ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ

Home Energy Management System (HEMS)

โดย

วุฒิไกร ตันมล

วุฒิชัย เตชธราดล

ศันสนีย วัฒนสงคราลไทย

ศิลพล ฉันประเสริฐศักดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ
Home Energy Management System (HEMS)

โดย

วุฒิไกร	ตันมล
วุฒิชัย	เดชธราดล
ศันสนะ	รัตนแสงสกุลไทย
ศัลยพล	ฉันประเสริฐศักดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

Home Energy Management System (HEMS)

Wuttichai Dethtaradon

Wuttikrai Tunmon

Sansana Rattanasaengsakulthai

Sanyapon Chanpasertsak

THIS PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

ปีการศึกษา 2556

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ
Home Energy Management System (HEMS)

โดย

นายวุฒิไกร	ตันมล
นายวุฒิชัย	เดชธราดล
นายศันสนะ	รัตนแสงสกุลไทย
นายศัลยพล	ฉันประเสริฐศักดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย

รองศาสตราจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ

ผู้จัดทำ

1. นายวุฒิไกร ตันมล
2. นายวุฒิชัย เดชธราดล
3. นายศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย
4. นายศัลยพล ฉันประเสริฐศักดิ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา)

ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอย่างอัจฉริยะ

นาย วุฒิไกร ตันมล
นาย วุฒิชัย เดชธราดล
นาย ศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย
นาย ศัลยพล ฉันประเสริฐศักดิ์
รศ.ดร. สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยใช้วิธีการจัดการพลังงานภายในบ้านเข้ามาช่วยในการจัดการ การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในที่พักอาศัยได้อย่างเหมาะสม จากการสร้างเครือข่ายทางคอมพิวเตอร์ขึ้นมา และการนำเทคโนโลยีซิกบีมาประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในที่พักอาศัย ในส่วนของการควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและ ในด้านของการรักษาความปลอดภัย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ อีกทั้งยังทำให้ที่พักอาศัยมีความทันสมัยและสามารถป้องการเกิดอุบัติเหตุหรือการบุกรุกที่จะเกิดขึ้นได้อีกด้วย

Home Energy Management System

Wuttikrai Tunmon
Wuttichai Dethtaradon
Sansana Rattanasaengsakulthai
Sanyapon Chanpasertsak
Assc.Prof. Dr. Surin Khomfoi Supervisor
Assc.Prof. Prapart Prisuwanna Supervisor
Year 2013

ABSTRACT

This research presents home energy management system by using Zigbee Pro network devices. The Zigbee coordinator communicating with the home devices and the home server which make its controllable everywhere via internet. The demand-side management method is applied to control home appliances for reducing unnecessary power consumption and using energy more efficiently. In addition, HEMS also improves your home security level and showing house modernity.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่องการจัดการพลังงานภายในบ้านสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เกิดจากการทำงานด้วยความวิริยะอุตสาหะ อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้าน วิชาการ เทคนิค เงิรทุน รวมถึงคำแนะนำต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ดังกล่าวโดยมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา และรองศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ คำฝอย ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานวิจัยนี้ ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านวิชาการ ดูแลเอาใจใส่ตลอดจนให้คำแนะนำในการดำเนินการทำงาน ทำให้โครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณฉันทกร จำศิลป์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือทางด้านการสั่งซื้ออุปกรณ์ และความช่วยเหลือในด้านของการทำฐานข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ของโครงงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ กระทรวงพลังงาน (EPPO) ที่ได้ให้เงินทุนวิจัยสนับสนุนของโครงงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปเป็นเงินทุนด้านอุปกรณ์ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 40,000 บาท

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy Application Laboratory :REAL) ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในในการทำโครงงานตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานวิจัย

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนส่งเสริมทางด้านการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีได้ในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

Abstract.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....3

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน.....3

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน.....3

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน.....4

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....6

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....7

2.1 บทนำ.....7

2.2 การบริหารการจัดการพลังงาน Demand-Side Management (DSM) 7

2.2.1 ความหมายของ Demand-Side Management (DSM) 7

2.2.2 วิธีการจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้า.....8

2.3 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee.....11

2.3.1 ความหมายและมาตรฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee.....11

2.3.2 คุณสมบัติของ Zigbee.....12

2.3.3 โครงสร้างของ Zigbee.....12

2.3.4 ประเภทของอุปกรณ์ Zigbee.....14

2.3.5 หลักการทำงานของ Zigbee.....15

2.3.6 การประยุกต์ใช้งาน Zigbee.....16

2.3.7 ค่า RSSI และ LQI ในการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee).....17

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 การเขียนเว็ปเบื้องต้น....18
2.4.1 หลักการออกแบบเว็บเพจ....18
2.4.2 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ....19
2.5 สรุป....22

บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง....23
3.1 บทนำ....23
3.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ได้มีการนำมาติดตั้ง....23
3.2.1 Z809A เต้ารับ....24
3.2.2 Z302A คอนแทกตรวจจับประตู....25
3.2.3 Z210 รีโมทอินฟราเรด....26
3.2.4 ZB02A&B สวิตช์สำหรับติดผนัง....27
3.2.5 Z815L ตัวปรับค่าความสว่าง....28
3.2.6 Z811 แมกเนติกแรงสูง....29
3.2.7 Z801TX รีเลย์แรงต่ำ....30
3.2.8 ZB01C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง....31
3.2.9 Z601A ตัวส่งสัญญาณเตือนภัย....32
3.2.10 Z202A เกทเวย์ รับสัญญาณ....33
3.2.11 Z817C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดาน....34
3.3 การวางอุปกรณ์ต่างๆลงตามตำแหน่งภายในตัวอาคารและการเชื่อมโยงเครือข่ายของอุปกรณ์....35
3.4 แผนการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Load) ภายในตัวอาคาร 37
3.4.1 เครื่องปรับอากาศ 3 เฟสติดตั้งบริเวณโต๊ะปฏิบัติงาน....37
3.4.2 เครื่องปรับอากาศ 1 เฟส จำนวน 2 เครื่อง ติดตั้งภายในห้องควบคุม....38
3.4.3 โทรทัศน์ ที่ติดตั้งหน้าห้องควบคุม....39
3.4.4 เต้ารับ....40
3.4.5 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณห้องเตรียมเครื่องดื่ม....41

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.6 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณทางเดินไปห้องสุขา....42
3.4.7 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณส่วนปฏิบัติงาน....43
3.4.8 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่ ห้องควบคุมและห้องอาจารย์....44
3.4.9 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน....45
3.4.10 พัดลม ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน....46
3.4.11 ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิภายในห้องควบคุม....47
3.4.12 ระบบแจ้งเตือนการปิดประตูไม่สนิท....48
3.4.13 ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก....49
3.4.14 หลอดไฟ ติดตั้งหน้าอาคาร....50
3.4.15 ระบบบริหารจัดการโหลดที่สำคัญ....51
3.5 การออกแบบหน้าเว็บสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต....52
3.5.1 การสร้างฐานข้อมูลและตารางด้วย phpMyAdmin....52
3.5.2 การออกแบบหน้าเว็บโดย Dreamweaver....53
3.5.3 การเขียนคำสั่งสคริปเพื่อใช้ในการแสดงผลและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล....55
3.6 การออกแบบการทดสอบสัญญาณ LQI และ RSSI....56
3.6.1 การทดสอบสัญญาณในแนวราบ โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง....56
3.6.2 การทดสอบสัญญาณในแนวราบ โดยมีสิ่งกีดขวาง....57
3.6.3 การทดสอบสัญญาณในแนวดิ่ง โดยมีสิ่งกีดขวาง....58
3.7 การออกแบบหน้าจอสำหรับการบริหารจัดการพลังงาน....58
3.8 สรุป....60

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง....61
4.1 บทนำ....61
4.2 การทดลองเรื่องระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านโดยใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสื่อสารซิกบีเข้าช่วย....61
4.2.1 การออกแบบวางแผน....61

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.2 ตั้งค่าอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบีด้วยโปรแกรม ZigButler.....62
4.2.3 ติดตั้งอุปกรณ์ภายในแต่ละส่วนของอาคาร.....64
4.2.4 สรุปผลการทดลอง.....68
4.3 การทดสอบเว็บไซต์เพื่อแสดงผลการทดลองและควบคุมอุปกรณ์สื่อสารซิกบี (Zigbee)....74
4.3.1 การออกแบบเว็บไซต์โดยการใช้โปรแกรม Dreamweaver.....74
4.4 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบี (Zigbee).....75
4.4.1 การทดสอบความแรงสัญญาณซิกบีในแนวราบพื้นที่โล่งแจ้ง.....75
4.4.2 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในแนวราบเมื่อมีวัสดุกีดขวาง.....79
4.4.3 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในแนวดิ่งเมื่อมีวัสดุกีดขวาง.....83
4.5 วันไลน์ไดอะแกรม.....85
4.6 ลำดับการตัดโหลด.....89
4.7 การทดลองการออกแบบหน้าเว็บ และหน้าจอสำหรับควบคุมโหลด TIA Portal V12.....90
4.7.1 การควบคุมโหลดผ่านอินเตอร์เน็ต.....90
4.7.2 การควบคุมโหลดผ่าน TIA Portal V12.....91
4.8 สรุป.....92

บทที่ 5 สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ.....93
5.1 สรุปผล.....93
5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง.....94

บรรณานุกรม.....96
ภาคผนวก.....98
ภาคผนวก ก Scenario Planning.....99
ภาคผนวก ข บทความทางวิชาการ.....102
ภาคผนวก ค โปสเตอร์นำเสนอผลงาน.....107

ประวัติผู้เขียน.....109

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินการ.....5

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย.....12

ตารางที่ 4.1 ลำดับการตัดโหลด.....89

ตารางที่ ก 1 ตาราง Scenario Planning.....100

ตารางที่ ก 2 ตาราง Scenario Planning.....101

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 1.1 การนำวิธี Home Energy Management System เข้ามาช่วยในการจัดการพลังงาน.....1
รูปที่ 1.2 การนำเทคโนโลยีซิกบีมาใช้ในด้านต่างๆ.....2
รูปที่ 2.1 การจัดการลดความต้องการใช้สูงสุด (Peak Clipping).....8
รูปที่ 2.2 แสดงวิธีการเลื่อนเวลาการใช้โหลดในช่วงสูงสุด (Peak Shifting) 9
รูปที่ 2.3 การเพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วง off-peak (Valley Filling) 9
รูปที่ 2.4 การจัดการลดการใช้ไฟฟ้าในทุกช่วงเวลา (Strategic conservation) 10
รูปที่ 2.5 การปรับเปลี่ยนการใช้ไฟฟ้าตามความต้องการของผู้ใช้เอง (Flexible Load Shape) 10
รูปที่ 2.6 ย่านการใช้งานความถี่ใช้งานมาตรฐานของ Zigbee.....11
รูปที่ 2.7 แสดงถึงโครงสร้างของระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee.....13
รูปที่ 2.8 แสดงถึงการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายของ Zigbee 15
รูปที่ 2.9 แสดงถึงการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายแบบ mesh และ star.....15
รูปที่ 2.10 ระดับสัญญาณที่ช่วงต่างๆของค่าRSSI.....17
รูปที่ 2.11 กราฟความสัมพันธ์ของค่าLQI และ RSSI เทียบกับระยะทาง.....18
รูปที่ 2.12 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบลำดับขั้น (Hierarchy).....19
รูปที่ 2.13 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบเชิงเส้น (Linear).....19
รูปที่ 2.14 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบผสม.....19
รูปที่ 2.15 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ.....21
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย Zigbee.....23
รูปที่ 3.2 เต้ารับ Z809A.....24
รูปที่ 3.3 คอนแทกตรวจจับประตู Z302A.....25
รูปที่ 3.4 รีโมทอินฟราเรด Z201.....26
รูปที่ 3.5 สวิตช์สำหรับติดผนัง ZB02A&B.....27
รูปที่ 3.6 ตัวปรับค่าความสว่าง Z815L.....28
รูปที่ 3.7 แมกเนติกแรงสูง Z811.....29
รูปที่ 3.8 รีเลย์แรงดันต่ำ Z801TX.....30
รูปที่ 3.9 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง ZB01C.....31
รูปที่ 3.10 ตัวส่งสัญญาณเตือนรหัส Z601A.....32

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 3.11 เกทเวย์รับสัญญาณ รหัส Z202A....33

รูปที่ 3.12 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดาน รหัส Z817C....34

รูปที่ 3.13 การวางและการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆลงตามตำแหน่งภายในตัวอาคาร....36

รูปที่ 3.14 แผนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 3 เฟส....37

รูปที่ 3.15 แผนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 1 เฟส....38

รูปที่ 3.16 การควบคุมโทรทัศน์ ที่ติดตั้งหน้าห้องควบคุม....39

รูปที่ 3.17 แผนการทำงานของเต้ารับ....40

รูปที่ 3.18 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณห้องเตรียมอาหาร....41

รูปที่ 3.19 แผนการทำงานหลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณทางเดินไปห้องสุขา....42

รูปที่ 3.20 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณส่วนปฏิบัติงาน....43

รูปที่ 3.21 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่....44

รูปที่ 3.22 แผนการทำงานของหลอดไฟ....45

รูปที่ 3.23 พัดลม ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน....46

รูปที่ 3.24 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนระบบความปลอดภัยห้องควบคุม....47

รูปที่ 3.25 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนประตู....48

รูปที่ 3.26 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก....49

รูปที่ 3.27 แผนการทำงานหลอดไฟ ติดตั้งหน้าอาคาร....50

รูปที่ 3.28 แผนการทำงานของระบบการบริหารจัดการโหลดที่สำคัญ....51

รูปที่ 3.29 โปรแกรม XAMPP ที่ใช้จำลองเครื่องพีซีให้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์....52

รูปที่ 3.30 หน้าบราวเซอร์ของ Google Chrome....53

รูปที่ 3.31 แปลนของตัวอาคาร....53

รูปที่ 3.32 สัญลักษณ์แทนกลุ่มของหลอดไฟ....54

รูปที่ 3.33 สัญลักษณ์กลุ่มของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า....54

รูปที่ 3.34 สัญลักษณ์ค่าอุณหภูมิ....54

รูปที่ 3.35 สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน....55

รูปที่ 3.36 หน้าเว็บที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน....55

รูปที่ 3.37 ระดับสัญญาณที่ช่วงต่างๆของค่าRSSI....56

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า
รูปที่ 3.38 วิธีการวัดสัญญาณในแนวราบ โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง....57
รูปที่ 3.39 วิธีการวัดสัญญาณในแนวราบ โดยมีสิ่งกีดขวาง....57
รูปที่ 3.40 การวัดสัญญาณในแนวดิ่ง โดยมีสิ่งกีดขวาง....58
รูปที่ 3.41 โปรแกรม TIA Portal V12....59
รูปที่ 3.42 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ภายในหน้าจอ....59
รูปที่ 4.1 Floor plan และตำแหน่งของเซนเซอร์....61
รูปที่ 4.2 แสดงอุปกรณ์ซิกบีทั้งหมดภายในอาคารทดลอง....62
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการตั้งค่าของอุปกรณ์ซิกบี หรือ Binding ในโปรแกรม ZigButler....62
รูปที่ 4.4 โครงข่ายของอุปกรณ์ซิกบี (Zigbee Pro Network) ทั้งหมดภายในอาคาร....63
รูปที่ 4.5 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในส่วนของห้องอาจารย์ที่ปรึกษา (Advisor Room)....64
รูปที่ 4.6 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในบริเวณที่ทำงานเจ้าหน้าที่ (Staff Room)....64
รูปที่ 4.7 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวบริเวณที่ดื่มกาแฟ(Pantry)....65
รูปที่ 4.8 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในที่ทำงานนักศึกษาปริญญาตรี (Study Mall)....65
รูปที่ 4.9 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในห้องทดลอง (Workshop)....66
รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า HV mag (Z811)....67
รูปที่ 4.11 IR Remote ติดตั้งระหว่าง Study mall และ Staff office....67
รูปที่ 4.12 IR Remote ติดตั้งในห้อง Server room....68
รูปที่ 4.13 กราฟการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดแต่ละชนิด....72
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการลดลงของการใช้พลังงานของโหลดแต่ละชนิดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็น....72
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นของโหลดแต่ละชนิด เมื่อคิดเทียบพลังงานฟ้าที่ลดลงทั้งหมด....73
รูปที่ 4.16 การใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Pantry room....73
รูปที่ 4.17การใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Work shop....74
รูปที่ 4.18 เว็บไซต์ที่ใช้ในการแสดงสถานะและควบคุมอุปกรณ์ภายในอาคาร....75
รูปที่ 4.19 ปลั๊กที่มีการสื่อสารแบบ (Zigbee) โดยใช้ UPS เป็นแหล่งจ่ายชั่วคราว....75
รูปที่ 4.20 สวิตช์ที่มีการสื่อสารซิกบี (Zigbee) กับปลั๊ก ถูกนำออกมาวัดความแรงของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ....76

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 5 เมตรถึง 40 เมตร....77
รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 45 เมตรถึง 90 เมตร....77
รูปที่ 4.23 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 95 เมตรถึง 150 เมตร....78
รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 155 เมตรถึง 200 เมตร....78
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการทดสอบของสัญญาณซิกบี (Zigbee) บนพื้นที่โล่งเทียบกับระยะทาง....79
รูปที่ 4.26 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 5 เมตรถึง 20 เมตร....80
รูปที่ 4.27 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 25 เมตรถึง 75 เมตร....81
รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) ที่ระยะทางมากกว่า 75 เมตร....81
รูปที่ 4.29 สรุปผลการทดลองสัญญาณรอบอาคารปฏิบัติการโดยสีเขียวแสดงถึงระยะทางที่อุปกรณ์ทำงานได้ สีแดงแสดงถึงระยะที่อุปกรณ์ทำงานไม่ได้....82
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) เมื่อมีวัสดุมากีดขวางกับระยะทาง....83
รูปที่ 4.31 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) เมื่อมีวัสดุกีดขวางที่ระยะ 4-8 เมตรในแนวดิ่ง....84
รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee) เมื่อมีวัสดุกีดขวางที่ระยะมากกว่า 8 เมตรในแนวดิ่ง84
รูปที่ 4.33 สรุปผลการทดลองสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในแนวดิ่งโดยสีเขียวจะเป็นระยะที่อุปกรณ์ทำงานได้ ส่วนสีแดงแสดงถึงระยะที่อุปกรณ์ทำงานไม่ได้....85
รูปที่ 4.34 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 7....86
รูปที่ 4.35 วงจรควบคุมโหลดแสงสว่าง LP 7....86
รูปที่ 4.36 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 1....87
รูปที่ 4.37 วงจรควบคุมโหลดแสงสว่าง LP 1....87
รูปที่ 4.38 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 8....88
รูปที่ 4.39 วงจรควบคุมโหลดแสงสว่าง LP 8....88
รูปที่ 4.40 หน้าเว็บหน้าแรกสำหรับเข้าสู่ระบบ....90
รูปที่ 4.41 หน้าเว็บหลังทำการเข้าสู่ระบบ....91
รูปที่ 4.42 หน้าจอควบคุมโปรแกรม TIA Portal V12....91

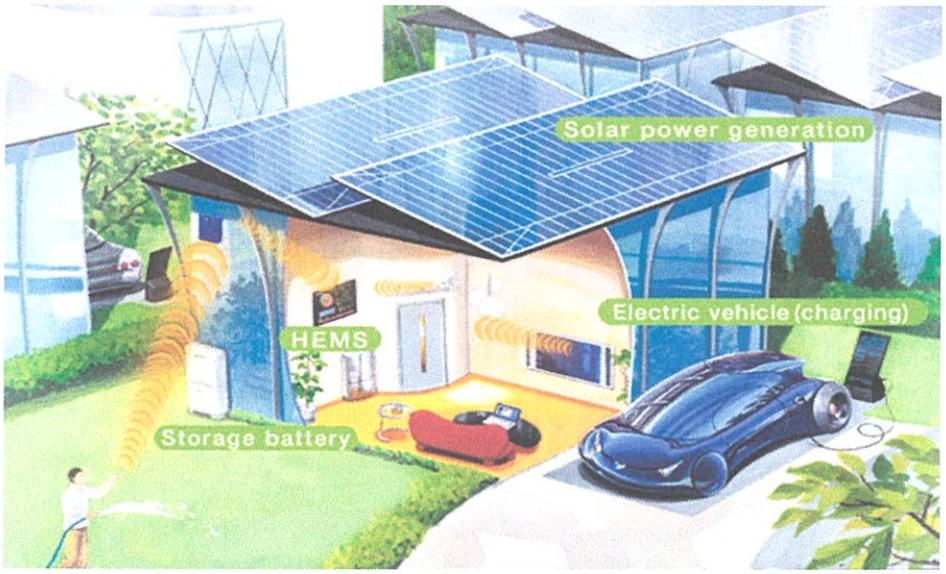
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ ประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตเป็นอย่างมาก การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมจึงมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรไปด้วย สิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการตอบสนองการขยายตัวทางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ ก็คือ พลังงานไฟฟ้า โดยส่วนมากพลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้อยู่นั้นเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาจากกระบวนการทางความร้อน เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหิน และเชื้อเพลิงอื่นๆ ซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่มีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งยังเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป และภาคต้นทุนมีแต่เพิ่มสูงขึ้น ตลอดจนเกิดมลภาวะที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ ซึ่งก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

การบริหารจัดการพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังรูปที่ 1.1 เป็นเรื่องที่สำคัญเรื่องหนึ่งที่จะละเลยไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการบริหารการใช้พลังงาน การกักเก็บพลังงานสำรองไว้ใช้ในยามขาดแคลน การควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในยามที่พลังงานมีไม่เพียงพอ และวิธีการต่างๆอีกมากมายที่จะนำมาใช้ในการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด



รูปที่ 1.1 การนำวิธี Home Energy Management System เข้ามาช่วยในการจัดการพลังงาน

วิธีการเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในด้านต่างๆได้อย่างหลากหลาย เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ภาคครัวเรือน จะเห็นได้ว่า ภาคครัวเรือนเป็นส่วนหนึ่งที่มีการใช้พลังงานมาก รองลงมาจากภาคอุตสาหกรรม การจัดการพลังงานไฟฟ้าทางภาคครัวเรือน ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ วิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการพลังงานวิธีหนึ่งก็คือ วิธีการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System) สิ่งสำคัญที่เป็นตัวสิ้นเปลืองพลังงานภายในบ้านก็คือ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง คอมพิวเตอร์ ทีวี และเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ เทคโนโลยีที่เหมาะแก่การนำมาใช้จัดการอุปกรณ์เหล่านี้คือ เทคโนโลยีซิกบี ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย ด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นเทคโนโลยีที่ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน กินพลังงานในปริมาณที่ต่ำ ไม่มีความยุ่งยากในการเดินสายไฟ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีซิกบีมาประยุกต์ใช้กับการจัดการพลังงานจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจต่อการศึกษา อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้กับในปัจจุบัน ที่ซึ่งเรื่องของภาวะการขาดแคลนพลังงานเป็นสิ่งสำคัญ และยังเป็นการใช้พลังงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอีกด้วย

รูปที่ 1.2 การนำเทคโนโลยีซิกบีมาใช้ในด้านต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการและองค์ประกอบของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System)
2. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมในการสร้างเครือข่ายของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในตัวอาคาร
3. เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับบ้านเรือน หรืออาคารต่างๆ
4. เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง หลังจากที่มีการติดตั้งระบบ
5. เพื่อเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม โดยการลดมลพิษของโรงไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

การศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะมุ่งเน้นศึกษาในด้านของการจัดการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Load Management) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System) โดยมีขอบเขตและข้อกำหนดต่อไปนี้

1. อุปกรณ์มีการทำงานเป็นเครือข่ายและเรียงลำดับความสำคัญของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ กรณีที่เกิดเหตุการณ์ใช้ไฟฟ้าเกินกำหนด
2. สามารถทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆทำงานได้เองโดยไม่ต้องใช้คนในการสั่งการ
3. มีระบบรักษาความปลอดภัยและสามารถป้องกันอุบัติเหตุหรือการบุกรุกที่จะเกิดขึ้น

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

โครงงานวิจัยนี้เป็นการสร้างระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน ซึ่งใช้เทคโนโลยีซิกบีเข้ามาช่วยในการส่งข้อมูล และทำการสร้างเครือข่ายการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ฟ้าภายในตัวอาคารจากการเขียนโปรแกรม โดยรายละเอียดต่างๆ จะกล่าวถึงในรายงานได้แบ่งออกเป็นหัวข้อต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเกี่ยวกับความหมาย องค์ประกอบในแต่ละส่วนของระบบ

2. ศึกษาถึงคุณสมบัติและการทำงานของอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่จะนำมาใช้ในการทำงาน

3. ศึกษาวิธีการจัดการพลังงานที่ให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมของตัวอาคาร

4. เริ่มดำเนินการศึกษาและวางแผนการติดตั้งตัวอุปกรณ์ภานในและนอกตัวอาคาร ตามคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์ ให้มีความมีความเหมาะสมตามส่วนต่างๆในพื้นที่ของตัวอาคาร

5. เริ่มทำการเขียนเงื่อนไขการทำงานของอุปกรณ์ และศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเครือข่ายการทำงานของอุปกรณ์

6. เริ่มเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่ายการทำงานของอุปกรณ์

7. ทดลองระบบ หาข้อบกพร่อง และสรุปงานวิจัย

1.5 แผนการดำเนินโครงงาน

โดยคณะผู้จัดทำได้มีการเริ่มทำงานวิจัย โดยมีการวางแผนงานวิจัยเป็นระยะเวลา 10 เดือน ตั้งแต่ วันที่ 1 มิถุนายน 2556 ถึง 21 มีนาคม 2557

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินการ

การดำเนินการ	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน										
2. ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการนำชิกบีมาใช้ในปัจจุบันและการประยุกต์ใช้										
3. ศึกษาวิธีการบริหารอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน										
4. วางแผนระบบและศึกษาแบบแปลนโครงสร้างของอาคาร										
5. ศึกษาซอฟแวร์ที่ใช้ในการสร้างเครือข่ายการทำงาน										
6. ทำการเขียนโปรแกรมและสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า										
7. ทดลองการทำงานของระบบ										
8. สรุปผลงานวิจัย นำเสนอผลงาน และจัดทำปริญญานิพนธ์										

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
2. เพิ่มความสะดวกในการติดตั้งระบบภายในตัวอาคาร
3. สามารถเพิ่มระบบความปลอดภัยให้กับตัวอาคารได้ ทั้งในด้านของการป้องกันอุบัติเหตุและการป้องกันขโมย
4. สามารถลดเรื่องค่าใช้จ่ายในเรื่องของพลังงานลงได้
5. เป็นการส่งเสริมนโยบายการประหยัดพลังงาน ตามนโยบายของกระทรวงพลังงาน
6. เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟและค่าการบำรุงรักษาสายไฟ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะศึกษาถึงระบบการบริหารจัดการพลังงานที่จะช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ความหมายของการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าและวิธีในการจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้า รวมไปถึงระบบการสื่อสารไร้สาย ความหมายและมาตรฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee คุณสมบัติ โครงสร้าง และหลักการทำงานของ Zigbee ตลอดจนการประยุกต์ใช้ และสุดท้ายจะกล่าวถึงการเขียนเวปเพจด้วยภาษา HTML ข้อกำหนดและโครงสร้างพื้นฐานของภาษา HTML ซึ่งจะมีประโยชน์เพื่อสามารถควบคุม ตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้แบบเรียลไทม์โดยผ่าน Website

2.2 ระบบการบริหารจัดการพลังงาน Demand-Side Management (DSM)

ระบบการบริหารจัดการพลังงาน เป็นระบบที่ผู้ใช้ไฟฟ้าทุกคนควรศึกษาและเข้าใจ เพื่อการใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและประหยัดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะให้ประโยชน์แก่ทั้งสองฝ่าย ทั้งผู้ใช้เองและผู้ผลิตไฟฟ้า สามารถแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.2.1 ความหมายของ Demand-Side Management (DSM)

การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า คือ การส่งเสริมการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ (Promotion of Electricity Energy Efficiency) ในความหมายกว้าง เป็นแนวทางที่เกิดขึ้นและแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อโลกประสบวิกฤตการณ์พลังงานในช่วงทศวรรษ 1970 ทำให้ทั่วโลกได้ตระหนักว่า การผลิตเพื่อสนองความต้องการใช้พลังงานเพียงทางเดียว ย่อมก่อให้เกิดปัญหาหลายประการติดตามมา เช่น ทรัพยากรพลังงานที่นับวันจะหมดไป, ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากมลภาวะที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงาน เป็นต้น แนวคิดการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้รับการเผยแพร่และคิดค้นวิจัยไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมและจริง จัง อาจกล่าวได้ว่า DSM เป็นทางเลือกเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งสำหรับการวางแผนพัฒนาการผลิตและส่งไฟฟ้า โดยประเทศไทยนับเป็นประเทศแรกเริ่มในภูมิภาคเอเชีย ที่ดำเนินการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าอย่างเป็นรูปธรรม และได้รับการยอมรับถึงประสิทธิภาพและผลการดำเนินงานส่งเสริมการใช้ไฟฟ้า อย่างมีประสิทธิภาพอย่างแพร่หลายและยั่งยืน

การดำเนินการด้านพลังงานไฟฟ้าของไทยแบ่งออกเป็น ด้าน Supply-Side Management คือ การวางแผน ก่อสร้างและจัดหาแหล่งผลิตไฟฟ้าเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ และ

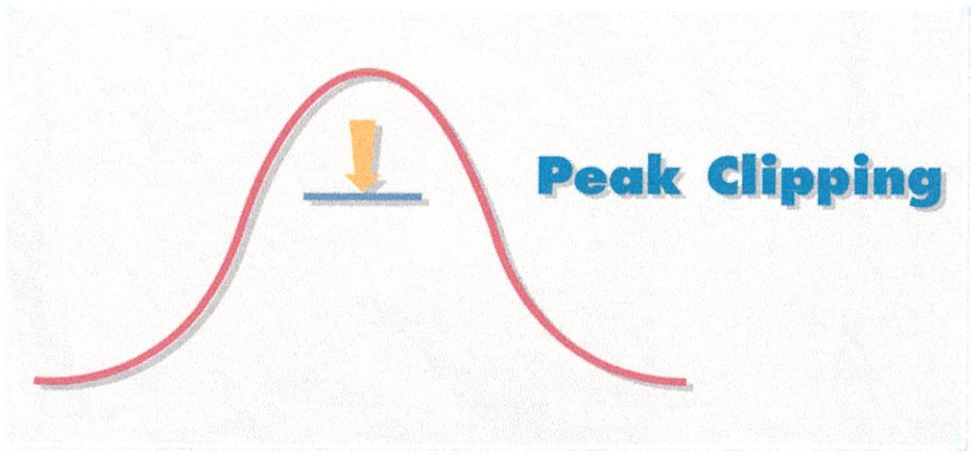
ด้าน Demand-Side Management คือ มาตรการที่ปรับเปลี่ยนปริมาณ และหรือ ลักษณะของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า (end-use) โดยทั่วไป เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ด้าน คือ การปรับการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าให้สมดุลกับการผลิตไฟฟ้า โดยผ่านเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ หรืออาจเป็นการปรับเปลี่ยนแบบแผนการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีการจัดการบริหารความ ต้องการใช้ไฟฟ้า และวัตถุประสงค์อีกด้านหนึ่ง คือการสร้างเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

ในระดับกว้าง เป้าหมายของ DSM คือการใช้ทรัพยากรพลังงานอย่างเหมาะสม (optimizing energy resources) โดยมีวัตถุประสงค์หลักที่การลดต้นทุนรวมของสังคม และในวัตถุประสงค์ที่กว้างไปกว่านั้นคือ การปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ซึ่งบางครั้งวัตถุประสงค์เหล่านี้ก็นำมาใช้ในการพิจารณาด้วย

ในระดับแคบลงมา DSM สามารถใช้เพื่อวัตถุประสงค์บางอย่างเป็นการเฉพาะ โดยทั่วไปก็คือเพื่อหลีกเลี่ยงหรือชะลอการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ออกไปโดยเป็นทาง เลือกที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ในเวลาที่ข้อจำกัดทางด้านการผลิตเป็นเรื่องเร่งด่วนยังสามารถใช้ DSM เพื่อดำรงความสามารถของระบบ (หลีกเลี่ยงการ brownouts) หรือทำให้กำลังผลิตของระบบสามารถให้บริการต่อผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ได้มากขึ้น

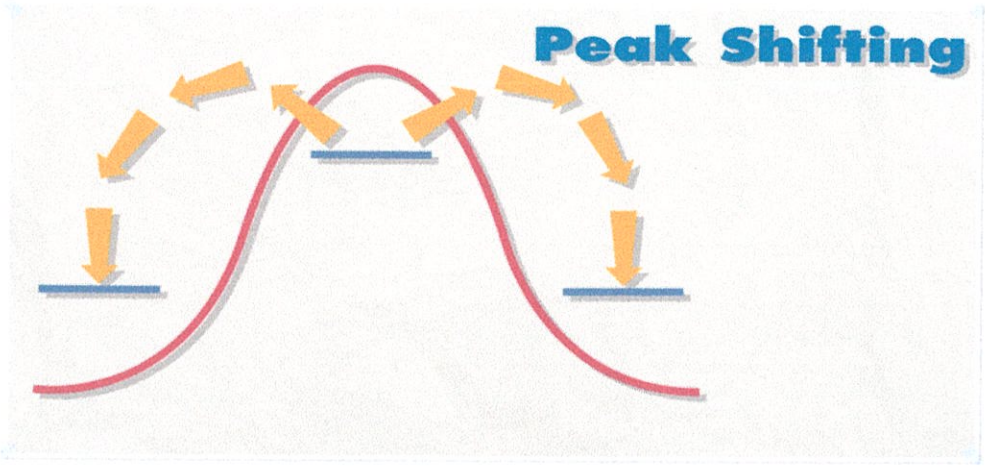
2.2.2 วิธีการจัดการความต้องการการใช้ไฟฟ้า

โปรแกรม DSM ประกอบด้วยมาตรการต่าง ๆ ที่มีวัตถุประสงค์ที่จะส่งเสริมและสนับสนุน ผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มเป้าหมายให้ ปรับปรุงแนวทางการใช้ไฟฟ้าให้สอดคล้องกับความต้องการของกิจการไฟฟ้า ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้ายังคงได้รับคุณประโยชน์รวมทั้งความพึงพอใจเท่าเดิมหรือ ดีกว่าเดิม เช่น เพิ่มความมั่นคงของระบบ ลดค่าใช้จ่ายของกิจการไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า รวมทั้งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในการพัฒนาและผลิตไฟฟ้า เป็นต้น



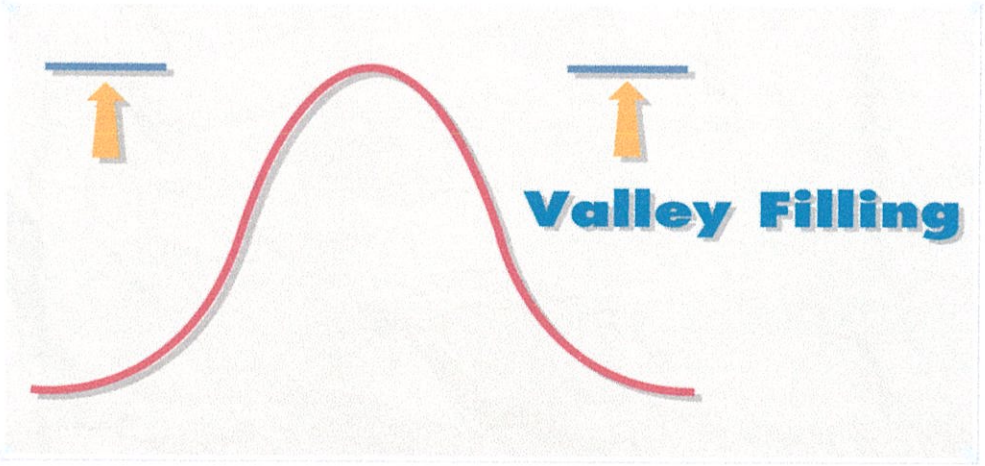
รูปที่ 2.1 การจัดการลดความต้องการใช้สูงสุด (Peak Clipping)

Peak clipping วิธีการจัดการให้ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลดลง (Reduction of Peak Load) วิธีการทั่วไป คือ การควบคุมเวลาและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยควบคุมที่อุปกรณ์เป็นหลัก ดังรูปที่ 2.1



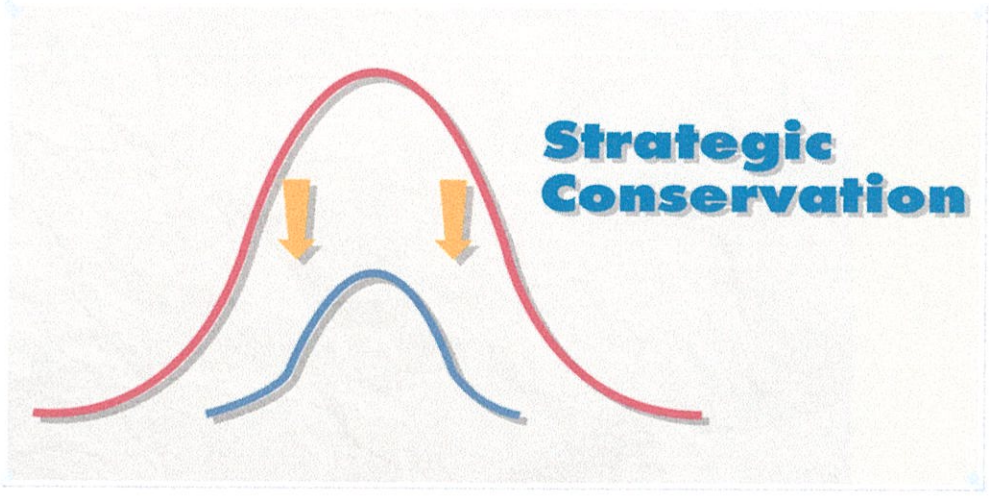
รูปที่ 2.2 วิธีการเลื่อนเวลาการใช้โหลดในช่วงสูงสุด (Peak Shifting)

Peak shifting คือ load management อีกวิธีหนึ่งที่เลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วง peak มาสู่ off-peak เช่น storage water heating หรือ เลื่อนเวลาการใช้ไฟฟ้าโดยผู้ใช้เอง รูปที่ 2.2



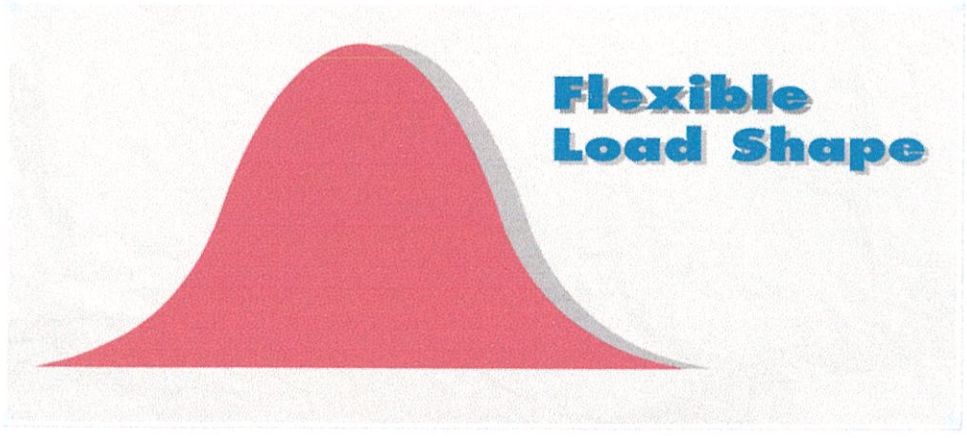
รูปที่ 2.3 การเพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วง off-peak (Valley Filling)

Valley filling คือ การเพิ่มความต้องการในช่วง off-peak ถ้าหากต้นทุนหน่วยสุดท้าย (Long-run marginal cost) ต่ำกว่าราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย การใช้วิธีการเพิ่มปริมาณจำหน่าย ก็จะทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำลงได้ วิธีการที่นิยมใช้สำหรับเป้าหมายนี้ก็คือ การใช้เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4 การจัดการลดการใช้ไฟฟ้าในทุกช่วงเวลา (Strategic conservation)

Strategic conservation คือ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานซึ่งช่วยลดการใช้ไฟฟ้าทุกช่วงเวลา การส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ดังที่ กฟผ. ดำเนินการเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กลยุทธ์นี้ ดังรูปที่ 2.4



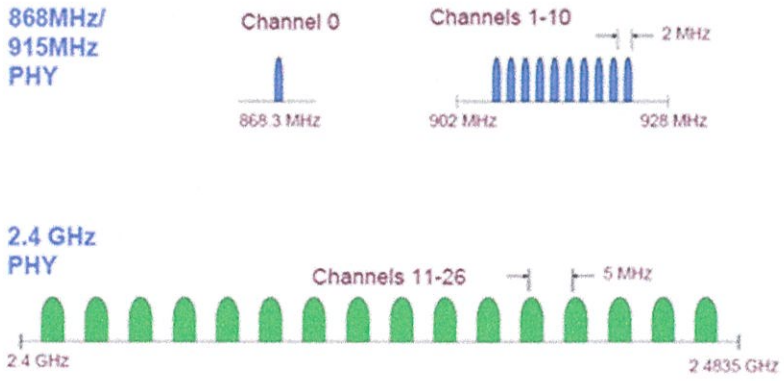
รูปที่ 2.5 การปรับเปลี่ยนการใช้ไฟฟ้าตามความต้องการของผู้ใช้เอง (Flexible Load Shape)

Flexible Load Shape or Flexible Reliability คือ การปรับเปลี่ยน load-shape ไปตามต้องการได้โดยผู้ใช้ไฟฟ้ายอมรับความเชื่อถือได้ของระบบที่ต้องเปลี่ยนไปโดยแลกกับสิ่งจูงใจ (incentive) เช่น การใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบงดจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ (Interruptible Rate) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.5

2.3 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee IEEE 802.15.4

2.3.1 ความหมายและมาตรฐานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee IEEE 802.15.4

ZigBee ได้มาจากพฤติกรรมการสื่อสารของผึ้ง โดยผึ้งจะบินแบบซิกแซ็ก และจะให้ข้อมูลข่าวสารระหว่างผึ้งด้วยกัน ที่เกี่ยวกับ ตำแหน่ง ระยะทาง และทิศทางของอาหารที่พวกมันกำลังหาอยู่ Zigbee เป็นเทคโนโลยีระบบการสื่อสารไร้สายมาตรฐานสากล (Wireless Telecommunication) เป็น การสื่อสารแบบไร้สาย ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Pro Network ได้ ซึ่งระบบนี้ จะสามารถทำงาน ในร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก (เช่นถ่าน AA 2 ก้อน) นานเป็นเดือน เป็นปี เหมาะสมใช้งานกับพวก Monitoring ต่าง ๆมีมากมายหลายรูปแบบ โดยมีการกำหนด ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่คือ ย่าน 2.4 Ghz , ย่าน 915 Mhz และย่าน 868 Mhz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง , 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วน อัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps , 40 Kbps , 20 Kbps ตามลำดับเช่นกัน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ย่านการใช้งานความถี่ใช้งานมาตรฐานของ Zigbee

Zigbee เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกพัฒนาขึ้น ให้มีจุดเด่นกว่าเทคโนโลยีไร้สาย แบบอื่นๆ กล่าวคือ ราคาต่ำ ใช้พลังงานน้อย จึงสามารถติดตั้ง ไว้ได้นาน และสามารถสร้างเครือข่ายได้ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานด้านเซนเซอร์ไร้สาย ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบสภาพแวดล้อม โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบ Zigbee กับเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ ในด้านต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายประเภท

standard	ZigBee 802.15.4	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1
Transmission Range (meters)	1-100	1-100	1--10
Battery Life (days)	100-1000	0.5-5.0	1--7
Network Size (# of nodes)	> 64000	32	7
Application	Monitoring&Control	Web Email Video	Cable Replacement
Throughput kb/s	20-250	11000	720

2.3.2 คุณสมบัติของ Zigbee IEEE 802.15.4

(1) อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps (2.4 GHz), 40 kbps (915 MHz), and 20 kbps (868 MHz)

(2) High throughput และ low latency Duty Cycle ต่ำ (< 0.1%)

(3) มีการเข้าถึง Channel แบบ Channel access using Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA)

(4) สามารถรองรับ Address ได้ถึง 64 bit IEEE address (65535 network)

(5) รับประกันการส่งแบบ Full hand shaked protocol

(6) เชื่อมต่อ Topology ได้หลายแบบ เช่น Star, Peer-to-peer, Mesh

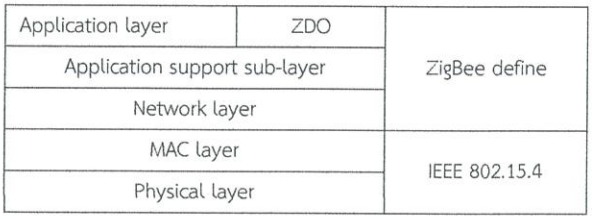
(7) ใช้พลังงานต่ำ (สามารถใช้ได้หลายเดือนจนถึงปี)

(8) ระยะทางการส่งพื้นฐาน 5-500 เมตร

2.3.3 โครงสร้างของ Zigbee

ZigBee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer, Application

support Layer และ Network layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของระบบสื่อสารไร้สาย Zigbee

โดยโครงสร้างของ ZigBee จะแบ่งเป็น layer ต่างๆ ดังนี้

(1) Application layer เป็นชั้นที่ส่วนของ Endpoint อยู่ เรียกว่า Application frameworkโดยมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application layer

(2) Application support sub-layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer และทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูล รวมถึง การจัดการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer

(3) Network layer ทำหน้าที่ในการ routing ข้อมูลต่างๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน หรือต่างเครือข่ายกัน

ในขณะเดียวกัน ZigBee Alliance ได้คิดหาวิธีแก้ปัญหาที่จะสามารถควบคุมสัญญาณให้ได้ดีมากขึ้น โดยมีวิธีดังนี้

1. Physical Layer ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับความราคาที่ประหยัด การเข้าถึงโดยตรงตามลำดับอนุญาตให้ใช้วงจรอนาลอกที่ไม่ซับซ้อนและมีความคงทนมากในการปรับปรุง

2. Media Access Control (MAC) layer ถูกออกแบบมาโดยยอมให้สามารถใช้งานได้กับ โทโปโลยีหลายๆ แบบแต่ต้องไม่ซับซ้อน การจัดการพลังงานต้องไม่ใช้ขั้นตอนมาก MAC ต้องยอมให้ลดหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ (Reduced Functionality Device: RFD) บางตัวที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสง (flash) หรือต้องใช้ RAM หรือ ROM ทำงานมากลง MAC ถูกออกแบบมาเพื่อให้รองรับได้กับจำนวนอุปกรณ์มากๆโดยที่ต้องไม่เกิดการหลุดชะงักด้วย (parked)

3. Network Layer จะได้รับการออกแบบเพื่อยอมให้ช่วงของเครือข่ายแผ่วงกว้างโดยที่ต้องไม่ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ใช้พลังงานสูง ชั้น Network Layer ต้องสามารถรองรับโหนดจำนวนมากได้โดยใช้เวลาแฝงต่ำด้วย

2.3.4 ประเภทของอุปกรณ์ Zigbee

ชนิดอุปกรณ์ของ ZigBee มีอยู่ 2 ชนิดคือ แบบ Physical Device และ Logical Device

โดย Physical Device มี 2 ประเภท คือ

- Full Function Device : FFD เป็น Router ที่เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ใช้พลังงานจาก power line ทำงานได้ในทุก Topology และสามารถทำเป็นจุดเชื่อมต่อกันได้ และ

- Reduced Function Device : RFD เหมาะแก่การเชื่อมต่อภายในเครือข่าย ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ไม่สามารถถ่ายทอดข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ ทำได้ง่ายในเครือข่ายที่เป็นแบบ star

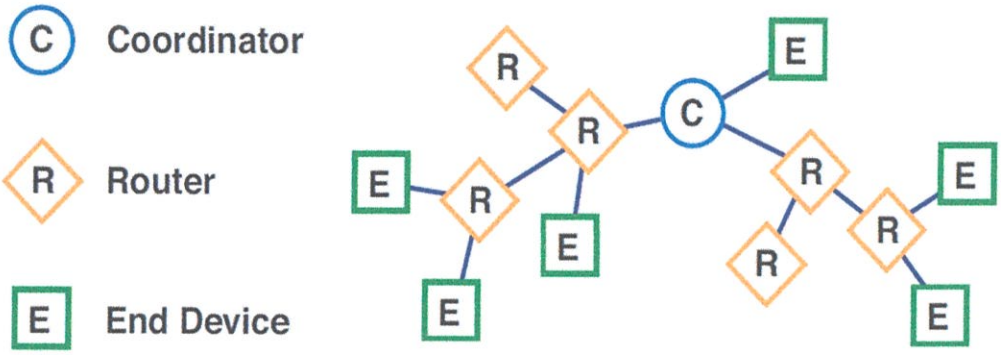
ส่วน Logical Device แบ่งตามลักษณะการทำงาน 3 ประเภท ตามรูปที่ 2.8 คือ

1. ZigBee coordinator มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่าง End Device กับ Router หรือ Coordinator กับ Coordinator ด้วยกัน หรือ Coordinator กับ Router โดยจะกำหนด address ให้กับ device ที่อยู่ในวงเครือข่าย ไม่ให้ซ้ำกันรวมถึงการดูแลจัดการเรื่องการ Routing เส้นทางระหว่างกัน ซึ่งเทียบได้กับ FFD โดยการเริ่มต้นเครือข่าย จะมีการตรวจสอบการใช้ช่องสัญญาณวิทยุภายในบริเวณรอบๆ ถ้ามีช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดย coordinator ตัวอื่น ก็สามารถเริ่มต้นเครือข่ายได้ หลังจากนั้น coordinator ก็จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย รองรับการเข้าร่วมเครือข่ายของ ZigBee end-device และรองรับการร้องขออื่นๆ ตามมาตรฐานด้วยเช่นกัน ในโครงงานนี้ coordinator รองรับการเข้าร่วมเครือข่าย การออกจากเครือข่าย และการร้องขอการ Binding เท่านั้น

2. End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางสุด ซึ่งจะใช้รับสัญญาณจาก Sensor ที่ปลายทาง โดยที่ใช้พลังงานต่ำในการทำงาน เทียบได้กับ RFD หรือ FFD บางกรณี ขึ้นอยู่กับ sensor ที่ใช้ โดยจะเริ่มต้นการทำงานจากการร้องขอการเข้าร่วมเครือข่ายไปยัง coordinator ประจำเครือข่ายนั้นๆ โดยการตรวจสอบผ่านช่องสัญญาณต่างๆ ว่า coordinator ใช้ช่องสัญญาณใดอยู่เมื่อเข้าร่วมเครือข่าย

แล้ว end-device จึงสามารถทำการร้องขอคำสั่งอื่นๆ ผ่านทาง coordinator ได้ เช่น การส่งข้อความทั่วไป (Message), การร้องขอการ Binding (Binding request), การขอออกจากเครือข่าย เป็นต้น

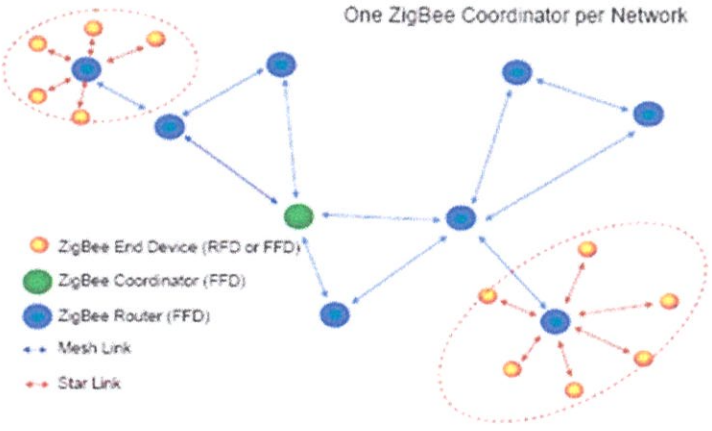
3. Router เป็นโนดที่อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน โดยสามารถเป็นได้ทั้งแบบ RFD และ FFD มีหน้าที่รับส่งข้อมูล ในเส้นทางต่าง ๆ ของเครือข่าย



รูปที่ 2.8 การเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายของ Zigbee

2.3.5 หลักการทำงานของ Zigbee

การทำงานของ ZigBee ดังรูปที่ 2.9 จะเป็นการรับ-ส่งคลื่นสัญญาณข้อมูล ผ่านส่วนชิป ซึ่งมีขนาดเล็ก เป็นจุดต่อจุดไปเรื่อยๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการ วิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นการวัดอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จับปริมาณมลพิษในอากาศ ปริมาณน้ำ ท่อแก๊สโดยใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมาก โดยในหนึ่งระบบนั้นจะต้องมีตัว Coordinator และ End device อย่างน้อยหนึ่งตัว ซึ่งการทำงานของแต่ละตัวนั้นได้ถูกกล่าวไปแล้วดังข้างต้น



รูปที่ 2.9 การเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายแบบ mesh และ star

2.3.6 การประยุกต์ใช้งาน Zigbee

การประยุกต์ใช้งาน ZigBee นั้นจะแบ่งแยกตามประเภทของข้อมูลข่าวสาร ที่มีอยู่ 3 แบบคือ

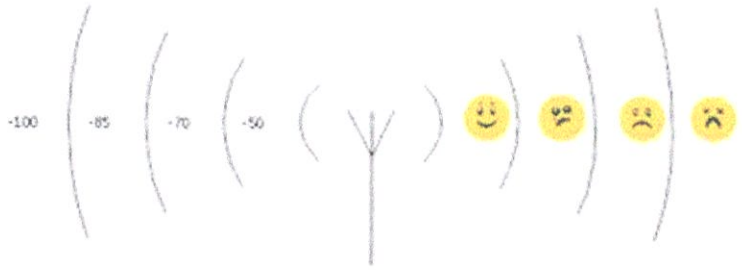
- ข้อมูลแบบ Periodic ข้อมูลเป็นช่วงเวลา โปรแกรมสามารถควบคุมอัตราการส่ง และตัวตรวจจับสัญญาณกระตุ้น เช็คข้อมูลและทำให้ข้อมูลไม่เคลื่อนไหว ใช้สำหรับ เซนเซอร์ และมิเตอร์
- ข้อมูลแบบ Intermittent เป็นลักษณะที่มีการส่งผ่านข้อมูลเมื่อมีการใช้งาน เช่น สวิตซ์ไฟ
- ข้อมูล แบบ Repetitive low latency ใช้ในงานที่ต้องการ latency น้อย ๆ โดยการสื่อสารจะใช้วิธีจัดสรรช่องเวลา และสามารถใช้กลไกแบบ GTS เพื่อรับประกันคุณภาพของการบริการ นำไปใช้ในงาน เช่น เมาส์ไร้สาย

นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์พื้นฐานที่หลากหลายในชีวิตประจำวัน รวมถึงสามารถช่วยช่วยเตือนภัยจากสิ่งแวดล้อม รวมถึงอุบัติภัยต่างๆ เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม แผ่นดินไหว เป็นต้น ทั้งนี้ระบบเตือนภัยในปัจจุบันไม่ได้เชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่าย และตัวอุปกรณ์เองมีช่วงการใช้งานจากแบตเตอรี่สั้น นอกจากนี้ยังมีราคาแพงอีกด้วย แต่ในระบบเครือข่าย Zigbee สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์พื้นฐานเช่น เซนเซอร์ และ Actuators ที่มีราคาถูก ทำให้สามารถติดตามเหตุการณ์ต่างๆ และอุปกรณ์จะทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่เราต้องการ หรือถ้าเรานำมาตรฐานเครือข่ายแบบไร้สายประเภท Zigbee นี้ มาประยุกต์ใช้แบบยูบิควิตัส โดยเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ กับอุปกรณ์ หรือ อุปกรณ์ กับมนุษย์ ที่ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ทั้งนี้ประโยชน์ที่ได้รับมีดังต่อไปนี้

- ระบบการควบคุมอัตโนมัติ ที่บ้าน โรงงาน และ โกดังเก็บสินค้า เป็นต้น
- ระบบการติดตามสำหรับ ความปลอดภัย ชีวะอนามัย และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น
- การตรวจหาตำแหน่งที่นำไปใช้ใน การปฏิบัติการทางทหาร การทำงานของนักผจญเพลิง และ บริษัทที่ต้องการการตรวจหาตำแหน่งแบบเวลาจริง
- ให้ความบันเทิง เช่น เกมฝึกทักษะ และของเล่นแบบ interactive เป็นต้น

2.3.7 ค่า RSSI และ LQI ในการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee)

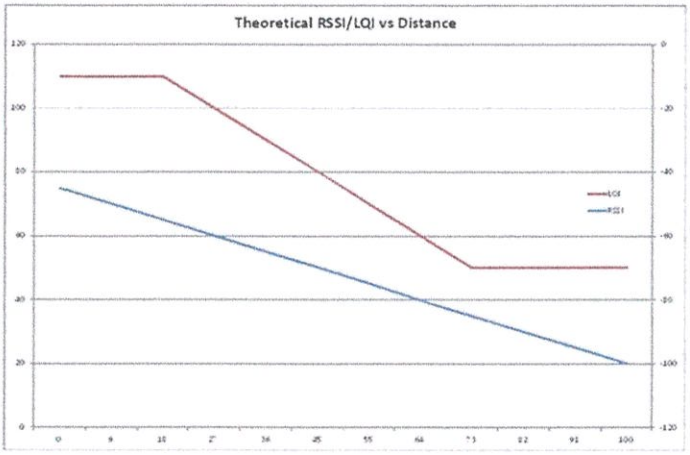
ค่า LQI และ RSSI ใช้เป็นตัววัดคุณภาพของการสื่อสารแบบไร้สาย RSSI หรือ Radio Signal Strength indicatior เป็นตัววัดความแรงของสัญญาณที่ตัวรับ ในขณะที่ LQI (Link Quality Indicator) สะท้อนถึงอัตราความเพี้ยนของการเชื่อมต่อ



รูปที่ 2.10 ระดับสัญญาณที่ช่วงต่างๆของค่าRSSI

ค่า RSSI เป็นการวัดถึงความแรงของสัญญาณ ซึ่งจะแสดงในหน่วย dB โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง -45 dB ถึง -100dB โดยถ้ามีค่ายิ่งน้อยค่าความแรงของสัญญาณยิ่งต่ำ ในส่วนของ LQI จะเป็นการวัดคุณภาพของสัญญาณ โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดยค่ายิ่งมากค่าแสดงถึงคุณภาพของสัญญาณที่ดี

โดยทั้ง 2 ค่านี้จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันโดยถ้าปราศจากสิ่งรบวนจากสัญญาณอื่นและการสะท้อน หรือสิ่งกีดขวาง ค่า LQI ควรจะมีค่าคงที่และอยู่ในช่วง Happy ดังรูปที่ 1 และถ้าค่า RSSI ตกอยู่ในช่วง not so happy ค่า LQI ก็จะตกลงและเริ่มเข้าสู่สภาวะขาดการเชื่อมต่อ รูปที่2แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า LQI และ RSSI เทียบกับระยะทางในทางทฤษฎี ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าLQI ไม่เหมาะสมกับการวัดที่ระยะทางต่างๆ ถ้าใช้ในการวัดควรมีขอบเขตที่แน่นอน อย่างไรก็ตามค่า LQI นั้นสามารถบอกได้ถึงคุณภาพของสัญญาณ ที่ค่า RSSI นั้นๆ และค่า LQI นั้นยังสามารถบอกถึงค่าของสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย



รูปที่ 2.11 กราฟความสัมพันธ์ของค่าLQI และ RSSI เทียบกับระยะทาง

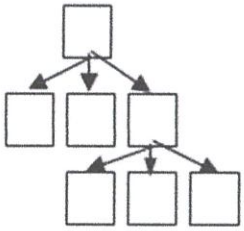
2.4 การออกแบบเว็บเพจเบื้องต้น

ก่อนการทำการสร้างเว็บเพจ ผู้ที่ทำการสร้างจะต้องทราบถึงหลักการออกแบบ ขั้นตอนและวิธีในการพัฒนาลักษณะ โครงสร้างโดยทั่วไปของเว็บเพจ การจัดเตรียมพื้นที่และข้อมูลประกอบสำหรับการสร้างเว็บเพจ และวิธีการในการสร้าง เอกสารเว็บ ซึ่งในหน่วยนี้จะกล่าวถึงหัวข้อดังกล่าว

2.4.1 หลักการออกแบบเว็บเพจ

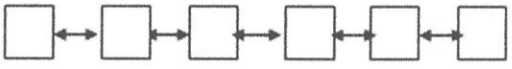
หลักการออกแบบเว็บเพจ การออกแบบและพัฒนาเว็บเพจ สามารถทำได้หลายระบบขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล ความชอบของผู้พัฒนา ตลอดจนกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการนำเสนอ เช่น หากกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็กวัยรุ่น และนำเสนอ ข้อมูลเกี่ยวกับความบันเทิง อาจจะออกแบบให้มีทิศทางการไหลของหน้าเว็บที่หลากหลายใช้ลูกเล่นได้มากกว่าเว็บ ที่นำเสนอให้กับผู้ใหญ่ หรือเว็บด้านวิชาการ ทั้งนี้หลักการออกแบบเว็บเพจ สามารถแบ่งได้สามลักษณะ คือ

แบบลำดับขั้น (Hierarchy) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงตามลำดับกิ่งก้าน แตกแขนงต่อเนื่องไปเหมือนต้นไม้กลับหัว เหมาะสำหรับการนำเสนอข้อมูล ที่มีการแบ่งเป็นหมวดหมู่ที่ไม่มากนักและมีข้อมูลย่อยไม่ลึกมาก เช่นเว็บไซต์แนะนำ ประวัติส่วนตัว ที่มีข้อมูล 4 - 5 หน้าเป็นต้น



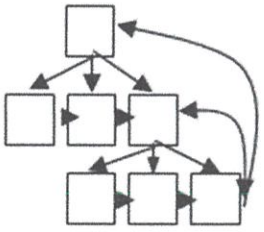
รูปที่ 2.12 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบลำดับขั้น (Hierarchy)

แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว เหมาะสำหรับการนำเสนอข้อมูลที่เป็นรูปภาพ เช่นเว็บไซต์นำเสนอสไลด์จาก Microsoft PowerPoint



รูปที่ 2.13 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบเชิงเส้น (Linear)

แบบผสม (Combination) เป็นการจัดหน้าเว็บชนิดผสมระหว่างแบบลำดับขั้น และแบบเชิงเส้น มักจะเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถควบคุมการนำเสนอและการเรียกดูได้สะดวก และรวดเร็ว



รูปที่ 2.14 หลักการออกแบบเว็บเพจแบบผสม (Combination)

2.4.2 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ

ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ เกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการหลายระบบ การพัฒนาเว็บเพจที่ดีควรมีการวางแผนก่อนเสมอ เพื่อให้การ แสดงผลได้ถูกต้องตรงกับความต้องการเพราะขบวนการพัฒนาเว็บเพจจะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการ (Operating System:OS) หลายระบบ กล่าวคือ ขณะที่สร้างเอกสารเว็บเพจผู้พัฒนาอาจจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ ดอส (DOS) หรือ

ระบบปฏิบัติการ Windows แต่หลังจากที่พัฒนาแล้วเสร็จจะต้องทำการโอนเอกสารเว็บไปเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย ซึ่งส่วนมากจะเป็นระบบปฏิบัติการ Unix หรือ Windows NT โดยเอกสารเว็บที่ทำการโอนไปยังเครื่องแม่ข่ายอาจจะถูกเรียกดูจากคอมพิวเตอร์ระบบอื่นๆ เช่น Macintosh เป็นต้น

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว นักพัฒนาเว็บเพจจึงควรจะศึกษาถึงข้อกำหนดพื้นฐานที่ควรทราบก่อนอันได้แก่ การกำหนด ชื่อโฟลเดอร์ไฟล์เอกสารเว็บไฟล์ภาพกราฟิกตลอดจนไฟล์อื่นๆที่จะนำมาใช้ในการทำเว็บเพจเพราะระบบปฏิบัติการUNIX มีลักษณะการตั้งชื่อแบบ Case-Sensitive หมายถึง ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก (A และ a) จะถือว่าเป็นตัวอักษร คนละตัวกัน ไม่เหมือนกับระบบปฏิบัติการ DOS หรือ Windows ที่ถือว่าเป็นตัวอักษรตัวเดียวกัน ดังนั้นหาก ผู้พัฒนาใช้ Windows เป็นระบบปฏิบัติการของเครื่องในการสร้างเอกสารเว็บ และกำหนดชื่อไฟล์ Index.htm แต่ขณะที่ป้อนคำสั่งเพื่อลิงก์ ไฟล์ผ่านแป้นพิมพ์เป็น index.html เมื่อโอนถ่ายเอกสารเว็บนั้นๆไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ UNIX เป็นระบบปฏิบัติการจะเกิด

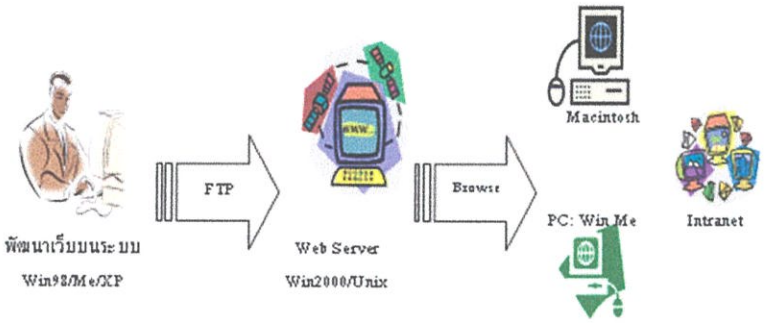
ปัญหาในการแสดงผลได้ เพราะระบบปฏิบัติการที่เครื่องแม่ข่ายจะเห็นเป็นไฟล์ที่แตกต่างกันเนื่องจากชื่อไฟล์ไม่ เหมือนกัน จากที่กล่าวมาข้างต้นขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและตรงกับความต้องการของผู้ใช้สามารถสรุปเป็น หัวข้อได้ดังนี้

1. วางแผนการพัฒนาเว็บเพจ
2. กำหนดไดเร็กทรอรี่ หรือโฟลเดอร์ (Directory/Folder) ที่ใช้เก็บเอกสารเว็บ
3. สร้างภาพหรือจัดหาภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แล้วจัดเก็บไว้ในไดเร็กทรอรี่ตามข้อ2
4. สร้างเอกสารเว็บ โดยกำหนดชื่อไฟล์เอกสารเว็บ ตามข้อกำหนดของผู้ดูแลระบบเครือข่ายและจัดเก็บไว้ในไดเร็กทรอรี่ตามข้อ2
5. ตรวจสอบผลเอกสารเว็บผ่านเบราเซอร์
6. ส่งข้อมูลขึ้นเครื่องแม่ข่าย (Server) และทำการตรวจสอบผลการเรียกดูจากเครื่องแม่ข่าย

รายละเอียดต่างๆในขั้นตอนการพัฒนาเว็บนี้ มีหลายประการที่ต้องขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบ (Web System Administrator) ดังนั้นก่อนดำเนินการพัฒนาเว็บเพจผู้พัฒนาควรติดต่อขอข้อมูลเหล่านี้จากผู้ดูแลระบบก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาภายหลัง

การพัฒนาเว็บเพจที่ดี ควรมีการวางแผนก่อนเสมอ เพื่อให้การแสดงผลเว็บถูกต้อง ตรงกับความต้องการ เพราะขบวน การพัฒนาเว็บเพจ จะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการ (Operating System : OS) หลายระบบ กล่าวคือ ขณะที่สร้างเอกสาร เว็บผู้พัฒนาอาจจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการดอส (DOS) หรือไม่ก็ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 7 แต่หลังจาก ที่พัฒนาเสร็จแล้วจะต้องทำการโอนเอกสารเว็บไปเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย ซึ่งมักจะเป็นระบบปฏิบัติการ Unix หรือไม่ก็

Windows NT เอกสารเว็บที่ทำการโอนไปยังเครื่องแม่ข่ายนี้ อาจจะถูกเรียกดูจากคอมพิวเตอร์ระบบอื่นๆ เช่น Macintosh ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ System 7จะเห็นได้ว่าเอกสารเว็บจะต้องเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการหลายระบบดังนั้นการพัฒนา เว็บเพจต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย



รูปที่ 2.15 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ

ขั้นตอนการพัฒนาเว็บเพจ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และตรงกับความต้องการของผู้ใช้ สามารถจำแนกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

- วางแผนการพัฒนาเว็บเพจ
- กำหนดไดเร็กทรอรี่ หรือโฟลเดอร์ (Directory/Folder) ที่ใช้เก็บเอกสารเว็บ
- สร้างภาพ หรือจัดหาภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แล้วจัดเก็บไว้ในไดเร็กทรอรี่ที่สร้างไว้
- สร้างเอกสารเว็บ โดยกำหนดชื่อไฟล์เอกสารเว็บ ตามข้อกำหนดของผู้ดูแลระบบเครือข่าย (Web System Administrator)และจัดเก็บไว้ในไดเร็กทรอรี่ที่สร้างไว้
- ตรวจสอบผลเอกสารเว็บผ่านเบราเซอร์
- ส่งข้อมูลขึ้นเครื่องแม่ข่าย (Server) และทำการตรวจสอบผลการเรียกดูจากเครื่องแม่ข่าย

2.5 สรุป

ระบบการบริหารจัดการพลังงานเป็นระบบที่ช่วยให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถกระทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทำ peak shifting โดยการเลื่อนการใช้โหลดที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของระบบเครือข่ายสื่อสาร zigbee ซึ่งเป็นเครือข่ายการสื่อสารที่ไร้สายมีเสถียรภาพและความปลอดภัยสูง มีการใช้พลังงานต่ำและมีความยืดหยุ่นสูงควบคุมง่าย มีความเหมาะสมกับการสื่อสารระหว่างกันของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และสุดท้ายทฤษฎีพื้นฐานภาษา HTML ซึ่งจะมีข้อดีคือไฟล์ HTML สามารถทำงานบนเว็บบราวเซอร์ได้ทุกตัวสามารถทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกประเภทที่สนับสนุน HTML และเป็นภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้าง webpage เพื่อการเข้าถึงและควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้โดยเพียงเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ต

บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ได้มีการนำมาติดตั้ง การออกแบบการทดลอง และการวางอุปกรณ์ต่างๆลงตามตำแหน่งภายในตัวอาคาร โดยจะศึกษาการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาใช้ วางแผนการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและเขียนอัลกอริทึมของการทำงาน ศึกษาแผนผังโครงสร้างของตัวอาคารและวางแผนการติดตั้งอุปกรณ์

3.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ได้มีการนำมาติดตั้ง

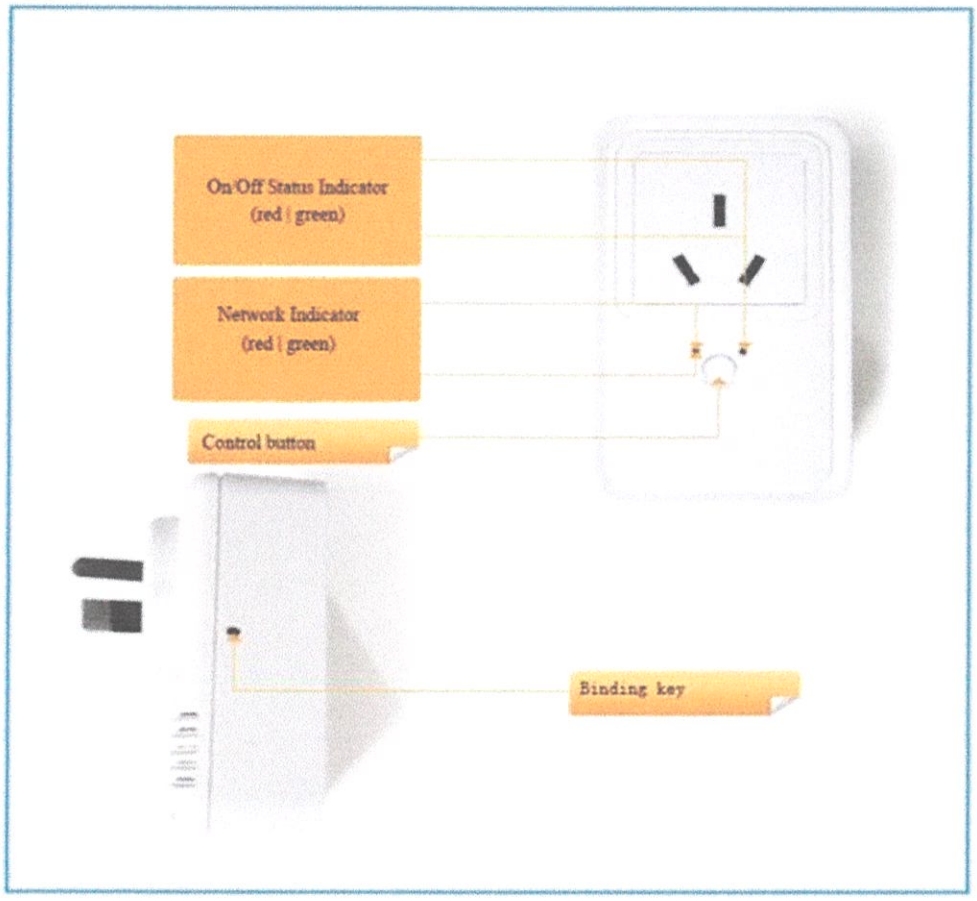
โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการนำมาใช้นั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน มีชนิดของอุปกรณ์และรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 3.1 อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย Zigbee

3.2.1 Z809A เต้ารับ

เป็นเต้ารับอัจฉริยะที่สามารถสั่งควบคุมการทำงานได้

Resistive Load:	15A/250VAC
Communication Range:	150 m.
Temperature:	-10 - 50°C
Humidity:	5-85%RH

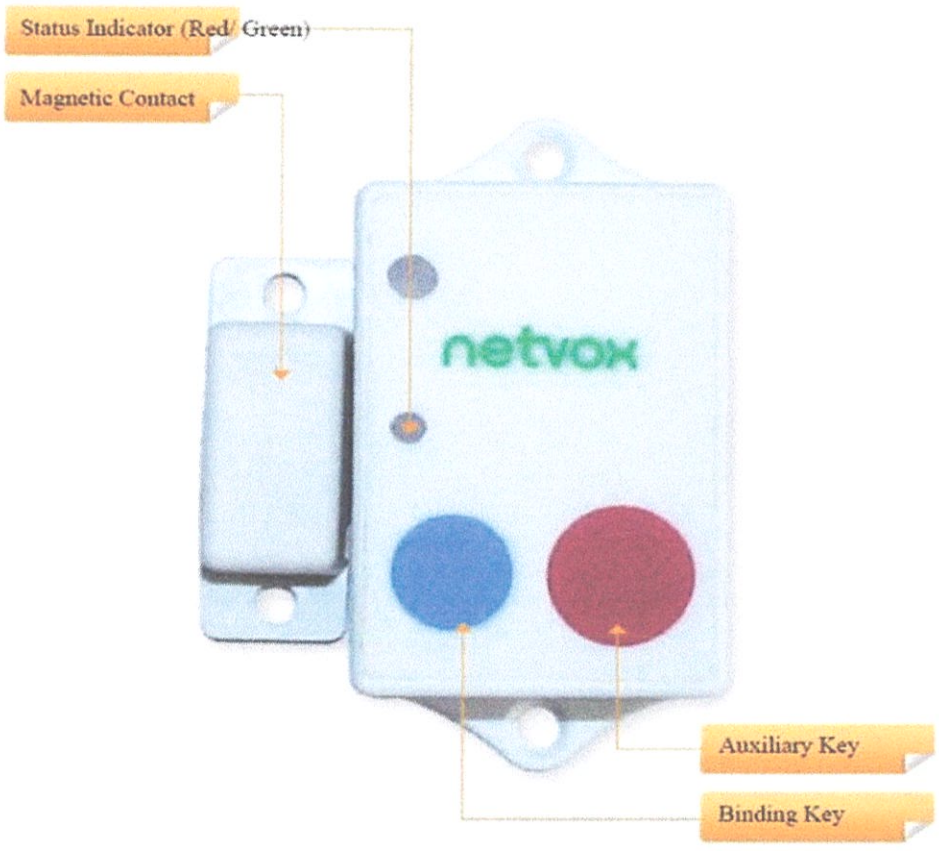


รูปที่ 3.2 เต้ารับ Z809A

3.2.2 Z302A คอนแทกตรวจจับประตู

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบว่าประตูหรือหน้าต่างมีการเปิดปิดหรือไม่

Power Supply:	1CR2450 button cell battery
Battery life:	1000 days
Communication Range:	70 m.
Temperature:	-10 - 50˚C



รูปที่ 3.3 คอนแทกตรวจจับประตู Z302A

3.2.3 Z210 รีโมทอินฟราเรด

รีโมทอินฟราเรดที่ใช้สำหรับสั่งปิดเปิดทีวีหรือ เครื่องปรับอากาศ

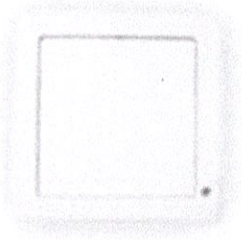
Power Supply:	12 V DC
Communication Range	70 m.
Standby Consumption:	52 mA
Operating Consumption:	370 mA

รูปที่ 3.4 รีโมทอินฟราเรด Z210

3.2.4 ZB02A&B สวิตช์สำหรับติดผนัง

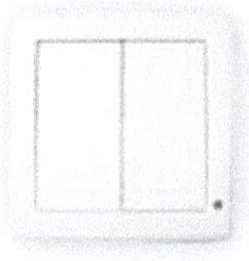
สวิตช์เคลื่อนที่ได้ ที่ใช้สำหรับสั่งปิดหรือเปิดอุปกรณ์

Power Supply:	2 AAA size batteries
Communication Range:	50 m.
Temperature:	-10 - 50°C
Humidity:	5-85%RH



1 gang switch

(ZB02A)



2 gang switch

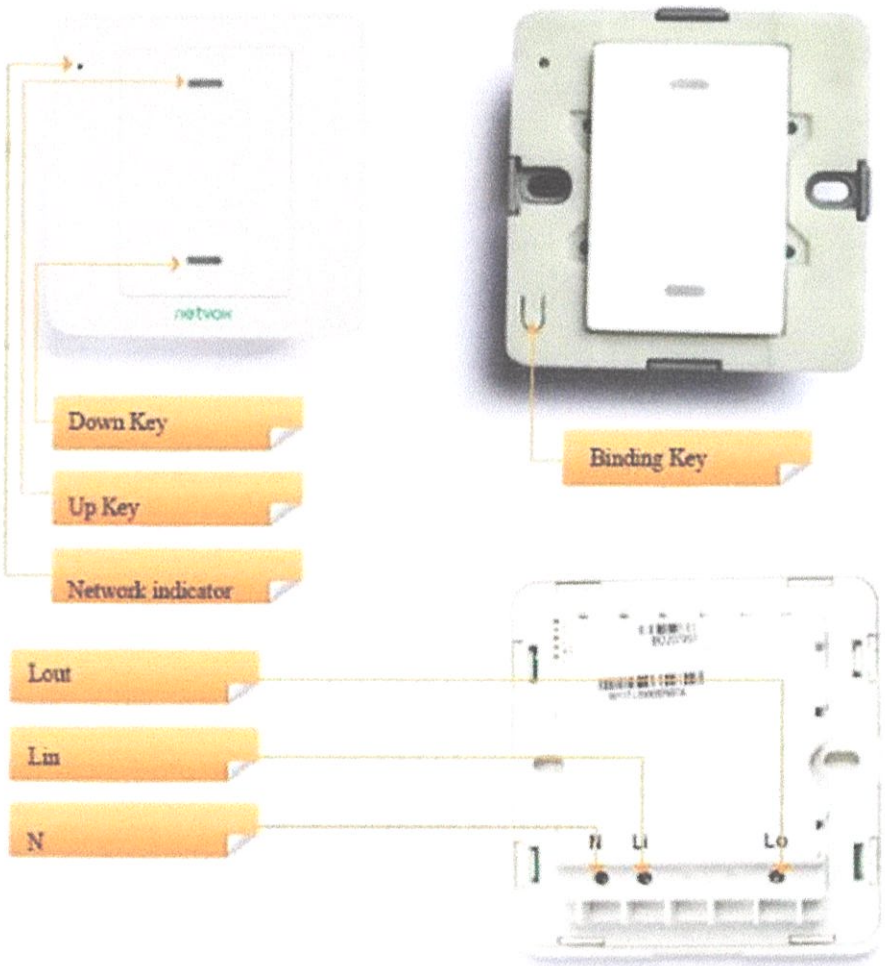
(ZB02B)

รูปที่ 3.5 สวิตช์สำหรับติดผนัง ZB02A&B

3.2.5 Z815L ตัวปรับค่าความสว่าง

ตัวควบคุมความสว่างของหลอดไฟ ใช้สำหรับปรับค่าความสว่าง

Input Power:	100-250 VAC, 50/60 Hz
Resistive Load:	600 W @250 VAC, 400 W @125 VAC
Communication Range:	120 m.
Consumption Monitoring:	125 mA -8 A



รูปที่ 3.6 ตัวปรับค่าความสว่าง Z815L

3.2.6 Z811 แมกเนติกแรงสูง

ตัวตัดต่อวงจร 1 เฟส ที่ใช้กับแรงดันไฟตามบ้านเรือน

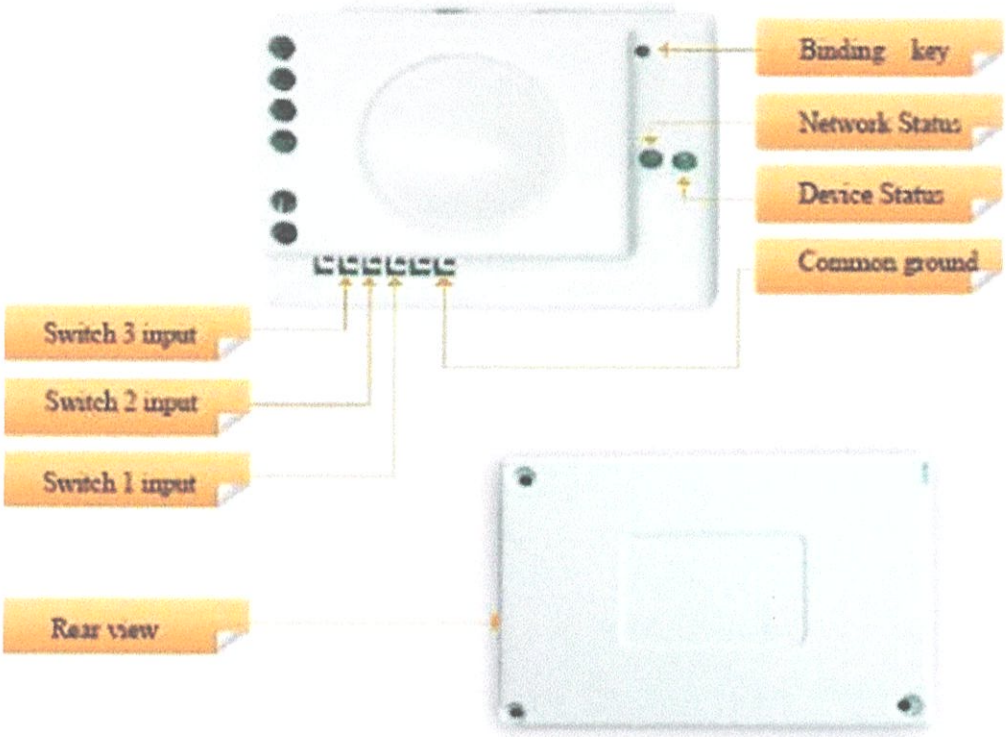
Input Power:	85-265 VAC, 50/60 Hz
Load Resistive:	10 A/250 VAC
Communication Range:	70 m.
Temperature:	-10 - 50°C

รูปที่ 3.7 แมกเนติกแรงสูง Z811

3.2.7 Z801TX รีเลย์แรงดันต่ำ

รีเลย์ที่แรงดันต่ำใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์

Power Supply:	5V DC
Communication Range	80 m.
Temperature	-10 - 50°C
Humidity:	5-85%RH

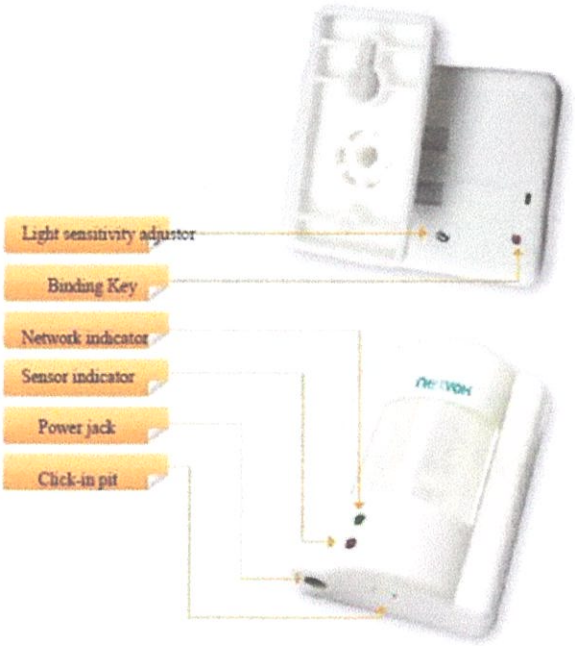


รูปที่ 3.8 รีเลย์แรงดันต่ำ Z801TX

3.2.8 ZB01C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยติดที่ผนัง และส่งสัญญาณไปยังตัว Coordinator

Power Supply:	2 x 3V batteries
Detection Coverage:	4-12m@room temp, Horiz 120deg, Ver 60deg
Communication:	50 m
Temperature:	-10 - 50°C
Humidity:	max 95%RH



รูปที่ 3.9 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง รหัส ZB01C

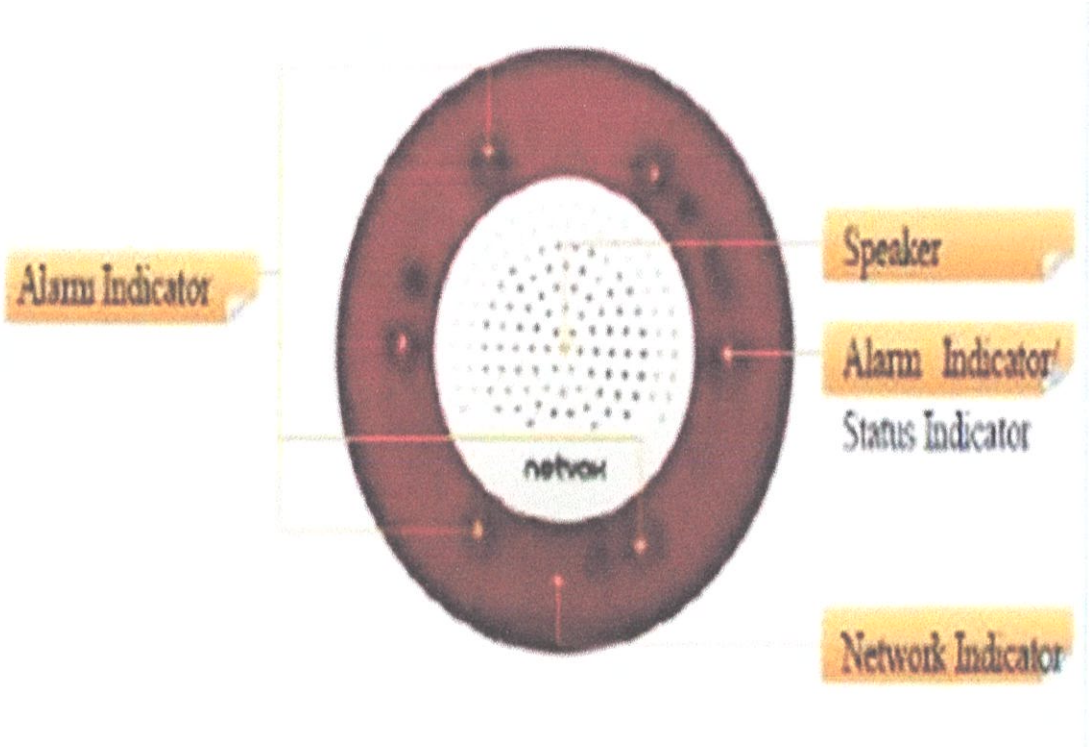
3.2.9 Z601A ตัวส่งสัญญาณเตือน

เป็นตัวที่ใช้ส่งสัญญาณเตือนให้แก่ผู้ใช้เมื่อเกิดเหตุผิดปกติขึ้น

Power Supply: DC 12V

Communication Range: 50 m

Temperature: -10 - 50°C

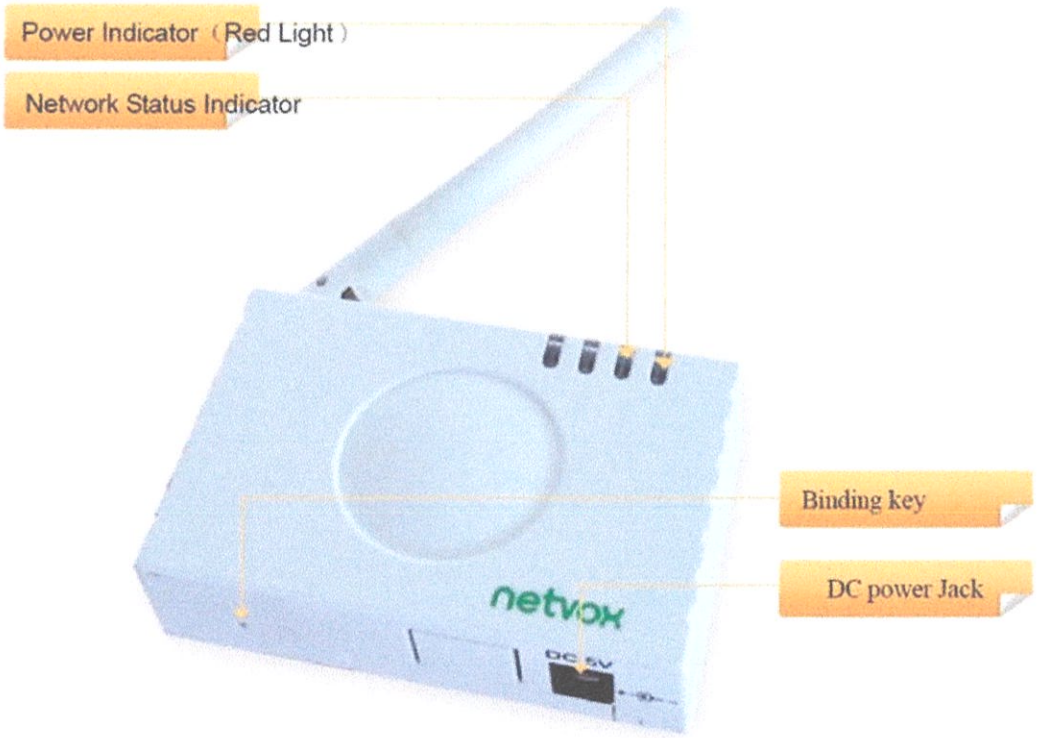


รูปที่ 3.10 ตัวส่งสัญญาณเตือน รหัส Z601A

3.2.10 Z202A เกทเวย์ รับสัญญาณ

เป็นตัวรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตัวอื่นๆภายในบ้านและติดต่อกับผู้ใช้ ทำหน้าที่เป็น Coordinator

Power Supply:	12VDC
Communication Range:	200 m
Temperature:	-10 - 50°C
Humidity:	max 95%RH



รูปที่ 3.11 เกทเวย์รับสัญญาณ รหัส Z202A

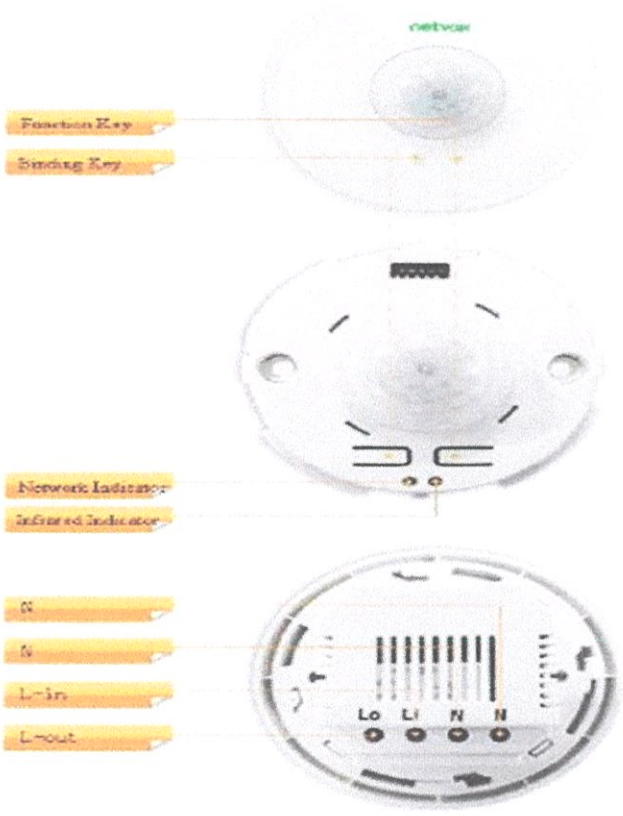
3.2.11 Z817C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดาน

เป็นเซนเซอร์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยติดที่เพดาน และส่งสัญญาณไปยังตัว Coordinator

Communication Range: 50 m

Temperature: -10 - 50°C

Humidity: max 95%RH



รูปที่ 3.12 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดาน รหัส Z817C

3.3 การวางอุปกรณ์ต่างๆลงตามตำแหน่งภายในตัวอาคารและการเชื่อมโยงเครือข่ายของอุปกรณ์

ในการจัดวางอุปกรณ์นั้น พิจารณาตามความคุ้มค่าและครอบคุมพื้นที่ใช้งาน โดยทำการแบ่งพื้นที่เป็นส่วนๆ โดยแต่ละพื้นที่มีอุปกรณ์ ดังนี้

บริเวณส่วนปฏิบัติงาน มีอุปกรณ์ ZB01C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

Z302A คอนแทกตรวจจับประตู

Z809A เต้ารับ

Z601A ตัวส่งสัญญาณเตือน

ห้องควบคุม มีอุปกรณ์ ZB01C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

Z202A เกทเวย์ รับสัญญาณ

Z811 แมกเนติกแรงสูง

Z210 รีโมทอินฟราเรด

ห้องเตรียมเครื่องดื่ม มีอุปกรณ์ ZB01D เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

ห้องอาจารย์ที่ปรึกษา มีอุปกรณ์ ZB01D เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

Z809A เต้ารับ

ห้องปฏิบัติงาน มีอุปกรณ์ Z817C เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดาน

Z302A คอนแทกตรวจจับประตู

Z809A เต้ารับ

Z601A ตัวส่งสัญญาณเตือน

บริเวณส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่ มีอุปกรณ์ ZB01D เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนัง

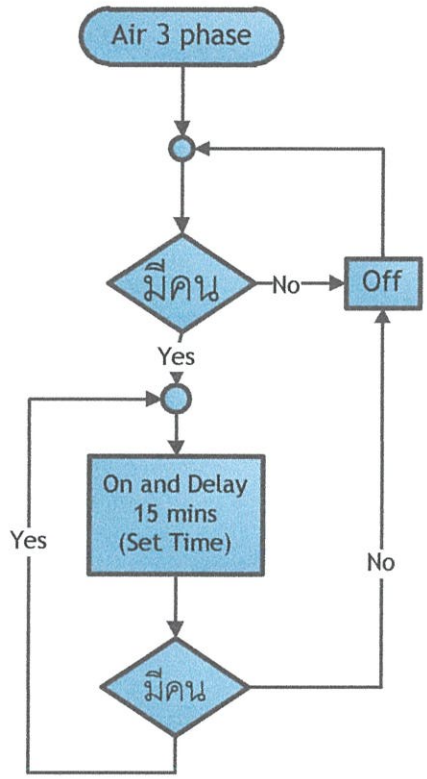
ในส่วนตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์นั้นสามารถดูได้จากรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การวางและการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆลงตามตำแหน่งภายในตัวอาคาร

3.4 แผนการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Load) ภายในตัวอาคาร

3.4.1 เครื่องปรับอากาศ 3 เฟส ติดตั้งบริเวณโต๊ะปฏิบัติงาน

มีการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนังตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด หากไม่มีคนจะไม่ทำการเปิด และเมื่อทำการเปิดอุปกรณ์แล้วจะทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 15 นาที เพื่อป้องกันการเปิดปิดแอร์อย่างฉับพลัน หลังจากนั้นจึงตรวจสอบว่ามีคนหรือไม่ ถ้ามีคนจะทำการเปิดต่อไป แต่หากไม่มีจะทำการปิดทันที

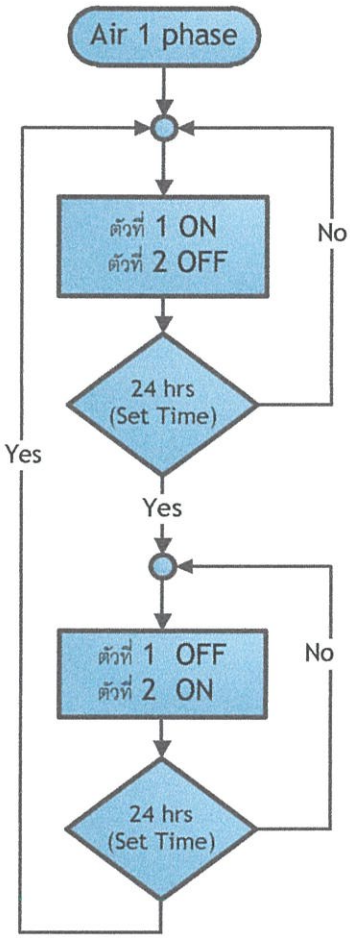


รูปที่ 3.14 แผนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 3 เฟส

หมายเหตุ : เวลา 15 นาทีนั้น ได้มาจากการสังเกตุพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ซึ่งในเวลา 15 นาทีนั้นเป็นเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากผู้ใช้งานมักจะทำงานโดยไม่เคลื่อนไหวตัวประมาณ 15 นาที แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.2 เครื่องปรับอากาศ 1 เฟส จำนวน 2 เครื่อง ติดตั้งภายในห้องควบคุม

มีการทำงานโดยเริ่มจากเมื่อทำการเปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่1 จะทำการหน่วงเวลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะทำการปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่1 และทำการเปิดเครื่องปรับอากาศตัวที่2เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและทำงานวนลูปต่อไป

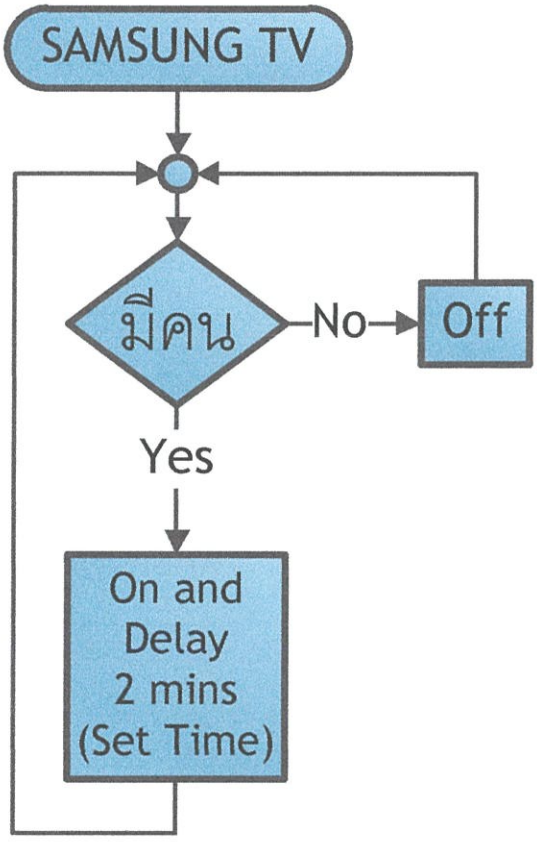


รูปที่ 3.15 แผนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 1 เฟส

หมายเหตุ : เวลา 24 ชั่วโมงนั้น เนื่องจากเป็นเวลาที่เหมาสมเพื่อให้เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีช่วงเวลาในการทำงานและมีช่วงเวลาในการพักการทำงานอย่างเหมาะสม แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.3 โทรทัศน์ ที่ติดตั้งหน้าห้องควบคุม

มีแผนการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดพนังตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 2 นาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

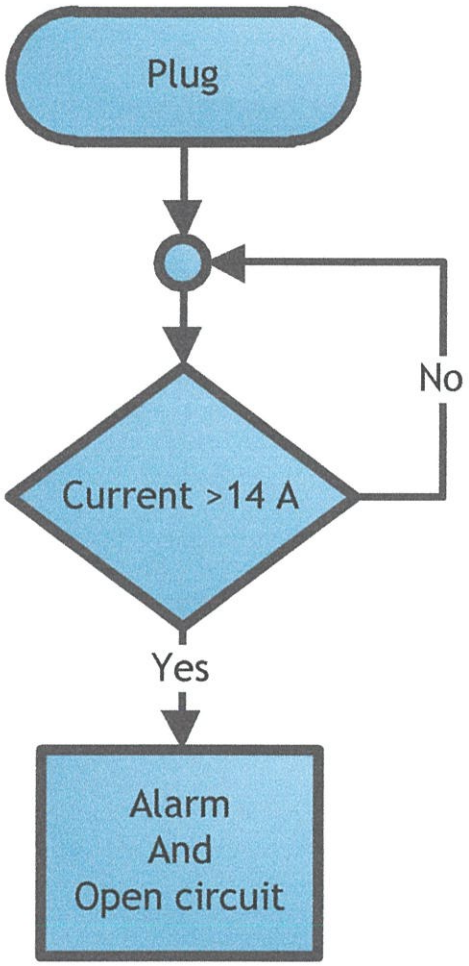


รูปที่ 3.16 การควบคุมโทรทัศน์ ที่ติดตั้งหน้าห้องควบคุม

หมายเหตุ : เวลา 2 นาที มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้งาน แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.4 เต้ารับ

มีการวัดค่าการใช้พลังงานของเต้ารับทุกตัว และทำการป้องกันเต้ารับทุกตัวจากการใช้กระแสเกินพิกัดของอุปกรณ์ โดยหากมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกิน 14 แอมแปร์ จะมีสัญญาณเตือน และทำการเปิดวงจรเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวเต้ารับ

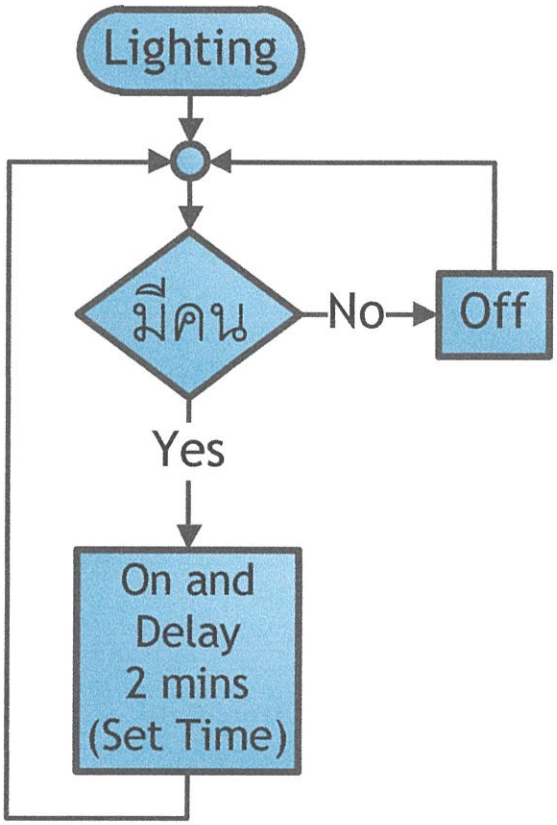


รูปที่ 3.17 แผนการทำงานของเต้ารับ

หมายเหตุ : ค่ากระแสไฟฟ้า 14 แอมแปร์ มาจากค่าพิกัดกระแสของอุปกรณ์ที่ 15 แอมแปร์ และใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดผลาดที่ 90% จะได้กระแสที่ต้องทำการป้องกันที่ 14 แอมแปร์ แต่ค่ากระแสนี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.5 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณห้องเตรียมเครื่องดื่ม

มีแผนการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนังตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 2 นาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

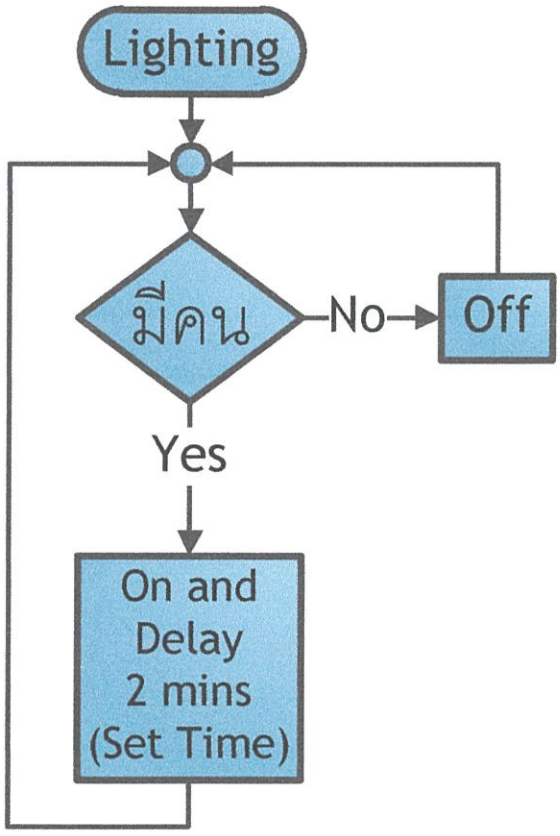


รูปที่ 3.18 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณห้องเตรียมอาหาร

หมายเหตุ : เวลา 2 นาที มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานในการเตรียมเครื่องดื่มซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 2 นาที แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.6 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณทางเดินไปห้องสุขา

มีแผนการทำงานโดยถ้ามีการเปิดประตู จะทำการเปิดไฟทางเดินไปห้องสุขา และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 2 นาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากประตูไม่มีการเปิด จะทำการปิดไฟทางเดิน

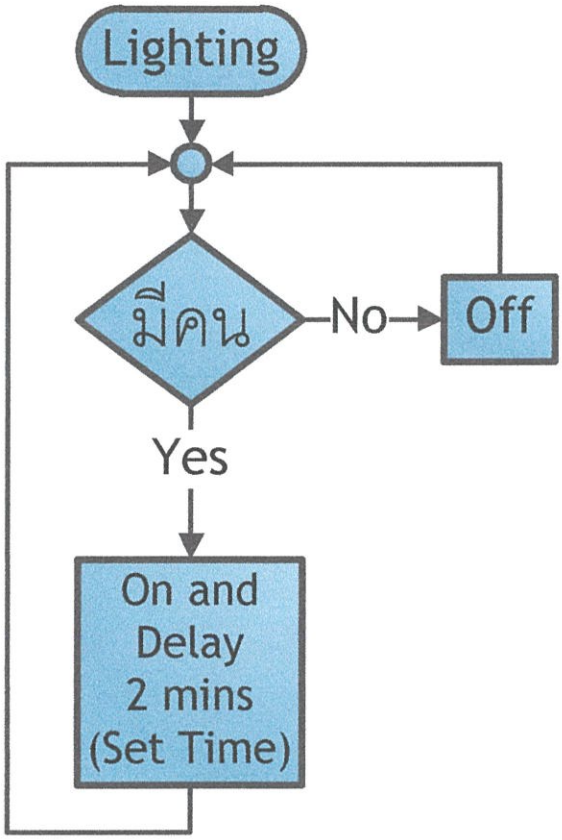


รูปที่ 3.19 แผนการทำงานหลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณทางเดินไปห้องสุขา

หมายเหตุ : เวลา 2 นาที มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานในการเดินไปและกลับในการเข้าห้องสุขาเป็นเวลาเฉลี่ย 2 นาที แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.7 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณส่วนปฏิบัติงาน

มีการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนังตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 2 นาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

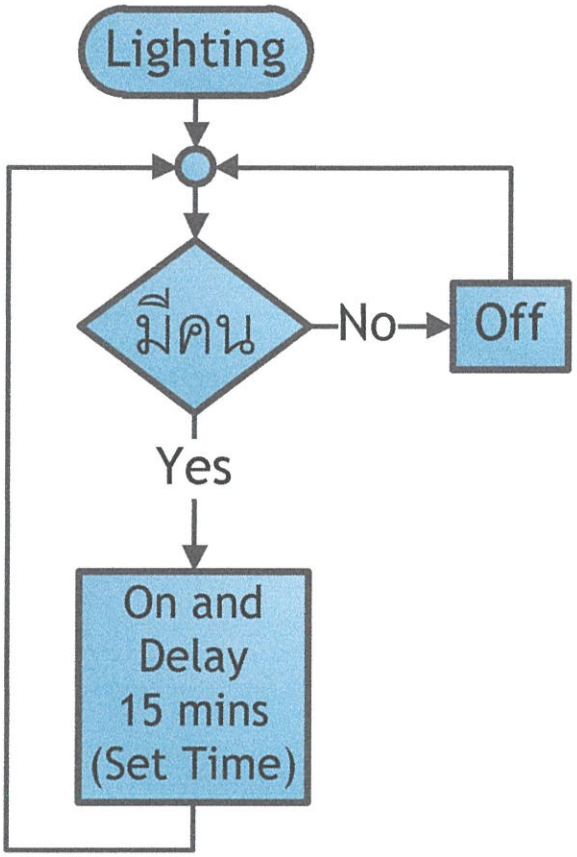


รูปที่ 3.20 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณส่วนปฏิบัติงาน

หมายเหตุ : เวลา 2 นาที มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้งาน แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.8 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่ ห้องควบคุมและห้องอาจารย์ที่ปรึกษา

มีการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดผนังตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 15 นาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

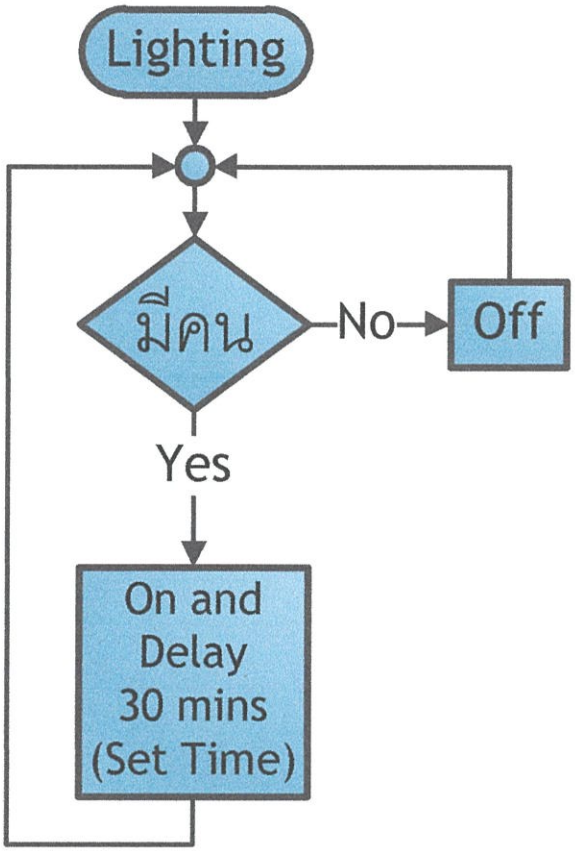


รูปที่ 3.21 แผนการทำงานของหลอดไฟที่ติดตั้งบริเวณส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ : เวลา 15 นาที มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้งาน แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.9 หลอดไฟ ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน

มีแผนการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดานตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 30 วินาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

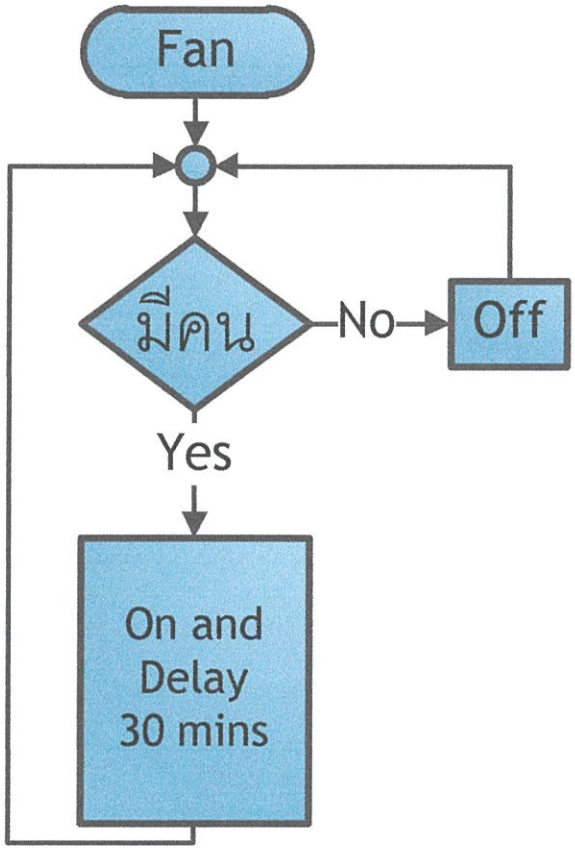


รูปที่ 3.22 แผนการทำงานของหลอดไฟ

หมายเหตุ : เวลา 30 วินาทีนั้น มาจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ซึ่งมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวทุกๆ 30 วินาที

3.4.10 พัดลม ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน

มีแผนการทำงานโดยเริ่มจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดติดเพดานตรวจจับว่ามีคนอยู่หรือไม่ ถ้ามีคนให้ทำการเปิด และทำการหน่วงเวลา เป็นเวลา 30 วินาทีแล้วจึงทำการตรวจสอบเงื่อนไขใหม่ หากไม่มีคนจะทำการปิด

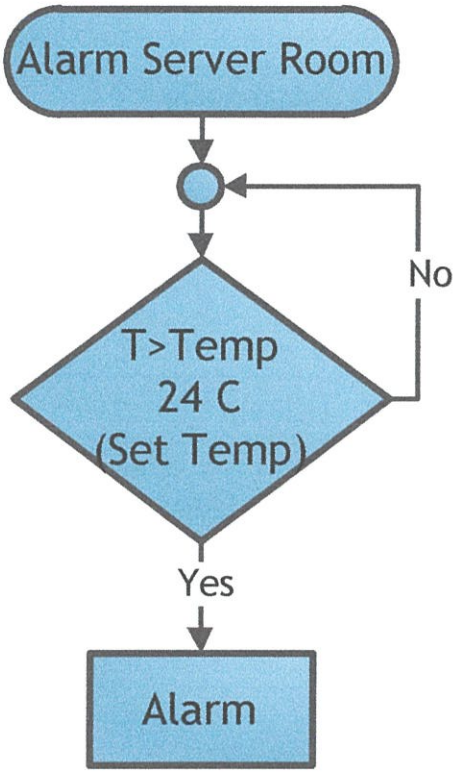


รูปที่ 3.23 พัดลม ที่ติดตั้งบริเวณห้องปฏิบัติงาน

หมายเหตุ : เวลา 30 วินาทีนั้น มาจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ซึ่งมีการตรวจจับความเคลื่อนไหวทุกๆ 30 วินาที

3.4.11 ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิภายในห้องควบคุม

มีแผนการทำงานโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิมีค่าเกิน 24 องศาเซลเซียส จะทำการแจ้งเตือน

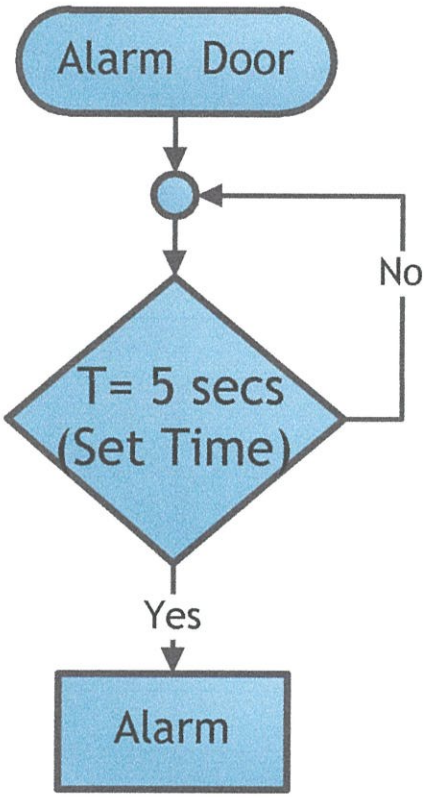


รูปที่ 3.24 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนระบบความปลอดภัยห้องควบคุม

หมายเหตุ : อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุปกรณ์ภายในห้องควบคุมนั้นต้องมีการรักษาอุณหภูมิที่เหมาะสม เพราะหากอุณหภูมิสูงจะทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย แต่อุณหภูมินี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.12 ระบบแจ้งเตือนการปิดประตูไม่สนิท

เนื่องจากการปิดประตูไม่สนิทนั้นจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีการทำงานมากขึ้นเป็นการสูญเสียพลังงานโดยไม่สมควร จึงได้ทำระบบแจ้งเตือนการปิดประตูไม่สนิทขึ้น โดยมีแผนการทำงานคือ เมื่อมีการเปิดประตู จะทำการหน่วงเวลา 5 วินาที หากประตูไม่ปิดจะทำการแจ้งเตือน

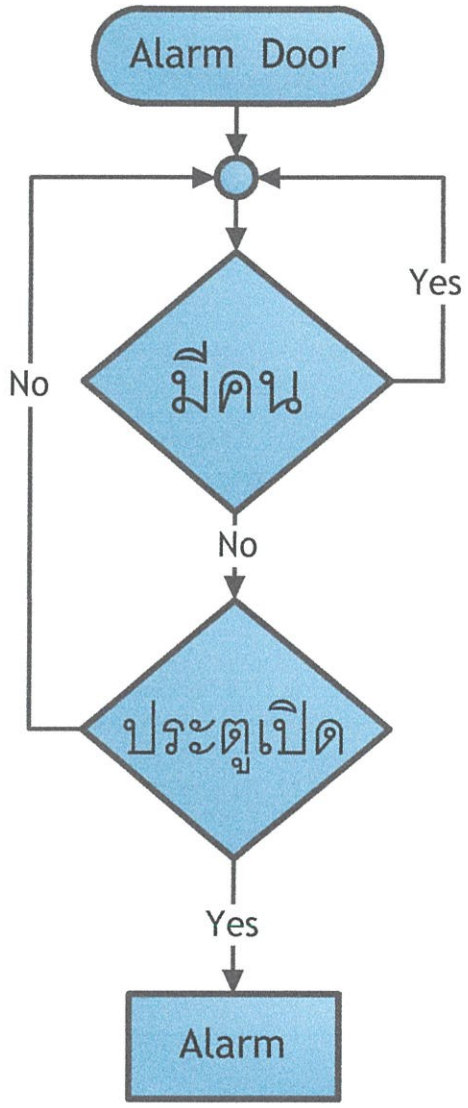


รูปที่ 3.25 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนประตู

หมายเหตุ : เวลา 5 วินาทีนั้น มาจากการสังเกตุพฤติกรรมของผู้ใช้งาน ซึ่งในเวลา 5 วินาทีนั้นเป็นเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากหากผู้ใช้งานปิดประตูไม่สนิทจะสามารถได้ยินเสียงเตือนเพื่อให้กลับมาปิดประตูให้สนิทได้ทัน แต่เวลานี้สามารถปรับแก้ตามความเหมาะสมได้

3.4.13 ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก

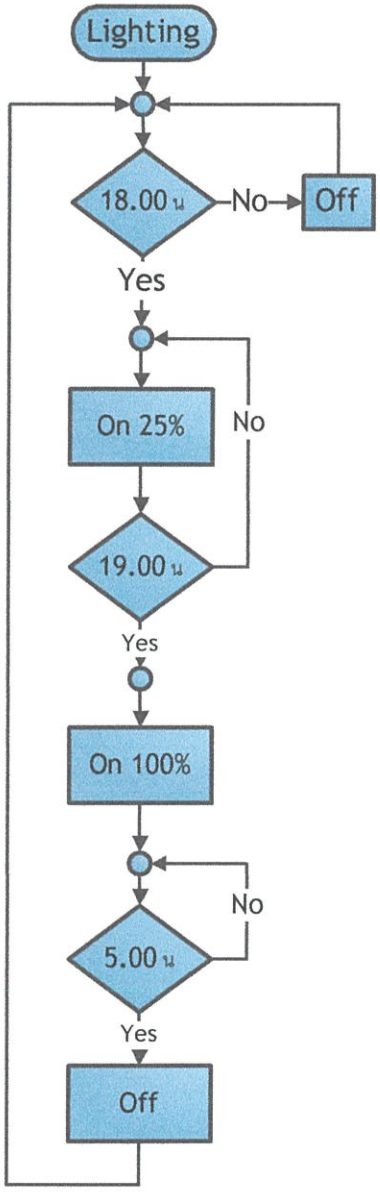
การแจ้งเตือนผู้บุกรุกกระทำโดย หากเซนเซอร์ตรวจไม่พบการเคลื่อนไหวบริเวณห้องปฏิบัติงาน และมีการเปิดประตูจากภายนอกอาคาร จะทำการแจ้งเตือนสัญญาณว่ามีการบุกรุกเกิดขึ้น



รูปที่ 3.26 แผนการทำงานของระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก

3.4.14 หลอดไฟ ติดตั้งหน้าอาคาร

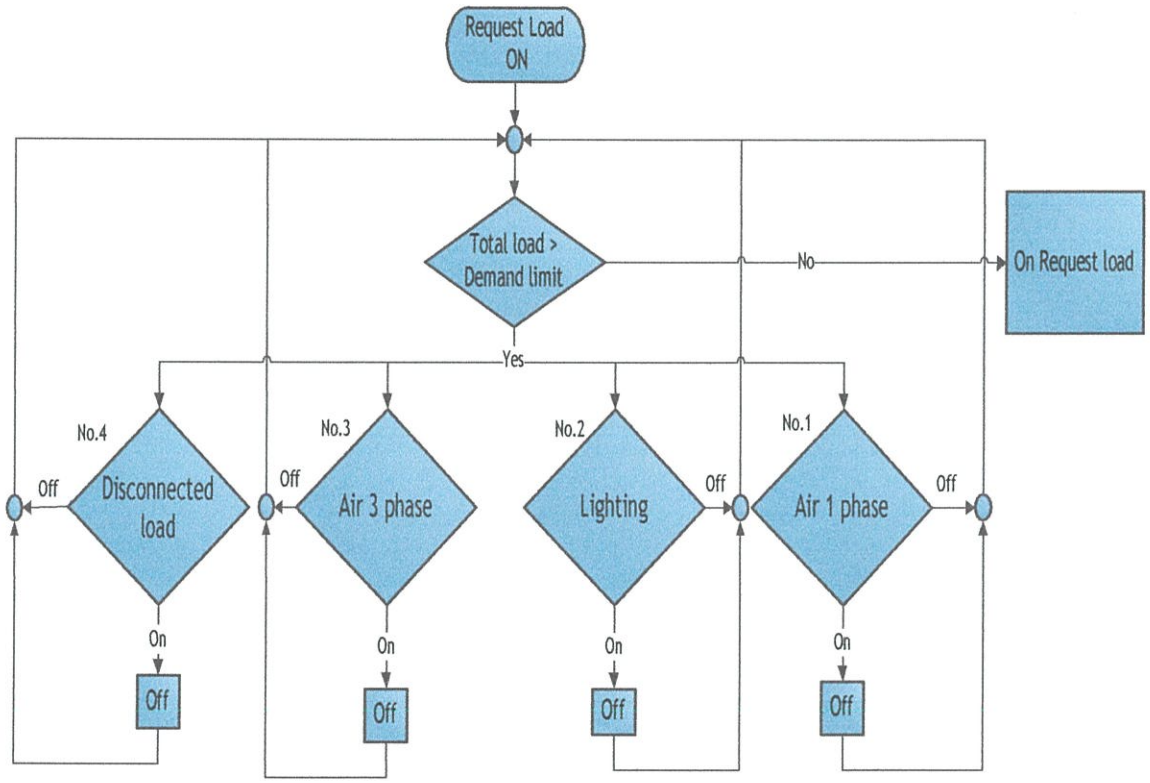
ที่เวลา 18.00น ทำการเปิดไฟ 10% ของค่าพิกัดแรงดัน และที่เวลา 19.00น ทำการเปิดไฟ 100% ของพิกัดแรงดัน และเมื่อถึงเวลา 5.00น ทำการปิดไฟทันที



รูปที่ 3.27 แผนการทำงานหลอดไฟ ติดตั้งหน้าอาคาร

3.4.15 ระบบการบริหารจัดการโหลดที่สำคัญ

มีแผนการทำงานโดยตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงานรวมว่าปริมาณมากกว่าค่าพิกัดการใช้พลังงานหรือไม่ หากมีการใช้พลังงานรวมมากกว่าค่าพิกัดการใช้พลังงาน จะทำการปิดโหลด โดยเรียงตามลำดับตามความสำคัญของโหลดดังนี้ อันดับที่ 1 เครื่องปรับอากาศ 1 เฟส อันดับที่ 2 หลอดไฟ อันดับที่ 3 เครื่องปรับอากาศ 3 เฟส อันดับที่ 4 เต้ารับ โดยเมื่อทำการปิดโหลดที่มีความสำคัญน้อยที่สุดแล้ว จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขซ้ำ หากยังมีการใช้พลังงานมากกว่าค่าพิกัดการใช้พลังงานอยู่ จะทำการปิดโหลดที่มีลำดับความสำคัญน้อยในลำดับถัดไป จนกว่าการใช้พลังงานรวมจะมีค่าน้อยกว่าค่าพิกัดการใช้พลังงาน



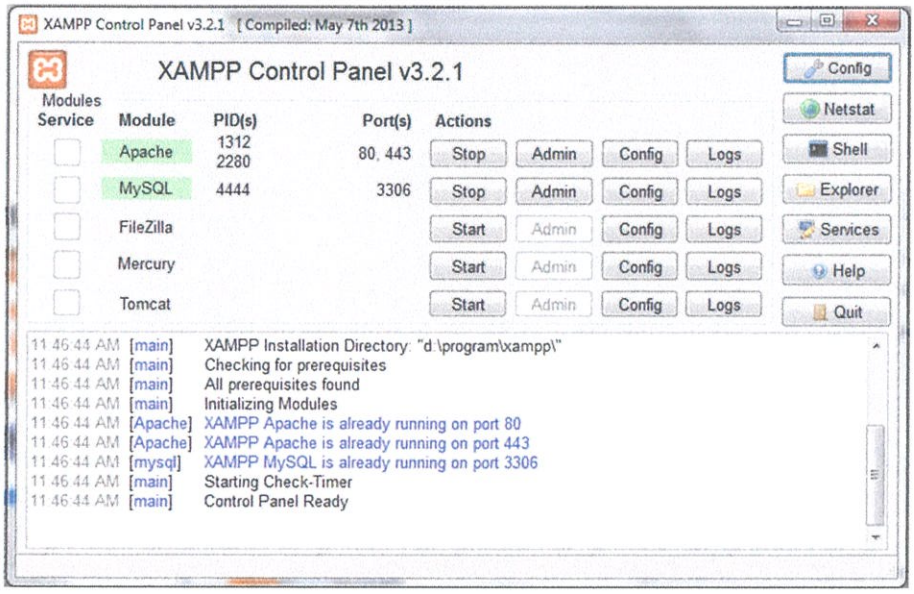
รูปที่ 3.28 แผนการทำงานของระบบการบริหารจัดการโหลดที่สำคัญ

3.5 การออกแบบหน้าเว็บสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต

3.5.1 การสร้างฐานข้อมูลและตารางด้วย phpMyAdmin

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างฐานข้อมูลของผู้ที่ต้องการเข้ามาควบคุมอุปกรณ์ โดยสามารถสร้างฐานข้อมูลได้จากการใช้โปรแกรม XAMPP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองเครื่องพีซีให้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับการทดสอบเขียนสคริปต์ภาษา PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL

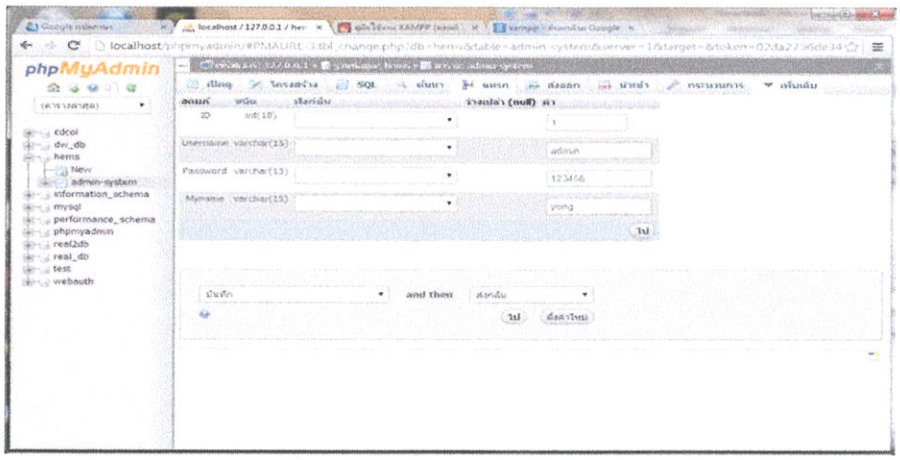
การสร้างเริ่มจากเปิดการทำงานของโปรแกรม XAMPP แล้วเปิดการทำงานของ Apache และ MySQL เพื่อให้สามารถจำลองการทำงานของหน้าเว็บที่จะทำการเขียนได้



รูปที่ 3.29 โปรแกรม XAMPP ที่ใช้จำลองเครื่องพีซีให้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนต่อมาทำการเปิดเว็บบราวเซอร์ขึ้นมา ในการทดลองนี้ได้ใช้โปรแกรม Google Chrome และในที่อยู่ของหน้าบราวเซอร์ชื่อว่า http://hems.realkmitl.org เพื่อทำการสร้างฐานข้อมูลของผู้ใช้เก็บไว้ในตารางของฐานข้อมูล

ดังรูปที่ 3.30 ผู้ออกแบบการทดลองได้สร้าง username และ password ขึ้นมาโดยใช้มีค่าเป็น admin และ 123456 ตามลำดับ และมีชื่อผู้ใช้เป็น yong หลังจากทำการสร้างตารางและฐานข้อมูลของผู้ใช้ขึ้นมาเสร็จเรียบร้อย ในขั้นตอนต่อไปก็จะทำการนำฐานข้อมูลนี้ไปใช้เป็น ชื่อและรหัสของผู้ที่ต้องการเข้ามาควบคุมอุปกรณ์ในห้องทดลอง



รูปที่ 3.30 หน้าบราวเซอร์ของ Google Chrome

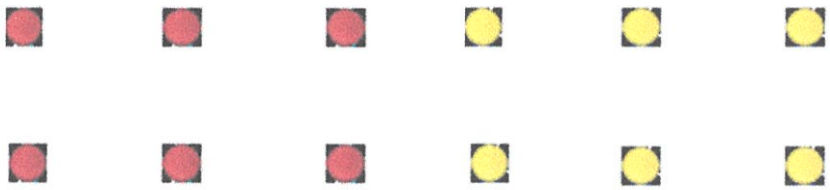
3.5.2 การออกแบบหน้าเว็บโดย Dreamweaver

ในขั้นตอนการออกแบบหน้าเว็บ ผู้ออกแบบการทดลองได้ใช้โปรแกรม Dreamweaver ในการออกแบบหน้าเว็บ หลังจากนั้นทำการใส่รูปเพื่อทำการแทนสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่จะควบคุมลงในโปรแกรม Dreamweaver ดังนี้

รูปแปลนของตัวอาคารสำหรับแทนห้องต่างๆในตัวอาคาร

รูปที่ 3.31 แปลนของตัวอาคาร

รูปกลุ่มของวงกลมสีแดงเป็นสัญลักษณ์แทนหลอดไฟที่ปิดอยู่ และกลุ่มของวงกลมสีเหลืองเป็นสัญลักษณ์แทนหลอดไฟที่เปิดอยู่



รูปที่ 3.32 สัญลักษณ์แทนกลุ่มของหลอดไฟ

รูปของสี่เหลี่ยมและวงกลมสีแดงและสีเขียวเป็นสัญลักษณ์แทน อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ พัดลม ทีวี โดยสีเขียวจะหมายถึงการที่อุปกรณ์ทำงานอยู่ และสีแดงแทนอุปกรณ์ที่ไม่มีการทำงาน

รูปที่ 3.33 สัญลักษณ์กลุ่มของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

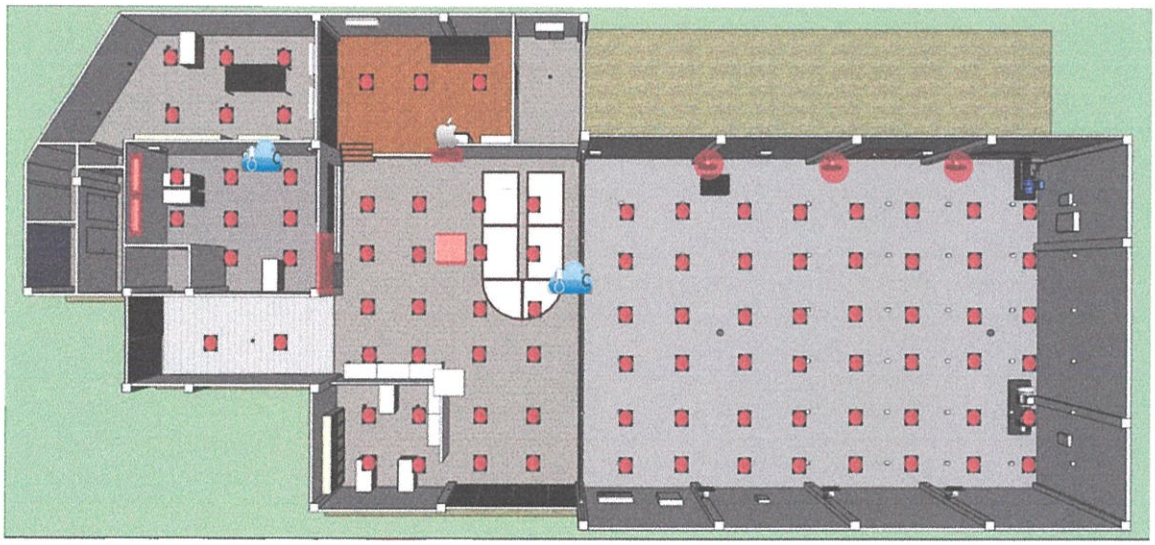
รูปเมฆสีน้ำเงินเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนค่าอุณหภูมิ ภายในพื้นที่นั้นๆ

รูปที่ 3.34 สัญลักษณ์ค่าอุณหภูมิ

รูปสวิตช์ที่ใช้ในการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อให้อุปกรณ์มีสถานะตามที่ต้องการ โดยมีสองแบบคือแบบเปิดและแบบปิด

รูปที่ 3.35 สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

เมื่อกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนอุปกรณ์ภายในตัวอาคารเสร็จเรียบร้อย ขั้นต่อมาทำการจัดรูปแบบของหน้าเว็บลงในโปรแกรม Dreamweaver ให้ตรงตามตำแหน่งของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในภายในตัวอาคาร โดยจะแสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนอุปกรณ์ที่ปิดอยู่ และจะทำการซ่อนสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนอุปกรณ์ที่เปิดอยู่และรูปของตัวสวิตช์ลงในหน้าเว็บ จะได้ออกมาดังนี้



รูปที่ 3.36 หน้าเว็บที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

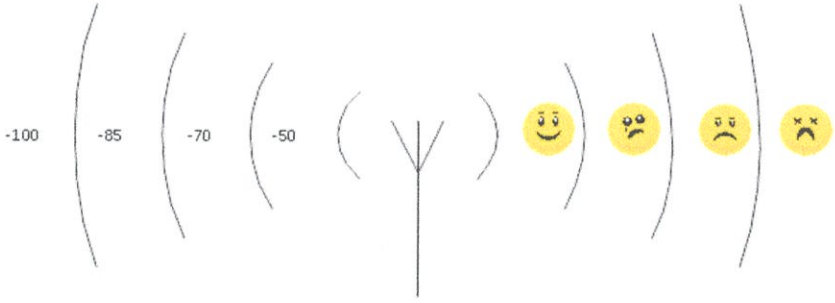
3.5.3 การเขียนคำสั่งสคริปเพื่อใช้ในการแสดงผลและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

ขั้นตอนแรกผู้ออกแบบการทดลอง ทำการเชื่อมการทำงานเข้ากับเครือข่ายของอุปกรณ์ซิกบีซึ่งเป็นแอดเดรสของเครือข่ายอุปกรณ์ หลังจากที่ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายของตัวอุปกรณ์ซิกบีได้แล้ว ทำการเขียนสคริปเพื่อควบคุมและแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ในการทดลองนี้ผู้ออกแบบใช้

ภาษา JavaScript ในการเขียน และใช้ Middleware iHomeWhiz v2014a เข้ามาช่วยเพื่อให้ง่ายต่อการเขียน

3.6 การออกแบบการทดสอบสัญญาณ LQI และ RSSI

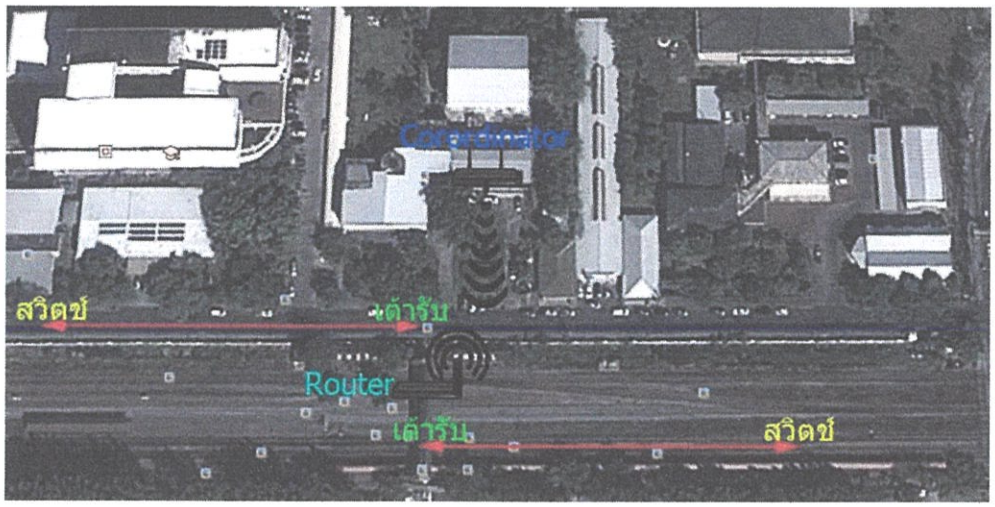
การทดลองการทดสอบสัญญาณของซิกบี จะทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ 1. การทดสอบสัญญาณซิกบีในพื้นที่โล่งและ 2. การทดสอบสัญญาณซิกบีโดยมีวัสดุกีดขวาง เพื่อศึกษาระยะการทำงานที่เหมาะสม โดยการทดสอบจะเป็นการวัดค่า LQI (Link Quality Indicator) และ RSSI (Radio Signal Strength Indicator) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของสัญญาณ โดยค่า LQI จะเป็นตัวบอกคุณภาพของสัญญาณจากฝั่งตัวรับซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดยถ้ามีค่ามากนั้นแสดงถึงสัญญาณที่มีคุณภาพ ในส่วนของ RSSI จะเป็นการวัดความแรงของสัญญาณซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -45 dB ถึง -100 dB โดยค่ายิ่งน้อยจะแสดงถึงความแรงที่ต่ำ ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบี 2 ตัว วัดค่าสัญญาณตามระยะทางต่างๆโดยการใช้โปรแกรม ZigButler



รูปที่ 3.37 ระดับสัญญาณที่ช่วงต่างๆของค่าRSSI

3.6.1 การทดสอบสัญญาณในแนวราบ โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง

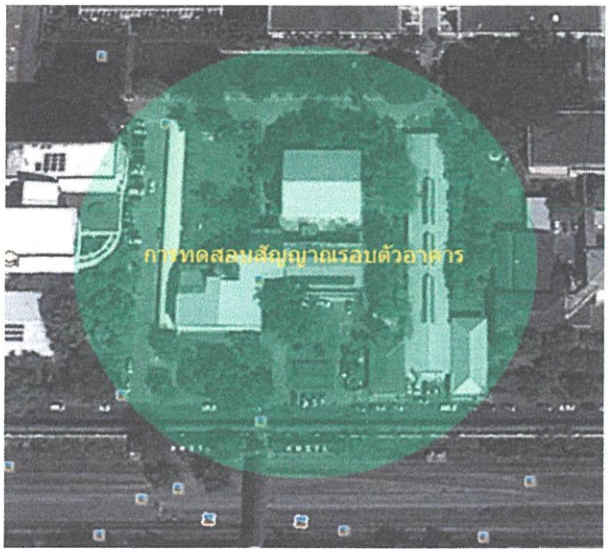
ในการทดลองนี้จะเป็นวัดสัญญาณในแนวราบโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง โดยการนำเต้ารับเคลื่อนที่ และตัวสวิตช์เปิดปิดเคลื่อนที่ที่สามารถส่งสัญญาณซิกบีได้ มาทำการทดสอบสัญญาณ โดยจะนำตัวเต้ารับไปวางไว้ในที่โล่ง ต่อมานำตัวสวิตช์มากดเพื่อดูคุณภาพสัญญาณซิกบี หลังจากนั้นทำการเพิ่มระยะของการกดครั้งละ 10 เมตรตรงไปตามทางเดินของทางเข้าหอพักนักศึกษาของสถาบัน สุดท้ายทำการบันทึกผลค่าของสัญญาณ LQI และ RSSI ผ่านโปรแกรม ZigButler



รูปที่ 3.38 วิธีการวัดสัญญาณในแนวราบ โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง

3.6.2 การทดสอบสัญญาณในแนวราบ โดยมีสิ่งกีดขวาง

ในการทดลองนี้จะทำการวัดสัญญาณในแนวราบโดยมีสิ่งกีดขวาง โดยการนำสวิตช์เปิดปิดเคลื่อนที่ที่สามารถส่งสัญญาณซิกบีได้ มาทำการทดสอบสัญญาณ โดยจะสุ่มจุดที่จะทดสอบสัญญาณรอบๆตัวอาคารซึ่งจะมีสิ่งกีดขวางอยู่รอบๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวอาคารหรือต้นไม้ ต่อมาทำการกดปุ่มเพื่อดูคุณภาพของสัญญาณ สุดท้ายทำการบันทึกผลผ่านโปรแกรม ZigButler



รูปที่ 3.39 วิธีการวัดสัญญาณในแนวราบ โดยมีสิ่งกีดขวาง

3.6.3 การทดสอบสัญญาณในแนวดิ่ง โดยมีสิ่งกีดขวาง

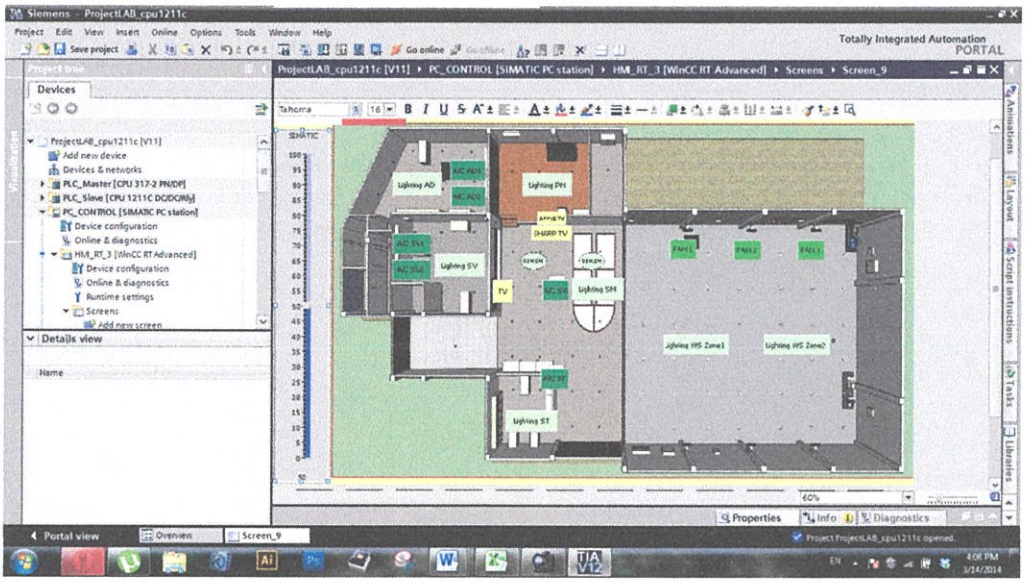
ในการทดลองนี้จะทำการวัดสัญญาณในแนวดิ่งโดยมีสิ่งกีดขวาง โดยการนำเต้ารับเคลื่อนที่ และตัวสวิตช์เปิดปิดเคลื่อนที่ที่สามารถส่งสัญญาณซิกบีได้ มาทำการทดสอบสัญญาณ ใช้เต้ารับเคลื่อนที่วางไว้ที่ชั้นแรกของอาคาร ECC ต่อมานำตัวสวิตช์เคลื่อนที่กดส่งสัญญาณซิกบี และเปลี่ยนไปตามชั้นต่างๆ สุดท้ายทำการบันทึกผลผ่านโปรแกรม ZigButler

รูปที่ 3.40 การวัดสัญญาณในแนวดิ่ง โดยมีสิ่งกีดขวาง

3.7 การออกแบบหน้าจอสำหรับการบริหารจัดการพลังงาน

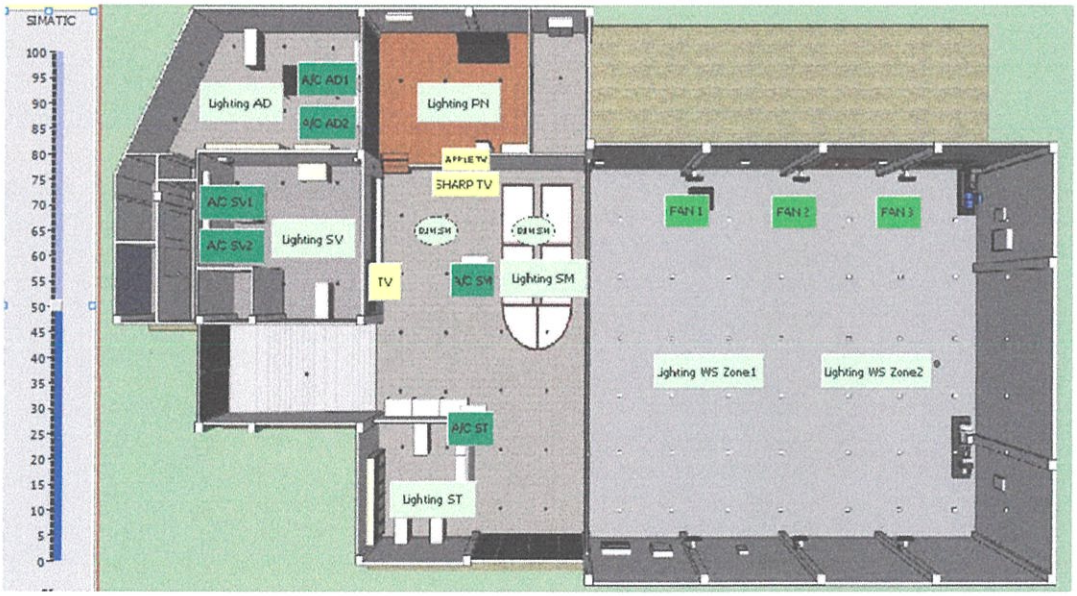
ในหัวข้อนี้ ผู้ออกแบบการทดลองได้ทำการโดยใช้หลักการของการบริหารจัดการพลังงาน(Demand Side Management)เข้ามาช่วยในการจัดการควบคุมโหลดภายในอาคาร

การออกแบบนี้ผู้ออกแบบได้ใช้ TIA Portal V12 ของบริษัท Siemens ซึ่งจะทำการควบคุมผ่านอุปกรณ์ PLC รุ่น S7 1200 และส่งข้อมูลมายังตัวอุปกรณ์ซิกบี อินเตอร์เฟส RS 485 เพื่อทำการควบโหลดในขั้นต่อไป



รูปที่ 3.41 โปรแกรม TIA Portal V12

โดยภายในหน้าจอของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย แทบเลื่อนสำหรับการตัดโหลด แปลนตัวอาคาร และปุ่มสำหรับใช้ในการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ภายในตัวอาคาร แถบเลื่อนจะใช้สำหรับการตัดโหลดออกเมื่อต้องการที่จะควบคุมการใช้พลังงาน ปุ่มสำหรับใช้ในการสั่งเปิดหรือปิดอุปกรณ์ภายในตัวอาคาร



รูปที่ 3.42 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ภายในหน้าจอ

3.8 สรุป

การออกแบบระบบการบริหารจัดการพลังงานเพื่อช่วยให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ทำโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้มาตรฐานการสื่อสารแบบซิกบี เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการจัดการระบบบริหารการใช้พลังงาน โดยทำงานตามอัลกอริทึมที่ได้ทำการออกแบบจากการที่ได้ศึกษาเรื่องการประหยัดพลังงานและนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในอาคารเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุด และทำการวางแผนการติดตั้งอุปกรณ์ตามความเหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่การใช้งาน

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

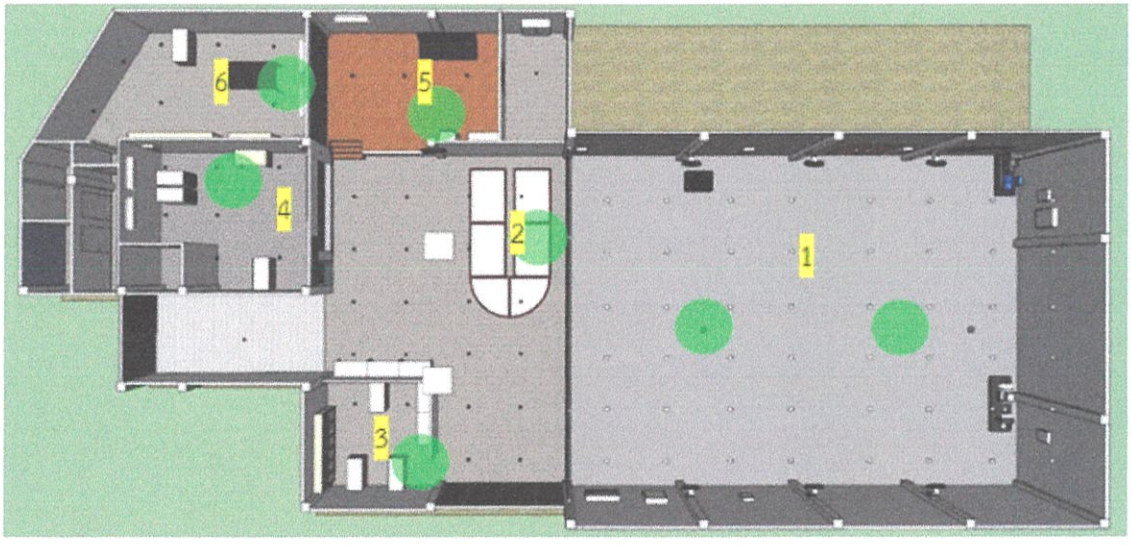
4.1 บทนำ

บทนี้จะนำเสนอการทดลองและผลการทดลองของระบบการบริหารจัดการพลังงานในบ้านโดยใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีการสื่อสารซิกบีเข้าช่วย เพื่อช่วยจัดการความต้องการในการใช้ไฟฟ้าและประหยัดการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น รวมถึงการทดสอบระดับความเข้มของสัญญาณซิกบีในกรณีที่อยู่ในพื้นที่โล่งไม่มีวัสดุกีดขวางและในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสัญญาณและวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างที่เหมาะสมกับสัญญาณต่อไป

4.2 การทดลองเรื่องระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านโดยใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสื่อสารซิกบีเข้าช่วย

4.2.1 การออกแบบวางแผน

ทำการออกแบบ Layout จากโครงสร้างตึกอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงศึกษาและพิจารณาตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์แต่ละตัวโดยตำแหน่งสีเขียวดังรูปที่ 4.1 จะเป็นตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักที่จะใช้สั่งและควบคุมให้อุปกรณ์อื่นทำงาน และเป็นการแบ่งโซนในอาคารออกเป็น 6 ส่วนตามลำดับ และในรูปที่ 4.2 จะเป็นตำแหน่งของอุปกรณ์ซิกบีทั้งหมดภายในอาคาร

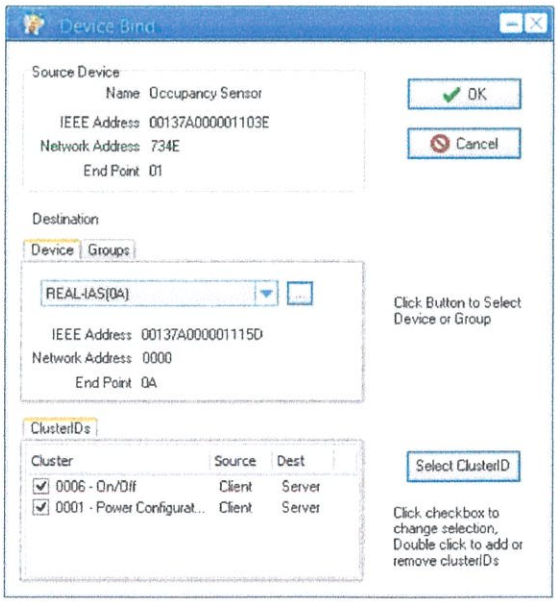


รูปที่ 4.1 Floor plan และตำแหน่งการติดตั้งของเซนเซอร์

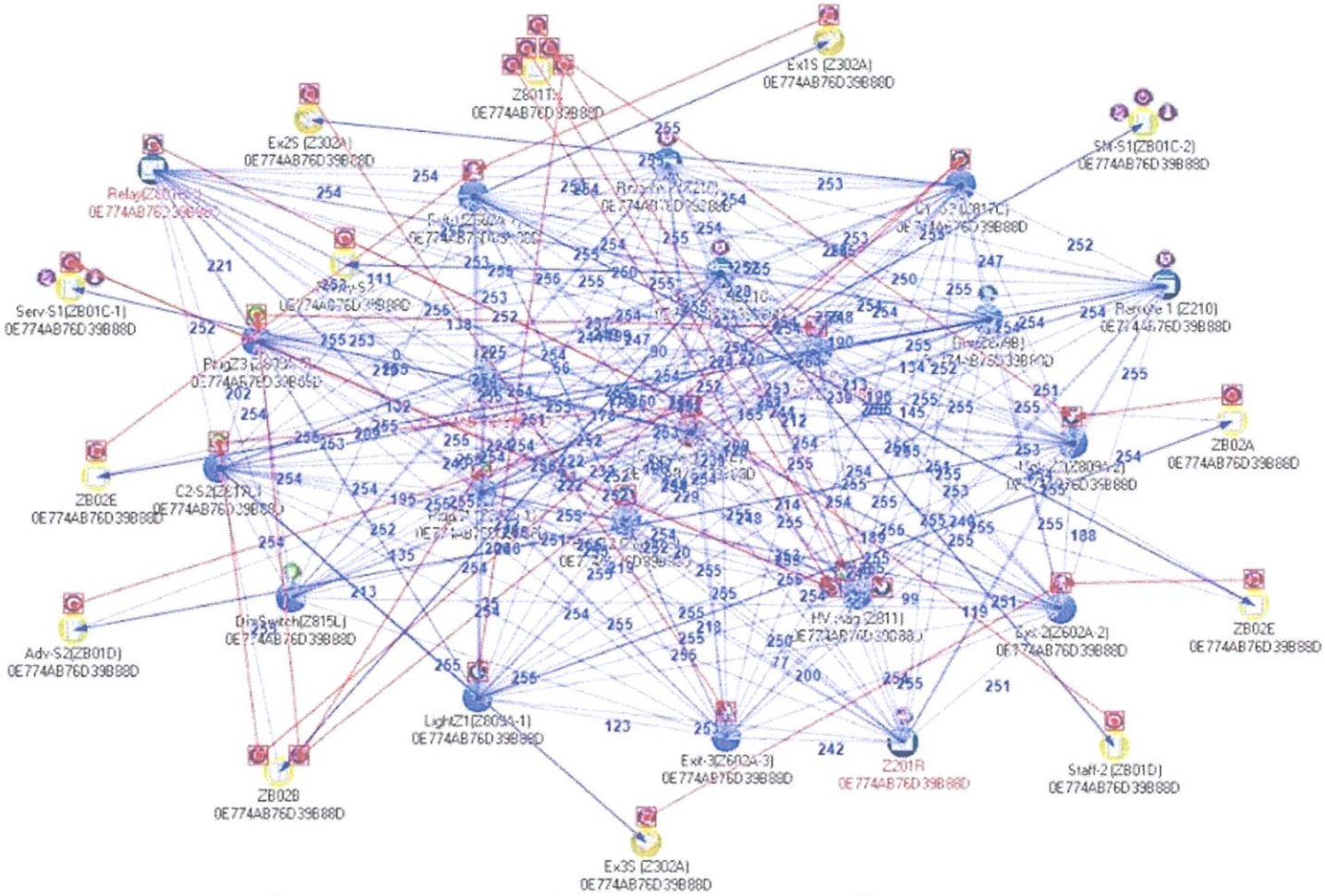
รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ซิกบีทั้งหมดภายในอาคารทดลอง

4.2.2 ตั้งค่าอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบีด้วยโปรแกรม ZigButler

ติดตั้งและตั้งค่าอุปกรณ์แต่ละตัวตามที่ต้องการในโปรแกรม ZigButler ให้ทำงานตามที่ต้องการและเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายเดียวกัน รูปที่ 4.3 แสดงถึงการตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ซิกบีทำงานร่วมกันหรือการ Binding โดยในรูปแสดงถึงการตั้งค่าให้เซนเซอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตัดต่อ ทำให้หลอดไฟในโซนนั้นทำงานเมื่อเซนเซอร์ตรวจพบการเคลื่อนไหว และโครงข่ายการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทั้งหมดภายในอาคารแบบเมช (Mesh) แสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการตั้งค่าของอุปกรณ์ซิกบี หรือ Binding ในโปรแกรม ZigButler

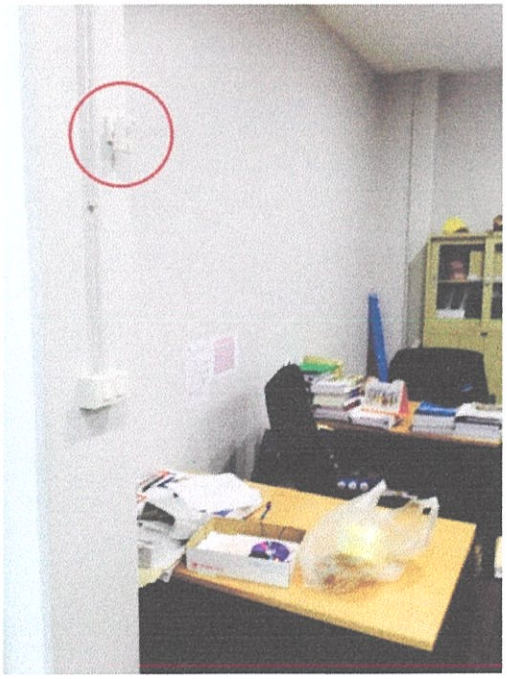


รูปที่ 4.4 โครงข่ายของอุปกรณ์ซิกบี (Zigbee Pro Network) ทั้งหมดภายในอาคาร

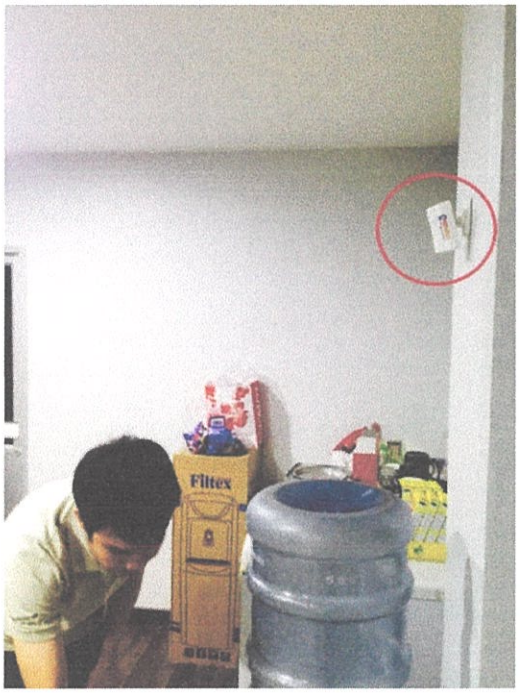
4.2.3 ติดตั้งอุปกรณ์ภายในแต่ละส่วนของอาคาร

เซนเซอร์ในแต่ละส่วนของอาคารจะถูกติดตั้งอยู่ในรูปที่ 4.5 ถึง 4.9 ซึ่งจะเป็นเซนเซอร์ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวและสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานต่อไป

รูปที่ 4.5 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในส่วนของห้องอาจารย์ที่ปรึกษา (Advisor Room)



รูปที่ 4.6 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในบริเวณที่ทำงานของเจ้าหน้าที่ (Staff office)



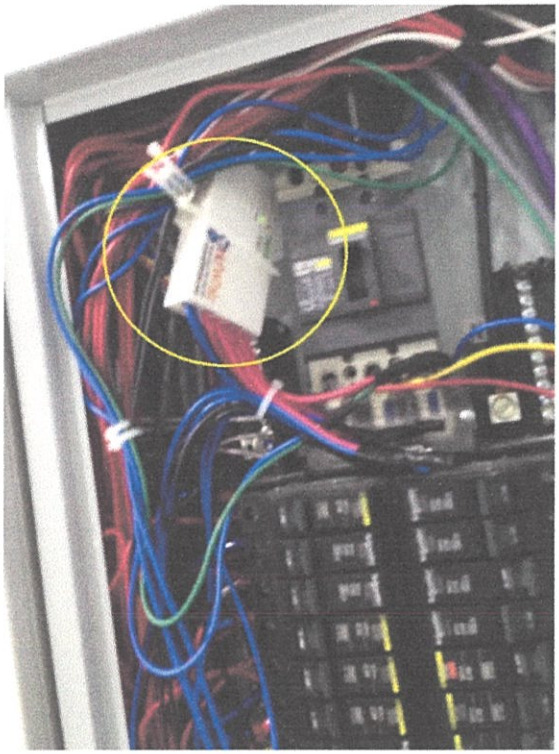
รูปที่ 4.7 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวบริเวณที่ดื่มกาแฟ (Pantry)

รูปที่ 4.8 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในที่ทำงานนักศึกษาปริญญาตรี (Study Mall)

รูปที่ 4.9 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวในห้องทดลอง (Workshop)

-อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า HV mag (Z811) จะทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแสงสว่างในส่วน Study Mall,Staff office, ทางเดินไปห้องน้ำ และ Server room แสดงในรูปที่ 4.10

- IR Remote จะถูกติดตั้งไว้ในส่วนกลางระหว่าง Study Mall และ Staff office 1 ตัว เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของโทรทัศน์และเครื่องปรับอากาศแสดงในรูปที่ 4.11 และอีก 1 ตัวไว้ในห้อง Server room เพื่อควบคุมสลับการปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 เครื่องดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า HV mag (Z811)

รูปที่ 4.11 IR Remote ติดตั้งระหว่างStudy mall และ Staff office

รูปที่ 4.12 IR Remote ติดตั้งในห้อง Server room

4.2.4 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากการใช้งานของอาคาร Smartgrid Building มีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่หลากหลาย ทำให้ไม่สามารถวัดการใช้พลังงานที่ลดลงได้จากการติดตั้งระบบ Home Energy Management System (HEMs) จึงจำเป็นที่จะต้องทำการหาการใช้พลังงานที่ลดลงจากการคำนวณ ซึ่งในการคำนวณนั้นเราสามารถหาการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จากสูตร

พลังงานไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (Watt) ×เวลาที่ใช้งาน (Hours)

และหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะเป็น kWh ซึ่งจะสามารถหาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของโหลดแต่ละชนิดได้ดังนี้

โหลดแสงสว่างในแต่ละส่วน

- ในพื้นที่Study mall ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 16 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×16×13 = 3.120 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดไฟเองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้ไฟเพียง 11 ชั่วโมง ทำให้ได้การใช้พลังงานไฟฟ้า15×16×11 = 2.640 kWh

- ในส่วน Staff office ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 8 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×8×13 = 1.560 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดไฟเองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง 15×8×11 = 1.320 kWh

- ในส่วนpantry room ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 3 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×3×13 = 0.585 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะเปิด ปิดไฟเองอัตโนมัติ และเนื่องจากในห้องนี้ไม่มีคนอยู่ตลอดเวลา ระบบจึงจะเปิดไฟเฉพาะตอนที่มีคนมาดื่มน้ำหรือชงกาแฟ โดยจะเปิดไฟดีเลย์ไว้ 2 นาที ซึ่งจากการสังเกตความถี่ในการใช้ห้องนี้พบว่า ใน 1 วันจะมีคนเข้าไปดื่มน้ำประมาณ 4 ครั้ง และในตึกมีคนใช้งานอยู่ 12 คน จึงคิดเวลาใช้งานได้ 12×4×2 = 96 นาที คิดเป็นชั่วโมงได้ 1.6 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 15×3×1.6 = 0.072 kWh

- ห้อง Advisor room ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 8 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 20.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×8×11 = 1.320 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะเปิดปิดไฟเองอัตโนมัติ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีคนใช้ห้องนี้ประมาณวันละ 5 ชั่วโมง จึงทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 15×8×5 = 0.600 kWh

- ห้อง Server room ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 8 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 8.00 – 20.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า15×8×12 = 1.440 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดไฟเองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้ไฟเพียง 10 ชั่วโมง ทำให้ได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×8×10 = 1.200 kWh

- ทางเดินไปเข้าห้องน้ำ ใช้หลอดไฟขนาด 15 watt จำนวน 2 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 15×2×13 = 0.390 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะเปิด ปิดไฟเองอัตโนมัติ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีคนไปเข้าห้องน้ำวันละ 4 ครั้งต่อคน และไฟตรงทางเดินจะติดไว้ 2 นาทีในช่วงที่มีคนเดินไปเข้าห้องน้ำ ซึ่งในตึกมีคนใช้งานอยู่ 12 คน ไฟทางเดินไปเข้าห้องน้ำจึงใช้งานเป็นเวลา 4×12×2 = 96 นาที คิดเป็นชั่วโมงได้ 1.6 ชั่วโมง จึงเหลือการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 15×2×1.6 = 0.048 kWh

- ห้อง Work shop ใช้หลอดไฟขนาด 12 watt จำนวน 48 ดวง

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 17.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง ซึ่งจากสูตรการหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จะได้การใช้พลังงานไฟฟ้า 12×48×8 = 4.608 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดไฟเองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และเนื่องจากเวลาทำงานในห้องนี้จะทำงานในพื้นที่เพียงครึ่งหนึ่งของห้องไม่ได้ใช้พื้นที่ทั้งหมดทำงานจึงทำให้ระบบ HEMS ปิดไฟครึ่งหนึ่งของห้อง ทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 12×24×7 = 2.016 kWh

รวมการใช้พลังงานทั้งหมดแล้วระบบเดิมมีการใช้พลังงานในโหลดแสงสว่าง 13.023 kWh แต่ในทางตรงกันข้าม ระบบหลังการติดตั้งHEMS มีการใช้พลังงานในโหลดแสงสว่าง 7.890 kWh ซึ่งเมื่อคิดการใช้พลังงานที่ลดลงเป็นเปอร์เซ็นแล้วระบบที่มี HEMS สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 39 %

โหลดเครื่องปรับอากาศ

การหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจะแตกต่างจากอุปกณ์อื่น ๆ ตรงที่สมการการหาพลังงานไฟฟ้านั้นจะต้องคูณด้วยอัตราการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากการทดลองเปิดแอร์แล้วจับเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง แล้วนำเวลาที่ได้มาเฉลี่ยหาอัตราการทำงานเราจะพบว่า อัตราการทำงานของเครื่องปรับอากาศในตึก Smartgrid Building จะมีค่า 0.6 ทำให้เราสามารถหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้ตามสมการด้านล่าง

พลังงานไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (Watt) ×เวลาที่ใช้งาน (Hours)×อัตราการทำงาน

- ห้อง server room มีแอร์ 1 เฟสอิเวอร์เตอร์ขนาด 3000 watt จำนวน 2 ตัว

ห้อง server room จะมีการเปิดแอร์ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อรักษาอุณหภูมิในห้องไว้ไม่ให้เกิน 25 องศาเซลเซียส โดยระบบ HEMS จะไปทำหน้าที่ในการสลับการเปิด ปิดของแอร์ 2 ตัวนี้ให้มีการสลับช่วงการทำงาน ซึ่งระบบ HEMS จะกำหนดให้แอร์ทำงานตัวละ 24 ชั่วโมง และห้อง server room มีการใช้พลังงาน 3000×24×0.6 = 43.200 kWh

- ห้อง staff office มีแอร์ 3 เฟส ขนาด 5000 watt จำนวน 1 ตัว

ระบบเดิมจะให้แอร์ทำงานตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง จึงใช้พลังงานไฟฟ้า 5000×13×0.6 = 39.000 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดแอร์เองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 5000×13×0.6 = 33.000 kWh

- ห้อง study mall มีแอร์ 3 เฟส ขนาด 5000 watt จำนวน 1 ตัว

ระบบเดิมจะให้แอร์ทำงานตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง จึงใช้พลังงานไฟฟ้า 5000×13×0.6 = 39.000 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดแอร์เองอัตโนมัติตอน

ออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 5000×13×0.6 = 33.000 kWh

- ห้อง adviser room มีแอร์ 1 เฟส ขนาด 4000 watt จำนวน 2 ตัว

ระบบเดิมจะใช้ไฟตั้งแต่ 9.00 – 20.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง จึงใช้พลังงานไฟฟ้า4000×11×0.6 = 26.400 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะปิดแอร์เองอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ในห้อง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีคนใช้ห้องนี้ประมาณวันละ 5 ชั่วโมง จึงทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง 4000×5×0.6 = 12.000 kWh

รวมการใช้พลังงานทั้งหมดแล้วระบบเดิมมีการใช้พลังงานในโหลดเครื่องปรับอากาศ 108.600 kWh อย่างไรก็ตามเมื่อมีการติดตั้งระบบ HEMS มีการใช้พลังงานในโหลดเครื่องปรับอากาศ 88.200 kWh เมื่อคิดการใช้พลังงานที่ลดลงแล้วระบบที่มี HEMS สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 19 %

พัดลม

- ห้อง work shop มีพัดลมทั้งหมด6 ตัว มีขนาดกำลังไฟฟ้าตัวละ 144 watt

ระบบเดิมจะใช้พัดลมตั้งแต่ 9.00 – 17.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง จึงใช้พลังงานไฟฟ้า 6×144×7 = 6.048 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะเปิดปิดพัดลมอัตโนมัติ ตามพื้นที่ ที่มีคนอยู่ซึ่งโดนส่วนมากแล้วพื้นที่ ที่มีคนทำงานอยู่ระบบจะเปิดพัดลม 4 ตัว จึงทำให้การใช้พลังงานลดลงเหลือ 4×144×7 = 4.032 kWh

รวมการใช้พลังงานทั้งหมดแล้วระบบเดิมมีการใช้พลังงานในโหลดพัดลม 6.048 kWh แต่ในทางตรงกันข้ามระบบที่มี HEMS มีการใช้พลังงานในโหลดพัดลม 4.032 kWh ซึ่งเมื่อคิดการใช้พลังงานที่ลดลงแล้วระบบที่มี HEMS สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 33 %

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

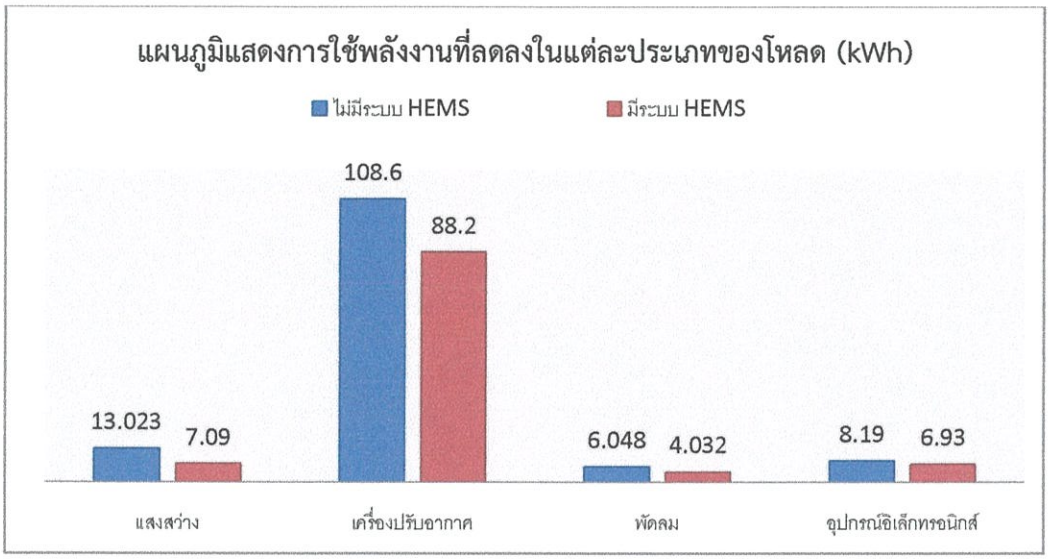
- ห้อง study mall

ทีวี sharp 240 watt จำนวน 1 เครื่อง

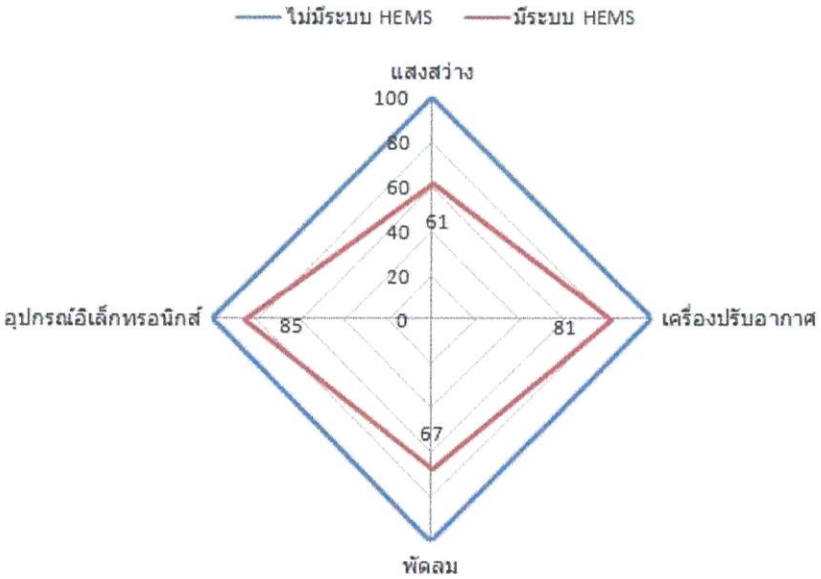
ทีวี Samsung 195 watt จำนวน 2 เครื่อง

ระบบเดิมจะเปิดทีวีตั้งแต่ 9.00 – 22.00 น. รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง จึงใช้พลังงานไฟฟ้า (240+195+195)×13 = 8.190 kWh กรณีมีระบบ HEMS ระบบจะเปิด ปิดทีวีเองอัตโนมัติตอนออกไปทานข้าวกลางวัน 1 ชั่วโมง และปิดตอนออกไปทานข้าวเย็น 1 ชั่วโมง ทำให้เหลือการใช้พลังงานเพียง (240+195+195)×11 = 6.930 kWh

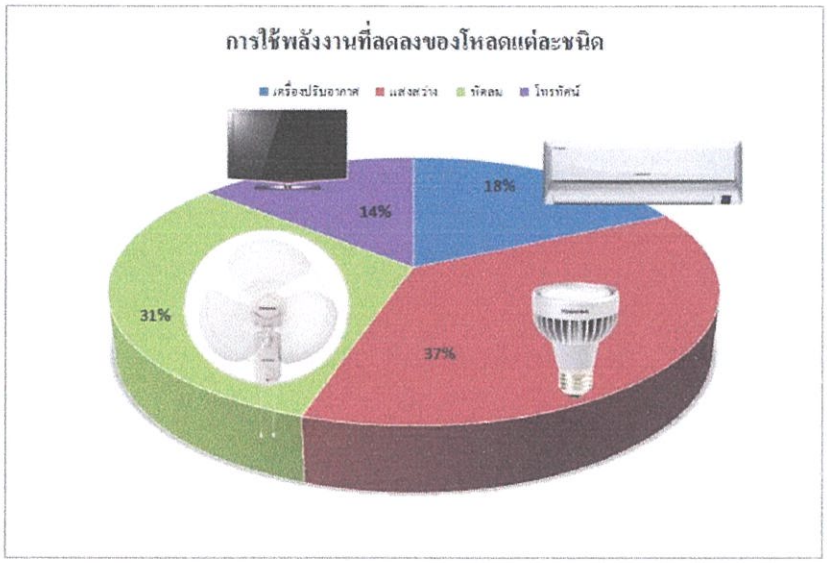
รวมการใช้พลังงานทั้งหมดแล้วระบบเดิมมีการใช้พลังงานในโหลดทีวี 8.190 kWh แต่เมื่อหลังการติดตั้งระบบ HEMS มีการใช้พลังงานในโหลดทีวี 6.930 kWh ซึ่งเมื่อคิดการใช้พลังงานที่ลดลงเป็นเปอร์เซ็นแล้วระบบที่มี HEMS สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 15 % กราฟแสดงการลดลงของการพลังงานไฟฟ้าในโหลดแต่ละชนิดดูได้ในรูปที่ 4.13 และกราฟแสดงการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดแต่ละชนิดเป็นเปอร์เซ็นดูได้ในรูปที่ 4.14 และกราฟแสดงการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นของโหลดแต่ละชนิดเมื่อคิดเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.13 กราฟการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดแต่ละชนิด

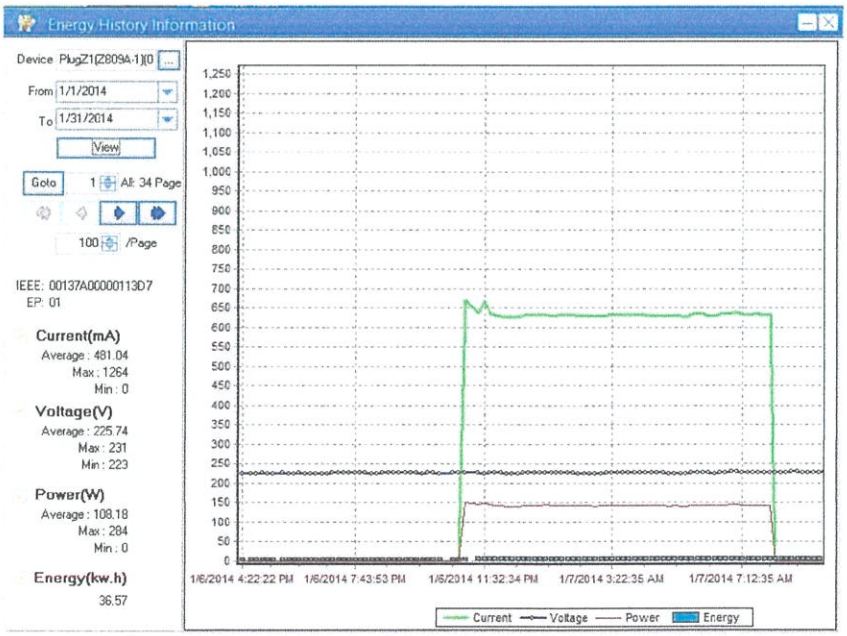


รูปที่ 4.14 กราฟการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดแต่ละชนิดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็น

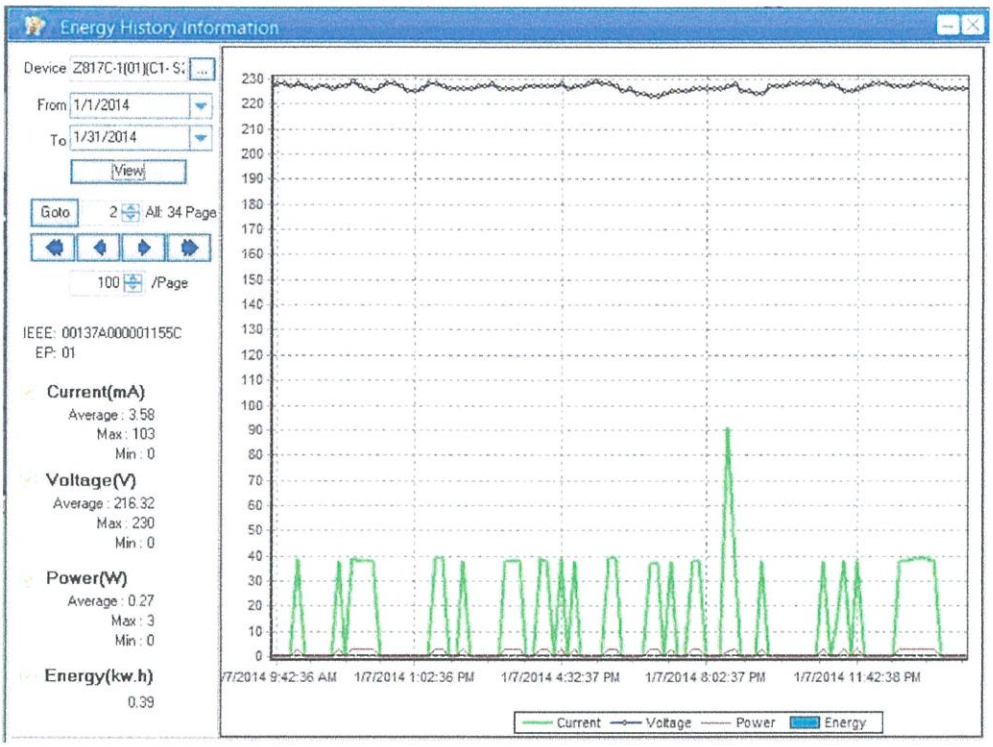


รูปที่ 4.15 กราฟการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นของโหลดแต่ละชนิดเมื่อคิดเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งหมด

ส่วนรูปกราฟการใช้พลังงานจริงที่วัดได้ จากอุปกรณ์ Zigbee Home Energy Management System ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ของอาคารสามารถแสดงได้ดังนี้โดยรูปที่ 4.16 จะแสดงการใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Pantry room ส่วนรูปที่ 4.17 จะแสดงการใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Work shop



รูปที่ 4.16 การใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Pantry room



รูปที่ 4.17 การใช้พลังงานของหลอดไฟในห้อง Work shop

4.3 การทดสอบเว็บไซต์เพื่อแสดงผลการทดลองและควบคุมอุปกรณ์การสื่อสารแบบซิกบี (Zigbee)

4.3.1 ออกแบบเว็บไซต์โดยการใช้โปรแกรม Dreamweaver

เพื่อทำการแสดงสถานะของอุปกรณ์ซิกบีในแต่ละตัว และสามารถควบคุมการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ภายในอาคาร เช่น โหลดแสงสว่าง โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ พัดลม เป็นต้น ดังที่แสดงในรูปที่ 4.18 โดยสามารถเข้าไปที่ https://hems.realkmitl.org Username: admin และ Password: 123456 ผ่าน VPN ของเครือข่าย

รูปที่ 4.18 เว็บไซต์ที่ใช้ในการแสดงสถานะและควบคุมอุปกรณ์ภายในอาคาร

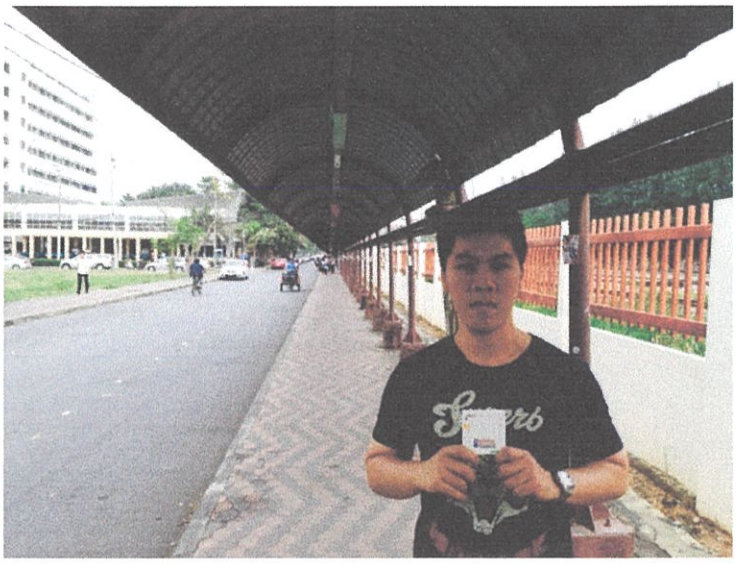
4.4 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบี (Zigbee)

4.4.1 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในแนวราบบนพื้นที่โล่งแจ้ง

1.ทำการทดสอบความแรงของสัญญาณซีกบีในพื้นที่โล่งแจ้ง

-นำอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบี (Zigbee) จำนวน 2 ชิ้นที่ต่อกันแบบMesh ออกมายังพื้นที่โล่งแจ้งและทำการวัดที่ระยะทางต่างๆตั้งแต่ 5 เมตรจนถึงระยะสูงสุดที่อุปกรณ์ทั้งสองตัวจะสามารถสื่อสารและทำงานได้ดังรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.19 ปลั๊กที่มีการสื่อสารแบบซิกบี (Zigbee) โดยใช้ UPS เป็นแหล่งจ่ายชั่วคราว



รูปที่ 4.20 สวิตช์ที่มีการสื่อสารซิกบี (Zigbee)กับปลั๊ก ถูกนำออกมาวัดความแรงของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ

2. ทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณซิกบีจากโปรแกรม (Zigbutler)

-โดยการวัดค่า RSSI และ LQI เทียบกับระยะทางต่างๆ รูปที่4.21 เป็นการแสดงผลการวัดของสัญญาณซิกบีที่ระยะตั้งแต่5 เมตรถึง 40 เมตรซึ่งสัญญาณมีความนิ่งและค่าLQI และ RSSI อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างปกติ เมื่อระยะทางที่มากขึ้นตั้งแต่ 45 เมตรถึง 90 เมตร สัญญาณซิกบี ที่วัดได้นั้นมีความแกว่งมากขึ้นแต่ค่า RSSI และ LQI ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามปกติดังแสดงในรูปที่ 4.22 และที่ระยะทางตั้งแต่ 95 เมตร ถึง 150 เมตรซึ่งเป็นระยะรัศมีการสื่อสารไกลที่สุดที่ยังสามารถวัดสัญญาณของซิกบี (Zigbee)ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ค่าคุณภาพ (LQI) และค่าความแรง (RSSI) ของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานตามปกติได้ แต่เมื่อระยะทางมากขึ้นตั้งแต่ 155 เมตรถึง 200 เมตรพบว่าไม่สามารถวัดค่าของสัญญาณซิกบีได้อย่างต่อเนื่องหรือไม่สามารถสื่อสารกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 5 เมตรถึง 40 เมตร

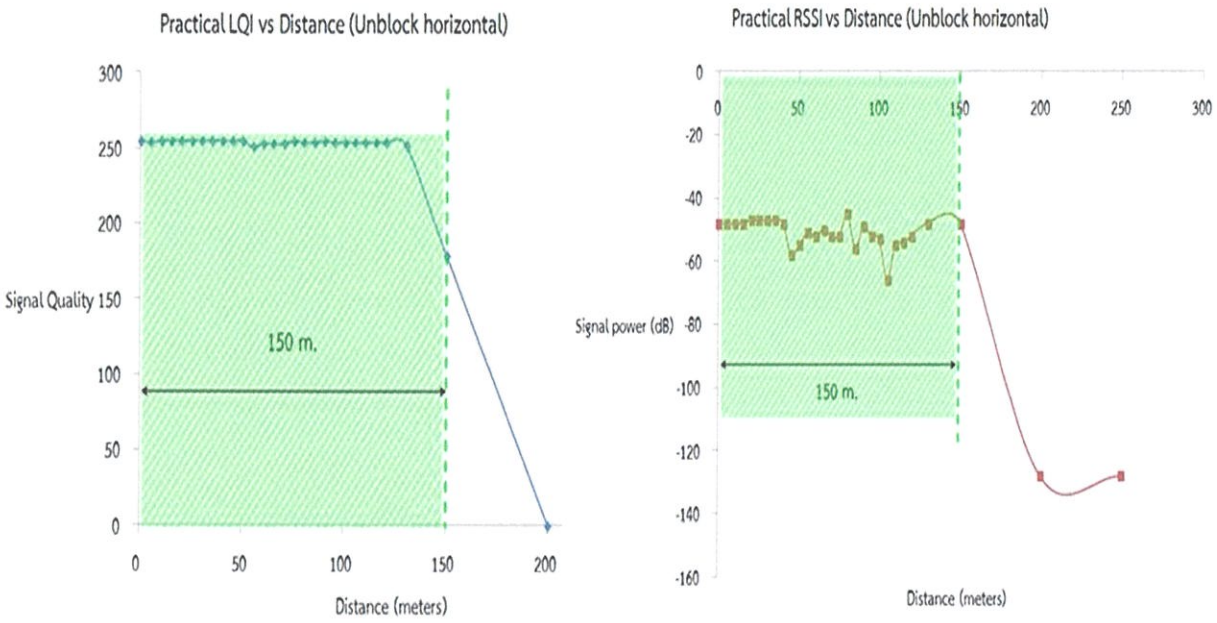
รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 45 เมตรถึง 90 เมตร

รูปที่ 4.23 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 95 เมตรถึง 150 เมตร

รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 155 เมตรถึง 200 เมตร

3. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

- การทดสอบสัญญาณซิกบีบนพื้นที่โล่ง รัศมีการสื่อสารที่อุปกรณ์ยังสามารถทำงานได้ตามปกติอยู่ที่ 110 เมตร โดยมีค่า RSSI และ LQI เฉลี่ยเท่ากับ 242.39 และ 53.71 ตามลำดับซึ่งมีระดับคุณภาพและความแรงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ตามที่แสดงในรูปที่ 4.25 และในระยะที่ 115 เมตรถึง 200 เมตรยังมีสามารถตรวจสอบสัญญาณซิกบีได้อยู่แต่ไม่สามารถควบคุมให้อุปกรณ์ทำงานได้



รูปที่ 4.25 กราฟผลการทดสอบของสัญญาณซิกบี (Zigbee) บนพื้นที่โล่งเทียบกับระยะทาง

4.4.2 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในแนวราบเมื่อมีวัสดุกีดขวาง

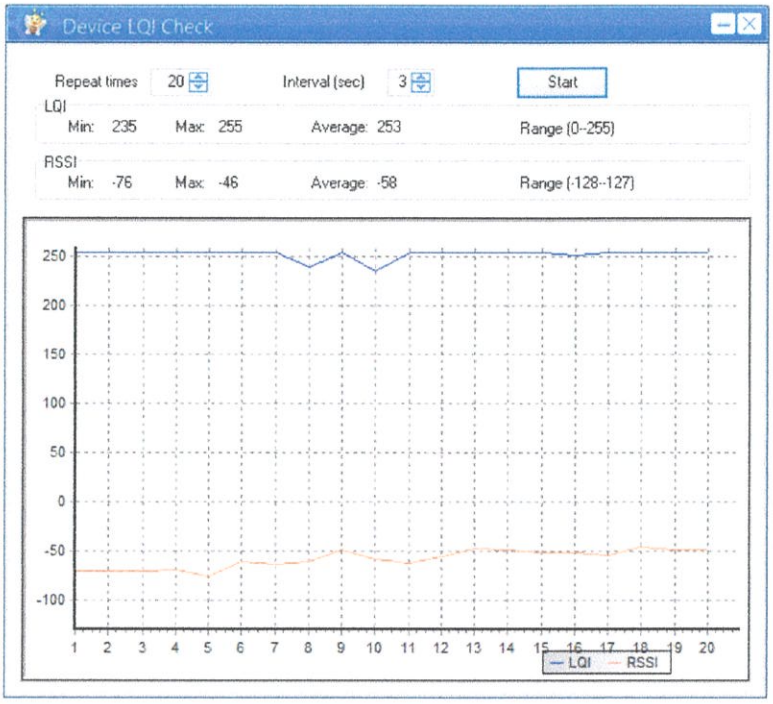
1.ออกแบบการทดสอบสัญญาณซิกบี

- นำอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบี (Zigbee) 1 ตัวที่มีการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ Mesh ออกมาทดสอบที่จุดต่างๆรอบอาคารทดลองโดยวัดที่ระยะทางต่างๆโดยเป็นรัศมีที่สามารถสื่อสารได้ไกลที่สุดภายนอกอาคารซึ่งจะมี ต้นไม้ คอนกรีตและตึกเป็นตัวกีดขวางและกั้นสัญญาณ

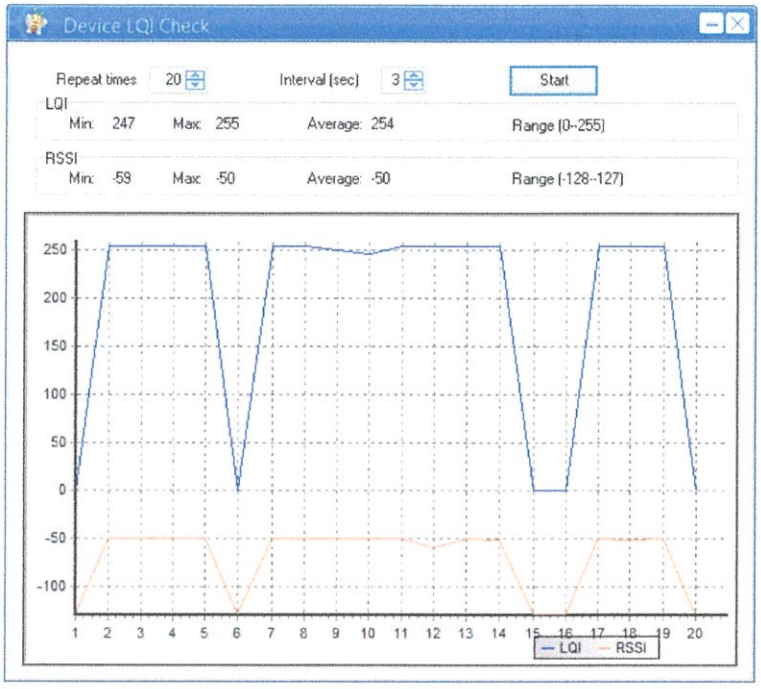
2.วัดค่าสัญญาณซิกบี (Zigbee) ณ ตำแหน่งต่างๆโดยโปรแกรม ZigButler

- รูปที่4.26 แสดงผลการวัดสัญญาณของซิกบี (Zigbee) ที่ระยะ 5 เมตรถึง 20 เมตร ภายนอกอาคาร ค่า LQI และ RSSI อยู่ในเกณฑ์ที่ดีและอุปกรณ์สามารถทำงานได้ปกติเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นจาก 25 เมตรถึง 75 เมตรซึ่งเป็นรัศมีการสื่อสารที่ไกลที่สุดที่สามารถทดสอบได้เมื่อมีวัสดุมากีดขวาง ผลการทดสอบสัญญาณเป็นดังรูปที่4.27ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าของสัญญาณเริ่มไม่คงที่แต่ค่าเฉลี่ยของ LQI และ RSSI ยังอยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้ได้และอุปกรณ์ยังทำงานได้ตามปกติเมื่อเกินระยะที่75 เมตร

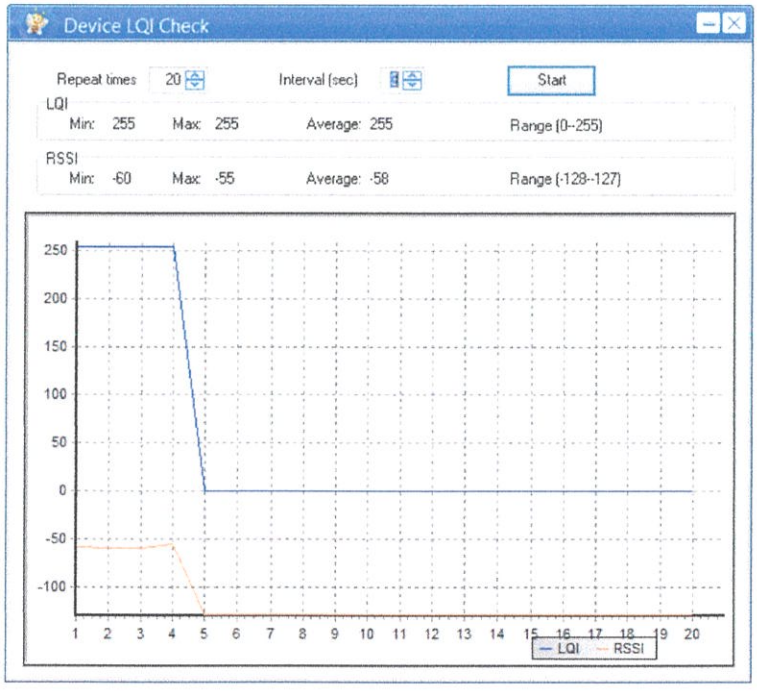
สัญญาณซิกบี (Zigbee) จะถูกปิดกั้นและไม่สามารถวัดค่าของสัญญาณได้ดังแสดงในรูปที่ 4.28 และรูปที่ 4.29 จะเป็นการสรุปผลการทดสอบสัญญาณในแนวราบโดยมีวัสดุกีดขวางในบริเวณรอบอาคารปฏิบัติการโดยสีเขียงแสดงถึงระยะที่อุปกรณ์ทำงานได้ สีแดงแสดงระยะที่อุปกรณ์ทำงานไม่ได้



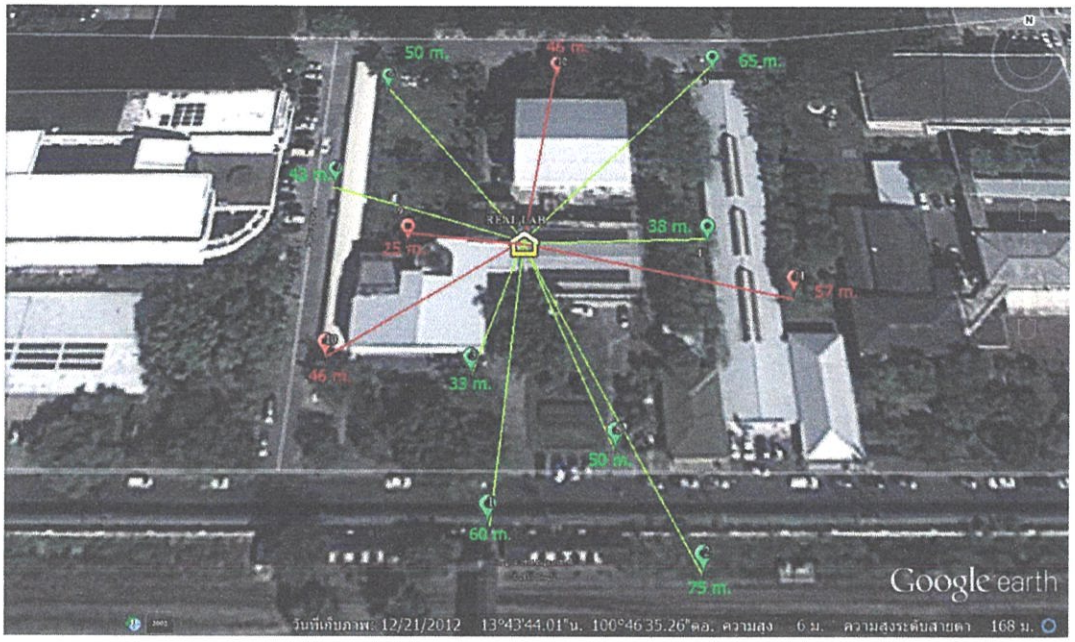
รูปที่ 4.26 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 5 เมตรถึง 20 เมตร



รูปที่ 4.27 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในระยะตั้งแต่ 25 เมตรถึง 75 เมตร



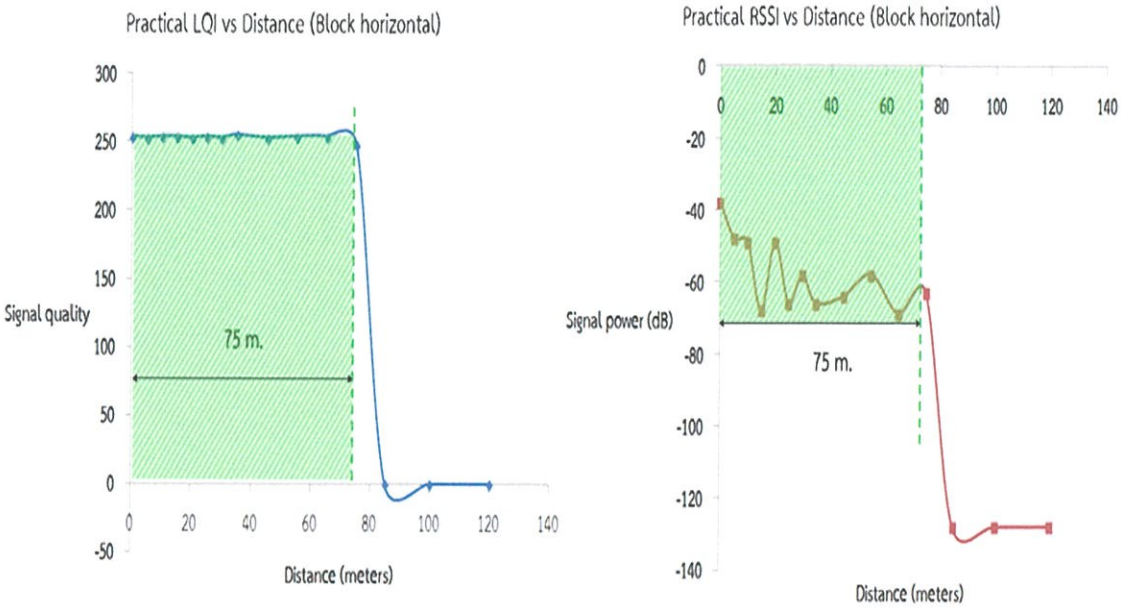
รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ที่ระยะทางมากกว่า 75 เมตร



รูปที่ 4.29 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรอบอาคารปฏิบัติการโดยสีเขียวคือระยะที่อุปกรณ์ทำงานได้ สีแดงคือระยะที่อุปกรณ์ทำงานไม่ได้

3.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

- เมื่อทำการทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในพื้นที่ที่มีวัสดุกีดขวางผลของสัญญาณสามารถสื่อสารกันได้ระยะรัศมีไกลที่สุด 75 เมตร มีค่า LQI เฉลี่ยจากระยะ 0 เมตรถึง 75 เมตร เท่ากับ 253.25 และค่า RSSI เฉลี่ยเท่ากับ –58 dB ตามรูปที่ 4.30 ซึ่งถือว่าคุณภาพและความแรงของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและอุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ โดยที่รัศมีการสื่อสาร 75 เมตรนั้นเพียงพอต่อการสร้างโครงข่ายของซิกบี (Zigbee) ภายในบ้านหนึ่งหลัง



รูปที่ 4.30 กราฟผลการทดสอบของสัญญาณซิกบี (Zigbee)เมื่อมีวัสดุมากีดขวางเทียบกับระยะทาง

4.4.3 การทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีในแนวดิ่งเมื่อมีวัสดุกีดขวาง

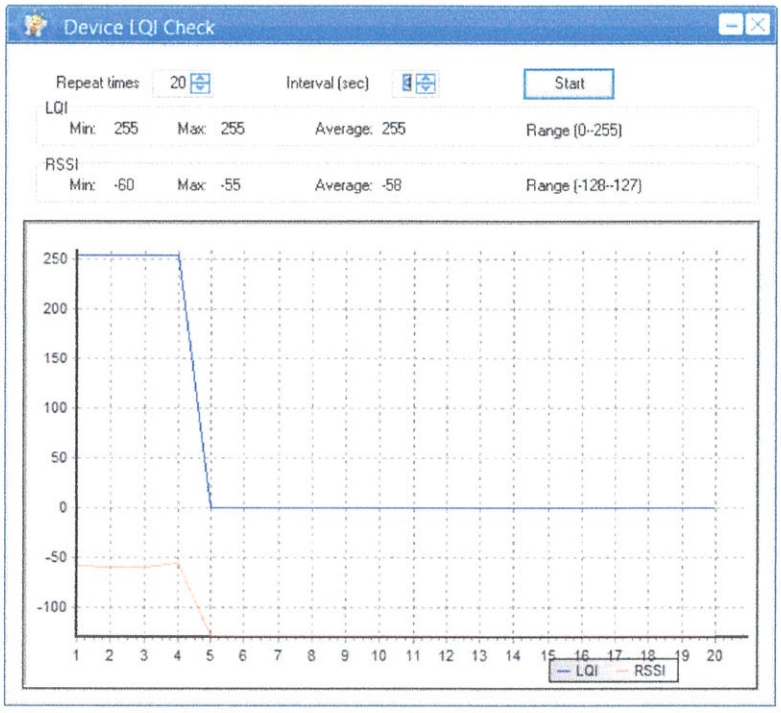
1. ออกแบบการทดสอบสัญญาณซิกบี (Zigbee)

- นำอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารแบบซิกบี 2 ตัวมาทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบแบบในพื้นที่โล่งแจ้ง แต่ในการทดสอบในแนวดิ่งนั้นจำเป็นต้องขยายสัญญาณหรือโครงข่ายให้มีบริเวณกว้างกว่าเดิม เนื่องจากอาคารทดลองนั้นเป็นอาคารชั้นเดียว จำเป็นต้องในอาคารที่มีความสูงมากกว่า 1 ชั้น ดังนั้นจึงต้องขยายโครงข่ายให้รองรับระยะทางจากอาคารทดลองไปยังอาคารสูง (ตึก ECC)

- โดยใช้เราท์เตอร์ (Router) เป็นตัวขยายโครงข่ายสัญญาณของซิกบี (Zigbee) และทำการวัดวางปลั๊ก (Z809A) ซึ่งเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ซิกบีไว้ที่ชั้นล่างและใช้สวิตซ์ (Z802B) ที่มีการสื่อสารแบบซิกบี เป็นตัวเคลื่อนที่และวัดที่ระยะทางหรือชั้นต่างๆ

3. ทำการวัดค่าของสัญญาณซิกบี (Zigbee) จากโปรแกรม ZigButler

- รูปที่ 4.31 แสดงผลการวัดค่าของสัญญาณในชั้นที่ 2 (8เมตร) ค่า LQI และ RSSI อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและสามารถควบคุมอุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการขึ้นไปที่ชั้น 3 ไม่สามารถทำการวัดค่าของสัญญาณซิกบีได้ เนื่องจากเป็นเพราะมีคอนกรีตเป็นตัวปิดกั้นสัญญาณ ส่งผลให้อุปกรณ์ไม่สามารถสื่อสารกันได้และควบคุมการทำงานไม่ได้ ค่าLQI และ RSSI จะอยู่ในเกณฑ์ที่แย่ ไม่สามารถทำงานได้ตามรูปที่ 4.32รูปที่ และรูปที่ 4.33 จะเป็นการสรุปผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในแนวดิ่ง โดยสีเขียวจะเป็นระยะที่อุปกรณ์ทำงานได้ ส่วนสีแดงจะเป็นระยะที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้



รูปที่ 4.31 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) เมื่อมีวัสดุกีดขวางที่ระยะ 4-8 เมตรในแนวดิ่ง

รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) เมื่อมีวัสดุกีดขวางที่ระยะ มากกว่า 8 เมตร ในแนวดิ่ง

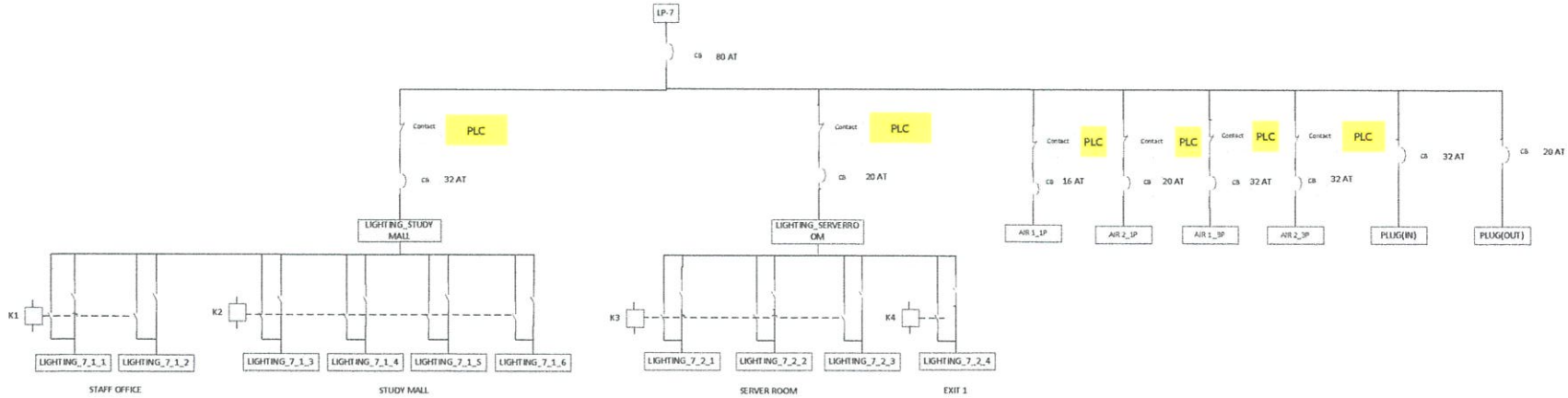
รูปที่ 4.33 สรุปผลการทดสอบการวัดสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในแนวดิ่งโดยสีเขียวจะเป็นระยะที่อุปกรณ์ทำงานได้ ส่วนสีแดงจะเป็นระยะที่อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้

4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

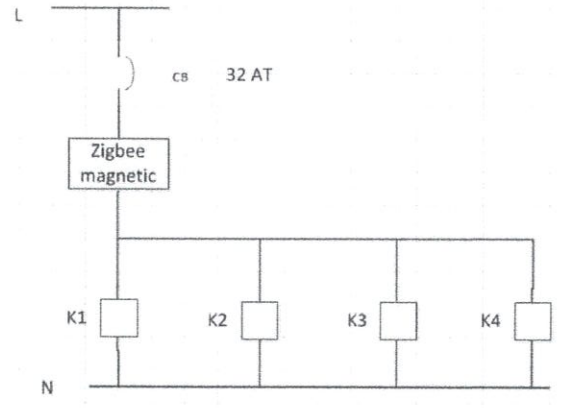
- เมื่อทำการวัดค่าสัญญาณซิกบี (Zigbee) ในแนวดิ่งเมื่อมีวัสดุกีดขวางนั้น อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ไกลที่สุดเพียง 2 ชั้นเท่านั้นหรือประมาณ 8 เมตร เนื่องจากคอนกรีตเป็นตัวกีดขวางและปิดกั้นการส่งสัญญาณของอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณหากันได้และไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ตามที่ต้องการได้

4.5 วันไลน์ไดอะแกรม

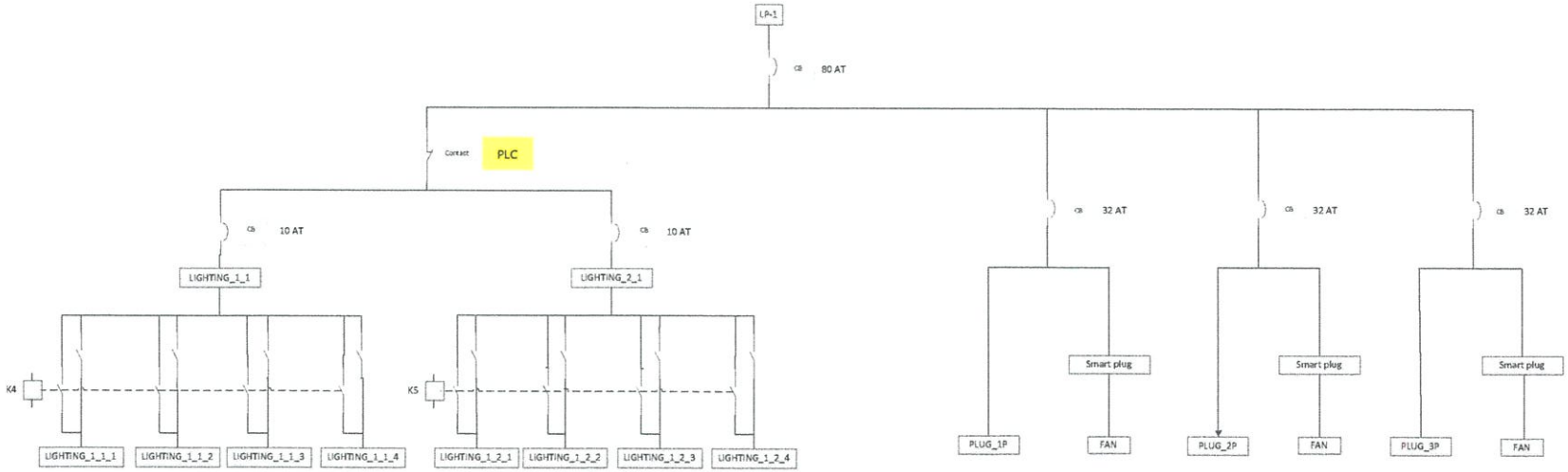
เนื่องจากระบบ HEMS นั้นจะต้องมีการเปิด ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเอง เพื่อจัดการการใช้พลังงานภายในตึก ซึ่งระบบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานนั้นเราจะใช้ Zigbee Home Automation ในการควบคุม และเมื่อเราต้องการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในอาคาร เราจึงต้องทำการแก้ไขวงจรไฟฟ้าในอาคารโดยมีการติดตั้ง อุปกรณ์จาก Zigbee Home Automation เพิ่มเติมเข้าไปในระบบเดิม เพื่อที่เราจะได้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้และระบบไฟฟ้าเดิมก็ยังคงสามารถทำงานได้เหมือนเดิม ซึ่งจากการแก้ไขและติดตั้งอุปกณ์ Zigbee Home Automation แล้วจะได้วงจรวันไลน์ไดอะแกรมของโหลดต่างๆ ดังรูปที่แสดงด้านล่าง



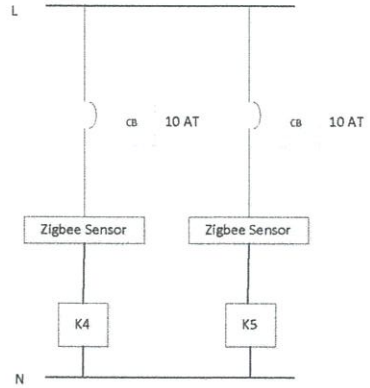
รูปที่ 4.34 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 7



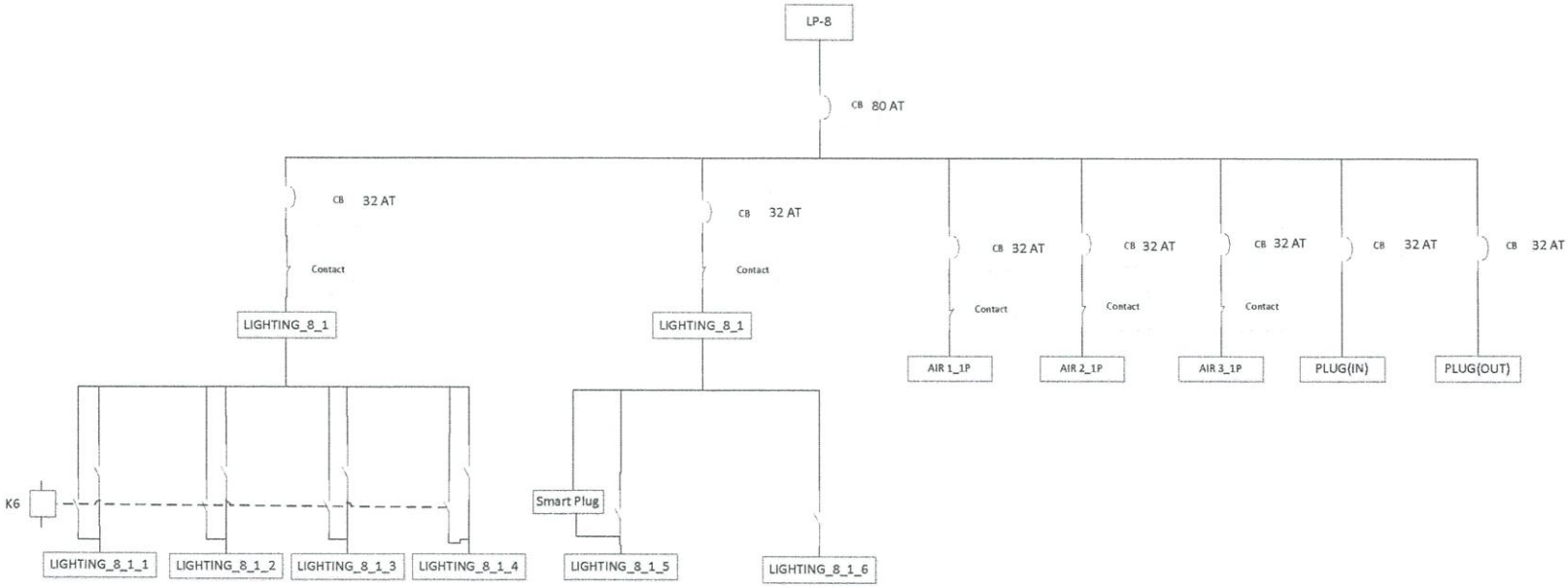
รูปที่ 4.35 วงจรควบคุมของโหลดแสงสว่าง LP 7



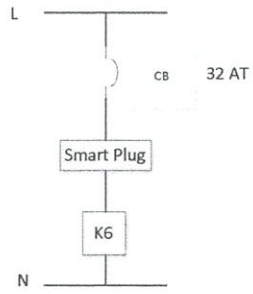
รูปที่ 4.36 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 1



รูปที่ 4.37 วงจรควบคุมของโหลดแสงสว่าง LP 1



รูปที่ 4.38 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลด LP 8



รูปที่ 4.39 วงจรควบคุมของโหลดแสงสว่าง LP 8

4.6 ลำดับการตัดโหลด

การตัดโหลดจะเริ่มต้นตัดโหลดจากโหลดที่มีความสำคัญน้อยที่สุดไปจนถึงโหลดที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยในการพิจารณาลำดับของความสำคัญของโหลดนั้นจะพิจารณาความจำเป็นในการใช้งานของโหลดเป็นหลัก ซึ่งจากการพิจารณาความจำเป็นของโหลดแต่ละชนิดแล้ว จึงได้จัดลำดับการตัดโหลดดังนี้ โดยจะเริ่มจากการตัดโหลด ปลั๊ก (ใช้ควบคุมการเปิด ปิด พัดลมในห้อง work shop) แอร์ 3 เฟส แสงสว่าง และแอร์อินเวอร์เตอร์ในห้องเซอร์ฟเวอร์ ตามลำดับ โดยสาเหตุที่ตัดโหลดปลั๊ก เป็นอันดับแรกเนื่องจากในห้องเวอร์คช็อป ไม่ค่อยมีคนอยู่และลักษณะของห้องมีอากาศถ่ายเทได้อย่างสะดวก จึงสามารถปิดพัดลมได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานในห้องเวิร์คช็อปมากนัก ส่วนเหตุผลที่ตัดแอร์ 3 เฟสเป็นอันดับที่สองเนื่องจากในห้องสตาร์ทดี้รูมมีเฉพาะนักศึกษาทำงานอยู่ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญเหมือนห้องเซอร์ฟเวอร์จึงสามารถตัดการทำงานของแอร์ 3 เฟสได้ ส่วนเหตุผลที่ตัดโหลดแสงสว่างเป็นอันดับที่สามเนื่องจากแสงสว่างมีความสำคัญมาก ถ้าไม่มีแสงสว่างเราก็ไม่สามารถอ่านหนังสือหรือทำงานได้ ส่วนเหตุผลที่ตัดโหลดแอร์อินเวอร์เตอร์ 1 เฟสในห้องเซอร์ฟเวอร์เป็นอันดับสุดท้ายเนื่องจากในห้องเซอร์ฟเวอร์มีอุปกรณ์ที่สำคัญ และอุปกรณ์จะเกิดความร้อนสูงและเป็นอันตรายถ้าอุณหภูมิในห้องสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส จากการพิจารณาความจำเป็นของโหลดจึงได้ลำดับการตัดโหลดดังตารางที่ 4.2 โดยการตัดโหลดจะตัดตามลำดับต่อไปนี้ โดยจะเริ่มตัดอันดับที่ 1 เป็นอันดับแรก

ตารางที่ 4.1 ลำดับการตัดโหลด

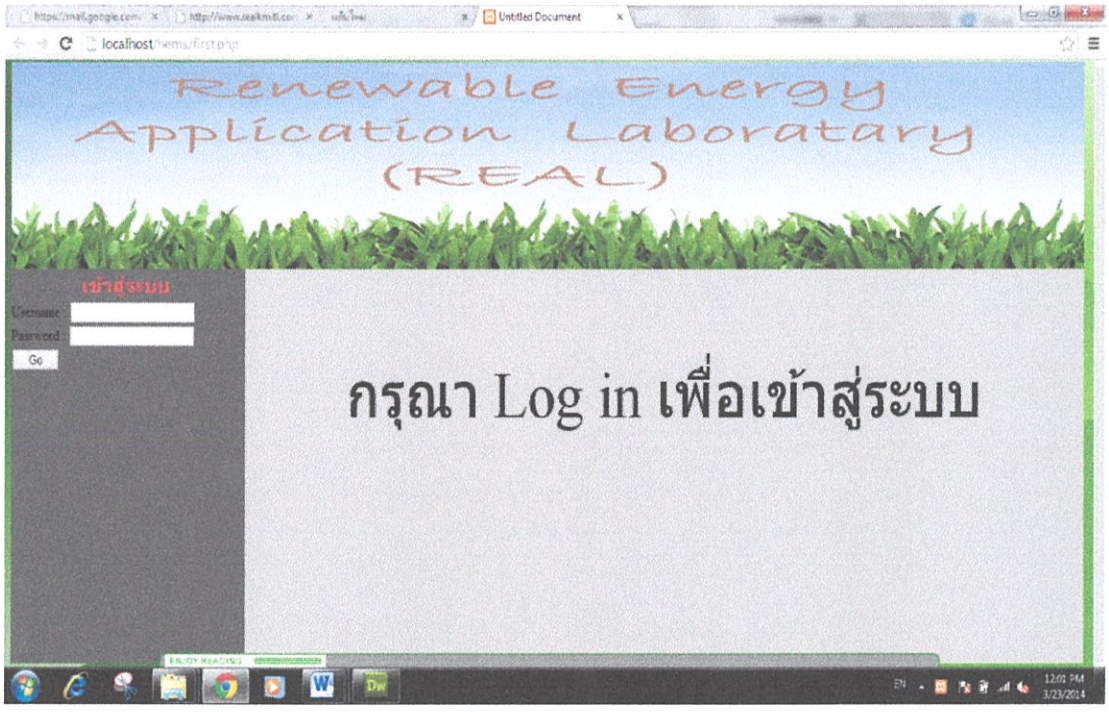
ลำดับที่	รายการโหลดที่ตัด	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (Watt)	ความสำคัญของโหลด	เปอร์เซ็นที่ลดลง
1	พัดลมในห้อง Work Shop	864	ต่ำสุด	8.54
2	แอร์ 3 เฟส ในห้อง Study Mall	5000	-	57.97
3	แสงสว่างห้อง Work Shop	576	-	63.67
4	แสงสว่างห้อง Exit	30	-	63.96
5	แสงสว่างห้อง Pentry	45	-	64.41
6	แสงสว่างห้อง Staff	120	-	65.60
7	แสงสว่างห้อง Server	120	-	66.78
8	แสงสว่างห้อง Adviser	120	-	67.97
9	แสงสว่างห้อง Study Mall	240	-	70.34
10	แอร์ห้อง Server	3000	สูงสุด	100
	รวม	10115		100

4.7 ผลการทดลองการออกแบบหน้าเว็บ และหน้าจอสำหรับควบคุมโหลด TIA Portal V12

โดยผลการทดลองของหัวข้อนี้ ผู้ทำการทดลองสามารถออกแบบหน้าจอสำหรับการควบคุมโหลดมีผลการทดลองดังนี้

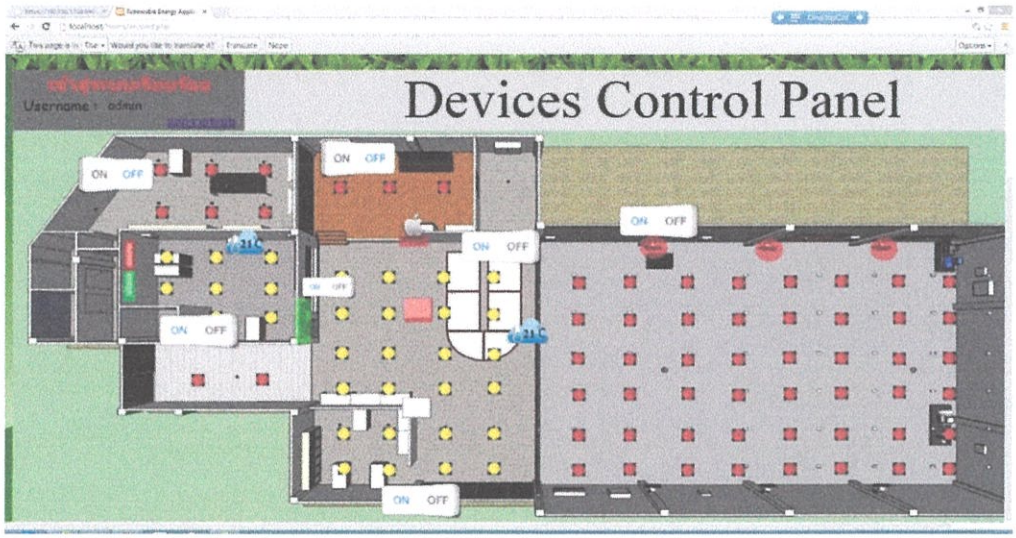
4.7.1 การควบคุมโหลดผ่านทางอินเตอร์เน็ต

สามารถรถควบคุมปิดหรือเปิดอุปกรณ์ได้ โดยการเข้าไปที่https://hems.realkmitl.org ผ่านVPN ของทางห้องปฏิบัติการ จะพบหน้าแรกเพื่อไว้ใช้สำหรับกรอกชื่อและรหัสผ่านสำหรับผู้ใช้เพื่อทำการเข้าสู่ระบบสู่หน้าเว็บไซต์ โดยหน้าแรกจะต้องทำการกรอกรหัสUsername: admin และ Password: 123456



รูปที่ 4.40หน้าเว็บหน้าแรกสำหรับเข้าสู่ระบบ

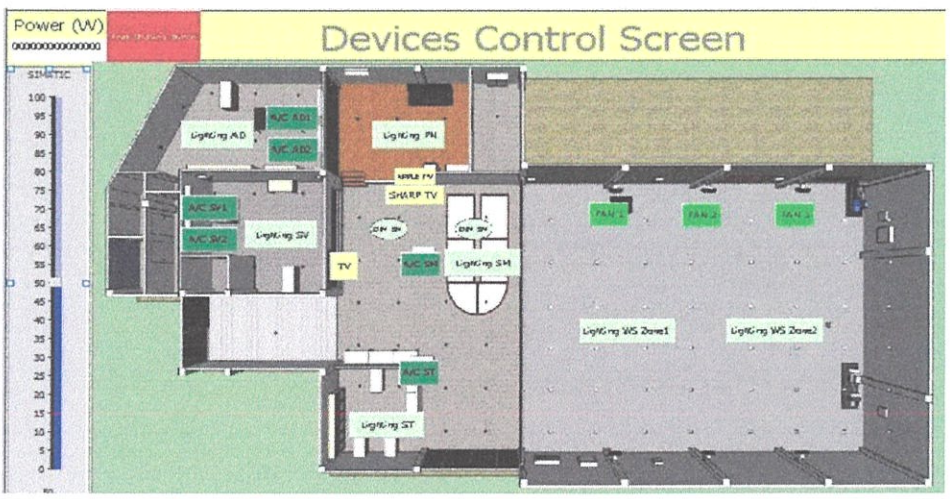
หลังจากทำการเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้วในหน้าเว็บถัดมาจะทำการแสดงสถานะของอุปกรณ์ ณ ขณะนั้น หลังจากนั้นหากต้องการสั่งปิดหรือเปิดสามารถนำเมาส์ไปจ่อไว้ที่อุปกรณ์นั้นๆ และทำการคลิกที่สวิตช์ที่ปรากฏขึ้นมาเพื่อทำการปิดหรือเปิดอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้จากเครือข่ายของอุปกรณ์ซิกบี โดยจะประกอบไปด้วย ระบบแสงสว่าง ทีวี พัดลม และเครื่องปรับอากาศที่สามารถควบคุมได้



รูปที่ 4.41หน้าเว็บหลังทำการเข้าสู่ระบบ

4.7.2 การควบคุมโหลดผ่าน TIA Portal V12

สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่านพีซีคอมพิวเตอร์ โดยควบคุมจากโปรแกรม TIA Portal V12 สามารถทำการตัดโหลดในส่วนที่ต้องการตัดได้จากการปรับแถบเลื่อนโดยปรับเปอร์เซ็นการใช้พลังงานรวม ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมภายในอาคารดีขึ้น คือ เราสามารถจำกัดการใช้พลังงานได้โดยถ้ามีการใช้พลังงานเกินกว่าค่าที่กำหนด เราสามารถลดการใช้ตามลำดับความสำคัญของโหลดได้ ซึ่งจะไล่ตัดโหลดออกตามที่โปรแกรมได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.42 หน้าจอควบคุมโปรแกรม TIA Portal V12

4.8 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดลองของการจัดการพลังงานภายในอาคาร การวัดคุณภาพสัญญาณของอุปกรณ์ซิกบี ในแนวราบโดยมีสิ่งกีดขวางและไม่มีสิ่งกีดขวาง และในแนวดิ่งโดยมีสิ่งกรีดขวาง การควบคุมอุปกรณ์ผ่านอินเตอร์เน็ต การควบคุมปกรณ์ผ่านโปรแกรม TIA Portal V12 โดยในส่วนบทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาจะถูกนำเสนอในบทที่ 5

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการนำอุปกรณ์ซิกบีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคารโดยทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของระบบทั้งสองส่วน คือ ระบบก่อนทำการติดตั้งอุปกรณ์ซิกบีและหลังการทำการติดตั้งอุปกรณ์ซิกบี และการศึกษาวัดความแรงของสัญญาณซิกบีที่มีผลต่อระยะทางและสิ่งกีดขวางทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง

ในระบบที่ยังไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ซิกบีหรือZigBee Home Energy Management System (HEMS) นั้นจะเห็นได้ว่ามีการใช้พลังงานที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลังการติดตั้ง ZigBee HEMSโดยเมื่อพิจารณาแยกแต่ละประเภทของโหลด พบว่าโหลดแสงสว่างสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าเดิมถึง 39% โหลดพัดลมมีการประหยัดการใช้พลังงาน 33 % ตามลงมา โหลดเครื่องปรับอากาศประหยัดการใช้พลังงานได้ทั้งหมด 19 % และโหลดโทรทัศน์สามารถลดการใช้พลังงานได้ 15 % ตามลำดับและเมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของโหลดแต่ละชนิดกับพลังงานที่ลดลงทั้งหมด พบว่าโหลดแสงสว่างลดลงมากที่สุด 37% พัดลมลดลง 31 % โหลดเครื่องปรับอากาศ 18% และโหลดโทรทัศน์14% ตามลำดับเพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าหลังการติดตั้งระบบ ZigBee HEMS อาคารทดลองมีการใช้พลังงานที่น้อยลงจริงและสามารถควบคุมและตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ได้เพียงเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ต รวมถึงสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้อีกด้วย

ในส่วนของการศึกษาระยะของสัญญาณซิกบีนั้นเมื่อทำการวัดระยะทางในแนวราบที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง รัศมีสัญญาณซิกบี(Zigbee) จะสามารถสื่อสารได้ไกลถึง 150 เมตรโดยคุณภาพ(LQI) และความแรงของสัญญาณ(RSSI) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานได้ตามปกติ ในทางตรงกันข้ามเมื่อทำการศึกษาสัญญาณของการสื่อสารซิกบีในแนวราบเมื่อมีวัสดุกีดขวาง พบว่ารัศมีการสื่อสารนั้นจะมีรัศมีการสื่อสารที่สั้นกว่าการทดสอบแบบแรก เนื่องจากมีคอนกรีตหรือต้นไม้เป็นตัวกีดขวางและปิดกั้นสัญญาณ ทำให้อุปกรณ์ทดสอบนั้นไม่สามารถส่งสัญญาณถึงกันได้ โดยรัศมีที่สามารถสื่อสารกันได้มากที่สุดนั้นอยู่ที่ 75 เมตร โดยทั้งนี้และทั้งนั้นขึ้นอยู่กับบริเวณที่ทดสอบด้วยเช่นเดียวกัน ถ้าบริเวณที่ทดสอบนั้นมีคอนกรีตหนากั้น เช่น มีตึกมากั้นระหว่างกลาง อุปกรณ์สื่อสารซิกบี (Zigbee) นั้นจะโดนบล็อกสัญญาณและไม่สามารถสื่อสารถึงกันได้เช่นเดียวกัน ในส่วนของการทดสอบแนวดิ่งโดยมีวัสดุมากีดขวางนั้นพบว่าสามารถสื่อสารได้มากสุดเพียงแค่ 2 ชั้น (8 เมตร) เป็นเพราะมีคอนกรีตหนามากั้นและปิดกั้นสัญญาณทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถสื่อสารถึงกันได้ แต่ทั้งนี้และทั้งนั้นระยะของการสื่อสารของสัญญาณซิกบี (Zigbee) เพียงพอต่อการสร้างโครงข่ายของอุปกรณ์ภายในบ้านหนึ่งหลัง

การใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีซิกบีเข้ามาช่วยบริหารจัดการพลังงานในบ้านนั้นพบว่ามีการใช้พลังงานลดลง ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ และสามารถบริหารจัดการความต้องการการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงของวันได้ เช่น การทำ Peak clipping และ ZigBee HEMS นั้นยังทำให้ระบบมีความปลอดภัยมากขึ้นด้วยเช่นกัน ในส่วนของสัญญาณซิกบีในระบบซึ่งเป็นบริเวณที่มีวัสดุกีดขวางนั้นสัญญาณสามารถส่งและรับได้ตามปกติ ตามขนาดพื้นที่ของอาคารทดลอง การสื่อสารแบบซิกบีมีความปลอดภัยสูง สามารถป้องกันการโจรกรรมข้อมูลได้อย่างมีคุณภาพ ทำให้เป็นระบบที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวช่วยบริหารจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อดีของเทคโนโลยีสื่อสารซิกบี (Zigbee)

- เป็นการสื่อสารไร้สาย ติดตั้งได้ง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก
- มีความยืดหยุ่นในการใช้ ไม่ต้องเดินสายใหม่หากมีการเปลี่ยนแปลง
- มีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าการสื่อสารไร้สายแบบอื่น
- มีระยะการสื่อสารที่กว้างและไกล
- เป็นการเชื่อมโยงเครื่อข่ายที่เป็นแบบ Mesh ทำให้ระบบมีความคงทนและมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสียของเทคโนโลยีสื่อสารซิกบี (Zigbee)

- อุปกรณ์การสื่อสารซิกบีนั้นมีราคาแพง
- เป็นทฤษฎีที่ต้องการเวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจ

5.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

ในงานวิจัยนี้อุปกรณ์ทุกตัวจะทำงานอัตโนมัติ เพราะฉะนั้นในการแก้ไขหรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ควรปิดระบบอัตโนมัติและปลดวงจรออกให้ทั้งหมดก่อนเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ซ่อมแซมเองและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการลัดวงจร อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีการสื่อสารซิกบีนั้นเป็นอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำบ้านอัตโนมัติซึ่งมีการใช้ไฟฟ้า1เฟส แต่ในการทดลองนี้ได้ทดลองกับอาคารทดลองซึ่งจะเป็นไฟฟ้า3เฟส ทำ ดังนั้นจึงควรมีการระวังก่อนการติดตั้ง และอุปกรณ์ประเภทนี้จะเหมาะสำหรับบ้านหรือตึกที่อยู่ในขั้นก่อสร้างมากกว่าการนำมาปรับปรุงตัวอาคารเดิมที่สร้างเสร็จแล้ว ดังนั้นจึงเกิดการปรับเปลี่ยน แก้ไขอยู่บ่อยครั้ง ทำให้งานดำเนินได้ล่าช้า

อีกหนึ่งประการคือการตั้งค่าอุปกรณ์ให้ทำงานอย่างที่ต้องการด้วยโปรแกรม ZigButler ซึ่งเป็นสิ่งใหม่ที่ต้องใช้เวลาในการศึกษาพอสมควร รวมถึงการอ่านรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละชนิด เพื่อควบคุมการทำงานให้มีความเหมาะสมกับอาคาร และบางชนิดของอุปกรณ์ต้องเขียนโปรแกรมเข้าไปเพิ่มเพื่อที่จะให้ประยุกต์กับการบริหารจัดการพลังงาน จึงทำการดำเนินการเป็นไปได้อย่างล่าช้า

บรรณานุกรม

[1] NETVOX TECHNOLOGY CO., LTD. 2551 "NETVOX Catalog(English Version))" [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.netvox.com.tw/product.asp, (11 สิงหาคม 2556)

[2] บริษัท วีนส ซัพพลาย จำกัด "Zigbee คืออะไร" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com, (25 สิงหาคม 2556)

[3] ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND (EGAT) "Demand-Side Management (DSM)" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.dsm.egat.co.th, (25 สิงหาคม 2556)

[4] "การสร้างเว็บเพจด้วย Html" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://alaska.reru.ac.th, (2 กันยายน 2556)

[5] กระทรวงพลังงาน "การปรับปรุงแผนพัฒนากาลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (PDP 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3)" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th

[6] Jeong In Lee, Chang-Sic Choi, Wan-Ki Park, Jin-Soo Han and Il-Woo Lee, "A Study on the use cases of the smart grid home energy management system" ICT Convergence (ICTC), 2011 International Conference on, 28-30 Sept. 2011

[7] M. Kuzlu, Member, IEEE, M. Pipattanasomporn, Senior Member, IEEE, and S. Rahman, Fellow, IEEE, "Hardware Demonstration of a Home Energy Management System for Demand Response Applications" Smart Grid, IEEE Transactions on (Volume:3 , Issue: 4), Dec. 2012

[8] Manisa Pipattanasomporn, Senior Member, IEEE, Murat Kuzlu, Member, IEEE, and Saifur Rahman, Fellow, IEEE, "An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis", Smart Grid, IEEE Transactions on (Volume:3 , Issue: 4), Dec. 2012

[9] Sanja Veleva, Student Member, IEEE, Danco Davcev, Senior Member, IEEE and Marija Kacarska, Senior Member, IEEE, "Wireless Smart Platform for Home Energy Management System" Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), 2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on , 5-7 Dec. 2011

[10] B. Asare-Bediako, Student Member, IEEE; P. F. Ribeiro, Fellow, IEEE and W. L. Kling, Member, IEEE, "Integrated Energy Optimization with Smart Home Energy Management Systems" Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), 2012 3rd IEEE PES International Conference and Exhibition on , 14-17 Oct. 2012

[11] Torben Grøn Helligsø, Peter Høgh Mikkelsen, Michael Alrøe, José Antonio Esparza "RSSI and LQI vs. Distance Measurement" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http:// www.researchgate.net

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Scenario Planning

ตารางที่ ก 1 Scenario Planning

Scenario Planning

		17/3/2014									
No.	Wo3	If		Delay time(S/M)	Alarm	Then		control	Process (%)		หมายเหตุ
									Hardware	Software	
1	Advicer office	ถ้าไม่มีคน	(Z801D/00137A0000011037)	15 mins		ปิดหลอดไฟ	(Z803A-2/00137A0000011388)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
2		ถ้ามีคน	(Z801D/00137A0000011037)	15 mins		เปิดหลอดไฟ	(Z803A-2/00137A0000011388)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
3		กดสวิตช์	(Z802E/00137A000000F793)	sudden	Doorbell test	Alarm 1 เสียง (ห้องน้ำ Exit 1)	(Z602A/00137A00000118F3)				
4	Pantry	ถ้าไม่มีคน	(Z801D/00137A0000C11043)	15 mins		ปิดหลอดไฟ	(Z809A-1/00137A03000113CD)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
5		ถ้ามีคน	(Z801D/00137A0000011043)	15 mins		เปิดหลอดไฟ	(Z809A-1/00137A03000113CD)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
6	Server room	ถ้าไม่มีคน	(Z801C/00137A0000010183)	2 mins		ปิดหลอดไฟ	(Z811-1/00137A0C0000C0A4)	ZB	100	:00	Sensor Type C
7		ถ้ามีคน	(Z801C/00137A0000010183)	2 mins		เปิดหลอดไฟ	(Z811-1/00137A0C0000C0A4)	ZB	100	:00	Sensor Type C
8		ถ้าอุณหภูมิห้อง Server > 24 C	(Z801C/00137A0000010183)	sudden	Fire warning	Alarm 1 เสียง ห้างานผลอก (ห้องน้ำ Exit 1)	(Z602A/00137A00000118F3)	ZB	100	:00	Sensor Type C
9		ถ้าแอร์_1 server ห้างาน	(Z210R/00137A0000010108)	1 day		สลับไปงานแอร์อีกตัวหนึ่ง	(Z210A/00137A0C200101E8)	Gateway	100	:00	
10		ถ้าแอร์_2 server ห้างาน	(Z210R/00137A0000010104)	1 day		สลับไปงานแอร์อีกตัวหนึ่ง	(Z210R/00137A0C200101E4)	Gateway	100	:00	
11		กดสวิตช์	(Z802E/00137A000000F793)	sudden	Doorbell test	Alarm 1 เสียง (ห้องน้ำ Exit 1)	(Z602A/00137A00000118F3)	ZB	100	:00	
12	Study shelf	ถ้าไม่มีคน	(Z801C/00137A0000010184)	2 mins		ปิดหลอดไฟ	(Z811-2/00137A0C0000C0A4)	ZB	100	:00	Sensor Type C
13		ถ้ามีคน	(Z801C/00137A0000010184)	2 mins		เปิดหลอดไฟ	(Z811-2/00137A0C0000C0A4)	ZB	100	:00	Sensor Type C
14		ถ้าไม่มีคน	(Z801C/00137A0000010184)	15 mins		ปิด Air 3 phase	(Z210R/00137A0C200101FA)	Gateway	100	:00	Sensor Type C
15		ถ้ามีคน	(Z801C/00137A0000010184)	2 mins		เปิดฟรี 2 ตัวหน้าห้อง server	(Z210R/00137A0C200101FA)	Gateway	100	:00	Sensor Type C
16		กดสวิตช์เพื่อเปิดไฟ	(Z802A/00137A000000FC8A)	sudden		เปิดปิดเครื่องโปรไฟฟ้า	(Z811-2/00137A0C0000C0A4)	ZB	100	:00	
17		ถ้าประตูทางไปห้องว่างเปิดนานเกิน	(Z302A/00137A000000F5C7)	5 secs		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z602A/00137A00000118F3)	Gateway	100	:00	
18		ถ้าประตูทางไปห้องเช็คข้อปเปิดนานเกิน	(Z302A/00137A000000F5DB)	5 secs		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z602A/00137A00000118F1)	Gateway	100	:00	
19		Smart plug วัดกระแสไฟ 14 A	(Z808A/00137A0000C113D6)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z809A/00137A0C200113D6)	ZB	100	:00	
20		เปิดประตูทางไปห้องน้ำ	(Z302A/00137A000000F5C7)	2 mins		ไฟทางเดินไปห้องน้ำเปิด	(Z811-3/00137A0C0000C0A4)	Gateway	100	:00	
21	Staff office	ถ้าไม่มีคน	(Z801D/00137A0000011035)	15 mins		ปิดหลอดไฟ	(Z811-4/00137A0C0000C0A4)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
22		ถ้ามีคน	(Z801D/00137A0000011035)	15 mins		เปิดหลอดไฟ	(Z811-4/00137A0C0000C0A4)	Gateway	100	:00	Sensor Type D
23	Work shop	เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตัวตรวจพบว่าไม่มีคน	(Z817C-1/00137A000001155C)	30 secs		ปิดพัดลม	(Z809A-1/00137A03000113CD)	Gateway	100	:00	
24		เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตัวตรวจพบว่ามีคน	(Z817C-1/00137A000001155C)	30 secs		เปิดพัดลม	(Z803A-2/00137A0000011388)	Gateway	100	:00	
25		เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตัวตรวจพบว่าไม่มีคน	(Z817C-2/00137A0000011558)	30 secs		ปิดพัดลม	(Z809A-1/00137A03000113CD)	Gateway	100	:00	
26		เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตัวตรวจพบว่ามีคน	(Z817C-2/00137A0000011558)	30 secs		เปิดพัดลม	(Z803A-2/00137A0000011388)	Gateway	100	:00	
27		เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตัวตรวจพบว่าไม่มีคน	(Z817C-1/00137A000001155C)	30 secs		ปิดหลอดไฟ	(Z817C-1/00137A000001155C)	ZB	100	:00	
28		เซนเซอร์ตัวที่ 1 ตัวตรวจพบว่ามีคน	(Z817C-1/00137A000001155C)	30 secs		เปิดหลอดไฟ	(Z817C-1/00137A000001155C)	ZB	100	:00	
29		เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตัวตรวจพบว่าไม่มีคน	(Z817C-2/00137A0000011558)	30 secs		ปิดหลอดไฟ	(Z817C-2/00137A0000011558)	ZB	100	:00	
30		เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตัวตรวจพบว่ามีคน	(Z817C-2/00137A0000011558)	30 secs		เปิดหลอดไฟ	(Z817C-2/00137A0000011558)	ZB	100	:00	

ตารางที่ ก 2 Scenario Planning

Scenario Planning

						17/2/2014					
No	หน้า	If		Delay time(S/W)	Alarm	Then		control	Process (%)		หมายเหตุ
									Hardware	Software	
31		เซนเซอร์ทางตัวในห้องWork shop ตรวจไม่ติด	(Z817C-1/00137A000001155C)	sudden	Burglar	Alarm 1 เสียง (Workshop Exit 3)	(Workshop Exit 3)(Z602A-3/00137A00000118F2)	Gateway	100	:00	
			(Z817C-2/00137A0000011558)								
			(Z302A/00137A000000 10F*0)								
32		Smart plug วัดกระแสไฟ 14 A	(Z809A-1/00137A000000113D7)	sudden	Emergency	มีเสียงเตือนที่ Exit 3 และทำการ Trun off	(Workshop Exit 3)(Z602A-3/00137A00000118F2)	ZB	100	:00	
			(Z809A-1/00137A000000113D7)	sudden			(Z809A-1/00137A000000113D7)	ZB	100	:00	
33		Smart plug วัดกระแสไฟ 14 A	(Z809A-2/00137A000000113D8)	sudden	Emergency	มีเสียงเตือนที่ Exit 3 และทำการ Trun off	(Workshop Exit 3)(Z602A-3/00137A00000118F2)	ZB	100	:00	
			(Z809A-2/00137A000000113D8)	sudden			(Z809A-2/00137A000000113D8)	ZB	100	:00	
34		Smart plug วัดกระแสไฟ 14 A	(Z809A-3/00137A000000113BE)	sudden	Emergency	มีเสียงเตือนที่ Exit 3 และทำการ Trun off	(Workshop Exit 3)(Z602A-3/00137A00000118F2)	ZB	100	:00	
			(Z809A-3/00137A000000113BE)	sudden			(Z809A-3/00137A000000113BE)	ZB	100	:00	
35	อื่นๆ	ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z801D/00137A000001103F)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z801D/00137A000001103F)	ZB	100	:00	
36		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z801D/00137A0000011043)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z801D/00137A0000011043)	ZB	100	:00	
37		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z801C/00137A000001018B)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z801C/00137A0C000101 93)	ZB	100	:00	
38		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z801C/00137A000001018A)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z801C/00137A0C000101B4)	ZB	100	:00	
39		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z801D/00137A000001103E)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z801D/00137A0C000110 3F)	ZB	100	:00	
40		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z802B/00137A0000011837)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z802B/00137A0000011837)	ZB	100	:00	
41		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z802A/00137A000000EC9A)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z8C2A/00137A000000EC8A)	ZB	100	:00	
42		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z802E/00137A000000E793)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z802E/00137A0C000E793)	ZB	100	:00	
43		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z802E/00137A000000E7BD)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z802E/00137A000000E7BD)	ZB	100	:00	
44		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z302A/00137A000000F5CF)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z302A/00137A000000F5CF)	ZB	100	:00	
45		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z302A/00137A000000F588)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z302A/00137A000000F588)	ZB	100	:00	
46		ทำงุปกรณ์แบตเตอรี่ใกล้หมด	(Z302A/00137A000001 0F*0)	sudden		แจ้งเตือนที่หน้าจอ	(Z302A/00137A000001 0FF0)	ZB	100	:00	
47		ที่เวลารับประทาน	(Z811-3/00137A000000C0A4)	sudden		ไฟทางเดินไปห้องน้ำเปิด	(Z811-3/00137A000000C0A4)	ZB	100	:00	
48		ที่เวลาทำงานสั้น	(Z811-3/00137A000000C0A4)	sudden		ไฟทางเดินไปห้องน้ำเปิด	(Z811-3/00137A000000C0A4)	ZB	100	:00	
49		กดสวิตช์	(Z801TX-01/00137A000000 DCD8)	sudden		เปิด/ปิดไฟห้องserver	(Z811-1/00137A000000C0A4)	ZB	100	:00	
50		กดสวิตช์	(Z801TX-02/00137A000000 DCD8)	sudden		เปิด/ปิดไฟห้องstudy mall	(Z811-2/00137A000000C0A4)	ZB	100	:00	
51		กดสวิตช์	(Z801TX-03/00137A000000 DCD8)	sudden		เปิด/ปิดไฟห้องstaff office	(Z811-4/00137A000000C0A4)	ZB	100	:00	
52		กดสวิตช์	(Z801TX-04/00137A000000 DCD8)	sudden		เปิด/ปิดไฟห้องadvicer	(Z809A-2/00137A000001138B)	ZB	100	:00	
53		กดสวิตช์	(Z801TX-05/00137A000000 DCD8)	sudden		เปิด/ปิดไฟห้องpantry	(Z809A-1/00137A000001 13CD)	ZB	100	:00	
54		ห้องการเปิด/ปิดทีวี ToSHIBA	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิดทีวี ToSHIBA	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
55		ห้องการเปิด/ปิดทีวี SAMSUNG	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิดทีวี SAMSUNG	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
56		ห้องการเปิด/ปิด Apple TV	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิด Apple TV	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
57		ห้องการเปิด/ปิด Air 3 phase	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิด Air 3 phase	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
58		ห้องการเปิด/ปิด LED circuit 1,2	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิด LED circuit 1,2	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
59		ห้องการเปิด/ปิด LED circuit 1	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิด LED circuit 1	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
60		ห้องการเปิด/ปิด LED circuit 2	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เปิด/ปิด LED circuit 2	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
61		ห้องการเพิ่ม/ลดความสว่าง LED circuit 1	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เพิ่ม/ลดความสว่าง LED circuit 1	(Z210R/00137A0C000101FA)	ZB	100	:00	
62		ห้องการเพิ่ม/ลดความสว่าง LED circuit 2	(Z210R/00137A000001 01FA)	sudden		เพิ่ม/ลดความสว่าง LED circuit 2		ZB	100	:00	
63		ที่เวลา18.00 น		sudden		ไฟหน้าตึกจะเปิด25%		ZB	100	:00	
64		ที่เวลา19.00 น		sudden		ไฟหน้าตึกจะเปิด100%		ZB	100	:00	
65		ที่เวลา5.00 น		sudden		ไฟหน้าตึกจะเปิด		ZB	100	:00	
66		กดสวิตช์		sudden		ไฟในห้องWorkshop เปิด/ปิด		ZB	100	:00	
67		กดสวิตช์		sudden		ฟอลระไฟห้องWorkshop เปิด/ปิด		ZB	100	:00	

ภาคผนวก ข

บทความทางวิชาการ

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

Home Energy Management System

วุฒิไกร ตันมล วุฒิชัย เดชธราดล ศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย ศัลยพล ฉันประเสริฐศักดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบังกรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: t.wuttikrai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยใช้วิธีการจัดการพลังงานภายในบ้านเข้ามาช่วยในการจัดการ ซึ่งสามารถควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในที่พักอาศัยได้อย่างเหมาะสม จากการสร้างเครือข่ายทางคอมพิวเตอร์ขึ้นมา โดยมีการนำเทคโนโลยีซิกบีมาประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในที่พักอาศัย ในส่วนของการควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและการรักษาความปลอดภัย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ อีกทั้งยังทำให้ที่พักอาศัยมีความสะดวกสบายยิ่งขึ้นและสามารถป้องการเกิดอุบัติเหตุหรือการบุกรุกที่จะเกิดขึ้นได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การจัดการพลังงานในบ้าน, ซิกบี, พลังงาน

Abstract

This research presents home energy management system by using Zigbee Pro network devices. The Zigbee coordinator communicating with the home devices and the home server which make its controllable everywhere via internet. The demand-side management method is applied to control home appliances for reducing unnecessary power consumption and using energy more efficiently. In addition, HEMS also improves your home security level and showing house modernity.

Keywords: Home Energy Management, Zigbee, Energy

1. บทนำ

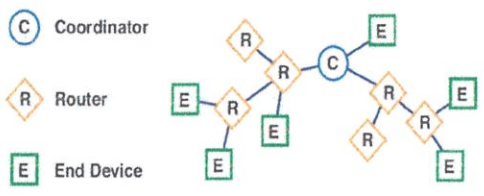
ในปัจจุบันปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า มีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นผลิตจากเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปและปริมาณเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้นมีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ด้วยเหตุนี้การบริหารจัดการพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในบทความนี้ได้นำเสนอการจัดการพลังงานไฟฟ้าทางภาคครัวเรือน โดยการจัดการนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งวิธีที่จะนำเสนอคือวิธีการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System) โดยต้นเหตุสำคัญที่เป็นตัวสิ้นเปลืองพลังงานภายในบ้านก็คือ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เทคโนโลยีที่เหมาะแก่การนำมาใช้จัดการอุปกรณ์เหล่านี้คือ เทคโนโลยีซิกบี ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายและเป็นเทคโนโลยีที่ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน ใช้พลังงานในปริมาณที่ต่ำ ไม่มีความยุ่งยากในการเดินสายไฟ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีซิกบีมาประยุกต์ใช้กับการจัดการพลังงานจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจต่อการศึกษาและยังเป็นการใช้พลังงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. หลักการพื้นฐานของระบบการบริหารจัดการพลังงานและเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee

ระบบการบริหารจัดการพลังงาน Demand-Side Management (DSM) เป็นระบบที่ส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ โดยวิธีการจัดการความต้องการการใช้ไฟฟ้าสามารถทำได้ด้วยวิธี Peak shaving เป็นวิธีการจัดการช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดให้ลดลง หรือวิธี Peak shifting ซึ่งเป็นวิธีการจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้าอีกวิธีหนึ่งที่เลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดมาสู่ช่วงที่ไม่ได้มีการใช้งานสูงสุด หรือวิธี Strategic conservation คือ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานซึ่งช่วยลดการใช้ไฟฟ้าทุกช่วงเวลา การส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Zigbee เป็นเทคโนโลยีระบบการสื่อสารไร้สายมาตรฐานสากล โดยเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ และสามารถสร้างเครือข่ายได้ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานด้านเซนเซอร์ไร้สาย ตรวจสอบสภาพแวดล้อม



รูปที่ 1 ตัวอย่างการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายของ Zigbee

โดยที่ชนิดอุปกรณ์ของ Zigbee ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 ประเภท คือ

1. คอร์ดิเนเตอร์ (Coordinator) มีหน้าที่สร้างการสื่อสารเชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่างอุปกรณ์

2. อุปกรณ์ปลายทาง (End Device) เป็นอุปกรณ์ที่จะใช้รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ให้ทำงานตามที่ต้องการต่อไป

3. ตัวขยายสัญญาณ (Router) เป็นโหนดที่อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน มีหน้าที่รับส่งข้อมูล ในเส้นทางต่าง ๆ ของเครือข่ายและกระจายสัญญาณให้มีวงที่กว้างยิ่งขึ้น

การทำงานของ Zigbee จะเป็นการรับ-ส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลผ่านส่วนชิปซึ่งมีขนาดเล็ก เป็นจุดต่อจุดไปเรื่อยๆจนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในหนึ่งระบบนั้นจะต้องมีตัว Coordinator และ End Device อย่างน้อยหนึ่งตัว ซึ่งการทำงานของแต่ละตัวนั้นได้ถูกกล่าวไปแล้วดังข้างต้น

รูปที่ 2 โซนภายในอาคารและตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ในโซนต่างๆ

3.การออกแบบระบบการทดลอง

3.1 การออกแบบระบบการทดลองบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร

ในระบบการออกแบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารจะสามารถแบ่งเป็น 6 ส่วนหลักๆสามารถดูได้จากรูปที่ **2** โดยแต่ละส่วนจะมีเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวอยู่ในตำแหน่งสีเขียว ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์โดยอาศัยพื้นฐานของระบบการบริหารจัดการพลังงานเข้ามาช่วยเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมากที่สุด โดยแผนการออกแบบในแต่ละส่วนเป็นดังนี้

ในแต่ละโซนการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวจะไม่เหมือนกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้งานที่แตกต่างกัน ในส่วนของโซนที่ 1 เป็นโซนของห้องทดลองซึ่งจะมีคนเข้าออกบ่อยครั้ง ดังนั้นเซนเซอร์จะมีการตรวจสอบบ่อยครั้งกว่าโซนอื่นๆ เมื่อเซนเซอร์ทำงานตรวจจับพบการเคลื่อนไหวจะทำให้หลอดไฟและพัดลมทำงานอัตโนมัติ ในทางกลับกันถ้าเซนเซอร์ตรวจไม่พบการเคลื่อนไหว พัดลมและหลอดไฟจะหยุดทำงาน และจะมีAlarm แจ้งเตือนเมื่อประตูปิดไม่สนิทเพื่อที่จะประหยัดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ในโซนที่ 2 และ 3 จะเป็นส่วนการทำงานของนักศึกษาซึ่งจะมีคนอยู่ตลอดเวลาเพราะฉะนั้นเซนเซอร์จะมีการหน่วงเวลาการทำงานที่มากกว่าโซนอื่น และเมื่อเซนเซอร์ตรวจพบการเคลื่อนไหวจะทำให้ระบบแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศและจอโทรทัศน์แสดงผลทำงานอัตโนมัติ และเมื่อตรวจสอบไม่พบการเคลื่อนไหวเป็นเวลา 15 นาทีเครื่องปรับอากาศจะปิดอัตโนมัติ โซนที่ 3 เป็นห้อง Server ซึ่งจะมีเซนเซอร์ตรวจสอบการเคลื่อนไหวพร้อมทั้งอุณหภูมิ โดยจะมี Alarm ในการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 25 องศาซึ่งจะป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่ออุปกรณ์ในห้อง รวมถึงยังได้มีการตั้งให้มีการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องสลับกันทำงานโดยอัตโนมัติโดยนับเป็นชั่วโมงในการทำงานเมื่อครบตามจำนวนที่กำหนดระบบจะทำการสั่งให้ปิดและเปิดเครื่องปรับอากาศอีกเครื่องทันทีป้องกันการทำงานที่หนักเกินไปและ โซนที่ 5 จะเป็นพื้นที่ส่วนกลางและโซนที่ 6 เป็นห้องทำงาน ซึ่งมีเซนเซอร์ทำงานตรวจสอบความเคลื่อนไหวเปิด-ปิดอุปกรณ์แสงสว่าง

3.2 การออกแบบการทดสอบสัญญาณซิกบี

การทดลองการทดสอบสัญญาณของซิกบี จะทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ 1. การทดสอบสัญญาณซิกบีแนวราบในพื้นที่โล่ง 2. การทดสอบสัญญาณซิกบีแนวราบโดยมีวัสดุกีดขวาง และ3. การทดสอบสัญญาณซิกบีแนวดิ่งโดยมีวัสดุกัดขวาง เพื่อศึกษารัศมีระยะการสื่อสารที่มากที่สุด โดยการทดสอบจะเป็นการวัดค่า LQI (Link Quality Indicator) และ RSSI (Radio Signal Strength Indicator) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของสัญญาณ โดยค่า LQI จะเป็นตัวบอกคุณภาพของสัญญาณจากฝั่งตัวรับซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดยถ้ามีค่ามากนั้นแสดงถึงสัญญาณที่มีคุณภาพ ในส่วนของ RSSI จะเป็นการวัดความแรงของสัญญาณซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -45 dB ถึง -100 dB โดยค่ายิ่งน้อยจะแสดงถึงความแรงที่ต่ำ ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ที่มีการสื่อสารซิกบี 2 ตัววัดค่าสัญญาณตามระยะทางต่างๆโดยการใช้โปรแกรม ZigButler

1.การทดสอบวัดสัญญาณซิกบีแนวราบในพื้นที่โล่ง จะเป็นการวัดสัญญาณที่อุปกรณ์ 2 ตัวส่งถึงกันโดยให้ตัวหนึ่งอยู่นิ่งและอีกตัวเคลื่อนที่ไปที่ระยะทางที่กำหนดและวัดค่าของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ เพื่อศึกษาถึงระยะที่ไกลที่สุดของสัญญาณที่สามารถส่งได้โดยไม่มีวัสดุกีดขวาง

2.การทดสอบวัดสัญญาณซิกบีแนวราบ โดยมีวัสดุกีดขวาง โดยที่จะวัดโดยการตรวจจับสัญญาณของการสื่อสารซิกบีของอุปกรณ์ซิกบีทั้ง 2 ตัวโดยอุปกรณ์ตัวหนึ่งอยู่ภายในอาคารและอีกตัวหนึ่งอยู่ตามตำแหน่งรอบอาคาร จะทำการวัดค่าของสัญญาณจากพื้นที่โดยรอบอาคารเพื่อที่จะศึกษาหาระยะที่ไกลที่สุดและระยะที่เหมาะสมที่สัญญาณยังมีคุณภาพที่ดีอยู่เพื่อใช้ในการออกแบบ โครงข่ายอุปกรณ์ซิกบีภายในอาคาร

3.การทดสอบวัดสัญญาณซิกบีแนวดิ่งโดยมีวัสดุกีดขวาง โดยจะใช้อุปกรณ์ซิกบี 2 ตัวเหมือนการทดสอบแบบมีวัสดุกีดขวางในแนวราบ โดยที่ตัวหนึ่งจะวางอยู่บนชั้นล่างของตึก และอีกตัวหนึ่งเคลื่อนที่ตาม

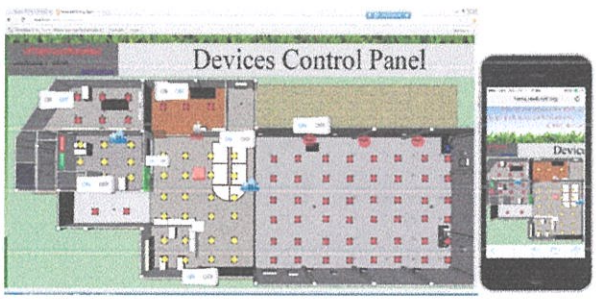
ระยะในแนวดิ่งไปยังชั้นต่างๆของตึก เพื่อวัดรัศมีการสื่อสารที่ไกลที่สุดของสัญญาณในแนวดิ่ง

3.3 การออกแบบการแสดงสถานะและการควบคุมการทำงานภายในอาคาร

เพื่อที่จะให้สามารถควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ซิกบีภายในอาคารสามารถทำได้ทุกที่โดยผ่านการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต จึงได้ออกแบบโดยการเขียนเว็บไซต์โดยผ่านโปรแกรม Dreamweaver โดยจะมีการแบ่งโซนของอุปกรณ์เป็นส่วนๆตามโครงสร้างของอาคาร ในการทดลองจะสามารถควบคุมการทำงานและการแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดไฟ พัดลม จอโทรทัศน์และเครื่องปรับอากาศ โดยจะใช้สีในสีแดงจะหมายถึงหลอดไฟไม่ได้ทำงานเป็นต้น ซึ่งจะสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้ด้วยเช่นเดียวกัน รวมถึงการทราบถึงอุณหภูมิการแสดงสถานะ ยกตัวอย่างเช่น สีเหลืองบนตัวหลอดไฟจะหมายถึงหลอดไฟนั้นทำงานอยู่ ส่วนภายในห้องต่างๆของอาคารเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3

ชนิดของโหลด	ก่อนการติดตั้งระบบ HEMS (kWh)	หลังการติดตั้งระบบ HEMS (kWh)	พลังงานที่ลดลง (kWh)	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง (%)
แสงสว่าง	13.023	7.890	5.13	39
เครื่องปรับอากาศ	108.600	88.200	20.40	19
พัดลม	6.048	4.032	2.02	33
โหลดอิเล็กทรอนิกส์	8.190	6.930	1.26	15

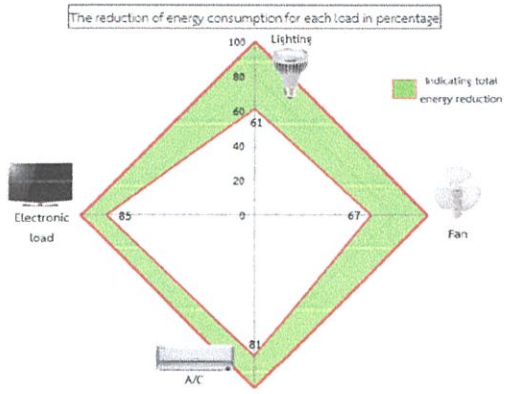
ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังการติดตั้งระบบ Zigbee Home Energy Management System



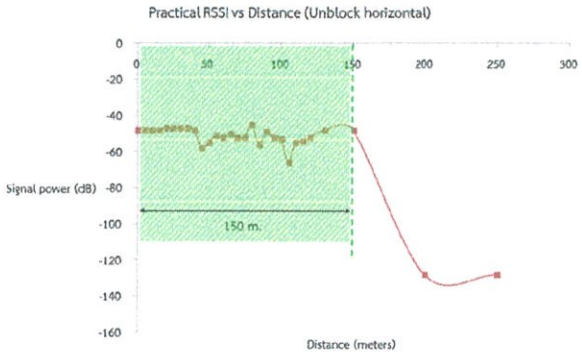
รูปที่ 3 การควบคุมและการแสดงสถานะของอุปกรณ์ซิกบีในอาคารผ่านการเชื่อมต่อทางอินเตอร์เน็ต

4. ผลการทดลอง

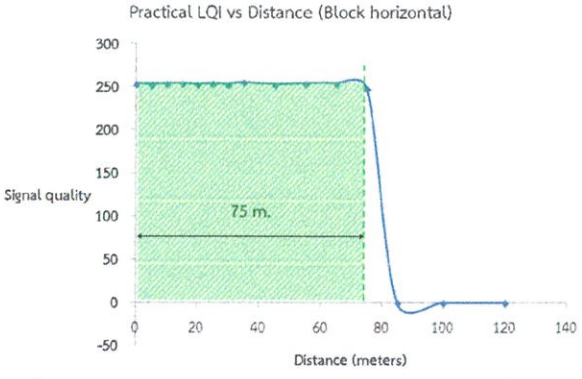
เมื่อทำการติดตั้งและตั้งค่าอุปกรณ์แต่ละตัวให้ทำงานตามที่กำหนดเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบระบบเปรียบเทียบกับระบบก่อนการติดตั้ง การใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้งระบบ Zigbee Home Energy Management System ของแต่ละโหลดเป็นดังนี้ โหลดแสงสว่างแต่ละโซนรวมกัน 13.023 kWh โหลดเครื่องปรับอากาศรวมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไป 108.600 kWh โหลดพัดลมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งหมด 6.048 kWh และโหลดอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 8.190 kWh เมื่อทำการใช้ระบบ Zigbee Home Energy Management System มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงของแต่ละโหลดเป็นดังนี้ โหลดแสงสว่างมีการใช้แต่ละห้องรวมกัน 7.890 kWh ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีการใช้พลังงานลดลง 39 % โหลดเครื่องปรับอากาศลดการใช้พลังงานลดลงเหลือ 88.200 kWh ซึ่งถือว่ามีการใช้พลังงานลดลงเป็น 19 % โหลดพัดลม มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเหลือ 4.032 kWh ซึ่งคิดเป็น 33 % และโหลดอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเหลือ 6.930 kWh หรือ 15 % ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานที่ลดลงหลังการติดตั้งระบบ Zigbee Home Energy Management System ภายในอาคารทั้งหมด พบว่าโหลดแสงสว่างประหยัดพลังงานลงได้มากที่สุดเทียบเป็น 37% ของพลังงานที่ลดลงทั้งหมด โหลดพัดลมสามารถประหยัดพลังงานได้รองลงมาคิดเป็น 31% ของพลังงานที่ลดลงทั้งหมด โหลดเครื่องปรับอากาศลดลงได้ 18% ของพลังงานที่ลดลงทั้งหมดและโหลดอิเล็กทรอนิกส์ลดลงได้ 14% ของพลังงานที่ลดลงทั้งหมดตามลำดับดังแสดงในพื้นที่สีเขียวในรูปที่4 ในส่วนของการทดสอบสัญญาณซิกบี ผลของสัญญาณสามารถสื่อสารกันได้ระยะรัศมีไกลที่สุด 75 เมตรเมื่อมีวัสดุกีดขวาง มีค่า LQI เฉลี่ยจากระยะ 0 เมตร ถึง 75 เมตร เท่ากับ 253.25 และค่า RSSI เฉลี่ยเท่ากับ –58 dB ตามรูปที่ 5 และ6 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าคุณภาพและความแรงของสัญญาณอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนการทดสอบสัญญาณซิกบีบนพื้นที่โล่ง รัศมีการสื่อสารที่อุปกรณ์ยังสามารถทำงานได้ตามปกติอยู่ที่ 150 เมตร โดยมีค่า RSSI และ LQI เฉลี่ยเท่ากับ 242.39 และ 53.71 ตามลำดับซึ่งมีระดับคุณภาพและความแรงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และสามารถควบคุมให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติตามที่แสดงในรูปที่ 7 และ 8 แต่เมื่อระยะทางมากกว่า 150 เมตรจะอุปกรณ์ซิกบีนั้นจะไม่สามารถสื่อสารกันได้ ในส่วนของการทดสอบสัญญาณในแนวดิ่งแบบมีวัสดุกีดขวางนั้นรัศมีการสื่อสารมากที่สุดได้แค่ 2 ชั้นหรือประมาณ 8 เมตรโดยที่คุณภาพ (LQI) และความแรงของสัญญาณ (RSSI) อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและสามารถควบคุมให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามปกติ แต่เมื่อระยะที่สูงขึ้นพบว่าคอนกรีตหนาเป็นตัวบล็อกการส่งของสัญญาณทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถสื่อสารและทำงานได้



รูปที่ 4 แผนภูมิการใช้พลังงานที่ลดลงของโหลดแต่ละประเภทเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเปรียบเทียบก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้ง



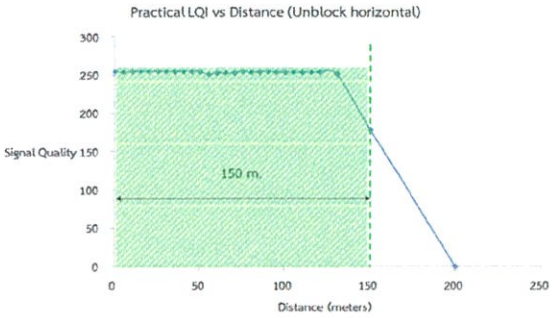
รูปที่ 5 ผลการทดสอบสัญญาณในแนวราบ LQI ต่อระยะทางเมื่อมีวัสดุกีดขวาง



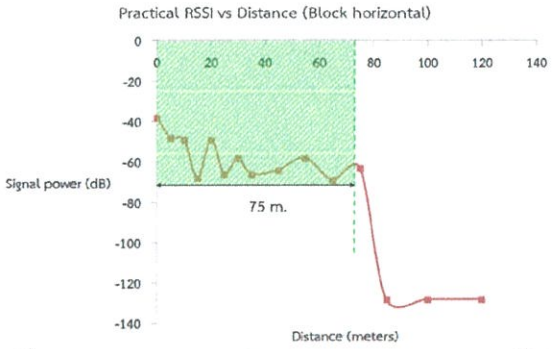
รูปที่ 6 ผลการทดสอบสัญญาณในแนวราบRSSI ต่อระยะทางเมื่อมีวัสดุกีดขวาง

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์สื่อสารซิกบีเข้ามาประยุกต์ใช้เป็นตัวช่วยในการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร เช่น การทำ Peak Shifting เป็นการลดการใช้พลังงานในช่วงที่สูงสุดไปใช้ช่วงเวลาอื่นแทน นอกจากนั้นระบบZigbee Home Energy Management System ยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย ซึ่งสามารถทำการควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ซิกบีได้โดยผ่านการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ส่วนการทดสอบความแรงของสัญญาณซิกบีเมื่อมีวัสดุมากีดขวางในแนวราบมีระยะรัศมีสื่อสารสูงสุด 75 เมตรและ 8 เมตรในแนวดิ่งแบบมีวัสดุมากีดขวาง พบว่าเพียงพอต่อการสร้างโครงข่ายของอุปกรณ์ภายในบ้านหนึ่งหลัง



รูปที่ 7 ผลการทดสอบสัญญาณในแนวราบ LQI ต่อระยะทางบนที่โล่ง



รูปที่ 8 ผลการทดสอบสัญญาณในแนวราบ RSSI ต่อระยะทางบนที่โล่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] NETVOX TECHNOLOGY CO., LTD. 2551 "NETVOX Catalog(English Version)"[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.netvox.com.tw/product.asp,(11สิงหาคม 2556)

[2] ELECTRICITY GENERATING AUTHORITY OF THAILAND (EGAT) "Demand-Side Management (DSM)" [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.dsm.egat.co.th, (25 สิงหาคม 2556)

[3] "การสร้างเว็บเพ็จด้วย Html" [ระบบออนไลน์]แหล่งที่มา http://alaska.reru.ac.th, (2 กันยายน 2556)

[5] Manisa Pipattanasomporn, Senior Member, IEEE, Murat Kuzlu, Member, IEEE, and Saifur Rahman, Fellow, IEEE, "An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis", Smart Grid, IEEE Transactions on (Volume:3 , Issue: 4), Dec. 2012

ภาคผนวก ค

โปสเตอร์นำเสนอผลงาน

ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้าน

Home Energy Management System

วุฒิไกร ต้นมล วุฒิชัย เดชธราดล ศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย ศัลยพล ฉันประเสริฐศักดิ์
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Objectives

- To present home energy management system by using Zigbee Pro network devices (IEEE 802.15.4 ,2.4 GHz),
- To apply demand-side management theory in order to reduce unnecessary energy usage and use the energy more efficiently,
- To control and monitor the ZigBee's devices everywhere by connecting internet,
- To integrate HEMS for security as well.

1

ZigBee devices Network

Fig. a

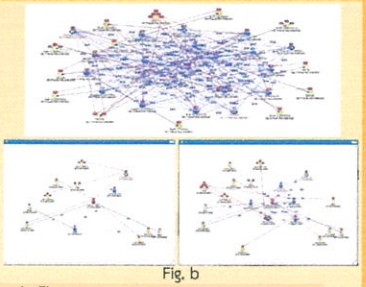


Fig. b

Floor Plan shows in Fig. a.

Fig. b indicates mesh connected devices network and shows that the system still functioning while one of router is temporary not working.

2

Zigbee Signal Measurement Vs Distance

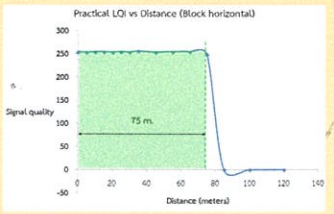


Fig. c

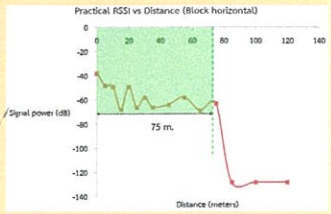


Fig. d

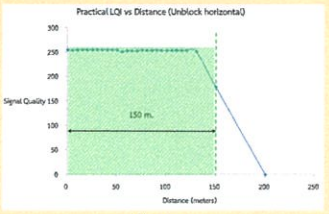


Fig. e

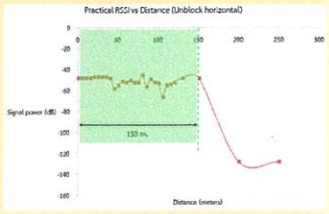


Fig. f

- Blocking ZigBee signal test result shows in Fig. c and Fig. d,
- Unblocking ZigBee signal test result in Fig. e and Fig. F
- The maximum coverage area represents in green area whereas the maximum coverage area for blocking vertical test is 8 m.

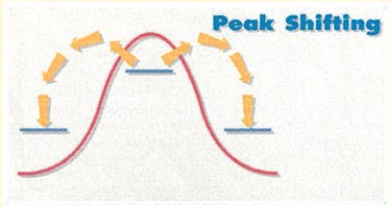
5

Remote Control & Monitoring via Website secure VPN

Remote Devices monitor and control via internet

3

Management Screen via µSCADA



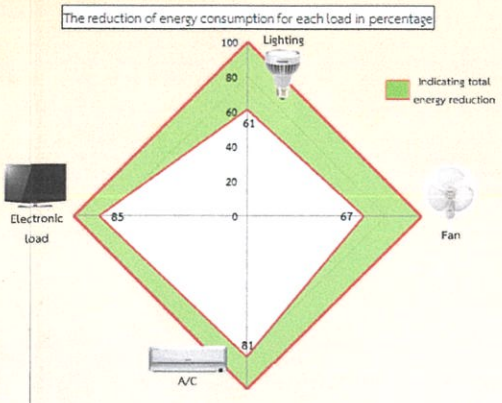
Demand-side management : Peak Shifting

Ref : dsmkmitl.com

- In devices control screen, we are able to limit the energy consumption by using demand-side management such as peak shifting.
- Left tap in devices control screen indicates how many percentages of energy usage you need to cut down for keep energy consumption below the limitation.

6

Experimental Results



- Radar plot shows the total energy reduction in percentage for each load after implemented HEMS
- The overall reduced energy consumption represents in green area

4

Conclusion

- Zigbee is wireless technology which the coverage area is larger than bluetooth and wifi signal and lower power consumption,
- More Flexibility to install and adjust your devices,
- The total energy consumption after we applied HEMS shows that the system has significantly decreased,
- Lighting load able to save up most 39%, Fan save up to 33% ; whereas Air Condition save up to 19% and electronic load save 15% after implemented HEMS,
- The ZigBee signal test is showing that the coverage area is enough for creating ZigBee Pro network in one home.

7

Renewable Energy Application Laboratory (REAL)

Energy Policy and Planning Office
MINISTRY OF ENERGY

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic year 2018

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายวุฒิไกร ตันมล
วัน เดือน ปีเกิด 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ 29 หมู่ที่ 12 ตำบลนิคมพัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (เหมืองแม่เมาะ) ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

ชื่อ-นามสกุล นายวุฒิชัย เดชธราดล
วัน เดือน ปีเกิด 2 กันยายน พ.ศ. 2534
ที่อยู่ 428 หมู่ที่ 3 ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร 86120

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท เจเอสที เซอร์วิส จำกัด ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

ชื่อ-นามสกุล นายศันสนะ รัตนแสงสกุลไทย
วัน เดือน ปีเกิด 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2535
ที่อยู่ 1/151 ถนนบรมราชชนี เขตทวีวัฒนา แขวงศาลาธรรมสพน์ กรุงเทพมหานคร 10170

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมวัดนายโรง กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท เอสซีจี ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)
ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556

ชื่อ-นามสกุล นายศัลยพล ฉันประเสริฐศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ 171 หมู่ที่ 9 ถนนสุขาภิบาล 2 ตำบลกรับใหญ่ งหวัดราชบุรี 70190

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสารสิทธิ์พิทยาลัย จังหวัดราชบุรี

ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน บริษัท ทัสโก้ ทราโฟ จำกัด
ระหว่างวันที่ 1 เมษายน 2556 ถึง 31 พฤษภาคม 2556