# รายงานฉบับสมบูรณ์

กทปส

โครงการ

# การออกแบบและพัฒนารูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบไร้สายภายในบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุ


โดย

- ผศ.ดร.วรรณรัช สันติอมรทัต หัวหน้าโครงการ
- ผศ.ดร.สกุณา เจริญปัญญาศักดิ์ รองหัวหน้าโครงการ
- นายจิรศักดิ์ นพรัตน์ นักวิจัย
- นางสาวสุนิสา จุลรัตน์ นักวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์


**งวดที่ 6** ส่งมอบรายงานฉบับสมบูรณ์ พร้อมอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ 5 ชุด รายละเอียดผลการศึกษาเพิ่มเติมอย่างน้อยดังนี้

- ต้นแบบระบบการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบไร้สายภายในบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุ
- รายงานการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบ Internet of Things ภายในบ้านสำหรับผู้สูงอายุ
- ข้อเสนอแนะรูปแบบการเชื่อมต่อและโพรโตคอลที่เหมาะสมสำหรับ Internet of Things ในบ้านหรืออาคารขนาดกลาง
- ข้อเสนอแนะ Platform ของอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับระบบ Internet of Things
- รายงานการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้มาตรฐานเครือข่ายที่หลากหลายในระบบ Internet of Things สำหรับบ้านหรืออาคารขนาดเล็ก
- รายงานผลการติดตั้งระบบเพื่อทดสอบการใช้งานอุปกรณ์กับผู้พิการและผู้สูงอายุจริงในบ้านพักคนชรา อย่างน้อย 20 จุด
- เอกสารประกอบการยื่นขอสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร
- บทความวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ 1 เรื่อง และบทความวิจัยการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 2 เรื่อง

# สารบัญ


**1. ที่มาและความสำคัญ ..... 4**

**2. คุณสมบัติของระบบ ..... 5**

**3. ภาพรวมของระบบ ..... 6**

**4. แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนในระบบ ..... 10**

**5. การเรียกดูสถานะ การควบคุมอุปกรณ์ และการแจ้งเตือน ..... 12**

5.1 การเรียกดูสถานะและการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน ..... 12

5.2 การแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ..... 15

5.3 ตัวอย่างการใช้งานแอพพลิเคชั่น ..... 17

**6. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขนาดเล็กสำหรับพกพา ..... 23**

6.1 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ..... 23

6.2 การทดสอบโมดูลรับส่งแบบไร้สายด้วยเครือข่าย ZigBee ..... 25

**7. อุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (SMART GATEWAY) ..... 34**

**8. การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสุขภาพที่เหมาะสม ..... 37**

**9. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในบ้าน ..... 43**

9.1 การติดตั้งระบบเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ Home Automation ..... 43

9.2 การติดตั้ง Smart Gateway ..... 49

9.3 การติดตั้งอุปกรณ์ Home Automation ..... 55

**10. การนำระบบการจัดการอื่น ๆ เข้ามาช่วยดูแลผู้สูงอายุ ..... 67**

**11. โครงสร้างการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์แต่ละประเภท ..... 71**

11.1 โครงสร้างโดยรวมของข้อมูล ..... 71

11.2 อุปกรณ์ประเภท Gateway (GatewayObject) ..... 71

11.3 อุปกรณ์ประเภท OnOffSwitch Device ..... 74

11.4 อุปกรณ์ประเภท MainPowerOutlet ..... 77

11.5 อุปกรณ์ประเภท ExtendedColorLight ..... 80

11.6 อุปกรณ์ประเภท DoorLock ..... 83
11.7 อุปกรณ์ประเภท TemperatureSensor ..... 85
**12. สรุปภาพรวม ..... 89**

# 1. ที่มาและความสำคัญ

ประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี สังเกตจากข้อมูลสถิติของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ในขณะที่ประชากรวัยทำงานซึ่งมีหน้าที่ดูแลผู้สูงอายุมีแนวโน้มที่จะขาดแคลนมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์เพื่ออำนวยความสะดวกในการดูแลผู้สูงอายุ

การนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เข้ามาช่วยเชื่อมต่ออุปกรณ์หรือเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ เข้ากับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้สามารถประยุกต์ให้เกิดแอพพลิเคชั่นที่เป็นประโยชน์ได้มากมายหลายทาง ไม่ว่าจะเป็นการติดตามสถานะและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็ก การติดตามผู้สูงอายุ การแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น เมื่อล๊อกประตูในขณะที่ยังปิดประตูไม่สนิท เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาในยามวิกาล เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจมีความผิดปกติ หรือเมื่อมีการขอความช่วยเหลือจากผู้สูงอายุ เป็นต้น อุปกรณ์ คน สัตว์ สิ่งของใด ๆ ก็ตาม ที่เราต้องการติดต่อสื่อสารและต้องการให้แจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ

ทีมนักวิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลผู้สูงอายุมากยิ่งขึ้น ด้วยการออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขนาดเล็กสำหรับพกพา การประยุกต์ใช้ IoT กับอุปกรณ์ภายในบ้าน ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ติดตามผู้สูงอายุ (Wearable Devices) โดยใช้งานผ่านระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway) เพื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็กสามารถติดต่อสื่อสารหรือรับคำสั่งเพื่อควบคุมหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้นจากผู้ดูแลซึ่งอยู่ภายนอกได้แบบ Real-time ในทุกที่ทุกเวลา

## 2. คุณสมบัติของระบบ

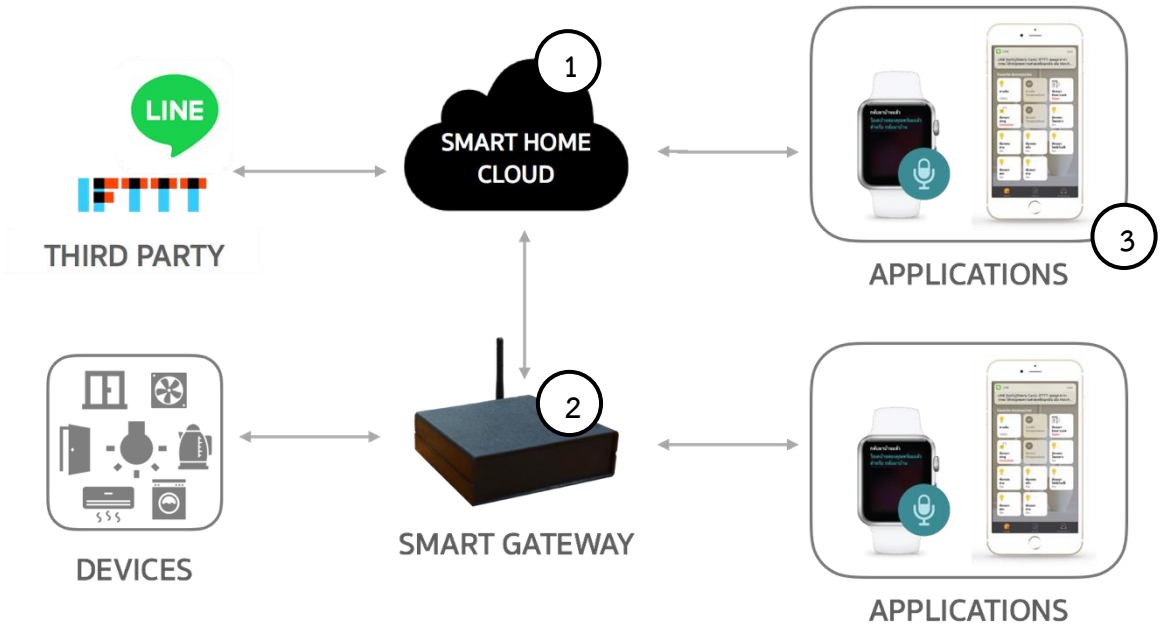
จากที่มาและความสำคัญที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นนั้น ระบบที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลผู้สูงอายุให้มากยิ่งขึ้น จึงควรมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- สามารถรายงานสถานะและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็กได้แบบ Real-time ผ่านช่องทางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Mobile Application / Smart Watch โดยการกดปุ่มหรือการสั่งงานด้วยเสียง

- สามารถตั้งค่าการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การปรับระดับแสงสว่างให้เข้ากับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น เมื่อออกจากบ้าน เมื่อกลับมาถึงบ้าน เมื่อเข้านอน เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เป็นต้น

- สามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น เมื่อผู้สูงอายุกดปุ่มขอความช่วยเหลือ เมื่อมีการตรวจพบผู้บุกรุกบริเวณบ้าน เมื่อสั่งล๊อคประตูในขณะที่ประตูยังเปิดอยู่ เป็นต้น

# 3. ภาพรวมของระบบ

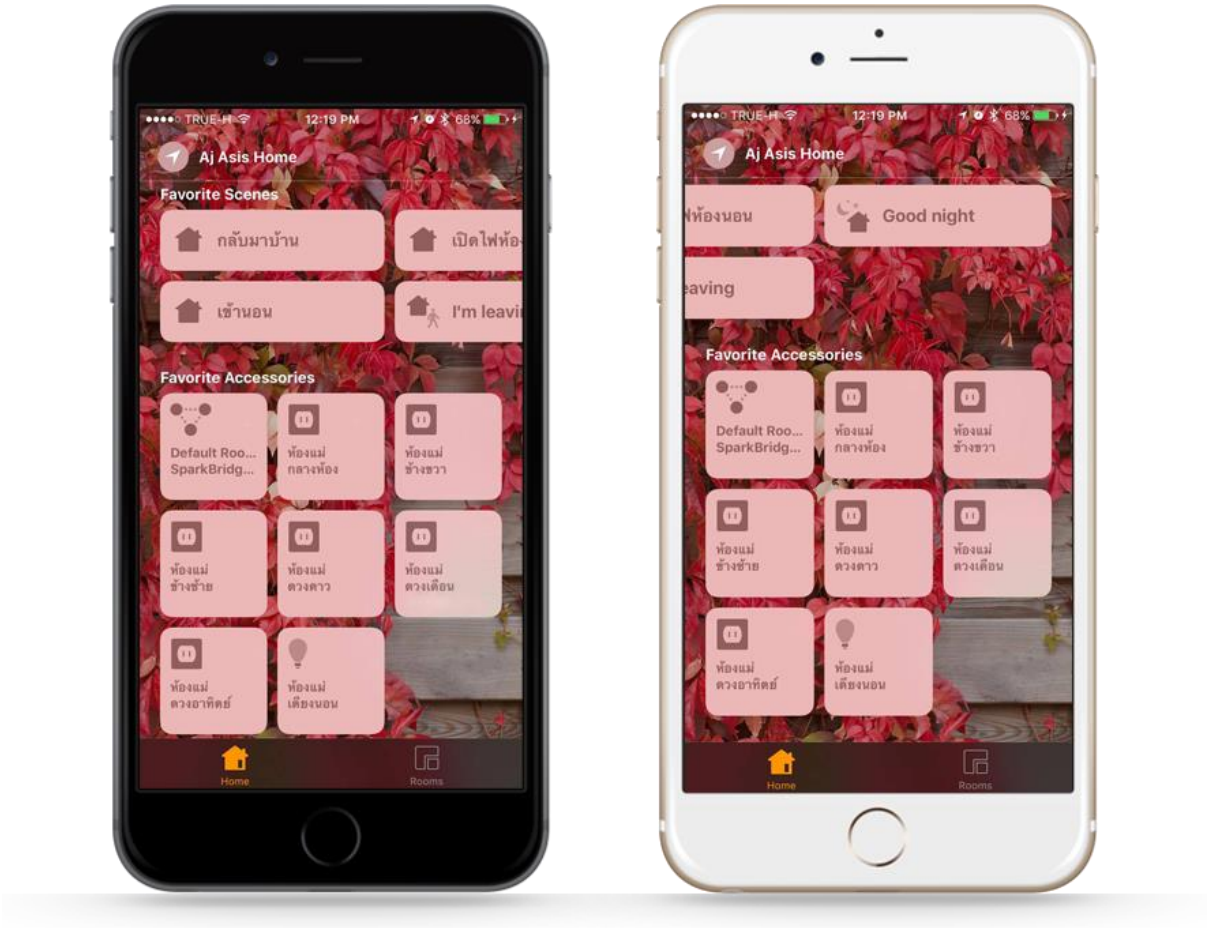



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุแบบเชื่อมต่อสรรพสิ่ง

จากรูปที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุแบบเชื่อมต่อสรรพสิ่ง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. **ส่วนของการประมวลผลและฐานข้อมูล (Smart Home Cloud)** ทำหน้าที่เป็นที่เก็บข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์สรรพสิ่งภายในบ้าน สามารถรับข้อมูลจากบ้านหลายหลังคาเรือน การพัฒนาระบบบน Cloud ทำให้สามารถเพิ่มศักยภาพในการขยายจำนวนผู้ใช้งาน (Scalable) โดยใช้ IoT Things Platform ที่ทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้นมาก่อนหน้านี้ Smart Home Cloud นี้ เป็นตัวคอยสื่อสารระหว่างฝั่ง Applications ซึ่งจะเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุ กับอุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway) ซึ่งคอยติดต่อกับอุปกรณ์ภายในบ้าน และ Smart Home Cloud ยังเป็นส่วนติดต่อกับ Third Party ต่าง ๆ เช่น Line IFTTT เป็นต้น ซึ่งจะคอยทำหน้าที่แจ้งเตือนเหตุการณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ ไปยังผู้ดูแล
2. **อุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway)** ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น หลอดไฟ ปลั๊กไฟ ประตูไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า เซนเซอร์ตรวจความเคลื่อนไหว เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแสง อุปกรณ์พกพา เป็นต้น Smart Gateway จะรอรับคำสั่งจากทาง Smart Home Cloud เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์สรรพสิ่งภายในบ้าน และคอยรายงานสถานะของอุปกรณ์ภายในบ้านไปยัง Smart Home Cloud เพื่อให้ผู้ดูแลคอยติดตามข้อมูลสถานะเหล่านั้นได้อย่างใกล้ชิด

3. **ส่วนของแอพพลิเคชั่น (Applications)** ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยในส่วนของแอพพลิเคชั่นนี้ ได้เลือกใช้ HomeKit จากผู้ผลิต Apple เนื่องจากสามารถรองรับชนิดของอุปกรณ์และชนิดของเซนเซอร์ที่หลากหลาย สามารถตั้งค่าให้อุปกรณ์เหล่านั้นทำงานได้แบบอัตโนมัติ มีระบบด้านความปลอดภัย มีฟังก์ชันรองรับผู้พิการทางสายตา และยังสามารถสั่งงานด้วยเสียง โดยการเรียกใช้ Siri โดยในครั้งนี้ได้ดำเนินการติดตั้งแอพพลิเคชั่น HomeKit และตั้งค่าให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลหรือสั่งงานอุปกรณ์ภายในบ้านได้ผ่านแอพพลิเคชั่นนี้ โดยได้ดำเนินการติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือ iPhone และ Apple Watch ซึ่งผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้สูงอายุก็สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องศึกษาคู่มือแต่อย่างใด หน้าตาของแอพพลิเคชั่น HomeKit ทั้งบน iPhone และ Apple Watch เป็นดังรูปที่ 2 รูปที่ 3 และรูปที่ 4




รูปที่ 2 แอพพลิเคชั่น HomeKit บน iPhone

จากรูปที่ 2 แสดงหน้าตาของแอพพลิเคชั่น HomeKit ที่ได้ใช้งานจริงภายในบ้านผู้สูงอายุ โดยหน้าแรกของแอพพลิเคชั่น จะแสดงหัวข้อ Favorite Scenes ซึ่งเป็นโหมดหรือซีนที่มีการใช้งานบ่อย แต่ละซีนจะมีการตั้งค่าสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้หลาย ๆ ตัว เช่น ตั้งค่าให้หลอดไฟในห้องนอนปิดทั้งหมด เป็นต้น หาก

ผู้ใช้ต้องการเลือกใช้ซีนกลับมาบ้าน ก็สามารถคลิกไปบนซีน “กลับมาบ้าน” ระบบก็จะทำการเปิดไฟบนตัวอุปกรณ์ที่ตั้งค่าไว้ให้อัตโนมัติ นอกจากนั้นหน้าแรกของแอพพลิเคชั่นยังแสดงหัวข้อ Favorite Accessories ซึ่งเป็นการแสดงรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านที่มีการใช้งานบ่อย ๆ หากต้องการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ตัวใดสามารถคลิกไปบนปุ่มของอุปกรณ์ตัวนั้นได้เลย ระบบจะทำการเปิดหรือปิดอุปกรณ์นั้นให้โดยทันที

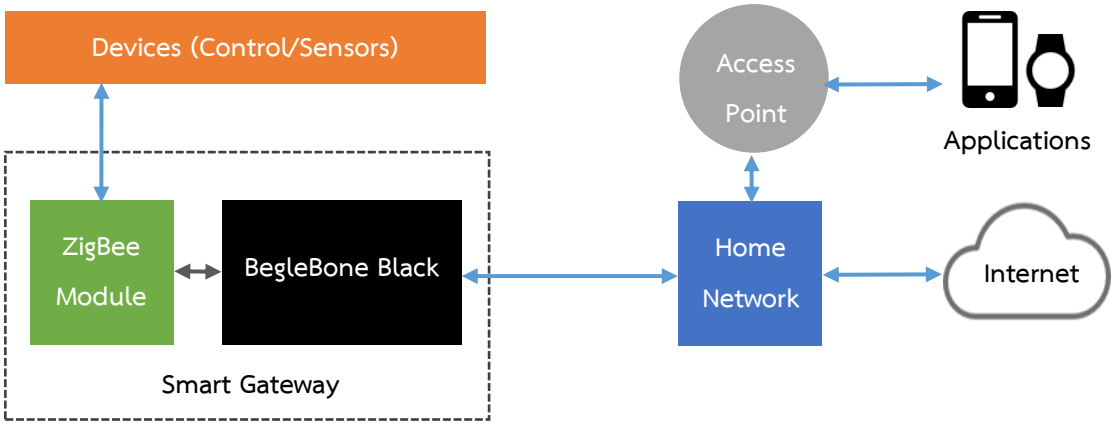
จากรูปที่ 3 แสดงการเรียกใช้ Favorite Accessories และ Favorite Scenes ผ่านทาง Control Center บน iPhone ช่วยเพิ่มความสะดวก รวดเร็ว ในเรียกดูสถานะหรือสั่งงานอุปกรณ์ภายในบ้าน

รูปที่ 3 Favorite Accessories และ Favorite Scenes บน Control Center

จากรูปที่ 4 แสดงการใช้งานแอพพลิเคชั่น HomeKit บน Apple Watch ผ่านการสั่งงานด้วยเสียง โดยการเรียกใช้ Siri เช่น หากต้องการเรียกใช้งานซีน “กลับมาบ้าน” ให้เรียก Siri ด้วยการกดปุ่มบริเวณด้านขวาของตัวเครื่องแช่ไว้ จากนั้นให้พูดกับ Siri ว่า “กลับมาบ้านแล้ว” เพียงเท่านี้ Siri ก็จะทำการสั่งงานเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่ตั้งค่าไว้ให้ทันที

รูปที่ 4 สั่งงานด้วยเสียงผ่าน Siri บน Apple Watch

# 4. แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนในระบบ




รูปที่ 5 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนในระบบ

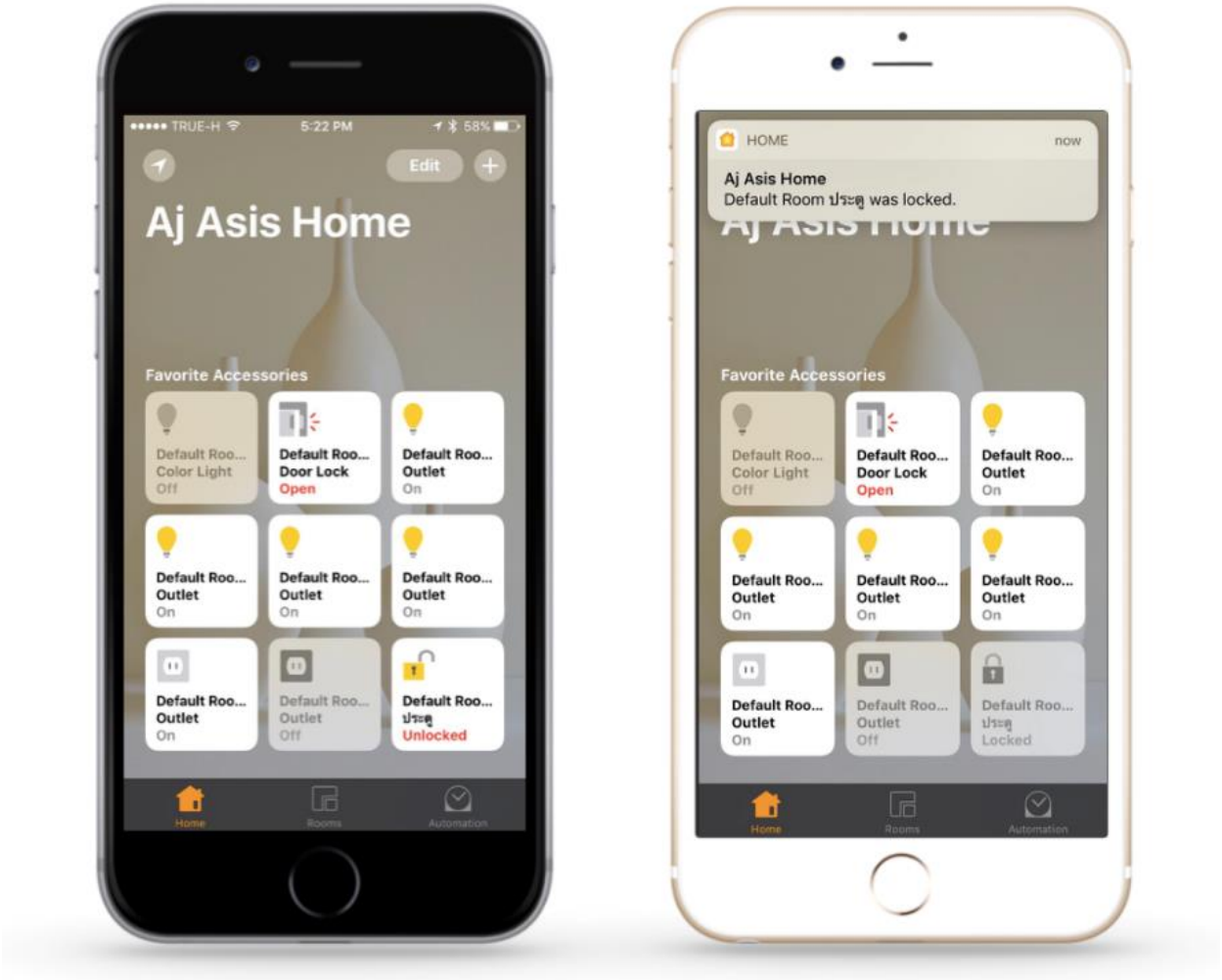
จากรูปที่ 5 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ ประกอบด้วย

1. **Smart Gateway** ซึ่งด้านในประกอบไปด้วย
   1.1 BeagleBone Black เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต คอยประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาจาก Cloud Server เพื่อส่งให้ ZigBee Module นำไปสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และคอยรับข้อมูลของอุปกรณ์เหล่านั้น เพื่อส่งไปยัง Cloud Server และแสดงผลต่อไป
   1.2 ZigBee Module (CC2530) ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์หรือเซนเซอร์ภายในบ้านที่รองรับ ZigBee Protocol เป็นตัวประมวลผลข้อมูลจาก ZigBee Devices ส่งให้ BeagleBone Black และประมวลผลคำสั่งจาก BeagleBone Black เพื่อนำไปสั่งงาน ZigBee Devices
2. **Devices** คือ อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น และเซนเซอร์ภายในบ้าน เช่น เซนเซอร์ตรวจจับผู้บุกรุก เซนเซอร์ตรวจจับการเปิด/ปิดของประตู เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกเชื่อมต่อกับ ZigBee Module เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกับ Smart Gateway ได้
3. **Home Network** คือ ส่วนที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถรับรู้ข้อมูลของอุปกรณ์ภายในบ้าน และสามารถสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ได้จากทุกที่ทุกเวลา
4. **อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ WiFi ภายในบ้าน** เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา เป็นต้น โดยในส่วนของโทรศัพท์มือถือ จะมีการเชื่อมต่อกับ Smart Watch ผ่าน BLE ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่

คอยส่งข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุ เพื่อให้ข้อมูลเหล่านั้นถูกส่งต่อไปยัง Cloud Server ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

# 5. การเรียกดูสถานะ การควบคุมอุปกรณ์ และการแจ้งเตือน

## 5.1 การเรียกดูสถานะและการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน

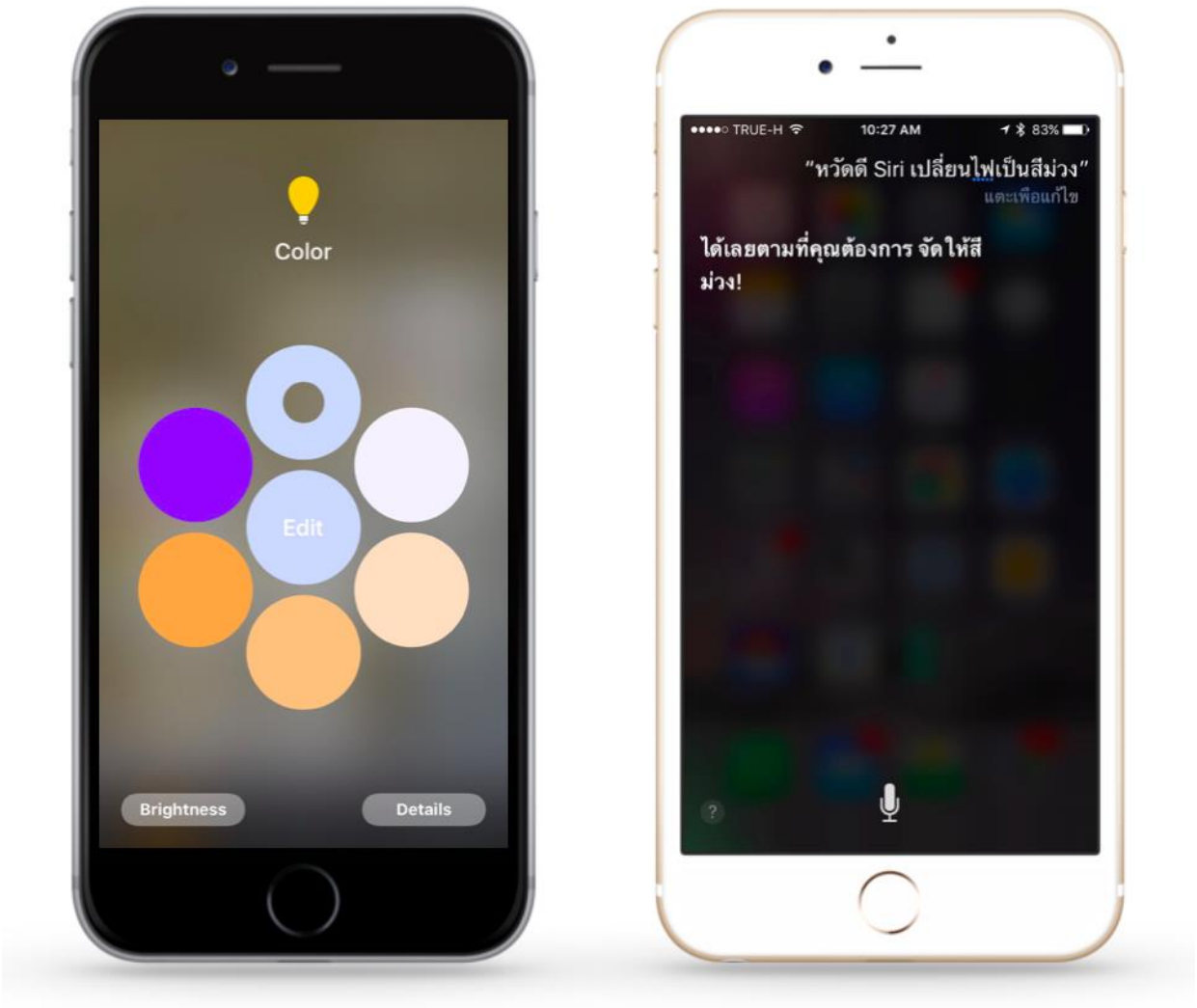



รูปที่ 6 การเรียกดูสถานะและการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านผ่าน HomeKit

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นหน้าตาแอพพลิเคชั่นสำหรับควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านสำหรับผู้สูงอายุ โดยจากรูปจะมีการแสดงสถานะของอุปกรณ์แต่ละชิ้น หากต้องการสั่งเปิดเปิดอุปกรณ์ สั่งล๊อคหรือปลดล็อคประตู หรือสั่งหรี่แสงของหลอดไฟ แม้กระทั่งการเปลี่ยนสีหลอดไฟ ก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่มสั่งงานอุปกรณ์นั้น ๆ โดยสามารถปรับตั้งค่าได้ตามต้องการ

รูปที่ 7 การเรียกดูสถานะและการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านผ่าน Favorite Accessories

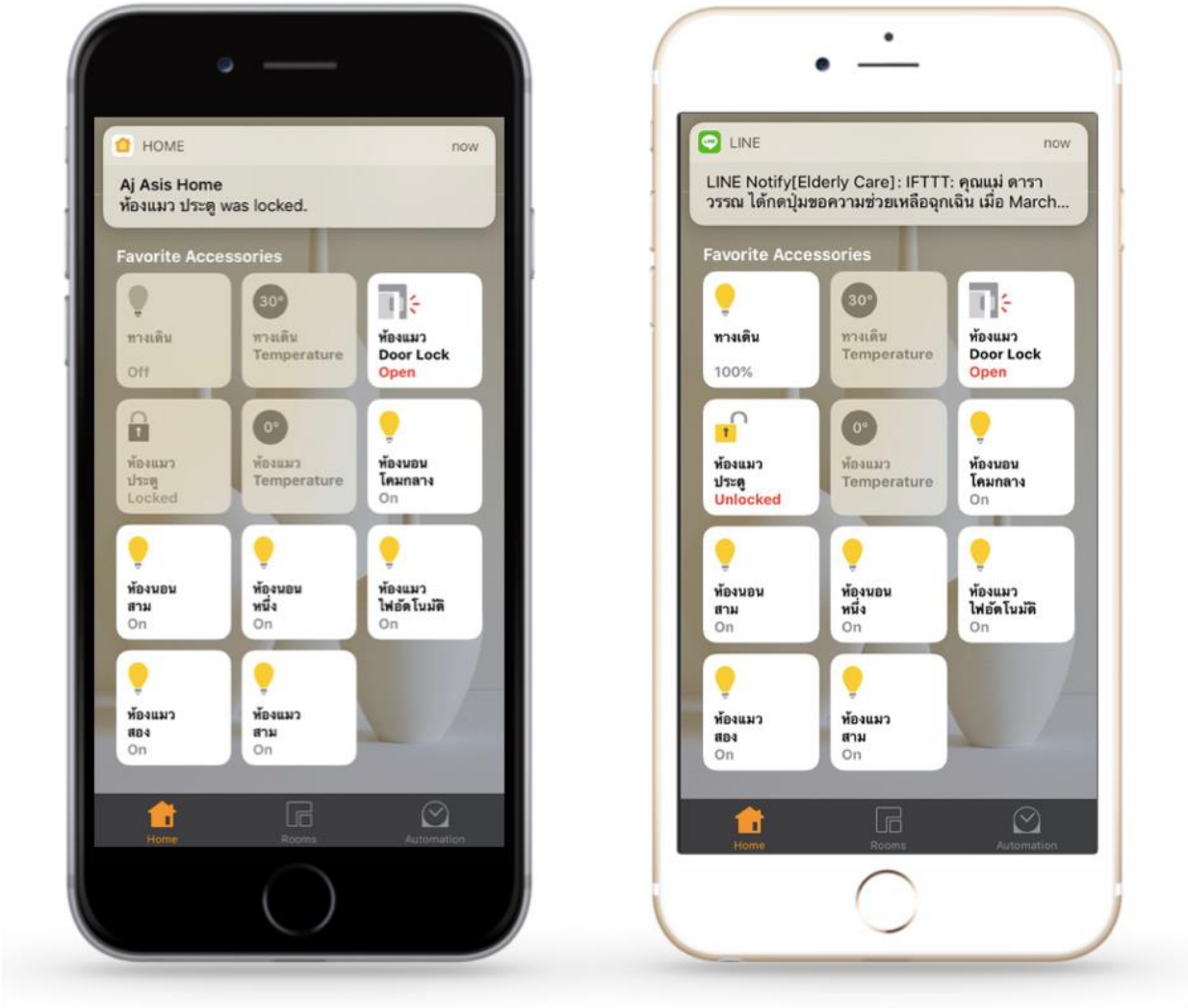
จากรูปที่ 7 ผู้สูงอายุหรือผู้ดูแลยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านผ่านทาง Favorite Accessories ซึ่งเป็นช่องทางที่เพิ่มความสะดวกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากยังไม่ต้องปลดล็อคอุปกรณ์มือถือ ก็สามารถสั่งควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้เลยทันที




รูปที่ 8 การเปลี่ยนสีของหลอดไฟผ่าน HomeKit และ Siri

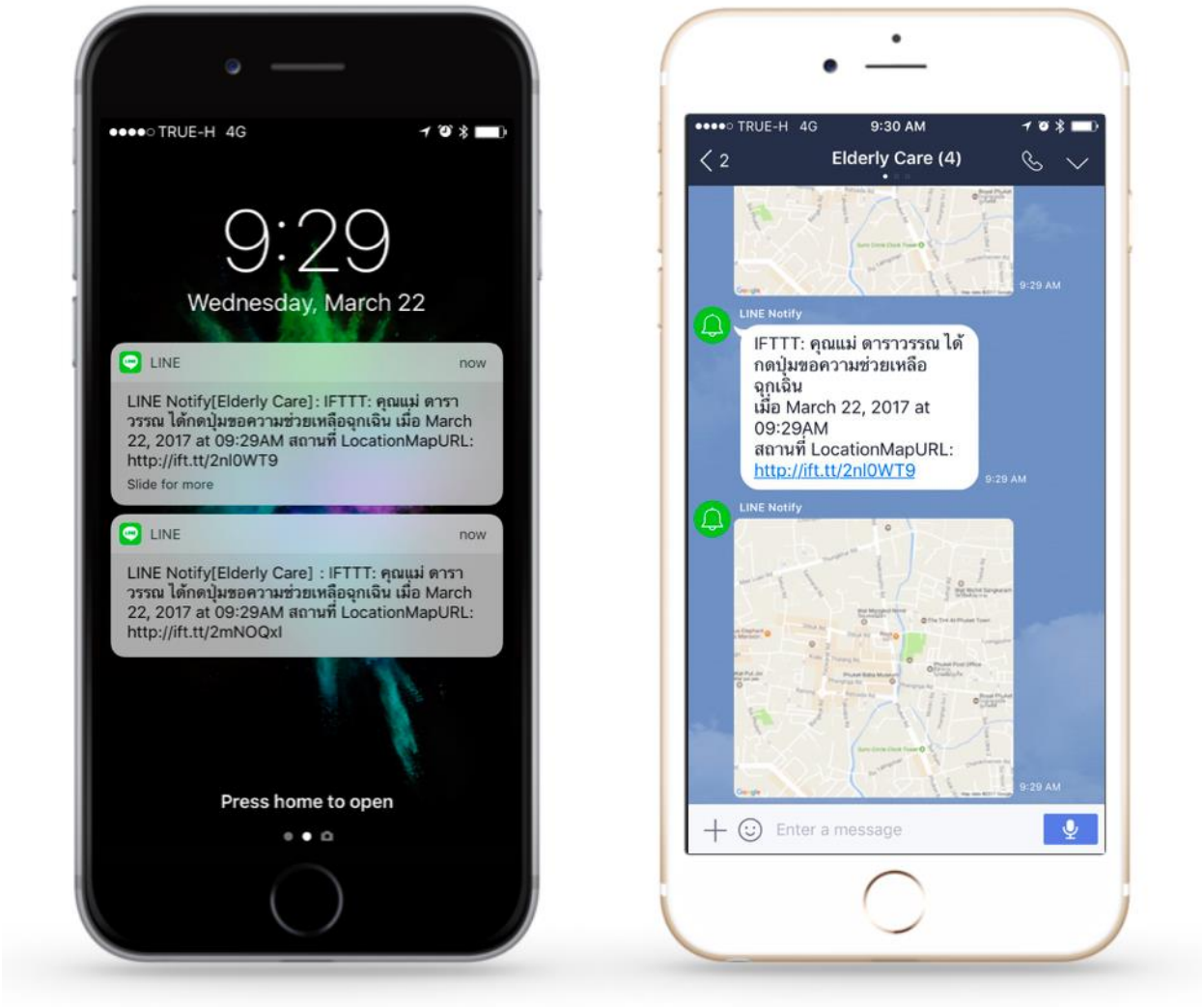
จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นการควบคุมหลอดไฟที่เปลี่ยนสีได้ โดยเมื่อคลิกเข้าไปบนอุปกรณ์หลอดไฟตัวที่ต้องการเปลี่ยนสีแล้ว จะปรากฏหน้าตาดังรูป ให้ทำการเปลี่ยนสี หรือปรับระดับความสว่างได้ตามต้อง หรือจะสั่งเปลี่ยนหลอดไฟผ่านการเรียกใช้งาน Siri ก็ทำได้เช่นกัน

## 5.2 การแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน




รูปที่ 9 การแจ้งเตือนสถานะของประตูและเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินผ่าน iPhone

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นข้อความการแจ้งเตือน (สังเกตบริเวณข้อความด้านบริเวณด้านบนของรูป) เมื่อมีการสั่งล็อคหรือปลดล็อคประตู หรือมีเมื่อมีการกดปุ่มขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังลูกหลานหรือผู้ดูแลที่ตั้งค่าไว้แล้ว



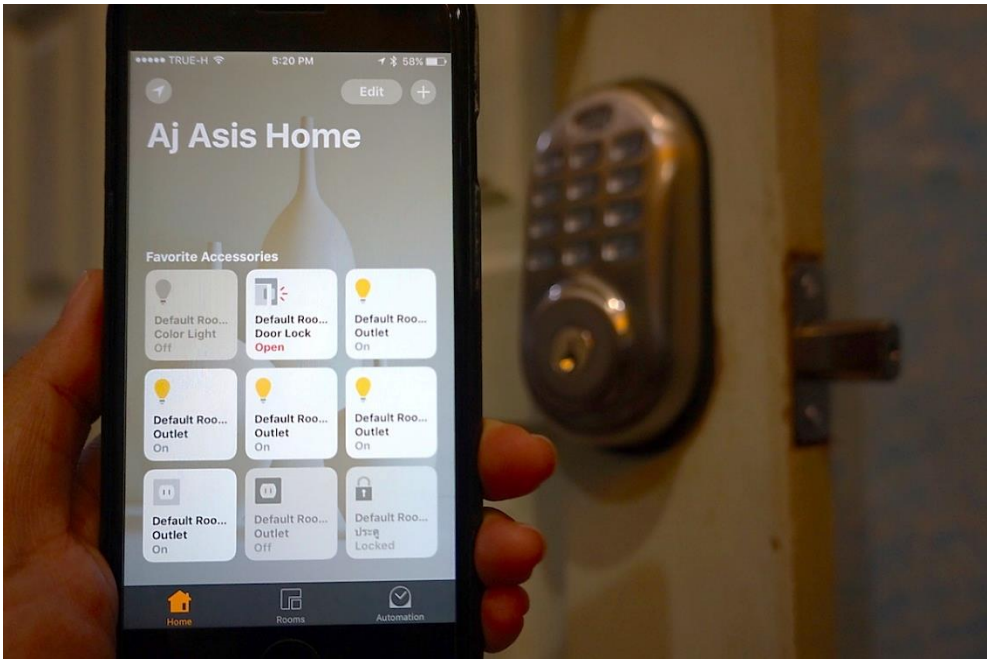

รูปที่ 10 การแจ้งเตือนเมื่อมีการกดปุ่มขอความช่วยเหลือผ่าน iPhone

จากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นข้อความการแจ้งเตือน เมื่อมีการกดปุ่มขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังลูกหลานหรือผู้ดูแลผ่านทางแอพพลิเคชั่น LINE เมื่อกดไปยังลิงค์บอกสถานที่เกิดเหตุตามที่ระบุไว้ในข้อความนั้น จะเข้าสู่หน้าแสดงผลตำแหน่งที่ผู้สูงอายุขอความช่วยเหลือทันที และจะระบบจะทำการสั่งปลดล๊อคประตูห้องไว้อัตโนมัติ เพื่อจะได้เข้าไปช่วยเหลือได้ทันเวลา

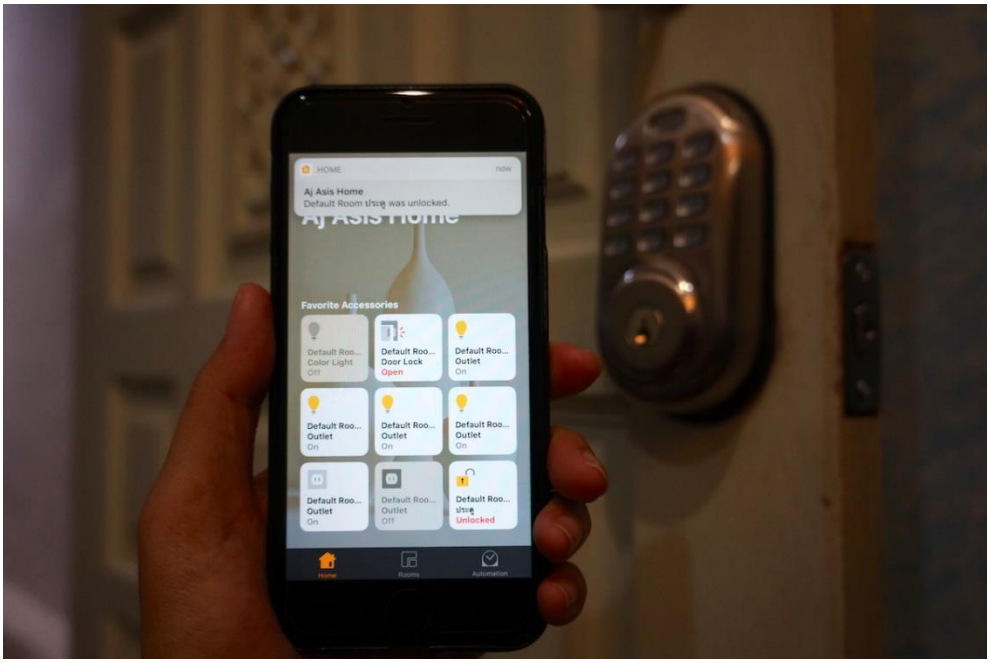
รูปที่ 11 การแจ้งเตือนเมื่อมีการกดปุ่มขอความช่วยเหลือผ่าน Apple Watch

จากรูปที่ 11 แสดงให้เห็นหน้าตาการแสดงผลผ่าน Smart Watch เมื่อมีการกดปุ่มขอความช่วยเหลือ ซึ่งเป็นอีกช่องทางที่อำนวยความสะดวกในการรับการแจ้งเตือนเหตุการณ์ฉุกเฉิน

## 5.3 ตัวอย่างการใช้งานแอพพลิเคชั่น

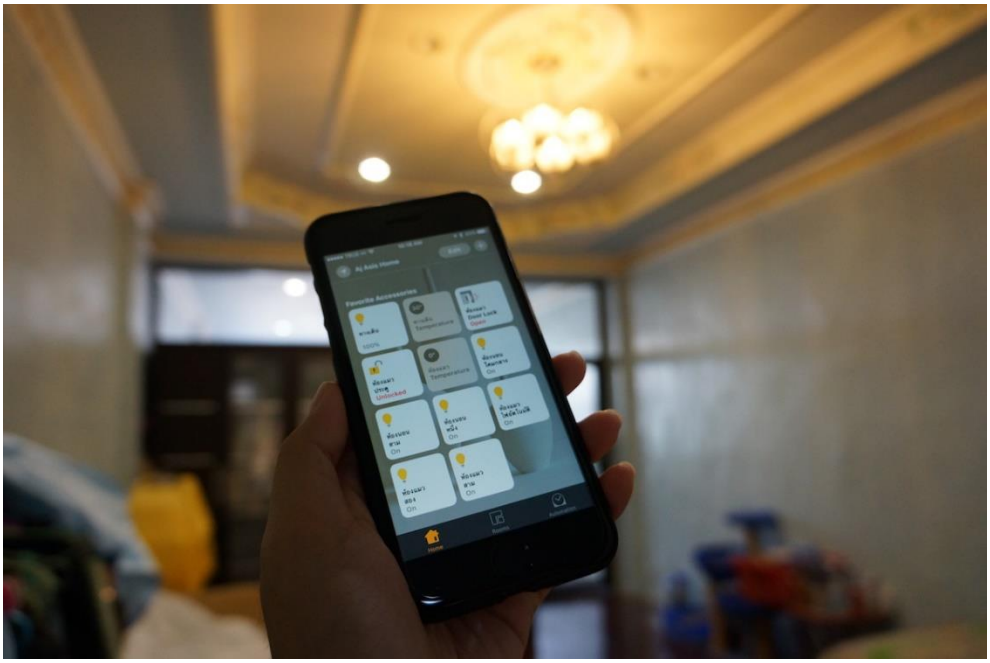



รูปที่ 12 การสั่งล็อคประตู ห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

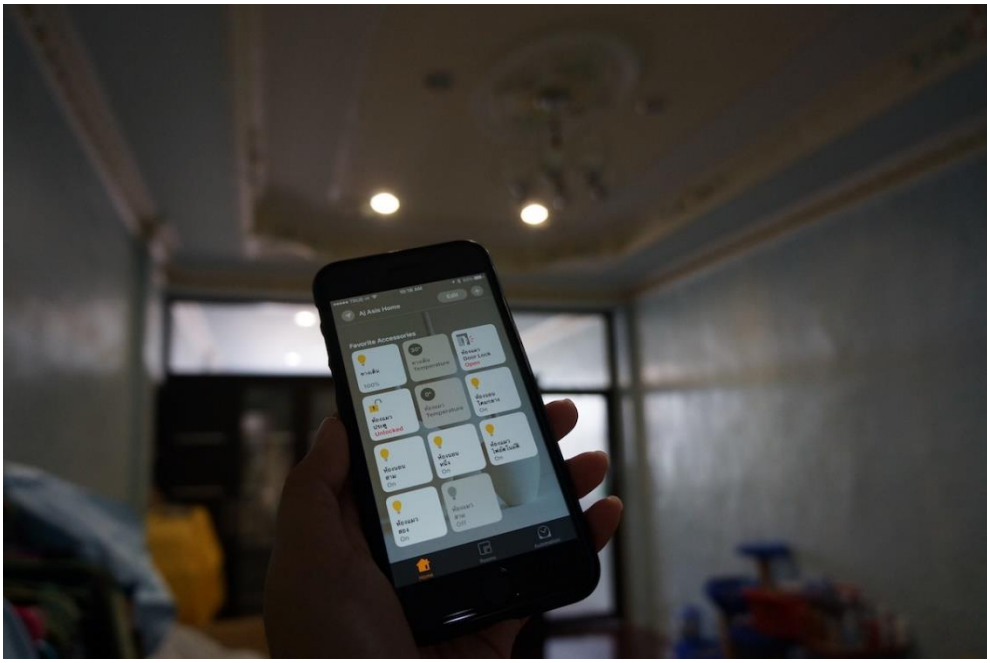



รูปที่ 13 การสั่งปลดล็อกประตู ห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 แสดงให้เห็นตัวอย่างการควบคุมประตูแบบ Digital Door Lock โดยแสดงให้เห็นว่าสามารถสั่งล๊อคและปลดล๊อคประตูผ่านระบบได้

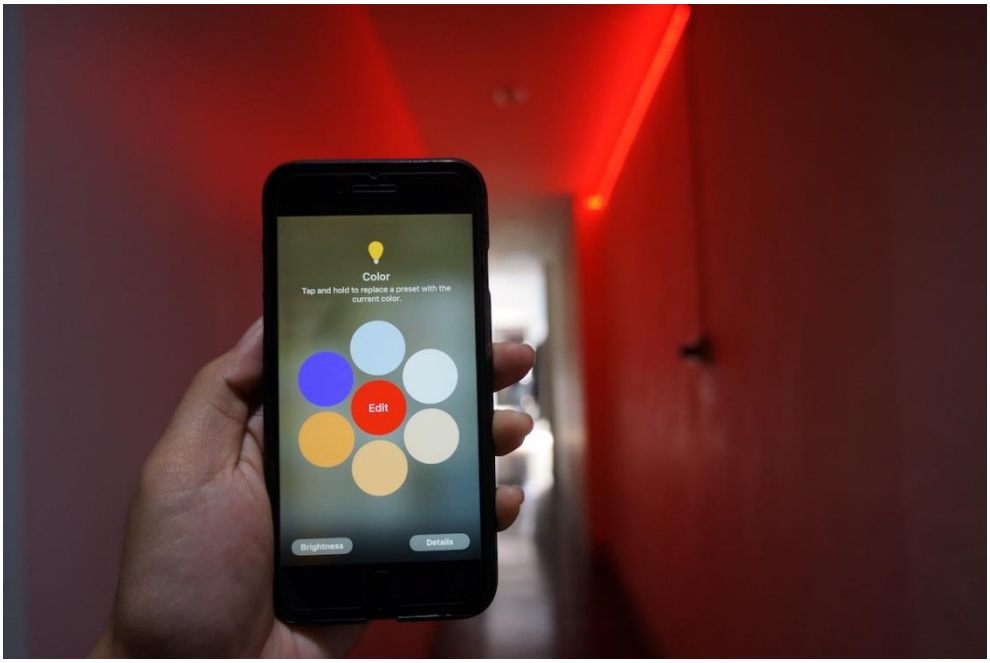


รูปที่ 14 การสั่งเปิดไฟ ห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

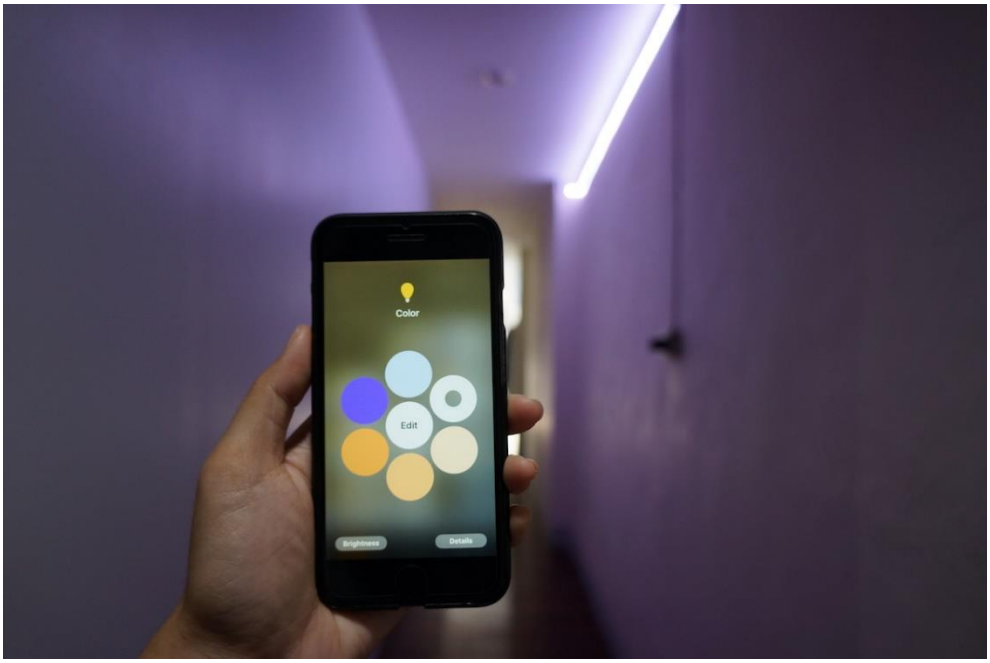


รูปที่ 15 การสั่งปิดไฟ ห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 14 และรูปที่ 15 แสดงให้เห็นตัวอย่างการควบคุมหลอดไฟภายในบ้านคุณแม่อมรพรรณ โดยแสดงให้เห็นว่าสามารถสั่งเปิดหรือปิดหลอดไฟชุดต่าง ๆ ภายในห้องแมวซึ่งติดตั้งระบบแล้วได้

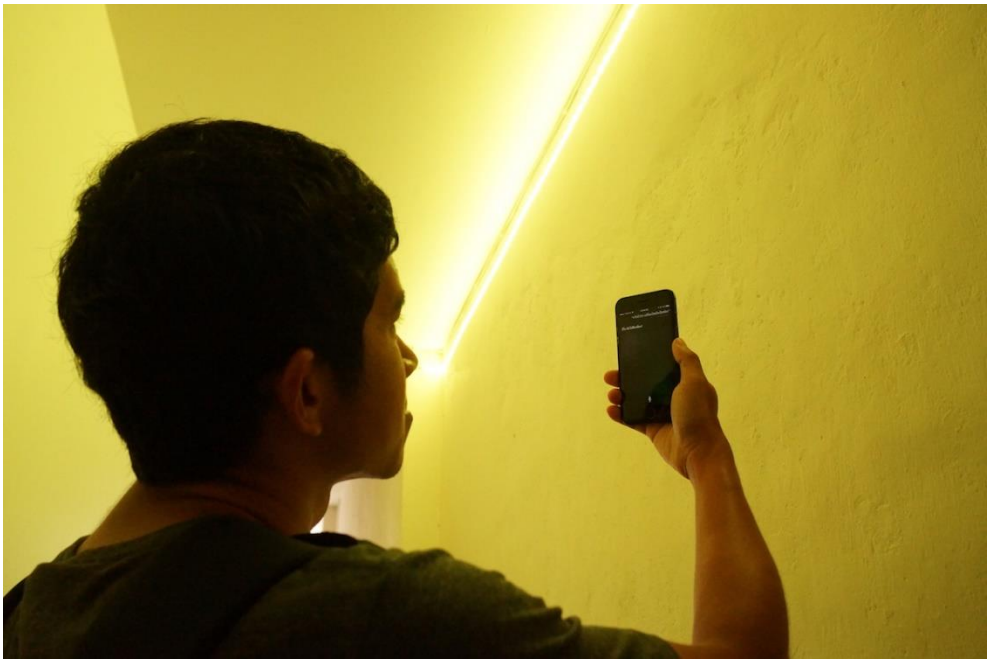



รูปที่ 16 การสั่งเปลี่ยนสี LED Strip ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

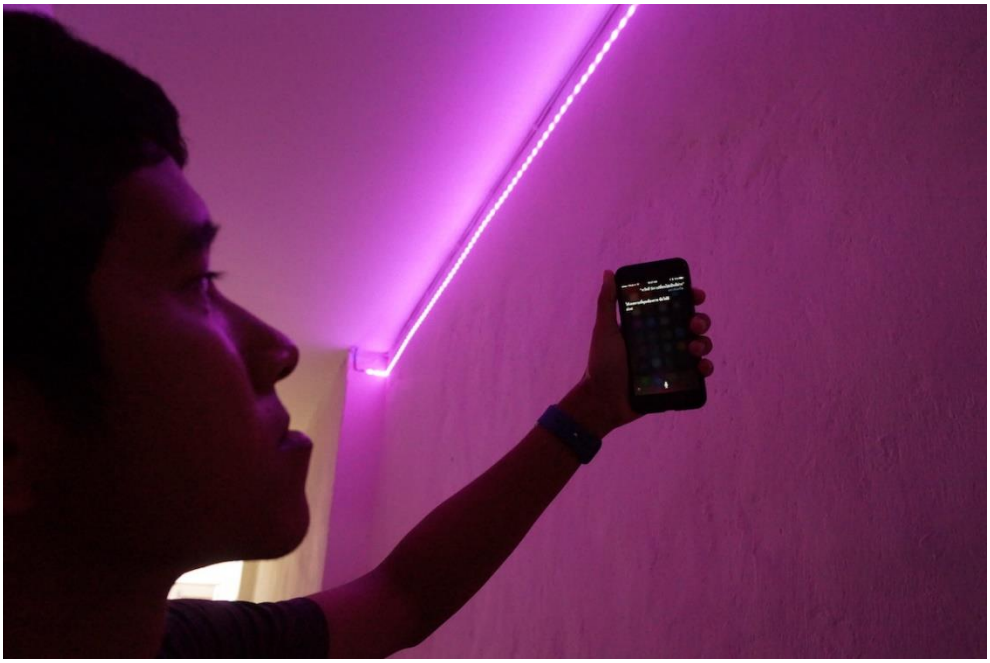



รูปที่ 17 การสั่งเปลี่ยนสี LED Strip ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 16 และรูปที่ 17 แสดงให้เห็นการควบคุมหลอดไฟแบบเปลี่ยนสีได้ โดยสามารถเลือกเปลี่ยนสีหลอดไฟได้ตามใจชอบผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือ



รูปที่ 18 การสั่งเปลี่ยนสี LED Strip ผ่าน Siri ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

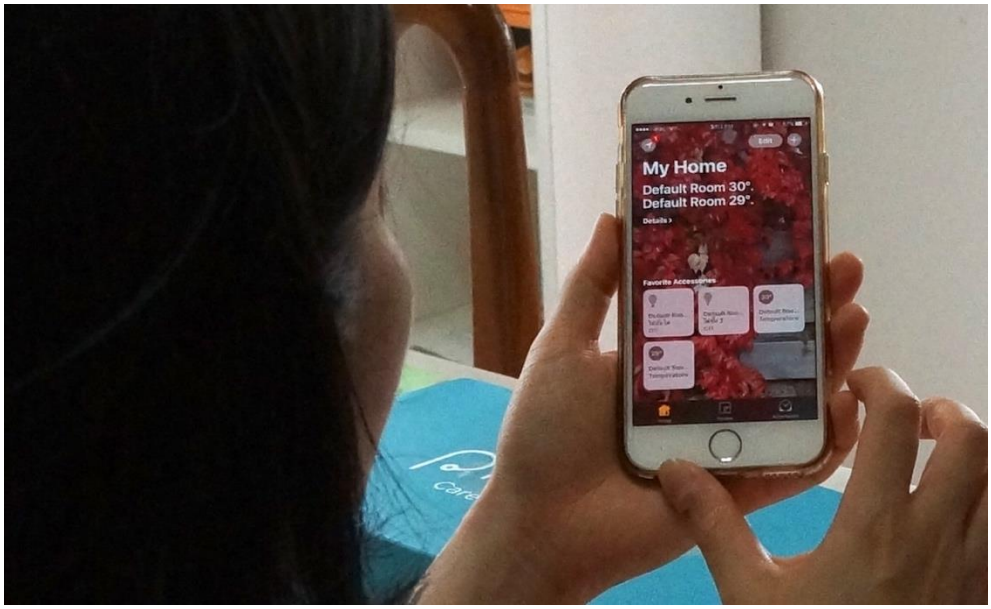


รูปที่ 19 การสั่งเปลี่ยนสี LED Strip ผ่าน Siri ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

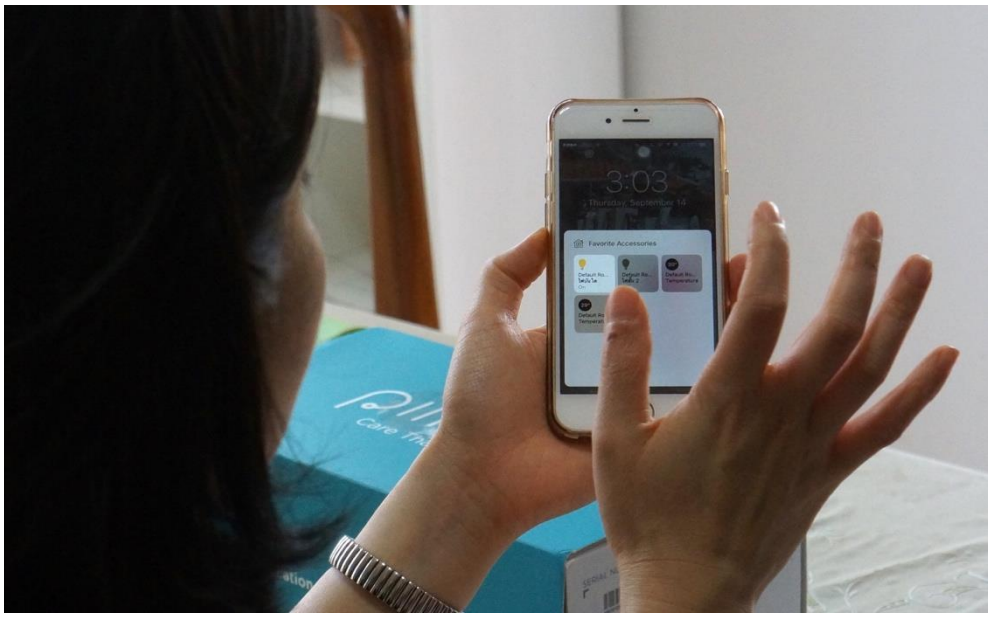
จากรูปที่ 18 และรูปที่ 19 แสดงให้เห็นการควบคุมหลอดไฟแบบเปลี่ยนสีได้ โดยสามารถเลือกเปลี่ยนสีหลอดไฟได้ตามใจชอบผ่านการเรียกใช้งาน Siri บน iPhone

รูปที่ 20 การสั่งเปลี่ยนสี LED Strip ผ่าน Siri ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 20 แสดงให้เห็นการควบคุมหลอดไฟแบบเปลี่ยนสีได้ โดยสามารถเลือกเปลี่ยนสีหลอดไฟได้ตามใจชอบผ่านการเรียกใช้งาน Siri บน Smart Watch




รูปที่ 21 การติดตามสถานะของหลอดไฟและอุณหภูมิ ภายในบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา



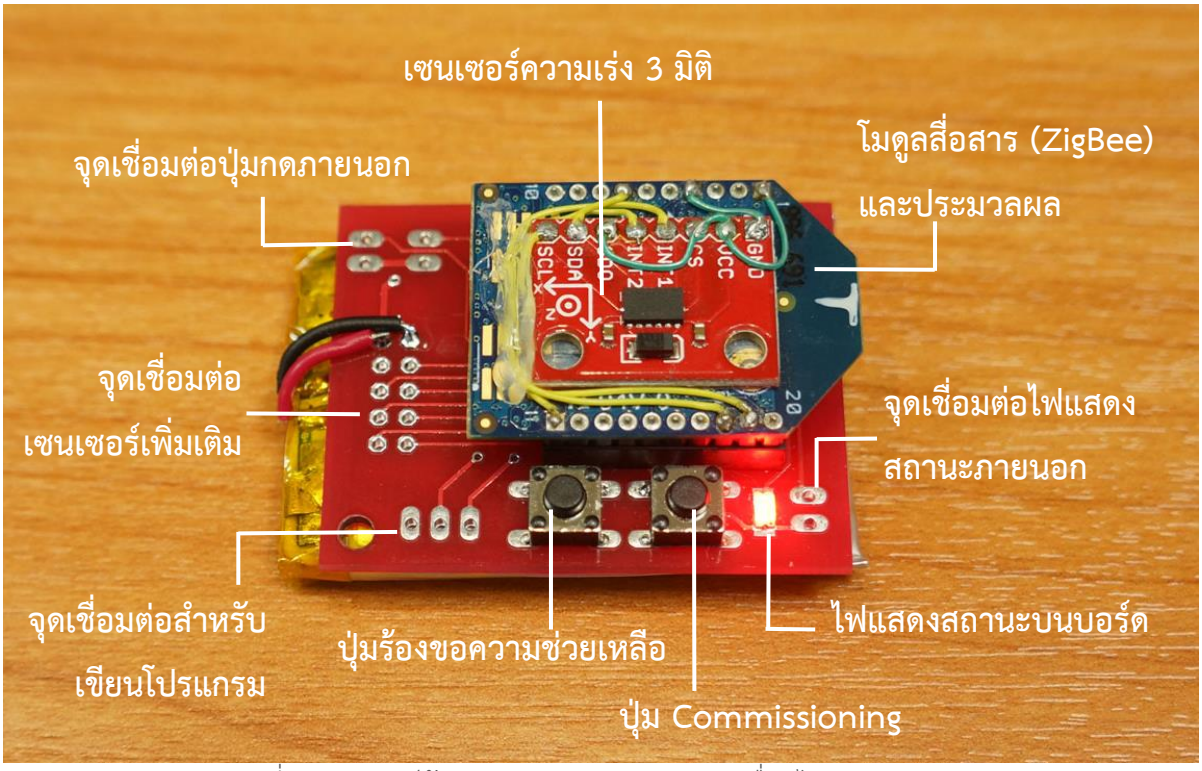

รูปที่ 22 การควบคุมหลอดไฟ ภายในบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

จากรูปที่ 21 และรูปที่ 22 แสดงให้เห็นตัวอย่างการควบคุมหลอดไฟภายในบ้านคุณหมอกนกพรรณ โดยแสดงให้เห็นว่าสามารถสั่งเปิดหรือปิดหลอดไฟดวงต่าง ๆ ภายในบ้านซึ่งติดตั้งระบบแล้วได้

# 6. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขนาดเล็กสำหรับพกพา

อุปกรณ์พกพาสำหรับผู้สูงอายุ ควรมีขนาดเล็กและสร้างความคล่องตัวให้กับผู้สูงอายุในการใช้ชีวิตประจำวัน ระบบตรวจวัดสุขภาพเบื้องต้นแบบไร้สาย จึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมและสามารถสร้างความสะดวกในการเฝ้าระวังสุขภาพของผู้สูงอายุได้ ผู้พัฒนาจึงได้ออกแบบและพัฒนาต้นแบบของอุปกรณ์ขนาดเล็กสำหรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย ที่ใช้งานร่วมกับตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น การเดิน การนอน การหกล้ม เป็นต้น ผู้ดูแลหรือลูกหลานจึงสามารถทราบข้อมูลผู้สูงอายุได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

## 6.1 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย




รูปที่ 23 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจวัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับพกพานั้น อุปกรณ์จำเป็นต้องมีขนาดเล็กและใช้พลังงานต่ำ เพื่อให้สามารถทำงานได้ยาวนาน โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่หรือชาร์จไฟบ่อย โดยส่วนที่ใช้พลังงานสูงที่สุดในอุปกรณ์พกพาคือ ส่วนของการสื่อสารไร้สาย ซึ่งทางทีมวิจัยได้เลือกโพรโทคอลการสื่อสารแบบไร้สายที่ประหยัดพลังงานสำหรับอุปกรณ์พกพาไว้ 2 ชนิดคือ Bluetooth Low Energy (BLE) และ ZigBee แต่ในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบนี้ ทางทีมพัฒนาได้เลือกพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้โพรโทคอล ZigBee เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์พกพาที่ใช้ BLE นั้น สามารถหาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้โดยไม่ต้องออกแบบอุปกรณ์ขึ้นมาเอง แต่สำหรับอุปกรณ์พกพาที่ใช้โพรโทคอล ZigBee นั้น ยังไม่มีขายทั่วไป และที่สำคัญ ZigBee สามารถสื่อสารแบบ Multi-Hop ได้ ทำให้อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้

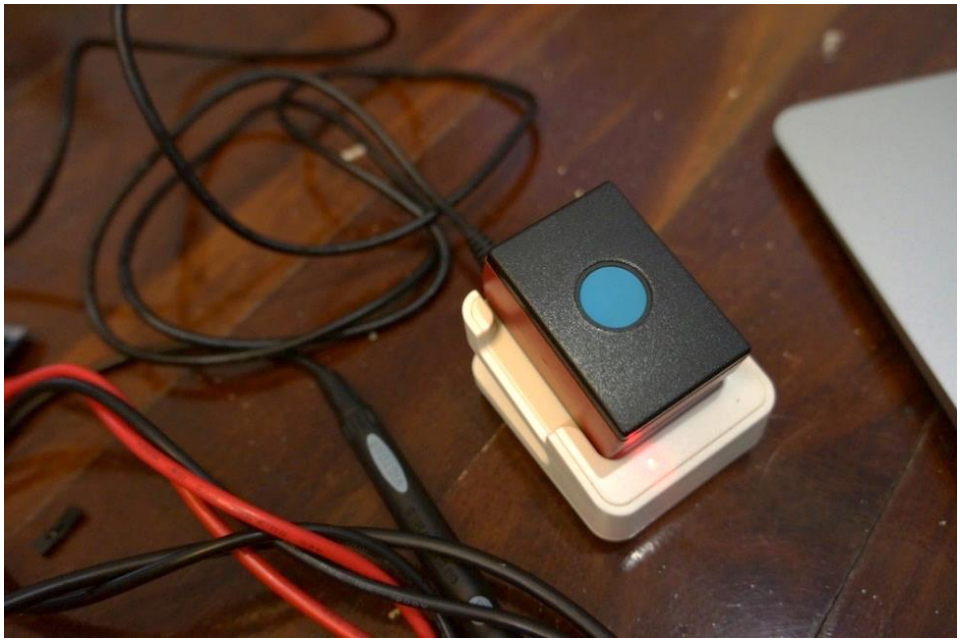
สายที่มีการติดตั้งอยู่ในบริเวณบ้านได้โดยไม่จำเป็นต้องมีโทรศัพท์มือถือ หรือ BLE Gateway อยู่ในบริเวณใกล้ ๆ ทำให้อุปกรณ์พกพาที่สื่อสารด้วยโพรโทคอล ZigBee มีความเหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาต้นแบบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานจริง

จากรูปที่ 23 แสดงให้เห็นอุปกรณ์ต้นแบบขนาดเล็กสำหรับพกพา เพื่อเฝ้าระวังสุขภาพของผู้อายุ โดยอุปกรณ์ชุดนี้ ประกอบไปด้วย

1. ส่วนติดต่อสื่อสารกับ Smart Gateway ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยัง Smart Gateway ผ่าน ZigBee Protocol อุปกรณ์ที่เลือกใช้ คือ XBee Pro S2B
2. เซนเซอร์ความเร่งแบบ 3 มิติ ทำหน้าที่ตรวจวัดการเคลื่อนไหวของร่างกายผู้สูงอายุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ คือ SparkFun Triple Axis Accelerometer Breakout - ADXL345

อุปกรณ์ต้นแบบที่ทีมวิจัยพัฒนาขึ้นมานั้น ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ โมดูลสื่อสารและประมวลผล เซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน ปุ่มกดสำหรับขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน และแบตเตอรี่ โดยเซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน จะใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างการของผู้สูงอายุ หากเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปรกติ เช่น มีการล้มเกิดขึ้น ตัวอุปกรณ์ก็จะส่งสัญญาณไปยัง Gateway เพื่อส่งข้อมูลไปขอความช่วยเหลือเป็นลำดับถัดไป และเมื่อประกอบออกมาเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กสำหรับพกพา ที่พร้อมนำมาสวมใส่บนข้อมือเพื่อทดสอบหน้าตาเป็นดังรูปที่ 24

รูปที่ 24 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับพกพา



รูปที่ 25 ปุ่มกดฉุกเฉินขนาดพกพา

## 6.2 การทดสอบโมดูลรับส่งแบบไร้สายด้วยเครือข่าย ZigBee

ทางผู้พัฒนา ได้ทดสอบโมดูลรับส่งข้อมูลไร้สาย ด้วยเครือข่าย ZigBee โดยในการทดสอบนี้ ประกอบไปด้วย อัตราการส่งข้อมูล (Throughput) ที่ขนาด payload แตกต่างกัน ที่ระยะทางต่างๆ ภายในอาคาร โดยคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ เป็นดังตารางต่อไปนี้

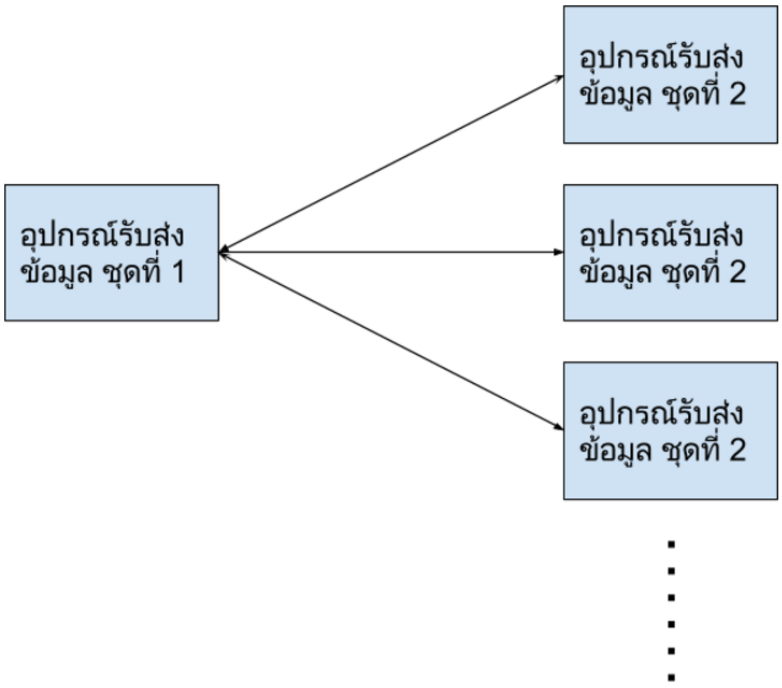
**อุปกรณ์รับส่งข้อมูล ชุดที่ 1 จำนวน 1 ตัว**

| | |
|---|---|
| **RF SoC** | Texas Instuments CC2530 |
| **RF Frontend** | Texas Instruments CC2591 |
| **Output Power** | 22 dBm |
| **Receiver Sensitivity** | -108 dBm |
| **Antenna Type** | PCB |

**อุปกรณ์รับส่งข้อมูล ชุดที่ 2 จำนวน 8 ตัว**

| | |
|---|---|
| **RF Module** | Digi XBee S2B |
| **Output Power** | 18 dBm |
| **Receiver Sensitivity** | -102 dBm |
| **Antenna Type** | PCB |

Network ที่ใช้ในการทดสอบ มีการเข้ารหัสด้วย AES-128 ตามมาตรฐาน ZigBee Home Automation Profile ซึ่งในการรับส่งข้อมูลนั้น เริ่มจากการที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2 ทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 1 แล้วรอให้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 1 ตอบข้อมูลเดิมกลับมา ดังภาพ

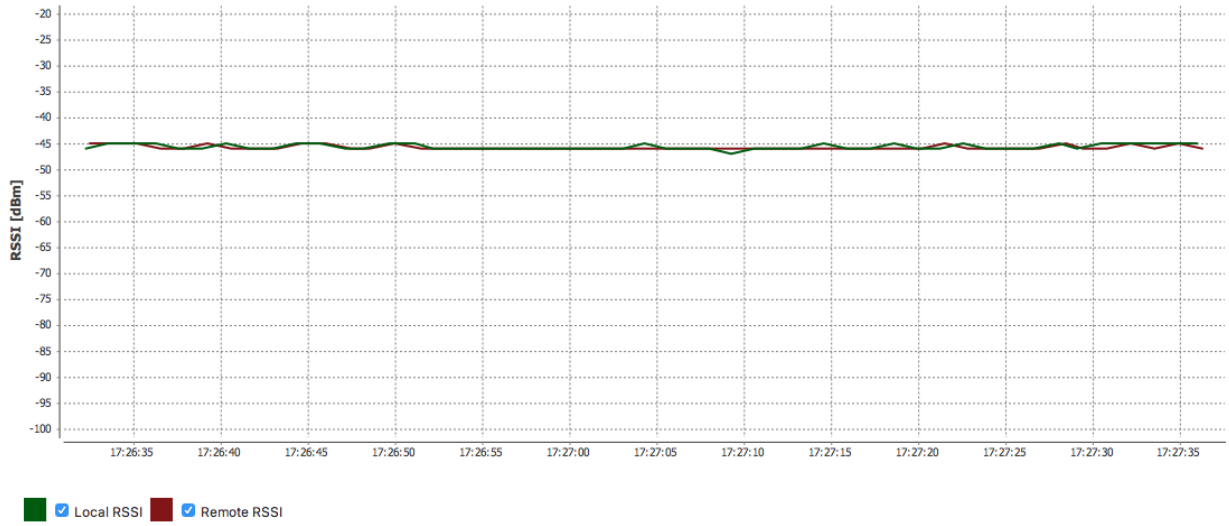



ในการทดสอบแต่ละรอบ จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาด payload, จำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2 และระยะทางระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 1 และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2 โดยมีค่าดังตารางต่อไปนี้

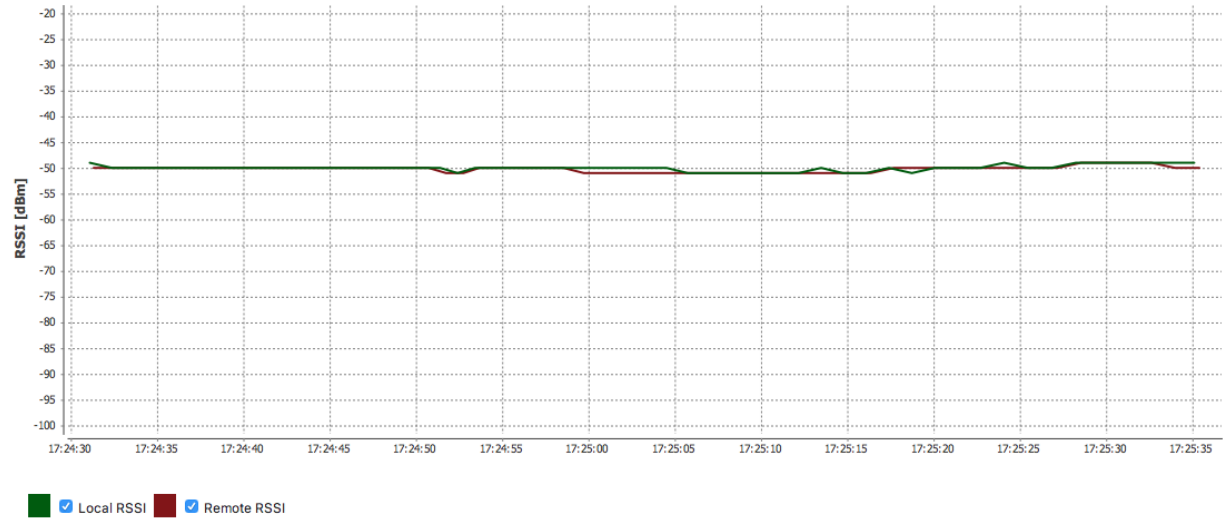
| | |
|---|---|
| **ระยะทาง** | 1, 5, 10 และ 20 เมตร |
| **ขนาด payload** | 1, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 bytes |
| **จำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2** | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 อุปกรณ์ |

**การทดสอบหาค่า RSSI ที่ระยะทางต่างๆ**

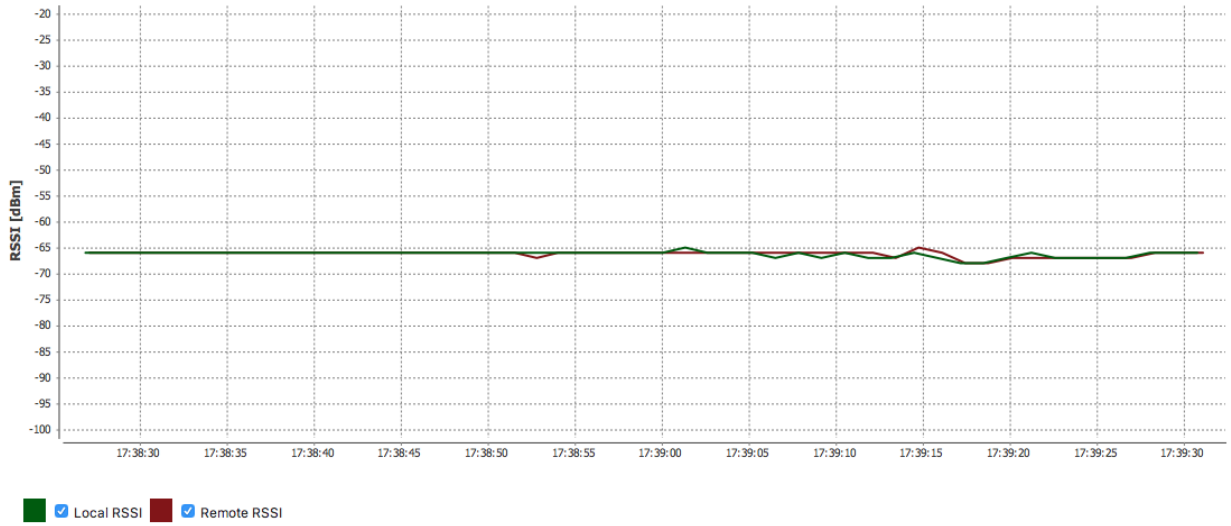
ที่ระยะทาง 1 เมตร ค่าเฉลี่ย -46 dBm



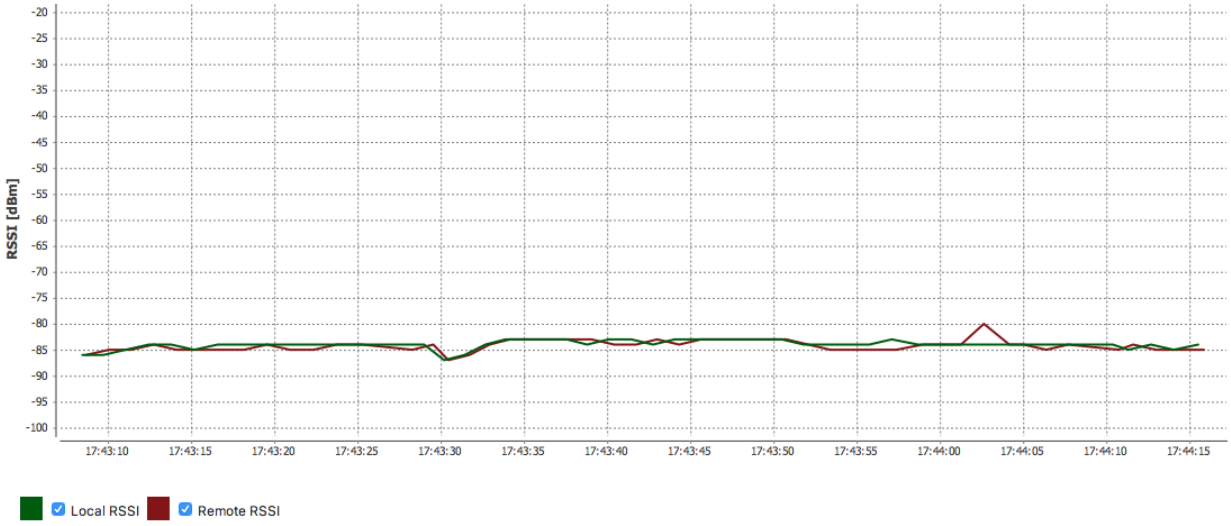

ที่ระยะทาง 5 เมตร ค่าเฉลี่ย -50 dBm




ที่ระยะทาง 10 เมตร ค่าเฉลี่ย -66 dBm

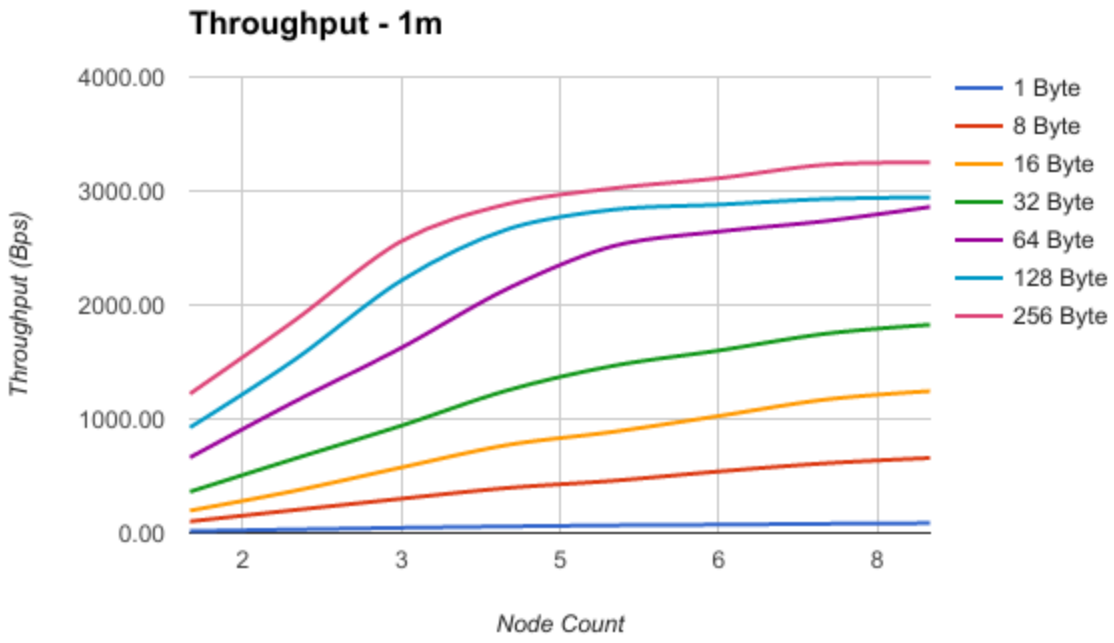


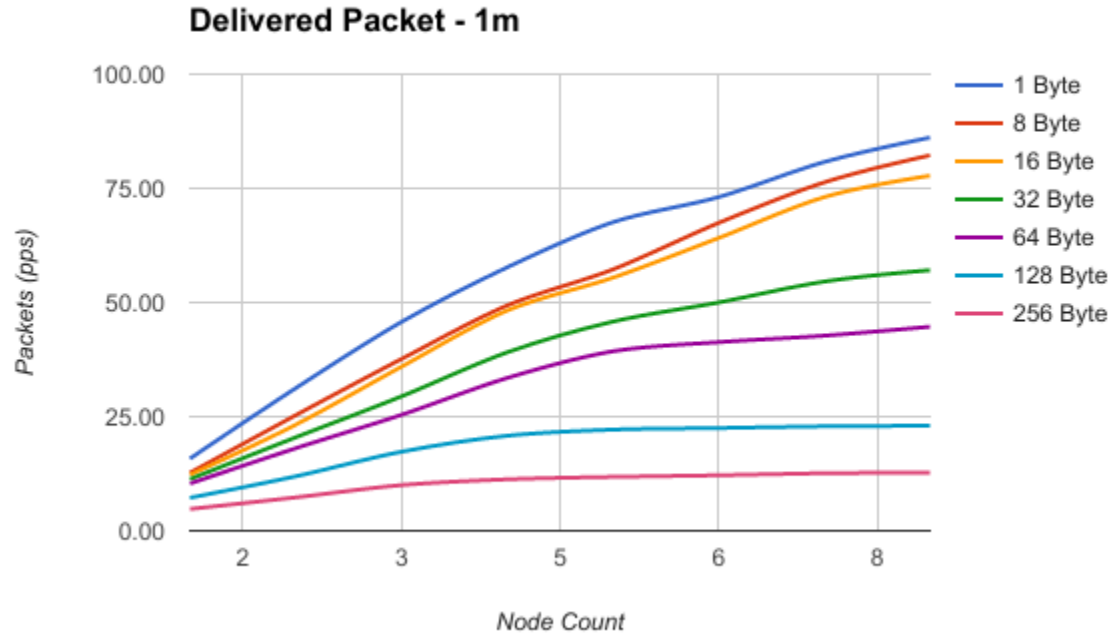

ที่ระยะทาง 20 เมตร ค่าเฉลี่ย -84 dBm



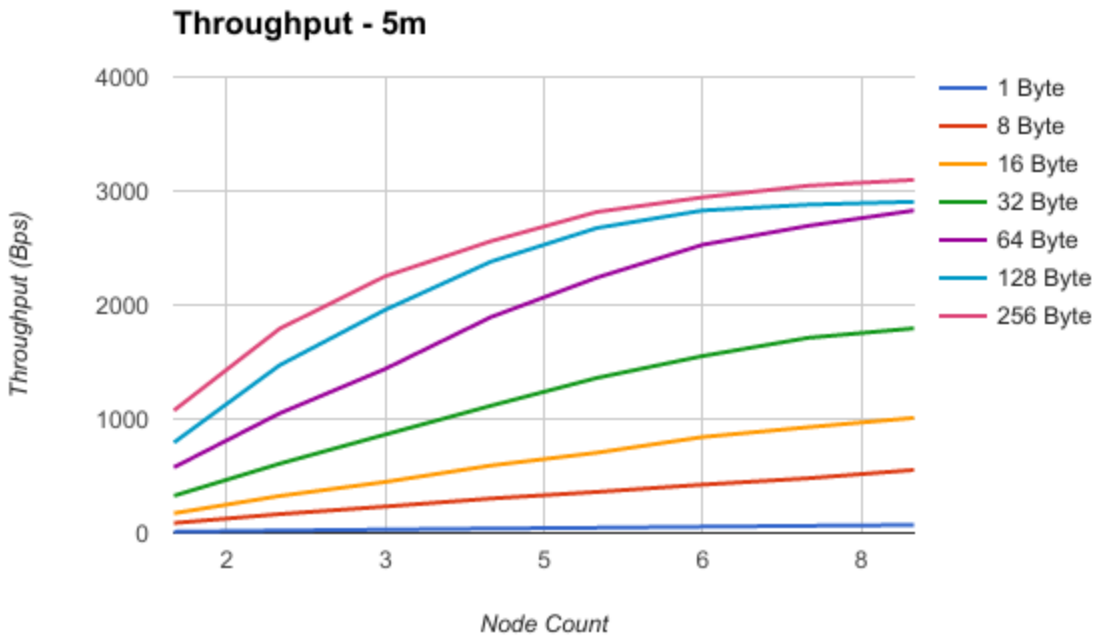

จากการทดลองรับส่งข้อมูล ที่ระยะทางต่างๆ จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ค่า RSSI จะลดต่ำลง จนเมื่อระยะทางมากกว่า 20 เมตร พบว่า อัตราความสำเร็จในการรับส่งข้อมูล จะลดลงเป็นอย่างมาก จนไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้น ในการทดสอบจึงได้กำหนดระยะห่างสูงสุดไว้ที่ 20 เมตร

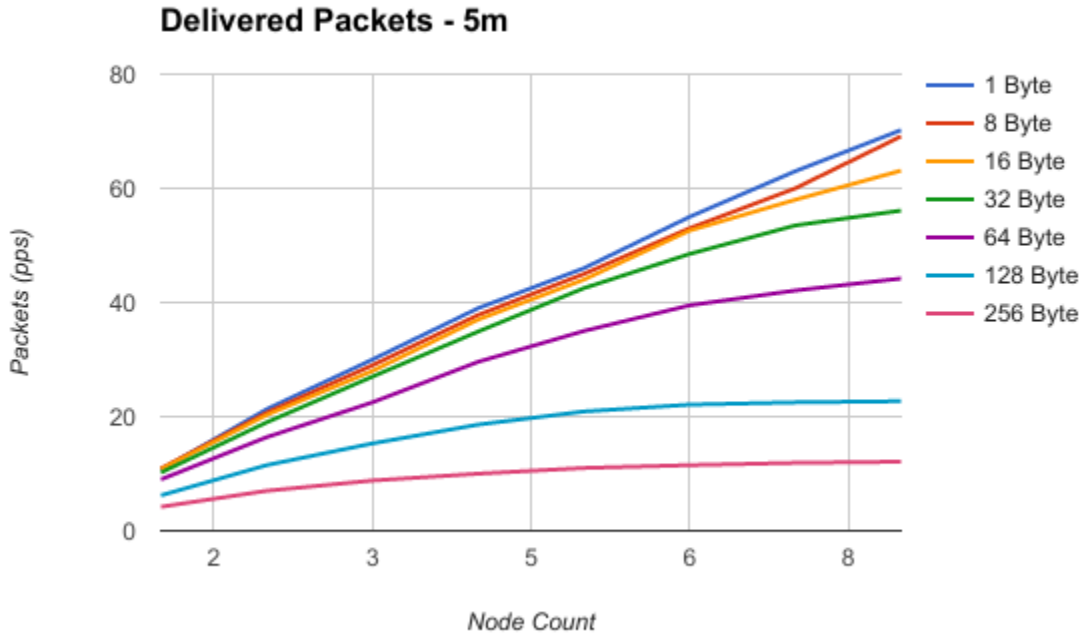
การทดสอบ Throughput และจำนวน packet ที่ส่งได้ ที่ระยะห่าง 1 เมตร



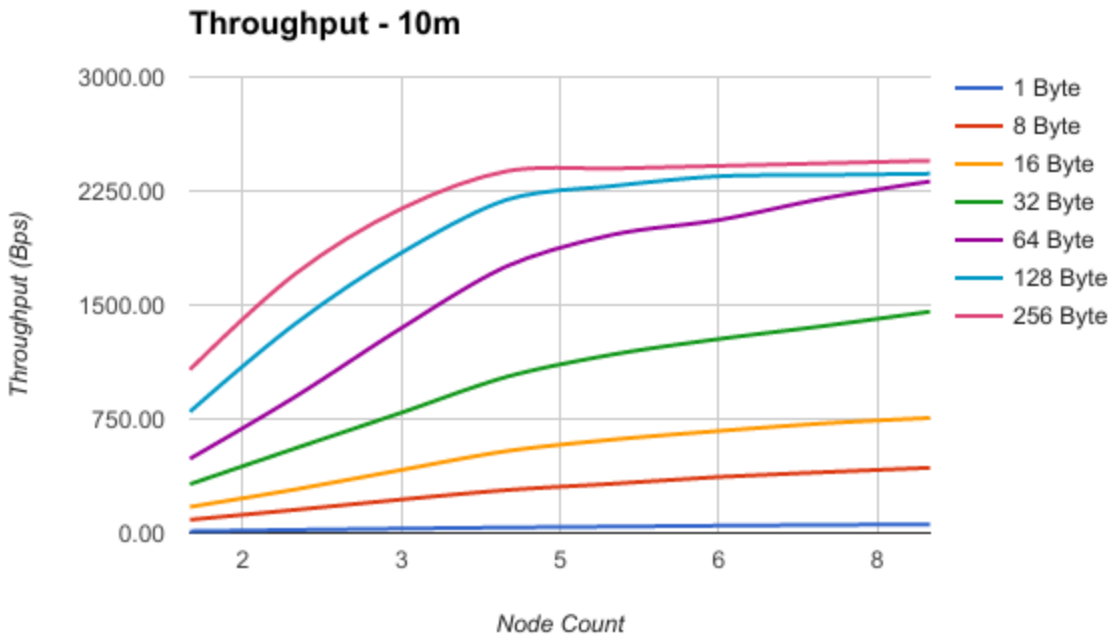



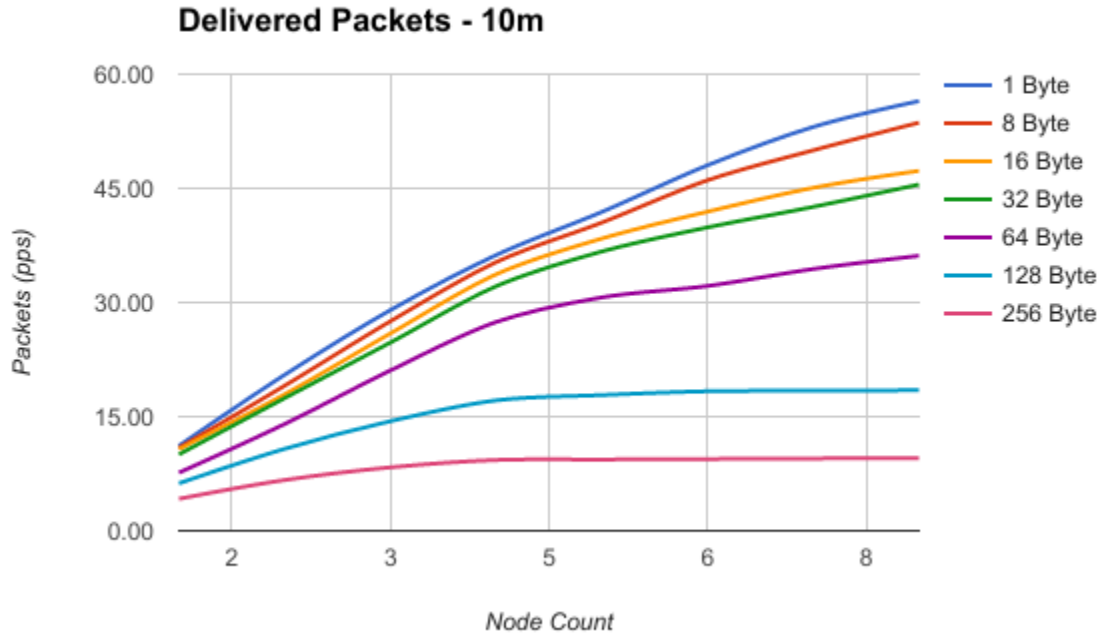
การทดสอบ Throughput และจำนวน packet ที่ส่งได้ ที่ระยะห่าง 5 เมตร



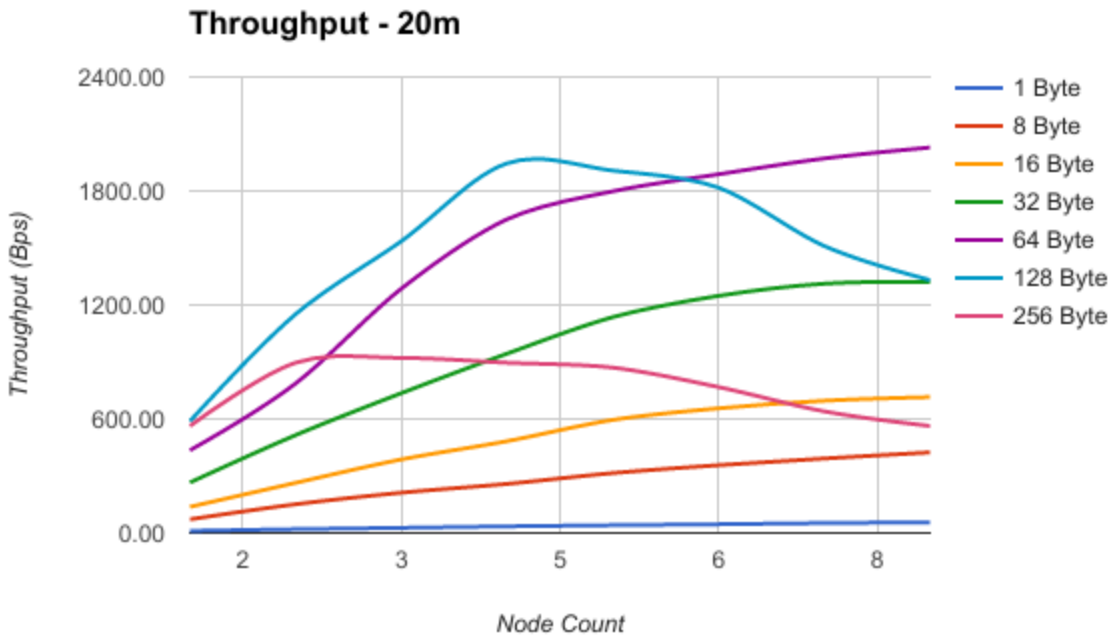



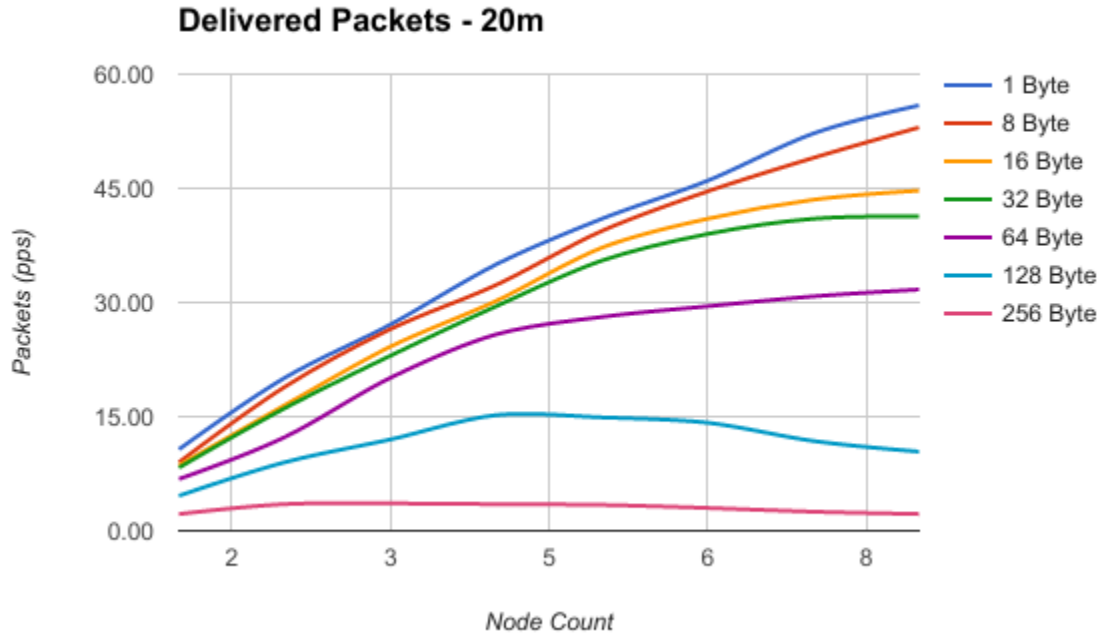
การทดสอบ Throughput และจำนวน packet ที่ส่งได้ ที่ระยะห่าง 10 เมตร



การทดสอบ Throughput และจำนวน packet ที่ส่งได้ ที่ระยะห่าง 20 เมตร

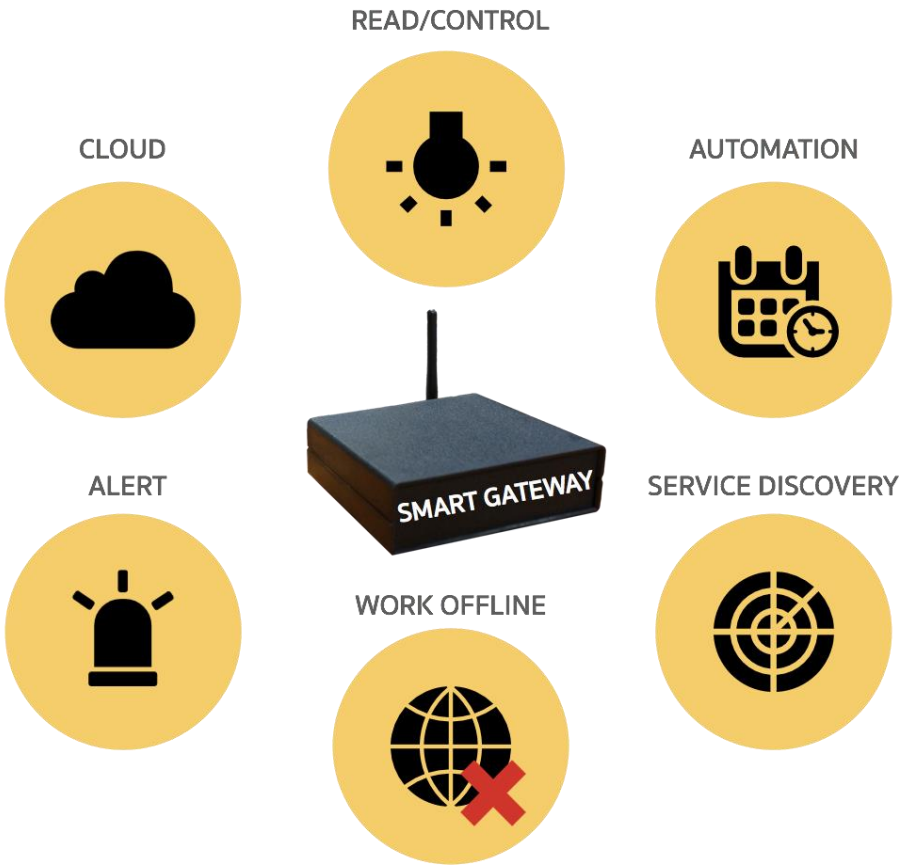


จากการทดสอบ Throughput และ จำนวน packet ที่ส่งได้ ที่ระยะห่าง, ขนาด payload และจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต่างๆ กัน พบว่าเมื่อเพิ่มขนาด payload และจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2 ส่งผลให้ throughput สูงขึ้น แต่เมื่อทดสอบที่ระยะห่างมากขึ้น (RSSI มีค่าลดลง) จะพบว่าหากเพิ่มขนาด payload หรือจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลชุดที่ 2 เข้าไปในการทดสอบ จะทำให้ throughput มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมี packet loss เกิดขึ้น และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลต้องทำกระบวนการส่งข้อมูลซ้ำ โดยจากการทดสอบนี้ จะเห็นว่าที่ระยะห่าง 20 เมตร (RSSI = -84 dBm) จะมี throughput สูงสุดที่ทำได้ คือ 1.94 KBps โดยใช้อุปกรณ์รับส่งข้อมูล จำนวน 4 อุปกรณ์ และมีขนาด payload เป็น 128 bytes แต่ถ้าหากเพิ่มขนาด payload ขึ้นเป็น 256 bytes จะพบว่า throughput ลดลงไปเป็นอย่างมาก หรือเมื่อเพิ่มจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลเป็น 5 อุปกรณ์ ในขณะที่ payload เป็น 128 bytes เท่าเดิม ก็ทำให้ throughput ลดลงเช่นเดียวกัน

แต่ในการใช้งานอุปกรณ์จริง ข้อมูลที่รับส่งกันระหว่างอุปกรณ์นั้น จะมีขนาดเฉลี่ยไม่เกิน 32 bytes ข้อมูลการตรวจวัดจาก sensor และคำสั่งสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งจากผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า ที่ payload ขนาดเล็ก จะไม่มีปัญหาของประสิทธิภาพที่ลดลง เมื่อเพิ่มจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูลเข้าไปในระบบ โดยขนาด payload ที่ 32 bytes ระยะห่าง 20 เมตร และจำนวนอุปกรณ์รับส่งข้อมูล 8 อุปกรณ์ สามารถรับส่งข้อมูลได้ 41 packets/วินาที และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อมีอุปกรณ์ในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานภายในบ้าน ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต่ำกว่าในการทดสอบนี้มาก โดยเฉลี่ย ไม่เกิน 1 นาที/packet/อุปกรณ์

# 7. อุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway)




รูปที่ 26 อุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway)

อุปกรณ์เชื่อมต่อสรรพสิ่ง (Smart Gateway) ที่ทางทีมวิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเอง ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ภายในบ้าน เช่น หลอดไฟ ปลั๊กไฟ ประตูไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า เซนเซอร์ตรวจความเคลื่อนไหว เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแสง อุปกรณ์พกพา เป็นต้น Smart Gateway คอยรับคำสั่งจากทาง Smart Home Cloud เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์สรรพสิ่งภายในบ้าน และคอยรายงานสถานะของอุปกรณ์ภายในบ้านไปยัง Smart Home Cloud เพื่อให้ผู้ดูแลคอยติดตามข้อมูลสถานะเหล่านั้นได้อย่างใกล้ชิด

Smart Gateway มีคุณสมบัติหลักดังต่อไปนี้

- **Read/Control**

  Smart Gateway สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็ก โดยคอยรายงานข้อมูลสถานะของอุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้ผู้ใช้งานระบบทราบข้อมูล

ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แบบ Real-time และคอยนำคำสั่งจากผู้ใช้งานเพื่อนำมาควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน

- **Automation**

  ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการใช้งานอุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า เมื่อถึงเวลาอุปกรณ์เหล่านั้นจะทำงานแบบอัตโนมัติตามที่ตั้งค่าไว้ด้วยตนเอง ผ่านการควบคุมโดย Smart Gateway นั่นเอง

- **Alert**

  เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ผู้สูงอายุกดปุ่มขอความช่วยเหลือ มีผู้บุกรุกเข้ามาในยามวิกาล เป็นต้น Smart Gateway จะทำการประมวลผลและส่งต่อข้อมูล เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันที

- **Cloud**

  Smart Gateway คอยส่งข้อมูลสถานะของอุปกรณ์และเซนเซอร์ต่าง ๆ ไปประมวลผลและจัดเก็บบน Cloud และ Smart Gateway จะคอยรับคำสั่งจากผู้ใช้งานที่อยู่ภายนอกบ้าน เพื่อนำมาควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านอีกที

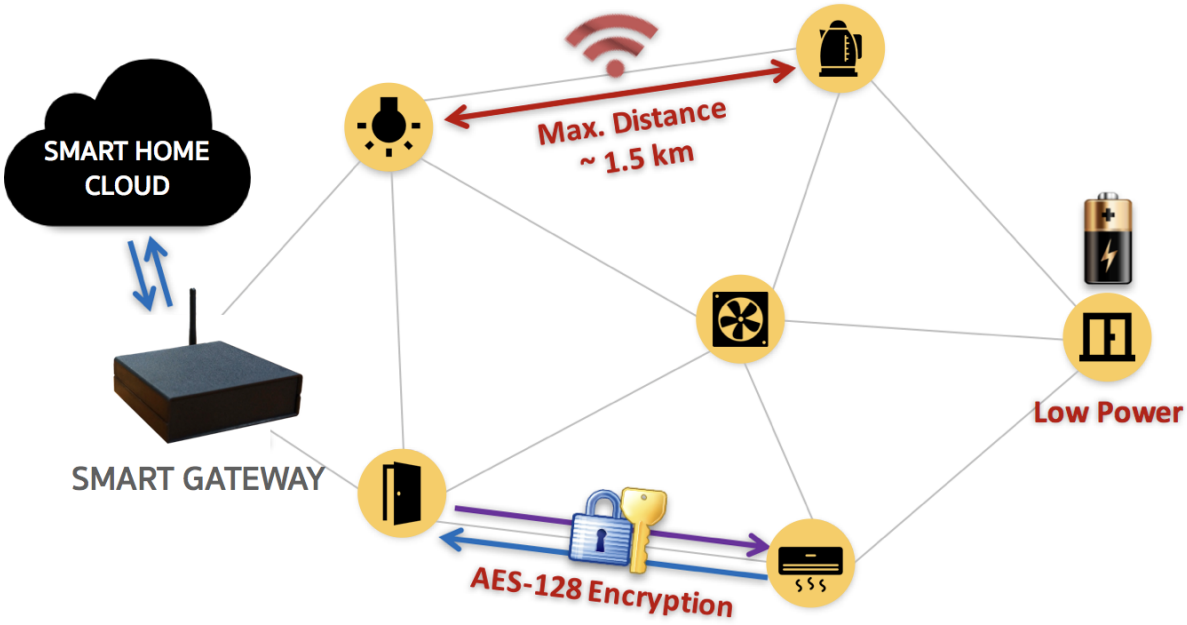
- **Work Offline**

  ในกรณีที่ภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็กไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้งานระบบสามารถติดตามสถานะและสั่งควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านได้หากผู้ใช้งานยังอยู่ภายในบริเวณบ้าน

- **Service Discovery**

  Smart Gateway สามารถค้นหาอุปกรณ์ที่ยังไม่ถูกนำเข้ามาภายในระบบ และทำการเพิ่มอุปกรณ์เหล่านั้นเข้ามาได้แบบอัตโนมัติ การติดตั้งหรือนำเข้าอุปกรณ์ดังกล่าวจึงมีความสะดวกและรวดเร็ว ไม่มีความยุ่งยากหรือซับซ้อนแต่อย่างใด

นอกเหนือจากการออกแบบและพัฒนาระบบให้มีความสะดวกในการจัดการอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อการติดตามสถานะและควบคุมได้จากทุกที่ทุกเวลาแล้วนั้น ทีมวิจัยยังให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ภายในบ้าน โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างกันจะมีการเข้ารหัสด้วยทุกครั้ง ผู้ใช้งานระบบจึงสามารถแน่ใจได้ว่าบุคคลภายนอกจะไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้




รูปที่ 27 Devices Network

จากรูปที่ 27 แสดงให้เห็นถึงวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายในบ้านด้วยกัน โดยอุปกรณ์แต่ละตัวจะสามารถติดต่อสื่อสารและหาวิธีการส่งข้อมูลระหว่างกันด้วยเส้นทางที่ดีที่สุดได้ด้วยตนเอง หากมีอุปกรณ์ระหว่างทางชำรุดก็ยังสามารถหาเส้นทางใหม่เพื่อส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้ การรับส่งข้อมูลระหว่างกัน ตัวข้อมูลจะถูกเข้ารหัสด้วยมาตรฐาน AES-128 บุคคลภายนอกจึงไม่สามารถมองเห็นข้อมูลที่รับส่งกันภายในเครือข่ายได้

# 8. การเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสุขภาพที่เหมาะสม

อุปกรณ์สำหรับสวมใส่ (Wearable Devices) เพื่อเฝ้าระวังสุขภาพ ควรเป็นสิ่งที่สวมใส่ได้สะดวกสบาย ไม่กระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน และสามารถตรวจวัดสุขภาพ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการก้าวเดิน ข้อมูลการนอน เป็นต้น Wearable Devices อย่างเช่น Smart Watch จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาช่วยตรวจวัดสุขภาพของผู้สูงอายุ

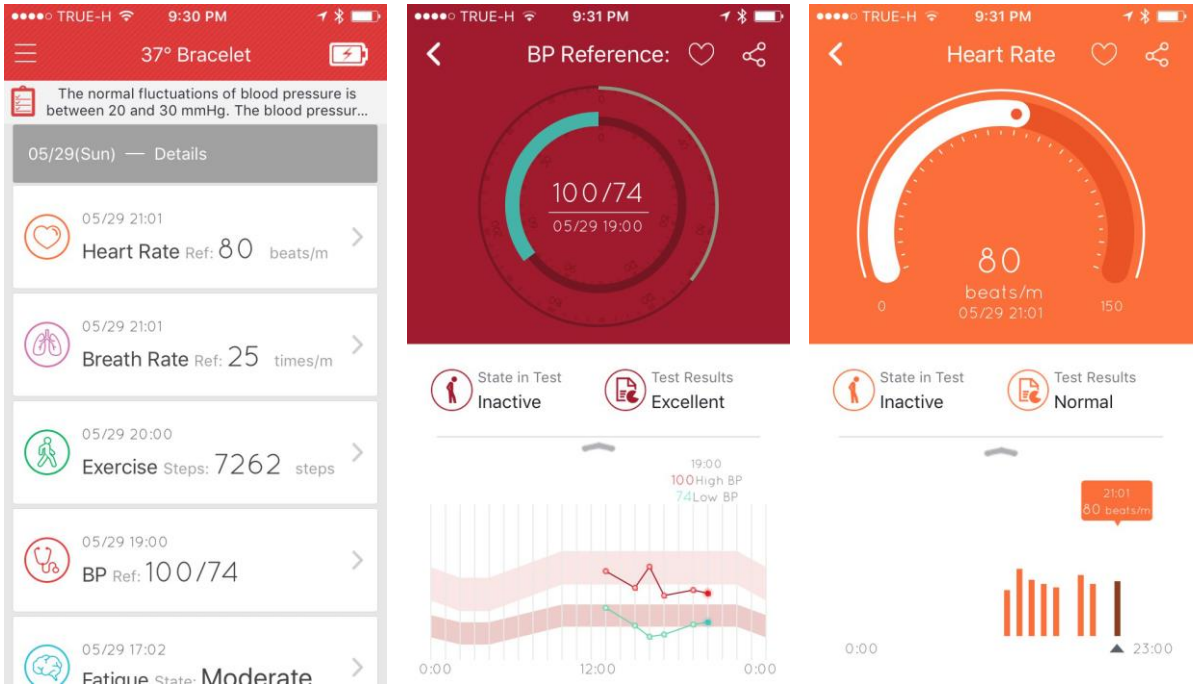
Smart Watch ที่ได้ทำการศึกษาและทดลองใช้งานมาแล้ว คือ

- POMO 37°
- Fitbit Charge HR
- Apple Watch

**POMO 37°**

รูปที่ 28 อุปกรณ์เฝ้าระวังสุขภาพ POMO 37°

อุปกรณ์ตัวนี้สามารถวัด อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ความดันโลหิต การนับก้าวเดิน และบอกสภาพอารมณ์ ได้ โดยจะวัดค่าต่างๆทุก ๆ ชั่วโมงโดยอัตโนมัติ หากต้องการจะวัดค่าถี่กว่านั้น จะต้องเข้าไปที่แอพพลิเคชั่นบนมือถือก่อน แล้วกดเลือกค่าที่ต้องการวัดด้วยตัวเอง การวัดค่าแต่ละค่าจะใช้เวลามากน้อยแตกต่างกัน เวลาที่ใช้ในการวัดต่ำสุด คือ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ใช้เวลาประมาณ 20 วินาที หากกดวัดหลาย ๆ ค่าพร้อมกัน ก็จะยิ่งใช้เวลานานมากขึ้นเรื่อย ๆ ข้อมูลที่บันทึกผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือเป็นดังรูปข้างล่างนี้



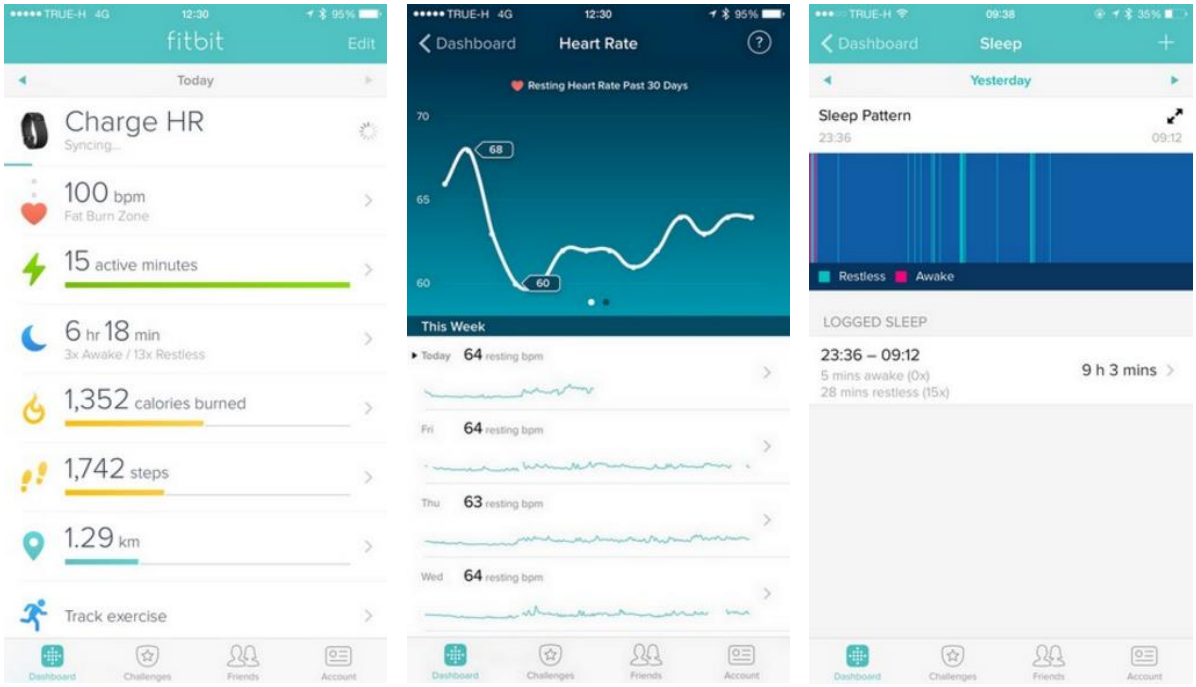

รูปที่ 29 POMO 37° Mobile Application

ตัวสายรัดข้อมือเหมาะแก่การใส่ในชีวิตประจำวันและการออกกำลังกาย กันน้ำและกันฝุ่นได้ตามมาตรฐานของ IP54 สามารถใส่ล้างมือได้ แต่ไม่สามารถแช่น้ำได้ มีน้ำหนัก 21 กรัม มีความจุแบตเตอรี่ 157 mAh เนื่องจากตัวอุปกรณ์นี้ไม่มีการแสดงผลบนหน้าจอเลยและมีการตรวจวัดแบบอัตโนมัติในระดับทุก ๆ ชั่วโมง การชาร์จหนึ่งครั้งจึงทำให้แบตเตอรี่อยู่ได้นานประมาณ 7 วัน

**Fitbit Charge HR**

รูปที่ 30 อุปกรณ์เฝ้าระวังสุขภาพ Fitbit Charge HR

อุปกรณ์ตัวนี้สามารถวัด อัตราการเต้นของหัวใจแบบต่อเนื่องตลอดทั้งวัน การนับก้าวเดิน จำนวนชั้นที่เดินขึ้นบันได ระยะทางที่เดินหรือวิ่ง การเผาผลาญแคลอรี่ ข้อมูลการนอน จุดเด่นของอุปกรณ์ตัวนี้ คือ การวัดค่าได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน ทำให้สามารถดูแนวโน้มของสุขภาพได้ละเอียดยิ่งขึ้น ข้อมูลที่บันทึกผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือเป็นดังรูปข้างล่างนี้




รูปที่ 31 Fitbit Charge HR Mobile Application

ตัวสายรัดข้อมือเหมาะแก่การใช้ในชีวิตประจำวันและการออกกำลังกาย กันน้ำและกันฝุ่นได้ตามมาตรฐานของ IPx7 สามารถใส่ล้างมือได้ แต่ไม่สามารถแช่น้ำได้ มีน้ำหนัก 24 กรัม เนื่องจากอุปกรณ์ตัวนี้สามารถแสดงผลบนหน้าจอได้ การชาร์จแบตเตอรี่หนึ่งครั้งจึงทำให้อยู่ในนานประมาณ 5 วัน

### Apple Watch

รูปที่ **32** อุปกรณ์เฝ้าระวังสุขภาพ Apple Watch

อุปกรณ์ตัวนี้สามารถวัด อัตราการเต้นของหัวใจ การนับก้าวเดิน การเผาผลาญแคลอรี่ สามารถบอกได้ว่ามีการลุกขึ้นยืนยืดเส้นยืดสายบ่อยแค่ไหน หากนั่งนานเกินไปจะมีการเตือนเบา ๆ ว่าควรจะเปลี่ยนอิริยาบถได้แล้ว จุดเด่นอีกอย่าง คือ สามารถสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ด้วยคำสั่งผ่านผ่านการใช้งาน Siri สามารถสั่งงานโดยใช้ภาษาไทยได้ ข้อมูลที่บันทึกผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือเป็นดังรูปข้างล่างนี้

รูปที่ 33 Apple Watch Mobile Application

สายรัดข้อมือมีให้เลือกหลากหลายแบบ หากจะเลือกให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ ควรเป็นสายรัดแบบที่สวมใส่สบาย มีความยืดหยุ่นและทนทานต่อเหงื่อ จึงเลือกทดลองสวมใส่วัสดุที่เป็นสายยาง Fluor elastomer ซึ่งเหมาะสำหรับใส่ออกกำลังกายได้ด้วย และมีน้ำหนักเบา เนื่องจากอุปกรณ์ตัวนี้สามารถแสดงได้บนหน้าจอที่ค่อนข้างใหญ่ การชาร์จหนึ่งครั้งจึงสามารถใช้งานได้ประมาณ 1 วัน

**สรุปผลการศึกษาและทดลองใช้งาน Smart Watch ดังกล่าวข้างต้น**

Smart Watch ทั้ง 3 ตัวดังกล่าว สามารถใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ โดยค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนไปประมาณ 5-10 % เมื่อเทียบกับการวัดชีพจรบนเครื่องมือ iHealth Wireless Blood Pressure ซึ่งก็ยังสามารถใช้ดูแนวโน้มอัตราการเต้นของหัวใจได้

Apple Watch และ Fitbit Charge HR จะมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจตลอดทั้งวัน แต่ตัว Apple Watch จะสามารถเลือกกิจกรรมการออกกำลังให้เฉพาะเจาะจงได้มากกว่าตัวอื่น เช่น วิ่งกลางแจ้ง ขี่จักรยานกลางแจ้ง เดินในร่ม เครื่องออกกำลังเลียนแบบการก้าวขึ้นบันได เป็นต้น ส่วน POMO 37° จะไม่มีความ

ต่อเนื่องในการวัดเหมือนสองรุ่นนี้ เพราะจะมีการวัดแบบอัตโนมัติได้แค่ชั่วโมงละครั้ง หากต้องการวัดมากกว่านั้นต้องไปยังแอพพลิเคชั่นบนมือมือเพื่อทำการวัดเอง

POMO 37° จะมีข้อแตกต่างจากอีกสองตัว คือ สามารถวัดความดันโลหิตได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนไปประมาณ 5-10 % เมื่อเทียบกับการวัดความโลหิตบนเครื่องมือ iHealth Wireless Blood Pressure ดังรูปที่ 34 เช่นเดียวกับการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หากต้องการความแม่นยำในระดับที่นำข้อมูลไปใช้ในทางการแพทย์ได้เลยควรใช้เครื่องมือวัดแบบสวมใส่ที่แขนจะมีความแม่นยำที่เชื่อถือได้แน่นอนกว่า

Fitbit Charge HR จะมีจุดเด่นในด้านการแสดงผลค่าต่างๆ ได้บนหน้าจอ แต่หน้าจอจะมีขนาดเล็กสามารถแสดงผลในรูปแบบข้อความได้เพียงบรรทัดเดียว การดูข้อมูลสุขภาพต่างๆ จึงต้องกดปุ่มเพื่อสั่งให้เปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อย ๆ เนื่องจากการแสดงผลทางหน้าจอที่จำกัดทำให้แบตเตอรี่สามารถอยู่ได้นานถึง 5 วัน นอกจากนั้นยังสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้อย่างต่อเนื่อง

Apple Watch จะมีจุดเด่นเรื่องจอแสดงผลที่ใหญ่กว่าอีกสองตัว ทำให้ดูรายละเอียดได้มากกว่าและชัดเจนกว่า สามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ตลอดทั้งวัน และสามารถสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือสั่งให้แสดงผลข้อมูลสุขภาพได้ด้วยเสียง สามารถสั่งงานด้วยภาษาไทยได้ ผ่านการใช้งาน Siri แต่แบตเตอรี่จะอยู่ได้เพียง 1 วัน

อุปกรณ์ทั้งสามตัวนี้ สามารถกันน้ำและกันฝุ่น ได้ในระดับใกล้เคียงกัน คือ กันน้ำฝนได้ สวมใส่ตอนล้างมือได้ แต่ไม่สามารถแช่น้ำได้ โดยรวมแล้วหากต้องการเฝ้าระวังสุขภาพผู้สูงอายุ พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ด้วย Apple Watch จึงเป็นอุปกรณ์ที่น่าสนใจที่สุดจากอุปกรณ์ทั้งสามตัวนี้

รูปที่ 34 อุปกรณ์ตรวจวัดความดันและชีพจร iHealth Wireless Blood Pressure

# 9. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในบ้าน

## 9.1 การติดตั้งระบบเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ Home Automation

การเลือกระบบเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ Home Automation นั้น เลือกติดตั้งเป็นระบบแบบสื่อสารไร้สาย เพื่อความสะดวกในการติดตั้งแทนที่อุปกรณ์เดิม เพื่อเป็นการรักษาสภาพภายในบ้านของผู้สูงอายุ สามารถลดการเดินสายหรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างของบ้านลงได้ โดยเครือข่ายไร้สายนี้มีไว้เพื่อการสื่อสารระหว่าง Sensor และอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้านของผู้สูงอายุ อีกทั้งระบบยังต้องมีความสามารถในการทนทานต่อสัญญาณรบกวน ซ่อมแซมเครือข่ายได้เองเมื่อมีอุปกรณ์ชำรุด และมีการเข้ารหัสไว้ เพื่อความปลอดภัยและให้การใช้งานเป็นไปอย่างต่อเนื่องปราศจากปัญหามากที่สุด และเนื่องจากการลดการเดินสายไฟใหม่ อุปกรณ์บางชิ้นจึงเลือกใช้พลังงานแบตเตอรี่ ทำให้ระบบเครือข่ายต้องมีความสามารถในการขยายเครือข่ายได้ด้วยตนเอง และใช้พลังงานในการสื่อสารต่ำอีกด้วย นอกเหนือจากนี้ ยังควรมีความสามารถที่จะเข้ากันได้กับอุปกรณ์ตามมาตรฐานที่มีกำหนดไว้แล้ว เพื่อความสามารถในการขยายตัวหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ในอนาคต

### 3.1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเครือข่ายไร้สายชนิดต่าง ๆ

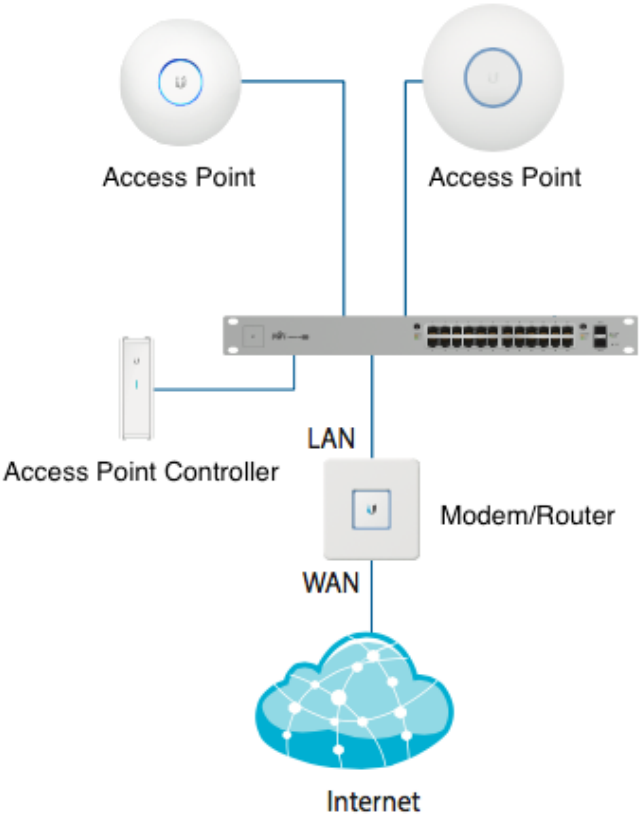
| | ZigBee | Bluetooth | Wi-Fi |
|---|---|---|---|
| Foundation Standard | IEEE 802.15.4 | IEEE 802.15.1 | IEEE 802.11 |
| Organization | ZigBee Alliance | Bluetooth SIG | Wi-Fi Alliance |
| Frequency Range | 2.4 GHz | 2.4 GHz | 2.4 GHz/5 GHz |
| Modulation | BPSK,QPSK | GFSK | BPSK,QPSK |
| Data Rate | 250 kbps | Up to 25 Mbps | Up to 1 Gbps |
| Security | 128-bit AES | 128-bit AES | AES/TKIP |
| Topology | Mesh/Star/Tree | Star | Star |
| Range | 10 – 1000 m | 10 m | 10 – 100 m |
| Power Consumption | Very Low | Very Low | High |
| Number of Devices | 65,000 | 8 | < 100 |

| | ZigBee | Bluetooth | Wi-Fi |
|---|---|---|---|
| Application Focus | Monitoring & Control | Wearable Devices | Internet Services |
| Optimized For | Reliability<br>Low Power<br>Low Cost<br>Scalability | Low Power<br>Low Cost<br>Convenience | Speed |

จากตารางการเปรียบเทียบระบบเครือข่ายไร้สายข้างต้น ระบบเครือข่ายแบบ ZigBee มีความสามารถตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อวัดค่า และควบคุมอุปกรณ์มากที่สุด เนื่องจากสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะที่ไกลถึง 1 กิโลเมตร ซึ่งไกลกว่าเครือข่ายชนิดอื่นที่นำมาเปรียบเทียบมาก และรองรับการรับส่งข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น Mesh Star หรือ Tree อีกทั้งยังใช้พลังในการประมวลอยู่ในระดับต่ำมาก และสามารถรองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ ZigBee ในเครือข่ายได้มากถึง 65,000 ชิ้น

### 3.1.2 การติดตั้งระบบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi)

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุนั้น ทำงานอยู่บนเครือข่าย ZigBee ที่แม้ว่าจะเป็นเครือข่ายแบบไร้สายเช่นกันกับเครือข่าย Wi-Fi แต่ก็เป็นเครือข่ายแบบเฉพาะทาง อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไปไม่สามารถใช้งานได้ จึงมีการติดตั้งระบบ Wi-Fi รวมถึง Smart Gateway ที่ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเครือข่าย ZigBee และ Wi-Fi เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smart Phone) แท็บเล็ต และอุปกรณ์สวมใส่ (Wearable) สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายไร้สายได้ตลอดเวลา อำนวยความสะดวกให้สามารถใช้ในการเรียกดูค่าและส่งคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในบ้าน ด้วยระบบ Wi-Fi ประกอบด้วย Access Point (AP) และ Access Point Controller (APC) ดังรูปที่ 35




รูปที่ 35 แผนผังการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายภายในบ้านผู้สูงอายุ

### 3.1.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ Access Point

รูปที่ 36 Access Point

Access Point เป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ได้จากเครือข่ายมีสาย ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายชนิด TCP/IP ทำหน้าที่กระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตออกไปยังบริเวณโดยรอบสูงสุด 122 เมตร ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อมายังเครือข่ายได้โดยสะดวก ทำงานภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11n มีความเร็วในการเชื่อมต่อสูงสุด 300 Mbps โดย Access Point ยังรองรับการขยายจำนวนในอนาคต ภายใต้ชื่อเครือข่ายเดียวกัน (SSID) ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานในแต่ละสถานที่ต่าง ๆ ภายในบ้านได้โดยง่าย

| | |
|---|---|
| Dimensions | 200 x 200 x 36.5 mm |
| Networking Interface | 10/100 Ethernet Port |
| Operating Band | 2.4 GHz |
| Antennas Integrated | 3 dBi Omni-directional |
| Wi-Fi Standards | 802.11 b/g/n |
| Power Method | Passive Power over Ethernet (12-24V) |
| Power Supply | 24V 0.5A |
| Maximum Power Consumption | 4W |
| Maximum TX Power | 20 dBm |
| BSSID | Up to Four Per Radio |
| Wireless Security | WEP, WPA-PSK, WPA-Enterprise (WPA/WPA2, TKIP/AES) |
| Operating Temperature | -10 to 70° C |
| Operating Humidity | 5 - 80% Non Condensing |

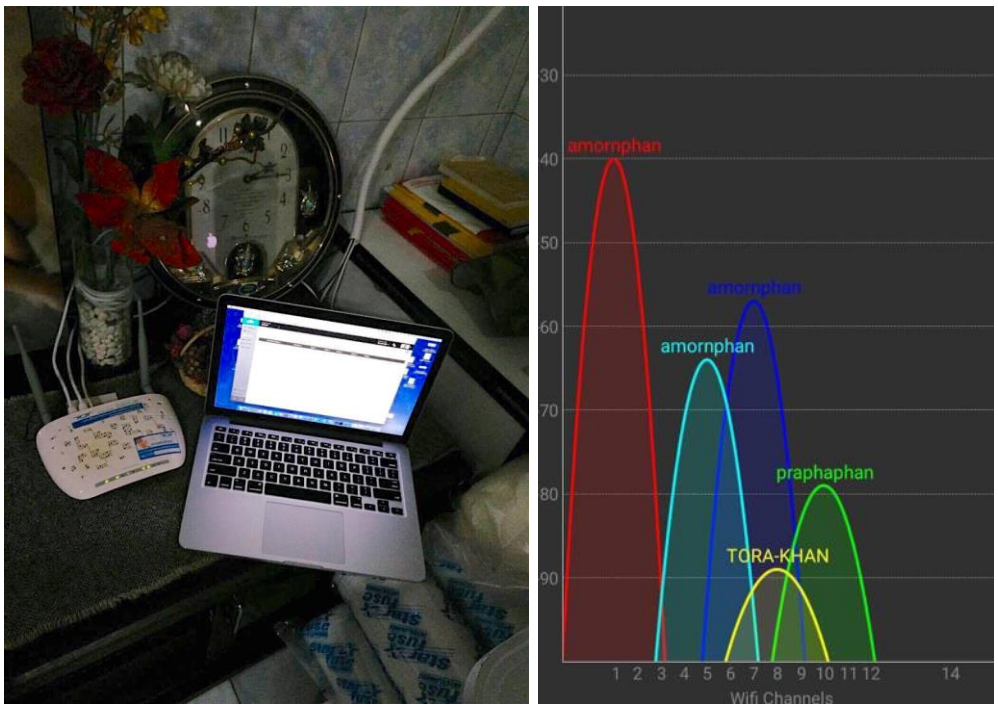
### 3.1.4 คุณสมบัติทางเทคนิคของ Access Point Controller

รูปที่ 37 Access Point Controller

Access Point Controller ทำหน้าที่จัดการดูแลอุปกรณ์ Access Point เพื่อให้ Access Point ทุกตัวที่อยู่ภายในระบบ ทำงานไปในทิศทางเดียวกัน ป้องกันการรบกวนของสัญญาณจาก Access Point อื่น ๆ ในระบบ อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ สามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายได้โดยใช้ชื่อเครือข่ายและระบบรักษาความปลอดภัยแบบเดียวกัน Access Point Controller สามารถเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบ Cloud ในการควบคุมอุปกรณ์จากนอกสถานที่ติดตั้ง อีกทั้งยังสามารถรักษาความปลอดภัยให้ในการเชื่อมต่อได้ (WPA) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการจัดการดูแลระบบเฟิร์มแวร์ ของ Access Point ภายในระบบอีกด้วย

| | |
|---|---|
| Dimensions | 21.7 x 43.4 x 121.9 mm |
| Processor | Quad-Core SoC |
| Memory | 1 GB DDR |
| Networking Interface | 10/100/1000 Ethernet Port |
| Power Method | 48V 802.3af or Passive PoE |
| Maximum Power Consumption | 5W |
| Operating Temperature | 0 to 40 °C |
| Operating Humidity | 20 to 90% Non Condensing |

จากการสำรวจบ้านผู้สูงอายุทำให้ได้จุดติดตั้งอุปกรณ์และเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งกระจายอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ ภายในบ้านทั้งสองชั้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถอ่านข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้ จึงได้ดำเนินการติดตั้ง Wi-Fi ให้ครอบคลุมทั่วบริเวณบ้านทั้งหมด




รูปที่ 38 การติดตั้ง WiFi Router และผลการทดสอบสัญญาณของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

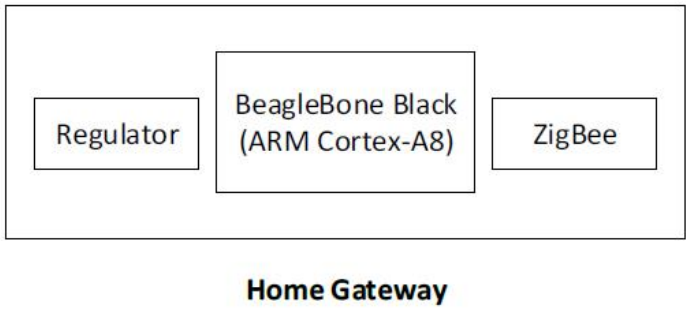
จากรูปที่ 38 ทางด้านซ้ายแสดงการติดตั้ง Wi-Fi Router บริเวณส่วนกลางของบ้านชั้น 1 ทำหน้าที่กระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตให้ครอบคลุมบริเวณนั้น จากรูปที่ 38 ทางด้านขวาแสดงผลการทดสอบความแรงสัญญาณหลังจากที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว พบว่าสัญญาณ Wi-Fi (สังเกตเส้นกราฟ amornphan ตามรูป) ของบ้านหลังนี้ มีความแรงสูงกว่าบริเวณใกล้เคียงทั้งหมด

รูปที่ 39 บริเวณที่ติดตั้ง Access Point ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 39 แสดงจุดติดตั้ง Access Point บริเวณหน้าบ้านชั้น 2และบริเวณกลางบ้านชั้น ทำ 1 หน้าที่ กระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตให้ครอบคลุมบริเวณบ้า

## 9.2 การติดตั้ง Smart Gateway

Smart Gateway เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างอุปกรณ์ Home Automation ซึ่งสื่อสารกันผ่านระบบเครือข่ายไร้สายชนิด ZigBee กับระบบเครือข่ายภายในบ้าน (LAN) ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายชนิด TCP/IP ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะ และสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ในบ้านผ่านทาง Application ที่ทำงานบนอุปกรณ์พกพา หรืออุปกรณ์สวมใส่ต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายในบ้านแบบไร้สายผ่านทาง Wi-Fi



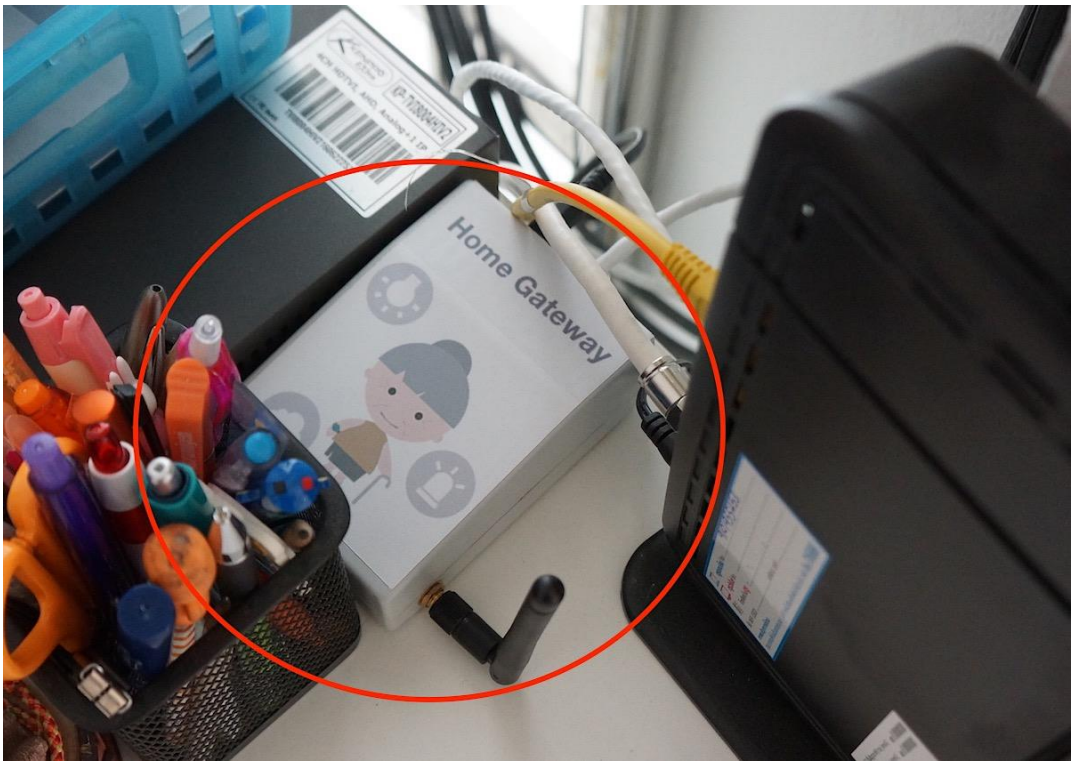

รูปที่ 40 Smart home gateway

จากรูปที่ 20 อุปกรณ์หลักสำคัญสำหรับทุกบ้านที่ต้องการใช้งานระบบบ้านอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุแบบไร้สาย จะต้องมีกล่องที่เรียกว่า Smart home gateway หรือเรียกตามเทคโนโลยีที่พัฒนาว่า IoT gateway มีลักษณะการทำงานคล้ายกับกล่อง ADSL อินเตอร์เน็ตที่บ้าน ที่กล่องนี้จะใช้สำหรับจัดการดูแลการเชื่อมต่อแบบไร้สายอุปกรณ์ภายในบ้าน ซึ่งกล่องนี้จะสามารถเชื่อมกับ ADSL ปกติหรือตัวรับสัญญาณจากอุปกรณ์สวมใส่ ในที่นี้ คือ Apple TV การทำงานของ IoT gateway มีมาตรฐานการสื่อสารกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ดังนี้

1. อุปกรณ์ไฟฟ้าส่งสัญญาณขอเข้าร่วมในเครือข่ายบ้านมายัง gateway จากนั้น gateway จะทำการร้องขอ node descriptor (ถามว่าคืออุปกรณ์อะไร) และรายละเอียดอื่น ๆ เช่น (power, active endpoint) เป็นต้น
2. ในแต่ละ active endpoint จะมีการทำงานโดย gateway จะร้องขอ simple descriptor (Profile, Device type, Input/Output Cluster) อุปกรณ์จะตอบกลับตามที่ร้องขอเพื่อให้ gateway ทำการค้นหา device agent ที่เก็บไว้ว่าอุปกรณ์ชนิดนี้ตรงกับ device agent ไหนแล้วจากนั้นก็จะทำการโหลดข้อมูล
3. และ gateway ร้องขอ Configure reporting ในกรณีที่ต้องการฟังก์ชันการทำ attribute report binding

หน้าตา Smart Gateway ที่พร้อมติดตั้งสำหรับบ้านหรืออาคารขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 41 และรูปที่ 42

รูปที่ 41 Smart Gateway แบบพร้อมติดตั้ง ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต



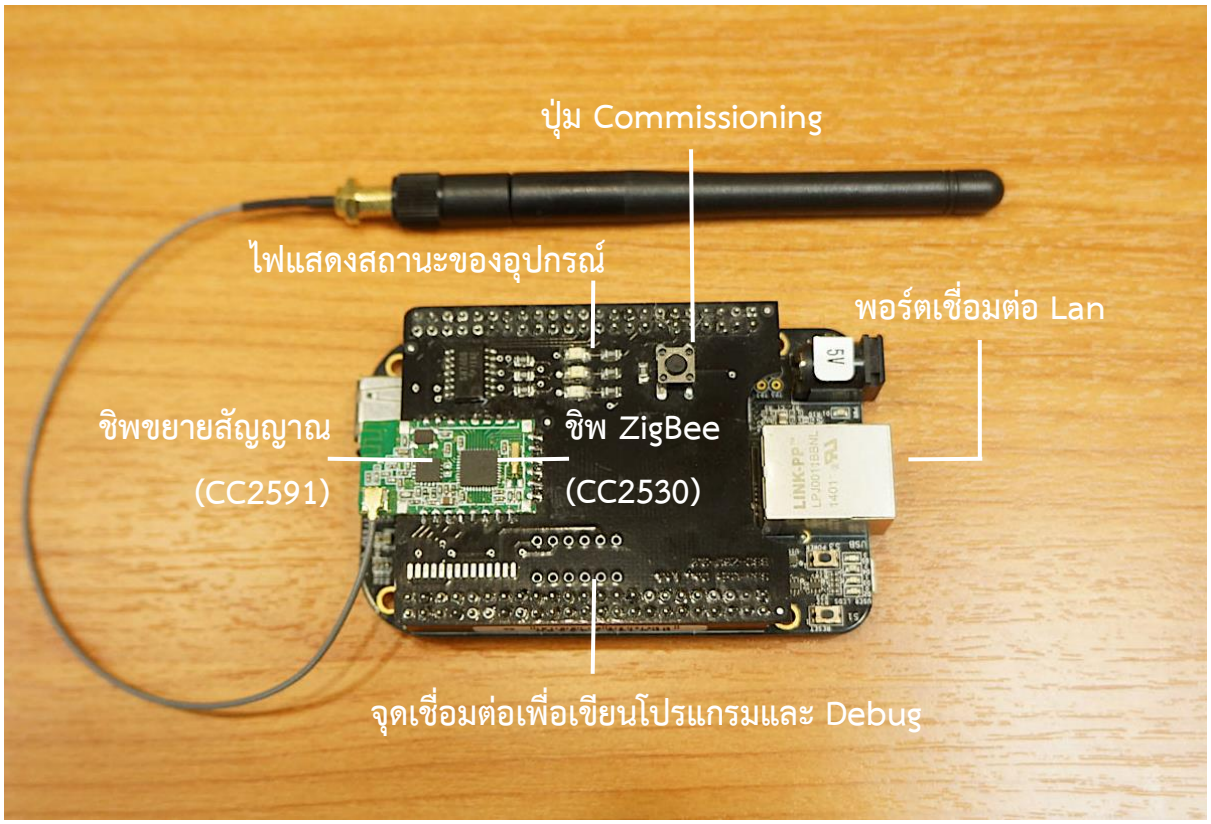

รูปที่ 42 Smart Gateway แบบพร้อมติดตั้ง ของบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

นอกจากนี้ Smart Gateway ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ไปยังเครื่องแม่ข่าย สำหรับส่งต่อข้อมูลการตรวจวัดจากเซนเซอร์ ไปเก็บบันทึกไว้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลเซนเซอร์ย้อนหลังได้ และในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ได้เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายภายในบ้าน จะยังคงสามารถส่งคำสั่งผ่านอินเทอร์เน็ต กลับมายัง Smart Gateway เพื่อควบคุม และตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้เช่นเดิม

สำหรับอุปกรณ์ Smart Gateway นั้น ยังเอื้อให้สามารถเพิ่มเติมขีดความสามารถได้ในอนาคต เช่น การเพิ่มเติมระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า Automation โดยระบบดังกล่าวจะทำการตัดสินใจควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้าน จากเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ระบบอ่านค่าได้จาก Sensor ยกตัวอย่างเช่น เมื่อระบบอ่านค่าแสงสว่างภายในบ้าน และพิจารณาค่าว่ามีความสว่างน้อยกว่าที่กำหนดไว้ ระบบจะตัดสินใจแบบอัตโนมัติ และทำการเปิดระบบแสงสว่างได้ด้วยตนเอง

Smart Gateway ประกอบด้วยบอร์ดประมวลผล ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายภายในบ้านทั้งระบบเครือข่ายสำหรับอุปกรณ์ Home Automation และระบบเครือข่ายภายในบ้านแบบมีสาย LAN โดยอุปกรณ์ Smart Gateway มีคุณสมบัติทางเทคนิคของอุปกรณ์ประกอบตามข้อมูลด้านล่างนี้

**คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ดประมวลผล BeagleBone Black**



รูปที่ 43 BeagleBone Black

| | |
|---|---|
| Processor | AM335x 1GHz ARM Cortex-A8 |
| RAM | 512 MB DDR3 |
| Internal Storage | 4GB eMMC On-board Flash Storage |
| External Storage | microSD |
| USB | 1 USB Type-A Host, 1 miniUSB Client |
| Network | Ethernet 10/100 RJ45<br>ZigBee 802.15.4 via Expansion Board |
| Power | 5VDC 500 mA Max. |
| OS | Arch Linux |

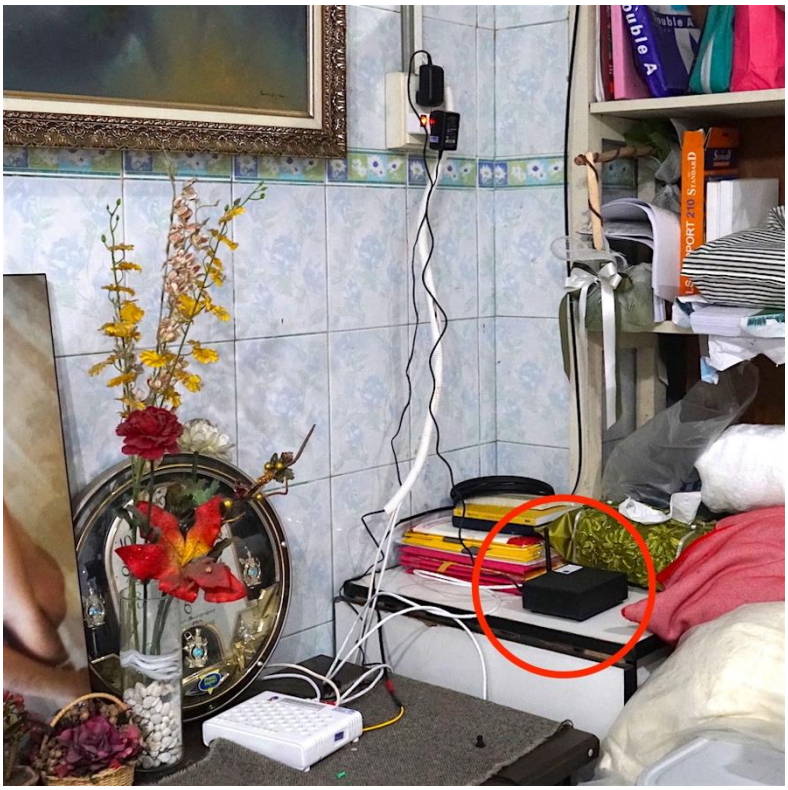
**ระบบซอฟต์แวร์ สำหรับ Smart Gateway**

ระบบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาสำหรับ Smart Gateway แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เฟิร์มแวร์ที่ทำงานอยู่บน ZigBee Module (ชิป CC2530 ที่ติดตั้งบน Expansion Board) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างเครือข่าย Home Automation กับซอฟต์แวร์ส่วนประมวลผล โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาดังนี้
    - ชุดพัฒนา CC2530DK ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือสำหรับการติดตั้ง และ debug เฟิร์มแวร์สำหรับชิป CC2530
    - Z-Stack ซึ่งเป็น ZigBee Stack ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Texas Instruments เพื่อให้ชิป CC2530 สามารถสื่อสารด้วยโพรโทคอล ZigBee ได้
    - IAR Embedded Workbench for 8051 เป็น IDE และชุด Compiler สำหรับพัฒนาเฟิร์มแวร์ โดยใช้ภาษา C
2. ซอฟต์แวร์ส่วนประมวลผล ทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Linux บนบอร์ด BeagleBone Black ทำหน้าที่ประมวลผลและแลกเปลี่ยนข้อมูล ระหว่างเครือข่าย Home Automation และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต พัฒนาด้วยภาษา JavaScript (Node.js) โดยมี Library ที่เกี่ยวข้องดังนี้
    - BoneScript ทำหน้าที่ติดต่อกับ I/O ของ BeagleBone Black

- Express ทำหน้าที่ให้บริการ Web Service
- Socket.IO ทำหน้าที่ให้บริการ Real-time Protocol
- Serial port ทำหน้าที่ติดต่อกับชิป CC2530 บน Expansion Board
- SQLite ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของอุปกรณ์ภายในระบบเครือข่าย Home Automation
- mDNS ทำหน้าที่จัดการระบบ Service Discovery

ทีมงานวิจัยได้ดำเนินการติดตั้ง Smart Gateway ตรงบริเวณส่วนกลางของบ้านคุณแม่อมรพรรณชั้น 1 ดังรูปที่ 44 จำนวน 1 ตัว และติดตั้งที่บ้านคุณหมอกนกพรรณชั้น 2 ดังรูปที่ 45 จำนวน 1 ตัว



รูปที่ 44 จุดติดตั้ง Smart Gateway ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 45 จุดติดตั้ง Smart Gateway ของบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

## 9.3 การติดตั้งอุปกรณ์ Home Automation

**อุปกรณ์ Home Automation**

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยตัวตรวจวัด (Sensor) หรือวงจรควบคุม (Actuator) ที่ทำงานร่วมกับหน่วยประมวลผล และส่วนการสื่อสารแบบไร้สาย เพื่อส่งข้อมูลที่อ่านได้จากตัวตรวจวัดชนิดต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจจับควัน กลับมาแสดงผล หรือส่งคำสั่งควบคุมต่าง ๆ จากผู้ใช้ ไปยังอุปกรณ์ควบคุม เช่น อุปกรณ์ควบคุมการเปิดและปิด หลอดไฟส่องสว่าง ซึ่งส่วนของหน่วยประมวลผล พัฒนาขึ้นโดยใช้System-on-Chip (SoC) รุ่น CC2530 ทำงานร่วมกับ RF Frontend CC2591 เพื่อใช้ในการขยายกำลังส่ง และเพิ่มความไวในการรับสัญญาณ ทำให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น และมีความเสถียรมากขึ้น โดยชิปทั้งสองตัว เป็นของบริษัท Texas Instruments

**คุณสมบัติทางเทคนิคของ CC2530 SoC**

| | |
|---|---|
| Microcontroller | Low-Power 8051 MCU Core with Code Prefetch |
| Flash Memory | 256 KB In-System-Programmable Flash |
| RAM | 8 KB SRAM |
| Transceiver | 2.4 GHz IEEE 802.15.4 Compliant |

| | |
|---|---|
| Transmit Power | 4.5 dBm |
| Receiver Sensitivity | -97 dBm |
| DMA | 5 Channels |
| Timers | One 16-bit, Two 8-bit, Watchdog |
| Sensors | Battery Monitor, Temperature |
| ADC | 12-bit 8 Channels |
| Coprocessor | AES Security |
| Serial | Two USARTs |
| GPIO | 21 GPIO |
| Active Mode Power | Rx (CPU Idle) = 24 mA<br>Tx at 1 dBm (CPU Idle) = 29 mA |
| Power Mode 1 | 4 µS Wake-Up = 0.2 mA |
| Power Mode 2 | Sleep Timer Running = 1 µA |
| Power Mode 3 | External Interrupts = 0.4 µA |

**คุณสมบัติทางเทคนิคของ CC2591 RF Frontend**

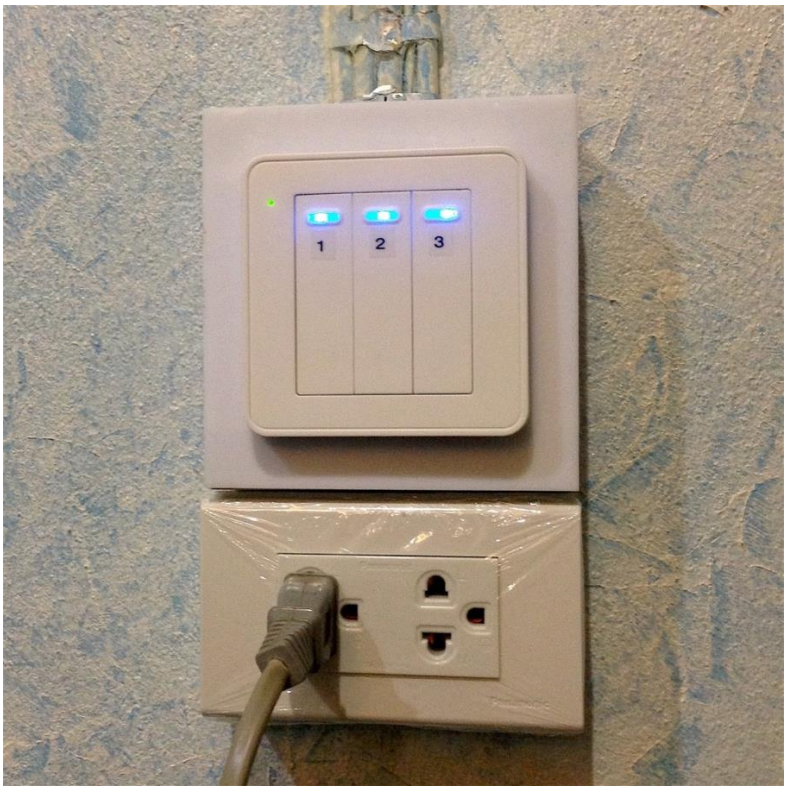
| | |
|---|---|
| Receive Sensitivity (High-gain Mode) | -98.8 dBm |
| Receive Sensitivity (Low-gain Mode) | -90.4 dBm |
| Transmit Power | 10 – 20 dBm |
| Receive Current | 24 – 27 mA |
| Transmit Current | 79 – 166 mA |

จากตารางคุณสมบัติทางเทคนิคข้างต้น จะเห็นว่าอุปกรณ์ทั้งสองมีการใช้พลังงานที่ต่ำ ระยะการสื่อสารเพียงพอต่อการใช้งานภายในบ้าน อีกทั้งยังมีส่วนประมวลผลภายใน Chip Package เดียวกัน ทำให้การพัฒนาระบบลดความซับซ้อน ส่งผลให้ลดความผิดพลาดลง นอกจากนี้ยังมี GPIO และวงจา ADC เพียงพอต่อกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก และสะดวกในการอ่านค่าจาก Sensor ชนิด Analog โดยอุปกรณ์ยังมีขนาดเล็ก สามารถออกแบบให้กลมกลืนกับบ้าน เหมาะสมกับการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ Home Automation

**การติดตั้งสวิตช์**

ทางทีมงานจำเป็นต้องติดตั้งสวิตช์ชุดใหม่แทนสวิตช์ชุดเดิม เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากทุกที่ทุกเวลาที่มีอินเตอร์เน็ตเข้าถึง

โดยในส่วนของบ้านคุณแม่อมรพรรณได้ดำเนินการติดตั้ง ไปจำนวน 2 จุด จุดแรก คือ สวิตช์บริเวณประตูห้องเลี้ยงแมว ชั้น 2 ปรากฏดังรูปที่ 46 และจุดที่สอง คือ สวิตช์บริเวณราวผ้าม่านห้องนอน ชั้น 2 ปรากฏดัง รูปที่ 47




รูปที่ 46 สวิตช์ที่ติดตั้งใหม่ บริเวณห้องเลี้ยงแมวชั้น 2 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 47 สวิตช์ที่ติดตั้งใหม่ บริเวณห้องนอนชั้น 2 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

ส่วนของบ้านคุณหมอกนกพรรณ ได้ดำเนินการติดตั้งสวิตช์ใหม่จำนวน 2 จุดด้วยกัน คือ บริเวณบันได และบริเวณโถงชั้น 2 ดังรูปที่ 48 และรูปที่ 49 ตามลำดับ

รูปที่ 48 สวิตช์ที่ติดตั้งใหม่ บริเวณบันได ของบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

รูปที่ 49 สวิตช์ที่ติดตั้งใหม่ บริเวณโถงชั้น 2 ของบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

**การติดตั้งเซนเซอร์**

เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและเพื่อการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ในส่วนของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จึงได้ดำเนินการติดตั้ง Light Motion Sensor จำนวน 4 จุด ตรงบริเวณทางเดินชั้น 2 ดังรูปที่ 50 และบริเวณบันไดดังรูปที่ 51 หลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดนี้ คือ ไฟจะสว่างขึ้นมาเมื่อมีคนเดินผ่านบวกกับแสงสว่างไม่เพียงพอ และติดตั้ง Smoke Detector อีกจำนวน 2 จุด ตรงบริเวณชั้นวางขายผ้าด้านหน้าชั้น 1 ดังรูปที่ 52 และบริเวณใต้บันไดชั้น 1 ดังรูปที่ 53 ซึ่งจะส่งเสียงดังเตือนเมื่อมีควันไฟเกิดขึ้นบริเวณนั้น

รูปที่ 50 Light Motion Sensor บริเวณทางเดินชั้น 2 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 51 Light Motion Sensor บริเวณบันได ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 52 Smoke Detector บริเวณชั้นวางขายผ้าชั้น 1 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 53 Smoke Detector บริเวณใต้บันไดชั้น 1 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 54 และรูปที่ 55 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในบ้านคุณแม่อมรพรรณ เพื่อไว้ใช้งานกรณีที่ต้องการตรวจจับผู้บุกรุก เช่น เวลาที่ไม่อยู่บ้าน เวลาผู้สูงอายุทำกิจกรรมชั้นล่าง เวลาที่เข้านอนแล้ว เป็นต้น เมื่อมีความเคลื่อนไหวในระยะการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับนี้ ไฟจะเปิดอัตโนมัติ พร้อมกับมีการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องโดยทันที

รูปที่ 54 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว บริเวณทางเดินชั้น 2 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

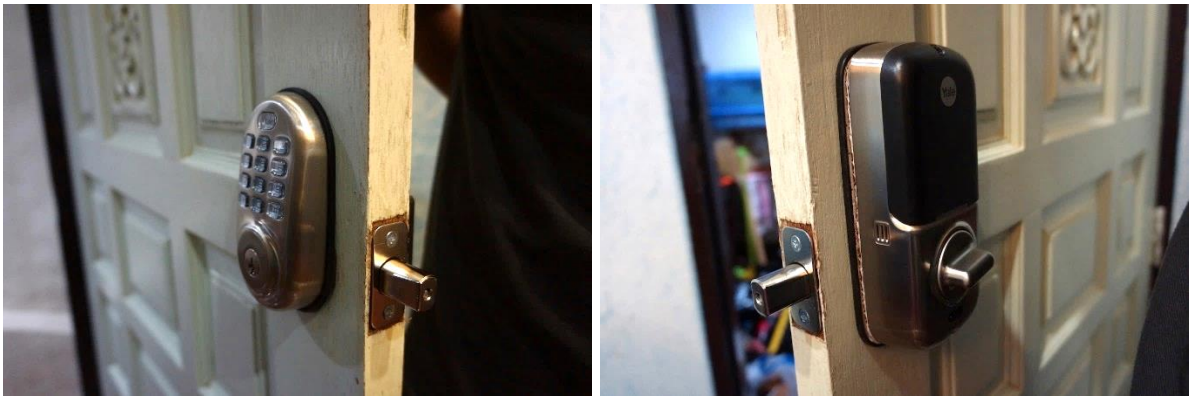
รูปที่ 55 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว บริเวณทางเดินชั้น 2 ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

ในส่วนของบ้านคุณหมอกนกพรรณ ก็ได้ดำเนินการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและระดับแสงสว่าง ซึ่งจะคอยดูว่าหากแสงสว่างน้อยเกินไปบวกกับมีคนเดินผ่านเข้ามาในบริเวณที่ตั้งค่าไว้ จะทำการสั่งเปิดไฟแบบอัตโนมัติ โดยได้ดำเนินการติดตั้งไปจำนวน 2 จุด คือ ตรงบริเวณทางเดินขึ้นบันไดชั้น 1 ดังรูปที่ 56 และบริเวณโถงชั้น 2 ดังรูปที่ 57 ซึ่งเป็นบริเวณหน้าห้องนอนของผู้สูงอายุในบ้าน การนำเซนเซอร์ดังกล่าวเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้สูงอายุในขณะที่กำลังเดินขึ้นลงบันได หรือตอนที่เดินออกมาจากห้องนอน ช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุให้ลดลง

รูปที่ 56 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและระดับแสงสว่าง ภายในบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

รูปที่ 57 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและระดับแสงสว่าง ภายในบ้านคุณหมอกนกพรรณ จังหวัดสงขลา

**การติดตั้ง Digital Door Lock**



รูปที่ 58 ติดตั้ง Digital Door Lock ประตูห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

รูปที่ 59 ติดตั้ง Digital Door Lock ประตูห้องแมว ของบ้านคุณแม่อมรพรรณ จังหวัดภูเก็ต

จากรูปที่ 58 และรูปที่ 59 แสดงการติดตั้ง Digital Door Lock ซึ่งเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเข้ากับระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน โดยเจ้าของบ้านสามารถสั่งล๊อคหรือปลดล็อคประตูได้ผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือหรือ Smart Watch หรือจะสั่งผ่านการใช้งาน Siri ก็ได้ด้วยเช่นกัน ตัว Digital Door Lock นี้ สามารถทำร่วมกับตัวอุปกรณ์อื่นๆ โดยในครั้งนี้ได้ทำให้มีการทำงานนร่วมกับปุ่มกดขอความช่วยเหลือ โดยเมื่อผู้สูงอายุมีการกดขอความช่วยเหลือ ประตูบานนี้จะปลอดล๊อคอัตโนมัติ พร้อมกับทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลผู้สูงอายุทันที

# 10. การนำระบบการจัดการอื่น ๆ เข้ามาช่วยดูแลผู้สูงอายุ

เนื่องจากผู้สูงอายุ เป็นวัยที่มักพบเจอปัญหาสุขภาพและโรคภัยต่าง ๆ จึงหลีกเลี่ยงการรับประทานยาวันละหลายเวลาแทบจะไม่ได้ อีกทั้งยังเจอกับปัญหาเรื่องการหลงลืมสิ่งของหลายอย่าง เช่น จำไม่ได้ว่าเคยวางกุญแจบ้านไว้ตรงส่วนไหนของบ้าน เป็นต้น บางเวลาต้องเผชิญกับเหตุการณ์ฉุกเฉินซึ่งต้องการขอความช่วยเหลือโดยด่วนจากผู้ดูแลหรือลูกหลานโดยตรง ปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งที่ทางบ้านของคุณหมอกนกพรรณต้องพบเจออยู่เป็นประจำ

ทีมวิจัยจึงได้นำเอาระบบการจัดการอื่น ๆ ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลผู้สูงอายุให้มากขึ้น ช่วยลดปัญหาดังกล่าวมาข้างต้นให้น้อยลงไปยิ่งกว่าเดิม เบื้องต้นจึงได้นำระบบจัดการการรับประทานยา โดยเตือนให้รับประทานยาตรงเวลา พร้อมแจ้งเตือนผู้ดูแลหรือลูกหลานได้ว่ารับประทานยาถูกต้องตามเวลาที่ตั้งไว้หรือไม่ นอกจากนั้นยังได้นำอุปกรณ์สำหรับค้นหาสิ่งของภายในบ้าน เช่น กุญแจบ้าน เป็นต้น ที่บางครั้งผู้สูงอายุอาจตั้งลืมไว้และจำตำแหน่งไม่ได้ เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกอีกเรื่องหนึ่ง ส่วนในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ผู้สูงอายุต้องการร้องขอความช่วยเหลือ ก็มีเลือกใช้อุปกรณ์กดปุ่มขอความช่วยเหลือที่เหมาะสมและสะดวกต่อการพกพาของผู้สูงอายุมากยิ่งขึ้น โดยรายละเอียดของระบบจัดการแต่ละอย่าง มีดังต่อไปนี้

**ระบบจัดการการรับประทานยา**

ระบบจัดการการรับประทานยา ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ดูแลผู้สูงอายุในการจัดยาให้เป็นกลุ่มพร้อมรับประทานในแต่ละครั้ง อีกทั้งยังมีอุปกรณ์ที่สามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลว่ายาที่จัดไว้ในครั้งนั้นถูกรับประทานไปแล้วหรือไม่ หรือเมื่อมีการรับประทานยาที่ผิดกลุ่มหรือมีการก่อนหรือหลังเวลาที่ตั้งค่าไว้ก็สามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลได้เช่นกัน โดยสามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่านทางแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนหรือทางอีเมล

วิธีการตรวจสอบว่าผู้สูงอายุได้กินยาไปแล้วหรือไม่นั้น คือ การนำถ้วยยาที่จัดใส่ยาแต่ละครั้งไว้แล้วไปสแกนหรือแตะบนเครื่องอ่าน การสแกนนี้จะทำให้ระบบสามารถทราบได้ว่าผู้สูงอายุรับประทานยาที่ตั้งโปรแกรมไว้ถูกต้องตามวันเวลาที่ตั้งค่าไว้หรือไม่ ตัวเครื่องอ่านสามารถเตือนเสียงดัง ๆ เพื่อบอกว่าได้เวลารับประทานยาแล้วได้ ทำให้ไม่พลาดการรับประทานที่ถูกต้องในแต่ละครั้ง และยังมีฟีเจอร์เพิ่มเติมคือการสแกนกล่องที่บ่งบอกถึงความรู้สึก ณ ขณะนั้น ได้ เช่น เมื่อรู้สึกดี รู้สึกแย่มาก เป็นต้น โดยในกรณีของบ้านคุณหมอกนกพรรณ จะมีคนดูแลผู้สูงอายุอยู่ตลอด ในเบื้องต้นจึงสามารถค่อย ๆ สอนให้ผู้สูงอายุเรียนรู้การหยิบยา

การสแกนถ้วยยา และการสแกนเพื่อบ่งบอกอารมณ์ แต่หากผู้สูงอายุมีปัญหาเรื่องความจำ ชอบหลงลืมอยู่บ่อย ก็จะให้ผู้ดูแลซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ด้วยตลอด คอยทำหน้าที่แทนให้ เพื่อให้ลูกหลานหรือญาติ ๆ ที่ต้องออกไปทำงานอุ่นใจมากขึ้นและสามารถตรวจสอบหรือติดตามการรับประทานยาได้ในทุกที่ทุกเวลา

รูปที่ 60 ระบบจัดการการรับประทานยา

จากรูปที่ 61 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการจัดยาเป็นกลุ่มให้พร้อมรับประทานในแต่ละครั้ง รวมถึงการแนะนำผู้สูงอายุว่าควรหยิบยามารับประทานอย่างไร โดยเบื้องต้นได้จัดกลุ่มยาที่ต้องรับประทานในแต่ละครั้งต่อรายสัปดาห์

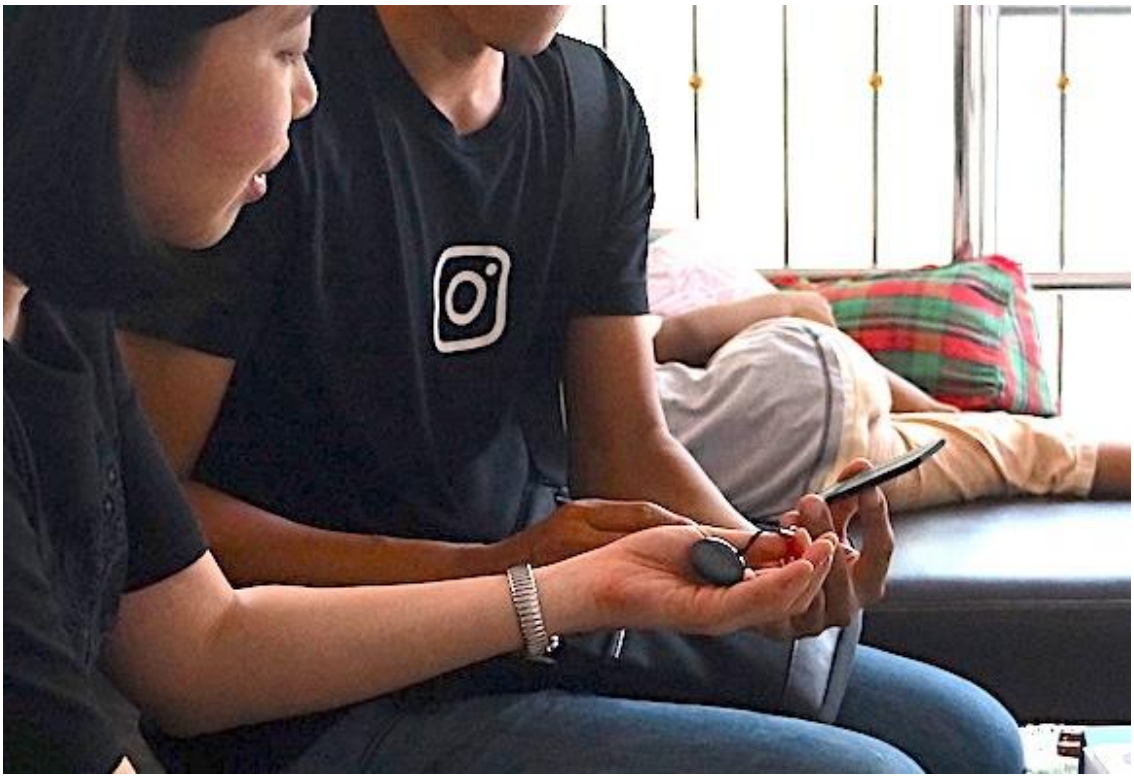
รูปที่ 61 ระบบจัดการการรับประทานยา

จากรูปที่ 61 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการสแกนถ้วยยาหรือตัวบ่งบอกความรู้สึกบนเครื่องอ่านของระบบ ซึ่งเมื่อมีการสแกนอุปกรณ์เหล่านั้นเมื่อไรก็จะมีการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลทันที

**ระบบค้นหาสิ่งของ**

ระบบค้นหาสิ่งของต่าง ๆ ภายในบ้าน โดยในกรณีของบ้านคุณหมอกนกพรรณ ผู้สูงอายุจะชอบลืมกุญแจไว้ตามที่ต่าง ๆ ทั้งภายในบ้านและรอบบริเวณบ้าน จึงได้นำอุปกรณ์สำหรับค้นหาสิ่งของเหล่านั้นเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกให้ค้นหาได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

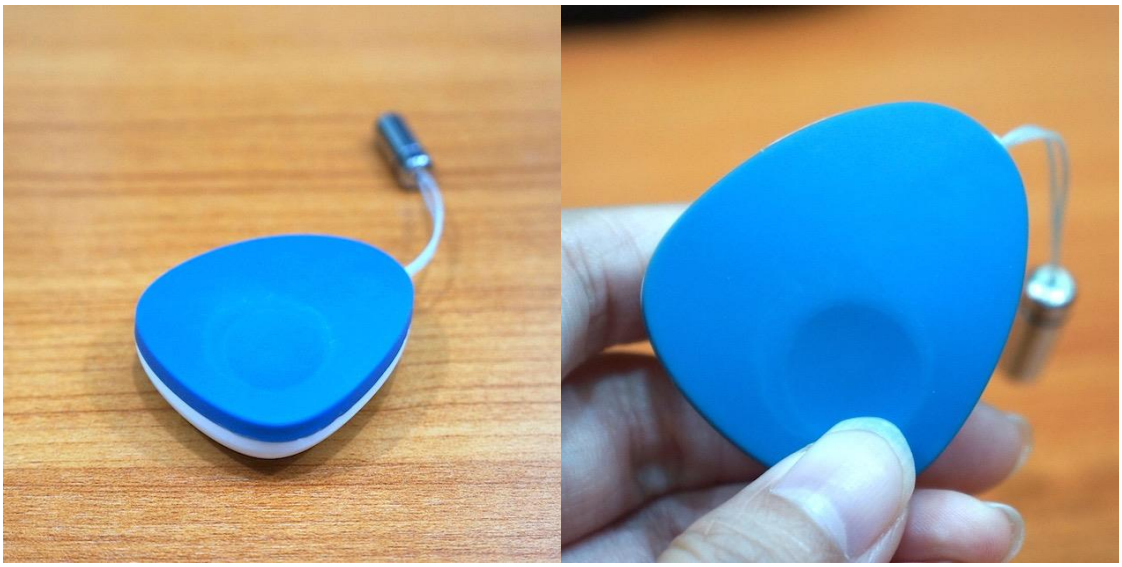
จากรูปที่ 62 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ติดตาม (Tag) และรีโมทสำหรับค้นหาสิ่งของต่าง ๆ สิ่งแรกที่ต้องทำก่อนการใช้งานอุปกรณ์ชุดนี้ คือ ผู้ดูแลจะต้องนำ Tag ไปแขวนไว้ร่วมกับสิ่งของที่หายบ่อย ๆ เช่น กุญแจบ้าน เป็นต้น เมื่อต้องการค้นหาสิ่งของนั้น ๆ ให้เปิดใช้งานรีโมท จากนั้นกดปุ่มสำหรับค้นหา Tag ที่แขวนไว้กับสิ่งของนั้น รีโมทจะส่งสัญญาณดังขึ้นหากเดินไปในทิศทางที่ถูกต้อง และจะดังมากยิ่งขึ้นเมื่อเข้าใกล้ตัว Tag ทำให้สามารถหาสิ่งของต่าง ๆ ได้รวดเร็วมายิ่งขึ้น



รูปที่ 62 ระบบค้นหาสิ่งของ

**ปุ่มกดขอความช่วยเหลือแบบสะดวกต่อการพกพา**

เนื่องจากในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุอาจเจอกับเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น หกล้ม หน้ามืด หายใจติดขัด เป็นต้น ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้ทำให้ผู้สูงอายุมีความจำเป็นต้องร้องขอความช่วยเหลือมายังผู้ดูแล ปุ่มกดฉุกเฉินจึงสามารถเข้ามาอำนวยความสะดวกในการร้องขอความช่วยเหลือได้มากยิ่งขึ้นกว่าเดิม โดยทีมวิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบา พกพาติดตัวผู้สูงอายุได้สะดวก ลักษณะของอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นดังรูปที่ 63 โดยผู้ดูแลอาจจัดสรรให้คล้องไว้กับสร้อยคอหรือสร้อยคอมือตามแต่สะดวก โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินกับผู้สูงอายุในขณะที่ท่านยังมีสติและต้องการขอความช่วยเหลือ เพียงแค่กดปุ่มขอความช่วยเหลือ จะมีการส่งข้อมูลไปยังตัว Smart Gateway เพื่อนำข้อมูลฉุกเฉินดังกล่าวไปแจ้งเตือนยังผู้ดูแลผู้สูงอายุในทันที โดยสามารถเลือกใช้ช่องทางการแจ้งเตือนได้ โดยในเบื้องต้นได้ทำการแจ้งเตือนไปยังกลุ่ม Line ของลูกหลานที่ทำหน้าที่ดูแลผู้สูงอายุ ซึ่งตัวอย่างการแจ้งเตือนนี้สามารถย้อนหลับไปดูได้ในหัวข้อที่ 5 เรื่อง การเรียกดูสถานะ การควบคุมอุปกรณ์และการแจ้งเตือน



รูปที่ 63 ปุ่มกดขอความช่วยเหลือแบบสะดวกต่อการพกพา

# 11. โครงสร้างการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์แต่ละประเภท

อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแต่ละประเภทจะมีวิธีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของประเภทอุปกรณ์นั้น ๆ ว่าสามารถปรับการตั้งค่าอะไรได้บ้าง โครงสร้างการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์แต่ละประเภท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 11.1 โครงสร้างโดยรวมของข้อมูล

```
{
    ${GatewayId} : {
        "gateway" : GatewayObject,

        "devices" : {
            ${DeviceId} : DeviceObject,
            ...
        }
    },
    ...
}
```

การเก็บข้อมูลจากโครงสร้างการเก็บข้อมูลด้านบนนี้ แสดงการเก็บข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย Gateway และ Devices ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับ GatewayId ที่ระบุ โดยโครงสร้างของ GatewayObject และ DeviceObject จะแสดงดังหัวข้อถัดจากนี้

## 11.2 อุปกรณ์ประเภท Gateway (GatewayObject)

อุปกรณ์ประเภท Gateway มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **description** | String | คำอธิบายประกอบ |
| **id** | String | รหัสของ Gateway |
| **ieeeAddress** | String | หมายเลข MAC |
| **name** | String | ชื่อของ Gateway |
| **networkAddress** | Number | หมายเลขประจำอุปกรณ์ในเครือข่าย |

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **operatingChannel** | Number | ช่องความถี่ที่ใช้งาน |
| **operatingExtededPanId** | String | หมายเลขเครือข่ายที่ใช้งานอยู่แบบ 64 bit |
| **operatingPanId** | Number | หมายเลขเครือข่ายที่ใช้งานอยู่แบบ 16 bit |
| **permitBroadcast** | Boolean | ให้ Broadcast ขณะอนุญาตให้เข้าร่วมหรือไม่ |
| **permitDuration** | Number | ระยะเวลาที่จะอนุญาตให้เข้าร่วม |
| **permitJoining** | Boolean | อนุญาตให้เข้าร่วมเครือข่ายหรือไม่ |
| **state** | Number | สถานะของตัว Gateway |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
GatewayObject: {
    "description" : String
    "id" : String
    "ieeeAddress" : String
    "name" : String
    "networkAddress" : Number,
    "operatingChannel" : Number,
    "operatingExtendedPanId" : String
    "operatingPanId" : Number,
    "permitBroadcast" : Boolean,
    "permitDuration" : Number,
    "permitJoining" : Boolean,
    "state" : Number
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
GatewayObject: {
    "description" : "",
    "id" : "00:12:4B:00:02:3A:09:FD",
    "ieeeAddress" : "00:12:4B:00:02:3A:09:FD",
    "name" : "new gateway",
    "networkAddress" : 0,
    "operatingChannel" : 20,
    "operatingExtendedPanId" : "39:87:C3:7A:51:32:3B:0D",
    "operatingPanId" : 39617,
    "permitBroadcast" : false,
    "permitDuration" : 60,
    "permitJoining" : false,
    "state" : 9
}
```

**อุปกรณ์ประเภท Device) DeviceObject(**

มีลักษณะการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| deviceId | String | หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์ |
| deviceType | String | ชนิดอุปกรณ์ |
| description | String | รายละเอียดอุปกรณ์ |
| ieeeAddress | String | หมายเลข MAC |
| epId | String | หมายเลข endpoint |
| manufacturer | String | บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ |
| model | String | รุ่นอุปกรณ์ |
| name | String | ชื่ออุปกรณ์ |
| networkAddress | Number | หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์ในเครือข่าย |
| powerSource | String | แหล่งจ่ายพลังงาน |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
DeviceObject:  {
    "deviceType" : String,
    "description" : String,
    "ieeeAddress" : String,
    "epId" : String,
    "manufacturer" : String,
    "model" : String,
    "name" : String,
    "networkAddress" : Number,
    "powerSource" : String,
    "capabilities" : CapabilitiesObjectByType,
    "settings" : SettingsObjectByType,
    "status" : StatusObjectByType
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
DeviceObject:  {
    "description" : "ประตูหน้า",
    "deviceType" : "DoorLock",
    "epId" : "1",
    "ieeeAddress" : "00:12:4B:00:01:CE:36:32",
    "isNew" : false,
    "manufacturer" : "Sparkbit",
    "model" : "UX0001          ",
    "name" : "Front Door",
    "networkAddress" : 4819,
    "powerSource" : "Mains1P",
    "capabilities" : CapabilitiesObjectByType,
    "settings" : SettingsObjectByType,
    "status" : StatusObjectByType
}
```

## 11.3 อุปกรณ์ประเภท OnOffSwitch Device

อุปกรณ์ประเภท OnOffSwitch มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **capabilities** | Object | |

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| - **alarms** | Boolean | มีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น |
| - **batteryReportingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานสถานะของแบตเตอรี่ได้ |
| - **batteryVoltage** | Boolean | สามารถแสดงแรงดันแบตเตอรี่ได้ |
| - **configurable** | Boolean | สามารถเปลี่ยนรูปแบบการทำงานได้ |
| - **groupSupported** | Boolean | รองรับการจัดกลุ่มอุปกรณ์ |
| - **onOffCommandReceivingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานสถานะการเปิด/ปิดได้ |
| - **sceneSupported** | Boolean | รองรับการสร้าง Scene |
| **Events** | Object | |
| - **turnoff** | Object | คำสั่งปิด |
| - **_timpStamp** | String | เวลาล่าสุดของคำสั่งปิด |
| - **turnOn** | Object | คำสั่งเปิด |
| - **_timpStamp** | String | เวลาล่าสุดของคำสั่งเปิด |
| **settings** | Object | |
| - **identifyDuration** | Number | ระยะเวลาการระบุตัวตน |
| - **status** | Object | |
| - **_batteryVoltage** | Number | แรงดันแบตเตอรี่ |
| - **_reachable** | Boolean | อุปกรณ์ยังเข้าถึงได้ในระบบ |
| - **identify** | Boolean | ระบุตัวตนของอุปกรณ์ |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
OnOffSwitchCapabilitiesObject:  {
    "alarms" : Boolean,
    "batteryReportingConfigured" : Boolean,
    "batteryVoltage" : Boolean,
    "configurable" : Boolean,
    "groupSupported" : Boolean,
    "onOffCommandReceivingConfigured" : Boolean,
    "sceneSupported" : Boolean
}

OnOffSwitchEventsObject {
    "turnOff" : {
      "_timeStamp" : String
    },
    "turnOn" : {
      "_timeStamp" : String
    }
}

OnOffSwitchSettingsObject : {
    "identifyDuration" : Number
}

OnOffSwitchStatusObject : {
    "_batteryVoltage" : Number,
    "_reachable" : Boolean,
    "identify" : Boolean
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
OnOffSwitchCapabilitiesObject:  {
    "alarms" : false,
    "batteryReportingConfigured" : true,
    "batteryVoltage" : true,
    "configurable" : false,
    "groupSupported" : false,
    "onOffCommandReceivingConfigured" : true,
    "sceneSupported" : false
}

OnOffSwitchEventsObject {
    "turnOff" : {
      "_timeStamp" : "2016-12-01T05:33:16.427Z"
    },
    "turnOn" : {
      "_timeStamp" : "2016-12-01T05:32:46.417Z"
    }
}

OnOffSwitchSettingsObject : {
    "identifyDuration" : 30
}

OnOffSwitchStatusObject : {
    "_batteryVoltage" : 0,
    "_reachable" : false,
    "identify" : false
}
```

## 11.4 อุปกรณ์ประเภท MainPowerOutlet

อุปกรณ์ประเภท MainPowerOutlet มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| Capabilities | Object | |
| - energyMeter | Boolean | รองรับการวัดค่าพลังงาน |
| - energyReportingConfigured | Boolean | สามารถรายงานค่าพลังงานได้ |
| - groupSupported | Boolean | รองรับการจัดกลุ่มอุปกรณ์ |
| - onOffReportingConfigured | Boolean | สามารถรายงานสถานะเปิด/ปิด อุปกรณ์ได้ |

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| - **sceneSupported** | Boolean | สามารถรองรับการสร้าง Scene |
| **Settings** | Object | |
| - **identifyDuration** | Number | ระยะเวลาระบุตัวตน |
| **Status** | Object | |
| - **_current** | Number | กระแส |
| - **_energy** | Number | พลังงานที่ใช้ไป |
| - **_power** | Number | พลังงาน |
| - **_reachable** | Boolean | อุปกรณ์สามารถเข้าถึงได้ในเครือข่าย |
| - **_voltage** | Number | แรงดันไฟฟ้า |
| - **identify** | Boolean | ระบุตัวตนของอุปกรณ์ |
| - **isOn** | Boolean | สถานะเปิด/ปิด ของอุปกรณ์ |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
MainPowerOutletCapabilitiesObject:  {
    "energyMeter" : Boolean,
    "energyReportingConfigured" : Boolean,
    "groupSupported" : Boolean,
    "onOffReportingConfigured" : Boolean,
    "sceneSupported" : Boolean
}

MainPowerOutletSettingsObject : {
    "identifyDuration" : Number
}

MainPowerOutletStatusObject : {
    "_current" : Number,
    "_energy" : Number,
    "_power" : Number,
    "_reachable" : Boolean,
    "_voltage" : Number,
    "identify" : Boolean,
    "isOn" : Boolean
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
MainPowerOutletCapabilitiesObject:  {
    "energyMeter" : true,
    "energyReportingConfigured" : true,
    "groupSupported" : true,
    "onOffReportingConfigured" : true,
    "sceneSupported" : true
}

MainPowerOutletSettingsObject : {
    "identifyDuration" : 30
}

MainPowerOutletStatusObject : {
    "_current" : 0.731,
    "_energy" : 282.523,
    "_power" : 166,
    "_reachable" : true,
    "_voltage" : 229,
    "identify" : false,
    "isOn" : true
}
```

## 11.5 อุปกรณ์ประเภท ExtendedColorLight

อุปกรณ์ประเภท ExtendedColorLight มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **Capabilities** | Object | |
| - **colorLoop** | Boolean | สามารถใช้งานการวนสี |
| - **colorTemperature** | Boolean | สามารถตั้งค่าอุณหภูมิสี |
| - **colorXY** | Boolean | สามารถเลือกสีในโหมด CIE XY |
| - **enhancedHue** | Boolean | สามารถเลือกสีขั้นสูง |
| - **groupSupported** | Boolean | รองรับการจัดกลุ่มอุปกรณ์ |
| **Settings** | Object | |
| - **brightnessTransitionTime** | Number | ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับความสว่าง |

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| - **colorTemperatureTransitionTime** | Number | ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิสี |
| - **hueSaturationTransitionTime** | Number | ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสีและความเข้มสี |
| - **identifyDuration** | Number | ระยะเวลาระบุตัวตนของอุปกรณ์ |
| - **turnOffEffect** | String | รูปแบบการปิดไฟ |
| - **xyTransitionTime** | Number | ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสีแบบ CIE XY |
| **Status** | Object | |
| - **_colorMode** | String | โหมดการทำงานของอุปกรณ์ |
| - **_reachable** | Boolean | สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ในเครือข่าย |
| - **brightness** | Number | ความสว่าง |
| - **colorLoopActive** | Boolean | กำลังใช้งานการวนสี |
| - **colorLoopDirection** | String | ทิศทางของการวนสี |
| - **colorLoopTime** | Number | ระยะเวลาของการวนสีต่อรอบ |
| - **colorTemperature** | Number | อุณหภูมิสี |
| - **hue** | Number | สี |
| - **identify** | Boolean | ระบุตัวตนอุปกรณ์ |
| - **isOn** | Boolean | สถานะเปิด/ปิด ของอุปกรณ์ |
| - **saturation** | Number | ความเข้มสี |
| - **x** | Number | ค่าสี X ในโหมด CIE XY |
| - **y** | Number | ค่าสี Y ในโหมด CIE XY |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
ExtendedColorLightCapabilitiesObject:  {
    "colorLoop" : Boolean,
    "colorTemperature" : Boolean,
    "colorXY" : Boolean,
    "enhancedHue" : Boolean,
    "groupSupported" : Boolean,
    "hueAndSaturation" : Boolean,
    "maxColorTemp" : Number,
    "minColorTemp" : Number,
    "sceneSupported" : Boolean
}

ExtendedColorLightSettingsObject : {
    "brightnessTransitionTime" : Number,
    "colorTemperatureTransitionTime" : Number,
    "hueSaturationTransitionTime" : Number,
    "identifyDuration" : Number,
    "turnOffEffect" : String,
    "xyTransitionTime" : Number
}

ExtendedColorLightStatusObject : {
    "_colorMode" : String,
    "_reachable" : Boolean,
    "brightness" : Number,
    "colorLoopActive" : Boolean,
    "colorLoopDirection" : String,
    "colorLoopTime" : Number,
    "colorTemperature" : Number,
    "hue" : Number,
    "identify" : Boolean,
    "isOn" : Boolean,
    "saturation" : Number,
    "x" : Number,
    "y" : Number
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
ExtendedColorLightCapabilitiesObject:  {
    "colorLoop" : true,
    "colorTemperature" : true,
    "colorXY" : true,
    "enhancedHue" : true,
    "groupSupported" : true,
    "hueAndSaturation" : true,
    "maxColorTemp" : 6535,
    "minColorTemp" : 2000,
    "sceneSupported" : true
}

ExtendedColorLightSettingsObject : {
    "brightnessTransitionTime" : 10,
    "colorTemperatureTransitionTime" : 10,
    "hueSaturationTransitionTime" : 10,
    "identifyDuration" : 30,
    "turnOffEffect" : "none",
    "xyTransitionTime" : 10
}

ExtendedColorLightStatusObject : {
    "_colorMode" : "hue/sat",
    "_reachable" : false,
    "brightness" : 77,
    "colorLoopActive" : false,
    "colorLoopDirection" : "decrement hue",
    "colorLoopTime" : 25,
    "colorTemperature" : 4032,
    "hue" : 28407,
    "identify" : false,
    "isOn" : false,
    "saturation" : 0,
    "x" : 0.3804,
    "y" : 0.3768
}
```

## 11.6 อุปกรณ์ประเภท DoorLock

อุปกรณ์ประเภท DoorLock มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **Capabilities** | Object | |
| - **doorStatusReportingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานสถานะประตูได้ |
| - **groupSuported** | Boolean | สามารถจัดกลุ่มอุปกรณ์ได้ |
| - **lockType** | Number | ชนิดอุปกรณ์ล็อค |
| - **sceneSupported** | Boolean | สามารถสร้าง Scene ได้ |
| **settings** | Object | |
| - **identifyDuration** | Number | ระยะเวลาระบุตัวตนของอุปกรณ์ |
| **status** | Object | |
| - **_doorState** | Number | สถานะของประตู |
| - **_reachable** | Boolean | สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ในเครือข่าย |
| - **identify** | Boolean | ระบุตัวตนอุปกรณ์ |
| - **isLock** | Boolean | สถานะอุปกรณ์ล็อค |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
DoorLockCapabilitiesObject:  {
    "doorStatusReportingConfigured" : Boolean,
    "groupSupported" : Boolean,
    "lockType" : Number,
    "sceneSupported" : Boolean
}

DoorLockSettingsObject : {
    "identifyDuration" : Number
}

DoorLockStatusObject : {
    "_doorState" : Number,
    "_reachable" : Boolean,
    "identify" : Boolean,
    "isLock" : Boolean
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
DoorLockCapabilitiesObject:  {
    "doorStatusReportingConfigured" : true,
    "groupSupported" : true,
    "lockType" : 1,
    "sceneSupported" : true
}

DoorLockSettingsObject : {
    "identifyDuration" : 30
}

DoorLockStatusObject : {
    "_doorState" : 1,
    "_reachable" : true,
    "identify" : false,
    "isLock" : false
}
```

## 11.7 อุปกรณ์ประเภท TemperatureSensor

อุปกรณ์ประเภท TemperatureSensor มีการเก็บข้อมูลดังนี้

| ชื่อฟิลด์ | ชนิดข้อมูล | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| **Capabilities** | Object | |
| - **alarms** | Boolean | รองรับการแจ้งเตือน |
| - **alarmsConfigured** | Boolean | สามารถรายงานการแจ้งเตือนได้ |
| - **batteryReportingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานแบตเตอรี่ได้ |
| - **batteryVoltage** | Boolean | รองรับการแสดงแรงดันแบตเตอรี่ |
| - **groupSuported** | Boolean | รองรับการจัดกลุ่มอุปกรณ์ |
| - **relativeHumidity** | Boolean | รองรับการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ |
| - **rhReportingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานค่าความชื้นสัมพัทธ์ |
| - **sceneSupported** | Boolean | รองรับการสร้าง Scene |
| - **tempReportingConfigured** | Boolean | สามารถรายงานค่าอุณหภูมิได้ |
| **settings** | Object | |
| - **identifyDuration** | Number | ระยะเวลาระบุตัวตนของอุปกรณ์ |
| **status** | Object | |
| - **_temperature** | Number | อุณหภูมิ |
| - **_reachable** | Boolean | สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ในเครือข่าย |
| - **identify** | Boolean | ระบุตัวตนอุปกรณ์ |

โครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของ JSON

```
TemperatureSensorCapabilitiesObject:  {
    "alarms" : Boolean,
    "alarmsConfigured" : Boolean,
    "batteryReportingConfigured" : Boolean,
    "batteryVoltage" : Boolean,
    "groupSupported" : Boolean,
    "relativeHumidity" : Boolean,
    "rhReportingConfigured" : Boolean,
    "sceneSupported" : Boolean,
    "tempReportingConfigured" : Boolean
}

TemperatureSensorSettingsObject : {
    "identifyDuration" : Number
}

TemperatureSensorStatusObject : {
    "_temperature" : Number,
    "_reachable" : Boolean,
    "identify" : Boolean,
}
```

ตัวอย่างข้อมูล

```
TemperatureSensorCapabilitiesObject:  {
    "alarms" : true,
    "alarmsConfigured" : true,
    "batteryReportingConfigured" : true,
    "batteryVoltage" : true,
    "groupSupported" : false,
    "relativeHumidity" : true,
    "rhReportingConfigured" : true,
    "sceneSupported" : false,
    "tempReportingConfigured" : true
}

TemperatureSensorSettingsObject : {
    "identifyDuration" : 30
}

TemperatureSensorStatusObject : {
    "_reachable" : false,
    "_temperature" : 24.74,
    "identify" : false
}
```

# 12. สรุปภาพรวม

การนำเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้งานกับสรรพสิ่งทั้งหลาย การช่วยให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้านหรืออาคารขนาดเล็กสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งานระบบได้จากทุกสถานที่ที่มีอินเตอร์เน็ตได้ ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตามสถานะหรือสั่งงานควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้แบบทันทีทันใด ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการได้หลากหลายแอพพลิเคชั่น โดยในโครงการวิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การอำนวยความสะดวกแก่ผู้สูงอายุและผู้ดูแลเป็นหลัก

การออกแบบและพัฒนาเพื่อทำให้อุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ภายในบ้านของผู้สูงอายุ เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้ โดยผ่านการจัดการของ Smart Gateway ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายในบ้านและนำคำสั่งจากผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นมาควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน ทำให้ผู้ดูแลสามารถติดตามสถานะและรับรู้ความเคลื่อนไหวภายในบ้านได้ตลอดทุกที่ทุกเวลา โดยเฉพาะเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือเมื่อมีการร้องขอความช่วยเหลือจากผู้สูงอายุ ผู้ดูแลจะสามารถได้รับข้อความแจ้งเตือนในทันทีทันใด ทำให้สามารถเข้ามาช่วยเหลือผู้สูงอายุได้ทันเวลา

จากการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเดิมซึ่งไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ให้เป็นแบบใหม่ซึ่งได้ออกแบบและพัฒนาไปในโครงการนี้นั้น ทำให้ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถติดตามสถานะและควบคุมอุปกรณ์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงใหม่แล้วนี้ได้จากแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตได้จากทุกที่ทุกเวลาที่มีอินเตอร์เน็ตได้จริง เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ การกดร้องขอความช่วยเหลือสามารถได้รับการแจ้งเตือนอย่างถูกต้องไปยังกลุ่มผู้ดูแลที่ตั้งค่าไว้แล้วได้จริง ช่วยสร้างความอุ่นใจให้กับผู้ดูแลที่ต้องออกไปทำงานไม่สามารถอยู่ดูแลผู้สูงอายุได้มากยิ่งขึ้น

ส่วนของระบบการจัดการอื่น ๆ ที่ได้เลือกสรร ไม่ว่าจะเป็นระบบจัดการการับประทานยา การค้นหาสิ่งของที่มักทำหล่นหาย อุปกรณ์ปุ่มกดขอความช่วยเหลือ เป็นต้น เพื่อนำมาใช้งานร่วมกับระบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาในโครงการนี้ด้วยนั้น ได้เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกให้เพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสร้างความอุ่นใจและแบ่งเบาภาระของผู้ดูแลผู้สูงอายุได้จริง