ระบบตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเว็บสำหรับผู้ประกอบการหอพัก

WEB-BASED ELECTRICITY CONSUMPTION MONITORING SYSTEM FOR DORMITORY ENTREPRENEURS

สมศักดิ์ อภิรักษ์สมบัติ
Somsak Aphiraksambat

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
Electronics and Telecommunications, School of Engineering, Bangkok University.

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเหมาะสำหรับผู้ประกอบการอพาร์ตเมนต์หรือหอพัก ซึ่งผู้เช่าสามารถตรวจสอบการใช้กระแสไฟฟ้าของตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ระบบใช้วิธีติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจวัดค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละห้อง ค่าที่วัดได้ถูกอ่านเพื่อเก็บรวบรวมโดยระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งต่อให้แก่เครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดทำเป็นรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งผู้เช่าสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของเว็บ ผลจากการเปลี่ยนค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นข้อมูลที่ระบบคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ ผนวกกับการที่ผู้เช่าสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ทำให้ผู้ประกอบการสามารถจัดการในเรื่องการเก็บค่าการใช้กระแสไฟฟ้ารายเดือน การรายงานค่าการใช้กระแสไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน และการรายงานประวัติย้อนหลังการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในรูปแบบ รายเดือน รายวัน นอกจากนี้ระบบยังสามารถสั่งการอัตโนมัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่ห้องเช่าได้เมื่อเกิดเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น เช่น การขาดการชำระค่ากระแสไฟฟ้าเกินกว่าเวลากำหนด เป็นต้น

คำสำคัญ: การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง

Abstract

This article proposes a system for monitoring the amount of electricity usage, which is suitable for dormitory rental service. Renters can monitor their own electricity usages via the internet network. We have applied electronics sensors to measure the amount of electricity usage of each room. The measured values will be aggregated on a microcontroller and then will be transferred to a server. Therefore, the renters will be able to access this information via web-based application through the internet. This service provided by online electricity consumption

monitoring system will effectively and conveniently help a dormitory owner to deal with monthly electricity billing, updated electricity usage reports and electricity usage history of each room. Besides, the system is also capable of suspending electricity of a room when a specific condition occurs, such as a renter may forget to pay the electricity bill on time.

Keywords: Electricity Energy Metering, Real Power

บทนำ

แนวคิดการสร้างระบบซึ่งทำหน้าที่วัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แทนมิเตอร์วัดแบบเดิมได้มีขึ้นมาก่อนหน้าแล้วและได้มีพัฒนาการมาเป็นลำดับ ปีพ.ศ. 2547 มนัส เกื้อกูลกิจการ, สาวิตร์ ตัณฑนุช และโกวิทย์ ส่องสี จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้นำเสนอผลงาน “การออกแบบและพัฒนาต้นแบบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าแบบรวมศูนย์” [1] ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 3 วันที่ 8–9 ธันวาคม พ.ศ. 2547 โดยได้พัฒนาต้นแบบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลผ่านสายส่งตามมาตรฐาน RS–485 ไปยังปลายทางและแปลงสัญญาณเป็น RS–232 เพื่อเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง โดยบนสายส่งแบบ RS–485 สามารถต่อพ่วงมาตรวัดฯ เพิ่มเพื่อสร้างเป็นระบบเครือข่ายได้ถึง 256 มาตรวัด ทำให้สามารถอ่านและเก็บบันทึกค่าจากมาตรวัดทุกๆ ตัวบนสายส่ง RS–485 โดยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำเทคนิคการส่งผ่านข้อมูลระยะไกล และแนวคิดการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ที่ศูนย์กลางมาประยุกต์ใช้

ในปี พ.ศ. 2548 ประจง ขัดผาบ, กฤษฎา ธนาวิทยากุล และชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้นำเสนอโครงงาน “เครื่องบันทึกการใช้กำลังงานไฟฟ้าผ่านคลื่นวิทยุ” [2] และในปี พ.ศ. 2549 ปรีชา รักษาผล, ศุภวิชญ์ แสงจันทร์, และชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล จากสถาบันเดียวกัน ได้นำเสนอโครงงาน “เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สาย” [3] ทั้งสองโครงงานเป็นการนำเทคโนโลยีไร้สายมาใช้ในการส่งผ่านข้อมูล โดยผลงานแรกเป็นการส่งผ่านข้อมูลจากส่วนวัดพลังงานไฟฟ้าไปยังดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger) และผลงานหลังเป็นการส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางและเก็บรวบรวมเป็นฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access

ปีพ.ศ. 2550 อนุชาติ กุ้งทุ่ม, ฉัตรชัย จักรภัทร, ชัชณี ปาละอ้าย และชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ นำเสนอโครงงาน “เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าส่งข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ต” [4] ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหลายๆ จุดผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางซึ่งทำหน้าที่เป็นเว็บเซอร์ฟเวอร์ (Web Server) เพื่อนำเสนอข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อผู้ใช้ผ่านทางเว็บเพจ

สำหรับระบบที่นำเสนอนี้ เป็นการพัฒนาระบบสำหรับผู้ประกอบการอาพาร์ตเมนต์ หรือหอพัก โดยระบบจะทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของแต่ละห้องเช่าโดยเป็นการตรวจวัดตลอดเวลาและบันทึกค่าทุกๆ วินาที ข้อมูลที่ได้ส่งผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตไปยังเครื่องเว็บเซอร์ฟเวอร์เพื่อรวบรวมเป็นฐานข้อมูล ส่วนหนึ่งเพื่อใช้สำหรับการสรุปค่าไฟฟ้าประจำเดือนสำหรับผู้เช่า ส่วนหนึ่งสำหรับจัดทำเป็นรายงานสรุปการใช้ไฟฟ้า ประวัติการใช้ไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าปัจจุบัน และนำเสนอผ่านหน้าเว็บเพจในรูปแบบรายงานที่เหมาะสม ซึ่งผู้เช่าสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบได้โดยง่าย ซึ่งข้อมูล

ที่ได้นี้ยังสามารถนำไปประมวลผลเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก เช่น การคาดการณ์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า การวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนขยายเพิ่มเติมที่ทำให้ระบบที่นำเสนอนี้แตกต่างจากระบบที่กล่าวมาข้างต้น คือ การสั่งการจากเครื่องเว็บเซอร์ฟเวอร์กลับไปยังส่วนตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อควบคุมสวิตช์ตัดตอนไฟฟ้า เพื่อการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับห้องเช่าใดๆ เมื่อเกิดเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น เช่น การไม่ได้ชำระค่ากระแสไฟฟ้าภายในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวสามารถพัฒนาไปสู่แนวคิดการชำระค่าไฟฟ้าแบบออนไลน์ได้

พื้นฐานการหาค่าพลังงานไฟฟ้า

ค่ากำลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์กลุ่มหนึ่งใช้สามารถคำนวณได้จาก แรงดันไฟฟ้า (Voltage) และกระแสไฟฟ้ารวม (Current) ที่เกิดจากอุปกรณ์กลุ่มนั้น ดังนี้

$$p(t) = i(t) \cdot v(t) \qquad (1)$$

เมื่อ $p(t)$ คือ ค่ากำลังงานไฟฟ้ารวมขณะใดๆ (Instantaneous Power) มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

$i(t)$ คือ ค่ากระแสไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere)

$v(t)$ คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt)

ในสภาพความเป็นจริง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีหลากหลายชนิด บางชนิดดูดกลืนพลังงานไปใช้อย่างเดียว เช่น เตารีด เตาไฟฟ้า บางชนิดมีทั้งการดูดกลืนพลังงานและจ่ายพลังงานกลับออกมาด้วย พฤติกรรมเช่นนี้ทำให้รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้ารวม $i(t)$ ในสมการที่ (1) เกิดความต่างเฟส ϕ กับรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้า $v(t)$ ดังนั้น เมื่อกำหนดให้

$$v(t) = V_p^t \cos(\omega t) \qquad (2)$$

และ $$i(t) = I_p^t \cos(\omega t - \phi) \qquad (3)$$

เมื่อ V_p^t และ I_p^t คือ ค่ายอด (Peak value) ของแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในขณะนั้นตามลำดับ โดย V_p^t ปกติมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยขึ้นกับคุณภาพระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ส่วนกระแสรวม I_p^t จะขึ้นกับกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัวในกลุ่มนั้น เช่น อุปกรณ์บางตัวทำงาน-หยุดทำงาน อุปกรณ์บางตัวทำงานมาก-ทำงานน้อย ซึ่งส่งผลทำให้ค่ากระแสยอด I_p^t ขณะนั้นเปลี่ยนแปลงด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มีผลต่อการหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ดังนั้น ตัวแปรทั้งสองจึงกำกับตัว t เป็นตัวยกไว้ด้วย เพื่อให้ทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยเช่นกัน เมื่อแทน $v(t)$ และ $i(t)$ ลงในสมการที่ (1) จะได้

$$p(t) = V_p^t \cos(\omega t) \times I_p^t \cos(\omega t - \phi) \qquad (4)$$

จัดสมการ;

$$p(t) = \frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos\phi + \frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos(2\omega t - \phi) \qquad (5)$$

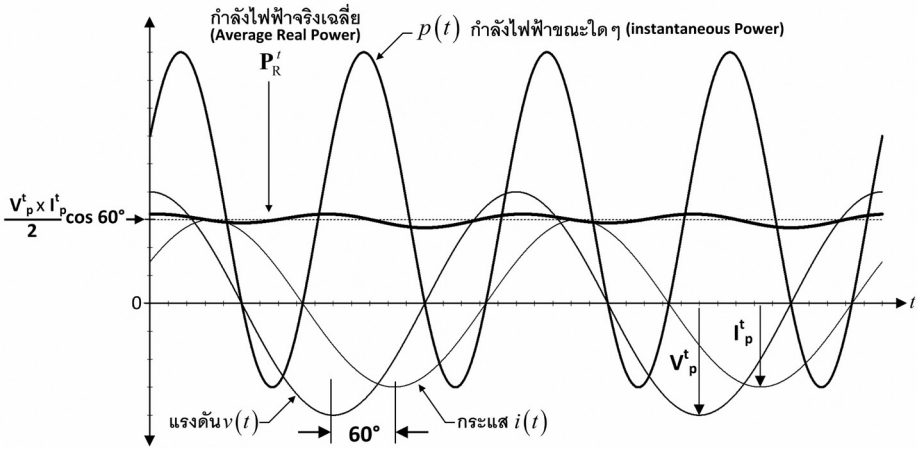
เมื่อทำการอินทิเกรตสมการที่ (5) เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยจะพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมาจากเทอมคงที่ $\frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos\phi$ เพียงอย่างเดียว ส่วนเทอมไม่คงที่ $\frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos(2\omega t - \phi)$ ให้ค่าเป็นศูนย์ เรียกเทอมคงที่ $\frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos\phi$ ว่า กำลังไฟฟ้าจริงรวม (Total Real Power)

เนื่องจากการไฟฟ้าฯ คิดค่าไฟฟ้าจากกำลังไฟฟ้าจริง ดังนั้น การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงต้องตรวจวัดจากค่ากำลังไฟฟ้าจริง ดังนั้น [1]

$$\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^t = \frac{V_p^t \times I_p^t}{2} \cos\phi \qquad (6)$$

เรียกเทอม $\cos\phi$ ว่า **ตัวประกอบกำลัง (Power Factor)** ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์

ระหว่าง กระแสรวม $i(t)$ แรงดัน $v(t)$ กำลังไฟฟ้าขณะใดๆ รวม $p(t)$ และกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยรวม (Average Real Power) $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ กรณีให้ $\phi = 60°$ หรือ P.F. = cos 60° = 0.5



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง $i(t)$, $v(t)$, $p(t)$ และ $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ เมื่อ $\phi = 60°$

การหาค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่อุปกรณ์ไฟฟ้ากลุ่มหนึ่งใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่งทำได้โดยการเก็บสะสมค่าพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์กลุ่มนั้นใช้ต่อวินาที ซึ่งก็คือ ค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยรวม $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ ที่เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลานั้น เมื่อให้ $\mathbf{H}(T_d)$ เป็นค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่กลุ่มอุปกรณ์นั้นใช้ไปเป็นระยะเวลา T_d วินาที ดังภาพที่ 2(ก)

ดังนั้น
$$\mathbf{H}(T_d) = \int_0^{T_d} \mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}\, dt \qquad (7)$$

แต่เนื่องจากการเก็บสะสมค่าในระบบดิจิตอลเป็นการทำแบบเวลาเต็มหน่วย (Discrete time) ดังนั้น ถ้าให้ระบบเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าทุกๆ Δt วินาที โดยถือว่าในช่วง Δt กำลังงานไฟฟ้ามีค่าคงที่ ดังภาพที่ 2(ข) ดังนั้น สมการที่ (7) เขียนใหม่ได้เป็น

$$\mathbf{H}(T_d) = \mathbf{H}(N\Delta t) = \sum_{n=0}^{N-1} \mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{n\Delta t}\, \Delta t \qquad (8)$$

เมื่อ $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{n\Delta t}$ คือ ค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยที่เวลา $n\Delta t$

n, N คือ จำนวนเต็มบวก โดย $n < N$ และ

$T_d = N\Delta t$

และถ้าระบบเก็บค่าทุกๆ 1 วินาที แสดงว่า $\Delta t = 1$ ดังนั้น

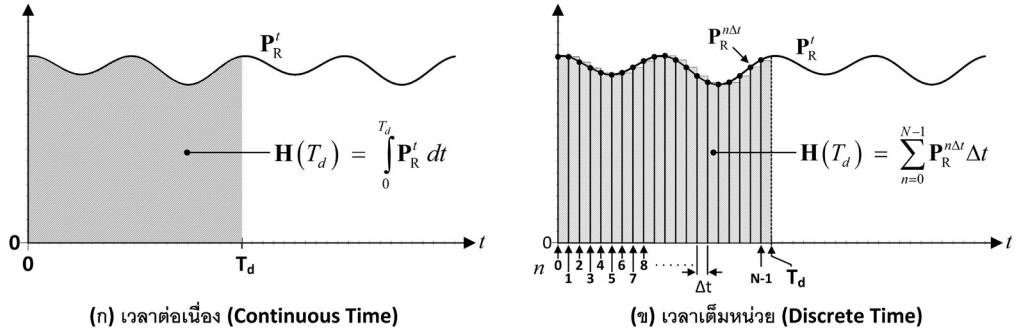
$$\mathbf{H}(T_d) = \sum_{n=0}^{T_d - 1} \mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{n} \qquad (9)$$

ค่าพลังงานไฟฟ้า $\mathbf{H}(T_d)$ มีหน่วยเป็น วัตต์วินาที ($\mathrm{W}\cdot\mathrm{s}$) แต่การคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ คิดพลังงานไฟฟ้าเป็น **หน่วยการใช้ไฟฟ้า (Unit)** โดย 1 หน่วยการใช้ไฟฟ้า มีค่าเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้เครื่องไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นจากนิยาม

$$1\ \text{Unit} = 1\ \mathrm{kW}\cdot\mathrm{Hr} = 1{,}000\ \mathrm{W} \times 3{,}600\mathrm{s}$$
$$= 3{,}600{,}000\ \mathrm{W}\cdot\mathrm{s}$$

ดังนั้น ค่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วย Unit จะเป็น

$$\mathbf{H}_{unit}(T_d) = \frac{\mathbf{H}(T_d)}{3{,}600{,}000}\ \ Unit \qquad (10)$$

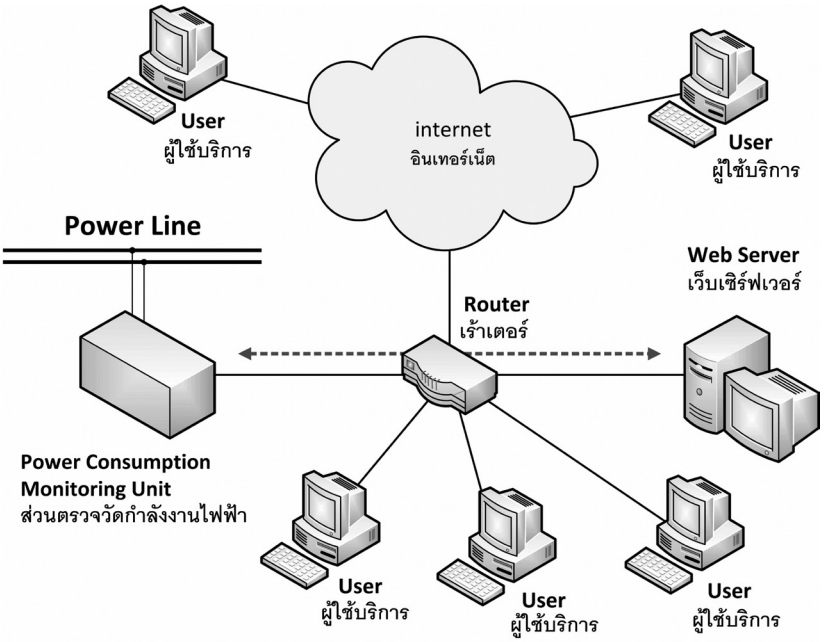


ภาพที่ 2 การหาค่าพลังงานไฟฟ้าแบบเวลาต่อเนื่อง และแบบเวลาเต็มหน่วย

ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านทางเว็บ

ภาพรวมของระบบ

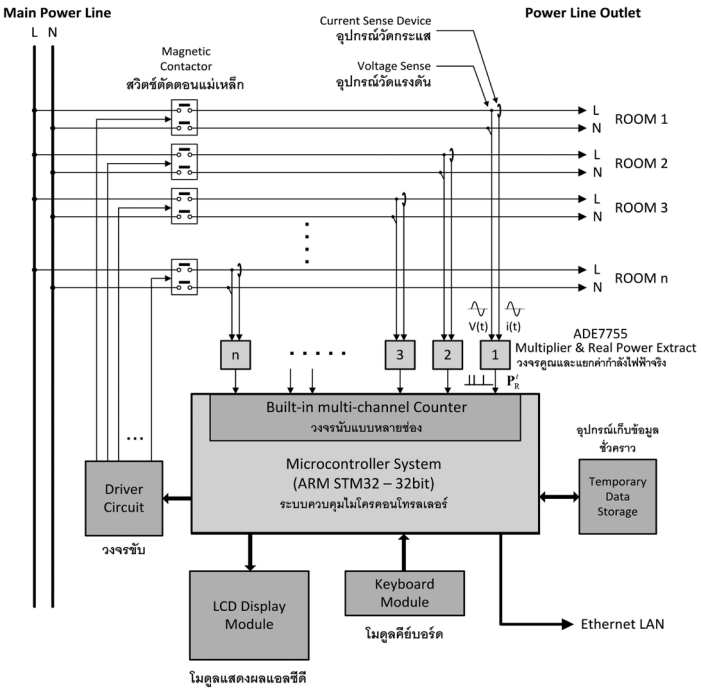
ไดอะแกรมดังภาพที่ 3 เริ่มจากส่วนสำคัญที่สุด คือ ส่วนตรวจวัดกำลังงานไฟฟ้า (Power Consumption Monitoring Unit) เป็นส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าแบบหลายช่อง โดยการสุ่มเก็บค่า ในอัตรา 1 ครั้ง/วินาที/ช่อง และบันทึกเก็บลงในหน่วยเก็บข้อมูลชั่วคราวภายใน โดยแต่ละค่าสุ่มจะบันทึกค่าพร้อมวัน/เวลา ค่าสุ่มนี้จะถูกเก็บบันทึกไว้เป็นข้อมูลดิบ ขณะเดียวกันจะทำการคำนวณค่าสะสมพลังงานไฟฟ้าของแต่ละช่องเพื่อใช้เป็นค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวมและส่งผ่านเร้าเตอร์ (Router) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมและประมวลผลเพื่อจัดทำเป็นรายงานสรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ การคิดค่าการใช้กระแสไฟฟ้า เพื่อบริการแก่ผู้เช่า ซึ่งสามารถเข้าถึงบริการทั้งจากเครือข่ายภายในอินทราเน็ต (Intranet) หรือจากภายนอกผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet)



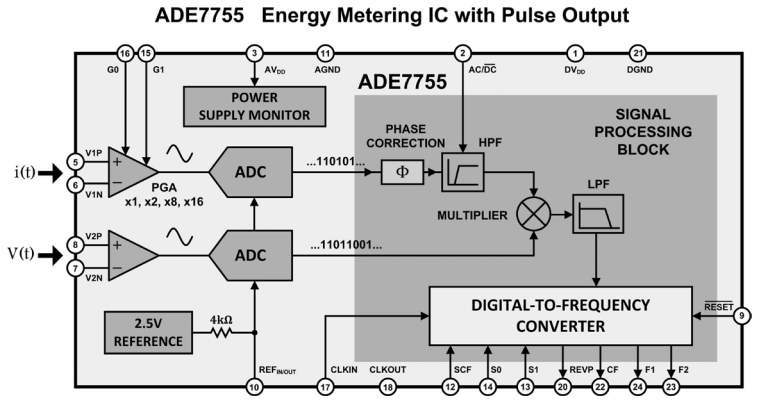
ภาพที่ 3 ภาพรวมระบบตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าผ่านทางเว็บ

ส่วนตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (Power Consumption Monitoring Unit)

ไดอะแกรมของระบบดังภาพที่ 4 ประกอบด้วย อุปกรณ์ตัดตอนแม่เหล็ก (Magnetic Contactor) เป็นสวิตช์ตัดตอนหลักที่ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าห้องผู้เช่า ซึ่งถูกควบคุมจากระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์วัดกระแส (Current Sense Device) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับปริมาณกระแสไฟฟ้าติดตั้งที่สายไฟเมนเข้าห้องเช่าทุกห้อง เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแบบไม่สัมผัส (Contactless) ซึ่งมีหลายชนิด สำหรับในระบบนี้เลือกใช้แบบที่เรียกว่า ฮอลล์เอฟเฟค (Hall Effect Device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำใช้หลักการตรวจวัดสนามแม่เหล็กที่ปล่อยจากลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหล ความเข้มสนามแม่เหล็กจะแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำนั้น จากนั้นแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เอาท์พุตถัดมาคือ ส่วนวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Sense) ใช้วงจรตัวต้านทานแบ่งแรงดันเพื่อลดขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่าสูงให้มีขนาดเล็กลง และใช้เป็นตัวแทนของแรงดันไฟฟ้าในสายไฟ ติดตั้งที่สายไฟเมนเข้าห้องเช่าทุกห้องเช่นกัน ส่วนสำคัญถัดมาคือวงจรคูณและแยกค่ากำลังไฟฟ้าจริง (Multiplier & Real Power Extraction) ทำหน้าที่หาค่ากำลังไฟฟ้าขณะใดๆ $p(t)$ (Instantaneous Power) โดยการคูณสัญญาณ $i(t)$ จากอุปกรณ์วัดกระแส (Current Sense Device) และสัญญาณ $v(t)$ จากอุปกรณ์วัดแรงดัน (Voltage Sense Device) จากนั้นจะเข้ากระบวนการแยกค่ากำลังไฟฟ้าจริง (Real Power Extraction) โดยการผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เพื่อกรองเอาเฉพาะค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ ซึ่งมีความถี่ต่ำให้ผ่านออกไปที่เอาท์พุตและกรองเทอมกระแสสลับซึ่งมีความถี่ 2ω ทิ้ง (ดูสมการที่ (5)) นอกจากนี้ยังมีกระบวนการชดเชยการเลื่อนเฟสที่เกิดจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านทั้งนี้เพื่อรักษาค่าตัวประกอบกำลัง $\cos\phi$ ที่มีมาแต่เดิมมิให้ผิดพลาดไปอันจะทำให้การวัดค่าพลังงานไฟฟ้าผิดพลาดไปมาก สัญญาณที่ได้คือ ค่ากำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ ที่เป็นอยู่จริง ณ เวลานั้น กระบวนการประมวลผลสัญญาณทั้งหมดถูกจัดการภายในชิพหมายเลข ADE7755 ไดอะแกรมดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมส่วนตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (Power Consumption Monitoring Unit)



ภาพที่ 5 ไดอะแกรมภายใน ADE7755 วงจรรวมตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

วงจรแยกค่ากำลังไฟฟ้าจริงนี้จะใช้จำนวนวงจรเท่ากับจำนวนช่อง (จำนวนห้องพัก) ที่ต้องการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สัญญาณ $\mathbf{P}_{\mathrm{R}}^{t}$ ที่ได้จากทุกช่อง ถูกส่งเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบหลายช่องความเร็วสูง เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้อยู่ในรูปข้อมูลดิจิตอลที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ ข้อมูลที่แปลงได้จะถูกอ่านออกไปโดยระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม $\mathbf{H}_{unit}(t)$ ณ เวลาปัจจุบัน ของช่องต่างๆ บันทึกและเก็บรวบรวมเป็นข้อมูลดิบโดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ในรอบ 24 ชั่วโมง จะถูกส่งต่อให้กับเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ผ่านทาง Ethernet Port เพื่อจัดเตรียมให้อยู่ในรูปที่สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการผ่านทางเว็บต่อไป นอกจากนี้ ระบบควบคุมไมโคร-คอนโทรลเลอร์ ยังเชื่อมต่อกับส่วนอื่นๆ อีก ได้แก่ วงจรขับสวิตช์ตัดตอนแม่เหล็ก (Driver) อุปกรณ์เก็บข้อมูลชั่วคราว (Temporary Data Storage) โมดูลแสดงผลแอลซีดี (LCD Display Module) และโมดูลคีย์บอร์ด (Keyboard Module) โดยวงจรขับสวิตช์ตัดตอนแม่เหล็กทำหน้าที่ควบคุมสวิตช์ตัดตอนแม่เหล็ก เพื่อให้จ่ายหรือไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ห้องพักของผู้เช่า โดยการสั่งการนี้จะเป็นการสั่งการจากเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์มายังระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะสั่งการต่อไปยังวงจรขับอีกทอดหนึ่ง อุปกรณ์เก็บข้อมูลชั่วคราวใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปของไฟล์ ในกรณีที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถออนไลน์ได้เป็นระยะเวลาหลายวัน ในส่วนของโมดูลแสดงผลแอลซีดีและโมดูลคีย์บอร์ด เป็นส่วนแสดงผลและส่วนป้อนค่าใช้สำหรับการปรับตั้งและบำรุงรักษาโดยเจ้าหน้าที่เทคนิค

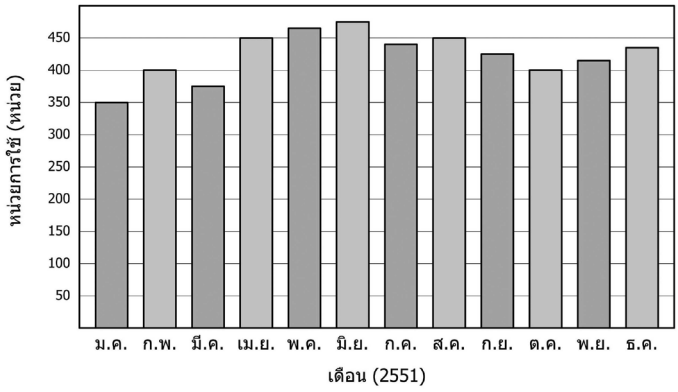
เครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์หลักทำหน้าที่ให้บริการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ แก่ผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าใช้บริการได้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและอินทราเน็ต นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ร้องขอข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากส่วนตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (Power Consumption Monitoring Unit) และกำหนดเงื่อนไขเพื่อสั่งการให้จ่ายหรือไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าแก่ผู้เช่าห้องได้ เช่น กรณีผู้เช่าไม่ชำระค่ากระแสไฟฟ้าเกินกว่าเวลาที่กำหนด

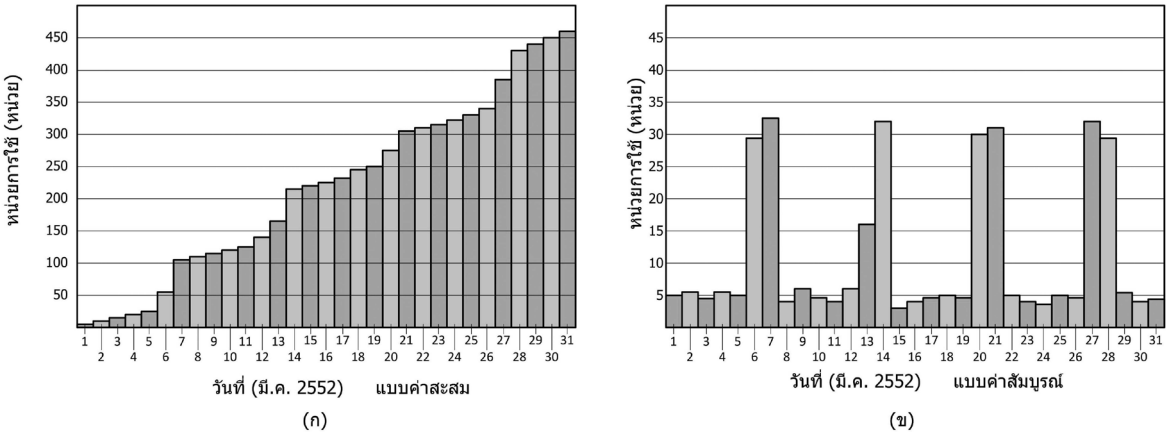
ในส่วนของการให้บริการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ เครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ มีหน้าที่ให้บริการข้อมูลในรูปแบบหลักๆ ดังนี้

1. ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน ระบบจะรายงานปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า นับจากการตัดยอดเมื่อเดือนที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน พร้อมทั้งสรุปค่าใช้จ่าย ณ ปัจจุบัน

2. รายงานสรุปข้อมูลย้อนหลังการใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบจะรายงานข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง ตามความต้องการของผู้เช่า เช่น รายงานการใช้กระแสไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ดังตัวอย่างภาพที่ 6 รายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันในรอบ 1 เดือนที่กำหนด โดยสามารถรายงานทั้งรูปแบบค่าสัมบูรณ์ในต่ละวันและค่าสะสม ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ตัวอย่างรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบรายเดือน



ภาพที่ 7 ตัวอย่างรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบรายวัน (ก) แบบค่าสะสม (ข) แบบค่าสัมบูรณ์

สรุป

ระบบที่นำเสนอนี้ กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา แนวคิดของระบบทำให้ผู้ประกอบการหอพักสามารถจัดการเรื่องการคิดค่ากระแสไฟฟ้า การพิมพ์รายงาน และสามารถขยายขอบเขตการพัฒนาให้เกิดการใช้งานในรูปแบบใหม่ๆ เช่น การซื้อค่าไฟฟ้าแบบออนไลน์ผ่านตู้หยอดเหรียญ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] มนัส เกื้อกูลกิจการ; สาวิตร์ ตัณฑนุช; และ โกวิทย์ ส่องสี. (2547). *การออกแบบและพัฒนาต้นแบบมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าแบบรวมศูนย์.* สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2554, จาก http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2472/2/272588_app.pdf

[2] ประจง ขัดผาบ; กฤษฎา ธนาวิทยากุล; และ ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล. (2548). *เครื่องบันทึกการใช้กำลังงานไฟฟ้าผ่านคลื่นความถี่วิทยุ.* สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2554, จากhttp://library.kmutnb.ac.th/projects/ind/ECT/ect0132t.html

[3] ปรีชา รักษาผล; ศุภวิชญ์ แสงจันทร์; และ ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล. (2549). *เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไร้สาย.* สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2554, จาก http://library.kmutnb.ac.th/projects/ind/ECT/ect0180t.html

[4] อนุชาติ กุ้งทุ่ม; และคนอื่นๆ. (2550). *เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าส่งข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ต.* สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2554, จาก http://library.kmutnb.ac.th/projects/ind/ECT/ect0221t.html