สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมหลอดไฟด้วยสมาร์ทโฟน

CONTROLLING LIGHT BULBS BY A SMART PHONE

ชวพล อัสดรธารากุล

ส/วว.
จ5286ก
2557
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....139903
วัน,เดือน,ปี....20 พ.ย. 2558
b.12729942
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมหลอดไฟด้วยสมาร์ทโฟน

Controlling Light Bulbs By A Smart Phone

ผู้จัดทำ

นายชวพล อัสดรธารากุล รหัสนักศึกษา 54010290

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมหลอดไฟด้วยสมาร์ทโฟน

นาย ชวพล อัสดรธารากุล 54010290
ผศ.ดร. วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การสื่อสารและควบคุมไร้สาย เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของคนในยุคปัจจุบันมากขึ้น โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการเขียนแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยภาษาจาวา และความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์และการออกแบบระบบ เพื่อสร้างแอปพลิเคชั่นควบคุมการทำงานของหลอดไฟ Hue bulb ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สามารถควบคุม สั่งงานหลอดไฟ ให้เปิดปิด เปลี่ยนสี ตั้งเวลาเปิดปิดอัตโนมัติ เก็บประวัติการทำงานของหลอดไฟ

การสั่งงานของแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนอาศัยการสื่อสารไร้สายโดยเชื่อมต่อผ่าน WiFi เข้ากับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ที่มากับ Hue bulb ซึ่งโฮมเกทเวย์นี้จะทำการติดต่อสั่งงานกับหลอดไฟโดยอาศัยการสื่อสาร ZigBee โดยที่สมาร์ทโฟนและโฮมเกทเวย์จะต้องอยู่ในโครงข่าย WiFi เดียวกัน

ในกรณีที่ต้องการให้แอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนสามารถสั่งงานหลอดไฟทางไกลจากภายนอกบ้านผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย ก็สามารถทำได้โดยให้แอปพลิเคชั่นทำการสื่อสารผ่าน 3G/4G กับเครื่องแม่ข่ายในบ้านที่เชื่อมต่ออยู่กับอินเทอร์เน็ต และขณะเดียวกันเครื่องแม่ข่ายนี้ก็จะต้องเชื่อมต่อกับเครือข่าย LAN หรือ WLAN เดียวกันกับที่ต่อกับโฮมเกทเวย์ของหลอดไฟ คำสั่งที่สั่งการโดยแอปพลิเคชั่นจะสามารถส่งถึงโฮมเกทเวย์ของหลอดไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Controlling Light Bulbs by a Smart Phone

Mr. Chawapol Asdontharakul 54010290
Asst. Prof. Dr. Visit HiranKitti Advisor
Academic Year 2014

ABSTRACT

In recent years wireless communication and wireless control has become more important for every living. In this engineering project we applied programming knowledge for developing an Android application using Java language and basic software engineering skill on system analysis and design to develop a mobile application for controlling Hue bulbs. The Android mobile application can control Hue bulbs to turn on and off, change their colors, and set control schedules for those activities for automatic control according to time schedules. In addition, the application can record historical control activities of each Hue bulb.

The mobile application can control each Hue bulb by communicating its command wirelessly via WiFi to the Hue gateway which in turn controls each Hue bulb via ZigBee communication. Importantly the smart phone and the gateway must connect to the same WiFi network.

In case we want the application on the smart phone to remotely control each Hue bulb outside the home, the application can connect to the internet via a 3G/4G network and communicate with a home server which connects to the internet, this home server must also connect to the same LAN or WLAN as that connected by the gateway. Each command sent by the application can now get through the gateway.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

สารบัญ III

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ 3

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ระบบปฏิบัติการ Android 4

2.1.1 อธิบายหลักการทำงาน 6

2.2 API 8

2.3 แนวคิดหลักในการพัฒนาระบบที่เชื่อมต่อกับ Hue 9

2.3.1 Hue web address 9

2.3.2 The hue username 9

2.3.3 หลอดไฟ และกลุ่มหลอดไฟ 9

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่า ตั้งค่า หรือข้อมูลภายใน 10

2.3.5 แนวคิดตัวแทนของ Hue 11

2.3.6 การควบคุมหลอดไฟ 11

2.3.7 ความซับซ้อนของสีสัน 12

2.3.8 คุณสมบัติอื่นๆ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.9 การจัดกลุ่ม 14
2.3.10 ข้อจำกัด 14
2.3.11 Datatype ที่ใช้งานภายใน API 15
2.4 Hue API บน Android 16
2.5 Philips Hue 17
2.5.1 lighting characteristics and attributes 17
2.5.2 ทฤษฎีการค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ (Bridge) ที่อยู่ในเครือข่าย 20
2.5.3 การตรวจสอบว่าค้นเจออุปกรณ์โฮมเกทเวย์หรือไม่ 22

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชั่น 23
3.1 ความต้องการของระบบ 23
3.1.1 Functional requirement 23
3.1.2 Non-Functional requirement 23
3.2 การออกแบบระบบ 24
3.2.1 Use case Diagram 24
3.2.2 Sequence Diagram 25
3.2.3 ภาพรวมของระบบ 32
3.2.4 Activity Diagram 35
3.2.5 Class Diagram 36
3.2.6 Storyboard 39
3.3 การออกแบบฐานข้อมูล 41
3.4 ไลบารี่ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น 43
3.4.1 API ของ Philips HUE 43
3.4.2 Calendar For Android 44

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 45
4.1 ทดลองการควบคุมหลอดไฟผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ Bridge กับ Router ภายในบ้าน 45
4.1.2 เปิดใช้แอปพลิเคชันเพื่อทำการเชื่อมต่อกับ Bridge แบบอัตโนมัติ 46
4.1.3 ทำการเลือกอุปกรณ์ Bridge 48
4.1.4 ทำการเลือกการทำงานของแอปพลิเคชั่น 49
4.1.5 หน้าแสดงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 50
4.1.6 แสดงหน้าการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ 53
4.1.7 แสดงหน้าการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟโดยสามารถกำหนดวันที่ และเวลา. 54
4.1.8 แสดงหน้าประวัติกการทำงานของหลอดไฟโดยสามารถดูวันที่ จากปฏิทิน 57
4.2 ทดลองการควบคุมหลอดไฟภายนอกเครือข่าย 60
4.2.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ Bridge กับ Router ภายในบ้าน 60
4.2.2 ทำการเชื่อมต่อเว็บเซิฟเวอร์เข้ากับอุปกรณ์ Bridge 61
4.2.3 ทำการเลือกการทำงานของแอปพลิเคชั่น 62
4.2.4 หน้าแสดงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 63
4.2.5 แสดงหน้าการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ 65
4.2.6 แสดงประวัติการทำงานของหลอดไฟ 66
4.3 ผลลัพธ์จากการทดลองการใช้งานเพื่อควบคุมหลอดไฟ 67

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 68
5.1 บทสรุปของโครงงาน 68
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข 68
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 69

บรรณานุกรม หรือ เอกสารอ้างอิง 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การส่งคำสั่ง GET ผ่าน local URL 10
2.2 การส่งคำสั่ง PUT ผ่าน local URL 10
2.3 การใช้คำสั่ง GET กับหลอดไฟ 11
2.4 การตั้งค่า state ด้วย brightness 12
2.5 แสดงค่าสีทั่วไปที่แสดงอ้างอิงบนแกน xy จากช่วงสีของหลอดไฟ 13
2.6 การตั้งค่า state ด้วย hue 13
2.7 การตั้งค่าปิดหลอดไฟทุกดวงในกลุ่ม 14
2.8 การตั้งค่าให้หลอดไฟทุกดวงเป็นสีแดง 14
2.9 ตารางแสดง Datatype 15
2.10 คุณสมบัติของหลอดไฟที่ใช้ทดลอง 18
3.1 ตาราง LightDatabase 39
3.2 ตาราง ModeDatabase 39
3.3 ตาราง EventCalendarDatabase 39
3.4 ตาราง LogDatabase 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 Android Application Component 6
2.2 Activity Life Cycle 7
2.3 การค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ 20
3.1 แสดง Use case Diagram ของระบบ 24
3.2 Sequence Diagram ของการเปิดปิดหลอดไฟ 26
3.3 Sequence Diagram ของการเปลี่ยนสีหลอดไฟ 27
3.4 Sequence Diagram ของการปรับความเข้มแสงหลอดไฟ 28
3.5 Sequence Diagram ของการตั้งเวลาเปิดปิดหลอดไฟ 29
3.6 Sequence Diagram ของการตั้งเวลาเปลี่ยนสีหลอดไฟ 30
3.7 Sequence Diagram ของการดูตารางการตั้งเวลาหลอดไฟ 31
3.8 Sequence Diagram ของการดูประวัติการทำงานหลอดไฟ 31
3.9 แสดงโครงสร้างของระบบ 32
3.10 แสดงการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายเดียวกัน 33
3.11 แสดงการเชื่อมต่อภายนอกเครือข่าย 34
3.12 แสดง Activity Diagram ของระบบ 35
3.13 แสดงความสัมพันธ์ของ Class 36
3.14 Storyboard ของแอนดรอยด์ 39
3.15 แสดง ER Diagram 41
3.16 แสดงไลบารี่ของ Philips Hue บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 43
4.1 แสดงอุปกรณ์ Bridge 45
4.2 แสดงหน้าแรกของแอปพลิเคชั่น 46
4.3 แสดงหน้าโหลดเพื่อค้นหาอุปกรณ์ Bridge 47
4.4 แสดงอุปกรณ์ Bridge ที่สามารถเชื่อมต่อ 48
4.5 แสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น 49
4.6 แสดงหน้าควบคุมการทำงานหลอดไฟทุกดวง 50
4.7 แสดงจำนวนของหลอดไฟ 51
4.8 แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 1 ดวง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	แสดงหน้าควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ	53
4.10	แสดงหน้าปฏิทิน	54
4.11	แสดงหน้ารายการการตั้งค่าเวลา	55
4.12	แสดงการเพิ่มรายการการตั้งค่าเวลา	56
4.13	แสดงจำนวนของหลอดไฟ	57
4.14	แสดงหน้าปฏิทิน	58
4.15	แสดงหน้าประวัติการทำงานของหลอดไฟ	59
4.16	แสดงอุปกรณ์ Bridge	60
4.17	แสดงการเชื่อมต่อเว็บเซิฟเวอร์กับ Bridge	61
4.18	แสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น	62
4.19	แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟทุกดวง	63
4.20	แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 1 ดวง	64
4.21	แสดงหน้าควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ	65
4.22	แสดงหน้าประวัติการทำงานของหลอดไฟ	66
4.23	แสดงผลลัพธ์การเปลี่ยนสีด้วยแอปพลิเคชั่น	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้ามีเกิดการพัฒนาและวิวัฒนาการมากมาย เพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้ให้มีความสะดวกสบาย ก็ได้มีวิวัฒนาการจนทำให้หลอดไฟสามารถควบคุม สื่อสารได้ด้วยซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนสมาร์ทโฟน ทำให้สะดวกในการใช้งานหลอดไฟภายในอาคารเสมือนการใช้รีโมทคอนโทรลและผู้ใช้ยังสามารถส่งข้อมูลไปควบคุมหลอดไฟผ่านเครือข่ายสัญญาณไร้สายที่เชื่อมต่อกับหลอดไฟได้ด้วย ระบบการส่งข้อมูลไร้สายนี้ มีการใช้งานโปรโตคอลในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายระหว่างสมาร์ทโฟนกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ คือ โปรโตคอล UPnP สำหรับค้นหา IP Address, โปรโตคอล HTTP สำหรับรับส่งข้อมูล และยังเป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย ZigBee ระหว่างอุปกรณ์โฮมเกทเวย์กับหลอดไฟ และระหว่างหลอดไฟด้วยกันเอง ด้วยโปรโตคอล Light Link โดยระบบ ประกอบด้วย สมาร์ทโฟน, เราท์เตอร์, อุปกรณ์โฮมเกทเวย์, และหลอดไฟ เชื่อมต่ออยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่งจากสมาร์ทโฟน คำสั่งนั้นจะถูกส่งไปที่เราท์เตอร์ แล้วส่งต่อไปที่อุปกรณ์โฮมเกทเวย์ ผ่านโปรโตคอล HTTP จากนั้น อุปกรณ์โฮมเกทเวย์จึงส่งคำสั่งไปที่หลอดไฟด้วย ZigBee ผ่านโปรโตคอล Light Link เมื่อหลอดไฟได้รับคำสั่ง ก็จะทำงาน เปิด ปิด ปรับความสว่าง เปลี่ยนสี ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีไร้สายมาประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้แก่ หลอดไฟ ให้สามารถสั่งการเปิด ปิด เปลี่ยนสี ปรับความสว่าง ตั้งเวลาการทำงาน ที่จะนำไปสู่ระบบ Home automation ที่เราสามารถควบคุมหลอดไฟได้ด้วยซอฟต์แวร์
2) เพื่อศึกษาการทำงานของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านโปรโตคอลSSID, UPnP
3) เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการส่งข้อมูลไร้สายผ่านเทคโนโลยีZigBee ผ่านโปรโตคอล Light Link
4) เพื่อศึกษาการทำงาน และการรับส่งข้อมูลของHue light API ที่เป็นAPIของหลอดไฟ
5) เพื่อศึกษาการออกแบบUser interfaceที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ขอบเขตของโครงงานนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเขียนโปรแกรมสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ หรือในที่นี้เรียกว่า Bridge ให้สามารถควบคุมหลอดไฟในเครือข่ายเดียวกันได้ ครอบคลุมถึงการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้ภาษาจาวา และ โมบายแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอสโดยใช้ภาษาสวิฟท์ เพื่อควบคุมหลอดไฟด้วยสัญญาณไร้สาย โดยมีอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ Bridge เป็นตัวกลาง ติดต่อกับหลอดไฟ และโมบายแอปพลิเคชั่นติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่าน Wifi โดยโมบายแอปพลิเคชั่น จะสามารถควบคุมการทำงานของหลอดไฟ Hue โดยการสื่อสารผ่านเครือข่าย Wifi กับ Bridge และ Bridge จะติดต่อสื่อสารกับหลอดไฟผ่านการสื่อสารแบบ ZigBee ซึ่งติดตั้งอยู่ในหลอดไฟ ด้วยโพรโตคอล Light link และติดต่อกับหลอดไฟ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยการทำ port forwarding โดยแอปพลิเคชั่นนี้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอย เวอร์ชั่น 4.4 ขึ้นไป และระบบปฏิบัติการไอโอเอส เวอร์ชั่น 7.1 ขึ้นไป ซึ่งผู้ใช้ต้องทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์โฮมเกทเวย์เข้ากับเราท์เตอร์ให้อยู่ภายใต้เครือข่ายเดียวกันกับสมาร์ทโฟนก่อนที่จะใช้งานแอปพลิเคชั่น และแอปพลิเคชั่นสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ได้มากกว่า1ตัว ภายในเครือข่ายเดียวกัน, สามารถสั่งการหลอดไฟได้หลายหลอดพร้อมๆกัน และสั่งการแยกแต่ละหลอดได้อย่างอิสระ เนื่องจากการเชื่อมต่อส่งสัญญาณระหว่างหลอดไฟแต่ละดวงเป็นโทโปโลยีแบบเมซ (Mesh Topology) คือ หลอดไฟทุกดวงในเครือข่ายจะเชื่อมต่อถึงกันหมดโดยใช้สัญญาณไร้สายทุกการเชื่อมต่อ ทำให้ระยะทางที่แท้จริงที่ไกลที่สุดระหว่างหลอดไฟและอุปกรณ์โฮมเกทเวย์คือ ระยะระหว่างอุปกรณ์โฮมเกทเวย์รวมกับระยะระหว่างหลอดไฟแต่ละดวง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์การเขียนและพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน
2) ได้รับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์การเขียนและพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน
3) ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนแอปพลิเคชั่นติดต่อกับฐานข้อมูล
4) แอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานในภายในอาคาร บ้านเรือนได้จริง ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวก ประหยัดพลังงานตามจุดประสงค์
5) แอปพลิเคชั่นสามารถควบคุมการทำงานของหลอดไฟได้แบบอัตโนมัติ ดูประวัติการทำงานย้อนหลังได้ มีประโยชน์ในการนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งาน หรือแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้งานลืมเปิด-ปิด หลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สามารถนำแอปพลิเคชั่นนี้ไปพัฒนาต่อยอด เพื่อการนำไปใช้งานจริงในอนาคตภายภาคหน้าได้

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1) ชุดหลอดไฟ Philips Hue และโฮมเกทเวย์ Hue Bridge
2) โทรศัพท์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
3) โทรศัพท์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาความรู้เกี่ยวกับหลอดไฟ Hue และ อุปกรณ์ Bridge
2) ศึกษาภาษาจาวาสำหรับพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย์
3) ศึกษาภาษาสวิฟท์สำหรับพัฒนาบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
4) ศึกษาการสร้างโมบายแอปพลิเคชั่น การออกแบบ การแสดงผล
5) ศึกษาหลักการทำงานของ Hue Bulb
6) ศึกษา Philips Hue API และดาวโหลด Philips hue SDKs มาศึกษาการใช้งาน
7) พัฒนาแอปพลิแคชั่นโดยอิงจากต้นแบบ Quick Start แอปพลิเคชั่น
8) ออกแบบและพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานขอตนเอง
9) ทดสอบผลการดำเนินงาน
10) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและพัฒนาโครงงานนี้ ซึ่งจะอธิบายดังต่อไป

2.1 ระบบปฏิบัติการ Android

แอปพลิเคชั่นที่ถูกเขียนบนแอนดรอยด์ จะต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1) Activity (User Interface) คือ สิ่งที่ใช้ในการแสดงผลออกมาเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็น และได้ใช้งาน โดยในแต่ละแอปพลิเคชั่นนั้น อาจจะมี activity เดียว หรือ หลายๆ activity หรืออาจจะไม่มี Activity เลยก็ได้ โดยสิ่งที่อยู่ใน activity นั้น จะเรียกว่า “View” เช่น buttons, text fields, scroll bars, menu items, check boxes และอื่นๆ ตัวอย่างการทำงาน เช่น ตอนเราเรียกโปรแกรมถ่ายรูปขึ้นมา ในหน้าตาของการถ่ายรูปก็จะเป็น activities ตัวหนึ่ง จากนั้นถ้าเราอยากดูรูปที่ถ่ายไว้ก่อนหน้าที่อยู่ใน gallery เราก็จะทำการกดปุ่มเพื่อเข้าไปดูรูปใน gallery หลังจากกดแล้ว หน้าจอของส่วน gallery จะขึ้นมาแสดงภาพต่างๆ หลายๆ ภาพที่เราถ่ายไว้ ซึ่งส่วนนี้ก็จะเป็นอีก activities นึ่ง และเมื่อเราคลิกเข้าไปดูภาพใดภาพหนึ่ง หน้าจอก็จะแสดงภาพที่คลิกไปพร้อมกับเมนูที่ใช้ในการจัดการภาพๆ นั้น อันนี้ก็ถือเป็นอีก activities หนึ่ง การทำงานของ Activity มี Life Cycle ดังนี้ Running -> Pause -> Stop -> Kill
2) Service (Service Provider) เป็นกระบวนกาทำงานที่อยู่เบื้อหลังหรือ background process โดย service นั้นอาจจะมีการกระทำอะไร เช่น การติดต่อกับ Network หรือการคำนวณค่าต่างๆ ให้กับ Activity ตัวอย่างการทำงาน เช่น โปรแกรมเล่นเพลงต่างๆ ก็จะมีหน้าจอที่ติดต่อกับผู้ใช้ (นั้นคือส่วนของ activities) และเมื่อผู้ใช้เลือกเพลงเสร็จแล้วกดเล่นไฟล์เพลงก็จะถูกเล่นโดยมีการทำงานแบบ services หลักจากผู้ใช้กด Back หรือ Home หน้าจอของเครื่องเล่นเพลง (activities) ก็จะถูกเก็บไป แต่ในส่วนของ services ที่เล่นเพลงนั้นก็ยังคงเล่นเพลงต่อไป
3) Broadcast receiver (Data Provider) คือ ตัวที่ใช้สำหรับคอยรับ และตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพราะ Smart Phone ไม่เหมือนกับ PC หรือ Notebook จึงต้องมีส่วนที่ค่อยเฝ้าว่า จะมีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นบ้าง เช่น เมื่อแบตเตอรี่ต่ำ, ผู้ใช้ทำการเปลี่ยนภาษา, โทรออก, โทรออก, มีข้อความเข้า และอื่นๆ หากมีเหตุการณ์ต่างๆ พวกนี้เกิดขึ้น

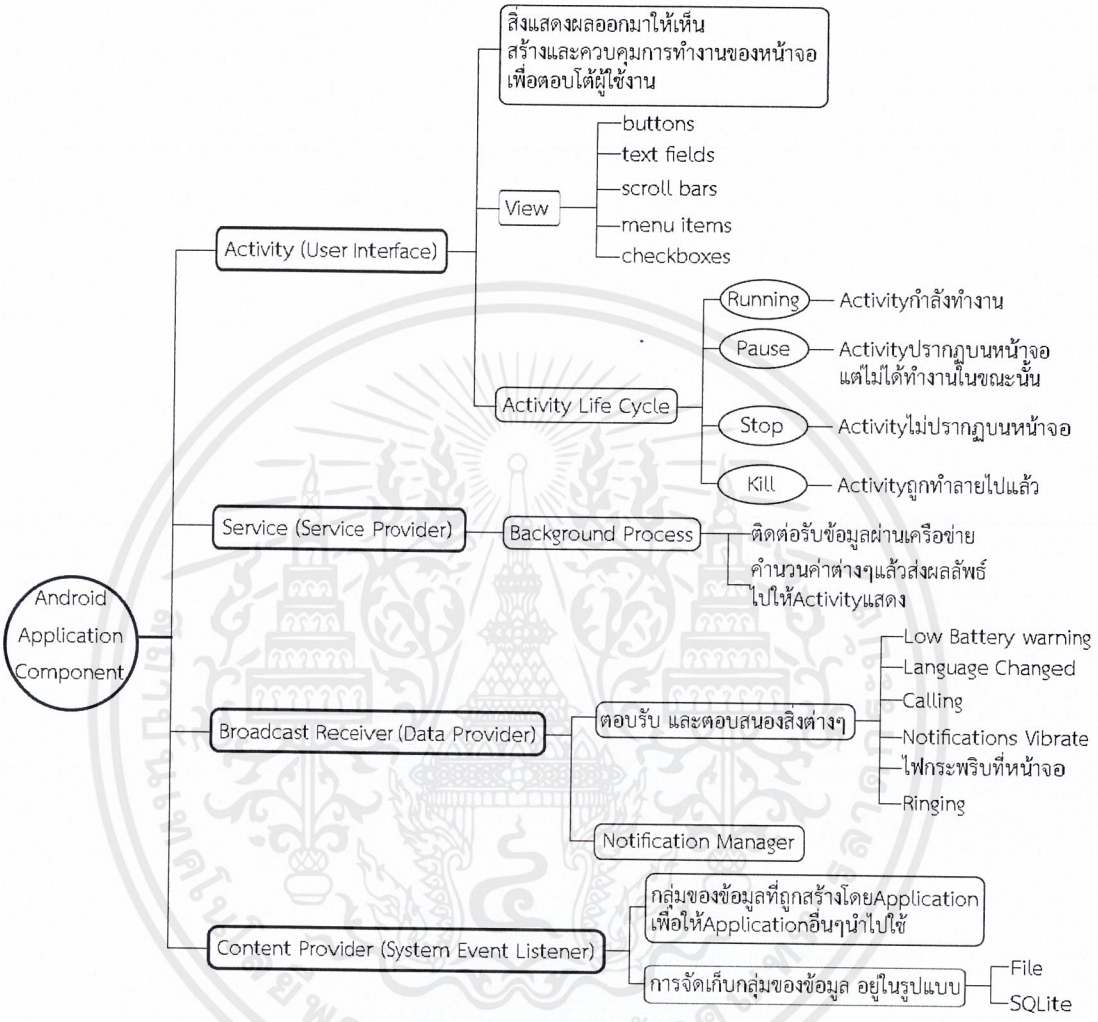
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบก็จะทำการส่ง broadcast ไปให้รู้โดยทั่วกัน และถ้าในโปรแกรมเราต้องการนำค่าต่างๆ ที่ระบบ broadcast นั้นมาใช้งาน เราก็จะสร้าง Broadcast receivers นี่แหละขึ้นมารับเอาข้อมูลไปทำงาน หรือนอกจากนี้ยังสามารถส่ง broadcast ที่สร้างขึ้นมาเอง ที่นอกเหนือจากที่ระบบมีไว้ก่อนหน้าและส่งไปได้ด้วย ถึงแม้ broadcast receiver จะไม่มีส่วนของการแสดงผลแต่มันก็สามารถที่จะเรียก activity ขึ้นมาแสดงผลให้ผู้ใช้ได้หรืออาจจะใช้สิ่งที่เรียกว่า Notification Manager ซึ่งจะเป็นตัวที่แจ้งเตือนในรูปแบบของการสั่น, การแสดงไฟกระพริบที่หน้าจอ หรือการส่งเสียงออกมาโดยจะมีicon แสดงอยู่บน status bar เพื่อให้ผู้ใช้กดเข้าไปเปิดดูเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

4) Content provider (System Event Listener) คือ กลุ่มของข้อมูลที่สร้างขึ้นจากแอปพลิเคชั่นเพื่อให้แอปพลิเคชั่นอื่นๆ ได้นำไปใช้ กล่าวคือ โปรแกรมแอนดรอยด์อันหนึ่ง จะสามารถส่งค่า หรือ ข้อมูล ที่ตัวเองคำนวณได้ ไปยังโปรแกรมแอนดรอยด์ อันอื่นๆได้ อาจจะส่งในรูปแบบ ไฟล์ หรือ ฐานข้อมูลแบบ SQLite ก็ได้ เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลต่างๆ ที่ถูกแชร์กันในระบบ ไม่ว่าข้อมูลนั้นจะอยู่ที่ไหนก็ตามจะเป็นไฟล์ของระบบ ใน database ที่อยู่ในระบบ หรือจะเป็นข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในเว็บ และสามารถที่จะแก้ไขข้อมูลต่างๆนั้นได้ ถ้า content provider นั้นให้สิทธิ ยกตัวอย่างเช่น ในระบบของ Android นั้นจะมี content providers ที่เห็นได้ชัดอยู่ตัวหนึ่งคือ content providers เพื่อจัดการข้อมูลของรายชื่อในโทรศัพท์ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ แอปพลิเคชั่นที่เราเขียนขึ้นใช้งานข้อมูลดังกล่าวได้ผ่าน content provider นั้น นอกจากนี้ content provider ก็ยังสามารถจัดการข้อมูลที่ไม่ได้ทำการแชร์ไว้แต่ในโปรแกรมเราเองได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 อธิบายหลักการทำงาน

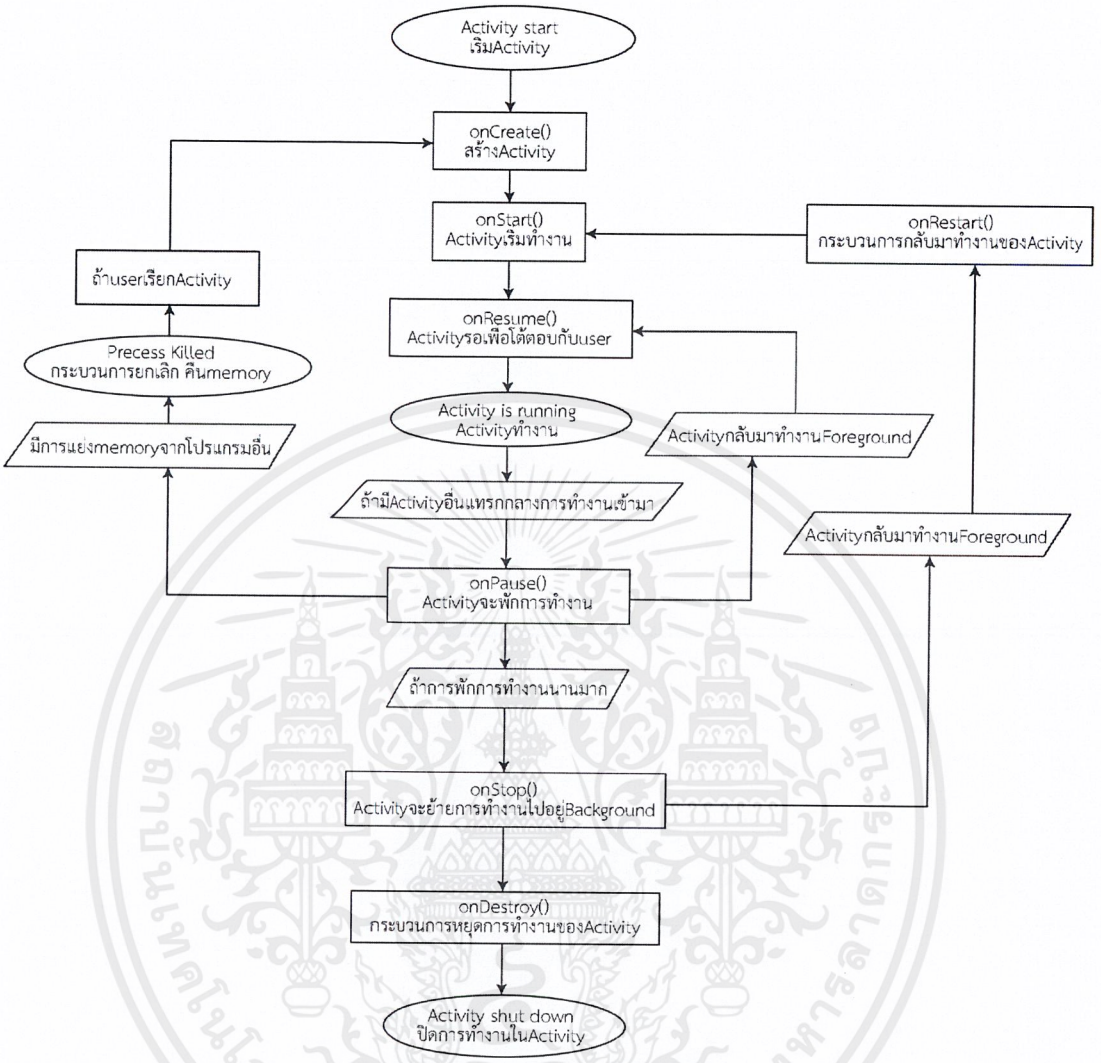


รูปที่ 2.1 Android Application Component

Activity มีหน้าที่ในการสร้างและควบคุมการทำงานของหน้าจอเพื่อโต้ตอบกับผู้ใช้งานซึ่งจะมีได้แค่ Activity เดียวเท่านั้นที่โต้ตอบกับผู้ใช้งานในขณะใดขณะหนึ่ง Activity แต่ละตัวจะมีวงจรชีวิตเป็นของตนเอง โดยแบ่งเป็นสถานะ ดังนี้

- Running เป็นสถานะที่ Activity กำลังทำงานในขณะนั้น
- Pause เป็นสถานะที่ Activity ปรากฏอยู่บนหน้าจอแต่ไม่ทำงานในขณะนั้น
- Stop เป็นสถานะที่ Activity ไม่ปรากฏบนหน้าจอ
- Kill เป็นสถานะที่ Activity ถูกทำลายไปแล้วเมื่อ Activity อยู่ในสถานะ Pause หรือ Stop Activity สามารถถูกทำลายได้โดยระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Activity Life Cycle

- onCreate(Bundle) จะถูกเรียกเมื่อ Activity มีการสร้างตัวเองครั้งแรกเป็น method สำคัญ ในสร้างหน้าจอการทา งานต่างๆ หรือกำหนดสถานะต่างๆ ของ control ที่จะใช้งาน
- onRestart() จะถูกเรียกหลังจากที่ Activity กลับมาจากสถานะ Stop เพื่อเริ่มทา งานใหม่อีกครั้ง
- onStart() จะถูกเรียกเมื่อ Activity เริ่มแสดงให้ผู้ใช้งานเห็น
- onResume() จะถูกเรียกเมื่อ Activity สามารถที่จะโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้
- onPause() จะถูกเรียกเมื่อมี Activity อื่นกำลังทำงาน เป็น method สำคัญในการเก็บข้อมูลที่สำคัญหรือทำการปล่อยหน่วยความจำเพื่อให้ Activity อื่นได้ใช้งาน
- onStop() จะถูกเรียกเมื่อ Activity ไม่ปรากฏบนหน้าจอแล้วจะเข้าสู่สถานะ Stop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- onDestroy() จะถูกเรียกเมื่อ Activity กำลังจะถูกทำลาย
- onSaveInstanceState(Bundle) จะถูกเรียกก่อน onPause() เพื่อเก็บสถานะต่างๆ ของ Activity ไว้ใช้เมื่อ Activity นี้ได้กลับมาทำงานอีกครั้ง
- onRestoreInstanceState(Bundle) จะถูกเรียกก่อน onResume() เพื่อนำ สถานะต่างๆ ของ Activity ที่เก็บไว้มาใช้งาน

หลังจากที่ activity ถูกเรียกใช้ ตัวโปรแกรมแอนดรอยด์ จะใช้ metod onCreate() สร้าง activity ขึ้นมา ทำงาน onStart() และ onResume() เพื่อรอการโต้ตอบ กับ user เสร็จแล้ว activity จะเริ่มทำงาน แต่ถ้าในขณะนั้นมี โปรแกรมอื่น ถูกเรียก ขึ้นมาทำงานบน Foreground ตัว activity ที่เคยทำงานอยู่ จะเรียก metod onPause() ขึ้นมาทำงาน และ รอการกลับไปเป็น Foreground อีกที

ถ้าได้กลับตัว activity จะเรียก metod onResume() และให้ activity ทำงานอีกครั้ง แต่ นานเกินไป ไม่สามารถกลับไป Foreground ซะที ตัว activity จะเรียก metod onStop() เพื่อเปลี่ยนตัวเองไป ทำงาน ที่ Background แต่ก็พร้อม ที่จะกลับไปเป็น Foreground จนกว่า metod onDestroy() จะ ทำงาน และ Shut down activity ไปในที่สุดแล้วถ้า หน่วยความจำไม่พอ โปรแกรมแอนดรอยด์ จะ บังคับ ให้ activity เข้าสู่กระบวนการ Killed เพื่อคืน หน่วยความจำให้กับระบบ

2.2 API

Application Programming interface คือ ส่วนประกอบการเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ของผู้ให้บริการ API จากที่อื่นเป็นตัวกลางที่ท้าให้โปรแกรมประยุกต์เชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์อื่นหรือการเชื่อมต่อการทำงานกับระบบปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น Google Map API เป็นบริการของกูเกิลที่สามารถนำข้อมูล ของ Google Maps มาใช้งานและพัฒนาได้ ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลข้ามเซิฟเวอร์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องข้ามผ่านเว็บหลักก็สามารถน้าข้อมูลใช้งานได้ โดย API แบ่งเป็น

- เอพีไอ (Language –dependent API) คือ เอพีไอที่สามารถเรียกใช้ จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาใดภาษาหนึ่ง
- เอพีไอ ไม่ขึ้นกับภาษา (language-independent-API) คือ เอพี ไอที่สามารถเรียกได้จากโปรแกรมหลายๆภาษา

API ถือเป็นภาษากลุ่มฟังก์ชั่นหรือคลาส (Class) ที่ระบบปฏิบัติการ หรือผู้ให้บริการ สร้างขึ้นมาเพื่อรับรองการเรียกข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ทั้งนี้ API สามารถใช้งานกับภาษาในการเขียนโปรแกรมที่รองรับในระบบเท่านั้น ซึ่งมันจะถูกจัดทำให้อยู่ในรูปแบบซินแท็กซ์หรือเอเลอเมนที่สามารถน้าไปใช้ได้อย่างสะดวกสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราจะทำแอปพลิเคชั่นสำหรับแอนดรอยด์แล้วสิ่งที่จำเป็นจะต้องรู้จักก็คือ API level เป็นตัวที่บอกให้เราทราบถึงเวอร์ชั่นของแอนดรอยด์แพลตฟอร์มหรือพูดง่ายๆ ก็คือเป็นตัวระบุว่าแอปพลิเคชั่นจะสามารถเข้าถึงแอนดรอยด์แพลตฟอร์มอะไรและหรือมีความสามารถอย่างไร โดยเฟรมเวิร์คของเอพีไอ มีส่วนสำคัญดังนี้

- กลุ่มของ packages & classes คำสั่ง
- กลุ่มของ XML ที่ใช้ในการเข้าถึงทรัพยากรต่างๆ และ manifest file.
- กลุ่มของ Intents
- กลุ่มของคำสั่งในการขออนุญาตต่างๆ

2.3 แนวคิดหลักในการพัฒนาระบบที่เชื่อมต่อกับ Hue

ระบบของ Hue สร้างขึ้นภายใต้แนวความคิดที่ว่า ทุกๆอย่างในระบบมี URL ที่ให้บริการแตกต่างกัน จัดเรียงโดยอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ การเชื่อมต่อสื่อสารระหว่าง URL ทั้งหลายเหล่านั้น จะทำให้เราสามารถปรับปรุงหรือทราบสถานะล่าสุดของหลอดไฟได้

2.3.1 Hue web address

ในการเข้าถึง resource web address ของ Hue จะต้องเริ่มต้นด้วย http://<bridge IP address>/api

2.3.2 The hue username

หากต้องการเข้าถึง username (จะต้องการการสร้างบัญชีผู้ใช้งานก่อน) จากนั้นจึงพิมพ์ชื่อ username ท้าย resource web address เป็น http://<bridge IP address>/api/<username> ประโยชน์ของบัญชีผู้ใช้นี้คือ ทำให้ทราบว่าทรัพยากรหรือข้อมูลส่วนไหนที่เราเข้าถึง หากผู้ไม่ได้สร้างชื่อ username มาก่อน ก็จะไม่สามารถเข้าถึง และใช้งานทรัพยากรภายในได้

2.3.3 หลอดไฟ และกลุ่มหลอดไฟ

ในที่นี้มีทรัพยากรมากมายหลายชนิดที่มีการสื่อสารระหว่างกัน และนำมาจัดกลุ่ม object ที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันทั้งหมด 7 ชนิด ดังนี้

1) /lights ส่วนที่แสดงหลอดไฟทุกดวงภายในระบบ
2) /groups ส่วนที่แสดงกลุ่มของหลอดไฟทุกกลุ่มในระบบ
3) /config ส่วนที่แสดง configuration items ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) /schedules ส่วนที่แสดงตารางกำหนดการ schedules ทั้งหมด

5) /scenes ส่วนที่แสดงจำนวน scenes ทั้งหมด

6) /sensors ส่วนที่แสดง sensors ทั้งหมด

7) /rules

เราสามารถเพิ่ม Object เข้าไป เสมือนการเพิ่มฟีเจอร์ในระบบได้ สามารถถามหาทรัพยากรที่อยู่ภายในระบบ ที่ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์แล้ว ด้วยการส่งคำสั่ง GET ผ่าน local URL

ตารางที่ 2.1 การส่งคำสั่ง GET ผ่าน local URL

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/config
Body	
Method	GET

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่า ตั้งค่า หรือข้อมูลภายใน

กฎการเปลี่ยนแปลงค่า การตั้งค่า คุณสมบัติ หรือทรัพยากรอื่นๆ ในอุปกรณ์ ใช้การส่งคำสั่ง PUT request ไปที่ URL ของ parent ค่าใหม่ที่ตต้องการจะถูกส่งแนบไว้ใน 'message body' ในรูปแบบของ JSON ตัวอย่างเช่น หากต้องการเปลี่ยนชื่ออุปกรณ์โฮมเกทเวย์ (/config/name) เราจะส่งคำสั่งไปที่ส่วนตั่งค่า (/config) และส่งชื่อใหม่ที่เราต้องการไปด้วย

ตารางที่ 2.2 การส่งคำสั่ง PUT ผ่าน local URL

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/config
Body	{"name":"Developer Bridge"}
Method	PUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากมีข้อผิดพลาดในการส่งคำสั่งเกิดขึ้น ผู้ใช้จะได้รับ error message ตอบกลับมาเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุ ในบางกรณีที่เราส่งคำสั่ง GET ไปแล้ว ได้รับการตอบกลับเป็น ค่าแอททริบิวที่เป็น Object และมีค่าอยู่ภายใน หมายความว่า มีการตั้งค่าให้กับ child แล้ว ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 2.3 การใช้คำสั่ง GET กับหลอดไฟ

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/lights/1
Method	GET

หากเราส่งส่งคำด้วยแอทริบิว “state” ค่าที่ได้กลุ่มของแอทริบิวทั้งหมด ดังนั้น เราจึงต้องระบุอย่างเจาะจงด้วย address /lights/1/state

2.3.5 แนวคิดตัวแทนของ Hue

ระบบของ Hue สร้างขึ้นภายใต้แนวคิดตัวแทน แต่ละ Object ในระบบ มีทรัพยากรที่สอดคล้องกันกับส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (ตัวแทนของ Object จริง) ถ้าส่วนติดต่อผู้ใช้งานมีปฏิสัมพันธ์กันโดยตรงกับตัวแทนนี้ในภายหลัง คำสั่งที่จำเป็นก็จะถูกส่งออกมาผ่าน protocol ZigBee จากโฮมเกทเวย์ไปที่หลอดไฟ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องกังวลกับข้อความจากสัญญาณไร้สายว่าจะสะท้อนไปมาระหว่างหลอดไฟ แต่เราสามารถบอกได้ว่าเป็นเหตุขัดข้องชั่วคราวเท่านั้น หมายความว่า state ของหลอดไฟ และ state ของตัวแทน มีความต่างกันในช่วงเวลาสั้นๆ แล้วจะถูกเปลี่ยนให้ตรงกันอย่างถูกต้องทันที เช่น หากผู้ใช้งานตั้งค่าให้หลอดไฟทั้งหมดเป็นสีแดง จากนั้นค่อยจ่ายไฟให้แก่หลอดไฟ เมื่อเปิดมาครั้งแรกจะเป็นสีขาวก่อน จากนั้นอุปกรณ์โฮมเกทเวย์จึงอัปเดตค่าส่งให้ตัวแทน

2.3.6 การควบคุมหลอดไฟ

“on” หลอดไฟสามารถเปิด ปิด ได้ โดยการเปลี่ยนค่าเป็น true หากต้องการเปิด และเปลี่ยนค่าเป็น false หากต้องการปิด

“bri” เป็นค่าความสว่างของหลอดไฟ จากค่าที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0 ไปยังค่าที่มากที่สุดคือ 255 (ค่าความสว่างที่น้อยที่สุดนั้นเป็นการหรี่ความเข้มแสง ไม่ใช่การปิดไฟ) เมื่อค่านี่ถูกปรับ เราจะรับรู้ได้ทันที ผู้ใช้สามารถตั้งค่าความสว่างได้อย่างอิสระ ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการตั้งค่าความวสว่างที่ 42 จากค่าความสว่างมากที่สุด 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การตั้งค่า state ด้วย brightness

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/lights/1/state
Body	{"bri":42}
Method	PUT

2.3.7 ความซับซ้อนของสีสัน

การวัดปริมาณค่าสีของแสงไฟมีวิธีมากมาย Diagram ด้านล่างนี้แสดงถึง CLE color space สามเหลี่ยมทั้ง 3 สี แสดงถึงสีที่หลอดไฟสามารถระบุค่าได้ ช่วงทั้ง 3 บ่งบอกว่าหลอดไฟชนิดไหนสามารถรองรับค่าสี้เหล่านั้นได้บ้าง ทุกจุดที่อยู่บนแกน xy สามารถใช้เซตค่าสีให้แก่หลอดไฟได้ หากจุดใดอยู่นอกเหนือขอบเขตที่ค่าสีหลอดไฟรับรู้ใดถูกเลือก หลอดไฟจะแสดงสีสันที่ใกล้เคียงที่สุดออกมา การควบคุมหลอดไฟด้วยค่า xy นั้น เป็นค่าarrayที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เช่น "xy":[0.675,0.322] ให้ค่าสีแดงผู้ใช้งานยังสามารถเลือกค่าจุดสีได้จากหลายกหลายวิธี ใช้ค่าสีจากเส้นสีดำที่อยู่ตรงกลางของไดอาแกรม เส้นสีดำนี้ เป็นเส้นที่ลากผ่านตามแนวสีขาวโทนร้อนไปยังสีขาวโทนเย็น หลอดไฟ Hue รองรับค่าอุณหภูมิสีจาก 2000K (โทนร้อน) ไปจนถึง 6500K (โทนเย็น) ในการตั้งค่าหลอดไฟให้เป็นสีขาว ผู้ใช้จำเป็นต้องข้องเกี่ยวกับค่า “ct” color temperature หรือค่าอุณหภูมิสี ซึ่งให้ค่าสเกล “reciprocal megakelvin” หรือ “mirek” หากอ้างอิงสเกลนี้ ค่าสีโทนร้อน 2000K จะเท่ากับ 500 mirek (“ct”:500) และค่าสีโทนเย็น 6500K จะเท่ากับ 153 mirek (“ct”:153) เช่นเดียวกันกับค่า xy ที่หลอดไฟจะพยายามสร้างสีให้ใกล้เคียงกับค่าที่แสดงได้มากที่สุด หากค่าที่ถูกเลือกมาอยู่นอกช่วงที่รับได้ วิธีสุดท้ายในการตั้งค่าสีให้แก่หลอดไฟ คือ การใช้ การผสมของแม่สีบริสุทธิ์และเฉดสี (hue and saturation) ค่าเหล่านี้จะขึ้นกับความสามารถในการรองรับสีของหลอดไฟที่ใช้อยู่ แต่เนื่องจากหลอดไฟ Hue ทุกชนิดมีคุณสมบัติที่เหมือนกันหมด ประเด็นนี้จึงไม่เป็นปัญหา คุณสมบัติการแสดงสีของหลอดไฟ Hue นั้น โดยทั่วไปแล้วมีค่าครอบคลุมทั้งหมดในช่วงสามเหลี่ยม (แทบทุกเฉดสีที่เป็นไปได้) การลดค่าความอิ่มสี จะทำให้ค่าการผสมแม่สีบริสุทธิ์เคลื่อนเป็นเส้นตรงไปหาจุดสีขาว ดังนั้น ค่า “sat”:255 จึงให้ค่าสีที่มีความอิ่มที่สุด และ ค่า “sat”:200 จึงให้ความเข้มน้อยที่สุดและขาวสว่างมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าสีทั่วไปที่แสดงอ้างอิงบนแกน xy จากช่วงสีของหลอดไฟ

Hue	Final-x	Final-y
0	0.3972	0.4564
12750	0.5425	0.4196
25500	0.41	0.51721
46920	0.1691	0.0441
56100	0.4149	0.1776
65280	0.6679	0.3181

เมื่อรวมกับค่า bri แล้ว เราก็จะสามารถเลือกค่า “hue” และ “sat” ร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างการส่งคำสั่งตั้งค่าสีหลอดไฟให้เป็นสีฟ้า

ตารางที่ 2.6 การตั้งค่า state ด้วย hue

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/lights/1/state
Body	{"hue":46920}
Method	PUT

2.3.8 คุณสมบัติอื่นๆ

“effect” คุณสมบัตินี้ มีไว้เพื่อการตั้งค่าที่สามารถเปลี่ยนสีหลอดไฟได้แบบไดนามิก รองรับการป้อนค่าได2ค่าเท่านั้น คือ {"effect":"colorloop"} จะทำการส่งคำสั่งให้หลอดไฟแสดงการเปลี่ยนสีวนซ้ำไปมาจนกว่าจะได้รับคำสั่ง {"effect":"none"} จึงจะหยุด

“alert” ทำให้ไฟกระพริบในขณะที่แสดงอยู่ ด้วยการป้อนค่า {"alert":"select"}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 การจัดกลุ่ม

ผู้ใช้สามารถเลือกที่จะควบคุมหลอดไฟทั้งหมดพร้อมกันทีเดียวด้วยการเข้าถึง URL /groups/0 จะเป็นกลุ่มพิเศษที่ภายในประกอบด้วยหลอดไฟทุกดวงเสมอ สำหรับการจัดกลุ่มหลอดไฟมีคุณสมบัติ “action” ที่ทานคล้ายกับ state แต่มีค่าสุดท้ายที่ส่งหากลุ่มแทนที่ state ผู้ใช้สามารถแก้ไขค่าของ “action” ได้เช่นเดียวกับการแก้ไขค่า state ตัวอย่างด้านล่างนี้ เป็นการส่งคำสั่งให้ปิดหลอดไฟทุกดวงในระบบ

ตารางที่ 2.7 การตั้งค่าปิดหลอดไฟทุกดวงในกลุ่ม

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/groups/0/action
Body	{"on":false}
Method	PUT

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างแสดงการตั้งค่าให้หลอดไฟทุกดวงเป็นสีแดง

Address	http://<bridge ip address>/api/newdeveloper/groups/0/action
Body	{"on":true,"bri":255,"sat":255,"hue":0}
Method	PUT

2.3.10 ข้อจำกัด

ด้วยการส่งคำสั่งเช่นนี้ ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมหลอดไฟจำนวนเท่าไหร่ก็ได้ เพียงส่งคำสั่งให้ถูก address ก็จะสามารถควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่คือ การส่งชุดคำสั่งไม่สามารถทำได้ทันทีทันใด รองรับได้มากที่สุด 10 คำสั่งติดๆกันใน 1 วินาที ไปที่ /lights และ 1 คำสั่งใน 1 วินาที ไปที่ /groups หากผู้ใช้ต้องการควบคุมการให้ค่าตัวแปรมากกว่า 1 ค่าในการส่งคำสั่งครั้งเดียว เช่น {"ct":250,"xy":[0.5,0.5]} เมื่อได้รับคำสั่ง หลอดไฟจะทำงานเพียงค่าเดียว อย่างใดอย่างหนึ่ง ในตัวอย่างนี้ เมื่อได้รับคำสั่งจะทำ xy อย่างเดียว โดยการทำงานนั้น หากได้รับค่า xy มาพร้อมกับ ct จะทำค่า xy , หากได้รับค่า ct มาพร้อมกับ hue,sat จะทำค่า ct ตามลำดับดังนี้ xy >

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ct > hue, sat หลอดไฟทุกดวงจะต้องอยู่ในระยะที่สัญญาณส่งถึงได้ หลอดไฟทุกดวงทำงานเหมือนตัวทวนสัญญาณ หากต้องการให้ระยะทางไกลขึ้น ให้ทำการติดตั้งหลอดไฟระหว่างกัน เพราะการเชื่อมต่อส่งสัญญาณระหว่างหลอดไฟแต่ละดวงเป็นโทโปโลยีแบบเมซ (Mesh Topology) วิธีการนี้จะเป็นการสำรองเส้นทางเดินทางข้อมูลได้เป็นอย่างดี เช่น หากสัญญาณเส้นใดเส้นหนึ่งขาด ก็ยังมีเส้นทางอื่นที่สามารถส่งข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังเป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้สูง ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ และหลอดไฟ ห่างที่สุดที่จะสามารถรับส่งคำสั่งได้คือ ประมาณ 30 เมตร ขึ้นกับปัจจัยสภาพแวดล้อมและสิ่งกีดขวางสัญญาณ

2.3.11 Datatype ที่ใช้งานภายใน API

ตารางที่ 2.9 ตารางแสดง Datatype

รูปแบบย่อ	คำอธิบาย
string n..m	อักขระที่เข้ารหัสด้วย UTF8 พิจารณา n..m ให้ n เป็นจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุด และ m n เป็นจำนวนตัวอักษรที่มากที่สุด ถ้าไม่มีการกำหนดค่า n และ m ไว้ จำนวนที่รับได้จะมีเขียนอธิบายไว้อยู่
ASCII string n..m	อักขระที่เข้ารหัสด้วย UTF8 รองรับชุดตัวอักษร a-z , A-Z , 0-9 และ - UTF8 พิจารณา n..m ให้ n เป็นจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุด และ m n เป็นจำนวนตัวอักษรที่มากที่สุด ในทุกๆฟอร์แมท ถ้าไม่มีการกำหนดค่า n และ m ไว้ จำนวนที่รับได้จะมีเขียนอธิบายไว้อยู่ หากค่าที่กำหนด มีค่าน้อยกว่า 1.x.0 ความหมายคือ *null* เท่ากับว่า อนิยาม
uint8	8 บิต, unsigned, non-wrapping integer เช่น ตัวเลขในช่วงระหว่าง 0 ถึง 255 หากค่าอยู่นอกจากช่วงนี้ จะใช้ไม่ได้
uint16	16 บิต, unsigned, non-wrapping integer. เช่น ตัวเลขในช่วงระหว่าง 0 ถึง 65535 หากค่าอยู่นอกจากช่วงนี้ จะใช้ไม่ได้
hex n..m	อักขระฐานสิบหก เช่น “AB4314” พิจารณา n..m ให้ n เป็นจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุด และ m n เป็นจำนวนตัวอักษรที่มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบย่อ	คำอธิบาย
list n..m of x	ลิสท์ชื่อของออปเจ็คที่มีชนิดเป็น ซึ่ง x คือเอ็นทรี่อื่นๆในตาราง มีรูปแบบการเขียนลิสท์คือ [1,2,3] พิจารณา n..m ให้ n เป็นจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุด และ m n เป็นจำนวนตัวอักษรที่มากที่สุด
bool	ค่าบูลีน ที่มีได้แค่ *true* หรือ *false* เท่านั้น
object	เป็น JSON compliant object มีรูปแบบการเขียนคือ อยู่ในวงเล็บปีกกา { }
float n	ค่าเลขทศนิยมฐานสิบที่ เก็บอยู่ในตัวแปร n เช่น 0.9988
time	มีชนิดเป็น string (19..19) ISO8601:2004 รูปแบบคือ [YYYY]-[MM]-[DD]T[hh]:[mm]:[ss] เช่น 2013-12-31T14:12:45
timePattern	มีชนิดเป็น string (2..64) หากค่าที่กำหนด มีค่าน้อยกว่า 1.x.0 ความหมายคือ *null* เท่ากับว่า อนิยาม
resource	resource สามารถมี sub-resources ได้ ค่าต่างจาก object ตรงที่ ไม่ได้อยู่ภายใน GET แต่สามารถใช้ GET กับ sub-resources หรือคลาสลูกได้ resource มีชื่อและไอดีที่อิสระ บนพื้นฐานของ uint หรือ ASCII

2.4 Hue API บน Android

Java Hue SDK เป็นชุดเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาเพื่อง่ายต่อการเข้าถึงระบบหลอดไฟ ผ่านเครือข่าย Wi-Fi ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ ควบคุมชุดหลอดไฟที่ทำงานร่วมกัน จุดประสงค์ของการใช้งาน SDK นี้ เพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชั่นของตนเองในระบบหลอดไฟ Hue ได้ โดย Java SDK สามารถทำงานได้อย่างอิสระทั้งบนจาวาเดสทอปหรือบนแอนดรอยด์ ถูกทดสอบการใช้งานมาแล้วทั้งบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ลีนุกซ์ โอเอสเท็น และแอนดรอยด์ รวมถึงบน Android gaming console อย่าง Libgdx และ OUYA โดยการพัฒนาแอปพลิเคชั่นด้วย Java SDK ในที่นี้ เริ่มจาก ดาวโหลด Android QuickStart App มาศึกษาการทำงานและใช้อ้างอิงเป็นโค้ดพื้นฐานในการเขียนโปรแกรม ด้วยภาษา Java สนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Object-Oriented Programming) โปรแกรมที่เขียนขึ้นถูกสร้างภายในคลาส ดังนั้นคลาสคือที่เก็บเมทอด (Method) หรือพฤติกรรม (Behavior) ซึ่งมีสถานะ (State) และรูปพรรณ (Identity) ประจำพฤติกรรม (Behavior)

2.5 Philips Hue

'hue' ที่สุดของเทคโนโลยีหลอดไฟ LED จากฟิลิปส์ มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังนี้

1) Apps เป็นสิ่งที่ใช้ควบคุมหลอดไฟ โดยผู้ใช้จะต้องติดตั้งแอปพลิเคชั่นเข้ากับสมาร์ทโฟนเสียก่อน ทำสามารถสั่งการ เปลี่ยนสี เปิด-ปิดหลอดไฟ หรือสามารถเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ เช่น เปิดไฟเมื่อมีเสียงหรือได้รับข้อความ เป็นต้น ไม่มีการจำกัดระบบปฏิบัติการของโมบายแอปพลิเคชั่น เพราะทุกๆอย่างทำงานอยู่บนพื้นฐานเดียวกันคือ hue system APIs เช่นเดียวกับเวลาที่ทำงานบนเว็บหรือบนบอร์ด Arduino
2) Bridge ทำให้เราสามารถเชื่อมต่อและสื่อสาร ตั้งค่าการใช้งานกันระหว่างหลอดไฟได้โดยผ่านอินเตอร์เน็ต APIs นี้ต้องเชื่อมต่อกับ bridge โดยตรง ดังนั้น ผู้ใช้งานจะสามารถเชื่อมต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับหลอดไฟและ bridge ได้ในวงเครือข่ายเดียวกัน
3) Portal หลอดไฟนี้มีลักษณะการใช้งานผ่านเว็บ (web based control panel) ที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตภายในบ้าน มีการส่งผ่านคำสั่งควบคุมจากภายนอกและอัปเดตข้อมูลสู่ bridge ตลอดเวลา และยังช่วยให้เราทราบเลขระบุตัวตนของ bridge (address) อีกด้วย
4) Light คือผลลัพธ์ที่แสดงออกมา หลอดไฟที่แบ่งออกได้เป็นแอลอีดี 3 ชนิด สำหรับช่วงความสว่าง-เข้มและความสามารถในการเปลี่ยนสี หลอดไฟสามารถสร้างการเชื่อมต่อแบบ mesh (ของแต่ละจุดจะไปเชื่อมการติดต่อกับทุกๆจุดในระบบเครือข่าย) โดยเชื่อมต่อกับ bridge ผ่านโพรโตคอลมาตรฐาน (open standard protocol) เรียกว่า ZigBee Light Link ถ้าคุณต้องการเริ่มต้นโปรเจ็คที่ติดต่อกับหลอดไฟได้โดยตรง คุณจำเป็นจะต้องรู้เกี่ยวกับ ZigBee

hue bridge APIs เป็นเครื่องมือหลักที่สำคัญมีการควบคุมหลอดไฟ เป็น RESTful ติดต่อกับ HTTP เพื่อให้เราทราบ URL ของไฟแต่ละดวงภายในเครือข่าย การตอบสนอง ค่าที่รับส่งภายในมีค่าที่ return เป็น JSON (JavaScript Object Notation) ภายใต้การเข้ารหัส UTF8 จึงทำให้ง่าย ต่อการสร้างโครงข้อมูลคำสั่ง

2.5.1 lighting characteristics and attributes

เมื่อส่งคำสั่ง GET light attribute และ state ค่าที่ได้กลับมา คือค่า “type” และค่า “modelid” ที่บ่งบอกคุณลักษณะของหลอดไฟ โดยค่า “modelid” บอกชนิดฮาร์ดแวร์หลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
139903

ของHue ส่วนค่า “type” เป็นชื่อตายตัว บ่งบอกเลข ZigBee Light Link Device ID และชื่อการทำงาน มีค่าดังนี้

- เปิด/ปิด หลอดไฟ (ZigBee Device ID: 0x0000), ใช้งานได้กับทั้ง groups และ scenes
- ปรับความสว่างหลอดไฟ (ZigBee Device ID: 0x0100), ใช้งานได้กับทั้ง groups, scenes
- ปรับอุณหภูมิสีหลอดไฟ (ZigBee Device ID: 0x0220), ใช้งานได้กับทั้ง groups, scenes
- เปลี่ยนสีหลอดไฟ (ZigBee Device ID: 0x0200), ใช้งานได้กับทั้ง groups, scenes เป็นการเปลี่ยนค่าเฉดสี, ความสดใส, color loop และ XY)
- ปรับค่าสีเพิ่มเติม (ZigBee Device ID: 0x0210) ทำงานเช่นเดียวกันกับ type เปลี่ยนสีหลอดไฟ แต่สามารถรอบรับการตั้งค่าอุณหภูมิสีเพิ่มเติมได้

โดย หลอดไฟที่ใช้ในการทดลองโครงงานนี้ มีคุณลักษณะดังนี้

ตารางที่ 2.10 คุณสมบัติของหลอดไฟที่ใช้ทดลอง

Product Name	Device ID (Type)	Model ID	Color Gamut
Hue bulb A19	0x0210 (Extended Color Light)	LCT001	B

คุณสมบัติของหลอดไฟที่ใช้ทดลอง

- หลอดไฟ Hue รุ่น A19 bulb
- E27 single contact medium
- Screw base fitting 9w
- A19 form factor
- ทำงานติดต่อกันได้ 15,000 ชั่วโมง
- <2 sec start up from AC power
- <0.5 sec start up from standby
- 16 ล้านสี
- Dimming only via RF down to 5% (no external dimmer)
- Beam angle -160° ± 20°
- The bridge
- Max. 50 bulbs per bridge

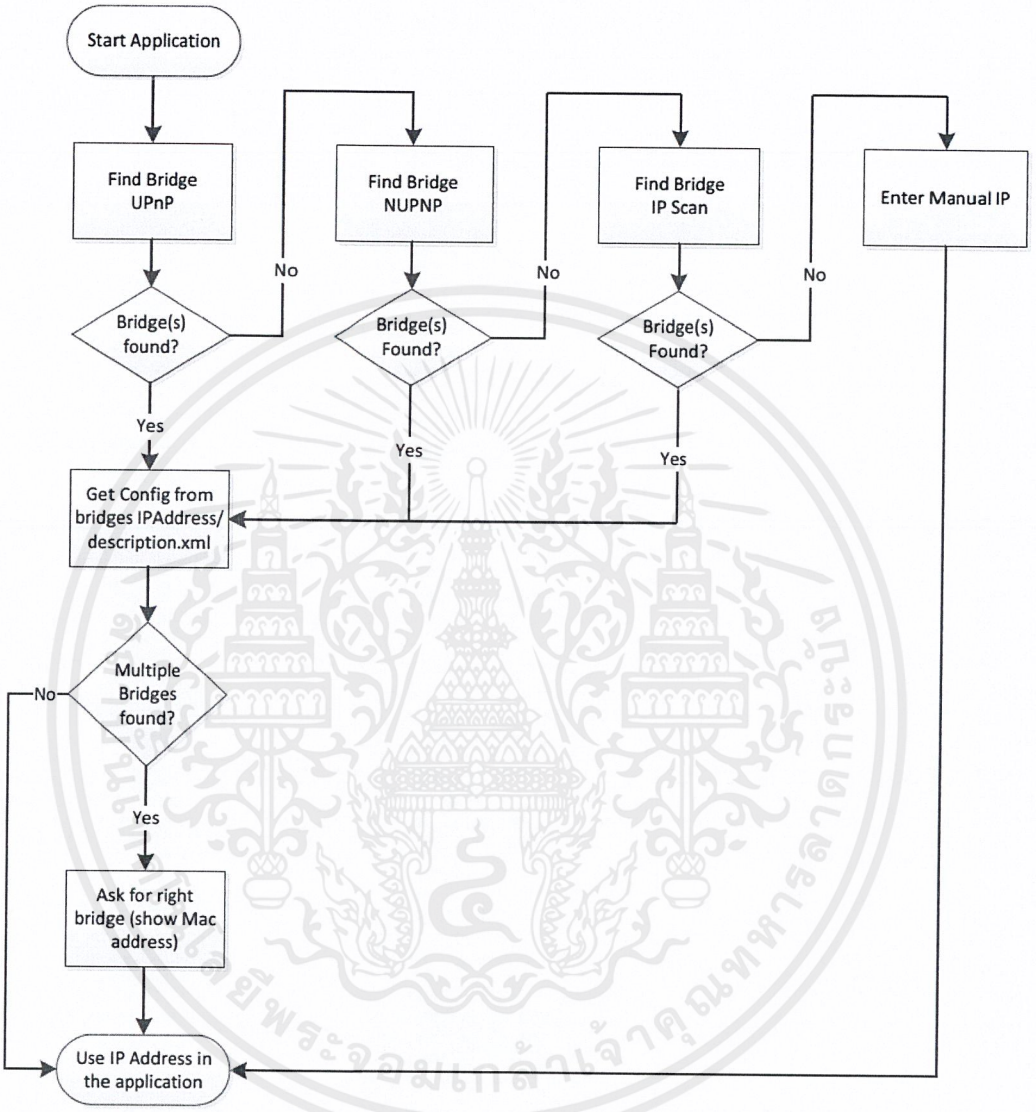
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Power consumption - 250mA max
- Zigbee Light link protocol 1.0 certified
- Frequency band 2400-2483.5MHz
- 100mm diameter; 25mm height
- Desktop or wall mounted
- การควบคุมหลอดไฟด้วยการตั้งค่า light state

Light state ประกอบไปด้วย attribute คุณลักษณะเฉพาะสำหรับหลอดไฟ Bridge สามารถระบุหลอดไฟแต่ละดวงได้ ดังนั้น ไม่ว่าเราจะใช้ hue API ของ SDK ไหนกระบวนการในการระบุหลอดไฟที่เราต้องการเปลี่ยนค่า เราจะต้องไปตั้งค่าที่ light state อยู่ดี Attribute คุณลักษณะที่มีใน light state คือ การเปิด/ปิด ความสว่าง สี การแจ้งเตือน effect และช่วงเวลาการทำงาน ค่าทั้งหมดนี้สามารถควบคุมหลอดไฟแต่ละดวงได้อย่างอิสระต่อกัน หรือ เราจะสร้างเป็นกลุ่ม API เพื่อส่งค่าเป็นกลุ่มพร้อมๆกันทีเดียว (ในกรณีที่มีหลอดไฟจำนวนเยอะมากๆ) ก็ย่อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ทฤษฎีการค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ (Bridge) ที่อยู่ในเครือข่าย



รูปที่ 2.3 การค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์

ในการค้นหา Bridge นั้น ผู้ใช้งานแอปพลิเคชั่นที่จะใช้อุปกรณ์ที่จะใช้จะต้องอยู่ภายใต้เครือข่ายเดียวกันกระบวนการค้นหา bridge จะเกิดขึ้น ตั้งแต่แอปพลิเคชั่นเริ่มทำงาน หรือเมื่อแอปพลิเคชั่นตรวจพบว่า IP address ของ Bridge มีการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถเข้าถึง bridge ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- UPnP

ขั้นแรกของการค้นหาBridgeคือการใช้งาน UPnP ตัว Hue bridge มี Simple Service Discovery Protocol (SSDP) เป็นส่วนหนึ่งของ UPnP ระยะเวลาที่ดีที่สุดคือ รอไม่เกิน 5 วินาที ก็จะได้รับข้อมูลการค้นหาทั้งหมดการตอบกลับมา จากนั้นจึงไปขั้นตอนถัดไป หากข้อมูลที่ตอบกลับมามี "IpBridge" นั่นหมายถึง ตัว Hue Bridge ที่ค้นเจอ นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังสามารถหยุดค้นหาเมื่อไหร่ก็ได้ อีกทางเกลือกหนึ่งของ UPnP คือ N-UPnP แต่การทำงานทั้ง 2 อย่างร่วมกันถ้าเป็นไปได้จะดีที่สุด

- N-UPnP

ตัว Hue Bridge จะสำรวจเส้นทางเป็นช่วงๆ ซึ่งเก็บ IP ของ Bridge ทั้งภายในและภายนอก (เครือข่ายภายในบ้าน) และ MAC Address หากไม่ได้รับข้อความ "I'm alive" เข้ามาจาก Bridge ตัวใดตัวหนึ่งเป็นระยะเวลานาน สันนิฐานได้เลยว่า Bridge ตัวนั้น หลุดจากการเชื่อมต่อไปเรียบร้อยแล้ว Hue portal มีเส้นทางเชื่อมไปยัง Public IP address ของเครือข่ายผู้ใช้งาน พร้อมด้วย MAC address และ local IP address ของ Hue bridge ในกรณีที่แอปพลิเคชั่นทำงานบนเครือข่ายเดียวกันกับเครือข่ายของผู้ใช้งานและใช้ public IP address เดียวกัน เราจึงจะสามารถตรวจสอบ local IP address ได้ผ่าน https://www.meethue.com/api/nupnp ปริมาณข้อมูลขึ้นอยู่กับขึ้นอยู่กับ firmware ที่ใช้งาน ในกรณีที่ได้รับ JSON array เป็นข้อความว่าง หมายความว่าไม่มี bridge ที่ค้นเจอ อาจจะหมายถึงว่า ผู้ใช้งานไม่ได้เชื่อมต่อ Bridge เข้ากับอินเตอร์เน็ตหรือ Bridge นั้นๆหลุดจากการเชื่อมต่อ ในกรณีนี้จึงจะใช้ IP Scan หรือให้ผู้ใช้งานระบุ IP address ของ Hue bridge ด้วยตนเอง จากนั้นรอประมาณ 8 วินาทีก็จะได้รับการตอบกลับ N-UPnP แล้วจึงดำเนินการขั้นต่อไป

- IP Scan

เป็นการตรวจสอบภายใน subnetwork ว่าอุปกรณ์ที่ค้นเจอทุกๆตัวนั้นเป็น Hue bridge หรือไม่ เป็นกระบวนการที่กินเวลามากและควรหลีกเลี่ยงหากเป็นไปได้ เช่น หากเราเจอ bridge จากการใช้ UPnP หรือ N-UPnP แล้ว เพราะ IP Scan จะใช้งาน multiple threads เช่น แอปพลิเคชั่นที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android ช่วง IP ของการสแกนคือ จาก IP address ของอุปกรณ์และ subnet mask set ของตัวอุปกรณ์ เช่น IP address เป็น 192.168.1.119 และ subnet mask 255.255.255.0 หรือก็คือ 192.168.1.0/24 (IPv4) ดังที่เคยกล่าวไปแล้วว่า ผู้ใช้งานสามารถหยุดค้นหาเมื่อไหร่ก็ได้ นอกจากนี้ การค้นหา bridge จะไม่กินระยะเวลานานเกินกว่า 30 วินาที จึงจะตัดสินว่าไม่พบ bridge

- Manual IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนนี้ไม่ใช้การค้นหา IP อัตโนมัติ แต่เป็นทางเลือกให้กรอก IP address ของ Hue bridge ด้วยตนเอง ผู้ใช้งานควรจะตรวจสอบ IP address ของ router หากไม่พบ หรือไม่พบ IP address ของ Hue bridge ผู้ใช้งานจะต้องทำการตรวจสอบการเชื่อมต่อของ Hue bridge โดยไฟแอลอีดีบนตัวต้องสว่างทำงานอยู่

2.5.3 การตรวจสอบว่าค้นเจออุปกรณ์โฮมเกทเวย์หรือไม่

Check ในกรณีที่ได้ข้อความตอบสนองกลับมาจาก Bridges มีการค้นเจอ Bridge เป็นจำนวนมาก ตรวจสอบเสมอๆว่าข้อมูลที่ได้นั้นมาจาก bridge ตัวไหน ก่อนที่จะส่งต่อให้ผู้ใช้งานทำการเลือกใช้งาน bridge ต่อไป การตรวจสอบการเชื่อมต่อกับ bridge และข้อมูลพื้นฐานที่ได้รับจาก bridge ในที่นี้มี 2 ทาง คือ UPnP ผ่าน XML descriptor file เราสามารถเข้าถึงได้จาก http://<bridge ip address>/description.xml อีกทางหนึ่งคือ อ่าน configuration information จาก bridge โดยการใช้ RESTful request โดยการส่ง GET request ไปที่ http://<bridge ip address>/api/<username>/config หากเจอ Bridge มากกว่า 1 ตัว ผู้ใช้งานจะได้รับบัญชีรายชื่อ bridge เพื่อเลือกมาหนึ่ง หากเจอ Bridge ตัวเดียว แอปพลิเคชั่นจึงจะ IP address ที่ค้นเจอได้เลย แอปพลิเคชั่น จะต้องมีการเก็บ IP address ที่เคยทำการเชื่อมต่อมาแล้วเผื่อการใช้งานในภายหลัง และคอยตรวจสอบทุกครั้งที่ restart ว่า bridge ยังคงตอบสนองการทำงานอยู่ จึงไม่จำเป็นต้องทำการพิสูจน์ตัวตนทุกครั้งที่เริ่มทำงานแอปพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชั่น

3.1 ความต้องการของระบบ

3.1.1 Functional requirement

1) ระบบมีการแจ้งเตือนให้กดปุ่มที่อุปกรณ์โฮมเกทเวย์เพื่อเชื่อมต่อเข้าในเครือข่าย
2) ระบบทำการค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์อัตโนมัติทุกครั้งที่เปิดใช้งานแอปพลิเคชั่น
3) มีการเก็บประวัติการทำงานของหลอดไฟ เช่น ไอดี วัน เวลาที่หลอดไฟทำงาน โหมดการเปิดปิด
4) สามารแสดงประวัติการทำงานของหลอดไฟตามวันเดือนปีในปฏิทิน
5) สามารถแสดงประวัติการทำงานหลอดไฟทุกๆดวงในระบบ
6) ระบบสามารถควบคุมหลอดไฟได้
7) การควบคุมสีของหลอดไฟ
8) สามารถใช้ Color picker panel เพื่อใช้ในการควบคุมสีของหลอดไฟ
9) สามารถกำหนดค่าสีเป็นแบบ RGB Model เพื่อใช้ในการควบคุมสีของหลอดไฟ
10) สามารถตั้งเวลาการทำงานของการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ
11) สามารถตั้งเวลาการเปิดปิดของหลอดไฟ
12) ระบบสามารถแสดงจำนวนของหลอดไฟตามที่ Bridge เชื่อมต่อกับหลอดไฟได้

3.1.2 Non-functional requirement

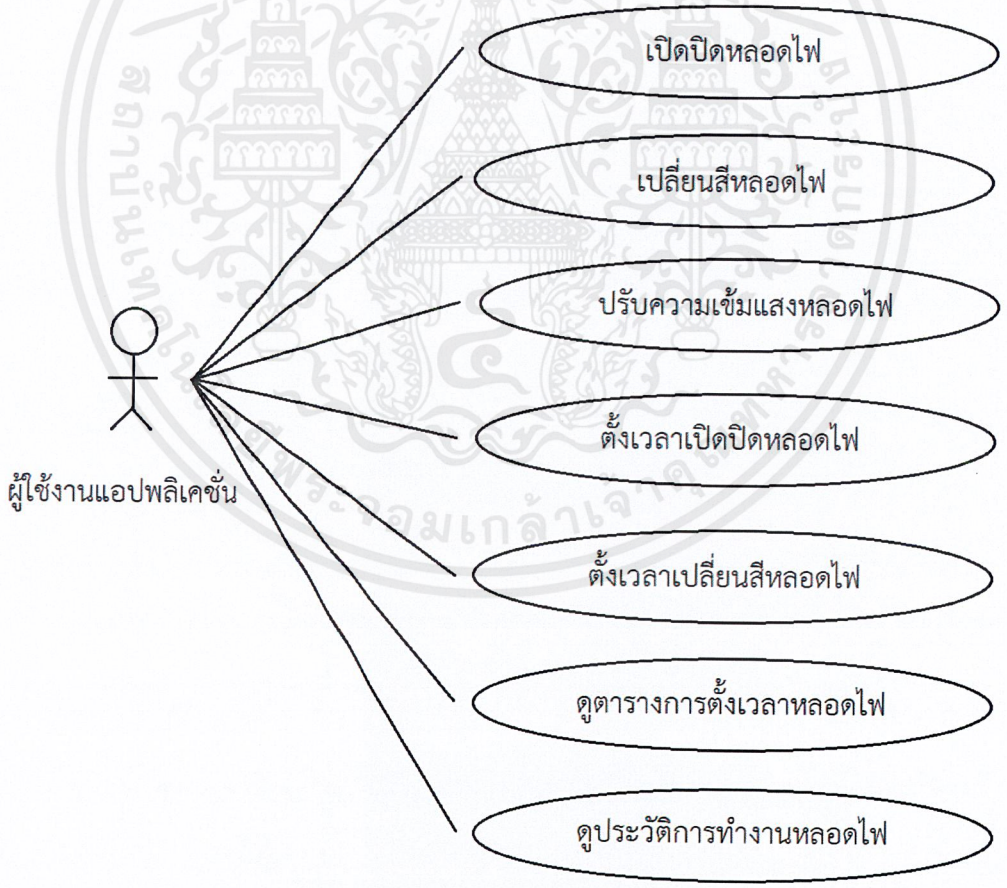
1) หากไม่มีการเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชั่นกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ ปุ่มกดต่างๆจะไม่สามารถใช้งานได้
2) ระบบสามารถคำนวณค่าสี RGB ให้อยู่ในรูป CIE Model
3) แอปพลิเคชั่นสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Bridge ผ่าน Internet โดยเชื่อมต่อผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์
4) สามารถเลือกได้ว่า จะควบคุมควบคุมหลอดไฟทั้งหมดในระบบหรือส่งคำสั่งได้อย่างอิสระทีละดวงทุกๆดวง
5) สามารถแสดงประวัติการทำงานหลอดไฟทุกๆดวง โดยเลือกแสดงข้อมูลแยกแต่ละดวง
6) สามารถควบคุมหลอดไฟภายในบ้านด้วย Wifi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) สามารถควบคุมหลอดไฟระยะไกลจากภายนอกบ้านด้วย 3G
8) มีปุ่มสำหรับการเพิ่มการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟ
9) มีปุ่มสำหรับค้นหาอุปกรณ์ Bridge ภายในเครือข่ายอีกครั้ง
10) มีปุ่มสำหรับรีเฟรชการค้นหา เพื่อทำการค้นหาอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ซ้ำอีกครั้ง
11) ระบบมีฐานข้อมูลที่ใช้เก็บประวัติการทำงานของหลอดไฟ
12) ระบบมีฐานข้อมูลที่ใช้เก็บตารางการตั้งค่าของหลอดไฟ
13) เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โฮมเกทเวย์ Bridge ได้

3.2 การออกแบบระบบ

3.2.1 Use case Diagram



รูปที่ 3.1 แสดง Use case Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เปิดปิดหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถเปิดปิดหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
2) เปลี่ยนสีหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถเปลี่ยนสีหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
3) ปรับความเข้มแสงหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถปรับความเข้มแสงหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
4) ตั้งเวลาเปิดปิดหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถตั้งเวลาการเปิดปิดหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
5) ตั้งเวลาเปลี่ยนสีหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถตั้งเวลาการเปลี่ยนสีหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
6) ดูตารางการตั้งเวลาหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถดูตารางการตั้งเวลาการเปิดปิดหรือเปลี่ยนสีหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น
7) ดูประวัติการทำงานหลอดไฟ - ผู้ใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นสามารถดูประวัติการทำงานของหลอดไฟจากแอปพลิเคชั่น

3.2.2 Sequence Diagram

เมื่อผู้ใช้แอปพลิเคชั่นต้องการใช้แอปพลิเคชั่นเพื่อจะเปิดปิด เปลี่ยนสี หรือปรับความเข้มแสงหลอดไฟ ภายในแอปพลิเคชั่นจะตั้งค่าสถานะตามที่ผู้ใช้งานแอปพลิเคชั่นเลือกการทำงานของหลอดไฟและทำการส่งคำสั่งสุดท้ายไปอุปกรณ์ Bridge ที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมหลอดไฟให้ทำตามคำสั่งนั้นๆ

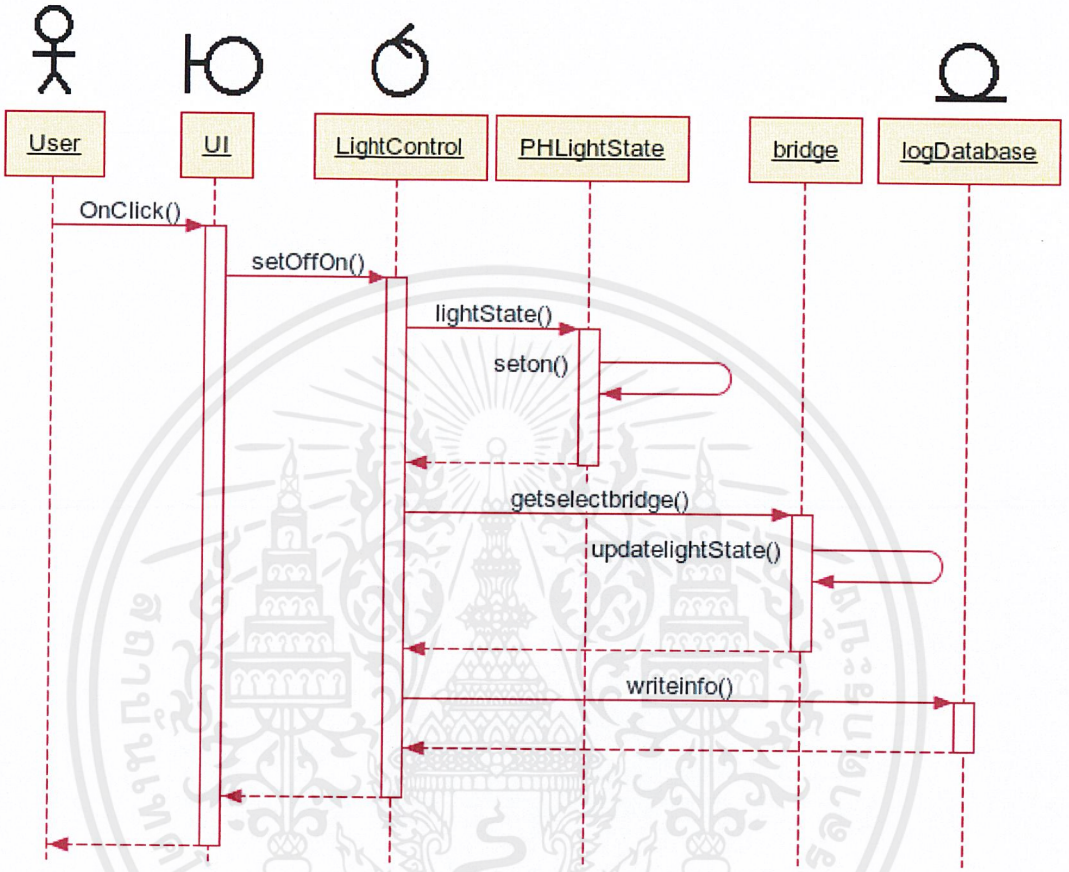
- เปิดปิดหลอดไฟ
- เปลี่ยนสีหลอดไฟ
- ปรับความเข้มแสงหลอดไฟ
- ตั้งเวลาเปิดปิดหลอดไฟ
- ตั้งเวลาเปลี่ยนสีหลอดไฟ

เมื่อผู้ใช้แอปพลิเคชั่นต้องการใช้แอปพลิเคชั่นเพื่อดูตารางการตั้งเวลาหรือประวัติการทำงานของหลอดไฟ ภายในแอปพลิเคชั่นจะส่งคำสั่งเพื่อเรียกดูตารางข้อมูลจากดาต้าเบสที่เก็บการตั้งค่าเวลาและประวัติการทำงานของหลอดไฟและนำข้อมูลมาแสดงให้ผู้ใช้แอปพลิเคชั่นเห็นตามวันเวลาที่ผู้ใช้แอปพลิเคชั่นเลือก

- ดูตารางการตั้งเวลาหลอดไฟ
- ดูประวัติการทำงานหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

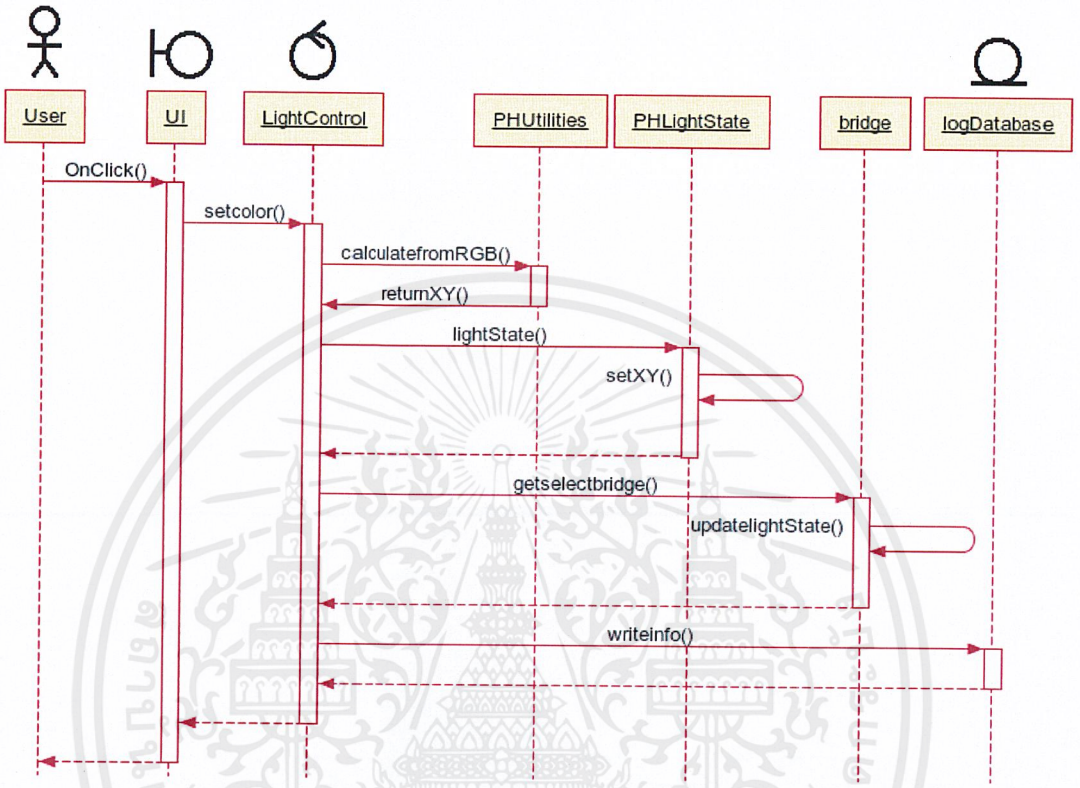
1) เปิดปิดหลอดไฟ



รูปที่ 3.2 Sequence Diagram ของการเปิดปิดหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

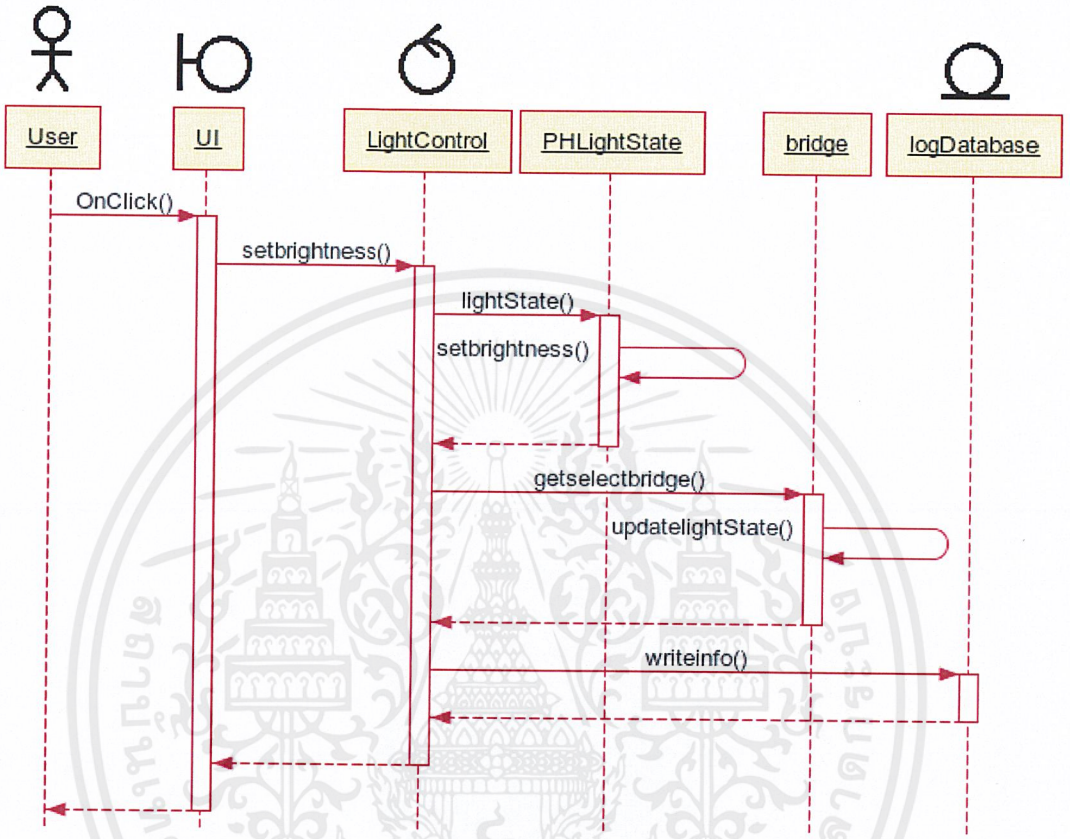
2) เปลี่ยนสีหลอดไฟ



รูปที่ 3.3 Sequence Diagram ของการเปลี่ยนสีหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

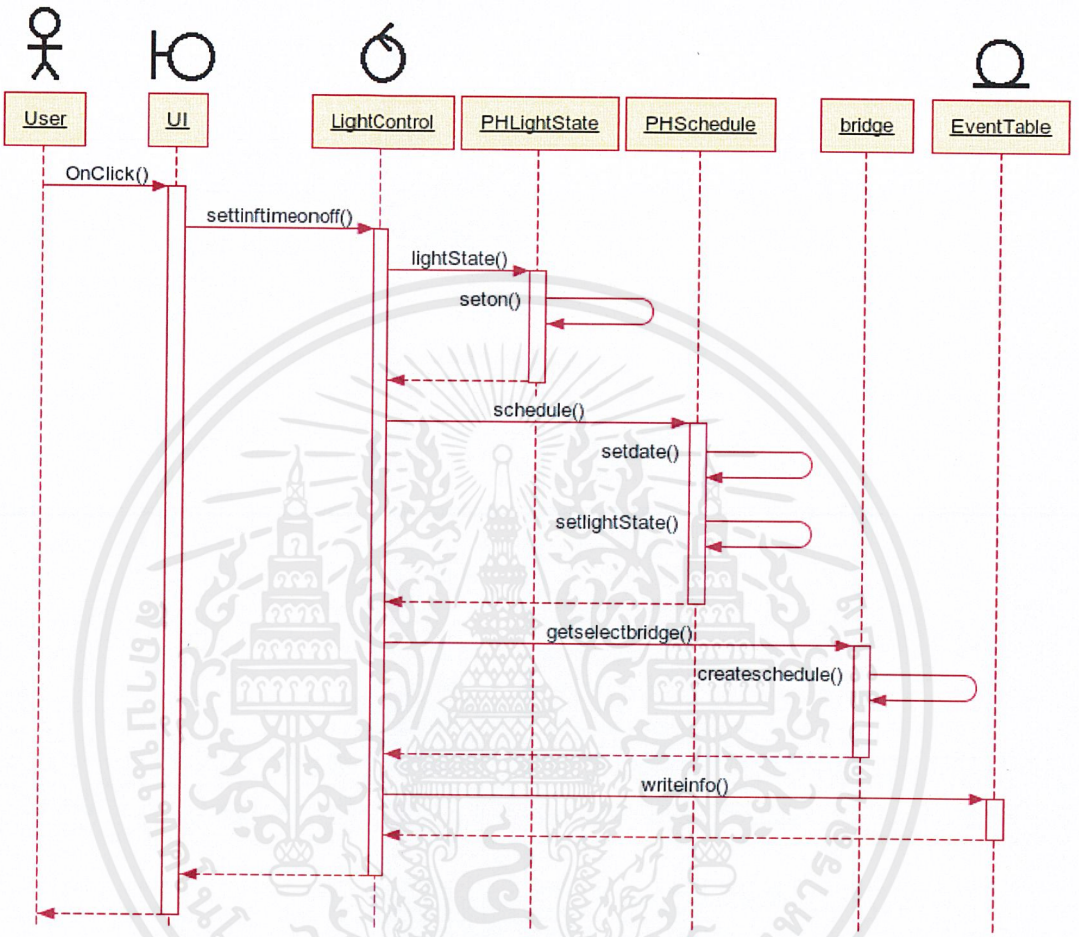
3) ปรับความเข้มแสงหลอดไฟ



รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของการปรับความเข้มแสงหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

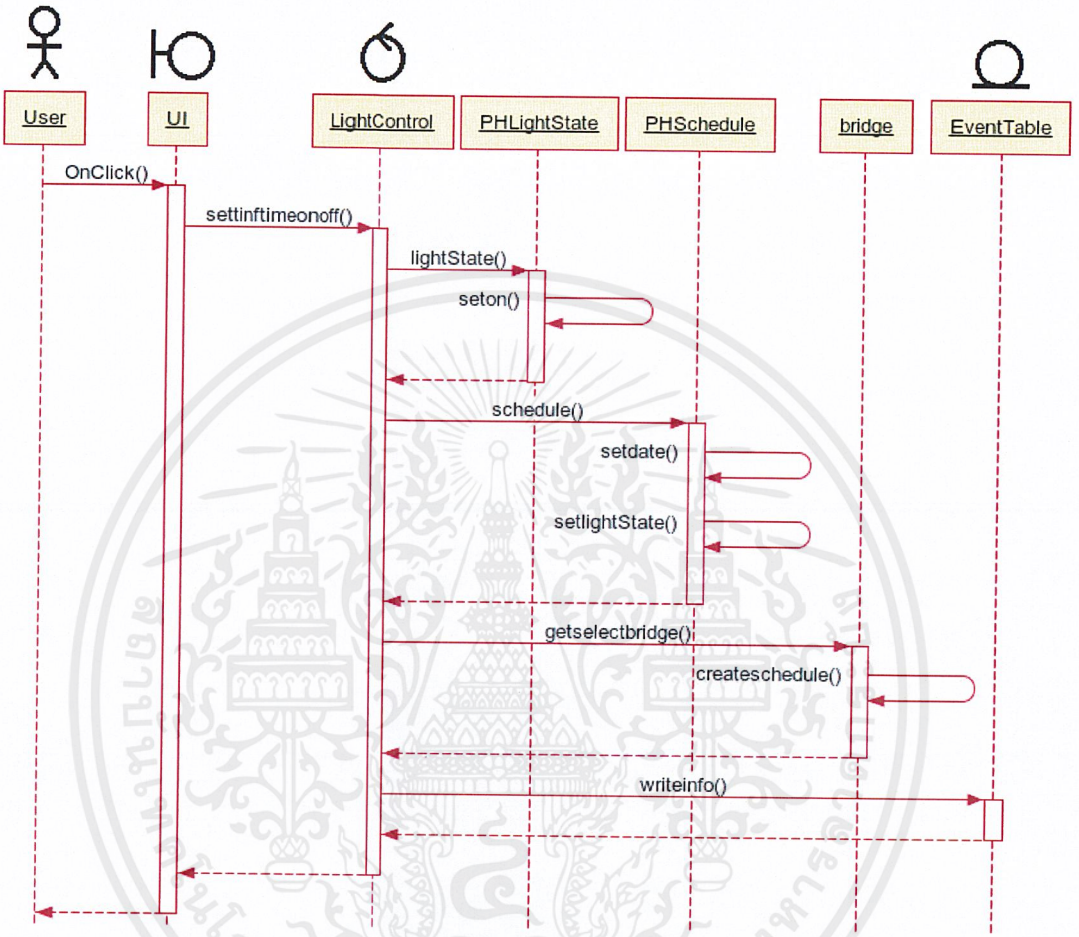
4) ตั้งเวลาเปิดปิดหลอดไฟ



รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของการตั้งเวลาเปิดปิดหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

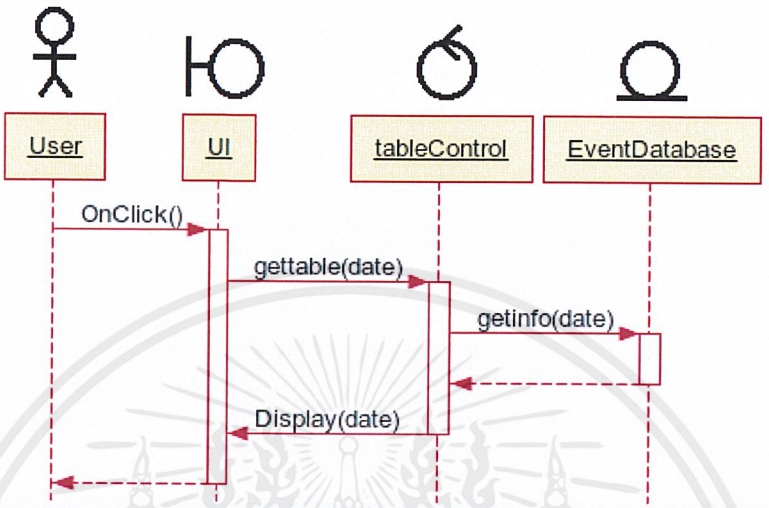
5) ตั้งเวลาเปลี่ยนสีหลอดไฟ



รูปที่ 3.6 Sequence Diagram ของการตั้งเวลาเปลี่ยนสีหลอดไฟ

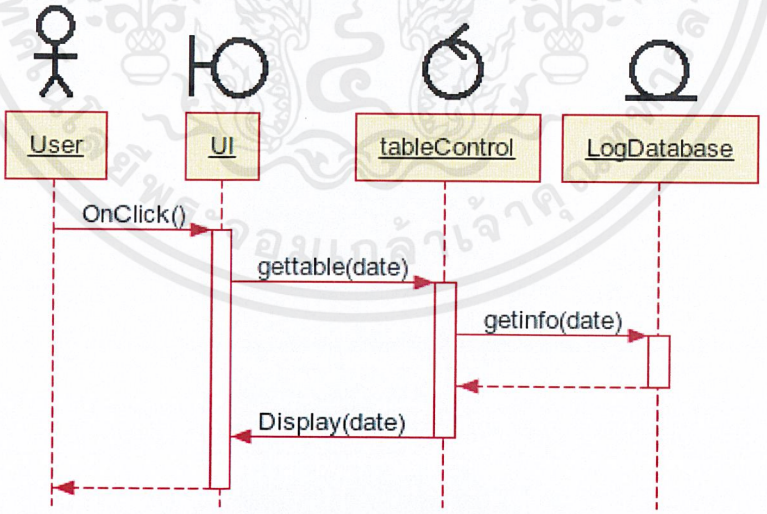
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ดูตารางการตั้งเวลาหลอดไฟ



รูปที่ 3.7 Sequence Diagram ของการดูตารางการตั้งเวลาหลอดไฟ

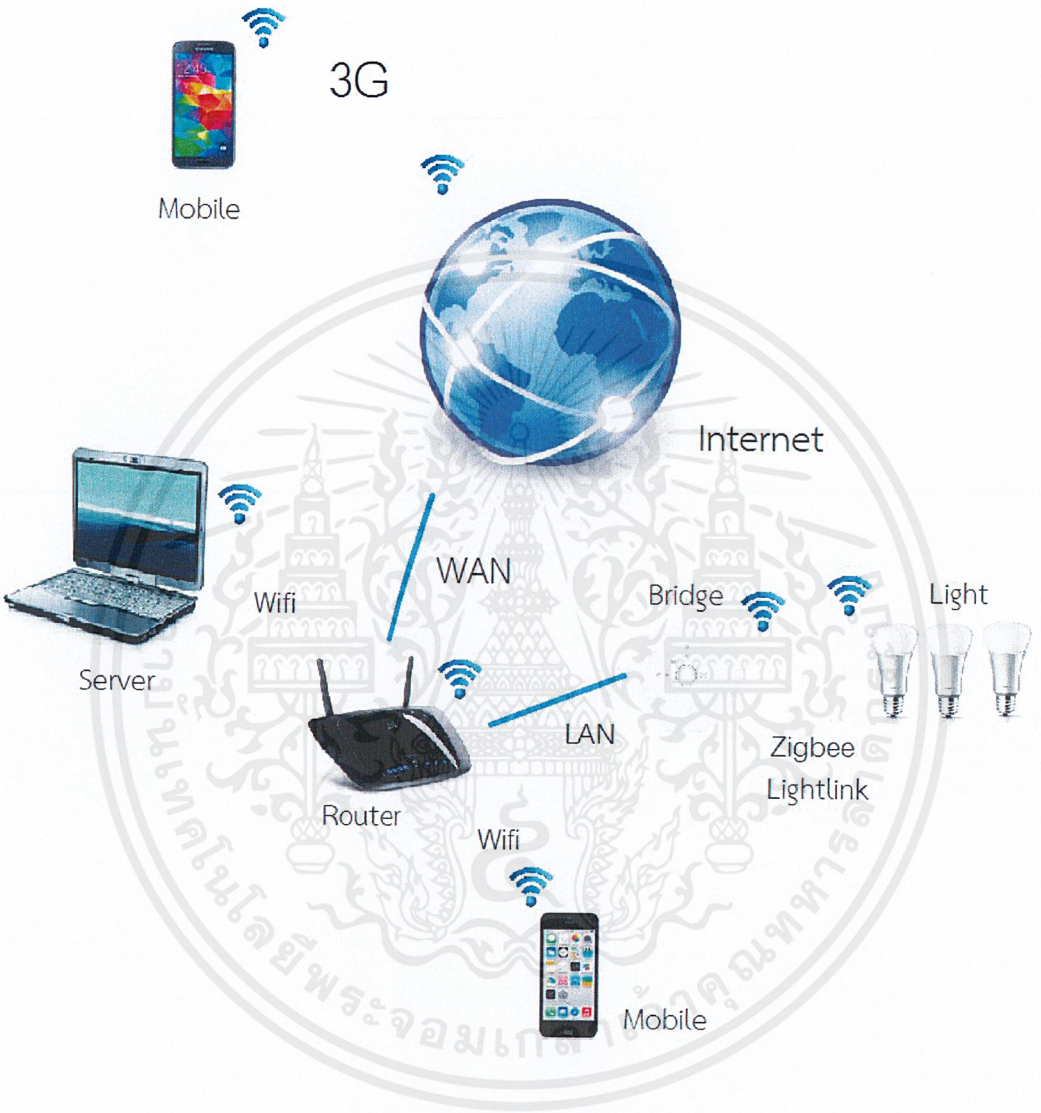
7) ดูประวัติการทำงานหลอดไฟ



รูปที่ 3.8 Sequence Diagram ของการดูประวัติการทำงานหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างของระบบ

ระบบประกอบด้วย โมบายแอปพลิเคชั่น เราท์เตอร์ อุปกรณ์ Bridge เว็บเซิร์ฟเวอร์ และหลอดไฟ โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเชื่อมต่อภายในเครือข่ายวงเดียวกัน

รูปที่ 3.10 แสดงการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายเดียวกัน

- โมบายแอปพลิเคชั่นกับเราท์เตอร์ – โมบายแอปพลิเคชั่นจะเชื่อมต่อสื่อสารหลอดไฟผ่านตัวกลางคือ อุปกรณ์ Bridge ที่อยู่ภายใต้เครือข่ายวงเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องส่งข้อมูลไร้สายเข้าสู่เราท์เตอร์ จากนั้น เราท์เตอร์จึงส่งข้อมูลต่อไปให้อุปกรณ์ Bridge และอุปกรณ์ Bridge จึงส่งต่อข้อมูลคำสั่งไปยังหลอดไฟ เนื่องจากโทรศัพท์มือถือไม่มีตัวรับสัญญาณ ZigBee จึงต้องใช้ตัวกลางในการสื่อสาร
- เราท์เตอร์กับอุปกรณ์ Bridge – เมื่อเราท์เตอร์ให้รับข้อมูลชุดคำสั่งที่ส่งมาจากโมบายแอปพลิเคชั่นแล้ว จึงทำงานส่งต่อ(forward) ไปยังอุปกรณ์ Bridge โดยก่อนที่จะทำการรับส่งข้อมูลได้นั้น เราท์เตอร์จะต้องทำการค้นหาอุปกรณ์Bridgeที่อยู่ในเครือข่ายวงเดียวกันทั้งหมดก่อน ซึ่งการค้นหาอัตโนมัติจะใช้งาน UPnP ที่ตัวBridge มี Simple Service Discovery Protocol (SSDP) อยู่แล้ว เมื่อได้รับข้อมูล IpBridge จึงนำมาเก็บไว้ใน IP table จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล
- อุปกรณ์Bridgeกับหลอดไฟ – อุปกรณ์ Bridge จะเชื่อมต่อและสื่อสารกับหลอดไฟที่มี ZigBee ติดตั้งอยู่ โดยอาศัยการสื่อสารด้วย ZigBee ผ่านโปรโตคอล Light Link โดยอุปกรณ์ Bridge จะส่งชุดคำสั่งที่ได้รับมาจากเราท์เตอร์ ไปยังหลอดไฟดวงต่างๆ สามารถส่งข้อมูลให้แก่หลอดไฟเดี่ยวๆ แยกกัน หรือส่งเป็นกลุ่มได้เช่นหัน เพราะภายในอุปกรณ์ Bridge มีระบบการจัดการกับชุดคำสั่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

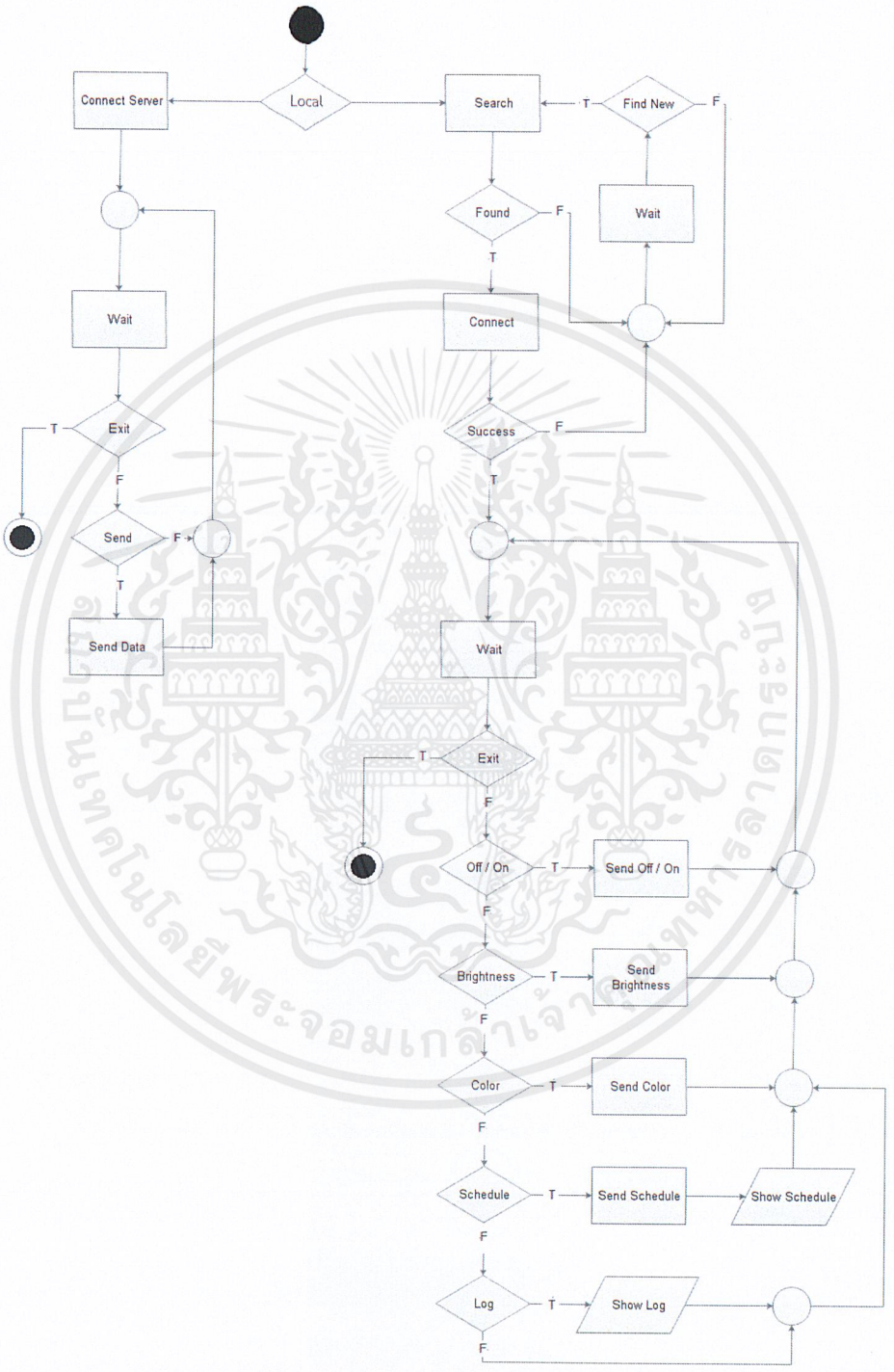
2) การเชื่อมต่อที่ไม่ได้อยู่ในเครือข่ายวงเดียวกัน

รูปที่ 3.11 แสดงการเชื่อมต่อภายนอกเครือข่าย

- โมบายแอปพลิเคชั่นกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ - โมบายแอปพลิเคชั่นจะติดต่อสื่อสารกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ ด้วย socket ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์เปิดเพื่อรอรับข้อมูลที่ส่งมาจากโมบายแอปพลิเคชั่น และทำ port forwarding ที่เราท์เตอร์ด้วย ซึ่งเว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งคำสั่งของข้อมูลไปยังเราท์เตอร์ตามเงื่อนไขของข้อมูลที่ได้รับมา
- เว็บเซิร์ฟเวอร์กับเราท์เตอร์ – เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งคำสั่งของข้อมูลให้กับอุปกรณ์ Bridge ซึ่งอยู่ในเครือข่ายวงเดียวกันผ่านเราท์เตอร์
- เราท์เตอร์กับอุปกรณ์ Bridge - เมื่อเราท์เตอร์ให้รับข้อมูลชุดคำสั่งที่ส่งมาจากเว็บเซิร์ฟเวอร์แล้ว จึงทำงานส่งต่อ(forward) ไปยังอุปกรณ์ Bridge โดยก่อนที่จะทำการรับส่งข้อมูลได้นั้น เราท์เตอร์จะต้องทำการค้นหาอุปกรณ์ Bridge ที่อยู่ในเครือข่ายวงเดียวกันทั้งหมดก่อน ซึ่งการค้นหาอัตโนมัติจะใช้งาน UPnP ที่ตัวBridge มี Simple Service Discovery Protocol (SSDP) อยู่แล้ว เมื่อได้รับข้อมูล IpBridge จึงนำมาเก็บไว้ใน IP table จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูล
- อุปกรณ์ Bridge กับหลอดไฟ – อุปกรณ์ Bridge จะเชื่อมต่อและสื่อสารกับหลอดไฟที่มี ZigBee ติดตั้งอยู่ โดยอาศัยการสื่อสารด้วย ZigBee ผ่านโปรโตคอล Light Link โดยอุปกรณ์ Bridge จะส่งชุดคำสั่งที่ได้รับมาจากเราท์เตอร์ ไปยังหลอดไฟดวงต่างๆ สามารถส่งข้อมูลให้แก่หลอดไฟเดี่ยวๆ แยกกัน หรือส่งเป็นกลุ่มได้เช่นหัน เพราะภายในอุปกรณ์ Bridge มีระบบการจัดการกับชุดคำสั่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

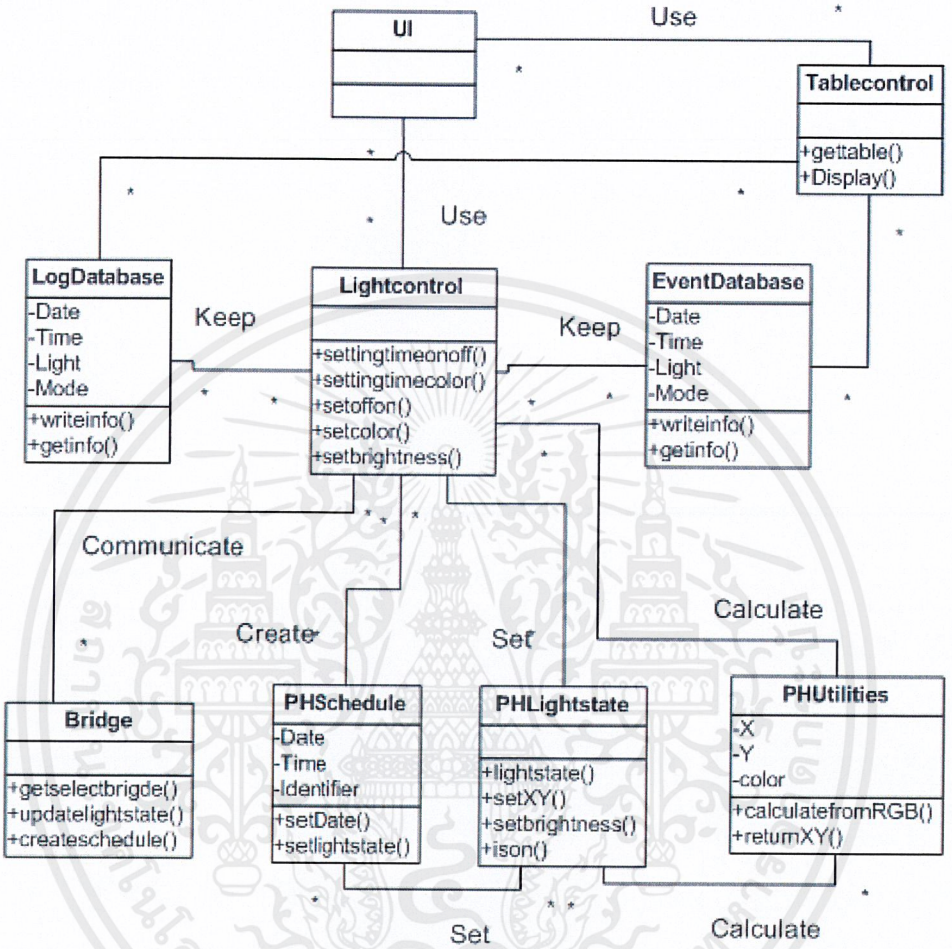
3.2.4 Activity Diagram



รูปที่ 3.12 แสดง Activity Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 Class Diagram



รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ของ Class

1) Class UI – หน้า Activity ของโมบายแอปพลิเคชั่น
2) Class Lightcontrol – เป็นคลาสหลักที่ใช้ควบคุมการทำงานของหลอดไฟ
    - setOffOn() – เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟ
    - setColor() – เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ
    - setBrightness() – เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการควบคุมการปรับความเข้มแสงของหลอดไฟ
    - settingtimeoffon() – เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งเวลาการเปิดปิดของหลอดไฟ
    - settingtimecolor() – เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตั้งเวลาการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ
3) Class LogDatabase – เป็นคลาสที่ใช้ในการควบคุมการเก็บประวัติการทำงานของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Class EventDatabase – เป็นคลาสที่ใช้ในการควบคุมการเก็บการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟ
5) Class Tablecontrol - เป็นคลาสที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลตารางของประวัติและการตั้งเวลา
6) Class Bridge – เป็นคลาสที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ Bridge
7) Class PHSchedule – เป็นคลาสที่ใช้ในการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟ
8) Class PHLightstate – เป็นคลาสที่ใช้ในการตั้งค่าการทำงานของหลอดไฟ
9) Class PHUtilities – เป็นคลาสที่ใช้ในการแปลงค่าสี

ตัวอย่างโปรแกรมการทำงาน

โปรแกรมที่ 3.1 การเปิดปิดหลอดไฟ

```
public void SetOffOnLight() {
      Bridge = phHueSDK.getSelectedBridge();
      PHLightState lightstate = new PHLightState();
      lightstate.setOn(status);
      Bridge.updateLightState(id, lightstate, listener);
      Calendar c = Calendar.getInstance();
      DatabaseLogData db = new DatabaseLogData(this);
      db.Insert(Integer.toString(c.get(Calendar.DATE)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.MONTH)),Integer.toString(c.get(
      Calendar.YEAR)),Integer.toString(c.get(Calendar.HOUR_OF_DAY)),I
      nteger.toString(c.get(Calendar.MINUTE)), id, "Off-On");
}
```

โปรแกรมที่ 3.2 การปรับความเข้มแสงหลอดไฟ

```
public void SetBrightnessLight() {
      Bridge = phHueSDK.getSelectedBridge();
      PHLightState lightState = new PHLightState();
      lightState.setBrightness(brightness);
      Bridge.updateLightState(lightIdentifier, lightState, listener);
      Calendar c = Calendar.getInstance();
      DatabaseLogData db = new DatabaseLogData(this);
      db.Insert(Integer.toString(c.get(Calendar.DATE)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.MONTH)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.YEAR)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.HOUR_OF_DAY)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.MINUTE)), lightIdentifier,
      "ChBrightness");
}
```

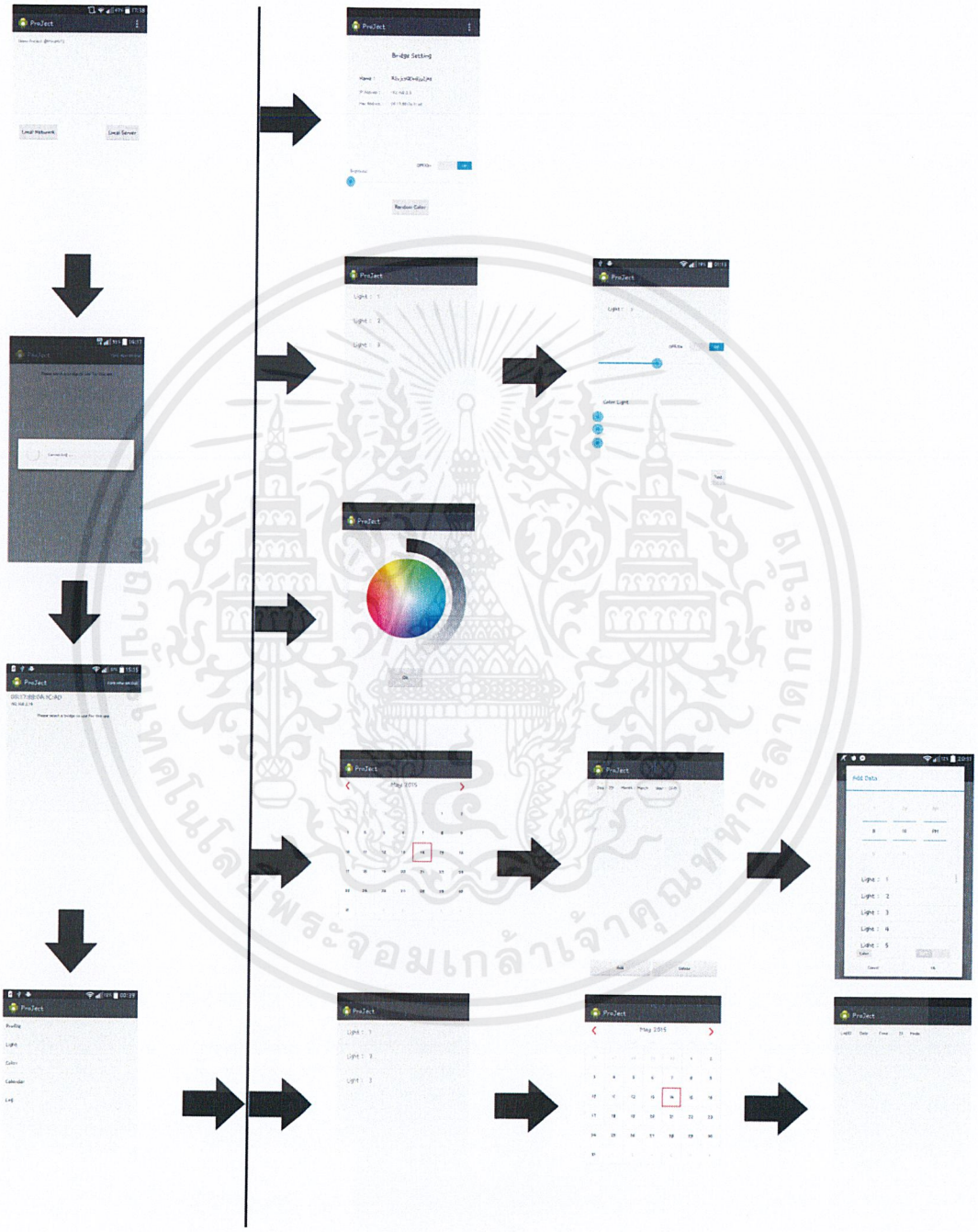
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ 3.3 การเปลี่ยนสีหลอดไฟ

```
public void SetColorLight() {
      Bridge = phHueSDK.getSelectedBridge();
      Map<String,PHLight> Lights =
      Bridge.getResourceCache().getLights();
      PHLight light = Lights.get(Integer.toString(key));
      float xy[] = PHUtilities.calculateXYFromRGB(R, G, B,
      light.getModelNumber());
      PHLightState lightState = new PHLightState();
      lightState.setX(xy[0]);
      lightState.setY(xy[1]);
      Bridge.updateLightState(lightIdentifier, lightState, listener);
      Calendar c = Calendar.getInstance();
      DatabaseLogData db = new DatabaseLogData(this);
      db.Insert(Integer.toString(c.get(Calendar.DATE)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.MONTH)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.YEAR)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.HOUR_OF_DAY)),
      Integer.toString(c.get(Calendar.MINUTE)), lightIdentifier,
      "ChColor");
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 Storyboard



รูปที่ 3.14 Storyboard ของแอนดรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

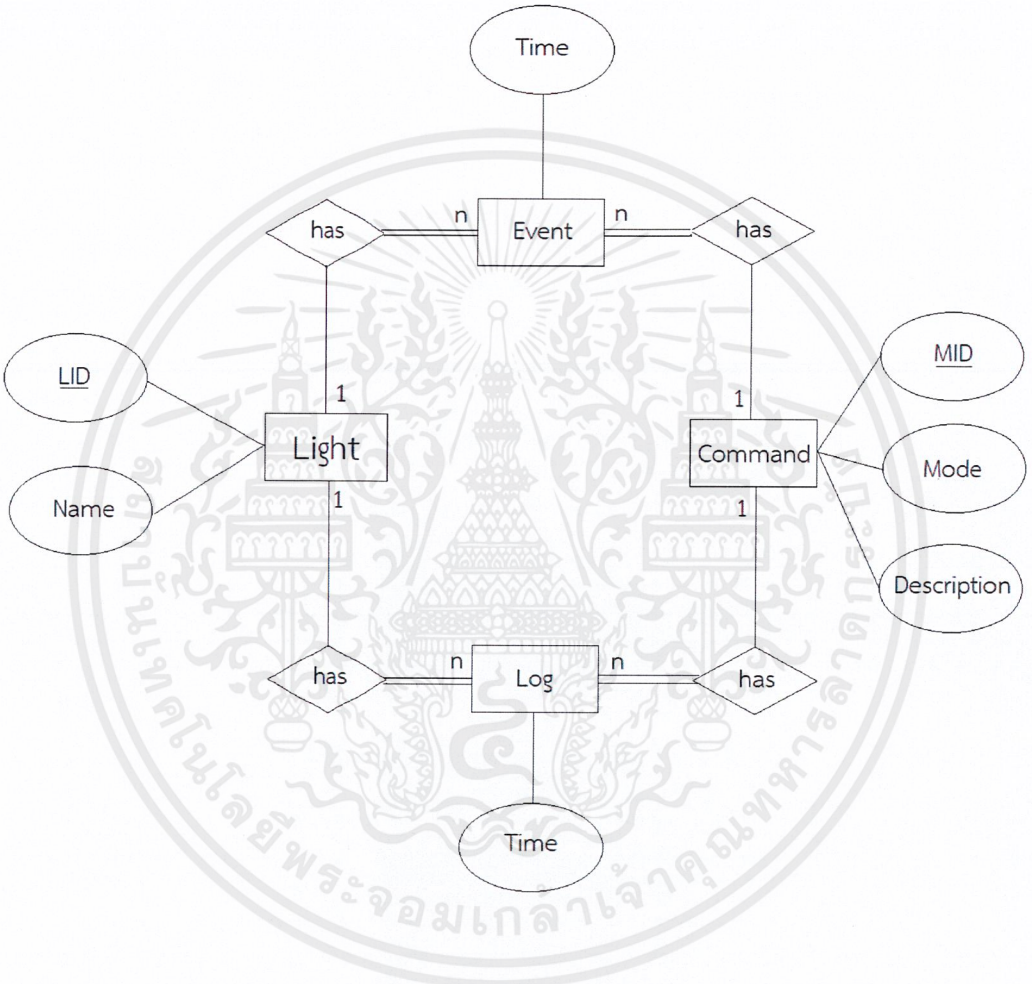
Storyboard การเชื่อมต่อ Activity ของแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมหลอดไฟในแต่ละโหมด สามารถเลือกการควบคุมหลอดไฟเพียงดวงเดียว หรือดูประวัติการทำงานของหลอดไฟดวงใดดวงหนึ่งในวันเวลาที่ต้องการได้

- 1) - คือรูปที่ 4.2 แสดงหน้าแรกของแอปพลิเคชั่น
- 2) - คือรูปที่ 4.3 แสดงหน้าโหลดเพื่อค้นหาอุปกรณ์ Bridge
- 3) - คือรูปที่ 4.4 แสดงอุปกรณ์ Bridge ที่สามารถเชื่อมต่อ
- 4) - คือรูปที่ 4.5 แสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น
- 5) - คือรูปที่ 4.6 แสดงหน้าควบคุมการทำงานหลอดไฟทุกดวง
- 6) - คือรูปที่ 4.7 แสดงจำนวนของหลอดไฟ
- 7) - คือรูปที่ 4.8 แสดงหน้าควบคุมการทำงานหลอดไฟ 1 ดวง
- 8) - คือรูปที่ 4.9 แสดงหน้าควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ
- 9) - คือรูปที่ 4.10 แสดงหน้าปฏิทิน
- 10) - คือรูปที่ 4.11 แสดงหน้ารายการการตั้งค่าเวลา
- 11) - คือรูปที่ 4.12 แสดงหน้าการเพิ่มรายการการตั้งค่าเวลา
- 12) - คือรูปที่ 4.13 แสดงจำนวนของหลอดไฟ
- 13) - คือรูปที่ 4.14 แสดงหน้าปฏิทิน
- 14) - คือรูปที่ 4.15 แสดงหน้าประวัติการทำงานของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

ใช้ Sqlite Database ในการออกแบบและสร้างฐานข้อมูล โดยออกแบบฐานข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตาราง คือ EventCalendarDatabase และ LogDatabase



รูปที่ 3.15 แสดง ER Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตาราง LightDatabase

Entity	Light		
Key	Attributes	Data Type	Description
PK	LID	String	Identifier ของหลอดไฟ
	Name	String	ชื่อของหลอดไฟ

ตารางที่ 3.2 ตาราง CommandDatabase

Entity	Mode		
Key	Attributes	Data Type	Description
PK	MID	String	Identifier ของคำสั่งการทำงาน
	Mode	String	โหมดของการทำงาน
	Description	String	รายละเอียดของโหมดการทำงาน

ตารางที่ 3.3 ตาราง EventCalendarDatabase

Entity	EventCalendarDatabase		
Key	Attributes	Data Type	Description
PK	EID	Integer	ลำดับของข้อมูล
	Time	String	วันเดือนปี ชั่วโมงและนาที
	LID	String	Identifier ของหลอดไฟ
	MID	String	สถานะการทำงานของหลอดไฟ

ตารางที่ 3.4 ตาราง LogDatabase

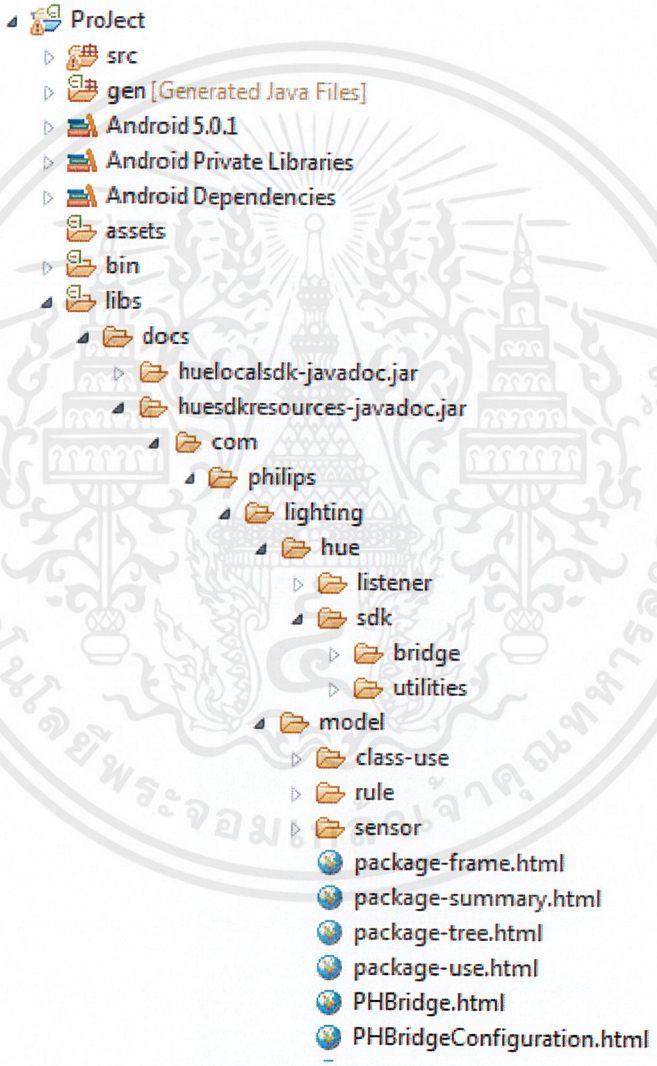
Entity	LogDatabase		
Key	Attributes	Data Type	Description
PK	LID	Integer	ลำดับของข้อมูล
	Time	String	วันเดือนปี ชั่วโมงและนาที
	LID	String	Identifier ของหลอดไฟ
	MID	String	สถานะการทำงานของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ไลบารี่ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่น

3.4.1 API ของ Philips HUE

เป็นไลบารี่พื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่นให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Bridge ไลบารี่นี้จะมีคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟรวมทั้งการค้นหาอุปกรณ์ Bridge ที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันกับโมบายแอปพลิเคชั่น



รูปที่ 3.16 แสดงไลบารี่ของ Philips Hue บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ไลบารี่จะมีคำสั่งที่ใช้ควบคุมหลอดไฟ โดยการกำหนดสถานะหรือ State สามารถควบคุมการเปิดปิด เปลี่ยนสี หรือปรับความเข้มแสงของหลอดไฟภายในสถานะเดียวกัน หรือแยกความละสถานะเพื่อควบคุมหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 Calendar For Android

เป็นไลบารี่ที่เกี่ยวกับปฏิทินโดยจะนำค่า MONTH YEAR เพื่อใช้ในการตั้งค่าปฏิทินเพื่อแสดงให้เป็น วัน เดือน ปี ของปัจจุบัน

โปรแกรมที่ 3.4 การสร้าง Calendar

```
Public void createcalendar(){
      CaldroidFragment caldroidFragment;
      Bundle args = new Bundle();
      Calendar c = Calendar.getInstance();
      args.putInt(CaldroidFragment.MONTH, c.get(Calendar.MONTH) + 1);
      args.putInt(CaldroidFragment.YEAR, c.get(Calendar.YEAR));
      args.putBoolean(CaldroidFragment.ENABLE_SWIPE, true);
      args.putBoolean(CaldroidFragment.SIX_WEEKS_IN_CALENDAR, true);
      caldroidFragment.setArguments(args);
      FragmentTransaction t =
      getSupportFragmentManager().beginTransaction();
      t.replace(R.id.calendarNew, caldroidFragment);
      t.commit();
      caldroidFragment.setCaldroidListener(caldroidlistener);
}
```

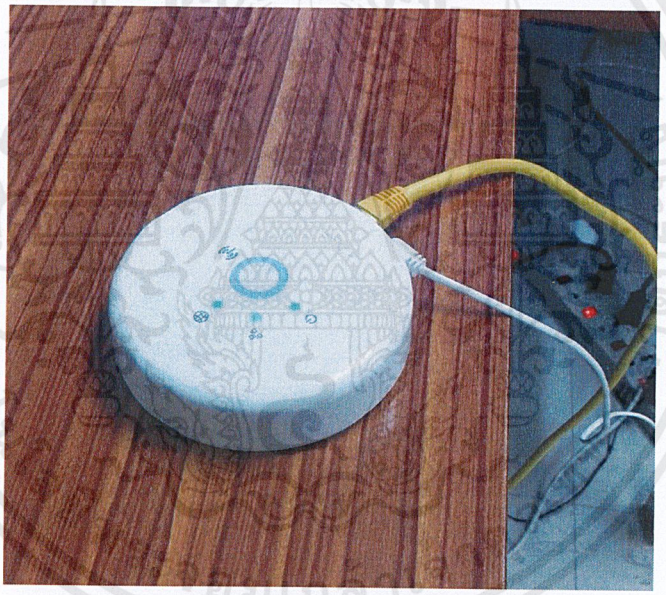
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองนี้จะใช้อุปกรณ์ โมบายโฟน รุ่น LG G3 และ iOS simulator ในการทดลองควบคุมหลอดไฟด้วยแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้น

4.1 ทดลองการควบคุมหลอดไฟภายในเครือข่ายเดียวกัน

4.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ Bridge กับ Router ภายในบ้าน

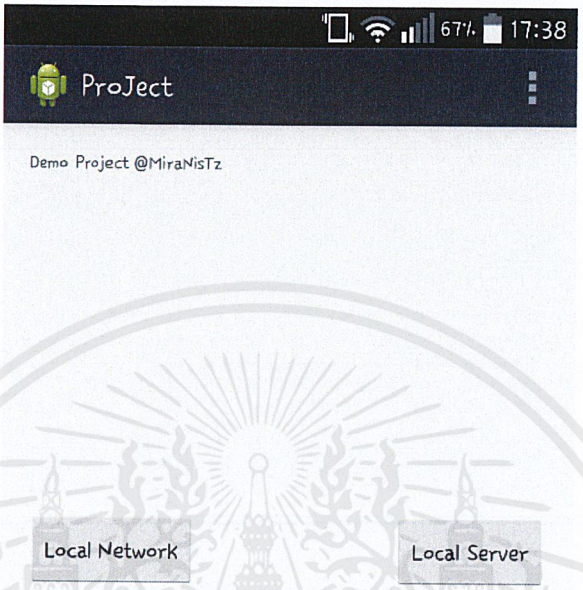


รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ Bridge

ต่ออุปกรณ์ Bridge เข้ากับ Router ด้วยสายแลน เพื่อให้โมบายแอปพลิเคชั่นสามารถควบคุมหลอดไฟผ่าน Wifi หรือ LAN

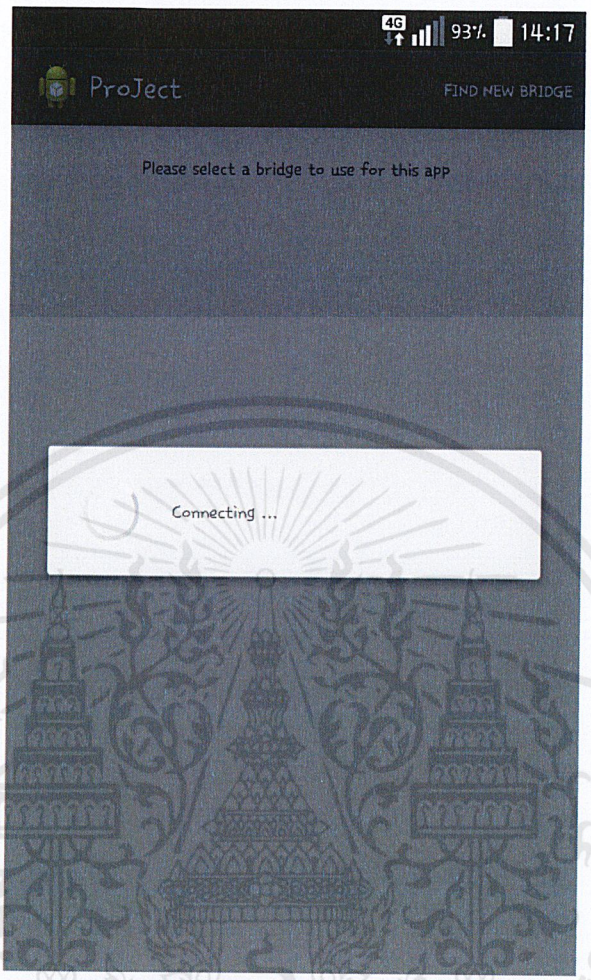
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 เปิดใช้แอปพลิเคชันเพื่อทำการเชื่อมต่อกับ Bridge แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าแรกของแอปพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

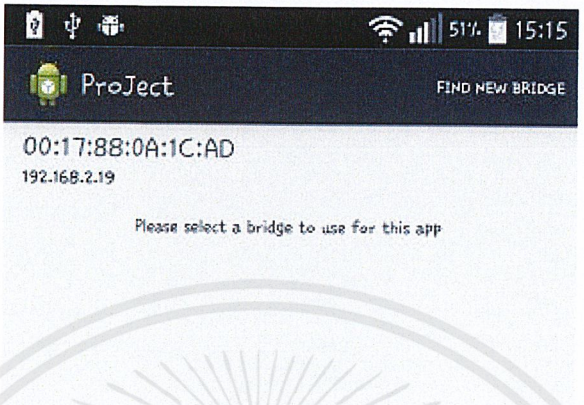


รูปที่ 4.3 แสดงหน้าโหลดเพื่อค้นหาอุปกรณ์ Bridge

รูปที่ 4.2 คือหน้าแสดงของแอปพลิเคชั่น โดยสามารถเลือกการทำงานได้ระหว่างการเชื่อมต่อระยะไกลหรือ ภายในเครือข่ายวงเดียวกัน หลังจากเลือกเชื่อมต่อภายในเครือข่ายวงเดียวกันจะทำการค้นหาอุปกรณ์ Bridge ตามที่แสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ทำการเลือกอุปกรณ์ Bridge

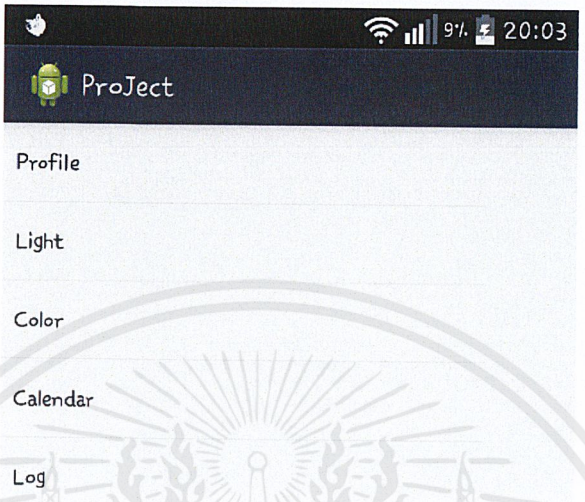


รูปที่ 4.4 แสดงอุปกรณ์ Bridge ที่สามารถเชื่อมต่อ

หลังจากทำการค้นหาอุปกรณ์ Bridge ภายในเครือข่ายเดียวกันแล้ว จะได้จำนวนอุปกรณ์ Bridge ที่โมบายแอปพลิเคชั่นสามารถทำการเชื่อมต่อ และผู้ใช้แอปพลิเคชั่นจะต้องเลือกอุปกรณ์ Bridge เพียงตัวเดียวเพื่อทำการเชื่อมต่อและควบคุมหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ทำการเลือกการทำงานของแอปพลิเคชั่น

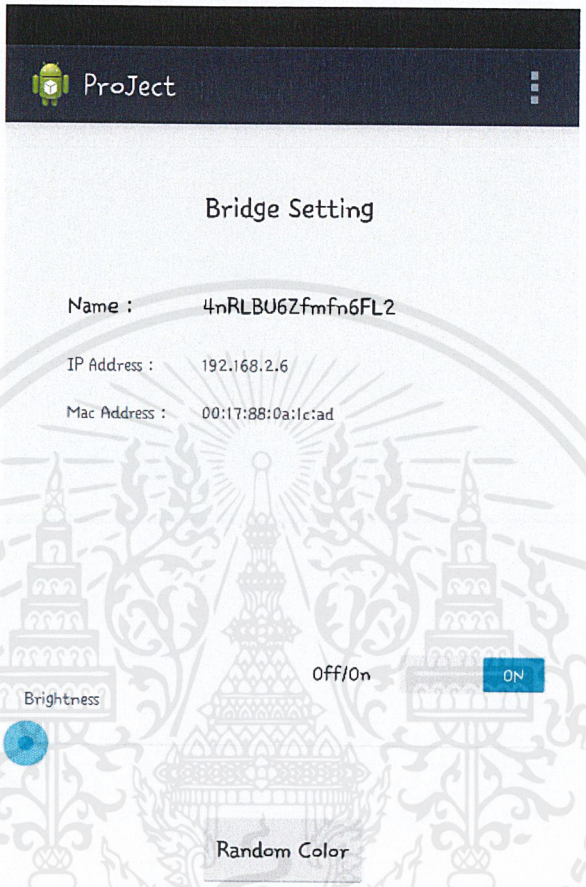


รูปที่ 4.5 แสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น

หน้าแสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น โดยผู้ใช้สามารถเลือกการควบคุมหลอดไฟทุกดวง เฉพาะดวง เปลี่ยนสีของหลอดไฟ ตั้งค่าเวลาการทำงานของหลอดไฟหรือดูประวัติการทำงานของหลอดไฟ

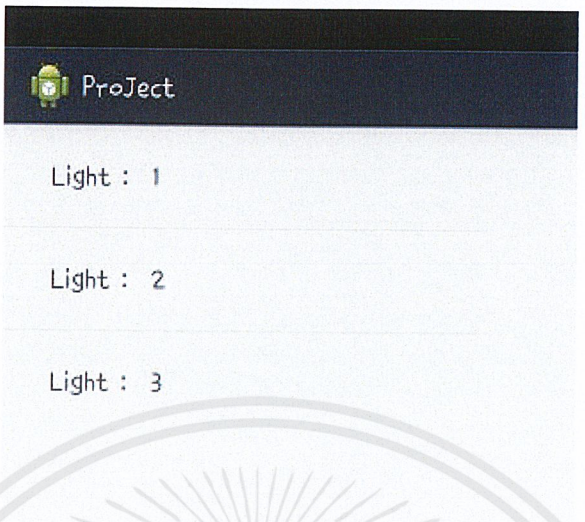
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 หน้าแสดงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ



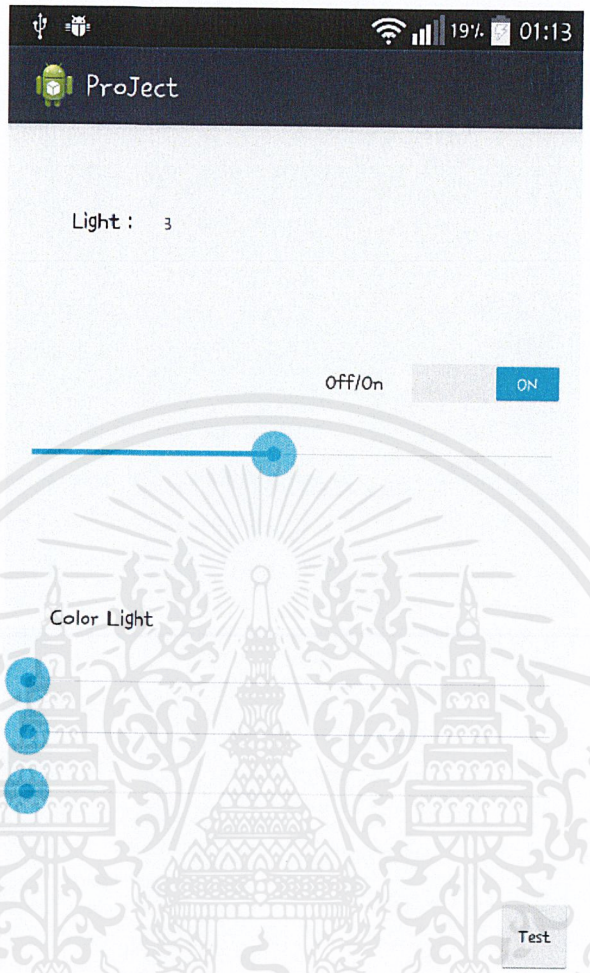
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงจำนวนของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

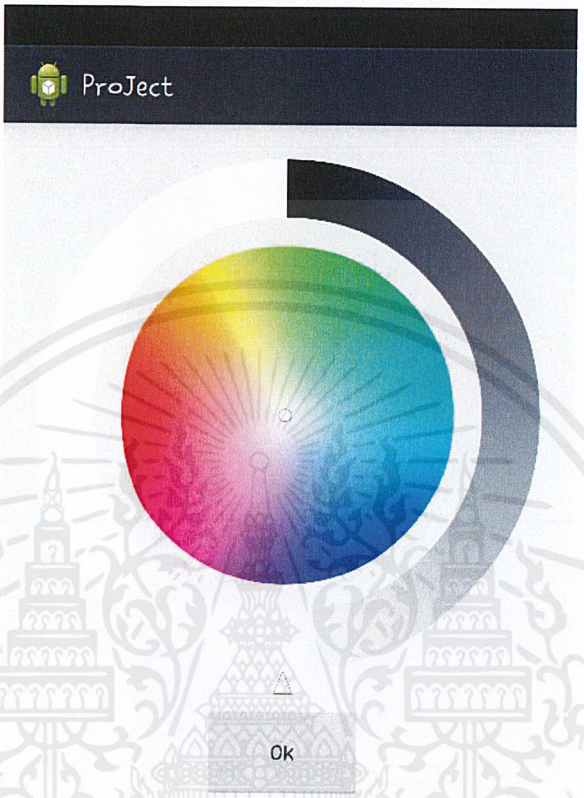


รูปที่ 4.8 แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 1 ดวง

ส่วนควบคุมการทำงานของหลอดไฟ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือการควบคุมทุกหลอดไฟ หรือ การควบคุมเพียงครั้งละ 1 ดวง โดยสามารถควบคุม การเปิดปิดหลอดไฟ ปรับความเข้มแสง แรนดอมสี หรือ เปลี่ยนสี RGB ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 แสดงหน้าการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ

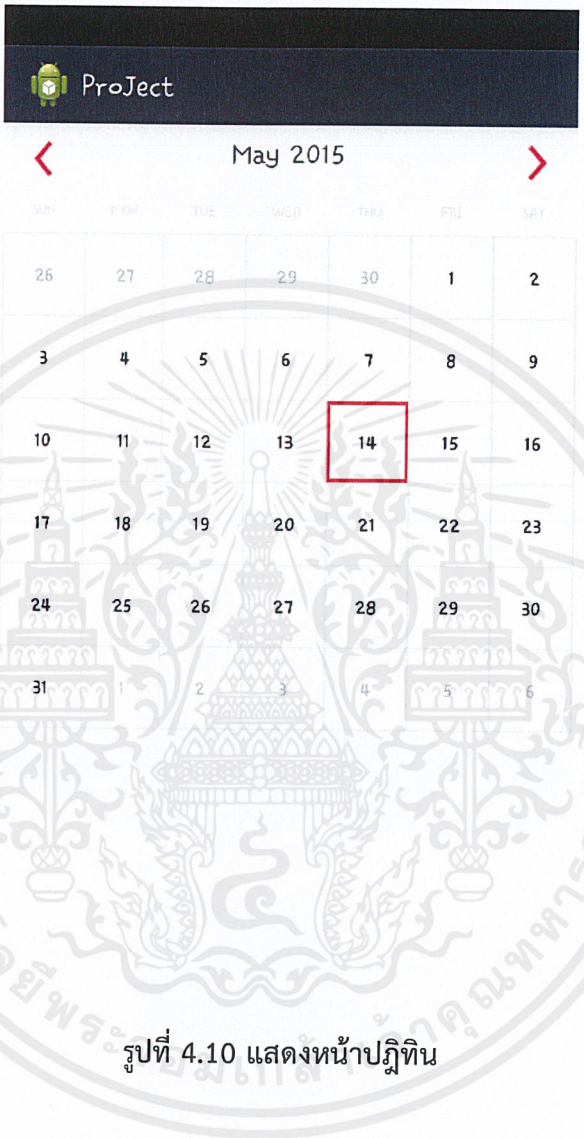


รูปที่ 4.9 แสดงหน้าควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ

ส่วนควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟซึ่งจะเปลี่ยนสีของหลอดไฟทุกหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 แสดงหน้าการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟโดยสามารถกำหนดวันที่ และเวลา

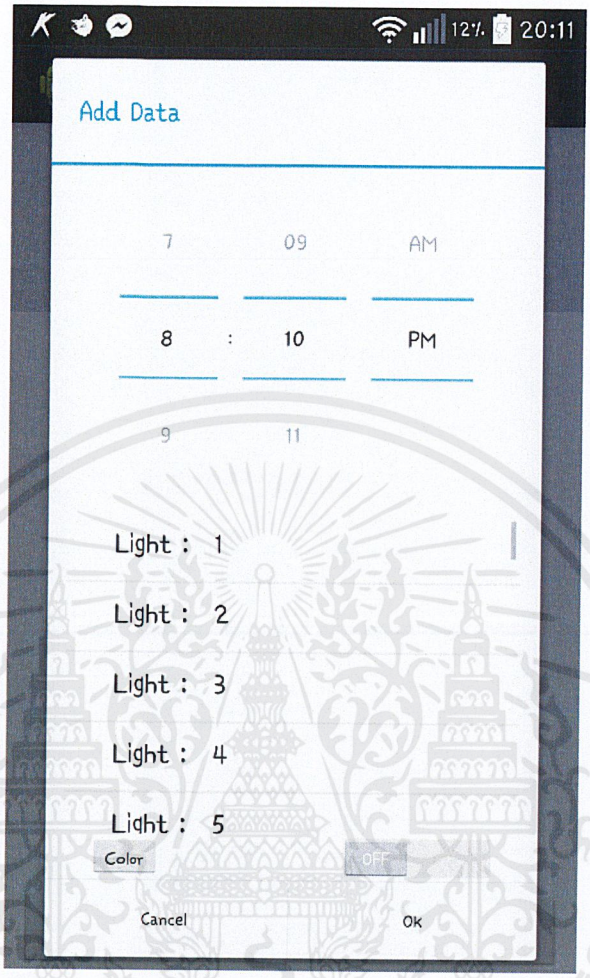


รูปที่ 4.10 แสดงหน้าปฏิทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงหน้ารายการการตั้งค่าเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

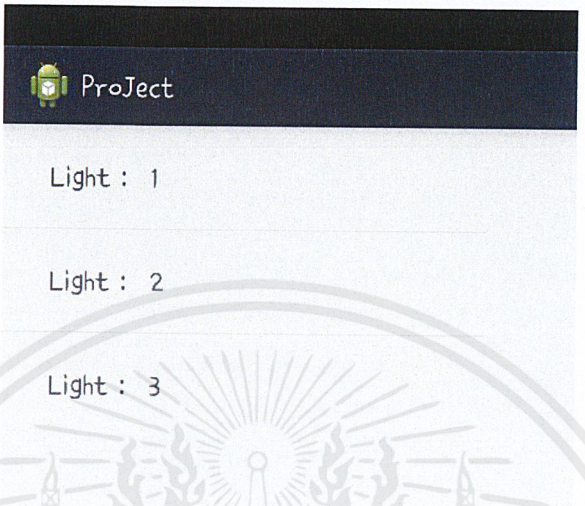


รูปที่ 4.12 แสดงการเพิ่มรายการการตั้งค่าเวลา

ส่วนการตั้งเวลาการทำงานของหลอดไฟ ซึ่งสามารถเลือกวัน เดือน ปี จากปฏิทิน และจะแสดงรายการการทำงานในวัน เดือน ปี นั้นๆ โดยสามารถ ตั้งเวลา เฉพาะบางหลอดไฟ ด้วยสถานะเปิดปิด หรือเปลี่ยนสีของหลอดไฟ

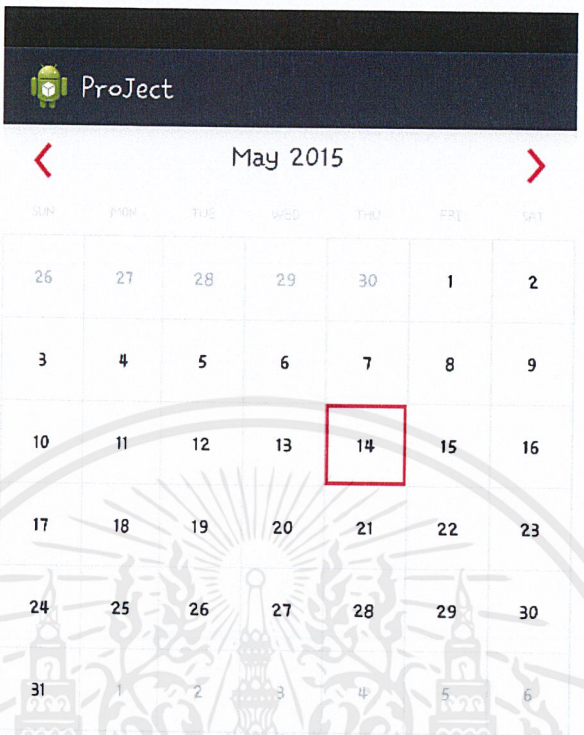
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 แสดงหน้าประวัติกการทำงานของหลอดไฟโดยสามารถดูวันที่ จากปฏิทิน



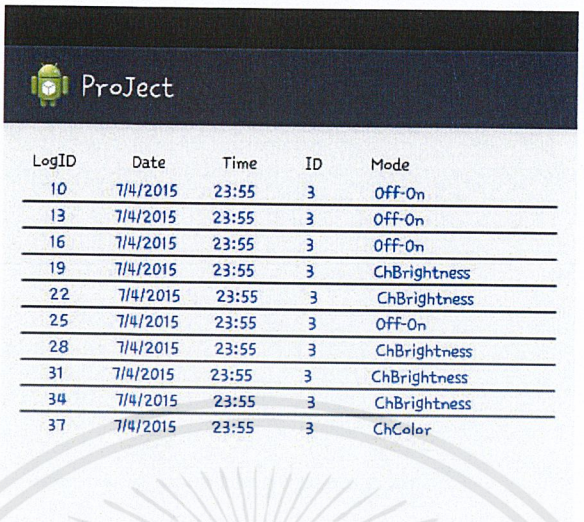
รูปที่ 4.13 แสดงจำนวนของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าปฏิทิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



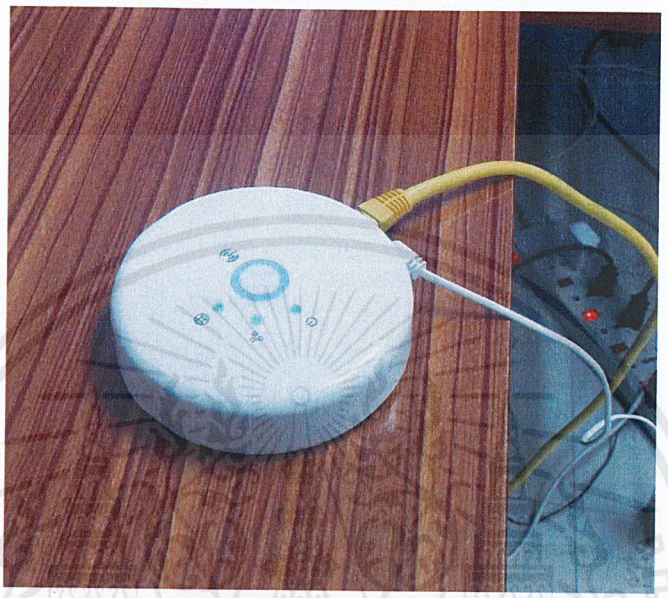
รูปที่ 4.15 แสดงหน้าประวัติการทำงานของหลอดไฟ

ส่วนแสดงประวัติการทำงานของหลอดไฟ ซึ่งสามารถดูประวัติการทำงานเฉพาะหลอดไฟ และ วัน เดือน ปี จากปฏิทินเพื่อแสดงรายการการทำงานของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดลองการควบคุมหลอดไฟภายนอกเครือข่าย

4.2.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ Bridge กับ Router ภายในบ้าน

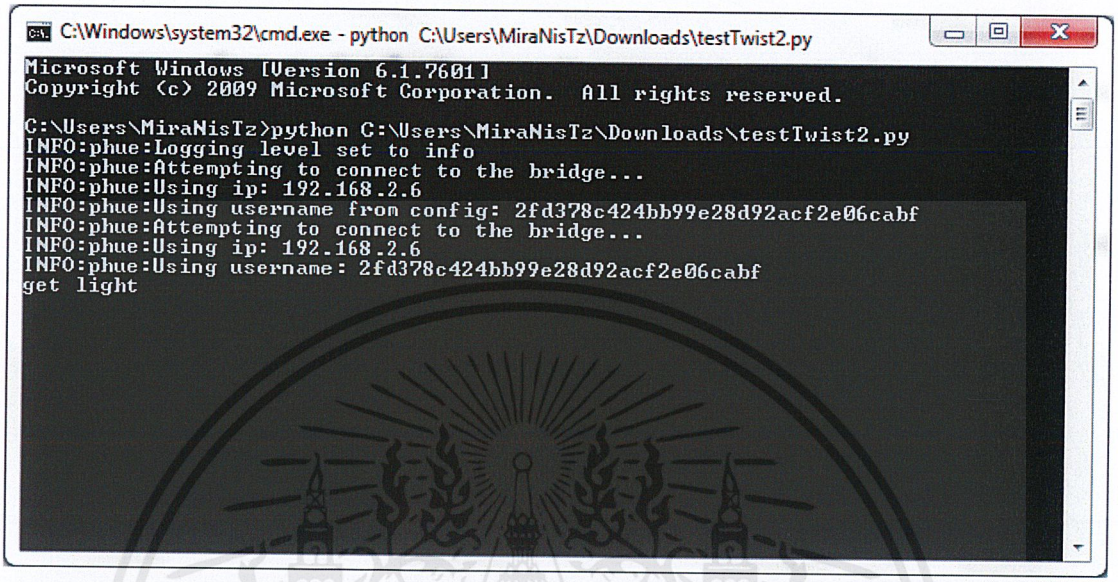


รูปที่ 4.16 แสดงอุปกรณ์ Bridge

ต่ออุปกรณ์ Bridge เข้ากับ Router ด้วยสายแลน เพื่อให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถควบคุมหลอดไฟผ่าน Wifi หรือ LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทำการเชื่อมต่อเว็บเซิฟเวอร์เข้ากับอุปกรณ์ Bridge

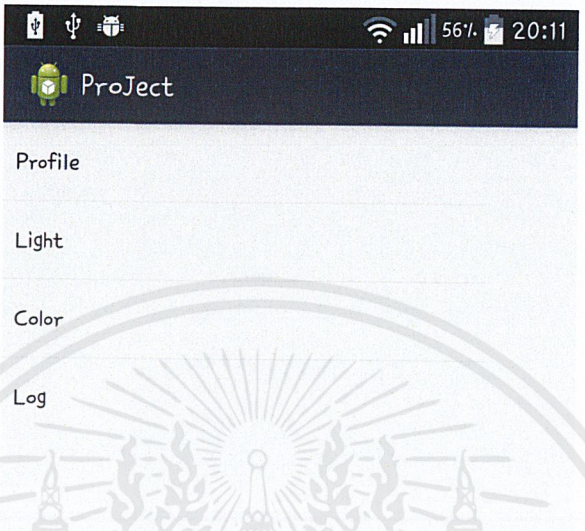


รูปที่ 4.17 แสดงการเชื่อมต่อเว็บเซิฟเวอร์กับ Bridge

เว็บเซิฟเวอร์ที่พัฒนาโดย python และเปิดใช้งานเว็บเซิฟเวอร์ใน command line เพื่อให้โมบายแอปพลิเคชั่นสามารถควบคุมภายนอกเครือข่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ทำการเลือกการทำงานของแอปพลิเคชั่น

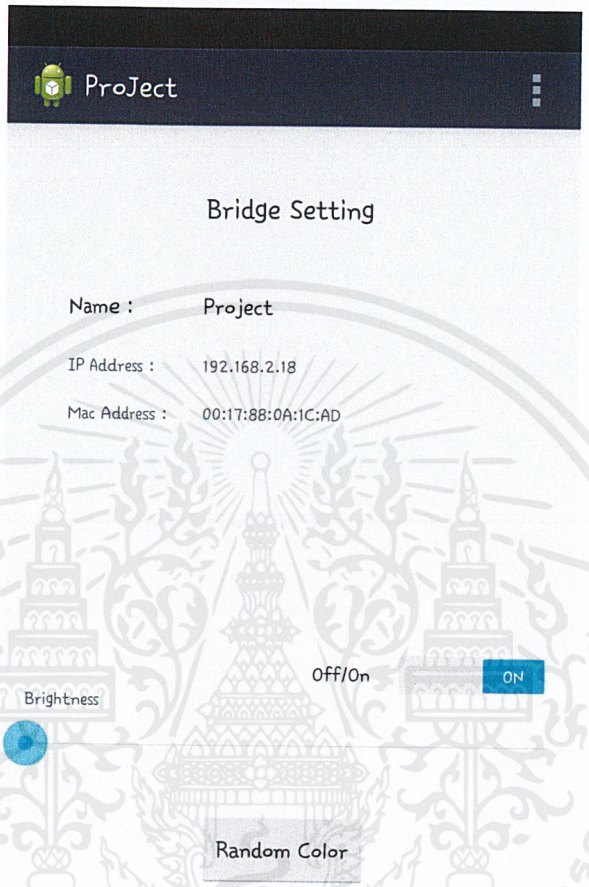


รูปที่ 4.18 แสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่น

หน้าแสดงรายการของโมบายแอปพลิเคชั่นที่เชื่อมต่อผ่านเว็บเซิฟเวอร์ โดยผู้ใช้สามารถเลือกการควบคุมหลอดไฟทุกดวง เฉพาะดวง เปลี่ยนสีของหลอดไฟ หรือดูประวัติการทำงานของหลอดไฟ

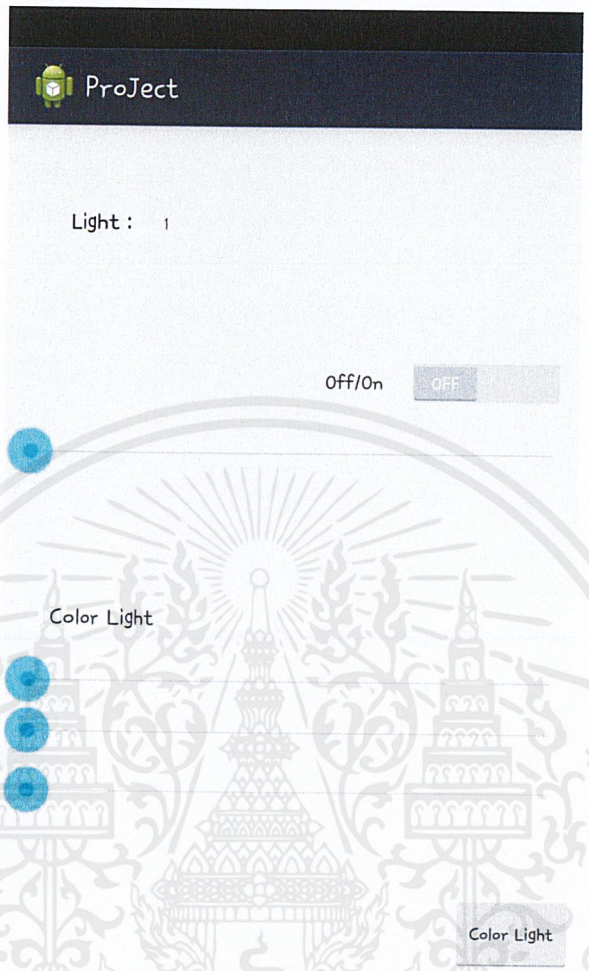
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 หน้าแสดงการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ



รูปที่ 4.19 แสดงหน้าควบคุมการทำงานหลอดไฟทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

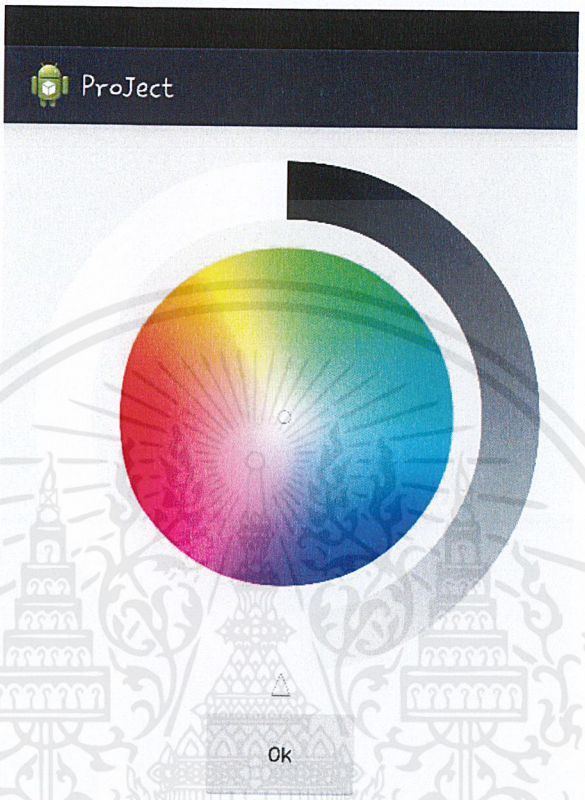


รูปที่ 4.20 แสดงหน้าควบคุมการทำงานของหลอดไฟ 1 ดวง

ส่วนควบคุมการทำงานของหลอดไฟ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือการควบคุมทุกหลอดไฟ หรือการควบคุมเพียงครั้งละ 1 ดวงโดยสามารถควบคุม การเปิดปิดหลอดไฟ ปรับความเข้มแสง แรนดอมสี หรือ เปลี่ยนสี RGB ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 แสดงหน้าการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ

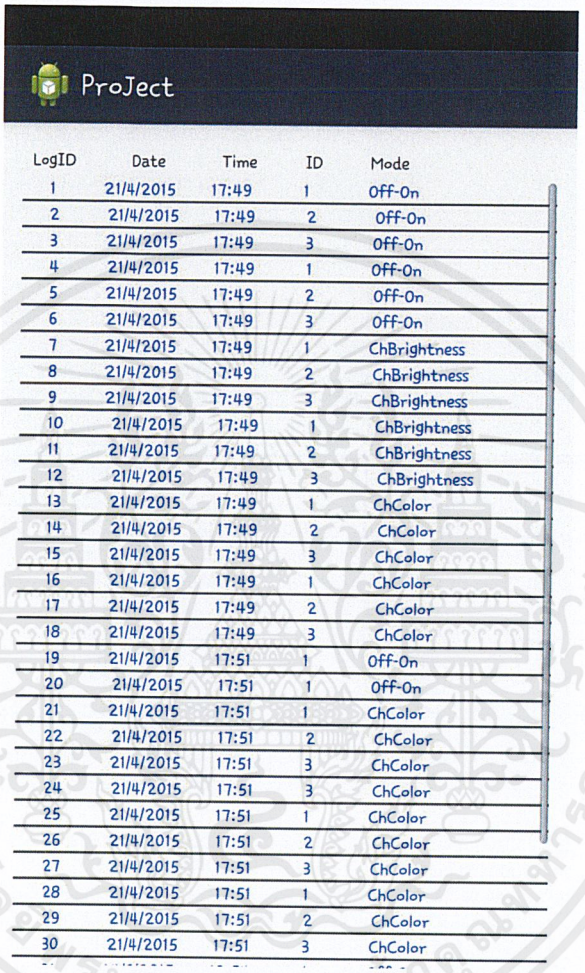


รูปที่ 4.21 แสดงหน้าควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟ

ส่วนควบคุมการเปลี่ยนสีของหลอดไฟซึ่งจะเปลี่ยนสีของหลอดไฟทุกดวง โดยแสดงผลตามสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 แสดงประวัติการทำงานของหลอดไฟ



รูปที่ 4.22 แสดงหน้าประวัติการทำงานของหลอดไฟ

ส่วนแสดงประวัติการทำงานของหลอดไฟ ซึ่งสามารถดูประวัติการทำงานของหลอดไฟทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลลัพธ์จากการทดลองการใช้งานเพื่อควบคุมหลอดไฟ

รูปที่ 4.23 แสดงผลลัพธ์การเปลี่ยนสีด้วยแอปพลิเคชั่น

ผลการทดลองจากการเปลี่ยนสีของหลอดไฟด้วยโมบายแอปพลิเคชั่น โดยใช้ฟังก์ชั่นการเปลี่ยนสีตามหลอดไฟแต่ละดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปของโครงงาน

Controlling Light Bulbs by a Smart Phone เป็นโครงงานพัฒนาแอปพลิเคชั่นที่ใช้สั่งการชุดหลอดไฟ Philips Hue lights จากการพัฒนาโครงงานได้ข้อสรุปดังนี้

- โมบายแอปพลิเคชั่นจะเชื่อมต่อสื่อสารกับหลอดไปผ่านตัวกลางคือ อุปกรณ์ Bridge โดยจะเชื่อมต่อกับ Bridge ด้วยการสื่อสารไร้สาย Wi-Fi จากนั้น Bridge จะเชื่อมต่อกับหลอดไฟ Hue ที่มี ZigBee ติดตั้งอยู่ โดยอาศัยการสื่อสารด้วย ZigBee ผ่านโปรโตคอล Light Link โดยการทำงานทั้งหมด จะเกิดขึ้นได้ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า โมบายแอปพลิเคชั่น อุปกรณ์ Bridge และหลอดไฟ จะต้องเชื่อมต่อกันภายใต้เครือข่ายวงเดียวกันเท่านั้น
- โมบายแอปพลิเคชั่นสามารถควบคุมการเปิด/ปิด ปรับความเข้มสี ความสว่าง เปลี่ยนสี ตั้งเวลา เก็บประวัติการทำงาน ของหลอดไฟได้ รวมทั้งมีความสามารถในการสั่งการทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ตได้ เสมือนอยู่ในวงเครือข่ายเดียวกันทุกประการด้วยการใช้งาน Web Server

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1) การที่จะพัฒนาโมบายแอปพลิเคชั่นให้ควบคุมหลอดไฟได้นั้น จะต้องมีการเปลี่ยนหน้า Controller ไปมา เพื่อเลือกส่งคำสั่งตามหมวดหมู่ต่างๆ จึงต้องเชื่อมต่อ และส่งข้อมูลข้ามไปมาระหว่างเฟรม เพื่อให้สั่งการได้ลื่นไหล แต่ละเฟรมรับรู้หลอดไฟดวงเดียวกัน ระหว่างการเปลี่ยนหน้า Controller ไปมา ต้องเว้นระยะช่วงเวลาการโหลดข้อมูลหลอดไฟ เนื่องจากระบบการส่งสัญญาณมีข้อจำกัดในการรับส่งคำสั่ง
2) การควบคุมหลอดไฟนั้น ไม่สามารถทำได้โดยตรงจากการส่งข้อมูลผ่านโมบายแอปพลิเคชั่น เนื่องจากโทรศัพท์มือถือ ไม่มี ZigBee อยู่ภายใน จึงต้องควบคุมหลอดไฟผ่านตัวกลางที่เรียกว่า Bridge ผ่านการเชื่อมต่อสัญญาณไร้สาย จากนั้น Bridge จึงจะส่งคำสั่งคุยกับหลอดไฟผ่าน ZigBee อีกต่อหนึ่ง
3) ในบางครั้งการทดสอบการใช้งานโมบายแอปพลิเคชั่นบน simulator ให้การแสดงผลที่ไม่เหมือนกับการทดสอบบนอุปกรณ์ทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การเริ่มต้นเขียนโมบายแอปพลิเคชั่นเพื่อควบคุมหลอดไฟนั้น จำเป็นต้องใช้ API เฉพาะเท่านั้น จึงต้องทำการศึกษาฟังก์ชั่น คุณสมบัติ และตัวแปรที่รับค่าคำสั่งภายในทั้งหมด
5) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชั่นเป็นภาษาใหม่ จึงต้องใช้เวลาศึกษาทั้งตัวภาษา syntax ควบคู่ไปกับการทำงานร่วมกันกับ API เฉพาะของหลอดไฟ

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชั่นควบคุมหลอดไฟ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน และสามารถพัฒนาต่อไปได้ดังนี้

- พัฒนาให้แอปพลิเคชั่นมีโหมดการเปลี่ยนสีที่หลากหลาย
- พัฒนาให้แอปพลิเคชั่นสามารถเก็บบันทึกการตั้งค่าที่ชื่นชอบไว้แล้วเรียกมาใช้งานได้ใดครั้งถัดไป
- พัฒนาส่วนของการตั้งเวลาการทำงานให้สามารถทำงานซ้ำเป็นรายวัน รายอาทิตย์ หรือรายเดือนได้
- พัฒนาให้แอปพลิเคชั่นสามารถติดต่อกับระบบแจ้งเตือนของสมาร์ทโฟนได้ เช่น หากได้รับข้อความหรืออีเมล์ โทรศัพท์จะมีการส่งเสียงและสั่น ให้กระพริบไฟ 2 ครั้ง, หากมีโทรศัพท์มือถือแบตเตอร์รี่อ่อนให้เปลี่ยนไฟเป็นสีเหลืองแล้วเปลี่ยนกลับเป็นค่าเดิม เป็นต้น
- พัฒนาให้แอปพลิเคชั่นสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างอื่นได้ โดยนำเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของ HomeKit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] "Introduction to the hue Apple SDK." [Online]. Available : http://www.developers.meethue.com/documentation/apple-sdk. 2557

[2] "Introduction to the Java Multi-Platform and Android SDK." [Online]. Available : http://www.developers.meethue.com/documentation/java-multi-platform-and-android-sdk. 2558

[3] "Android Tutorials - สอนเขียน Android App ฟรี." [Online]. Available : http://www.thaicreate.com/mobile/android.html. 2558

[4] "สารบัญบทความแอนดรอยด์." [Online]. Available : http://www.akexorcist.com/2013/02/android-article-index.html. 2558

[5] Thomas Dao. "Calendar for Android." [Online]. Available : https://github.com/roomorama/Caldroid. 2558

[6] Chiral Code. "Color picker for Android." [Online]. Available : https://github.com/chiralcode/Android-Color-Picker/ 2558

[7] Apple Inc. "iOS 8 for Developers." [Online]. Available : https://developer.apple.com/technologies/ios. 2557

[8] Apple Inc. "About the iOS Technologies." [Online]. Available : https://developer.apple.com/library/ios/documentation/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/Introduction/Introduction.html#//apple_ref/doc/uid/TP40007898-CH1-SW1. 2557

[9] "How hue works." [Online]. Available : http://www.developers.meethue.com/documentation/how-hue-works. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้