การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าและสั่งการอัจฉริยะด้วยอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยใช้แพลตฟอร์มเน็ตพาย

ปวีณ ผุยรอด

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้า และสั่งการอัจฉริยะด้วยอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดย ใช้แพลตฟอร์มเน็ตพาย

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MONITORING AND COMMANDINGSYSTEMS FOR ELECTRICAL APPLIANCES WITH INTERNET OF THINGSUSING NETPIE PLATFORM

ปวีณ ผุยรอด

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

This thesis consists of research materials conducted at the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi and hence the copyright owner. I hereby certify that the thesis does not contain any forms of plagiarism.

.....

(นายปวีณ ผุยรอด)

COPYRIGHT © 2022 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2565
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าและสั่งการอัจฉริยะด้วยอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยใช้แพลตฟอร์มเน็ตพาย Design and Construction of Monitoring and Commanding Systems for Electrical Appliances with Internet of Things Using NETPIE Platform
ชื่อ – นามสกุล	นายปวีณ ผุยรอด
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์กฤษญ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประมุข อุณหเลขกะ, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศีลวัต ร่มโพธิ์ชัย, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กฤษญ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าและสั่งการอัจฉริยะด้วยอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยใช้แพลตฟอร์มเน็ตพาย
ชื่อ – นามสกุล	นายปวีณ ผุยรอด
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง เพื่อการควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านอินเตอร์เน็ต จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ เน็ตพาย ควบคู่กับ โหนด เรด และระบบสื่อสารด้วย เอ็มคิวทีที โปรโตคอล ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานและตอบสนองต่อสังคมที่กำลังพัฒนาทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

จากการศึกษาลักษณะระบบอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง โดยใช้โปรแกรม เน็ตพาย ที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับ ผู้ให้บริการได้หลากหลาย ดังนั้นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านี้จึงเลือก โหนด เรด เป็นตัวกลางที่จะทำการกระจายข้อมูลและคำสั่งให้กับผู้ใช้งานที่มี ไคลเอนต์ ไอดี และ โทเคน ของระบบควบคุมนี้ โดยการทดสอบใช้ เซอร์กิต เบรกเกอร์อัจฉริยะ ควบคู่กับ ราสเบอร์รี่พาย ในการรับส่งข้อมูลและคำสั่งขึ้นระบบอินเตอร์เน็ตด้วย เอ็มคิวทีที โปรโตคอล

จากผลทดสอบระบบด้วยการเรียกพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของ เซอร์กิต เบรกเกอร์อัจฉริยะ จำนวน 100 ครั้ง เกิดความผิดพลาดขึ้นเพียงแค่ 2 ครั้ง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นคือ 2% และการทดสอบควบคุมเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลา 1 เดือน แสดงให้เป็นว่าการใช้ระบบควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ตด้วย เน็ตพาย มีประสิทธิภาพสูงซึ่งจากการบันทึกข้อมูลการสั่งปิดเปิด เซอร์กิต เบรกเกอร์อัจฉริยะ ผิดพลาดเพียงครั้งเดียวจาก 60 ครั้งเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพในการทำงานของระบบคือ 98.33% และพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับเครื่องปรับอากาศ 1 เดือนบน เน็ตพาย เพียงพอต่อการใช้งานเพื่อเรียกดูข้อมูลทางไฟฟ้าเบื้องต้น

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มเน็ตพาย, เอ็มคิวทีที, สมาร์ท เซอร์กิต เบรกเกอร์อัจฉริยะ, โหนด เรด

Thesis Title	Design and Construction of Monitoring and Commanding Systems for Electrical Appliances with Internet of Things Using NETPIE Platform
Name - Surname	Mr. Praween Puyrod
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Krischonme Bhumkittipich, D.Eng.
Academic Year	2022

ABSTRACT

This thesis presents the control of electrical appliances via the Internet of Things (IoT) for air conditioners. The control was programmed using NETPIE, coupled with Node-RED and MQTT Protocol communication system. it is convenient to use and responds to our evolving IT society.

From studying the characteristics of the Internet or IoT system using the NETPIE program developed in the country it can be used with a variety of broker services. Therefore, this electrical appliances control selects Node-RED to distribute the information and commands with users with client IDs and tokens of this control system. The test uses a smart circuit breaker and Raspberry Pi to transmit data and commands to the Internet using the MQTT protocol.

According to the results of testing the system by calling the electrical parameters of the smart circuit breaker 100 times, there was only 2 failures occurring when the percentage was 2%. An air conditioning control test for 1 month showed that the use of an Internet-based control system with NETPIE has a high efficiency. From the recording data, the smart circuit breaker shutdown command had only one error out of 60 times. The efficiency of the system was 98.33%, and the space in storage for air conditioners for 1 month on NETPIE was enough for collecting the basic electrical data.

Keyword: NETPIE platform, MQTT, smart circuit breaker, Node-RED

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ของรองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำและชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงข้อบกพร่องจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และ ดร.ศีลวัต ร่มโพธิ์ชัยที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์และเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนพ้องและคณะครู-อาจารย์ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุน รวมทั้งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ปวีณ ผุยรอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบัญ ..... (6)

สารบัญตาราง ..... (8)

สารบัญรูป ..... (9)

บทที่ 1 บทนำ 12

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 12

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 12

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 13

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 13

1.5 ขั้นตอนการวิจัย 13

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

2.1 เน็ตพาย (NETPIE) 14

2.2 Node-RED 18

2.3 Raspberry PI 23

2.4 ระบบปฏิบัติการ Linux 24

2.5 รูปแบบภาษา JSON (JavaScript Object Notation) 24

2.6 MQTT 25

2.7 Smart Circuit Breaker 29

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 40

3.1 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบ NETPIE 40

3.2 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Smart Circuit Breaker กับ Raspberry Pi 41

3.3 การสร้าง Node ในโปรแกรม Node-RED 42

3.4 การจัดการข้อมูลบน NETPIE 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 52

4.1 บทนำ..... 52

4.2 ผลการรับส่งข้อมูลของระบบควมคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบNETPIE 52

4.3 การแสดงผลในระบบNETPIE..... 57

4.4 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE..... 60

4.5 สรุปผลการดำเนินงาน..... 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 66

5.1 บทนำ..... 66

5.2 สรุปผลการวิจัย..... 66

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 67

บรรณานุกรม..... 68

ภาคผนวก..... 71

ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่..... 72

ประวัติผู้เขียน..... 98

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	อัตราค่าบริการ.....	16
ตารางที่ 2.2	ชนิดของแพ็กเกตควบคุมในโพรโทคอล MQTT.....	28
ตารางที่ 3.1	การตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายของ MQTT Protocol.....	44
ตารางที่ 4.1	การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE.....	61

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	วิธีการสื่อสารของสิ่งต่างๆ ผ่าน NETPIE	15
รูปที่ 2.2	ลำดับการเรียกฟังก์ชั่นพื้นฐานของ Microgear	18
รูปที่ 2.3	หน้าต่างการทำงานของ Node-RED	19
รูปที่ 2.4	พื้นที่การทำงานของหน้าต่างโปรแกรม Node-RED	20
รูปที่ 2.5	Palette ของโหนดที่ใช้งานใน Node-RED	21
รูปที่ 2.6	หน้าต่างการกำหนดค่าของโหนด	22
รูปที่ 2.7	การเชื่อมต่อสายระหว่างโหนด	23
รูปที่ 2.8	Raspberry Pi	23
รูปที่ 2.9	การเขียนข้อมูลในรูปแบบ Array	23
รูปที่ 2.10	โมเดลการสื่อสารของโพรโทคอล MQTT	26
รูปที่ 2.11	การเชื่อมต่อสื่อสารของ MQTT	27
รูปที่ 2.12	การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อระบบ IoT	30
รูปที่ 2.13	การพัฒนาโซลูชั่นโซลูชันของ Smart Circuit Breaker	31
รูปที่ 2.14	การพัฒนาแพลตฟอร์มแบบอิสระ	32
รูปที่ 2.15	การสนับสนุนทางเทคนิค Tuya IoT Development Platform	33
รูปที่ 2.16	การจัดการข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Tuya IoT	34
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	40
รูปที่ 3.2	การเชื่อมต่อระหว่าง Smart Circuit Breaker กับ Raspberry Pi	41
รูปที่ 3.3	หลักเชื่อมต่อของ Raspberry Pi กับ NETPIE ผ่าน Node-RED	41
รูปที่ 3.4	การสร้าง Node สำหรับเริ่มกำหนดการใช้งาน	42
รูปที่ 3.5	การสร้าง Node สำหรับเริ่มกำหนดการใช้งาน	42
รูปที่ 3.6	การกำหนดพารามิเตอร์ของ Node	43
รูปที่ 3.7	การต่อสายและการเลือก Node	43
รูปที่ 3.8	การเขียนโปรแกรมเพื่ออัพเดทข้อมูลผ่าน Node-RED	44
รูปที่ 3.9	การตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายของ MQTT Protocol	45
รูปที่ 3.10	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับ แรงดันไฟฟ้า	46
รูปที่ 3.11	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับกระแสไฟฟ้า	46

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.12	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับกำลังไฟฟ้า	47
รูปที่ 3.13	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับพลังงานไฟฟ้า	47
รูปที่ 3.14	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับกำลังไฟฟ้ารวม	48
รูปที่ 3.15	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับอุณหภูมิ	48
รูปที่ 3.16	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับแสดงไฟสถานะเปิดปิดของ Smart Circuit Breaker	49
รูปที่ 3.17	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker	49
รูปที่ 3.18	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับคำสั่งปิด Smart Circuit Breaker	50
รูปที่ 3.19	การระบุข้อมูลของ Widget สำหรับแสดงสถานะเปิดปิดของ Smart Circuit Breaker	50
รูปที่ 3.20	สำหรับดูค่าพลังงานย้อนหลัง	51
รูปที่ 4.1	การควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบ NETPIE	52
รูปที่ 4.2	การเขียน Node สำหรับรับส่งข้อมูลและคำสั่ง	53
รูปที่ 4.3	การป้อนข้อกำหนดในการเรียกข้อมูลของ Smart Circuit Breaker	53
รูปที่ 4.4	การกำหนดตัวแปรที่เรียกจาก Smart Circuit Breaker เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบ Array	54
รูปที่ 4.5	การรวมข้อมูลจาก Array เป็น JSON	54
รูปที่ 4.6	การเชื่อมต่อข้อมูลสำหรับ NETPIE โดยใช้ Client ID	55
รูปที่ 4.7	การตั้งค่าป้องกันการเข้าถึงข้อมูล	55
รูปที่ 4.8	การเขียนคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker	56
รูปที่ 4.9	การเขียนคำสั่งปิด Smart Circuit Breaker	56
รูปที่ 4.10	การเขียนคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker	57
รูปที่ 4.11	หน้าฟรีบอร์ดที่จะมีการสั่งการบน Widget	57
รูปที่ 4.12	กราฟกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าบน Widget	58
รูปที่ 4.13	กราฟแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบน Widget	58

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ..... 59
รูปที่ 4.15 การต่อวงจรเพื่อวัดค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ..... 60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตใช้ในการสื่อสารต่างกันมากขึ้น มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและการมีส่วนร่วมต่อการใช้ชีวิตของคนเรามากขึ้น ในรูปแบบหลาหหลายด้วยการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์ และระบบสื่อสาร ทำให้การใช้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตถือเป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพ ที่สามารถเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างกันได้ และในอนาคต ไม่เพียงแต่มนุษย์เท่านั้นที่จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ก็จะถูกเชื่อมต่อด้วยระบบอินเตอร์เน็ตเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้เช่นกัน

เมื่อผู้ใช้งานเข้าใช้งานอินเตอร์เน็ตมีความต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านมือถือ ที่จะอำนวยความสะดวกให้มากขึ้น อีกทั้งจากความแพร่หลายของอุปกรณ์ IoT และอุปกรณ์เชื่อมต่อการสื่อสารไร้แบบสายต่างๆ รวมไปถึง การพัฒนาเทคโนโลยี IoT มีเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง สามารถนำมาใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำงาน จากการ ที่สิ่งต่างๆ ถูกเชื่อมโยงเข้าสู่โลกอินเตอร์เน็ตทำให้สามารถสั่งการ ควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เราจึงเลือกใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง มาประยุกต์ใช้กับ อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อตรวจวัดพลังการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและควบคุม การเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อได้รับค่าพารามิเตอร์แล้วจะนำข้อมูลไปประมวลผลและส่งข้อมูลผ่าน ระบบคลาวด์ (Cloud) จากนั้นจะสามารถเรียกดูข้อมูลหรือควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่นได้ เมื่อผู้ใช้งานมีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต [1]

ในโครงงานนี้ได้นำเอาระบบการเชื่อมต่อแบบไร้สายมาประยุกค์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยเชื่อมต่อกับเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ [2] เพื่อที่จะรับส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่เราต้องการและเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ไว้ไปยัง Cloud และเมื่อมีอุปกรณ์ที่ เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตจะมีความสามารถในการรับรู้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและควบคุมการในเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำการเชื่อมต่อได้เมื่อมีค่าทางไฟฟ้าที่ผิดปกติ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระบบ NETPLE และประยุกค์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อวัด และแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชั่น

1.2.3 เพื่อเพิ่มความสะดวกและประโยชน์ต่อผู้ใช้

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เป็นการศึกษาวิจัยและออกแบบระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเซอกิตเบรกเกอร์อัจฉริยะผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วย NETPIE เพื่อควบคุมและแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชั่น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ออกแบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย NETPLE

1.4.2 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น

1.4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น

1.4.4 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น

1.4.5 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

1.5.1 ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาการออกแบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย

1.5.3 ออกแบบการควมบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบ NETPIE

1.5.4 รวบรวม และจัดเก็บข้อมูล จากเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ

1.5.5 วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบ และพัฒนาระบบ ผ่านอินเตอร์เน็ตด้วย NETPIE

1.5.6 ทดสอบการทำงานของแอพพลิเคชั่น

1.5.7 สรุปผลและอภิปาย

1.5.8 จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถพัฒนาความรู้ทางด้านระบบ NETPLE เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.6.2 สามารถวัด และแสดงผลพลังงานไฟฟ้าผ่านแอพพลิเคชั่น

1.6.3 เพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

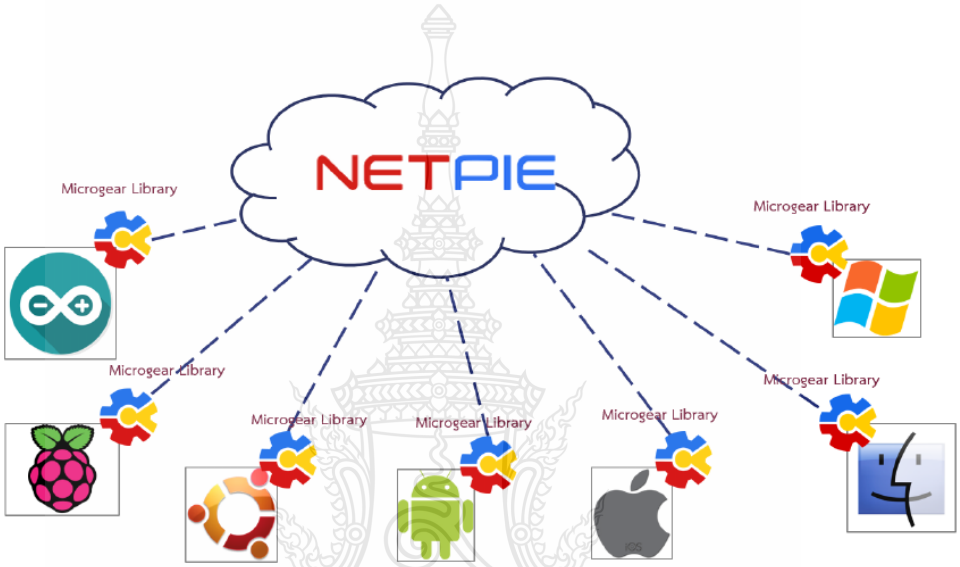
เริ่มศึกษาค้นคว้า หาแนวคิดทฤษฎี เอกสาร เนื้อหาตำรา งานวิจัย บทความ และฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลงานวิจัย สรุปเนื้อหาสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในประเด็นต่างๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ ตามรายละเอียดดังนี้

2.1 เน็ตพาย (NETPIE)
2.2 Node-RED
2.3 Raspberry PI
2.4 ระบบปฏิบัติการ Linux
2.5 รูปแบบภาษา JSON (JavaScript Object Notation)
2.6 MQTT
2.7 Smart Circuit Breaker
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เน็ตพาย (NETPIE)

Internet of Things (IoT) คือการใช้งานอินเตอร์เน็ตรวมกับอุปกรณ์อื่น โดยใช้การสื่อสารผ่านอินเตอร์ให้มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมากที่สุดและง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้นเน็ต ดังนั้นทางรัฐบาลของประเทศไทยจึงได้เริ่มพัฒนา Software ที่สามารถช่วยให้คนในประเทศในศึกษาและใช้งานที่ชื่อว่า NETPIE เปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานโดยมี Web Portal ที่สามารถขึ้นทะเบียนและยืนยันตัวตนแสดงการสิทธิ์การใช้แอปพลิเคชั่นของอุปกรณ์ผ่านเว็บ www.netpie.io ตั้งแต่กันยายน พ.ศ.2558 โดยที่ NETPIE เป็น Middleware ที่มีส่วนสำคัญ และเป็น Distributed MQTT Brokers ซึ่ง เป็นศูนย์รวบรวมข้อมูล ที่สามารถติดต่อสื่อสารได้หลากหลายทาง โดยการส่งข้อความแบบ Publish/Subscribe ซึ่ง NETPIE มีสถาปัตยกรรมที่เป็นคลาวด์ ที่ให้สามารถขยายขนาดได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งสามารถดูแลและ สามารบำรุงรักษาตัวเองได้โดยอัตโนมัติเมื่อระบบพบเจอมีปัญหา (Self healing, Self recovery) โดยที่ไม่ต้องแจ้งผู้ดูแล

การใช้งานระบบในรูปแบบ Plug and Play การบริหารจัดการไม่จำเป็นต้อง Configure หรือดัดแปลงอุปกรณ์ของ NETPIE ซึ่งมี Client Library ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Microgear ที่ทำหน้าที่สร้างและบำรุงรักษาช่องทางการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE โดยรวมไปถึงการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกส่งให้กับระบบ Microgear ซึ่งเป็นระบบแบบ Open Source โดย ณ ปัจจุบัน Microgear นั้นสำหรับ OS และ Embedded Board หลักๆ ที่มีความต้องการในกลุ่มนักพัฒนา โมเดลการสื่อสารของ NETPIE ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วิธีการเชื่อมต่อสื่อสารของสิ่งต่างๆ ผ่าน NETPIE [3]

NETPIE ช่วยในเรื่องลดการใช้ทรัพยากรของการเชื่อมต่อเน็ตพาย และช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องกังวลว่า อุปกรณ์นั้นจะอยู่ที่ใด เพียงแค่นำไมโครเกียร์ไลบรารี่ (NETPIE library) ไปติดตั้งในอุปกรณ์เน็ตพายจะรับหน้าที่ดูแลการเชื่อมต่อให้ทั้งหมด ไม่ว่าอุปกรณ์นั้นจะอยู่ในเครือข่ายชนิดใด ลักษณะใด หรือแม้กระทั่งเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ใด ผู้ใช้สามารถตัดปัญหากวนใจในการที่จะต้องมาออกแบบการเข้าถึงอุปกรณ์จากระยะไกล (Remote access) ด้วยวิธีแบบเดิมๆ เช่นการใช้งาน fixed public IP หรือการติดตั้ง port forwarding ในเราเตอร์ (router) หรือการต้องไปลงทะเบียนกับผู้ให้บริการ dynamic DNS ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความยุ่งยากและลดความยืดหยุ่นของระบบไม่เพียงเท่านั้นเน็ตพาย ยังช่วยให้การเริ่มต้นใช้งานเป็นไปโดยง่ายโดยการออกแบบให้อุปกรณ์ถูกค้นพบและเข้าสู่บริการโดยอัตโนมัติ (Automaticทdiscovery, plug and play)

ช่วยลดภาระการทำงานด้านความปลอดภัยของระบบเน็ตพายถูกออกแบบให้มีระดับและสิทธิในการเข้าถึงในระดับ fine gain กล่าวคือผู้ใช้สามารถออกแบบเองได้ทั้งหมด เช่น สิ่งใดมีสิทธิ์คุยกับสิ่ง

ใด สิ่งใดมีสิทธิ์หรือไม่เพียงใดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล และสิทธิเหล่านี้จะมีอายุเท่าใดหรือถูกเพิกถอนภายใต้เงื่อนไขใด เป็นต้น[3]

ยืดหยุ่นต่อการเพิ่มระบบเน็ตพายมีสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์ (Cloud) อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบของระบบทำให้เกิดความยืดหยุ่น และคล่องตัวสูงในการขยายตัว นอกจากนี้ มอดูลต่างๆ ยังถูกออกแบบให้ท่างานแยกจากกันเพื่อให้เกิดสภาวะ loose coupling และสื่อสารกันด้วยวิธีการ asynchronous messagingช่วยให้แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือสูง สามารถนำไปใช้ซ้ำ และพัฒนาต่อเติมได้ง่าย ดังนั้นผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกังวลกับการขยายตัวเพื่อรับโหลดที่เพิ่มขึ้นในระบบอีกต่อไป[1]

2.1.1 จุดเด่นของเทคโนโลยี (Innovation Statement)

2.3.1 ออกแบบเพื่อรองรับการขยายตัวของระบบได้อย่างไร้ขีดจำกัด

2.3.2 ทุกองค์ประกอบของแพลตฟอร์มมีส่วนซ้ำสำรองทำให้ระบบมีความพร้อมใช้สูง

2.3.3 มีระบบบริหารจัดการ Identity ของอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่น

2.1.2 คุณสมบัติและอัตราค่าบริการ

2.4.1 รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Plug-and-Play

2.4.2 รองรับการเชื่อมต่อสื่อสารได้ทุกที่ ทุกเวลา

2.4.3 รองรับการสื่อสารของอุปกรณ์จำนวนมาก

2.4.4 รองรับการจัดการสิทธิ์และการยืนยันตัวตนของอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่น

2.4.5 มี Open-source Library ที่รองรับระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ที่หลากหลาย

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าบริการของแพลตฟอร์ม [1]

รายการ	สัดส่วน	ฟรี
อุปกรณ์ (Devices)	มากกว่า 100	100
แอพไอดี (AppID)	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
ข้อความ (Message)	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
อัตรา (Rate)	20 ข้อความต่อวินาที	1 ข้อความต่อวินาที
ราคา (Price)	ติดต่อ	0 บาท ตลอด (ลงทะเบียน)

2.1.3 MICROGEAR

Microgear คือซอฟต์แวร์ไลบรารี่ส่วนหนึ่งของ NETPIE ที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อสื่อสารผ่านคลาวด์เซอร์วิสของ NETPIE Microgear เปรียบเสมือนตัวกลางและผู้ช่วยในการสร้างและดูแลการเชื่อมต่อ ให้มีความเสถียร ปลอดภัย ให้การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เป็นไปอย่างราบรื่น บทบาทหน้าที่ของ Microgear สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ

2.1.3.1 ด้านการสื่อสาร (Communication) Microgear จะเป็นผู้ช่วยในการสร้างการเชื่อมต่อ (Connection) ไปยังคลาวด์ของ NETPIE และคอยตรวจสอบสถานะของการเชื่อมต่อ หากการเชื่อมต่อมีปัญหา Microgear สามารถช่วยเชื่อมต่อให้ใหม่เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ Microgear ยังช่วยอำนวยความสะดวก ในการสร้างช่องทางการสื่อสารแบบเข้ารหัสในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการ ส่วนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Microgear และคลาวด์ของ NETPIE จะใช้ Protocol MQTT ในการสื่อสาร

2.1.3.2 ด้านการยืนยันตัวตน (Authentication) ในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ Microgear จะช่วยยืนยันตัวตนของอุปกรณ์กับคลาวด์ของ NETPIE โดยการพิสูจน์ตัวตน (Identity) ของอุปกรณ์จะใช้ข้อมูลประกอบกันสามส่วนคือ AppID, App Key และ Token

2.1.3.3 ด้านการขออนุญาตสิทธิ์ (Authorization) การขออนุญาตสิทธิ์ในการสื่อสารจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ ควบคู่กับการยืนยันตัวตน คลาวด์ของ NETPIE จะเป็นผู้ออกใบอนุญาต (Token) ที่ระบุว่าอุปกรณ์ตัวนี้ สามารถสื่อสารได้กับอุปกรณ์ตัวใดบ้าง ในกรณีปกติอุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้กลุ่ม AppID เดียวกันเท่านั้น จึงจะมีสิทธิ์สื่อสารกันได้ (ยกเว้นในกรณีการใช้ Freeboard Microgear ที่อนุญาตให้สื่อสารข้าม AppID ได้

2.1.3.4 ด้านการประสานงาน (Coordination) Microgear มีฟังก์ชั่นที่ช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในกลุ่ม AppID เดียวกันทราบสถานะของกันและกัน เช่น ทราบว่ามีอุปกรณ์ใดออนไลน์เข้ามาใหม่ในกลุ่ม หรือมีอุปกรณ์ใดออกไปจากกลุ่ม รวมถึงทราบการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ที่สนใจติดตาม จากข้อมูลดังกล่าวผู้ใช้สามารถกำหนดบทบาทหน้าที่ให้อุปกรณ์ในกลุ่มตามสถานะของอุปกรณ์อื่นๆ ในกลุ่ม เช่น หากเป็นอุปกรณ์ตัวแรกในกลุ่มให้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่ม เป็นต้น

2.1.4 ฟังก์ชั่นหลักของ Microgear

Microgear แต่ละชนิดอาจมีชื่อและชนิดของฟังก์ชั่นแตกต่างกันตามลักษณะของการเขียนโปรแกรมในภาษานั้นๆ ในที่นี้ขอยกตัวอย่างฟังก์ชั่นที่มีเหมือนกันอยู่ในหลาย Microgear โดยขออ้างอิงชื่อฟังก์ชั่นจาก HTML5 Microgear สำหรับรายละเอียดฟังก์ชั่นของแต่ละชนิด Microgear

2.1.4.1 create สร้าง Microgear เพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบ

2.1.4.2 connect เชื่อมต่อ Microgear เข้ากับคลาวด์ของ NETPIE

2.1.4.3 setAlias กำหนดชื่อเล่นของอุปกรณ์เพื่อใช้ระบุตัวตนของอุปกรณ์ภายใน NETPIE

2.1.4.4 chat ส่งข้อความแบบเจาะจงให้ผู้รับ

2.1.4.5 publish ส่งข้อความแบบไม่เจาะจงผู้รับไปยังหัวข้อสนทนาที่กำหนด

2.1.4.6 subscribe ระบุความสนใจในหัวข้อสนทนา บอกรับข้อความที่เกิดขึ้นบนหัวข้อนั้นๆ

2.1.4.7 unsubscribe ยกเลิกการรับข้อความในหัวข้อสนทนาที่เคย subscribe ไว้

2.1.4.8 resetToken ยกเลิกใบอนุญาต (Token) และลบใบอนุญาตออกจาก cache บนอุปกรณ์

2.1.4.9 useTLS ระบุว่าต้องการสร้างการเชื่อมต่อแบบเข้ารหัสระหว่าง Microgear กับคลาวด์ของ NETPIE

2.1.4.10 on ตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่สนใจผ่านการเรียก Callback Function สามารถเรียงลำดับในการเรียกฟังก์ชั่นพื้นฐานเพื่อเริ่มส่งข้อมูลเป็นไปตามแผนผัง ดังรูปที่ 2.2

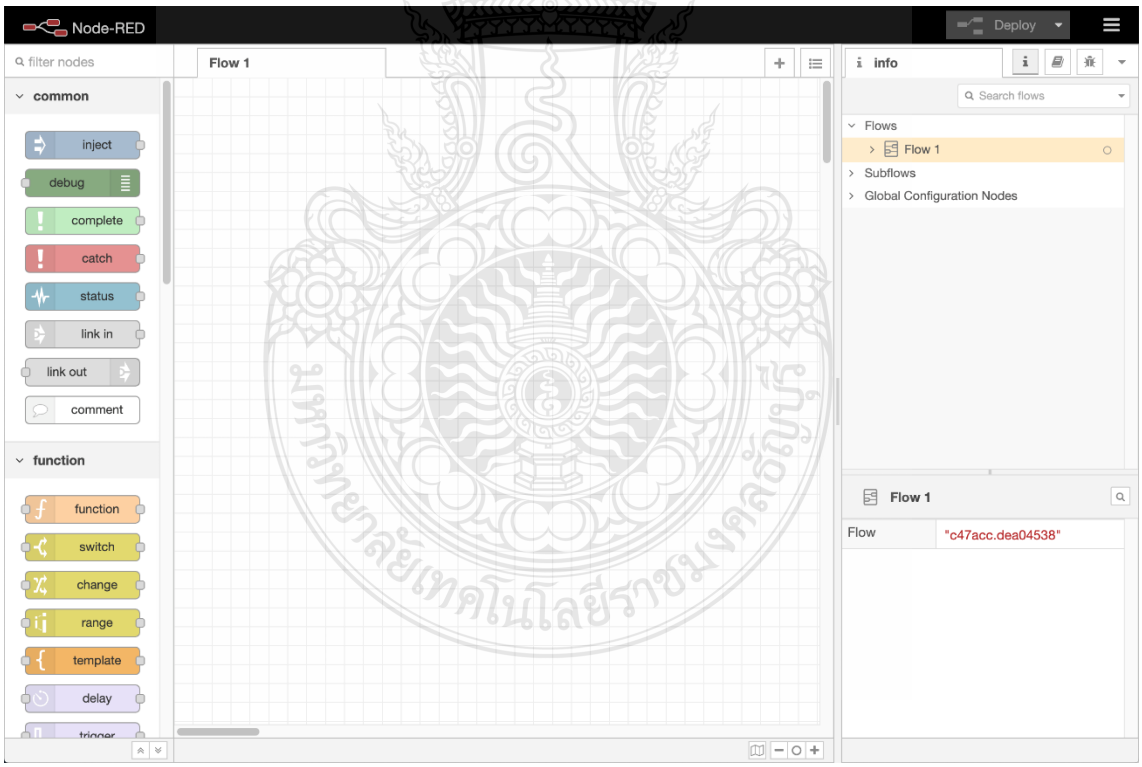
รูปที่ 2.2 ลำดับการเรียกฟังก์ชั่นพื้นฐานของ Microgear [3]

2.2 Node-RED

Node-RED เป็นเครื่องมือการเขียนโปรแกรมแบบโฟลว์ โดยเริ่มพัฒนาขึ้นจากทีม Emerging Technology Services ของ IBM ซึ่งปัจจุบันเป็นส่วนหนึ่งของ OpenJS Foundation

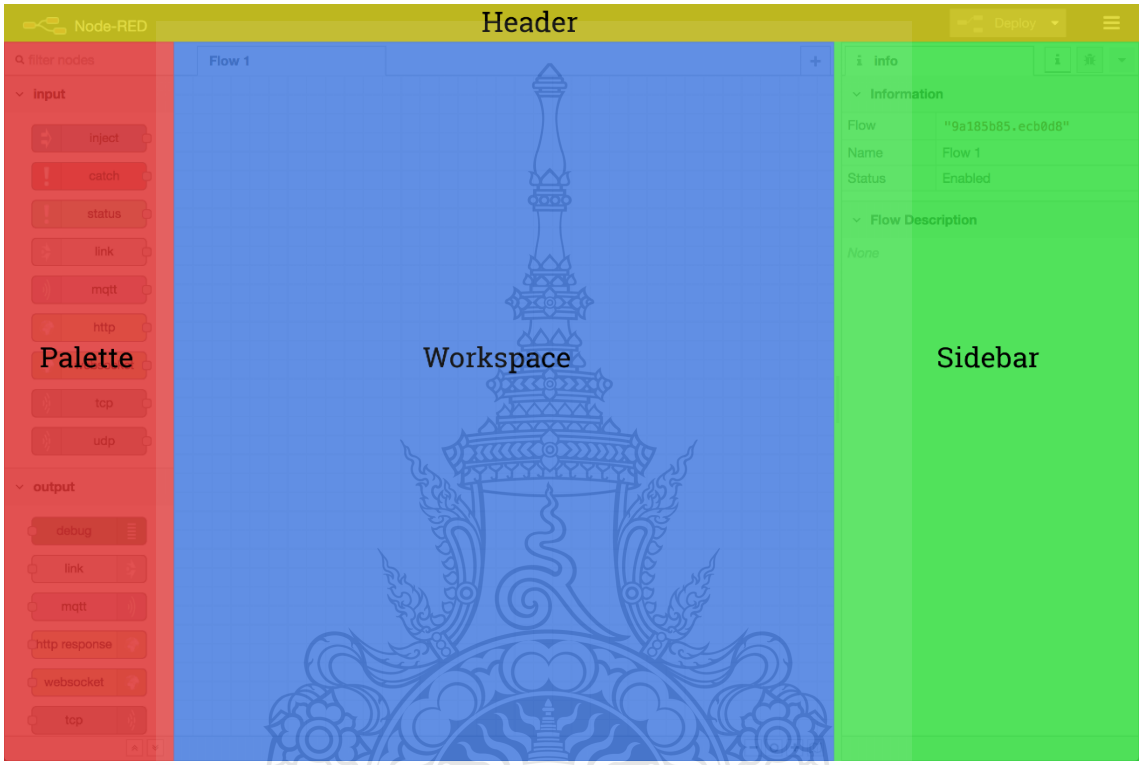
โดย J. Paul Morrison เป็นผู้คิดค้นขึ้นในปี 1970 การเขียนโปรแกรมแบบโฟลว์เป็นวิธีการอธิบายพฤติกรรมของแอปพลิเคชันในฐานะเครือข่ายของโหนดตามที่เรียกใน Node-RED แต่ละโหนดมีจุดประสงค์ที่ชัดเจน มันได้รับข้อมูลบางอย่าง มันทำอะไรบางอย่างกับข้อมูลนั้นแล้วส่งต่อข้อมูลนั้นไป เครือข่ายรับผิดชอบการไหลของข้อมูลระหว่างโหนด เป็นแบบจำลองที่ให้ยืมตัวเองได้ดีมากในการนำเสนอด้วยภาพและทำให้เข้าถึงได้ง่ายขึ้นสำหรับผู้ใช้ในวงกว้าง หากใครบางคนสามารถแยกปัญหาออกเป็นขั้นตอนที่ไม่ต่อเนื่องได้ พวกเขาสามารถดูโฟลว์และทำความเข้าใจว่ากำลังทำอะไรอยู่ โดยไม่ต้องเข้าใจโค้ดแต่ละบรรทัดภายในแต่ละโหนด [3]

Node-RED ประกอบด้วยรันไทม์ที่ใช้ Node.js ของเว็บเบราว์เซอร์เพื่อเข้าถึงตัวแก้ไขโฟลว์ภายในเบราว์เซอร์ โดยสร้างแอปพลิเคชันและลากโหนดจาก Common ไปยังพื้นที่ทำงาน และเริ่มเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ด้วยการคลิกเพียงครั้งเดียว แอปพลิเคชันจะถูกปรับใช้กลับไปยังรันไทม์ที่รันอยู่ ของ common โหนดสามารถขยายได้อย่างง่ายดายโดยการติดตั้งโหนดใหม่ที่สร้างโดยชุมชน และโฟลว์ที่ถูกสร้างสามารถแชร์เป็นไฟล์ JSON ได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หน้าต่างการทำงานโปรแกรมของ Node-RED [3]

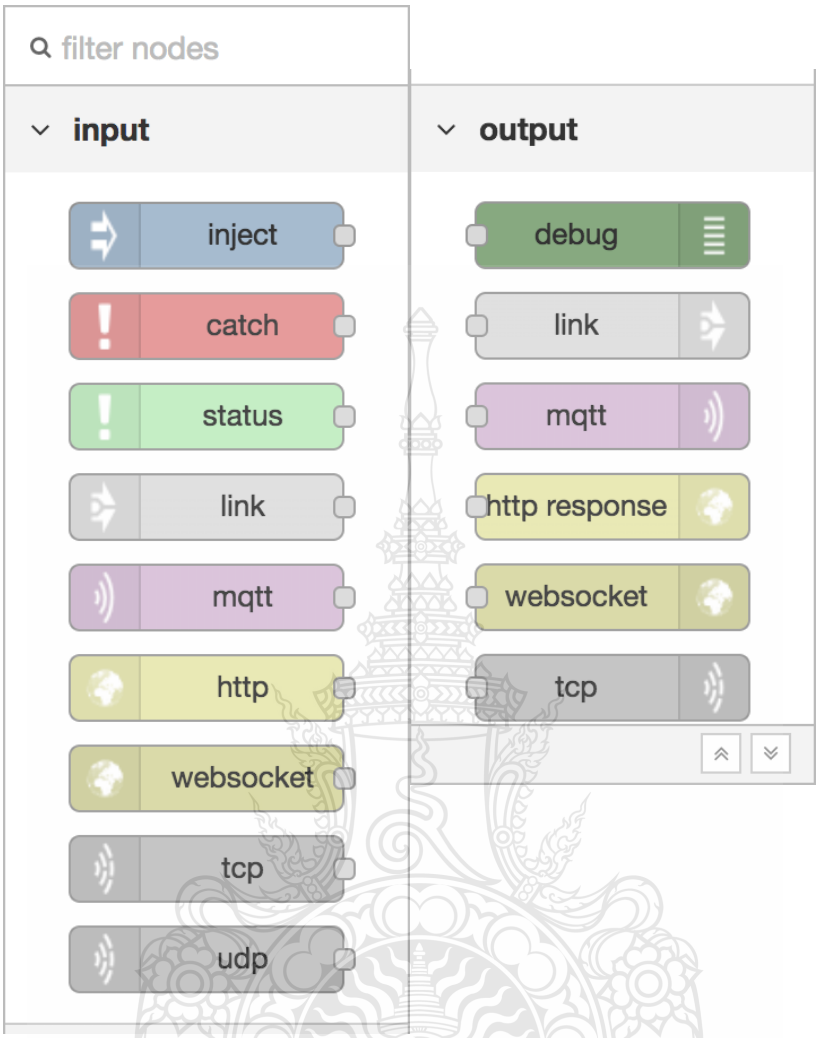
พื้นที่ทำงานเป็นพื้นที่หลักที่โฟลว์ได้รับการพัฒนาโดยการลากโหนดจาก Common และเชื่อมต่อเข้าด้วยกันพื้นที่ทำงานมีแถวของแท็บอยู่ด้านบน หนึ่งรายการสำหรับแต่ละโฟลว์และโฟลว์ย่อยใดๆ ที่เปิดอยู่ ส่วนท้ายของพื้นที่ทำงานประกอบด้วยปุ่มสำหรับซูมเข้าและออก ตลอดจนรีเซ็ตเป็นระดับการซูมเริ่มต้นและยังปุ่มสลับสำหรับตัวนำทางมุมมองดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 พื้นที่การทำงานของหน้าต่างโปรแกรม Node-RED [3]

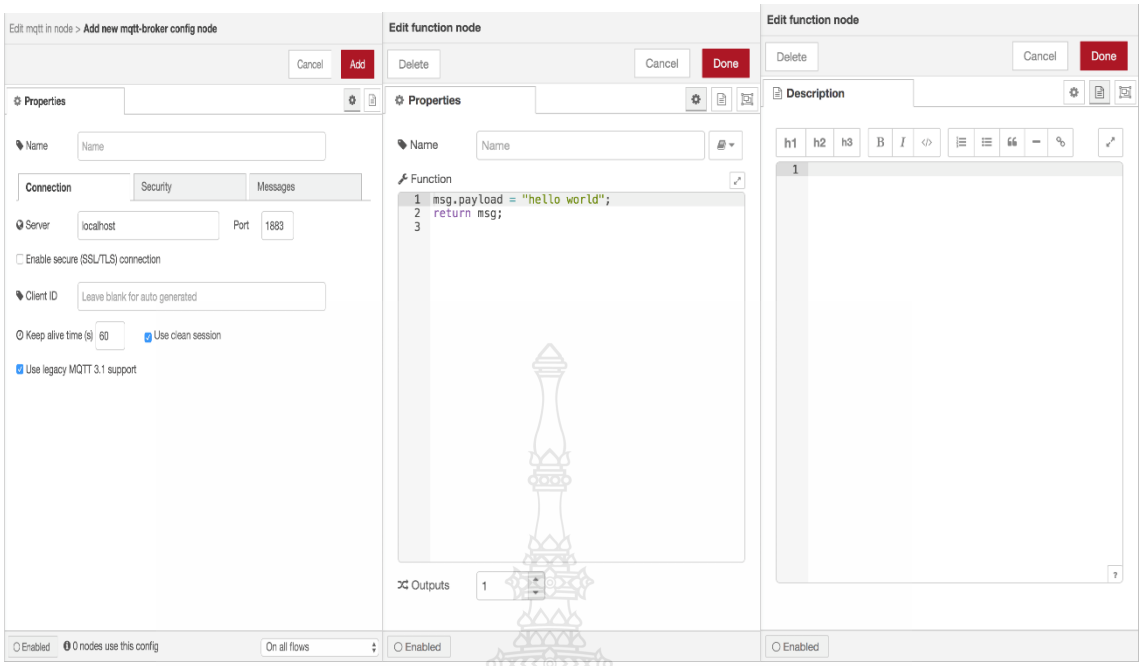
Palette อยู่ทางด้านซ้ายของเอดิเตอร์ดังรูปที่ 2.5 และรายการของโหนดที่พร้อมใช้งานในโฟลว์จานสีประกอบด้วยโหนดทั้งหมดที่ติดตั้งและพร้อมใช้งานพวกมันถูกจัดเป็นหมวดหมู่ต่างๆ โดยมีอินพุต เอาต์พุต และฟังก์ชันอยู่ด้านบนสุด หากมีโฟลว์ย่อยใดๆ โฟลว์ย่อยจะปรากฏในหมวดหมู่ที่ด้านบนของจานสีหมวดหมู่สามารถขยายหรือยุบได้โดยคลิกที่ส่วนหัว

โหนดเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของโฟลว์ โหนดถูกทริกเกอร์โดยการรับข้อความจากโหนดก่อนหน้าในโฟลว์ หรือโดยการรอเหตุการณ์ภายนอกบางอย่าง เช่น คำขอ HTTP ขาเข้า ตัวจับเวลา หรือการเปลี่ยนแปลงฮาร์ดแวร์ GPIO พวกเขาประมวลผลข้อความหรือเหตุการณ์นั้น และจากนั้นอาจส่งข้อความไปยังโหนดถัดไปในโฟลว์โหนดสามารถมีพอร์ตอินพุตได้มากสุดหนึ่งพอร์ตและพอร์ตเอาต์พุตได้มากเท่าที่ต้องการ



รูปที่ 2.5 Palette ของโหนดที่ใช้งานใน Node-RED [3]

การกำหนดค่าของโหนดสามารถแก้ไขได้โดยดับเบิลคลิกที่โหนดหรือกด Enter เมื่อพื้นที่ทำงานมีโฟกัส หากเลือกหลายโหนด โหนดแรกในการเลือกจะได้รับการแก้ไขกล่องโต้ตอบแก้ไขประกอบด้วยสามแท็บดังรูปที่ 2.6

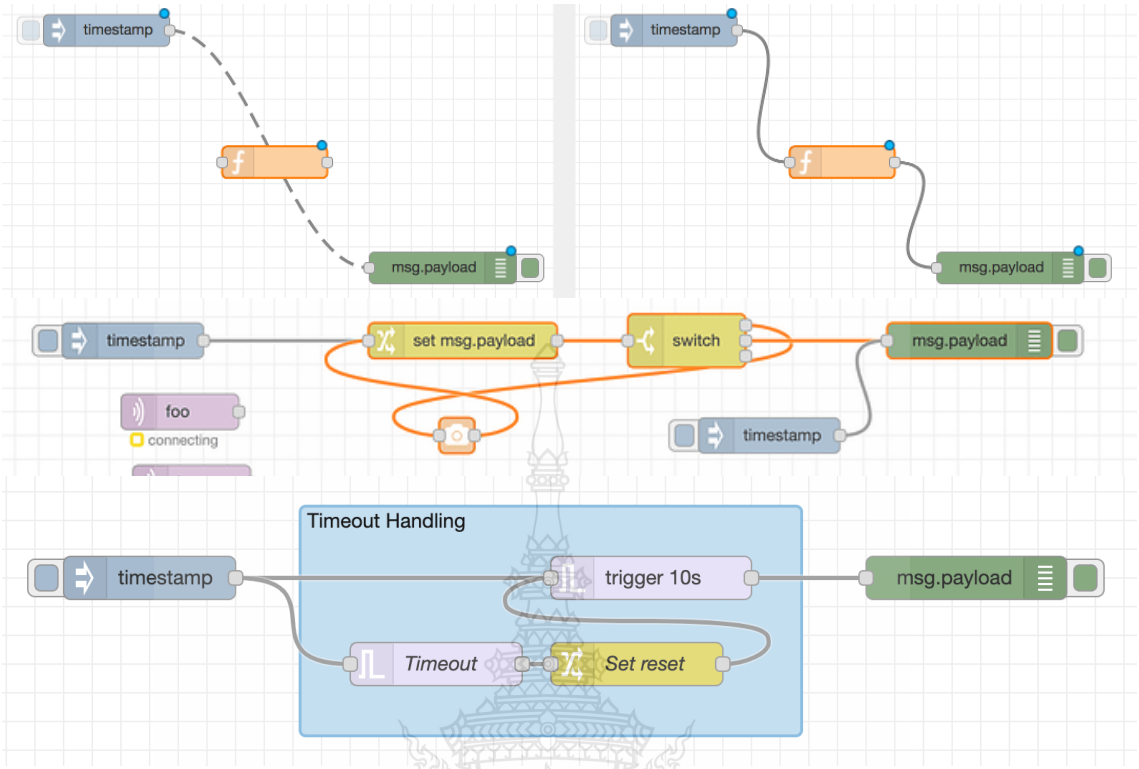


รูปที่ 2.6 หน้าต่างการกำหนดค่าของโหนด [3]

โหนดเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยการกดปุ่มเมาส์ซ้ายบนพอร์ตของโหนด ลากไปยังโหนดปลายทางแล้วปล่อยปุ่มเมาส์อีกวิธีหนึ่ง หากกดแป้น Ctrl/Command ค้างไว้ จะสามารถคลิก (และปล่อยปุ่มเมาส์ซ้าย) บนพอร์ตของโหนดแล้วคลิกบนปลายทางได้ หากปุ่ม Ctrl/Command ยังคงถูกกดค้างไว้ และโหนดปลายทางที่มีสายเพียงสายเดียวมีพอร์ตเอาต์พุต การต่อสายใหม่จะเริ่มต้นจากพอร์ตนั้นดังรูปที่ 2.7 ซึ่งช่วยให้ชุดของโหนดสามารถต่อสายเข้าด้วยกันได้อย่างรวดเร็ว

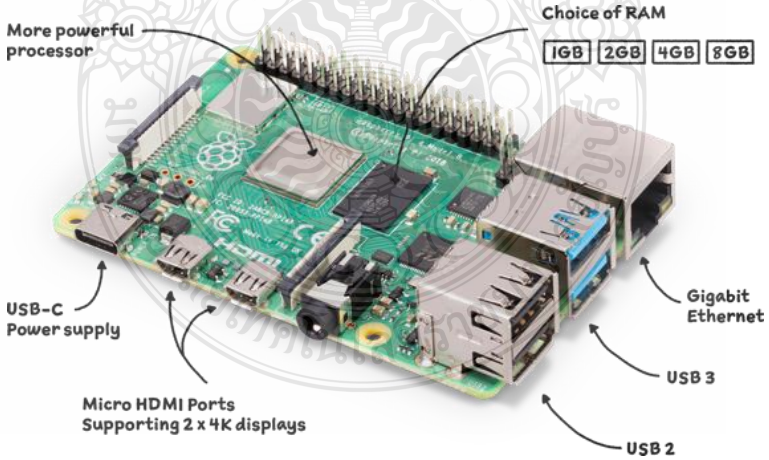
นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับกล่องโต้ตอบ Quick-Add ที่เรียกใช้โดย Ctrl/Command-Click บนเวิร์กสเปซเพื่อแทรกโหนดใหม่อย่างรวดเร็วและเชื่อมต่อกับโหนดก่อนหน้าในโฟลว์แล้ว

สายแยกหากโหนดที่มีทั้งพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตถูกลากไปเหนือจุดกึ่งกลางของเส้นลวด ลวดจะถูกวาดด้วยเส้นประ หากโหนดถูกดร็อป โหนดนั้นจะถูกแทรกเข้าไปในโฟลว์โดยอัตโนมัติ ณ จุดนั้น



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อสายระหว่างโหนด

2.3 Raspberry Pi



รูปที่ 2.8 Raspberry Pi [4]

เมื่อปี 2549 ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ โดยผู้สร้างทั้งสี่คนคือ อีเบน อัพตั้น, รี๊อบ มูลลิ่นส์, แจ๊ค แลง และ อลัน มายครอฟท์ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ ราสเบอร์รี่พายเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีราคาไม่สูงมาก บุคคลทั่วไปสามารถหามาครอบครองและใช้งานได้ จึงเหมาะสมสำหรับศึกษาการทำงานของคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมง่ายๆ ได้ทันที โดยการที่ราสเบอร์รี่พายเป็นบอร์ดวงจรรวมที่ว่างเปล่าดังรูปที่ 2.8 จึงเห็นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันที่มาในกล่องสวยงามได้มากขึ้นง่ายที่สุดทุกคนสามารถใช้ราสเบอร์รี่พายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปประจำบ้านอีกเครื่องหนึ่งได้ แม้ว่าอาจจะไม่มีพลังสูงเหมือนเครื่องรุ่นใหญ่ แต่ก็เพียงพอ ที่จะเล่นกับคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการพื้นฐานของ ราสเบอร์รี่พาย (NOOBS หรือ Raspian) นั้นมีโปรแกรมและเกมส์จำนวนหนึ่งให้ลองใช้อีกด้วย แต่ที่สำคัญคือ สามารถเริ่มฝึกเขียนโปรแกรมได้ทันที เช่น เขียนโปรแกรมง่ายๆ ด้วยภาษาไพทอน (Python) ที่มีโปรแกรมรองรับทันทีที่เปิดเครื่องขึ้นมา[4]

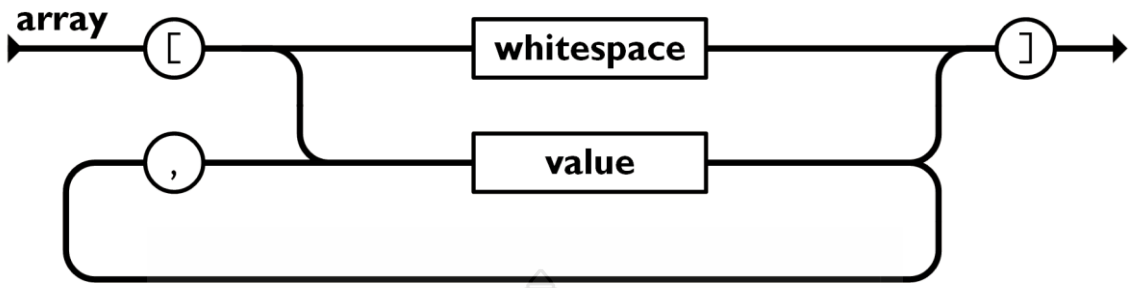
2.4 Linux

เริ่มแรกของระบบลินุกซ์นั้นพัฒนาและใช้งานในเฉพาะกลุ่มผู้ที่สนใจ ซึ่งในปัจจุบันลินุกซ์ได้รับความนิยมเนื่องมาจากระบบการทำงานที่เป็นอิสระ ปลอดภัย เชื่อถือได้ และราคาต่ำ จึงได้มีการพัฒนาจากองค์กรต่าง ๆ เช่น ไอบีเอ็ม ฮิวเลตต์-แพคการ์ด และโนเวลล์ ใช้สำหรับในระบบเซิร์ฟเวอร์และพีซี เริ่มแรกลินุกซ์พัฒนาสำหรับใช้กับเครื่อง อินเทล 386 ไมโครโพรเซสเซอร์ หลังจากที่ได้รับความนิยมปัจจุบัน ลินุกซ์ได้พัฒนารับรองการใช้งานของระบบสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ในระบบต่าง ๆ รวมถึงในโทรศัพท์มือถือ และกล้องวิดีโอ[5-6]

ลินุกซ์ ถือเป็นส่วนสำคัญของซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์ที่เรียกว่า LAMP ย่อมาจาก Linux, Apache, MySQL, Perl/PHP/Python ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และพบมากสุดระบบหนึ่ง ตัวอย่างซอฟต์แวร์ซึ่งพัฒนาสำหรับระบบนี้คือ มีเดียวิกิ ซอฟต์แวร์สำหรับวิกิพีเดีย

2.5 รูปแบบภาษา JSON (JavaScript Object Notation)

JSON (JavaScript Object Notation) เป็นรูปแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่และสามารถอ่านและเขียนได้ง่าย ซึ่งง่ายสำหรับเครื่องที่จะแยกวิเคราะห์และสร้าง อิงตามชุดย่อยของ JavaScript Programming Language Standard ECMA-262 ฉบับที่ 3 - ธันวาคม 2542 JSON เป็นรูปแบบข้อความที่ไม่ขึ้นกับภาษาทั้งหมด แต่ใช้แบบแผนที่คุ้นเคยกับโปรแกรมเมอร์ของตระกูล C ของภาษา รวมถึง C C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python และอื่นๆ อีกมากมาย คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ JSON เป็นภาษาแลกเปลี่ยนข้อมูลในอุดมคติ [7]

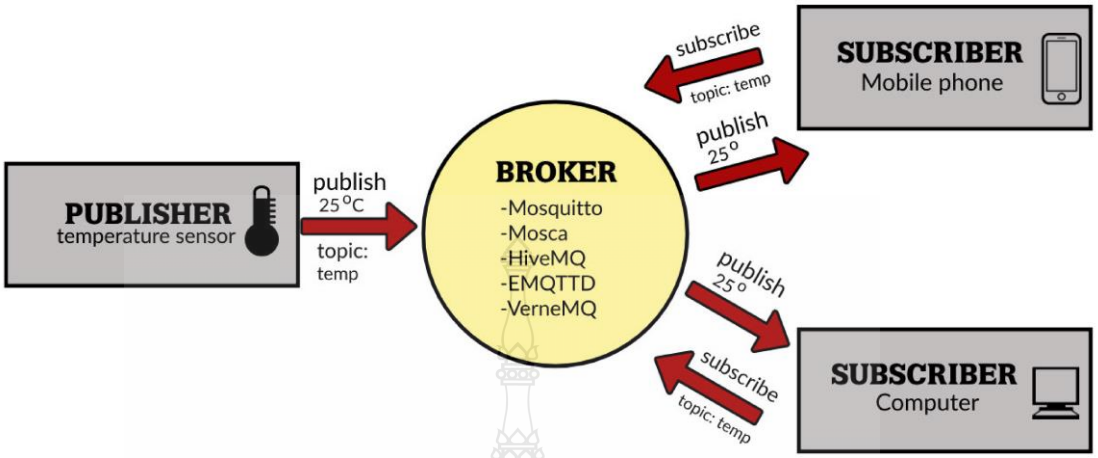


รูปที่ 2.9 การเขียนข้อมูลในรูปแบบ Array [7]

JSON สร้างขึ้นจากสองโครงสร้าง:คอลเลกชันของคู่ชื่อ/ค่า ในภาษาต่างๆ สิ่งนี้ถูกรับรู้เป็นอ็อบเจ็กต์ บันทึก โครงสร้าง พจนานุกรม ตารางแฮช รายการคีย์ หรืออาเรย์ดังรูปที่ 2.9 ที่เชื่อมโยงรายการเรียงลำดับของค่า ในภาษาส่วนใหญ่ จะรับรู้เป็นอาร์เรย์ เวกเตอร์ รายการ หรือลำดับเหล่านี้เป็นโครงสร้างข้อมูลสากล ภาษาโปรแกรมสมัยใหม่แทบทั้งหมดสนับสนุนในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง มันสมเหตุสมผลแล้วที่รูปแบบข้อมูลที่สามารถใช้แทนกันได้กับภาษาโปรแกรมก็ขึ้นอยู่กับโครงสร้างเหล่านี้ด้วย

2.6 MQTT (MQ TELEMETRY TRANSPORT)

MQTT เป็น Protocol การสื่อสารที่อยู่ในชั้นแอพพลิเคชั่นซึ่งสามารถที่จะรันบน TCP/IP โดยที่MQTTนั้นถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี 1999 โดย IBM และ Eurotech สำหรับการแสดงและความคุมสถานะท่อส่งน้ำมันที่ถูกวางผ่านเขตทะเลทราย โดยการออกแบบให้เป็นการรับส่งข้อมูลที่มีขนาดและน้ำหนักเบามาก ด้วยโพรโทคอลแบบเปิด ดังนั้นในปัจจุบัน MQTT จึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในระบบการสื่อสารแบบ IoT หรือ M2M ซึ่งมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กหรือการใช้พลังงานที่จำกัดในการสื่อสารที่มีระยะทางไกล โดยที่ต้องการใช้งานแบนด์วิดธ์อย่างมีคุณภาพ ดังนั้นโมเดลการสื่อสารของโพรโทคอลแบบเปิดนี้จึงสามารถแสดงดังรูปที่ 2.10 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือไคลเอนต์ และโบรกเกอร์ [8-12]



รูปที่ 2.10 โมเดลการสื่อสารของโพรโทคอล MQTT [12]

2.6.1 โบรกเกอร์

โบรกเกอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางที่รวบรวมการเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลระหว่างไคลเอนต์ ซึ่งมีการกำหนดวิธีและเส้นทาง (Routing) โดยการกำหนดหัวข้อ (Topic) ซึ่งมีไคลเอนต์ Subscribe ในหัวข้อที่ต้องการ ดังนั้นข้อความทั้งหมดที่ถูกพับลิคจากหัวข้อที่ผู้ส่งกำหนดไว้ จะถูกส่งผ่านโดยโบรกเกอร์ ซึ่งมีการกำหนดไคลเอนต์ที่จะสื่อสารกันโดยที่ไม่เคยติดต่อสื่อสารกันมาก่อน ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาที่มีความเกี่ยวพันกันระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้ใช้ข้อมูล ซึ่งส่งผลให้การขยายตัวของระบบทำได้ง่าย นอกจากนี้หน้าที่ ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของโบรกเกอร์คือการป้องกันและรักษาความปลอดภัยของไคลเอนต์ (Authorization, Authentication) ซึ่งในส่วนนี้สามารถขยายและใช้งานรวมกับระบบป้องกันของเคลือข่ายที่มีอยู่แล้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้โบรกเกอร์ใช้งานร่วมกับระบบปฏิบัติการอื่นๆได้และส่วน Authorization ของ NETPIE ซึ่งจะได้กล่าวถึงในส่วนหัวข้อต่อไป ดังนั้นการขยายการรักษาความปลอดภัยของโบรกเกอร์จึงเป็นตัวอย่างหนึ่งใน MQTT ซึ่งปัจจุบันนั้นมีโบรกเกอร์ที่สามารถใช้งานในระบบ MQTT เปิดให้ดาวน์โหลด และใช้งานหรือการปรับปรุงและแก้ไขอยู่หลายรายซึ่งมีดังนี้เช่น Mosquitto, RabbitMQ, Erlang, VerneMQ ฯลฯ

2.6.2 ไคลเอนต์

ไคลเอนต์นั้นจะเป็นได้ทั้งการส่งข้อมูล(Publisher) หรือการรับข้อมูล(Subscriber) หรือทั้งการส่งและการรับข้อมูลในหัวข้อที่กำหนดไว้ในเวลาเดียวกัน (Publisher/Subscriber) ก็ได้ ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบใดก็ได้ที่สามารถใช้ระบบการส่งข้อมูลแบบ MQTT Client Library บน TCP/IP Stack

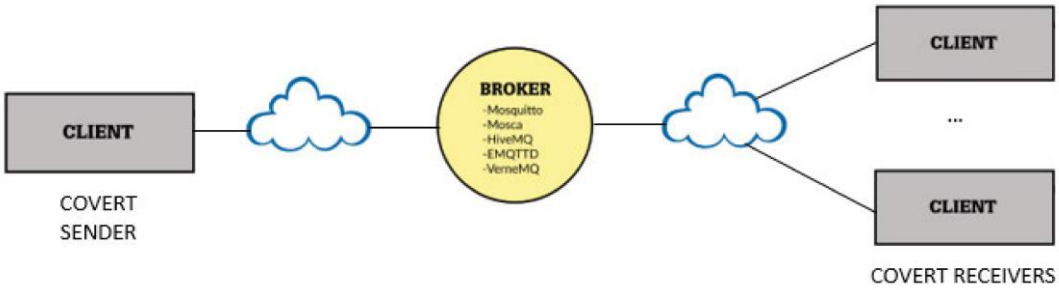
ดังนั้นการใช้ MQTT ซึ่งเป็นโมเดล Publish/Subscribe ภาระในการทำงานส่วนใหญ่จึงไปอยู่ในฝั่งโบรกเกอร์ ซึ่งทำให้ Library นั้นจำเป็นต้องมีขนาดเล็ก และสามารถติดตั้งได้ง่าย ให้เหมาะกับการใช้งานได้กับอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำที่จำกัด เพราะว่าไคลเอนต์นั้นจำเป็นต้องมีการเปิดการเชื่อมต่อของ TCP ไว้ตลอดเพื่อที่จะให้โบรกเกอร์สามารถส่งข้อความนั้นออกไปยังระบบหลักให้ได้ ดังนั้นหากการเชื่อมต่อมีเสถียนระภาพต่ำ จะทำให้โบรกเกอร์ที่จะเก็บข้อความทั้งหมดที่เข้ามาไว้จนกว่าไคลเอนต์จะกลับมาออนไลน์อีกครั้งทำให้เป็นภาระหนัก

ซึ่งการเปรียบเทียบระบบการส่งข้อมูลของ MQTT กับระบบการส่งข้อมูลของ HTTP (REST) ที่มีโครงสร้างแบบ Request/Response จะพบว่า MQTT มีด้านที่สามารถให้โบรกเกอร์ส่งข้อมูล (Push) ข้อความไปยังไคลเอนต์ได้รวดเร็วตามเหตุการณ์ที่จำเป็น (Event driven) ซึ่งขณะที่เมื่อใช้ HTTP ฝั่งไคลเอนต์ต้องคอยสุ่มถาม (Poll) เพื่อเรียกข้อมูลที่จำเป็นเป็นระยะๆ ดังนั้นต้องตั้งค่าคาบเวลาของการสุ่มถามหรือเรียกข้อมูลไว้ก่อนล่วงหน้า โดยที่แต่ละครั้งนั้นต้องมีการสร้างการเชื่อมต่อของการเรียกข้อมูลขึ้นมาใหม่ ซึ่งบางที่อาจจะไม่มีข้อมูลใหม่ส่งมาเลยก็ได้ ดังนั้นหากต้องการให้ระบบทำงานแบบ Real Time นี้จึงเป็นสาเหตุที่ไม่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นความสิ้นเปลืองทางด้านเวลาที่ต้องตั้งค่าให้สุ่มเรียกข้อมูลซึ่งทำให้ระบบสิ้นเปลืองพลังงานที่ไม่จำเป็น จึงเป็นอีกเหตุผลสำคัญที่ทำให้ MQTT ได้รับความนิยมเหนือ REST สำหรับการใช้งานแบบ M2M นอกเหนือจากการมีน้ำหนักเบา

2.6.3 MQTT Topics

MQTT Topic เป็น UTF 8 String ในลักษณะเดียวกับ File Path คือสามารถจัดเป็นลำดับชั้นได้ด้วยการขั้นด้วย “/” ตัวอย่างเช่น myhome/floor one/room c/temperature ไคลเอนต์สามารถเลือก Publish หรือ Subscribe เฉพาะ Topic หรือ Subscribe หลาย Topic พร้อมๆ กันโดยใช้ Single Level Wildcard (+) เช่น myhome/floor one/+/temperature หมายถึงการขอเขียนหรือรับข้อความ temperature จากทุกๆ ห้องของ myhome/floor one หรือ Multi Level Wildcard (#) เช่น myhome/floor one/# หมายถึงการขอเขียนหรือรับข้อความทั้งหมดที่มี Topic ขึ้นต้นด้วย myhome/floor one เป็นต้น

2.6.4 MQTT Connections



รูปที่ 2.11 การเชื่อมต่อสื่อสารของ MQTT [12]

แพ็กเกตควบคุม (Control Packets) ทั้งหมดที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างโบรกเกอร์กับไคลเอนต์ใน MQTT มีทั้งสิ้น 14 ชนิด ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของแพ็กเกตควบคุมในโพรโทคอล MQTT

แพ็กเกตควบคุม	**ผู้ส่ง**		**คำอธิบาย**
	Broker	**Client**	
CONNECT		X	ขออนุญาตเชื่อมต่ออุปกรณ์
CONNACK	X		รับทราบการขอเชื่อมต่ออุปกรณ์
PUBLISH	X	X	ข้อความที่ต้องการ
PUBACK	X	X	แจ้ง Publish (Qos Level 1)
PUBREC	X	X	แจ้งว Publish (Qos Level 2
PUBREL	X	X	รับข้อความถูก Publish แล้ว และแจ้งให้อีกผู้รับลบค่าสถานะได้ (QoS Level 2)
PUBCOM	X	X	แจ้งว่า Publish เสร็จสิ้นและสถานะถูกลบ (QoS Level 2)
SUBSCRIBE		X	ขอ Subscribe
SUBACK	X		รับทราบการขอ Subscribe
UNSUBSCRIBE		X	ขอยกเลิก Subscribe
UNSUBACK	X		รับทราบการขอยกเลิก Subscribe
PINGREQ		X	PING Requset

PINGRESP	X		PING Response
DISCONNECT		X	ขอยกเลิกการเชื่อมต่อ

หลักการเชื่อมต่อระบบ MQTT นั้นจะเริ่มต้นเมื่อแพ็กเกตควบคุมถูกส่งมาจากฝั่งไคลเอนต์เพื่อ Connect ไปยังโบรกเกอร์ หลังจากนั้นโบรกเกอร์จะทำการตอบรับด้วยแพ็กเกตควบคุม Connect ซึ่งวิธีนี้จะช่วยแก้ไขปัญหาที่ไคลเอนต์ที่ติดตั้งอยู่หลังเราท์เตอร์ หรือเลขไอพีสาธารณะไม่มี เพราะ ซึ่งโบรกเกอร์ที่มีเลขไอพีที่เป็นสาธารณะ จะทำการเชื่อมต่อระบบไว้ตลอดเวลาเมื่อได้รับแพ็กเกตควมคุม Connect และจะรักษาสถานะไว้แบบนั้นตลอดเวลา เว้นแต่โบรกเกอร์ตรวจสอบไม่พบแพ็กเกต Connect หรือแพ็กเกตที่ได้รับไม่ถูกต้อง และไคลเอนต์ใช้เวลาในการเชื่อมต่อมากเกินไปนับตั้งแต่เริ่มเปิดซ็อกเก็ตจนกระทั่งเริ่มส่งแพ็กเกตไปยังโบรกเกอร์ ดังนั้นแล้วโบรกเกอร์จะหยุดการเชื่อมต่อทันที ซึ่งเป็นระบบปกป้องไคลเอนต์ที่มีวัตถุประสงค์แอบแฝงบางอย่าง ที่ต้องการจะรบกวนระบบของโบรกเกอร์ ดังนั้นไคลเอนต์จึงเป็นผู้กำหนดค่าเชื่อมต่อในแพ็กเก็ตควบคุม connect ซึ่งจะต้องกำหนดค่าดังต่อไปนี้

Client ID เป็นไอดีที่ใช้สำหรับโบรกเกอร์ เพื่อที่จะให้โบรกเกอร์ยืนยันตัวตนของผู้เชื่อมต่อของไคลเอนต์และใช้บันทึกค่าสถานะเซสชั่น ซึ่งได้แก่ Subscriptions และข้อความทั้งหมดที่ไคลเอนต์ยังไม่ได้รับ ดังนั้นการกำหนดค่า Client ID จึงจำเป็นที่จะต้องตั้งค่าที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น แต่ถ้าหากผู้ใช้ไม่ต้องการให้โบรกเกอร์บันทึกค่าสถานะของไคลเอนต์สามารถยกเว้นส่วนนี้ไว้

Clean Session คือการกำหนดค่าหรือบอกกับโบรกเกอร์ให้บันถึกค่าสถานะเซสชั่น ซึ่งมีค่า True หรือ False หากต้องการให้โบรกเกอร์บันทึกค่าไว้ระบุค่าเป็น False หากไม่ต้องการให้ระบุค่าเป็น True แต่ถ้าหากว่าไคลเอนต์ไม่ระบุค่า Client ID ในแพ็กเกต CONNECT จำเป็นต้องระบุ Clean Session เป็น True มิฉะนั้นโบรกเกอร์จะไม่ยอมรับการเชื่อมต่อของไคลเอนต์

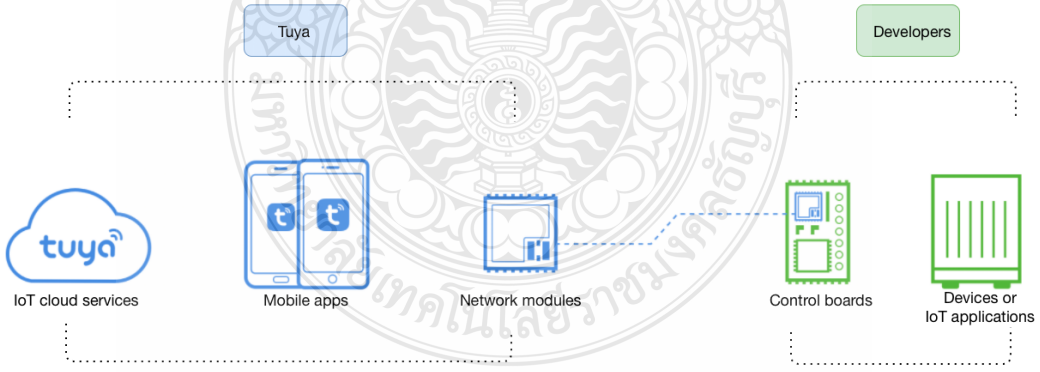
Username และ Password ตามมาตรฐานการเชื่อมต่อนั้นการระบุค่า Username และ Password เพื่อที่จะให้โบรกเกอร์ใช้ในการ Authentication และ Authorization ตามมาตรฐานปัจจุบันของ (MQTT 3.1.1) ซึ่ง Protocol MQTT เองนั้นไม่ได้มีการเข้ารหัสหรือแฮชในข้อมูลส่วนนี้ กล่าวคือเมื่อ Username/Password ถูกส่งข้อมูลเป็น Plaintext ซึ่งเรื่องนี้เป็นข้อที่ควรระวังของการใช้ MQTT ดังนั้นจึงควรที่จะเพิ่มชั้นความปลอดภัยด้วยการเพิ่มเติมระบบความปลอดภัยเช่น TLS ในชั้นทรานสปอร์ต

Last Will Topic, Last Will QoS และ Last Will Message การระบุข้อมูลส่วนนี้มีไว้เพื่อให้โบรกเกอร์ Publish ข้อความสุดท้าย (Last Will Message) ไปยัง Topic ที่ผู้ใช้ต้องการข้อมูลที่ระบุไว้ (Last Will Topic) การส่งข้อความนี้เพื่อให้ไคลเอนต์อื่นรับรู้เมื่อมีการใช้งานของไคลเอนต์ที่หลกหลายว่าไคลเอนต์ที่หลุดออกจากการเชื่อมต่อแบบไม่ได้เจตนา

Keep Alive เป็นการกำหนดค่าตัวเลขคาบเวลาที่ไคลเอนต์จะทำการส่งข้อมูลระหว่างไคลเอนต์กับโบรกเกอร์ว่าจะทำการข้อมูลส่งแพ็กเกตควบคุม PINGREQ มาตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งโบรกเกอร์จะทำการตอบด้วยแพ็กเกต PINGRESP ซึ่งจะทำให้ไคลเอนต์และโบรกเกอร์รับรู้ว่ายังติดต่อสื่อสารการอยู่

2.7 Smart Circuit Breaker

Tuya IoT Development Platform มุ่งมั่นที่จะสร้างมาตรฐานการเชื่อมต่อโครงข่ายเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาอย่างชาญฉลาดสำหรับเจ้าของแบรนด์ ผู้ผลิต OEM นักพัฒนา ผู้ค้าปลีก และผู้เข้าร่วม IoT อื่นๆ บนพื้นฐานของระบบคลาวด์สาธารณะที่ปรับใช้ทั่วโลก Tuya IoT Development Platform จะประมวลผลคำขอและการโต้ตอบของอุปกรณ์มากกว่า 100 ล้านรายการในแต่ละวัน และเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะในสถานการณ์อัจฉริยะที่หลากหลาย แพลตฟอร์มดังกล่าวนำเสนอบริการที่หลากหลายซึ่งครอบคลุมเครื่องมือการพัฒนาฮาร์ดแวร์ บริการคลาวด์ IoT และการพัฒนาธุรกิจอัจฉริยะดังรูปที่ 2.12 ความสามารถปลดล็อกจินตนาการในทุกด้าน ตั้งแต่ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไปจนถึงการขยายช่องทางการตลาด [13]



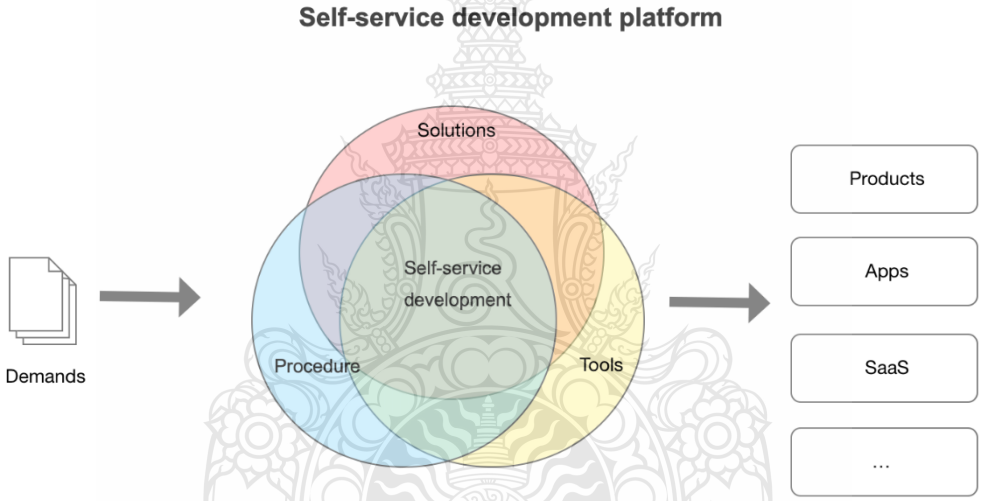
รูปที่ 2.12 การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อระบบ IoT [13]

ณ วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2565 Tuya IoT Development Platform ได้รวบรวมนักพัฒนาที่ลงทะเบียนแล้วกว่า 582,000 รายจากกว่า 200 ประเทศและภูมิภาค ให้บริการลูกค้ามากกว่า 8,400

รายและแบรนด์ 4,100 แบรนด์ อุปกรณ์อัจฉริยะที่ขับเคลื่อนโดย Tuya มีให้บริการในประมาณ 120,000 ช่องทั่วโลก

การพัฒนาบริการตนเองของแพลตฟอร์ม Tuya IoT ช่วยเพิ่มความสะดวกในการแก้ปัญหาเพื่อกระตุ้นการพัฒนาแบบบริการตนเองเช่น การออกแบบโมเดลข้อมูลของสิ่งต่าง ๆ การเลือกฮาร์ดแวร์ การพัฒนาแบบฝัง และการพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถรับผลลัพธ์ที่มีประสิทธิผลได้ง่ายๆ โดยการพัฒนาอิสระบนแพลตฟอร์มด้วยต้นทุนขั้นต่ำ โดยไม่จำเป็นต้องมีส่วนร่วมในกระบวนการที่ไม่ได้มาตรฐานเพิ่มเติมแบบออฟไลน์

แพลตฟอร์มการพัฒนา Tuya IoT มีส่วนร่วมมาหลายปีในการดำเนินโครงการและผลิตภัณฑ์ให้ประสบความสำเร็จ แนวทางปฏิบัติที่สำคัญเหล่านี้ได้รับการขัดเกลาให้กลายเป็นรูปแบบการพัฒนาแบบบริการตนเองที่ล้ำสมัยภายใต้การทำซ้ำอย่างต่อเนื่อง

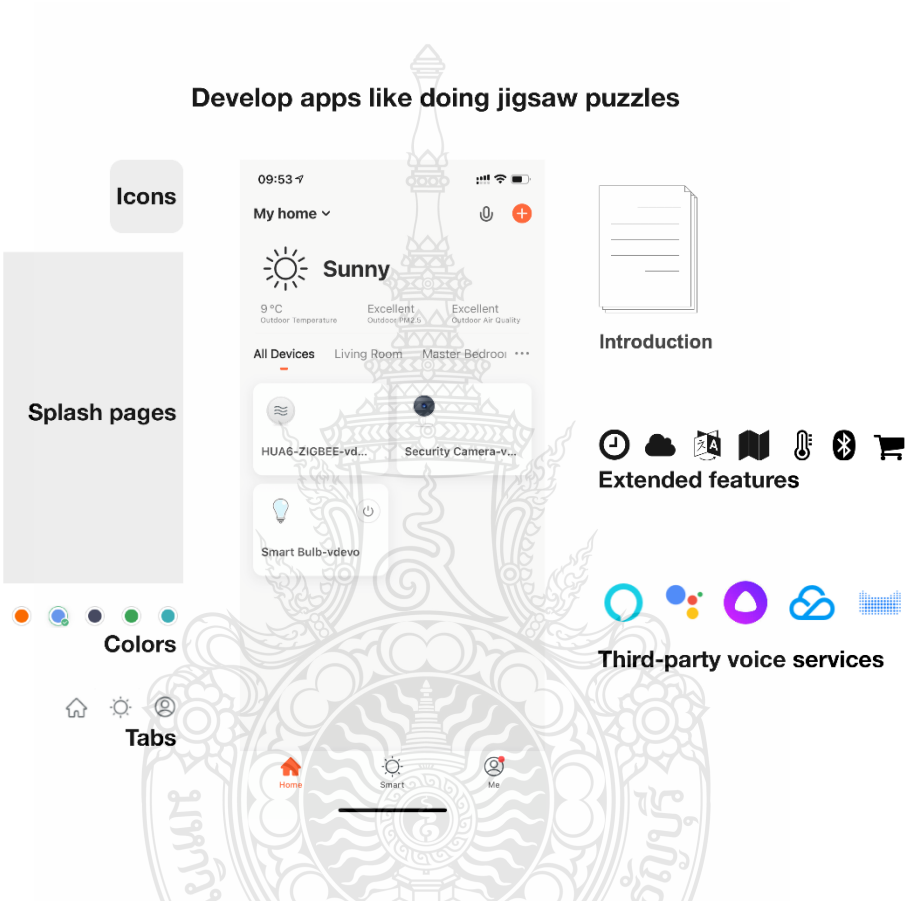


รูปที่ 2.13 การพัฒนาโซลูชั่นโซลูชันของ Smart Circuit Breaker [13]

โซลูชั่นโซลูชันการพัฒนาอัจฉริยะที่รวดเร็วนั้นอยู่ในแนวหน้าของแพลตฟอร์ม รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การพัฒนาแอพ และการพัฒนาคลาวด์ดังรูปที่ 2.13 โซลูชันการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของ Tuya รองรับผลิตภัณฑ์หลายพันประเภท กระบวนการพัฒนาแบบ end-to-end มีความชัดเจน โดยคำนึงถึงการออกแบบฟังก์ชัน เทมเพลตแผง เฟิร์มแวร์ ฮาร์ดแวร์ เช่น โมดูลและส่วนประกอบแผงวงจรพิมพ์ (PCBA) เคสทดสอบ การกำหนดค่าอัจฉริยะขั้นสูงที่กำหนดเวลาไว้ล่วงหน้า และอื่นๆ คุณสามารถเริ่มต้นการพัฒนาด้วยขั้นตอนง่ายๆ ไม่กี่ขั้นตอน หรือปรับปรุงโซลูชันที่มีอยู่ตามเงื่อนไขของคุณ เทมเพลตโซลูชันผลิตภัณฑ์อัจฉริยะจำนวนหนึ่งได้รับการทดสอบอย่างสมบูรณ์โดยการผลิตจำนวนมากที่ประสบความสำเร็จ คุณสามารถดำเนินการพัฒนาอย่างเต็มรูปแบบโดยใช้เทมเพลตได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่า

คุณจะใหม่หรือมีประสบการณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโซลูชันที่แนะนำ โปรดดูที่ Solution Center

เพื่อส่งเสริมการพัฒนาแอปของคุณ เทมเพลตแอป OEM ส่วนบุคคลพร้อมให้คุณใช้งานแอปที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุมอัจฉริยะ คุณสามารถสร้างและเปิดใช้แอปประเภทนี้ได้อย่างง่ายดายโดยไม่ต้องเขียนโค้ดใดๆ

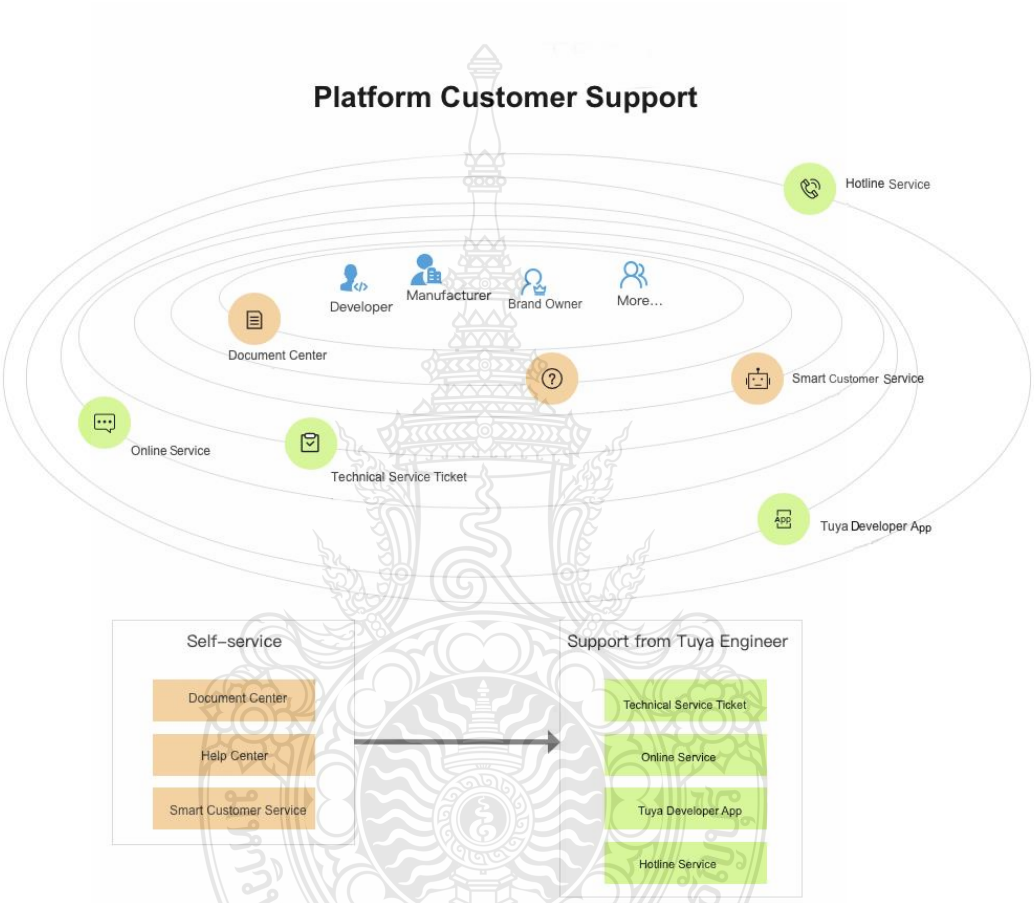


รูปที่ 2.14 การพัฒนาแพลตฟอร์มแบบอิสระ [13]

กระบวนการ Tuya ใช้ความคิดริเริ่มในการจัดหาแบบจำลองห้าขั้นตอนง่ายๆ ของการพัฒนาโค้ดต่ำบนแพลตฟอร์มดังรูปที่ 2.14 โมเดลนี้จะแนะนำขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัจฉริยะ ทั้งผู้เริ่ต้นและนักพัฒนาฮาร์ดแวร์ที่เพิ่งเปลี่ยนมาสู่วงการ IoT สามารถเข้าใจภาพรวมของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ IoT โดยไม่ต้องเตรียมการล่วงหน้า คุณสามารถเรียนรู้และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เสร็จสมบูรณ์ในระหว่างเวิร์กโฟลว์ โมเดลห้าขั้นตอนนี้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการพัฒนาโค้ดต่ำในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีการทำซ้ำและเผยแพร่กระบวนการที่ครอบคลุมเพื่อ

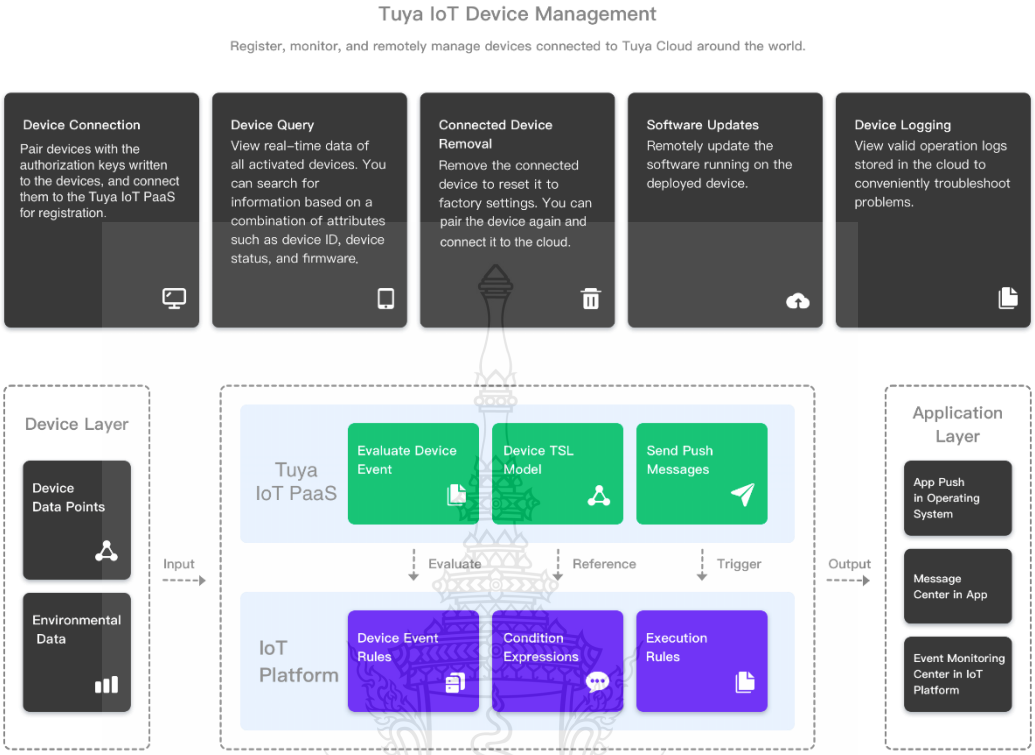
ส่งเสริมการพัฒนาแอป มินิโปรแกรม และโครงการระบบคลาวด์ของคุณ สามารถลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาได้มากที่สุด

การสนับสนุนทางเทคนิค Tuya IoT Development Platform รองรับการสนับสนุนทางเทคนิคออนไลน์หลายประเภท ทีมสนับสนุนมืออาชีพทุ่มเทเพื่อแก้ไขปัญหาในการพัฒนา การจัดการและธุรกรรมในทุกสาขาดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การสนับสนุนทางเทคนิค Tuya IoT Development Platform [13]

Tuya IoT Device Management ช่วยในเรื่องของการอำนวยความสะดวกในการพัฒนาและ O&M ของอุปกรณ์อัจฉริยะทั่วโลกที่เชื่อมต่อถึงกันในระบบคลาวด์ บริการนี้ช่วยคุณในการตรวจสอบ ติดตามบันทึก การจัดการระยะไกล และการอัปเดต OTA หากอุปกรณ์เข้าสู่สถานะที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือรายงานข้อมูลบางอย่าง หรือตามการแจ้งเตือนแบบพุชที่ระบุ การแจ้งเตือนหรือข้อความจะถูกส่งไปยังผู้ใช้อุปกรณ์และเจ้าหน้าที่ O&M ของแพลตฟอร์มที่สามารถใช้มาตรการตอบสนองได้ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม โปรดดูที่ อุปกรณ์



รูปที่ 2.16 การจัดการข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Tuya IoT [13]

การวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์และแอปพลิเคชันบนเครือข่ายจะส่งข้อมูลจำนวนมากไปยังคลาวด์ ข้อมูลจะถูกลดระดับและเข้ารหัสตามระเบียบข้อบังคับด้านความปลอดภัยของข้อมูล ก่อนที่ผลลัพธ์ทางสถิติจะถูกนำเสนอบนแพลตฟอร์มการพัฒนา Tuya IoT สามารถเจาะลึกลงไปในการวิเคราะห์ข้อมูล และรับข้อมูลเชิงลึกที่นำไปใช้ได้จริงในการพัฒนา การวิจัยตลาด และการดำเนินงานรูปแบบสถิติทั่วไปสำหรับอุปกรณ์ แอป และความคิดเห็นของผู้ใช้สามารถนำไปใช้กับแดชบอร์ดข้อมูลแบบภาพได้ดังรูปที่ 2.16 วิธีการและเครื่องมือทางสถิติมากมายได้รับการออกแบบมาเพื่อให้เหมาะกับความต้องการของคุณ โดยปกติ คุณสามารถปรับแต่งเวลาและภูมิภาคเป้าหมาย และคำนวณสถิติที่แตกต่างกันตามปริมาณหรือเปอร์เซ็นต์ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถดาวน์โหลดข้อมูลดิบสำหรับสถิติสำหรับการวิเคราะห์อิสระเพิ่มเติม เพื่อตอบสนองในสิ่งที่ต้องการส่วนบุคคลของคุณ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม โปรดดูที่ บริการข้อมูล

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยว

เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ [14] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบการควบคุมระบบส่องสว่างในครัวเรือนจากสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยสามส่วนได้แก่ แอปพลิเคชัน Android, บริการ NETPIE และ หน่วยควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้จึงสามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกๆที่ที่ผู้ใช้งานสามารถที่จะเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต การควบคุมสามารถทำได้ทั้งระบบทัชสกรีนและการสั่งงานด้วยเสียง ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นต้นแบบ โดยนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับบ้านอัจฉริยะและเพื่อตอบโจทย์ความต้องการในยุคไทยแลนด์ 4.0

ไพวรรณ มะละ และคณะ [15] ได้ศึกษาการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดอาการเกิดโรคแผลกดทับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรับ-ส่ง ข้อมูล สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลแรงกดทับตามลักษณะท่านอนของผู้ป่วย แบ่งตามอวัยวะทั้ง 9 ส่วน คือ หลังศีรษะ ไหล่ซ้าย ไหล่ขวา ข้อศอกซ้าย ข้อศอกขวา ก้นซ้าย ก้นขวา ส้นเท้าซ้าย และส้นเท้าขวา โดยอาศัยเทคโนโลยี IoT (Internet of things) ร่วมกับ MQTT Protocol (Message Queuing Telemetry Transport Protocol) เพื่อ รับ-ส่ง ข้อมูลจากเตียงลมสู่ระบบฐานข้อมูลแบบ Relational Database วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ การตัดสินใจแบบโครงสร้างต้นไม้ (Decision Tree) เพื่อทำงานด้านขบวนการวิเคราะห์และการตัดสินใจ โดยอาศัยหลักการยุบและพองของพื้นผิวสัมผัสของเตียงลมเพื่อลดแรงกดทับลักษณะเหมือนการเติมลมสำหรับยางรถยนต์ด้วยมาตรฐานการวัด อัตราความดันลมยาง ปอนด์ / ตารางนิ้ว (PSI : Pounds per Square Inch) โดยแสดงผลในรูปแบบของกราฟิก ข้อความออกทางหน้าจอ

รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์ [16] ได้ศึกษาระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน โดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ของอเมซอนร่วมกับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบที่พัฒนาประกอบไปด้วย 1) เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน 2) Gateway สำหรับควบคุมสั่งการปั้มน้ำ วัดระดับน้ำในแทงค์น้ำ เซนเซอร์น้ำฝน โดยรับค่าเซนเซอร์จากเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและส่งข้อมูลไปยัง AWS IoT ผ่านเครืออินเตอร์เน็ตด้วย 3G/WIFI และ 3) Amazon Cloud ประกอบด้วย บริการ EC2 สาหรับติดตั้ง Webserver และการประมวลผลการให้น้ำพืชตามค่าความชื้นในดิน บริการ RDS เป็นฐานข้อมูล SQL สำหรับเก็บข้อมูลผู้ใช้และโปรไฟล์พืช บริการ DynamoDB เก็บข้อมูลเซนเซอร์ต่างๆในรูปแบบ NoSQL และบริการ AWS

IoT เป็นตัวจัดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Gateway กับระบบคลาวด์ผ่านโปรโตคอล MQTT ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าจอเว็บ Dashboard สำหรับดูข้อมูลแบบ Realtime และย้อนหลัง รวมถึงสามารถสั่งการให้น้ำพืชทั้งแบบอัตโนมัติและแบบ manual ได้อีกด้วย และรองรับการใช้งานหลายไร่หรือหลายเกษตรกร ผลการทดสอบรู้ว่าระบบสามารถสามารถทำงานได้ถูกต้อง ทั้งในเรื่องการเก็บข้อมูล การรับส่งข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลบนหน้าจอ Dashboard

วิษณุ ช้างเนียม [17] ได้ทำการศึกษาอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติบโตและความหวาน โดยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาและทดสอบอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เพื่อนำข้อมูลไปใช้สำหรับการพยากรณ์การเติบโตและความหวานของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่บันทึกประกอบด้วย อุณหภูมิในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน ความเข้มแสงแดด และปริมาณน้ำฝน การบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที การส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมแยกตามพื้นที่ปลูกสับปะรด ในพื้นที่ปลูกสับปะรดมีสัญญาณอินเตอร์ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบออนไลน์ ส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านระบบ IoT ส่วนในพื้นที่ปลูกสับปะรดไม่มีสัญญาณอินเตอร์ใช้การส่งข้อมูลแบบบลูทูธเก็บข้อมูลในแอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์ก่อนส่งไปเก็บที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย จากการนำอุปกรณ์ไปใช้งานในพื้นที่ปลูกสับปะรดพบว่า การทำงานของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การส่งข้อมูลผ่านระบบ IoT ต้องส่งข้อมูลทุกๆ 10 นาที เพื่อให้สื่อสารกับ Broker MQTT ทำงานได้อย่างดีและต่อเนื่อง ถ้าไม่ส่งในเวลาที่กำหนดต้องทำการเชื่อมต่อกับ Broker MQTT ใหม่ทุกครั้งและเป็นรูปแบบที่ใช้งานพลังงานสูงกว่าการส่งข้อมูลภายในเวลาที่กำหนด การส่งข้อมูลผ่านบลูทูธส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วเหมาะสมกับการส่งข้อมูลแบบออฟไลน์ แต่อุปกรณ์ทั้งสองต้องมีระยะห่างไม่เกินกว่า 7 เมตรในการติดต่อสื่อสาร ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เก็บด้วยอุปกรณ์สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์การเติบโตและความหวานสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ณัฐพงศ์ พลสยม และ จักรพันธุ์ ศิริบูรณ์ [18] ได้ศึกษาการเพื่อพัฒนาระบบสำหรับชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ วัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี IoT 2) ประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ 3) ศึกษาผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ กลุ่มที่ 1

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบในระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้นและแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน เพื่อประเมินการยอมรับระบบชุดเซ็นเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบชุดเซ็นเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สายควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน 2) แบบประเมินคุณภาพระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ 3) แบบวัดการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ พบว่า องค์ประกอบของพัฒนาองค์ประกอบของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนประกอบที่ 1 แอปพลิเคชันควบคุมการทำงานของระบบชุดเซ็นเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ประกอบด้วย (1) ส่วนแสดงสถานะการทำงานของระบบชุดเซ็นเซอร์วัดความชื้น (2) ค่าความชื้นในดิน (3) ค่าปริมาณสารอาหารในดิน ส่วนประกอบที่ 2 องค์ประกอบโครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย แผง Solar Cell, Solar Cell Control, Batterry, ESP8266 WiFi, Senser NPK, Senser วัดความชื้น (2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Arduino IDE ส่วนประกอบที่ 3 เทคโนโลยี Internet of Things (ioT) ประกอบด้วย NETPIE CLOUD PLATFORM และ 2) ผลการประเมินความเหมาะสมของระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ N,P,K ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.25) และ 3) ผลการยอมรับระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สาย ควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.51)

กิตติภูมิ เรืองฤทธิ์ และคณะ [19] ได้ศึกษาการพัฒนาระบบติดตามและป้องกันความผิดปกติขณะมอเตอร์ทำงานด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพาย เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย ในการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการทำงานผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด3 เฟสจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าเกิน แรงดันไฟฟ้าต่า แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล เฟสหาย ภาระเกิน อุณหภูมิขดลวดเกิน ความสั่นสะเทือนเกิน โดยใช้เซนเซอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าเฟสจานวน 3 ชุด วัดค่ากระแสไฟฟ้าสายจำนวน 3 ชุด วัดค่าอุณหภูมิขดลวด 1 ชุด ความสั่นสะเทือนของมอเตอร์ 1 ชุด ส่วนตัวประมวลผลใช้โหนด เอ็มซียู

ESP8266 ต่อร่วมกับไอซีเบอร์ MCP3008 ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกจากเซนเซอร์ทั้ง 8 ช่องสัญญาณเป็นดิจิตอลขนาด10 บิท ส่วนภาคการป้องกันใช้แมกเนติกเป็นตัวตัด/ต่อวงจรกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ชนิด3 เฟส ขนาด 1 กำลังม้า, 380V ต่อแบบ Y ขั้นตอนการทดสอบใช้มอเตอร์ที่ทดสอบต่อคัปปลิ้งกับชุดทอร์คมิเตอร์ ยี่ห้อ Terco MV1025 จากนั้นทดสอบสภาวะการทำงานแบบปกติและแบบผิดปกติทั้ง 7 ชนิด นอกจากการทดสอบแบบการป้องกันการผิดปกติแล้ว ยังได้มีการทดสอบการติดตามการทำงานโดยใช้ฟีดของแพลทฟอร์มเน็ตพาย ผลการทดสอบการป้องกันการทำงานแบบผิดปกติ เครื่องป้องกันที่พัฒนาดังกล่าวนี้สามารถทำงานได้สมบูรณ์ทุกๆ เงื่อนไข ส่วนประโยชน์ที่ได้นั้นสามารถป้องกันความเสียหายของมอเตอร์ขณะทำงาน สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงชุดสายการผลิต ซึ่งหมายถึงการรักษาเสถียรภาพการผลิตให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

กามีละห์ นารง และคณะ [20] ได้ศึกษาการพัฒนาและประเมินความพึงพอใจแอพพลิเคชั่นในร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานแอพพลิเคชั่นร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง ผลการวิจัย พบว่า แอพพลิเคชั่นมีความสามารถในการค้นหาร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง สามารถแสดงที่อยู่ร้านอาหารมุสลิมในแต่ละอำเภอ ตำแหน่งที่ตั้ง และเส้นทางไปยังร้านอาหารมุสลิม โดยผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อแผนที่เพื่อนำทางไปยังร้านอาหารมุสลิมได้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานแอพพลิเคชั่นร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ประชาชน และนักท่องเที่ยว จังหวัดตรัง จำนวน 50 คน พบว่า ความพึงพอใจการใช้งานแอพพลิเคชั่นร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ผลการค้นหาเส้นทาง และความแม่นยำในการระบุพิกัดร้านอาหารมุสลิม จากจำนวนร้านอาหารมุสลิม ทั้งหมด 46 ร้าน พบว่า ร้านอาหารมุสลิม จำนวน 40 ร้าน มีความถูกต้องแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 86.96

นางสาวพรทิพย์ วงศ์สินอุดม [21]ได้ศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดเพชรบุรี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพาร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน 3) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เมื่อเรียนด้วย แอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบ

เพื่อนช่วยเพื่อน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดโพพระใน (รุ่งรังสฤษฎ์) อ.เมือง จ.เพชรบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่2 ปีการศึกษา 2557จำนวน 20 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อใช้สอบถามผู้เชี่ยวชาญในการสร้าง แอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา 2) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแอปพลิเคชันบทเรียน บนคอมพิวเตอร์พกพาร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน 3) แอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา 4) แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ร่วมกันแบบเพื่อนช่วยเพื่อนด้วยแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน 5) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา สุขศึกษาและพลศึกษา 6) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อแอปพลิเคชันบทเรียน บนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดเพชรบุรี มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/82.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมมีพฤติกรรมการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับดี 4) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

นายธนวิชญ์ กมลฉ่า และ นางสาวหทัยรัตน์ พินิจสุวรรณ [22] จากการศึกษาค้นคว้าเรื่องอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ของระบบการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน และการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งผลสำรวจพบว่าการพัฒนาเทคโนโลยีของระบบสื่อสารทางอินเตอร์เน็ตมีการพัฒนาแบบก้าวกระโดด ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทของการดำเนินชีวิตของมนุษย์โดยที่ไม่รู้ตัว จึงส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานทางไฟฟ้าที่สิ้นเปลือง จึงก่อให้เกิดปัญหาดังนั้นการปรับปรุงแก้ไขเรื่องดังกล่าวจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และในเมือสถานการณ์ปัจจุบันกลุ่มผู้ใช้อินเตอร์เน็ตได้มีจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการพัฒนาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กลงและเข้าถึงได้ง่าย สามารถติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สายจึงเหมาะสมที่จะนำมาเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการควมคุมและบันทึกผลทางไฟฟ้า และยังสามารถปรับการใช้งายได้หลากหลายจากเซนเซอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงมีส่วนช่วยให้การใช้งานในชีวิตประจำวันของผู้ใช้สะดวกและมีประสิทธิภาพเนื่องด้วยสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้จากทุกที่ที่สามารถเข้าถึงระบบอินเตอร์ได้อย่างดี ซึ่งมีส่วนช่วยให้ลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก โดยใช้ตัวตรวจรู้ PZEM-004T สำหรับการวัดค่าการใช้พลังงาน จากผลการทดลองจึงพบว่า การใช้ระบบควบคุมผ่าน

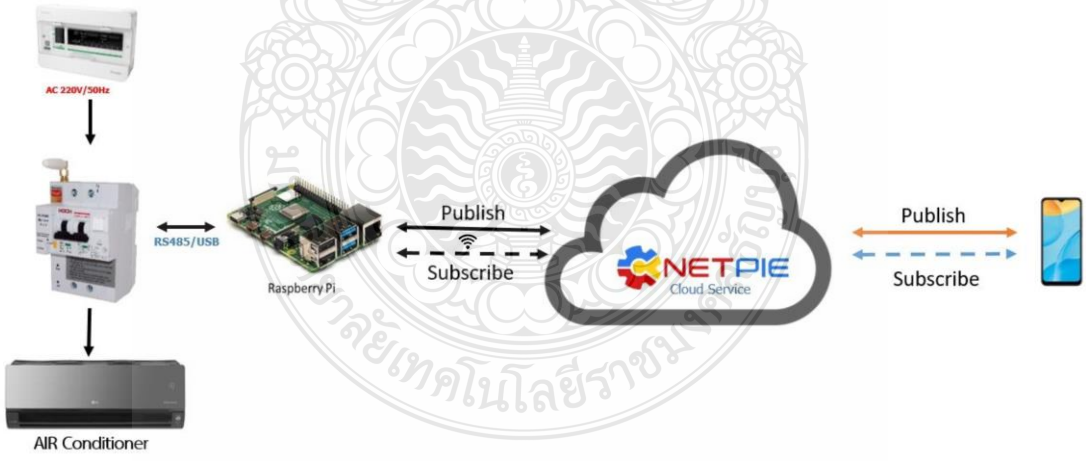
อินเตอร์เน็ตนั้นสามารถควบคุมปิดเปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าและสามารถที่จะบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สายได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการออกแบบระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ โดยใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วย NETPIE เพื่อวัดและแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 3.1

3.1 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบ NETPIE

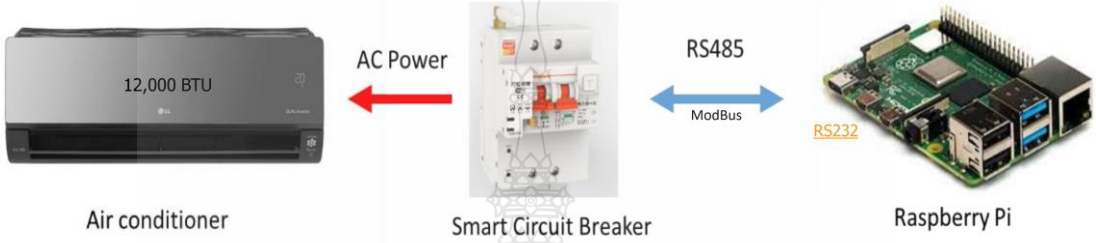
ปัจจุบันเทคโนโนยีในการสื่อสารและการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านระบบ Internet of Things (IoT) เริ่มมีความต้องการในใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งสามารถช่วยให้สะดวกสะบายมากยิ่งขึ้น และสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ได้ทันที่ ซึ่งอุปกรณ์บางอย่างจำเป็นต้องมีระบบป้องกันที่จะทำให้การเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ลดลงและยังช่วยลดความเสียหายภายนอกได้อีกทางหนึ่ง จากการศึกษาเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายระบบ NETPIE จึงได้ออกแบบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยใช้ Netpie Cloud Service ร่วมกับ Node-RED เพื่อการควบคุมซึ่งได้รูปแบบการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

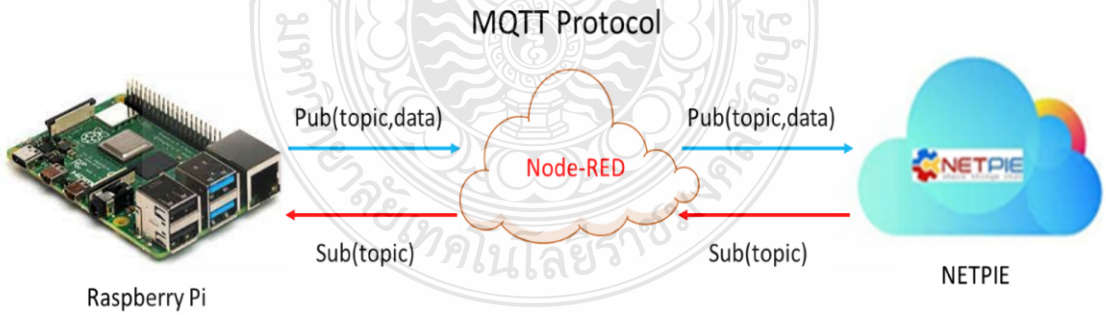
3.2 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Smart Circuit Breaker กับ Raspberry Pi

การเชื่อมต่อของ Hardware ซึ่ง Smart Circuit Breaker นั้นสามารถวัด แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิ และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านั้นสามารถส่งออกด้วยการจ่อสาย RS485 และเรียกข้อมูลด้วยระบบ Modbus เพื่อนำไปแสดงผลโดยต่อกับ Raspberry pi และส่งข้อมูลขึ้นระบบ Internet ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อระหว่าง Smart Circuit Breaker กับ Raspberry Pi

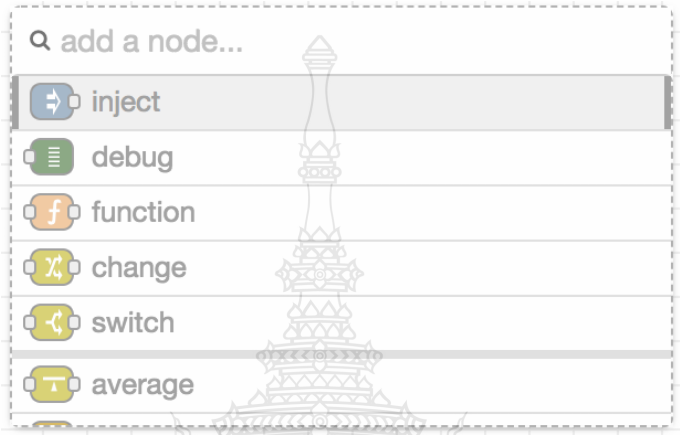
จากการศึกษาข้อมูลการเชื่อมต่อของข้อมูลเพื่อแสดงค่าบน Free Board ของ Netpie จึงจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรม Node-RED เพื่อการจัดเก็บข้อมูลชุดแรกและการเขียนโปรแกรมควบคุมเข้ามาช่วยในการทำงานจึงได้เส้นทางการส่งข้อมูลดัง รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หลักเชื่อมต่อของ Raspberry Pi กับ NETPIE ผ่าน Node-RED [12]

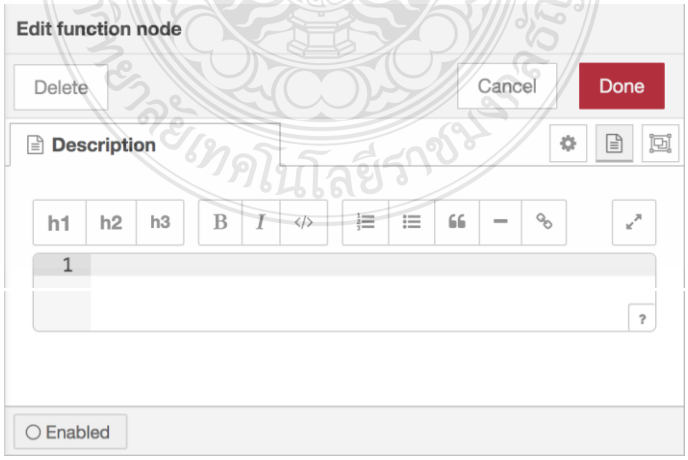
3.3 การสร้าง Node ในโปรแกรม Node-RED

Node-RED เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้าง Node ที่เข้ากับการใช้งานโดยที่สามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการของการใช้งานได้อย่างง่ายได้ และยังสามารถลดการเขียน Code ที่ยุ่งยากในการทำงานจึงเหมาะการทำงานในระบบอินเตอร์เน็ตเพราะการจัดเก็บข้อมูลใช้พื้นที่น้อยลง

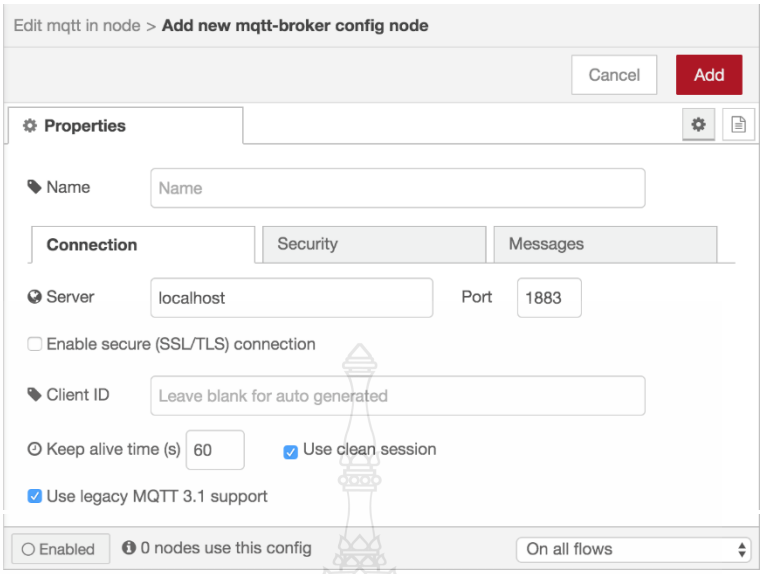


รูปที่ 3.4 การสร้าง Node สำหรับเริ่มกำหนดการใช้งาน

จากรูปที่ 3.4 การสร้าง Node เพื่อการใช้งานโดยการเลือก Node ที่เหมาะสม ซึ่งจะมี Node หลากหลาย Function ที่สามารถเลือกให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานนั้น และยังสามารถกำหนดชื่อและความาต้องการลงใน Node นั้นๆได้ดังรูปที่ 3.5

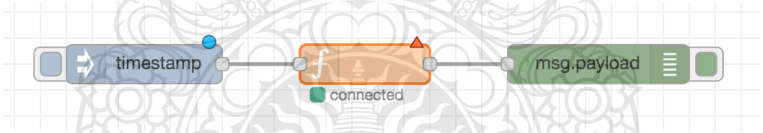


รูปที่ 3.5 การสร้าง Node สำหรับเริ่มกำหนดการใช้งาน



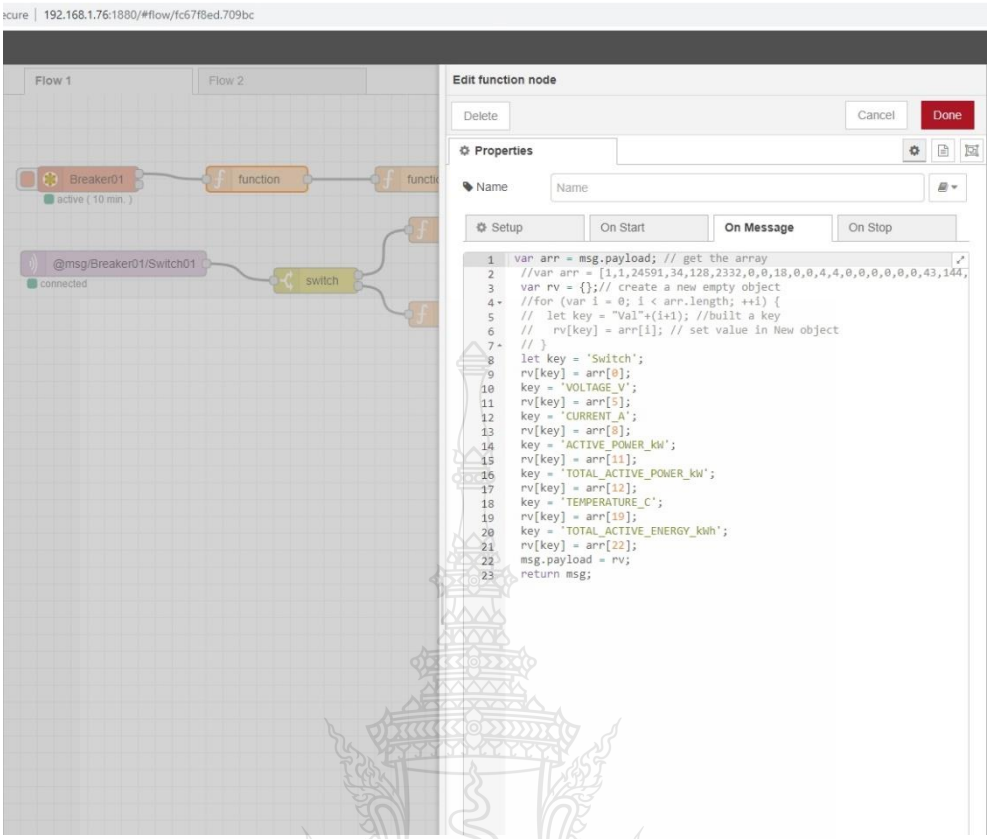
รูปที่ 3.6 การกำหนดพารามิเตอร์ของ Node

การกำหนดค่าการเชื่อมต่อของการส่งข้อมูล โดยการกำหนด Server ใส่ Client ID และหมายเลข Port ของการใช้งานจากนั้นกำหนดรหัสความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูลดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.7 การต่อสายและการเลือก Node

การเชื่อมต่อของ Node ที่นำมาใช้นั้นจะเริ่มต้นจาก Input และจบที่ส่งขอมูลออก ดังรูปที่ 3.6 การสร้าง Node ที่จะทำหน้าที่อื่นๆ เช่น การจัดเก็บข้อมูล คำสั่ง หรือการแปลงข้อมูลสามารถทำได้ตามความต้องการของผู้พัฒนา โดยการเขียน Code ลงไปใน Node นั้นๆ ดังรูปที่ 3.7



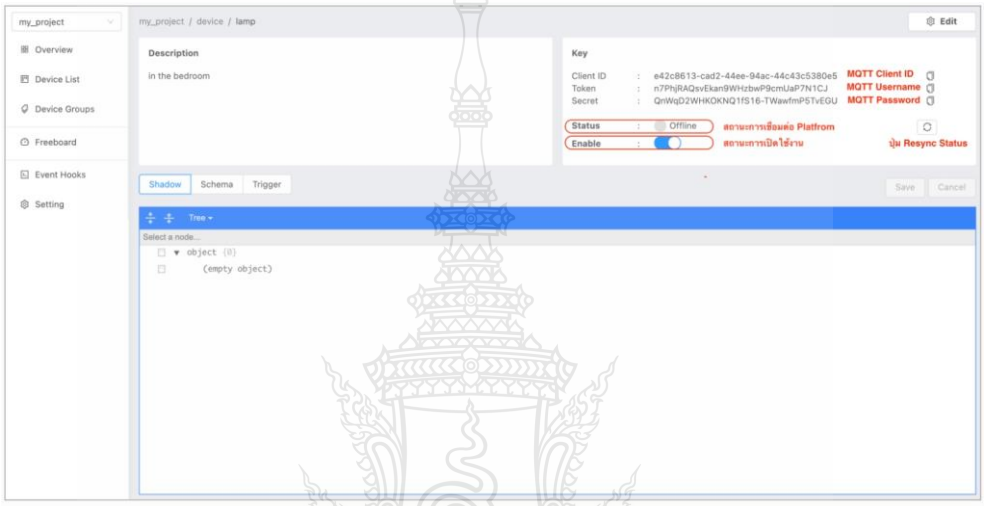
รูปที่ 3.8 การเขียนโปรแกรมเพื่ออัพเดทข้อมูลผ่าน Node-RED

หลักการทำงานของ MQTT คือการรับส่งข้อมูลระหว่าง เซิฟเวอร์ (Broker) และ Clients (Publisher/Subscriber) โดยการประกาศหัวข้อการรับส่งข้อมูลเรียกว่า Topic ไว้ใน Broker จากนั้น Publisher จะส่งข้อมูลไปยัง Topic นั้นๆ และ Subscriber ก็จะได้รับข้อมูลทั้งหมดใน Topic นั้น

ตารางที่ 3.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายของ MQTT Protocol [3]

อุปกรณ์	ที่อยู่
โฮส	www.mqtt.netpie.io
พอร์ต	1883 (mqtt), 1884 (mqtts)
ไคลเอนต์ ไอดี	ไคลเอนต์ ไอดี ของ อุปกรณ์ ที่สร้างขึ้น
ชื่อผู้ใช้	โทเคน ของ อุปกรณ์ ที่สร้างขึ้นใน NETPIE
รหัสผู้ใช้	ระบุ (ใช้สำหรับที่ต้องการตรวจสอบ)

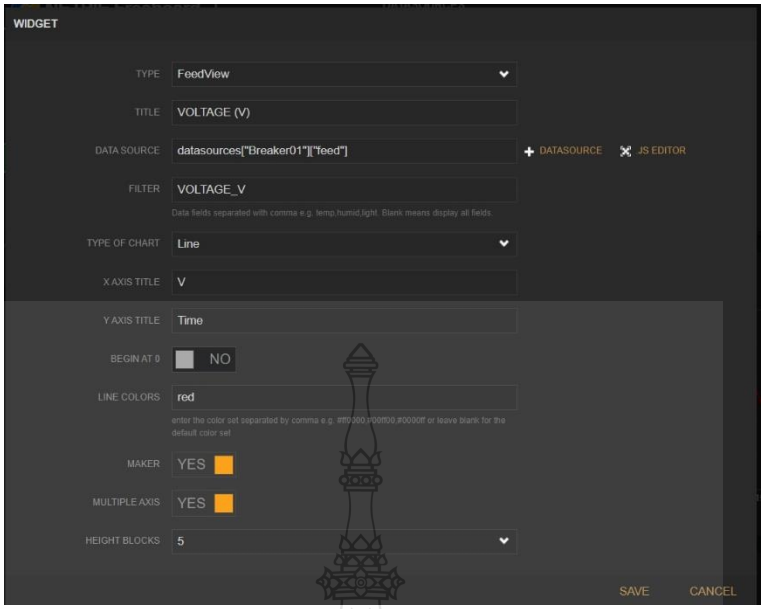
การเชื่อมต่อ Software ผ่าน MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ซึ่งเป็นโปรโตคอล ที่มีขนาดเล็กและเป็นนิยมสำหรับการสื่อสารแบบ M2M (Machine to Machine) ดังตารางที่ 3.2 โดยสามารถใช้ MQTT Library ตัวใดก็ได้ที่รองรับกับ Device ที่ใช้งานอยู่ การเชื่อมต่อของ MQTT จะต้องใช้ 4 พารามิเตอร์ คือ โฮส, ไคลเอนต์ ไอดี, ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผู้ใช้ โดยให้ระบุแต่ละค่า ดังรูปที่ 3.5 การตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายของ MQTT Protocol



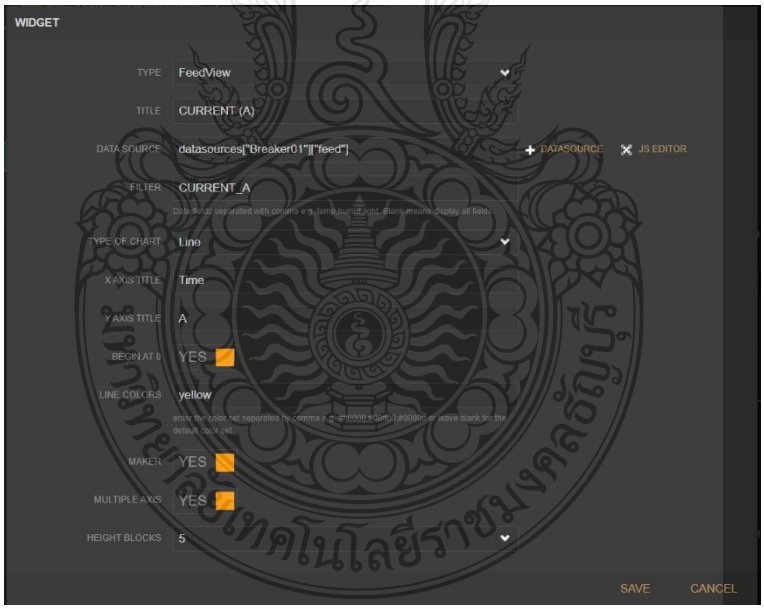
รูปที่ 3.9 การตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายของ MQTT Protocol

3.4 การจัดการข้อมูลบน NETPIE

ในหน้าแสดงผล จะมีการขึ้นแสดง หน้าต่าง สำหรับทำการบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์การใช้พลังงานแบบแยกส่วน โดยประกอบด้วย 3 หน้าต่าง โดย หน้าต่าง ที่ 1 มีชื่อว่า Voltage ใช้ในการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ โดยมีหน่วยเป็นโวลต์ และสามารถแสดงผลได้ตั้งแต่ค่า 0–250 โวลต์ หน้าต่าง ที่ 2 มีชื่อว่า Current ใช้สำหรับทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ โดยมีหน่วยเป็นแอมแปร์ และขึ้นแสดงผลได้ตั้งแต่ค่า 0–1 แอมแปร์ หน้าต่าง ที่ 3 มีชื่อว่า Power ใช้สำหรับทำการบันทึกค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ และขึ้นแสดงผลได้ตั้งแต่ค่า 0–120 วัตต์ ดังรูปที 3.9 และรูปที่ 3.10

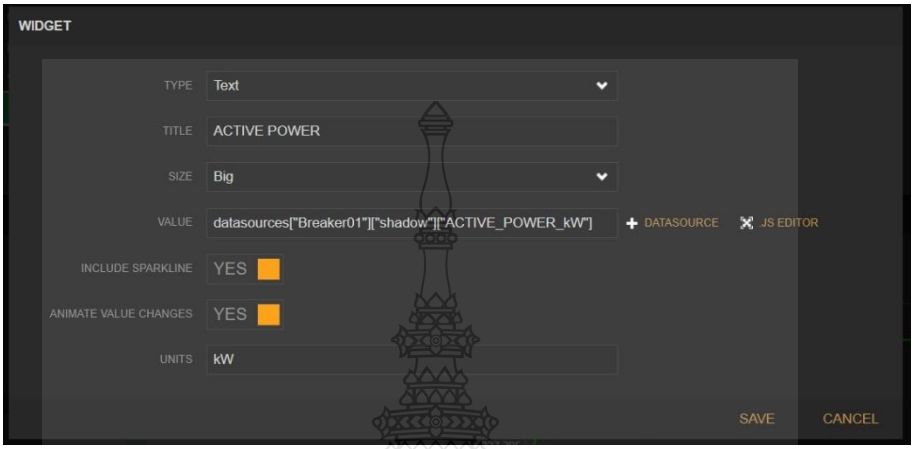


รูปที่ 3.10 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับ แรงดันไฟฟ้า

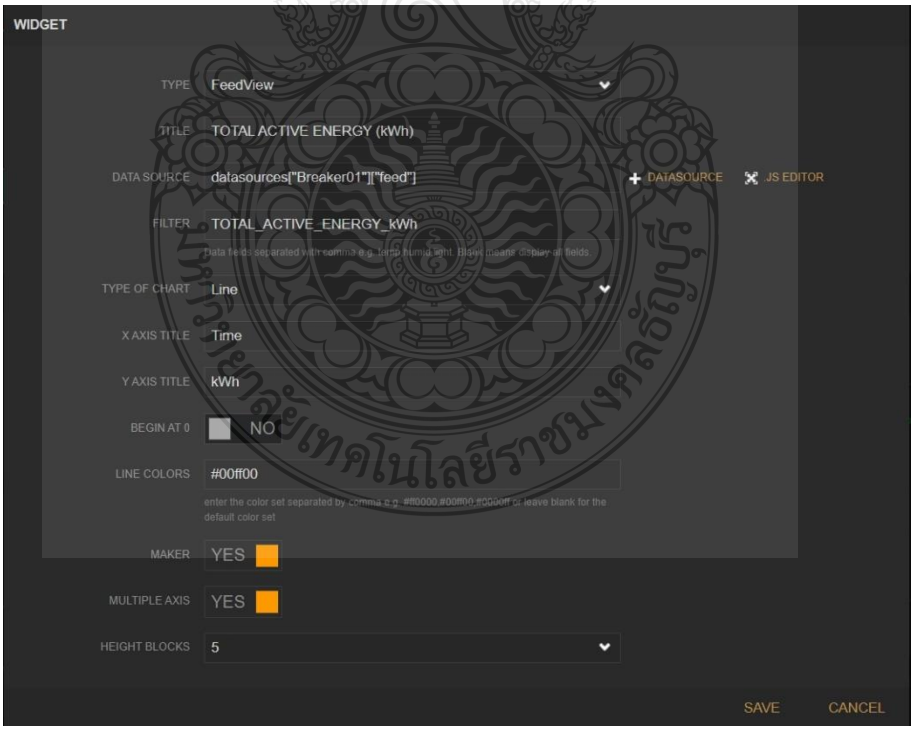


รูปที่ 3.11 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับกระแสไฟฟ้า

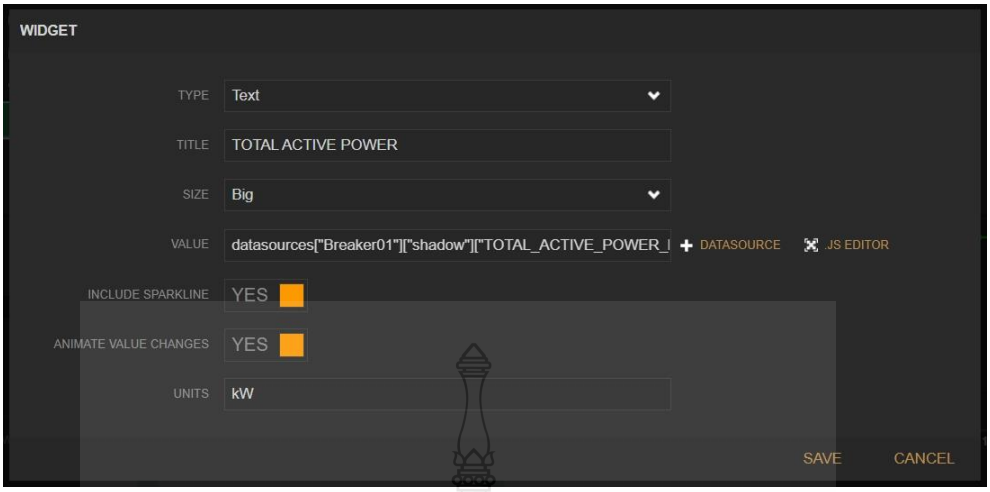
การกำหนด หน้าต่าง เพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าซึ่งสามารถกำหนดชื่อ ขนาดของหน้าต่างแสดงผล และหน่วยของการแสดงผลดังรูปที่ 3.11 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 3.12 แสดงค่ากำลังไฟฟ้ารวม และอุณหภูมิดังรูปที่ 3.13 และ รูปที่ 3.14 ตามลำดับ



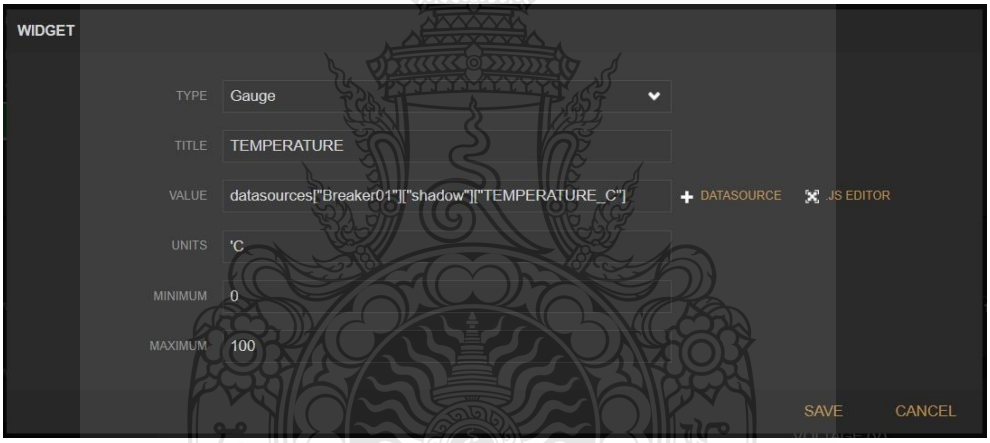
รูปที่ 3.12 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 3.13 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับพลังงานไฟฟ้า

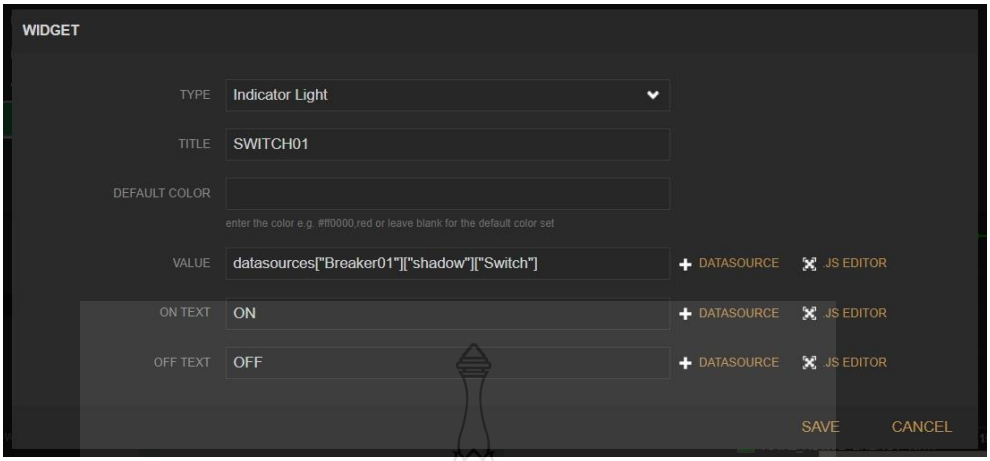


รูปที่ 3.14 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับกำลังไฟฟ้ารวม



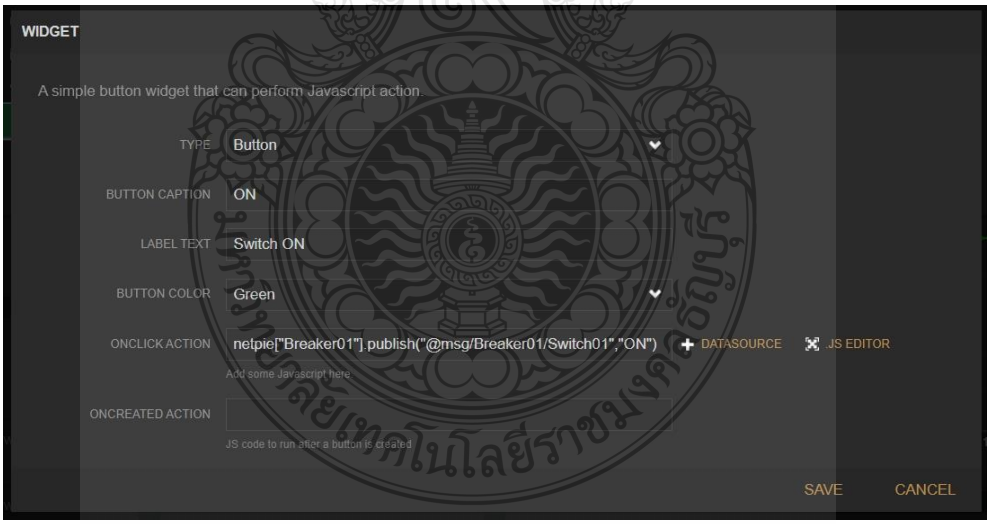
รูปที่ 3.15 การระบุข้อมูลของ หน้างต่าง สำหรับอุณหภูมิ

การตั้งค่าการแสดงผลส่วนของสถานะการทำงานนั้น จะเรียกค่าจาก Data Source แหล่งข้อมูลที่จะดึงมาแสดงผลนั้นจะมาจากฟังก์ชั่น ON Text, OFFText เพื่อทำการบอกสถานะการทำงานของอุปกรณ์ของไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้น ดังรูปที่ 3.15

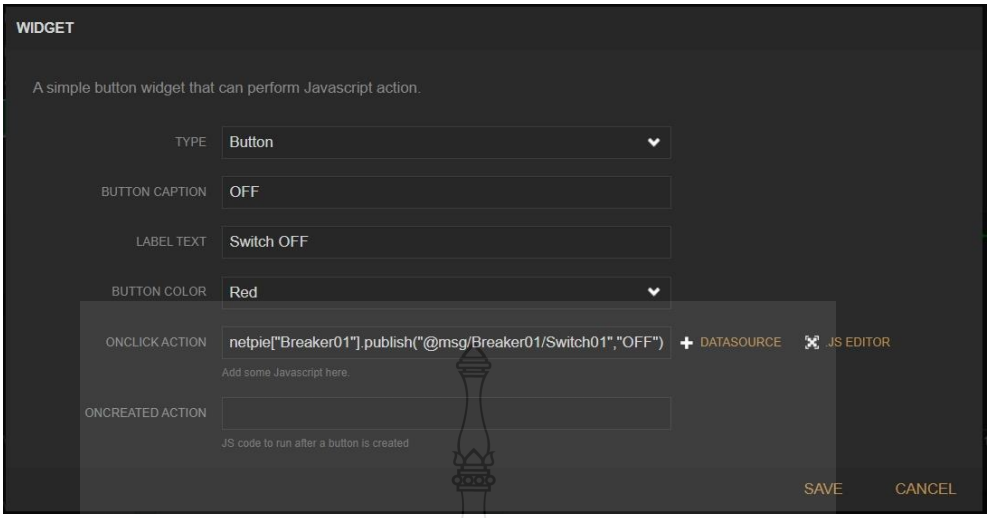


รูปที่ 3.16 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับแสดงไฟสถานะเปิดปิดของ Smart Circuit Breaker

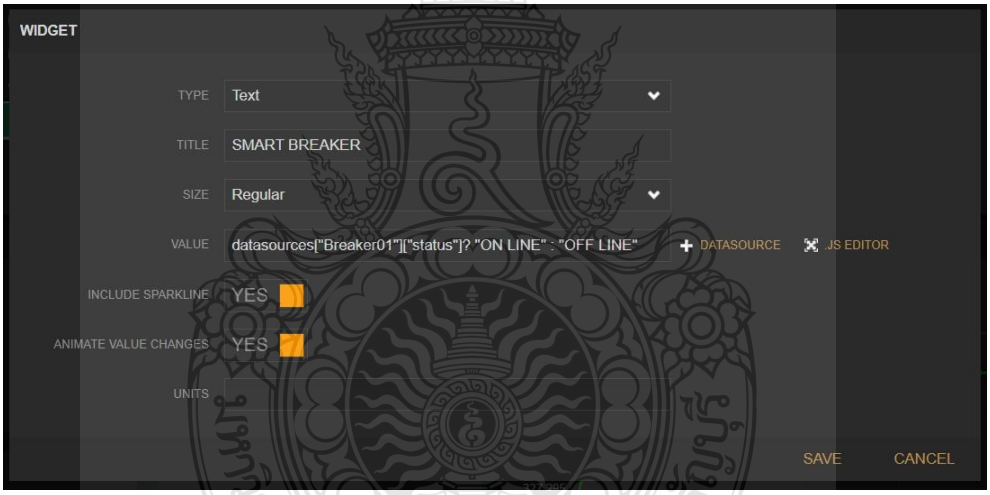
การตั้งค่าการการควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการเลือกชนิดของ หน้าต่าง โดยเลือกเป็น ปุ่ม และใส่ข้อมูลสำหรับ ฟังก์ชั่น เปิด - ปิด จากนั้นจะดึงค่าไปเก็บลงใน Data Source เพื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าไปแสดงผลต่อไป ดังรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker

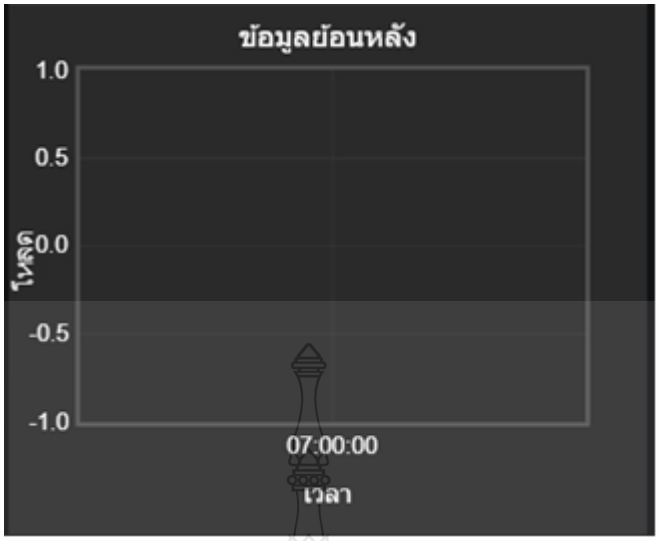


รูปที่ 3.18 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับคำสั่งปิด Smart Circuit Breaker



รูปที่ 3.19 การระบุข้อมูลของ หน้าต่าง สำหรับแสดงสถานะเปิดปิดของ Smart Circuit Breaker

การกำหนดสถานะเปิดปิดของ Smart Circuit Breaker จำเป็นต้องกำหนดชิดที่จะแสดง ชื่อ สัญลักษณ์สำหรับแสดงผม จากนั้นเขียน Code คำสั้งการรับข้อมูลจาก Node-RED เพื่ออัพเดท สถานะดังรูที่ 3.18



รูปที่ 3.20 สำหรับดูค่าพลังงานย้อนหลัง

ในส่วนของการดูกราฟค่าพลังงานย้อนหลัง โดยการตั้งค่า เลือก FeedView .ใส่ข้อมูลสำหรับการแสดงผลค่าพลังงาน เช่น Titel ข้อความที่แสดงขึ้นบนกราฟ Data Source แหล่งข้อมูลที่จะนำมาแสดงผล X AXIS TITLE ข้อความกำกับบนแกน X , Y AXIS TITLE ข้อความกำกับบนแกน Y , AUTO GAP ตั้งให้ตรวจสอบและแทรกช่องว่างอัตโนมัติ หากข้อมูลหยุดหายไปนานผิดปกติ เส้นกราฟจะปรากฏช่วงการขาดช่วงให้เห็น ดังรูปที่ 3.19

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

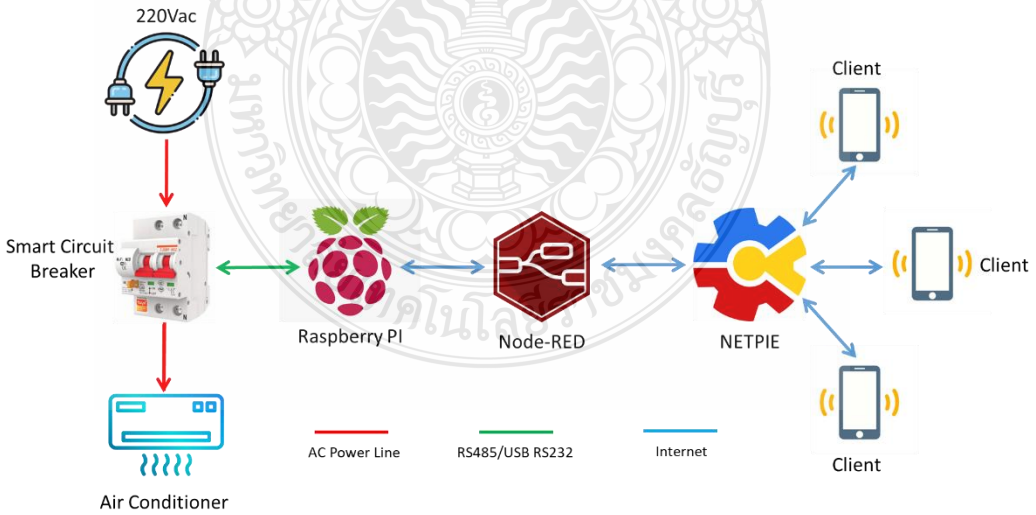
4.1 บทนำ

การออกแบบระบบควมคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบ NETPIE ด้วยการรับส่งข้อมูลแบบ MQTT Protocol ซึ่งเหมาะกับอุปกรณ์ IoT ที่มีขนาดเล็กโดยการรับข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งมี Node-RED ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแปลงข้อมูลและรับส่งคำสั่งจากผู้ใช้งานไปยังอุแกรณ์ที่ควบคุม

4.2 ผลการรับส่งข้อมูลของระบบควมคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบNETPIE

การรับส่งข้อมูลเป็นเรื่องสำคัญในการควบคุม ซึ่งการใช้ MQTT Protocol ที่สามารถจัดการข้อมูลที่มีขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ใช้งานร่วมกับ ModBus ที่สามารถส่งข้อมูลที่มีขนาด 10 Mbps ทำให้การสั่งการและเรียกดูข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็ว

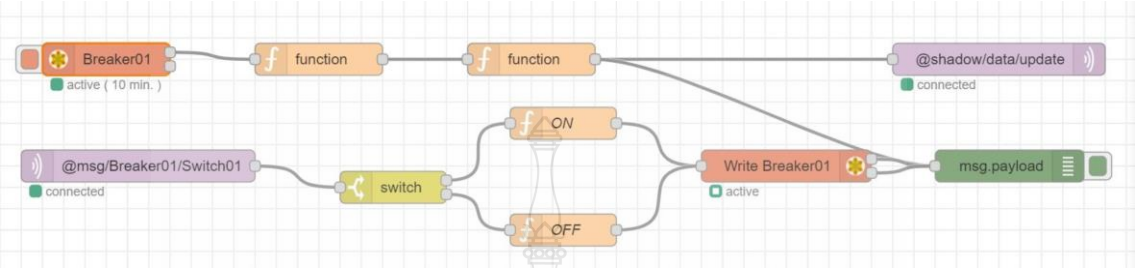
การเชื่อมต่อควมคุมเครื่องปรับอากาศโดยใช้ Smart Ciucuit Breaker ควบคู่กับ Raspberry Pi ด้วยระบบการรับส่งข้อมูล ModBus ที่เชื่อมต่อด้วยสาย RS485 ที่สามารถรับส่งข้อมูลขนาด 10Mb ต่อวินาทีจากการทดสอบการเรียกข้อมูลจำนวน 100 ครั้ง สามารถดูข้อมูลได้ทั้ง 98 ครั้ง มีความผิดพลาดจึงคิดเป็น 2% ดังรูปการเชื่อมต่อที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบ NETPIE

4.2.1 การกำหนด Node เพื่อรับส่งข้อมูลและป้อนคำสั่ง

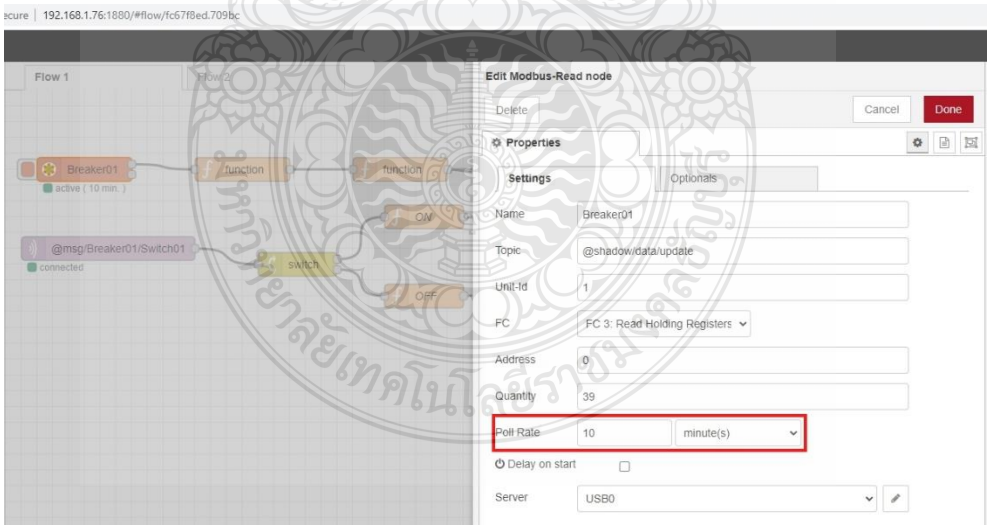
การสร้าง Node เพื่อรับส่งข้อมูลและป้อนคำสั่งให้กับ Smart Circuit Breaker นั้นจำเป็นต้องกำหนด Node ให้ต้องกับวัตถุประส่งที่จะใช้งานเนื่องจาก Node ของแต่ละแบบมีหลักการทำงานเป็นของตัวเอง เช่น Node elements Node port labels ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเขียน Node สำหรับรับส่งข้อมูลและคำสั่ง

4.2.2 การกำหนดเวลาอัพเดทข้อมูลจาก Smart Circuit Breaker

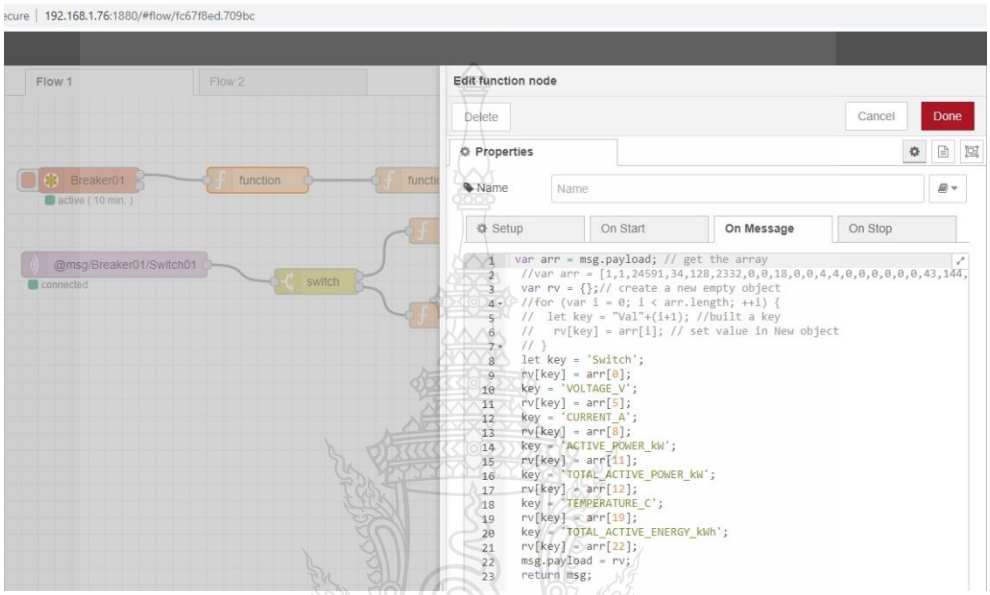
จากการกำหนดระยะเวลาของการเรียกข้อมูลโดยการกำหนด Topic เพื่ออัพเดทข้อมูลทุกๆ 10 นาทีหรืออาจน้อยกว่านี้ก็ได้ จากนั้นเลือกชนิดของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้งานเพื่อที่จะได้ค่าของอุปกรณ์นั้นออกมาดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การป้อนข้อกำหนดในการเรียกข้อมูลของ Smart Circuit Breaker

4.2.3 การกำหนดชนิดตัวแปลของข้อมูลที่จัดเก็บจาก Smart Circuit Breaker

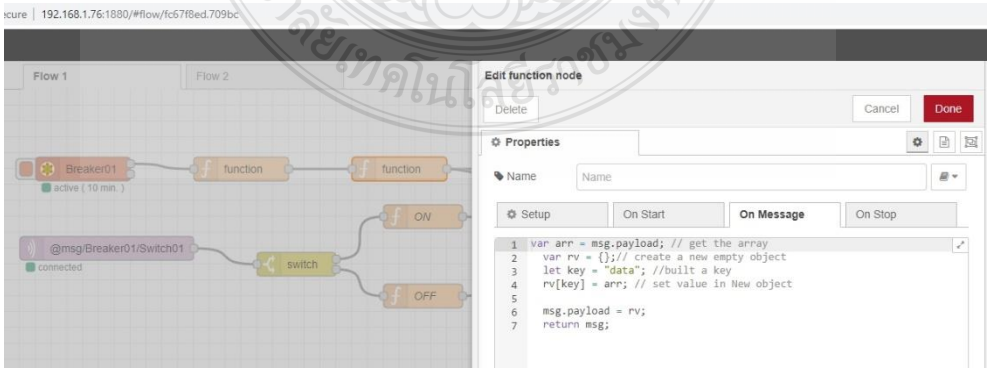
การอัพเดทข้อมูล เมื่ออัพเดทข้อมูลแล้วจึงทำการจัดเก็บข้อมูลเป็นชื่อตัวแปลที่กำหนดเพื่อการอ่านค่าและรวมข้อมูลเป็น JSON จะได้ตรวจสอบความถูกต้องจากตัวแปลได้ โดยการจัดเก็บเบื้องตัวเป็นตัวแปล Array ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การกำหนดตัวแปรที่เรียกจาก Smart Circuit Breaker เพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบ Array

4.2.4 การรวมข้อมูลจาก Array เป็น JSON

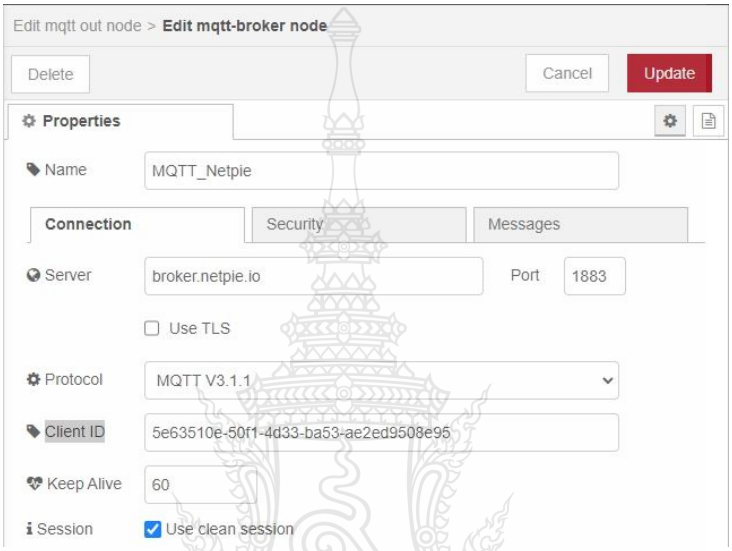
การส่งข้อมูลเข้า MQTT จำเป็นต้องเปลี่ยนชุดข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบ Array เป็น JSON เพื่อส่งอัเดทข้อมูลเข้าระบบ NETPIE และ ส่งเป็นข้อความยัง msg.payload ดังรูปที่ 4.5



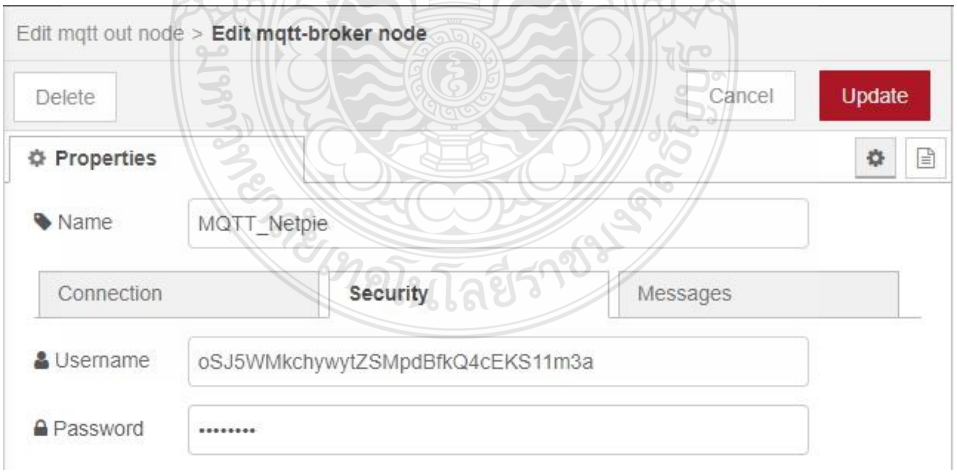
รูปที่ 4.5 การรวมข้อมูลจาก Array เป็น JSON

4.2.5 สร้าง MQTT Broker Node

การที่จะส่งข้อมูลเพื่อแสดงในระบบ NETPIE นั้นจะต้องผ่านตัวกลาง หรือ Broker เพื่อเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่าง NETPIE กับ Smart Circuit Breaker จึงจำเป็นต้องกำหนด Client ID ในการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4.6 และการสร้างรหัสการเข้าถึงข้อมูลเพื่อป้องกันชุดข้อมูลเบื้องตัวด้วยการสร้างรหัสผ่านดังรูปที่ 4.7



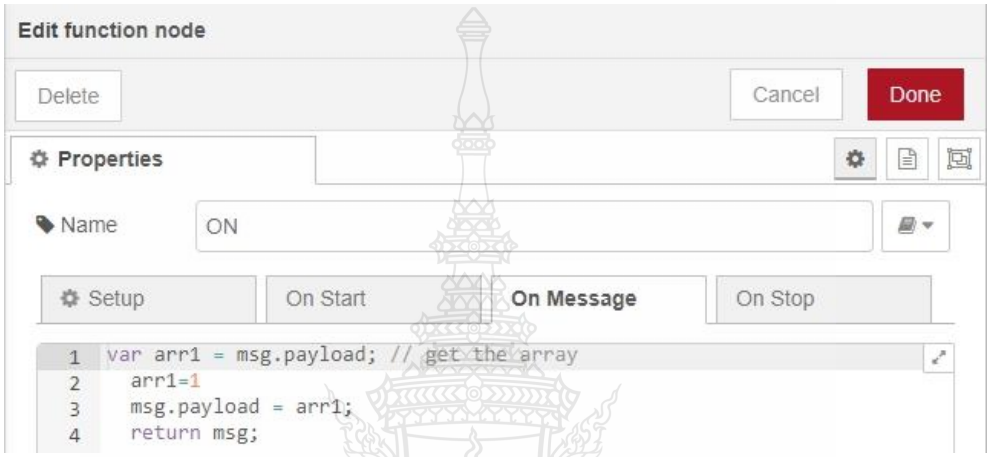
รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อข้อมูลสำหรับ NETPIE โดยใช้ Client ID



รูปที่ 4.7 การตั้งค่าป้องกันการเข้าถึงข้อมูล

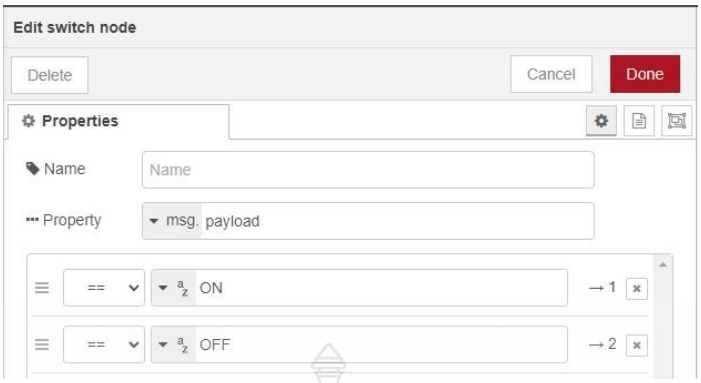
4.2.6 การกำหนด Node เพื่อเปิดปิด Smart Circuit Breaker

การจัดการคำสั่งเพื่อเปิดปิด Smart Circuit Breaker โดยใช้ Function Node จากนั้นกำหนดชื่อ Node และเขียนโปรแกรมกำกับการทำงาน เมื่อได้รับค่า 1 ให้ On Smart Circuit Breaker และได้รับค่า 0 ให้ Off Smart Circuit Breaker ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ และการส่งค่าสถานะการทำงานของ Smart Circuit Breaker โดยการส่งค่าไปยัง msg.payload ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 การเขียนคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker

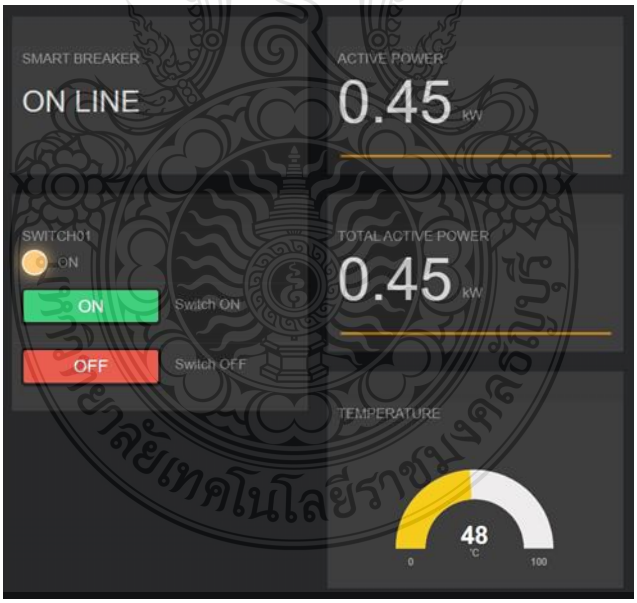
รูปที่ 4.9 การเขียนคำสั่งปิด Smart Circuit Breaker



รูปที่ 4.10 การเขียนคำสั่งเปิด Smart Circuit Breaker

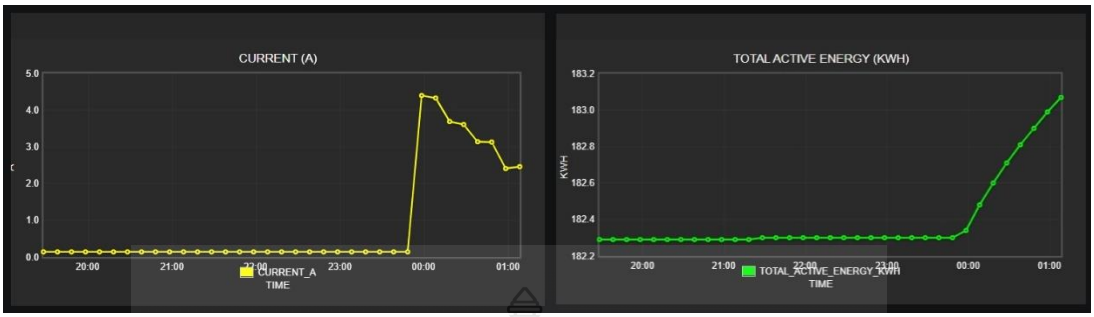
4.3 การแสดงผลในระบบNETPIE

ผลของการตั้งค่าหน้าฟรีบอร์ดที่จะมีคำสั่งการบน Widget สำหรับทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยประกอบด้วย Widget ที่มีชื่อว่า Switch01 ซึ่งใช้สำหรับการควบคุม ปิด เปิด เครื่องปรับอากาศ ดังรูปที่ 4.11 และแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องไฟฟ้าใช้

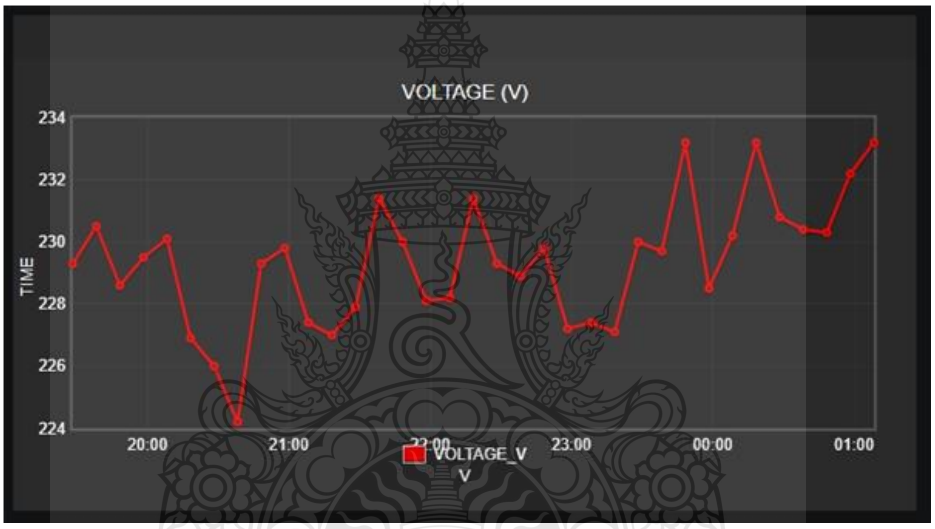


รูปที่ 4.11 หน้าฟรีบอร์ดที่จะมีการสั่งการบน Widget

หน้าต่างแสดงผลสำหรับค่ากระแสไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับตั้งตามเงื่อนไขที่ต้องการจะแสดงโดยระบุเป็นช่วงเวลาและวันที่จะแสดงดังรูปที่ 4.12

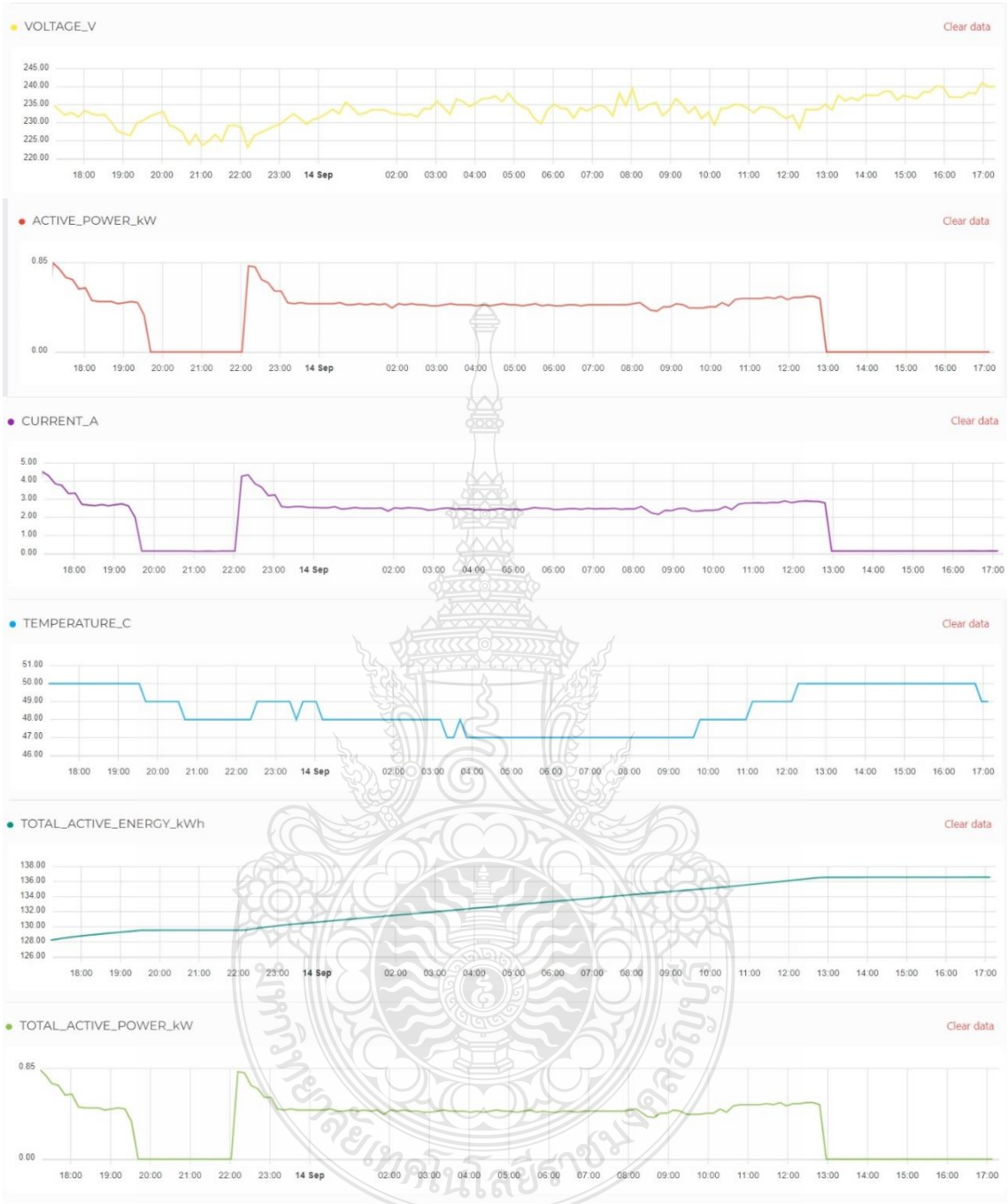


รูปที่ 4.12 กราฟกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าบน Widget



รูปที่ 4.13 กราฟแรงดันไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบน Widget

หน้าต่างแสดงผลสำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับตั้งตามเงื่อนไขที่ต้องการจะแสดงโดยระบุเป็นช่วงเวลาและวันที่จะแสดงดังรูปที่ 4.13

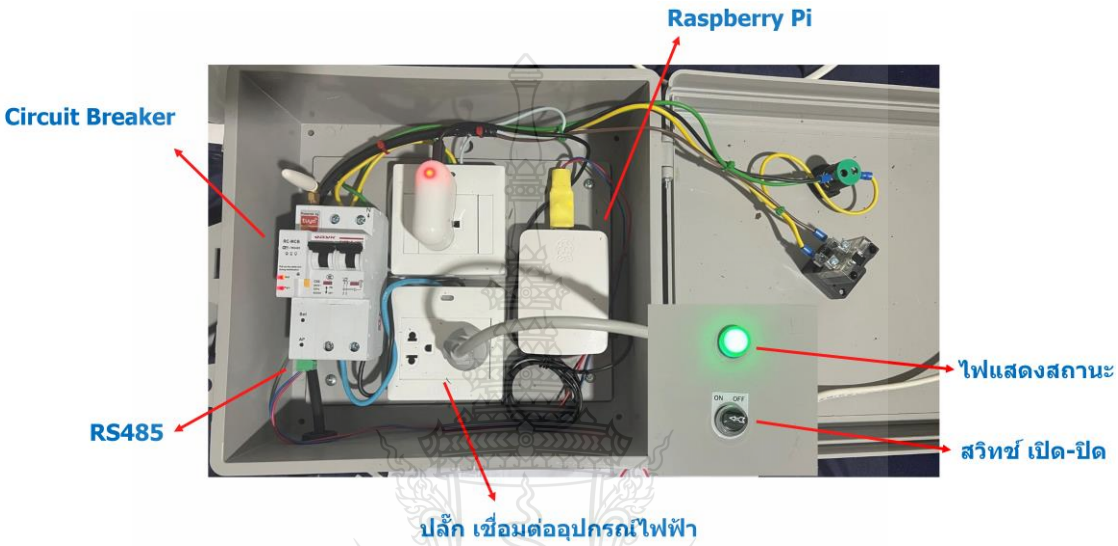


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ

กราฟแสดงผลแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ ของเครื่องปรับอากาศในระยะเวลา 1 วันดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อมีการปิด Smart Ciucuit Breaker ในช่วงเวลา 20.00น.

ถึง 22.00น. ซึ่งการแสดงผลแบบ realtime ทำให้ผู้ใช้งานทราบถึงเห็นความผิดปกติของเครื่องปรับอากาศได้ในทันทีและสามารถที่จะสั่งหยุดการทำงานได้อีกด้วย

4.4 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE



รูปที่ 4.15 การต่อวงจรเพื่อวัดค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบบันทึกผลทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE ดังรูปที่ 4.15 สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ฟรี แต่มีพื้นที่จำกัดและระบบจะทำการลบข้อมูลทุกๆ 1 เดือน ดังนั้นการทดสอบเปิดปิดเครื่องปรับอากาศโดยการตั้งค่าไว้บน Node-RED เพื่อทดสอบเป็นระยะเวลา 1 เดือน และเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที ทำให้เห็นว่าเมื่อการเชื่อมต่อเสร็จสิ้น โปรแกรมสามารถทำตามคำสั่งได้เป็นอย่างดี ซึ่งไม่ทำงานตามคำสั่งเพียงครั้งเดียวจาก 60 ครั้ง ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำงานเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นคือ 98.33% ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE

Time	POWER (kW)	CURRENT (A)	Switch	TEMPERATURE (C^{o})	TOTAL_ ENERGY (kWh)	VOLTAGE (V)
23/8/2022 22.00	0.65	3.54	1	42	0	233.1
24/8/2022 07.00	0	0.14	0	44	5.94	238.3
24/8/2022 22.00	0.9	4.5	1	46	5.94	231.1
25/8/2022 07.00	0	0.14	0	50	11.82	231.1
25/8/2022 22.00	0.76	4.22	1	48	11.82	229.6
26/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	17.7	233.8
26/8/2022 22.00	1.12	5.15	1	49	17.7	224.2
27/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	23.58	235.8
27/8/2022 22.00	1.28	5.72	1	49	23.58	235.4
28/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	29.46	230.6
28/8/2022 22.00	0.79	4.27	1	47	29.46	232.8
29/8/2022 07.00	0	0.14	0	51	35.34	236.2
29/8/2022 22.00	0.85	4.54	1	50	35.34	235.4
30/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	41.22	231.8

ตารางที่ 4.1 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE (ต่อ)

Time	POWER (kW)	CURRENT (A)	Switch	TEMPERATURE (C^{o})	TOTAL_ ENERGY (kWh)	VOLTAGE (V)
30/8/2022 22.00	0.82	4.27	1	48	41.22	223.2
31/8/2022 07.00	0	0.14	0	50	47.1	235.1
31/8/2022 22.00	0.38	2.16	1	48	47.1	227.7
01/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	52.98	231.6
01/8/2022 22.00	0.77	4.17	1	48	52.98	232.1
02/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	58.86	233.3
02/8/2022 22.00	0.84	4.31	1	49	58.86	225
03/8/2022 07.00	0	0.14	0	46	64.74	233.1
03/8/2022 22.00	0.36	1.96	1	44	64.74	238.3
04/8/2022 07.00	0	0.14	0	46	70.62	231.1
04/8/2022 22.00	0.94	4.58	1	48	70.62	231.1
05/8/2022 07.00	0	0.14	0	46	76.5	229.6
05/8/2022 22.00	0.88	4.46	1	49	76.5	233.8
06/8/2022 07.00	0	0.14	0	50	82.38	224.2
06/8/2022 22.00	0.09	0.56	1	44	82.38	235.8
07/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	88.26	235.4

ตารางที่ 4.1 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE (ต่อ)

Time	POWER (kW)	CURRENT (A)	Switch	TEMPERATURE (C^{o})	TOTAL_ ENERGY (kWh)	VOLTAGE (V)
07/8/2022 22.00	0.84	4.56	1	48	88.26	230.6
08/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	94.14	232.8
08/8/2022 22.00	0.8	4.39	1	47	94.14	236.2
09/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	100.02	235.4
09/8/2022 22.00	0.4	2.23	1	49	100.02	231.8
10/8/2022 07.00	0	0.15	0	50	105.9	223.2
10/8/2022 22.00	1.23	5.49	1	49	105.9	235.1
11/8/2022 07.00	0	0.14	0	51	111.78	227.7
11/8/2022 22.00	1.1	5.05	1	48	111.78	231.6
12/8/2022 07.00	0	0.14	0	51	117.66	232.1
12/8/2022 22.00	0.8	4.4	1	48	117.66	233.3
13/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	123.54	225
13/8/2022 22.00	0.82	4.27	1	47	123.54	230.1
14/8/2022 07.00	0	0.14	0	51	129.42	234.5
14/8/2022 22.00	0.38	2.16	1	50	129.42	230.8
15/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	135.3	233.6

ตารางที่ 4.1 การบันทึกค่าทางไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศบนระบบ NETPIE (ต่อ)

Time	POWER (kW)	CURRENT (A)	Switch	TEMPERATURE (C^{o})	TOTAL_ ENERGY (kWh)	VOLTAGE (V)
15/8/2022 22.00	0.77	4.17	1	48	135.3	230.2
16/8/2022 07.00	0	0.14	0	50	141.18	228.7
16/8/2022 22.00	0.84	4.31	1	48	141.18	233.8
17/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	147.06	232
17/8/2022 22.00	0.36	1.96	1	48	147.06	237.8
18/8/2022 07.00	0	0.14	0	49	152.94	231.7
18/8/2022 22.00	0.94	4.58	1	49	152.94	238.9
19/8/2022 07.00	0	0.14	0	46	158.82	228.3
19/8/2022 22.00	0.88	4.46	1	44	158.82	236.9
20/8/2022 07.00	0	0.14	0	46	164.7	229.2
20/8/2022 22.00	0.09	0.56	1	48	164.7	235.3
21/8/2022 07.00	0.86	0.14	1	46	180.56	233.3
21/8/2022 22.00	0.84	4.56	1	49	185.75	231.7
22/8/2022 07.00	0	0.14	0	50	191.13	224.3
22/8/2022 22.00	0.8	4.4	1	44	191.13	235.3
23/8/2022 07.00	0	0.14	0	48	196.2	228.5

4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

การควบคุมโดยใช้ NETPIE ซึ่งเป็น software ที่ถูกพัฒนาโดยองค์กรของรัฐบาลในประเทศไทย ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษาและใช้งานสำหรับ IoT พายในประเทศ ดังนั้นจึงสามารถเชื่อมต่อกับ Node-RED ที่เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายในรูปแบบการส่งข้อมูลแบบ MQTT จึงทำให้การควบคุม การอัพเดทข้อมูล การสั่งการเป็นเรื่องที่ง่ายและมีความเสถียนสูง จากการทดสอบให้ผลว่า ด้านการแสดงข้อมูลบน NETPIE สามารถแสดงค่าที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้านการอัพเดทข้อมูลของ Smart Ciucuit Breaker ผ่านระบบทุกๆ 10 วินาที จากจำนวน 100 ครั้ง สำเร็จ 98 ครั้ง ดังนั้นประสิทธิภาพจึงคิดเป็น 98% ของระบบการทำงานทั้งหมด และการทดสอบเปิดปิดจำนวน 60 ครั้งสำเร็จ 59 ครั้งจึงคิดเป็น 98.33% ของประสิทธิภาพ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

จากการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อการควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านอินเตอร์เน็ต จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้NETPIE ควบคู่กับ Node-RED และระบบสื่อสารด้วย MQTT ซึ่งมีข้อมูลรายละเอียดของการจำลองผลดังต่อไปนี้

5.2 สรุปผลการวิจัย

การควบคุมเครื่องปรับอากาศผ่านระบบอินเตอร์เน็ต หรือ IoT โดยใช้โปรแกรม NETPIE ที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับ Broker service ได้หลากหลาย ดังนั้นการควบคุมเครื่องปรับอากาศนี้จึงเลือก Node-RED เป็นตัวกลางที่จะทำการกระจายข้อมูลและคำสั่งให้กับผู้ใช้งานที่มี Client ID และ Token ของระบบควบคุมนี้ จากการทดสอบโดยใช้ Smart Ciucuit Breaker ควบคู่กับ Raspberry Pi ด้วยระบบการรับส่งข้อมูลผ่าน ModBus ที่เชื่อมต่อด้วยสาย RS485 ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลที่จะใช้ในการแสดงผลและคำสั่งปิดเปิด Smart Ciucuit Breaker ได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 10Mb ต่อวินาที ซึ่งขนาดของข้อมูลที่ใช้งานนั้นมีขนาดเล็กจึงเหมาะสมกับการถ่ายโอนข้อมูลแบบไร้สายด้วย MQTT Protocol ซึ่งมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่ 1 ข้อความต่อวินาทีต่อ 1 ผู้ใช้งาน ทำให้การรับส่งข้อมูลด้วย MQTT Protocol นั้นสามารถส่งให้ผู้ใช้ได้หลายคนในเวลาอั้นสั้น

จากการทดสอบระบบด้วยการเรียกพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของ Smart Ciucuit Breaker จำนวน 100 ครั้ง นั้นสามารถอัพเดทข้อมูลสำเร็จได้ 98 ครั้ง ซึ่งเกิดความผิดพลาดขึ้นเพียงแค่ 2 ครั้ง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นคือ 98% และการทดสอบควบคุมเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลา 1 เดือน แสดงให้เป็นว่าการใช้ระบบควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ตด้วย NETPIE มีประสิทธิภาพสูงซึ่งจากการบันทึกข้อมูลการสั่งปิดเปิด Smart Ciucuit Breaker ผิดพลาดเพียงครั้งเดียวจาก 60 ครั้งเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพในการทำงานของระบบคือ 98.33% ซึ่งการผิดพลาดเรื่องการอัพเดทข้อมูลและการสั่งการที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสาเหตุที่ไฟฟ้าตกชั้วขณะทำให้ระบบอินเตอร์เน็ตไม่สามารถคงสะภาพการเชื่อมต่อได้จึงทำให้การรับส่งข้อมูลและการสั่งการมีความผิดปกติและพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับเครื่องปรับอากาศ 1 เดือนบน NETPIE เพียงพอต่อการใช้งานเพื่อเรียกดูข้อมูลทางไฟฟ้าเบื้องต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การใช้งาน NETPIE อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องคำนึงถึงข้อมูลที่จะจัดเก็บเพื่อเรียกดูในภายหลัง ซึ่งพื้นที่จัดเก็บมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและมีพื้นที่ที่จำกัด จึงไม่สามารถที่จะเก็บข้อมูลอุปกรณ์ที่หลากหลายได้ในรหัสการใช้งานเดี่ยว

การคงสภาพการเชื่อมต่อระบบให้มีความเสถียนนั้นจำเป็นต้องพึ่งพาแหล่งจ่ายไฟฟ้าอื่นเข้ามาช่วยในการทำงานของอุปกรณ์ แม้ว่าระบบจะสามารถกลับมาทำงานได้ปกติแต่ช่วงเวลาที่ไฟฟ้าตกและไฟฟ้าดับ จะไม่สามารถแสดงสถาณะของอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้านได้

บรรณานุกรม

[1] ธนวิชญ์ กมลฉ่า, “อินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน,” โครงงานวิศวกรรม, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีการศึกษา 2559

[3] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, “คู่มือการใช้งาน NETPIE,” https://netpie.io/tutorials (online), 2557, (9 กันยายน 2564)

[3] Node-RED (online), 2022, Available: https://nodered.org/, (15 October 2022)

[4] Raspberry Pi (online), 2022, Available: https://www.raspberrypi.org/, (17 October 2022)

[5] Linux (online), 2022, Available: https://www.linux.com/, (13 October 2022)

[6] linuxfoundation (online), 2022, Available: https://www.linuxfoundation.org/, (03 October 2022)

[7] Introducing JSON (online), 2022, Available: https: //www.json.org/json-en.html, (20 October 2022)

[8] BISWAJEEBAN MISHRA AND ATTILA KERTESZ, “The Use of MQTT in M2M and IoT Systems: A Survey,” IEEEAccess, Volume 8, pp. 201071-201086, 17 November 2020. Department of Software Engineering, University of Szeged, 6720 Szeged, Hungary

[9] Ridha Soua and et. al, “MQTT-MFA: A Message Filter Aggregator to Support Massive IoT Traffic Over Satellite,’ IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 9, NO. 16, 15 AUGUST 2022

[10] Jiri Skovrank and et. al, “Use of the IQRF and Node-RED technology for control and visualization in an IQMESH network,” IFAC PapersOnLine, pp. 295–300, 2018.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] S. Quincozes, E. Tubino, and J. Kazienko, “MQTT Protocol: Fundamentals, Tools and Future Directions,” IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 17, NO. 9, pp. 1439-1448, SEPTEMBER 2019.

[12] ALEKSANDAR VELINOV and et.al, “Covert Channels in the MQTT-Based Internet of Things,” IEEEAccess, VOLUME 7, pp.161899-161915, 2019.

[13] Tuya Company (online), 2022, Available: https://developer.tuya.com/en/docs /iot/introduction-of-tuya?id=K914joffendwh, (22 October 2022)

[14] เจษฎา ขจรฤทธิ์ม,”การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่าง สำหรับบ้านอัจฉริยะ,” JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY , VOL, 7 NO 1 JAN – JUN 2017

[15] ไพวรรณ มะละ,”การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดอาการเกิดโรคแผลกดทับ,” วารสารศรีปทุมปริทัศน์,ปีที่ 10 มกราคม-ธันวาคม 2561

[16] รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร์,”ระบบให้บริการผ่านกลุ่มเมฆสำหรับการตรวจวัดและการให้น้ำพืชอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดิน,” Journal of Information Science and Technology,Volume 8, NO 2 , JUL – DEC 2018 , 65-73

[17] วิษณุ ช้างเนียม,”อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติบโตและความหวาน,” Ladkrabang Engineering Journal, Vol. 34, No. 1, March 2017 2

[18] ณัฐพงศ์ พลสยม,”การพัฒนาระบบชุดเซนเซอร์วัดความชื้น และแร่ธาตุ NPK ในดินแบบไร้สายควบคุมผ่านแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์,” วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 6 , ฉบับที่ 2 ,กรกฎาคม – ธันวาคม 2563 , 53

บรรณานุกรม (ต่อ)

[19] กิตติภูมิ เรืองฤทธิ์,"การพัฒนาระบบติดตามและป้องกันความผิดปกติขณะมอเตอร์ทำงานด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพาย," SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol.6, No.1 , January –June 2020

[20] กามีละห นารง,"การพัฒนาและประเมินความพึงพอใจแอพพลิเคชั่นรานอาหารมุสลิมในจังหวัดตรังบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด," สาขาวิชาคอมพิวเตอรธุรกิจ, มหาวิทยาลัย สวนดุสิต, ศูนยการศึกษานอกที่ตั้ง ตรัง

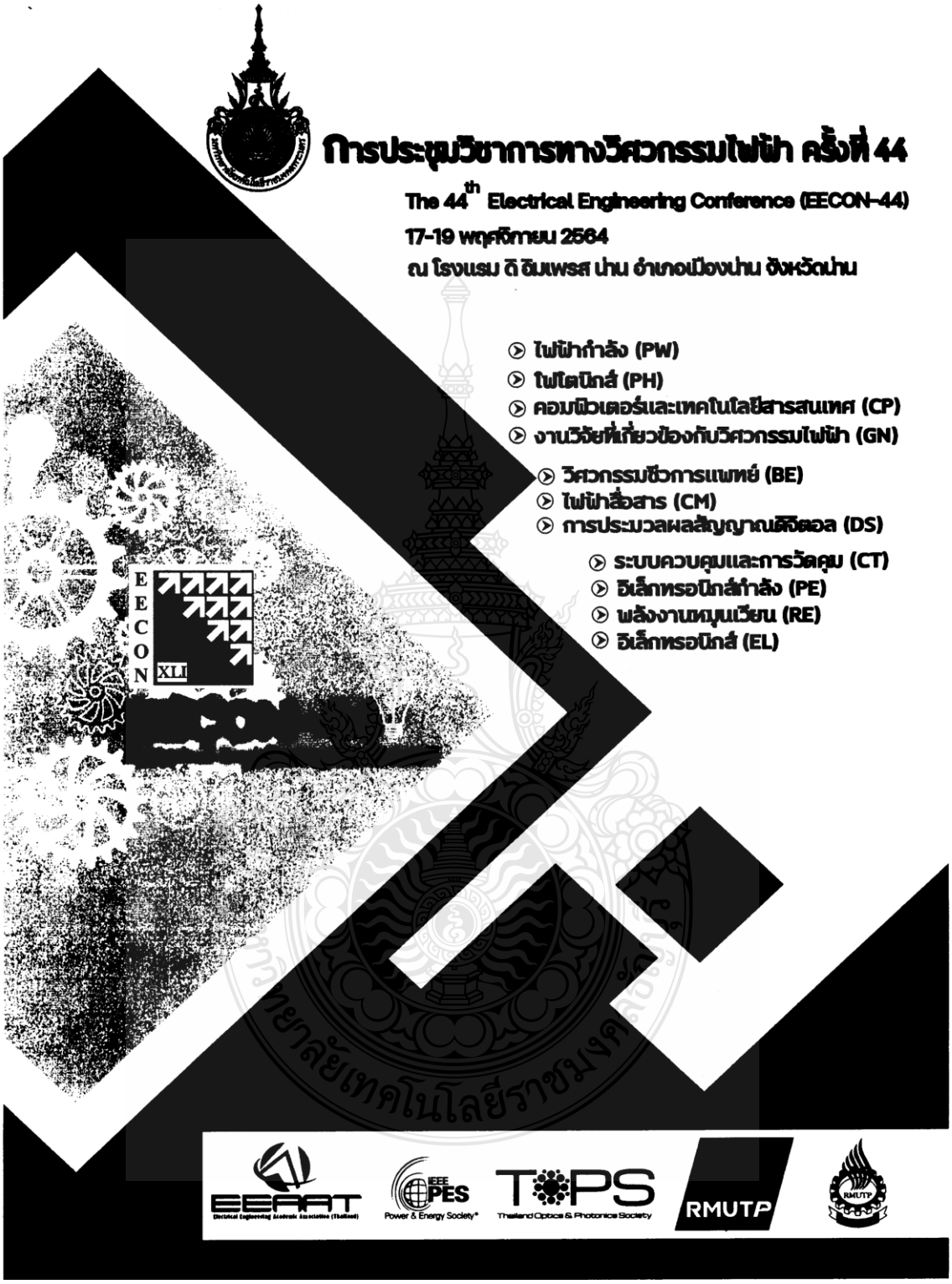
[21] ไพวรรณ มะละ, "การพัฒนาระบบวิเคราะหขอมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดอาการเกิดโรคแผลกดทับ," วารสารศรีปทุมปริทัศน์, ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 10 มกราคม - ธันวาคม 2561

[22] arduinostep (0nline), 2022, http://www.arduinostep.com (online), (8 กันยายน 2564)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่

1. ปวีณ ผุยรอด และคณะ, Control of Smart Circuit Breakers Via IoT usingMQTT Protacal


การประชุมวิชาการทางวิศวกรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44
The 44th Electrical Engineering Conference (EECON-44)
17-19 พฤศจิกายน 2564
ณ โรงแรม ดิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน
ไฟฟ้ากำลัง (PW)
ไฟโตนิกส์ (PH)
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรมไฟฟ้า (GN)
วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)
ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
พลังงานหมุนเวียน (RE)
อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
EECON XLI
EEAAT
PES
TOPS
RMUTP

รายนามคณะกรรมการสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า

ศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.อธิคม ฤกษบุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.พินิจ เทพสาธร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.เดชา วิไลรัตน์	มหาวิทยาลัยมหิดล
อ.ธนวิชญ์ ชุลิกาวิทย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รายนามหน่วยงานที่เป็นคณะกรรมการสามัญและคณะกรรมการสมทบ

สถาบันกรรมการสามัญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สถาบันกรรมการสามัญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสิทร์
มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

สถาบันกรรมการสมทบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา

คณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้ง 44 (EECON-44)

ประธาน

รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขานุการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการอำนวยการ

1.	อธิการบดี		ประธานกรรมการ
2.	รองอธิการบดีทุกฝ่าย		กรรมการ
3.	ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์		กรรมการ
4.	ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพ		กรรมการ
5.	คณบดีคณะครุศาสตร์ตสาหกรรม		กรรมการ
6.	คณบดีคณะศิลปศาสตร์		กรรมการ
7.	รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์		กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์	วงษ์ศรีษะ	กรรมการ
9.	อาจารย์ ดร.ชลากร	อุดมรักษาสกุล	กรรมการ
10.	อาจารย์ ดร.ณัฏฐ์ชยธร	วัทธิกรสิริกุล	กรรมการ
11.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์		กรรมการและเลขานุการ
12.	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายวิชาการและวิจัย		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงาน ประกอบด้วย

1.	รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ	รักไทยเจริญชีพ	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กร	พวงนาค	กรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	พันธุนะ	กรรมการ
4.	เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	กรรมการ
5.	อาจารย์สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์	กรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	กรรมการ

7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัส	บุญเทียรทอง	กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	กรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	กรรมการ
10.	อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	กรรมการ
11.	อาจารย์ ดร.วรเอก	อินทขันตี	กรรมการ
12.	อาจารย์ ดร.วารินี	วีระสินธุ์	กรรมการ
13.	อาจารย์อัมภาภรณ์	พีรวณิชกุล	กรรมการ
14.	นางภัครัตน์	เชื้อนเคนทร์	กรรมการ
15.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	กรรมการและเลขานุการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
17.	อาจารย์ ดร.ภควัต	เกอะประสิทธิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายดำเนินการคัดเลือกบทความและนำเสนอบทความ

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา	คูณขาว	อนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรัสกร	อยู่สุข	อนุกรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระยุทธ	คุณรัตนสิริ	อนุกรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	อนุกรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิจจา	ลักษณ์อำนวยพร	อนุกรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะกิจ	วัฒกีกำธร	อนุกรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์	วัฒกีกำธร	อนุกรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เวทรินทร์	ธัญสิประเสริฐ	อนุกรรมการ
10.	อาจารย์ ดร.ธนารัตน์	ตันมณีประเสริฐ	อนุกรรมการ
11.	อาจารย์ ดร.พสิษฐ์	สุวรรณภิงคาร	อนุกรรมการ
12.	อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	อนุกรรมการ
13.	อาจารย์ ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร	อนุกรรมการ
14.	อาจารย์นิลมิต	นิลาศ	อนุกรรมการ
15.	อาจารย์สุวัสส์	แพ่งธีระสุขมัย	อนุกรรมการ

16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.พรชัย	เตชะธนเศรษฐ์	อนุกรรมการ
17.	อาจารย์ ดร.ทวีศักดิ์	ตรงติรกุล	อนุกรรมการ
18.	อาจารย์ ดร.มนตรี	บุญเรืองเศษ	อนุกรรมการ
19.	อาจารย์ ดร.ขนิษฐา	ดีสุบิน	อนุกรรมการ
20.	อาจารย์ ดร.วารินี	วีระสินธุ์	อนุกรรมการ
21.	อาจารย์สุปัญญา	สิงห์กรณ์	อนุกรรมการ
22.	อาจารย์กมลณิตย์	ภู่สร	อนุกรรมการ
23.	อาจารย์วรรณภา	มโนสืบ	อนุกรรมการ
24.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี	วรรณการ	อนุกรรมการและเลขานุการ
25.	นางสาวลลิตา	นาคจำแลง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
26.	นายธนพล	สวนลำใย	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
27.	นางสาวเลิศลักษณ์	บัวทอง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการจัดทำเล่มบทความ

1.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	ประธานอนุกรรมการ
2.	เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	อนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์	สุดคนึง	อนุกรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการ
5.	อาจารย์ ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	อนุกรรมการ
6.	อาจารย์ ดร.ยุทธนา	สรวลสรรค์	อนุกรรมการ
7.	อาจารย์นพกฤศณ์	ดำน้อย	อนุกรรมการ
8.	อาจารย์ชลิดา	อุดมรักษาสกุล	อนุกรรมการ
9.	อาจารย์วิปัศย์	ปุยสำลี	อนุกรรมการ
10.	อาจารย์นิคม	ดิษฐคลี	อนุกรรมการ
11.	อาจารย์วรรณภา	มโนสืบ	อนุกรรมการ
12.	นายธนพล	สวนลำใย	อนุกรรมการ
13.	อาจารย์ ดร.อัญชลี	มโนสืบ	อนุกรรมการและเลขานุการ
14.	อาจารย์นเรศ	ชลังสุทธิ์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
15.	นางสาวลลิตา	นาคจำแลง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายสถานที่และยานพาหนะ

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัส	บุญเทียรทอง	ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์	วัฒกีกำธร	อนุกรรมการ
3.	อาจารย์ ดร.คชพงศ์	สุมานนท์	อนุกรรมการ
4.	อาจารย์ ดร.อานนท์	สิงห์เสถียร	อนุกรรมการ
5.	อาจารย์อรรถพล	ช่วยค้ำชู	อนุกรรมการ
6.	นางสาวจันทร์เพ็ญ	คำภูมี	อนุกรรมการ
7.	นายสมยศ	แสงจันทร์	อนุกรรมการ
8.	นางสาวเนตรนภา	แสงเงิน	อนุกรรมการ
9.	นางกัญญ์ชิสา	ธัญสิประเสริฐ	อนุกรรมการ
10.	นายไพฑูรย์	อาราเบีย	อนุกรรมการ
11.	นายปิยะพันธ์	บำเรอจิตร	อนุกรรมการ
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนะกิจ	วัฒกีกำธร	อนุกรรมการและเลขานุการ
13.	นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายต้อนรับและงานเอกสารสารบรรณ

1.	นางภัครัตน์	เชื้อนเคนทร์	ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการ
3.	นางสาวทิพรดา	มุ่งดี	อนุกรรมการ
4.	นางนงนภัส	ทองวิจิตร์	อนุกรรมการ
5.	นางสาวกชพร	ลี้ไพบูลย์	อนุกรรมการ
6.	นางสาวสุกัลยา	ขำทัศน์	อนุกรรมการ
7.	นางสาวจิตเกษม	ใจแก้ว	อนุกรรมการ
8.	นางสาวสุภาภรณ์	ลาทุม	อนุกรรมการและเลขานุการ
9.	นางสาวสุภาพร	มีสาตร์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายการเงิน

1.	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายบริหาร		ประธานอนุกรรมการ
2.	นางสาววนรัตน์	มุกนนท์	อนุกรรมการ
3.	นางสาวกมลวรรณ	อาชวอาชานกุล	อนุกรรมการ
4.	นางสาวธีร์นานา	การุณย์นวสิริ	อนุกรรมการ
5.	นางธัชมนตร์	พินิจเวชการ	อนุกรรมการ
6.	นางสาวปลื้มจิตต์	นราภิรมย์ขวัญ	อนุกรรมการ
7.	นางศรัญญา	พิริยประเสริฐ	อนุกรรมการและเลขานุการ
8.	นางสาวปริยะดา	ตระกูลอ่ำ	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายลงทะเบียน

1.	อาจารย์ประสิทธิ์	แพงเพชร	ประธานอนุกรรมการ
2.	นางสาวศิริกุล	ภู่จำนงค์	อนุกรรมการ
3.	นางสาวพรศิริ	ยงสวัสดิ์	อนุกรรมการ
4.	นายอานนท์	จำเริญพัฒน์	อนุกรรมการ
5.	นางสาวชนิดา	บุญรอด	อนุกรรมการ
6.	นายฐานะณัฏฐ์	นพแก้ว	อนุกรรมการ
7.	นางสาวสาวิตรี	อยู่อ่วม	อนุกรรมการ
8.	นางวรรณรัฐ	คงสมบูรณ์	อนุกรรมการ
9.	นางสาวจันทร์เพ็ญ	คำภูมี	อนุกรรมการ
10.	นายธนพล	สวนลำใย	อนุกรรมการ
11.	นางสุกัญญา	พินิจเวชการ	อนุกรรมการ
12.	นางสาวสิริขวัญ	ชาวบัวใหญ่	อนุกรรมการ
13.	นางสาวสุภาภรณ์	ลาทุม	อนุกรรมการและเลขานุการ
14.	อาจารย์ ดร.ณัฐวัฒน์	จันทะเสน	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
15.	นางสาวลลิตา	นาคจำแลง	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายจัดหารายได้

1.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	พันธุนะ	อนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กร	พวงนาค	อนุกรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการและเลขานุการ
5.	อาจารย์ ดร.อัญชลี	มโนสืบ	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายจัดซื้อจัดจ้าง

1.	หัวหน้างานพัสดุ		ประธานอนุกรรมการ
2.	นายอัครพงศ์	อภิรักษ์สันติ	อนุกรรมการ
3.	นางสาวสกาวรัตน์	นิ่มอนงค์	อนุกรรมการ
4.	นางสาวชฎาภรณ์	เฮงเจริญถาวร	อนุกรรมการ
5.	นางจุไรภรณ์	กิริติยกุลย์	อนุกรรมการและเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายสารสนเทศประชาสัมพันธ์และของที่ระลึก

1.	ผู้อำนวยการฝ่ายสื่อสารองค์กร		ที่ปรึกษา
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	ประธานอนุกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	อนุกรรมการ
4.	อาจารย์สุนารี	รชตรุจ	อนุกรรมการ
5.	อาจารย์สุปัญญา	สิงห์กรณ์	อนุกรรมการ
6.	นายอุเทน	พรหมมิ	อนุกรรมการ
7.	นายปฐมพงศ์	จำนงค์ลาภ	อนุกรรมการ
8.	นางสาวสมพิศ	ไปเจอะ	อนุกรรมการ
9.	นางสาวอภิญญา	ชุมนุมมณี	อนุกรรมการ
10.	นางสาวกชรัตน์	ฉิมคล้าย	อนุกรรมการ
11.	นางสาวจุฑามาศ	ฉัตรสุริยาวงศ์	อนุกรรมการ
12.	อาจารย์ ดร.เกรียงไกร	เหลืองอำพล	อนุกรรมการและเลขานุการ
13.	นางสาวทิพรดา	มุ่งดี	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมและบริการจัดการท่องเที่ยว

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธภูมิ	สุวรรณเวช	ที่ปรึกษา
2.	อาจารย์สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์	ประธานอนุกรรมการ
3.	อาจารย์ ดร.นเรศ	กันธะวงค์	อนุกรรมการ
4.	อาจารย์พัดยศ	เพชรวงษ์	อนุกรรมการ
5.	อาจารย์ญาณาธร	เธียรถาวร	อนุกรรมการ
6.	อาจารย์ ว่าที่ ร.ต.สราทตรา	เล่งไพบูลย์	อนุกรรมการ
7.	นางสาววันทนา	ครุฑจันทร์	อนุกรรมการ
8.	อาจารย์ ดร.ชัยวุฒิ	ชัยฤกษ์	อนุกรรมการ
9.	อาจารย์ ดร.ภควัต	เกอะประสิทธิ์	อนุกรรมการ
10.	อาจารย์ญาณินท์	สายหยุด	อนุกรรมการ
11.	นายวิลาส	วิถีไพร	อนุกรรมการ
12.	นางสาวรุ่งฤดี	ตรงต่อศักดิ์	อนุกรรมการ
13.	นางสาวรัตติณัฏฐ์	อังสนุ	อนุกรรมการ
14.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชฎา	ทองรักษ์	อนุกรรมการและเลขานุการ
15.	นางสาวทิพรดา	มุ่งดี	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายติดตามและประเมินผล

1.	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ฝ่ายวางแผน		ประธานอนุกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลพรรณ	จารุวาระกูล	อนุกรรมการ
3.	อาจารย์วิปัศย์	ปุยสำลี	อนุกรรมการ
4.	นางกุสุมา	ระงับภัย	อนุกรรมการ
5.	นายเสกสรร	กันธรส	อนุกรรมการ
6.	นางนงนภัส	ทองวิจิตร์	อนุกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินบทความการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44 (EECON-44)

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
1	Asst. Prof. Dr. Chow Chompoo-inwai	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2	Prof. Dr. Songphol Kanjanachuchai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3	Asst. Prof. Dr. Channarong Banmongkol	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4	Assoc. Prof. Dr. Nisachon Tangsangiumvisai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5	Asst. Prof. Dr. Arporn Teeramongkonrasmee	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6	Asst. Prof. Dr. Apiwat Lek-uthai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7	Prof. Dr. boonchai techaumnat	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8	Dr. Napong Panitantum	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9	Mr. Boonchuay Supmonchai	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10	Assoc. Prof. Dr. Siriroj Sirisukprasert	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11	Assoc. Prof. Dr. Peerayot Sanposh	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12	Dr. Achara Pichetjamroen	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
13	Asst. Prof. Dr. Chalakorn karupongsiri	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
14	Asst. Prof. Anuwat Prasertsit	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
15	Dr. Phonsit Santiprapan	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
16	Dr. Pakpoom Hoyingcharoen	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
17	Dr. Warit Wichakool	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
18	Dr. mongkol saejia	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
19	Assoc. Prof. Dr. Wanchak Lenwari	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
20	Asst. Prof. Dr. Werapon Chiracharit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
21	Asst. Prof. Dr. Sarawan Wongsa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
22	Asst. Prof. Dr. Suwat Pattaramalai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
23	Asst. Prof. Dr. Thorin Theeradejvanichkul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
24	Assoc. Prof. Dr. Choopan Rattanapoka	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
25	Asst. Prof. Dr. Anusak Bilsalam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
26	Asst. Prof. Dr. Ruslee Sutthaweekul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
27	Asst. Prof. Dr. Pakkawee Hayamin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
28	Asst. Prof. Dr. Suphot Chunwiphat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
29	Dr. Yuenyong Nilsiam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
30	Dr. Pokkrong Vongkoon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
31	Mr. Chaowanan Jamroen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
32	Asst. Prof. Dr. Nararat Ruangchaijatupon	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
33	Asst. Prof. Dr. Pramin Artrit	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
34	Asst. Prof. Dr. Kittipitch Meesawat	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
35	Dr. Jonggrist Jongudomkarn	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
36	รศ.ดร.กฤษ เฉยไสย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
37	ผศ.ดร.มนตล นาวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
38	Assoc. Prof. Dr. Boonyang Plangklang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39	Assoc. Prof. Wattana Punlumjeak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
40	Asst. Prof. Dr.Noraset Wichaipanich	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
41	Asst. Prof. Dr. Nathabhat Phankong	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
42	Asst. Prof. Dr. Paitoon Rakluea	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
43	Asst. Prof. Dr. Chatchai Suppitaksakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
44	Asst. Prof. Dr. Ekkachai Mujjalinvimut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
45	Asst. Prof. Dr. Sirichai Dangeam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
46	Asst. Prof. Dr. Nitipong Panklang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
47	Asst. Prof. Promsak Apiratikul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
48	Asst. Prof. Nachirat Rachburee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
49	Mr. Nattapol Ha-uapala	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
50	Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
51	Asst. Prof. Dr. Chaiyaporn Lothongkam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
52	Asst. Prof. Panlop Pantuprecharat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
53	Dr. Jirapat Sangthong	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
54	Dr. Theppanom Sopaperm	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
55	Dr. Vinai Silaruam	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
56	Mr. Nattapong Jundang	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
57	Mr. Vasin Boonsobhak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
58	Assoc. Prof. Dr. Sanya Mitaim	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
59	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Pijitrojana	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
60	Assoc. Prof. Dr. Pichai Aree	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
61	Asst. Prof. Dr. Nitikarn Nimsuk	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
62	Asst. Prof. Dr. Supachai Vorapojpisut	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
63	Asst. Prof. Dr. Supakit Prueksaaroon	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
64	Dr. Kanchana Silawarawet	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
65	Asst. Prof. Dr. Pramual Choorat	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
66	Asst. Prof. Dr. Khanit Matra	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
67	Asst. Prof. Dr. Pichaya chaipanya	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
68	Asst. Prof. Dr. Samroeng Hintamai	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
69	Asst. Prof. Dr. Parachai Juanuwattanakul	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
70	Assoc. Prof. Dr. Surachoke Thanapitak	มหาวิทยาลัยมหิดล
71	Asst. Prof. Dr. Chuttchaval Jeraputra	มหาวิทยาลัยมหิดล
72	Asst. Prof. Dr. Tatcha Chulajata	มหาวิทยาลัยมหิดล
73	Asst. Prof. Dr. Pornchai Chanyagorn	มหาวิทยาลัยมหิดล
74	Dr. Supun Tiptipakorn	มหาวิทยาลัยมหิดล
75	Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras	มหาวิทยาลัยสยาม
76	Asst. Prof. Wipavan Narksarp	มหาวิทยาลัยสยาม
77	Assoc. Prof. Dr. Poompat Saengudomlert	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
78	Assoc. Prof. Songkran Kantawong	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
79	Dr. Nuntiya Chaiyabut	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
80	Assoc. Prof. Dr. Khanittha Kaewdang	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
81	Assoc. Prof. Dr. Suchin Trirongjitmoah	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
82	Asst. Prof. Dr. Suparerk Janjarasjitt	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
83	Asst. Prof. Dr. Worakarn Wongsaichua	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
84	Asst. Prof. Dr. Prasit Nakonrat	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85	Asst. Prof. Dr. Atipong Suriya	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
86	Asst. Prof. Dr. Bongkoj Sookananta	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
87	Dr. Nakrop Jinaporn	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
88	Dr. Pracha Khamphakdi	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
89	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Chimchavee	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
90	Asst. Prof. Dr. Suparerk Manitpornsut	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
91	Asst. Prof. Dr. Supachate Innet	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
92	Asst. Prof. Supanunt Tunwannarux	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
93	รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
94	Assoc. Prof. Dr. Boonlert Suechoey	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
95	Asst. Prof. Dr. somsak siriporananon	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
96	Asst. Prof. Chirasak Sinsukudomchai	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
97	Asst. Prof. Chaiyo Thammarat	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
98	Asst. Prof. Dr. Somboon Sooksatra	มหาวิทยาลัยรังสิต
99	Asst. Prof. Dr. Supattana Nirukkanaporn	มหาวิทยาลัยรังสิต
100	Asst. Prof. Dr. Wanchai Subsingha	มหาวิทยาลัยรังสิต
101	Asst. Prof. Patiphan Kerdlap	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
102	Assoc. Prof. Dr. Nattachote Rugthaicharoencheep	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
103	Assoc. Prof. Dr. Supawud Nedphokaew	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
104	Asst. Prof. Dr. Nattapong Phanthuna	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
105	Asst. Prof. Dr. Aphichata Thongrak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
106	Asst. Prof. Dr. Sakhon Woothipatanapan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
107	Asst. Prof. Dr. Sanya khunkhao	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
108	Asst. Prof. Dr. Poonsri Wannakarn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
109	Asst. Prof. Dr. Weerayuth Khunrattanasiri	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
110	Asst. Prof. Dr. Burasakorn Yoosooka	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
111	Asst. Prof. Korn Puangnak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
112	Asst. Prof. Wetarin Thansiphraserth	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
113	Dr. Kriengkri Luangampol	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
114	Dr. Ponlakit Jariyatantiwait	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
115	Dr. Thanarat Tanmaneeprasert	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
116	Dr. Pasist Suwanapingkarl	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
117	Dr. Kotchapong Sumanonta	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
118	Dr. Yutthna Sroulsrun	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
119	Dr. Arnon Singhasathein	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
120	Mrs. Kamonnit Pusorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
121	Asst. Prof. Dr. Tanairat Mata	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
122	Asst. Prof. Dr. Wuttiwat Kongrattanaprasert	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
123	Asst. Prof. Choosak Kamonkhantithorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
124	Dr. Narongrit Mekloi	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
125	Dr. Yutana Chongjarearn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
126	Asst. Prof. Dr. Natapong Wongprommoon	มหาวิทยาลัยศิลปากร
127	Asst. Prof. Dr. Jhirat Mearnchu	มหาวิทยาลัยศิลปากร
128	Dr. Phamorn Silapan	มหาวิทยาลัยศิลปากร
129	Assoc. Prof. Dr. Jonglak Pahasa	มหาวิทยาลัยพะเยา
130	Assoc. Prof. Dr. Chawasak Rakpenthai	มหาวิทยาลัยพะเยา
131	Asst. Prof. Dr. Thanomsak Sopon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
132	Asst. Prof. Dr. Kidsanapong Puntsri	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
133	Dr. Mongkol Danbumrungtrakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
134	Dr. Tajchai Pumpoung	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
135	Dr. Yuttana Kongjeen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
136	Assoc. Prof. Dr. Chanchai Thongsopa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
137	Assoc. Prof. Dr. Rangsan Wongsan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
138	Assoc. Prof. Dr. Monthippa Uthansakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
139	Assoc. Prof. Dr. Nittaya Kerdprasop	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
140	Assoc. Prof. Dr. Kittisak Kerdprasop	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
141	Asst. Prof. Dr. Thanaset Thosdeekoraphat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
142	Asst. Prof. Dr. Tosaporn Narongrit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
143	Asst. Prof. Dr. Prayoth Kumsawat	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
144	Asst. Prof. Dr. Uthen Leeton	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
145	Asst. Prof. Dr. Settawit Poochaya	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
146	Asst. Prof. Dr. Somsak Vanit-Anunchai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
147	Asst. Prof. Dr. Sudarat Khwan-on	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
148	Asst. Prof. Dr. Nuntawut Kaoungku	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
149	Dr. Sarunya Kanjanawattana	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
150	Dr. Tosaphol Ratniyomchai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
151	Dr. Supaporn Bunrit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
152	Dr. Samran Santalunai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
153	Dr. Komsan Srivisut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
154	Assoc. Prof. Dr. Somkait Udomhunsakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
155	Assoc. Prof. Dr. Danupon Kumpanya	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
156	Asst. Prof. Dr. Phakkawat Jantree	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
157	Asst. Prof. Dr. Yutthana Kanthaphayao	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
158	Asst. Prof. Dr. Warunee Krudpun	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
159	Dr .Pratya Mongkolwai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
160	Asst. Prof. Dr. Chaiyaporn Panyindee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
161	Asst. Prof. Dr. Praphat Arnmamee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
162	Asst. Prof. Dr. Ekasit Nugoolcharoenlap	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
163	Asst. Prof. Dr. Jetsdaporn Satansup	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
164	Asst. Prof. Dr. Komkris Boonying	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
165	Asst. Prof. Dr. Kairoek Choeychuen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
166	Asst. Prof. Ruangyos Keteruksa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้พิจารณาบทความ	หน่วยงาน
167	Asst. Prof. Dr. Prasopchok Hothongkham	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
168	Dr. Peerumporn Jiranantanagorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
169	Dr. Pitchanun Wongsiritorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
170	Dr. Sopa Sae-Heng	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
171	Dr. Terapong Boonraksa	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
172	Dr. Vinai Pornpojratanakul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
173	Dr. Jiraporn Kiatwuthiamorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
174	Mr. Ditsapon Chumchewkul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
175	ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
176	Assoc. Prof. Dr. Wanchai Khamsen	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
177	Asst. Prof. Dr. Anon Namin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
178	Asst. Prof. Dr. Upady Hatthasin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
179	Asst. Prof. Dr. Kanokwan Ruangsiri	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา
180	Assoc. Prof. Dr. Tanit Malakorn	มหาวิทยาลัยนเรศวร
181	Assoc. Prof. Dr. Niphat Jantharamin	มหาวิทยาลัยนเรศวร
182	Assoc. Prof. Dr. Somporn Ruangsinchaiwanich	มหาวิทยาลัยนเรศวร
183	Asst. Prof. Dr. Surachet Kanprachar	มหาวิทยาลัยนเรศวร
184	Asst. Prof. Dr. Sarawut Wattanawongpitak	มหาวิทยาลัยนเรศวร
185	Asst. Prof. Dr. Piyadanai Pachanapan	มหาวิทยาลัยนเรศวร
186	Asst. Prof. Dr. Sommart Sang-Ngern	มหาวิทยาลัยนเรศวร
187	Asst. Prof. Dr. Akaraphunt Vongkunghae	มหาวิทยาลัยนเรศวร
188	Asst. Prof. Dr. Siriporn Dachasilaruk	มหาวิทยาลัยนเรศวร
189	Asst. Prof. Dr. Mutita Songjun	มหาวิทยาลัยนเรศวร
190	Dr. Jirarat leamsaard	มหาวิทยาลัยนเรศวร
191	Dr. Phisut Apichayakul	มหาวิทยาลัยนเรศวร
192	Dr. Suradet Jitprapaikulsarn	มหาวิทยาลัยนเรศวร
193	Dr. Jiraporn Pooksook	มหาวิทยาลัยนเรศวร
194	Dr. Jirawadee Polprasert	มหาวิทยาลัยนเรศวร
195	Dr. Piyapat Poungsri	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
196	Asst. Prof. Dr. Sopapun Suwansawang	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
197	Asst. Prof. Dr. Jesada Sartthong	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
198	Asst. Prof. Dr. Thawatchai Thongleam	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
199	Mr. Teeranon Chaiyakun	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์

สถิติบทความที่ร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44 (EECON-44)

ลำดับ	สถาบัน	จำนวน
1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	11
2	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2
3	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	6
4	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	1
5	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	1
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	6
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	6
8	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	4
9	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	24
10	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	12
11	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	1
12	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	2
13	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	3
14	มหาวิทยาลัยมหิดล	2
15	มหาวิทยาลัยสยาม	1
16	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	5
17	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	1
18	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	2
19	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	3
20	มหาวิทยาลัยรังสิต	1
21	มหาวิทยาลัยนเรศวร	3
22	**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**	**27**
23	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	1
24	มหาวิทยาลัยพะเยา	1
25	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	15

สถิติบทความที่ร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44 (EECON-44)

ลำดับ	สถาบัน	จำนวน
26	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	14
27	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	7
28	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	3
29	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	2
30	มหาวิทยาลัยศิลปากร	4
31	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	7
32	สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา	1
33	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	4
34	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	1
35	วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี	1
36	วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย	1
37	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	5
38	มหาวิทยาลัยนครพนม	5
39	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	1
40	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	1
41	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์	3
42	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	1
43	มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์	2
44	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	1
45	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี	2
46	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	1
	รวมทั้งหมด	208

จำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมนำเสนอในงาน EECON-44 แบ่งตามสาขา

สาขา	บทความทั่วไป	บทความรับเชิญ
ไฟฟ้ากำลัง (PW)	55	4
ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)	21	1
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)	11	1
พลังงานทดแทน (RE)	16	2
การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)	10	-
โฟโตนิกส์ (PH)	3	-
ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)	12	-
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)	9	-
อิเล็กทรอนิกส์ (EL)	13	-
วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)	4	-
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)	46	-
รวม	**200**	**8**
รวมทั้งสิ้น	**208**	

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44
The 44th Electrical Engineering Conference (EECON44)
วันที่ 17-19 พฤศจิกายน 2564 ณ โรงแรม คิ อิมเพรส น่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

การควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะผ่านระบบอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งด้วยโปรโตคอล MQTT

Control of Smart Circuit Breakers via IoT using MQTT Protocol

ปวีณ ผุยรอด ธุรินทร์ แหงมงาม และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
*E-mail: krischonme.b@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาของเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งหรือ IoT ได้เข้ามามีส่วนร่วมกับชีวิตประจำวันโดยการใช้งานในรูปแบบหลากหลายด้วยการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์และระบบสื่อสารที่ก้าวหน้าอย่างไม่หยุดยั้งทำให้เกิดสิ่งของที่มีการใช้งานและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะผ่านระบบแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ เพื่อทำให้สามารถรู้สถานะของการใช้ไฟฟ้าและการเกิดปัญหาจากการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ตลอดเวลาผ่านช่องทางที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยการสร้างระบบที่สามารถนำพารามิเตอร์ที่ได้จากเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผลทันทีทันใดผ่านระบบ Message Queue Telemetry Transport (MQTT) ซึ่งเชื่อมต่อและจัดเก็บข้อมูลไว้บน แฟลตฟอร์มคลาวด์ทำให้มีประสิทธิภาพในการเรียกดูข้อมูลและประเมินการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าย้อนหลัง วางแผนการใช้พลังงาน และสามารถตั้งค่าความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเพื่อป้องกันการเกิดความผิดปกติทางไฟฟ้า จากแอปพลิเคชันได้ตลอดเวลา

คำสำคัญ: บ้านอัจฉริยะ อินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง เซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ โปรโตคอล

Abstract

Nowadays, the development of Internet of Things or IoT technology has become involved in daily life by using it in various forms. With the continuous development of equipment and communication systems, making things that are more functional and convenient, therefore, the design of the smart circuit breaker control system through the cloud platform system together with home electricity use. In order to be able to know the status of electricity usage and problems at any time through easily accessible channels creating a system that can take circuit breaker parameters for analysis and display immediately via the Message Queue Telemetry Transport (MQTT) system. It was connected and stored the data on the cloud platform which making it efficient to retrieve data and estimate the power consumption historically and plan future energy use and can set the safety of the home electrical system through to prevent electrical malfunctions. from the application at any time.

Keywords: smart home, IoT, smart circuit breaker, protocol

1. บทนำ

ปัจจุบันเพื่อตอบสนองการพัฒนาของเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) หรือ IoT นำไปสู่การวิจัยเพื่อสร้างแฟลตฟอร์มคลาวด์ (Cloud Platform) ให้เป็นสมองของบ้าน เพื่อเป็นประตูของการสู่บ้านฉลาดล้ำอย่างแท้จริง เพื่อลดข้อจำกัดของการเป็นบ้านอัจฉริยะหรือที่เรียกกันว่า "Smart Home" เพราะการพึ่งพาความฉลาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวทำให้ความฉลาดล้ำมีข้อจำกัด ของการสื่อสารข้อมูลและการเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้ารุ่นเก่าที่ไม่มีความเป็นอัจฉริยะไม่สามารถทำได้ การทำบ้านอัจฉริยะด้วยอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Device) เป็นเพียงแค่การทำให้ทุกอุปกรณ์เชื่อมต่อกัน และจัดการได้จากระยะไกล เงื่อนไขที่แท้จริงของการสร้างความยืดหยุ่นของการเป็นบ้านอัจฉริยะ [1]

การออกแบบโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์เพื่อทดแทนเบรกเกอร์รุ่นเก่าและรองรับการทำให้บ้านเป็นเสมือนคอมพิวเตอร์ที่สามารถเรียนรู้และทำการตัดสินใจได้ เพื่อเข้าสู่แนวคิด Electrical และ ICT Convergence นั้น โครงสร้างของระบบจะต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ชุดสมองกล ชุดประมวลผลคลื่นไฟฟ้าเพื่อการตัดสินใจดังรูปที่ 1 ชุดตัดต่อวงจรไฟฟ้า ชุด HoME@Cloud Gateway ชุด HoME@Cloud Platform และ HoME@Cloud Mobile Application หลักการทำงานของเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ที่พัฒนานี้จะมี ชุดสมองกลประมวลผลคลื่นไฟฟ้าเพื่อการตัดสินใจเป็นตัวควบคุมหลักในการทำงาน 2 ส่วนคือ ส่วนรวบรวมข้อมูลเพื่อส่งไปยัง HoME@Cloud Platform เพื่อการจัดการทางไฟฟ้า และส่วนการป้องกันซึ่งจะทำการประมวลผลจากการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าและตัดสินใจในการป้องกันโดยทำงานร่วมกับชุดตัดต่อวงจรไฟฟ้า

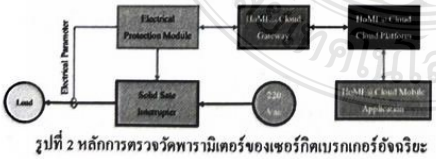
รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมการออกแบบบ้านอัจฉริยะ

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นด้านการจัดการไฟฟ้าและควบคุมสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าตอบสนองบ้านที่มีการติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาพและสัญลักษณ์ทางกราฟฟิค แสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถควบคุมสั่งงานได้บน Cloud Platform โดยการจัดเรียงข้อมูลแบบ JSON Format เพื่อส่งเข้าสู่ระบบในรูปแบบ (MQTT) เพื่อลดการเดินทางหรือการสูญเสียทางเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยี 4.0

บทความนี้นำเสนอการออกแบบการควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะผ่านระบบอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งด้วยโปรโตคอล MQTT โดยส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงการควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ ส่วนที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบเวิร์กโฟลว์และรูปแบบข้อความที่ใช้ในระบบตรวจสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนที่ 4 การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ และสุดท้ายส่วนที่ 5 นำเสนอการสรุปผลการศึกษา

2. การควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ

ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเตอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in Cloud) ชุดวงจรรวมตรวจจับสัญญาณจะมีหน้าที่ในการตรวจจับคลื่นไฟฟ้าทุกพารามิเตอร์ I, V, f, θ ที่อ่านค่าโดยสมองกลและประมวลผล การประมวลผลในวงจรรวมมีหน้าที่ในการคำนวณความผิดปกติในข้อมูลไฟฟ้าที่ส่งให้ โดยหาความสัมพันธ์ของทุกพารามิเตอร์เพื่อหาความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด และทำการตัดสินใจ และส่งคำสั่งไปควบคุมการทำงานของชุดตัดวงจรหรือชุดแสดงผลขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของสวิตช์ปรับโหมดตอนเปิดเครื่องใหม่ ชุดสมองกลประมวลผลคลื่นไฟฟ้า เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรนี้จะได้รับการตรวจจับกระแสและจะส่งผลการตรวจจับให้กับหน่วยประมวลผลภายในที่จะทำการตัดสินใจตามความรุนแรงของปัญหา และส่งคำสั่งออกมายังชุดตัดต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ SSCB (Solid State Circuit Breaker) เพื่อสั่งการตัดต่อตามผลการประมวลดังรูปที่ 2 และโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้ LED สีแดงก็จะแสดงผล หรือแผงแสดงผลก็จะแจ้งผลที่ผิดปกติ ในขณะที่หลอด LED อื่นจะดับ สำหรับการผิดปกติของไฟฟ้า ก็จะแจ้งผลโดยการติดดับของ LED แต่ละสี การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับระดับของศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาว่า อยู่ภายใต้เงื่อนไขของ CBEMA Curve ถ้าหากออกนอก Tolerance Envelope ชุดตรวจจับ Voltage Detection ก็จะส่งผล ให้กับหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัดวงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด



รูปที่ 2 หลักการตรวจวัดพารามิเตอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ

การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับขนาดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดว่า อยู่ภายใต้พิกัดที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยตรวจสอบพิกัดตามที่ผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งไว้ตั้งแต่ 6-63 A ถ้าหากเกินพิกัด ชุดตรวจจับก็จะส่งผล ให้กับหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัดวงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับความถี่และ Zero Crossing ของไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามา เพื่อตรวจจับหาสัญญาณสัญลักษณ์เฉพาะที่จะมีผลต่อการก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามสายแบบขนานและแบบอนุกรมที่จะทำให้เกิดความร้อนสะสมทำให้เกิดคาร์บอนบนผิววัสดุและเกิดประกายไฟรุ่งแสง เพื่อตรวจจับความผิดปกติอันจะเป็นสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรข้ามสายหรือประกายไฟรุ่งแสงอันเป็นสาเหตุของไฟไหม้ เพื่อส่งข้อมูลให้ Fault Detection ที่อยู่ภายในหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจตามความรุนแรงของปัญหา และส่งคำสั่งไปยังชุดตัดวงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับการเกิดไฟฟ้ารั่วอันเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต ชุดตรวจจับ Voltage Detection ก็จะส่งผลให้กับหน่วยประมวลผลภายในที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัดวงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดการเสียชีวิตของมนุษย์ การทำงานทั้งหมดมีลักษณะการทำงานที่จะแสดงผลของการตรวจจับไปยังส่วนแสดงผล เพื่อแจ้งให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทราบสาเหตุของปัญหา และสามารถแก้ปัญหาก่อนเกิดความเสียหาย การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่ทำการตัดต่ออันเนื่องมาจากการเกิดปัญหาประกายไฟฟ้าชั่วคราว ด้วยการแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณแต่ละชนิด และดำเนินการตัดเฉพาะกับสัญญาณที่จะมีผลต่อการเกิดไฟไหม้ โดยอาศัยการตรวจจับพารามิเตอร์ทั้ง 5 คือ ความถี่ การเปลี่ยนแปลงของขนาดศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า Zero Crossing และความเป็นวัฏจักรของสัญญาณ ซึ่งสำหรับการทำงานของไฟฟ้าปกติจะมีลักษณะสัญญาณเป็นวัฏจักร การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง เป็นระบบ AI ที่จะตรวจสอบความผิดปกติที่มีภาวะคล้ายกับการเกิดไฟฟ้ารุ่งแสงและบันทึกไว้ อันเป็นการเรียนรู้ที่จะไม่ตัดหากเกิดภาวะดังกล่าวขึ้นอีกภายหลัง การตั้งระบบ AI นี้กำหนดโดยผู้ใช้ การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง สามารถทำงานควบคุมและจัดการไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลดได้ด้วยตนเองหรือใช้การสั่งการจากผู้ใช้ไฟฟ้าได้โดยผ่านสวิตช์ปิดเปิด การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง จะส่งผลการทำงานไปแสดงยังชุดแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการตัดไฟฟ้าออกจากระบบ โดยการแสดงเป็นลักษณะของไฟสัญญาณสว่างที่หลอด LED การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตัดต่อไฟฟ้าได้ด้วยวงจรตัดต่อไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็น Solid

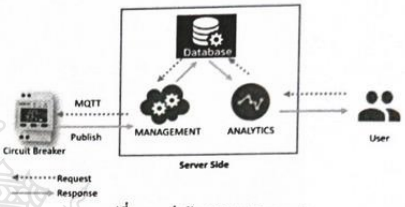
State อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยไม่จำกัดที่ IGBT หรือ SCR เท่านั้น การทำงานของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเตอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) Home@Cloud จะทำงานภายใต้การถ่ายเทความร้อนธรรมชาติ ไม่ต้องอาศัยพัดลมหรือเครื่องช่วยระบายที่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้า การเพิ่มจำนวนตัวจ่ายและตัดต่อของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเตอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) Home@Cloud สามารถทำได้ โดยไม่จำกัด การทำงานของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเตอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) สามารถจำกัดชนิดของการป้องกันและตั้งค่าพิกัดได้ผ่านโปรแกรมการจัดการ ส่วนการทำงานด้านการจัดการและข้อมูลที่ส่งไปยัง HoME@Cloud Cloud Platform นั้นมีข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญคือการสื่อสารระหว่างกันโดยพิจารณาจากมุม Gateway มี Interface อยู่ 2 ส่วนที่ต้องออกแบบ communication protocol ระหว่าง Gateway และชุดควบคุมสมองกลผ่าน CANBus (CAN) และ communication protocol ระหว่าง Gateway และ Cloud (MQTT)

3. การออกแบบระบบตรวจสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์

การออกแบบเวิร์กโฟลว์และรูปแบบข้อความที่ใช้ในระบบตรวจสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ใช้ IoT อธิบายไว้ในบทความนี้ การออกแบบระบบรวมถึงประเภทของฮาร์ดแวร์ที่ระบบใช้ในขณะที่อธิบายเวิร์กโฟลว์ของระบบขั้นตอนการทำงานของฮาร์ดแวร์แต่ละตัวจากการวัดค่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ พารามิเตอร์เพื่อแสดงผลลัพธ์ในแอปพลิเคชันบนเว็บรูปแบบข้อความอธิบายโครงสร้างของข้อความที่ใช้ในระบบ[2-4]ข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญคือ การสื่อสารข้อมูลระหว่างกันโดยพิจารณาจากมุม Gateway นั้นจะมี Interface อยู่ 2 ส่วนที่ต้องออกแบบ communication protocol ระหว่าง Gateway และชุดควบคุมสมองกลผ่าน CANBus (CAN) และ communication protocol ระหว่าง Gateway และ Cloud (MQTT) [4-5]

1) Communication Interface คือ Communication protocol ระหว่าง Gateway และชุดควบคุมสมองกลผ่าน CANBus (CAN) การสื่อสารชุดนี้จะเป็น CAN Protocol ที่ควบคุมโดย CANBus Gateway Side Board ผ่าน serial port โดยมี Protocol รูปแบบดังตารางที่ 1 โดยรูปแบบการสื่อสารจะมีลักษณะเมื่อ Gateway ได้รับข้อความรูปแบบ JSON จาก Cloud Platform ที่ระบุที่อยู่ของชุดสมองกล ตัว Gateway ก็จะส่งข้อมูลทั้ง Packet ผ่าน USB ไปยัง CAN Bus Gateway Side Board และในทางกลับกัน เมื่อ Gateway ได้รับข้อความจากชุดควบคุมสมองกล มันก็จะแปลงสู่รูป JSON- format เพื่อไปยังระบบจัดการบน Cloud Platform Hardware Interface [1,6]

2) Communication protocol ระหว่าง Gateway และ Cloud (MQTT) การสื่อสารระหว่าง Gateway กับ Cloud Platform เป็นรูปแบบของ MQTT คือ publish/subscribe messaging protocol ซึ่งไม่กำหนด Format ของ Payload ดังนั้นรูปแบบ JSON protocol จะเป็นรูปแบบข้อความ โดยมี JSON-format ที่ออกแบบไว้ใน JSON schemas เฉพาะสำหรับโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ และ MQTT payload ต้องเป็นไปตาม schemas การทำงานภายใน Gateway เมื่อได้รับ CAN frame จากชุดควบคุมสมองกลแล้ว จะจัดการสร้าง JSON-message ตามแบบ JSON Schema ซึ่งจะถูกส่งไป published เพื่อไปจัดการต่อไป Gateway จะไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ส่งผ่านไปมาระหว่างชุดควบคุมสมองกลและระบบจัดการบน Cloud Platform ซึ่งความสมบูรณ์ของข้อมูลเป็นเรื่องของสมองกลกับระบบจัดการบน Platform รูปแบบ Protocol แบบ MQTT นั้นจะเป็น publish/subscribe หัวใจสำคัญคือ MQTT Broker ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การส่งรับ MQTT Protocol

การ Configuration เริ่มด้วยการติดตั้ง MQTT broker บน Cloud 2 ชุด ชุดหนึ่งคือ "Default MQTT broker" และอีกชุดคือ "Load MQTT broker" ซึ่งตัวแรกจะเป็น fixed ชื่อ host และ port ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือน backdoor หากเกิดปัญหากับ Load MQTT broker ตัว Default MQTT broker ต้องรองรับการ reconfiguration Gateway และ software update สำหรับ Gateway โดย Gateway ที่ผลิตออกมาจะมาพร้อมชื่อ host และ port ของ Default MQTT broker การ Reconfiguration ชื่อ host และ port จะไม่ไป overwrite default configuration ส่วน Load MQTT broker นั้น ชื่อ host และ port ไม่จำเป็นที่จะต้องเป็น domain หลักของผู้ออกแบบ ซึ่งชื่อและ Port ของ Load MQTT broker เป็นส่วนหนึ่งของการ Configuration Gateway ที่ได้มาจาก Default MQTT broker เพื่อให้สามารถรองรับการทำงาน Gateway จำนวนมาก

4. การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ

การกำหนดมาตรฐานไฟฟ้าเพื่อบังคับใช้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเป็นมาตรฐานที่อ้างอิงความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพานิชย์และอุตสาหกรรมและเกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่งในปัจจุบันทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกาได้มีการพัฒนาดิจิทัลเบรกเกอร์ในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานใหม่ในประเทศไทยยังต้องอาศัยเวลาอีกสักระยะหนึ่ง จากการติดตั้งใช้งานจริงจะพบว่าอุปสรรคสำคัญคือขนาด โดยรวมของระบบ การออกแบบที่แต่ละ CPU มีการแสดงผลเป็นของตัวเอง และคุมแต่ละชุดตัดวงจร ทำให้โดยรวมอุปกรณ์มีขนาดใหญ่ใช้พื้นที่มาก เป็นอุปสรรคกับพื้นที่ขนาดเล็ก รวมถึงการแยกชุดตัดวงจรออก

จากชุดควบคุม จะต้องพิจารณาปรับปรุงในส่วนการควบคุมที่มีจำนวนมาก เพื่อให้เป็นอิสระต่อกันอย่างแท้จริง ไม่ถูกจำกัดด้วยความยาวของสายควบคุม ในกรณีที่จะต้องแยกชุดตัดวงจรให้ห่างไกลออกไป นอกจากนี้ ความคุ้นเคยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีผลต่อการสร้างการยอมรับในช่วงต้น เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าไม่เคยสนใจการทำงานของระบบป้องกันไฟฟ้ามาก่อน การใช้งานจริงทางแอปพลิเคชันจึงมีการใช้งานน้อยมาก นอกจากจะมีการเกิดประเด็นปัญหา และป้องกันโดยการทำให้เบรกเกอร์ต้องทำการสั่ง ON ใหม่ทุกครั้งที่เกิดภาวะไฟฟ้าดับก็ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดความรู้สึกไม่สะดวกสบาย เนื่องจากคุ้นเคยกับการที่เบรกเกอร์จะคงสภาพการ ON ไว้เมื่อไฟดับและกลับมาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งทำให้ค้นพบว่าความสะดวกสบายสำหรับผู้ใช้มาก่อนการคำนึงถึงความปลอดภัย ซึ่งผู้บริโภคมองว่าโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากในส่วนของ Mobile Application ผู้ใช้ยังต้องใช้ความเข้าใจทางเทคนิคเนื่องจากยังมีการใช้ศัพท์เทคนิค และการตั้งค่าที่ต้องอาศัยความเข้าใจในระบบไฟฟ้า อีกทั้งการแจ้งเตือนยังมีข้อจำกัดในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ได้เปิดแอปพลิเคชันไว้ การออกแบบแอปพลิเคชันเพื่อความสะดวกของการใช้งาน และสามารถควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์(REM) เพื่อการป้องกันการเกิดความเสียหายเมื่อเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าได้ทันทีผ่านระบบ อินเตอร์เน็ต และระบบยังสามารถกลับมาทำงานได้โดยอัตโนมัติหลังจากเกิดเหตุไฟฟ้าขัดข้อง

รูปที่ 4 แผนภาพเซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ Home@Cloud

เพื่อตรวจทาน ตรวจสอบการใช้ไฟฟ้า ความผิดปกติ การวางแผนการใช้พลังงาน และในเชิงเทคนิคและเศรษฐกิจเพื่อนำไปต่อยอดทั้งทางธุรกิจ สังคม วิศวกรรม และการบริหารจัดการพลังงาน เปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคดังรูปที่ 4 การใช้งานจริงของ เซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ Home@Cloud ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6

รูปที่ 5 หน้าจอแสดงการใช้พลังงานของเดือน

รูปที่ 6 เซอร์กิตเบรกเกอร์อัจฉริยะ Home@Cloud

5. สรุป

การพัฒนาแอปพลิเคชันด้านการจัดการระบบไฟฟ้าและควบคุมสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและสำนักงานอัจฉริยะ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อใช้ร่วมกับการควบคุมโดยมุ่งเน้นทางด้านระบบรักษาความปลอดภัยทางไฟฟ้า เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าขาเข้า แรงดันขาออก เอาต์พุต กำลังและกระแสไฟที่อาจเกิดจากความบกพร่องที่ทำให้เกิดการเสียหายของระบบและทรัพย์สินภายในบ้านหรือสำนักงาน โดยการติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อใช้ภาพและสัญลักษณ์ทางกราฟฟิกแสดงผลให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถควบคุมสั่งงานได้บนอินเตอร์เน็ต ซึ่งการออกแบบได้แสดงให้เห็นพารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้าหลายอย่าง แบบเรียลไทม์ ผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีเว็บเบราว์เซอร์ ระบบที่ออกแบบ มีต้นทุนต่ำโดยใช้โปรโตคอล MQTT แต่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะรองรับอุปกรณ์หลายเครื่องพร้อมกันได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ และคณะ "HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud," สำนักงาน กสทช, เมษายน 2564.

[2] C.R.M. Silva and et al, "An IoT Gateway for Modbus and MQTT Integration," IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC), 2019.

[3] M. Dave and et al, "MQTT- CoAP Interconnector: IoT Interoperability Solution for Application Layer Protocols," Proceedings of the Fourth International Conference on I-SMAC, pp.122-127, 2020.

[4] P. Alqinsi and N. Ismail, "IoT-Based UPS Monitoring System Using MQTT Protocols," International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), 12-13 July 2018.

[5] A. A. Fuqaha and et al, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," IEEE Communication Surveys&Tutorials, 17(4), Fourth Quarter 2015.

[6] N. Aroon, "Study of using MQTT Cloud Platform for Remotely Control Robot and GPS Tracking," 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 28 June-1 July 2016

RMUTP มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร

สอบถามเพิ่มเติมได้ที่

https://www.facebook.com/OREGRMUTP

สำนักงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ : 02-665-3777 ต่อ 6302-9 , 6409
Email : register@rmutp.ac.th

ออกแบบโดย : ฝ่ายสารสนเทศประชาสัมพันธ์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายปวีณ ผุยรอด
วัน เดือน ปีเกิด	21 สิงหาคม 2534
ที่อยู่	231/81 หมู่ 4 ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	โปรแกรมเมอร์ Freelance รับงานอิสระ
เบอร์โทรศัพท์	089-6436711
อีเมล์	praween.p@en.rmutt.ac.th