



ระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุด

Electrical Appliances Control System for Multiple Users Multiple Places

ฮาบีบ บินอะฮมัด¹, มุห์หมัด มั่นศรีธธา², ฟาอิส บือราเฮง³

Habib Bin-ahmad¹, Muhammad Mansattha², Fais Bueraheng³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถควบคุมการเปิดหรือปิดไฟฟ้าจากเครื่องคอมพิวเตอร์ระยะไกลได้ทั่วโลกด้วยระบบอินเทอร์เน็ตผ่านทางเว็บไซต์ อันเนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองและเกินความจำเป็นโดยที่ไม่ได้ปิดเมื่อไม่ได้ใช้งาน ซึ่งการสื่อสารด้วยระบบอินเทอร์เน็ตในการส่งข้อมูลจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้และหลายจุดไว้สองส่วนด้วยกัน ส่วนแรกจะเป็นส่วนของชุดควบคุม ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม ส่วนที่สองจะเป็นชุดแสดงสถานะและหน้าควบคุมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการและควบคุมการใช้พลังงานทางไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความสะดวกสำหรับเจ้าของบ้านในการควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจากระยะไกล ผลการทดสอบระบบพบว่า สามารถบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูลได้และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อไปได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า, เว็บแอปพลิเคชัน, การจัดการพลังงาน, แบบหลายผู้ใช้หลายจุด

Abstract

This research aimed to examine an electrical appliances control system via the Internet which the electrical appliances can be switched ON or OFF from a remote computer via the Internet through the use of a web browser. People have wasted a lot of energy in daily usage by not turning the electrical appliances off when they are not in use. Therefore, the benefits of the Internet are used to control electrical appliances and devices. This study consists of two main parts: a control of electrical appliances with microcontroller and a monitor of the status and the usage of electrical appliances. The historical data of the electrical appliances usage is stored in database for manipulating the use of energy. It also makes the owners feel convenient to control home electrical appliances from everywhere. The experimental results showed that the system is able to record the amount of electrical consumption into database and the data can be used to analyze the trend of electricity consumption in the future.

Keywords: Electrical control system, Web application, Energy management, Users multiple places

¹ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Electronics and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

² สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

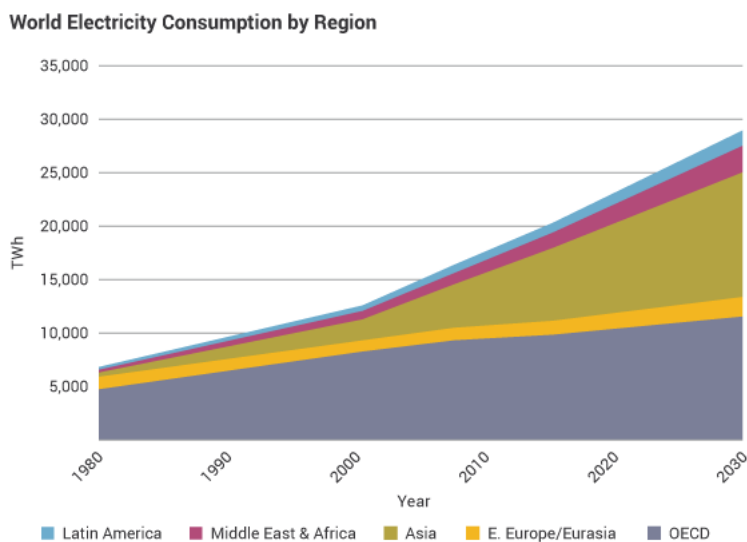
² Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

³ Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

บทนำ

การใช้ไฟฟ้าทั่วโลกมีแนวโน้มการไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปัจจุบันผู้คนต้องการสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเป็นทางเลือกหลักที่ผู้คนเลือกใช้ อาทิเช่น เครื่องซักผ้า ตู้เย็น ไมโครเวฟ โทรทัศน์ เป็นต้น และปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะสูงขึ้นไปเรื่อยๆจะเห็นได้จากภาพที่ 1 ที่เป็นกราฟแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั่วโลกแบ่งตามภูมิภาคและในอีก 20 ปีข้างหน้า (OECD/IEA World Energy Outlook, 2009) ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเกือบเป็น 2 เท่าของปัจจุบัน



ภาพที่ 1 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า (OECD/IEA World Energy Outlook, 2009)

วิธีการลดการสิ้นเปลืองมีหลายวิธีซึ่งวิธีที่ดีที่สุดคือ การป้องกันการสิ้นเปลือง จะเห็นได้จาก ภาพที่ 2 ซึ่งแสดงวิธีการป้องกันความสิ้นเปลือง (Smith, Brown, Ogilvie, Rushton & Bates, 2001) ตามข้อมูลของ Earth Engineering Center ซึ่งจากขั้นบนสุดคือ การลดปริมาณสิ้นเปลืองการใช้งาน (waste minimization) ตามด้วยการกลับมาใช้ใหม่ (reuse), การแปรสภาพ (recycling), การนำกลับคืนพลังงาน (energy recovery) และสุดท้ายเป็นการกำจัด (disposal) ซึ่งการควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นวิธีการป้องกันการสิ้นเปลืองได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ทางผู้พัฒนาได้ทำการศึกษางานวิจัยทางด้าน การควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบอินเตอร์เน็ตและระบบเครือข่ายไร้สายที่สามารถควบคุมระยะไกลนั้นมีหลากหลายมากเช่นงานวิจัยของ ประธาน เนิยมน้อย, จิตติ คงแก้ว และจตุรงค์ มะโนปัส (2555) เป็นระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บเบราว์เซอร์, งานวิจัยของสุริยา คุณแลลา และภวนัย ไชยสิงห์ (2555) เป็นระบบควบคุมแสงสว่างผ่านอินเตอร์เน็ต, งานวิจัยของชาริณี ชาญดนตรีกิจ และณัฐการ สืบบุก (2553) เป็นระบบจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต, งานวิจัยของธนวิทย์ ทิพย์ธารไพล (2553) เป็นระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเทคโนโลยีเว็บ, งานวิจัยของกิตติพงษ์ ชัยประเสริฐ, เสรี ประครองเกื้อ และกมล ดวงแดงโชติ (2551) เป็นการพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตโดยใช้เว็บบนมือถือ, งานวิจัยของสรกฤษ สิริปริตกุล และพิมลลักษณ์ จิรกุลกนก (2551) เป็นการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าโดยใช้ Zigbee และงานวิจัยของปรียาลักษณ์ ชนิวงค์, ชัยพฤกษ์ ศรีนาค และรุจิภาส อุดมเดช (2548) เป็นระบบควบคุมไฟฟ้าภายในอาคารแบบรวมศูนย์ชนิดไร้สาย ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยที่ ออกแบบและพัฒนาเรื่องการควบคุมการใช้ไฟฟ้าที่มีองค์ประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้เทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายที่สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดได้หลากหลายรูปแบบมากมาย



ทั้งนี้เพื่อให้ระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าสามารถบันทึกการใช้งานได้หลายจุดและหลากหลายผู้ใช้งานขึ้นและเพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่ายจึงออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบแม่ข่ายเพียงจุดเดียว เพื่อให้สามารถบริหารจัดการได้ง่าย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากที่สุด



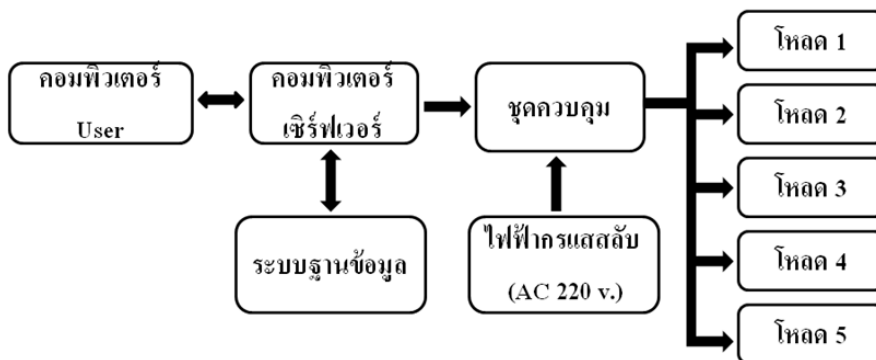
ภาพที่ 2 การป้องกันความเปลี่ยนแปลง (Smith et al., 2001)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการบันทึกข้อมูลของการทำงานของระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าด้วยระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์และการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล

ระเบียบวิธีวิจัย

เครื่องคอมพิวเตอร์หรือมือถือที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตสามารถเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเว็บไซต์ ซึ่งจะประกอบด้วยระบบฐานข้อมูลที่ให้ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนชุดควบคุม เพื่อกำหนด IP Address และตำแหน่ง Port ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วผู้ใช้งานจะสามารถสั่งการ เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าบน Web Browser ได้ตามคำสั่ง แล้วทำการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์ทดลองดังภาพที่ 3

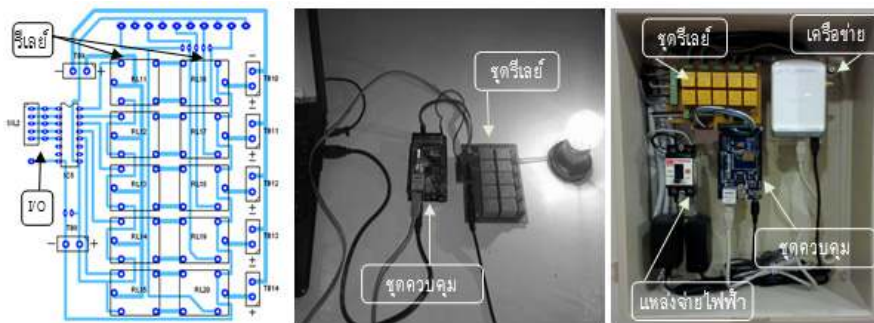


ภาพที่ 3 ระบบทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์

โดยรายละเอียดของระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดมีส่วนประกอบดังนี้

1) ด้านฮาร์ดแวร์

การควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชุดจะใช้รีเลย์จุดละ 2 ตัว เป็นลักษณะของสวิทซ์ 2 ทาง ตัวแรกจะเป็นตัวเลือกการสั่งงาน ด้วยการสั่งการด้วยมือหรือด้วยการสั่งงานผ่านสวิทซ์ เมื่อกดสวิทซ์ไฟเลี้ยง 5V ก็จะถูกส่งไปให้รีเลย์ ทำงานและตัวที่ 2 จะเป็นตัวเลือกการสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ตกคร่อมที่ขดลวดภายในรีเลย์เกิดการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขดลวด ซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ติดกัน ผังวงจรดังภาพที่ 4 จะเป็นการออกแบบวงจรเพื่อควบคุมอุปกรณ์โดยใช้รีเลย์จำนวน 10 ตัว เพื่อให้สามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 5 จุด

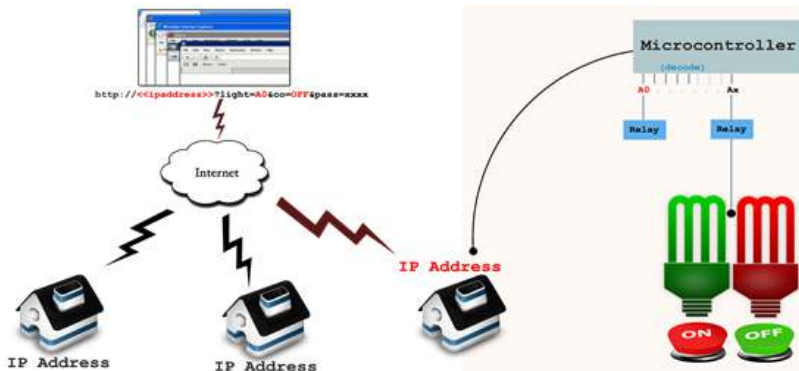


ภาพที่ 4 วงจรและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

2) ด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดจะออกแบบตามลักษณะการเชื่อมต่อซึ่งออกแบบเป็น 2 ลักษณะดังนี้

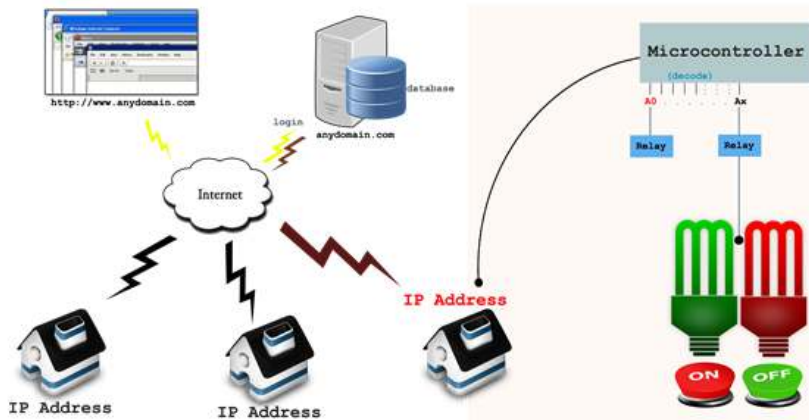
2.1) การเชื่อมต่อแบบตรง เป็นการระบุตำแหน่ง IP Address ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง ซึ่งสามารถระบุหมายเลข Port และกำหนดสถานการณ์เปิดปิดผ่านช่องทาง URL ได้โดยตรงดังภาพที่ 5 ซึ่งระบบนี้จะเป็นระบบเก่าที่ไม่มีความปลอดภัย อาจส่งผลให้มีการก่อกวนจากผู้ที่ไม่ประสงค์ดีได้ง่าย เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหมายเลข IP Address ของเป้าหมายได้โดยตรง



ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อแบบตรงโดยการระบุหมายเลข IP Address

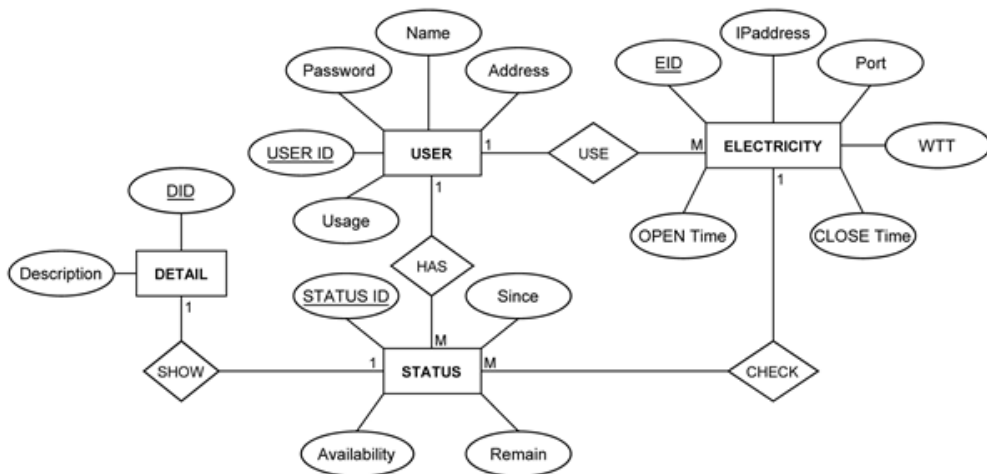


2.2) การเชื่อมต่อผ่านระบบเซิร์ฟเวอร์ เป็นการแก้ปัญหาความไม่ปลอดภัยของการใช้งาน ระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดจำเป็นต้องใช้ระบบที่เชื่อมต่อผ่านระบบเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องลงทะเบียนกับผู้ใช้บริการ และจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่สนับสนุนระบบนี้ ระบบนี้ผู้ใช้บริการจะให้บริการผ่านทางช่องทางเว็บไซต์ดังภาพที่ 6 แล้วแต่ผู้ใช้จะลงทะเบียนชื่อโดเมนอะไร เช่น anydomain.com และข้อมูลทั้งหมดเช่น ชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน IP Address และหมายเลข Port เป็นต้น ระบบนี้จะมีความปลอดภัยมากขึ้นเนื่องจากการใช้งานที่ผ่านการลงทะเบียนที่มีชื่อผู้ใช้งานและมีรหัสผ่านเท่านั้นที่สามารถเข้ามาควบคุมการใช้ไฟฟ้าได้ การเชื่อมต่อแบบนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมพร้อมกันได้หลายจุดและระบบยังสามารถเพิ่มผู้ใช้ได้อย่างไม่จำกัด



ภาพที่ 6 การเข้าสู่ระบบโดยการระบุโดเมนเนมเซิร์ฟเวอร์

การเชื่อมต่อผ่านระบบเซิร์ฟเวอร์จะสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลดัง ER-Diagram ที่แสดงในภาพที่ 7 เพื่อสนับสนุนให้ มีผู้ใช้ได้หลายคน ซึ่งแต่ละคนก็สามารถควบคุมการเปิดปิดได้หลายจุดตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ผู้ใช้ต้องการทำการลงทะเบียน และระบุบ้านเป้าหมายเป็นหมายเลข IP Address และหมายเลข Port เป็นอุปกรณ์เป้าหมาย



ภาพที่ 7 ผัง ER-Diagram ของฐานข้อมูลสำหรับการบันทึกการใช้งาน

ผลการวิจัย

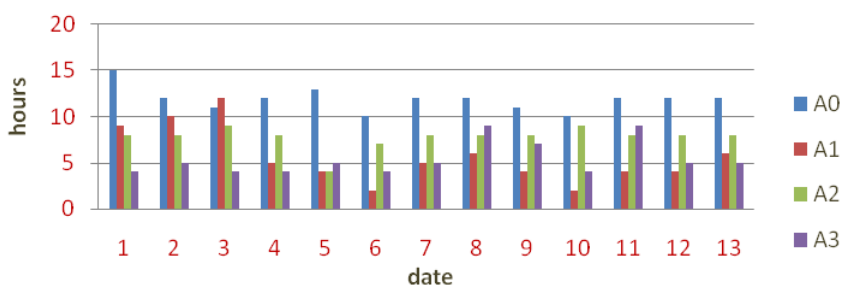
การใช้ระบบเว็บระบบเซิร์ฟเวอร์และระบบฐานข้อมูลมาสนับสนุนระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดเป็นทางเลือกที่ดีทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากสามารถสนับสนุนการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น เว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน และยังสามารถเก็บข้อมูลหรือสามารถเพิ่มจำนวนผู้ใช้ได้ไม่จำกัดและเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้เป็นอย่างดี ซึ่งระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดจะมีจุดเด่นในเรื่องของการกำหนดให้ผู้ใช้แต่ละคนสามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าของแต่ละ Port ได้อย่างอิสระ ซึ่งผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนหมายเลข IP Address และหมายเลข Port ของไฟฟ้าแต่ละจุดไว้เพื่อทำการอนุมัติให้ผู้ใช้สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจุดนั้นได้ เมื่อมีการเปิดไฟฟ้าระบบจะทำการบันทึกเวลาเริ่ม และจะบันทึกเวลาปิดจนกว่าจะมีการปิดไฟฟ้า และนับจำนวนชั่วโมงการใช้ไฟฟ้าในแต่ละครั้งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการบันทึกการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

IP Address	PORT	WTT	START DATE TIME	STOP DATE TIME	HOURS
202.29.70.29	A0	50	29-03-2014 11.32	29-03-2014 12.01	0.48
202.29.70.29	A0	50	29-03-2014 15.30	29-03-2014 18.15	2.75
202.29.70.40	A0	50	29-03-2014 08.05	29-03-2014 10.01	1.93
202.29.70.29	A1	100	29-03-2014 13.25	30-03-2014 19.45	30.3

ระบบจะตรวจสอบสถานะการเปิดใช้งานแทนการรับค่าจากผู้ใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อให้อุปกรณ์รับกับระบบที่สั่งการด้วยมือหรือด้วยการสั่งงานผ่านสวิทช์ซึ่งเปรียบเสมือนสวิทช์สองทาง ทั้งนี้ระบบจะสามารถตรวจสอบสถานะการใช้งานปัจจุบันของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ ไม่ว่าจะควบคุมทางฝั่งไหนก็ตาม โดยแปลงการเปิดปิดให้เป็นลักษณะ binary เพื่อให้ชุดควบคุมแสดงผลสถานะปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง

Energy Usage Time



ภาพที่ 8 กราฟแสดงสถิติการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์

จากการทดลองใช้งานระบบเป็นเวลา 13 วัน กับอุปกรณ์ไฟฟ้า 4 อุปกรณ์ ซึ่งประกอบด้วย Port หมายเลข A0 - A3 ผลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในแต่ละวันที่แสดงอย่างกราฟสถิติการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์ดังภาพที่ 8 ซึ่งพลังงานไฟฟ้า (W) เหล่านี้ถูกคิดออกมาเป็นกิโลวัตต์- ชั่วโมง (Kilowatt-hour, kWh) โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้า (P) ที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ (kW) และคิดเวลา (t) เป็นชั่วโมง (h) ดังสมการ $W(kWh) = P(kW) \times t(h)$ เพื่อสำรวจและสังเกตแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของบ้านหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สนใจได้



สรุป

ระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดเป็นระบบบริการกลางที่ผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนและระบุตำแหน่ง IP Address ของบ้านที่จะควบคุมระบบไฟฟ้า และระบุตำแหน่งอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมหรือหมายเลข Port เพื่อใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละจุดภายในบ้านได้ให้หลายจุดและหลายผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าระบบเพื่อควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าตรงตำแหน่งตามที่ลงทะเบียนไว้ และผู้ใช้สามารถทำการปรับเปลี่ยนแก้ไขให้เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมที่ต้องการได้ ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการทดลองควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมด 4 จุด โดยทำการเก็บข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้ในแต่ละวันทั้งด้วยวิธีการสั่งงานผ่านสวิทช์และด้วยวิธีสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ตแล้วนำข้อมูลการใช้งานมาคำนวณอัตราการใช้พลังงาน ซึ่งประวัติการใช้งานของผู้ใช้งานและประวัติการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกอุปกรณ์ที่ลงทะเบียนจะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลโดยทำการบันทึกวันเวลาที่เปิดใช้งานและวันเวลาที่ปิดใช้งาน ทำให้ระบบสามารถประมวลผลหาค่าเวลาที่ใช้งานเพื่อคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้ได้เปิดใช้งานแต่ละชิ้นได้ จึงสามารถนำข้อมูลการใช้งานมาสรุปและวิเคราะห์ค่าทางสถิติของการทำงานและควบคุมการใช้ไฟฟ้าในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบหลายผู้ใช้หลายจุดนี้เป็นระบบควบคุมที่ให้บริการทางเว็บไซต์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งสามารถนำเอาแนวคิดนี้ไปสร้างเป็นบริการเพิ่มเติมได้อีกในอนาคต โดยการพัฒนายอดนั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุม ด้านความปลอดภัย ซึ่งระบบฮาร์ดแวร์จำเป็นจะต้องสนับสนุนกับระบบปัจจุบันเพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานหรือหน่วยงานได้ และอาจพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและหลายช่องทางมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ชัยประเสริฐ, เสรี ประคองเกื้อ และกมล ดวงแดงโชติ. (2551). **การพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้เว็บบนมือถือ**. ปรินซ์นิพนธ์สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. ชาติณี ชาญดนตรีกิจ และณัฐการ สืบบุก. (2553). **ระบบจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต**. ปรินซ์นิพนธ์ภาคศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ธานีรัตน์ ทิพย์ธาดาลอย. (2553). **ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเทคโนโลยีเว็บ**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. ประธาน เนียมน้อย, จิตติ คงแก้ว และจตุรงค์ มะโนปลื้ม. (2555). **ระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บเบราว์เซอร์**. ปรินซ์นิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปรียาลักษณ์ ชนินวงศ์, ชัยพฤกษ์ ศรีนาค และรุจิภาส อุดมเดช. (2548). **ระบบควบคุมไฟฟ้าภายในอาคารแบบรวมศูนย์ชนิดไร้สาย**. ปรินซ์นิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. สรภกฤษ สิริปรีดากุล และพิมพ์ลักษณ์ จิรกุลกนก. (2551). **การพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าโดยใช้ Zigbee. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สุริยา คุณแลลา และภูวนัย ไชยสิงห์. (2555). **ระบบควบคุมแสงสว่างผ่านอินเทอร์เน็ต**. ปรินซ์นิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.



Earth Engineering Center. (n.d.). **Waste Material Utilization**. Retrieved May 4, 2015, from http://www.seas.columbia.edu/earth/RRC/waste_material_utilization.html, Recycling Research and Technology, Columbia University

OECD/IEA. (2009). **World Energy Outlook**. The annual World Energy Outlook from the OECD's International Energy Agency (IEA).

Smith, A., Brown, K., Ogilvie, S., Rushton, K., & Bates., J. (2001). **Waste management options and climate change**. Final Report ED21158R4.1 to the European Commission, DG Environment, AEA Technology, Oxfordshire.