

ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)
กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม
ELECTRICAL POWER MANAGEMENT SYSTEM IN BUILDINGS VIA THE
INTERNET OF THINGS: A CASE STUDY OF SRIKODTRABOON BUILDING OF
NAKHON PHANOM UNIVERSITY

ณัฐภัทร อภิรัชปิญโญ* และ สมบูรณ์ ชาวชาโขง
Nattapat Apiruchpinyo* and Somboon Chaochaikong

สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสารสนเทศดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
Program in Information Science and Digital Information Management, Faculty of Science
and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

Received: 11 August 2022

Accepted: 28 November 2022

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษาอาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า 2) พัฒนาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า 3) ทดสอบประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจต่อระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า ประชากรคือบุคลากรวิทยาลัยการทองเที๋ยและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนครพนม จำนวน 40 คน การพัฒนาระบบพบว่า ระบบสามารถบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องต่าง ๆ แสดงรายงานการใช้พลังงาน ณ ปัจจุบันและย้อนหลังรวมถึงสรุปค่าไฟฟ้า โดยผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยตัวเองหรือสั่งเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ภายในห้องทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk จากการประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจต่อระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าพบว่า ประสิทธิภาพของระบบจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Functional

* Corresponding author: ณัฐภัทร อภิรัชปิญโญ

E-mail: Apiruchpinyo@gmail.com

Test) สำหรับความพึงพอใจต่อระบบ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ (Functional Requirement Test)

คำสำคัญ: ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

This research aims to 1) study the current conditions, problems, and needs of the building's electric power management system 2) develop the electric power management system 3) test the performance and satisfaction toward the electric power management system. The sample were 40 personnel who work at Tourism and Service Industry College, Nakhon Phanom University. As a result, the system can record the use of electricity in different rooms, display current and historical energy consumption reports, as well as a summary of electricity bills. Users can control electrical appliances by themselves, or the system can automatically turn on-off electrical appliances when no one is the room through the Blynk application. The result of evaluating the performance and the satisfaction by experts found the overall was at a high level. The aspect with the highest average was the function (Functional Test) for the performance, and Function requirement for the satisfaction.

Keywords: Electric Power Management System, Internet of Things

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยจากสถิติ 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ พ.ศ.2548 ประเทศไทยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมและอาคารขนาดใหญ่ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กระทรวงพลังงานได้มีนโยบายด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารขนาดใหญ่ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2562) ด้วยปัจจัยที่ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น

ทุกปีทำให้ภาครัฐและภาคเอกชนนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในการบริหารและจัดการพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น มีส่วนทำให้การเจริญเติบโตของอุปกรณ์เคลื่อนที่และอินเทอร์เน็ต การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญด้วยเทคโนโลยีและความสามารถในการรวบรวมข้อมูล ส่งผลให้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกันอันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอิสระ (เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ, 2560)

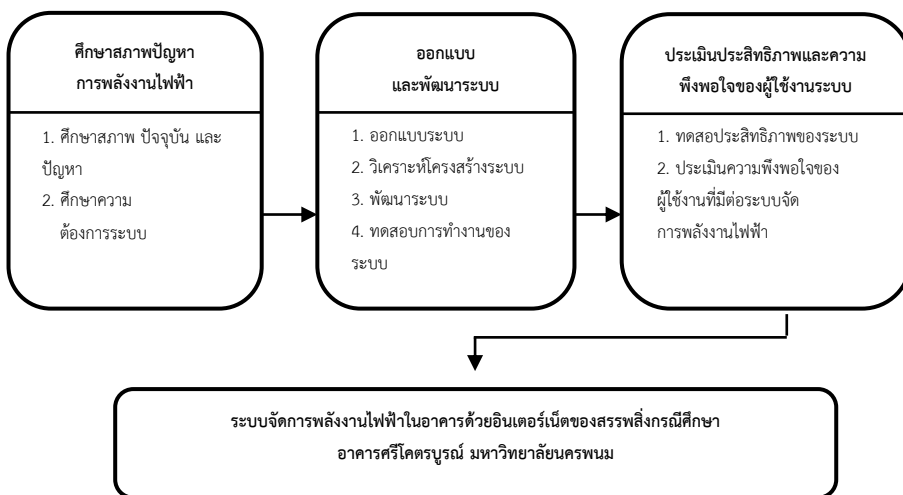
โดยที่ผ่านมามหาวิทยาลัยนครพนมได้สร้างอาคารเพื่อการเรียนการสอน หอประชุม และสนามกีฬาเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มหาวิทยาลัยนครพนมประสบปัญหาค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี โดยเฉพาะอาคารศรีโคตรบูรณ ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนการเรียนการสอน ส่วนสำนักงาน และส่วนห้องประชุม และเป็นอาคารหลักที่ใช้ในการจัดประชุม สัมมนาและโครงการต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ซึ่งจากการสรุปค่าไฟฟ้าภายใน 3 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2562-2564 พบว่าค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของอาคารศรีโคตรบูรณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยนครพนม, 2562)

จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์พัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้จัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารศรีโคตรบูรณ โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม และแสดงสถานะ การทำงาน ณ ปัจจุบันหรือย้อนหลังได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การวัดค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้า การเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมหรืออุปกรณ์เซ็นเซอร์ด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวทางกายภาพ ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ทดสอบประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบเพื่อส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม
2. เพื่อพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจต่อระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) โดยการพัฒนาระบบด้วยวิธีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบผู้วิจัยได้นำแนวคิดอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยมีขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังต่อไปนี้ (สุรียะ นิลทะราช, 2562)

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

ระยะที่ 2 พัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

ระยะที่ 3 ประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย บุคลากรของวิทยาลัยการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนครพนม จำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ผู้บริหาร จำนวน 4 คน กลุ่มที่ 2 บุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน จำนวน 36 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (structured interview) โดยค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ค่าเฉลี่ยรวม 0.97 สำหรับกลุ่มผู้บริหารและแบบสอบถาม (Questionnaires) สำหรับกลุ่มบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เฉลี่ยรวม 0.94 ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างสำหรับกลุ่มผู้บริหาร ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้
ตอนที่ 1 สภาพปัจจุบันในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า
ตอนที่ 2 ปัญหาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า
ตอนที่ 3 ความต้องการระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. แบบสอบถามสำหรับบุคลากรสายวิชาการและบุคลากรสายสนับสนุน ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 สภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม ดังนี้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะหรือแนวทางในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด (Open-ended Form)

การประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจ

1. การประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม โดยค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ค่าเฉลี่ยรวม 0.96 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ผู้วิจัยขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบจากบัณฑิตวิทยาลัย

1.2 นำแบบประเมินประสิทธิภาพให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ทดลองใช้และประเมินระบบโดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา

1.3 นำผลที่ได้จากแบบประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศมาวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบ

2. การประเมินความพึงพอใจระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม จากผู้บริหาร บุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน จำนวน 40 คน ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ค่าเฉลี่ยรวม 0.96 โดยมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

2.1 ผู้วิจัยนำระบบไปให้ผู้บริหาร บุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุนทดลองใช้งาน และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ ดังนี้

1. กลุ่มผู้บริหารใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

1.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือหาค่าความเที่ยงตรง (IOC) ใช้วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยรายการข้อคำถามจะต้องมีค่า ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยแบบสัมภาษณ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80–1.00

1.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ (Percentage) และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

2. สำหรับบุคลากรใช้แบบสอบถาม

2.1 หาค่าความเที่ยงตรง IOC ใช้วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยรายการข้อคำถามจะต้องมีค่า ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยแบบสอบถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80–1.00

2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษาอาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

1. สภาพปัจจุบันในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า

1.1 มีการจัดโครงการประหยัดพลังงานซึ่งมีเป้าหมายในการลดค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานทุกประเภท

1.2 มอบหมายฝ่ายงานอาคารสถานที่เป็นผู้กำกับและดูแลระบบไฟฟ้าและการใช้งานพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารศรีโคตรบูรณ์

1.3 ให้เจ้าหน้าที่การเงินสรุปค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเสนอผู้บริหาร

1.4 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำนวนมากที่สุดคือหลอดไฟและเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอัตราค่าไฟฟ้า (วัตต์) สูงสุด

2. ปัญหาการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

- 2.1 นโยบายหรือแนวปฏิบัติที่กำหนดไว้ไม่สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ตามเป้าที่ตั้งไว้
- 2.2 ไม่มีคณะกรรมการที่รับผิดชอบด้านการใช้พลังงาน
- 2.3 เจ้าหน้าที่ที่กำกับดูแลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารศรีโคตรบูรณไม่สามารถกำกับติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างทั่วถึง
- 2.4 ไม่มีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องทำงานหรือจุดต่าง ๆ
- 2.5 หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศเปิดใช้งานตลอดทั้งวันและบางครั้งไม่ได้ปิดเมื่อไม่มีคนอยู่ในห้อง รวมถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดที่ถูกเปิดไว้ตลอด 24 ชม. โดยไม่จำเป็น

3. ความต้องการระบบบริหารจัดการ การใช้พลังงานไฟฟ้า

- 3.1 ต้องการจัดเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงาน โดยมีรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละส่วน เช่น ห้องเรียน ห้องประชุม ห้องทำงานอาจารย์ เป็นต้น และข้อมูลรายงานค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยสามารถค้นหาข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้
- 3.2 ต้องการให้มีระบบแจ้งเตือนสถานะการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ พร้อมทั้งมีระบบเปิด-ปิด อัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ และสามารถควบคุมระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ตโฟน

การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

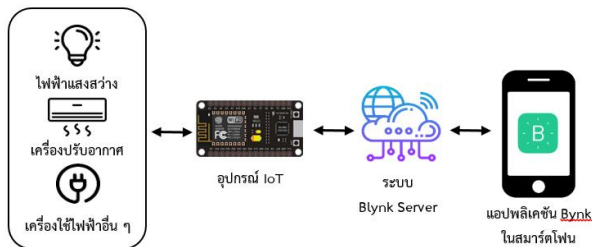
จากข้อมูลสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้วิเคราะห์แนวทางในการออกแบบระบบดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบระบบ

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและเขียนโปรแกรมสูตรคำนวณค่าไฟฟ้าที่สามารถสรุปรายงานในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด โดยสามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน
2. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ และเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยเขียนโปรแกรมแจ้งเตือนสถานะการทำงานและตั้งค่าเวลาหน่วงเพื่อตัดการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้สามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

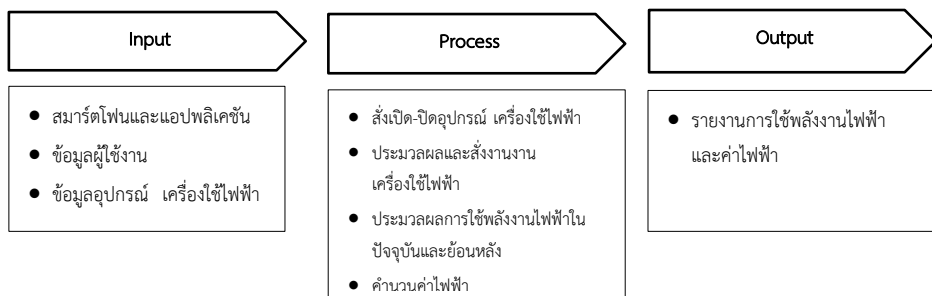
แนวคิดการพัฒนาระบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่งลงเมนบอร์ดชุดควบคุม (NodeMCU ESP8266) ให้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต บอร์ดชุดควบคุมจะต่อกับอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Relay Module 5 โวลต์) เพื่อควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ ไฟฟ้าอื่น ๆ โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้งานระบบและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (PIR Motion Sensor) เพื่อให้ระบบเปิด-ปิดไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ รวมถึงรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (PZEM-004T) เพื่อรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลาจริงและย้อนหลัง โดยระบบสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าตามระยะเวลาที่ผู้ใช้งานระบบกำหนดซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน



รูปที่ 2 แนวคิดการพัฒนาระบบ

กระบวนการเชิงระบบ (IPO)



รูปที่ 3 กระบวนการเชิงระบบ (Input-Process-Output)

วิเคราะห์โครงสร้างระบบ

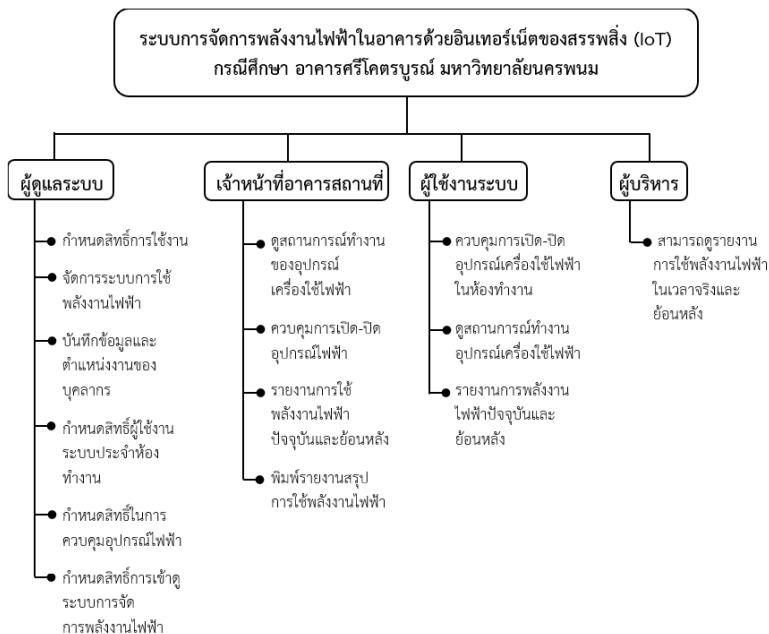
จากกระบวนการเชิงระบบ Input-Process-Output ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และกำหนดโครงสร้างของระบบรวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่ ผู้ใช้ระบบ และผู้บริหาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้ดูแลระบบ สามารถกำหนดสิทธิ์การใช้งาน จัดการระบบการใช้พลังงานไฟฟ้า บันทึกข้อมูล และตำแหน่งงานของบุคลากร กำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานระบบประจำห้องทำงาน กำหนดสิทธิ์ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และกำหนดสิทธิ์การเข้าดูระบบการจัดการ พลังงานไฟฟ้า

2. เจ้าหน้าที่อาคารสถานที่ สามารถดูสถานะ การทำงาน ของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า รายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าปัจจุบัน และย้อนหลัง พิมพ์รายงานสรุปการใช้พลังงานไฟฟ้า

3. ผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องทำงาน ดูสถานะการทำงานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และรายงานการพลังงานไฟฟ้าปัจจุบันและย้อนหลัง

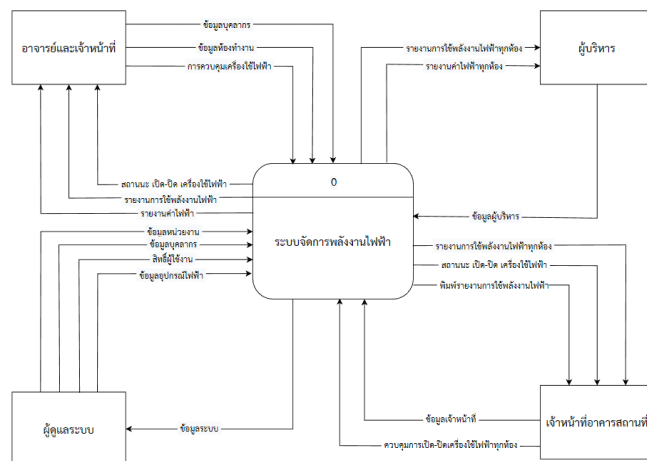
4. ผู้บริหาร สามารถดูรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลาจริงและย้อนหลัง



รูปที่ 4 โครงสร้างผู้ใช้งานระบบ

คอนแท็กซีโตะแกรมของระบบ (Context Diagram)

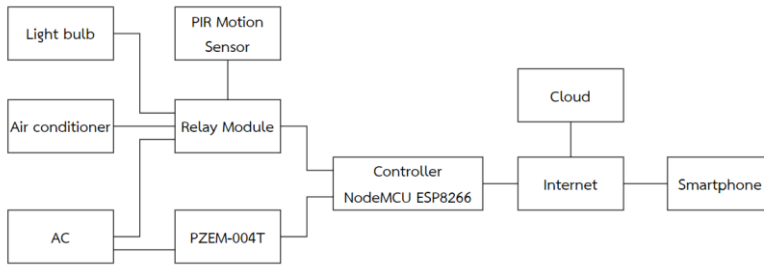
จากโครงสร้างผู้ใช้งานระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์และนำมาเขียนแผนภาพกระแสข้อมูลระดับบนสุด (Context Diagram) ของระบบ โดยกำหนดเอ็นทิตีภายนอก คือ ผู้บริหาร อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เจ้าหน้าที่อาคาร และผู้ดูแลระบบ ซึ่งกำหนด Input และ Output ของข้อมูล ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับบนสุด (Context Diagram)

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ (Block diagram)

จากการศึกษาโครงสร้างของระบบรวมถึงผู้เกี่ยวข้องในระบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเขียนบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ (Block diagram) โดยเริ่มต้นควบคุมจาก Smartphone ผ่านระบบ Internet ซึ่งจะดึงข้อมูลจาก Cloud และสั่งงานผ่าน Controller NodeMCU ESP8266 ซึ่ง Controller จะประมวลผลและสั่งงาน Relay Module เพื่อให้ทำการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า และ Controller จะทำหน้าที่รับข้อมูลสถานะการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าพร้อมทั้งรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก PZEM-004T และส่งกลับข้อมูลผ่านระบบ Internet ไปไว้บน Cloud ก่อนที่จะแสดงผลผ่าน Smartphone โดยบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ (Block diagram) ดังภาพที่ 6



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ (Block diagram)

เขียนคำสั่งในโปรแกรม (Arduino IDE)

จากแบบจำลองบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ (Block diagram) ผู้วิจัยได้เขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE ตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งมีคำสั่งในโปรแกรม 2 ชุด รายละเอียดดังนี้

1. ชุดคำสั่งแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสรุปค่าไฟฟ้าตามระยะเวลาที่กำหนด
2. ชุดคำสั่งการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ

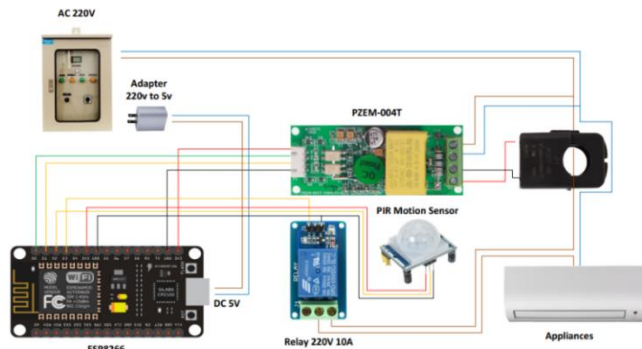
ติดตั้งอุปกรณ์

จากที่ผู้วิจัยได้เขียนคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE จึงดำเนินการถ่ายโอนชุดคำสั่งจากโปรแกรมเข้าสู่เมนบอร์ดชุดควบคุม NodeMCU ESP8266 ผ่านทางพอร์ต USB เมื่อถ่ายโอนชุดคำสั่งจากโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ได้เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ตามรายละเอียดดังนี้

1. เชื่อมต่อเมนบอร์ดชุดควบคุม NodeMCU ESP8266 เข้ากับเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว PIR Motion Sensor
2. เชื่อมต่อเมนบอร์ดชุดควบคุม NodeMCU ESP8266 เข้ากับชุดรีเลย์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า Relay Module 5 โวลต์
3. เชื่อมต่อเมนบอร์ดชุดควบคุม NodeMCU ESP8266 เข้ากับอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า PZEM-004T
4. นำขดลวดหม้อแปลงกระแสคอมสายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้า (สาย Line) เข้ากับสายไฟหลักของห้องทำงาน

5. ต่อสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าที่ (NO) และออกที่ขา (NC) ของชุดรีเลย์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า Relay Module 5 โวลต์

6. เสียบ Adapter 220 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ เข้าที่ปลั๊กเต้าเสียบ 220 โวลต์ และ
ปลายสาย Port Micro USB เข้าที่เมนบอร์ดชุดควบคุม NodeMCU ESP8266



รูปที่ 7 การติดตั้งอุปกรณ์ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคาร
ด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับแอปพลิเคชัน Blynk

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Blynk ผ่านทาง Google Play หรือ App Store เพื่อติดตั้งลงในสมาร์ทโฟน
2. เมื่อเปิดแอปพลิเคชัน Blynk สร้างโปรเจกต์ ระบุการใช้งาน หลังจากสร้างเสร็จแล้ว แอปพลิเคชัน Blynk จะส่ง Token ให้ผู้ใช้งานระบบทางอีเมลที่ได้ลงทะเบียนไว้ จากนั้นต้องใช้ Token ดังกล่าวร่วมกับโปรแกรมอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) จะสามารถใช้งานได้
3. เลือกใช้ Widget ตามที่ได้เขียนคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE ไว้ พร้อมทั้งตั้งค่าการใช้งาน Widget ในแอปพลิเคชัน Blynk ตามที่กำหนดไว้
4. ดำเนินการทดสอบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ตามเงื่อนไข

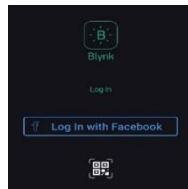
ผลการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

ผลจากการออกแบบและพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูล มาพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ และสามารถเข้าใช้งานระบบได้ดังนี้

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Blynk จาก Google Play ในระบบปฏิบัติการ Android หรือ App Store ในระบบปฏิบัติการ IOS
2. เข้าสู่แอปพลิเคชัน Blynk และที่กดปุ่มแสกน QR-Code



รูปที่ 8 ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Blynk



รูปที่ 9 กดปุ่มแสกน QR-Code

3. เลือก QR-Code กับผู้ดูแลระบบสำหรับบุคลากร และสำหรับผู้บริหาร เพื่อเข้าใช้งานระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนครพนม



สำหรับบุคลากร



สำหรับผู้บริหาร

ภาพที่ 10 QR-Code สำหรับผู้ใช้งานระบบ

4. หน้าจอสำหรับบุคลากรของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนครพนม โดยแบ่งการทำงานของระบบเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1) การใช้พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีหน่วยแสดงค่าพลังงาน ได้แก่ Volt, Amp, Watt, Hz, PF, kWh เป็นต้น และค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดมีหน่วยเป็นบาท โดยมีปุ่ม Reset ค่า kWh เพื่อคำนวณค่าไฟฟ้ารอบใหม่ตามที่ใช้จากระบบกำหนดเอง ส่วนที่ 2) การ

ควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วย ปุ่มเปิด-ปิดไฟแสงสว่าง ปุ่มเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ และปุ่มเปิด-ปิดปลั๊กไฟ ในส่วนถัดลงมาคือปุ่มเปิด-ปิดระบบไฟฟ้าอัตโนมัติ

5. หน้าจอสำหรับผู้บริหารของระบบการจัดการ พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วย อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม สามารถดูกราฟแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น Watt, Amp, kWh รวมถึงค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนแยกแต่ละห้องทำงาน



รูปที่ 11 หน้าจอสำหรับบุคลากร

รูปที่ 12 หน้าจอสำหรับผู้บริหาร

6. การส่งออกรายงานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถส่งออกข้อมูลโดยกดที่ Export to csv ในหน้าจอหลักของระบบการจัดการ พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม หลังจากนั้นแอปพลิเคชัน Blynk จะส่งข้อมูลเป็นไฟล์ csv ไปยังอีเมลของผู้ใช้งานระบบที่สมัครไว้ เมื่อดาวน์โหลดไฟล์เข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วสามารถเปิดไฟล์ด้วยโปรแกรมด้วย Microsoft Excel โดยสามารถดูกราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้ทั้งหมด



รูปที่ 13 ข้อมูลและกราฟแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละห้องทำงาน

จากการทดลองระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม พบว่า

1. ระบบสามารถบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องต่าง ๆ ของอาคารศรีโคตรบูรณ์ โดยแสดงกราฟการใช้พลังงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

2. ผู้ใช้งานระบบสามารถเลือกรูปแบบการแสดงกราฟการใช้พลังงานได้ตามระยะที่ต้องการตั้งแต่ภาพรวม 15 นาที จนถึง 1 ปี โดยระบบจะแสดงหน่วยค่าพลังงานเป็น Vote, Amp, Watt, Hz, PF, kWh

3. ผู้ใช้งานระบบสามารถเลือกวันที่จะคำนวณและสรุปค่าไฟฟ้าจากการใช้งานที่ผ่านมาหรือตั้งไว้ในช่วงวันข้างหน้าเพื่อให้ระบบคำนวณค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาที่กำหนด

4. ผู้ใช้งานระบบในส่วนของผู้บริหารสามารถเข้าดูกราฟแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวม 15 นาที จนถึง 1 ปี มีหน่วยเป็น kWh รวมถึงค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนแยกแต่ละห้องทำงาน

5. ระบบสามารถส่งข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้าเป็นไฟล์ csv ไปยังอีเมลของผู้ใช้งานระบบที่สมัครไว้ เมื่อดาวน์โหลดไฟล์เข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วเปิดไฟล์ด้วยโปรแกรมด้วย Microsoft Excel จะสามารถดูกราฟปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้ทั้งหมด

6. ผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมการเปิด-ปิด ของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และสามารถเปิด-ปิดได้เองภายในห้องทำงาน

7. ผู้ใช้งานระบบสามารถเลือกให้ระบบสั่ง เปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เมื่อไม่มีคนอยู่ภายในห้องทำงานโดยระบบจะสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหลังจากไม่มีคนอยู่ภายในห้องทำงานและจะกลับมาทำงานอีกครั้งเมื่อมีคนเข้ามาในห้องทำงาน

ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

1. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า
ระดับคะแนนประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.89$, S.D. = 0.16) โดยทั้ง 4 ด้านมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ

ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Functional Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.95, S.D. = 0.11) รองลงมาคือ ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ (Usability Test) และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.90, S.D. = 0.18)

2. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า

ระดับคะแนนประเมินประสิทธิภาพในภาพรวม อยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.64, S.D. = 0.50) โดย ทั้ง 4 ด้านมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70, S.D. = 0.39) รองลงมาคือ ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.46) และด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.53) โดยมีผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมดร้อยละ 100

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่อง ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ มหาวิทยาลัยนครพนม มีประเด็นการอภิปรายผล ดังนี้

สภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการระบบการจัดการ พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ มหาวิทยาลัยนครพนม พบว่า มีการจัดโครงการประหยัดพลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานทุกประเภทโดยมอบหมายให้งานอาคารสถานที่เป็นผู้กำกับดูแลระบบและการใช้พลังงานไฟฟ้า ให้เจ้าหน้าที่การเงินสรุปค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเสนอผู้บริหาร โดยอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้จำนวนมากที่สุดคือหลอดไฟ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอัตราค่าพลังไฟฟ้า (วัตต์) สูงสุด คือเครื่องปรับอากาศ ด้านปัญหา พบว่า แนวปฏิบัติที่กำหนดไว้ไม่สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ตามเป้าหมาย เจ้าหน้าที่ที่กำกับดูแลการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอ ไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องทำงานหรือบริเวณ ต่าง ๆ ที่จะนำมาเป็นข้อมูลให้ผู้บริหารตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในองค์กร มีการเปิดใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวัน และบางครั้งไม่ได้ปิดเมื่อไม่มีคนอยู่ในห้อง ด้านความต้องการ พบว่า ต้องการให้มีระบบที่สามารถจัดเก็บข้อมูลปริมาณของการใช้พลังงานไฟฟ้าและรายงาน ตามรูปแบบ ในช่วงเวลา

ที่ต้องการโดยมีระบบเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่และสามารถใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนสอดคล้องกับ เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ (2560) ที่พบปัญหาจากการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เนื่องจากเกิดปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าไปอย่างฟุ่มเฟือย ทำให้เกิดผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นและทำให้เกิดผลกระทบต่อปัญหา สิ่งแวดล้อม รวมถึงปัญหาจากการลืมนปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน จากปัญหาข้างต้นจึงมีแนวคิดในการนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาแก้ปัญหาโดยการคิดค้นระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยเทคโนโลยีที่ทันสมัยปลอดภัยและสะดวกที่จะช่วยในการควบคุม เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ง่ายขึ้น เพียงแค่ใช้สมาร์ทโฟนที่มีการต่ออินเทอร์เน็ต

การพัฒนาาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กรณีศึกษา อาคารศรีโคตรบูรณ์ มหาวิทยาลัยนครพนม พบว่า ระบบสามารถ 1) บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องต่าง ๆ 2) แสดงรายงานการใช้พลังงาน ณ ปัจจุบันผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ในรูปแบบกราฟ และเลือกรายงานในภาพรวมตั้งแต่ 15 นาที ถึง 1 ปี และสรุปค่าไฟฟ้าโดยมีหน่วยเป็นบาท 3) แสดงหน่วยค่าพลังงานได้ทุกชนิด Volt, Amp, Watt, Hz, PF, kWh 4) ผู้ใช้งานระบบสามารถส่งข้อมูลเป็นไฟล์ csv ไปยังอีเมลของผู้ใช้งานระบบที่สมัครไว้ 5) ผู้ใช้งานระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องด้วยตัวเอง และสามารถดูสถานการณ์ทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง ณ ปัจจุบัน ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และ 6) สามารถเลือกให้ระบบสั่งเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ภายในห้องทำงาน โดยระบบจะสั่งปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหลังจากไม่มีคนอยู่ภายในห้องทำงาน และจะกลับมาทำงานอีกครั้งเมื่อมีคนเข้ามาในห้องทำงาน

ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพระบบ พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.89$, S.D. = 0.16) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการทำงาน ได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ รองลงมาคือ ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบและด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ นอกจากนั้นผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในภาพรวมในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.64$, S.D. = 0.50) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ รองลงมาคือ ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ และด้านการทำงาน ได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยมีการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน และออกแบบระบบโดยสามารถทำงานได้สองส่วนที่เชื่อมโยงกัน คือ

- 1) การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในรายห้องด้วยระบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชัน และ
- 2) การรายงานข้อมูลเวลาปัจจุบัน (real time) โดยสามารถจัดเก็บ ประมวลผล

และแสดงรายงานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาที่ต้องการ มีหน่วยวัดครบถ้วน แสดงค่าไฟฟ้าได้ทำให้ผู้ปฏิบัติมีความสะดวก ผู้บริหารสามารถตรวจสอบ และนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนได้ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยลดช่องว่างของระบบที่มักพัฒนาเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง เช่น เกษฏา ขจรฤทธิ์และคณะ (2560) ได้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ ซึ่งเป็นระบบที่นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาแก้ปัญหาโดยการคิดค้นระบบควบคุมการ เปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า แต่ไม่มีการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และ พลวัฒน์ ดำรงกิจ ภากร (2556) ได้พัฒนาการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โทรศัพท์มือถือ กรณีศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากรที่ออกแบบและพัฒนาการเก็บข้อมูลพลังงานโดยใช้ระบบ แอนดรอยด์ในโทรศัพท์มือถือแต่ไม่มีระบบควบคุมการเปิด-ปิดอัตโนมัติ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ ขาวชายโขง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนทุกท่านที่ให้ความรู้คำแนะนำและความช่วยเหลือด้วยดีและขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ปรากฏชื่อในงานวิจัยเล่มนี้ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยจนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ รวมถึงผู้บริหาร คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ วิทยาลัยการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงให้ความร่วมมือในการทดลองและเก็บข้อมูล ส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จด้วยดี

ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจและแรงใจอันสำคัญยิ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจน ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ชีวิตอันดีงามและเสริมสร้างสติปัญญาให้แก่ผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2558). *การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน*, 1(1), 1-4.
- กองนโยบายและแผนมหาวิทยาลัยนครพนม. (2562). NPU Family's Energy Saving for All. *รอบรู้กันเถร*, 2(1), 1-5.
- เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และ หนึ่งฤทัย เอ็งฉ้วน. (2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things เพื่อควบคุมระบบส่องสว่างในบ้านอัจฉริยะ. *วิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(1) 1-11.
- พลวัฒน์ ดำรงกิจภากร. (2556). *การพัฒนาการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โทรศัพท์มือถือกรณีศึกษาโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร*. สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุริยัน นิลทะราช. (2562). *การพัฒนาระบบสารสนเทศการบริหารงานพัสดุ เพื่อการควบคุมวัสดุ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*. ระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับเต็ม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.