ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า	วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง แบบจำลองเว็บแอปพลิเคชั่นสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Model of Web Application for Using Smart Meter in Advanced Metering Infrastructure of Provincial Electricity Authority

นามผู้วิจัย นายจุมพล ทุมมาวัด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย ไพศาลกิตติสกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

แบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะใน โครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Model of Web Application for Using Smart Meter in Advanced Metering Infrastructure of Provincial Electricity Authority

โดย

นายจุมพล ทุมมาวัด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุมพล ทุมมาวัด 2555: แบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย ไพศาลกิตติสกุล, Ph.D. 68 หน้า

ปัจจุบันการพัฒนาระบบไฟฟ้าทั่วโลกมุ่งความสนใจไปที่ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะหรือระบบสมาร์ทกริด โดยลักษณะโครงข่ายไฟฟ้าจะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต ส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้ยังสามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาด ทำให้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยอาศัยระบบการวัดขั้นสูงซึ่งประกอบด้วยส่วนของมิเตอร์อัจฉริยะเป็นองค์ประกอบสำคัญ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เริ่มโครงการระบบสมาร์ทกริด และมีโครงการนำร่องทดสอบการใช้งานระบบมิเตอร์อัจฉริยะในปี พ.ศ. 2554 ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสร้างแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะ โดยได้ทำการออกแบบให้สอดคล้องกับฟังก์ชันพื้นฐานตามโครงการนำร่องที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงฟังก์ชันอื่นๆ ซึ่งอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ผลที่ได้จากการออกแบบนี้จะถูกนำไปพิจารณาทดสอบใช้งานในโครงการนำร่องมิเตอร์อัจฉริยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในอนาคต

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jumpon Thummawat 2012: Model of Web Application for Using Smart Meter in Advanced Metering Infrastructure of Provincial Electricity Authority. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Ekachai Phaisangittisagul, Ph.D. 68 pages.

Currently power systems around the world are focusing on the intelligent power systems or smart grids. The key features of this novel system are highly based on communication and information technologies for communication management, electric generation, and distribution of electricity. They can also support alternative green energy resource with the goal to manage energy consumption and maximize the benefits. Advanced metering infrastructure (AMI) is considered an important system in which smart meter plays a major role for sensing electrical quantities. Provincial Electricity Authority (PEA) has launched a pilot project of smart grid using smart meters in 2011. Researchers are assigned to develop a model of web applications for demonstrating the interface of the smart meters to the network. The basic features of the proposed model are based on the PEA's smart grid roadmap. In addition, more features are also implemented so that the users can easily access to view the electrical quantities via the internet and manage the use of electrical energy effectively. The results of the proposed model will be tested to the pilot project in the future.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เอกชัย ไพศาลกิตติสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำงานวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนและมอบความรู้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่เอื้อเฟื้อทุนการศึกษาและข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยในครั้งนี้ พร้อมทั้งยังสนับสนุนอุปกรณ์ในการทดลอง และขอขอบพระคุณบุคลากรของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทุกท่านที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำในการทำงานวิจัยนี้ รวมไปถึงบริษัท พาวเวอร เฮ้าส์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์มิเตอร์อัจฉริยะพร้อมทั้งคู่มือข้อมูลสำหรับทดลองทำการวิจัย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณพ่อและแม่ ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้ายินดีรับคำเสนอแนะและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุมพล ทุมมาวัด

กันยายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	43
ผล	43
วิจารณ์	54
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบปกติที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน	59
2	อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบปกติที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน	59
3	อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้	60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิม	4
2	โครงข่ายระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ หรือ สมาร์ทกริด	6
3	ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบสมาร์ทกริด	8
4	ภาพรวมของโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง	10
5	โครงสร้างระบบมิเตอร์อัจริยะ แสดงส่วนการทำงานของส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์	14
6	แนวคิดสมาร์ทกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	16
7	โครงสร้างหลักการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน	20
8	เทคโนโลยีและระยะเวลาที่ต้องการการพัฒนาเพื่อรองรับสมาร์ทกริด	21
9	โครงสร้างระบบ AMI สำหรับธุรกิจบริการพลังงานไฟฟ้า	23
10	โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะสำหรับทดลอง	26
11	โปรแกรม LabView จำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและมิเตอร์อัจฉริยะ	27
12	ช่องสำหรับป้อนชื่อในโปรแกรม LabView ที่ติดตั้งในส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า	28
13	การไหลของข้อมูลในการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบบ้านด้วย LabView	29
14	รูปแบบการรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์	30
15	หน้าเว็บแสดงข้อมูลรวม	31
16	หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้า	33
17	หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า	34
18	หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะค่าไฟ	35
19	หน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า	36
20	หน้าเว็บข้อมูลสถานะเงินและการเติมเงิน	37
21	หลักการทำงานในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน	37
22	หน้าเว็บแสดงสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	หลักการทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า	40
24	หน้าเว็บแสดงข้อความการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะ	40
25	โครงสร้างการเชื่อมต่อสำหรับการทดลองใช้งานจริง	41
26	รูปแบบข้อมูลที่ส่งโดยโปรแกรม LabView จำลองระบบบ้าน	43
27	ข้อมูลจากไฟล์ข้อความที่สร้างโดย value.php ที่เซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์	44
28	ฐานข้อมูลแสดงผลการบันทึกข้อมูลพลังงานการใช้ไฟฟ้าจากบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า	44
29	การป้อนรหัสชื่อและรหัสผ่านสำหรับเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันของบ้านทั้ง 3 หลัง	44
30	ผลการเข้าระบบแสดงชื่อผู้เข้าระบบและการเข้าใช้งานล่าสุด	45
31	ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด	46
32	ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ	46
33	ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด	47
34	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด	47
35	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ	48
36	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด	48
37	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ จุมพล ทุมมาวัด	49
38	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ สุทิวา ตะรุวรรณ	49
39	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ นิตยา แหลมฉลาด	50
40	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด	50
41	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ	51
42	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด	51
43	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ จุมพล ทุมมาวัด	52
44	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ สุทิวา ตะรุวรรณ	52
45	ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ นิตยา แหลมฉลาด	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HTTP	=	Hypertext Transfer Protocol : โพรโทคอลในระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์เพื่อการแจกจ่ายและการทำงานร่วมกันกับสารสนเทศของสื่อผสม ใช้สำหรับการรับทรัพยากรที่เชื่อมโยงกับภายนอก ซึ่งนำไปสู่การจัดตั้งเวิลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web, WWW)
WWW	=	World Wide Web : พื้นที่ที่เก็บข้อมูลข่าวสารที่เชื่อมต่อกันทางอินเทอร์เน็ทโดยการกำหนดยูอาร์แอล (URL)
URL	=	Uniform Resource Locator : ตัวระบุแหล่งทรัพยากรสากล (URI) ประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับระบุแหล่งที่อยู่ของทรัพยากรที่ต้องการ และมีกลไกบางอย่างสำหรับดึงข้อมูลทรัพยากรนั้นมา ในการใช้เอกสารทางเทคนิคยูอาร์แอลอาจหมายถึง ที่อยู่บนเว็บหรือที่อยู่อินเทอร์เน็ต
PHP	=	Hypertext Preprocessor : ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะสคริปต์ (Script) ฝั่งเซิร์ฟเวอร์
MySQL	=	Program of multi-user SQL database management : เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ภาษาเอสคิวแอล (SQL)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะใน โครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Model of Web Application for Using Smart Meter in Advanced Metering Infrastructure of Provincial Electricity Authority

คำนำ

ในสภาวะปัจจุบัน การผลิตพลังงานไฟฟ้าสะอาดและเพียงพอต่อการใช้งานเป็นเรื่องที่ท้าทายสำคัญ เนื่องจากความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกวัน และการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีเดิมนั้น ได้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เลวร้ายลงไปด้วย มนุษย์จึงได้เสาะแสวงหาแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น เช่น พลังงานลมและแสงอาทิตย์ ทำให้การพัฒนาระบบไฟฟ้าทั่วโลกมุ่งความสนใจไปที่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะหรือสมาร์ทกริด (Smart Grid) ซึ่งเป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่นำเทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต การส่ง และการจ่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม เช่น การบริหารจัดการพลังงานทดแทนเข้ามาในระบบ การแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ใกล้เคียงเวลาจริง (Real-Time) เป็นต้น โดยสิ่งเหล่านี้ต้องอาศัยระบบการสื่อสารและเทคโนโลยีการวัดที่ทันสมัย เพื่อให้สามารถบริหารจัดการข้อมูลในส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้าอย่างมีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพ

ในประเทศไทย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาโครงข่ายสมาร์ทกริดในประเทศไทย (Jirapornanan, 2010) พบว่า ประเทศไทยยังมีเทคโนโลยีที่จะต้องทำการพัฒนา 5 ส่วน เพื่อรองรับระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้แก่ เทคโนโลยีของผู้ใช้ไฟฟ้า, เทคโนโลยีข้อมูลข่าวสาร, เทคโนโลยีการสื่อสาร, เทคโนโลยีการควบคุมและจัดการ และเทคโนโลยีด้านพลังงาน โดยต้องใช้เวลาพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้อย่างน้อย 2 – 10 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบสมาร์ทกริดคือ โครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง (Advanced Metering Infrastructure, AMI) คือระบบที่ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์มิเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับระบบสื่อสารเพื่อใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลและแสดงผลข้อมูลปริมาณหรือเหตุการณ์ทางไฟฟ้าในช่วงระยะเวลาต่างๆ ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้สำหรับการจัดหา รวบรวม และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการวัดและรับส่งข้อมูล ด้วยคุณสมบัติของโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงทำให้เพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการและอำนวยความสะดวกในการจัดการพลังงานไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แม้ปัจจุบัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เปลี่ยนวิธีอ่านมิเตอร์จากการใช้พนักงานมาเป็นการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติ(Automatic Meter Reading, AMR) แต่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามากขึ้น จึงได้มีการพัฒนามิเตอร์ให้มีสมรรถนะมากขึ้นและเรียกชื่อว่ามิเตอร์อัจฉริยะ ตัวอย่างคุณสมบัติของมิเตอร์อัจฉริยะได้แก่ ความสามารถในการวัดใกล้เคียงเวลาจริง ตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า ช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการใช้ไฟฟ้าซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าบริหารการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบสร้างแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของกฟภ. เพื่อนำไปพิจารณาใช้ทดสอบในโครงการนำร่องระบบมิเตอร์อัจฉริยะ ให้สอดคล้องกับคุณสมบัติตามข้อกำหนดในเอกสารแผนที่นำทางเพื่อศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริดของกฟภ. และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554) โดยคุณสมบัติพื้นฐานของมิเตอร์อัจฉริยะประกอบด้วย

- อ่านค่าต่างๆ ของปริมาณไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
- เฝ้าระวังความผิดปกติของระบบไฟฟ้า
- ตรวจสอบการละเมิดการใช้ไฟฟ้า
- ให้บริการไฟฟ้าแบบเติมเงิน
- การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน
- การควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้า
- การแสดงผลข้อมูลและสถานะต่างๆ ภายในบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

โครงงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นคว้า และวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน ที่มีฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้าของกฟภ. โดยการนำฟังก์ชันของมิเตอร์อัจฉริยะที่กำหนดด้วยแผนที่นำทางเพื่อศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริดของกฟภ. และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลการออกแบบและสร้างแบบจำลองการทำงานด้วยระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถแจกแจงวัตถุประสงค์หลักได้ดังนี้

1. เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง ของการ กฟภ.

2. เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ให้มีรูปแบบและฟังก์ชันการใช้งานตรงตามแผนที่นำทางเพื่อศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริดของกฟภ. และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง

3. เพื่อนำไปพิจารณาทดลองใช้งานในโครงการนำร่องระบบมิเตอร์อัจฉริยะของ กฟภ.

4. เพื่อเพิ่มความสะดวกในการบริหารและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

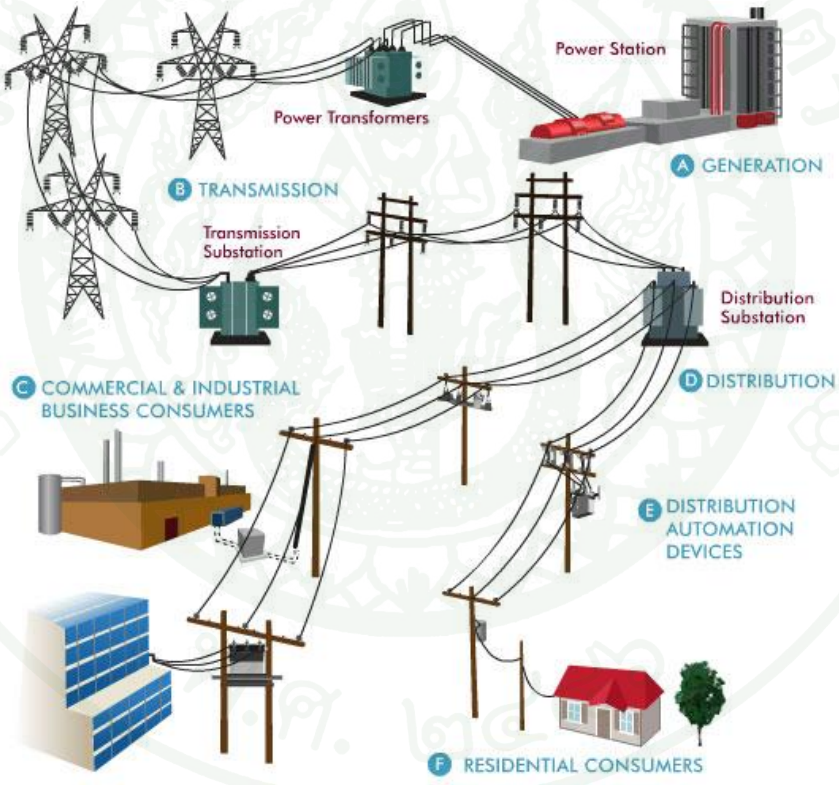
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ความรู้พื้นฐาน

1. สมาร์ทกริด (Smart Grid)

โครงสร้างของระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิมที่ใช้มาเป็นระยะเวลายาวนานนั้น เป็นแบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบทิศทางเดียวจากผู้ผลิตมายังผู้ใช้ไฟฟ้าโดยผ่านสายส่งระยะไกล ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

ที่มา: Hetherington (2009)

จากภาพที่ 1 ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิมประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนผลิตไฟฟ้า (Generation) ส่วนสายส่ง (Transmission/Distribution) และส่วนผู้ใช้ไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Consumers) ซึ่งมีระยะทางสายส่งที่ยาวและไกล ทำให้ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีประสิทธิภาพไม่เต็มที่ ทั้งการเกิดความสูญเสียในสายส่งและผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนมากใช้ไฟฟ้าไม่ถึง 30% ของพลังงานไฟฟ้าที่ส่งไปทั้งหมด นอกจากนี้ เมื่อระบบไฟฟ้ามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นตามกาลเวลาและการเพิ่มของผู้ต้องการใช้ไฟฟ้า ดังนั้น จึงเกิดความตระหนักในเรื่องต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ได้แก่

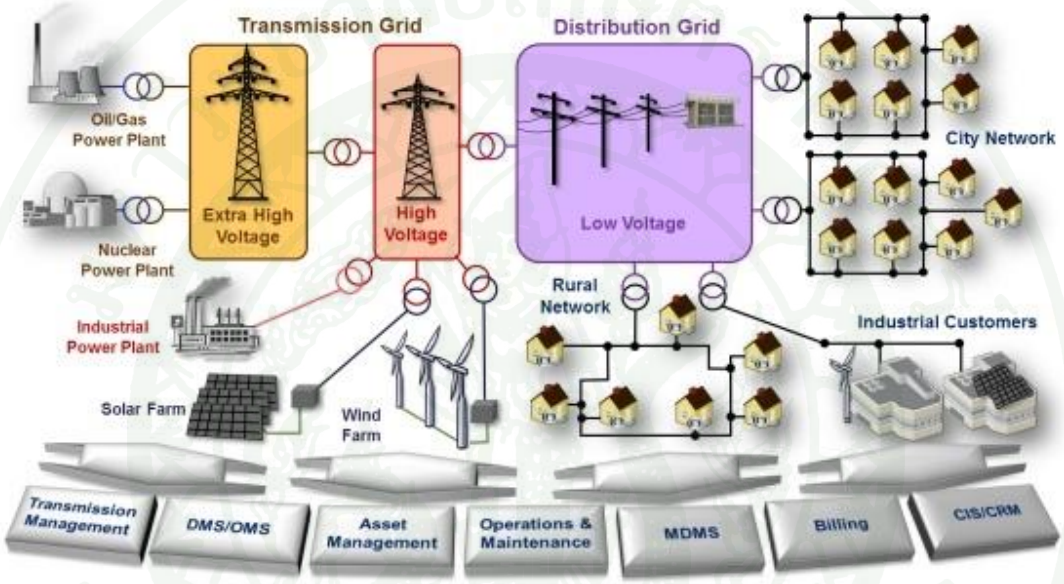
- การบริหารจัดการและการควบคุมระบบไฟฟ้าที่ยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
- ข้อจำกัดในการเพิ่มเติมของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในระบบจำหน่าย
- ไม่มีนโยบายในการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพ
- ขาดระบบไฟฟ้าสำรองที่เพียงพอเมื่อเกิดเหตุการณ์ระบบไฟฟ้าขัดข้อง
- ขาดระบบการแจ้งเตือนที่รวดเร็วเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติทางไฟฟ้า

นอกจากนี้ ทั่วโลกได้เกิดความตื่นตัวในเรื่องสภาวะโลกร้อน อันเป็นผลมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ปริมาณมาก โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossils) เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการผลักดันให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการผลิตและการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้ารูปแบบใหม่ ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ระบบไฟฟ้ารูปแบบใหม่นี้ มีแนวคิดมุ่งเน้นให้ภาคการผลิตให้อยู่กับผู้ใช้ไฟฟ้ามากขึ้น และการพัฒนาระบบไฟฟ้ารูปแบบใหม่นี้ เป็นการเปิดช่องทางให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าด้วย โดยการสร้างแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กของตนเอง เช่น แผงโซล่าห์ (Solar Panel) บนหลังคาบ้าน หรือแม้กระทั่งการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นให้พลังงานที่ผลิตขึ้นมาได้นั้น สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการบริโภค ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถขายคืนสู่ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าหลักได้ ทำให้ช่วยลดภาระการผลิตไฟฟ้า และเป็นการกระจายแหล่งผลิตพลังงาน เพื่อลดความสูญเสียในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการลดปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

ระบบไฟฟ้ารูปแบบใหม่นี้ นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปจากเดิมเป็นอย่างมาก จากการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบทิศทางเดียว เป็นการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบสองทิศทาง โดยการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามาช่วยในการสื่อสารและบริหารจัดการ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเข้าถึงข้อมูลการบริโภคพลังงานไฟฟ้าของตนเองได้สะดวก และบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในด้านความพึงพอใจในการบริโภคพลังงานไฟฟ้า และจำนวนเงินที่ต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูญเสียไปในการบริโภคพลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงจำนวนเงินและปริมาณไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถประหยัดได้ ทั้งนี้การรับทราบข้อมูลการบริโภคไฟฟ้าดังกล่าว อาจส่งผลให้พฤติกรรมการบริโภคพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดจิตสำนึกในการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการทำให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ ความมั่นคง และมีความสมดุลระหว่างภาคการผลิตและภาคการบริโภค จึงทำให้มีการคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีชื่อเรียกว่า สมาร์ทกริด (Smart Grid) หรือ ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ



ภาพที่ 2 โครงข่ายระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ หรือ สมาร์ทกริด

ที่มา: Technology Partners (2012)

ระบบสมาร์ทกริด หมายถึง ระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารมาบริหารจัดการด้านการควบคุมการผลิต การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ทำให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาด หรือระบบแหล่งผลิตไฟฟ้ากระจายตัว (Distributed Generation, DG) และระบบบริหารการใช้สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า ระบบสมาร์ทกริดประกอบไปด้วยส่วนสนับสนุนที่สำคัญในทุกขั้นตอนการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะส่วนระบบ AMI (Advanced Metering Infrastructure) ที่ให้บริการการจัดการข้อมูลในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (MDMS) ส่วนจัดการข้อมูลค่าไฟฟ้า และส่วนจัดการข้อมูลลูกค้า (CIS/CRM) ซึ่งเป็นส่วนที่ใกล้ชิดกับผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด เพื่อจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และการจัดการข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้น

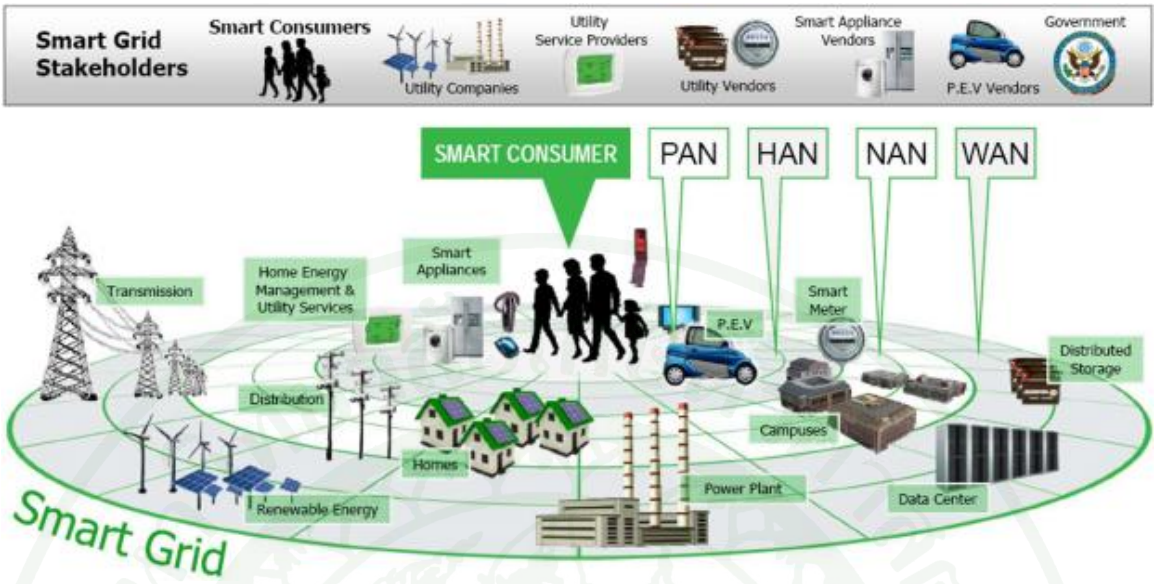
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบสมาร์ทกริดจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยแรงขับเคลื่อนที่สำคัญไปสู่ระบบสมาร์ทกริด ดังนี้

- ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและข้อจำกัดด้านการจัดหาเชื้อเพลิงพาณิชย์ในอนาคต
- ความจำเป็นในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อลดต้นทุนในภาคการผลิต
- กระแสโลกที่ปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบเศรษฐกิจลดปริมาณคาร์บอน (Low Carbon Economy)
- พัฒนาระบบไฟฟ้าของไทยเพื่อความมั่นคงและรองรับความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น
- การวางโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนไปใช้รถไฟฟ้าในอนาคต

ระบบสมาร์ทกริดเป็นการผนวกรวมห่วงโซ่มูลค่าในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดอย่างครบวงจร ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การจัดเก็บ และการส่งจ่ายไฟฟ้า ไปจนถึงการประยุกต์ใช้งานภายในบ้าน และต้องมีความสามารถสื่อสาร 2 ทางในทุกขั้นตอน ผสมผสานรวมโครงสร้างพื้นฐานของระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานทางการสื่อสารและเทคโนโลยีได้อย่างกลมกลืน รวมทั้งส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด โครงสร้างหลักคร่าวๆ นี้ อาจเพิ่มเติมและเปลี่ยนไปตามวิธีการของบริษัทผู้ให้บริการและความเหมาะสมของแต่ละเมือง ดังแสดงในภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่า ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบสมาร์ทกริด ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ทั้งหมดของระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้า ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ไปจนถึงผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไป นอกจากนี้ ผู้ให้นโยบายด้านการปกครองในระดับสูง จะต้องให้ความสำคัญด้วยการสนับสนุนการพัฒนาและให้ความรู้แก่ประชาชนทั้งภาคอุตสาหกรรม และผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไปด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบสมาร์ทกริด

ที่มา: ประดิษฐ์ (2554)

สมาร์ทกริดมีระบบ AMI เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยมีมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ที่ปรับปรุงการอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าได้ละเอียดยิ่งขึ้น ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมพลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน โดยรับส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการส่งสัญญาณโต้ตอบระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ใช้ไฟฟ้า และยังมีระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าได้ โดยครอบครัวทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ ผู้ใช้ไฟฟ้ายังสามารถตรวจสอบการใช้งานได้จากเว็บของผู้ให้บริการผ่านคอมพิวเตอร์ ไปจนถึงเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน (Smart Phone) ได้ นอกจากนี้ เพื่อให้การใช้งานระบบสมาร์ทกริดมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดจะต้องเข้าใจและร่วมมือกัน ด้วยการสร้างความรู้สึกตระหนักในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเน้นสื่อสารผ่านเครือข่ายสังคมในการแบ่งปันข้อมูลการวางแผนใช้ไฟฟ้า เช่น การสนับสนุนให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่คนใช้ไฟฟ้าน้อย ที่มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยถูกกว่าช่วงคนใช้ไฟฟ้ามาก หรือการแลกเปลี่ยนวิธีการลดพลังงานไฟฟ้ากับเพื่อนบ้าน ไปจนถึงการตั้งรางวัลให้กับผู้ที่สามารถลดการใช้พลังงานได้มากเป็นพิเศษ เป็นต้น

ในหลายหน่วยงานทางด้านการกำกับดูแลพลังงานไฟฟ้าทั่วโลก ได้มุ่งความสนใจและมุ่งพัฒนาระบบสมาร์ทกริด มีการวางแผนปรับใช้มิเตอร์อัจฉริยะเพื่อรองรับการเชื่อมต่อกลับไปยังผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้บริการสาธารณูปโภค มิเตอร์อัจฉริยะจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการอ่านค่ามิเตอร์ของพนักงาน รองรับความถี่ในการอ่านค่าสำหรับกรณีที่มีการคิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาหรือกำลังการผลิตได้ ซึ่งสามารถสรุปข้อดีของสมาร์ทกริดต่อผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดังนี้

- ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถรับรู้สภาวะความต้องการไฟฟ้าใกล้เคียงเวลาจริง (Real Time) ช่วยให้สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจนว่าตนเองใช้ไฟไปมากน้อยเพียงใด ในช่วงเวลาใดบ้าง และต้องจ่ายค่าไฟเท่าใด มีผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้บริโภคสามารถตรวจสอบค่าไฟฟ้าได้ใกล้เคียงเวลาจริงเช่นนี้ จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และยังมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟน้อยกว่าปกติที่มีการคิดค่าไฟถูกกว่า
- สามารถจัดการกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากโหลดมากเกินไป หรือช่วยให้หม้อแปลงไฟฟ้าระเบิดน้อยลง
- ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถรู้ค่าไฟฟ้าสะสมที่เกิดขึ้นจากตัวมิเตอร์หรือเข้าดูทางอินเตอร์เน็ตได้
- สามารถคิดค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างกันให้มีราคาที่ต่างกันได้ (Time of Use, TOU) เช่น ช่วงหัวค่ำคิดค่าไฟฟ้าแพง แต่ในช่วงดึกถึงเช้ามืดคิดค่าไฟฟ้าถูก ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบราคาและสามารถเช็คได้โดยตรงจากเว็บ
- อาจใช้ระบบเติมเงินล่วงหน้า (Prepaid) คล้ายการเติมเงินของโทรศัพท์มือถือ ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถใช้ช่วงลดพิเศษในการซื้อบัตรเติมเงิน เพื่อใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ราคาถูก เช่น ให้ใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่คนใช้น้อย เป็นต้น

กรณีที่กล่าวข้างต้น เป็นการใช้งานระบบ AMI ที่ประยุกต์ใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ทำให้เกิดรูปแบบการให้บริการพลังงานไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าแบบใหม่ นอกจากผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้ประโยชน์แล้ว ผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือตัวแทนจำหน่ายสามารถได้ประโยชน์เช่นกัน คือ

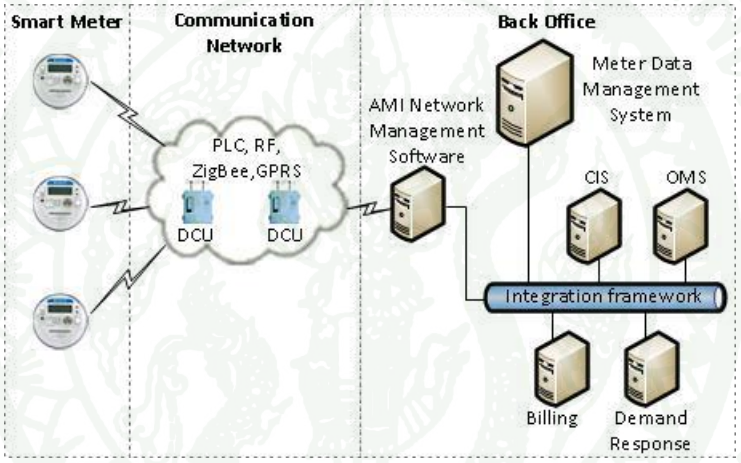
- ลดต้นทุนในการสำรองไฟฟ้า
- ลดปัญหาไฟดับในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก
- ลดจำนวนพนักงานในการเดินทางไปเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้า หากผู้ใช้ค้างชำระเกินกำหนด ผู้จ่ายไฟสามารถสั่งระงับการจ่ายไฟฟ้าจากระยะไกลได้ หรือสั่งให้มีการจ่ายไฟฟ้าตามปกติได้ โดยไม่ต้องเดินทางไปตรวจดู
- ช่วยให้รู้ตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบจ่ายไฟได้ละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น ทำให้มีประโยชน์ในการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้น สมาร์ทกริดเป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่จะมาเปลี่ยนรูปแบบการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีความทันสมัยมากขึ้น รวมไปถึงการปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเห็นถึงประโยชน์และความสำคัญของการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า นำไปสู่การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. โครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง (Advanced Metering Infrastructure, AMI)

ในระบบสมาร์ทกริดมีส่วนประกอบหลายส่วน และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงก็เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยภาพรวมของโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงแสดงในรูปที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพรวมของโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) เครือข่ายระบบสื่อสาร (Communication Network) และส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Meter Data Management System, MDMS) หรือที่เรียกว่า Back Office โดยในส่วนของมิเตอร์อัจฉริยะจะทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลทางระบบไฟฟ้า แล้วรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบสื่อสารทั้งเป็นแบบผ่านสายตัวนำ (Wire) และแบบไร้สาย (Wireless) และในส่วนของ Back Office นั้น เป็นการจัดการข้อมูลจากมิเตอร์อัจฉริยะ เพื่อนำไปประมวลผลและใช้งานข้อมูลร่วมกับส่วนงานอื่นๆ ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter)

มิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งให้กับผู้ใช้ไฟฟ้านั้น เดิมทีใช้มิเตอร์แบบจานหมุน (Electromechanical Meter) เป็นระยะเวลานานหลายสิบปี มีหลักการทำงานคือ เมื่อพลังงานไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดกระแสและขดลวดแรงดันที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก ส่งผ่านไปยังจานอะลูมิเนียม (Aluminum Disc) ที่วางอยู่ระหว่างขดลวดทั้งสอง ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไหลวน (Eddy Current) เกิดขึ้นในจานอะลูมิเนียม แรงต้านระหว่างกระแสไหลวนและสนามแม่เหล็กของขดลวดแรงดันจะทำให้เกิดแรงผลักขึ้น จึงทำให้จานอะลูมิเนียมเกิดการหมุนได้ โดยที่เมื่อมีพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่าน ทำให้จานหมุนเร็ว และเมื่อมีพลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อยไหลผ่าน จานจะหมุนช้า เป็นการสะท้อนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้านั่นเอง ด้วยหลักการแบบนี้ จึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆ หลายประการ เช่น ด้วยการทำงานด้วยระบบกลไกที่เคลื่อนไหวได้ ถ้าหากใช้งานเป็นเวลานาน อาจทำให้มีโอกาสการหมุนของจานเกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง เนื่องจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ อีกทั้งยังง่ายต่อการเกิดปัญหาการละเมิดหรือการขโมยใช้ไฟฟ้า จึงได้มีการพัฒนามิเตอร์ไฟฟ้าขึ้นมาใหม่เป็นแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า Static Meter ทำให้หมดปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนของวัสดุที่เคลื่อนที่เสื่อมสภาพ และการละเมิดการใช้ไฟฟ้าก็ทำได้ยากยิ่งขึ้น แต่มิเตอร์ชนิดนี้ ยังจำเป็นจะต้องมีการส่งเจ้าหน้าที่ออกไปจดหน่วยปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ตัวมิเตอร์ ทำให้เสียเวลา และงบประมาณในการจัดเก็บข้อมูลจากตัวมิเตอร์ ดังนั้น จึงเกิดการพัฒนาให้มิเตอร์ไฟฟ้าสามารถส่งข้อมูลไปจัดเก็บยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์แบบอัตโนมัติ เรียกว่า Automatic Meter Reading (AMR) ระบบนี้พัฒนาจาก Static Meter ขึ้นมา โดยเพิ่มระบบสื่อสารสำหรับการส่งข้อมูล และระบบจัดเก็บข้อมูลที่ศูนย์ควบคุม มีหลักการคือ มิเตอร์จะทำการวัดข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้า และผลตรวจวัดข้อมูลอื่นๆ ของผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น กระแส แรงดัน กิโลวัตต์ กิโลวาร์ พาวเวอร์แฟคเตอร์ แล้วส่งข้อมูลเหล่านี้ไปจัดเก็บที่ศูนย์ควบคุมหรือ ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์อัตโนมัติ โดยข้อมูลเหล่านี้ ทำให้ทราบลักษณะพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย และแต่ละประเภทได้ เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและประเมินปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต อีกทั้งยังป้องกันการละเมิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่ระบบมิเตอร์อัตโนมัติดังกล่าวมีข้อเสียคือ มีระบบสื่อสารทางเดียว ทำให้มีการส่งข้อมูลจากตัวมิเตอร์ไฟฟ้าไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ได้เท่านั้น จึงได้เกิดการพัฒนาแนวคิดให้สามารถส่งข้อมูลจากส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ไปยังตัวมิเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถสั่งการตัวมิเตอร์ได้จากส่วนจัดการมิเตอร์ เช่น การสั่งการติด-ต่อมิเตอร์ไฟฟ้าจากระยะไกล การปรับปรุงระบบอัตราค่าไฟตามช่วงเวลา (Time of Use Rates) และระบบ Prepayment เป็นต้น จึงได้เกิดระบบโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงขึ้นมา เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างมิเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์แบบสองทาง คือ มิเตอร์ไฟฟ้าสามารถส่งข้อมูลไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ และส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์สามารถส่งข้อมูลไปยังตัวมิเตอร์ไฟฟ้าได้ด้วย และมิเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกพัฒนาในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงนี้ เรียกว่า มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter)

ความสามารถของมิเตอร์อัจฉริยะนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

- การตัด/ต่อมิเตอร์จากระยะไกล (Remote Connection/Disconnection)
- การตรวจสอบการละเมิด (Tamper Detection)
- การตรวจสอบไฟฟ้าดับ (Outage Detection)
- การมอนิเตอร์คุณภาพไฟฟ้า (Quality of Supply Monitoring)
- การจำกัดการใช้ไฟฟ้า (Demand/Load Limiting)
- การสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น In Home Display อุปกรณ์ควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เป็นต้น
- สามารถนำข้อมูลต่างๆ ในระบบออก (Export) ได้
- สามารถแก้ไข/เปลี่ยนแปลงโปรแกรมเพื่อเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ของมิเตอร์ได้ เช่น เปลี่ยนช่วงเวลาการส่งข้อมูล และการจำกัดโหลดการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น
- สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ (Home Area Network, HAN) เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าภายในบ้าน
- รองรับบริการแบบการชำระเงินล่วงหน้า หรือ Prepayment

คุณสมบัติที่กล่าวมานี้ ถือเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของระบบมิเตอร์อัจฉริยะที่สามารถให้บริการได้

2.2 เครือข่ายระบบสื่อสาร

สำหรับระบบสื่อสารนั้น สามารถแยกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

2.2.1 ส่วนรวบรวมข้อมูล (Data Concentrator Unit, DCU) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากมิเตอร์เตอร์อัจฉริยะ เพื่อส่งข้อมูลที่รวบรวมนั้นส่งไปให้ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ โดยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ศูนย์กลางในการดูแลและควบคุมระบบมิเตอร์ภายในพื้นที่
- ดูแลสภาวะเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- ค้นหาและต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ชนิดอื่นที่อยู่ในเครือข่าย

2.2.2 ส่วนระบบสื่อสารระหว่างมิเตอร์อัจฉริยะกับส่วนรวบรวมข้อมูล (DCU) มีทั้งระบบแบบสายตัวนำและแบบไร้สาย ได้แก่

- PLC (Power Line Carrier) เป็นระบบสื่อสารแบบสายตัวนำ โดยใช้สายไฟฟ้าที่มีอยู่แล้วเป็นตัวนำสัญญาณ เหมาะกับถนนหรือสายไฟฟ้าที่มีลักษณะเดินไปเส้นเดียวก่อนจะแยกเป็นหลายเส้น เช่น ลักษณะพื้นที่ที่เป็นตรอก/ซอยยาว
- RF (Radio Frequency) เป็นระบบสื่อสารแบบไร้สาย และนิยมใช้กันมายาวนาน โดยสัญญาณวิทยุนิยมใช้ในการรับส่งข้อมูลในระยะไกล ครอบคุมพื้นที่กว้าง ใช้กับการรับส่งข้อมูลจำนวนมาก
- ZigBee เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบใหม่ ที่ใช้คลื่นพลังงานวิทยุพลังงานต่ำ ราคาถูก เหมาะกับพื้นที่ไม่กว้างมาก การนำไปประยุกต์ใช้งานจึงมีความยืดหยุ่นสูง

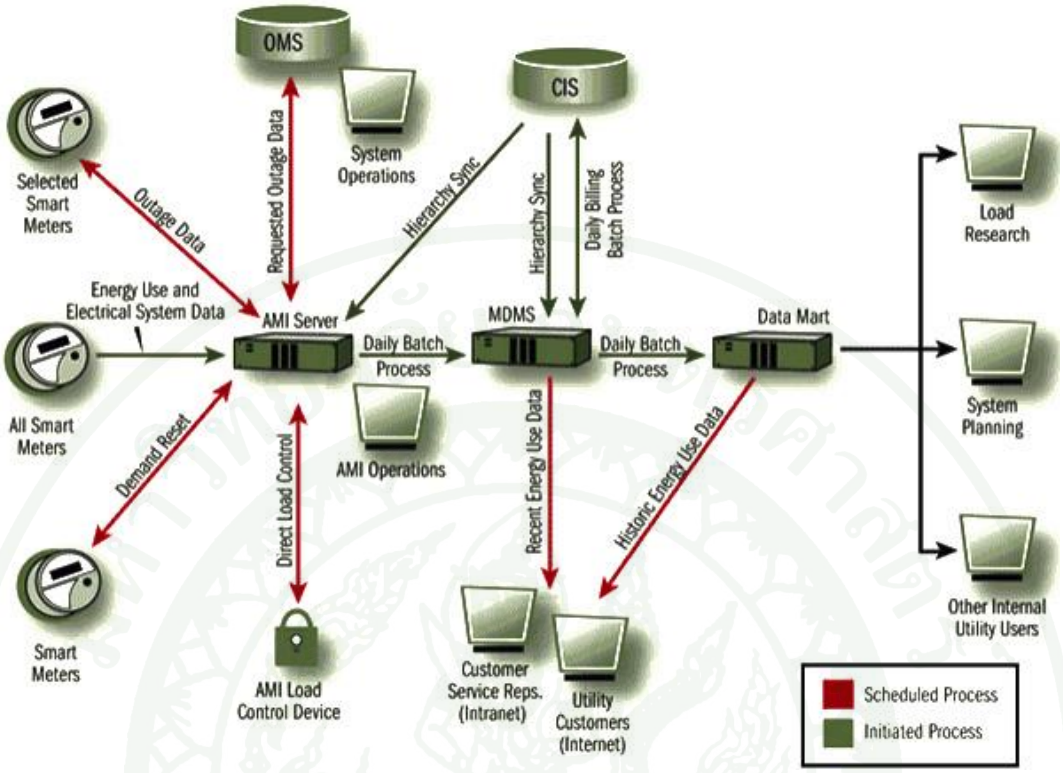
2.2.3 ส่วนระบบสื่อสารระหว่างส่วนรวบรวมข้อมูล (DCU) กับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ นิยมใช้การสื่อสารแบบไร้สาย ได้แก่

- GPRS (General Packet Radio Service) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่นิยมใช้กับเครื่องมือสื่อสารที่มีการรับส่งข้อมูลจำนวนไม่มาก โดยมีความเร็วเพียงแค่ 52 kbps เท่านั้น
- 3G (Third Generation) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่นิยมใช้กับเครื่องมือสื่อสารเช่นเดียวกับ GPRS แต่ 3G เป็นเทคโนโลยีใหม่กว่า รับส่งข้อมูลได้มากกว่า โดยมีความเร็วสูงถึง 7.2 Mbps

2.3 ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Meter Data Management System, MDMS)

ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ เป็นเสมือนหัวใจหลักของระบบมิเตอร์อัจฉริยะ เพราะมีหน้าที่บริหารจัดการข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทำงานของมิเตอร์อัจฉริยะ โดยจะถูกติดตั้งที่จุดศูนย์กลางของส่วน Back Office ดังแสดงในภาพที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 โครงสร้างระบบมิเตอร์อัจริยะ แสดงส่วนการทำงานของส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์

ที่มา: Heintzelman (2011)

ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์จะทำงานร่วมกับคลังฐานข้อมูล (Data Mart) และอุปกรณ์มิเตอร์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลจากมิเตอร์เข้าสู่คลังฐานข้อมูล จากนั้นระบบงานต่างๆ จะดึงข้อมูลจากคลังฐานข้อมูลไปใช้งานตามความต้องการของแต่ละระบบงาน โดยการนำข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไปใช้กับระบบงานอื่นนั้น มีด้วยกันหลายฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

2.3.1 ระบบจัดการฐานข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้า (Customer Information System, CIS) เป็นระบบจัดเก็บและบริหารข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า ได้แก่ ชื่อและที่อยู่ของเจ้าของมิเตอร์ไฟฟ้า พร้อมทั้งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและหมายเลขมิเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

2.3.2 ระบบคำนวณค่าไฟฟ้า (Billing) ทำหน้าที่คำนวณค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์อัจฉริยะที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล สามารถคำนวณค่าไฟได้แบบใกล้เคียงเวลาจริง (Real Time) หรือตามช่วงเวลาที่กำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.3 ระบบการออกแบบและวางแผน คือ การนำข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทแต่ละรายไปพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต ทำให้สามารถวางแผนการก่อสร้างทั้งระบบผลิตและระบบจำหน่ายได้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า

2.3.4 ระบบจัดการเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้อง (Outage Management System, OMS) คือ ระบบที่ช่วยให้สามารถแก้ไขการเกิดเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากมิเตอร์อัจฉริยะทำการตรวจวัดและตรวจจับสถานะต่างๆ ทางไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า มิเตอร์อัจฉริยะจะทำการส่งข้อมูลให้ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ทันที ทำให้สามารถตอบสนองและให้ผู้บริการต่อผู้ใช้ไฟฟ้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2.3.5 ระบบป้องการความเสียหายของหม้อแปลง (Asset Management) ทำหน้าที่แจ้งเตือน เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของหม้อแปลงสูงถึงจุดที่อาจเป็นอันตรายต่อหม้อแปลง ทำให้สามารถเข้าไปเปลี่ยนหม้อแปลงให้เหมาะสมก่อนที่หม้อแปลงนั้นจะเกิดความเสียหาย และเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับได้

2.3.6 ระบบควบคุมการทำงานหรือการปลด/สับอุปกรณ์ในระบบจำหน่าย (Distribution Management System, DMS) เพื่อให้เกิดการส่งจ่ายระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ มีคุณภาพ และมีความเชื่อถือได้สูง โดยมีพลังงานสูญเสียต่ำ

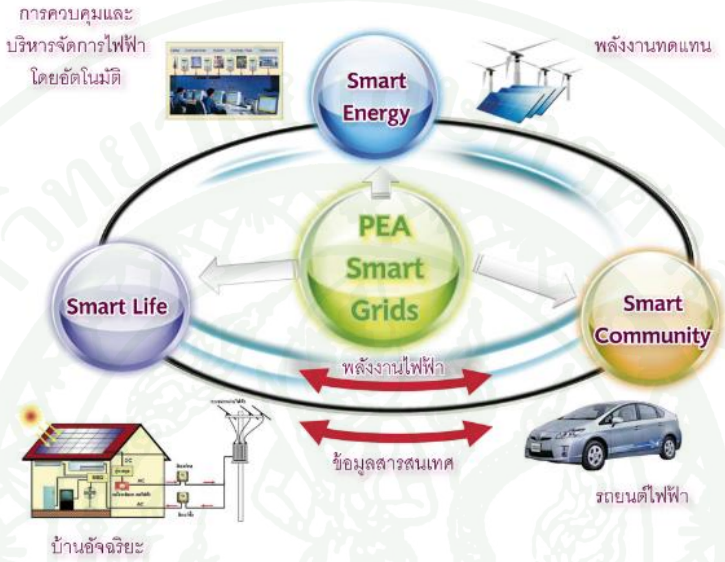
จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์นี้ มีความสำคัญอย่างมาก สามารถนำไปใช้งานในหลากหลายระบบงานต่อไปได้

3. โครงการสมาร์มกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นรัฐวิสาหกิจ สาขาสาธารณูปโภค ในสังกัดกระทรวงมหาดไทย มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดหา จัดส่งและจัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งประเภทบ้านพักอาศัย ธุรกิจ และอุตสาหกรรมต่างๆ ทั่วประเทศ ยกเว้นกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 510,000 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 99% ของพื้นที่ทั้งประเทศ มีผู้ใช้ไฟฟ้ากระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ ประมาณ 15 ล้านราย เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้เกิดความพึงพอใจ โดยผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยทั่วไปมีการติดตั้งมิเตอร์สำหรับตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นแบบจานหมุนทำให้มีโอกาสเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความคลาดเคลื่อนได้ง่าย ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่บางส่วน ได้ติดตั้งระบบมิเตอร์อ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading, AMR) สามารถวัดจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า แล้วส่งไปเก็บไว้ที่ส่วนจัดเก็บฐานข้อมูลได้เท่านั้น และกฟภ.จะนำข้อมูลนั้นไปคำนวณค่าไฟฟ้า และบริหารจัดการวางแผนระบบไฟฟ้าในอนาคต



ภาพที่ 6 แนวคิดสมาร์ทกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2554)

ปัจจุบัน กฟภ. ได้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบไฟฟ้าได้มุ่งเน้นไปยังระบบสมาร์ทกริด เพื่อเพิ่มความสามารถในการจัดการและบริหารระบบไฟฟ้าให้เป็นระบบ มีประสิทธิภาพ และรองรับผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้ารายย่อยที่เพิ่มขึ้นทุกวัน กฟภ.จึงได้เริ่มโครงการสมาร์ทกริด โดยมีแนวคิดแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ Smart Energy, Smart Life และ Smart Community ดังแสดงในภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่า ทั้งสามส่วนมีความเชื่อมโยงกันทั้งหมด โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังนี้

3.1 Smart Energy คือ การใช้พลังงานอย่างชาญฉลาดและรู้คุณค่า ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการผลิต และการส่งจ่ายพลังงานสู่ผู้ใช้ไฟฟ้า (Supply Side) รวมทั้งด้านของผู้ใช้ไฟฟ้า (Demand Side)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.1 แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Electrical Energy Supply/Source)

เนื่องจากในปัจจุบันมีโรงไฟฟ้ารูปแบบดั้งเดิม เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน ก๊าซ (Gas) และเขื่อนพลังงานน้ำ เป็นต้น และได้เกิดแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้ารูปแบบใหม่ ที่มีแนวโน้มจะเพิ่มจำนวนและมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต เมื่อนำมาพัฒนาใช้งานร่วมกัน จะทำให้มีพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอต่อความต้องการ และครอบคลุมผู้ใช้ไฟฟ้าได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาไฟตก ไฟดับได้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วยิ่งขึ้น แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าแห่งอนาคตนี้ ได้แก่

- แหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy) เป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ และไม่มีวันหมดไปจากโลก ได้แก่ พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวภาพ ชีวมวล พลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น
- แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ (Distributed Generation, DG) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาบ้าน (Rooftop Photo Voltaic) กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Wind Turbine) เป็นต้น
- แหล่งกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) เช่น ตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดอุลตร้า (Ultra Capacitor) วงล้อ (Flywheel) และแบตเตอร์รี่ (Battery) เป็นต้น หรือแม้แต่ในรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ซึ่งมีแบตเตอร์รี่ที่เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า
- โรงไฟฟ้าเสมือน (Virtual Power Plant, VPP) เป็นการจัดการกลุ่มแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กหลายๆ แหล่ง ให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลักเปรียบเสมือนการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยใช้เทคโนโลยีควบคุมสั่งการระยะไกลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

3.1.2 ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Electrical Power System)

ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ด้วยการที่มีระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ (Automation) ทั้งสภาวะปกติ และสภาวะฉุกเฉิน ทั้งยังสามารถวัดค่า และตรวจจับสภาวะต่างๆ ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า (Sense and Monitor) แบบใกล้เคียงเวลาจริง (Real-Time) ด้วยระบบสื่อสารข้อมูลได้แบบโต้ตอบ (Data Integration, Interoperability, Two-way Communication/Interactive) ระหว่างบุคคล อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และระบบงานต่างๆ ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า นอกจากนี้ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะยังทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถขายและซื้อพลังงานไฟฟ้าได้ โดยอาจจะเป็นทั้งผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เล็กมากก็ได้ (Producer & Consumer or Prosumer) ในอนาคตยังมีระบบรองรับการใช้รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) และยังรองรับระบบบ้าน สำนักงาน และอาคารอัจฉริยะ (Smart and Green Home/Office/Building) อีกด้วย

3.2 Smart Life คือ การใช้ชีวิตที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น โดยเมื่อมีระบบบ้าน สำนักงาน และอาคารอัจฉริยะนั้น จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยเฉพาะบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) นั้น กฟภ.จะทำการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะ ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่วัดข้อมูลระบบไฟฟ้าต่างๆแล้ว ยังมีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เ ช่น เซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาบ้าน หากสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากจนเหลือจากการใช้งาน จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นได้ทั้งผู้ซื้อไฟฟ้าและผู้ขายไฟฟ้าได้อีกด้วย ภายในระบบบ้านอัจฉริยะยังประกอบด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีฟังก์ชันที่ชาญฉลาดหลากหลายชนิด โดยมีสมองกลฝังตัว (Embedded System) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ไม่ก่อปัญหามลภาวะ และยังสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ได้จากระยะไกล ผ่านอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น Smart Phone PDA Tablet ระบบอินเทอร์เน็ตในที่ทำงาน หรือร้านอินเทอร์เน็ตทั่วไป เป็นต้น และบ้านอัจฉริยะยังสามารถรองรับระบบรถยนต์ไฟฟ้าด้วย

3.3 Smart Community คือ ชุมชน สังคมและโลก ที่สมาชิกสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างอิสระผ่านเครือข่ายสังคมดิจิตอล ทำให้สามารถเข้าถึงการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ง่ายและสะดวก มีผลทำให้เกิดสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ลดการก่อมลภาวะ กำจัดสิ่งเหลือใช้ให้ถูกต้องมีประสิทธิภาพ และเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้โลก โดยจะมีการจัดให้มีระบบสถานีบริการไฟฟ้าบริการแก่ผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้า จักรยานยนต์ไฟฟ้า และรถขนส่งมวลชนไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานที่ก่อมลภาวะต่ำ มีระบบการควบคุมการผลิตไฟฟ้าของสมาชิกในชุมชนที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม หรือพลังงานไฟฟ้าจากชีวภาพ ชีวมวล ด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อสร้างโรงไฟฟ้าเสมือน (Virtual Power Plant)

กฟภ. มีแผนงานการติดตั้งระบบมิเตอร์อัจฉริยะทั่วประเทศของกฟภ. ได้แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 เฟส และ 1 โครงการนำร่อง ดังต่อไปนี้

- โครงการนำร่อง
- โครงการติดตั้งระบบมิเตอร์อัจฉริยะ เฟส 1 จะดำเนินการในเขตพื้นที่ภาคกลางทั้งหมด รวมถึงพื้นที่เมืองใหญ่อื่นๆทั่วประเทศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- โครงการติดตั้งระบบมิเตอร์อัจฉริยะ เฟส 2 จะดำเนินการในพื้นที่ที่เหลือทั้งหมด คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้

ในปัจจุบัน กฟภ. ได้เริ่มโครงการสมาร์ทกริด ปัจจุบันยังอยู่ระหว่างการศึกษาและกำหนดแผนที่นำทาง (Road Map) (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554) เพื่อศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริดของกฟภ.รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง กฟภ. จึงได้กำหนดเป้าหมายที่จะติดตั้งมิเตอร์ อัจริยะให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าประมาณ 14-15 ล้านราย ภายในระยะเวลา 10 ปี และกฟภ. ได้เริ่มแผนโครงการนำร่องระบบมิเตอร์อัจฉริยะ 4 เมืองใหญ่ ได้แก่ เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ อ.เมืองนครราชศรีมา จ.นครราชศรีมา และ อ.เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต ในงบลงทุน 4,860 ล้านบาท โดยมีผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวน 445,000 ราย มีระยะเวลาในปี 2556 ถึง 2560 เพื่อทดสอบและศึกษาการใช้งานระบบมิเตอร์อัจฉริยะในประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนขยายการติดตั้งระบบมิเตอร์อัจฉริยะทั่วประเทศต่อไป

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบสร้างแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของกฟภ. ที่มีรูปแบบและฟังก์ชันการใช้งานสอดคล้องกับคุณสมบัติตามข้อกำหนดในเอกสารแผนที่นำทางเพื่อศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริดของกฟภ. และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูง เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการนำไปพัฒนาเพื่อเป็นบริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบสมาร์ทกริดต่อไปในอนาคต

4. เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

4.1 คำจำกัดความของเว็บแอปพลิเคชัน

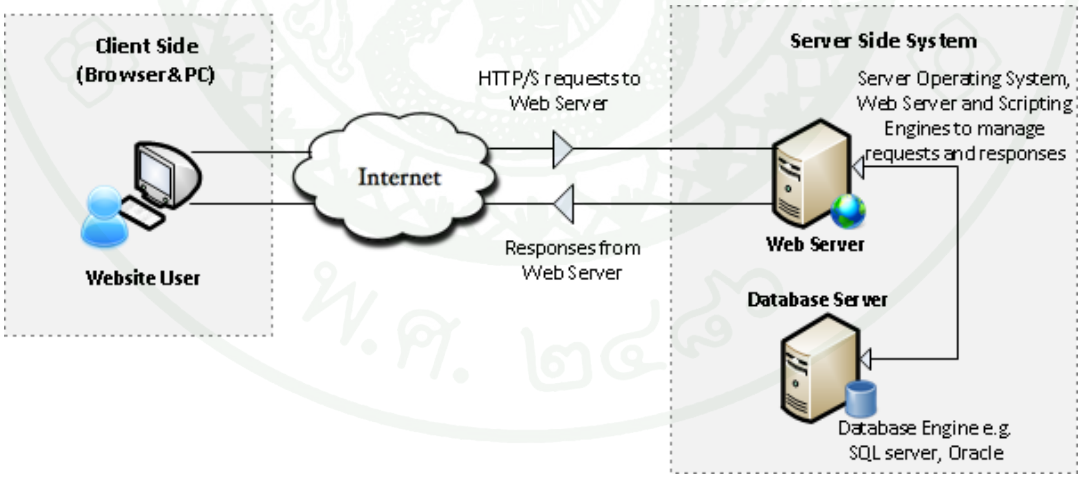
เว็บแอปพลิเคชันคือ โปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถใช้งานได้ในรูปแบบของเว็บไซต์ ซึ่งสามารถทำงานได้เหมือนหรือใกล้เคียงโปรแกรมที่ถูกติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยใช้ Script Engine ต่างๆ เช่น PHP ASP หรือ Java Script เป็นต้น ช่วยในการพัฒนาเพื่อให้สามารถทำงานได้ซับซ้อนและหลากหลายยิ่งขึ้น โดยเว็บแอปพลิเคชันจะใช้หลักการทำงานแบบ Client - Server คือ การนำเอาซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมหลักไปติดตั้งไว้ที่เซิร์ฟเวอร์ แล้วให้เครื่องไคล์เอนต์ หรือเครื่องลูกข่าย เชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายเข้าใช้งาน ทำให้การดูแลรักษาและการปรับปรุงตัวซอฟต์แวร์ทำได้ง่าย คือทำได้ที่เซิร์ฟเวอร์ที่เดียวคือ การนำเอาซอฟท์แวร์และฐานข้อมูลติดตั้งไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ แล้วผู้ใช้งานจะเข้าใช้งานโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยเชื่อมต่อด้วยระบบเครือข่าย เพื่อเรียกใช้งานซอฟท์แวร์และใช้ฐานข้อมูลที่ติดตั้งอยู่บนเซิร์ฟเวอร์ เนื่องจากการใช้งานคอมพิวเตอร์ทั่วไปนั้น จะเป็นการใช้งานซอฟท์แวร์ที่ติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น Microsoft Office ต่างๆ หรือแม้แต่ซอฟท์แวร์จำพวก Client – Server ที่ต้องติดตั้งส่วนของ Client ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย เช่น โปรแกรม ERP MRP หรือ โปแกรมสำหรับใช้งานในห้องสมุด ที่ต้องใช้งานผ่าน ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และหากต้องการอัพเกรด (Upgrade) ส่วนของ Client นี้ จะต้องทำการอัพเกรดทีละเครื่อง ทำให้เสียเวลาในการติดตั้ง และอัพเกรดให้ครบทุกเครื่อง ดังนั้น การพัฒนาซอฟท์แวร์ให้เป็นเว็บแอปพลิเคชันจึงเป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้การเข้าใช้งาน การอัพเกรด และการบำรุงรักษา ทำได้ง่ายกว่าซอฟท์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ เว็บแอปพลิเคชันยังช่วยแก้ปัญหาเรื่องการติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย เช่น ไมโครซอฟท์วินโดวส์ (Microsoft Windows) ยูนิกซ์ (Unix) ลินุกซ์ (Linux) หรือ Mac OS เป็นต้น

4.2 หลักการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน จะใช้หลักการของ Client – Server ดังแสดงในภาพที่ 7



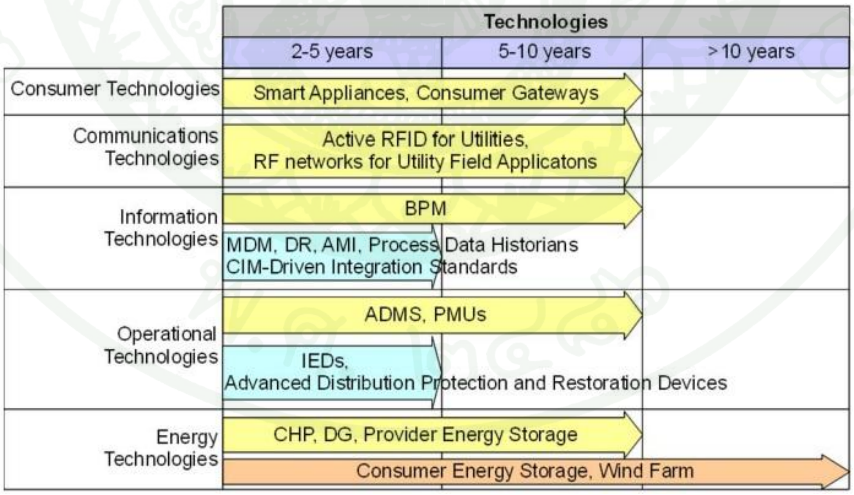
ภาพที่ 7 โครงสร้างหลักการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่อผู้ใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยร้องขอข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ให้ติดตั้งเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นเว็บเซิร์ฟจะมีการเรียกใช้ข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ถูกร้องขอไปแสดงผลตามที่ผู้ใช้เรียกใช้จากเว็บเบราว์เซอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jirapornanan (2010) จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center, NECTEC) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาโครงข่ายสมาร์ทกริดในประเทศไทยพบว่า ประเทศไทยยังมีเทคโนโลยีที่ต้องพัฒนา 5 ส่วนหลัก เพื่อรองรับระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้แก่ เทคโนโลยีของผู้ใช้ไฟฟ้า เทคโนโลยีข้อมูลข่าวสาร เทคโนโลยีการสื่อสาร เทคโนโลยีการควบคุมจัดการ และเทคโนโลยีด้านพลังงาน ดังแสดงในภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยต้องใช้เวลาพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้อย่างน้อย 2 – 10 ปี โดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านการจัดเก็บพลังงานและการผลิตพลังงานทางเลือก จะต้องใช้เวลาพัฒนาถึง 10 ปีขึ้นไป ส่วนเทคโนโลยีทางด้านข้อมูลข่าวสาร โดยเฉพาะการบริหารธุรกิจด้านพลังงาน (Business Process Management for Energy, BPM) ที่ในปัจจุบันยังล้าสมัยอยู่และต้องใช้เวลาในการพัฒนานานถึง 10 ปี โดยต้องมีการพัฒนาด้านการจัดการฐานข้อมูลต่างๆ สำหรับระบบสมาร์ทกริด ได้แก่ ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Meter Data Management, MDM) ข้อมูลจัดการความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Response, DR) การจัดการข้อมูลประวัติกระบวนการทำงานต่างๆ (Process Data Historians) และการออกมาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างระบบข้อมูลข่าวสารกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งต้องใช้เวลาพัฒนามากถึง 2 – 5 ปี



ภาพที่ 8 เทคโนโลยีและระยะเวลาที่ต้องการการพัฒนาเพื่อรองรับสมาร์ทกริด

ที่มา: Jirapornanan (2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Al-Ali (2004) ได้สร้างระบบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บ โดยใช้ภาษาจาวาร่วมกับภาษาซีเพื่อใช้งานในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) สำหรับสั่งการและควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เปิดให้บริการเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์เชื่อมต่อเข้ากับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีการสั่งงานจากเว็บ คำสั่งจะถูกส่งผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีชุดควบคุมการทำงานเชื่อมต่อไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ด้วยวิธีนี้ จะทำให้สามารถควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

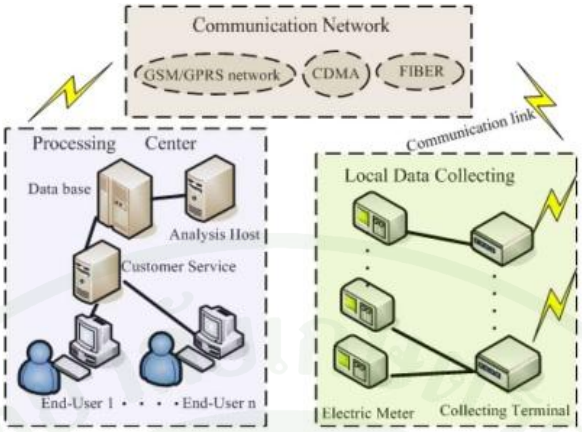
Filibeli (2007) ได้สร้างต้นแบบระบบควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ทั้งควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าและให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วย เป็นการตัดส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ออกไป โดยใช้อุปกรณ์ที่ชื่อว่า Ethernut ซึ่งเป็นชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีส่วนการให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ในตัว แต่ด้วยอุปกรณ์มีพื้นที่หน่วยความจำไม่มาก ทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีขนาดจำกัด

Perumal (2008) ได้สร้างระบบจัดการและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บด้วยเทคโนโลยี SOAP โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำการเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้การรับ-ส่งคำสั่งระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์กับชุดอุปกรณ์ควบคุมด้วยรูปแบบ XML-SOAP ทำให้สามารถจัดการและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บได้

Dutta (2011) ได้นำอุปกรณ์ Keithley มาใช้เป็นเครื่องมือในการเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อควบคุมและวัดค่าต่างๆ ทางไฟฟ้า แล้วเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ ถึงแม้จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้รวดเร็ว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของอุปกรณ์ซึ่งต้องทำการติดตั้งเพิ่มที่มีราคาค่อนข้างสูงจึงไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร

Sui (2009) ได้นำเสนอโครงสร้างระบบ AMI สำหรับธุรกิจการให้บริการพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 9 แสดงถึงการเลือกเชื่อมต่อของระบบ AMI และเทคโนโลยีของแต่ละส่วน เพื่อให้ระบบ AMI เป็นระบบที่ใช้กับธรุกิจบริการพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการให้บริการในรูปแบบต่างๆ ทางระบบไฟฟ้า เช่น การตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ รวบรวมข้อมูลและตรวจจับความผิดปกติทางไฟฟ้า แล้วแจ้งเตือน เป็นต้น ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างบุคลากรในการเดินทางไปจัดเก็บข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลที่แม่นยำและรวดเร็ว ทำให้สามารถนำไปพัฒนาระบบคิดค่าไฟตามเวลาจริง (Real-time Pricing)ได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 โครงสร้างระบบ AMI สำหรับธุรกิจบริการพลังงานไฟฟ้า

ที่มา: Sui (2009)

Benzi (2011) ได้นำเสนอการเชื่อมต่อมิเตอร์อัจฉริยะกับระบบเครือข่ายบ้าน โดยแบ่งวัตถุประสงค์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- ด้านข้อมูลและการแจ้งเตือนสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถรับทราบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของตนเองได้ตลอดเวลา และยังมีระบบแจ้งเตือนเหตุการณ์ความผิดปกติของระบบไฟฟ้าภายในบ้านอีกด้วย
- ด้านการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ทำให้ผู้ให้บริการพลังงานไฟฟ้าได้รับข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำเพื่อนำมาบริหารจัดการวางแผนการผลิต การก่อสร้างระบบจำหน่ายเพื่อให้บริการตรงความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มากที่สุด

และได้นำเสนอเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับระบบมิเตอร์อัจฉริยะกับระบบเครือข่ายบ้านประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

- การเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์กับเครือข่ายบ้านด้วยสายนำสัญญาณ ตามมาตรฐาน IEC 62056-21 เช่น สายสัญญาณโทรศัพท์ (RJ11) หรือสายสัญญาณในระดับล่างของมาตรฐาน ISO/OSI (RS232 RS485 หรือ Universal Serial Bus) จะทำให้มีเสถียรภาพและความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล แต่จะต้องมีการลากสายนำสัญญาณจากมิเตอร์เชื่อมต่อไปยังระบบเครือข่ายภายในบ้าน
- การเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์กับเครือข่ายบ้านด้วยระบบไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 โดยมีเทคโนโลยีซิกบี (ZigBee) ที่กำลังแพร่หลายและเป็นที่นิยม เนื่องจากมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ใช้พลังงานน้อย และมีระยะการให้บริการของของสัญญาณที่เพียงพอต่อการใช้งาน แต่อาจเกิดการรบกวนของสัญญาณและมีความเสี่ยงในเรื่องของความปลอดภัย

- การเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์กับเครือข่ายบ้านด้วยสายนำสัญญาณ PLC (Power Line Communication) เป็นวิธีที่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากยังไม่สามารถพัฒนาให้เป็นรูปแบบเดียวกันได้ เพราะระบบไฟฟ้าแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะความถี่ที่ใช้งาน ทำให้ยังไม่มีมาตรฐานรองรับ ดังนั้นในการติดตั้งจะต้องใช้อุปกรณ์จากผู้ผลิตเดียวกันเท่านั้น ซึ่งการเชื่อมต่อแบบนี้จะใช้สายไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่แล้วและต่อพ่วงเพิ่มเติมอีกไม่มาก เนื่องจากเป็นแบบสายนำสัญญาณ ทำให้เกิดความปลอดภัยของข้อมูลด้วย
- ระบบการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยสามารถใช้งานผ่านเว็บไซต์ช่วยในการแสดงข้อมูลต่างๆ ในระบบมิเตอร์อัจฉริยะกับเครือข่ายบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยสามารถเข้าถึงได้ผ่านการเชื่อมต่อแบบ TCP/IP ไปยังมิเตอร์อัจฉริยะ ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเรียกดูข้อมูลต่างๆ จากมิเตอร์อัจฉริยะได้แบบเสมือนเวลาจริง แต่ความถี่ในการปรับปรุงข้อมูลที่แสดงผลผ่านเว็บนั้นก็ยังต้องมีการทดสอบความเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านเว็บด้วย

จะเห็นได้ว่า การเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์อัจฉริยะกับเครือข่ายบ้านนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งจำเป็นจะต้องนำไปทดสอบ เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมกับรูปแบบระบบไฟฟ้าของแต่ละพื้นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์
2. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
3. อุปกรณ์เชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต Router และ Wireless Access Point
4. ซอฟต์แวร์ให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ Wamp Server 2.0
5. ซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรม National Instruments Labview 8.5
6. ซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรม Mecromedia Dreaver 8.0

วิธีการ

1. แนวคิดการออกแบบฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับมิเตอร์อัจฉริยะ

ในการพัฒนาระบบมิเตอร์อัจฉริยะในระบบ AMI ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้น มีการดำเนินงานตามเอกสาร “งานจ้างที่ปรึกษาจัดทำแผนที่นำทาง (Roadmap) และศึกษาความเหมาะสมโครงการ PEA Smart Grids และ AMI” ซึ่งจะประกอบด้วยฟังก์ชันการใช้งาน คุณสมบัติของมิเตอร์อัจฉริยะ คุณสมบัติระบบ AMI ที่จะมีการใช้งานจริงในอนาคต ดังนั้น จึงสามารถนำข้อมูลมาประกอบกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไป แล้วนำข้อมูลมาออกแบบฟังก์ชันแบ่งตามประเภทให้เหมาะสมกับหน้าเว็บได้ดังนี้

- ข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา (รายวัน รายเดือน รายปี)
- ข้อมูลค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (รายวัน รายเดือน รายปี)
- ข้อมูลการเติมเงินค่าไฟฟ้า
- ข้อมูลและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน
- ข้อมูลการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะ
- ข้อมูลรวมสถานะปัจจุบันของระบบไฟฟ้า

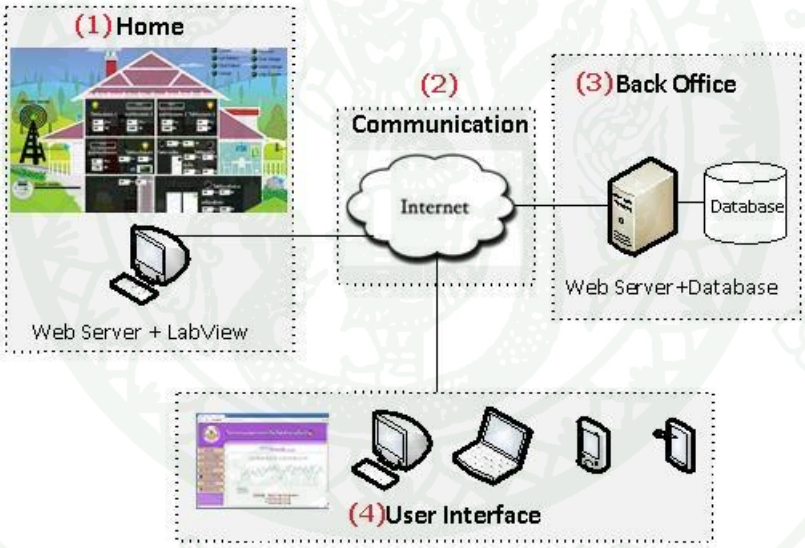
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การออกแบบโครงสร้างการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะ

2.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะ

โครงสร้างการเชื่อมต่อมิเตอร์อัจฉริยะที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ มิเตอร์อัจฉริยะ เครือข่ายระบบสื่อสาร และส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ เมื่อนำมาออกแบบการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะสำหรับการวิจัยนี้ จะได้โครงสร้างการเชื่อมต่อดังภาพที่ 10 โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- รับส่งข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโพรโตคอล HTTP
- สามารถจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า (Home) ได้หลายหลัง
- ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้หลายคนพร้อมกัน



ภาพที่ 10 โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะสำหรับทดลอง

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างการเชื่อมต่อระบบมิเตอร์อัจฉริยะสำหรับทดลองประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า (Home) ส่วนเครือข่ายระบบสื่อสาร (Communication) ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Back Office) และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยแต่ละส่วนจะเชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.1 ส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า (Home) เป็นการเช่า Web Server แบบ VPS (Virtual Private Server) เพื่อให้โปรแกรม LabView ที่จำลองการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ พร้อมทั้งติดตั้งโปรแกรม LabView นี้ลงบนเซิร์ฟเวอร์ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 11

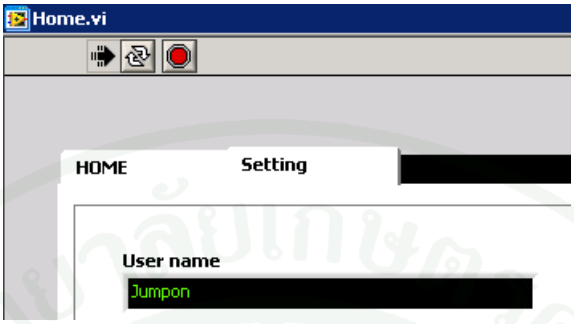
ภาพที่ 11 โปรแกรม LabView จำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและมิเตอร์อัจฉริยะ

จากภาพที่ 11 เป็นโปรแกรม LabView ที่ติดตั้งในส่วนจำลองระบบบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า ทำหน้าที่จำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและมิเตอร์อัจฉริยะ โดยสามารถกำหนดสถานะ ป้อนจำนวนและกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในช่องที่กำหนดได้ จากนั้นโปรแกรม LabView จะส่งข้อมูลที่กำหนดไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Back Office) เพื่อจัดเก็บข้อมูล นอกจากนี้ ยังจำลองแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า โดยการกดที่ปุ่มสีเขียวที่อยู่มุมขวาบนของโปรแกรมจำลองระบบบ้านหน้าหัวข้อเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า เมื่อกดปุ่มเพื่อจำลองเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า โปรแกรม LabView จะส่งข้อมูลเหตุการณ์ไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล พร้อมกันนั้น โปรแกรม LabView จะทำการส่งข้อความสั้น (Short Message Service, SMS) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ในหมายเลขที่กำหนดไว้ด้วย

นอกจากนี้ โปรแกรม LabView ที่สร้างขึ้นนี้ ยังสามารถนำไปจำลองระบบบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าได้หลายหลัง โดยการป้อนชื่อของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่อง User name ดังแสดงในภาพที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

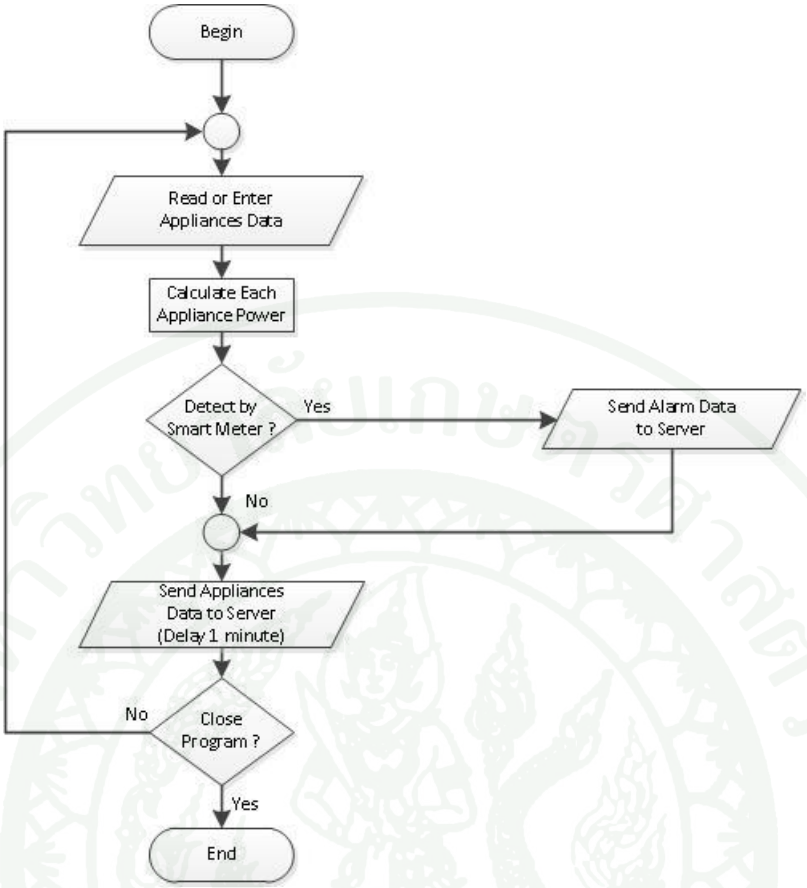
เมื่อโปรแกรม LabView ส่งข้อมูลไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์จะใช้ข้อมูล User name ในการแยกข้อมูลของบ้านแต่ละหลังได้



ภาพที่ 12 ช่องสำหรับป้อนชื่อในโปรแกรม LabView ที่ติดตั้งในส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า

หลักการทำงานของส่วนจำลองระบบบ้านด้วยโปรแกรม LabView มีการทำงานดังแสดงในภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่า เมื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม โปรแกรมจะเข้าสู่ส่วนการอ่านข้อมูลของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดภายในบ้าน ในส่วนนี้สามารถป้อนข้อมูลใหม่หรือใช้ข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วได้ จากนั้น โปรแกรมจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด ต่อจากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบการรับข้อมูลจากส่วนจำลองการตรวจจับความผิดปกติของระบบไฟฟ้าจากมิเตอร์อัจฉริยะ ถ้ามีการจำลองการตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติของมิเตอร์อัจฉริยะ ข้อมูลที่ตรวจจับได้นั้น จะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ หรือถ้าไม่มีการจำลองเหตุการณ์ โปรแกรมจะส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้พร้อมสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ จากนั้น โปรแกรมจะตรวจสอบการปิดโปรแกรม และทำงานวนไปเรื่อยๆ ตามลำดับที่กล่าวมาแล้ว และหน่วงเวลาไว้รอบละ 1 นาที ทำให้โปรแกรม LabView นี้ ส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ทุก 1 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 การไหลของข้อมูลในการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบบ้านด้วย LabView

2.2.2 ส่วนเครือข่ายระบบสื่อสาร (Communication) ในงานวิจัยนี้ ใช้การเชื่อมต่อระหว่างส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา และผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ติดตั้งในส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเช่นกัน ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้ตลอดเวลา

2.2.3 ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Back Office) ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม Wamp Server 2.0 เพื่อให้บริการ Web Server และมีระบบฐานข้อมูล MySQL ด้วยใช้สำหรับติดตั้งเว็บแอปพลิเคชันให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ยังติดตั้งโปรแกรม LabView สำหรับจัดการการรับส่งข้อมูลระหว่าง โปรแกรม LabView ในส่วนของบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ โดยเฉพาะการควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จะทำงานผ่านโปรแกรม LabView ที่ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ไปยังโปรแกรม LabView ที่จำลองการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ส่วนของ Web Server ได้ทำการติดตั้งให้

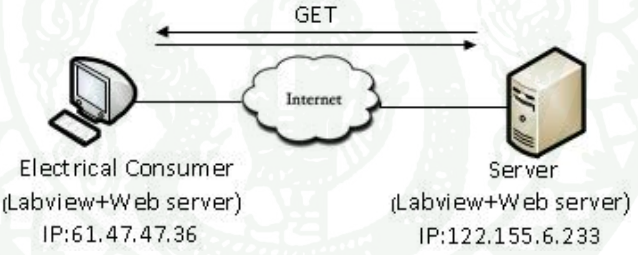
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองรับภาษา PHP เพื่อใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL ทั้งแสดงผลและปรับปรุงฐานข้อมูล

2.2.4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่ติดตั้งในส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารที่มี Web Browser และเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

2.2 การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้ไฟกับคลังข้อมูล

การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนของผู้ใช้ไฟ และคลังข้อมูลจะใช้หลักการของเว็บเพจ หรือ HTTP คือ GET โดยใช้เซิร์ฟเวอร์ที่เช่าจากผู้ให้บริการพื้นที่ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต แล้วทำการติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์ทั้งสองฝั่ง พร้อมติดตั้ง Labview สำหรับจำลองการทำงานของบ้าน และ Labview สำหรับเซิร์ฟเวอร์คลังข้อมูล ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 รูปแบบการรับส่งข้อมูลระหว่างส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์

จากภาพที่ 14 เมื่อส่วนของบ้านต้องการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ ส่วนของบ้านจะส่งข้อมูลผ่านเว็บเพจในรูปแบบ http://122.155.6.233/value.php?data=Lamp1=1W=35,Air1=0W=1000 ความหมายของ Lamp1=1 คือ สถานะของหลอดไฟห้องนอนหมายเลข 1 โดย 1 คือกำลังทำงาน และ 0 คือหยุดทำงาน W=35 คือ กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟห้องนอนหมายเลข 1 มีขนาด 35 วัตต์ Air1=0 คือ เครื่องปรับอากาศห้องนอนหมายเลข 1 หยุดทำงาน W=1000 คือ กำลังของเครื่องปรับอากาศห้องนอนหมายเลข 1 มีขนาด 1000 วัตต์ แล้ว value.php จะทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

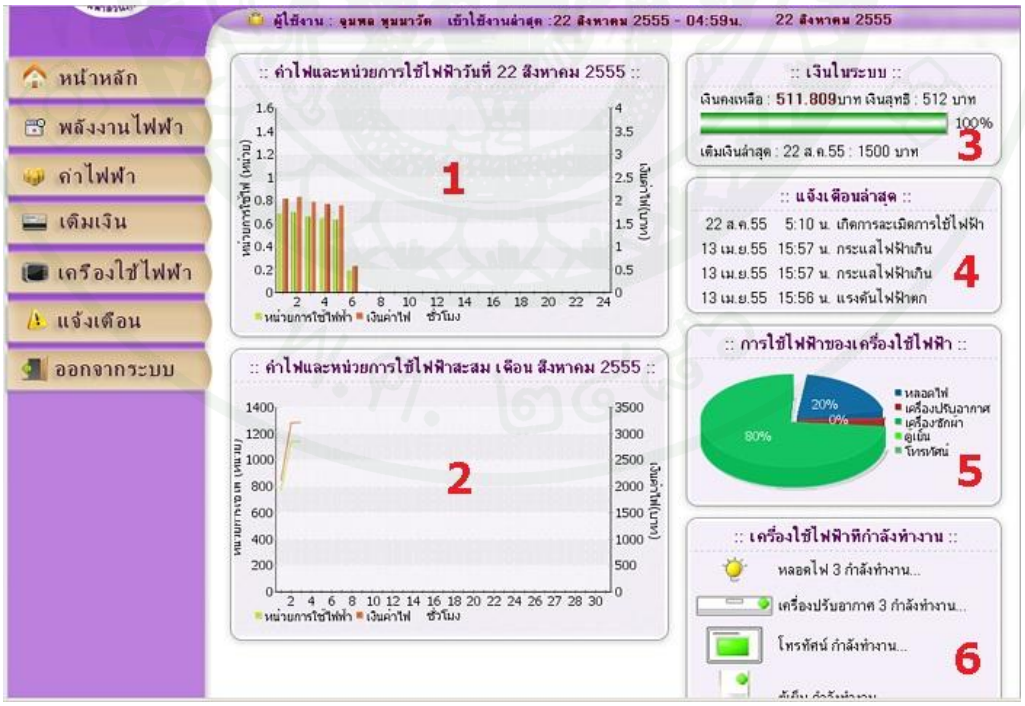
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อมีการสั่งการเพื่อควบคุมการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Labview ฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลไปให้ส่วนของบ้านในรูปแบบ http://61.47.47.36/homecontrol.php?data=Lamp1=0, Air1=1 โดย Lamp1=0 คือ การสั่งให้หลอดไฟห้องนอนหมายเลข 1 หยุดทำงาน Air1=1 คือ สั่งให้เครื่องปรับอากาศห้องนอนหมายเลข 1 เริ่มทำงาน แล้วส่วน homecontrol.php จะสร้างไฟล์ข้อมูลขึ้นมา เพื่อให้ Labview อ่านไฟล์ข้อมูลนั้น ทำการเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะ

การนำข้อมูลที่ออกแบบฟังก์ชันต่างๆ สำหรับเว็บแอปพลิเคชันมาสร้างหน้าเว็บนั้น จะเน้นเรื่องการใช้งานง่าย เข้าใจง่าย และเป็นระเบียบ เพื่อให้ผู้ใช้งานที่มีความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์ไม่มากสามารถใช้งานและเข้าใจข้อมูลในเว็บได้ โดยหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบแต่ละหน้า มีดังต่อไปนี้

3.1 หน้าแสดงข้อมูลรวม (Dashboard) เป็นการแสดงข้อมูลที่มีอยู่ในเว็บทั้งหมดในสถานะล่าสุด เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถดูสถานะข้อมูลล่าสุดต่างๆ ในหน้าเดียว ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 หน้าเว็บแสดงข้อมูลรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 15 เป็นหน้าเว็บแสดงข้อมูลรวม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ค่าไฟและหน่วยการใช้ไฟฟ้าประจำวันแบบรายชั่วโมง แสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟแท่งรายชั่วโมงในวันปัจจุบัน โดยกราฟสีส้มแทนข้อมูลค่าไฟมีจำนวนและหน่วยข้อมูลเป็นแกนแนวตั้งด้านขวา และกราฟสีเขียวแทนข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้ามีจำนวนและหน่วยข้อมูลเป็นแกนแนวตั้งด้านซ้าย

2) ค่าไฟและหน่วยการใช้ไฟฟ้าแบบสะสมในเดือนปัจจุบัน แสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟแท่งสะสมในแต่ละวันของเดือนปัจจุบัน โดยกราฟสีส้มแทนข้อมูลค่ามีจำนวนและหน่วยข้อมูลเป็นแกนตั้งด้านขวา และกราฟสีเขียวแทนข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้ามีจำนวนและหน่วยข้อมูลเป็นแกนแนวตั้งด้านซ้าย

3) เงินคงเหลือในระบบ แสดงข้อมูลจำนวนเงินที่เหลือสะสมจากเงินที่เติมครั้งล่าสุดและแสดงวันเวลา จำนวนเงินที่เติมครั้งล่าสุดด้วย

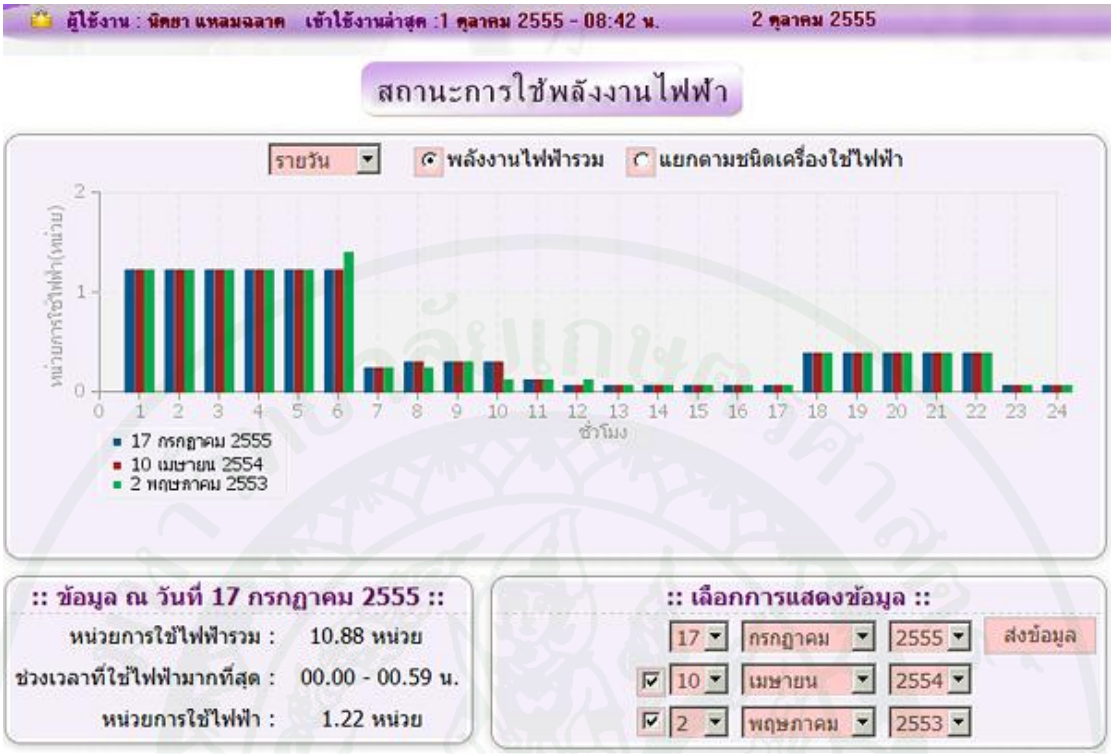
4) ข้อมูลการแจ้งเตือนล่าสุดจากมิเตอร์อัจฉริยะ

5) ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

6) ข้อมูลสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่กำลังทำงาน

3.2 หน้าแสดงสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นการแสดงข้อมูลจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าแบบละเอียด สามารถเลือกการแสดงผลได้ทั้งแบบรายวัน รายเดือน และรายปี ตามที่แสดงในภาพที่ 16 สามารถเลือกการแสดงข้อมูล 3 วันย้อนหลัง 3 เดือนย้อนหลัง และ 3 ปีย้อนหลังเปรียบเทียบกันได้

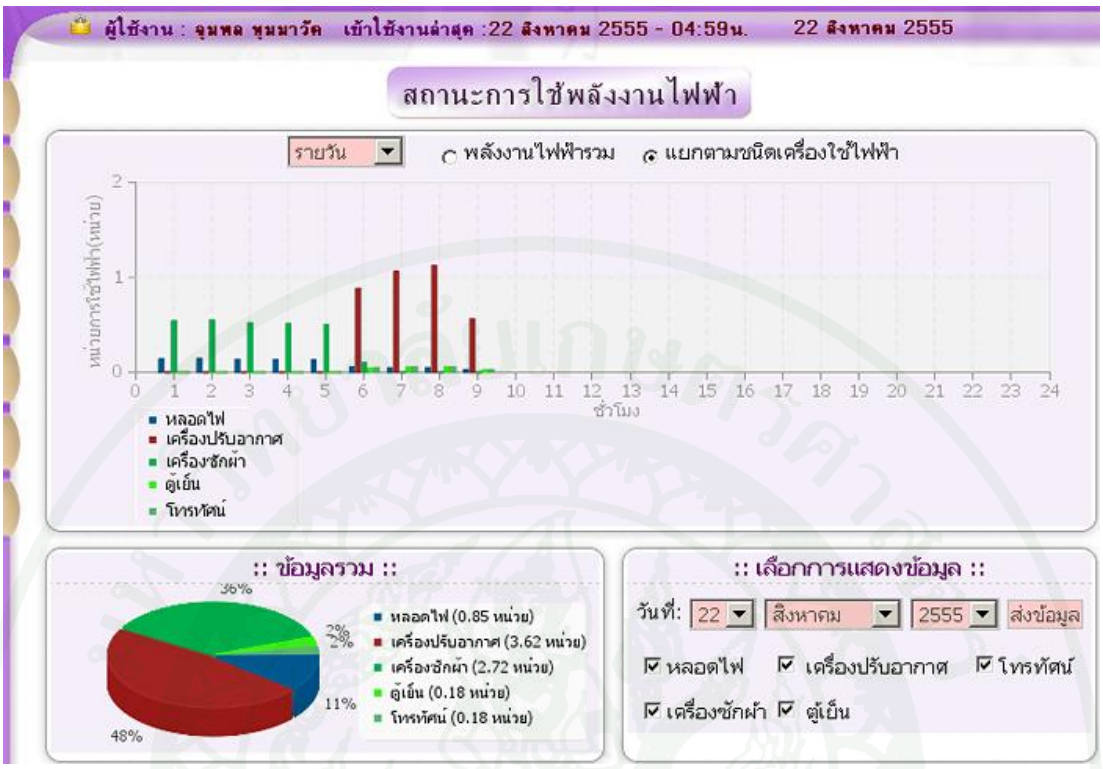
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่า สามารถเลือกชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการแสดงข้อมูลได้ พร้อมทั้งยังสามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด ด้วยการแสดงผลในรูปแบบกราฟวงกลมด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า

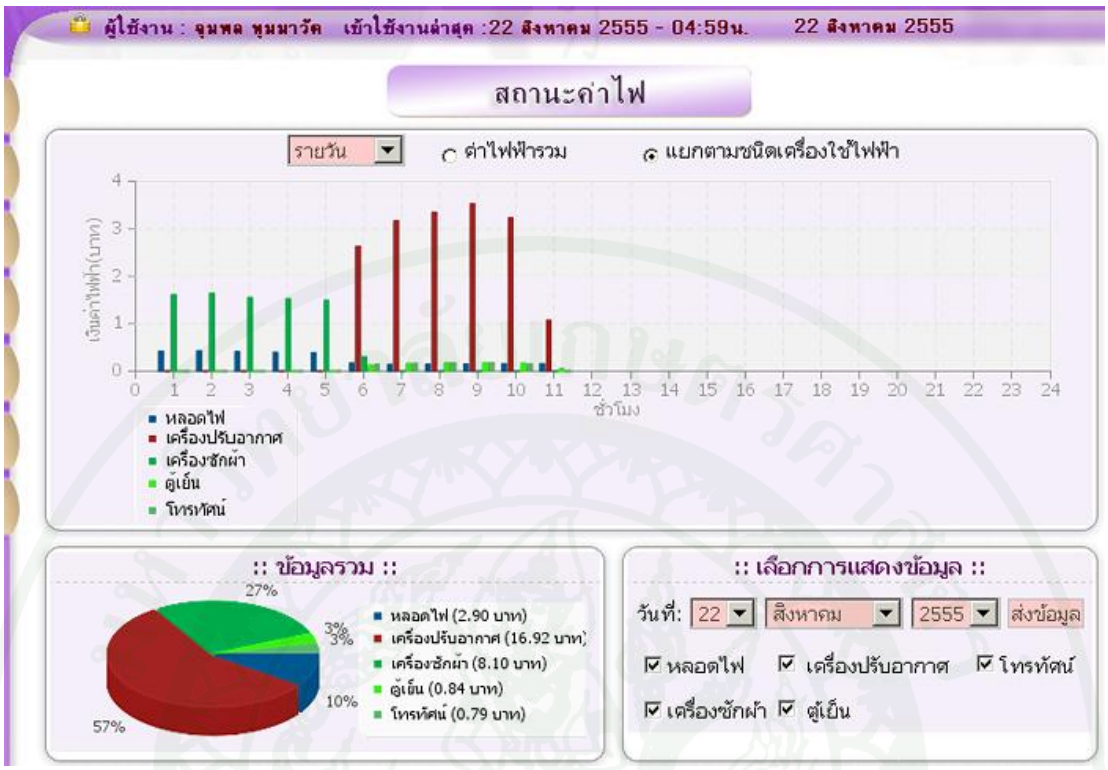
3.3 หน้าแสดงข้อมูลสถานะค่าไฟ เป็นการแสดงข้อมูลค่าไฟแบบละเอียด สามารถเลือกการแสดงผลได้ทั้งแบบรายวัน รายเดือน และรายปี ตามที่แสดงในภาพที่ 18 ซึ่งสามารถเลือกการแสดงข้อมูล 3 วันย้อนหลัง 3 เดือนย้อนหลัง และ 3 ปีย้อนหลังเปรียบเทียบกันได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 18 หน้าเว็บแสดงข้อมูลสถานะค่าไฟ

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 19 จะเห็นได้ว่า สามารถเลือกชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการแสดงข้อมูลได้ พร้อมทั้งยังสามารถเปรียบเทียบค่าไฟจากการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด ด้วยการแสดงผลในรูปแบบกราฟวงกลมด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



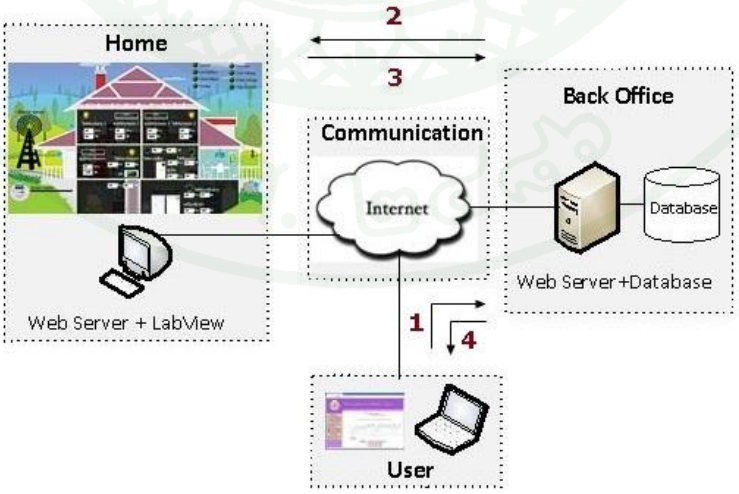
ภาพที่ 19 หน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟแยกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้า

3.4 หน้าเว็บข้อมูลเงินในระบบ เป็นหน้าเว็บสำหรับจัดการเกี่ยวกับระบบเติมเงิน ซึ่งเป็นระบบที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 20 โดยแสดงข้อมูลจำนวนเงินที่เหลือล่าสุด และย้อนหลังเป็นเวลา 35 วัน นอกจากนี้ยังแสดงจำนวนเงินที่เติมเข้าระบบล่าสุด และจำลองการเติมเงินโดยใช้รหัสการเติมเงินกรอกลงในช่องรหัสเติมเงิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 20 หน้าเว็บข้อมูลสถานะเงินและการเติมเงิน

3.5 หน้าเว็บแสดงสถานะและควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน มีหลักการดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 หลักการทำงานในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพที่ 21 เป็นลำดับขั้นตอนการทำงานในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เมื่อผู้ใช้งานสั่งการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจากหน้าเว็บ คำสั่งนั้นจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ที่มีคำสั่ง (Script) ที่สร้างไว้ด้วยภาษา PHP
- ขั้นตอนที่ 2 คำสั่งที่เขียนไว้ด้วยภาษา PHP นี้ จะทำการส่งคำสั่งไปเซิร์ฟเวอร์ส่วนจำลองระบบบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีคำสั่งภาษา PHP เขียนรองรับไว้ให้สร้างไฟล์ข้อมูลที่เก็บสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อให้โปรแกรม LabView จำลองระบบบ้านใช้ข้อมูลจากไฟล์นั้นทำการเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า
- ขั้นตอนที่ 3 โปรแกรม LabView จำลองระบบบ้านจะทำการส่งข้อมูลสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนสถานะล่าสุดไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ที่มีคำสั่งที่สร้างด้วยภาษา PHP เช่นกัน ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลสถานะล่าสุดนั้น ลงฐานข้อมูล
- ขั้นตอนที่ 4 ข้อมูลสถานะล่าสุดจากฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์จะถูกนำไปแสดงบนหน้าเว็บ

ดังนั้น เมื่อออกแบบหน้าเว็บสำหรับแสดงสถานะและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถทำได้ดังแสดงในภาพที่ 22 ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถตรวจสอบสถานะปัจจุบันและควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ด้วยการคลิกที่ภาพเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุม แล้วเลือกคำสั่งเริ่มการทำงานหรือหยุดการทำงานได้

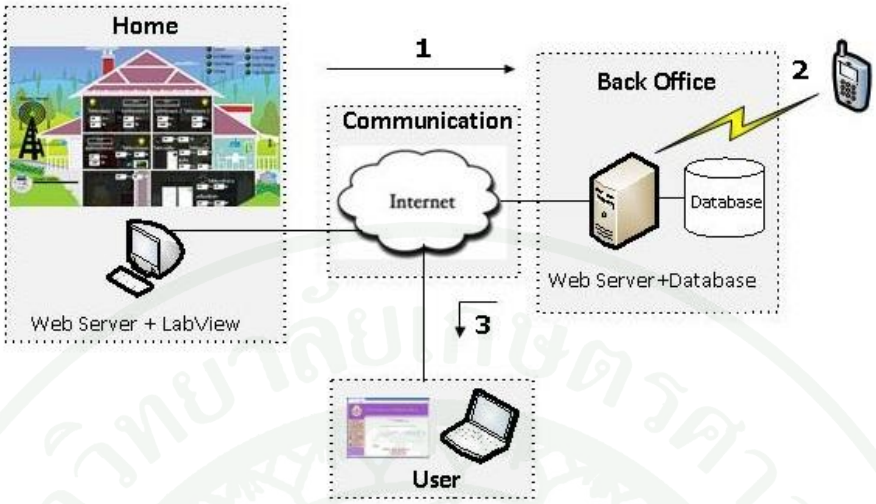
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 22 หน้าเว็บแสดงสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

3.6 หน้าเว็บแสดงข้อความการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะ จะแสดงข้อมูลการแจ้งเตือนเมื่อมิเตอร์อัจฉริยะตรวจจับความผิดปกติของระบบไฟฟ้าได้ โดยมีหลักการทำงานดังแสดงในภาพที่ 23 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เมื่อทำการกดปุ่มจำลองเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้าที่โปรแกรม LabView ส่วนจำลองระบบบ้าน โปรแกรม LabView จะทำการส่งข้อมูลเหตุการณ์นั้นไปยังเซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ที่มีคำสั่งที่สร้างด้วยภาษา PHP
- ขั้นตอนที่ 2 คำสั่งที่สร้างด้วยภาษา PHP นี้ จะทำการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลแล้วตรวจสอบกับฐานข้อมูลที่ผู้ใช้งานกำหนดเหตุการณ์ที่ต้องการให้ส่งข้อความสั้น (SMS) ถ้าเป็นเหตุการณ์ที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ว่าให้ส่งข้อความสั้น คำสั่งภาษา PHP นี้ จะทำการส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามหมายเลขที่กำหนดไว้ทันที แต่หากกำหนดไว้ว่าไม่ให้ส่งข้อความสั้น คำสั่ง PHP นี้ จะไม่ส่งข้อความสั้นออกไป
- ขั้นตอนที่ 3 ข้อมูลเหตุการณ์นั้นจะถูกนำไปแสดงที่หน้าเว็บ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 หลักการทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า

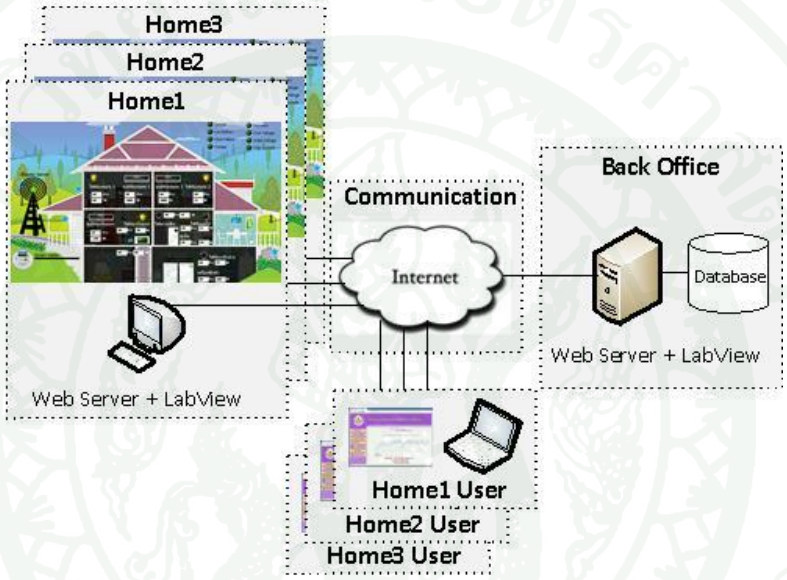
ดังนั้น จึงได้ทำการออกแบบและสร้างหน้าเว็บสำหรับการแสดงรายการเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้าและกำหนดการส่งข้อความสั้น (SMS) ได้ดังแสดงในภาพที่ 24 โดยสามารถเลือกการแสดงผลเป็นข้อมูลย้อนหลังได้ตามต้องการ สามารถแสดงผลได้หน้าละ 11 ข้อความ ผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงรายการแต่ละหน้าได้ นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังสามารถเลือกเหตุการณ์ที่ต้องการให้แจ้งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

ภาพที่ 24 หน้าเว็บแสดงข้อความการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การตั้งติดตั้งและการตั้งค่าสำหรับทดลอง

ในการทดลองนั้น ได้ติดตั้งระบบดังในภาพที่ 25 จะเห็นได้ว่า ส่วนต่างๆ เชื่อมต่อกันด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับทดลองทุกเครื่องถูกกำหนดให้เป็นหมายเลข IP Address จริง เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อตลอดเวลาสำหรับการรับส่งข้อมูล และการให้บริการเว็บแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 25 โครงสร้างการเชื่อมต่อสำหรับการทดลองใช้งานจริง

เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นการเช่าเซิร์ฟเวอร์ชนิด VPS (Virtual Private Server) จำนวน 4 เครื่อง ซึ่งเซิร์ฟเวอร์ชนิด VPS นี้ มีคุณสมบัติเด่นคือ ผู้ใช้งานสามารถ Remote เข้าเซิร์ฟเวอร์ เพื่อจัดการส่วนต่างๆ ได้ด้วยตนเอง เช่น การตั้งค่าต่างๆ ของเซิร์ฟเวอร์ Restart Service Reboot Server หรือติดตั้งโปรแกรมต่างๆ เป็นต้น ส่วนระบบจัดการข้อมูลมิเตอร์ (Back Office) จะใช้คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ชนิด VPS หมายเลข IP Address : 122.155.6.233 พร้อมติดตั้งโปรแกรม Wamp Server 2.0 สำหรับให้บริการเป็น Web Server และสามารถใช้งานภาษา PHP พร้อมฐานข้อมูล MySQL และเพื่อทดสอบการใช้งานหลายคนจากบ้านหลายหลัง จึงได้จำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวน 3 หลัง ด้วยการติดตั้งโปรแกรม LabView จำลองระบบบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ 3 เครื่อง ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ชนิด VPS และใช้หมายเลข IP Address จริง โดยมีรายละเอียดการติดตั้งส่วนจำลองการทำงานของบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- บ้านหลังที่ 1(Home1) : นายจุมพล ทุมมาวัด IP Address : 122.155.6.14
- บ้านหลังที่ 2(Home2) : นางสาวสุทิวา ตารุวรรณ IP Address : 119.59.97.83
- บ้านหลังที่ 3(Home3) : นางสาวนิตยา แหลมฉลาด IP Address : 109.169.69.114

จากนั้นทำการสร้างชื่อและรหัสผ่านสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า 3 ข้อมูล แล้วให้ทั้ง 3 คน ทดลองเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5. ขั้นตอนการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งการทดลอง 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

5.1 ทดลองการส่งและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้ทำการจำลองข้อมูลจำนวนและพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดที่โปรแกรม LabView จำลองระบบบ้าน เพื่อทดสอบความถูกต้องของการรับส่งและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด จากส่วนจำลองระบบบ้านที่ส่งไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ ด้วยการตรวจสอบไฟล์ข้อความที่ถูกสร้างด้วยสคริปต์ value.php ซึ่งเป็นสคริปต์สำหรับรับข้อมูลจากส่วนจำลองระบบบ้าน โดยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในไฟล์ข้อความที่เซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ และข้อมูลที่ส่งโดยโปรแกรม LabView จำลองระบบบ้าน

5.2 ทดลองการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกันหลายคน โดยการให้ผู้ใช้งานทั้ง 3 คน ป้อนชื่อและรหัสผ่านเพื่อเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกัน แล้วทดลองเรียกดูหน้าเว็บข้อมูลต่างๆ เพื่อทดสอบความสามารถในการรองรับการเข้าใช้งานหลายคนพร้อมกัน

5.3 ทดลองควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยการให้ผู้ใช้งานทั้ง 3 คน ทดลองสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน แล้วตรวจสอบผลจากการสั่งการที่โปรแกรม LabView ส่วนจำลองระบบบ้าน ว่าถูกต้องตามที่สั่งการหรือไม่ เพื่อทดสอบระบบควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

5.4 ทดลองการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยทดลองกดปุ่มจำลองเหตุการณ์ผิดปกติที่โปรแกรม LabView ส่วนจำลองระบบบ้าน แล้วตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลและการส่งข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่หมายเลขที่กำหนดไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

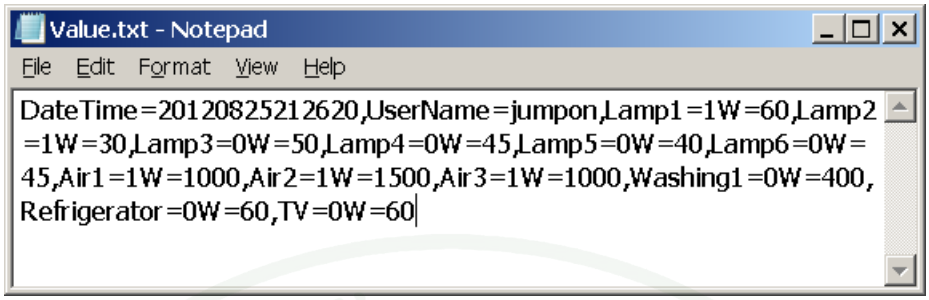
1. ผลการทดสอบการส่งและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

เมื่อเชื่อมต่อและเปิดการใช้งานทุกส่วนแล้วพบว่า ทั้งระบบสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี ข้อมูลจากส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 หลังถูกส่งไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง โดยข้อมูลที่ส่งโดยโปรแกรม LabView จำลองระบบบ้านในภาพที่ 26 มีข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลที่อยู่ในไฟล์ข้อความ Value.txt ในภาพที่ 27 ที่ถูกสร้างโดยสคริปต์ value.php ที่เซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลในฐานข้อมูลที่สคริปต์ value.php ทำการจัดเก็บดังแสดงในภาพที่ 28 โดยสามารถตรวจสอบที่คอลัมน์ watt_datetime เป็นการบันทึกวัน-เวลาในการรับข้อมูล โดยมีความหมายดังนี้ เช่น 255508261721 หมายความว่า ปี 2555 เดือน 8 หรือ สิงหาคม วันที่ 26 เวลา 17.21 น. จะเห็นได้ว่า ณ นาทีเดียวกัน มีการจัดเก็บข้อมูลจากบ้านทั้ง 3 หลัง และมีการจัดเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีอย่างถูกต้อง จากนั้นได้ทดสอบระบบจำลองเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า ด้วยการกดปุ่มจำลองการตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้าของบ้านแต่ละหลัง พบว่า ได้มีการส่งข้อมูลไปยังส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์อย่างถูกต้องเช่นกัน พร้อมทั้งการส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามหมายเลขที่กำหนดไว้

```
http://122.155.6.233/value.php?data=DateTime=20120825212620,UserName
=jumpon,Lamp1=1W=60,Lamp2=1W=30,Lamp3=0W=50,Lamp4=0W=45,L
amp5=0W=40,Lamp6=0W=45,Air1=1W=1000,Air2=1W=1500,Air3=1W=10
00,Washing1=0W=400,Refrigerator=0W=60,TV=0W=60
```

ภาพที่ 26 รูปแบบข้อมูลที่ส่งโดยโปรแกรม LabView จำลองระบบบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



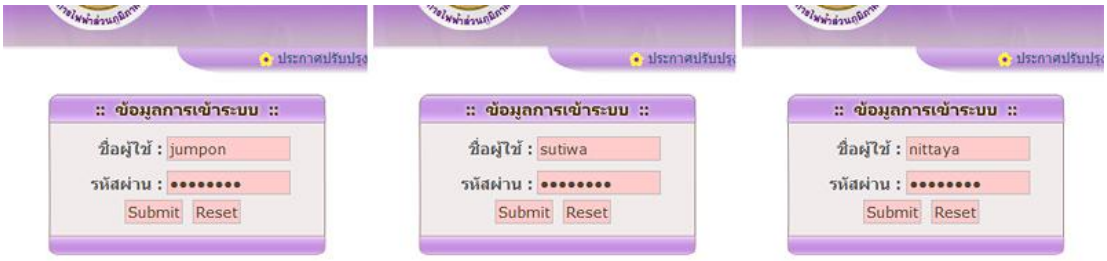
ภาพที่ 27 ข้อมูลจากไฟล์ข้อความที่สร้างโดย value.php ที่เซิร์ฟเวอร์ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์

watt_id	watt_datetime	watt_user	watt_unit	watt_sum	watt_cost	watt_
3122685	255508261721	sutiwa	0.00966667	580	0.0210733	
3122692	255508261721	jumpon	0.0106667	640	0.0317653	
3123538	255508261721	nittaya	0.0514167	3085	0.079413	
3122683	255508261720	sutiwa	0.00966667	580	0.0210733	
3122690	255508261720	jumpon	0.0106667	640	0.0317653	
3123535	255508261720	nittaya	0.0514167	3085	0.079413	

ภาพที่ 28 ฐานข้อมูลแสดงผลการบันทึกข้อมูลพลังงานการใช้ไฟฟ้าจากบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า

2. ผลการทดลองการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกันหลายคน

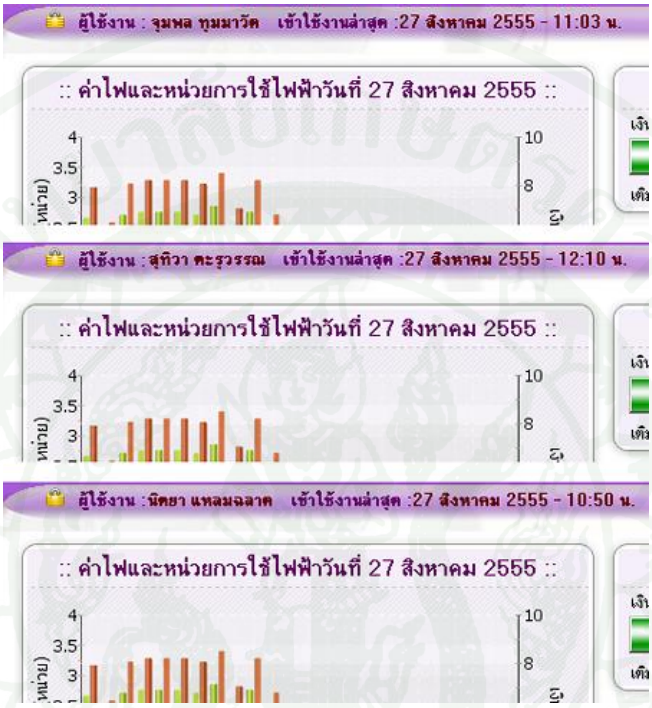
ทำการทดลองเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกันทั้ง 3 หลัง ด้วยการป้อนชื่อและรหัสผ่านของเจ้าของบ้านทั้ง 3 หลัง ตามภาพที่ 29 ซึ่งได้สร้างชื่อและรหัสผ่านไว้ในฐานข้อมูล ดังนั้น เจ้าของบ้านผู้ใช้งานจะต้องทำการป้อนชื่อและรหัสผ่านของตนเองทุกครั้งเมื่อต้องการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูลของบ้านแต่ละหลัง และทำการบันทึกวันและเวลาในการเข้าระบบไว้เสมอ



ภาพที่ 29 การป้อนรหัสชื่อและรหัสผ่านสำหรับเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันของบ้านทั้ง 3 หลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อทำการเข้าระบบเรียบร้อยแล้ว เว็บแอปพลิเคชันจะแสดงหน้ารวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นสถานะปัจจุบัน ตามที่แสดงในภาพที่ 30 จะเห็นได้ว่า หน้ารวมนี้จะแสดงข้อมูลการเข้าระบบครั้งล่าสุด เพื่อตรวจสอบว่า การเข้าระบบเพื่อใช้งานเว็บแอปพลิชันด้วยชื่อและรหัสผ่านของเจ้าของบ้านที่แท้จริงนั้น เป็นการเข้าใช้งานของเจ้าของบ้านที่แท้จริงหรือไม่



ภาพที่ 30 ผลการเข้าระบบแสดงชื่อผู้เข้าระบบและการเข้าใช้งานล่าสุด

เมื่อเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้า จะได้ผลดังภาพที่ 31 32 และ 33 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การแสดงผลเป็นกราฟข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามการใช้งานของแต่ละบ้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 31 ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด

ภาพที่ 32 ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 33 ผลการเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด

เมื่อเข้าใช้งานหน้าแสดงข้อมูลค่าไฟ จะได้ผลดังภาพที่ 34 35 และ 36 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การแสดงผลเป็นกราฟข้อมูลค่าไฟแยกตามการใช้งานของแต่ละบ้าน

ภาพที่ 34 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 35 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ

ภาพที่ 36 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงข้อมูลค่าไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด

เมื่อเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงิน ดังแสดงในภาพที่ 37 38 และ 39 จะเป็นการแสดงจำนวนเงินคงเหลือในระบบ และประวัติการเติมเงิน พร้อมทั้งทดสอบป้อนรหัสเติมเงิน โดยจำลองรหัสการเติมเงิน 3 รหัส สำหรับ 3 ราคา ได้แก่ รหัสสำหรับ 500 1000 และ 1500 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่าจำนวนเงินที่เติมได้รวมกับเงินคงเหลือในระบบได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งได้แสดงในรายการประวัติการเติมเงินด้วย

ภาพที่ 37 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ จุมพล ทุมมาวัด

ภาพที่ 38 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ สุทิวา ตะรุวรรณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 39 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะเงินและการเติมเงินของ นิตยา แหลมฉลาด

เมื่อเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 40 41 และ 42 เมื่อทดลองควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บพบว่า สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้อง และแสดงสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนจำลองระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับหน้าเว็บตรงกัน

ภาพที่ 40 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ จุมพล ทุมมาวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 41 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ สุทิวา ตะรุวรรณ

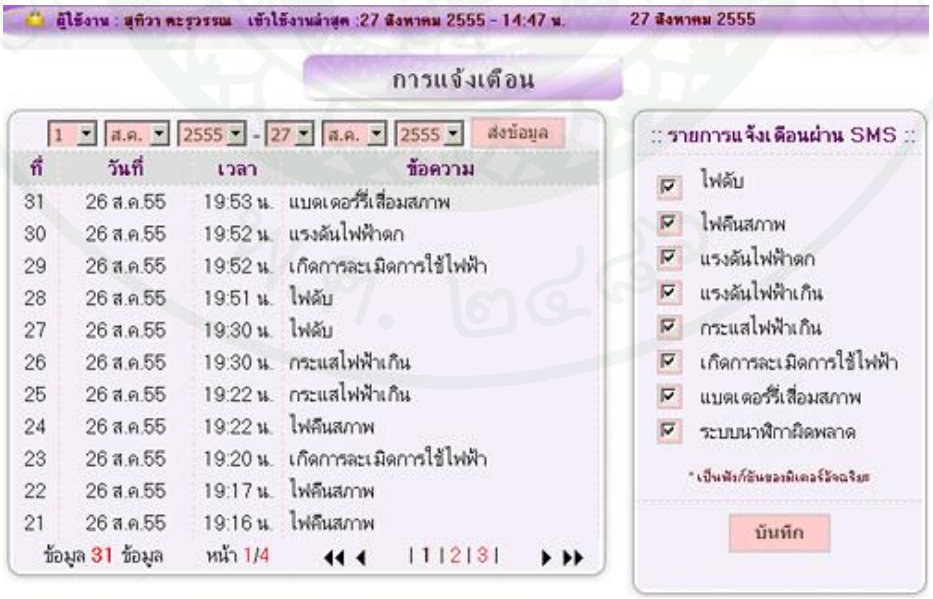
ภาพที่ 42 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บสถานะและการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของ นิตยา แหลมฉลาด

เมื่อเข้าใช้งานหน้าเว็บแสดงรายการแจ้งเตือน ดังแสดงในภาพที่ 43 44 และ 45 จะเห็นได้ว่าหน้าเว็บจะแสดงประวัติข้อมูลรายการแจ้งเตือนในอดีตและผู้ใช้งานสามารถเลือกช่วงวันที่ต้องการแสดงข้อมูลได้ นอกจากนี้ ยังสามารถเลือกรายการแจ้งเตือนที่ต้องการให้ส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ จากการทดสอบใช้งาน สามารถกำหนดรายการแจ้งเตือนได้เป็นอย่างดี หากรายการใดไม่ได้เลือกไว้ จะไม่มีการส่งข้อความสั้นทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามที่กำหนดไว้ และเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดสอบระบบจำลองมิเตอร์อัจฉริยะในการตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้า พบว่า เมื่อกดปุ่มจำลองเหตุการณ์ผิดปกติของระบบไฟฟ้าจากส่วนระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปเก็บบันทึกที่ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์อย่างถูกต้อง และส่งข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ หากกำหนดความต้องการให้ส่งข้อความสั้นรายการนั้น

ภาพที่ 43 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ จุมพล ทุมมาวัด



ภาพที่ 44 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ สุทิวา ตะรุวรรณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 45 ผลการเข้าใช้งานหน้าเว็บข้อมูลการแจ้งเตือนของ นิตยา แหลมฉลาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการทดลองติดตั้งและใช้งานแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะนี้ พบว่า สามารถใช้งานได้จริง โดยสามารถวิจารณ์ผลการทดลองตามหัวข้อที่ทำการทดลองได้ดังนี้

- ทดลองการส่งและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า จากผลการทดลองที่เห็นได้ว่า ข้อมูลที่ส่งจากส่วนระบบบ้านกับข้อมูลจากไฟล์ข้อความที่ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์มีข้อมูลที่ตรงกัน พร้อมทั้งข้อมูลในตารางฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดทุก 1 นาที จะเห็นได้ว่าข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดของแต่บ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าถูกจัดเก็บได้ถูกต้องตามการทำงาน คือ ฐานข้อมูลได้ทำการจัดเก็บข้อมูลจากบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 หลังทุก 1 นาที
- ทดลองการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันพร้อมกันหลายคน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผู้ใช้งานทั้ง 3 คน สามารถป้อนชื่อและรหัสผ่านแล้วเข้าใช้งานหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้พร้อมกันทั้ง 3 คน และสามารถใช้งานหน้าเว็บข้อมูลต่างๆ พร้อมกันได้อย่างถูกต้อง
- ทดลองควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผู้ใช้งานทั้ง 3 คนสามารถสั่งการการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในบ้านของตนเองได้อย่างถูกต้อง
- ทดลองการแจ้งเตือนจากมิเตอร์อัจฉริยะไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อทดสอบจำลองเหตุการณ์ระบบไฟฟ้าผิดปกติจากโปรแกรม LabView ส่วนจำลองระบบบ้าน จะเห็นได้ว่า ข้อมูลเหตุการณ์นั้นได้ถูกจัดเก็บที่ส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ได้อย่างถูกต้องและมีการส่งข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามหมายเลขที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า แบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะนี้ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ด้วยการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโพรโทคอล HTTP ซึ่งเป็นระบบสื่อสารที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นอกจากนี้ ยังใช้โพรโทคอล HTTP ในการรับส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน พร้อมทั้ง ระบบส่งข้อความสั้น (SMS) ที่เป็นคำสั่ง (Script) จากภาษา PHP ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP สามารถทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อนำไปพิจารณาใช้เป็นต้นแบบสำหรับทำการทดสอบการใช้งานในโครงการนำร่องระบบมิเตอร์อัจฉริยะ โดยได้ออกแบบฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันตามเอกสารแผนที่เดินทางและศึกษาความเหมาะสมโครงการสมาร์ทกริด และโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งพบว่าสามารถใช้งานได้จริง และเกิดความพอใจต่อผู้ใช้งานในระดับที่ดี ซึ่งในอนาคตสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับบริการเสริมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในอนาคต จะช่วยให้การบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและโปร่งใส นอกจากนี้ยังช่วยสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า และเป็นภาพลักษณ์ที่ดีต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนารูปแบบการให้บริการพลังงานไฟฟ้าในอนาคตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการออกแบบฟังก์ชันและรูปแบบข้อมูลที่นำเสนอต่อผู้ใช้งานที่เข้าใจง่ายด้วยการนำเสนอข้อมูลด้วยรูปภาพและกราฟเพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไปที่แม้จะมีความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์ไม่มากนักก็สามารถใช้งานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานมิเตอร์อัจฉริยะในโครงสร้างพื้นฐานระบบมิเตอร์ขั้นสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. ความปลอดภัยในขั้นตอนการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูลต่างๆ ในกระบวนการทำงานของงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การรับส่งข้อมูลระหว่างบ้านผู้ใช้ไฟฟ้ากับส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ และการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) กับผู้เข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน เนื่องด้วยข้อมูลทั้งหมดนี้มีความสำคัญสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้ให้บริการไฟฟ้า ทำให้อาจเกิดเหตุการณ์ผู้ไม่หวังดีดักจับและแก้ไขข้อมูลระหว่างการรับส่งข้อมูลในระบบสื่อสารได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล และในงานวิจัยนี้ใช้การรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล HTTP (Hyper Text Transport Protocol) ซึ่งมีเทคโนโลยีความปลอดภัยที่นิยมใช้กันอย่างมาก ได้แก่ HTTPS (Hyper Text Transport Protocol over Secure Socket Layer หรือ HTTP over SSL), S-HTTP (Secure-Hyper Text Transfer Protocol) และ SET (Secure Electronic Transaction)

1.1 HTTPS

โพรโตคอล HTTPS เป็นการนำเทคโนโลยี SSL มาประยุกต์ใช้งานกับ HTTPS โดยใช้ Digital Certificate ในการตรวจสอบในขั้นตอนการสื่อสาร ทั้งยังมีการเข้ารหัสของข้อมูล ทำให้มีความปลอดภัยสูงและสามารถตรวจสอบตัวตนของทั้งเซิร์ฟเวอร์ (Server) และ ไคลเอนต์ (Client) ได้ โดยมีหลักการ คือ ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ต้องสร้าง Public Key Certificate สำหรับเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ซึ่งสามารถสร้างโดยหน่วยงานที่ให้บริการการออกเครื่องหมายรับรองความปลอดภัยทางอิเล็กทรอนิกส์ (Open SSL Certificate) เมื่อเครื่องไคลเอนต์ร้องขอข้อมูลเว็บด้วย HTTPS เครื่องเซิร์ฟเวอร์จะส่ง Public Key Certificate ให้เครื่องที่ร้องขอข้อมูล เพื่อใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลที่ต้องการส่งให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ ทำให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ตรวจสอบได้ว่า ข้อมูลที่ส่งมานั้น ส่งจากเครื่องไคลเอนต์ที่ถูกต้องทุกข้อมูล โดยโพรโตคอล HTTPS นี้ นิยมใช้กับงานให้บริการเว็บทั่วไป เนื่องจากติดตั้งง่ายและให้ความปลอดภัยสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 S-HTTP

เป็นการพัฒนาโพรโทคอล HTTP ให้มีความปลอดภัยมากขึ้นด้วยการเข้ารหัสข้อมูล และใช้ Digital Certificate ในการตรวจสอบตัวตนของไคลเอนต์คล้ายกับโพรโทคอล HTTPS แต่โพรโทคอล S-HTTP ไม่ต้องใช้ Public Key Certificate ทั้งการตรวจสอบความถูกต้องและการเข้ารหัสข้อมูล (Message Encryption) จะถูกดำเนินการโดยไคลเอนต์ ก่อนที่จะทำการส่งไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้น โพรโทคอล S-HTTP จึงเป็นการสร้างความปลอดภัยที่ตัวข้อมูล แต่ไม่ได้สร้างความปลอดภัยให้ช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูล โพรโทคอล S-HTTP จะใช้ Digital Certificate ที่เป็นเฉพาะของผู้ให้บริการเอง จึงมีความปลอดภัยสูง แต่การติดตั้งและใช้งานยุ่งยาก นิยมใช้ในระบบงานบัตรเคดิต

1.3 SET

เป็นการสร้างความปลอดภัยในการทำธุรการทางการเงินแบบออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยวีซา (VISA) และมาสเตอร์การ์ด (Master Card) เป็นสองผู้นำด้านธุรกิจบัตรเครดิตเป็นผู้พัฒนา หลักการทำงานของระบบ SET แตกต่างจาก HTTPS และ S-HTTP เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีกระบวนตรวจสอบและยืนยันเข้ามาเกี่ยวข้อง มีรูปแบบรักษาความปลอดภัยที่ซับซ้อนกว่า เนื่องจากมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกันทั้งผู้ซื้อที่ถือบัตร ผู้ขายที่รับบัตรเคดิต และธนาคารที่เป็นเจ้าของบัตร โดยมีขั้นตอนการทำงาน คือ ผู้ที่จะใช้บัตรเครดิตต้องลงทะเบียนกับทางธนาคารเจ้าของบัตร จากนั้นธนาคารเจ้าของบัตรจะออกใบรับรองทางอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น ใบรับรองอิเล็กทรอนิกส์จะผูกติดกับหมายเลขบัตรเครดิต เมื่อผู้ใช้บัตรสั่งซื้อสินค้าด้วยบัตรเครดิตนี้ ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ของผู้ขาย (Merchant Server) ส่วนธนาคารเจ้าของบัตรจะตรวจสอบข้อมูลและวงเงินที่เรียกว่า Payment Gateway ส่วนธนาคารของผู้ขายทำหน้าที่ตรวจความถูกต้องของข้อมูลบัตรและวงเงินกับธนาคารผู้ออกบัตร กลไกของ SET จะส่งรายการสั่งซื้อไปยังผู้ขายโดยไม่ต้องส่งข้อมูลบัตรเครดิตไป ในขณะที่ธนาคารจะได้รับแต่เพียงข้อมูลบัตรและวงเงินขออนุมัติ โดยไม่จำเป็นต้องทราบรายการที่ผู้ซื้อสั่ง

จะเห็นได้ว่า ทั้ง HTTPS, S-HTTP และ SET ต่างก็เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในเรื่องความปลอดภัยของข้อมูลในการรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีเว็บ แต่ด้วย S-HTTP และ SET ต้องมีการติดตั้งที่ซับซ้อน และต้นทุนสูง จึงนิยมใช้ในธุรกิจบัตรเครดิตของธนาคาร ดังนั้น ในการรับส่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลทั่วไปและงานวิจัยนี้ จึงเหมาะกับการใช้งานโพรโทคอล HTTPS เนื่องจากมีการติดตั้งง่ายและให้ความปลอดภัยที่สูงเพียงพอต่อความต้องการ

2. ความถี่ในการจัดเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ได้ทดลองด้วยการจัดเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าจากบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าส่งไปส่วนจัดการข้อมูลมิเตอร์ทุก 1 นาที เมื่อทดลองเป็นเวลานาน พบว่า จำนวนข้อมูลมีปริมาณมาก จนอาจเกิดการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันหน่วงและช้าในบางครั้ง ดังนั้น ในการเลือกความถี่ของเวลาในการจัดเก็บข้อมูล จะต้องพิจารณาในเรื่องความเร็วของเครือข่ายระบบสื่อสาร ความเร็วของเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์และระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย

3. ความถูกต้องของข้อมูลและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและสร้างแบบจำลองการทั้งในส่วนของระบบบ้านผู้ใช้ไฟฟ้า ที่จำลองการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า และจำลองการทำงานของมิเตอร์อัจฉริยะ ข้อมูลจึงมีความถูกต้องแม่นยำตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่เพื่อให้ได้ผลการรับส่งข้อมูลจากบ้านผู้ใช้ไฟฟ้าและผลการทดสอบความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานที่ถูกต้องมากขึ้น ควรมีการนำไปทดสอบกับสภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อใช้งานอุปกรณ์จริง

4. การเลือกอัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้า

ในการคำนวณค่าไฟฟ้าของ กฟภ. สำหรับบ้านพักที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจ ของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว จะมีอัตราในการคำนวณ 2 อัตรา (กระทรวงพลังงาน, 2555) ได้แก่ อัตราปกติ (Progressive Rate) กับอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate หรือ TOU) ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกใช้วิธีคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติเท่านั้น แต่ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเลือกอัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าของตนเองได้ โดยมีรายละเอียดของทั้ง 2 อัตรา ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 แบบอัตราปกติ (Progressive Rate)

การใช้อัตราปกตินี้คือ ค่าไฟฟ้าจะขึ้นกับหน่วยการใช้ไฟฟ้า หากใช้ไฟฟ้ามากเท่าใด การนำอัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าจะสูงไปด้วย แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

4.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน จะมีค่าบริการ 8.19 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 1 อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบปกติที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า		**อัตราที่ใช้คำนวณ** (บาท/หน่วย)
5 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 5)	0
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 6 - 15)	1.3576
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 - 25)	1.5445
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 - 35)	1.7968
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	2.1800
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 - 150)	2.2734
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780

4.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน จะมีค่าบริการ 40.90 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 2 อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบปกติที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า		**อัตราที่ใช้คำนวณ** (บาท/หน่วย)
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	1.8047
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้อัตราปกตินี้จะมีข้อกำหนดดังนี้

- ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะใช้อัตราในข้อที่ 4.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะใช้อัตราในข้อที่ 4.1.2 และเมื่อใดที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะใช้อัตราในข้อที่ 4.1.1

- ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดเกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย ให้ใช้อัตราประเภทที่ 4.1.2

4.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rate หรือ TOU)

การใช้อัตราตามช่วงเวลาการใช้นี้ เป็นการแยกอัตราตามช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลา Peak หมายถึง ช่วงเวลาที่ผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไปใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนมาก ดังนั้น อัตราในช่วงเวลานี้จึงสูง ส่วนช่วงเวลา Off Peak หมายถึง ช่วงเวลาที่ผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไปไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ดังนั้น อัตราในช่วงเวลานี้จึงถูก ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการเลือกใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาที่ต้องการได้

ตารางที่ 3 อัตราสำหรับคำนวณค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		**ค่าบริการ**
	Peak	**Off Peak**	(บาท/เดือน)
แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	3.6246	1.1914	228.17
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	4.3093	1.2246	57.95

โดยในช่วงเวลา Peak คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 09.00 น. - 22.00 น. ส่วนช่วงเวลา Off Peak คือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. 2555. **อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html, 2 ตุลาคม 2555.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2554. **โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid). อนาคต**. แหล่งที่มา: http://161.200.85.41/pea-smartgrid/index.php/smart-grid, 26 มิถุนายน 2555.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. ความเหมาะสมของโครงการ AMI. **รายงานฉบับที่ 8 งานจ้างที่ปรึกษาจัดทำแผนที่นำทาง (Roadmap) และศึกษาความเหมาะสมโครงการ PEA Smart Grids และ AMI.** การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

ประดิษฐ์ เฟื่องฟู. 2554. **มิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) และ ระบบ AMI**. แหล่งที่มา: http://161.200.85.41/pea-smartgrid/paper/pradit+paper-AMI.pdf, 2 เมษายน 2554.

ประดิษฐ์ เฟื่องฟู. 2554. **ระบบ Advanced Metering Infrastructure (AMI) สำหรับโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grids)**. แหล่งที่มา: http://161.200.85.41/pea-smartgrid/paper/ppt-AMI-dr.pradit.pdf, 4 เมษายน 2554.

Al-Ali, A. and M.Al-Rousan. 2004. Java-based home automation system. **IEEE Transactions on Consumers Electronics** 50 (2): 498-504.

Benzi, F., N.Anglani, E.Bassi and L.Frosini. 2011. Electricity Smart Meters Interfacing the Households. **IEEE Transactions on Industrial Electronics** 58 (10): 4487 – 4494.

Dutta, S., S.Prakash and D.Estrada. 2011. A Web Service and Interface for Remote Electronic Device Characterization. **IEEE Transactions on Education** 54 (4): 646-651.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Filibeli, M., O.Ozkasap and M.Civanlar. 2007. Embedded web server-based home appliance networks. **Journal of Network and Computer Applications** 30 (2): 499-514.

Heintzelman, M. 2011. **Meter Data Management, Advanced Pricing Programs.** Available Source: http://www.elp.com, 26 May 2012

Hetherington, B. 2009. **Smart Grid.** Available Source: http://www.altenergymag.com, 21 May 2012.

Jirapornanan, A. 2010. Study of Smart Grid for Thailand and Identification of the Required Research and Development, pp. 1-6. *In* **Proceedings of PICMET'10**. 18-22 July 2010, Technology Management for Global Economic Growth. Phuket, Thailand.

Perumal, T., A. Ramli and C. Leong. 2008. Design and Implementation of SOAP-Based Residential Management for Smart Home Systems. **IEEE Transactions on Consumers Electronics** 54 (2): 453 - 459.

Sui, H., H.Wang, M.Lu and W.Lee. 2009. An AMI System for the Deregulated Electricity Markets. **IEEE Transactions on Industry Applications** 45 (6): 2104 – 2108.

Technology Partners. 2012. **The Smart Grid Overview**. Available Source: http://tpfzcom.tpfederalsystems.com/the-smart-grid.html, 8 August 2012

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเขียนโค้ดในการพัฒนาโปรแกรมฯ

1. โค้ดสำหรับการส่งข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

```
<?php
        ob_start();
        session_start();
        error_reporting(E_ALL ^ E_NOTICE ^ E_DEPRECATED);

        require("require/config.php");
        $dbconn = mysql_connect("localhost",$dbuser,$dbpass) or die (mysql_error());
        mysql_select_db($dbname) or die (mysql_error());
//-------------------------------------------------------------------------------------------
        mysql_query("SET NAMES tis620") or die ("SET tis620 ล้มเหลว : " . mysql_error());
//-------------------------------------------------------------------------------------------
        date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');
        $nowdate = getdate();
        $nowday = $nowdate['mday'];
        if ($nowday < 10)
                $nowday = "0" . $nowday;
        $nowmonth = $nowdate['mon'];
        if ($nowmonth < 10)
                $nowmonth = "0" . $nowmonth;
        $nowyear = $nowdate['year'] + 543;
        $nowhour = $nowdate['hours'];
        if ($nowhour < 10)
                $nowhour = "0" . $nowhour;
        $nowminute = $nowdate['minutes'];
        if ($nowminute < 10)
                $nowminute = "0" . $nowminute;
        $dbdatetime = $nowyear . $nowmonth . $nowday . $nowhour . $nowminute;
//-------------------------------------------------------------------------------------------
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
//DateTime=20120409234156,Outage=0,Recovery=0,UnderVoltage=0,OverVoltage=0,OverCurr
ent=0,Tamper=0,LowBattery=1,ClockFailure=0
$data = $_GET["data"];
        $s =
array("DateTime=",",Outage=",",Recovery=",",UnderVoltage=",",OverVoltage=",",OverCurrent
=",",Tamper=",",LowBattery=",",ClockFailure=");
        $sl = strlen($s[0]);
        $i = strpos($data,$s[0]) + $sl;
        $yearget = $data[$i] . $data[$i+1] . $data[$i+2] . $data[$i+3];
        $dbyear = (int)($yearget) + 543;
        $dtmp = substr($data,$i+4,8);
        $dbdatetime = $dbyear . $dtmp;
        $sl = strlen($s[1]);
        $i = strpos($data,$s[1]) + $sl;
        $Outage = $data[$i];
        $sl = strlen($s[2]);
        $i = strpos($data,$s[2]) + $sl;
        $Recovery = $data[$i];
        $sl = strlen($s[3]);
        $i = strpos($data,$s[3]) + $sl;
        $UnderVoltage = $data[$i];
        $sl = strlen($s[4]);
        $i = strpos($data,$s[4]) + $sl;
        $OverVoltage = $data[$i];
        $sl = strlen($s[5]);
        $i = strpos($data,$s[5]) + $sl;
        $OverCurrent = $data[$i];
        $sl = strlen($s[6]);
        $i = strpos($data,$s[6]) + $sl;
        $Tamper = $data[$i];
        $sl = strlen($s[7]);
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
$i = strpos($data,$s[7]) + $sl;
$LowBattery = $data[$i];
$sl = strlen($s[8]);
$i = strpos($data,$s[8]) + $sl;
$ClockFailure = $data[$i];
$ip=$_SERVER['REMOTE_ADDR'];
$sql = "SELECT * FROM tb_member WHERE member_ipdot = '" . $ip . "'";
$result = mysql_query($sql) or die ($sql . "<br>" . mysql_error());
$itemrow = mysql_fetch_array($result);
$username = $itemrow["member_username"];

$sqlx = "SELECT * FROM tb_aset WHERE aset_user = '" . $username . "'";
$resultx = mysql_query($sqlx) or die($sqlx . mysql_error());
$itemrowx = mysql_fetch_array($resultx);
$send = 0;
if ($Outage == 1) {
        $txt = "ไฟฟ้าดับ";
        if ($itemrowx["aset_outage"]==1) $send = 1;
} elseif ($Recovery == 1) {
        $txt = "ไฟฟ้าคืนสภาพ";
        if ($itemrowx["aset_recovery"]==1) $send = 1;
} elseif ($UnderVoltage == 1) {
        $txt = "แรงดันไฟฟ้าเกิน";
        if ($itemrowx["aset_overvoltage"]==1) $send = 1;
} elseif ($OverVoltage == 1) {
        $txt = "กระแสไฟฟ้าเกิน";
        if ($itemrowx["aset_overcurrent"]==1) $send = 1;
} elseif ($OverCurrent == 1) {
        $txt = "เกิดการละเมิดการใช้ไฟฟ้า";
        if ($itemrowx["aset_tamper"]==1) $send = 1;
} elseif ($Tamper == 1) {
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
                $txt = "แรงดันไฟฟ้าตก";
                if ($itemrowx["aset_undervoltage"] == 1) $send = 1;
        } elseif ($LowBattery == 1) {
                $txt = "แบตเตอร์รี่เสื่อมสภาพ";
                if ($itemrowx["aset_lowbattery"]==1) $send = 1;
        } elseif ($ClockFailure == 1) {
                $txt = "ระบบนาฬิกาผิดพลาด";
                if ($itemrowx["aset_clockfailure"]==1) $send = 1;
        }
        $sql = "INSERT INTO tb_alert(alert_datetime, alert_text,alert_user)"
                . " VALUES(" . doubleval($dbdatetime) . ", '" . $txt . "', '" . $username . "')";
        $result = mysql_query($sql) or die ($sql . "<br>" . mysql_error());
        if (!$result)
                echo "<br>>>>INSERT Alert not OK !!";
        else
                echo "<br>>>> INSERT Alert OK.";
        if ($send == 1) {
                $url =
"http://www.thaibulksms.com/sms_api.php?username=0879990380&password=343041&msisdn
=" . $itemrowx["aset_telno1"] . "&message=" . $txt
                . "&sender=SMS&ScheduledDelivery=0901010101&force=standard";
                $ch = curl_init();
                curl_setopt($ch, CURLOPT_RETURNTRANSFER, 1);
                curl_setopt($ch, CURLOPT_URL, $url);
                $ressult=curl_exec($ch);
        }
?>
```

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายจุมพล ทุมมาวัด
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 เมษายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกร ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 (อุบลราชธานี)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการความร่วมมือทางวิชาการและพัฒนาผู้เชี่ยวชาญ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ระหว่างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์