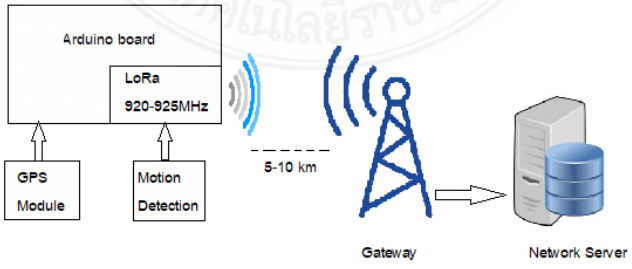
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ติดตามรถยนต์ด้วยเทคโนโลยี LoRa เป็น 2 แบบดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์ติดตามรถยนต์ด้วยเทคโนโลยี LoRa ที่ใช้คลื่นความถี่ 920-925 MHz ของบริษัท CAT Telecom ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ LoRa ในประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ให้บริการทั้งหมด 31 จังหวัดคือ กรุงเทพมหานคร, พิษณุโลก และอื่นๆ ดังรูปที่ 3-1 โดยสีแดงอมเทาเป็นจุดให้บริการ lora ของ cat และมีแผนการบริหารให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วไประเทศไทยในจุดสีฟ้าในรูปที่ 3-2

รูปที่ 3-1 พื้นที่การให้บริการ Cat lora

รูปที่ 3-2 การให้บริการ Cat lora ในอนาคต

จากการให้บริการข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกใช้การบริหารคลื่น Lora ของ Cat เพื่อดำเนินการวิจัยในงานดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ดังรูปที่ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ Arduino board integrate LoRa, GPS Module, Motion Detection ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-3 Architecture Design

3-4 (a) Arduino board

3-4 (b) GPS Module

3-4 (c) Motion Detection

รูปที่ 3-4 อุปกรณ์สำหรับงานวิจัย

1. อุปกรณ์ Arduino board [29] เป็นอุปกรณ์ที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกัน ซึ่งมีการใช้งานในการเขียนโปรแกรมภาษา C ใน board เพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆ รูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟแวร์ที่ใช้งานร่วมกัน

2. GPS Module [30] เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณของฮาร์ดแวร์ ที่ใช้งานร่วมกับ Arduino หรือคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS ได้

อุปกรณ์ที่ใช้จีพีเอสทั่วไป มักต้องมี GPS Module ที่มีฟังชั่น GPS ขั้นพื้นฐานอยู่แล้ว ซึ่งประกอบไปด้วย เสาอากาศเป็นตัวรับสัญญาณหลายช่องสัญญาณและการคำนวนในการรับส่งข้อมูลระยะทาง, เวลาที่ส่งไป แล้วถอดรหัสข้อมูลเหล่านั้นออกมาเป็นพิกัด ที่ส่งจากดาวเทียม และโปรเซสเซอร์ที่อยู่ใน GPS Module จะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้และรายงานออกมาเป็น ตำแหน่ง พิกัด ความเร็ว และข้อมูลสำคัญต่างๆ

ดังนั้นขีดความสามารถของ GPS Module ในการคำนวนพิกัด การส่งสัญญาณ หรือการประมวลผลความคลาดเคลื่อนของพิกัด การส่งข้อมูลที่ผิดพลาดจากตัวอุปกรณ์เอง จะทำให้การรายงานตำแหน่งนั้นไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต หรือบริษัทที่พัฒนา GPS Module ของตัวนั้นๆด้วย ดังนั้นจะเป็นการดีที่สุดหากคุณ เลือกใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตจากบริษัท หรือผู้ผลิตอุปกรณ์ GPS ที่มีคุณภาพ และมี GPS Module ที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จะทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่น รวดเร็ว ถูกต้อง

โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่ติด GPS จะที่ใช้ฟังก์ชั่น GPS ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ กล้อง อุปกรณ์ติดตาม ขีปนาวุธนำวิธี อุปกรณ์ติดตามสัตว์ของชีววิทยา เป็นต้น

กล่าวคือ GPS Module เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ GPS นั้นเอง โดยอุปกรณ์ GPS ส่วนใหญ่มี GPS Tracking Devices (จีพีเอส ติดตาม) และ GPS Navigation Devices (จีพีเอส นำทาง) ในอุปกรณ์ จีพีเอส ติดตามจำเป็นต้องมี GPS Module และ GSM Module แต่ในส่วนของ จีพีเอส นำทาง จะใช้เพียง GPS Module เท่านั้น

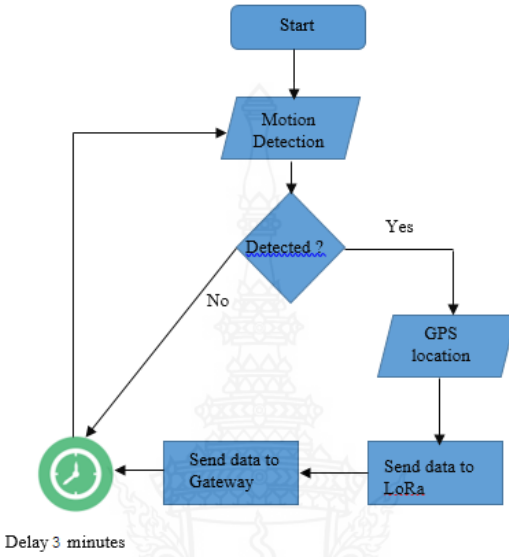
GPS Module ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลากหลายแบบ แต่ทุกตัวจำเป็นต้องมีตัวรับสัญญาณ ที่จะถูกส่งมาจากดาวเทียม GPS ซึ่งโมดูลแต่ละตัว จะมีลักษณะ หน้าตา ไม่เหมือนกัน แตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิต บางตัวก็จะมีตัวรับสัญญาณภายในที่ติดตั้งมาจากโรงงาน บางตัวต้องต่ออุปกรณ์รับสัญญาณอีกทีหนึ่งเพื่อขยายการรับสัญญาณให้ดีขึ้น หรือบางตัวก็ต่อสายรับสัญญาณแบบสายอากาศภายนอกอีกที เพื่อการรับสัญญาณในมุมอับได้ เช่น การติดตั้งภายในอาคาร หรือรถยนต์ ฯลฯ

สรุปคือ GPS Module เป็นชิ้นส่วนสำคัญของ อุปกรณ์ที่มีระบบ GPS ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณ พิกัดที่ส่งจากดาวเทียม GPS แล้วคำนวนข้อมูลพิกัดเหล่านั้นออกมา และจะแสดงขึ้นหน้าจอรายงานของอุปกรณ์ GPS ที่มันติดตั้งไว้ ซึ่งมีหลายรูปแบบ แล้วแต่บริบทที่เราต้องการใช้งาน แต่เราควรเลือกใช้งานอุปกรณ์ GPS ที่มีคุณภาพเชื่อถือได้ จากผู้ผลิตที่มีการผ่านการรับรองการผลิตที่ได้มาตรฐาน และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะในทางหนึ่ง หากคุณเป็นผู้ประกอบการธุรกิจ ที่จำเป็นมีการจัดการกองยานพาหนะที่มีจำนวนหลายคัน คุณอาจต้องใช้บริการของผู้ให้บริการที่น่าเชื่อถือที่สามารถทำให้คุณจัดการทุกอย่างได้อย่างมืออาชีพ

3. อุปกรณ์ Motion Sensor Detection [31] เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในระยะไม่เกิน 10 เมตร โดยมีการจับการเคลื่อนไหวในระยะ 55 องศษจากแนวระนาบในด้านบน/ล่าง และซ้าย/ขวา เมื่อมีความเคลื่อนไหวในระยะของ Motion sensor จะทำให้ค่า sensor เปลี่ยนไปเช่น เมื่อมีคนเดินผ่านหน้า Motion

sensor ค่า sensor จะเปลี่ยนไป และเมื่อคนหยุดด้านหน้า Motion sensor ค่า sensor จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะไม่มีการเคลื่อนไหว ฉะนั้นจึงไม่เกี่ยวกับว่ามีอะไรบังอยู่ข้างหน้า Motion sensor หรือไม่

จากการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 อย่างที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนของการทำงานของระบบในอุปกรณ์ดังรูปที่ 3-5



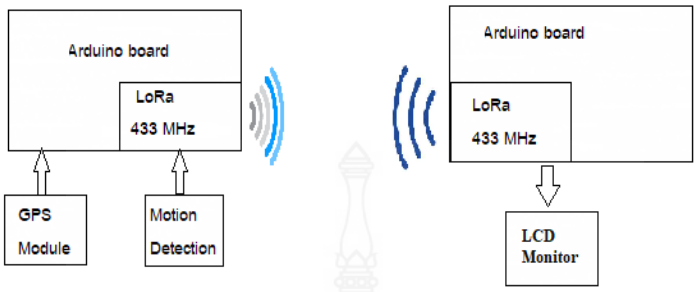
รูปที่ 3-5 การทำงานของอุปกรณ์

จากรูปที่ 3-5 อุปกรณ์จะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เมื่อตรวจพบระบบจะทำการส่งตำแหน่ง GPS location ทุกๆ 1 นาที ไปยัง Gateway ของผู้ให้บริการ หลังจากนั้น Gateway จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Network server และ Application server ของผู้ให้บริการตามลำดับ หลังจากนั้นระบบจะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวอีกครั้งหลังจากผ่านไป 3 นาที สำหรับให้ผู้ใช้บริการสามารถดูข้อมูลตำแหน่ง GPS location ผ่านเว็บไซต์ของผู้ให้บริการ และนำไปเปิดกับ Google Map เพื่อตรวจสอบกับพิกัดในแผนที่จริงได้

3.2.2 อุปกรณ์ติดตามรถยนต์ด้วยเทคโนโลยี LoRa โดยใช้คลื่นความถี่ 433 MHz ที่กำลังส่ง 10 mw ระหว่างตัวอุปกรณ์ IoT ที่มีเทคโนโลยี Lora ด้วยกันเอง โดยคำนึงถึงข้อกำหนดในการประกาศราชกิจจานุเบกษา วันที่ 25 มิ.ย. 2558 ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนความถี่วิทยุกิจการเคลื่อนที่ทางบกและกิจการประจำที่ผ่านความถี่ 401-405.9MHz , 406.2-410 MHz และ 430-450 MHz โดยกำลังส่งสูงสุด 10mW (e.i.r.p) ได้รับการยกเว้นใบอนุญาตวิทยุคมนาคมในการใช้งานคลื่นความถี่ดังกล่าว ถ้ามีการใช้งานกำลังส่ง 1W (e.i.r.p) ต้องได้รับใบอนุญาตวิทยุคมนาคมเท่านั้น

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์เป็น 2 อุปกรณ์ คืออุปกรณ์ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เมื่อตรวจพบระบบจะทำการส่งข้อมูล GPS Location ไปยังอุปกรณ์รับข้อมูลตัวที่ 2 โดยที่อุปกรณ์ตัวที่ 2 จะแสดงผลของข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ตัวที่หนึ่งแสดงที่หน้าจอแสดงผล ซึ่งประกอบด้วย

อุปกรณ์ต่างๆ อาทิ Arduino sender board, Arduino receiver board, Motion Detection, GPS Module ดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 การออกแบบตัวอุปกรณ์บนคลื่น 433 MHz

1. อุปกรณ์ Arduino Sender board [29] เป็นอุปกรณ์ที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกัน ซึ่งมีการใช้งานในการเขียนโปรแกรมภาษา C ใน board เพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆ รูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟแวร์ที่ใช้งานร่วมกัน และคอยทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล ไปยัง Arduino Receiver board

2. อุปกรณ์ Arduino Receiver board [29] เป็นอุปกรณ์ที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกัน ซึ่งมีการใช้งานในการเขียนโปรแกรมภาษา C ใน board เพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆ รูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟแวร์ที่ใช้งานร่วมกัน และคอยทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจาก Arduino Sender board

3. GPS Module [30] เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณของฮาร์ดแวร์ ที่ใช้งานร่วมกับ Arduino หรือคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียม GPS ได้

อุปกรณ์ที่ใช้จีพีเอสทั่วไป มักต้องมี GPS Module ที่มีฟังชั่น GPS ขั้นพื้นฐานอยู่แล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยเสาอากาศเป็นตัวรับสัญญาณหลายช่องสัญญาณและการคำนวนในการรับส่งข้อมูลระยะทาง, เวลาที่ส่งไป แล้วถอดรหัสข้อมูลเหล่านั้นออกมาเป็นพิกัด ที่ส่งจากดาวเทียม และโปรเซสเซอร์ที่อยู่ใน GPS Module จะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้และรายงานออกมาเป็น ตำแหน่ง พิกัด ความเร็ว และข้อมูลสำคัญต่างๆ

ดังนั้นขีดความสามารถของ GPS Module ในการคำนวนพิกัด การส่งสัญญาณ หรือการประมวลผลความคลาดเคลื่อนของพิกัด การส่งข้อมูลที่ผิดพลาดจากตัวอุปกรณ์เอง จะทำให้การรายงานตำแหน่งนั้นไม่ถูกต้อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต หรือบริษัทที่พัฒนา GPS Module ของตัวนั้นๆด้วย ดังนั้นจะเป็นการดีที่สุดหากคุณ เลือกใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตจากบริษัท หรือผู้ผลิตอุปกรณ์ GPS ที่มีคุณภาพ และมี GPS Module ที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จะทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่น รวดเร็ว ถูกต้อง

โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่ติด GPS จะที่ใช้ฟังก์ชั่น GPS ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ กล้อง อุปกรณ์ติดตาม ขีปนาวุธนำวิธี อุปกรณ์ติดตามสัตว์ของชีววิทยา เป็นต้น

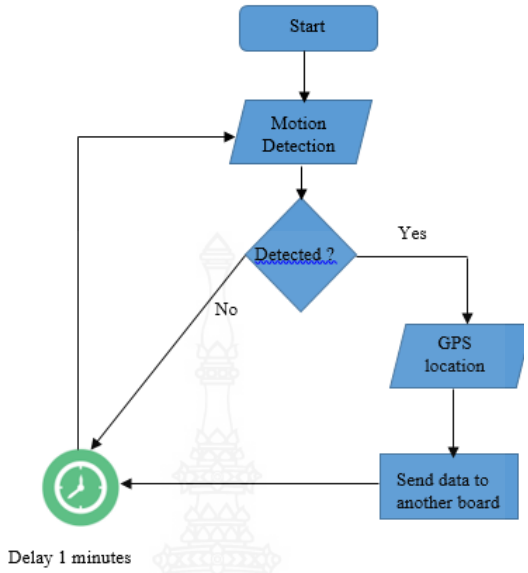
กล่าวคือ GPS Module เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ GPS นั้นเอง โดยอุปกรณ์ GPS ส่วนใหญ่มี GPS Tracking Devices (จีพีเอส ติดตาม) และ GPS Navigation Devices (จีพีเอส นำทาง) ในอุปกรณ์ จีพีเอส ติดตามจำเป็นต้องมี GPS Module และ GSM Module แต่ในส่วนของ จีพีเอส นำทาง จะใช้เพียง GPS Module เท่านั้น

GPS Module ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลากหลายแบบ แต่ทุกตัวจำเป็นต้องมีตัวรับสัญญาณ ที่จะถูกส่งมาจากดาวเทียม GPS ซึ่งโมดูลแต่ละตัว จะมีลักษณะ หน้าตา ไม่เหมือนกัน แตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิต บางตัวก็จะมีตัวรับสัญญาณภายในที่ติดตั้งมาจากโรงงาน บางตัวต้องต่ออุปกรณ์รับสัญญาณอีกทีหนึ่งเพื่อขยายการรับสัญญาณให้ดีขึ้น หรือบางตัวก็ต่อสายรับสัญญาณแบบสายอากาศภายนอกอีกที เพื่อการรับสัญญาณในมุมอับได้ เช่น การติดตั้งภายในอาคาร หรือรถยนต์ ฯลฯ

สรุปคือ GPS Module เป็นชิ้นส่วนสำคัญของ อุปกรณ์ที่มีระบบ GPS ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณ พิกัดที่ส่งจากดาวเทียม GPS แล้วคำนวนข้อมูลพิกัดเหล่านั้นออกมา และจะแสดงขึ้นหน้าจอรายงานของอุปกรณ์ GPS ที่มันติดตั้งไว้ ซึ่งมีหลายรูปแบบ แล้วแต่บริบทที่เราต้องการใช้งาน แต่เราควรเลือกใช้งานอุปกรณ์ GPS ที่มีคุณภาพเชื่อถือได้ จากผู้ผลิตที่มีการผ่านการรับรองการผลิตที่ได้มาตรฐาน และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะในทางหนึ่ง หากคุณเป็นผู้ประกอบการธุรกิจ ที่จำเป็นมีการจัดการกองยานพาหนะที่มีจำนวนหลายคัน คุณอาจต้องใช้บริการของผู้ให้บริการที่น่าเชื่อถือที่สามารถทำให้คุณจัดการทุกอย่างได้อย่างมืออาชีพ

4. อุปกรณ์ Motion Sensor Detection [31] เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในระยะไม่เกิน 10 เมตร โดยมีการจับการเคลื่อนไหวในระยะ 55 องศาจากแนวระนาบในด้านบน/ล่าง และซ้าย/ขวา เมื่อมีความเคลื่อนไหวในระยะของ Motion sensor จะทำให้ค่า sensor เปลี่ยนไปเช่น เมื่อมีคนเดินผ่านหน้า Motion sensor ค่า sensor จะเปลี่ยนไป และเมื่อคนหยุดด้านหน้า Motion sensor ค่า sensor จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพราะไม่มีการเคลื่อนไหว ฉะนั้นจึงไม่เกี่ยวกับว่ามีอะไรบังอยู่ข้างหน้า Motion sensor หรือไม่

จากการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่างที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์โดยมีขั้นตอนของการทำงานของระบบในอุปกรณ์ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 การทำงานของระบบในอุปกรณ์ Arduino บนคลื่นความถี่ 433 MHz

จากรูปที่ 3-7 อุปกรณ์จะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เมื่อตรวจพบระบบจะทำการส่งตำแหน่ง GPS location ทุกๆ 1 นาที ไปยัง อุปกรณ์ Arduino ที่เป็นตัวรับ (receiver) หลังจากนั้นระบบจะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวอีกครั้งหลังจากผ่านไป 3 นาที ผู้ที่ถืออุปกรณ์ Arduino (receiver) อีกตัวจะได้รับข้อมูล Longitude และ Latitude ที่มาจากอุปกรณ์ที่ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวได้

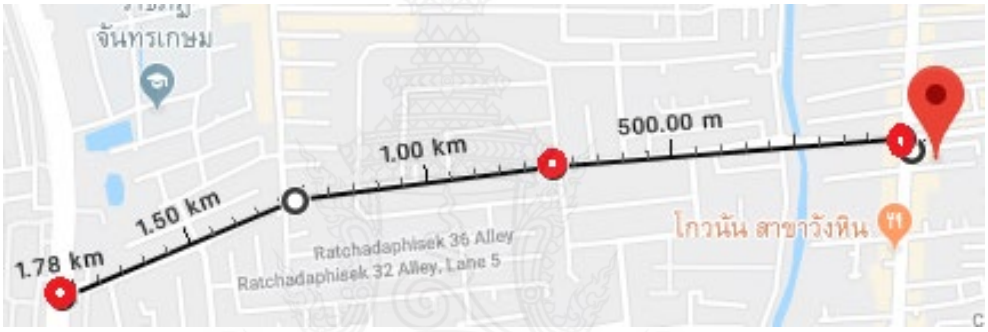
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลจากการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 1 และที่ 2 ได้ผลลัพธ์ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 1 (ระหว่าง Arduino กับ Lora Wan ของ Cat)

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบนั่งในรถยนต์จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในกรุงเทพ ดังรูปที่ 4-1 อุปกรณ์แบบที่ 1 ตรวจพบความเคลื่อนไหวของคนในรถยนต์ ระบบจะทำการส่งตำแหน่งพิกัด GPS location ไปยัง Gateway ของผู้ให้บริการเครือข่าย LoRa หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลที่ถูกส่งไปยังผู้ให้บริการเครือข่าย LoRa พบข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ได้ดังรูปที่ 4-2 ซึ่งบอกตำแหน่งพิกัด GPS location เมื่อนำไปเปิดใน Google Map ดังรูปที่ 4-1 (จุดสีแดง) ผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับ Google Map จริง ผลต่างกันเล็กน้อย



รูปที่ 4-1 ตำแหน่ง Gps location ที่ได้จาก Database ของ Cat Telecom

รูปที่ 4-2 ข้อมูลที่ถูกส่งจากโมดูล Lora ไปยัง Gateway

4.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 1 (ระหว่าง Arduino ด้วยกันเองที่มีโมดูล Lora)

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอุปกรณ์แบบที่ 2 โดยทำการทดสอบกับอุปกรณ์ให้รถยนต์จอดอยู่กับที่และมีคนนั่งอยู่ในรถยนต์ เมื่ออุปกรณ์ตรวจพบความเคลื่อนไหวของคนอยู่ในรถยนต์จะดำเนินการส่ง GPS Location ไปยังอุปกรณ์ตัวที่ 2 ดังรูปที่ 4-3 โดยอุปกรณ์ตัวที่ 2 จะทำการเดินถอยห่างจากออกจากตัวรถไปเรื่อยๆ จนอุปกรณ์ตัวที่ 2 ไม่สามารถรับข้อมูลที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ที่อยู่ในรถยนต์ได้ ผลจากการทดสอบจากอุปกรณ์จะได้ระยะทางเพียง 100 เมตรเท่านั้น เมื่อนำข้อมูลที่ปรากฏบนหน้าจอตัวอุปกรณ์ที่ 2 ไปค้นหาตำแหน่งใน Google Map ซึ่งได้ผลตรงกับตำแหน่งของรถที่จอด ดังรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-3 ข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ Arduino ตัวที่ติดตั้งภายในรถ

รูปที่ 4-4 ข้อมูลจากรูปที่ 4-4 นำมา plot จุดใน Google Map

บทที่ 5
สรุป อธิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลจากการทดลองอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ มีขอบเขตและระยะทางการใช้งานที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากการบริการในเครือข่าย Lora ของ Cat Telecom ที่ใช้คลื่นความถี่ 920-925 MHz ให้บริการในเขตกรุงเทพมหานครในรูปที่ 5-1 และในอนาคตจะมีการขยายพื้นที่การให้บริการในจุดสีฟ้าดังรูปที่ 5-2

รูปที่ 5-1 พื้นที่การให้บริการ Cat lora ในปัจจุบัน

รูปที่ 5-2 การให้บริการ Cat lora ในอนาคต

ในความเป็นจริงแล้วคลื่น 430 MHz เป็นคลื่นความถี่ต่ำ มีการส่งได้ระยะไกลกว่าคลื่น 920-925 MHz แต่เนื่องจากกสทช. ได้กำหนดให้มันการใช้ความถี่คลื่นที่ต่ำกว่า 10mw ทำให้มีการส่งไม่ไกลนัก แต่เมื่อเทียบกับคลื่น Lora ของ Cat จะมีการส่งคลื่นในความถี่ที่สูงขึ้น แต่ก็มีเสาเครือข่ายที่จะคอยรับคลื่น Lora กระจายไปทั่ว ทำให้มีการรับสัญญาณที่ครอบคลุมพื้นที่มากกว่านั่นเอง

บรรณานุกรม

[1] Royal Thai Police. The statistics of car theft cases between 2009-2011. Retrieved August 20, 2018, http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/TopTen/T08/T0805/th/th.htm

[2] Connecting Opportunity. The top five brands of lost automobiles. Retrieved August 20, 2018, http://www.thansettakij.com/content/26784

[3] Softbiz Plus co.,ltd. Car theft prevention devices in the market. Retrieved August 20, 2018, http://www.softbizplus.com/general/734-types-of-car-theft-and-how-to-prevent

[4] GPS Siam. Car Tracking System. Retrieved August 20, 2018, https://www.gpsiam.com/tracking-systems/gps-tracking/

[5] CAT TELECOM PUBLIC COMPANY LIMITED. LoRa Network Connection. Retrieved Jan 10, 2019, www.cattelecom.com/LoRa

[6] The Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC). 2017. The technical standard of telecommunication equipment for non-RFID radios that used a 920-925 MHz bandwidth . (pp. 51). Bangkok: The Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC)

[7] The Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC). 2017. the NBTC announced that the land mobile service plans and fixed services through 401-405.9MHz, 406.2-410 MHz, and 430-450 MHz. (pp. 16). Bangkok: The Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC)

[8] Yang Bo. 2017. Bluetooth: Technology and Application. 2017, (pp. 2-10)

[9] Ankur Tomar. 2011. Introduction to Zigbee Technology. Global Technology Centre

[10] Keith Shaw. 2018. 802.11: Wi-Fi standards and speeds explained. Retrieved Jan 10, 2019, https://www.networkworld.com/article/3238664/80211-wi-fi-standards-and-speeds-explained.html

[11] LoRa. Retrieved Jan 10, 2019, https://www.lora-alliance.org. Accessed: 2015-11-07.

[12] Srinakharinwirot University. (2560). Wireless คืออะไร วายเลส คือ เครือข่ายไร้สาย , wireless LAN คือ เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย. Retrived September 20,2562, from https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2023-wireless-คืออะไร.html

[13] บจก. คาร์แทรค เทคโนโลยี (ไทยแลนด์). (2561). GPS คืออะไร เรารู้จัก GPS มากน้อยแค่ไหน. Retrived September 20,2019, from https://www.cartrack.co.th/gps-คืออะไร

[14] Yang Bo. 2017. Bluetooth: Technology and Application. 2017, หน้า 2-10

[15] นายกฤชกร แซ่หลี. 2015. เทคโนโลยี Bluetooth. Retrived September 20,2019, from https://sites.google.com/site/kodchakorns01it/thekhnoloyi-bluetooth

[16] Ankur Tomar. 2011. Introduction to Zigbee Technology. Global Technology Centre

[17] Smile Digital.2016.เทคโนโลยี Zigbee คืออะไร?. Retrived September 20,2019, from https://www.smile-digital.com/page/about-us/

[18] Keith Shaw. 2018. 802.11: Wi-Fi standards and speeds explained. Retrieved Jan 10, 2019, from https://www.networkworld.com /article/3238664/80211-wi-fi-standards-and-speeds-explained.html

[19] รัฐวิช นุริตานนท์. 2556. เทคโนโลยี Wi-Fi. Retrieved Jan 10, 2562, from http://itsasontad.blogspot.com/2013/09/wi-fi.html

[20] it24hrs.2561.Wi-Fi 6 คืออะไร เราใช้ Wi-Fi มาตรฐานแบบไหน. Retrieved Jan 10, 2562, from https://www.it24hrs.com/2018/wifi-6-what-is/

[21] Srinakharinwirot University.2562. มาตรฐาน IEEE 802.11. Retrieved Jan 10, 2562, from http://wise.swu.ac.th/Default.aspx?tabid=3440

[22] Gadget RE.V.2555. มาทำความรู้จัก Wireless LAN มาตรฐาน IEEE 802.11ac กันเถอะ. Retrieved Jan 10, 2562, from https://rev.at1987.com/articles/ieee-802-11ac/

[23] Thinkstock/shutter_m. 2558. IEEE 802.11ax ก้าวถัดไปของมาตรฐาน Wi-Fi (อัพเดท). Retrieved Jan 10, 2562, from https://www.techtalkthai.com/ieee-802-11ax-the-next-generation-of-wi-fi/

[24] LoRa. Retrieved Jan 10, 2562, https://www.lora-alliance.org. Accessed: 2015-11-07.

[25] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. 24 พ.ย. 2560. มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคม ที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน ๙๒๐ - ๙๒๕ เมกะเฮิรตซ์. กรุงเทพ. หน้า 41

[26] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. 25 มิ.ย. 2558.แผนความถี่วิทยุกิจการเคลื่อนที่ทางบกและกิจการประจำที่ย่านความถี่ ๔๐๑ - ๔๐๕.๙ เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ๔๐๖.๒ - ๔๑๐ เมกะเฮิรตซ์ (MHz)และ ๔๓๐ - ๔๕๐ เมกะเฮิรตซ์ (MHz).กรุงเทพ. หน้า 16

[27] ELE Times.Low Power Wireless: Technology of Today and Tomorrow.Jan 10, 2019.from https://www.eletimes.com/low-power-wireless-technology-of-today-and-tomorrow

[28] Yahya S H Knarisat, Mohammad Al-Khateeb. GPS Navigation and Tracking Device. International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM). October 2011.p 39-41

[29] IOXhop.Arduino คืออะไร. Jan 10, 2019.from https://www.ioxhop.com/article/1/arduino-ตอนที่ 1-arduino-คืออะไร

[30] บจก. คาร์แทรค เทคโนโลยี (ไทยแลนด์).GPS Module คืออะไร มารู้จัก GPS Module กันเถอะ .Jan 10, 2019.from https://www.cartrack.co.th/gps-module

[31] Building Hard-fun Learning Technologies.เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion sensor).Jan 10, 2019.from https://learninginventions.org/?p=1104

[32] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช, สุชิน เขียวเนตร. (2561). เครือข่าย LoRa กับการประยุกต์ใช้งานใน Smart University. Retrieved Jan 10, 2562, from http://www.wunca.uni.net.th/wunca_regis/wunca36_doc/18/006_WUNCA_Lora.pdf

[33] วัชรพันท์ ทาต่อมวงศ์, อนนต์เดช กิจศิรานุวัตร. (2561). ระบบตรวจสอบไฟป่า. บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) . หน้า 1-8

[34] พิเชษฐ์ ปิตานุสรณ์, ณัฐวุฒิ สนิท, บดินทร์ ถานอาจนา. (2560). การพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนเด็กพลัดหลงบริเวณชายหาด . ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

ภาคผนวก
(ไม่มีเนื้อหาจากต้อนฉบับ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. **ชื่อ-นามสกุล** (ภาษาไทย) นายเกียรติศักดิ์ ลาภพาณิชยกุล
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kreadtisak Lappanitchayakul
2. **หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน** 360970036[redacted]
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน**
   ตำแหน่งทางวิชาการ .....
   ตำแหน่งทางบริหาร .....
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมาย เลขโทรศัพท์ และ e-mail**
   สาขาวิชา ระบบสารสนเทศ
   คณะ บริหารธุรกิจ
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 399 ถนน สามเสน แขวง วชิรพยาบาล เขต ดุสิต จังหวัด กทม
   โทรศัพท์ 02-665-3777
   e-mail address : kreadtisak.l@rmutp.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ (หลักสูตรนานาชาติ)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	พ.ศ. 2551
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	พ.ศ. 2546

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**
7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายใน และภายนอกประเทศ**
   7.1 ผลงานวิจัย

ชื่อผลงานวิจัย	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
ศึกษาความพร้อมของเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับการสื่อสารทางการศึกษาในประชาคมอาเซียนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้า โครงการวิจัย	งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2560
ระดับการรับรู้ของบุคลากรคณะบริหารธุรกิจต่อการเผยแพร่ข่าวสารบนโลกอินเตอร์เน็ต กับการกระทำความผิดตาม พ.ร.บ.คอมพิวเตอร์.พ.ศ. 2550	หัวหน้า โครงการวิจัย	งบประมาณรายได้ คณะบริหารธุรกิจ พ.ศ. 2560

ชื่อผลงานวิจัย	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
การศึกษาความพร้อมด้านการผลิตบัณฑิต ของคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อรองรับการก้าวเข้าสู่ประเทศไทย 4.0	หัวหน้า โครงการวิจัย	งบประมาณรายได้ คณะบริหารธุรกิจ พ.ศ. 2561

7.2 การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ

สุจิรา ไชยกุสินธุ์ สัจธรรม สุภาจันทร์ รัตนาวลี ไม้สัก พรคิด อั้นขาว และเกียรติศักดิ์ ลาภพาณิชยกุล. (2559). การประยุกต์ใช้ต้นไม้ตัดสินใจสำหรับการรับนักศึกษาเข้าทำงานในสถานประกอบการ. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการธุรกิจและเทคโนโลยีดิจิทัล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพมหานคร. 16-17 ธันวาคม 2559. หน้า 877-883.

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

Kreadtisak Lappanitchayakul. (2561). Development of Email and SMS Based Notification System to Detect Abnormal Network Conditions: A Case Study of Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand. International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences (ICIIBMS 2018). Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University. Bangkok. 21-24 October 2018. Page 98-105