



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนา
กิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์
สาธารณะ

บ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย
HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud

รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ และคณะ

เมษายน 2564

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

แบบ กทปส. ME-003

รายงานฉบับสมบูรณ์

ทุนส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา
สัญญารับทุนเลขที่ BT 2-06/1-61

บ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย
HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud

คณะนักวิจัย

1. รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์	นักวิจัยหัวหน้าโครงการ
2. ดร. ณตฤณ จันทรจำรัส	นักวิจัยร่วม
3. นายพิสิทธิ์ สุจริตโสภิต	นักวิจัยร่วม
4. Mr. Luo Lei	นักวิจัยร่วม
5. นางซัชชม สุจริตโสภิต	นักวิจัยร่วม
6. นายพัศพงษ์ เจริญพันธ์	นักวิจัยร่วม
7. นางสาวนฤดี พูลประเสริฐ	นักวิจัยร่วม

ได้รับทุนอุดหนุนจาก

กองทุนวิจัยและพัฒนาโครงการกระจายเสียง กิจกรรมโทรทัศน์ และกิจกรรมโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

เมษายน 2564

บทสรุปผู้บริหาร

บ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

เมษายน 2564

ความสำคัญของโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย ปรากฏชัดขึ้นเมื่อทุกประเทศทั่วโลกต้องประสบภัยด้านสาธารณสุขโควิด-19 ทำให้ความสำคัญของการชีวิตอิสระโดยไม่สูญเสียความมั่นคงมีมากขึ้น เทคโนโลยีผ่าน Internet of Things เพื่อตอบโจทย์ความต้องการของพลเมืองมีมากขึ้น แต่สิ่งที่ได้ถูกละเลยไปและไม่ได้รับความสนใจคือไฟฟ้าที่อยู่เบื้องหลังของการทำงานได้ของระบบอัจฉริยะทั้งหลาย อันเป็นหัวใจสำคัญที่อาจทำความเสียหายให้กับการดำรงชีวิตของพลเมืองในยุคดิจิทัลได้ สิ่งสำคัญส่วนหนึ่งของไฟฟ้าคือ ความปลอดภัยและคุณภาพ แต่เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของไฟฟ้ากลับยังเป็นเทคโนโลยีรุ่นเก่าที่เราเรียกกันว่าเบรกเกอร์ ที่ไม่สามารถที่จะตรวจสอบคุณภาพของคลื่นไฟฟ้าที่จ่ายให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อัจฉริยะใดๆได้ ทั้งที่ความสามารถของวิศวกรในการวิเคราะห์ปัญหาและอันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าสามารถทำได้ แนวคิดการสร้างสมองกลไฟฟ้าให้ทำงานวิเคราะห์ตัดสินใจแบบวิศวกร จึงได้เกิดขึ้น

โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 จึงเป็นการเชื่อมโยงเอาความสามารถทางดิจิทัลในการดิจิทัลข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจกับสำคัญของไฟฟ้าต่อการดำรงอยู่ของความฉลาดล้ำให้มาหลอมรวมกัน ให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างคุ้มค่าและปลอดภัยและสอดคล้องกับความต้องการของโลกอัจฉริยะในอนาคตที่ความสำคัญของการดำรงชีพบนระบบดิจิทัลเป็นปัจจัยที่ 6 ที่ไม่อาจขาดได้ โดยการมาทดแทนระบบเบรกเกอร์เดิมๆที่เป็นศูนย์กลางการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ภายในบ้าน

ดังนั้นโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 จึงได้สร้างระบบเทคโนโลยี HoME@Cloud ที่มีสมองกลพร้อมระบบปัญญาประดิษฐ์ตรวจสอบจับคลื่นไฟฟ้าและตัดสินใจตัดต่อวงจรไฟฟ้าให้เกิดความสะดวกรวดสบาย อุ่นใจ และควบคุมได้ต่อผู้ใช้ พร้อมส่งผ่านข้อมูลพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจดิจิทัลไปยัง HoME@Cloud Cloud Platform ที่จะมีระบบบริหารจัดการให้เกิด Self-Thinking Home ให้บ้านเป็นเสมือนคอมพิวเตอร์ ที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านต่ออยู่ ให้พลเมืองอนาคตสามารถที่จะจัดการชีวิตของตนเองผ่านเครื่องมือสื่อสารได้อย่างแท้จริงบนระบบเดียว ไม่ต้องพึ่ง Home HUB เช่น Google อีกต่อไป

จากการทดลองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของพลเมือง 22 ล้านครัวเรือนพบว่าเทคโนโลยีของโครงการบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 สามารถทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ในการใช้ไฟฟ้าปลอดภัยขึ้น และผู้ใช้มีความมั่นใจและสะดวกสบายขึ้น แต่ลักษณะโครงสร้างของระบบยังควรได้รับการพัฒนาเพื่อให้ดูทันสมัยและกะทัดรัดกว่าปัจจุบัน อีกทั้งการใช้งาน Application ควรสร้างความเข้าใจให้กับผู้ใช้ได้ง่ายกว่านี้ และหากประเทศจะขับเคลื่อนสู่เศรษฐกิจดิจิทัล โลกหลังโควิด-19 คือโลกที่มหาอำนาจกำหนดจากการครองพื้นที่ข้อมูล Big Data ได้มากที่สุด ผู้วิจัยเชื่อว่าเทคโนโลยีของโครงการจะเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการทำให้ประเทศยืนขึ้นเป็นหนึ่งในผู้นำจากความจริงที่ว่าทุกความอัจฉริยะต้องใช้ไฟฟ้า และประเทศไทยเป็นเจ้าของเทคโนโลยีไฟฟ้าที่ทุกผู้ใช้ไฟฟ้าต้องมี

บทคัดย่อ

บ้านไร้เบรกเกอร์เป็นความคิดที่จะเปลี่ยนเทคโนโลยีการป้องกันไฟฟ้าให้เป็นดิจิทัลทดแทนเบรกเกอร์สมัยเก่า 100% เป็นการต่อยอดจากนวัตกรรมการป้องกันไฟฟ้าแบบอัจฉริยะที่มีคุณสมบัติเด่นที่มากกว่าการป้องกันไฟฟ้าของเบรกเกอร์ทั่วไปที่มีในท้องตลาด คุณสมบัตินี้คือความสามารถในการป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่กระแสดำ และการอ่านค่าพารามิเตอร์เพื่อการป้องกันที่จะมีมาในอนาคต อีกทั้งยังมีโปรแกรมเตือนปัญหาไฟฟ้า จัดการลักษณะการป้องกันและ AI เรียนรู้สภาพไฟฟ้าของพื้นที่ที่ติดตั้งอยู่ เพราะส่วนสมองกลของบ้านไร้เบรกเกอร์สามารถดิจิทัลตรวจสอบลักษณะของคลื่นไฟฟ้าตลอดเวลา ทำให้สามารถจับสัญญาณเมื่อระบบเกิดความผิดปกติขึ้น และส่วนติดต่อจะทำการตัดวงจร ถ้ามีความเสี่ยงเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือบุคคล และผลพลอยได้จากการตรวจวัดคลื่นทำให้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ทำหน้าที่แบบมิเตอร์ไฟฟ้าได้ด้วย สามารถแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของประชาชน จัดการวางแผนต่างๆ

ที่สำคัญ ด้วยความสามารถของสมองกลที่พัฒนาสู่พาณิชย์นี้ จะทำให้เทคโนโลยีไฟฟ้าและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นหัวใจของเมืองอัจฉริยะในอนาคตได้มาบรรจบกันอย่างรวดเร็ว จากปริมาณการนำไปใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้าและภาครัฐบาล การมาบรรจบกันของเทคโนโลยีไฟฟ้าและสารสนเทศจะทำให้เกิดความฉลาดล้ำของบ้านและอาคารรวมถึงอุตสาหกรรมในการที่จะพัฒนาต่อยอดให้เกิดชีวิตอิสระอย่างแท้จริง

ด้วยความมุ่งมั่นของทีมงานวิจัยที่จะทำให้โครงการนี้ต่อยอดออกไปเป็นการปฏิวัติประเทศไทยสู่การเป็นผู้นำในเทคโนโลยีด้านไฟฟ้าดิจิทัลที่ยังไม่มีการพัฒนาจริงจัง เพื่อที่จะพัฒนาประเทศในกรอบสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ผลักดันให้ประเทศหลุดพ้นจากกับดักประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลาง สร้างรายได้ประชากรให้เพิ่มขึ้นในระดับสูงขึ้นสู่การเป็นประเทศพัฒนา และสร้างความสุขให้เกิดขึ้นกับคนไทย เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ รวมทั้งความสามารถในการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยเริ่มจากช่องว่างเรื่องของการป้องกันไฟฟ้า ทำให้บ้านเป็นเหมือนคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการเป็นของตนเอง และจัดการภารกิจทุกชนิดของมนุษย์ได้โดยการเฝ้าระวังระยะไกล การควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ผ่านอินเทอร์เน็ต ในฟังก์ชันของตัวรวมไฟฟ้า ก่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่เรียกว่า “Self-Thinking Home Power Grid”

การวางโครงสร้างพื้นฐานนี้หมายถึงการทำบ้านไร้เบรกเกอร์ให้พร้อมต่อการสานต่อแผนอนาคตของทีมวิจัยโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ Home@Cloud หรือ Home Gateway ที่ทำงานเป็น HomeOS บน Cloud Platform รองรับการจัดการทุกภารกิจของมนุษย์ผ่านไฟฟ้าและตอบรับ

เทคโนโลยี IoT สำหรับทุกภาคอุตสาหกรรมที่จะเกิดขึ้นในเมืองอัจฉริยะ Smart City พร้อมการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทดแทนเบรกเกอร์กลศาสตร์ดั้งเดิม เพื่อการจัดการไฟฟ้าอย่างแม่นยำผ่านเครื่องมือสื่อสาร

Abstract

HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud will be the technology to 100% replace conventional electrical protection. The technology is based on successful electrical breaker CPU developed to protect Arc Fault hazard that causes electrical fire. From its capability to detect electrical parameters and digitized the electrical waveform, this research will take further step to use these electrical data to establish electrical data platform that will be used to manage electrical energy for economic purpose or for safety. Since electrical protection is very delicate, for it to function effectively, AI function is included in the CPU. The AI is designed to learn the undesirable waveforms that do no harm to the people or assets but can cause tripping. The AI will forbid that nuisance tripping and make the technology more desirable and user-friendlier.

HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud in this research will lead to the electrical technology and ICT convergence. The convergence concept will be successful only that most of the circuit breaker protections are replaced with HoME@Cloud Technology to collect large volume of data – both structured and unstructured – that is useful for a business and human on a day-to-day basis. Without smart electrical energy, the acceleration of ICT in creation of new products and service will find its limitation. is considered as one of the core factors to secure competitiveness in the future. The ICT convergence can be understood as a trend of goods advancement, service innovation, and added value creation by embedding ICTs in goods and services belonging to other industries

To promote the use of the HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud technology instead of conventional electrical protection, it is essential that the technology is reliable and supported by the local authority. Therefore, this research will prove the feasible of the technology for the common use and will prepare the energy infrastructure of Micro power grid that creates “Self-Thinking Home Power Grid” for real-time bidirectional power information exchange between the electrical power and the users. The HoME@Cloud Home Managed Electrical on the Cloud is equipped with a distributed and intelligent electrical cloud platform that consists of

HoME@Cloud gateway, CPU and interrupters. The research will exhibit both the technology feasibility and the response of the consumers towards the technology through field trial.

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร	ii
บทคัดย่อ	iv
Abstract	vi
สารบัญตาราง	x
สารบัญภาพ	xi
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	9
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎี และแนวความคิด	9
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3	20
ระเบียบวิธีวิจัย	20
3.1 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา	20
บทที่ 4	25
ผลการวิจัย และการวิจารณ์ผล	25
บทที่ 5	64
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการวิจัย	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก	77
ภาคผนวก ข	96
ภาคผนวก ค	170
ภาคผนวก ง	221
ภาคผนวก จ	259

บ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

ภาคผนวก ฉ.....	477
ภาคผนวก ช.....	673
ภาคผนวก ซ.....	685
ภาคผนวก ฌ.....	693
ประวัตินักวิจัย.....	715

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	COMPARISON OF POWER SEMICONDUCTOR DEVICES.....	16
ตารางที่ 2	COMPARISON OF PRICE PERFORMANCE.....	17
ตารางที่ 3	สถิติครัวเรือนในประเทศไทย.....	21
ตารางที่ 4	ตาราง Protocol CANBus.....	43
ตารางที่ 5	ขอบเขตการทำงานของ Application.....	49
ตารางที่ 6	ตารางคำอธิบายภาพ	54
ตารางที่ 7	ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	57
ตารางที่ 8	ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานใหม่จากโครงการ	66

สารบัญภาพ

รูปที่ 1	เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบปฏิบัติการแต่ละประเภท	10
รูปที่ 2	โครงสร้างสถาปัตยกรรมของการออกแบบระบบปฏิบัติการ Home Hub ทั่วไป.....	11
รูปที่ 3	Smart Home ผ่านการจัดการพลังงาน.....	11
รูปที่ 4	ภาพจำลองแนวคิดผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มโครงการ	13
รูปที่ 5	ตัวอย่างแนวคิดการออกแบบส่วนการป้องกัน	14
รูปที่ 6	ตัวอย่างลายเซ็นของการเกิดไฟฟ้ารั่วแสงและการตรวจจับ	14
รูปที่ 7	พัฒนาการ CPU เพื่อการนำไปต่อยอดโครงการ	15
รูปที่ 8	สัญลักษณ์ของ SCR.....	18
รูปที่ 9	วงจรขับสำหรับการออกแบบในโครงการ.....	19
รูปที่ 10	ชุดควบคุมสมองกลส่วนสำคัญหลักของการออกแบบ	25
รูปที่ 11	Schematic Diagram การตรวจจับส่งข้อมูลไปยังชุดประมวลผล	26
รูปที่ 12	เป็นรูปแสดงรูปคลื่นไฟฟ้าของวงจรชนิดต่างๆที่เป็นการทำงานปกติ (a) Voltage waveform of all appliances, the scale is 200V/Division. (b) – (g) Individual appliance current waveforms and aggregate current waveform, the scale is 2A/Division	30
รูปที่ 13	เป็นขั้นตอนการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแจ้งเตือน	31
รูปที่ 14	กระบวนการตรวจจับภาวะไฟฟ้ารั่วแสง	32
รูปที่ 15	วงจรการออกแบบในช่วงแรกของการวิจัย	34
รูปที่ 16	ชิ้นส่วนต่างๆในการออกแบบช่วงต้น.....	34
รูปที่ 17	รูปแบบ Housing เพื่อใช้บรรจุสมองกลและจอแสดงผล แบบสุดท้าย.....	35
รูปที่ 18	ชุดตู้สมองกลและชุดตัดต่อแยกอิสระต่อกัน	35
รูปที่ 19	รูปแบบภายนอกของตู้สมองกล.....	36
รูปที่ 20	ชุดสมองกลพร้อมจอแสดงผล	36
รูปที่ 21	ลักษณะวงจรทดสอบแรงดันตกและแรงดันเกิน และผล.....	37
รูปที่ 22	ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารั่วแสงจากภาวะต่างๆ -1	38
รูปที่ 23	ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารั่วแสงจากภาวะต่างๆ -2.....	39
รูปที่ 24	ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารั่วแสงจากภาวะต่างๆ -3 พร้อมผล	40
รูปที่ 25	ลักษณะวงจรทดสอบภาวะไฟรั่วและผล	41
รูปที่ 26	ลักษณะวงจรทดสอบภาวะไฟเกินพิกัด และผล	41
รูปที่ 27	การไหม้ของเต้าเสียบในชุดต้นแบบ	42

รูปที่ 28	Communication Interface.....	45
รูปที่ 29	รูปแบบการส่งรับ MQTT Protocol.....	46
รูปที่ 30	กระบวนการทำงานออกแบบ Application.....	48
รูปที่ 31	โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ Application.....	50
รูปที่ 32	การสื่อสารระหว่าง REM101 และระบบโดยรวม.....	50
รูปที่ 33	ภาพรวมของระบบ ที่มีองค์ประกอบ 4 ส่วน.....	51
รูปที่ 34	ภาพแสดงชุดฐานข้อมูล	51
รูปที่ 35	รูปแสดง User Interface บนเครื่องมือสื่อสาร	52
รูปที่ 36	หน้าจอแสดงผลบนเครื่องมือสื่อสารที่คำสั่งต่างๆ	53
รูปที่ 37	แสดงถึงการตั้งค่าการเรียนรู้.....	55
รูปที่ 38	การทดสอบระบบในสถานะเสมือนการใช้งานจริง.....	55
รูปที่ 39	โครงสร้างภายในของชุดสมองกล	56
รูปที่ 40	ชุดทดสอบจำลองการเกิดไฟฟ้ารั่วแสง	56
รูปที่ 41	การเปิดระบบที่หน้าเครื่อง.....	56
รูปที่ 42	รูปแสดงการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างตามพื้นที่.....	59
รูปที่ 43	ภาพแสดงแนวทางการพัฒนาต่อยอระบบ เพื่อเข้าสู่ระบบ Energy Currency.....	68
รูปที่ 44	ภาพแสดงผลลัพธ์จากการพัฒนาต่อยออด ด้วยการจัดให้มีใช้ทุกครัวเรือน	69
รูปที่ 45	ตัวอย่างแนวคิดการสร้างระบบเศรษฐกิจแบ่งปันที่ใช้หลัก Energy Currency.....	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

เป็นที่ทราบกันดีว่าในการจะนำไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์นั้นจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบป้องกันที่เรียกกันทั่วไปว่าเบรกเกอร์ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าฯ ก่อนที่การไฟฟ้าฯ จะดำเนินการจ่ายไฟฟ้าให้ ในขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ล้วนพัฒนาให้มีความฉลาดมากขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ แต่เบรกเกอร์ที่เป็นหัวใจสำคัญในการทำให้เครื่องใช้อัจฉริยะต่างๆ เหล่านั้นทำงานได้อย่างปลอดภัย กลับไม่ได้รับการพัฒนามานานกว่า 50 ปี จนกระทั่งทีมวิจัยได้พัฒนาตู้รวมไฟอัจฉริยะในปีพ.ศ. 2552 เพื่อให้การป้องกันอันตรายจากการใช้ไฟฟ้าครอบคลุมทุกกรณี ผ่านการสร้าง CPU ที่สามารถวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าที่จะเป็นภัยได้และสั่งการไปชุดตัดวงจรก่อนอันตรายจะทำความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิต การพัฒนา CPU ได้ดำเนินเรื่อยมาเพื่อให้มีขนาดเล็กลงและทำงานได้เสถียรขึ้น จนในปัจจุบันเพื่อตอบสนองการพัฒนาของเทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT นำไปสู่การวิจัยเพื่อสร้าง HoME@Cloud ให้เป็นสมองของบ้าน เพื่อเป็นประตูของการสู่บ้านฉลาดอย่างแท้จริง เพื่อลดข้อจำกัดของการเป็น Smart Home หรือที่เรียกกันว่า “บ้านอัจฉริยะ” เพราะการพึ่งพาความฉลาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวทำให้ความฉลาดล้ำมีข้อจำกัดด้วยความเป็น Proprietary ของการสื่อสารข้อมูลและการเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้ารุ่นเก่าที่ไม่มีความเป็นอัจฉริยะไม่สามารถทำได้ การทำ Smart Home ด้วย Smart Device เป็นเพียงแค่การทำให้ทุกอุปกรณ์เชื่อมต่อกัน และจัดการได้จากระยะไกล เจาะใจที่แท้จริงของการสร้างความยืดหยุ่นของการเป็น Smart Home คือ

- การทำให้การทำงานแบบ cross-device functionality
- การทำให้การพัฒนา application ง่ายขึ้น
- รองรับการพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ของอุปกรณ์ต่างชนิด
- การทำให้การจัดการ user ง่ายขึ้น

ที่สำคัญคำว่า Smart Home ควรหมายถึง Self-learning home ที่สามารถ detect และเรียนรู้พฤติกรรมของผู้บริโภค ทำให้ทุกอุปกรณ์สามารถสื่อสารกันเองหรือกับผู้ใช้เพื่อการทำงานที่สมบูรณ์ปลอดภัย โดยปราศจากความจำเป็นที่ผู้ใช้จะต้องคอยสอดส่อง สร้างให้เกิด

- ความสะดวกสบาย
- ความมั่นใจ

- และความสามารถในการควบคุมให้กับผู้ใช้ในการใช้ชีวิตในโลกอนาคตในที่สุด

ดังนั้นการเริ่มต้นที่จะทำให้บ้านคิดได้และมีความฉลาดอย่างแท้จริง จึงจำเป็นที่จะต้องเริ่มต้นที่ตัวรวมไฟฟ้าหลักของบ้าน ที่จะเป็นศูนย์กลางของการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ทุกชนิดที่ให้ความสะดวกสบายต่อผู้อยู่อาศัย บ้านไร้เบรกเกอร์ HoME@Cloud เป็นแนวคิดที่จะทำให้ตัวบ้านมีสมองเหมือนคอมพิวเตอร์เป็นศูนย์กลางขององค์ความรู้ เป็นประตูสู่ HoME@Cloud Data Cloud Platform โดยมีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆเป็นอุปกรณ์ต่อพ่วง เป็นการเริ่มต้นของ Electrical และ ICT Convergence ที่ไฟฟ้าและสารสนเทศจะมาบรรจบกัน การทำให้เกิด Electricity และ IT Convergence ได้มีแนวทางให้เห็นจากการกำเนิดโครงการ Smart Grid อันแสดงให้เห็นว่าความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดจากอัคคีภัยสามารถนำระบบเทคโนโลยีดิจิทัลมาจัดการได้มากกว่าการจัดการไฟฟ้าด้วยระบบบ้านอัจฉริยะที่มีอยู่ ทำให้บ้านมีสมองเหมือนมนุษย์ที่ควบคุมสั่งการไฟฟ้าเลี้ยงเครื่องใช้ในบ้านได้และสามารถนำข้อมูลสารสนเทศที่เกิดจากการตรวจจับมาดำเนินการจัดการไฟฟ้าในด้านอื่นๆได้อีกด้วย โดยอาศัยเทคโนโลยี Cloud Computing ผลที่ได้จะช่วยกำจัดสาเหตุเพลิงไหม้ อันเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรที่คิดเป็น 40% ของความเสียหายทั้งหมด ที่มีมูลค่าประมาณต่อปีรวมทั่วประเทศ จะอยู่ที่ประมาณ 2,000 ล้านบาท อันหมายถึงความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรจึงเป็น 800 ล้านบาทต่อปี (ปริมาณความเสียหายดังกล่าวเป็นความเสียหายที่วัดได้ ยังไม่นับถึงความเสียหายที่เกิดต่อชีวิตของประชาชนซึ่งนับเป็นทรัพยากรของชาติ รวมถึงการที่ประเทศจะต้องเสียค่ารักษาพยาบาล สร้างและลงทุนในเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆเป็นจำนวนมากที่จะให้เพียงพอที่จะรองรับต่อความเสียหายที่เกิดมากขึ้นทุกปี) ต่อยอดไปสู่การใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้พฤติกรรมผู้บริโภคแล้วสร้างกระบวนการตัดสินใจซึ่งต้องอยู่บนฐานของความปลอดภัยของการใช้ไฟฟ้า ให้เป็นคู่คิดผู้บริโภคก่อนการทำงานอัตโนมัติ การควบคุม สั่งการ แจ้งเตือนและการป้องกันหลอมรวมเป็นหนึ่งเดียวกับ ICT ผ่านเครื่องมือสื่อสารใดๆ เพื่อเป็น “Self-Thinking Home Power Grid” เป็นการนำทุนของประเทศที่มีศักยภาพมาใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการและเกื้อกูลกัน

ความสำเร็จของการสร้างโครงสร้างพื้นฐานของความเป็นอัจฉริยะจากตัวรวมไฟฟ้าจะทำให้เปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้และควบคุมไฟฟ้า ทำให้ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีการป้องกันไฟฟ้าที่ประเทศในภูมิภาคนี้จะเดินตาม

การพัฒนาการป้องกันทางไฟฟ้าควบคู่ไปกับการพัฒนาการจัดการไฟฟ้าเป็นเรื่องจำเป็นอย่างมากด้วยเหตุผลดังนี้

- เทคโนโลยีมีการพัฒนาเร็วมาก ช่องว่างของการพัฒนาหากไม่ได้รับการปฏิบัติทันที ประเทศที่มีความพร้อมทางเทคโนโลยีและบุคลากรจะเข้ามาแย่งพื้นที่ก่อน ทำให้ความ

ได้เปรียบของประเทศที่มีเทคโนโลยีมาระดับหนึ่งแล้วสูญเสียไป ประเทศจะต้องสูญเสียทางเศรษฐกิจมากกว่า 200,000 ล้านบาท คิดเป็น 1% ของ GDP

- สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กทม. ได้รายงานต่อที่ประชุมถึงแนวโน้มปัญหาและสาเหตุการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่กรุงเทพมหานครว่า จากสถิติการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร บ้านเรือน และสถานประกอบการในพื้นที่กรุงเทพมหานครรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา (ก.ค.-ธ.ค.57) เกิดเหตุทั้งสิ้นจำนวน 342 ครั้ง โดยสามารถสรุปประเด็นการเกิดเหตุได้ว่า สถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ส่วนใหญ่เกิดในบ้านพักอาศัย บริษัท ห้างร้าน รวมถึงเพิงพัก ซึ่งมักจะสร้างความเสียหายให้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน ในส่วนของสถิติสาเหตุการเกิดเพลิงไหม้เฉพาะในกรุงเทพมหานคร คือ ไฟฟ้าลัดวงจร จำนวน 212 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 62 ของการเกิดเหตุทั้งหมด รองลงมา คือ การจุดธูปเทียน ทิ้งไว้ จำนวน 39 ครั้ง และการอุ่นอาหารทิ้งไว้ จำนวน 28 ครั้ง ซึ่งจุดที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรบ่อยครั้งที่สุด คือ สายไฟฟ้า ปลั๊กไฟฟ้า สะพานไฟ และพัดลมเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้มานาน สายไฟฟ้าเก่า ชำรุด มีการใช้งานอย่างไม่ถูกวิธี พ่วงสายไฟมากจนเกิดการใช้กระแสไฟเกินกำลัง และหากรวมทั้งประเทศ มองเห็นได้ว่าประเทศสูญเสียทางเศรษฐกิจเพราะปัญหาไฟฟ้ามากกว่า 10,000 ล้านบาท เมื่อพิจารณาว่าไฟไหม้แต่ละครั้งมีความเสียหายเฉลี่ย 10 ล้านบาท การสั่งการเปิดปิดหรือจ่ายไฟฟ้าโดยขาดการตรวจสอบถึงความเสียหายย่อมหมายถึงความสูญเสียทางเศรษฐกิจ และทำให้เทคโนโลยีของประเทศขาดความน่าเชื่อถือ เป็นจุดอ่อนของการได้เปรียบทางการแข่งขัน
- ตู้รวมไฟอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีปฏิบัติการ HoMEOS จะเป็นเครื่องมือที่สร้างความเท่าเทียมกันในสังคมของมนุษย์ทุกคนขึ้นรวมถึงผู้พิการให้มีโอกาสดูแลจัดการตัวเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการพึ่งพาผู้อื่นเนื่องจากการนำเทคโนโลยีสื่อสาร Internet of Things มาใช้ผ่าน ตู้รวมไฟอิเล็กทรอนิกส์ ที่จะเรียกว่า HoME@Cloud และยังเป็นการสร้างโอกาสต่อเนื่องทาง Digital 4.0 ได้อีกมากมาย เป็นประโยชน์ต่อ startup ที่จะพัฒนาแอปต่างๆ มาเสริมความสะดวกสบายและความปลอดภัย เพื่อการใช้ชีวิตอย่างมีคุณภาพ ตอบรับกับเมืองอัจฉริยะ สามารถขยายผลสู่เชิงยุทธศาสตร์เพื่อการสร้างรายได้เปรียบเชิงการแข่งขันในสากล และการเป็นผู้ริเริ่มมาตรฐานใหม่ของบ้านไร่เบรกเกอร์ จะทำให้เป็นผู้นำในการส่งออกและสร้างมาตรฐานการจัดการไฟฟ้าสมัยใหม่ที่ปลอดภัยและสะดวกสบายในภูมิภาค
- การหลอมรวมเทคโนโลยีไฟฟ้าและ ICT จะสร้างงานในมาตรฐานใหม่ โดยคนรุ่นใหม่ เป็นการยกระดับคุณภาพของช่างไฟฟ้าไทยตามแนวนโยบายของการยกระดับประเทศ ผ่านการนำเทคโนโลยีมาช่วยลดจุดอ่อนด้านวิศวกรรมของช่างไฟฟ้าที่ไม่สามารถวิเคราะห์

ประเมินความเสี่ยงได้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค

- สามารถสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจของประเทศได้อย่างรวดเร็ว ผ่านการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในองค์กรของรัฐเช่นการไฟฟ้าฯ คือการให้การส่งเสริมการปรับปรุงบ้านด้วยตัวรวมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ สร้างงานให้กับประเทศมากกว่า 60,000 ตำแหน่ง จากการประเมินความสามารถในการทำงานต่อวันได้ 3 หลังคาเรือนต่อช่างไฟฟ้า 1 ทีม 3 คน ด้วยปริมาณหลังคาเรือนที่มีอยู่ 20 ล้านหลังคาเรือน เฉพาะบ้านพักอาศัย
- แนวโน้มทั่วโลกกำลังให้ความสนใจกับการจัดการพลังงานและการเพิ่มขึ้นของการใช้แอป บน Consumer Electronics ที่เป็น Mobile Communication เพื่อการตอบสนองทันทีที่เรียกว่า Interactive มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อต่อยอดการพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะที่ออกสู่พาณิชย์ให้ไปสู่การเป็นตัวรวมไฟฟ้าที่มีความสามารถมากกว่าการป้องกันภัยจากไฟฟ้า ที่เรียกว่า HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) ที่เป็น Home Gateway ทำงานเพื่อการจัดการภารกิจในชีวิตด้วยเครื่องมือสื่อสาร สร้างเสริมคุณภาพชีวิตของคนทุกกลุ่มอย่างทั่วถึงเหมาะสมและปลอดภัย และต่อยอดด้วยการสนับสนุนให้เกิดงานวิจัยพัฒนาแอปในกลุ่ม Smart City ได้หลากหลาย เป็นการนำทุนของประเทศที่มีศักยภาพมาใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการและเกื้อกูลกัน
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ ด้วยการปฏิรูปตู้เบรกเกอร์รุ่นเก่าเป็นระบบ Home@Cloud ที่เป็นตัวรวมไฟฟ้าอัจฉริยะ สร้างมาตรฐานใหม่ของการติดตั้งและใช้ไฟฟ้า เช่นเดียวกับการปฏิวัติโทรศัพท์บ้านเป็นมือถือ ด้วยการสร้างต้นแบบทดลองการใช้งานจริง ติดตั้งทดแทนชุด Consumer unit ของ HoME@Cloud ศึกษาพฤติกรรมและปัญหาการใช้งาน
- 1.2.3 เพื่อพัฒนาแอปด้านการจัดการไฟฟ้าและควบคุมสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าตอบสนองบ้านและสำนักงานอัจฉริยะที่มีการติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาพและสัญลักษณ์ทางกราฟิก แสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถควบคุมสั่งงานได้บน HomeOS ลดการเดินทางหรือการสูญเสียทางเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยี 4.0
- 1.2.4 เพื่อกำหนดมาตรฐานและสร้างกระบวนการทดสอบพร้อมเครื่องมือ สำหรับนวัตกรรม Home@Cloud เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้กับประเทศ พัฒนาองค์ความรู้เพื่อนักศึกษาและประชาชนทั่วไป

โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์มีขอบเขตที่จะเป็นการสร้างนวัตกรรมต่อยอดจากเบรกเกอร์อัจฉริยะที่มีสมรรถนะป้องกันปัญหาไฟฟ้าทุกชนิด ที่มีหน้าที่สำคัญคือการป้องกันไฟไหม้จากประกายไฟฟ้ากระโดดข้ามสายและโปรแกรมการเรียนรู้สภาพไฟฟ้าเพื่อปรับระดับการป้องกัน รวมถึงโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ

โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์จะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า Home@Cloud ที่มีระบบปฏิบัติการบ้าน ที่จะสามารถตรวจจับคลื่นไฟฟ้าเพื่อประโยชน์ในการจัดการไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า ป้องกันปัญหาไฟฟ้า แจ้งเตือน เรียนรู้การใช้งานและพฤติกรรมของผู้ใช้ และยังมี Function Gateway ที่ต่อสู่ Home@Cloud Cloud Platform เพื่อเชื่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเซนเซอร์ทั้งหลายผ่าน Internet

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการเพื่อปฏิวัติอุตสาหกรรมป้องกันไฟฟ้าในระยะยาวมีมากมาย เช่นเดียวกับการที่ Apple ปฏิวัติวงการคอมพิวเตอร์และมือถือ แต่หากพิจารณาตามทิศทางและยุทธศาสตร์ของประเทศ โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์จะเป็นการสนองตอบทุกด้านของยุทธศาสตร์กล่าวคือ

1.3.1 การส่งเสริม REM ไปสู่ Home@Cloud เป็นการวิจัยและพัฒนาควบคู่กับการพัฒนาบุคลากรในกิจการโทรคมนาคมคือ

- a. สร้างองค์ความรู้ใหม่ในการเชื่อมโยงทำให้เกิด Electrical และ ICT Convergent (การหลอมรวมของ ICT กับไฟฟ้า)
- b. เกิดการกระตุ้นด้านความคิดสร้างสรรค์ในการสร้าง App ใหม่ ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าเป็นศูนย์กลางของการจัดการ
- c. เปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้ไฟฟ้า การจัดการภารกิจประจำวัน

1.3.2 เพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นทุกกลุ่มด้วยแนวคิด 3C = convenience+clue+control จากการใช้เบรกเกอร์ที่มีแต่ el=electronics-Interrupter คือ

1.3.2.1 Convenience

- นำเทคโนโลยีมาทดแทนกระบวนการการทำงานเพื่อลดภาระ สามารถเพิ่มผลผลิตด้านอื่นได้
- จัดการชีวิตได้จาก Mobile Tools
- ลดการเดินทางและเสียเวลา

1.3.2.2 Clue

- ป้องกันก่อนเกิดภัย และรู้เหตุ
- วางแผนการใช้พลังงานเป็นวัน สัปดาห์ เดือน ปี
- แจ้งเตือนความผิดปกติของปริมาณการใช้ไฟฟ้าและ

1.3.2.3 Control

- ใช้ไฟฟ้าคุ้มค่าเงิน สร้างความยั่งยืนด้านพลังงาน เพิ่มความมั่นคงให้กับประชาชน
- ทุกคนทำได้ด้วยตนเอง ทั้งผู้สูงวัย ผู้พิการ ผู้เยาว์และผู้ด้อยโอกาสเพราะ App ที่เกิดขึ้นตอบสนองแต่ละตลาดแต่ละความต้องการ

1.3.3 การปฏิวัติอุตสาหกรรมไม่ว่าด้านใด เป็นการกระตุ้นภาคเศรษฐกิจ ซึ่งในการนำดิจิทัลและอิเล็กทรอนิกส์มาทดแทนวิธีการเก่าๆ ก่อเกิด “Self-Thinking Home Power Grid” ย่อมผลักดันให้ผู้ประกอบการในภาคเศรษฐกิจสำคัญหันมาทำธุรกิจด้วยดิจิทัลควบคู่กับการที่ประชาชนเกิดความเชื่อมั่น ด้วยการนำร่องจากภาครัฐและเข้าถึงการใช้บริการด้านดิจิทัลอย่างทั่วถึง จากแอปของใหม่ๆ เนื่องจากตัวรวมไฟฟ้าหรือเบรกเกอร์ของบ้านเป็นสิ่งจำเป็นต้องมีทุกบ้าน เมื่อเริ่มจากสิ่งจำเป็น ก็จะทำให้ประชาชนเริ่มเรียนรู้เทคโนโลยีดิจิทัล เกิดกระบวนการเรียนรู้จนเกิดความเชื่อมั่น

1.3.4 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน จากการต่อยอดงานค้นคว้าวิจัยนี้ด้วยสนับสนุนจากภาครัฐโดยการนำรายได้ส่วนหนึ่งที่เกิดจากผลตอบแทนเงินมัดจำของผู้ใช้ไฟฟ้ามาชดเชยคืนให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยการส่งเสริมให้เปลี่ยนตัวรวมไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความปลอดภัยทุกบ้าน ยกย่องระดับสูง 4.0 ทำให้เกิดการจ้างงานและการลงทุนกระตุ้น GDP ประเทศ กับประชากร 20 ล้านหลังคาเรือนได้มากกว่า 2%

1.3.5 มีส่วนร่วมของผู้ประกอบการภาคเอกชนโดยเฉพาะกลุ่ม SMEs และกลุ่ม Startup รวมถึงคนพิการ ทำให้คนพิการไม่น้อยกว่า ๓๐ คน ได้ทำงานในฐานะผู้ผลิตและนวัตกรรมในที่เหมาะสมกับสภาพและศักยภาพของตน ที่เรย์วิสาหกิจเพื่อสังคม ได้ผลตอบแทนตามศักยภาพโดยไม่ถูกโดดเดี่ยว ไม่ต้องลองผิดลองถูก มีรายได้สามารถเลี้ยงดูตนเอง ครอบครัว และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น มีแนวทางในการประกอบอาชีพตามความเหมาะสมกับความพิการ ความรู้ ความสามารถ และข้อจำกัดต่างๆ รวมไปถึงมีความพร้อมและมีช่องทางในการเข้าถึงและมองเห็นโอกาสทางธุรกิจของนวัตกรรมที่มีอยู่ที่ทุกคนสามารถพัฒนาสู่พานิชได้ ผ่านการใช้เทคโนโลยีกลายเป็นคนพิการ 4.0

คนพิการมีส่วนในการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจคนพิการให้พึ่งพาตนเองได้เพื่อลดการพึ่งพาสวัสดิการ เพื่อออกมาขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศที่ชะลอตัวด้วยการสร้างนวัตกรรมและผู้ผลิตคนพิการในอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ที่สามารถนำเอานวัตกรรมที่มีโอกาสเติบโตทางเศรษฐกิจออกสู่พาณิชย์ ด้วยการทำ ๓ อย่างคือผลิตออกจำหน่าย ผลักดันมาตรฐานใหม่ทางไฟฟ้าและพัฒนาต่อยอดให้เกิดความยั่งยืน การใช้จ่ายในโครงการด้วยงบประมาณ ๑๙,๖๑๖,๖๐๐ ล้านบาท จะทำให้เกิดพลวัตทางเศรษฐกิจจากการทำ ๓ อย่างนั้น กล่าวคือ สร้างการลงทุนทางการผลิตเพื่อรองรับผู้ใช้ไฟฟ้า ๒๐ ล้านหลังคาเรือน ซึ่งมีมูลค่าทางตลาดไม่น้อยกว่า ๒๐๐,๐๐๐ ล้านบาท จะทำให้เกิดการลงทุนในอุตสาหกรรมการผลิต เกิดการจ้างงานในอุตสาหกรรมใหม่ที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง การสร้างมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนมากกว่าการใช้วัตถุดิบนำเข้า และลดการต้องเผชิญกับการแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้าน อาทิ จีน และเวียดนาม ในสนามแข่งขันเรื่องค่าจ้างแรงงานที่ต่ำ ไม่ต้องกังวลเรื่องปัญหาการย้ายฐานการผลิตไปลงที่ประเทศเพื่อนบ้าน ผู้บริโภคเกิดการใช้จ่าย ขณะเดียวกันเมื่อประเทศเป็นต้นทางของเทคโนโลยี ก็จะทำให้เกิดการส่งออกมากกว่าการนำเข้า ไปยังประเทศในภูมิภาคที่อิงมาตรฐานไฟฟ้าจากประเทศไทย ไม่ต้องนำเข้าวัตถุดิบและสินค้าทุนเป็นจำนวนมาก ลดความเสี่ยงต่อความผันผวนของปัจจัยภายนอก ส่งผลกระตุ้น GDP ไม่น้อยกว่า ๒% อันเป็นการตอบโจทยยุทธศาสตร์รัฐบาลใน ๓ ด้านคือ การยกระดับเข้าสู่กลุ่มประเทศรายได้สูงจากนวัตกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจสูง ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม และการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันสูง การดำเนินโครงการตามแผนนี้ ย่อมจะทำให้ผู้พิการเกิดแรงบันดาลใจและความภาคภูมิใจในการออกมาพัฒนาศักยภาพทางด้านการเป็นผู้สร้างนวัตกรรมออกสู่พานิช และมีแนวทางในการสร้างผลิตภัณฑ์ตามความเหมาะสมกับความพิการ ความรู้ ความสามารถ และข้อจำกัดต่างๆ สามารถเป็นผู้ผลิตนวัตกรรม ที่เริ่มตั้งแต่ต้นทางไปถึงปลายทาง สร้างความมั่นคงมั่งคั่งยั่งยืน มีความมั่นคงในทุกมิติ ทั้งมิติเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการเมือง มั่นคงในชีวิต มีงานและรายได้ที่มั่นคงพอเพียงกับการดำรงชีวิต มีที่อยู่อาศัย เป็นโครงการที่มีการบูรณาครบทุกภาคส่วนคือ ประสานความร่วมมือกับภาคประชาสังคมคนพิการที่เป็นการมุ่งประโยชน์ส่วนรวมอย่างยั่งยืนเป็นการกระตุ้น StartUp ในระดับประเทศให้หันมาร่วมมือในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับคนพิการ และเพิ่มทางเลือกการใช้บริการ Outsourcing ให้กับอุตสาหกรรมในประเทศ สร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของประเทศ และดึงดูดนักลงทุนในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีเมืองอัจฉริยะที่มีเม็ดเงินมหาศาลเข้าประเทศ

สร้างระบบนิเวศน์ใหม่ที่เรียกว่า Independent Living Society เกิดกระบวนการบ่มเพาะต่อเนื่องภาคภาครัฐและสถาบันการศึกษามหาวิทยาลัยเพื่อสร้างนักธุรกิจรุ่นใหม่ StartUp 4.0 ที่จะได้รับงบการสนับสนุนจากนโยบายรัฐกระตุ้น SME ซึ่งจะเป็น Creative SME ภาคประชาสังคมคนพิการและผู้ด้อยโอกาสที่มีความยั่งยืน

การวิจัยและพัฒนาเริ่มต้นดำเนินการและใช้ประโยชน์โดยผู้ประกอบการ ควบคู่กับแนวคิด “Demand Side Research” ที่ให้ความสำคัญกับการชี้นำของภาครัฐที่เข้ากันได้กับบริบทของประเทศและทิศทางของโลก

เกิด Business Model ในการประสานความร่วมมือวิสาหกิจทางสังคม StartUp และคนพิการมาตรฐานใหม่ของการป้องกันปัญหาทางไฟฟ้า ด้วยแนวคิดการพลิกการใช้เบรกเกอร์ทางกลมาเป็นสมองกล เป็นการลงทุนด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน พัฒนาศักยภาพคนตลอดช่วงชีวิต จากการเริ่มต้นมีส่วนร่วมในการใช้เทคโนโลยีให้เกิดธุรกิจที่คนพิการสามารถดำเนินการได้ บนความร่วมมือของเอกชน รัฐบาล ประชาสังคมทำให้เกิดการยกระดับการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพเท่าเทียมและทั่วถึง สร้างเสริมให้อยู่ดีมีสุขของครอบครัวไทย จากการมีภาวะทางเศรษฐกิจที่มั่นคงจากเศรษฐกิจประเทศที่เป็นผู้ผลิตเทคโนโลยีมากกว่าผู้บริโภค และสนับสนุนด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาคและเท่าเทียมกันทางสังคมสร้างความมั่นคงและการลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม ที่เริ่มต้นจากการใช้พัฒนาความสามารถศักยภาพคนพิการในการสร้างเทคโนโลยีร่วมกับสถาบันการศึกษาและนักธุรกิจรุ่นใหม่ และเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้มีสภาพแวดล้อมและนวัตกรรมที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตในสังคมสูงวัย ด้วยระบบการควบคุมและสั่งการผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่สร้างความเข้มแข็งของสถาบันทางสังคม ทูทางวัฒนธรรมและความเข้มแข็งของชุมชน เป็นการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี และแนวความคิด

2.1.1 ทบทวนเทคโนโลยีการป้องกันไฟฟ้า

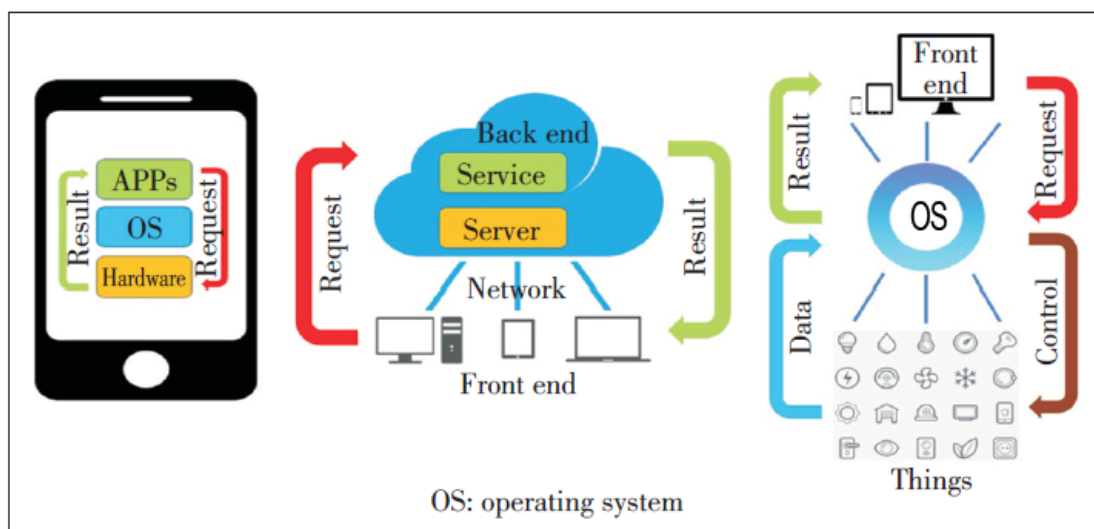
การป้องกันทางไฟฟ้าระบบเก่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่มีลักษณะตัวตัดวงจรเป็นเบรกเกอร์ธรรมดาที่ใช้ป้องกันกระแสเกิน ถ้ามีกระแสไหลเข้ามามากเกินไปในวงจรของตัวตัดวงจรในภาวะวงจรปิด จะทำให้ส่วนสัมผัสเคลื่อนที่ได้ถูกแยกออกจากจุดสัมผัส ทำให้เกิดภาวะการฉัดไฟฟ้าออกจากระบบ โดยไม่มีส่วนใดๆที่เป็นสมองกลดิจิทัลจัดการประมวลผล เบรกเกอร์ที่มีลักษณะคุณสมบัติเฉพาะเช่น เบรกเกอร์ป้องกันไฟรั่ว เบรกเกอร์เปิดปิดอัตโนมัติ เป็นต้น ก็ทำงานในลักษณะเดียวกันคือเป็นการเปิดปิดทางกลและไม่มีการประมวลผลใดๆ ทำให้ปัญหาไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดกระแสเกินหรือการไหลกลับไม่เท่ากันหรือไฟรั่วไม่สามารถตรวจจับและแก้ปัญหาได้

การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการตรวจจับคลื่นไฟฟ้าเพื่อให้การป้องกันภัยจากการใช้ไฟฟ้ามีความแม่นยำขึ้นได้มีการศึกษากันมาอย่างกว้างขวาง เช่นเดียวกับการสร้างงานวิจัยตู้รวมไฟฟ้าอัจฉริยะของทีมนักวิจัยที่นำมาต่อยอดในโครงการนี้ แต่แนวคิดในการสร้างให้เกิดการเปลี่ยนเบรกเกอร์รุ่นเก่าให้เป็นสมองของบ้านเพื่อจัดการมาบรรจบกันของเทคโนโลยีไฟฟ้าและ ICT (Electrical ICT convergence) นั้นไม่ปรากฏให้เห็นเด่นชัด การแก้ปัญหาของการตื่นตัวของเทคโนโลยี Internet of Things และระบบอัจฉริยะทั้งหลายที่ทำให้มี Application เพื่อการจัดการความสะดวกสบายและการได้เปรียบทางการแข่งขันมากมาย ต่างตราสินค้าต่าง Application ทำให้ยักษ์ใหญ่ในวงการสารสนเทศอย่าง Google Apple Cisco หรือ Microsoft พยายามพัฒนา HUB ที่สามารถรวบรวมศักยภาพของอุปกรณ์อัจฉริยะเพื่อเข้ามาจัดการบน Application เดียวกัน การจัดการไฟฟ้าที่เรียกว่า Automation นั้นไม่ได้เป็นการเข้าไปจัดการกับตัวไฟฟ้าโดยตรง แต่เป็นการ Switch on/off เครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งระบบไม่ได้เข้าใจสุขภาพหรือสถานะไฟฟ้าในขณะนั้น อันจะทำให้มีความเสี่ยงของการทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในขณะนั้นหรือทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ดังนั้นการออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีสมองกลจึงเป็นการควบคุมและจัดการการใช้ไฟฟ้าอย่างแท้จริง เพราะสมองกลจะทำการอ่านคลื่นไฟฟ้าและทราบถึงสุขภาพหรือคุณภาพไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ซึ่งหากปรากฏความผิดปกติใดๆ คลื่นไฟฟ้าจะแสดงอาการให้เห็นในคลื่นไฟฟ้านั้นที่มีรูปแบบแตกต่างไป เช่นเดียวกับร่างกายมนุษย์ ที่ระบบ Automation เสมือนสมองของมนุษย์ที่หากสั่งการให้ร่างกายทำงานหนักโดยขาดการรับรู้เรื่องสุขภาพความพร้อมของร่างกายอาจทำให้ถึงตายได้ และระบบไฟฟ้าก็เหมือนกระแสเลือดและหัวใจที่ส่งสูบฉีดเลือดเลี้ยงร่างกาย หากสมองขาดเลือดก็ไม่อาจทำงานได้ ตู้รวมไฟฟ้าที่มีการสั่ง

การดิจิทัลและสามารถอ่านคลื่นไฟฟ้าได้ จะทำให้มีการประมวลสั่งการการจัดการไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้สมบูรณ์ที่สุด ทำให้บ้านเป็นเหมือนหุ่นยนต์หรือคอมพิวเตอร์หรือ Self-thinking Home จากการที่มี “Self-Thinking Home Power Grid”

Microsoft ได้พัฒนา HomeOS บน Windows เพื่อจัดการ Home Automation จากผลิตภัณฑ์ต่างผู้ผลิตได้ด้วย Driver ซึ่งเป็นการพัฒนา HomeOS อีก Layer หนึ่งบน Windows

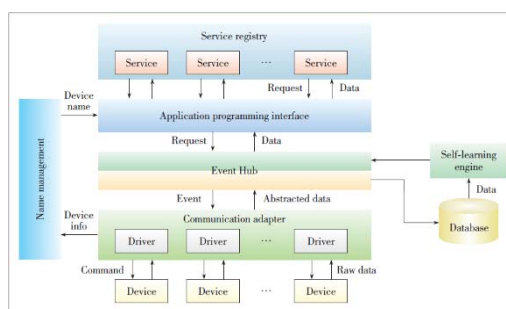
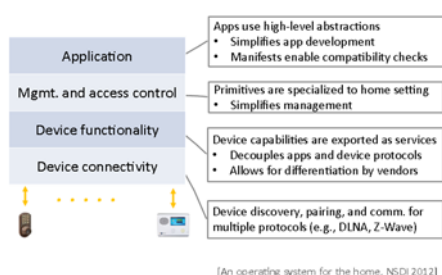
ทฤษฎีการทำงานจัดการระบบอัจฉริยะของผู้นำด้านดิจิทัลนั้น จะเป็นการสร้าง Home HUB ที่จะเป็นศูนย์จัดการต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้ โดยมีระบบการจัดการที่อยู่บน Cloud Platform ซึ่งจะแตกต่างจากระบบจัดการที่มีอยู่ใน PC หรือเครื่องมือสื่อสารที่ทำหน้าที่จัดการการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรด้าน Hardware ในขณะที่ระบบการจัดการในยุคใหม่นี้จะต้องไม่คำนึงถึง Hardware แต่เน้นการที่ผู้ใช้สามารถได้รับบริการตามที่ต้องการโดยมี Hardware ในรูปแบบของ Things เป็นสื่อการนำข้อมูลต่างๆตามหน้าที่ของ Things เพื่อไปประมวลผลให้บริการผู้ใช้ในการเพิ่มคุณภาพชีวิตต่อไป



รูปที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบปฏิบัติการแต่ละประเภท

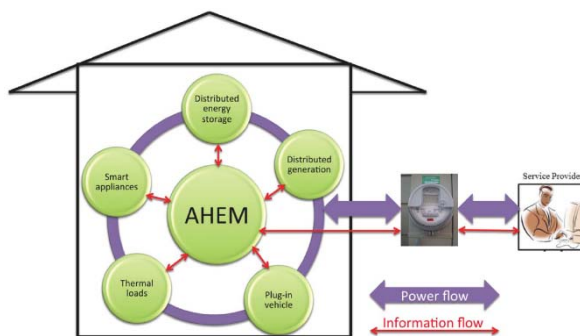
ในมุมมองของระบบปฏิบัติการบน PC หรือเครื่องมือสื่อสาร ระบบปฏิบัติการจะทำงานเน้นไปในเรื่องการจัดการทรัพยากรด้าน Hardware ของเครื่องและเป็น Interface ให้กับ Software เข้ามาใช้ทรัพยากรในเครื่อง (รูปด้านซ้ายในรูปที่ 1) ส่วนหากเป็นเรื่องของ Cloud Computing ซึ่งระบบปฏิบัติการจะช่วยจัดการทรัพยากรด้าน Hardware ให้กับผู้ใช้ที่กระจายอยู่เพื่อให้เข้าถึงทรัพยากรจากที่ต่างๆ แต่สำหรับ Internet of Things แล้วระบบปฏิบัติการ (ในรูปที่ 1 ด้านขวา) จะจัดการให้ข้อมูลที่ได้มาจาก Things นำไปใช้ประโยชน์ได้โดยผู้ใช้ เพื่อการจัดการควบคุมต่างๆ โดยที่ Things ไม่จำเป็นที่จะต้องมีความสามารถในการประมวลผลมากนัก

ระบบปฏิบัติการเพื่อความเป็นอัจฉริยะที่แท้จริงจึงเป็นเรื่องของการจัดการข้อมูลจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกหรือ Sensor ต่างชนิดกัน ให้สามารถที่จะทำงานร่วมกันเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในการกิจใดภารกิจหนึ่งที่จะช่วยทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น โดยไม่แยกเป็นเอกเทศ เช่น เมื่อ CCTV ตรวจพบการเคลื่อนไหว สามารถสั่งการให้ประตูล็อกและเปิดไฟฟ้าแสงสว่างได้ในเวลาเดียวกัน โดยไม่ต้องพึ่งพา Application ของแต่ละอุปกรณ์เพื่อสั่งการ หากไม่แล้วความเป็นบ้านอัจฉริยะจะเป็นเพียงเรื่องของการที่เราเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ภายในบ้านได้เท่านั้น แต่ไม่อาจทำให้อุปกรณ์ทุกตัวต่างตราสินค้าทำงานสัมพันธ์กันได้



รูปที่ 1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของการออกแบบระบบปฏิบัติการ Home Hub ทั่วไป

นอกจากการจัดการข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์แล้ว ยังมีระบบปฏิบัติการอีกประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการจัดการบ้านอัจฉริยะในรูปแบบของการจัดการการใช้ไฟฟ้าของบ้าน เป็นระบบปฏิบัติการที่มักมีชื่อเรียกว่า HEMS ที่ออกแบบมาเพื่อเน้นการจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายของผู้บริโภคในการใช้พลังงาน โดยการบริหารแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมด้วย



รูปที่ 2 Smart Home ผ่านการจัดการพลังงาน

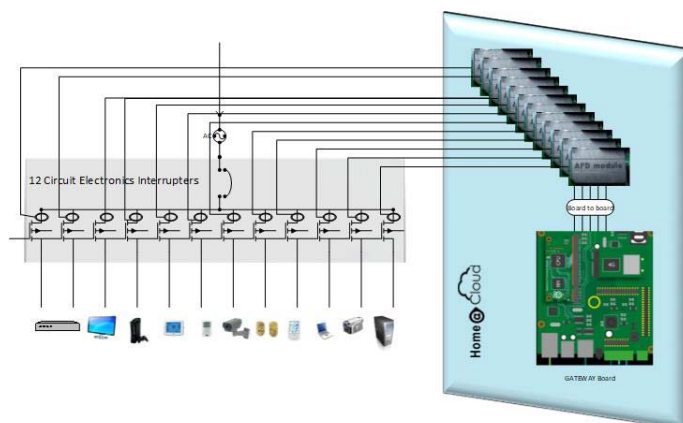
สองแนวคิดที่กล่าวมานั้นเป็นเรื่องของการมีชุดควบคุมรวมศูนย์ที่เข้าไปจัดการตาม Algorithm ที่กำหนดไว้ ด้านหนึ่งเพื่อลดความยุ่งยากให้กับผู้ใช้ อีกแนวคิดหนึ่งเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงความเป็นไปของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและสร้างกระบวนการตัดสินใจให้กับระบบ

จากรูปที่ 2 จะพบว่าองค์ประกอบสำคัญในระบบปฏิบัติการที่เป็น Home Hub โดยทั่วไปนั้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 7 ส่วนคือ ตัวกลางการสื่อสาร, Event Hub, ฐานข้อมูล, ชุดระบบ Self-Learning Engine, API, Service Registry, และตัวจัดการซื้ออุปกรณ์ต่างๆเพื่อระบุตัวตนของแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งพบว่าเหล่านี้ต้องอาศัยความเป็นอัจฉริยะของอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมและการเปิดเผยโครงสร้างระหว่างกันของอุปกรณ์กับระบบ Home Hub ซึ่งหมายถึงว่าการเข้าถึงรายละเอียดอื่นๆที่ปิดกั้นไว้ของอุปกรณ์มีจำกัด

โครงการพัฒนา HoME@Cloud นี้ เกิดจากกรอบความคิดที่มองเห็นว่าบ้านเป็นเหมือนคอมพิวเตอร์ที่ปัจจุบันมีอุปกรณ์เครื่องใช้มากมายที่ต่อเข้ามาในระบบไฟฟ้าของบ้านเพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย และการพัฒนาอย่างรวดเร็วของ Home Automation ที่ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกได้มากมายทำให้ผู้บริโภคมีข้อจำกัดหลายด้านเมื่อนำผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตเข้ามาเชื่อมหากัน เสมือนเมื่อคอมพิวเตอร์พัฒนาสู่ระบบเครือข่ายเพื่อให้ทุกสิ่งทุกอย่างทำงานร่วมกันได้ แต่สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ระบบเครือข่ายมีอยู่แล้วที่เราเรียกว่า Residential Power Grid ซึ่งต้องการพัฒนาสู่การเป็น Self-Thinking Power Grid ที่อาศัยระบบปฏิบัติการที่ต้องทำงานบนเครือข่ายไฟฟ้า

นอกจากนี้ หัวใจสำคัญของการที่ Residential Power Grid หรือโครงข่ายไฟฟ้าภายในบ้านนี้จะสามารถทำงานได้ก็ต้องอาศัยการจ่ายไฟฟ้าผ่านตัวรวมไฟฟ้า ดังนั้นหัวใจของระบบทั้งหมดอยู่ที่ตัวรวมไฟฟ้าที่มีเบรกเกอร์คอยตัดเมื่อเกิดอันตรายจากไฟฟ้า จึงสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่ทางทีมงานได้พัฒนามาแล้วคือตัวรวมไฟฟ้าอัจฉริยะที่ได้ออกสู่พาณิชย์ในรูปของ REM เบรกเกอร์อัจฉริยะ ดังนั้นการพัฒนาตัวรวมไฟฟ้าอัจฉริยะสู่ Home@Cloud ที่มี HomeOS อยู่ภายในจึงเป็นแนวทางสำคัญของการสร้าง Smart Home ที่ Smart จริงๆจากการที่มี Self-Thinking Power Grid ทำให้กลายเป็น Self-Thinking Home โดยมีเส้นทางการพัฒนาในโครงการนี้คือการมีระบบจัดการ Home@Cloud และ Communication Portal ที่ทำให้ Home@Cloud ทำหน้าที่เป็น Gateway สำหรับการสื่อสารทุกรูปแบบ Protocol และเมื่อจบโครงการก็จะเข้าสู่เส้นทางการพัฒนาแอปที่จะกระตุ้นให้เกิด Startup มากมาย ต่อไปยังการให้บริการต่างๆของ SME ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย Big Data ที่มีอยู่ในรูปของ IoT และเพิ่มผู้บริการ Cloud Service ได้อีกมากมาย

นอกจากนี้ Core เทคโนโลยีของ Home@Cloud ก็ จะพัฒนาเพิ่มขึ้นในเฟสต่อไปด้วยการเสริมด้าน AI ตรวจจับได้ว่าคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นมาจากเครื่องไฟฟ้าใดบ้าง และมีการใช้พลังงานเป็นอย่างไร มีสภาพเป็นอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการจัดการบำรุงรักษาเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นการเสริมความปลอดภัยการใช้ไฟฟ้าอีกชั้นหนึ่งอันเนื่องมาจาก Human Error เช่นลืมเปิดทิ้งไว้ ผิดใช้งานในสภาพที่มีความเสี่ยงหรือใช้อุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น



รูปที่ 3 ภาพจำลองแนวคิดผลิตภัณฑ์เมื่อเริ่มโครงการ

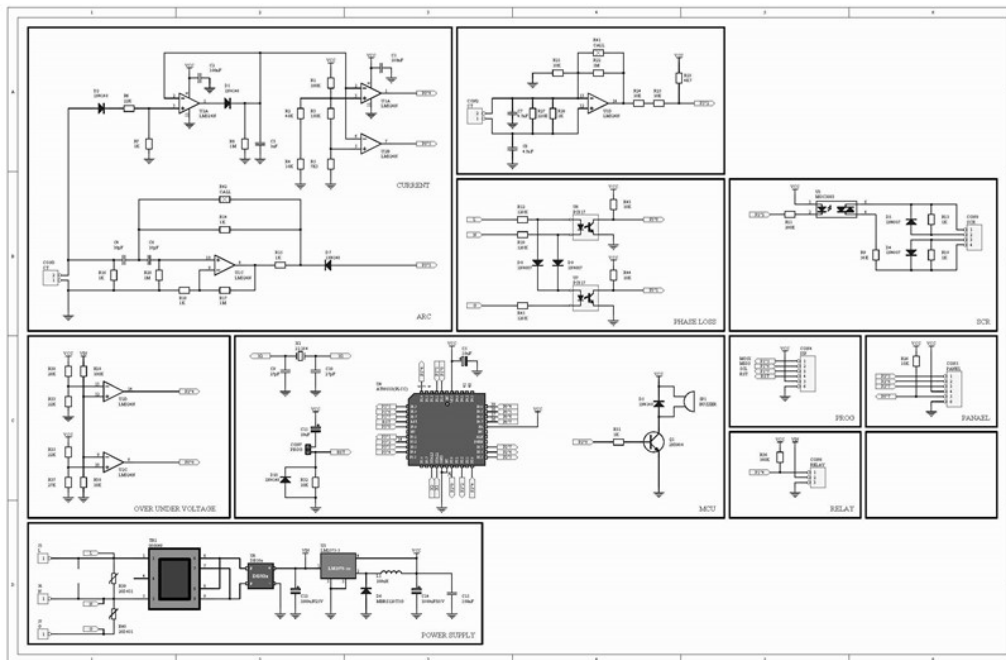
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำ CPU มาต่อยอดเพื่อสร้างระบบบ้านไร้เบรกเกอร์ หรือ Home@Cloud ที่สมบูรณ์จริงๆ มี 2 ส่วนใหญ่ๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาคือ ส่วนของการทำหน้าที่ป้องกันภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน และส่วนของข้อมูลเพื่อการจัดการด้านดิจิทัล

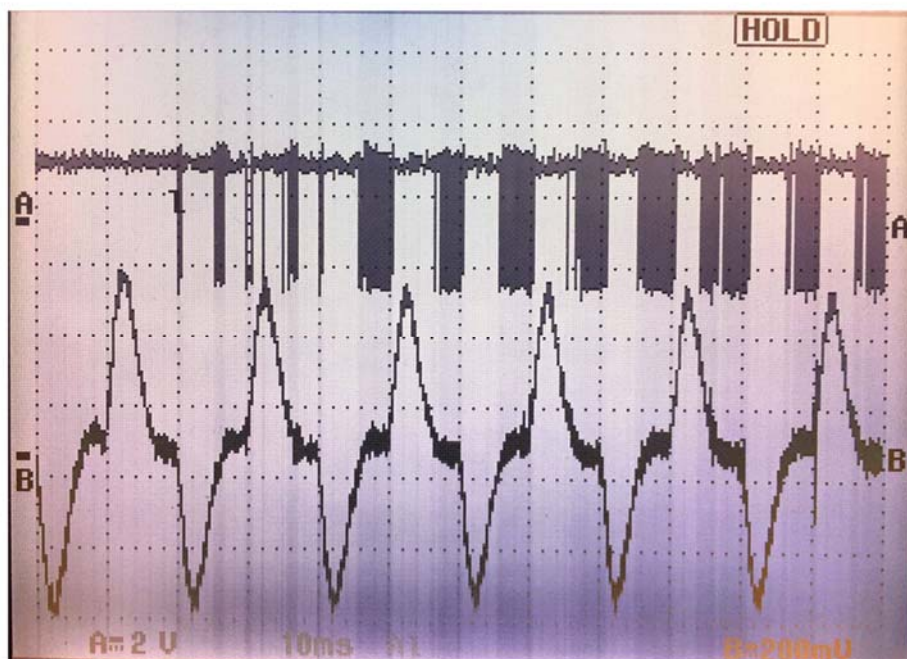
2.2.1 งานพัฒนาตู้รวมไฟฟ้าอัจฉริยะ

การวิจัยเรื่องการป้องกันภัยจากการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ครอบคลุมปัญหาที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า และเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะในเรื่องของการป้องกันไฟไหม้จากไฟฟ้ารั่วแสงที่เป็นการลัดวงจรของไฟฟ้าในภาวะกระแสปกติ อันไม่ทำให้เบรกเกอร์กระแสเกินตัดวงจร ที่ผ่านมา ทำให้ได้มาซึ่ง CPU ซึ่งตรวจจับคลื่นไฟฟ้าเพื่อหาลายเซ็นของความผิดปกติทางไฟฟ้าโดยเฉพาะเรื่องของไฟไหม้ โดยมีกระบวนการตัดสินใจดังนี้

MCU รับสัญญาณที่คัดกรองมาแล้วเข้ามาตาม Port ที่เกี่ยวข้อง และทำการตรวจสอบกับ Algorithm ที่ออกแบบไว้ หากพบความผิดปกติที่เป็นอันตราย MCU จะส่งสัญญาณออกไปยังวงจร Relay เพื่อสั่งตัดวงจร สำหรับส่วนของการเกิดไฟฟ้ารั่วแสง พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการตรวจสอบคือ ความถี่, การเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดันศักย์ไฟฟ้า, การเปลี่ยนแปลงของกระแสในภาวะ Zero Crossing และความเป็นวัฏจักรของลายเซ็นที่ตรวจจับได้ สิ่งสำคัญคือจะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันของกระแสไฟฟ้าในช่วง 2 วินาที เมื่อเทียบกับคลื่นไฟฟ้าก่อนหน้า ความรุนแรงของไฟฟ้ารั่วแสงที่จะทำให้เกิดการตัดสินใจตัดวงจรต่อเมื่อเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวมากกว่า 4 ครั้งใน 3 วินาที และตัวนับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์แบบนี้นับได้เป็นจำนวน 3 ครั้ง

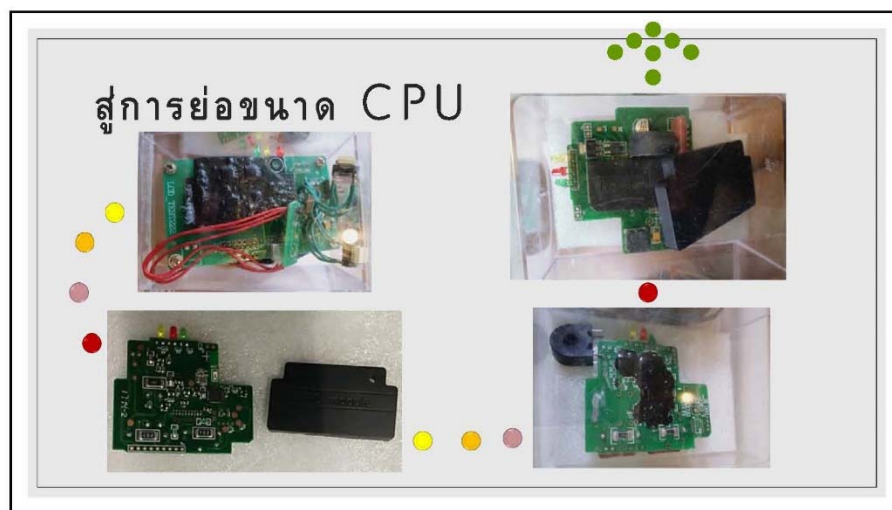


รูปที่ 4 ตัวอย่างแนวคิดการออกแบบส่วนการป้องกัน



รูปที่ 5 ตัวอย่างลายเซ็นของการเกิดไฟฟ้ารุนแรงและการตรึง

การป้องกันทางไฟฟ้าโดยนำระบบดิจิทัลมาช่วยวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าเป็นไปตามวงจรตัวอย่างตามรูปที่ 1 ต่อมาได้รับการพัฒนาเป็น CPU ที่นำมาใช้ในโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์เพื่อให้ได้มาซึ่ง Home@Cloud ที่มีระบบปฏิบัติการบ้าน ที่จะสามารถตรวจจับคลื่นไฟฟ้าเพื่อประโยชน์ในการจัดการไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า ป้องกันปัญหาไฟฟ้า แจ้งเตือน เรียนรู้การใช้งานและพฤติกรรมของผู้ใช้จัดการเครื่องใช้ไฟฟ้า และยังมี Function Gateway เพื่อเชื่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไอโอที เซนเซอร์ทั้งหลายต่อไปยังภายนอกผ่าน Internet



รูปที่ 6 พัฒนาการ CPU เพื่อการนำไปต่อยอดโครงการ

2.2.2 เทคโนโลยีการตัดต่อวงจรด้วยอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการป้องกันภัยจากไฟฟ้าคือการออกแบบให้ชุดตัดวงจรเป็น อิเล็กทรอนิกส์ชนิด Solid State เพื่อความรวดเร็วในการตัดและการควบคุมการต่อวงจรดั้งเดิม รวมถึงการบริหารจัดการการใช้พลังงานในอนาคต

เทคโนโลยีกำลังสูงสำหรับการตัดต่อไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่พิจารณาเกี่ยวข้อนั้นมีอยู่ 3 ประเภท คือ

- Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT),
- Gate Commutated turn-off Thyristor (GCT),
- Gate-Turn-Off Thyristor (GTO)

คุณสมบัติสำคัญที่ต้องพิจารณาเลือกของเทคโนโลยีกำลังสูงสำหรับตัดต่อไฟฟ้าแบบ อิเล็กทรอนิกส์ คือ

- Withstanding voltage,
- Load current capability,
- Turn off behavior,
- Conduction losses,
- Availability,
- Cost and complexity

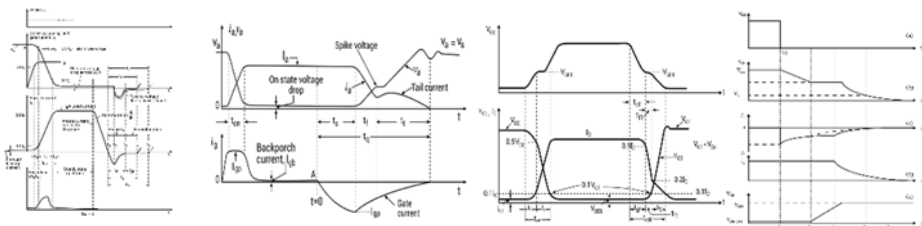
เทคโนโลยี GTO มีข้อจำกัดคือ high voltage drop ในช่วงนำไฟฟ้า และต้องใช้กระแสในการ turn-off gate แต่สำหรับกรณีการใช้เทคโนโลยี IGBT นั้น การปิด Gate สามารถทำได้ทุกสถานะ แต่ก็มีข้อจำกัดในแง่ของความทนกระแสและศักย์ไฟฟ้า รายละเอียดการเปรียบเทียบดังตารางที่ 1 และ 2 ด้านล่าง

ตารางที่ 1 COMPARISON OF POWER SEMICONDUCTOR DEVICES

Device type	Year made available	Rated voltage	Rated current	Rated frequency	Rated power	Forward voltage
Thyristor (SCR)	1957	7 kV	3.5 kA	500 Hz	100's MW	1.5–2.5 V
Triac	1958	1 kV	100 A	500 Hz	100's kW	1.5–2 V
GTO	1962	4.5 kV	3 kA	2 kHz	10's MW	3–4 V
BJT (Darlington)	1960 s	1.2 kV	800 A	10 kHz	1 MW	1.5–3 V
MOSFET	1976	500V	50 A	1MHz	100 kW	3–4 V
IGBT	1983	1.2 kV	400 A	20 kHz	100's kW	3–4 V
SIT	1985	1.2 kV	300 A	100 kHz	10's kW	10–20 V
SITH	1988	1.5 kV	300 A	10 kHz	10's kW	2–4 V
MCT	1988	3 kV	2 kA	20–100 kHz	10's MW	1–2 V
IGCT	1996	6 kV	4 kA	1 kHz	100's MW	1.5–3 V
ETO	1998	6 kV	5 kA	2 kHz	100's MW	1–2.5 V

ในวงการอุตสาหกรรมโดยทั่วไป SCR มักจะได้รับการเลือกสรรให้มาใช้ในวงจรควบคุมสำคัญๆ มากกว่า Semiconductor ประเภทอื่นๆ เนื่องจากการควบคุมการสวิตช์ทำได้ง่ายและแน่นอนกว่า โดยเฉพาะเมื่อเป็นเรื่องของกระแสพิกและระยะเวลาที่การตัดในจังหวะที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ระบบเสียหายได้ นอกจากนี้การออกแบบวงจรการใช้งานก็มีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงเกินไป

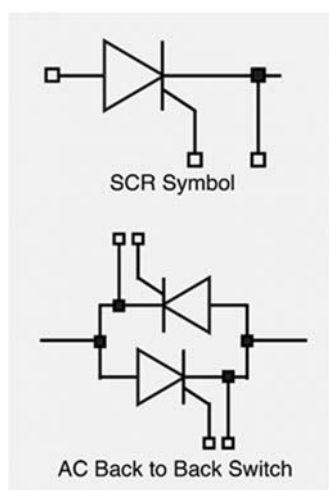
ตารางที่ 2 COMPARISON OF PRICE PERFORMANCE

Attribute	Thyristor MCC26-16IO1B	GTO H0500KC	IGBT T0160NB45A	SiMOSFET C2M0040120D
Withstanding voltage	1.5kV	2kV	2.8kV	1.2kV
Turn off behavior				
Rated Average On-State Current	32A	280A	320A	40A
Repetitive Peak Reverse Voltage	1600V	2000V	NA	No
Surge Current Rating	0.56kA	3kA	690A	160A
Conduction losses	115W	330W	1.47kW	NA
Repetitive Peak Off-State Current	3mA	NA	4uA	100uA
Availability, Cost and complexity	In stock, >1,000 บาท, ease of circuit design (Less components and control)	Not available, >2,000 บาท	In Stock >1,500 บาท Heat Problem	In Stock >1,000 บาท

สิ่งสำคัญในการออกแบบ SCR คือการควบคุมการสั่งการเปิดปิดวงจรของ SCR ที่ต้องทำอย่างแม่นยำ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพไฟฟ้า และการจัดการปัญหาไฟฟ้าแบบดิจิทัลเพื่อความอัจฉริยะ ดังนั้นวงจรควบคุม SCR จะต้องทำให้ SCR ใช้ในงานได้หลากหลายสำหรับสภาวะโหลดต่างๆของพื้นที่โดยไม่มีผลข้างเคียง และมีความแม่นยำเนื่องจากเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน

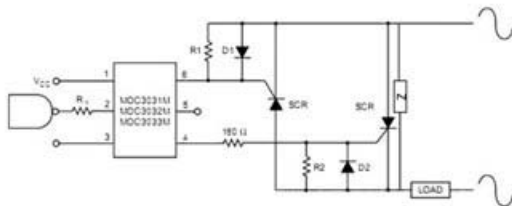
เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว การศึกษาการใช้งานจึงต้องพิจารณาถึงผลของแรงดันจ่ายและโหลด และวงจรขับที่เหมาะสมเนื่องจากเมื่อ SCR เริ่มทำงานแล้ว การหยุดทำงานของ SCR จำเป็นต้องทำให้ค่ากระแสผ่าน SCR น้อยกว่าค่า Holding Current ของ SCR สัญญาณ Pulse จากภาคขับที่ออกแบบไว้ไปเปิด Gate ของ SCR ควรจะหยุดการสั่งจ่ายเพื่อลดการสูญเสียพลังงานที่ไม่ได้ใช้โดยไม่จำเป็น ในขณะเดียวกันกระแสที่ขา Anode จะต้องมากกว่า I_L Latching Current หรืออยู่ในภาวะ Positive Bias เพื่อให้การทริก Gate เหมาะสมจำเป็นต้องออกแบบตามเงื่อนไขดังนี้

- เพื่อให้ SCR ทำงานจะต้องป้อน V_{gate} ในขณะที่ SCR ได้รับการ Forward Bias
- หลังจากนั้นเมื่อ SCR นำไฟฟ้าแล้ว ปลด V_{gate} ออก เพื่อลดการสูญเสียและความเสียหายของ Junction จากความร้อน
- ในขณะที่ SCR อยู่ในภาวะ Reverse Bias V_{gate} ควรเป็นศูนย์
- และ V_{gate} ขาลบควรป้อนเข้าสู่ SCR เมื่ออยู่ในฐานะ OFF



รูปที่ 7 สัญลักษณ์ของ SCR

ดังนั้นคลื่น Pulse ที่สร้างมาควบคุมจึงต้องมีความถี่ที่เหมาะสมกับ Thyristor หรือ Back to Back SCR ที่นำมาใช้ในระบบกระแสไฟฟ้าสลับนี้ วงจรขับเคลื่อนจึงเป็นหัวใจสำคัญ เพื่อกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้น SCR ให้นำไฟฟ้า ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อ SCR คือขนาดของ V ค่า Load Impedance และ Power angle และมุม Control Pulse ดังนั้นการออกแบบวงจรควบคุมที่เหมาะสมจึงใช้ Opto-isolator ในการสร้าง Pulse โดยมีวงจรที่ออกแบบตามรูปที่ 9



รูปที่ 8 วงจรขับเคลื่อนสำหรับการออกแบบในโครงการ

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

การพัฒนาโครงการบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย เพื่อนเน้นการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ เพื่อให้เกิดผลต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นวงกว้างจากการลงทุนส่งเสริมงบประมาณการวิจัยจากเงินทุนภาครัฐ

สิ่งสำคัญจึงเป็นเรื่องของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้พร้อมใช้งานได้จริงและทดสอบการใช้งาน เพื่อดูการตอบรับจากผู้ใช้งานจริงในสภาวะการใช้งานปกติ ดังนั้นวิธีการดำเนินการโครงการเพื่อให้ได้ผล ดังกล่าวจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแนวทางทฤษฎีแล้วนำไปติดตั้งจริง และส่วนของการวิจัยความเป็นไปได้ทางธุรกิจ ในส่วนหลังนั้นจะทำการวิจัยโดยวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจจากการทดลองติดตั้ง (Survey Research Method) และใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลโดยวิธีแบบสอบถาม (Questionnaires) และเก็บรวบรวม ข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 การกำหนดประชากร

ประชากรในที่นี้หมายถึงกลุ่มครัวเรือนอยู่ในประเทศไทย โดยขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่จะ นำมาศึกษานั้น อ้างอิงมาจากสูตรของ Yamane (1973) ในกรณีที่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน (Finite Population) คือ

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ N หมายถึง จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Allowable error)

n หมายถึง ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

การกำหนดประชากรนี้ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งความเชื่อมั่น สำหรับโครงการนี้กำหนดให้มีการติดตั้งทดลองใช้งานจำนวน 50 ครัวเรือน ซึ่งหมายถึงความเชื่อมั่นที่ 86% จากจำนวนครัวเรือนในประเทศไทย 21,884,296 ครัวเรือนดังตาราง 3

ตารางที่ 3 สถิติครัวเรือนในประเทศไทย

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของครัวเรือน ประชาชน และจำนวนสมาชิกเฉลี่ยต่อครัวเรือน จำแนกตามภาค

ภาค	ครัวเรือนทั้งสิ้น		ประชาชนทั้งสิ้น		จำนวนสมาชิกเฉลี่ยต่อครัวเรือน
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1. กรุงเทพมหานคร	2,912,412	13.31	8,824,607	12.97	3.03
2. กลาง (ไม่รวม กทม.)	6,718,968	30.70	20,071,100	29.51	2.99
3. เหนือ	3,859,439	17.64	11,281,654	16.59	2.92
4. ตะวันออกเฉียงเหนือ	5,589,373	25.54	18,476,566	27.16	3.31
5. ใต้	2,804,204	12.81	9,367,059	13.77	3.34
รวมทั่วประเทศ	21,884,396	100.00	68,020,986	100.00	3.11

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระของการวิจัยในครั้งนี้มาจากปัจจัย 2 ด้านคือ

- ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ประกอบไปด้วย เพศ อายุ รายได้ ระดับการศึกษา
- ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาด ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ (Product), ราคา (Price), สถานที่ (Place), การสื่อสารทางการตลาด (Promotion), ลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence), กระบวนการใช้งาน (Process)

ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามในงานวิจัยครั้งนี้คือ ความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อการใช้เทคโนโลยีโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์

3.4 สมมุติฐานการวิจัย

จากการกำหนดตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามข้างต้น ผู้วิจัยได้กำหนดสมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐานที่ 1 ปัจจัยด้านเพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 2 ปัจจัยด้านอายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 3 ปัจจัยด้านรายได้ที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 4 ปัจจัยด้านระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 5 ปัจจัยด้านปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 6 ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 7 ปัจจัยด้านราคา (Price) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 8 ปัจจัยด้านสถานที่ (Place) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 9 ปัจจัยด้านการสนับสนุนทางการตลาด(Promotion) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 10 ปัจจัยด้านบุคลากร (Person) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 11 ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานที่ 12 ปัจจัยด้านกระบวนการเพื่อได้มา (Process) มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

3.5 เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งกลุ่มคำถามออกเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและประสบการณ์ต่อเทคโนโลยี

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อเทคโนโลยีที่มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้า

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้เทคโนโลยีในการจัดการไฟฟ้า

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับการประเมิมนั้น จะทำการประเมินตามการแบ่งช่วงอันตรภาคชั้น (Class interval) โดยมีคะแนนสูงที่สุดคือ 5 คะแนน และต่ำที่สุดคือ 1 คะแนน โดยจะสามารถหาความกว้างอันตรภาคชั้นตามหลักการหาค่าเฉลี่ยดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2542, น. 82) โดย

- ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง เห็นด้วย/พอใจมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง เห็นด้วย/พอใจมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง เห็นด้วย/พอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง เห็นด้วย/พอใจน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง เห็นด้วย/พอใจน้อยที่สุด

3.6 วิธีเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยใช้นั้นเป็นข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง (Self-response questionnaire) ก่อนและหลังทำการติดตั้ง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างสามารถตอบแบบสอบถามได้สะดวกเมื่อเจ้าหน้าที่ผู้วิจัยเป็นผู้กรอก

3.7 การวิเคราะห์ผล

ทางผู้วิจัยมีแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

หลังจากได้ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลเบื้องต้น มาทำการวิเคราะห์และอธิบายเฉพาะส่วนที่มีข้อมูลผ่านทางการบรรยาย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิแท่ง แผนภูมิวงกลม

เนื่องจากการพัฒนาโครงการเน้นการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปขยายผลทางพาณิชย์ การสำรวจทางแบบสอบถามนี้จึงเป็นการสำรวจขั้นพื้นฐาน การวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นมากขึ้นเพื่อทบทวนผลการสำรวจพื้นฐานนี้จำเป็นต้องดำเนินการในเฟสต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการวิจารณ์ผล

4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

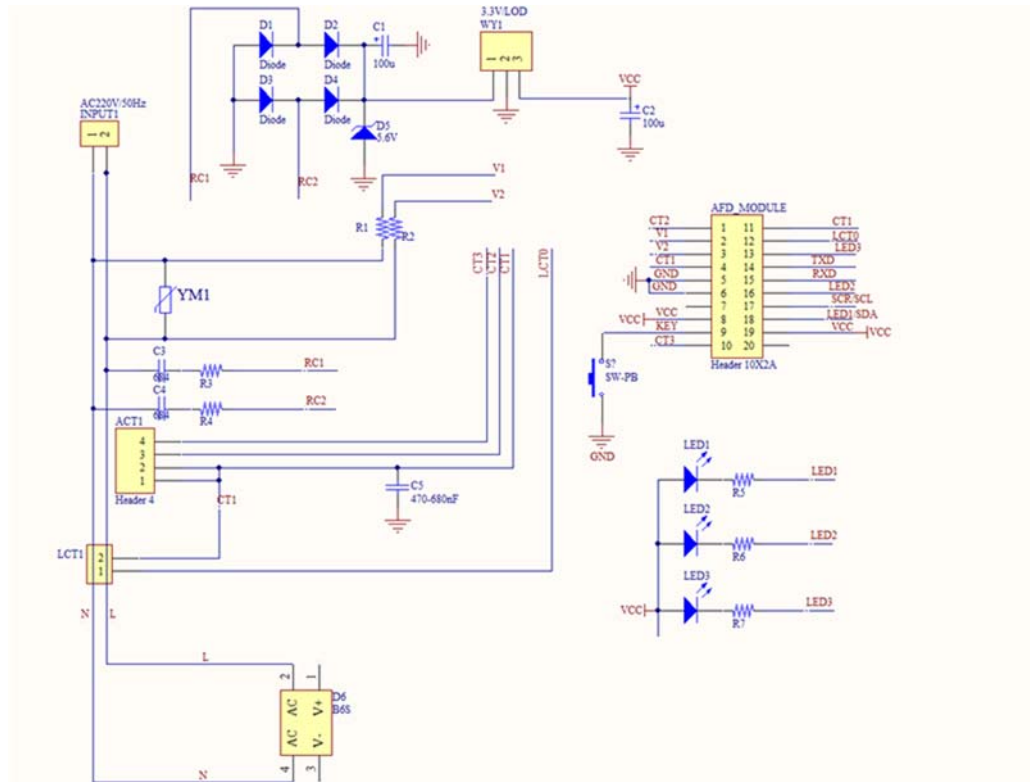
ในการออกแบบโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์เพื่อทดแทนเบรกเกอร์รุ่นเก่าและรองรับการทำให้บ้านเป็นเสมือนคอมพิวเตอร์ที่สามารถเรียนรู้และทำการตัดสินใจได้ เพื่อเข้าสู่แนวคิด Electrical และ ICT Convergence นั้น โครงสร้างของระบบจะต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ

1. ชุดสมองกลประมวลผลคลื่นไฟฟ้าเพื่อการตัดสินใจ Electrical Protection Module
2. ชุดตัดต่อวงจรไฟฟ้า Solid State Interrupter
3. HoME@Cloud Gateway
4. HoME@Cloud Cloud Platform
5. HoME@Cloud Mobile Application

หลักการทำงานของเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ที่พัฒนานี้จะมี ชุดสมองกลประมวลผลคลื่นไฟฟ้าเพื่อการตัดสินใจ Electrical Protection Module เป็นตัวควบคุมหลักในการทำงาน 2 ส่วนคือ ส่วนรวบรวมข้อมูลเพื่อส่งไปยัง HoME@Cloud Cloud Platform เพื่อการจัดการทางไฟฟ้า และส่วนการป้องกันซึ่งจะทำการประมวลผลจากการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าและตัดสินใจในการป้องกัน โดยทำงานร่วมกับชุดตัดต่อวงจรไฟฟ้า Solid State Interrupter ที่เป็น SCR ตามหลักการข้างต้น



รูปที่ 9 ชุดควบคุมสมองกลส่วนสำคัญหลักของการออกแบบ

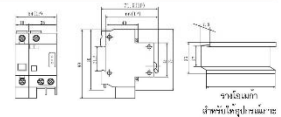


รูปที่ 10 Schematic Diagram การตรวจจับส่งข้อมูลไปยังชุดประมวลผล

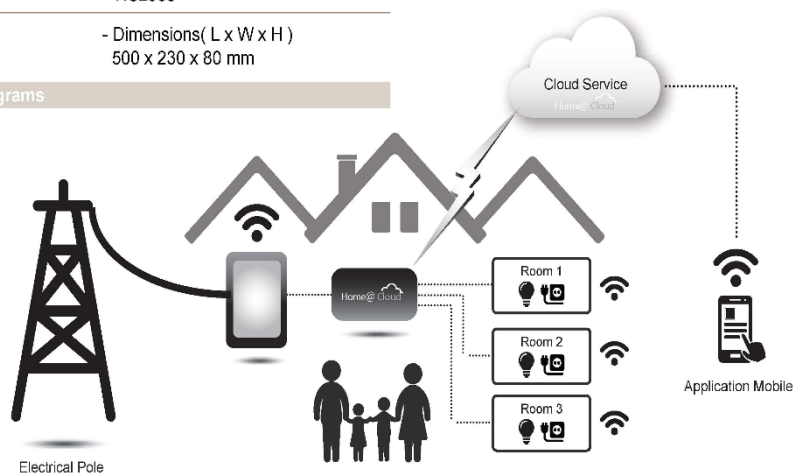
ผลการออกแบบเทคโนโลยีจากการต่อยอดจากงานวิจัยตู้รวมไฟฟ้าอัจฉริยะนั้น จะมีคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

Technical specifications

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Home@Cloud Panel+REM101 Specifications		REM Specification	
Gateway Performance	- 454MHz Arm9 processor - 256 MB RAM	Internet Connectivity	- WiFi IEEE 802.11 b/g/n 2.4GHZ 300Mbps - 3G/HSDPA 850/900/2100MHz Mobile Internet (Optional)
Internet Connectivity	- WiFi IEEE 802.11 b/g/n 2.4GHZ 300Mbps - 3G/HSDPA 850/900/2100MHz Mobile Internet (Optional)	POWER	- 220/380 VAC 1-3Ph - Support 32 REM101s - Max 100 A Current Rating - REM101 Max 63 A Current Rating - 50 Hz Frequency - 10kA Interrupting Rating - 300 A Short Circuit Limit - 40kA Class B-C Surge protection - -10°C - 40°C Ambient - -50°C - 85°C Storage
POWER	- 220/380 VAC 1-3Ph - Support 32 REM101s - Max 100 A Current Rating - REM101 Max 63 A Current Rating - 50 Hz Frequency - 10kA Interrupting Rating - 300 A Short Circuit Limit - 40kA Class B-C Surge protection - -10°C - 40°C Ambient - -50°C - 85°C Storage	FUNCTIONS	- Selectable Protection Type - kWh Energy Consumption Log - +/- 3% Accuracy Real Time Metering - Adjustable Limit + 160-200V OverVoltage Protection + 250-300V UnderVoltage Protection + 6-63A OverCurrent Protection + 5-60mA Leakage Protection - Over Temperature Protection - AI 4 Waveform Learning - Fault Visual Alarm & Notification - Emergency Shutdown - Test Button - User Classification - TCP/IP Internet Protocol - Web and Mobile Application - Harmonics Records - Real Time Energy Cost - IoT Gateway - OTA Software update - Optional Router and Auto on-off
FUNCTIONS	- Selectable Protection Type - kWh Energy Consumption Log - +/- 3% Accuracy Real Time Metering - Adjustable Limit + 160-200V OverVoltage Protection + 250-300V UnderVoltage Protection + 6-63A OverCurrent Protection + 5-60mA Leakage Protection - Over Temperature Protection - AI 4 Waveform Learning - Fault Visual Alarm & Notification - Emergency Shutdown - User Classification - TCP/IP Internet Protocol - Web and Mobile Application - Harmonics Records - Real Time Energy Cost - IoT Gateway - OTA Software update - Optional Router and Auto on-off	Standard	- IEEE802.15.4 2.4GHz - UL67, TIS909/2548, TIS1432, EMC - TIS2906, IEC62606, GB/T31143
Standard	- IEEE802.11b/g/n - IEEE802.15.4 2.4GHz - UL67, TIS909/2548, TIS1432, EMC - TIS2906	Main Unit	 จากซ้ายไปขวา สายดิน, สายไฟ, สายสัญญาณ
Main Unit	- Dimensions(L x W x H) 500 x 230 x 80 mm		

System Diagrams



ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) ชุดวงจรรวมตรวจจับสัญญาณจะมีหน้าที่ในการตรวจจับคลื่นไฟฟ้าทุกพารามิเตอร์ I , V , f , Θ ที่อ่านค่าโดยสมองกลและประมวลผล การประมวลผลในวงจรรวมมีหน้าที่ในการคำนวณความผิดปกติในข้อมูลไฟฟ้าที่ส่งให้ โดยหาความสัมพันธ์ของทุกพารามิเตอร์เพื่อหาความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด และทำการตัดสินใจ และส่งคำสั่งไปควบคุมการทำงานของชุดตัววงจรหรือชุดแสดงผลขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของสวิตช์ปรับโหมดตอนเปิดเครื่องใหม่

ชุดสมองกลประมวลผลคลื่นไฟฟ้า เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรนี้จะได้รับการตรวจจับกระแสและจะส่งผลการตรวจจับให้กับหน่วยประมวลผลภายในที่จะทำการตัดสินใจตามความรุนแรงของปัญหา และส่งคำสั่งออกมายังชุดตัววงจรอิเล็กทรอนิกส์ SSCB (Solid State Circuit Breaker) เพื่อสั่งการตัดต่อตามผลการประมวลและโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้ LED สีแดงก็จะแสดงผล หรือแผงแสดงผลก็จะแจ้งผลที่ผิดปกติ ในขณะที่หลอด LED อื่นจะดับ สำหรับการผิดปกติของไฟฟ้าต่างๆ ก็จะแจ้งผลโดยการติดดับของ LED แต่ละสี

การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับระดับของศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาว่า อยู่ภายใต้เงื่อนไขของ CBEMA Curve หรือไม่ ถ้าหากออกนอก Tolerance Envelope ชุดตรวจจับ Voltage Detection ก็จะส่งผล ให้กับหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัววงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด

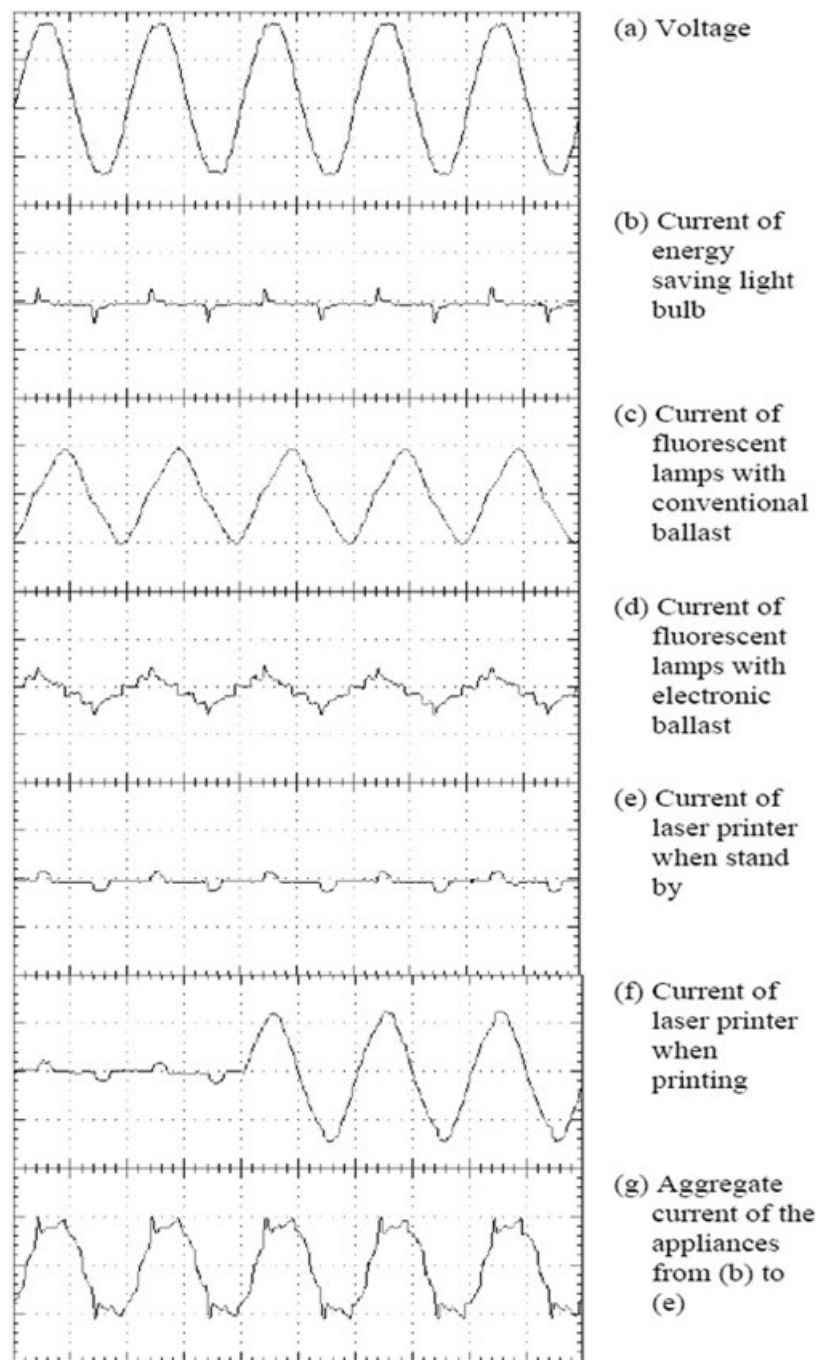
การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับขนาดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดว่า อยู่ภายใต้พิกัดที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยตรวจสอบพิกัดตามที่ผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งไว้ตั้งแต่ 6-63 A ถ้าหากเกินพิกัด ชุดตรวจจับก็จะส่งผล ให้กับหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัววงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด

การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับความถี่และ Zero Crossing ของไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามา เพื่อตรวจจับหาสัญญาณสัญญาณลักษณะเฉพาะที่จะมีผลต่อการก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามสายแบบขนานและแบบอนุกรมที่จะทำให้เกิดความร้อนสะสมทำให้เกิดคาร์บอนบนผิววัสดุและเกิดประกายไฟพุ่งแสง เพื่อตรวจจับความผิดปกติอันจะเป็นสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรข้ามสายหรือประกายไฟพุ่งแสงอันเป็นสาเหตุของไฟไหม้ เพื่อส่งข้อมูลให้ Fault Detection ที่อยู่ภายในหน่วยประมวลผลที่จะทำการตัดสินใจตามความรุนแรงของปัญหา และส่งคำสั่งไปยังชุดตัววงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโหลด

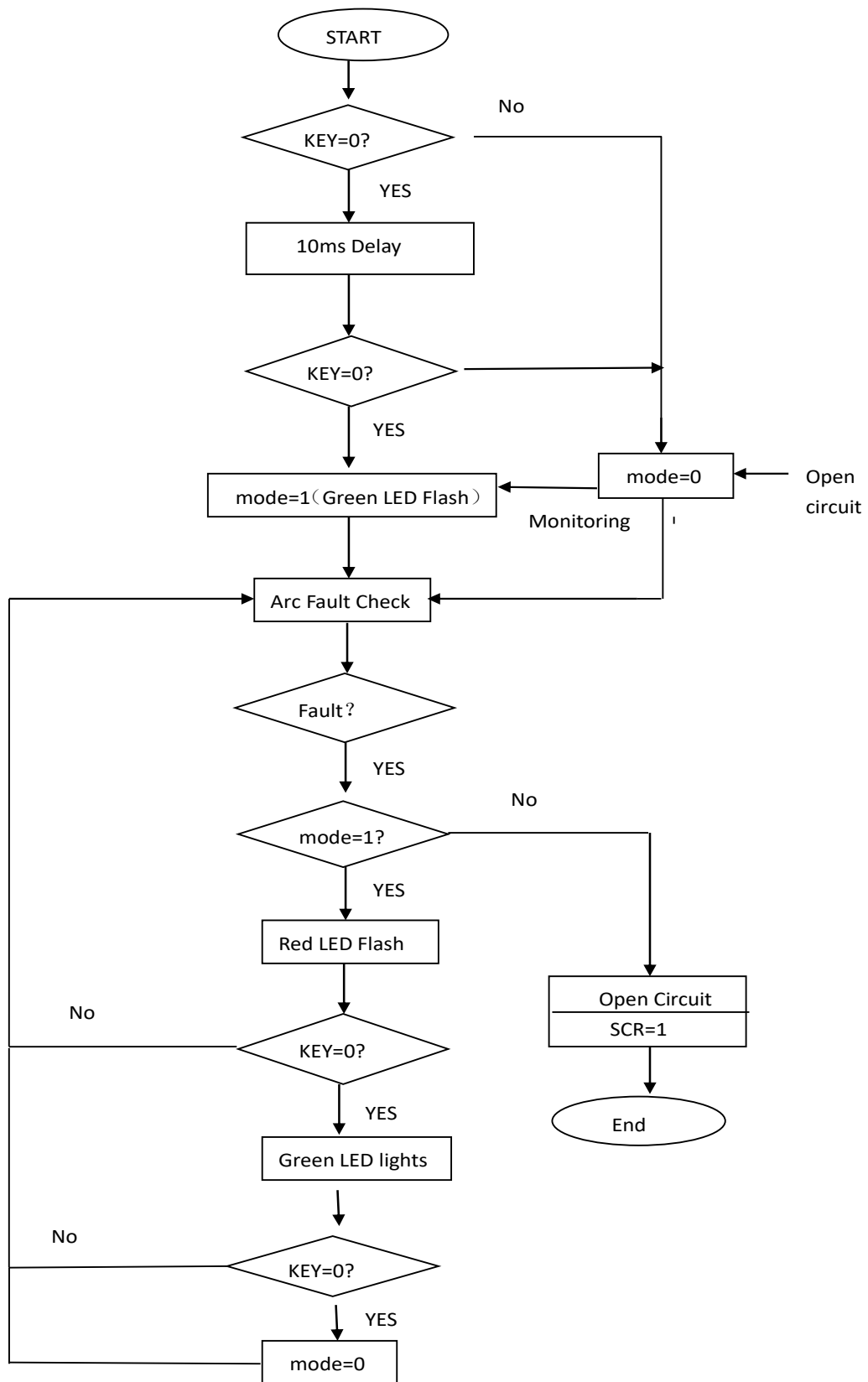
การตรวจจับมีลักษณะการทำงานที่จะตรวจจับการเกิดไฟฟ้ารั่วอันเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต ชุดตรวจจับ Voltage Detection ก็จะส่งผลให้กับหน่วยประมวลผลภายในที่จะทำการตัดสินใจและส่งคำสั่งไปยังชุดตัดวงจร SSCB เพื่อสั่งการตัดวงจรไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าไปยังโหลด เพื่อไม่ให้เกิดการเสียชีวิตของมนุษย์

การทำงานทั้งหมดมีลักษณะการทำงานที่จะแสดงผลของการตรวจจับไปยังส่วนแสดงผล เพื่อแจ้งให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทราบสาเหตุของปัญหาอย่างง่าย ๆ และสามารถแก้ปัญหา ก่อนเกิดความเสียหาย

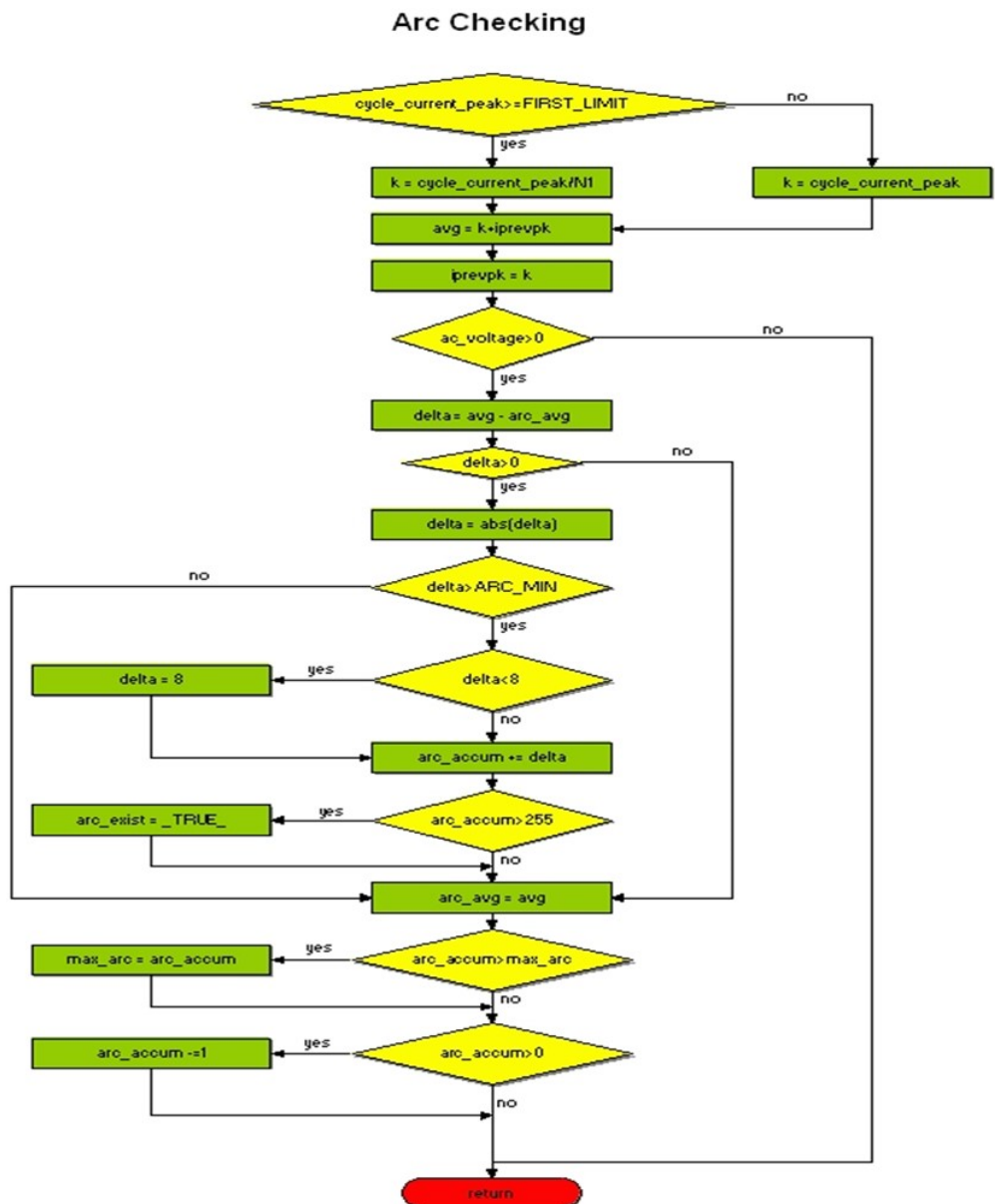
การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่ทำการตัดต่ออันเนื่องมาจากการเกิดปัญหาประกายไฟฟ้าชั่วคราว ด้วยการแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณแต่ละชนิด และดำเนินการตัดเฉพาะกับสัญญาณที่จะมีผลต่อการเกิดไฟไหม้ โดยอาศัยการตรวจจับพารามิเตอร์ทั้ง 5 คือ ความถี่ การเปลี่ยนแปลงของขนาดศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า Zero Crossing และความเป็นวัฏจักรของสัญญาณ ซึ่งสำหรับการทำงานของไฟฟ้าปกติจะมีลักษณะสัญญาณเป็นวัฏจักร



รูปที่ 11 เป็นรูปแสดงรูปคลื่นไฟฟ้าของวงจรชนิดต่างๆที่เป็นการทำงานปกติ (a) Voltage waveform of all appliances, the scale is 200V/Division. (b) – (g) Individual appliance current waveforms and aggregate current waveform, the scale is 2A/Division



รูปที่ 12 เป็นขั้นตอนการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแจ้งเตือน



รูปที่ 13 กระบวนการตรวจจับภาวะไฟฟ้ารุ่มแสง

การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง เป็นระบบ AI ที่จะตรวจสอบความผิดปกติที่มีภาวะคล้ายกับการเกิดไฟฟ้ารุ่มแสงและบันทึกไว้ อันเป็นการเรียนรู้ที่จะไม่ตัดหากเกิดภาวะดังกล่าวขึ้นอีกภายหลัง การตั้งระบบ AI นี้กำหนดโดยผู้ใช้

การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง สามารถทำงานควบคุมและจัดการไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลดได้ด้วยตนเองหรือใช้การสั่งการจากผู้ใช้ไฟฟ้าได้โดยผ่านสวิทช์ปิดเปิด

การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์อีกส่วนหนึ่ง จะส่งผลการทำงานไปแสดงยังชุดแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการตัดไฟฟ้าออกจากระบบ โดยการแสดงเป็นลักษณะของไฟสัญญาณสว่างที่หลอด LED

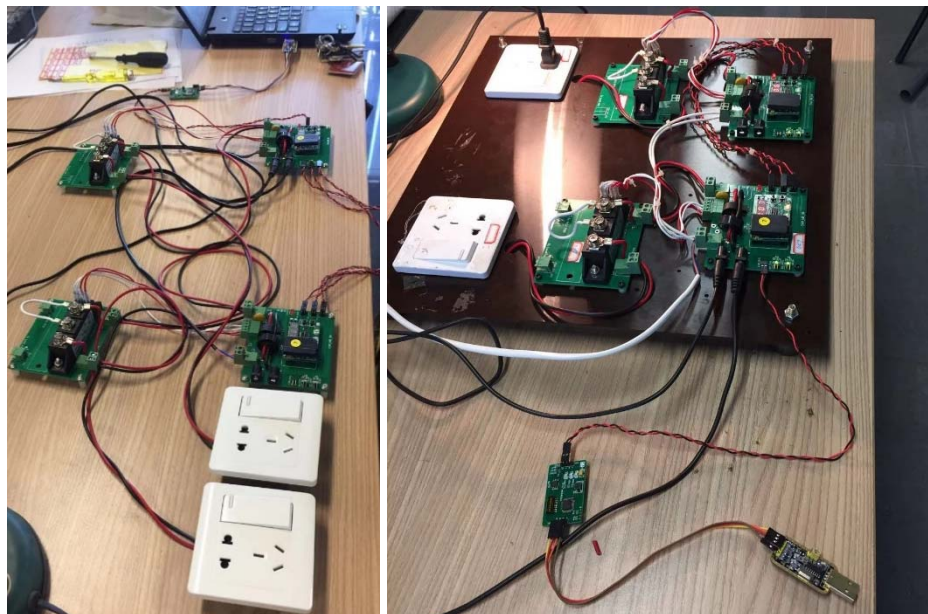
การทำงานของชุดประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตัดต่อไฟฟ้าได้ด้วยวงจรตัดต่อไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็น Solid State อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยไม่จำกัดที่ IGBT หรือ SCR เท่านั้น

การทำงานของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) Home@Cloud จะทำงานภายใต้การถ่ายทอดความรู้ธรรมชาติ ไม่ต้องอาศัยพัดลมหรือเครื่องช่วยระบายที่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้า

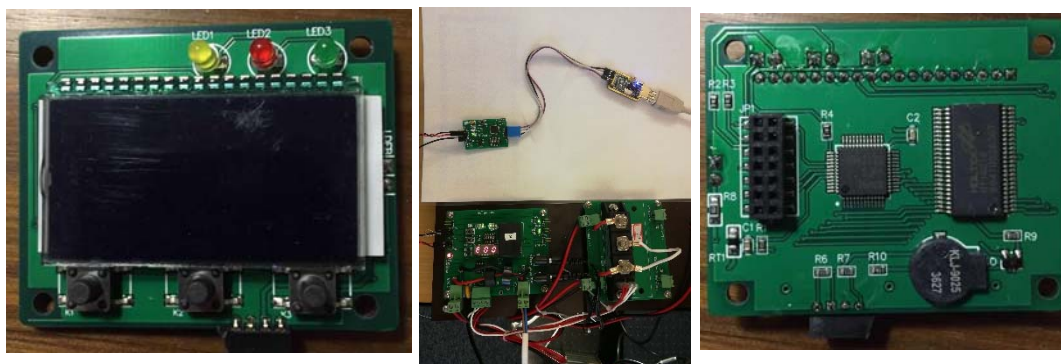
การเพิ่มจำนวนตัวจ่ายและตัดต่อของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) Home@Cloud สามารถทำได้ โดยไม่จำกัด

การทำงานของ ชุดป้องกันและจัดการไฟฟ้าบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) สามารถจำกัดชนิดของการป้องกันและตั้งค่าพิกัดได้ผ่านโปรแกรมการจัดการ

การออกแบบ Hardware เพื่อให้การพัฒนาต่อยอดและการบำรุงรักษาระบบเป็นไปได้อย่างสะดวก ส่วนชุดสมองกลและชุดตัดวงจรของเทคโนโลยีจะแยกส่วนกัน โดยส่วนชุดสมองกลจะประกอบในโครงสร้าง DIN-Rail ที่เชื่อมต่อ HoME@Cloud GATEWAY ผ่าน CANBus โดยมีจอแสดงผลเป็นอิสระสำหรับแต่ละชุดสมองกล โดยที่ตู้สมองกล 1 ตู้จะสามารถรองรับการทำงานพร้อมกันของสมองกลได้ไม่เกิน 32 ชุด ชุดตัดวงจรที่เป็น Thyristors แยกออกไปนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้นานาคต เมื่อการพัฒนาสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นมีความเหมาะสมกว่าทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ การปรับแต่ง Software ของสมองกลเพื่อการทำงานที่ดีขึ้นสามารถทำได้ผ่าน OTA



รูปที่ 14 วงจรการออกแบบในช่วงแรกของการวิจัย



รูปที่ 15 ชิ้นส่วนต่างๆในการออกแบบช่วงต้น

บ้านไร์เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย



รูปที่ 16 รูปแบบ Housing เพื่อใช้บรรจุสมองกลและจอแสดงผล แบบสุดท้าย



รูปที่ 17 ชุดตู้สมองกลและชุดตัดต่อแยกอิสระต่อกัน



รูปที่ 18 รูปแบบภายนอกของตู้สมองกล

ชุดสมองกลจะมีจอแสดงผลเพื่อการจัดตั้งหมายเลขกำกับแต่ละชุดและตั้งค่าพิกัดกระแส รวมถึงแสดงสถานะและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆและแจ้งเตือนการผิดปกติด้วยสัญญาณไฟ LED พร้อมอักษรย่อสัญลักษณ์บนจอแสดงผล



รูปที่ 19 ชุดสมองกลพร้อมจอแสดงผล

การป้องกัน Thyristors ผิดปกติเนื่องจากเกิดความเสียหาย จะมีฟิวส์ต่ออยู่จากสมองกลไปยัง Thyristors เมื่อ Thyristor เกิดภาวะผิดปกติ ฟิวส์จะตัดวงจร Thyristor ออกจากระบบ

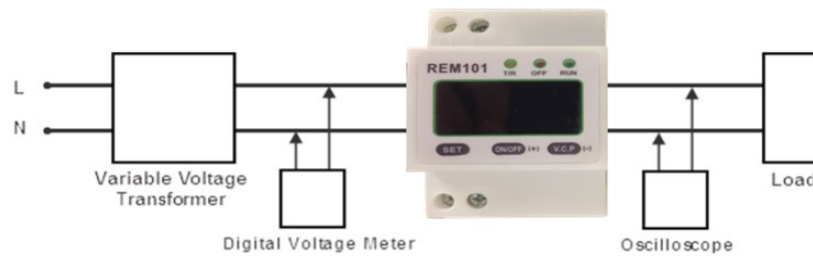
4.2 ผลการทดสอบทางไฟฟ้าของชุดสมองกลและชุดตัววงจรได้ผลดังนี้

- การทดสอบแรงดันตกแรงดันเกิน

. วัดจุดทำงานของอุปกรณ์ เมื่อเกิดแรงดันไฟตก (Under Voltage) หรือแรงดันไฟเกิน (Over Voltage)

.1 ขั้นตอนการทดลอง

1.1.1 ต้องจรรยาบรรณรูปที่1



รูปที่1

1.1.2 ปรับ Variable Voltage Transformer ไว้ที่ 220Vac แล้วจึงปรับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนอุปกรณ์ตัววงจรออก บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Digital Voltage Meter

1.1.3 ปรับ Variable Voltage Transformer ไว้ที่ 220Vac แล้วจึงปรับแรงดันไฟฟ้าลดลงจนอุปกรณ์ตัววงจรออก บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Digital Voltage Meter

.2 บันทึกผลการทดลอง

1.2.1 จุดทำงานของอุปกรณ์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน (Over Voltage) = 253Vac

1.2.2 จุดทำงานของอุปกรณ์ เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตก (Under Voltage) = 187Vac

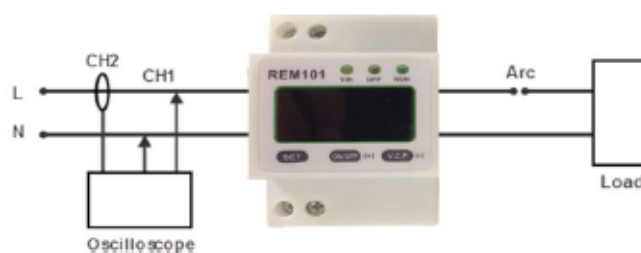
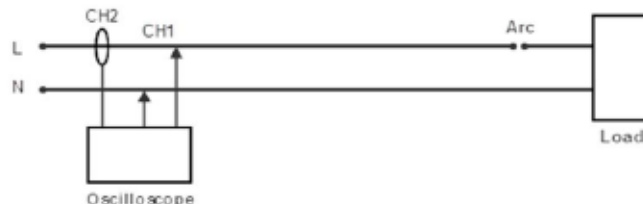
รูปที่ 20 ลักษณะวงจรทดสอบแรงดันตกและแรงดันเกิน และผล

- ผลการทดสอบไฟฟ้ารุนแรงสาเหตุของไฟไหม้เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร

2. ตรวจสอบจุดทำงานของอุปกรณ์ เมื่อเกิดสัญญาณรูปคลื่นไฟฟ้าผิดปกติและส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้นในระบบ

2.1 ขั้นตอนการทดลอง

2.1.1 ท้องวงจรรูปที่2



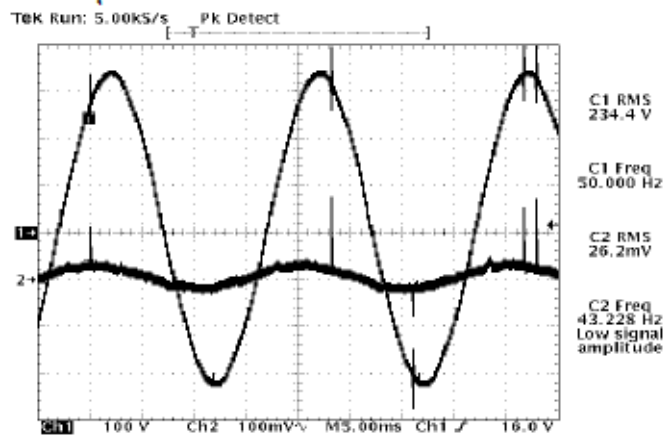
รูปที่2

2.1.2 ท้องวงจรรูปที่2 แบบอิงไมโครโปรเซสเซอร์ ทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจาก การอาร์คที่เกิดจากการหมุนขั้วหลอดไฟ, การอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ Cardon เป็นตัวกลาง, การอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ไม้เป็นตัวกลาง, เครื่องเชื่อม และส่วนไฟฟ้า บนที่คู่สัญญาณ

2.1.3 ท้องวงจรรูปที่2 แบบไมโครโปรเซสเซอร์ ทำการบ่งชี้สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจาก การอาร์คที่เกิดจากการหมุนขั้วหลอดไฟ, การอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ Cardon เป็นตัวกลาง, การอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ไม้เป็นตัวกลาง, เครื่องเชื่อม และส่วนไฟฟ้า บนที่คู่สัญญาณ

2.2 บันทึกผลการทดลอง

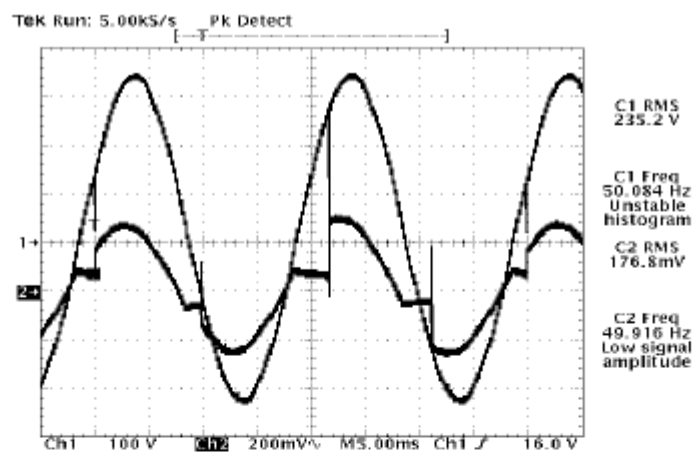
2.2.1 รูปสัญญาณการอาร์คที่เกิดจากการหมุนขั้วหลอดไฟ



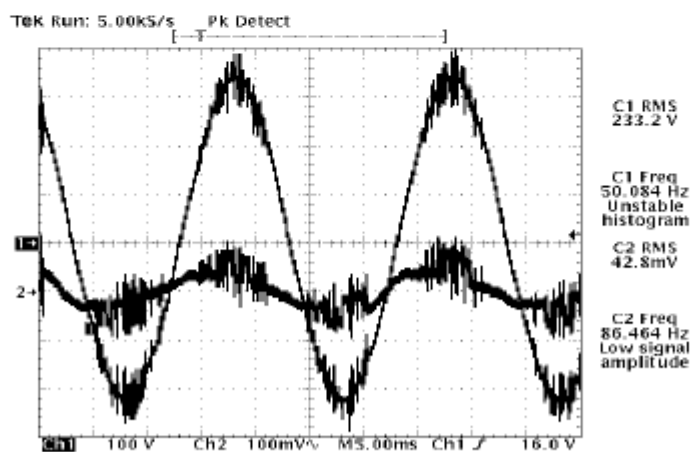
รูปที่ 21 ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารุนแรงจากภาวะต่างๆ -1

บ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิบัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

2.2.2 รูปสัญญาณการจลน์ที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ Cardoon เป็นตัวกลาง



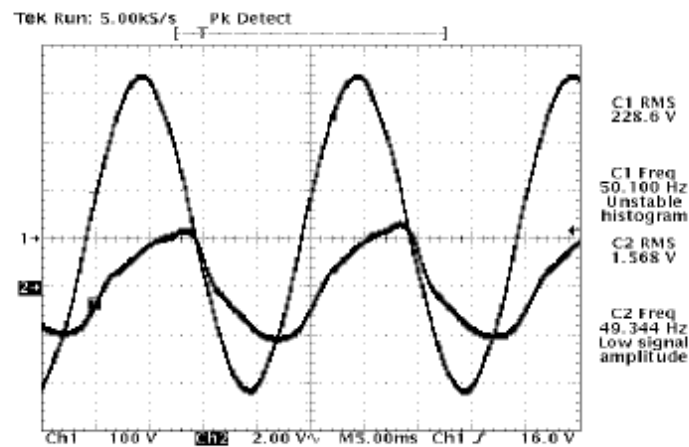
2.2.3 รูปสัญญาณการจลน์ที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้เป็นตัวกลาง



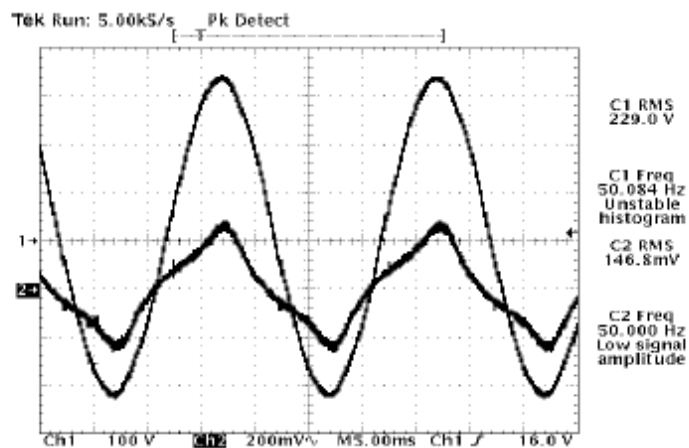
รูปที่ 22 ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารุ่มแสงจากภาวะต่างๆ -2

บ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิบัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

2.2.4 รูปสัญญาณที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า



2.2.5 รูปสัญญาณที่เกิดจากสว่านไฟฟ้า



2.2.6 ตารางบันทึกผลการทดลองเมื่อต่ออุปกรณ์ ขณะเกิดรูปคลื่นไฟฟ้าผิดปกติแบบต่างๆ

ลำดับที่	รูปคลื่นไฟฟ้าผิดปกติ	การทำงานของอุปกรณ์
1	รูปสัญญาณการอาร์คที่เกิดจากการหมุนขั้วหลอดไฟ	ไม่ตัดวงจร
2	รูปสัญญาณการอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้ Cardex เป็นตัวกลาง	ตัดวงจร
3	รูปสัญญาณการอาร์คที่เกิดจากเครื่องทดสอบที่ใช้น้ำเป็นตัวกลาง	ตัดวงจร
4	รูปสัญญาณที่เกิดจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	ไม่ตัดวงจร
5	รูปสัญญาณที่เกิดจากสว่านไฟฟ้า	ไม่ตัดวงจร

รูปที่ 23 ลักษณะวงจรทดสอบการตรวจจับไฟฟ้ารั่วแสงจากภาวะต่างๆ -3 พร้อมผล

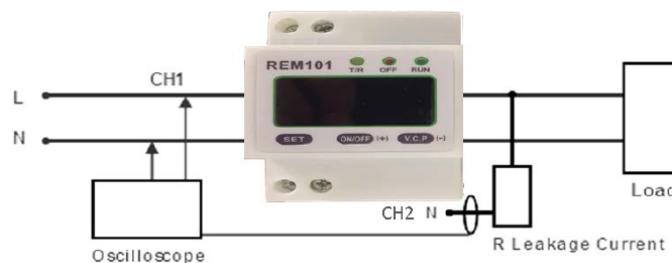
บ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิบัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

- ผลการตรวจสอบการทำงานเมื่อภาวะไฟรั่ว

3. ตรวจสอบจุดทำงานของอุปกรณ์ เมื่อเกิดกระแสไฟรั่ว

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.1.1 ค่อวงจรถามรูปที่3



รูปที่3

3.1.2 นำขั้ว N ของ R Leakage Current ไปต่อกับ N ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้เกิดกระแสไฟรั่วไหลภายในระบบเกิน 5mA บันทึกผลการทดลอง

3.2 บันทึกผลการทดลอง

3.2.1 เมื่อมีกระแสไฟรั่วไหลภายในระบบเกิน 5mA อุปกรณ์จะตัดวงจร

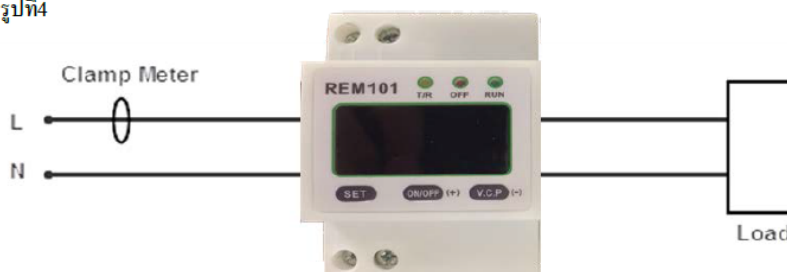
รูปที่ 24 ลักษณะวงจรทดสอบภาวะไฟรั่วและผล

- ผลการทดสอบเมื่อกระแสเกินพิกัด

4. ตรวจสอบจุดทำงานของอุปกรณ์เมื่อเกิดกระแสเกิน 30Amp

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

4.1.1 ค่อวงจรถามรูปที่4



รูปที่4

4.1.2 เพิ่ม Load ให้เกินกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนอุปกรณ์ ตัดวงจรออก บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จาก Clamp Meter

4.2 บันทึกผลการทดลอง

4.2.1 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในระบบเกิน 30Amp อุปกรณ์จะตัดวงจร

รูปที่ 25 ลักษณะวงจรทดสอบภาวะไฟเกินพิกัด และผล

นอกจากการทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์โดยผู้วิจัยแล้ว ได้มีการส่งผลิตภัณฑ์ไปทดสอบที่สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องดังเอกสารผลทดสอบในภาคผนวก ข

การดำเนินการทดสอบระบบพบว่า สิ่งสำคัญคือการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าในการตรวจจับให้ตรงกันกับเครื่องมือทดสอบเสียก่อนเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความแม่นยำสูงในการตัดวงจร ในขณะที่การตรวจจับของเครื่องมือวัดมีค่า Delay ในการอ่านค่าซึ่งส่งผลให้ผลการตรวจจับไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ความสามารถในการปรับแต่งค่าได้ของผลิตภัณฑ์ผ่านแอปพลิเคชันทำให้ไม่จำเป็นต้องแก้ไขทาง Hardware เหมือนในอดีต

การทดสอบภายใต้ภาวะการกักตุนของโครงการในช่วงต้นได้เกิดเหตุการณ์คาดไม่ถึง ทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นที่จุดต่อที่ฝังเต้าเสียบ (ดังรูปที่ 27) และผลิตภัณฑ์ได้ทำการตัดวงจร ในขณะที่เจ้าหน้าที่พยายามต่อวงจรคืน แต่ระบบก็ไม่ปล่อยให้ทำได้ ซึ่งเป็นการยืนยันถึงความเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย



รูปที่ 26 การไหม้ของเต้าเสียบในชุดต้นแบบ

4.3 ส่วนการทำงานด้านการจัดการและข้อมูลที่ส่งไปยัง HoME@Cloud Cloud Platform

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญคือ การสื่อสารข้อมูลระหว่างกันโดยพิจารณาจากมุม Gateway นั้นจะมี Interface อยู่ 2 ส่วนที่ต้องออกแบบ communication protocol ระหว่าง Gateway และ ชุดควบคุมสมองกลผ่าน CANBus (CAN) และ communication protocol ระหว่าง Gateway และ Cloud (MQTT)

- Communication Interface
 - Communication protocol ระหว่าง Gateway และชุดควบคุมสมองกลผ่าน CANBus (CAN)

การสื่อสารชุดนี้จะเป็น CAN Protocol ที่ควบคุมโดย CANBus Gateway Side Board ผ่าน serial port โดยมี Protocol รูปแบบดังตาราง โดยรูปแบบการสื่อสารจะมีลักษณะเมื่อ Gateway ได้รับข้อความรูปแบบ JSON จาก HoME@Cloud Cloud Platform ที่ระบุที่อยู่ของชุดสมองกล ตัว Gateway ก็จะส่งข้อมูลทั้ง Packet ผ่าน USB ไปยัง CAN Bus

Gateway Side Board และในทางกลับกัน เมื่อ Gateway ได้รับข้อความจากชุดควบคุม
สมองกล มันก็จะแปลงสู่รูป JSON- format เพื่อไปยังระบบจัดการบน HoME@Cloud
Cloud Platform Hardware Interface

ตารางที่ 4 ตาราง Protocol CANBus

CAN_AFD_PROTOCOL				
Data Type	Data function	Name	Example	Explain
uint8_t/1	Head code	head	100	
uint8_t/2	send order	order	12	
uint16_t	Voltage	V	230=230V	
uint16_t	Current	I	46=4.6A	
uint16_t	Power	P	234=23.4KWH	
uint16_t	Days	D	213=213days	
uint8_t	Leakage current	LK	5=5mA	
uint8_t	Power Factor	PF	9=0.9	
uint8_t	ON/OFF	SWITCH	1=ON 0=OFF	
uint8_t	fault situation	Fault_bit	0b00000001	1=arc,2,leakage,4=UV...
uint8_t	Leakage set value	LK_SET	30=30mA	
uint8_t	rate of Current set value	RC_SET	32=32A	
uint16_t	Under voltage set	UV_SET	180=180V	
uint16_t	Over voltage set	OV_SET	250=250V	
uint8_t	Trip select bit	Trip_bit	0b11111110	
uint8_t	learn_flag	LR_F	1=learn,0=no learn	
uint8_t	offset	OFFSET	100	
uint8_t	wave style1	AS_R	21=21	
uint8_t	wave style12	PK_R	10=10	
uint8_t	learn wave code1	LR_1	1	
uint8_t	learn wave code2	LR_2	2	
uint8_t	learn wave code3	LR_3	3	
uint8_t	learn wave code4	LR_4	4	
uint8_t	HF	HF	5	
uint8_t	software code	SW_CODE	222	
uint8_t/32	arc_code	ARC_CODE	77	
uint8_t	device temperature	T	25	

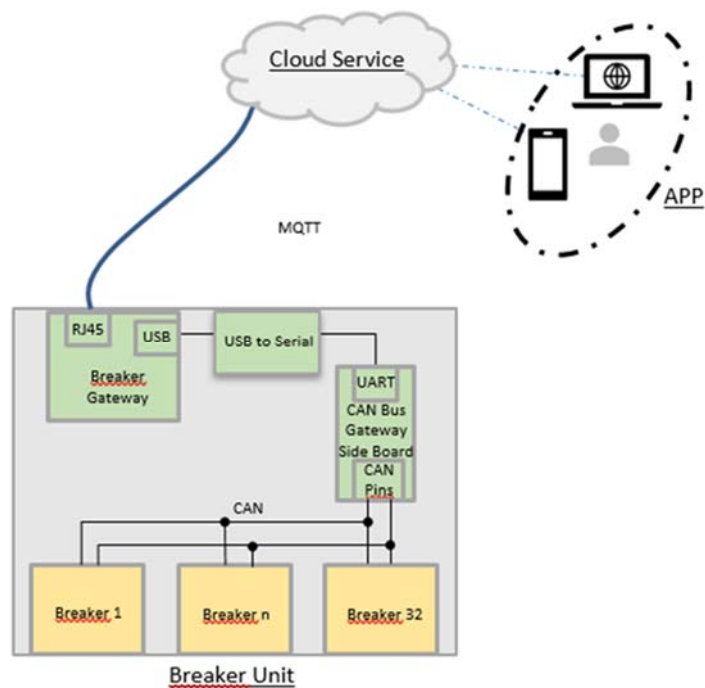
CAN_AFD_PROTOCOL				
uint8_t	device address	AFDD address	001-064	
uint8_t	dummy			
uint8_t	dummy			
uint8_t	dummy			
uint8_t	dummy			
uint8_t	dummy			
uint8_t	dummy			

○ Communication protocol ระหว่าง Gateway และ Cloud (MQTT)

การสื่อสารระหว่าง Gateway กับ HoME@Cloud 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 ซึ่งจะถูส่งไป published เพื่อไปจัดการต่อไป

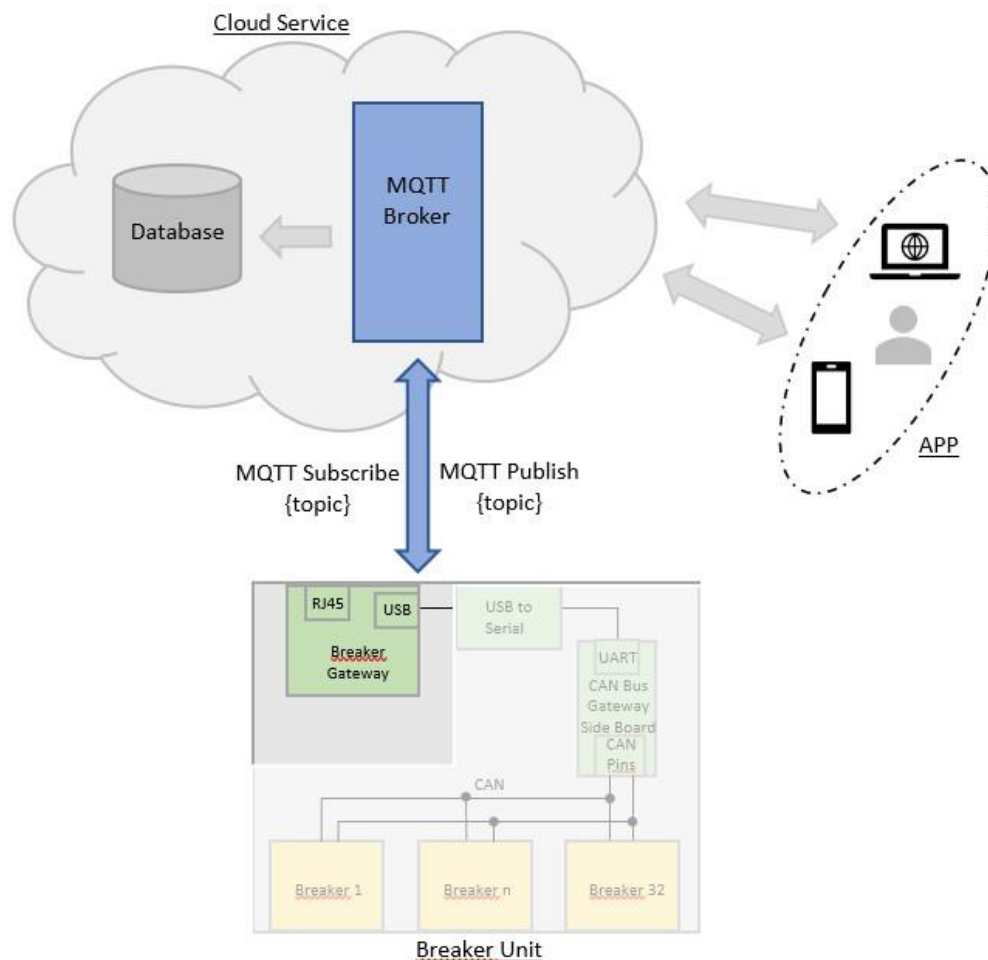
Gateway จะไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ส่งผ่านไปมา ระหว่างชุดควบคุมสมองกลและระบบจัดการบน HoME@Cloud Cloud Platform ซึ่งความสมบูรณ์ของข้อมูลเป็นเรื่องของสมองกลกับระบบจัดการบน Platform



รูปที่ 27 Communication Interface

รูปแบบ Protocol แบบ MQTT นั้นจะเป็น publish/subscribe หัวใจสำคัญคือ MQTT Broker ซึ่งตัวอย่างการส่งหัวข้อในระบบจะมีรูปแบบ

breaker_system/RAY/country/city/street_address/gateway_serial_no. เป็นต้น



รูปที่ 28 รูปแบบการส่งรับ 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 ซึ่งจะทำหน้าที่เหมือน 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

- Hardware Interface

- External interface

- USB port

Gateway สื่อสารกับชุดควบคุมสมองกลผ่าน USB port และ CAN Bus Gateway Side Board ซึ่งต่อเข้า Gateway ทาง UART ผ่านตัวแปลง USB to serial converter

- RJ45 connector

เพื่อต่อเข้ากับ Router ที่เชื่อมต่อระบบ Internet ไปสู่ HoME@Cloud Cloud Platform

- Software interface

Application software ของ Gateway นั้นจะมี APIs ที่มีอยู่ทั่วไปคือ

- The Standard C library provided by the GNU C library.
- The POSIX implementation provided by the GNU C library.
- The JSON parser/tokenizer
- The Mosquitto MQTT library.

การออกแบบ Application เพื่อรองรับ User Interface

กระบวนการออกแบบ Application สำหรับโครงการนี้เป็นดังรูปที่ 30 และมีขอบเขตการใช้งานในเฟสนี้ดังตารางที่ 5 โดยมีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ Application ดังรูปที่ 31

Project Execution Methodology



รูปที่ 29 กระบวนการทำงานออกแบบ Application

ตารางที่ 5 ขอบเขตการทำงานของ Application

Functional Scope

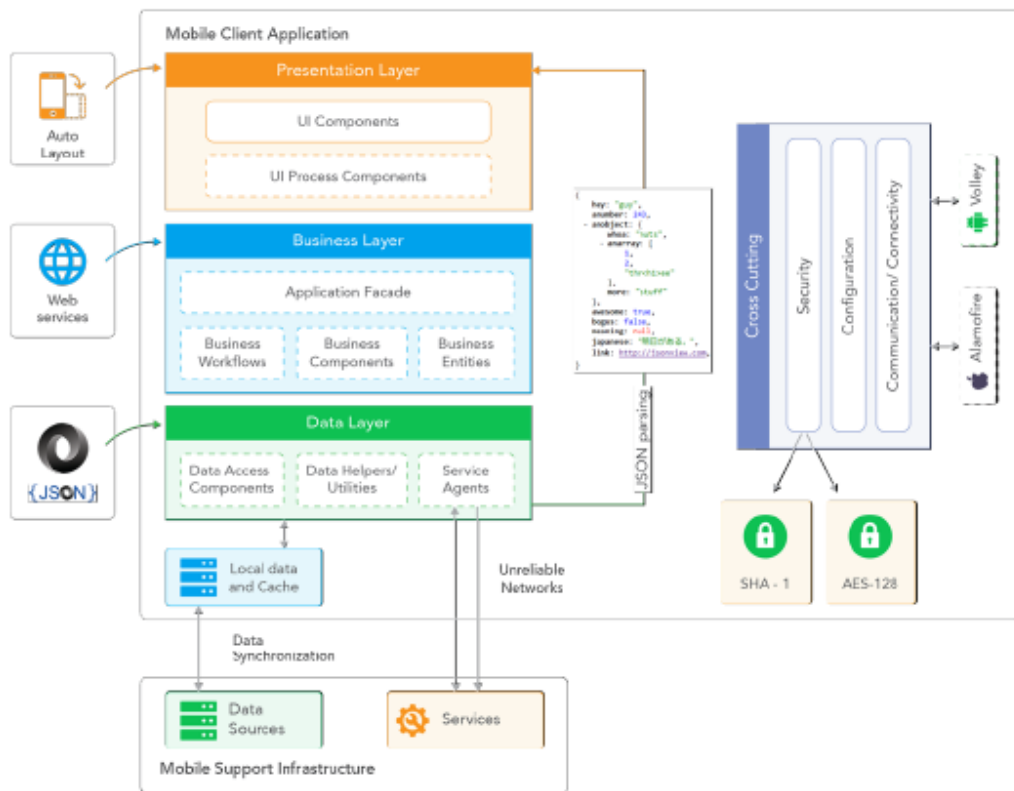
Actor: User

Platform(s): iOS and Android

Language(s): English, Thai and Chinese

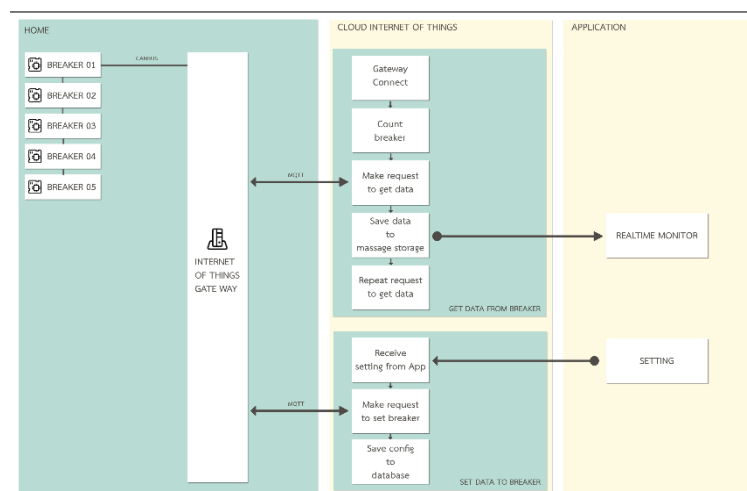
- 1) **Splash screen** (It will display the App name and logo for a second or two, during its phase of initialization.)
- 2) **Control the circuit breaker:**
 - a) User can change that using the buttons below:
 - i) On
 - ii) Off
 - b) To connect to a network, enter the credential password and connect it.
- 3) **Devices** (The user will have to select the device he wants to view the app options for.)
 - a) View list of all multiple breakers
 - i) View details
 - (1) View device name
 - (2) View device code
 - (3) View connectivity
 - ii) Option to select any one breaker
 - b) Option to add new device
 - c) **Note:** Mobile application does not send the data to cloud storage. Mobile application will connect with circuit breaker and fetch the real time data feed only from the Circuit Breaker.
 - d) **Note:** Circuit Breaker automatically send the data and this is the chart AFCI control and command
- 4) **Log Data Report** (The user can view the complete power consumption analytics logged till date.)
 - a) View calendar for current month with current date selected
 - b) View stats of power consumption and this data will be coming from the cloud but Peerbits will be not doing anything with it.
- 5) **Real time Data Monitor** (The user can monitor the real time electricity meter from here.)
 - a) View current electric units consumed
 - b) View the current bill amount of the power consumption
 - c) View the stats of hourly usage for the current day
 - d) View watt stats for
 - i) Current voltage
 - ii) Current electricity flow
 - iii) Current Watt
- 6) **Circuit Breaker Control** (The user can manage the settings for breaking the circuit for any emergency event from here.)
 - a) Option to On/Off Main Control of the device
 - b) Option to On/Off power of each area
 - i) Option to enable protection for parameters like
 - (1) Arc
 - (2) Leakage
 - (3) Under voltage
 - (4) Over voltage
 - ii) This above is given in the chart. Charts are given below with data struct

System Architecture for Mobile

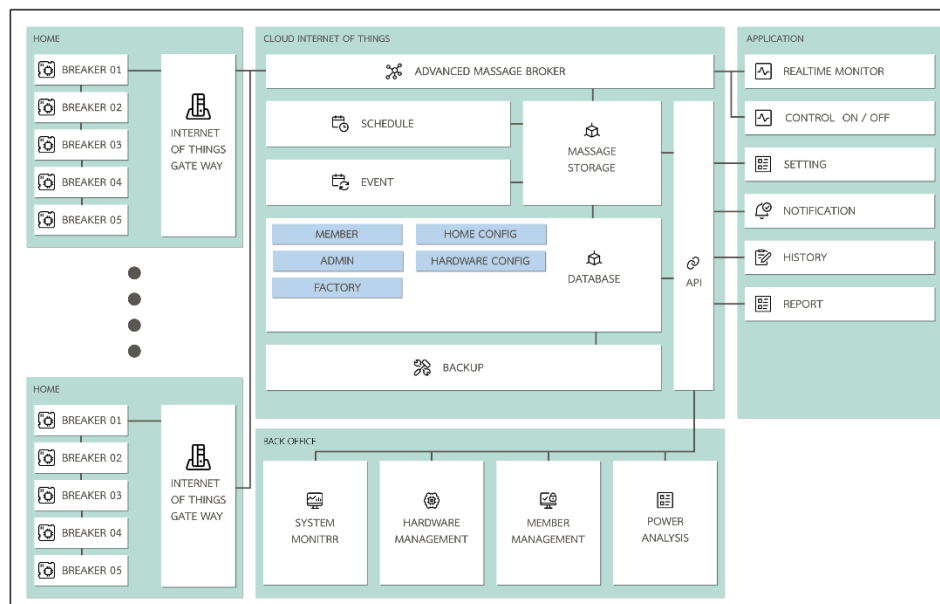


รูปที่ 30 โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ Application

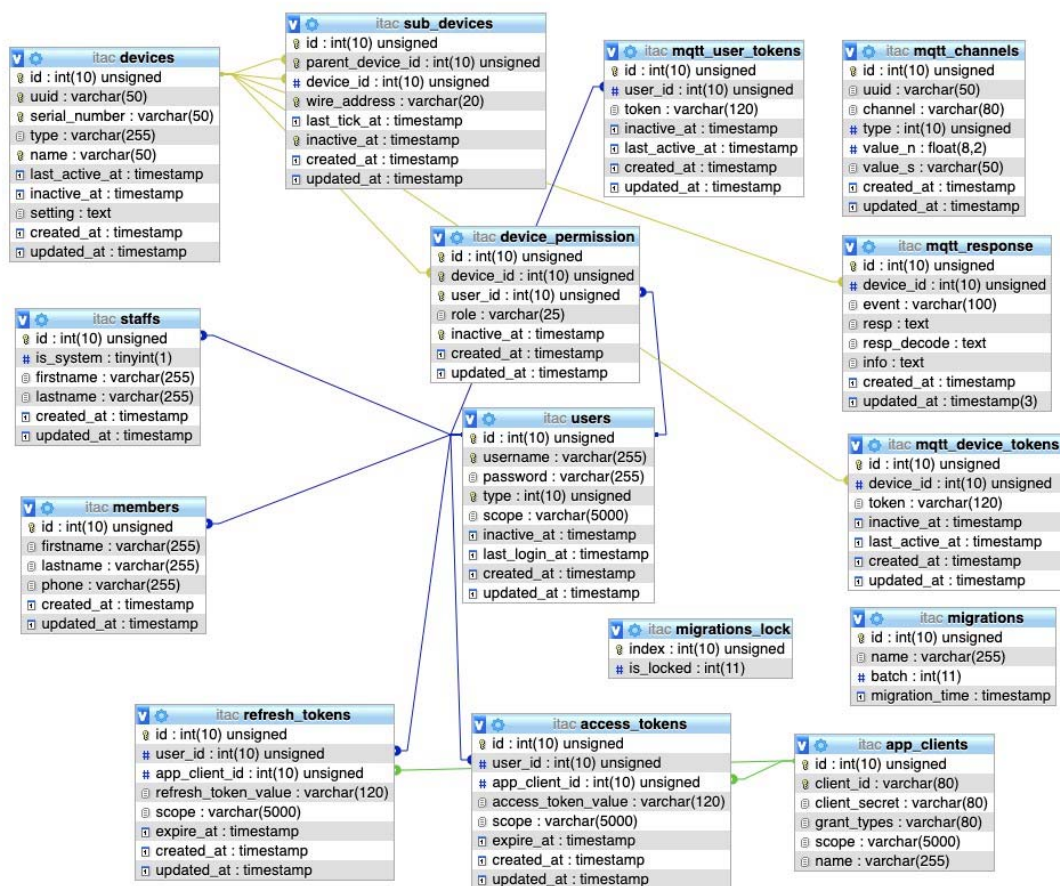
ผลการออกแบบเพื่อให้ได้การสร้างระบบ HoME@Cloud Platform ที่จะช่วยบริหารจัดการไฟฟ้า
แผนการใช้เบรกเกอร์รุ่นเก่าเป็นไปดังภาพที่ 26-28



รูปที่ 31 การสื่อสารระหว่าง REM101 และระบบโดยรวม



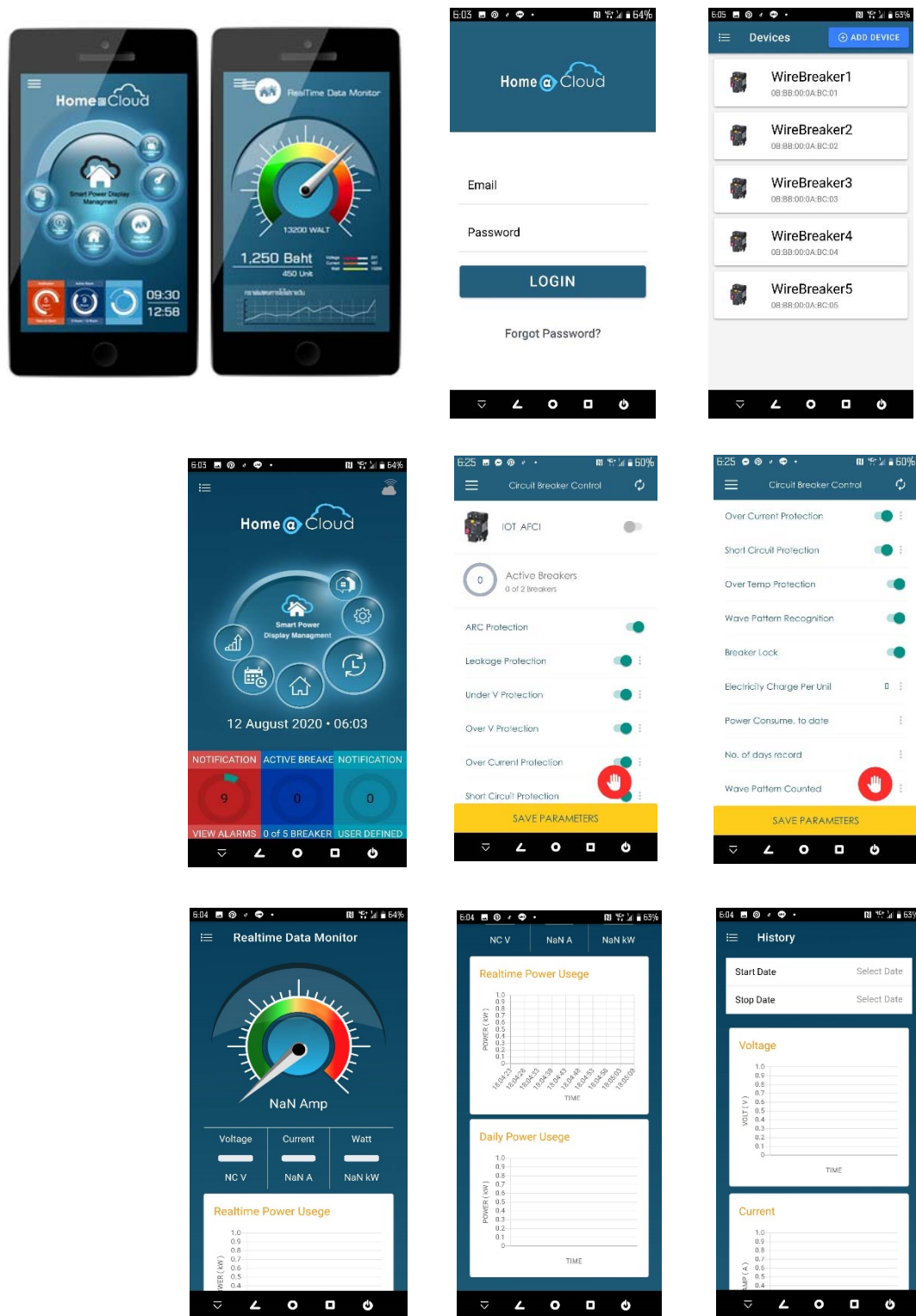
รูปที่ 32 ภาพรวมของระบบ ที่มีองค์ประกอบ 4 ส่วน



รูปที่ 33 ภาพแสดงชุดฐานข้อมูล

บ้านไรเบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

ส่วนการสื่อสารกับผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น Application บนเครื่องมือสื่อสารตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 34 รูปแสดง User Interface บนเครื่องมือสื่อสาร

บ้านไร์เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย

ตัวอย่างของการทดสอบข้อมูลการใช้งาน



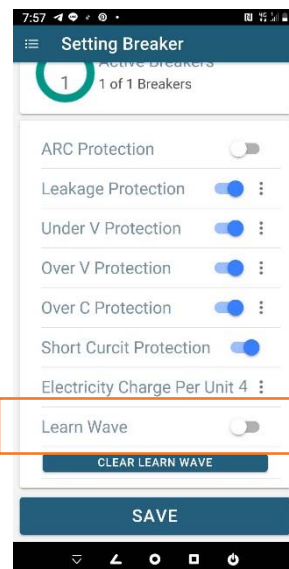
รูปที่ 35 หน้าจอแสดงผลบนเครื่องมือสื่อสารที่คำสั่งต่างๆ

ตารางที่ 6 ตารางคำอธิบายภาพ

หมายเลข	คำอธิบาย	วัตถุประสงค์
1.	เมนูรายการด้านข้าง	เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน้าที่ต้องการโดยตรงเมื่อไม่ได้อยู่ในหน้าหลักแรก
2-4	เป็นการนำค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้ามาแสดงเทียบช่วงเวลา เลือกดูข้อมูลย้อนหลังเป็นรายวัน รายเดือน รายปี	เพื่อตรวจทาน ตรวจสอบการใช้ไฟฟ้า ความผิดปกติ วางแผนการใช้พลังงาน และในเชิงเทคนิคและเศรษฐกิจเพื่อนำไปต่อยอดทั้งทางธุรกิจ สังคม และวิศวกรรม และการบริหารจัดการพลังงาน เปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภค
5	หน้าหลัก DASHBoard เพื่อการดูภาพรวมที่สำคัญตามชนิดการใช้งาน (มีเมนูให้ผู้ใช้ตั้งค่าสำคัญที่ต้องการเห็นทันที)	เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ โดยใช้ตราสัญลักษณ์สื่อสารเพื่อเข้าไปดูผลต่างๆ และแจ้งเตือนภัยพร้อมปุ่มเพื่อเข้าดูได้ทันที
6-9	หน้าจอเพื่อดูเรื่องทั่วไปสำหรับผู้ใช้อำนาจไฟฟ้าทั่วไปคือ ค่าไฟฟ้า ปริมาณการใช้ ความเสี่ยงของการใช้ไฟฟ้าเกินพิกัด	เพื่อรวมประเด็นที่ประชาชนทั่วไปสนใจในการควบคุมสั่งการไฟฟ้าผ่านมือถือไว้ในหน้าเดียว ซึ่งสามารถเลือกได้ 3 หน้าย่อยคือดูประวัติการเตือนภัยเป็นตัวหนังสือที่หน้า Home Message หรือดูหน้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานทั่วไปหรือดูง่าย ๆ ว่าระบบไฟฟ้าดีอยู่หรือไม่ ในหน้า Home Health ที่ใช้ตราสัญลักษณ์เพื่อให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ หรือต้องการทราบเฉพาะสุขภาพไฟฟ้าของบ้านเข้าใจง่ายๆ
10-12	ประวัติความผิดปกติต่างๆ พร้อมสถานะไฟฟ้าในขณะนั้น	เพื่อตรวจสอบประวัติปัญหาที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา หรือพิจารณาความเสี่ยง
13-14	หน้าจอแสดงการใช้พลังงานของเดือนนั้นๆ	เพื่อดูรายละเอียดการใช้ไฟฟ้าของเดือนนั้นๆเป็นรายวันหรือรายชั่วโมง

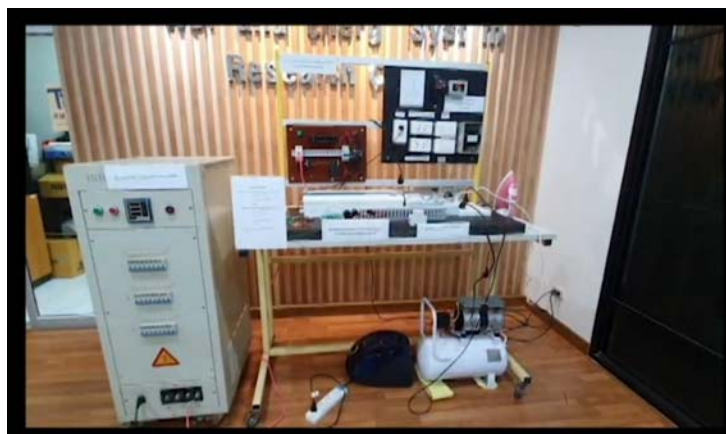
ผลการใช้งานพบว่าโปรแกรมมีความเสถียรและได้ข้อมูลสอดคล้องกับสถานะความเป็นจริง

สิ่งสำคัญที่เกิดขึ้นในการพัฒนานี้คือการสร้าง AI ให้สามารถเรียนรู้สถานะไฟฟ้าในช่วงเวลาหรือขณะใดขณะหนึ่งได้ ดังรูปที่ 37 ที่การตั้งค่า Learn Wave

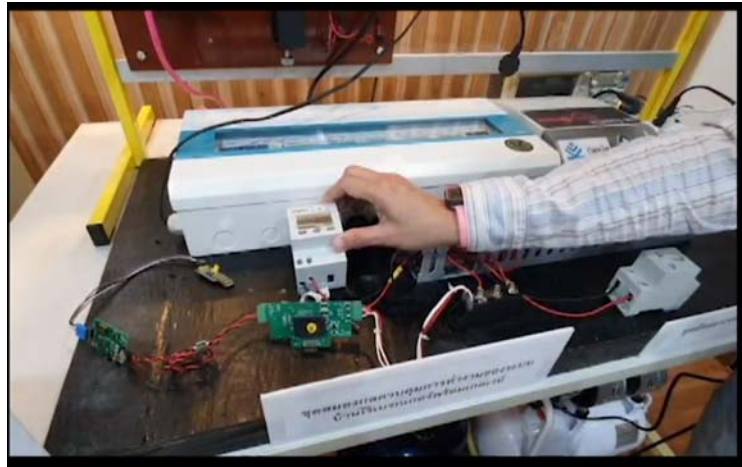


รูปที่ 36 แสดงถึงการตั้งค่าการเรียนรู้

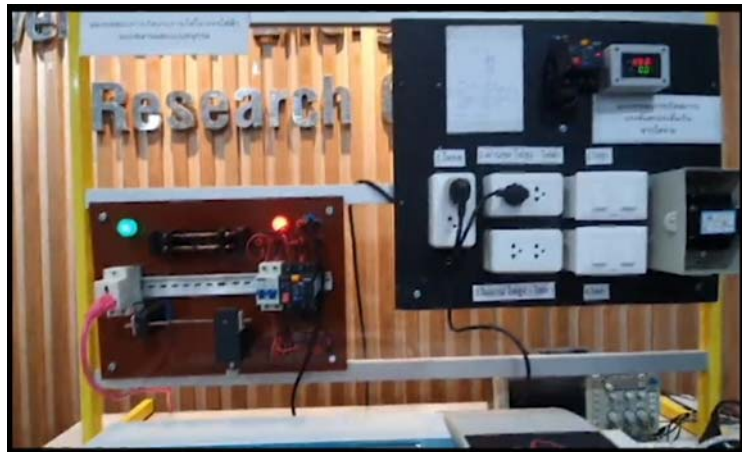
ในการตั้งค่า Learn Wave ระบบจะทำการจดจำลักษณะรูปคลื่นที่อ่านได้ไว้เป็นจำนวน 4 แบบรูปคลื่น (สำหรับการใช้งานในขั้นนี้) หากเปิดให้ระบบเรียนรู้รูปคลื่นไปเรื่อยๆ ค่าของรูปคลื่นใหม่ที่เกิน 4 รูปคลื่นก็จะถูกบันทึกทับรูปคลื่นแรกที่บ้านทักไว้ เมื่อปิดการเรียนรู้และมีเหตุการณ์ลักษณะรูปคลื่นตรงกับคลื่นที่บ้านทักไว้ ระบบก็จะไม่ทำการเตือนหรือตัด ในการตั้งค่าพิกัดของพารามิเตอร์ต่างๆ ระบบจะจำกัดไม่ให้เกินค่าความปลอดภัย



รูปที่ 37 การทดสอบระบบในสถานะเสมือนการใช้งานจริง



รูปที่ 38 โครงสร้างภายในของชุดสมองกล



รูปที่ 39 ชุดทดสอบจำลองการเกิดไฟฟ้ารั่วแสง



รูปที่ 40 การเปิดระบบที่หน้าเครื่อง

4.4 ส่วนของการติดตั้งใช้งานเพื่อผลวิจัยความเป็นไปได้ทางธุรกิจ

จากการรวบรวมข้อมูล และเก็บแบบสอบถามของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่ทำการทดลองติดตั้ง ซึ่งครอบคลุมจังหวัดกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี สมุทรปราการและชลบุรี จำนวน 50 ชุดตัวอย่างและได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลการวิเคราะห์ได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง
2. ข้อมูลด้านพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและประสบการณ์ด้านความรู้เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ของกลุ่มตัวอย่าง
3. ข้อมูลด้านระดับความเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) ต่อความพึงพอใจของการใช้
4. การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง
5. การทดสอบสมมติฐานในด้านปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของการใช้ไฟฟ้า
6. การทดสอบสมมติฐานในด้านลักษณะประชากรศาสตร์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของการใช้

4.5 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

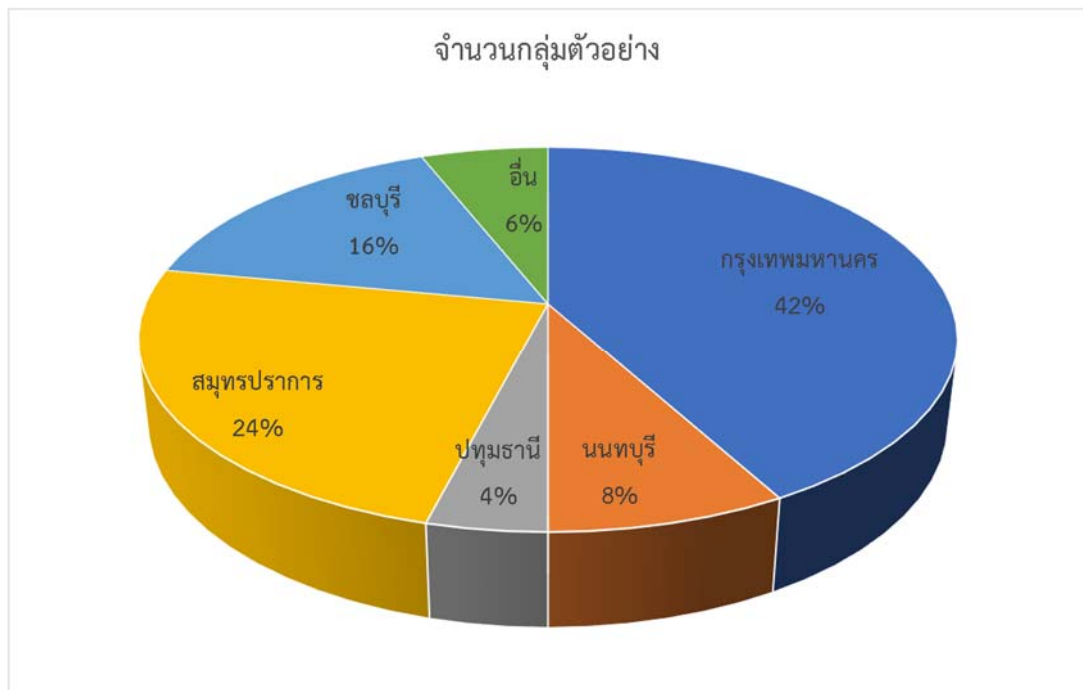
สำหรับข้อมูลด้านประชากรศาสตร์นั้น ทางผู้วิจัยพิจารณาในส่วนประกอบของ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์		จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
1. เพศ	ชาย	33	66
	หญิง	17	34
2. อายุ	น้อยกว่า 16 ปี	0	0
	16 - 26 ปี	0	0
	26 - 36 ปี	4	8
	36 - 46 ปี	8	16
	46 - 56 ปี	6	12
	มากกว่า 56 ปี	31	64
3. สถานภาพ	โสด	4	8

ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์		จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
	สมรส	46	92
4. ระดับการศึกษา สูงสุด	ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ตอนปลาย	0	0
	ปวช. /มัธยมศึกษา ตอนปลาย	0	0
	ปวส. /อนุปริญญา	8	16
	ปริญญาตรี	34	68
	ปริญญาโท	5	10
	ปริญญาเอก	3	6
5. อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	0	0
	ข้าราชการ/ รัฐวิสาหกิจ	17	34
	ธุรกิจส่วนตัว	25	50
	พนักงานบริษัทเอกชน	8	16
6. รายได้เฉลี่ยต่อ เดือนขั้นต่ำ	ต่ำกว่า 9,000 บาท	0	0
	9,000-19,000 บาท	3	6
	19,001-29,000 บาท	7	14
	29,001-39,000 บาท	10	20
	39,001-49,000 บาท	3	6
	49,001-59,000 บาท	1	2
	ตั้งแต่ 59,001 บาท ขึ้นไป	26	52

จากตารางที่ 7 จะพบว่าการทดลองติดตั้งนั้นเป็นการได้รับความสนใจจากผู้ที่มีศักยภาพทางการศึกษา และความมั่นคงทางการเงินระดับหนึ่งแล้ว มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป



รูปที่ 41 รูปแสดงการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างตามพื้นที่

รูปที่ 42 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างแยกตามพื้นที่ จะพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่สนใจทดลองใช้งาน มักจะอาศัยอยู่ตามเมืองใหญ่

4.6 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง

สมมุติฐานที่ 1 ปัจจัยด้านเพศที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

จากผลการสำรวจพบว่าเพศที่ต่างกันมีผลต่อระดับความพึงพอใจในเทคโนโลยีต่างกัน ทั้งก่อนและหลังการติดตั้ง โดยเพศชายมีแนวโน้มที่จะมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้นมากกว่าเพศหญิงภายหลังการติดตั้ง เนื่องจากเพศหญิงและเพศชายมีมุมมองความคิด ทักษะ และลักษณะนิสัยแตกต่างกันตามลักษณะสังคมและวัฒนธรรมไทย โดยเพศหญิงจะเป็นเพศที่มีความประณีต ละเอียดอ่อนและใส่ใจในรายละเอียดในเรื่องเล็กน้อยมากกว่าเพศชาย เมื่อต้องมีการเปลี่ยนแปลงจึงมองลึกลงไปในทุกรายละเอียด ขณะที่เพศชายจะมีความใส่ใจในรายละเอียดน้อยกว่า และมองที่ภาพรวมและผลลัพธ์ที่ได้จากเทคโนโลยีมากกว่า จึงมีแนวโน้มมีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าเพศหญิงในเทคโนโลยีเดียวกัน

สมมุติฐานที่ 2 ปัจจัยด้านอายุที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

อายุที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยี โดยเมื่อพิจารณาพบว่า ยิ่งช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามสูงขึ้น แนวโน้มความสนใจมากขึ้น โดยแสดงให้เห็นความสนใจเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับข้อมูลเพิ่มขึ้น โดยเหตุผลที่ความพึงพอใจมีระดับสูงในช่วงอายุมากขึ้น เนื่องมาจากการที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ที่มีอายุมากมักมีความพร้อมทั้งทางด้าน อาชีพ รายได้ และสถานะทางสังคม รวมถึงเคยผ่านช่วงชีวิตที่มีความเสี่ยงจึงมีข้อเปรียบเทียบมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความคาดหวังในการลดความเสี่ยงมากขึ้น ในทางกลับกันผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุน้อยมักยังไม่มี ความพร้อมในด้านอาชีพ รายได้ และสถานะทางสังคม ทั้งยังมีประสบการณ์ที่พร้อมจะเสี่ยงมากกว่า จึงเกิดข้อเปรียบเทียบ ส่งผลให้มีความคาดหวังในการใช้เทคโนโลยีที่ไม่ได้มีส่วนในการดำรงชีวิตเพื่อ ความเป็นอยู่ที่ดีอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า

สมมุติฐานที่ 3 ปัจจัยด้านรายได้ที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อเทคโนโลยีที่ แตกต่างกัน

โดยเมื่อพิจารณา ระดับรายได้ของผู้ตอบแบบสอบถามที่สูง มีแนวโน้มที่จะมีความพึงพอใจต่อ การใช้เทคโนโลยีและมีความคาดหวังสูง จึงไม่มีความแตกต่างของความพอใจก่อนและหลังการติดตั้ง มากนัก โดยเหตุผลที่ความพึงพอใจมีระดับลดลงตามระดับรายได้ที่สูงขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากการที่ ผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้สูง ทำให้มีกำลังในการใช้จ่ายมาก ย่อมมีโอกาที่จะได้รับการบริการที่ดี จากเทคโนโลยีในด้านต่างๆ โดยการที่ได้รับการบริการที่ดีมาตลอด ส่งผลให้บรรทัดฐานต่อการใช้ เทคโนโลยีอยู่ในระดับสูง ดังนั้นแล้วเทคโนโลยีของโครงการยังไม่สมบูรณ์แบบในกลุ่มนี้ จึงสร้างความ พึงพอใจในระดับที่ต่ำกว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่มีรายได้ต่ำ

สมมุติฐานที่ 4 ปัจจัยด้านระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อ เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

ระดับการศึกษาที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีระดับการศึกษา ของผู้ตอบแบบสอบถามที่สูง มีแนวโน้มที่จะมีความสนใจในการใช้เทคโนโลยี โดยผู้ตอบแบบสอบถาม ที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี จะไม่ค่อยให้ความสำคัญมากนัก และผู้ตอบแบบสอบถาม ที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาโท มีค่าเฉลี่ยความสนใจสูงที่สุด และจะมีความแตกต่างของ ความเห็นก่อนและหลังติดตั้งมาก อันเนื่องมาจากการนำไปใช้เชิงวิชาการ

โดยเหตุผลที่ความพึงพอใจมีระดับแตกต่างกันตามระดับการศึกษาอาจเนื่องมาจากการผู้ที่มี การศึกษาสูง ย่อมมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีมากกว่า และมีแนวโน้มที่จะต้องการบริการ จากเทคโนโลยีในด้านต่างๆเพื่อประสิทธิภาพในการบริหารเวลารวมถึงการแสดงออกถึงการเป็นผู้มี ความรู้เท่าทันเทคโนโลยี ในขณะที่ผู้ที่มีการศึกษาในระดับต่ำกว่าไม่เห็นความแตกต่างมากนัก

ตลอดจนสถานะทางสังคมอาจจะอยู่ในช่วงชั้นที่ต่ำกว่า บรรทัดฐานระดับความสนใจต่อการใช้เทคโนโลยีจึงไม่มากนัก

สมมุติฐานที่ 5 ปัจจัยด้านปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน มีผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน

โดยเหตุผลที่ความพึงพอใจมีระดับสูงตามอัตราการใช้ไฟฟ้าที่สูงขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากการที่ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าสูงจะต้องเสียค่าบริการต่อเดือนเป็นจำนวนมาก โดยจะส่งผลให้ความคาดหวังต่อการจัดการควบคุมด้วยเทคโนโลยีสูงขึ้นด้วย ในขณะที่เดียวกันผู้ที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้านั้น ย่อมมีผลให้ความคาดหวังต่อการควบคุมจัดการในด้านต่าง ๆ น้อย

ข้อมูลด้านระดับความเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) ต่อความพึงพอใจของการใช้ไฟฟ้า

สำหรับข้อมูลด้านระดับความเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีในหัวข้อนั้น มีหัวข้อปัจจัยทั้งหมด 7 ปัจจัย

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps)

ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)

- 1 มีมาตรฐาน ปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายเป็นเรื่องสำคัญที่สุด
- 2 มีเสถียรภาพ โอกาสก่อให้เกิดการเกิดไฟดับมีน้อย
- 3 แม่นยำ ถูกต้อง มีการแจ้งเตือนที่เชื่อถือได้
- 4 การบำรุงรักษาน้อยและทำได้ง่าย
- 5 ความง่ายของแอปพลิเคชันบนเครื่องมือสื่อสาร มีส่วนในการตัดสินใจ

ด้านราคา (Price)

- 6 ราคาอุปกรณ์และการติดตั้งมีส่วนอย่างมากในการตัดสินใจเพิ่มความปลอดภัย
- 7 ราคาเริ่มต้นที่ 30,000 บาทมีความเหมาะสม
- 8 ต้องการใช้งาน หากมีการเสนอทางเลือกอื่น มากกว่าการลงทุนซื้อ

ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)

- 9 การมีช่องทางจำหน่ายที่สะดวกมีผลต่อการตัดสินใจ
- 10 พื้นที่การให้บริการครอบคลุมมีส่วนสำคัญกว่าช่องทางการเข้าถึงบริการในการเลือกซื้อ

ด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion)

- 11 มีช่องทางในการสื่อสาร ประชาสัมพันธ์หลายช่องทาง เช่น โทรศัพท์ อินเทอร์เน็ต มีผลต่อการตัดสินใจ
- 12 การมีส่วนลดเป็นปัจจัยสำคัญในการจะซื้อ
- 13 การจัดให้มีการให้ข้อมูลข่าวสาร คำแนะนำที่ถูกต้องช่วยการตัดสินใจซื้อ

ด้านบุคคล (People)

- 14 พนักงานบริการให้คำแนะนำ ตอบข้อซักถาม ปัญหาข้อสงสัยและ อธิบายได้อย่างชัดเจน เป็นเรื่องสำคัญ
- 15 พนักงานปฏิบัติการ(ด้านเทคนิค) มีความรู้ความสามารถในการทำงานติดตั้ง

ด้านกระบวนการ (Process)

- 16 กระบวนการในการเป็นเจ้าของสั้นและง่าย
- 17 ขั้นตอนในการติดต่อขอรับบริการต่างๆ มีความชัดเจน

ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence)

- 18 เครื่องมือ ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้บริการทันสมัย และมีประสิทธิภาพ
- 19 เครื่องแต่งกายของพนักงาน มีเอกลักษณ์ และมีความน่าเชื่อถือ
- 20 ภาพลักษณ์องค์กรบนสื่อต่างๆน่าเชื่อถือ

ระดับความเห็นของผู้ใช้เทคโนโลยีต่อปัจจัยทางด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีคะแนนมากที่สุด 5 อันดับแรกได้แก่

1. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์: มีเสถียรภาพ โอกาสก่อให้เกิดการเกิดไฟดับมีน้อย แม่นยำ ถูกต้อง มีการแจ้งเตือนที่เชื่อถือได้มีคะแนนเฉลี่ย 4.20 คะแนน
2. ปัจจัยด้านสถานที่: พื้นที่การให้บริการครอบคลุมมีส่วนสำคัญกว่าช่องทางการเข้าถึงบริการในการเลือกซื้อซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.20 คะแนน
3. ปัจจัยด้านสถานที่ราคา: ราคาอุปกรณ์และการติดตั้งมีส่วนอย่างมากในการตัดสินใจเพิ่มความปลอดภัย ต้องการใช้งาน หากมีการเสนอทางเลือกอื่น มากกว่าการลงทุนซื้อคะแนนเฉลี่ย 4.19 คะแนน
4. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์: มีมาตรฐาน ปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายเป็นเรื่องสำคัญที่สุด ความง่ายของแอปพลิเคชันบนเครื่องมือสื่อสาร มีส่วนในการตัดสินใจซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.11 คะแนน

5. ปัจจัยด้านบุคลากร: พนักงานปฏิบัติการ(ด้านเทคนิค) มีความรู้ความสามารถในการทำงานติดตั้ง
คะแนนเฉลี่ย 4.09 คะแนน

ส่วนประสมทางการตลาดที่มีคะแนนน้อยที่สุด 5 อันดับ ได้แก่

1. ปัจจัยด้านราคา: มีราคาเริ่มต้นที่ 30,000 บาทมีความเหมาะสม การมีส่วนลดเป็นปัจจัยสำคัญใน
การจะซื้อซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 3.61 คะแนน

2. ปัจจัยด้านกระบวนการ: กระบวนการในการเป็นเจ้าของสั้นและง่าย ขั้นตอนในการติดต่อขอรับ
บริการต่างๆ มีความชัดเจนซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 3.82 คะแนน

3. ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ: เครื่องแต่งกายของพนักงาน มีเอกลักษณ์ และมีความน่าเชื่อถือ
ภาพลักษณ์องค์กรบนสื่อต่างๆน่าเชื่อถือคะแนนเฉลี่ย 3.85 คะแนน

4. ปัจจัยด้านบุคลากร: พนักงานบริการให้คำแนะนำ ตอบข้อซักถาม ปัญหาข้อสงสัยและ อธิบายได้
อย่างชัดเจน เป็นเรื่องสำคัญซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 3.87 คะแนน

5. ปัจจัยด้านกิจกรรมส่งเสริมการตลาด: มีการจัดให้มีการให้ข้อมูลข่าวสาร คำแนะนำที่ถูกต้องช่วย
การตัดสินใจซื้อ คะแนนเฉลี่ย 3.88 คะแนน

สำหรับความพึงพอใจโดยรวม ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการใช้เทคโนโลยีนั้นอยู่ใน
ระดับที่พึงพอใจมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.85

บทที่ 5.

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบที่แต่ละ CPU มี Display เป็นของตัวเอง และคุมแต่ละชุดตัดวงจร ทำให้โดยรวมอุปกรณ์มีขนาดใหญ่ใช้พื้นที่มาก เป็นอุปสรรคกับพื้นที่ขนาดเล็ก รวมถึงการแยกชุดตัดวงจรออกจากชุดควบคุม จะต้องพิจารณาปรับปรุงในส่วนสาย Control ที่มีจำนวนมาก และมีความเสี่ยงต่อการผิดพลาดได้ง่าย เพื่อให้เป็นอิสระต่อกันอย่างแท้จริง ไม่ถูกจำกัดด้วยความยาวของสายควบคุม ในกรณีที่จะต้องแยกชุดตัดวงจรให้ห่างไกลออกไป โดยการพัฒนาในขั้นต่อไปให้เน้นการต่อเชื่อมระหว่าง 2 ตู้แบบเดียวกับการต่อระบบ LAN ด้วยการออกแบบชุดหัวเสียบต่อเฉพาะ

ในส่วนของ Mobile Application ผู้ใช้จากกลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นว่ายังต้องใช้ความเข้าใจทางเทคนิคเนื่องจากยังมีการใช้ศัพท์เทคนิคในบางส่วน และการตั้งค่าที่ต้องอาศัยความเข้าใจในระบบไฟฟ้า อีกทั้งการแจ้งเตือนยังมีข้อจำกัดในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ได้เปิด Application ไว้

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

วัตถุประสงค์หรือประโยชน์ที่พึงประสงค์	ผลสรุปการวิจัย
เพื่อต่อยอดการพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะที่ออกสู่พาณิชย์ให้ไปสู่การเป็นศูนย์กลางไฟฟ้าที่มีความสามารถมากกว่าการป้องกันภัยจากไฟฟ้าที่เรียกว่า HoME@Cloud (Home Managed Electricity in the Cloud) ที่เป็น Home Gateway ทำงานเพื่อการจัดการภารกิจในชีวิตด้วยเครื่องมือสื่อสาร สร้างเสริมคุณภาพชีวิตของคนทุกกลุ่มอย่างทั่วถึงเหมาะสมและปลอดภัย และต่อยอดด้วยการสนับสนุนให้ทำงานวิจัยพัฒนาแอปในกลุ่ม Smart City ได้หลากหลาย เป็นการนำทุนของประเทศที่มี	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถสร้าง Home Gateway เพื่อการจัดการภารกิจการใช้ไฟฟ้าได้ด้วยเครื่องมือสื่อสาร สำหรับคนทุกกลุ่มรวมถึงผู้ที่มีความลำบากทางกาย แต่ข้อจำกัดคือความซับซ้อนของการใช้แอปพลิเคชันที่ยังต้องสร้างการเรียนรู้เพื่อการยอมรับต่อไป ตามผลการวิจัย อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลสามารถที่จะกระตุ้นให้นักพัฒนารุ่นใหม่สามารถนำไปใช้ต่อยอดเพื่อสร้างแอปพลิเคชันอำนวยความสะดวกอื่นๆบนเครื่องมือสื่อสารหรือนำไปใช้ในการสร้างการประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายหรือสร้างแรงจูงใจสำหรับโครงการของรัฐได้

วัตถุประสงค์หรือประโยชน์ที่พึงประสงค์	ผลสรุปการวิจัย
ศักยภาพมาใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการและเกื้อกูลกัน	
พัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ ด้วยการปฏิรูปตู้เบรกเกอร์รุ่นเก่าเป็นระบบ Home@Cloud ที่ เป็นตัวรวมไฟฟ้าอัจฉริยะ สร้างมาตรฐานใหม่ของการติดตั้งและใช้ไฟฟ้า เช่นเดียวกับการปฏิวัติโทรศัพท์บ้านเป็นมือถือ ด้วยการสร้างต้นแบบทดลองการใช้งานจริง ติดตั้งทดแทนชุด Consumer unit ของ Home@Cloud ศึกษาพฤติกรรมและปัญหาการใช้งาน	ระบบ Home@Cloud ได้สร้างมาตรฐานใหม่ในการป้องกันทางไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้อิไฟฟ้าโดยการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ไฟฟ้าที่พึ่งพาเครื่องมือสื่อสารในการดำรงชีวิตและตัดสินใจมากขึ้นซึ่งเพิ่มความเสี่ยงมากขึ้นหากไฟฟ้าไม่มีความเสถียรมากพอที่จะสร้างความมั่นใจว่าการจัดการชีวิตจะไม่พลาดเพียงเพราะปัญหาทางไฟฟ้า และได้นำเสนอร่างมาตรฐานให้กับรัฐในการพิจารณาเพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างรายได้เปรียบทางการแข่งขันโดยการเป็นผู้นำในการกำหนดมาตรฐานของการป้องกันไฟฟ้าสำหรับระบบดิจิทัล
เพื่อพัฒนาแอปด้านการจัดการไฟฟ้าและควบคุมสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าตอบสนองบ้านและสำนักงานอัจฉริยะที่มีการติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาพและสัญลักษณ์ทางกราฟฟิก แสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถควบคุมสั่งงานได้บน HomeOS ลดการเดินทางหรือการสูญเสียทางเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยี 4.0	การจัดการการใช้ไฟฟ้าและควบคุมสั่งการผ่านแอปพลิเคชันสามารถทำได้ในระดับพื้นฐาน การต่อยอดเพื่อให้ได้มาซึ่งการควบคุมสั่งการระดับเครื่องใช้ไฟฟ้ายังต้องพัฒนาต่อไป
การส่งเสริม REM ไปสู่ Home@Cloud เป็นการวิจัยและพัฒนาควบคู่กับการพัฒนาบุคลากรในกิจการโทรคมนาคมคือ ● สร้างองค์ความรู้ใหม่ในการเชื่อมโยงทำให้เกิด Electrical และ ICT Convergent (การหลอมรวมของ ICT กับไฟฟ้า)	กลุ่มตัวอย่างได้แสดงให้เห็นว่าภายหลังการทดลองใช้ทำให้เกิดความเข้าใจเรื่องไฟฟ้ามากขึ้นและได้ใช้โปรแกรมจากระบบในการเข้าไปดูข้อมูลและตรวจสอบปัญหาได้ด้วยตนเอง มีแนวโน้มที่พฤติกรรมในการจัดการไฟฟ้าจะเปลี่ยนไป ให้ความสนใจในการบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น หากมีการต่อยอดการใช้งานเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจะทำให้ผู้ใช้ตื่นตัวในการปรับตัวสู่การใช้ดิจิทัลมากขึ้น ผู้ใช้ที่มีการศึกษาสายช่างได้เสนอให้มีการเพิ่มโซลูชัน

วัตถุประสงค์หรือประโยชน์ที่พึงประสงค์	ผลสรุปการวิจัย
● เกิดการกระตุ้นด้านความคิดสร้างสรรค์ในการสร้าง App ใหม่ ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าเป็นศูนย์กลางของการจัดการ ● เปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้ไฟฟ้า การจัดการภารกิจประจำวัน	ในการนำไปใช้งานมากขึ้นเช่น แจ้งเตือนการบำรุงรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้า ตรวจจับแหล่งการกระทำผิดกฎหมาย เป็นต้น
เพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นทุกกลุ่มด้วยแนวคิด 3C = convenience+clue+control จากการไร้เบรกเกอร์ที่มีแต่ el=electronics-Interrupter คือ การปฏิวัติอุตสาหกรรมไม่ว่าด้านใด เป็นการกระตุ้นภาคเศรษฐกิจ ซึ่งในการนำดิจิทัลและอิเล็กทรอนิกส์มาทดแทนวิธีการเก่าๆ ก่อเกิด “Self-Thinking Home Power Grid” ย่อมผลักดันให้ผู้ประกอบการในภาคเศรษฐกิจสำคัญหันมาทำธุรกิจด้วยดิจิทัลควบคู่กับการที่ประชาชนเกิดความเชื่อมั่น ด้วยการนำร่องจากภาครัฐ และเข้าถึงการใช้บริการด้านดิจิทัลอย่างทั่วถึง จากแอปของใหม่ๆ เนื่องจากตู้รวมไฟฟ้าหรือเบรกเกอร์ของบ้านเป็นสิ่งจำเป็นต้องมีทุกบ้าน เมื่อเริ่มจากสิ่งจำเป็น ก็จะทำให้ประชาชนเริ่มเรียนรู้เทคโนโลยีดิจิทัล เกิดกระบวนการเรียนรู้จนเกิดความเชื่อมั่น	จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างภายหลังการติดตั้งใช้งานพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการยอมรับและเกิดความสนใจและเห็นประโยชน์ของการใช้ระบบดิจิทัลมาดูแลด้านความปลอดภัยมากขึ้น แม้จะยังไม่ได้แสดงให้เห็นชัดเจนมากนักเนื่องจากการทดลองช่วงสั้น ดังนั้นหากภาครัฐให้การกระตุ้นและส่งเสริมความรู้เพื่อนำสู่การเปลี่ยนระบบทั้งประเทศเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงที่วิถีดิจิทัล ทำให้ภาครัฐได้ประโยชน์ในการลดการลงทุนด้านดิจิทัลเอง แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถนำข้อมูลการใช้พลังงานของประชาชนมาจัดการบริหารพลังงานลดการลงทุนที่ไม่จำเป็น สร้างแรงจูงใจได้ตรงเป้าหมายในการให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการใช้พลังงานให้เหมาะสม ซึ่งเมื่อความต้องการ Demand มีจำนวนมาก ด้าน Supply ย่อมเกิดขึ้นตามมาเป็นห่วงโซ่ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของระบบเศรษฐกิจขนาดใหญ่อีกครั้ง

เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ของโครงการนี้ได้สร้างมาตรฐานใหม่สำหรับวงการการป้องกันไฟฟ้าและการจัดการไฟฟ้านี้

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานใหม่จากโครงการ

มาตรฐานหลักๆระบบเบรกเกอร์รุ่นเก่า	มาตรฐานระบบจัดการไฟฟ้าเพื่อเมืองอัจฉริยะ
มอก. 909-2548	มอก. 909-2548
มอก. 1436-2540	มอก. 1436-2540

มาตรฐานหลักๆระบบเบรกเกอร์รุ่นเก่า	มาตรฐานระบบจัดการไฟฟ้าเพื่อเมืองอัจฉริยะ
IEC 60898	IEC 60898
IEC 61009	IEC 61009
IEC 60439-1	IEC 60439-1
มอก 2906-2562	มอก 2906-2562
	Gateway เพื่อควบคุมการจัดการไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับสมองกลตรวจจับคลื่นไฟฟ้า
	AI เพื่อเรียนรู้สภาพไฟฟ้าก่อนการตัดสินใจ
	ความสามารถในการปรับค่าพิกัดได้ตามขอบเขตความปลอดภัยสภาพการใช้งาน
	การตัดต่อด้วย Solid State ด้วยดิจิทัล
	OS ของการจัดการไฟฟ้าและบริภัณฑ์
	ความไวในการทำงาน <30ms (หัวใจสำคัญของการป้องกันเหตุไฟไหม้และไฟดูด)

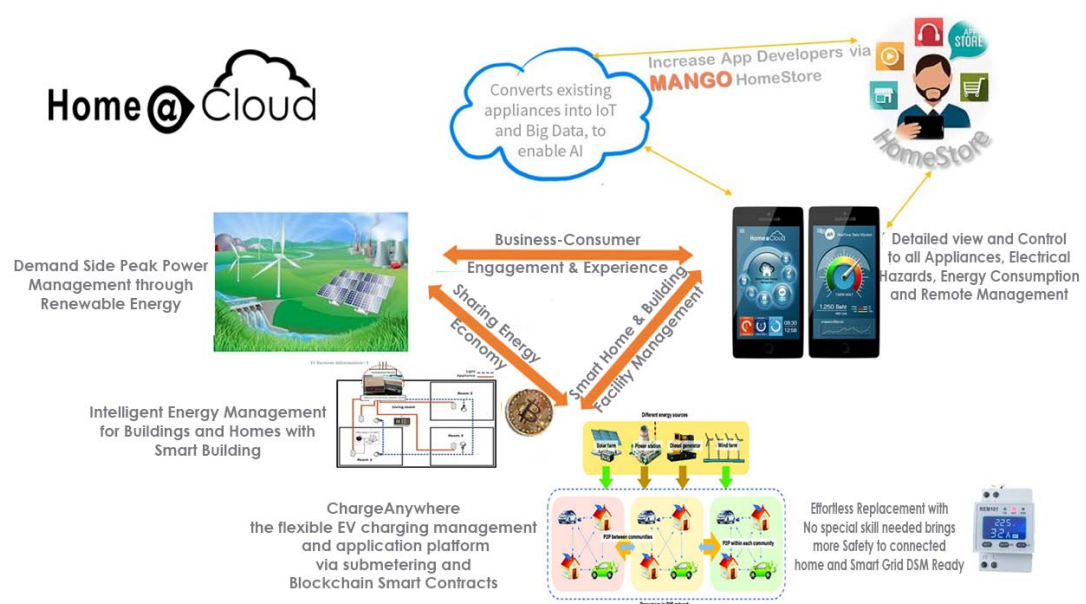
5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเทคโนโลยี บ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 เพื่อปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัยนั้น ในทางเชิงความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและชีวิตนั้นนับได้ว่าเป็นการปฏิวัติการป้องกันจากการใช้เบรกเกอร์แบบเก่ามาเป็นการให้สมองกลทำงานตรวจจับและตัดสินใจ เกิดความแม่นยำและครอบคลุมความเสี่ยงที่มีในปัจจุบันและจะมีมาในอนาคต โดยอาศัยหลักการอ่านพารามิเตอร์ที่สำคัญของคลื่นไฟฟ้า การลดความผิดพลาดของการตัดสินใจโดยไม่จำเป็นถูกสร้างขึ้นโดยการให้มระบบ AI เพื่อเรียนรู้สภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใหม่ที่อาจมีลายเซ็นทางสัญญาณคล้ายจะเกิดความเสี่ยงต่อผู้ใช้ไฟฟ้าหรือต่อทรัพย์สิน ซึ่งจะทำให้การบันทึกเก็บไว้และไม่ตัดสินใจเมื่อคลื่นดังกล่าวปรากฏอีกครั้ง

โครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ได้พิสูจน์ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี แต่การพัฒนาเพื่อการสร้างรายได้เปรียบทางการแข่งขันนั้นต้องอาศัยการขับเคลื่อนจากภาครัฐร่วมกับภาคธุรกิจขนาดใหญ่เพื่อให้ไทยเป็นผู้นำอย่างแท้จริง หัวใจสำคัญของความสำเร็จคือ การครองส่วนแบ่งการตลาดอย่างรวดเร็วและการบังคับใช้มาตรฐานใหม่

จากการวิจัยพบว่าความสำคัญของเทคโนโลยีต่อประชาชนนั้นต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐเนื่องจากนวัตกรรมของโครงการด้านไฟฟ้านี้ ประชาชนมีความกังวลถึงความเสี่ยงในเรื่องของความปลอดภัยและกฎหมาย รวมถึงต้องลงทุนสูง ในการทำให้ประชาชนรับรู้ถึงประโยชน์จากการ

เปลี่ยนเทคโนโลยีได้ดั่งนั้นหมายถึงต้องเป็นการกระตุ้นมาจากภาครัฐด้วยแรงจูงใจต่างๆ อันรัฐจะได้ผลประโยชน์ได้จากการส่งเสริมคือการวางแผนการจัดการพลังงานให้ประชาชนได้มีใช้อย่างทั่วถึงโดยไม่ต้องลงทุนระบบจ่ายไฟฟ้าเพิ่ม ด้วยการจัดสรรไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากพฤติกรรมผู้บริโภค นอกจากนี้การพัฒนาค่ายเทคโนโลยีจากสมองกลอ่านคลื่นไฟฟ้าให้สามารถตรวจจับภาวะของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆที่ต่ออยู่ เพื่อแจ้งเตือน เพื่อการบำรุงรักษา หรือเพื่อการส่งเสริมการขาย เป็นต้น ภาพที่ 42 แสดงถึงภาพรวมของการขยายผลจากเทคโนโลยีโครงการบ้านไร้เบรกเกอร์ที่จะทำให้เกิดวงจรทางธุรกิจที่ทุกภาคส่วนได้ประโยชน์ เกิดเป็นระบบเศรษฐกิจพลังงานที่มี Energy Currency เป็นตัวกำหนดมูลค่าทางเศรษฐกิจในอนาคต เพราะเมื่อมนุษย์ถูกขับเคลื่อนด้วยระบบอัจฉริยะแล้วพลังงานจะกลายเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่อาจไม่มีการดำรงไว้ซึ่งความอัจฉริยะ



รูปที่ 42 ภาพแสดงแนวทางการพัฒนาต่อขยายระบบ เพื่อเข้าสู่ระบบ Energy Currency

บ้านไรเบรกเกอร์ 4.0 ปฏิวัติอุตสาหกรรมการใช้ไฟฟ้าและการป้องกันภัย



**When REM replace
Breakers in every
home**



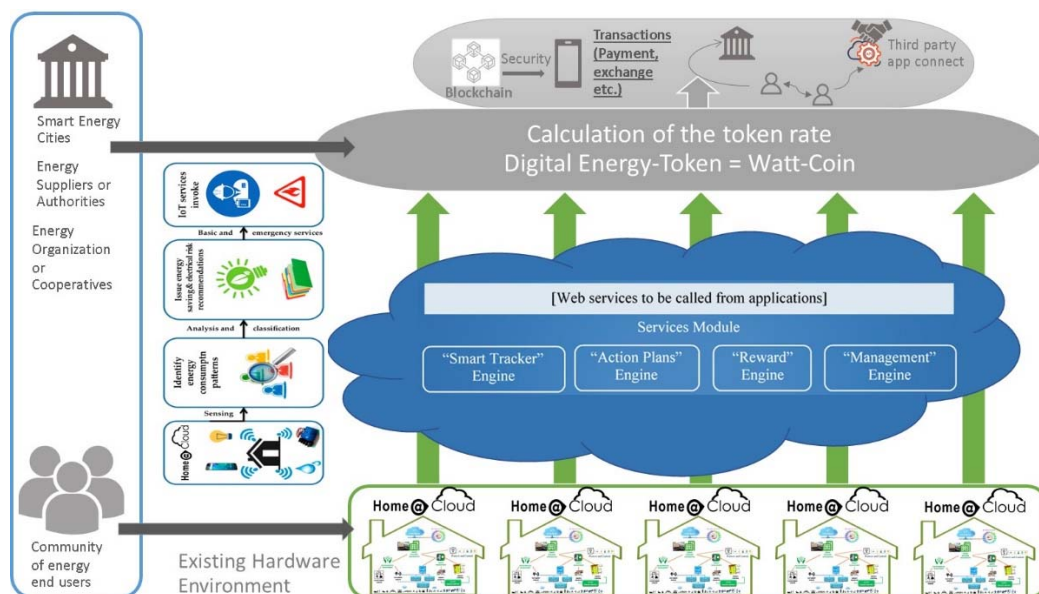
in REM

"A system which
automatically
acquires data and
algorithms"



**These things
happen**

รูปที่ 43 ภาพแสดงผลลัพธ์จากการพัฒนาต่อยอด ด้วยการจัดให้มีใช้ทุกครัวเรือน



รูปที่ 44 ตัวอย่างแนวคิดการสร้างระบบเศรษฐกิจแบ่งปันที่ใช้หลัก Energy Currency

บรรณานุกรม

- [1] W Pusorn, W Srisongkram, W Subsingha, S Deng-Em, PN Boonchiam, “Low-cost ac solid state circuit breaker” IEEE 7th International Conference on Power Electronics and Drive Systems Systems PP 1724-1729, 2007
- [2] S Kamtip, K Bhumkittipich, “Comparison between mechanical circuit breaker and solid-state circuit breaker under abnormal conditions for low voltage systems” IEEE 18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) PP.1091-1096, 2015
- [3] W Pusorn, W Srisongkram, K Chiangchin, K Bhumkittipich, “Solid State Circuit Breaker using insulated gate bipolar transistor for distribution system protection”, IEEE 2014 International Electrical Engineering Congress (iEECON), pp. 1-4, 2014
- [4] W. Shi, J. Cao, Q. Zhang, Y. Li, and L. Xu, “Edge computing: vision and challenges,” IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 5, pp. 637-646, Jun. 2016. doi: 10.1109/JIOT.2016.2579198.
- [5] Cisco, “Cisco global cloud index: forecast and methodology, 2014-2019,” Cisco, white paper, 2014.
- [6] D. Evans, “The internet of things: how the next evolution of the internet is changing everything,” CISCO white paper, vol. 1, p. 14, 2011.
- [7] Y. Strengers. (2016, Jun. 10). Creating pleasure: new needs for the smart home [Online]. Available: http://www.demand.ac.uk/10/06/2016/creating_pleasance_new_needs_for_the_smart_home_yolande_strengers
- [8] D.L. Wang, “The internet of things the design and implementation of smart home control system,” in IEEE International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), Zhangjiajie, China, Dec. 2016, pp. 449- 452. doi: 10.1109/ICRIS.2016.95.
- [9] U. Bakar, H. Ghayvat, S. Hasanm, and S. Mukhopadhyay, “Activity and anomaly detection in smart home: a survey,” in Next Generation Sensors and Systems. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2016, pp. 191-220.

- [10] Y. Strengers, “Envisioning the smart home: reimagining a smart energy future¹,” in *Digital Materialities: Design and Anthropology*, S. Pink, E. Ardevol, and D.Lanzeni ed. London, UK: Bloomsbury Publishing, 2016.
- [11] E. Ahmed, I. Yaqoob, A. Gani, M. Imran, and M. Guizani, “Internet of things based smart environments: state of the art, taxonomy, and open research challenges,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 23, no. 5, pp. 10-16, Nov. 2016. doi:10.1109/MWC.2016.7721736.
- [12] N. Jiang, C. Schmidt, V. Matossian, and M. Parashar, “Enabling applications in sensor-based pervasive environments,” in *Proc. 1st Workshop on Broadband Advanced Sensor Networks (BaseNets)*, San Jose, USA, 2004, p. 48.
- [13] M. Gowda, A. Dhekne, S. Shen, et al., “Bringing iot to sports analytics,” in *14th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation*, Boston, USA, 2017, pp. 498-513.
- [14] D. Vasisht, Z. Kapetanovic, J. Won, et al., “Farmbeats: An iot platform for data-driven agriculture,” in *14th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation*, Boston, USA, 2017, pp. 514-529.
- [15] E. Soltanaghaei and K. Whitehouse, “Walksense: Classifying home occupancy states using walkway sensing,” in *Proc. 3rd ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Built Environments*, Stanford, USA, 2016, pp. 167-176.
- [16] Y. Agarwal, B. Balaji, R. Gupta, et al., “Occupancy-driven energy management for smart building automation,” in *Proc. 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy Efficiency in Building*, Zurich, Switzerland, 2010, pp.1-6. doi: 10.1145/1878431.1878433.
- [17] D. Austin, Z. T. Beattie, T. Riley, et al., “Unobtrusive classification of sleep and wakefulness using load cells under the bed,” in *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, San Diego, USA, 2012, pp. 5254-5257. doi: 10.1109/EMBC.2012.6347179.
- [18] G. Gao and K. Whitehouse, “The self-programming thermostat: optimizing setback schedules based on home occupancy patterns,” in *Proc. First ACM*

- Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings, Berkeley, California, 2009, pp. 67-72. doi: 10.1145/1810279.1810294.
- [19] G. Zhang and M. Parashar, "Context-aware dynamic access control for pervasive applications," in Pro. Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference, San Diego, USA, 2004, pp. 21-30.
- [20] Amazon. (2017, Jun. 2). Amazon echo [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>
- [21] Google. (2017, Jun. 2). Google home [Online]. Available: <https://madeby.google.com/home>
- [22] Apple. (2017, Jun. 6). Apple homepod [Online]. Available: <https://www.apple.com/homepod>
- [23] M. Chandak and R. Dharaskar. (2010, Apr.). Natural language processing-based context sensitive, content specific architecture & its speech based implementation for smart home applications. International Journal of Smart Home [Online]. 4(2). Available: http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol4_no2_2010/1.pdf
- [24] MisterHouse. (2017, May 10). MisterHouse—it knows kungfu [Online]. Available: <http://misterhouse.sourceforge.net>
- [25] Home Assistant. (2017, May 10). Home assistant, an opensource home automation platform running on python 3 [Online]. Available: <https://home-assistant.io>
- [26] OpenHAB. (2017, May 10). OpenHAB, a vendor and technology agnostic open-source automation software for your home [Online]. Available: <https://www.open-hab.org>
- [27] HomeGenie. (2017, May 10). HomeGenie, the open source, programmable, home automation server for smart connected devices and applications [Online]. Available: <http://www.homegenie.it>
- [28] Domoticz. (2017, May 10). Domoticz, control at your finger tips [Online]. Available: <http://www.domoticz.com>

- [29] Freedomotic. (2017, May 10). Freedomotic, open IoT framework [Online]. Available: <http://www.freedomotic.com>
- [30] YAML. (2017, May 10). Yaml ain't markup language [Online]. Available: <http://yaml.org>
- [31] M. Sezgin et al., "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation," Journal of Electronic imaging, vol. 13, no. 1, pp.146-168, Jan. 2004.
- [32] Safehome. (2017, Jun. 2). Best home security company response times [Online]. Available: <https://www.safehome.org/security-systems/best/response-times>
- [33] K. M. Tsui and S.-C. Chan, "Demand response optimization for smart home scheduling under real-time pricing," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 4, pp. 1812-1821, Dec. 2012. doi: 10.1109/TSG.2012.2218835.
- [34] F. Fernandes, H. Morais, Z. Vale, and C. Ramos, "Dynamic load management in a smart home to participate in demand response events," Energy and Buildings, vol. 82, pp. 592-606, Oct. 2014. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.07.067.
- [35] T. Y. Chung, I. Masha, O. Alsaryrah, et al., "Design and implementation of light-weight smart home gateway for social web of things," in IEEE Sixth International Conf on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Shanghai, China, Jul. 2014, pp. 425-430. doi: 10.1109/ICUFN.2014.6876827.
- [36] M. Li and H. J. Lin, "Design and implementation of smart home control systems based on wireless sensor networks and power line communications," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 7, pp. 4430-4442, Jul. 2015. doi: 10.1109/TIE.2014.2379586.
- [37] Y. Ozturk, D. Senthilkumar, S. Kumar, and G. Lee, "An intelligent home energy management system to improve demand response," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 4, no. 2, pp. 694-701, Jun. 2013. doi: 10.1109/TSG.2012.2235088.
- [38] R. Deng, Z. Yang, F. Hou, M.-Y. Chow, and J. Chen, "Distributed real-time demand response in multiseller-multibuyer smart distribution grid," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 30, no. 5, pp. 2364- 2374, Sept. 2015. doi: 10.1109/TPWRS.2014.2359457.

- [39] R. B. Miller, “Response time in man-computer conversational transactions,” in ACM AFIPS’68, San Francisco, USA, Dec.1968, pp. 267-277. doi: 10.1145/1476589.1476628.
- [40] P. Chahuara, F. Portet, and M. Vacher, “Context-aware decision making under uncertainty for voice-based control of smart home,” Expert Systems with Applications, vol. 75, pp. 63-79, Jun. 2017. doi: 10.1016/j.eswa.2017.01.014.
- [41] M. R. Abid, E. M. Petriu, and E. Amjadian, “Dynamic sign language recognition for smart home interactive application using stochastic linear formal grammar,” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 64, no. 3, pp. 596-605, Sept. 2015. doi: 10.1109/TIM.2014.2351331.
- [42] R. Harper, Inside the Smart Home. London, U.K.: Springer-Verlag, 2003.
- [43] A. Reichenberger and U.S. Bureau of Labor Statistics, “A comparison of 25 years of consumer expenditures by homeowners and renters,” Beyond the Numbers: Prices and Spending, vol. 1, no. 15, Oct. 2012.
- [44] U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, “Spending on newspapers and magazines slides as spending for internet access soars,” Consumer Expenditure Survey, Feb. 2012. [Online]. Available: <http://www.bls.gov/cex/newspapers.htm>.
- [45] U.S. Energy Information Administration, “Annual Energy Review 2011,” Washington, DC, EIA-0384(2011), Sep. 2012.
- [46] U.S. Energy Information Administration, “RECS data show decreased energy consumption per household,” Residential Energy Consumption Survey (RECS), Jun. 2012. [Online]. Available: <http://www.eia.gov/consumption/residential/reports/2009/consumption-down.cfm>.
- [47] U. S. Department of Labor Bureau of Labor Statistics, CPI Inflation Calculator. [Online]. Available: http://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm.
- [48] W. LeBlanc, “Customer priorities and behavior: kWhs, iPads, and lattes,” presented at the Smart Grid Live, Fort Collins, CO, USA, Sep. 25–27, 2012 [Online]. Available: <http://www.smartgrid-live.com/archive-materials/#v6>

- [49] W. Mert, M. Watts, and W. Tritthart, “Smart domestic appliances in sustainable energy systemsVConsumer acceptance and restrictions,” in Proc. Eur. Council Energy Efficient Econ. Summer Study, 2009, pp. 1751–1761.
- [50] U.S. Congress, H.R. 6, Energy Independence and Security Act of 2007, 110th Congress, 1stSession, Jan. 4, 2007. [Online]. Available: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-110hr6enr/pdf/BILLS-110hr6enr.pdf>.
- [51] T. Hansen, R. Roche, S. Suryanarayanan, H. J. Siegel, D. Zimmerle, P. M. Young, and A. A. Maciejewski, “A proposed framework for heuristic approaches to resource allocation in the emerging smart grid,” in Proc. IEEE Power Energy Soc. Int. Conf. Power Syst. Technol., Auckland, New Zealand, 2012, DOI: 10.1109/PowerCon.2012.6401462.
- [52] S. Gupta, M. S. Reynolds, and S. N. Patel, “ElectriSense: Single-point sensing using EMI for electrical event detection and classification in the home,” in Proc. UbiComp, Copenhagen, Denmark, 2010, pp. 139–148.
- [53] M. Erol-Kantarci and H. T. Mouftah, “Wireless sensor networks for cost-efficient residential energy management in the smart grid,” IEEE Trans. Smart Grid, vol. 2, no. 2, pp. 314–325, Jun. 2011.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

**แบบสอบถามเริ่มต้นก่อนการติดตั้ง
การยอมรับเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0**

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับการยอมรับเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คำถามสำหรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและประสบการณ์ด้านความรู้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

ส่วนที่ 2 คำถามสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

ส่วนที่ 3 คำถามความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้เทคโนโลยี

ส่วนที่ 4 คำถามด้านประชากร

ส่วนที่ 1 คำถามสำหรับประสบการณ์ด้านความรู้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

(ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับสถานะของท่าน)

1. ท่านทราบหรือไม่ว่าก่อนที่การไฟฟ้าจะจ่ายไฟฟ้าให้กับบ้านใดๆ ผู้ขอใช้ไฟฟ้าจะต้องติดตั้งเบรกเกอร์ที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรมครบตามข้อกำหนดก่อน

☐ ทราบ ☐ ไม่ทราบ เพราะ

2. ท่านเคยมีประสบการณ์หรือข้อกังวลเกี่ยวกับอันตรายจากการใช้ไฟฟ้าเรื่องใดมากที่สุด

.....

3. ท่ออยู่อาศัยของท่านเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง(ไฟดับโดยไม่ได้แจ้งเตือนล่วงหน้า)บ่อยเพียงใด

☐ ไม่เกิดเลย ☐ 1-2 ครั้ง/ปี ☐ 3-4 ครั้ง/ปี ☐ 5-6 ครั้ง/ปี ☐ 7-8 ครั้ง/ปี

☐ 9-10 ครั้ง/ปี ☐ มากกว่า 10 ครั้ง/ปี

4. ท่านติดตามข่าวสารด้านเทคโนโลยีของโครงการไทยแลนด์ 4.0 หรือไม่

☐ ติดตาม ☐ ไม่ติดตามแต่รับรู้ ☐ ไม่สนใจเลย (ไปข้อ 5)

5. ท่านเคยมีความรู้ทั่วไปหรือได้อินข่าวสารเกี่ยวกับการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 หรือไม่
อย่างไร

☐ เคยจากสื่อ ☐ เคยจากการแนะนำของเพื่อน ☐ เคยจาก ☐ ไม่เคย

6. ท่านเคยดูข้อมูลด้านไฟฟ้าจากโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือหรือไม่
ยกตัวอย่าง

☐ เคย โปรแกรม..... ☐ ไม่เคย

7. ท่านได้ตระหนักและเข้าใจการป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสดำ (ไฟฟ้ารุ่งแสง) หรือไม่

☐ ไม่เข้าใจเลย ☐ เข้าใจจากโฆษณาผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ☐ เข้าใจเพราะศึกษามาหรือเกี่ยวข้อง

8. ท่านเคยรับรู้ถึงการมีโปรแกรมเตือนปัญหาไฟฟ้าเพื่อป้องกันความผิดปกติในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าโดยโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ มากน้อยเพียงใด

☐ ไม่เลย ☐ เคยจากต่างประเทศ ☐ เคยจาก.....

9. ท่านมีความกังวลหรือไม่หากตู้รวมไฟฟ้าที่ใช้อยู่ กลายเป็นตู้อิเล็กทรอนิกส์ที่สั่งการผ่านมือถือ และเปิดปิดได้ด้วยสวิทช์แทนคันโยก และจะลดความกังวลได้อย่างไร

☐ ไม่กังวลเลย

☐ กังวล และควรลดความกังวลโดย

10. ท่านสนใจนวัตกรรมเทคโนโลยี 4.0 หรือไม่

☐ ไม่สนใจเลย ☐ ไม่สนใจแต่รับรู้ ☐ สนใจ

ส่วนที่ 2 คำถามสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับการยอมรับและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0

คำชี้แจง จากข้อความที่กำหนดให้โปรดพิจารณาโดยละเอียด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยคำว่า **“เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0”** หมายถึง เทคโนโลยีการป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสต่ำ และยังมีโปรแกรมเตือนปัญหาไฟฟ้าเพื่อป้องกันความผิดปกติในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครัวภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าโดยโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
1. ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ					
1.1 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ช่วยป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสต่ำได้มากขึ้น					
1.2 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 สามารถเตือนปัญหาไฟฟ้า เพื่อป้องกันความผิดปกติในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครัวภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าได้					
1.3 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 สามารถรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือได้					
1.4 การเรียกข้อมูลมาแสดงปัญหาไฟฟ้าภายในบ้านผ่านแอปบนมือถือ มีความสะดวก รวดเร็ว					
1.5 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 สามารถสร้างความอุ่นใจต่อปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าภายในบ้าน					
1.6 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
2. ความคาดหวังด้านการใช้งาน					
2.1 การพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ เมื่อได้รับรู้ในวิธีการใช้งานแล้วเห็นว่าเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ					
2.2 การพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ ทำให้ผู้ได้พัฒนาทักษะสื่อสารผ่านเทคโนโลยีออนไลน์ได้โดยง่าย					
2.3 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 มีขั้นตอนและวิธีการใช้ง่าย ต่อการดูรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือ					
2.4 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 สามารถแสดงการรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือได้สะดวก รวดเร็วและสะดวกต่อการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น					
2.5 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 มีคู่มือการใช้งานด้วยภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย					
2.6 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					
3. สภาพแวดล้อมที่สนับสนุน					
3.1 การสนับสนุนให้มีการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ช่วยให้เพิ่มช่องทางการเรียนรู้ในเทคโนโลยีดังกล่าว					
3.2 มือถือและอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นช่องทางในการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
3. สภาพแวดล้อมที่สนับสนุน (ต่อ)					
3.3 การมีความรู้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 นี้เพียงพอจะทำให้เข้าใจโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ					
3.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับมือถือแบบสมาร์โฟนสามารถทำให้ใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้					
3.5 การมีความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยคู่มือปฏิบัติเพียงพอต่อการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้					
3.6 การมีความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรม เพียงพอต่อการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ					
3.7 ท่านสามารถใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้ได้ ถ้ามีคนคอยช่วยเหลือ					
3.8 ท่านสามารถใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้ได้ ถ้ามีวิธีขั้นตอนให้เรียนรู้ผ่านเว็บไซต์ หรือมีวิดีโอแนะนำ เป็นต้น					
4. ด้านทัศนคติเกี่ยวกับการใช้งาน					
4.1 การใช้งานที่ผ่านการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ท่านรู้สึกประทับใจ					
4.2 ท่านยอมรับการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน เพราะเห็นว่าเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าภายในบ้าน					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
4. ด้านทัศนคติเกี่ยวข้องกับการใช้งาน (ต่อ)					
4.3 ท่านยอมรับการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน เพราะมีความสนใจเป็นพิเศษในเทคโนโลยีดังกล่าวมานานแล้ว					
4.4 ท่านยอมรับการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน เพราะมีความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีและเป็นความรู้ใหม่ที่น่าสนใจ					
4.5 การยอมรับการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ทำให้เกิดความน่าเบื่อหน่ายที่จะคอยติดตามการรายงานผลแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าภายในบ้านผ่านแอปบนมือถือ					
4.6 ท่านมีความชอบใช้เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ					
4.7 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					
5. ความตั้งใจที่จะใช้					
5.1 ท่านมีความตั้งใจที่จะใช้งานติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือนในอนาคต					
5.2 ท่านมีการวางแผนที่จะติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือนในอนาคต					
5.3 ท่านคาดการณ์ว่าจะแนะนำให้เพื่อนหรือญาติ ได้ติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในอนาคต					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
6. อิทธิพลทางสังคม					
6.1 การที่ท่านเข้าร่วมโครงการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 เนื่องจากเห็นว่าเป็นว่าเป็นโครงการที่มีประโยชน์และสามารถช่วยป้องกันปัญหาไฟฟ้าผ่านแอมป์มือถือได้					
6.2 การเข้าร่วมโครงการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ช่วยทำให้ท่านรู้สึกว่าเป็นผู้ที่มีความรู้และความทันสมัย สามารถแนะนำคนอื่นได้หากมีโอกาส					
6.3 การมีความสนใจ และต้องการรู้ในเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 จึงทำให้ท่านสมัครใจทดลองใช้งานในครัวเรือน					
6.4 วัฒนธรรมในสังคมที่แตกต่างกันจะไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอมป์มือถือ					
6.5 การชักชวนแนะนำจากคนในชุมชนหรือประธานหมู่บ้าน ส่งผลให้ท่านเข้าร่วมสมัครใจทดลองใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอมป์มือถือ					

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจโดยรวม

ความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น				
	พึงพอใจมากที่สุด (5)	พึงพอใจมาก (4)	พึงพอใจปานกลาง (3)	พึงพอใจน้อย (2)	ไม่พึงพอใจ (1)
โดยรวมแล้ว ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์					

ส่วนที่ 4 คำถามด้านประชากร

(ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับสถานะของท่าน)

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. อายุ

☐ 16 ปี หรือต่ำกว่า

☐ 17-26 ปี

☐ 27-36 ปี

☐ 37-46 ปี

☐ 47-56 ปี

☐ 56 ปี หรือสูงกว่า

3. สถานะภาพ

☐ โสด

☐ สมรส

☐ หย่าร้าง

☐ อื่น ๆ

4. ระดับการศึกษา

☐ ไม่ได้รับการศึกษา

☐ มัธยมต้น หรือต่ำกว่า

☐ มัธยมปลาย

☐ อนุปริญญา

☐ปริญญาตรี

☐ปริญญาโท

☐ สูงกว่าปริญญาโท

5. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา สาขา

☐ ข้าราชการ

☐ แม่บ้าน

☐ ธุรกิจส่วนตัว

☐ พนักงานรัฐวิสาหกิจ

☐ พนักงานบริษัทเอกชน

☐ เกษตรกร

☐ พนักงานราชการ

☐ ค้าขาย

☐ อื่นๆ

6. รายได้รวมครัวเรือน/เดือน

☐ ต่ำกว่า 9,000 บาท

☐ 9,001-19,000 บาท

☐ 19,001-29,000 บาท

☐ 29,001-39,000 บาท

☐ 39,001-49,000 บาท

☐ 49,001-59,000 บาท

☐ 59,001 บาทขึ้นไป

7. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน

☐ 2 คน

☐ 3-4 คน

☐ 5-6 คน

☐ 7 คนหรือมากกว่า

8. จำนวนอุปกรณ์สื่อสารด้านดิจิทัลที่มีใช้อยู่เอง

☐ 1 เครื่อง

☐ 2 เครื่อง

☐ มากกว่า 2 เครื่อง

9. สภาพที่อยู่อาศัย

☐ บ้านเดี่ยว ☐ ทาวน์โฮม ☐ คอนโด ☐ อาคารพาณิชย์ ☐ โฮมออฟฟิศ/โรงงาน ☐ อื่นๆ.....

10. ท่านมีความสนใจในการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 หรือไม่อย่างไร

☐ สนใจทดลองใช้งาน ☐ ไม่สนใจทดลองใช้งาน

**แบบสอบถามเริ่มต้นหลังการติดตั้ง
การยอมรับเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0**

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับการไม่ยอมรับเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ภายหลังจากได้ทดลองใช้แล้ว โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คำถามสำหรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและประสบการณ์ด้านความรู้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

ส่วนที่ 2 คำถามสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

ส่วนที่ 3 คำถามความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้เทคโนโลยี

ส่วนที่ 1 คำถามสำหรับประสบการณ์ด้านความรู้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

(ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับสถานะของท่าน)

1. ท่านมีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ดีขึ้นจนสามารถไปพูดต่อได้
☐ ไม่ได้ ☐ ไม่แน่ใจ ☐ ได้แต่ไม่มั่นใจ ☐ ได้อย่างมั่นใจ
2. ท่านดูข้อมูลด้านไฟฟ้าจากโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือแล้วรู้สึกสนใจหรือไม่
☐ ไม่สนใจ ☐ สนใจ
3. ท่านได้ตระหนักและเข้าใจการป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสดำ และการมีโปรแกรมเตือนปัญหาไฟฟ้าเพื่อป้องกันความผิดพลาดในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าโดยโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ
☐ เหมือนเดิม ☐ ดีขึ้น
4. ท่านยังคงมีความกังวลหรือไม่หากตู้รวมไฟฟ้าที่ใช้อยู่ กลายเป็นตู้อิเล็กทรอนิกส์ที่สั่งการผ่านมือถือและเปิดปิดได้ด้วยสวิตช์แทนคันโยก
☐ กังวล ☐ ไม่กังวลอยู่ตั้งแต่แรก ☐ ไม่กังวลหลังจากได้ทดลองใช้
5. ท่านเริ่มสนใจนวัตกรรมเทคโนโลยี 4.0 หรือไม่
☐ ไม่สนใจเลย ☐ ไม่สนใจแต่รับรู้ ☐ สนใจ

ส่วนที่ 2 คำถามสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยอมรับการยอมรับและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดต่อเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0

คำชี้แจง จากข้อความที่กำหนดให้โปรดพิจารณาโดยละเอียด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยคำว่า “เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0” หมายถึงเทคโนโลยีการป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสต่ำ และยังมีโปรแกรมเตือนปัญหาไฟฟ้าเพื่อป้องกันความผิดปกติในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าโดยโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
1. ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ					
1.1 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ช่วยป้องกันไฟไหม้จากการเกิดไฟฟ้ากระโดดข้ามสายที่กระแสต่ำได้มากขึ้น					
1.2 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 สามารถเตือนปัญหาไฟฟ้า เพื่อป้องกันความผิดปกติในระบบไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ ครุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้าได้					
1.3 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 สามารถรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือได้					
1.4 การเรียกข้อมูลมาแสดงปัญหาไฟฟ้าภายในบ้านผ่านแอปบนมือถือ มีความสะดวก รวดเร็ว					
1.5 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 สามารถสร้างความอุ่นใจต่อปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าภายในบ้าน					
1.6 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					
2. ความคาดหวังด้านการใช้งาน					
2. ความคาดหวังด้านการใช้งาน (ต่อ)					
2.1 การพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ เมื่อได้รับรู้ในวิธีการใช้งานแล้วเห็นว่าเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
2.2 การพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ ทำให้ผู้ได้พัฒนาทักษะสื่อสารผ่านเทคโนโลยีออนไลน์ได้โดยง่าย					
2.3 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 มีขั้นตอนและวิธีการใช้อย่างง่ายต่อการดูรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือ					
2.4 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 สามารถแสดงการรายงานผลเตือนปัญหาไฟฟ้าผ่านแอปบนมือถือได้สะดวกรวดเร็วและสะดวกต่อการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น					
2.5 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 มีคู่มือการใช้งานด้วยภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย					
2.6 เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					
3. สภาพแวดล้อมที่สนับสนุน					
3.1 การสนับสนุนให้มีการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ช่วยให้เพิ่มช่องทางการเรียนรู้ในเทคโนโลยีดังกล่าว					
3.2 มือถือและอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นช่องทางในการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0					
3. สภาพแวดล้อมที่สนับสนุน (ต่อ)					
3.3 การมีความรู้เทคโนโลยีบ้านไร่เบรกเกอร์ 4.0 นี้เพียงพอจะทำให้เข้าใจโปรแกรมการแจ้งเตือนและรายงานผลผ่านแอปบนมือถือ					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
3.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับมือถือแบบสมาร์โฟนสามารถทำให้ใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้					
3.5 การมีความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยคู่มือปฏิบัติเพียงพอต่อการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้					
3.6 การมีความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมเพียงพอต่อการใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ					
3.7 ท่านสามารถใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้ได้ ถ้ามีคนคอยช่วยเหลือ					
3.8 ท่านสามารถใช้งานเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือได้ได้ ถ้ามีวีธีขั้นตอนให้เรียนรู้ผ่านเว็บไซต์ หรือมีวิดีโอแนะนำ เป็นต้น					
4. ด้านทัศนคติเกี่ยวข้องกับการใช้งาน					
4.1 การใช้งานที่ผ่านการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ท่านรู้สึกประทับใจ					
4.2 เมื่อท่านทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ท่านเชื่อมั่นว่าเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดพลาดในระบบไฟฟ้าภายในบ้าน					
4. ด้านทัศนคติเกี่ยวข้องกับการใช้งาน (ต่อ)					
4.3 ท่านทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน และมีความสนใจเป็นพิเศษมากขึ้นในเทคโนโลยีดังกล่าว					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
4.4 เมื่อท่านทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ทำให้ท่านได้เพิ่มความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีและเป็นความรู้ใหม่					
4.5 การยอมรับการทดลองติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือน ทำให้เกิดความน่าเบื่อหน่ายที่จะคอยติดตามการรายงานผลปัญหาที่อาจจะเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าภายในบ้านผ่านแอปบนมือถือ					
4.6 ท่านมีความชอบใช้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ผ่านแอปบนมือถือ					
4.7 เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ไม่แตกต่างกับสิ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน					
5. ความตั้งใจที่จะใช้					
5.1 ท่านมีความตั้งใจที่จะใช้งานติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือนในอนาคต					
5.2 ท่านเริ่มมีการวางแผนที่จะติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในครัวเรือนในอนาคต					
5.3 ท่านมั่นใจว่าจะแนะนำให้เพื่อนหรือญาติ ได้ติดตั้งเทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ 4.0 ในอนาคต					
6. ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (7Ps)					
ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)					
6.1 มีมาตรฐาน ปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายเป็นเรื่องสำคัญที่สุด					
6.2 มีเสถียรภาพ โอกาสก่อให้เกิดการเกิดไฟดับมีน้อย					
6.3 แม่นยำ ถูกต้อง มีการแจ้งเตือนที่เชื่อถือได้					
6.4 การบำรุงรักษาน้อยและทำได้ง่าย					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
6.5 ความง่ายของแอปพลิเคชันบนเครื่องมือสื่อสาร มีส่วนในการตัดสินใจ					
ด้านราคา (Price)					
6.6 ราคาอุปกรณ์และการติดตั้งมีส่วนอย่างมากในการตัดสินใจเพิ่มความปลอดภัย					
6.7 ราคาเริ่มต้นที่ 30,000 บาทมีความเหมาะสม					
6.8 ต้องการใช้งาน หากมีการเสนอทางเลือกอื่น มากกว่าการลงทุนซื้อ					
ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)					
6.9 การมีช่องทางจำหน่ายที่สะดวกมีผลต่อการตัดสินใจ					
6.10 พื้นที่การให้บริการครอบคลุมมีส่วนสำคัญกว่าช่องทางการเข้าถึงบริการในการเลือกซื้อ					
ด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion)					
6.11 มีช่องทางในการสื่อสาร ประชาสัมพันธ์หลายช่องทาง เช่น โทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต มีผลต่อการตัดสินใจ					
6.12 การมีส่วนลดเป็นปัจจัยสำคัญในการจะซื้อ					
6.13 การจัดให้มีการให้ข้อมูลข่าวสาร คำแนะนำที่ถูกต้องช่วยการตัดสินใจซื้อ					
ด้านบุคคล (People)					
6.14 พนักงานบริการให้คำแนะนำ ตอบข้อซักถาม ปัญหาข้อสงสัยและ อธิบายได้อย่างชัดเจน เป็นเรื่องสำคัญ					

ปัจจัยที่มีผลกระทบ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
6.15 พนักงานปฏิบัติการ(ด้านเทคนิค) มีความรู้ความสามารถในการทำงานติดตั้ง					
ด้านกระบวนการ (Process)					
6.16 กระบวนการในการเป็นเจ้าของสั้นและง่าย					
6.17 ขั้นตอนในการติดต่อขอรับบริการต่างๆ มีความชัดเจน					
ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence)					
6.18 เครื่องมือ ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้บริการทันสมัย และมีประสิทธิภาพ					
6.19 เครื่องแต่งกายของพนักงาน มีเอกลักษณ์ และมีความน่าเชื่อถือ					
6.20 ภาพลักษณ์องค์กรบนสื่อต่างๆน่าเชื่อถือ					

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจโดยรวม

ความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น				
	พึงพอใจมากที่สุด (5)	พึงพอใจมาก (4)	พึงพอใจปานกลาง (3)	พึงพอใจน้อย (2)	ไม่พึงพอใจ (1)
โดยรวมแล้ว ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้เทคโนโลยีบ้านไร้เบรกเกอร์ภายหลังได้ทดลองใช้					