การเพิ่มประสิทธิภาพระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน
Increasing the Performance of Remote Electric Device Control System through Smartphones

โสภณ มหาเจริญ

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Hs7nbl@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการพัฒนาแอนดรอยด์แอพพลิเคชันสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยออกแบบและพัฒนาต้นแบบส่วนควบคุมด้วยโมดูลอาดูยโน่ เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนผ่านเครือข่ายแบบไร้สาย โดยใช้ชุดคำสั่งแบบฝังตัวลงบนโมดูลอาดูยโน่เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและโต้ตอบการทำงานกับผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาหรือสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนด้วยแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นได้

จากการวิจัยพบว่า ผลการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คิดเป็นร้อยละ 95.56 จากการทดลองตั้งเวลาเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวน 4 จุดภายในบ้านผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน จำนวน 30 ครั้งในช่วงเวลาต่างๆ ระบบสามารถทำการควบคุมการทำงานได้ถูกต้องในระยะไม่เกิน 50 เมตร ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเจ้าของบ้านและลดค่าไฟฟ้าจากการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทิ้งไว้ได้

คำสำคัญ: สมาร์ทโฟน, ระบบควบคุมระยะไกล, อาดูยโน่, แอนดรอยด์

Abstract

This article presents a concept for developing Android applications for electronic control. The design and development of the control module's see on for controlling the operation of electrical equipment. This device connects to smartphones via a wireless network. The command set embedded into the module's view Clemente to control the operation of the electrical work and interact with users. Users can set the time or open - closed. Electrical devices, smart phone applications developed with it.

Research indicates that Electrical system can control the number 4 spot in the home via smart phones have. The distance can be controlled up to 50 meters on test scheduling on - off the power to the system for 30 days to work on - off correctly. This reduces the cost of electricity from electrical devices left and facilities to the owner's home.

Keywords: smart phone, remote control, arduino, android

1. บทนำ

ปัญหาของการใช้พลังงานมากเกินไป ทำให้มีแนวทาง มาตรการและวิธีการต่าง ๆ ในการประหยัดพลังงานและ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ เช่น การใช้ระบบสวิตช์ 2 ทิศทาง (อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า, 2553) ซึ่งใช้กับระบบแสงสว่างตามบันไดบ้านทั่วไป เพื่อสะดวกในการเปิดปิดหลอดไฟ หรือ การใช้การควบคุมระยะไกล (MCOT การออกแบบระบบ

ควบคุมระยะไกล, 2550) ด้วยอุปกรณ์รีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย ในการควบคุมการทำงานเช่น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ หรือปรับเปลี่ยนช่องสัญญาณของโทรทัศน์ รวมถึงการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สะดวกและประหยัดค่าไฟฟ้า เนื่องจากปัญหาความตะหนักถึงการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานในระยะยาว และประสบปัญหาค่าใช้จ่ายมากเกิดความจำเป็น

ในยุคของการสื่อสาร ผู้คนส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์สมาร์ทโฟน ติดต่อสื่อสาร ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งด้านบันเทิง ด้านการศึกษา ด้านเศรษฐกิจและสังคม เกี่ยวข้องกับข้อมูลข่าวสาร สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้งาน ซึ่งผู้ใช้สามารถติดตั้งใช้งานได้หรือพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานด้วยตนเองได้ เนื่องจากระบบปฏิบัติการของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนกว่า 80% ในท้องตลาดใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพราะมีการร่วมกันพัฒนาขึ้นให้สามารถใช้กับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนของหลาย ๆ บริษัท โดยแต่ละบริษัทสามารถพัฒนาและดัดแปลงซอร์สโค้ดระบบและซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับรุ่นและยี่ห้อเพื่อติดตั้งมาพร้อมกับอุปกรณ์ของบริษัทของตนได้ จากตัวอย่างอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น (Smart Plug iTouchHome ,2557) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของปลั๊กไฟฟ้า โดยควบคุมการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ที่เสียบต่อด้วยอุปกรณ์ไอโฟน ผ่านเครือข่าย Wi-Fi ซึ่งมีราคาสูงทั้งไอโฟนและอุปกรณ์ Smart Plug และการนำเทคโนโลยีการวัดความเข้มของแสงมาใช้ในการควบคุมคุมการเปิดปิดระบบไฟส่องสว่างของกรมทางหลวง

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และพัฒนาระบบควบคุมการทำงานเพื่อช่วยในการตั้งเวลาเปิด–ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและลดค่าไฟฟ้าใช้ชีวิตประจำวันได้

2. ทฤษฎีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (บัญชา ปิติโกมล, 2556)

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System) ถือว่าเป็นระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากบริษัท Google ได้พัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับบริษัทผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือมากกว่า 30 ราย เพื่อใช้กับอุปกรณ์พกพาและอุปกรณ์สมัยใหม่ โดยกำหนดเป็นซอฟต์แวร์เสรี ทำให้โปรแกรมเมอร์หรือผู้พัฒนาแอพพลิเคชั่นสามารถดาวน์โหลดชุด Android SDK ที่ควบคุมการทำงานด้วยภาษา Java และ Android NDK ที่ควบคุมการทำงานด้วยภาษา C หรือภาษา C++ ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น ตามโครงสร้างการทำงานดังรูปภาพที่ 1 ซึ่งผู้ใช้แอพพลิเคชั่นสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

2.2 Arduino Uno R3 (ครูประภาส สุวรรณเพชร, 2557)

Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์บนแพลตฟอร์ม Arduino ออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ง่าย มีส่วนประมวลผลในควบคุมการทำงานโดยชิพ ATmega328 ความเร็ว 16 MHz ประกอบด้วยหน่วยความจำสำรอง 32 KB และหน่วยความจำหลัก 2 KB ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงานอยู่ที่ 5 V (TTL) สามารถควบคุมอุปกรณ์ดิจิตอลในการรับส่งสัญญาณได้ 14 ช่องทางและรับส่งสัญญาณแบบ Analog ได้ 6 ช่องสัญญาณ โดยสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานผ่าน Arduino IDE ซึ่งใช้พัฒนาชุดคำสั่งภาษา Cหรือ C++ ก่อนคอมไพล์ลงบอร์ดและสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ดังรูปภาพที่ 2

รูปภาพที่ 2 Arduino Uno R3
ที่มา:http://www.thaieasyelec.com/

2.3 โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบไร้สาย

อุปกรณ์ขนาดเล็กที่ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายข้อมูลแบบไร้สายได้ ตามมาตรฐาน 802.11 b / g / n คำสั่งในการรับส่งเป็นแบบ AT command จากไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์ ดังรูปภาพที่ 3

รูปภาพที่ 3 ESP-01 โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สายผ่าน WiFi (ESP8266EX)
ที่มา: http://www.elec2you.com/

2.4 รีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ตัดต่อหน้าสัมผัสวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงและกระแสสูงได้ โดยการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าต่ำ เพื่อให้มีการต่อหรือตัดวงจรไฟฟ้าแรงดันสูงดังรูปภาพที่ 4 และ Relay Module 4 Channels สามารถรับควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณโลจิก TTL เอาต์พุตคอนเน็คเตอร์ของ Relay จำนวน 4 ช่องสัญญาณ

2.5 ระบบบ้านอัตโนมัติ

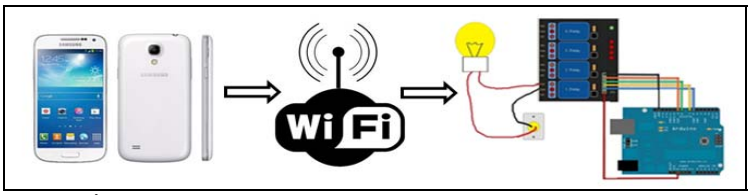
แนวคิดจะทำสิ่งต่าง ๆ ภายในบ้าน ให้สามารถควบคุมจัดการได้ง่ายขึ้น จนกระทั่งสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เป็นไปตามความต้องการของผู้ และเพิ่มมาตรฐานความเป็นอยู่ในด้านต่างๆ ให้ดีขึ้น เน้นที่ระบบควบคุมดูแล ที่รวมเอาความสามารถด้านเครือข่ายและควบคุมระยะไกล อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่มีตัวควบคุมที่เรียกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมจากระยะไกลได้ผ่านช่องทางการสื่อสารทั้งในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลและอนาล็อก หรือผ่านระบบเครือข่าย สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ตัดต่อกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพหรือเหมาะสมกับแต่ละอุปกรณ์ เช่น ระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน (ศิริชัย เติมโชคเกษม,2553). ระบบบ้านอัจฉริยะ (Home Automation System) (ศิวนัท ลมชิด, 2546).

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาความต้องการของผู้พักอาศัย

โดยรวบรวมและสอบถามเจ้าของบ้านจำนวน 30 คน ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น การเปิด-ปิดหลอดไฟบริเวณนอกบ้านและในบ้าน ได้แก่ การเปิดไฟหน้าบ้านเมื่อถึงบ้าน เปิด-ปิดไฟในช่วงเวลาที่กำหนด ตั้งเวลาปิดไฟ หน่วงเวลาปิดหลอดไฟอัตโนมัติในช่วงเวลาสั้นๆ ปิดไฟทั้งหมด เปิดแต่ละตำแหน่งบริเวณบ้าน สามารถควบคุมได้ระยะไกล สามารถควบคุมได้ง่ายและสะดวก

3.2 แผนภาพรวมของระบบ (Block Diagram)



รูปภาพที่ 6 หลักการทำงานของ Android ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปภาพที่ 6 การทำงานหลักของระบบประกอบด้วย อุปกรณ์สมาร์ทโฟนซึ่งเชื่อมต่อชุดควบคุมผ่านสัญญาณแบบไร้สาย ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยแอนดรอยด์แอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยส่งข้อความไปยังชุดควบคุมให้ทำงาน และชุดควบคุมที่รับคำสั่งจะควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.3 รูปแบบของการจัดเก็บสถานะควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัว

เมื่อทำการตั้งเวลาหรือสั่งให้อุปกรณ์ทำงานจากผู้ใช้ จะทำการจัดเก็บการสั่งงานลงไฟล์หรือตัวแปรประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

D S ST ET R

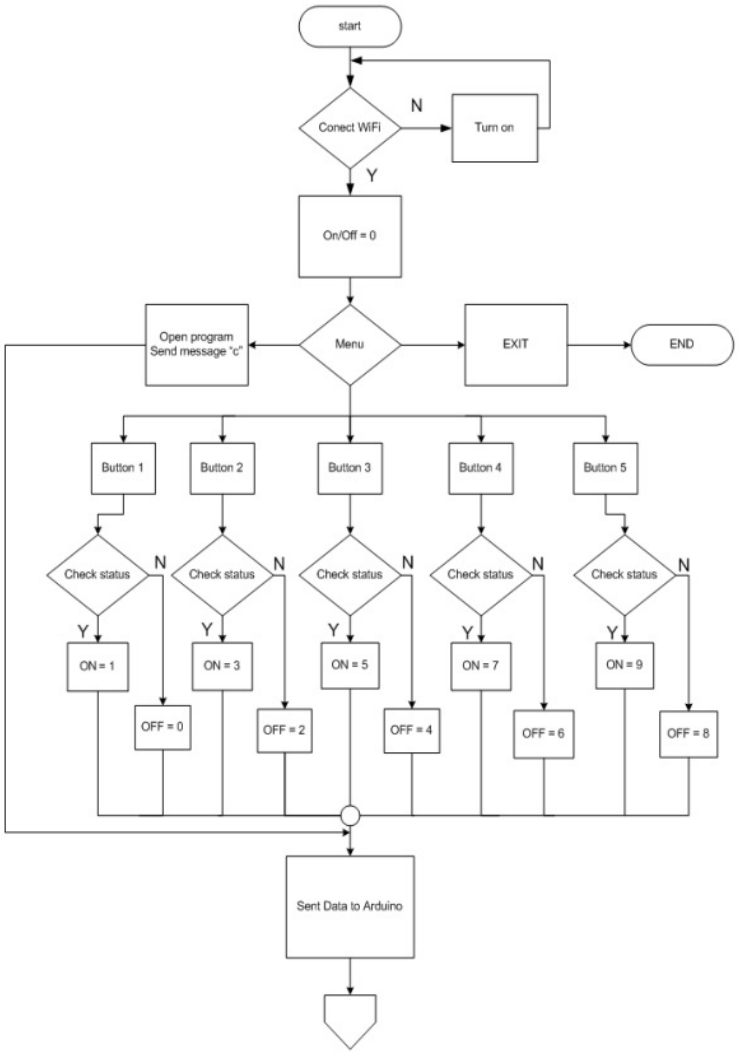
ตัวอย่างไฟล์ Device.txt

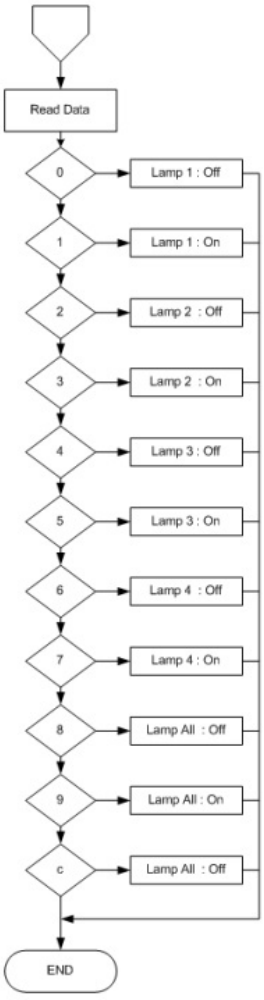
D= ตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุม (1-4)
S= สถานการณ์ทำงานปัจจุบัน เช่น เปิด ปิด (0,1)
ST= เวลาเปิด (00.00) ค่าเริ่มต้น n
ET= เวลาปิด (24.00) ค่าเริ่มต้น n
R= ค่าหน่วงในการเปิดปิด (1-30) ค่าเริ่มต้น n

1 0 n n n
2 0 n n n
3 0 n n n
4 0 n n n

โดยส่งค่า D และ S ไปยังอุปกรณ์ควบคุมเพื่อประมวลผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานตามที่กำหนดตัวอย่างเช่น D=1 S=1 หมายถึงให้อุปกรณ์ตัวที่ 1 เปิด และค่า ST ET R เป็นส่วนที่ใช้คำนวณเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนเพื่อระบุค่า S หรือสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.5 แผนผังการทำงานของระบบ (Flow chart)





รูปภาพที่ 9 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน รูปภาพที่ 10 แผนผังการทำงานของส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปภาพที่ 9-10 เป็นแผนผังการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้ทำการสั่งควบคุมผ่านอินเตอร์เฟส เช่น Button เพื่อเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยกำหนดให้แต่ละ Button เป็นอุปกรณ์แต่ละตัว แสดงสถานะแบบสลับ เปิดปิดอุปกรณ์

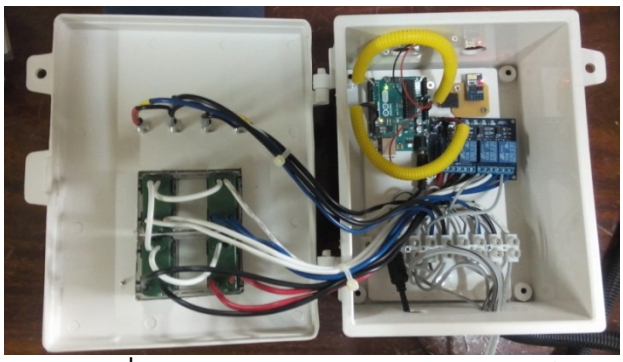
3.6 การพัฒนาและทดสอบระบบ

การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานระยะไกลใช้ชุดคำสั่งของ Java แบบ Socket โดยระบุ IP และ Port ซึ่งเชื่อมต่อแบบไร้สายในการรับส่งข้อมูลแบบ Message สำหรับการรับข้อความของโมดูล ESP 8266 ใช้ชุดคำสั่ง #include<TEE_ESP_WIFI.h> ซึ่งใช้ในการรับส่งข้อความประกอบด้วยรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านสำหรับเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ใช้รูปแบบการรับส่งของอุปกรณ์ไฟฟ้ากับตัวควบคุมแบบอนุกรม โดยใช้ชุดคำสั่งจาก #include <SoftwareSerial.h> เพื่อส่งค่าไปยังโมดูลรีเลย์ 4 ช่องสัญญาณ ให้ทำการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่พ่วงต่อได้

การทดสอบระบบทั้ง 2 ส่วนประกอบด้วยตัวอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และแอพพลิเคชันในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบริเวณที่อยู่อาศัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาต้นแบบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปภาพที่ 10 ภายในกล่องต้นแบบควบคุมการเปิดปิดไฟ

จากรูปภาพที่ 10 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมกับปลั๊กเสียบอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในกล่องอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับชุดควบคุมการเปิดปิดแบบไร้สายและแบบดั้งเดิม ภายในประกอบวงจรการควบคุมซึ่งได้ออกแบบและพัฒนาให้สามารถควบคุมได้จากระยะไกล ในการทดสอบใช้การเปิด ปิดไฟของโมเดลบ้านจำลองประกอบด้วยไฟทั้ง 4 จุด 1) ดวงไฟหน้าบ้าน 2) ดวงไฟห้องโถง 3) ดวงไฟห้องด้านบน 4) ดวงไฟห้องใต้หลังคา

4.2 ผลการพัฒนาแอพพลิเคชันสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสมาร์ทโฟน

รูปภาพที่ 11 แอพพลิเคชันที่ออกแบบ **รูปภาพที่ 12** โมเดลบ้านจำลอง **รูปภาพที่ 13** โมเดลบ้านจำลองที่ควบคุม

จากรูปภาพที่ 11-13 เป็นผลจากการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน โดยได้ทำการทดลองตามรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการควบคุมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชันด้วยสมาร์ทโฟน

รูปแบบที่	การทดลอง	จำนวนครั้งที่ทดสอบ		
		ทดลอง	ถูกต้อง	ร้อยละ
1.	การเปิด-ปิดหลอดไฟบริเวณหน้าบ้าน	30	30	96.67
2.	การเปิด-ปิดหลอดไฟบริเวณห้องโถง	30	30	93.33
3.	การเปิด-ปิดหลอดไฟบริเวณห้องด้านบน	30	30	96.67
4.	การเปิด-ปิดหลอดไฟบริเวณห้องใต้หลังคา	30	30	96.67
5.	เปิด-ปิดไฟในช่วงเวลาที่กำหนด เป็นเวลา 5 นาที	30	28	93.33
6.	หน่วงเวลาปิดหลอดไฟอัตโนมัติในช่วงเวลา 1 นาที	30	30	100.00
7.	ควบคุมได้ระยะไกล ระยะ 100 เมตร	30	0	0
8.	ควบคุมได้ระยะไกล ระยะ 50 เมตร	30	14	90.00
9.	ควบคุมได้ระยะไกล ระยะ 30 เมตร	30	20	96.67
10.	ควบคุมได้ระยะไกล ระยะ 20 เมตร	30	20	96.67

จากตารางที่ 1 ผู้ทดสอบสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านต้นแบบส่วนควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนในรูปแบบต่างๆ โดยการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คิดเป็นร้อยละ 95.56 เมื่อเทียบกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง ถือว่ามีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อเทียบเกณฑ์ร้อยละ 80 และผลจากการวัดประสิทธิภาพของการควบคุมระยะไกลของระบบสามารถควบคุมได้ที่ระยะไม่เกิน 50 เมตร

4.3 ผลการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบการทำงานของแอพพลิเคชันและส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ลำดับที่	หัวข้อทดสอบ	ได้	ไม่ได้
1.	สามารถควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่าน WIFI	✓	
2.	สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	✓	
3.	สามารถตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด	✓	
4.	สามารถควบคุมการปิดเปิดไฟฟ้าแต่ละจุดของบริเวณบ้าน	✓	
5	สามารถควบคุมการปิดไฟฟ้าได้พร้อมกันทุกจุด	✓	
6.	สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ไม่เกินระยะทาง 50 เมตร	✓	
7.	สามารถหน่วงเวลาปิดอัตโนมัติตามที่กำหนด	✓	
8.	สามารถควบคุมอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับต้นแบบส่วนควบคุม	✓	
9.	ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าปัจจุบัน		✓

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากปัญหาด้านความตะหนักของผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า จึงพัฒนาต้นแบบส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลผ่านเครือข่ายไร้สาย (WiFi) ให้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระยะห่างสูงสุดไม่เกิน 50 เมตร ในการควบคุมใช้รีเลย์ในการขับกระแส ทำให้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาเปิดปิดไฟฟ้า-ได้ตามที่กำหนดเวลา และใช้การหน่วงเวลาระยะสั้นและการตั้งเวลาปิดเข้ามาช่วย เพื่อลดค่าไฟฟ้าและประหยัดพลังงานได้ ซึ่งผู้ใช้ส่วนใหญ่สามารถควบคุมการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้ดี

6. ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัย พบว่าการเพิ่มจำนวนพอร์ตอินพุตของอานูยโน่เพื่อใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานในภาคเอาต์พุตเป็นส่วนจำเป็นที่ทำให้ทราบสถานะก่อนการตัดสินใจควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว โดยนำผลการตรวจสอบจริงส่งไปยังแอพพลิเคชันของผู้ใช้ และควรปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละชนิดทั้งด้านกราฟิกและการกำหนดค่าของหน่วยควบคุม รวมถึงการตั้งค่าระยะเวลา การหน่วงเวลา ให้เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตของเจ้าของบ้านและตรงตามหลักการประหยัดพลังงาน

7. เอกสารอ้างอิง

ครูประภาส สุวรรณเพชร .(2557). **ลองของจริง 1 ตอน เริ่มต้นด้วย"UNO R3".** ค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2557 จาก http://www.praphas.com/index.php/2008-11-03-14-25-25/51-arduino/90-arduino-5-1-uno-r3

บัญชา ปิติโกมล (2556). **แอนดรอยด, FG Book,** หน้า 11-16

ศิริชัย เติมโชคเกษม และ จันทิมา บัวผัน (2553). **ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้าน.** วารสาร Executive Journal. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. หน้า 122-125.

ศิวนัท ลมชิด และอดิเรก หล้าดี (2546). **การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์และอินเตอร์เน็ต** . ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัย ขอนแก่น. หน้า 10-14.

อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าสำนักพิมพ์วังอักษร.(2553) **บทที่ 2 อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า** ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ จาก www.viset.ac.th/data/

DTV MCOT .(2550) **การออกแบบระบบควบคุมระยะไกล** ค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2558 จาก http://dtv.mcot.net/data/manual/book.1148954351pdf

iTouchHome. (2557). **Smart Plug** ค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2558 จาก http://itouchhome.com/smart-plug