



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ชื่อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)

ในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 0303000102
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 7 กุมภาพันธ์ 2546
ผู้ประดิษฐ์ นายเสกสรรค์ ศาสตราสณิต และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ระบบอ่านคำมิตเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านสายไฟแรงดันต่ำ
ที่มีระบบทวนสัญญาณ

ให้ผู้ทรงสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ 17 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549
หมดอายุ 6 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

(ลงชื่อ)
(นายศักดิ์ เสกสรรค์)
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร



พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ**
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุอนุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันได้
 3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุต่อพนักงานเจ้าหน้าที่
 4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

“ระบบอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านสายไฟแรงดันต่ำที่มีระบบทวนสัญญาณ”

5

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทำโดยการส่งเจ้าหน้าที่ออกไปอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและง่ายต่อการเกิดข้อผิดพลาด จึงได้มีความพยายามใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านทางสายไฟ (Power Line Carrier) มาใช้ในการส่งข้อมูล Spread Spectrum เป็นเทคนิคการ modulate สัญญาณแบบหนึ่งนำมาใช้ในการสื่อสารผ่านทางสายไฟ โดยมาตรฐาน CEBus เป็นมาตรฐานที่ใช้เทคนิค carrier-sense multiple-access / collision detection - contention resolution” (CSMA/CD-CR) มาใช้ร่วมกับการ modulate แบบ Spread Spectrum เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และเป็นเทคนิคที่ระบบอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัติผ่าน Spread Spectrum Power Line Carrier ใช้ในการส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า รายละเอียดดังกล่าวได้มีการเปิดเผยไว้ในสิทธิบัตรเลขที่ GB2094598 และ EP0178804A2

10

15

ปัญหาหนึ่งของระบบการอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติก็คือการนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าซึ่งถูกแปลงให้อยู่ในรูปของดิจิทัลแล้วส่งกลับมายังศูนย์รวบรวมข้อมูล ซึ่งจำเป็นจะต้องมีระบบสื่อสารระยะไกล (WAN) จากศูนย์ควบคุมข้อมูลไปยังมิเตอร์แต่ละตัว ทำให้ไม่เป็นการประหยัด จึงจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์รวบรวมข้อมูล เพื่ออ่านข้อมูลการใช้ไฟฟ้ามาในเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) แล้วส่งให้ศูนย์รวบรวมข้อมูลอีกทีหนึ่ง ระบบอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัติผ่าน Spread Spectrum Power Line Carrier ได้ใช้ Spread Spectrum Power Line Carrier ในส่วนที่เป็นระบบสื่อสารท้องถิ่น (LAN) และใช้ เครือข่าย PSTN เป็นระบบสื่อสารระยะไกล (WAN) ระบบดังกล่าวได้มีการเปิดเผยไว้ในสิทธิบัตรเลขที่ US4,161,720 และ US4,396,915 นอกจากนี้ยังมีอนุสิทธิบัตรในประเทศไทยเลขที่ 516 เลขที่คำขอ 0103000298 ก็ได้ระบุถึงระบบดังกล่าว

20

25

ในส่วนของการตรวจสอบการหมุนของจานหมุนเพื่อคำนวณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้การสะท้อนแสงได้มีการระบุไว้ในสิทธิบัตร JP2000241468 คำขอสิทธิบัตรการประดิษฐ์ในประเทศไทยเลขที่คำขอ 028248 และอนุสิทธิบัตรไทยเลขที่ 516 เลขที่คำขอ 0103000298

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดจากการส่งข้อมูลผ่านสายไฟแรงดันต่ำคือสัญญาณที่จะถูกลดทอนเมื่อระยะทางในการส่งมีระยะทางไกล มีความพยายามในการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการกำหนดเวลาในการส่งเมื่อแรงดันในสายไฟเข้าใกล้ศูนย์ ดังระบุในอนุสิทธิบัตรในประเทศไทยเลขที่ 516 เลขที่คำขอ 0103000298

30

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์
วิศวกรรมไฟฟ้า

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

35

ระบบอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัติผ่านสายไฟแรงต่ำ (Power Line) เป็นระบบอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยการอ่านจำนวนรอบการหมุนของจานหมุน เพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าการใช้ไฟฟ้า ก่อนที่จะส่งข้อมูลผ่านสายไฟแรงต่ำโดยใช้เทคนิค Spread Spectrum Power Line Carrier และเครือข่ายการสื่อสาร เช่น PSTN, Leased Line, Radio Trunk เข้าสู่ศูนย์เก็บข้อมูล เพื่อนำไปคำนวณการชำระเงิน โดยจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ รีโมทเทอร์มินอลยูนิท

(Remote Terminal Unit), คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) และ ศูนย์เก็บข้อมูลกลาง ปัญหาหนึ่งในการส่ง เนื่องจากการส่งสัญญาณผ่านสายไฟแรงดันต่ำคือสัญญาณที่จะถูกลดทอนเมื่อระยะทางในการส่งมีระยะทางไกล การ ประดิษฐ์นี้ได้มีความพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยมีระบบการทวนสัญญาณในอุปกรณ์อ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ซึ่งจะทำการทวนสัญญาณและส่งต่อไปยังเครื่องรับปลายทาง ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการมีระบบทวนสัญญาณคือการ

5 กำหนดเวลาและการกำหนดให้อุปกรณ์ทวนสัญญาณแต่ละตัวทำการส่งและรับได้อย่างเหมาะสม รายละเอียดดังกล่าวได้ กล่าวถึงไว้ในหัวข้อของรายละเอียดการประดิษฐ์

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- รูปที่ 1 เครื่องข่ายของเครื่องอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง อุปกรณ์ต้นทาง (master module) ผ่าน ส่วน ทวนสัญญาณ(repeater module) และมี ส่วนรับข้อมูล (receiver module) เป็นตัวรับและส่งข้อมูลกลับ
- 10 รูปที่ 2 วิธีในการตรวจสอบข้อมูลเพื่อกำหนดให้ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) ที่ต้องการเท่านั้นเป็นตัวขยาย สัญญาณและส่งข้อมูล
- รูปที่ 3 วิธีตรวจสอบข้อมูลและรับคำสั่งโดย ส่วนรับข้อมูล (receiver module)
- รูปที่ 4 วิธีตรวจสอบข้อมูลและรับคำสั่งโดย อุปกรณ์ต้นทาง (master module)
- รูปที่ 5 ระบบของศูนย์กลางเครื่องอ่านไฟฟ้าอัตโนมัติ
- 15 รูปที่ 6. รูปแสดง Spread Spectrum Carrier Chirp
- รูปที่ 7 แสดง Packet Timing ที่ใช้ในการสื่อสาร
- รูปที่ 8 แสดงการเข้ารหัสแบบ Amplitude Shift Keying (ASK)
- รูปที่ 9 แสดงการเข้ารหัสแบบ Phase Reverse Keying (PRK)
- รูปที่ 10 แสดงระบบอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ
- 20 รูปที่ 11 แสดงโครงสร้างทาง Hardware ของ รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit)
- รูปที่ 12 แสดงโครงสร้างทาง Hardware ของ คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit)

การเปิดเผยรายละเอียดการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ระบบการอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติได้แก้ปัญหาการลดทอนของสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง 2 อุปกรณ์ โดยการเพิ่มฟังก์ชันการทวนสัญญาณ (Repeating) เข้าไว้ในอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัว เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวทำหน้าที่ถ่ายทอดคำสั่งจากต้นทางไปยังปลายทางที่อยู่ไกลเกินระยะทำงานปรกติได้ โดยอัลกอริทึมที่ใช้ในการทวนสัญญาณจะไม่ทำให้เกิดการทวนสัญญาณไปยังอุปกรณ์ที่ไม่ใช่ปลายทาง

25

การทำ Function Repeater ใน Power line carrier

การออกแบบ protocol จะต้องแก้ปัญหาดังนี้

1 ส่วนรับข้อมูล (receiver module) จะต้องทราบว่าจะเอาข้อมูลของ Repeater ตัวไหนมาประมวลผล

30

2 ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) จะต้องทราบว่าเมื่อใดจึงจะส่งข้อมูล

สำหรับรูปแบบข้อมูลที่ส่งจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

<stx> <packet length><brt><rt><<src ID><des ID><packet ><crc>

โดยที่

1. <stx> = start of text ประกอบด้วย

35 1.1 master send

1.2 receiver module send

- 2. <packet length> = length of(<packet length> + <brt>+<rt>+<src ID>+<Des ID>+<packet>)
- 3. <brt> = backup route table
- 4. <rt> = route table
- 5. <src ID> = source ID
- 6. <des ID> = destination ID
- 7. <packet>
- 9. <crc> = sum of (<packet length> +<brt>+<rt>+ <src ID> + <des ID> + <packet>)

10 โดยมีเงื่อนไขคือหมายเลขประจำตัวของ Repeater (Repeater ID)ตัวที่อยู่ใกล้ อุปกรณ์ต้นทาง (master module) จะต้องมีค่าน้อยกว่าตัวที่อยู่ไกลตั้งตัวอย่างรูปที่ 1 สมมุติว่าเราต้องการส่งข้อมูลไปที่ ส่วนรับข้อมูล (receiver module) หมายเลข 5 ซึ่งจะต้องให้ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module)ที่ 2 และ 7 ทำงานดังนั้นเราจะเซตให้บิตที่ 2 และ 7 ใน<brt>และ<rt> เป็น 1(ตำแหน่งบิตจะแทนRepeater ID นับบิตขวาสุดเป็น 1) ดังนั้น master จะส่งข้อมูลดังนี้

15 Master => <stx><packet length><0x0042><0x0042><src ID><0x05><packet><crc>

เมื่อ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) รับข้อมูลนี้จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขดังรูปที่ 2 จากรูปดังกล่าว Repeater หมายเลข n จะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับโดยนำ <stx> มาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ก่อนเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมาจาก Master หรือ Receiver ถ้าข้อมูลมาจาก master ให้นำ <rt> มา AND กับ $2^{(n-1)} - 1$ ถ้าเท่ากับ 0 ให้ set ให้บิตที่ n ของ <rt> เป็น 0 และทำการส่งข้อมูลตั้งนั้นจากตัวอย่างในรูปที่ 1 จะมีเฉพาะ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 เท่านั้นที่จะส่งข้อมูลไปยัง ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) อื่นต่อไป

ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 => <stx><packet length><0x0042><0x0040><cmd byte><srcID><0x05><packet><crc>

25 ในทำนองเดียวกันเมื่อ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 7 รับข้อมูลจาก ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 ก็จะส่งข้อมูลต่อดังนี้

ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 7 => <stx><packet length><0x0042><0x0000><cmd byte><srcID><0x05><packet><crc>

เมื่อ ส่วนรับข้อมูล (receiver module) รับข้อมูลมาจะตรวจสอบเงื่อนไขดังรูปที่ 3 ดังนั้นเมื่อ ส่วนรับข้อมูล (receiver module) รับข้อมูลจะมีเฉพาะ module 5 เท่านั้นที่ตอบกลับ

35 ส่วนรับข้อมูล (receiver module) 5 => <stx><packet length><0x0042><0x0000><cmd byte ><src ID><0x05><packet> <crc>

เมื่อ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 7 ก็จะมีการตรวจสอบข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับโดยนำ <stx> มาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ก่อนเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมาจาก Master หรือ Receiver ถ้าข้อมูลมาจาก Repeater ก็ให้นำ <brt> มา AND $0x100 - 2^n$ ถ้าเท่ากับ 0 ให้ set ให้บิตที่ n ของ <brt> เป็น 0 และทำการส่งข้อมูลไปยัง Repeater อื่นหรือ Master ต่อไป

ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 7 => <stx><packet length><0x0002><0x0000><cmd byte ><src ID><0x05><packet><crc>

10 ในทำนองเดียวกันเมื่อ ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 รับข้อมูลจาก ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 7 ก็จะส่งข้อมูลต่อดังนี้

ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 => <stx><packet length><0x0000><0x0000><cmd byte ><src ID><0x05><data><crc>

15

เมื่อ อุปกรณ์ต้นทาง (master module) รับข้อมูลจะตรวจสอบเงื่อนไขดังรูปที่ 4 จะเห็นว่า อุปกรณ์ต้นทาง (master module) รับข้อมูลที่ส่งมาจาก ส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) 2 เท่านั้น

การสื่อสารภายในเครือข่ายของระบบอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติโดยใช้ Spread Spectrum Power Line Carrier จะเป็นไปในลักษณะ Polling โดย CU จะส่งข้อมูลมาสอบถาม RTU ภายในเครือข่าย ซึ่ง RTU แต่ละตัว จะมีเลขประจำตัว (ID Number) ที่แตกต่างกัน เมื่อ RTU ได้รับข้อมูลและตรวจสอบ ID Number แล้วพบว่า ID Number ของมันเอง ก็จะทำ Decryption ข้อมูล ก่อนนำข้อมูลไปดำเนินการและตอบกลับมายัง CU ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกมาที่จะผ่านการ Encryption ก่อนเช่นกัน เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากระบบอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติ นอกจากจะนำมาคำนวณค่าไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับความต้องการ เทคโนโลยีที่ใช้คือ Powerline Spread Spectrum Carrier Technology เป็นวิธีหนึ่งของ Spread Spectrum Communication เหมาะสมกับเครือข่ายแบบ Carrier Sense Multiple Access เพราะทำให้เกิดความปลอดภัยในการสื่อสารข้อมูล และสามารถสื่อสารผ่านสื่อที่มีช่องสัญญาณแคบได้ โดยจะส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีการ Synchronize แบบ Self Synchronization ซึ่งจะใช้ ช่วงความถี่กวาด (frequency sweep) หรือ Chirp ทำหน้าที่เสมือนพาหะ โดยแต่ละ Chirp จะมีรูปแบบเฉพาะ เป็นที่เข้าใจของอุปกรณ์ทุกตัวในเครือข่าย ใน Chirp หนึ่ง ๆ จะมีช่วงความถี่ระหว่าง 100 ถึง 400 kHz ในช่วงเวลา 100 uSec โดยเริ่มกวาดความถี่จาก 200 ถึง 400 kHz และจาก 100 ถึง 200 kHz ดังรูปที่ 6 ข้อมูลที่จะส่งออกโดยใช้ SSC Chirp ในแต่ละ packet จะแบ่งเป็นสามส่วน คือ preamble, packet body และ CRC โดยมี Packet Timing ดังรูปที่ 7 ส่วนของ Preamble เป็นส่วนเริ่มต้นของทุก ๆ packet ประกอบด้วย pseudo-random pattern ของ “0” และ “1” จำนวน 8 บิต แล้วตามด้วย Preamble_EOF ในส่วน Preamble นี้จะใช้การเข้ารหัสแบบ Amplitude Shift Keying (ASK) ดังรูปที่ 3 ซึ่งข้อมูล “1” จะถูกแทนด้วย Superior Stage (appearance of Chirp) หรือ Inferior Stage (disappearance of chirp) จำนวน 1 stage และข้อมูล “0” จะถูกแทนด้วย Superior หรือ Inferior stage จำนวน 2 stage ซึ่งในแต่ละ stage จะมีความกว้าง 114 uSec ประกอบด้วย Chirp(100 uSec) และช่องว่าง (14 uSec) preamble จะใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์อื่นใช้ช่องสัญญาณอยู่หรือไม่ โดยตรวจสอบจากช่วง Inferior Stage ว่ามีการแทรกสอดโดย Chirp จากอุปกรณ์อื่นส่วนของ packet body จะเป็น

ส่วนของข้อมูล ใช้การเข้ารหัสแบบ Phase Reverse Keying (PRK) ดังรูปที่ 4 ซึ่งจะใช้ Superior ϕ 1 และ Superior ϕ 2 ซึ่งต่างเฟสซึ่งกันและกัน 180 องศา เพื่อแยกข้อมูลแต่ละบิต โดยข้อมูล “1” จะแทนด้วย Superior Stage จำนวน 1 stage (100 uSec) และข้อมูล “0” จะแทนด้วย Superior Stage จำนวน 2 stage (200 uSec) เมื่อข้อมูลสิ้นสุด packet จะถูกต่อท้ายด้วย EOP ส่วนของ CRC จะอยู่ส่วนท้ายของ packet เป็น code ขนาด 16 บิต ขณะที่ส่งข้อมูล CRC จะถูกคำนวณจาก packet body แล้วใส่ลงใน packet ต่อจาก EOP และทันทีที่ฝ่ายรับได้รับ packet จะทำการตรวจสอบ preamble_EOF เพื่อใช้สำหรับคำนวณสถานะของ Superior ϕ 1 ถ้าเป็น “0” ต้อง complement ข้อมูลที่รับมาก่อน จากนั้นจึงนำมาคำนวณ CRC เพื่อตรวจสอบอีกที

โครงสร้างของระบบอ่านค่าการใช้กระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ

10 โครงสร้างโดยรวมของระบบมี 3 ส่วน คือ รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit), คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) และ ศูนย์เก็บข้อมูลกลาง โดยมีการเชื่อมโยงกันดังรูปที่ 10

รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit) (RTU) - จะถูกบรรจุอยู่ในมิเตอร์ไฟฟ้า ส่วนฮาร์ดแวร์ที่เพิ่มเติมขึ้นนี้ จะอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าจากการหมุนของจานโลหะที่ติดแถบสีดำไว้ ค่าการใช้ไฟฟ้าที่อ่านได้จะถูกเก็บในหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งอ้างอิงกับเวลาจาก Real Time Clock เมื่อมีการถามข้อมูลจาก คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต

15 (Concentrator Unit) ผ่านมาทางสายส่งกำลังไฟฟ้า ตัว PL-Transceiver ก็จะทำ Spread Spectrum Chirp มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลคำถาม จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ต้องการทราบจากหน่วยความจำตอบกลับยังคอนเซนเทรเตอร์ผ่านทาง PL-Transceiver

คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) (CU) - จะติดตั้งอยู่ในบริเวณหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่ออ่านข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ ที่กระจายออกไปทั้ง 3 เฟส ของระบบไฟ ซึ่งใช้การสื่อสารข้อมูลผ่านทาง Power Line โดยเทคโนโลยี Spread Spectrum Carrier ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ในเครือข่าย จะถูกนำมาเก็บใน Flash Memory เมื่อทางศูนย์เก็บข้อมูลต้องการทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ก็จะสอบถามมายัง CU โดยผ่าน PSTN, Leased Line หรือ Mobile Telephone Network (ในสองกรณีแรกจะต้องติดตั้ง Modem เพิ่มเติมทั้งทางศูนย์เก็บข้อมูล และ CU ส่วนในกรณีหลังจะต้องมี RF Module ต่อร่วมกันกับ Modem ด้วยในลักษณะเดียวกัน) โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Modem หรือ RF Module กับ CU จะ

20 ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม (RS232) ในการรับส่งข้อมูล

ศูนย์การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (AMR Center) - ทำหน้าที่เก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ที่ได้รับจาก คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) มาเก็บในฐานข้อมูล เพื่อทำการคำนวณและทำใบเรียกเก็บเงิน ตลอดจนทำสถิติของข้อมูล เพื่อวางแผนกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนของการสอบถามข้อมูลจาก คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) จะทำ

30 โดยการหมุนโมเด็ม ผ่านเครือข่าย PSTN หรือ Media อื่นๆ เช่น leased line, Mobile Network เพื่อสอบถามไปยัง คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) ทุกตัวภายในเครือข่าย

รายละเอียดการทำงานของรีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์ภายในมิเตอร์ ฮาร์ดแวร์ที่เพิ่มเติมขึ้นนี้ จะอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าจากการหมุนของจานโลหะที่ติดแถบสีดำไว้ โดยใช้ Photoreflective Sensor ทำการตรวจวัดการหมุนของจานออกมาเป็นจำนวนพัลส์ จากนั้นจึงแปลงเป็นค่าการใช้ไฟฟ้า ค่าที่อ่านได้จะถูกเก็บในหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งอ้างอิงกับเวลาจาก Real Time Clock เมื่อมีการถามข้อมูลจากคอนเซนเทรเตอร์ผ่านทาง PL-Transceiver ก็จะทำ Spread Spectrum Chirp มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลคำถาม จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ต้องการทราบจากหน่วยความจำตอบกลับยังคอนเซนเทรเตอร์ผ่านทาง PL-Transceiver

35

ทราบจากหน่วยความจำตอบกลับยังคอนเซ็นเตรเตอร์ผ่านทาง PL-Transceiver เช่นกัน โดย RTU จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 11 ซึ่งฮาร์ดแวร์ภายในตัวมิเตอร์แบ่งออกเป็นสำคัญ 3 ส่วน มีหลักการทำงานดังนี้

- วงจรอินเทอร์เฟซสายส่งกำลัง (Power line Interface Circuit)

5 วงจรในส่วนนี้ทำหน้าที่เชื่อมโยง เพื่อการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง MCU กับ Power line Bus โดยจะใช้ Power Line Network Interface (SSC-P200) เป็นตัวกลาง ในส่วนของการเชื่อมโยงกับ MCU (Host Interface) จะกระทำผ่าน SPI Bus โดย Host จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณ Serial Clock ซึ่งจะใช้ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม โดยที่ SSC-P200 จะให้การ Service กับ Host หลังจากตอบ Interrupt กลับไปยัง Host แล้ว และในส่วนที่เชื่อมโยงกับ Power Line Bus (Medium Interface) ข้อมูลจาก Host จะถูกเปลี่ยนเป็น Analog Data โดย SSC-P200 เพื่อการส่งผ่านข้อมูลใน AC Power Line ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นวงจรด้านส่ง และวงจรด้านรับ

10 สำหรับวงจรทางด้านส่ง เมื่อ SSC-P200 ทำการ Convert Digital Data เป็น Spread Spectrum Carrier “Chirps” ตาม Request ของ Host แล้ว ก็จะส่งออกทางขา SO เข้าสู่ส่วนของ Transmit Pre-filter ซึ่งภายในประกอบด้วย AC Coupling , Filter, Buffer Amplifier ซึ่งเป็นวงจรขยายแบบ Low Output Impedance เพื่อให้สามารถขับสัญญาณไปยัง Chirp Filter ได้ และ Chirp Filter ซึ่งเป็น 3 Pole Low Pass Filter เพื่อให้มีเพียง Chirps เท่านั้นที่ผ่านออกไปยัง AC Power Line (จากข้อกำหนดของ FCC ขนาดของสัญญาณรบกวนต้องน้อยกว่า 1mV RMS ในช่วงความถี่ 535-1705

15 kHz)

หลังจากส่วน Transmit Pre Filter แล้ว Chirp จะถูกส่งไปยัง Power Line Media Interface (SSC-P111) ซึ่งภายใน SSC-P111 นี้จะเป็นวงจรขยายสัญญาณ ให้มีระดับสัญญาณเพิ่มขึ้น 2 เท่า หลังการขยาย Chirp จะถูกกรอง ที่จุดนี้จะมี TVS diode ต่อไว้เพื่อลดสัญญาณรบกวนชั่วขณะ ก่อนผ่านเข้า Power Line Coupling Circuit ลงสู่ Power Line Bus ซึ่ง Output ของ SSC-P111 จะถูก Enable โดยขา TS ซึ่งส่งมาจาก SSC-P200 ในขณะที่ทำการส่งข้อมูลเท่านั้น

20 สำหรับวงจรด้านรับ SSC Chirps จาก Power Line Bus จะผ่านวงจร Power Line Coupling Circuit ซึ่งเป็น Band Pass Filter แบบ passive 6 pole LC Filter ในช่วงความถี่ 100-400kHz โดยจะลดทอนแถบความถี่ที่ไม่ต้องการลงประมาณ 30 dB (ที่ $F < 40\text{kHz}$ และ $F > 1\text{MHz}$) แล้วส่งต่อไปยัง Input Buffer ทำการขยายสัญญาณ Chirps ด้วยเกนที่การขยาย 20 dB และค่าความไวเพิ่มเป็น 1mVp-p ยังผลให้สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น ก่อนเข้าไปยังขา SI ของ SSC-P200 เมื่อ SSC-P200 ได้รับ Chirps แล้ว จะทำการ Request มายัง Host โดยผ่านทาง Interrupt เพื่อให้ Host นำข้อมูลไปดำเนินการต่อไป

25

- วงจรควบคุม

วงจรถูกควบคุมในส่วนนี้ จะมี MCU ทำหน้าที่หลักในการควบคุม และส่งผ่านข้อมูลใน วงจร เป็น MCU ที่มี Flash Memory ขนาด 4 Kbyte ใช้เป็น Program Memory, (RAM) 128 byte ใช้เป็น Data Memory และมี Port ขนาด 8 bit จำนวน 2 พอร์ต ส่วนค่าการใช้ไฟฟ้าจะถูกบันทึกใน EEPROM ขนาด 4k*8 ซึ่งจะติดต่อกับ MCU ในรูปแบบของ SPI Bus คือสัญญาณ SI, SO, SCLK และ CS โดยตำแหน่งที่บันทึกข้อมูล จะถูกอ้างอิงกับเวลา จาก Real Time Clock ซึ่งติดต่อกับ MCU ในลักษณะ Serial และในกรณีที่ไฟฟ้าดับ RTC จะถูก Backup โดย Super Cap หรือ battery เพื่อให้ค่าเวลาเป็นไปอย่างถูกต้อง เมื่อไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติอีกครั้ง

ส่วนที่ทำการนับจำนวนรอบของงานหมุนภายในมิเตอร์ จะใช้ Opto Reflection Sensor จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ Detect แถบดำ (ไม่เกิดการสะท้อน) ที่ติดไว้ใต้จานหมุน ซึ่งจำนวนพัลส์ที่ได้ก็จะเท่ากับ จำนวนรอบของการหมุน โดยฝั่ง input ของ Opto Reflection Sensor (LED) จะถูกขับโดย MCU (P1.3) เป็นพัลส์แคบ ๆ ผ่าน Darlington Transistor เพื่อขยายกระแส ทั้งนี้เพื่อลดการรบกวนจากแสงภายนอก (Ambient Light) และช่วยให้ประหยัดพลังงาน

มากกว่า ชับ LED ด้วยกระแสคงที่ และสาเหตุที่ใช้ Opto Reflection Sensor จำนวน 2 ตัว ก็เพื่อที่จะตรวจทิศทางการหมุนของจาน เพื่อตรวจสอบการลัดวงจรไฟฟ้า และในกรณีที่เกิดความเสียหายขึ้นกับ Photoreflexion Sensor ตัวใดตัวหนึ่ง อีกตัวยังคงทำหน้าที่นับจำนวนรอบต่อไปได้

- วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

- 5 ส่วนแหล่งจ่ายแรงดันสามารถจ่ายแรงดันสองระดับ คือ 5 และ 10 โวลต์ โดยสามารถรับแรงดันไฟสลับอินพุท ในช่วง 38-375 วงจรหลักที่ใช้เป็น PWM Switching Regulator เป็น PWM Switching โดยจัดวงจรเป็นแบบ Buck Regulator (Step Down)

การทำงานของหน่วยคอนเซนเทรเตอร์ (Concentrator Unit)

- 10 ดั้งที่แสดงรายละเอียดในรูปที่ 7

การใช้งาน

- ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบคอนเซนเทรเตอร์ ซึ่งคอนเซนเทรเตอร์นี้จะติดตั้งอยู่ในบริเวณหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่ออ่านข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ ที่กระจายออกไปทั้ง 3 เฟส ของระบบไฟ ซึ่งใช้การสื่อสารข้อมูลผ่านทาง Power Line โดยเทคโนโลยี Spread Spectrum Carrier ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ในเครือข่าย จะถูกนำมาเก็บใน Flash Memory เมื่อทางศูนย์เก็บข้อมูล ต้องการทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ก็จะสอบถามมายัง คอนเซนเทรเตอร์ยูนิท (Concentrator Unit) โดยผ่าน PSTN, Leased Line หรือ Trunk โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Modem กับ คอนเซนเทรเตอร์ยูนิท (Concentrator Unit) จะใช้ Serial Port (RS232) ในการรับส่งข้อมูล

- 20 **ตัวควบคุม**

ส่วน Controller ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆในระบบ โดยใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

นาฬิกาแบบเรียลไทม์ (Real Time Clock (RTC))

- 25 RTC ทำหน้าที่เป็นฐานเวลาของระบบ

อินเตอร์เฟซแบบอนุกรม (Serial Interface)

- การเชื่อมต่อแบบอนุกรมทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่ความเร็ว (Baud rate) 9600 บิตต่อวินาที เพื่อติดต่อกับศูนย์กลางการเก็บข้อมูล โดยผ่านโมเด็มก่อนเข้าเครือข่ายข้อมูล การรับส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะส่งข้อมูลทีละ 10 บิตซึ่งประกอบไปด้วยบิตเริ่มต้นของข้อมูล 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต (รับและส่งบิตต่ำสุดก่อน) และบิตสิ้นสุดของข้อมูลอีก 1 บิต

แหล่งเก็บความจำแบบแฟลช (Flash Memory Storage)

ส่วน Flash Memory Storage ใช้ ในการจัดเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

อินเทอร์เฟซสายส่งกำลัง (Power Line Carrier Interface)

ในส่วนนี้จะมีวงจรทั้งหมด 3 ชุด โดยแต่ละชุดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ Host Interface และ Medium Interface ในส่วน Host Interface จะมี P200 ทำหน้าที่ในการติดต่อกับ MCU ผ่านทางขาสัญญาณ SDI และ SDO ในลักษณะของ SPI Bus โดย MCU จะสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูลไปยังขาสัญญาณ SCLK

5

ในส่วน Medium Interface P111 จะรับสัญญาณจากขา SO ของ P200 โดยสัญญาณจะผ่านวงจรขยายก่อนมาถึง P111 และจะถูกส่งจาก P111 ไปยังส่วน Medium Coupling เพื่อส่งสัญญาณออกไป AC Line ในการรับสัญญาณจาก AC Line P111 สัญญาณอนาล็อกจะรับมาจากส่วน Medium Coupling เข้ามายังส่วนกรองสัญญาณชนิด Bandpass ที่ความถี่ 100 – 400 MHz แล้วถึงถูกส่งไปยังขา SI ของ P200 ต่อไป

10

แหล่งจ่ายกำลัง (Power Supply)

Power Supply จะต่อกับ AC Line ทั้ง 3Phase ผ่านทางทรานส์ฟอร์มเมอร์ 3 ตัวเพื่อแปลง AC 220 V ไปเป็น AC 12 V ป้อนเข้าสู่ Rectifier และ Filter แรงดันไฟตรงที่ได้จากแต่ละเฟส จะถูกตรวจสอบ ว่าขาดหายไปหรือไม่ แล้วแสดงผลโดย LED และยังฟีดกลับไปที่ MCU ทราบอีกด้วย จากนั้นแรงดันไฟตรงที่ได้จากแต่ละเฟสก็จะถูกนำมารวมเข้าด้วยกัน ผ่านไดโอดเพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับ จากนั้นจึงผ่านเข้าวงจร Linear Regulator โดยใช้ IC Regulator เพื่อให้ได้แรงดัน 10 โวลต์ จากนั้นก็ผ่านเข้าสู่ 7805 สำหรับแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ด

15

รายละเอียดการทำงานของศูนย์การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (AMR Center)

AMR Center จะเป็นระบบที่ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า โดยจะติดต่อกับ คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) เพื่อรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเพื่อส่งไปประมวลผลต่อไป

20

AMR Center ประกอบด้วยระบบต่างๆ ดังนี้ รูปที่ 5

แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Application Server) – เป็นระบบหลักในการควบคุมการทำงานของทั้งระบบ
เซิร์ฟเวอร์สื่อสาร (Communication Server) – ทำหน้าที่เป็นตัวจัดสรรทรัพยากรที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่าง AMR Center กับ คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit)

25

บริการด้านความปลอดภัย (Security Service) – ทำหน้าที่ดูแลการเข้าใช้ระบบ และระบบรักษาความปลอดภัยของระบบ

บริการด้านบันทึกเหตุการณ์ (Event Logging Service) – ทำหน้าที่บันทึกเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบ

30

บริการด้านกำหนดกำหนดการ (Scheduling Service) – ทำหน้าที่ให้บริการในการกำหนดกำหนดการที่จะให้ AMR Center เริ่มรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจาก คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit)

เอเอ็มอาร์ไคลแอนท์ (AMR Client) – เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ในระบบแบบ Client/Server

วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

35

ดั่งที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น

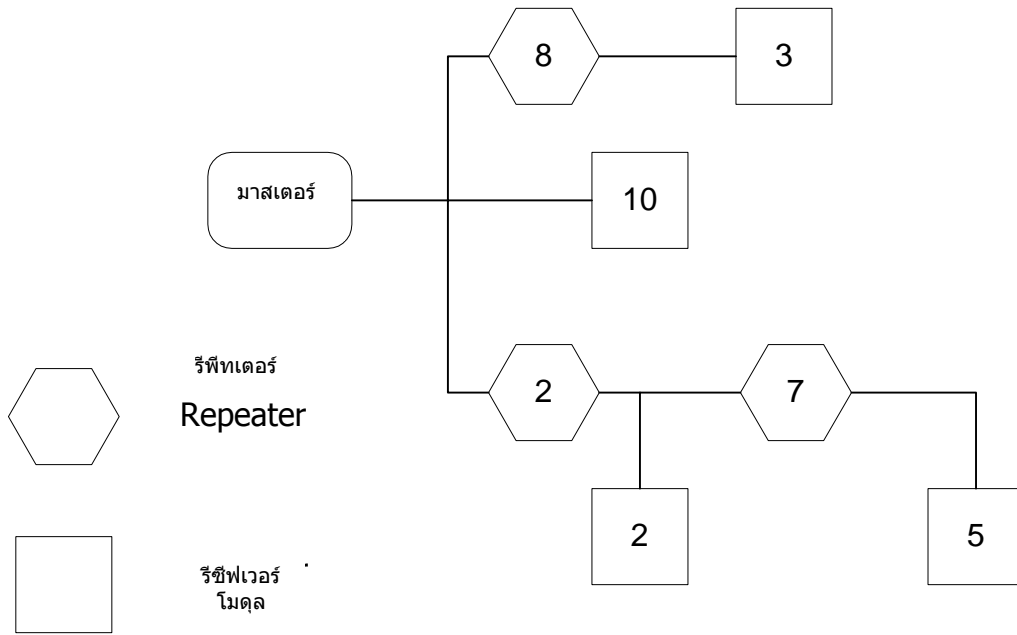
บทสรุปการประดิษฐ์

ระบบอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติประกอบด้วย 3 ส่วนคือ รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit), คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) และศูนย์เก็บข้อมูลกลาง โดย รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit) จะทำหน้าที่บันทึกการใช้ไฟฟ้าโดยการยิงแสงเป็นพัลส์แคบ ๆ เพื่อวัดรอบการหมุนของจาน คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต

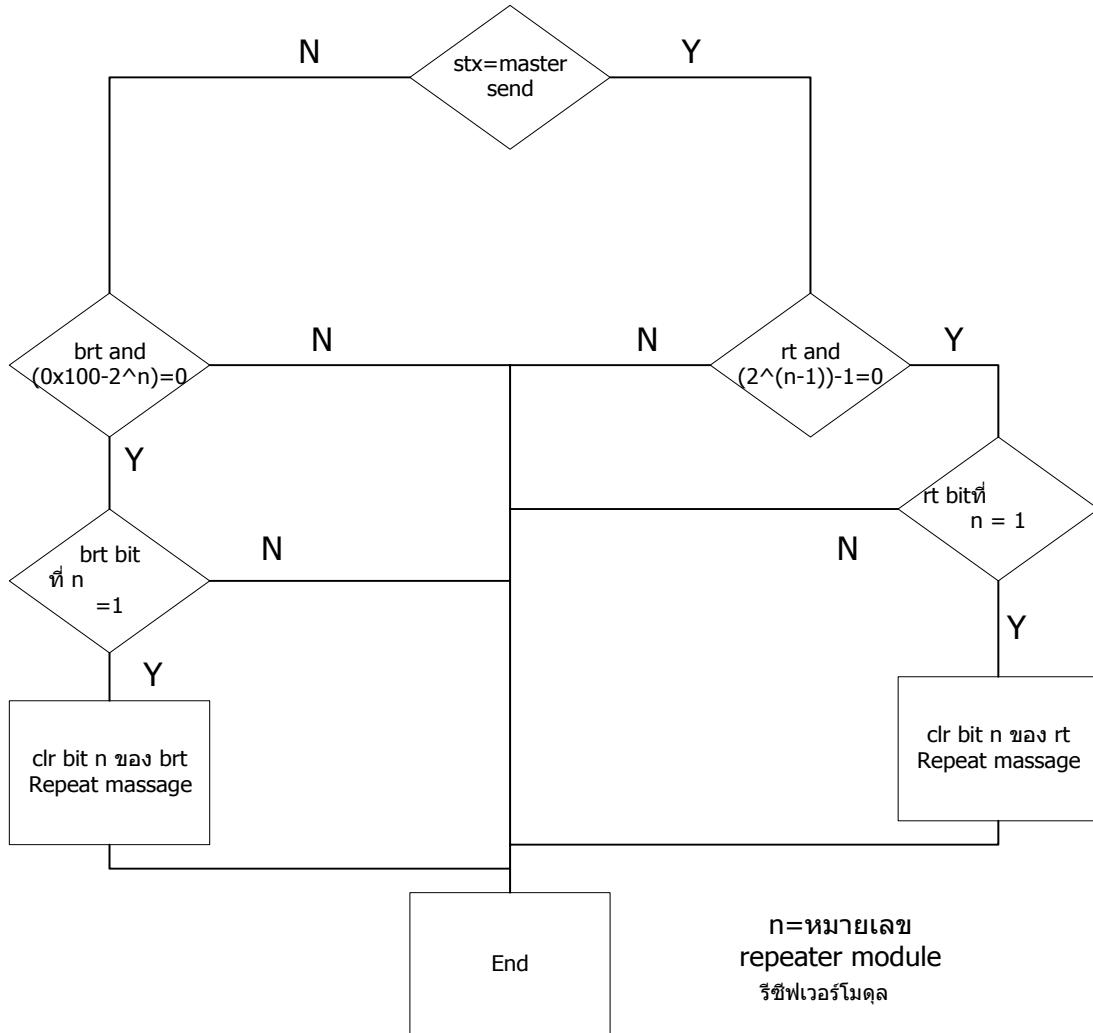
- 5 (Concentrator Unit) ทำหน้าที่รวบรวมการใช้ไฟฟ้าของ รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit) ทุกตัวในเครือข่ายมาเก็บไว้เมื่อทางศูนย์เก็บข้อมูลกลางต้องการทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของ รีโมทเทอร์มินอลยูนิต (Remote Terminal Unit) ตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัว ก็จะสอบถามมายัง CU โดยผ่าน PSTN, Leased Line หรือ เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone Network) ส่วนศูนย์เก็บข้อมูลกลางทำหน้าที่เก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ที่ได้รับจาก คอนเซนเทรเตอร์ยูนิต (Concentrator Unit) มาเก็บในฐานข้อมูล เพื่อทำการคำนวณและทำใบเรียกเก็บเงิน ตลอดจนทำสถิติของข้อมูล เพื่อ
- 10 ป้องกันการลัดทอนของสัญญาณในสายไฟแรงดันต่ำเครื่องอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านสายไฟแรงดันต่ำจึงมีระบบทวนสัญญาณในแต่ละเครื่องและมีวิธีในกำหนดเวลาและการกำหนดให้อุปกรณ์ทวนสัญญาณแต่ละตัวทำการส่งและรับได้อย่างเหมาะสม

ข้อถ้อยสิทธิ

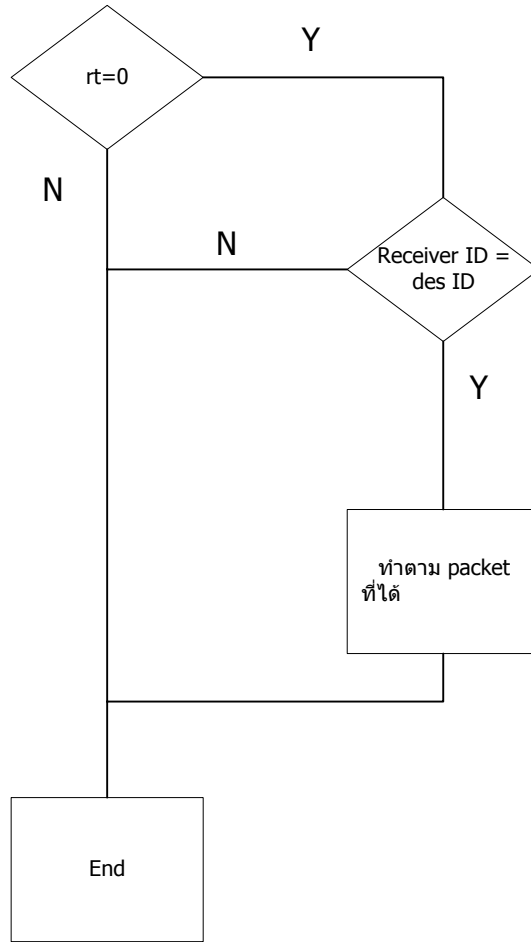
1. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่สามารถรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านสายไฟแรงดันต่ำ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์เชิงแสงเพื่ออ่านรอบการหมุนของจานหมุนที่อยู่ภายในมิเตอร์ไฟฟ้าและส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่อ่านได้โดยวิธีการมอดูเลตสัญญาณข้อมูลดังกล่าวผ่านสายไฟแรงดันต่ำ มีลักษณะเฉพาะคือ ประกอบด้วยระบบการทวนสัญญาณที่มีส่วนทวนสัญญาณ(repeater module) และส่วนรับข้อมูล (receiver module) โดยที่ส่วนทวนสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณจาก อุปกรณ์ต้นทาง (master module) หรือส่วนรับข้อมูลหรือส่วนทวนสัญญาณอื่นและตรวจสอบข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าจะหยุดส่งข้อมูลหรือขยายสัญญาณดังกล่าวและส่งข้อมูลต่อไปยังอุปกรณ์ต้นทางหรือส่วนรับข้อมูลหรือส่วนทวนสัญญาณอื่น ในส่วนรับข้อมูลจะทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลหรือคำสั่งที่ได้รับจากอุปกรณ์ต้นทางโดยผ่านอุปกรณ์ทวนสัญญาณจำนวนหนึ่ง เพื่อพิจารณาว่าจะหยุดส่งข้อมูลหรือจะทำตามคำสั่งที่ได้รับและส่งข้อมูลกลับไปยังอุปกรณ์ต้นทาง
2. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 มีวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ต้นทาง (master module) โดยส่วนทวนสัญญาณ ข้อมูลที่ได้รับโดยส่วนทวนสัญญาณดังกล่าวจะได้รับการตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมาจากอุปกรณ์ต้นทางหรือส่วนรับสัญญาณและจะทำการอ่านข้อมูลดังกล่าวเพื่อพิจารณาว่าจะทำการส่งข้อมูลนั้นต่อไปหรือหยุดการส่งข้อมูลนั้น
3. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 2 วิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ต้นทางโดยส่วนทวนสัญญาณ ส่วนทวนสัญญาณจะนำข้อมูลบางส่วนของข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ต้นทางมาทำการ AND กับ $2^{n-1} - 1$ เพื่อพิจารณาว่าจะทำการส่งข้อมูลนั้นต่อไปหรือหยุดการส่งข้อมูลนั้น
4. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 มีวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนรับสัญญาณ(receiver module) โดยส่วนทวนสัญญาณ ข้อมูลที่ได้รับโดยส่วนทวนสัญญาณดังกล่าวจะได้รับการตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมาจากอุปกรณ์ต้นทางหรือส่วนรับสัญญาณและจะทำการอ่านข้อมูลดังกล่าวเพื่อพิจารณาว่าจะทำการส่งข้อมูลนั้นต่อไปหรือหยุดการส่งข้อมูลนั้น
5. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 4 วิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนรับสัญญาณโดยส่วนทวนสัญญาณ ส่วนทวนสัญญาณจะนำข้อมูลบางส่วนของข้อมูลที่ได้รับมาทำการ AND กับ $0x100 - 2^n$ เพื่อพิจารณาว่าจะทำการส่งข้อมูลนั้นต่อไปหรือหยุดการส่งข้อมูลนั้น
6. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 ส่วนรับข้อมูลซึ่งได้รับข้อมูลที่ส่งผ่านส่วนทวนสัญญาณจำนวนหนึ่งจะทำการตรวจสอบข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลนั้นต้องการส่งมาที่ส่วนรับข้อมูลดังกล่าวหรือไม่ หากข้อมูลนั้นต้องการส่งมายังส่วนรับข้อมูลตามที่กำหนดไว้จริง ส่วนรับข้อมูลดังกล่าวก็จะทำตามคำสั่งที่ได้รับและส่งข้อมูลกลับไปโดยผ่านส่วนทวนสัญญาณที่อยู่ในมิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติอื่น ๆ เพื่อขยายสัญญาณและส่งผ่านข้อมูลไปยังอุปกรณ์ต้นทาง
7. ระบบอ่านคำมีเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติตามข้อถ้อยสิทธิที่ 1 อุปกรณ์ต้นทางซึ่งได้รับข้อมูลที่ส่งผ่านส่วนทวนสัญญาณจำนวนหนึ่งจะทำการตรวจสอบข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลนั้นต้องการส่งมาที่อุปกรณ์ต้นทางหรือไม่ หากข้อมูลนั้นต้องการส่งมายังอุปกรณ์ต้นทาง อุปกรณ์ต้นทางดังกล่าวก็จะนำข้อมูลที่ได้รับไปประมวลต่อไป



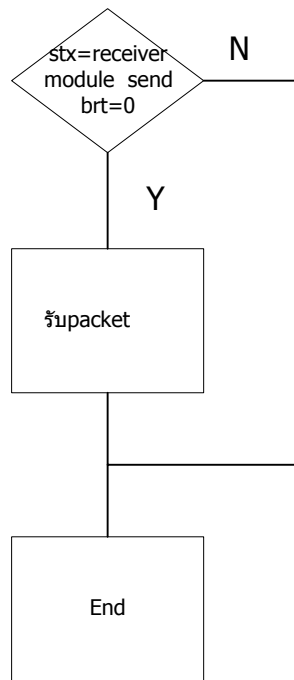
รูปที่ 1



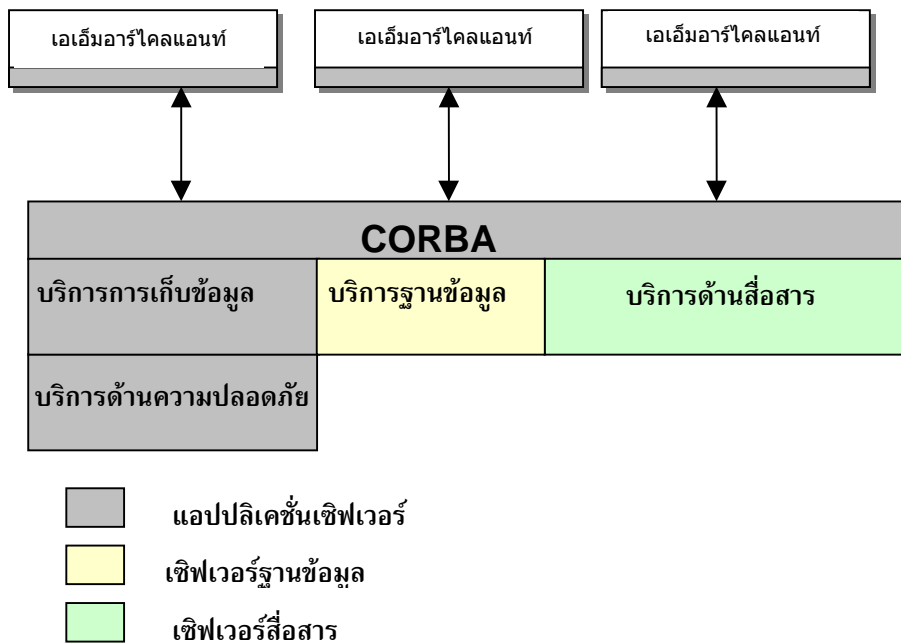
รูปที่ 2



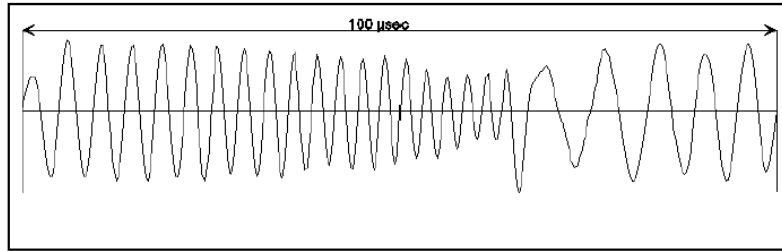
รูปที่ 3



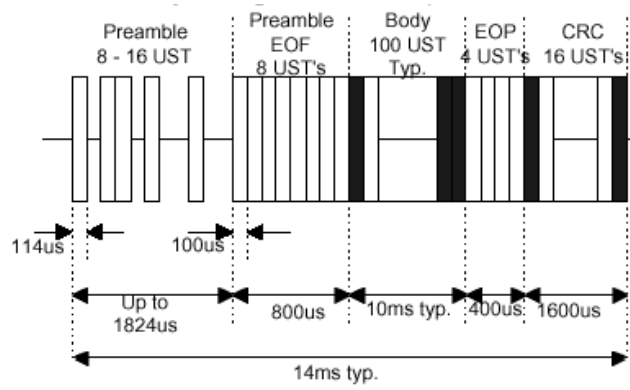
รูปที่ 4



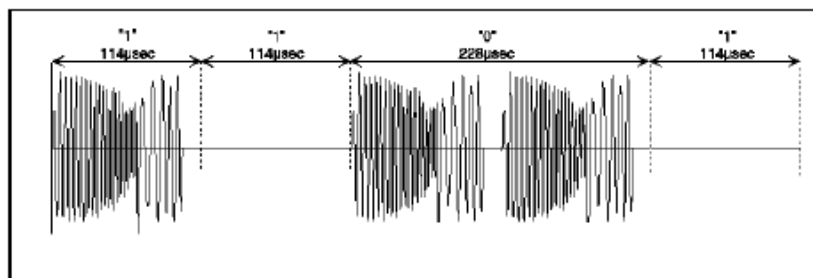
รูปที่ 5



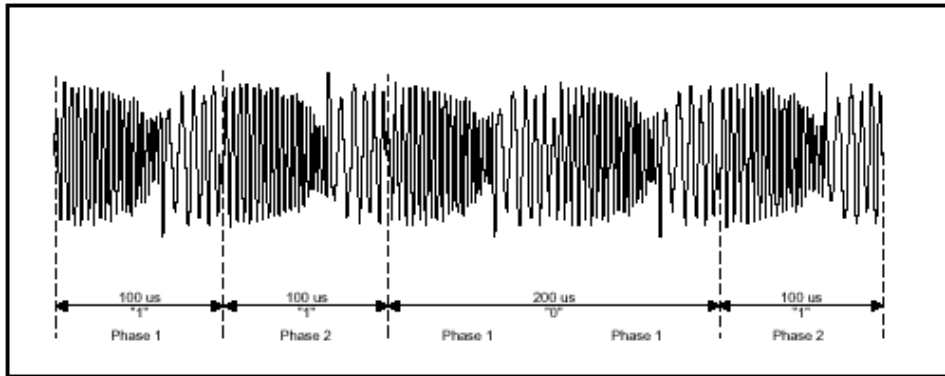
รูปที่ 6



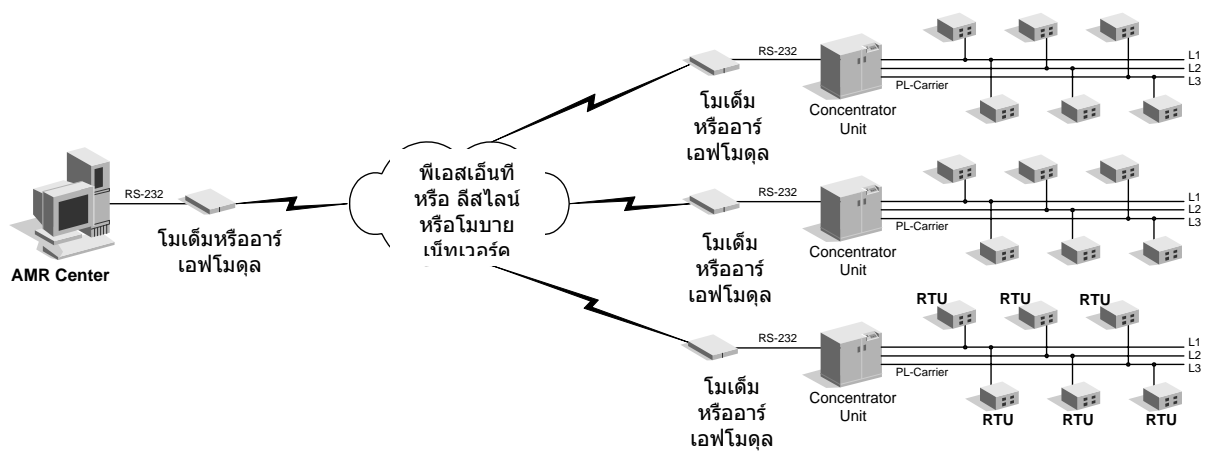
รูปที่ 7



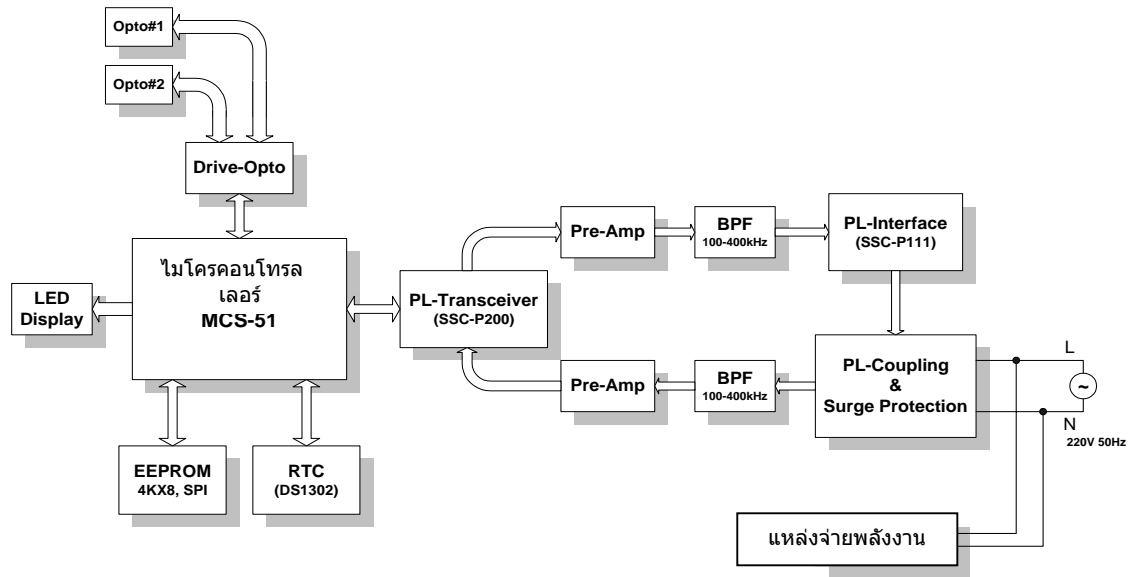
รูปที่ 8



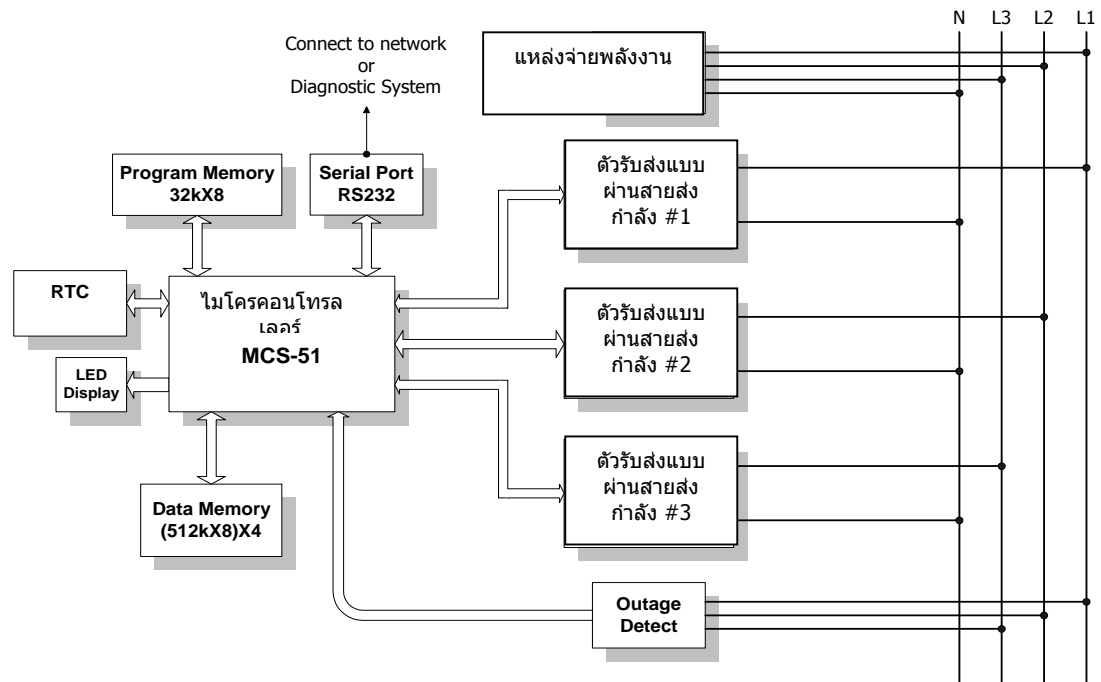
รูปที่ 9



รูปที่ 10



รูปที่ 11



รูปที่ 12