การพัฒนาระบบการอ่านค่ามิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

นายวิชิต พิบูลวิทยากุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF AN AUTOMETIC METER READING SYSTEM VIA MOBILE PHONE INFRASTRUCTURE

Mr. Wichit Pibulvittayakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบการอ่านค่ามิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
โดย	นายวิชิต พิบูลวิทยากุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศาชล ตั้งเสงี่ยมวิสัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิชิต พิบูลวิทยากุล : การพัฒนาระบบการอ่านค่ามิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านโครงข่าย
โทรศัพท์เคลื่อนที่. (A DEVELOPMENT OF AN AUTOMETIC METER READING
SYSTEM VIA MOBILE PHONE INFRASTRUCTURE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.วันเฉลิม โปร
62 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการพัฒนาระบบการอ่านค่าพลังงานจากเครื่องวัดโดยอัตโนมัติผ่า
โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ที่เพิ่มมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม และมีซ
ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน, ควบคุมการทำงานตามโพรโทคอลที่ได้ออกแบบ ข้อมูลที่อ่า
ได้จากมิเตอร์ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบขึ้น ในมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าใ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSP430F448 การสื่อสารผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในวิทยานิพนธ์นี้ใ
มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่สำเร็จรูปผ่านการเชื่อมต่อแบบจีเอสเอ็มในโหมดข้อมูล แหล่งจ่ายไฟแบ
สวิตชิ่งเพื่อใช้กับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้วงจรรวม TNY268 ของ Power Integrations ให้เป็
แหล่งจ่ายไฟขนาด 3.7 โวลต์ 2.5 แอมแปร์ โพรโทคอลชั้นประยุกต์ที่ใช้ในการสื่อสารได้ดัดแปลงจา
โพรโทคอล มาตรฐาน ANSI C12.18 – 1996 ในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 9600 บิตต่อวินาที โ
เพิ่มกระบวนการเข้ารหัสแบบ Blowfish เพื่อให้การส่งข้อมูลมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ทำการอ่
ได้จะถูกจัดเก็บลงฐานข้อมูลที่ใช้โปรแกรม PostgreSQL เป็นตัวจัดการบนคอมพิวเตอร์เพื่อนำไป
ประโยชน์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต วิชิต พิบูลวิทยากุล
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

4770452221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : Automatic Meter Reading / GSM MODEM

WICHIT PIBULVITTAYAKUL : A DEVELOPMENT OF AN AUTOMETIC METER READING SYSTEM VIA MOBILE PHONE INFRASTRUCTURE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.WANCHALERM PORA, Ph.D., 62 pp.

This thesis presents a development of an automatic meter reading system via mobile phone infrastructure. It is composed of energy meter and microcomputers with GSM module. The microcomputers have software equipped with graphic user interface, for controlling protocol the communication and database management. A microcontroller, MSP430F448 from Texas Instrument, are used in the energy meter for process operation and control protocol. And it has an IC TNY268 by Power Integrations, which is the main component of switching mode power supply in the energy meter. Its voltage output is 3.7 volts and it can drive current up to 2.5 A. Application layer protocol employs a modified ANSI C12.18 – 1996 Standard. The data is transmitted at a fixed 9600 bps rate. By adding the Blowfish encryption algorithm, the data security is enhanced. When reading, data from meter send to computer base. All read data is kept in a database which can be easily accessed for further utilizations.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Electrical Engineering Student's signature วิชิต พิบูลวิทยากุล

Field of study Electrical Engineering Advisor's signature

Academic year 2007

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเฉลิม โปรา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์และงานวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ พี่ไชยวัฒน์ ศรีวงศ์เจริญ และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในห้องปฏิบัติการวิจัยการออกแบบและประยุกต์วงจรรวมทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และขอบคุณสำหรับมิตรภาพและความรู้สึกดี ๆ ที่มีให้กันมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา อันเป็นที่เคารพรัก ที่คอยดูแลเอาใจใส่ และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมาจนกระทั่งมีวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ ..... ญ
สารบัญตาราง ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ 4
2.2 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 7
2.3 โพรโทคอลสำหรับติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ 8
2.3.1 รายละเอียดโดยสังเขปในระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer) 8
2.3.2 รายละเอียดของกลุ่มข้อมูลในระดับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) 9
2.3.3 การคำนวณหาค่าซีอาร์ซี 10
2.4 การเข้าและถอดรหัสลับแบบสมมาตร (Symmetric Cipher Model) 11
2.4.1 การเข้ารหัสลับแบบแทนที่ (Substitution Cipher) 11
2.4.2 การเข้ารหัสลับแบบย้ายข้าง (Transposition Cipher) 12
2.4.3 การเข้ารหัสลับแบบบล็อก (Block Cipher) 13
2.4.4 วิธีดำเนินการกับรหัสลับแบบบล็อก 14
2.4.5 ขั้นตอนการเข้ารหัสลับแบบบล็อกชนิด Blowfish 15
2.5 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 17
2.5.1 การทำงานของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ 19
2.5.2 การทำงานของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ 20
2.5.3 การทำงานของวงจรพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์ 20
2.5.4 การทำงานของวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 21
2.5.5 การทำงานของวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 21

2.6 การเลือกรูปแบบของวงจรแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่ง 22
2.7 ฐานข้อมูล 22
2.7.1 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล 23
2.7.2 ลักษณะของระบบจัดการฐานข้อมูลที่ดี 23
2.8 สรุปท้ายบท 25
บทที่ 3 รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ 26
3.1 โครงสร้างของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 26
3.2 วงจรส่วนไฟเลี้ยงมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (GSM Module) 27
3.3 วงจรติดต่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม 30
3.4 วงจร Turn On/Off มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม 30
3.5 สรุปท้ายบท 31
บทที่ 4 รายละเอียดโพรโทคอลที่ใช้สื่อสารกับมิเตอร์ 32
4.1 โพรโทคอลสำหรับสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 32
4.2 โพรโทคอลชั้นของการประยุกต์ 33
4.3 รายละเอียดของตารางข้อมูลต่างๆของกระบวนการอ่านและเขียน 36
4.3.1 ตารางข้อมูลของกระบวนการอ่าน 36
4.3.2 ตารางข้อมูลของกระบวนการเขียน 36
4.4 สรุปท้ายบท 37
บทที่ 5 รายละเอียดทางด้านซอฟต์แวร์ 38
5.1 ซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ของมิเตอร์ 38
5.2 ส่วนจัดการทางเวลา 38
5.3 โปรแกรมติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม 39
5.4 การเข้ารหัสให้กับข้อมูลด้วยขั้นตอน Blowfish 41
5.5 ซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ 43
5.6 โปรแกรมส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) 43
5.7 โปรแกรมสำหรับติดต่อกับมิเตอร์ 46
5.8 การออกแบบฐานข้อมูล 48
5.9 สรุปท้ายบท 50
บทที่ 6 การทดสอบและสรุปผล 51
6.1 การออกแบบระบบทดสอบ 51
6.2 การทดสอบการอ่านค่าจากมิเตอร์ 52
6.2.1 การสร้างช่องทางการสื่อสารผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 52
6.2.2 ทดสอบการอ่านค่าจากมิเตอร์ด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 52

6.2.3 ทดสอบความปลอดภัยจากการถูกลอบอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ระหว่างการสื่อสารด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 53
6.2.4 ผลการอ่านค่าจากมิเตอร์ด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 ดัดแปลง 54
6.2.5 ทดสอบความปลอดภัยจากการถูกลอบอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ระหว่างการสื่อสารด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 ดัดแปลง 55
6.3 ระบบการแจ้งเตือนไฟดับ 56
6.4 ทดสอบการทำงานของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ 56
6.5 ทดสอบระบบฐานข้อมูล 58
6.6 สรุปผลวิจัย 59
6.7 ข้อเสนอแนะ 60
รายการอ้างอิง 61
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 62

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบของการอ่านค่ามิเตอร์แบบต่างๆ 4
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของระบบอ่านค่ามิเตอร์ที่ใช้สายส่งกำลังเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล 5
รูปที่ 2.3 ระบบ AMR แบบใช้ส่งข้อมูลด้วยโมเด็มผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน 5
รูปที่ 2.4 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วยคลื่นวิทยุแบบประจำที่ 6
รูปที่ 2.5 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วยคลื่นวิทยุแบบเคลื่อนที่ 6
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของระบบโครงข่าย GSM 7
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนย่อยในแต่ละกระบวนการของระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer) 8
รูปที่ 2.8 รูปแบบของกลุ่มข้อมูลตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 9
รูปที่ 2.9 การคำนวณค่าซีอาร์ซีแบบ CRC-CCITT โดยใช้รีจิสเตอร์แบบเลื่อน 10
รูปที่ 2.10 กระบวนการเข้ารหัสแบบสมมาตร 11
รูปที่ 2.11 รูปแบบการเข้ารหัสแบบ Caesar Cipher ที่ให้ k = 3 12
รูปที่ 2.12 การเข้ารหัสแบบ Vigenere 12
รูปที่ 2.13 การเข้ารหัสแบบย้ายข้าง 13
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างโครงสร้างของส่วนสับเปลี่ยน และส่วนแทนค่า 13
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของ Product Cipher ที่เกิดจากการรวมกันของโครงสร้างพื้นฐาน 14
รูปที่ 2.16 โครงสร้างการเข้าและถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี ECB 14
รูปที่ 2.17 โครงสร้างการเข้าและถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี CBC 14
รูปที่ 2.18 โครงสร้างการเข้าและการถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี CFB 15
รูปที่ 2.19 โครงสร้างการเข้าและการถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี OFB 15
รูปที่ 2.20 แสดงขั้นตอนวิธีการเข้ารหัสแบบ Blowfish 16
รูปที่ 2.21 รายละเอียดของฟังก์ชัน F 17
รูปที่ 2.22 รูปแสดงความสัมพันธ์ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 18
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างของแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่ง 19
รูปที่ 2.24 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ 19
รูปที่ 2.25 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ 20
รูปที่ 2.26 วงจรพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์ 20
รูปที่ 2.27 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 21
รูปที่ 2.28 วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 21
รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 26
รูปที่ 3.2 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ 27
รูปที่ 3.3 ลักษณะขดลวดของหม้อแปลง 29
รูปที่ 3.4 วงจรคุมค่าแรงดัน 30
รูปที่ 3.5 วงจรติดต่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 30

รูปที่ 3.6 วงจรเปิด/ปิดมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ 31
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนต่างๆ ของการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 32
รูปที่ 4.2 กระบวนการต่างๆ ในการสื่อสารกับมิเตอร์ 34
รูปที่ 4.3 รายละเอียดของกระบวนการขอค่าสุ่มจากมิเตอร์ 34
รูปที่ 4.4 รายละเอียดของขั้นตอนการเข้าและถอดรหัสข้อมูลในกระบวนการความปลอดภัย 35
รูปที่ 4.5 รายละเอียดตารางข้อมูลของกระบวนการอ่านมิเตอร์ 36
รูปที่ 4.6 รายละเอียดตารางข้อมูลแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในรอบ 15 นาที 36
รูปที่ 4.7 รายละเอียดตารางข้อมูลของกระบวนการของการตั้งฐานเวลาให้กับมิเตอร์ 36
รูปที่ 5.1 โครงสร้างซอฟต์แวร์ของมิเตอร์ 38
รูปที่ 5.2 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการสื่อสาร 39
รูปที่ 5.3 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมตรวจสอบกลุ่มข้อมูลในการสื่อสาร 40
รูปที่ 5.4 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อย AppResponse 40
รูปที่ 5.5 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อย Perform Service 41
รูปที่ 5.6 แผนภูมิสายงานของขั้นตอนการเข้ารหัสข้อมูลด้วย Blowfish 42
รูปที่ 5.7 โครงสร้างซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ 43
รูปที่ 5.8 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ในการเก็บข้อมูล 44
รูปที่ 5.9 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ส่วนของข้อมูลผู้ใช้งาน 45
รูปที่ 5.10 แผนภูมิสายงานแสดงขั้นตอนการติดต่อกับฐานข้อมูล 46
รูปที่ 5.11 แผนภาพ ASM ควบคุมลำดับการทำงานของโพรโทคอล 47
รูปที่ 5.12 แผนภูมิสายงานควบคุมการทำงานในแต่ละกระบวนการ 48
รูปที่ 5.13 รูปแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละเอนทิตี 49
รูปที่ 6.1 มิเตอร์ที่ติดอุปกรณ์มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มและแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่ง 51
รูปที่ 6.2 มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม 51
รูปที่ 6.3 กราฟิกแสดงผลการอ่านค่าจากมิเตอร์ 56
รูปที่ 6.4 กราฟิกแสดงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า 57
รูปที่ 6.5 กราฟิกแสดงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า 57
รูปที่ 6.6 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าพลังงาน 58
รูปที่ 6.7 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางลูกค้า 58
รูปที่ 6.8 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าใช้จ่าย 58
รูปที่ 6.9 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางความเป็นเจ้าของ 59
รูปที่ 6.10 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าคงที่ 59

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลหม้อแปลง 29
ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงการทดสอบการส่งเอสเอ็มเอส 56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์

ในอดีตการอ่านค่าพลังงานไฟฟฟ้าจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าต้องใช้พนักงานในการจดค่าการใช้พลังงาน ต่อมาได้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงมาใช้ระบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติรองรับการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ หรือ ทีโอยู (TOU: Time Of Use) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า มิเตอร์ที่สามารถวัดและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาได้จึงเป็นสิ่งจำเป็น การปรับวันเวลาบนเครื่องวัด การบันทึกพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้โดยการเก็บค่าอัตราการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกๆ 15 นาทีไว้ในเครื่องวัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งของมิเตอร์ดังกล่าว แต่พนักงานไม่สามารถเก็บค่าการใช้พลังงานจากมิเตอร์แบบนี้ได้ด้วยวิธีการดูค่าพลังงานด้วยตาแล้วจดบันทึกได้อีกต่อไป

มิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่เพิ่มอุปกรณ์เพื่อช่วยในการอ่านค่าจากมิเตอร์แบบอัตโนมัติทำได้สะดวกและมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยรูปแบบที่ห้องปฏิบัติการวิจัยออกแบบและประยุกต์วงจรรวมพัฒนาขึ้นมาเป็นแบบใช้ลำแสงอินฟราเรด, แบบใช้โมเด็มผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน และแบบระบบอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยคลื่นวิทยุ ซึ่งแต่ละแบบที่ทางห้องปฏิบัติการวิจัยออกแบบและประยุกต์วงจรรวมพัฒนาขึ้นมานั้นยังไม่เหมาะสมกับกรณีที่ใช้งานในพื้นที่ห่างไกลและขาดโครงข่ายของโทรศัพท์พื้นฐาน เพราะหากใช้ระบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติข้างต้นมีค่าใช้จ่ายมากในกรณีของการใช้โมเด็ม และมีความไม่สะดวกในการใช้แบบลำแสงอินฟราเรด รวมทั้งแบบระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติด้วยคลื่นวิทยุเพราะอาจต้องเดินทางไปยังพื้นที่ห่างไกล ซึ่งการดำเนินงานที่จะต้องเดินทางไปหน้างานอาจไม่สะดวกนัก ดังนั้นเพื่อรองรับกรณีดังกล่าวจึงทำการออกแบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีโครงข่ายครอบคลุมทั่วประเทศ ทำให้พนักงานไม่ต้องเดินทางไปหน้างานเพื่อเก็บค่ามิเตอร์และไม่ต้องลงทุนตั้งเสาโทรศัพท์พื้นฐานเพิ่ม โดยระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นประกอบด้วยมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม สำหรับติดกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์สำหรับติดต่อสื่อสาร

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างมิเตอร์กับคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่มิเตอร์ส่งให้จะทำการส่งเข้าระบบฐานข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยผู้ที่จะเข้าถึงข้อมูลที่ได้มาเหล่านี้จะมีการกำหนดสิทธิไว้ เช่น ผู้ดูแลระบบสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการคิดค่าใช้บริการแบบอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ แล้วเก็บเข้าฐานข้อมูลได้ และ สามารถแก้ไขค่าบางอย่างในฐานข้อมูลได้ ส่วนบุคคลผู้ใช้บริการทั่วไป มีสิทธิในการดูข้อมูลได้เพียงอย่างเดียวตามสิทธิที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูลเท่านั้น ในการใช้งานได้ทำการออกแบบหน้าต่างสำหรับติดต่อผู้ใช้งานออกเป็นส่วนๆ คือ ส่วนของการติดต่อข้อมูลกับมิเตอร์ซึ่งมีส่วนที่แสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากการอ่านข้อมูลเข้ามาแล้วนำข้อมูลที่ได้รับส่งข้อมูลเข้าไปยังฐานข้อมูล ซึ่งได้ทำการออกแบบโดยใช้ PostgreSQL เป็นซอฟต์แวร์ด้านระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งมีข้อดีคือเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ Open Source สามารถนำมาใช้งานได้

โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์ในการใช้งานทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และส่วนที่เหลือของโปรแกรมติดต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูลเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบโพรโทคอลโดยพัฒนาจากมาตรฐาน ANSI C12.18 - 1996 สำหรับการสื่อสารระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ากับคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานในระบบอ่านค่าพลังงานจากมิเตอร์โดยอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading (AMR)) ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
2. พัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์สำหรับติดต่อกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า และโอนย้ายข้อมูลที่อ่านมาจากมิเตอร์ เก็บลงในฐานข้อมูล
3. ระบบแจ้งเตือนไฟดับ จากมิเตอร์โดยผ่านบริการ SMS

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบโพรโทคอลที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับอ่านผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเขียนข้อมูลต่างๆโดยดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ANSI C12.18-1996
2. พัฒนาระบบ AMR สำหรับติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ มีคุณสมบัติดังนี้
    2.1 อ่านพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
    2.2 อ่านค่าวันเวลาจากฐานเวลาของมิเตอร์ และสามารถตั้งเวลาบนเครื่องวัดใหม่ได้หากเวลาคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนดไว้
    2.3 มีการเข้ารหัสข้อมูลให้กับรหัสผ่านที่จะทำการส่งไปยังมิเตอร์เพื่อรักษาความปลอดภัย
    2.4 การแจ้งเตือนอัตโนมัติด้วย SMS
3. พัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์สำหรับทำหน้าที่ดังต่อไปนี้
    3.1 นำข้อมูลที่อ่านมาจากมิเตอร์พลังงานไฟฟ้าทุกตัวมาเก็บลงในฐานข้อมูล
    3.2 ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
    3.3 นำข้อมูลที่อ่านได้นำมาคำนวณค่าไฟฟ้าแบบอัตราก้าวหน้าได้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาระบบ AMR แบบต่างๆ
2. ศึกษาโพรโทคอลสำหรับการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านพลังงานไฟฟ้าและมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตามมาตรฐาน ANSI C12.18 - 1996
3. ศึกษารายละเอียดของกระบวนการเข้ารหัสและการตรวจสอบข้อผิดพลาด
4. พัฒนาโปรแกรมสำหรับการสื่อสารและการเข้ารหัสบนคอมพิวเตอร์
5. ออกแบบฐานข้อมูล และพัฒนาโปรแกรมสำหรับติดต่อกับฐานข้อมูลกับผู้ใช้งาน
6. ทดสอบการทำงานของระบบอย่างละเอียด และทดสอบประสิทธิภาพ ด้านการรักษาความปลอดภัยกับข้อมูลด้วยเทคนิคการเข้ารหัสที่ใช้
7. สรุปผลการทดลองและเริ่มเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มทางเลือกให้กับระบบการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์โดยอัตโนมัติ
2. ฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลมิเตอร์ที่สามารถนำไปใช้งานได้

1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งการนำเสนอเนื้อหาออกเป็น 6 บท ได้แก่ บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ ขอบเขต และวิธีการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ บทที่ 2 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งจะถูกนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ บทที่ 3 อธิบายโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ของชิ้นงานทั้งหมดที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา บทที่ 4 กล่าวถึงรายละเอียดของโพรโทคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับตัวมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ บทที่ 5 อธิบายรายละเอียดซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรเลอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของมิเตอร์ และ คอมพิวเตอร์สำหรับอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ บทสุดท้ายคือบทที่ 6 ประกอบด้วยผลการทดสอบการทำงานต่าง ๆ ของชิ้นงานโดยละเอียด รวมทั้งการสรุปผล และข้อเสนอแนะต่าง ๆ

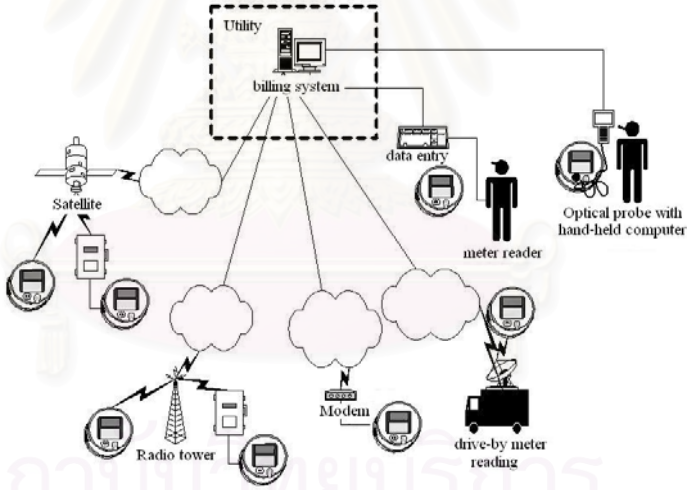
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ

ในอดีตการอ่านค่ามิเตอร์จะใช้พนักงานเข้าไปอ่านมิเตอร์แบบจานหมุน แต่เนื่องจากการเข้ามามีบทบาทของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาซึ่งเป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เริ่มมีการพัฒนาการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading (AMR))[2] เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย และความถูกต้องในการอ่านมิเตอร์ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้รูปแบบการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติมีบทบาทและความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ข้อดีของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ คือ ช่วยลดต้นทุนในการเก็บข้อมูล, เพิ่มประสิทธิภาพในการอ่านค่าและออกใบเสร็จ, ปรับปรุงความแม่นยำในการอ่านมิเตอร์ และเพิ่มความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการไฟฟ้า จากรูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบต่าง ๆ เริ่มจากการใช้ พนักงานไปเดินจดค่า, การใช้พอร์ตแสงอินฟราเรด [4], การใช้เครือข่ายโทรศัพท์, การใช้คลื่นวิทยุ และการใช้เครือข่ายดาวเทียม



รูปที่ 2.1 รูปแบบของการอ่านค่ามิเตอร์แบบต่างๆ

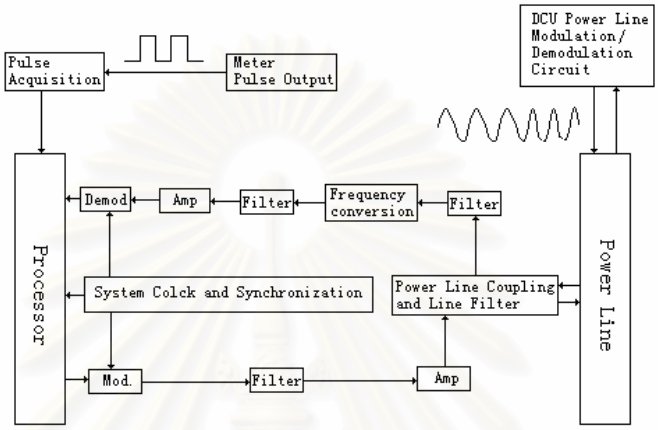
การพิจารณาความเหมาะสมกับการเลือกใช้เทคนิคและตัวกลางในการสื่อสารแบบต่างๆ [7] สำหรับระบบการอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัตินั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่เป็นสำคัญ ซึ่งรายละเอียดของระบบการอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัติ แบบต่างๆ มีดังนี้

1) การใช้อินฟราเรด

เป็นการใช้อุปกรณ์มือถือที่มีช่องอินฟราเรดในการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์เหมาะแก่การอ่านค่ามิเตอร์ระยะใกล้ ข้อดีของการประยุกต์ใช้อินฟราเรดคือ มีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับระบบการอ่านค่ามิเตอร์อัตโนมัติแบบอื่นๆ ใช้กำลังงานต่ำ และมีการทำงานไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือต้องเดินทางไปหน้างานเพื่อเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากระยะทำการในการอ่านค่ามิเตอร์มีระยะใกล้เพียงไม่กี่เมตร

2) การใช้สายส่งกำลัง

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ประโยชน์จากสายส่งกำลังที่มีอยู่แล้วมาใช้เป็นตัวนำในการสื่อสารของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณพาห์ที่เป็นไฟสลับความถี่สูง (โดยทั่วไปอยู่ในย่าน 9 kHz ไปจนถึง 20 MHz) เข้าไปในสายส่งกำลังและการมอดูเลตสัญญาณพาหะนี้เข้ากับข้อมูลที่มาจากส่วนจำเพาะเชื่อมต่อกับมิเตอร์หรือจากตัวรวบรวมข้อมูลโดยใช้โมเด็มชนิดส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลัง (Power Line Modem) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

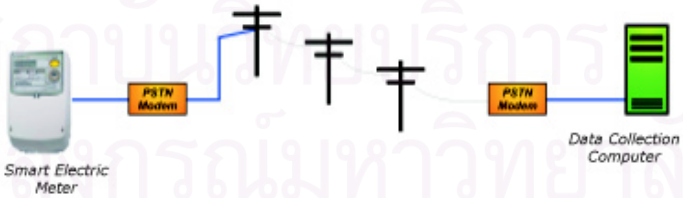


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของระบบอ่านค่ามิเตอร์ที่ใช้สายส่งกำลังเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล

ข้อดีของวิธีนี้คือ เป็นการใช้ประโยชน์จากสายส่งพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่แล้ว แต่วิธีนี้ก็มีปัญหาอยู่มาก ยกตัวอย่างเช่น ไม่สามารถส่งได้ในระยะไกล เพราะสายส่งสามารถเป็นตัวลดทอนสัญญาณพาหะที่มีความถี่สูงได้ สัญญาณไม่สามารถถูกส่งผ่านข้ามหม้อแปลงแรงดันสูงของการไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการแทรกสอดไปรบกวนกับคลื่นวิทยุได้ และถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนจากแหล่งต่าง ๆ ได้ง่าย เป็นต้น

3) การใช้ระบบโทรศัพท์

เป็นการใช้โครงข่ายของโทรศัพท์พื้นฐาน ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าตามบ้านส่วนใหญ่มีหมายเลขโทรศัพท์เป็นของตนเองอยู่แล้ว ข้อมูลจากมิเตอร์จะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมผ่านทางสายโทรศัพท์โดยใช้โมเด็ม



รูปที่ 2.3 ระบบ AMR แบบใช้ส่งข้อมูลด้วยโมเด็มผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน

ข้อดีของระบบนี้คือ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากใช้ระบบเดิมที่มีอยู่แล้วดังรูปที่ 2.3 และสามารถส่งได้ในระยะไกลจึงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวรวบรวมช่องสัญญาณ (Data Concentrator Unit) สำหรับเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ในบริเวณใกล้เคียงก่อน แต่ในกรณีไม่มีสายโทรศัพท์ใกล้มิเตอร์ต้องมีความจำเป็นในการลงทุนเดินสายโทรศัพท์ให้อยู่ใกล้กับมิเตอร์ ทำให้ต้องเสียค่าติดตั้งเพิ่มเติมค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลที่ยังไม่มีโทรศัพท์พื้นฐาน

4) การใช้คลื่นวิทยุ

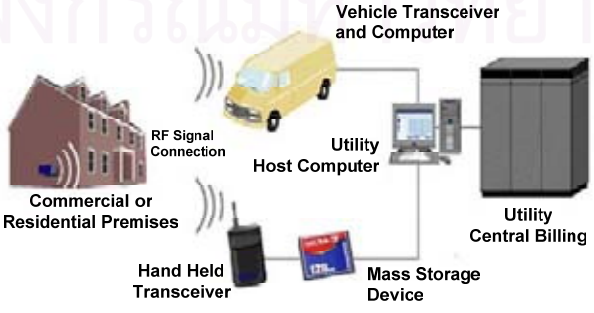
เป็นการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุในระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติเป็นรูปแบบการสื่อสารที่มีแนวโน้มในการใช้งานมาก วิธีนี้มีความหลากหลายในการสื่อสารมากที่สุด มีความสะดวกในการใช้งานและติดตั้งระบบ รวมทั้งมีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ค่อนข้างสูงดังนั้นทางห้องปฏิบัติการวิจัยออกแบบและประยุกต์วงจรรวมได้ทำการพัฒนาระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติด้วยคลื่นวิทยุ[1] การใช้คลื่นวิทยุนี้ยังรวมถึงการนำเทคโนโลยี GSM, BlueTooth และ GPRS มาใช้ในระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วย แต่อาจมีปัญหาของการแทรกสอดคลื่นวิทยุหากในพื้นที่ไม่มีการจัดสรรความถี่อย่างเหมาะสม

โดยระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติโดยใช้คลื่นวิทยุแบ่งลักษณะการใช้งานเป็น 2 ประเภทคือ

(1) <u>ระบบประจำที่ (Fixed Radio)</u> อุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุที่เป็นตัวเก็บข้อมูลจะถูกติดตั้งอยู่ตามเสาหรือตามตึกที่อยู่ใกล้กับมิเตอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากมิเตอร์ และ ส่งสัญญาณนี้ต่อไปยังสำนักงานกลางโดยอาจใช้เครือข่ายการสื่อสารอื่นร่วมด้วย เช่น โครงข่ายโทรศัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยการใช้งานประเภทนี้จำเป็นต้องมีการส่งคลื่นวิทยุที่มีกำลังค่อนข้างสูงและต้องมีการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์บนแสาสำหรับส่งคลื่นวิทยุ แต่มีข้อดีคือสามารถอ่านค่ามิเตอร์โดยที่ไม่ต้องเดินทางไปยังหน้างานที่ห่างไกล

รูปที่ 2.4 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วยคลื่นวิทยุแบบประจำที่

(2) <u>ระบบเคลื่อนที่ (Mobile Radio)</u> เป็นวิธีที่ให้ตัวอ่านค่ามิเตอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์รับส่งคลื่นวิทยุติดอยู่เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปใกล้กับมิเตอร์ในระยะปฏิบัติการ โดยอุปกรณ์ที่ใช้อาจมีลักษณะที่สามารถพกพาได้ (Hand-Held) หรือถูกติดตั้งอยู่บนรถเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

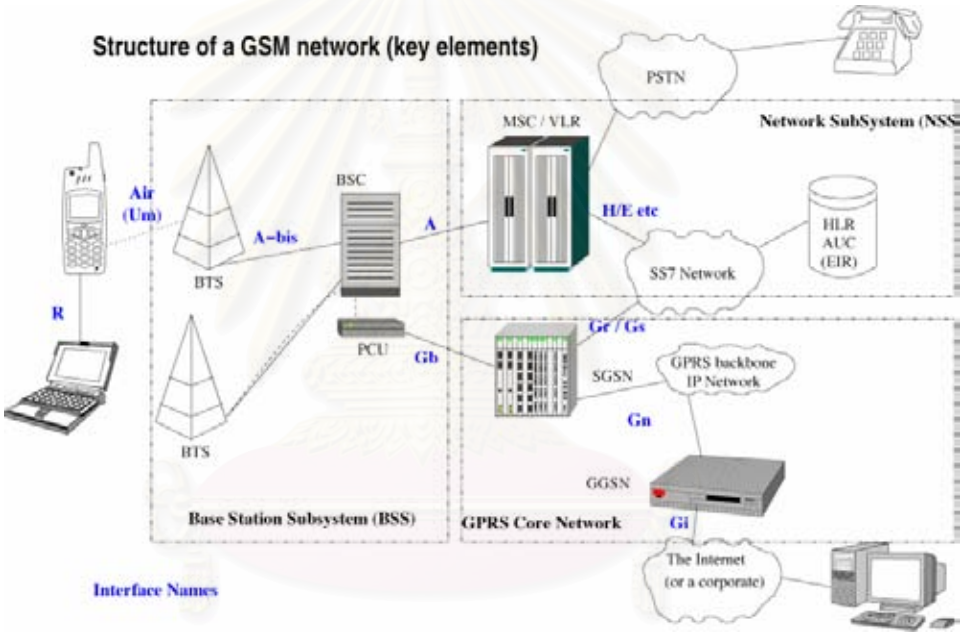


รูปที่ 2.5 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วยคลื่นวิทยุแบบเคลื่อนที่

2.2 ระบบอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในการส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถส่งข้อมูลได้ด้วย Global System for Mobile Communications (GSM)[6] และ General Packet Radio Service (GPRS) โดยแต่ละแบบสามารถส่งข้อมูลได้แตกต่างกัน คือ

1) ระบบ GSM สามารถส่งข้อมูลประเภทข้อมูลได้ด้วย
   - Data mode, Voice mode
   - Short Message Service (SMS)
2) ระบบ GPRS เป็นเทคโนโลยีที่อยู่ระหว่าง ยุค 2G และ 3G โดยอาศัยช่องสัญญาณตามช่วงเวลา TDMA ที่ไม่ได้ใช้งาน สามารถทำให้อัตราการส่งข้อมูลได้มากกว่าระบบ GSM ทำให้สามารถส่งผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ และติดต่อกับอินเตอร์เนตได้ ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ E- mail, FTP และ PPP



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของระบบโครงข่าย GSM

จากรูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของระบบโครงข่าย GSM โดยมีการติดต่อกับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานและการเชื่อมต่อเข้าอินเตอร์เนต โดยสัญญาณจะส่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยัง BSS แล้วส่งต่อไปที่ NSS เพื่อติดต่อกับโทรศัพท์พื้นฐาน ส่วนติดต่อกับอินเตอร์เนตจะใช้ GPRS ส่งจาก BSS ผ่าน GPRS Core Network เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณ ในการใช้ทั่วไปเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำการโทร ก็จะทำการติดต่อสำหรับเครือข่ายสถานีฐาน (Base Station Subsystem) จะมีหน้าที่หลักในการติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยรับคำสั่งต่างๆ มาจากโครงข่ายชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในโครงข่ายสถานีฐานออกเป็นตัวสถานีฐาน (Base Transceiver Station) และชุมสายย่อย (Base Station Controller) ซึ่งในภาพรวมโครงข่ายสถานีฐานยังมีหน้าที่การทำงานอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการสร้างวงจรสื่อสาร ผ่านทางคลื่นความถี่ ไปยังเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกหลายประการ เช่น การเข้ารหัสข้อมูล ที่ถูกส่งผ่าน คลื่นความถี่วิทยุ เพื่อป้องกันการลักลอบดักฟังโดยบุคคลที่สาม

ในวิทยานิพนธ์นี้ทำการพัฒนาระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติโดยผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้ระบบ GSM แบบ Data mode ซึ่งมีข้อดีคือสามารถทำการอ่านค่ามิเตอร์ได้ในระยะไกล โดยลงทุนเพิ่มไม่มากเนื่องจากในปัจจุบันได้มีการวางโครงข่ายอยู่แล้วซึ่งมีความครอบคลุมพื้นที่มากมากกว่าระบบโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน อย่างไรก็ตามในระบบของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีระบบ GPRS ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลได้เร็วกว่าระบบ GSM แบบ Data mode แต่ระบบ GPRS จะมีข้อเสียเรื่องค่าใช้จ่ายที่แพง

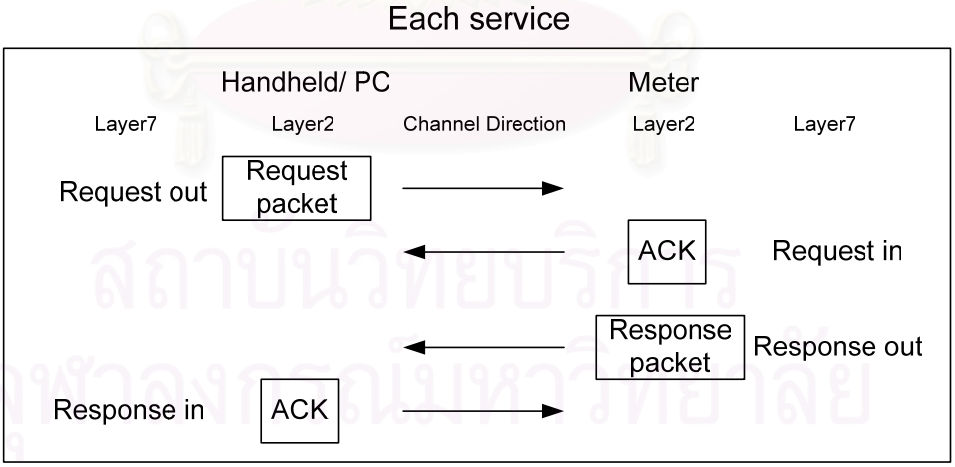
การติดต่อ GSM แบบ Data mode จะใช้เทคนิคดังนี้คือใช้มอดูล 2 ตัวทำการติดต่อกันโดยในการติดต่อกันใน Data mode จากนั้นจะทำการสื่อสารกันโดยใช้โพรโทคอล โดยได้ดัดแปลงตามโครงสร้างของโพรโทคอลตามมาตรฐาน ANSI C12.18 – 1996

2.3 โพรโทคอลสำหรับติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์

การติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ากับคอมพิวเตอร์หรือศูนย์ข้อมูลที่ได้พัฒนาโดยใช้โครงสร้างของโพรโทคอลตามมาตรฐาน ANSI C12.18 – 1996 [5] เป็นหลัก ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดโดยการแบ่งเป็นลำดับชั้น ตามรูปแบบของการเชื่อมต่อระหว่างระบบเปิด (Open System Interconnection หรือ OSI) ด้วยกันทั้งหมด 3 ระดับชั้น คือ ระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer) ระดับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) และ ระดับชั้นที่เกี่ยวกับทางกายภาพ (Physical Layer)

2.3.1 รายละเอียดโดยสังเขปในระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer)

กระบวนการ (Service) ต่างๆ ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างตัวมิเตอร์กับคอมพิวเตอร์หรือศูนย์ข้อมูลที่จะมาอ่าน ในแต่ละกระบวนการจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อยคือ ขั้นตอนการร้องขอ (Request) และขั้นตอนการตอบสนอง (Response) ดังในรูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการต่างๆ ได้แก่



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนย่อยในแต่ละกระบวนการของระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer)

1) กระบวนการระบุ (Identification Service)

เป็นกระบวนการที่ต้องทำเป็นลำดับแรกหลังจากที่มีการเชื่อมต่อช่องทางการสื่อสารขึ้นกระบวนการนี้ใช้สำหรับร้องขอดูรายละเอียดของรุ่น (Version) และรุ่นของการปรับปรุง (Revision) ของโพรโทคอลบนตัวมิเตอร์ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการต่อไป

2) กระบวนการเจรจา (Negotiate Service)

เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับตั้งหรือเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารกับมิเตอร์ไปจากค่าเริ่มต้น (Default Value) ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ได้แก่ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ขนาดและจำนวนของกลุ่มข้อมูล (Packet) มากสุดที่รองรับได้

3) กระบวนการลงบันทึกเปิด (Logon Service)

ใช้สำหรับร้องขอการเริ่มต้นเข้าสู่ช่วงเวลาสื่อสาร (Session State) โดยการส่งหมายเลขของผู้ใช้ และชื่อของผู้ใช้ที่ทำการลงบันทึกเปิดไปในขั้นตอนร้องขอด้วย ข้อมูลของผู้ใช้เหล่านี้จะถูกเก็บอยู่ในส่วนลงบันทึกเหตุการณ์ (History Logs) บนตัวมิเตอร์ด้วย

4) กระบวนการักษาความปลอดภัย (Security Service)

ถูกใช้สำหรับการอนุญาตหรือกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลให้กับแต่ละตารางข้อมูลบนตัวมิเตอร์ โดยการส่งรหัสผ่านไปในขั้นตอนร้องขอ

5) กระบวนการอ่าน (Read Service)

เป็นกระบวนการที่ใช้อ่านข้อมูลที่อยู่ในตารางข้อมูลแต่ละชุดบนตัวมิเตอร์ออกมา ในการอ่านข้อมูลจะต้องทำการระบุหมายเลขของตารางข้อมูลไปด้วย นอกจากนี้ยังสามารถเลือกได้ว่าต้องการอ่านข้อมูลทั้งหมดในตารางข้อมูลหรืออ่านเป็นบางส่วนตามรูปแบบของขั้นตอนร้องขอของกระบวนการอ่าน

6) กระบวนการเขียน (Write Service)

ใช้สำหรับเขียนข้อมูลลงไปในตารางข้อมูลที่อยู่บนตัวมิเตอร์ตามหมายเลขตารางข้อมูลที่อยู่ในขั้นตอนร้องขอ เป็นกระบวนการที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับกระบวนการอ่านข้อมูล

7) กระบวนการลงบันทึกปิด (Logoff Service)

ตรงข้ามกับกระบวนการลงบันทึกเปิดคือ ใช้ร้องขอการออกจากช่วงเวลาการสื่อสารซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยกระบวนการลงบันทึกเปิด โดยค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการเจรจาจะยังคงเดิมอยู่

8) กระบวนการทำให้สิ้นสุด (Terminate Service)

ใช้สั่งยกเลิกช่องทางการสื่อสารที่ถูกสร้างขึ้นโดยทันที และ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารซึ่งถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการเจรจาจะถูกเซตเป็นค่าเริ่มต้นใหม่หมด

ดังนั้นในการสื่อสารเพื่อติดต่อกับตัวมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปนั้นจะประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ตามลำดับต่อไปนี้

กระบวนการระบุ -> กระบวนการเจรจา -> กระบวนการลงบันทึกเปิด -> กระบวนการรักษาความปลอดภัย -> กระบวนการอ่านหรือเขียน -> กระบวนการทำให้สิ้นสุด

2.3.2 รายละเอียดของกลุ่มข้อมูลในระดับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer)

รูปแบบของกลุ่มข้อมูลตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างมิเตอร์กับคอมพิวเตอร์หรือศูนย์ข้อมูลนั้น ประกอบไปด้วยเขตข้อมูล (Field) ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

Stp	Reserved	Ctrl	Seq_nbr	Length	Data	CRC
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	x bytes	2 bytes

รูปที่ 2.8 รูปแบบของกลุ่มข้อมูลตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996

- <Stp> มีค่าเป็น 0xEE เพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นไบต์แรกของกลุ่มข้อมูล (Start Of Packet)
- <Reserved> จองไว้สำหรับโรงงานหรือการไฟฟ้า หากไม่มีการใช้งาน มีค่าเป็น 0x00
- <Ctrl> บิตที่ 7 ใช้บอกชนิดของกลุ่มข้อมูลว่าเป็นแบบกลุ่มข้อมูลเดี่ยว (Single Packet) หรือเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มข้อมูลแบบหลายกลุ่ม (Multiple Packet)

  บิตที่ 6 หากมีค่าเป็น “1” แสดงว่าเป็นกลุ่มข้อมูลกลุ่มแรกของกลุ่มข้อมูลแบบหลายกลุ่ม

  บิตที่ 5 ถูกใช้เป็นบิตสลับ (Toggle) เพื่อป้องกันการรับกลุ่มข้อมูลซ้ำ บิตนี้จะถูกสลับไปมาทุกครั้งที่มีการส่งกลุ่มข้อมูลใหม่ออกมา
- <Seq_nbr> แสดงถึงลำดับของกลุ่มข้อมูลในกรณีของการรับส่งข้อมูลแบบหลายกลุ่มข้อมูล โดยกลุ่มข้อมูลแรกจะมีหมายเลขลำดับเท่ากับ (จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมด – 1) ส่วนกลุ่มข้อมูลสุดท้ายหรือกลุ่มข้อมูลเดี่ยวจะมีค่าเป็น 0x00
- <Length> ใช้บอกความยาวของเขตข้อมูล <Data> โดยมีหน่วยเป็นไบต์
- <Data> เป็นเขตของข้อมูลที่แท้จริงที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ในระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer)
- <CRC> เป็นค่าการตรวจสอบด้วยส่วนซ้ำซ้อนแบบวน (Cyclic Redundancy Check) ของกลุ่มข้อมูลกลุ่มข้อมูลนั้นเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของกลุ่มข้อมูล

2.3.3 การคำนวณหาค่าซีอาร์ซี

ค่าซีอาร์ซี คือเศษเหลือจากการหารค่าฟังก์ชัน Polynomial ดังแสดงในสมการ

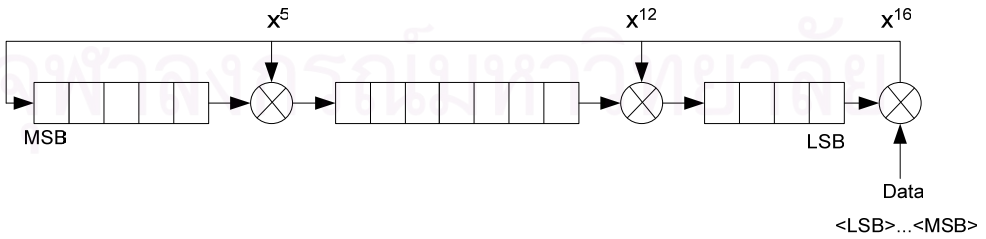
$$\text{ค่าซีอาร์ซี} = \text{เศษของการหารค่า } \frac{x^{n-p}[P(x)]}{G(x)}$$

โดย P(x) คือ Polynomial function ของข้อมูลที่จะถูกนำมาคำนวณ

G(x) คือ Generator Polynomial function ซึ่งเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐานของ CRC-CCITT ซึ่งเป็นแบบที่ใช้คำนวณค่าซีอาร์ซีให้กลับแต่ละกลุ่มข้อมูลตามมาตรฐาน C12.18 – 1996 ใช้ค่า G(x) = $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ในการคำนวณ

n คือจำนวนบิตของข้อมูลทั้งหมดในเฟรมที่รวมจำนวนบิตของค่าซีอาร์ซีเข้าไปด้วย

p คือจำนวนบิตของข้อมูล P(x) เพียงอย่างเดียว



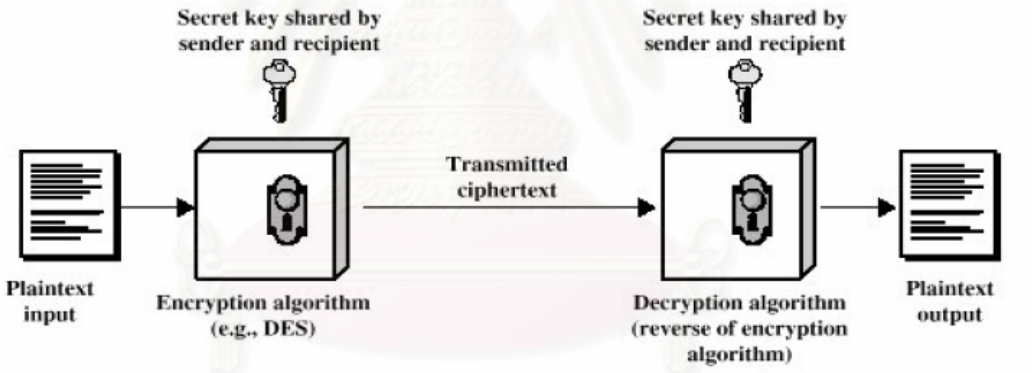
รูปที่ 2.9 การคำนวณค่าซีอาร์ซีแบบ CRC-CCITT โดยใช้รีจิสเตอร์แบบเลื่อน

เพื่อให้การคำนวณค่าซีอาร์ซี สามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยการออกแบบฮาร์ดแวร์หรือการเขียนโปรแกรมได้โดยง่าย การคำนวณค่าซีอาร์ซีจึงสามารคำนวณได้โดยใช้โครงสร้างของรีจิสเตอร์แบบเลื่อนทำงานร่วมกับตัวออร์เฉพาะ (Exclusive-OR) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงการหาค่าซีอาร์ซีแบบ CRC-CCITT โดยตำแหน่งของออร์เฉพาะในวงจรรีจิสเตอร์แบบเลื่อนจะสัมพันธ์กับ G(x) ที่ใช้

ตามที่มาตรฐาน ISO/IEC 3309:1993(E) ระบุไว้ ค่าเริ่มต้นในวงจรรีจิสเตอร์แบบเลื่อนก่อนการคำนวณจะถูกเซตเป็น “1” ทุกบิต จากนั้นข้อมูลจะถูกป้อนเข้าไปทีละบิตโดยเริ่มจากบิตต่ำสุด (Least Significant Bit) ก่อนจนครบ ค่าสุดท้ายที่ปรากฏอยู่ในวงจรรีจิสเตอร์แบบเลื่อนจะถูกนำไปกลับ (Invert) บิตอีกครั้ง ค่าสุดท้ายที่ได้คือค่าซีอาร์ซีของแต่ละกลุ่มข้อมูล

2.4 การเข้าและถอดรหัสลับแบบสมมาตร (Symmetric Cipher Model)

การเข้ารหัสข้อมูลเป็นวิธีการที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการรักษาความลับของข้อมูลที่ประหยัดและคุ้มค่า การเข้ารหัสข้อมูลเป็นกระบวนการแปลงรูปแบบข้อมูลที่ต้องการจะเข้ารหัส (Plain Text) ผ่านกระบวนการเข้ารหัส (Encryption Algorithm) ทำให้ได้ข้อมูลที่เข้ารหัสแล้วออกมา (Cipher Text) จากนั้นทำกระบวนการกลับกันเรียกว่าการถอดรหัสข้อมูล (Decryption Algorithm) โดยการถอดรหัสข้อมูลข้อใช้กุญแจ (Key Message) ในการถอดรหัส ซึ่งในการเข้าและถอดรหัสลับแบบสมมาตรใช้กุญแจตัวเดียวกัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กระบวนการเข้ารหัสแบบสมมาตร

2.4.1 การเข้ารหัสลับแบบแทนที่ (Substitution Cipher)

การเข้ารหัสแบบนี้เป็นวิธีพื้นฐานของการเข้ารหัสที่นิยมใช้กันในช่วงเริ่มต้นของการคิดค้นการเข้ารหัสโดยใช้การแทนที่ของตัวอักษรแต่ละตัวของข้อมูลด้วยอักษรอีกตัวหนึ่ง แบ่งได้ 2 แบบ คือ

1) การแทนตัวอักษรแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (Monoalphabetic) เป็นการแทนที่ตัวอักษรตัวหนึ่งด้วยตัวอักษรอีกค่าหนึ่งเช่น แทนอักษร a ด้วย Z แทนอักษร b ด้วย G เป็นต้น

ตัวอย่างของรูปแบบการเข้ารหัส เช่น Caesar Cipher เข้ารหัสโดยการแทนที่ตัวอักษรที่มีระยะห่างคงที่ k เช่นการนับตัวอักษรไปข้างหน้า 3 ตัวเสมอ (k=3) แทนข้อความได้แก่

Plaintext : i came i saw passed the exam

Ciphertext : L FDPH L VDZ SDVVHG WKH HADP

ใช้อัลกอลิทึ่มที่ k = 3 ดังนี้

$$C = E(p) = (p + k) \bmod 26$$

$$P = D(c) = (C – k) \bmod 26$$

Plain (p):	a	b	c	d	e	f	g	h
Cipher (C):	D	E	F	G	H	I	J	K
Plain (p):	i	j	k	l	m	n	o	p
Cipher (C):	L	M	N	O	P	Q	R	S

รูปที่ 2.11 รูปแบบการเข้ารหัสแบบ Caesar Cipher ที่ให้ k = 3

2) การแทนตัวอักษรแบบหลากหลาย (Polyalphabetic) เป็นการใช้แทนตัวอักษรแบบหนึ่งต่อหนึ่งหลายชุดรวมกันเพื่อเข้ารหัสให้กับข้อมูล ตัวอย่างของการเข้ารหัสแบบนี้ คือ รหัสลับแบบ Vigenere

Message:	ENCRYPTIONEXAMPLE
Key:	KEYKEYKEYKEYKEYKE
Encryption:	ORABCNDMMXIVKQNVI

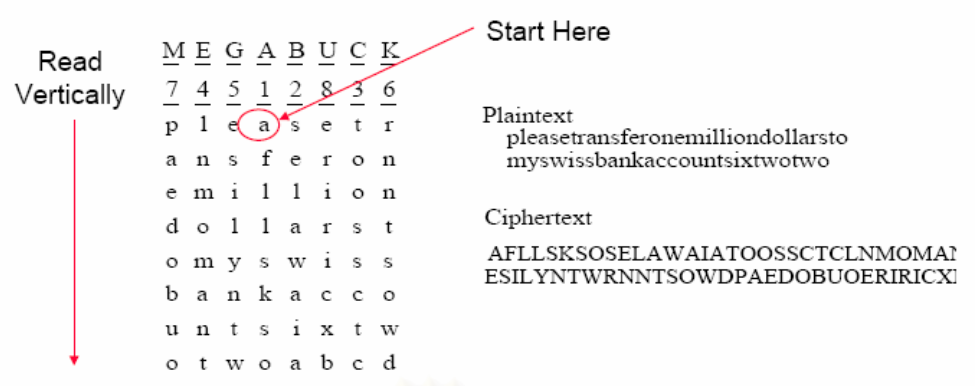
Encryption: $C_I = M_I + K_J \pmod{26}$

Decryption: $M_I = C_I – K_J \pmod{26}$

รูปที่ 2.12 การเข้ารหัสแบบ Vigenere

2.4.2 การเข้ารหัสลับแบบย้ายข้าง (Transposition Cipher)

กลวิธีดังกล่าวสามารถแสดงได้โดยรูปที่ 2.13 โดยข้อความที่ใช้เป็นกุญแจต้องไม่มีตัวอักษรซ้ำกันดังตัวอย่างซึ่งใช้คำว่า MEGABUCK หลังจากจัดเรียงข้อมูลให้เป็นไปตามรูปแบบแล้วจึงเริ่มดึงข้อมูลจากแต่ละสดมภ์ออกมาจัดเรียงใหม่โดยเรียงลำดับตามตัวอักษรของข้อความที่เป็นกุญแจ

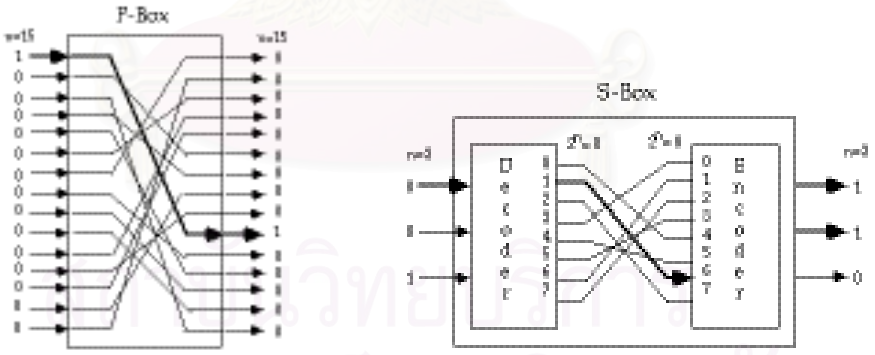


รูปที่ 2.13 การเข้ารหัสแบบย้ายข้าง

วิธีการเข้ารหัสในหัวข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในปัจจุบันเนื่องจากความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงและกลวิธีการวิเคราะห์รหัสลับ (Cryptanalysis) ที่หลากหลายทำให้เสี่ยงต่อการถูกถอดรหัสได้โดยง่าย

2.4.3 การเข้ารหัสลับแบบบล็อก (Block Cipher)

เป็นวิธีการเข้ารหัสที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การเริ่มต้นการเข้ารหัสด้วยวิธีนี้ ข้อมูลที่จะเข้ารหัสจะต้องถูกแบ่งออกเป็นบล็อกๆ โดยมีขนาดบล็อกละ n บิตก่อน เนื่องจากกระบวนการเข้ารหัสต้องทำกับข้อมูลทีละ n บิตเช่น 64 บิต หรือ 128 บิต ซึ่งแตกต่างจาก 2 แบบแรกที่กล่าวมาที่มีการดำเนินการแบบทีละ 1 ตัวอักษรหรือ 8 บิตเท่านั้น ดังนั้นกลวิธีการเข้ารหัสแบบบล็อกจึงมีความซับซ้อนกว่ามาก โครงสร้างพื้นฐานของการเข้ารหัสแบบบล็อกประกอบด้วย 2 ส่วนดังรูป 2.14

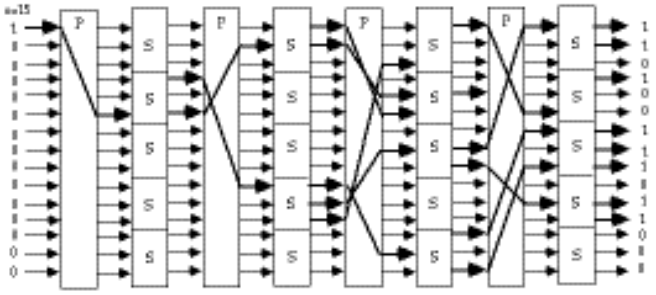


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างโครงสร้างของส่วนสับเปลี่ยน และส่วนแทนค่า

1) กล่องสับเปลี่ยน (Permutation box หรือ P – box) เป็นการนำหลักการเข้ารหัสแบบย้ายข้างมาใช้ คือ นำข้อมูลขาเข้ามาทำการสลับสับเปลี่ยนตำแหน่งบิตข้อมูลเสียใหม่

2) กล่องแทนค่า (Substitution หรือ box S – box) เป็นการนำหลักการเข้ารหัสแบบแทนที่ คือ การนำข้อมูลขาเข้าแทนที่ด้วยข้อมูลใหม่

โครงสร้างพื้นฐานดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาประกอบรวมกันหลายๆ ชั้นเพื่อให้มีความซับซ้อนมากขึ้นจนกลายเป็น Product Cipher ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.15 ซึ่ง เป็นพื้นฐานของการเข้ารหัสแบบบล็อกชนิดต่างๆ

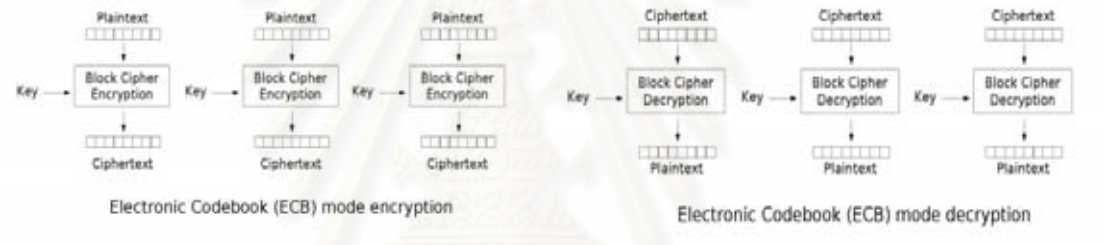


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของ Product Cipher ที่เกิดจากการรวมกันของโครงสร้างพื้นฐาน

2.4.4 วิธีดำเนินการกับรหัสลับแบบบล็อก

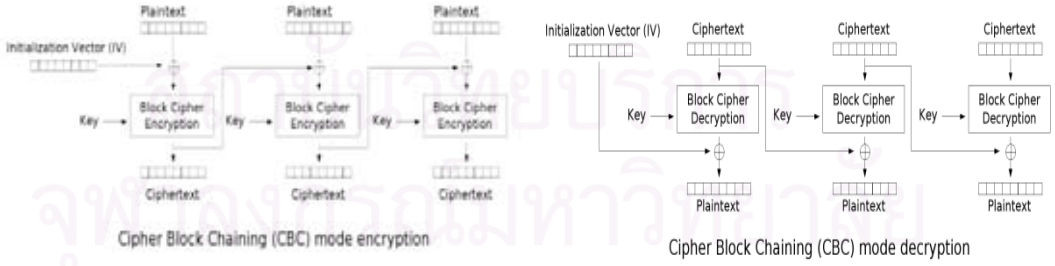
การนำข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสแบบแยกกันแต่ละบล็อกมาผ่านกระบวนการบางอย่างเพื่อทำให้รหัสลับมีความซ้ำซ้อนมากยิ่งขึ้น วิธีหลักๆ ที่ใช้ได้แก่

1) Electronic Codebook (ECB) ข้อมูลที่ยาวมากกว่า 1 บล็อกจะแบ่งออก โดยข้อมูลแต่ละบล็อกจะถูกเข้ารหัสแยกกันอย่างอิสระและไม่มีการดำเนินการใดๆ กับข้อมูลในบล็อกอื่นดังในรูปที่ 2.16



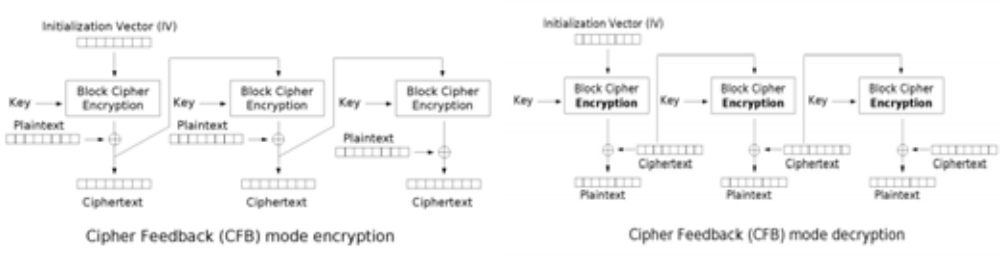
รูปที่ 2.16 โครงสร้างการเข้าและถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี ECB

2) Cipher Block Chaining (CBC) บล็อกข้อมูลที่เข้ารหัสจะถูกออร์เฉพาะกับข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสแล้วของบล็อกก่อนหน้า ทำให้รหัสลับแต่ละบล็อกมีความเกี่ยวเนื่องกันตลอด ดังแสดงในรูปที่ 2.17



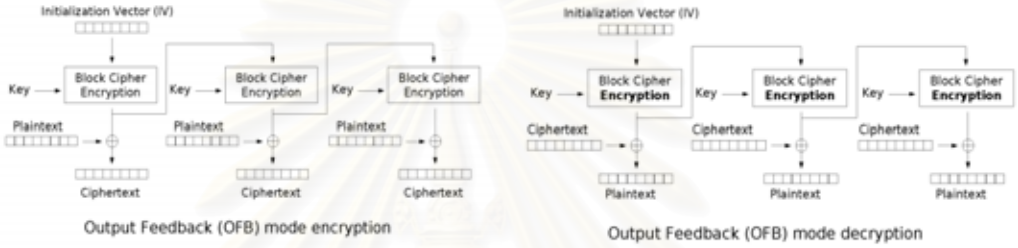
รูปที่ 2.17 โครงสร้างการเข้าและถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี CBC

3) Cipher Feedback (CFB) เนื่องจากในวิธีที่ 2) มีข้อเสียอีกประการคือ ต้องรอให้ข้อมูลทั้งบล็อกเข้ามาหมดเสียก่อนจึงเริ่มเข้ารหัสได้ วิธีนี้มีข้อดีกว่าตรงที่เป็นการเข้าและถอดรหัสแบบทีละไบต์ โดยการดึงเอาไบต์ด้านซ้ายสุดของข้อมูลที่ออกมาจากบล็อกเข้ารหัสมาทำการออร์เฉพาะกับข้อมูลที่จะถูกส่งออกไป ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงสร้างการเข้าและการถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี CFB

4) Output Feedback (OFB) วิธีนี้คล้ายกับวิธีที่ 3) แต่ต่างกันตรงแค่จุดที่นำไปป้อนกลับเป็นข้อมูลไบต์ซ้ายสุดที่ออกมาจากบล็อกเข้ารหัสแทนที่จะเป็น C_i ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 โครงสร้างการเข้าและการถอดรหัสแบบบล็อกด้วยวิธี OFB

2.4.5 ขั้นตอนการเข้ารหัสลับแบบบล็อกชนิด Blowfish

Blowfish เป็นขั้นตอนวิธีการเข้ารหัสแบบบล็อกชนิดหนึ่ง [8] มีคุณสมบัติและจุดเด่นของการเข้ารหัสด้วยวิธีการนี้ได้แก่

- บล็อกข้อมูลมีขนาด 64 บิต
- ความยาวของกุญแจมีขนาดได้ตั้งแต่ 32 บิตจนถึง 448 บิต ซึ่งยาวกว่าการเข้ารหัสแบบ DES ที่มีได้ยาวสุดเพียง 56 บิต ทำให้มีความปลอดภัยมากกว่า
- เร็วเมื่อเทียบกับการเข้ารหัสแบบบล็อกชนิดอื่น
- ใช้ทรัพยากรน้อย ใช้หน่วยความจำไม่ถึง 5 กิโลไบต์สำหรับเก็บกุญแจย่อย (Subkey)
- สะดวกในการประยุกต์ใช้ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
- ไม่มีการจดสิทธิบัตรหรือลิขสิทธิ์ จึงใช้กันอย่างแพร่หลาย

ส่วนประกอบสำคัญของการเข้ารหัสแบบ Blowfish คือ กลุ่มกุญแจย่อย (Subkeys) ซึ่งต้องถูกสร้างเอาไว้ก่อนที่จะถูกใช้ในการเข้ารหัสหรือถอดรหัส อันประกอบไปด้วย

1) กลุ่มของกล่องสับเปลี่ยนขนาด 32 บิต จำนวน 18 ชุด ได้แก่

$P_1, P_2, \ldots, P_{18}$

2) กลุ่มของกล่องแทนค่าขนาด 32 บิต จำนวน 256*4 ชุด ได้แก่

$S_{1,1}, S_{1,1}, \ldots, S_{1,254}\ S_{1,256}$

$S_{2,1}, S_{2,1}, \ldots, S_{2,254}\ S_{2,256}$

$S_{3,1}, S_{3,1}, \ldots, S_{3,254}\ S_{3,256}$

$S_{4,1}, S_{4,1}, \ldots, S_{4,254}\ S_{4,256}$

การสร้างกลุ่มของกุญแจย่อยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับทั้งกลุ่มของกล่องสับเปลี่ยน (P - BOX) และแทนค่า (S – BOX)

2. ทำการออร์เฉพาะ P1 กับค่ากุญแจขนาด 32 บิตแรก ออร์เฉพาะ P2 กับค่ากุญแจขนาด 32 บิตถัดไป และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนถึง P18

3. ทำการเข้ารหัสข้อมูลที่มีค่าเป็นศูนย์หมด (all – zero string) ด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish โดยใช้กุญแจย่อยที่ถูกสร้างขึ้นด้วยขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะได้ผลลัพธ์ขนาด 64 บิต

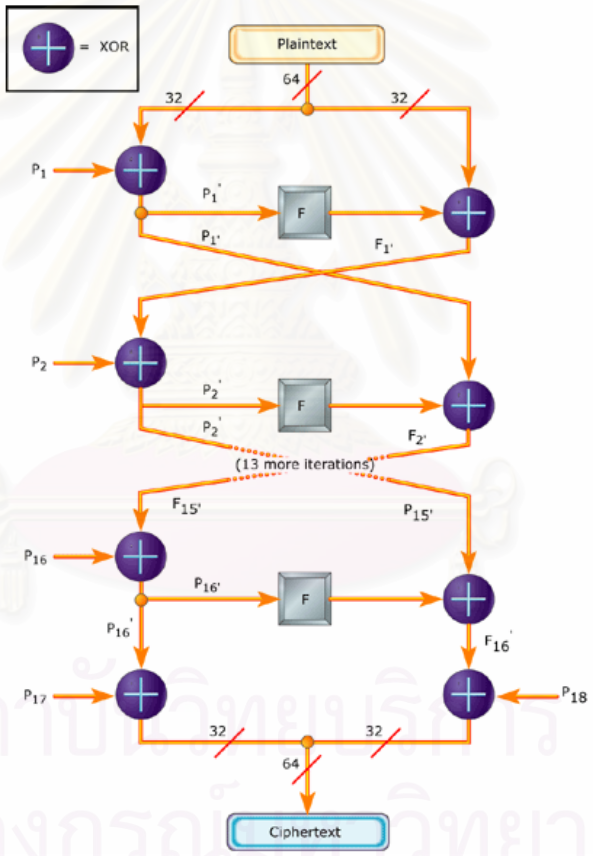
4. แทนค่า P1 และ P2 ด้วยผลลัพธ์ที่ได้จากการเข้ารหัสในขั้นตอนที่ 3

5. นำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 3 มาเข้ารหัสต่อโดยใช้กุญแจย่อยที่ถูกเปลี่ยนแปลงแล้ว

6. แทนค่า P3 และ P4 ด้วยผลลัพธ์ที่ได้จากการเข้ารหัสในขั้นตอนที่ 5

7. ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าในกล่องสับเปลี่ยนและแทนค่าถูกแทนด้วยค่าใหม่จนครบทั้งหมด

ขั้นตอนวิธีการเข้าและถอดรหัสแบบ Blowfish สามารถอธิบายได้โดยรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงขั้นตอนวิธีการเข้ารหัสแบบ Blowfish

การเข้ารหัส Blowfish มีขั้นตอนการทำงานตามรูปที่ 2.20 มีการทำงานดังนี้

1. นำข้อมูลพื้นฐาน (Plaintext) ขนาด 64 บิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกซ้ายมือ ขนาด 32 บิต และส่วนขวามือขนาด 32 บิต

2. นำข้อมูล 32 บิตแรกซ้ายมือทำการออร์เฉพาะกับกลุ่มของกล่องสับเปลี่ยน P1

3. นำผลลัพธ์ในข้อ 2 เข้าฟังก์ชันนำข้อมูลที่เข้ามาแบ่งข้อมูลเป็น 4 กลุ่ม ขนาด 8 บิต แล้วนำข้อมูลที่ทำการแบ่งไปเลือกข้อมูลในกล่องแทนค่า (S - BOX) จะได้ข้อมูลขนาด 32 บิตออกมาจำนวน 4 ชุดตามลำดับ

4. นำข้อมูลจากการเลือก S – BOX 1 ทำการบวก (SUM) กับข้อมูลที่ได้จาก S – BOX 2

5. นำผลลัพธ์จากข้อที่ 4 ทำการออร์เฉพาะกับกับข้อมูลที่ได้จาก S – BOX 3

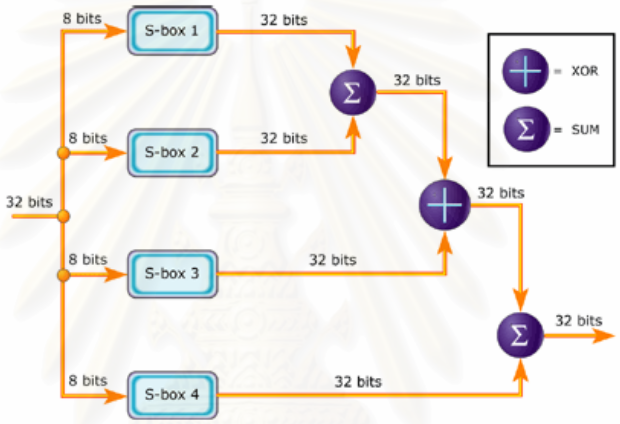
6. นำผลลัพธ์จากข้อที่ 5 ทำการบวกกับข้อมูลที่ได้จาก S – BOX 4 ดังรูปที่ 2.21

7. นำผลลัพธ์จากการผ่านฟังก์ชันแล้ว ทำการออร์เฉพาะกับข้อมูลพื้นฐานขนาด 32 บิตทางขวามือ

8. นำผลลัพธ์ข้อ 7 ทำการออร์เฉพาะกับกลุ่มของกล่องสับเปลี่ยน P2 คล้ายการทำงานในข้อ 2 แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เข้าฟังก์ชัน

9. นำผลลัพธ์ในข้อ 2 ทำการออร์เฉพาะกับผลลัพธ์ในข้อ 8

10. ทำซ้ำเรื่อยๆ จนกระทั่งครบ 18 รอบ

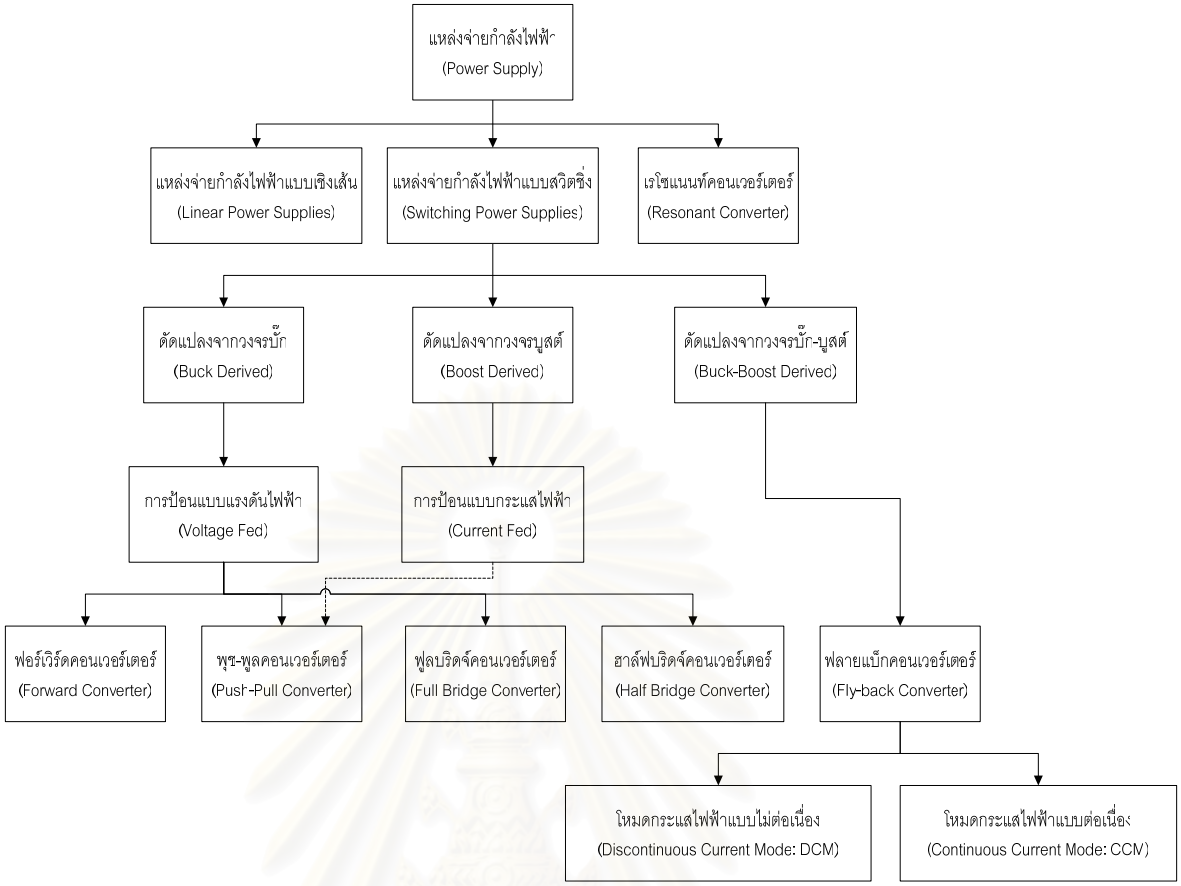


รูปที่ 2.21 รายละเอียดของฟังก์ชัน F

2.5 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply) เป็นส่วนประกอบสำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งตั้งแต่อดีตแหล่งจ่ายไฟจะเป็นแบบเชิงเส้นซึ่งมีขนาดใหญ่ ต่อมาได้มีได้มีการประยุกต์ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่มีความถี่สวิตชิ่งสูง ซึ่งทำการออกแบบโดยให้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับผ่านวงจรเรียงกระแสก่อน จากนั้นจะผ่านวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามที่ต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



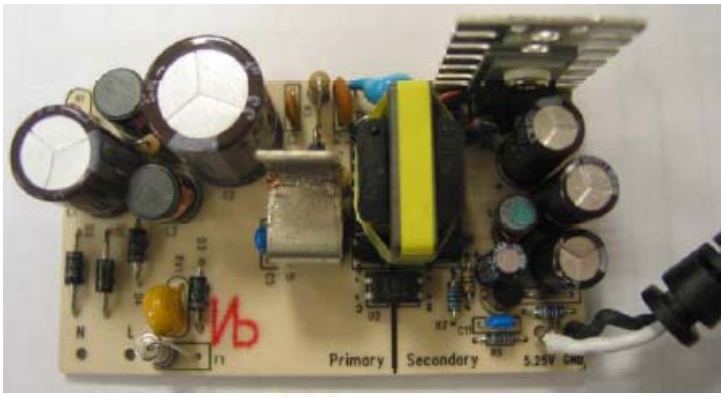
รูปที่ 2.22 รูปแสดงความสัมพันธ์ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

1) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบเชิงเส้น (Linear Power Supply)

เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ทำการออกแบบโดยออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าที่ความถี่สาย (Line frequency) ให้ได้แรงดันไฟฟ้าในระดับที่ต้องการก่อน จากนั้นจะผ่านวงจรเรียงกระแสไปยังโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าแบบอื่น

2) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิ่ง (Switching Mode Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าชนิดนี้มีการพัฒนาขึ้น ให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าการะแสสลับผ่านวงจรเรียงกระแสก่อน จากนั้นผ่านวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้แรงดันด้านออกตามที่ต้องการ เช่น 5 โวลต์ 12 โวลต์ เป็นต้น



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างของแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่ง

จากรูปที่ 2.22 จะเห็นได้ว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตชิ่งจะเกิดจากการดัดแปลงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐานได้แก่ วงจรบั๊ก วงจรบูสต์ และวงจรบั๊ก – บูสต์

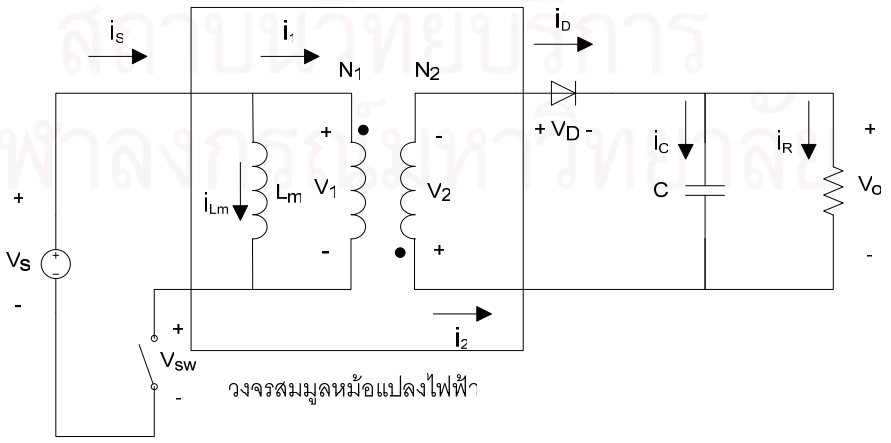
3) เรโซแนนท์คอนเวอร์เตอร์

แหล่งจ่ายไฟฟ้าชนิดนี้เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มีการออกแบบให้มีการสวิตชิ่งที่มีความถี่สูงขึ้น แต่การทำงานที่ความถี่ที่สูงจะทำให้เกิดผลเสียจากการสูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะเกิดการสวิตช์ จึงมีการพัฒนาวิธีการทำงานของวงจร ได้เป็น 2 แนวทางคือ

- สวิตชิ่งขณะกระแสเป็นศูนย์
- สวิตชิ่งขณะแรงดันเป็นศูนย์

2.5.1 <u>การทำงานของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์</u>

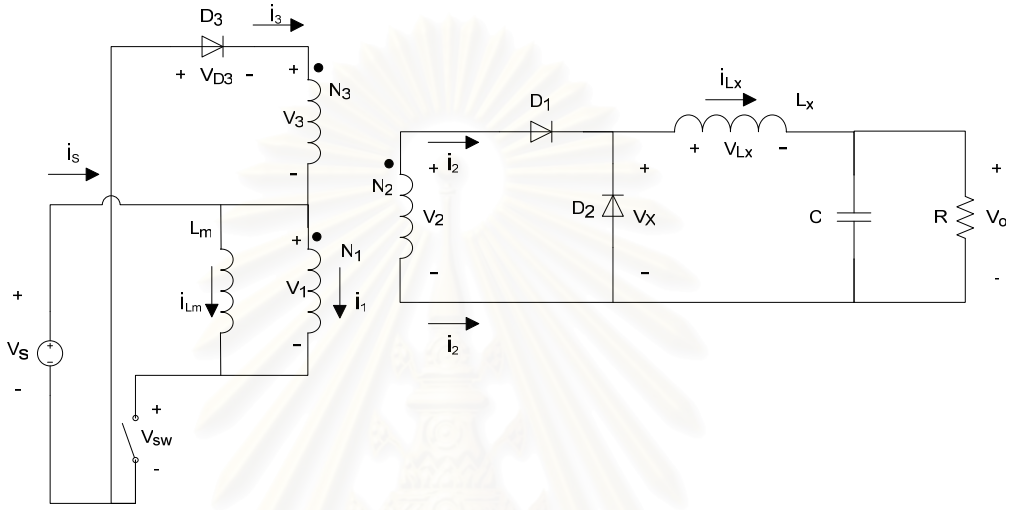
วงจรพื้นฐานฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.24 เมื่อสวิตช์ของวงจรนำกระแส แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ Lm และทำให้เกิดกระแส iLm ที่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ไดโอดด้านออกถูกไบแอสย้อนกลับ และตัวเก็บประจุด้านออกทำการจ่ายพลังงานให้กับโหลดในช่วงเวลาดังกล่าว และเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำ Lm จะคายพลังงานไปบังด้านทุติยะภูมิ เป็นผลทำให้ไดโอด้านออกได้รับไบอัสตรง ทำให้พลังงานถูกถ่ายเทไปยังโหลดและตัวเก็บประจุด้านออกทำการสะสมประจุ



รูปที่ 2.24 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

2.5.2 การทำงานของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

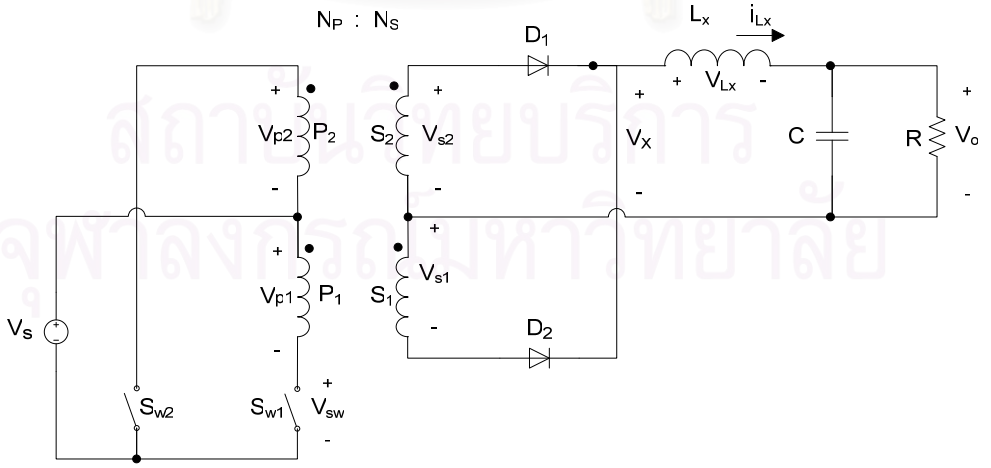
วงจรพื้นฐานฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.25 ลักษณะการทำงานของวงจร ขดลวดชุดที่ 1 และ 2 ทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานไปยังโหลดขณะที่สวิตช์นำกระแส ซึ่งตรงข้ามกับการทำงานของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ที่พังงานจะถูกสะสมที่ตัวเหนี่ยวนำ Lm ขณะที่นำกระแส ขณะที่ขดลวดชุดที่ 3 ทำหน้าที่เป็นทางเดินสำหรับกระแสแม่เหล็กเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส เพื่อลดค่ากระแสทำแม่เหล็กให้ลดลงเป็นศูนย์ก่อนเข้าการทำงานในการสวิตช์ครั้งต่อไป



รูปที่ 2.25 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

2.5.3 การทำงานของวงจรพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์

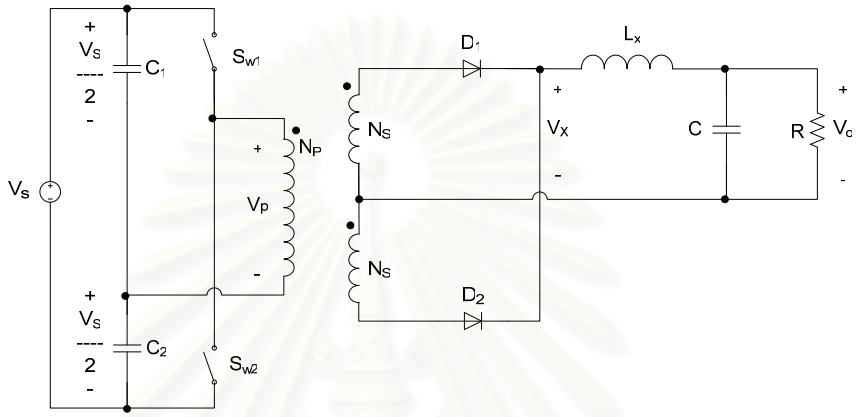
สวิตช์ Sw1 และ Sw2 จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีขั้วตรงข้ามกันที่ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ไดโอดที่ต่ออยู่ด้านทุติยภูมิจะทำหน้าที่เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.26 วงจรพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์

2.5.4 การทำงานของวงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

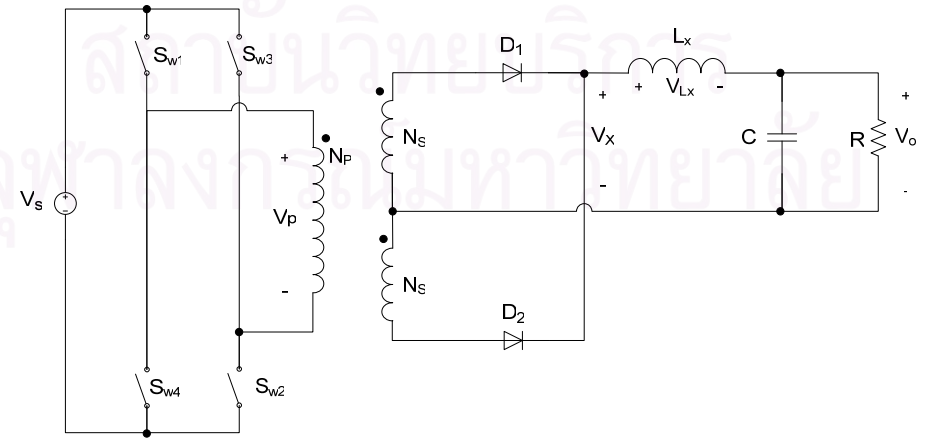
วงจรจะมีตัวเก็บประจุ C1 และ C2 ที่มีค่าความจุสูงๆ และมีค่าเท่ากัน โดยแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งสองจะมีค่าเท่ากันคือเท่ากับ Vs/2 การทำงานของสวิตช์ Sw1 และ Sw2 จะทำงานสลับกันเป็นผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิ ที่มีลักษณะเป็นรูปคลื่นสัญญาณพัลส์บวกและลบสลับกันทำงาน จากนั้นแรงดันพัลส์ดังกล่าวจะผ่านไดโอด D1 และ D2 ที่ต่ออยู่ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 2.27 วงจรฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

2.5.5 การทำงานของวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ประกอบด้วยสวิตช์ทั้งหมด 4 ตัวแบ่งการทำงานเป็นคู่ โดยสวิตช์คู่แรก (Sw1,Sw2) และสวิตช์คู่ที่สอง (Sw3,Sw4) โดยสวิตช์ทั้งสองคู่สลับกันทำงาน เมื่อสวิตช์คู่แรก (Sw1,Sw2) นำกระแส จะเกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิเท่ากับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย Vs และเมื่อสวิตช์คู่ที่สอง (Sw3,Sw4) นำกระแส จะเกิดแรงดันตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิเท่ากับ –Vs ดังนั้นเมื่อสวิตช์ทั้งสองคู่ไม่นำกระแส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิมีค่าเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.28 วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

2.6 การเลือกรูปแบบของวงจรแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่ง

ในการเลือกแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่งแต่ละแบบนั้นจะเหมาะกับย่านกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน ซึ่งแต่ละแบบของวงจรมีการเลือกใช้งานให้เหมาะสำหรับการใช้งานต่างๆ ดังนี้

- วงจรฟลายแบ็ก จะมีอุปกรณ์น้อย โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน ทำให้เป็นที่นิยมในงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าด้านออกต่ำๆ ข้อเสียหลักของวงจรฟลายแบ็กคือ แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้าด้านออกที่เพิ่มขึ้นได้ และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์ของวงจรฟลายแบ็กมีค่าสูง ($2V_S$) ด้วยข้อเสียดังกล่าวทำให้วงจรฟลายแบ็กเหมาะสมกับการใช้งานที่มีค่ากำลังไฟฟ้าด้านออกน้อยกว่า 150 วัตต์ จากการพิจารณาข้อดีและข้อเสียดังกล่าวของการใช้วงจรฟลายแบ็ก ในวิทยาพนธ์นี้จึงได้ใช้แหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่งแบบฟลายแบ็กเนื่องจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในการจ่ายไฟให้มอดูลมีขนาดประมาณ 15 วัตต์

- วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง อยู่ในย่าน 150 ถึง 500 วัตต์ เนื่องจากวงจรดังกล่าวมีสวิตช์เพียงตัวเดียวเหมือนวงจรฟลายแบ็ก แต่แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้จะมีขนาดเล็กกว่า ข้อเสียของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและต้นทุนในการสร้างสูง เพราะต้องเพิ่มเติมส่วนตัวเหนี่ยวนำด้านออก

- วงจรพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์นิยมใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง ข้อดีของวงจรคือ วงจรขับเกตของสวิตช์จะมีจุดต่อร่วมที่กราวด์เหมือนกัน และแกนหม้อแปลงจะมีขนาดเล็ก เพราะแกนแม่เหล็กจะถูกกระตุ้นทั้งช่วงซีกบวกและซีกลบของเส้นโค้ง B-H ข้อเสียของวงจรดังกล่าวคือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูง และปัญหาของแกนแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากความไม่สมมาตรของฟลักซ์ในแกนแม่เหล็ก

- วงจรฮาร์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์จะเป็นที่ใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง มีข้อดีเหมือนวงจรพุช – พูล ยกเว้นค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าเท่ากับ V_S เท่านั้น

- วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ใช้กับงานที่ต้องการพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงตั้งแต่ประมาณ 500 ถึง 1500 วัตต์ โดยที่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าเท่ากับ V_S ข้อเสียของวงจรคือ สวิตช์บางตัวจำเป็นเช่นตัวที่ต่อกับบัสบวกที่จะต้องใช้กับวงจรขับเกตแบบกราวด์ลอย

2.7 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึง ฐานของข้อมูลหรือกลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อลดความซ้ำซ้อนจึงเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้ที่ฐาน การเรียกใช้ข้อมูลอาจมาจากผู้ใช้คนเดียว หรือหลายคนพร้อมกัน จากระบบที่ตั้งของฐานข้อมูลหรือจากระบบที่อยู่ระยะไกลได้

การจัดการฐานข้อมูล (Database Management) คือ การบริหารแหล่งข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ที่เดียวกัน เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล รวมทั้งลดความขัดแย้งของข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในองค์กรด้วย การจัดการฐานข้อมูลต้องอาศัยโปรแกรมที่มีลักษณะพิเศษ โปรแกรมเหล่านี้จะต้องการกำหนดลักษณะข้อมูลที่จะเก็บไว้ในฐานข้อมูล อำนวยความสะดวกในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล กำหนดผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ฐานข้อมูลได้ พร้อมกับกำหนดด้วยว่าให้ใช้ได้แบบใด เช่น ให้อ่านข้อมูลได้อย่างเดียวหรือให้แก้ไขข้อมูลได้ด้วย นอกจากนั้นยังอำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูล การแก้ไขปรับปรุงข้อมูล ตลอดจนการจัดทำข้อมูลสำรองด้วย โดยอาศัยโปรแกรมระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System: DBMS) ซึ่งโปรแกรมที่ได้รับความนิยมในการจัดการฐานข้อมูล ได้แก่ Microsoft SQL,

Oracle, MySQL, PostgreSQL, MaxDB, และ Firebird เป็นต้น ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้โปรแกรม PostgreSQL เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลเนื่องจากเป็นโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้โดยมิต้องเสียค่าลิขสิทธิ์เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มโปรแกรม Open Source และในบรรดาซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ open source โปรแกรม PostgreSQL มีความสามารถในการจัดการใกล้เคียงกับระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงพานิชย์มากที่สุด[10]

2.7.1 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล

การจัดข้อมูลให้อยู่ในระบบ ระบบฐานข้อมูลจะมีข้อดีเมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลในรูปแบบแฟ้มข้อมูล เพราะเหตุผลดังนี้

1) รักษาความถูกต้องของข้อมูล (Data Accuracy) เนื่องจากฐานข้อมูลมีเพียงที่เก็บดียว ในกรณีที่ข้อมูลชุดเดียวกันมีหลายแห่ง ข้อมูลจะต้องตรงกัน ถ้ามีการแก้ไขข้อมูลนี้ ทุกแห่งที่ข้อมูลนี้ปรากฏอยู่จะถูกแก้ไขให้ถูกต้องเหมือนกันหมดด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล

2) ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Reduce Data Redundancy) ข้อมูลบางชุดอาจมีผู้ใช้หลายคนแต่ละคนอาจมีแฟ้มข้อมูลเป็นของตนเอง เมื่อใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลลง

3) ป้องกันการแก้ไขข้อมูลต่างๆ (Protect Data Editing) การป้องกันและรักษาความปลอดภัยจะให้สิทธิการใช้งานเฉพาะผู้เกี่ยวข้องเท่านั้น เนื่องจากมีการจัดการที่ศูนย์กลาง ข้อมูลจึงปลอดภัยกว่าการเก็บแยกกันในรูปแบบของแฟ้มข้อมูล

4) สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ (Data Concurrency) เนื่องจากในระบบฐานข้อมูลเป็นที่เก็บรวบรวมข้อมูลทุกอย่างไว้ ผู้ใช้แต่ละคนสามารถใช้ข้อมูลในระบบได้ทุกข้อมูล

5) ป้องกันการสูญหายของข้อมูลหรือฐานข้อมูลถูกทำลาย (Data Security) ปกติเมื่อมีความเสียหายของข้อมูล ผู้ใช้แต่ละคนจะมีการบูรณะข้อมูลต่างกันทำให้ขาดประสิทธิภาพและมาตรฐาน แต่เมื่อใช้ระบบฐานข้อมูล การบูรณะข้อมูลจะมีมาตรฐานและประสิทธิภาพเพราะมีโปรแกรมและผู้ดูแลระบบคนเดียวกัน

6) สะดวกในการสืบค้นข้อมูล (Data Retrieval or Query) ระบบฐานข้อมูลจะมีดัชนีช่วยในการค้นหาข้อมูลทำให้การสืบค้นข้อมูลสามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว

7) เกิดการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ (Apply Information System) เมื่อผู้ใช้ต้องการนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา สามารถสร้างข้อมูลขึ้นมาใช้ใหม่ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบฐานข้อมูล

2.7.2 ลักษณะของระบบจัดการฐานข้อมูลที่ดี

1) ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล

ในการใช้งานระบบฐานข้อมูลต้องมีการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลให้น้อยที่สุด เนื่องจากถ้าหากการเก็บข้อมูลมีความซ้ำซ้อนของข้อมูล เมื่อมีการปรับปรุงข้อมูลแล้วปรับปรุงข้อมูลไม่ครบทำให้เกิดความขัดแย้งของข้อมูลตามมา และยังเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บด้วย

2) รักษาความถูกต้องของข้อมูล

ระบบจัดการฐานข้อมูลมีหน้าที่รักษาความถูกต้องของข้อมูล และสามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้หลายคนพร้อมกันได้ ดังนั้นความคงสภาพและความถูกต้องของข้อมูลจึงมีความสำคัญมากและควบคุมให้ดี

เนื่องจากผู้ใช้อาจเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดต่อการใช้ข้อมูลของผู้อื่นทั้งหมด ดังนั้นการรักษาความถูกต้องของข้อมูลจึงมีความสำคัญมาก

3) มีความเป็นอิสระของข้อมูล

ข้อมูลในระบบจัดการฐานข้อมูลต้องมีอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ (Data independence) สามารถแก้ไขโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลโดยไม่กระทบต่อโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล เนื่องจากฐานข้อมูลมีระบบจัดการฐานข้อมูลทำหน้าที่แปลงรูป (Mapping) ให้เป็นไปตามแบบที่ผู้ใช้ต้องการ

4) มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง

ระบบจัดการฐานข้อมูลเป็นที่รวบรวมข้อมูล ซึ่งมีข้อมูลบางส่วนเป็นข้อมูลเฉพาะที่เป็นความลับ ถ้าหากให้ทุกคนที่ใช้งานฐานข้อมูลได้ทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลทั้งหมดได้ อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ข้อมูลได้ ถ้าไม่มีการจัดการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ข้อมูลบางส่วนก็ไม่สามารถที่จะเก็บไว้ที่ระบบฐานข้อมูลได้ ซึ่งระบบฐานข้อมูลจะมีระบบการรักษาความปลอดภัยดังนี้

- มีชื่อผู้ใช้ (User) และรหัสผ่าน (Password)
- ระบบฐานข้อมูลสามารถกำหนดสิทธิการมองเห็นและการใช้งานของผู้ใช้ต่างๆ ตามลำดับสิทธิและอำนาจในการใช้งานข้อมูลนั้นๆ
- ระบบฐานข้อมูลสามารถใช้วิว (View) เพื่อประโยชน์ในการรักษาความปลอดภัย โดยการสร้างวิวเป็นเสมือนการสร้างตารางของผู้ใช้นั้นจริงๆ และข้อมูลที่ปรากฏผู้ใช้งานไม่สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ในตารางของวิวได้ ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อข้อมูลจริงในฐานข้อมูล
- ระบบฐานข้อมูลจะไม่ให้โปรแกรมใดๆ ทำงานได้ หากไม่ผ่านระบบจัดการฐานข้อมูล และถ้าระบบเกิดความเสียหายขึ้น เมื่อระบบได้รับการยืนยันการทำงานเสร็จ (Commit) ข้อมูลจะไม่สูญหาย แต่หากระบบยังทำงานไม่สำเร็จ (Rollback) ระบบจัดการฐานข้อมูลรองรับได้ว่าข้อมูลเดิมก่อนการทำงานของกลุ่มงานจะไม่สูญหาย
- มีการเข้ารหัสและถอดรหัส (Encryption/Decryption)เพื่อปกปิดข้อมูลแก่ผู้ไม่เกี่ยวข้อง

5) ใช้ข้อมูลร่วมกันโดยมีการควบคุมจากศูนย์กลาง

ระบบฐานข้อมูลสามารถรองรับการทำงานได้หลายบุคคลพร้อมกัน ดังนั้นระบบฐานข้อมูลจะต้องมีการควบคุมลำดับการทำงานให้เป็นไปอย่างถูกต้อง เช่นขณะที่ผู้ใช้งานคนหนึ่งยังแก้ไขข้อมูลไม่เสร็จ ก็จะไม่อนุญาตให้ผู้ใช้งานคนอื่นเข้ามาแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนนั้น

ในการออกแบบฐานข้อมูลนั้นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การทำให้เป็นรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐาน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์ (Attribute) ในแต่ละรีเลชัน (Relation) หรือตารางเพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลให้น้อยที่สุด โดยการทำให้เป็นรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานเป็นการดำเนินงานตามลำดับอย่างมีขั้นตอน เพื่อให้รีเลชันมีคุณสมบัติอยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นต่างๆ ดังนี้คือ

1) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 1 (First Normal Form : 1NF) คือ ทุกแอททริบิวต์ในแต่ละแถวข้อมูล (Tuple) มีค่าของข้อมูลเพียงค่าเดียว
2) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 2 (Second Normal Form : 2NF) คือ รีเลชันต้องมีคุณสมบัติอยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 1 และทุกแอททริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลัก (Primary Key) ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์แบบฟังก์ชันคีย์หลักหรือแอททริบิวต์ที่ประกอบกันเป็นคีย์หลัก

(Composite Key) ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์แบบทั้งหมด หรือ รีเลชันต้องไม่มีความสัมพันธ์แบบบางส่วน

3) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 3 (Third Normal Form : 3NF) คือ รีเลชันมีคุณสมบัติอยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 2 และแอททริบิวต์ที่ไม่ใช่คีย์หลักไม่มีคุณสมบัติในการกำหนดค่าของแอททริบิวต์อื่นที่ไม่ใช่คีย์หลัก หรือ รีเลชันต้องไม่มีความสัมพันธ์แบบ Transitive

4) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานของบอยส์และคอดด์ (Boyce/Codd Normal Form : BCNF) คือ ทุกแอททริบิวต์ที่เป็นตัวระบุค่าต้องเป็นคีย์คู่แข่ง (Candidate Key) และไม่มีแอททริบิวต์ใดในรีเลชันที่สามารถระบุค่าของแอททริบิวต์ที่เป็นคีย์หลัก หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของแอททริบิวต์ที่ประกอบกันเป็นคีย์หลัก

5) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 4 (Fourth Normal Form : 4NF) คือ รีเลชันมีคุณสมบัติอยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานของบอยส์และคอดด์ และไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์แบบหลายค่า

6) รูปแบบที่เป็นบรรทัดฐานขั้นที่ 5 (Fifth Normal Form : 5NF) คือ รีเลชันต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างแอททริบิวต์แบบ JOIN โดยรีเลชันย่อยๆ ที่จำแนกออกมาต้องมีคีย์คู่แข่งของรีเลชันเดิมอยู่เสมอ

2.8 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ และชนิดของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงความรู้และหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ได้แก่ รายละเอียดของโพรโทคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ตามมาตรฐาน ANSI C12.18 – 1996 พื้นฐานของการเข้าและถอดรหัสแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายละเอียดการของการเข้ารหัสแบบ Blowfish ที่จะนำมาใช้ รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องของฐานข้อมูลและแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิ่งที่จะนำมาใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับมอดูลที่ใช้ในงานนี้ด้วย

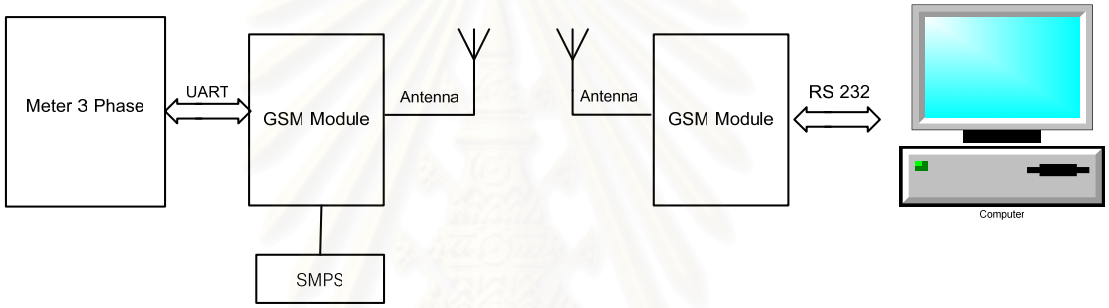
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์

3.1 โครงสร้างของระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

โครงสร้างของระบบอ่านมิเตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของระบบอ่านค่ามิแตอร์แบบอัตโนมัติที่ได้ทำเพิ่มเติมอุปกรณ์จากมิเตอร์โดยมีมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มและแหล่งจ่ายไฟเพิ่ม ซึ่งในส่วนของมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีไว้สำหรับติดต่อกับมิเตอร์ และมีส่วนของแหล่งจ่ายไฟเพิ่ม เนื่องจาก แหล่งจ่ายไฟในมิเตอร์ไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ส่วนประกอบของระบบ

1) มิเตอร์วัดไฟฟ้า เป็นมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยออกแบบและประยุกต์วงจรรวม (IDAR) ได้ออกแบบไว้

2) มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ใช้ในการสร้างช่องสัญญาณ (channel) ในการสื่อสารของระบบในระยะไกล แล้วทำการสื่อสารด้วยระบบ data mode เพื่อใช้ในการติดต่อ หลังจากสร้างช่องสัญญาณทำการสื่อสารด้วยโพรโทคอลที่ปรับปรุงจากโพรโทคอลมาตรฐาน ANSI C12.18-1996

3) แหล่งจ่ายไฟ เป็นแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งขนาด 3.7 โวลต์ 2.5 แอมแปร์เพื่อใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟที่แยกออกมาจากตัวของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมิเตอร์วัดพลังงานมีกระแสไฟไม่เพียงพอต่อการใช้งานของมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

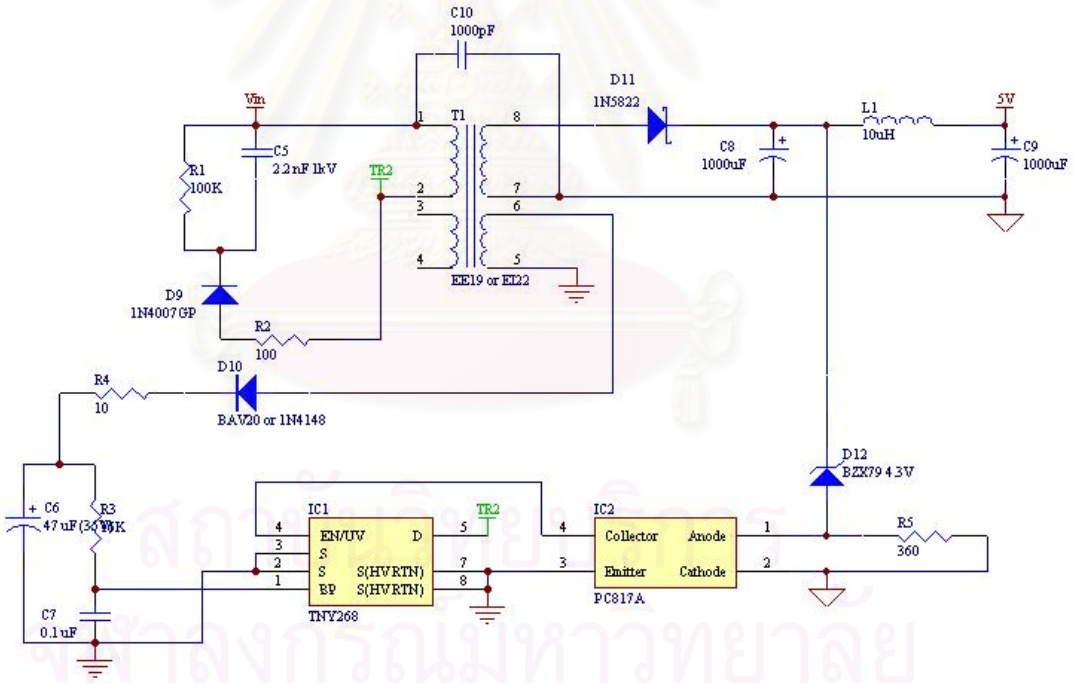
4) คอมพิวเตอร์ มีซอฟต์แวร์ที่พัฒนาใช้ในการติดต่ออ่านมิเตอร์โดยผ่านมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม แล้วเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งในการติดต่อการอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ผ่านมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีการเพิ่มกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยเข้าไปอีกคือ มีกระบวนการเข้ารหัสข้อมูลให้กับรหัสผ่านที่จะถูกส่งออกไปในขั้นตอนของกระบวนการความปลอดภัยโดยการเข้ารหัสแบบบล็อกด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish และใช้โหมดการเข้ารหัสแบบบล็อกชนิด CBC

3.2 วงจรส่วนไฟเลี้ยงมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (GSM Module)

วงจรไฟเลี้ยงมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มได้สร้างแยกออกมาจากไฟเลี้ยงของมิเตอร์ประกอบด้วยส่วนของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และใช้วงจรควบคุมแรงดัน (Voltage Regulator) ในการจ่ายแรงดันระดับ 3.7 โวลต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งชนิดฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์มีวงจรรวมเบอร์ TNY268 ของบริษัท Power Integrations [3] เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยสวิตชิ่งที่ความถี่ 132 กิโลเฮิรตซ์ ข้อดีของการใช้วงจรรวมนี้คือมีวงจรขับเกตและมอตเฟตกำลังอยู่ภายในวงจรรวมเดียวกัน ทำให้ต่ออุปกรณ์ภายนอกลดลงจากปกติ จากรูปที่ 3.2 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ประกอบตัวต้านทาน R1,C5 และ D9 เป็นวงจรสนับเบอร์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการสวิตช์ที่ตัวมอสเฟตกำลังและป้องกันสวิตช์มอสเฟตกำลังจากแรงดันและกระแสเค้น (voltage and current stress) นอกจากนี้มีวงจรรวม PC817 เป็น optocoupler,ซีเนอร์ไดโอด D12 และตัวต้านทาน R5 ประกอบเป็นวงจรป้อนกลับให้กับวงจรรวม TNY268 เพื่อควบคุมแรงดันให้วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์นี้ ไดโอดชอตกี้ (Schottky diode) เป็นตัวเรียงกระแสขาออกให้กับวงจร และมีตัวเหนี่ยวนำ C8,C9,L1 เป็นวงจรกรอง มีหม้อแปลงความถี่สูงโดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของหม้อแปลงและวิธีคำนวณในหัวข้อที่ 3.2.2



รูปที่ 3.2 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

3.2.2 วิธีออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงสำหรับวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

การออกแบบหม้อแปลงความถี่สูงจะมีวิธีคำนวณที่ต่างกัน ซึ่งวิธีคำนวณต่อไปนี้เป็นการหาขนาดของแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite core), ขนาดของขดลวดที่ต้องใช้ในการพันหม้อแปลงแต่ละขด รวมทั้งจำนวนของรอบที่ต้องทำการพัน โดยวิธีการหาสามารถคำนวณสำหรับหม้อแปลงวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหากำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าด้านออก $$P_o = (V_o + V_D)I_o\left(\frac{1-D_{min}}{D_{min}}\right)$$

โดยที่ P_o หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านทุติยภูมิ (W)

V_o หมายถึง แรงดันด้านทุติยภูมิ

I_o หมายถึง กระแสด้านทุติยภูมิ

D_{min} หมายถึง ค่าดิวตี้ไซเคิลต่ำสุด

V_D หมายถึง แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอดด้านทุติยภูมิ

2. การเลือกขนาดของแกนแม่เหล็ก

จากวิธีผลคูณพื้นที่จะได้ $$A_P = \frac{P_o\left(\frac{1}{\eta}\sqrt{\frac{4D\alpha}{3}} + \sqrt{\frac{4(1-D)\alpha}{3}}\right)}{JK_W\Delta Bf_s}$$

โดยที่ A_P หมายถึง ผลคูณพื้นที่ (area product)

P_o หมายถึง ค่ากำลังไฟฟ้าจริงด้านทุติยภูมิ (W)

D หมายถึง ค่าอัตราส่วนการนำกระแสต่อคาบเวลา (Duty Cycle)

J หมายถึง ความหนาแน่นกระแส มีค่าประมาณเท่ากับ 3.5 – 5 A/mm^2

α มีค่า $0.75 < \alpha < 1$ กรณีโหมดกระแสต่อเนื่อง

η หมายถึง ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า

K_W หมายถึง window utilization factor มีค่าประมาณเท่ากับ 0.3 – 0.4

ΔB หมายถึง ค่าของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (T)

f_s หมายถึง ความถี่สวิตชิ่ง

เมื่อคำนวณหาค่า A_P ทำการเลือกแกนแม่เหล็กจาก โดยเลือก A_P ในตารางให้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

3. คำนวณจำนวนรอบในการพัน

จำนวนรอบด้านปฐมภูมิ $$N_1 = \frac{D_{min}V_{in,max}}{A_c\Delta Bf_s}$$

จากนั้นคำนวณจำนวนรอบด้านทุติยภูมิโดยใช้สมการ $$N_2 = nN_1$$

โดยที่ N_1 หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

N_2 หมายถึง จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

D_{min} หมายถึง ค่าดิวตี้ไซเคิลต่ำสุด

$V_{in,max}$ หมายถึง แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A_C หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของแกน (core area)

n หมายถึง อัตราส่วนหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer ratio)

4. การเลือกขนาดของลวด

หาได้จากสมการ $a = \frac{I}{J}$

โดยที่ a หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของลวด

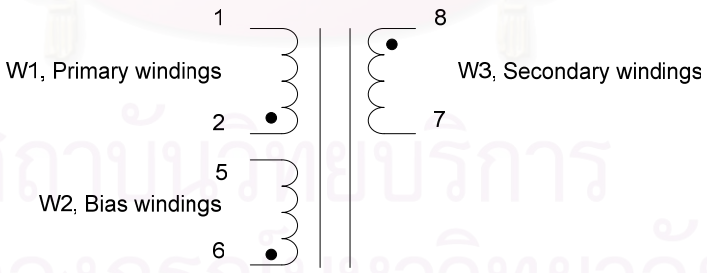
I หมายถึง ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแส

J หมายถึง ความหนาแน่นกระแส (A/m^2)

ในการเลือกขนาดของขดลวดให้ทำการหาลวดที่มีพื้นที่หน้าตัวของลวดที่ได้มากกว่าการคำนวณจากตารางมาตรฐานของขดลวดอาบน้ำยา หลังจากทำการคำนวณและปรับแต่งหม้อแปลงแล้วหม้อแปลงความถี่สูงที่ได้มีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

อุปกรณ์	จำนวนรอบ	ขนาดลวดอาบน้ำยา	
ขดลวดปฐมภูมิ (W1)	99 รอบ	# 30 AWG	1.2 mH
ขดลวดไบแอส (W2)	12 รอบ	# 35 AWG	
ขดลวดทุติยภูมิ (W3)	5 รอบ x3	# 27 AWG	
แกน EI22			
บอบบิน 8 ขาแกนตั้ง			

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลหม้อแปลง

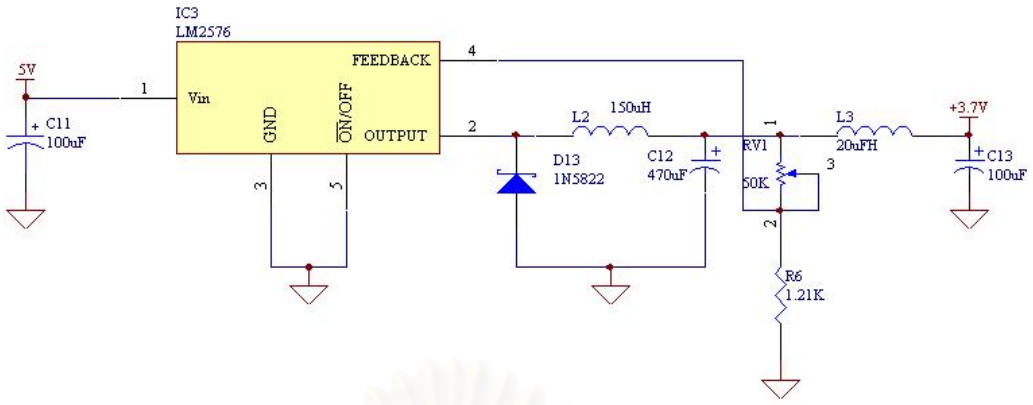


รูปที่ 3.3 ลักษณะขดลวดของหม้อแปลง

จากตารางที่ 3.1 และ รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของขั้วของขดลวดในหม้อแปลงรวมทั้งขาหม้อแปลง (pin)และจำนวนรอบที่ต้องทำการพัน โดยที่ขดลวดทุติยภูมิพันรอบแกนด้วยลวดตัวนำเบอร์ #27 AWG 3 เส้นขนานกันเพื่อเพิ่มทางเดินให้กระแสขาออก

3.2.3 วงจรคุมค่าแรงดัน (Voltage Regulator)

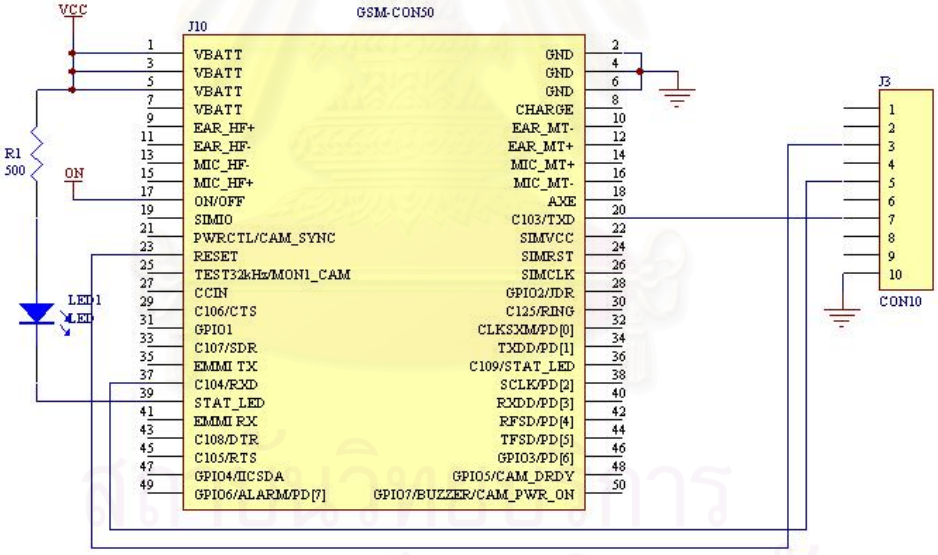
วงจรคุมค่าแรงดันสร้างจากวงจรรวมเบอร์ LM2576 โดยรับไฟขาเข้าต่อจากวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์แล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าขนาด 3.7 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรคุมค่าแรงดัน

3.3 วงจรติดต่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

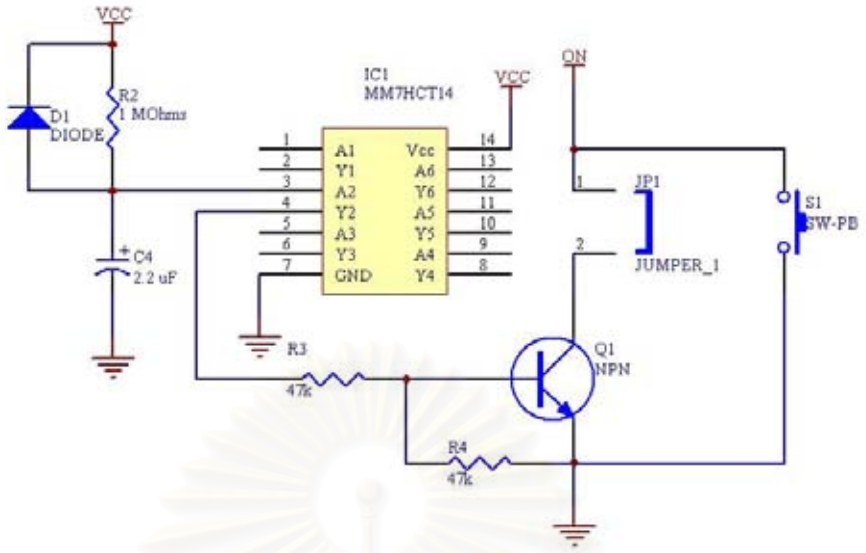
ในการติดต่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ภายในมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่ทางห้องปฏิบัติการวิจัยออกแบบและประยุกต์วงจรรวม (IDAR) [1] ทำการออกแบบไว้ ด้วย UART และมี LED1 แสดงสถานะการทำงานของมอดูล



รูปที่ 3.5 วงจรติดต่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มกับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 วงจร Turn On/Off มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

ใช้สำหรับเปิด/ปิดการทำงานของมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มโดยมี 2 ส่วนคือวงจรการเปิด/ปิดการทำงานด้วยมือ (Manual Turning ON/OFF) โดยวงจที่ทำการเปิด/ปิดด้วยมือจะมีสวิตช์ 1 ตัวเป็นอุปกรณ์ และการเปิดการทำงานโดยอัตโนมัติ (Auto Turning ON/OFF) ประกอบด้วยวงจรรวมเบอร์ MM7HCT14 ร่วมด้วยตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในการสร้างพัลส์ สำหรับการเปิดมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรเปิด/ปิดมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.5 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดของวงจรส่วนที่เพิ่มเติมบนตัวมิเตอร์ในระบบการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ วงจรที่เพิ่มเติมประกอบด้วยมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มและแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง โดยมิเตอร์ติดต่อกับมอดูลผ่าน UART สำหรับรายละเอียดของซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานต่างๆ ในมิเตอร์และซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์นี้จะกล่าวถึงในบทที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

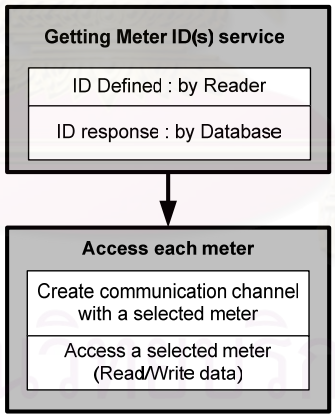
บทที่ 4

รายละเอียดโพรโทคอลที่ใช้สื่อสารกับมิเตอร์

เนื่องจากมาตรฐานสำหรับระบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานขึ้นมาบัญญัติ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์จึงนำโพรโทคอลมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 นำมาดัดแปลงสำหรับการพัฒนาระบบการอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ชั้นของการประยุกต์ (Application Layer) นำมาปรับปรุงสำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ ในส่วนชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) และชั้นที่เกี่ยวกับทางกายภาพ (Physical Layer) จะให้ส่วนของมอดูลระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มในการจัดการเชื่อมโยงสัญญาณ

4.1 โพรโทคอลสำหรับสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

โพรโทคอลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ถูกดัดแปลงมาจาก ANSI C12.18-1996 ที่ใช้สำหรับระบบอ่านค่ามิเตอร์ด้วยพอร์ตเชื่อมโยงทางแสง (Optical Port) มาปรับปรุงให้เหมาะสมโดยเพิ่มบางกระบวนการเข้าไปเพื่อให้เหมาะสมกับการสื่อสารกับมิเตอร์โดยผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนรูปแบบของกลุ่มข้อมูล (Packet) นั้นยังเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 โดยขั้นตอนของการสื่อสารถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังรูป 4.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนต่างๆ ของการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.1.1 กระบวนการร้องขอหมายเลขประจำตัวมิเตอร์

เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการติดต่อเพื่อใช้ในการกำหนดหมายเลขประจำตัวมิเตอร์แต่ละตัวที่จะทำการสื่อสารโดยขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วย

1) ขั้นตอนการกำหนดหมายเลขประจำตัวจากมิเตอร์ (ID Defined)

เป็นการกำหนดหมายเลขประจำตัวจากมิเตอร์โดยผู้อ่านโดยการกรอกหมายเลขประจำตัวจากมิเตอร์ในซอฟแวร์ที่ได้จัดทำขึ้น

2) ขั้นตอนตอบสนองการกำหนดหมายเลขประจำตัวมิเตอร์ (ID Response)

หลังจากกำหนดหมายเลขประจำตัวมิเตอร์ซอฟต์แวร์จะทำการอ่านหมายเลขโทรศัพท์จากฐานข้อมูลที่มีอยู่ในแต่มิเตอร์แต่ละตัวเพื่อการติดต่อสื่อสารจากการโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.1.2 กระบวนการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์แต่ละตัว

หลังจากผ่านขั้นตอนในการกำหนดหมายเลขประจำตัวมิเตอร์ ต่อมาเป็นกระบวนการที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) กระบวนการสร้างช่องทางการสื่อสารกับมิเตอร์

เป็นการส่งสัญญาณโทรศัพท์เพื่อสร้างช่องทางการสื่อสารด้วยการใช้คำสั่ง AT COMMAND โดยหลังจากการติดต่อแล้ว เมื่อมิเตอร์จะตอบรับ (OK) สัญญาณโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำการซิงโครไนซ์ (Synchronization) สัญญาณในอัตราบอดที่ 9600 บิตต่อวินาทีในโหมดข้อมูล (Data mode) เพื่อทำงานในการสื่อสารต่อไป

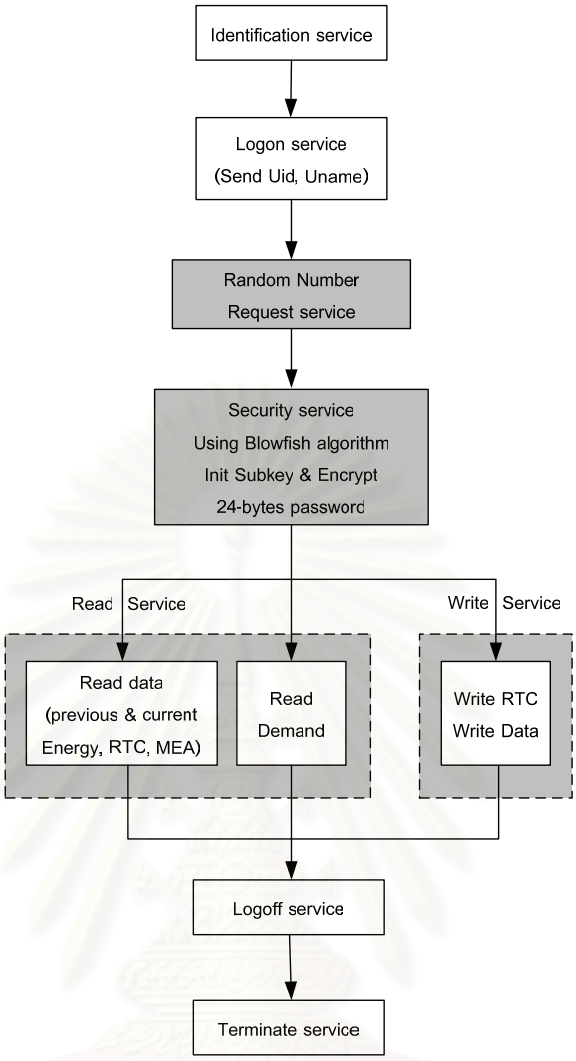
2) กระบวนการต่างๆ ในการเข้าถึงกับมิเตอร์

ในการสื่อสารกับมิเตอร์จะเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ที่ถูกดัดแปลงขึ้นโดยเพิ่มกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปลอดภัย คือ กระบวนการร้องขอค่าสุ่มจากมิเตอร์ (Random Number Request service) เพื่อใช้ในการร้องขอเอาค่าสุ่มจากมิเตอร์มาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลให้กับรหัสผ่านที่ถูกส่งออกไปในขั้นตอนของกระบวนการความปลอดภัยดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.2

4.2 โพรโทคอลชั้นของการประยุกต์

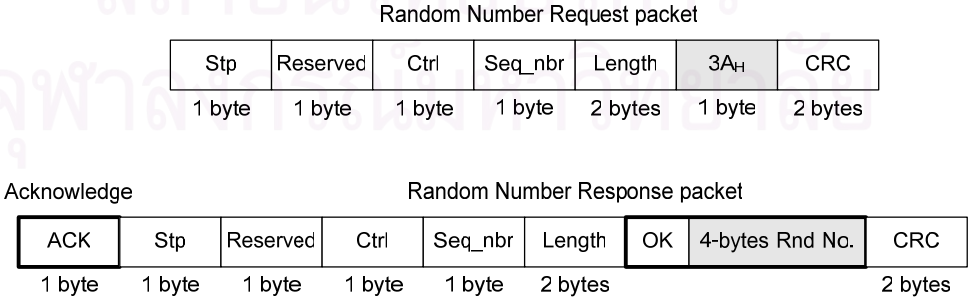
การสื่อสารกับมิเตอร์โดยผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในชั้นของการประยุกต์ได้นำโพรโทคอลมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ซึ่งได้นำรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนไปแล้ว ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.3 ในการติดต่อสื่อการกับมิเตอร์แต่ละครั้งจะมีกระบวนการต่างๆ ในการติดต่อตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ได้มีการดัดแปลงโดยเพิ่มรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการร้องขอค่าสุ่มจากมิเตอร์ขนาด 4 ไบต์ เพื่อนำไปใช้ในการเข้าข้อมูลให้กับรหัสผ่านที่จะถูกส่งออกในขั้นตอนของกระบวนการความปลอดภัยด้วยการเข้ารหัสแบบบล็อกชนิด Blowfish ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในหัวข้อที่ 2.4.5 และใช้โหมดการเข้ารหัสแบบ Cipher Block Chaining (CBC) ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4.4 โดยกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการสื่อสารจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 กระบวนการต่างๆ ในการสื่อสารกับมิเตอร์

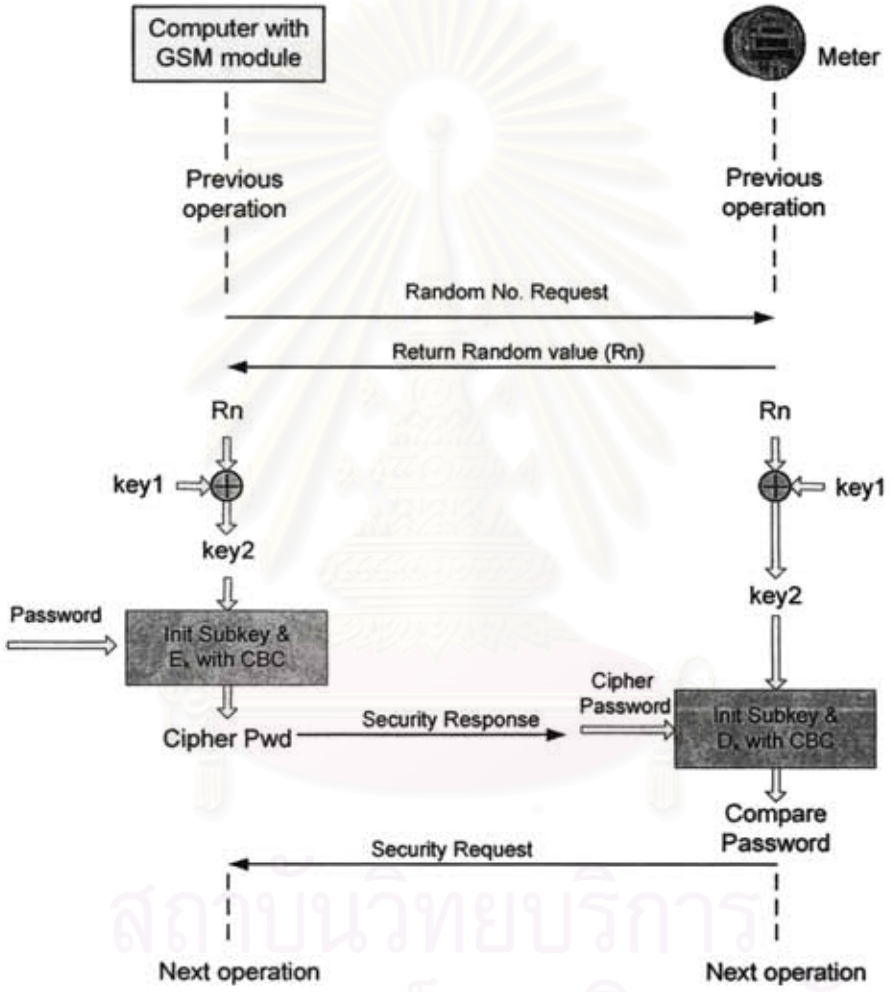
กระบวนการร้องขอค่าสุ่มจากมิเตอร์มีรหัสร้องขอเป็น '3A' ส่วนขั้นตอนตอบสนองของกระบวนการมิเตอร์จะส่งค่าสุ่มจำนวน 4 ไบต์กลับมาให้โดยมีรูปแบบของกลุ่มข้อมูล (packet) ตรงตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 รายละเอียดของกระบวนการนี้เป็นดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รายละเอียดของกระบวนการขอค่าสุ่มจากมิเตอร์

ในส่วนรายละเอียดของกระบวนการรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นมา จะเริ่มจากการให้เริ่มกระบวนการร้องขอค่าสุ่มขนาด 4 ไบต์จากมิเตอร์ จากนั้นนำค่าสุ่มที่ได้ไปเรียงต่อกันจนครบ 12 ชุด เพื่อนำมา

ทำการออร์เฉพาะกับกุญแจ (key) ขนาด 48 ไบต์หรือ 384 บิต ที่มีค่าเหมือนกันทั้งสองฝั่งและถูกเก็บไว้เป็นความลับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการออร์เฉพาะจะเป็นกุญแจ (key) ใหม่ทุกครั้งที่เริ่มต้นทำการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ เนื่องจากผลของการสุ่มค่า ทางฝั่งของซอฟต์แวร์ที่อยู่บนคอมพิวเตอร์จะนำรหัสผ่านใหม่ที่ได้จากการออร์เฉพาะไปสร้างกลุ่มของกุญแจย่อย (Subkeys) จากนั้นนำกุญแจย่อยนี้ไปเข้ารหัสให้กับรหัสผ่านขนาด 24 ไบต์ด้วยขั้นตอน Blowfish ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 บล็อก (1 บล็อกมีขนาด 8 ไบต์) หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสแบบแยกกันทีละบล็อกมาผ่านขั้นตอนดำเนินการแบบ Cipher Block Chaining (CBC) เพื่อให้รหัสลับมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ส่วนทางฝั่งของมิเตอร์ก็จะดำเนินการกลับกันโดยการถอดรหัสข้อมูลออกมาเพื่อนำรหัสผ่านไปเปรียบเทียบว่าถูกต้องหรือไม่ รายละเอียดของขั้นตอนนี้ดำเนินการดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รายละเอียดของขั้นตอนการเข้าและถอดรหัสข้อมูลในกระบวนการความปลอดภัย

ในการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์จะเริ่มทำงานตามขั้นตอนต่างๆ ของโพรโทคอลในชั้นประยุกต์ หลังจากที่มอดูลระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มได้สร้างช่องทางการติดต่อแล้ว โดยหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นที่กระบวนการใดในระหว่างการสื่อสารของการทำงานตามขั้นตอนของโพรโทคอลในชั้นประยุกต์ ระบบของการสื่อสารจะไปที่กระบวนการสิ้นสุด (Terminate service) โดยทันทีเพื่อยกเลิกการติดต่อกับมิเตอร์ สำหรับรายละเอียดของตารางข้อมูลแต่ละชุดในกระบวนการอ่านและเขียนนั้นจะอยู่ในหัวข้อ 4.3

4.3 รายละเอียดของตารางข้อมูลต่าง ๆของกระบวนการอ่านและเขียน

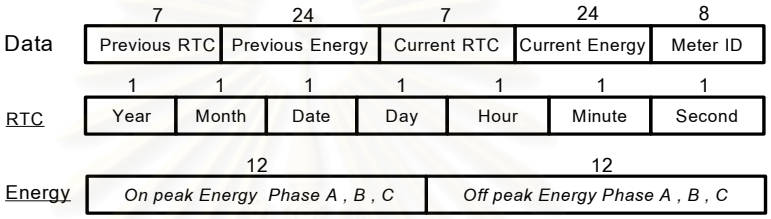
รูปแบบของกลุ่มข้อมูลยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ทั้งในส่วนของขั้นตอนร้องขอและขั้นตอนตอบสนองโดยใช้รูปแบบการเขียนหรืออ่านแบบทั้งตาราง (Full Read / Write Method) รายละเอียดของหมายเลขตาราง (Table ID) และข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ของแต่ละตารางข้อมูล (Table Data) มีดังนี้

4.3.1 ตารางข้อมูลของกระบวนการอ่าน

1) ตารางข้อมูลทั่วไป

– หมายเลขตาราง เท่ากับ 1

– รายละเอียดของฟิลด์ต่างๆ มีดังนี้



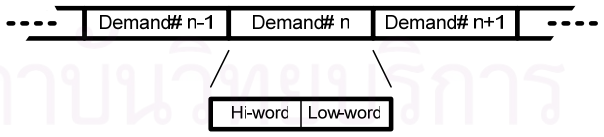
รูปที่ 4.5 รายละเอียดตารางข้อมูลของกระบวนการอ่านมิเตอร์

2) ตารางข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟในแต่ละเดือน (Demand Data)

– หมายเลขตาราง เท่ากับ 2

– รายละเอียดของฟิลด์ต่างๆ มีดังนี้

ข้อมูลชุดนี้มีขนาดใหญ่ประมาณ 11 กิโลไบต์เพราะเป็นค่าพลังงานในรอบ 15 นาทีตลอดระยะเวลา 1 เดือน ของทั้งสามเฟส ดังนั้นจึงต้องใช้การส่งกลุ่มข้อมูลแบบหลายชุด (Multiple Packet) ข้อมูลของ แต่ละช่วง 15 นาทีมีขนาด 4 ไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

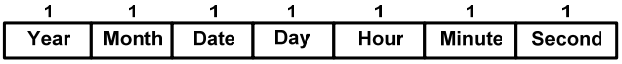


รูปที่ 4.6 รายละเอียดตารางข้อมูลแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในรอบ 15 นาที

4.3.2 ตารางข้อมูลของกระบวนการเขียน

1) ตารางตั้งค่าฐานเวลาให้กับมิเตอร์ การตั้งค่าฐานเวลาให้กับมิเตอร์สามารถทำได้โดยกระบวนการเขียนผ่านทางตารางข้อมูลนี้

– หมายเลขตาราง เท่ากับ 3 โดยรายละเอียดของฟิลด์ต่างๆ มีดังนี้



รูปที่ 4.7 รายละเอียดตารางข้อมูลของกระบวนการของการตั้งฐานเวลาให้กับมิเตอร์

4.4 สรุปท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของโพรโทคอลที่ระบบอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ โดยมีกระบวนการสร้างช่องทางสื่อสารและรูปแบบของโพรโทคอลของการสื่อสารในชั้นของการประยุกต์ตามมาตรฐาน ANSI C12.18 -1996 ที่ทำการดัดแปลงพิ่มรายละเอียดด้านความปลอดภัยให้กับการสื่อสารด้วยการเข้ารหัสให้กับข้อมูลที่เป็นความลับ ส่วนสุดท้ายของบทเป็นรายละเอียดของตารางข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในตัวมิเตอร์

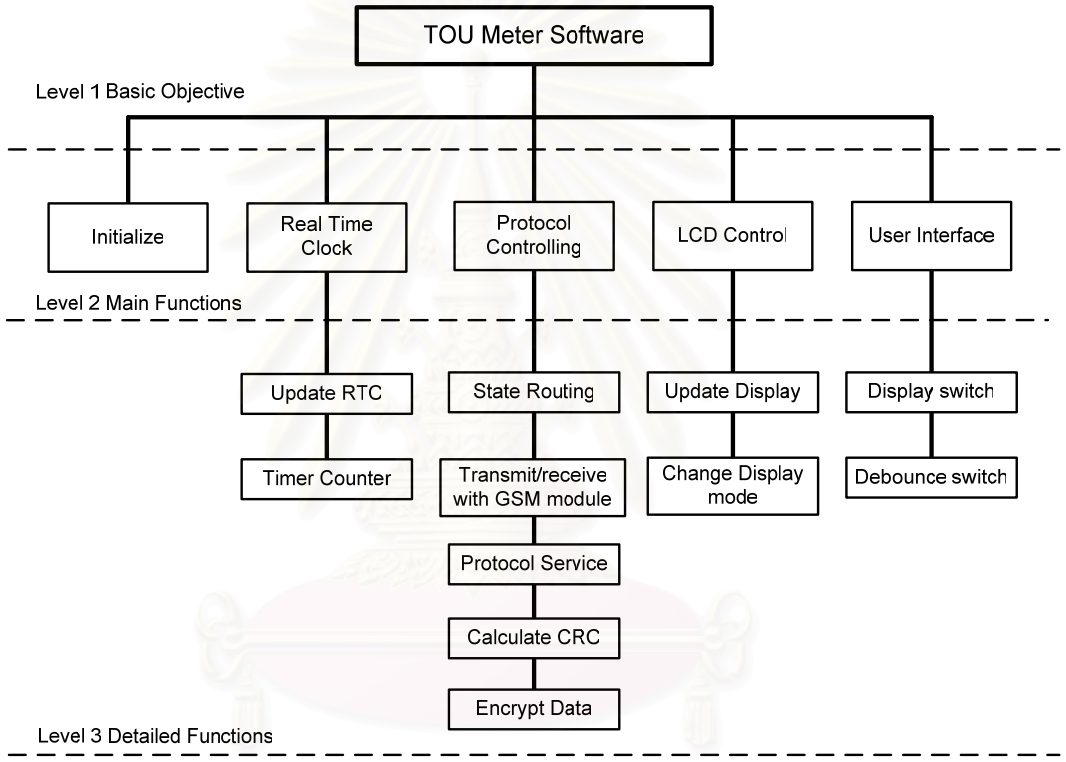
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

รายละเอียดทางด้านซอฟต์แวร์

5.1 ซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ของมิเตอร์

การทำงานของซอฟแวร์ควบคุมการทำงานต่างๆ ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์บนมิเตอร์มีโครงสร้างซอร์ฟแวร์ไมโครคอนโทรเลอร์ สามารถแสดงรายละเอียดตามหน้าที่การทำงานได้ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 โครงสร้างซอฟต์แวร์ของมิเตอร์

5.2 ส่วนจัดการทางเวลา

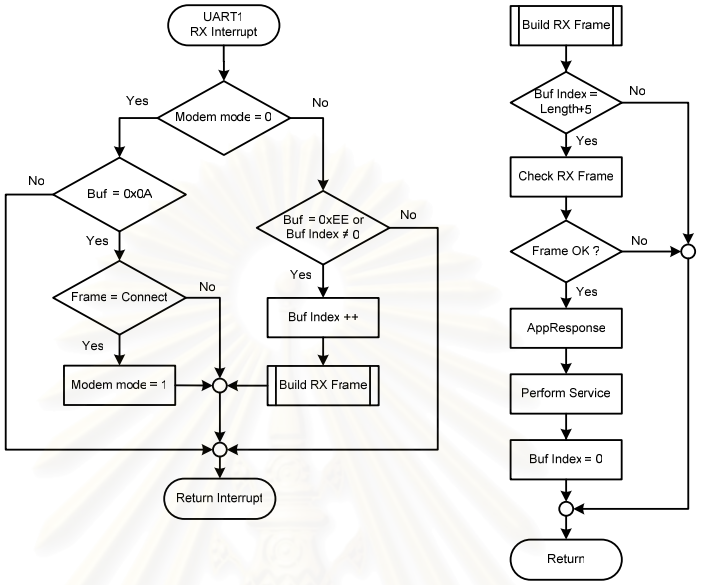
ทำหน้าที่จัดการงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลาบนมิเตอร์ซึ่งได้แก่

1) ทำหน้าที่ปรับค่าฐานเวลาบนมิเตอร์โดยใช้ตัวตั้งเวลาชุดพื้นฐาน (Basic Timer) มีฐานเวลาจากคริสตอลค่า 32.768 kHz เพื่อสร้างสัญญาณขัดจังหวะทุก ๆ 1 วินาที โปรแกรมบริการขัดจังหวะของตัวตั้งเวลาชุดพื้นฐานนี้จะคอยทำหน้าที่ปรับค่าฐานเวลาใหม่ทุก ๆ ครั้งที่มีการขัดจังหวะ

2) ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบระยะเวลาหมดเวลารอ (Timer out) ซึ่งถูกใช้โดยส่วนควบคุมการทำงานของโพรโทคอล

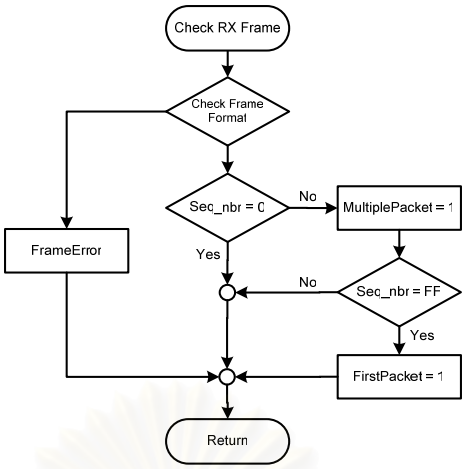
5.3 โปรแกรมติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

การสื่อสารผ่านโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มเพื่ออ่านค่ามิเตอร์จะทำงานเมื่อมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มรับกลุ่มข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เสร็จสมบูรณ์แล้วส่งค่ามาให้กับมิเตอร์ โดยจะมีการขัดจังหวะจากพอร์ตอนุกรมหมายเลข 1 เพื่อให้มิเตอร์อ่านและเขียนตารางตามที่ได้รับคำสั่งคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.2 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการสื่อสาร

การทำงานของโปรแกรมบริการขัดจังหวะ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ขั้นตอนแรกตรวจสอบโหมดการทำงานว่าอยู่ขั้นตอนใด โดยเริ่มต้นโมเด็มโหมดเท่ากับ 0 เป็นการเริ่มทำการสร้างช่องทางการสื่อสาร จากนั้นจะตรวจว่ากลุ่มข้อมูล(Frame) ที่เข้ามาเท่ากับ RING หรือไม่ เมื่อเท่ากับ RING จะเปลี่ยนทำการตอบสัญญาณ RING ด้วยคำสั่ง ATA จากนั้นรอกลุ่มข้อมูลต่อไปว่าเท่ากับ Connect หรือไม่ ถ้าเท่ากับ Connect จะทำการเซตค่าโมเด็มโหมดเท่ากับ 1 แสดงว่าโมเด็มได้สร้างช่องการสื่อสารแล้ว จากนั้นตรวจสอบค่าที่รับต่อว่ามาว่าข้อมูลที่เข้ามาใช่ไบต์เริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล (0xEE) หรือไม่ ถ้าใช่จะเข้าสู่สถานะการรับข้อมูล โดยเพิ่มค่าดัชนีบัฟเฟอร์ (Buf Index) ในทุกไบต์ที่เข้ามาและตรวจสอบกลุ่มข้อมูลที่รับมาว่าครบแล้วหรือยัง ดูได้จากค่าความยาวของกลุ่มข้อมูล + ส่วนหัวของกลุ่มข้อมูล (Data Length + Header) หลังจากนั้นจะตรวจสอบรูปแบบของกลุ่มข้อมูลที่รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ หากเกิดความผิดพลาดจะถือว่ากลุ่มข้อมูลที่ได้รับมาไม่ถูกต้องโปรแกรมจะไม่ประมวลผลกลุ่มข้อมูลนั้น ถ้ากลุ่มข้อมูลที่รับมาถูกต้องจะตรวจสอบว่ากลุ่มข้อมูลที่ถูกส่งมานี้ เป็นการส่งกลุ่มข้อมูลชนิดใดระหว่างส่งกลุ่มข้อมูลเดี่ยว (Single Packet) หรือส่งแบบหลายกลุ่มข้อมูล (Multiple Packet) ในกรณีที่เป็นการส่งแบบหลายกลุ่มข้อมูลจะทำการตรวจสอบอีกว่า เป็นกลุ่มข้อมูลแรกหรือไม่ เพื่อไว้ใช้ในการรับส่วนที่เหลือของกลุ่มข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5.3 เมื่อเสร็จแล้วจะเข้าสู่โปรแกรมย่อย AppResponse เพื่อประมวลผลกลุ่มข้อมูล และสร้างกลุ่มข้อมูลตอบสนองลงในบัฟเฟอร์ แล้วสั่งให้พอร์ตอนุกรมส่งกลุ่มข้อมูลตอบสนองออกไปให้กับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มเพื่อทำการส่งค่าให้กับคอมพิวเตอร์ต่อไป หลังจากนั้นจะเข้าสู่โปรแกรมย่อย Perform Service เพื่อที่จะทำการเปลี่ยนสถานะให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ขั้นตอนสุดท้ายจะเคลียร์ค่าดัชนีบัฟเฟอร์เพื่อรอรับกลุ่มข้อมูลถัดไปที่มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มส่งมา

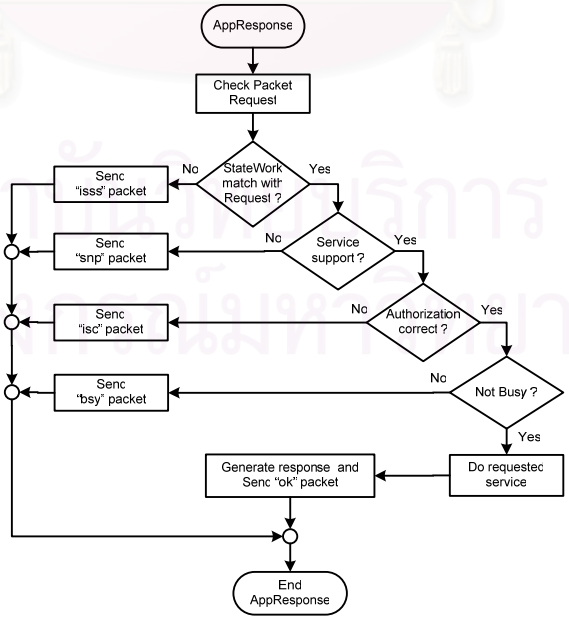


รูปที่ 5.3 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมตรวจสอบกลุ่มข้อมูลในการสื่อสาร

โปรแกรมตรวจสอบการสื่อสารมีโปรแกรมย่อยที่ใช้ประมวลผลกลุ่มข้อมูลที่สำคัญคือ โปรแกรมย่อย AppResponse และโปรแกรมย่อย Perform Service แต่ละโปรแกรมย่อยมีการทำงานดังต่อไปนี้

โปรแกรมย่อย AppResponse

โปรแกรมย่อย AppResponse มีการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5.4 ขั้นตอนแรกจะตรวจสอบการร้องขอของกลุ่มข้อมูลที่ส่งมา และตรวจสอบว่าการร้องขอนั้นเหมาะสมกับสถานะลำดับของกระบวนการหรือไม่, มิเตอร์สนับสนุนกระบวนการที่ร้องขอหรือไม่, ระดับสิทธิที่ใช้สามารถใช้กระบวนการที่ร้องขอได้หรือไม่ หรือ มิเตอร์กำลังดำเนินกระบวนการนี้อยู่อย่างเดียวหรือไม่ ถ้าไม่โปรแกรมจะสร้างกลุ่มข้อมูลตอบสนอง isss, snp, isc หรือ bsy ตามลำดับและไม่ดำเนินกระบวนการตามที่ร้องขอ หากกระบวนการที่ร้องขอสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้ง 4 ข้างต้นโปรแกรมจะดำเนินการตามที่ร้องขอและสร้างกลุ่มข้อมูลตอบสนอง ok พร้อมกับส่งข้อมูลที่อุปกรณ์อ่านค่ามิเตอร์ต้องการลงในบัฟเฟอร์เพื่อรอการส่งต่อไป

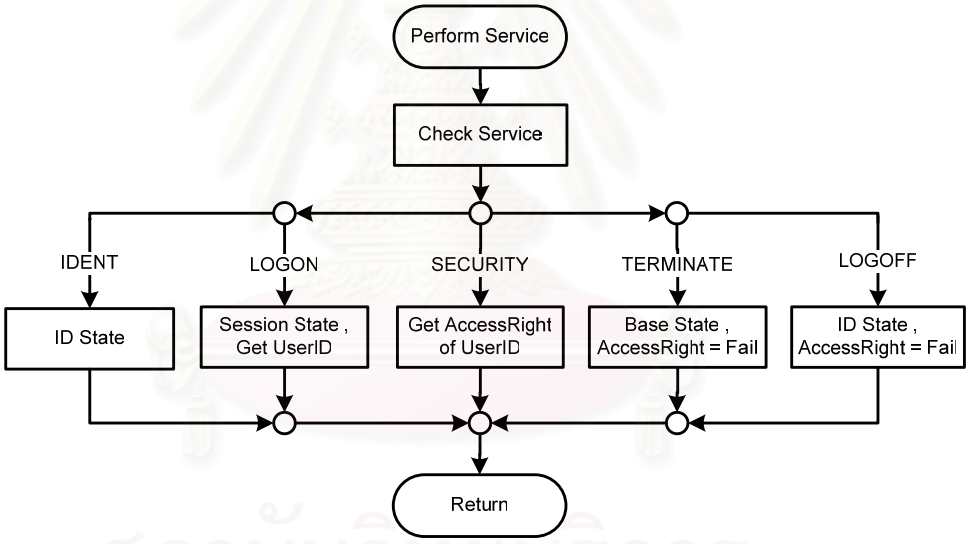


รูปที่ 5.4 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อย AppResponse

โปรแกรมย่อย Perform Service

โปรแกรมย่อย Perform Service ทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะการทำงานของมิเตอร์ในขณะนั้นให้สอดคล้องกับกระบวนการที่อุปกรณ์อ่านค่ามิเตอร์ส่งมาตามมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 ดังแสดงในรูปที่ 5.5 เมื่อเริ่มเข้าสู่โปรแกรมย่อยนี้จะตรวจสอบการร้องขอของอุปกรณ์อ่านค่ามิเตอร์ แล้วทำตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้นตามกระบวนการร้องขอนั้น ๆ โดยแบ่งเป็นการร้องขอได้ 5 ประเภทด้วยกันคือ

- IDENT จะเปลี่ยนสถานะการสื่อสารให้เป็นสถานะไอดี (ID State)
- LOGON จะเปลี่ยนสถานะการสื่อสารให้เป็นสถานะสื่อสารข้อมูล (Session State) และเก็บค่าหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้ (UserID) เพื่อนำไปใช้ในการหารหัสลับของผู้ใช้ต่อไป
- SECURITY จะมีการกำหนดค่าการเข้าถึงมิเตอร์ (Permission) ของผู้ใช้ และเก็บค่าการเข้าถึงไว้ในตัวแปร AccessRight
- TERMINATE จะเปลี่ยนสถานะการสื่อสารให้เป็นสถานะพื้นฐาน (Base State) และกำหนดค่า AccessRight ไม่ให้สามารถเข้าถึงมิเตอร์ได้
- LOGOFF จะเปลี่ยนสถานะการสื่อสารให้เป็นสถานะไอดี (ID State) และกำหนดค่า AccessRight ไม่ให้สามารถเข้าถึงมิเตอร์ได้

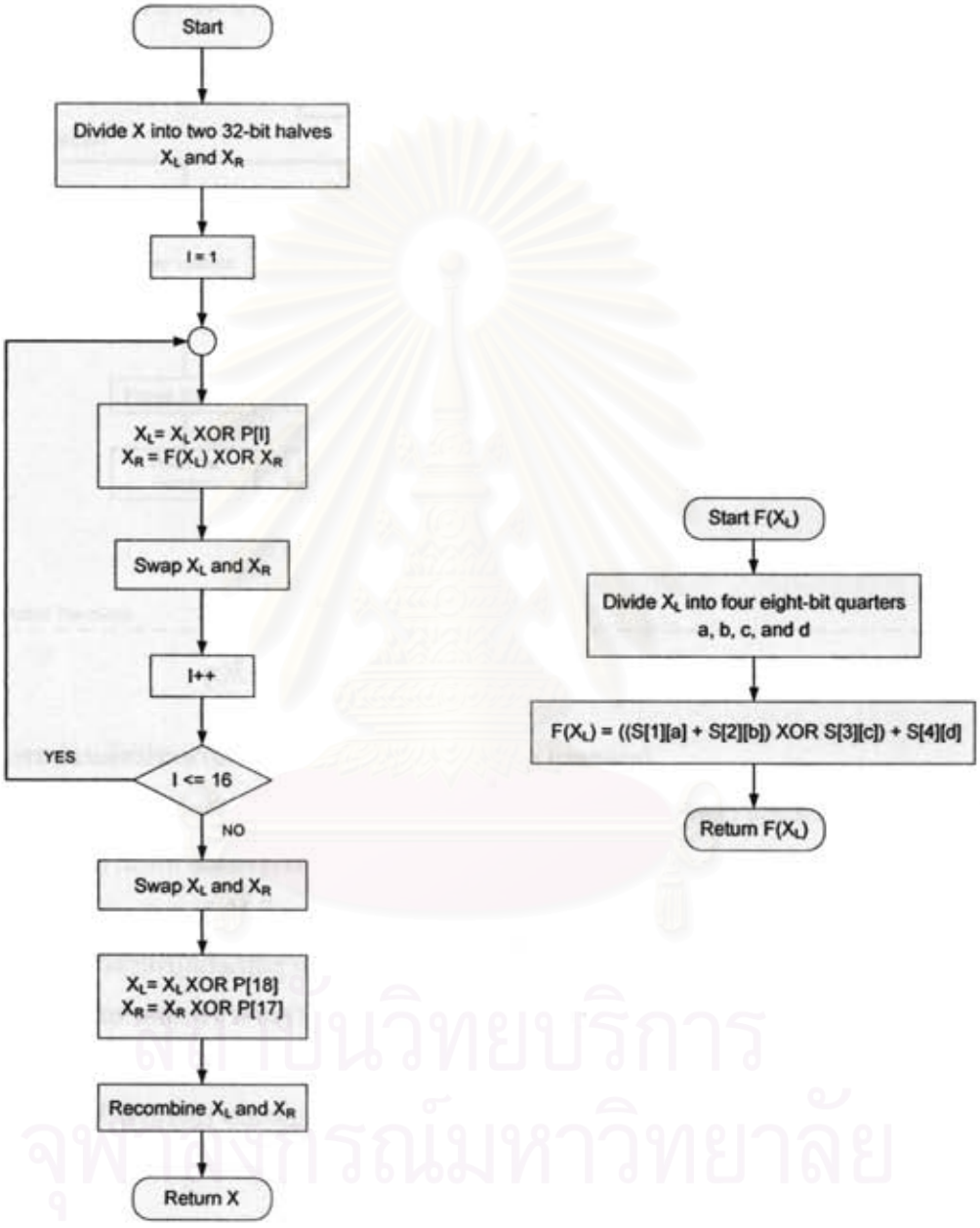


รูปที่ 5.5 แผนภูมิสายงานของโปรแกรมย่อย Perform Service

5.4 การเข้ารหัสให้กับข้อมูลด้วยขั้นตอน Blowfish

การเข้ารหัสด้วย Blowfish ถูกใช้ในกระบวนการความปลอดภัยสำหรับการสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ การประยุกต์ใช้การเข้ารหัส Blowfish ให้กับข้อมูลในแต่ละบล็อก ‘x’ ขนาด 8 ไบต์ หรือ 64 บิตมีรายละเอียดดังในผังงานในรูปที่ 5.6 การทำงานเข้ารหัสด้วยวิธี Blowfish ในไมโครคอนโทรลเลอร์บนมิเตอร์มีปัญหาเรื่องเวลา เนื่องจากกล่องพี (P-Box) ทั้ง 18 ชุดใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 72 ไบต์ จึงสามารถเก็บค่าของกล่องพีไว้ในหน่วยความจำชนิดแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ แต่กล่องเอส (S-Box) ซึ่งใช้พื้นที่เก็บข้อมูลขนาด 4 กิโลไบต์ จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลของกล่องเอสไว้ในหน่วยความจำชนิดแรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MSP430F448 [9] ได้เพราะมีพื้นที่เพียง 2 กิโลไบต์ ดังนั้นข้อมูลของกล่องเอสจึงเก็บ

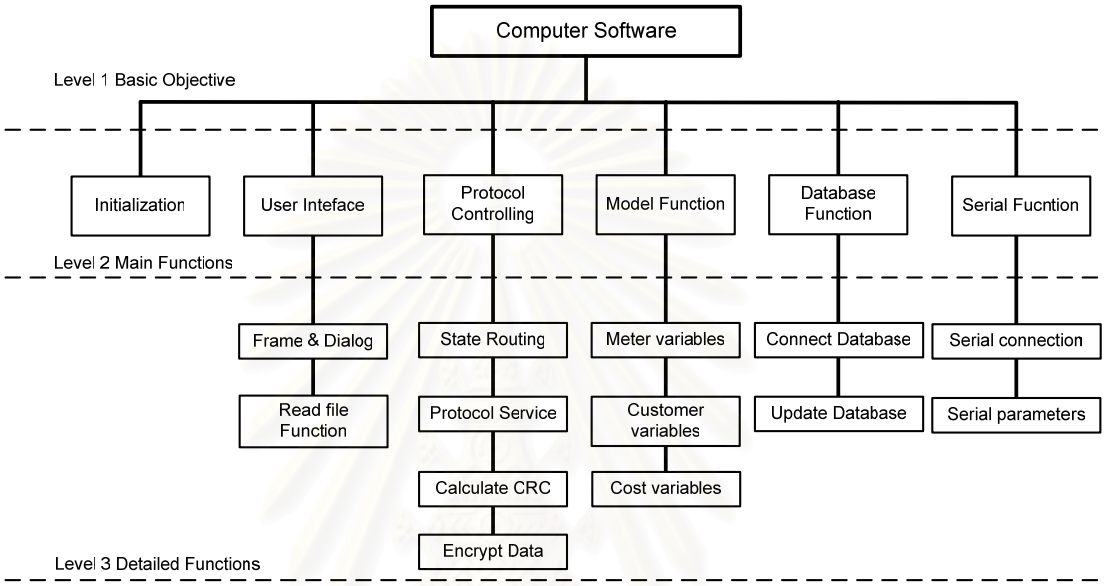
ไว้ในหน่วยความจำแฟลชแทน จึงทำให้การทำงานในกระบวนการสร้างกลุ่มกุญแจย่อยช้าลงเพราะความเร็วในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำชนิดแฟลชช้ากว่าการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำชนิดแรมมาก ดังนั้นเมื่อมีการเข้ารหัสด้วย Blowfish บนคอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วกว่ากันมากทำให้มีปัญหาด้านเวลาในการรับส่งข้อมูลเมื่อมีการสื่อสาร



รูปที่ 5.6 แผนภูมิสายงานของขั้นตอนการเข้ารหัสข้อมูลด้วย Blowfish

5.5 ซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์

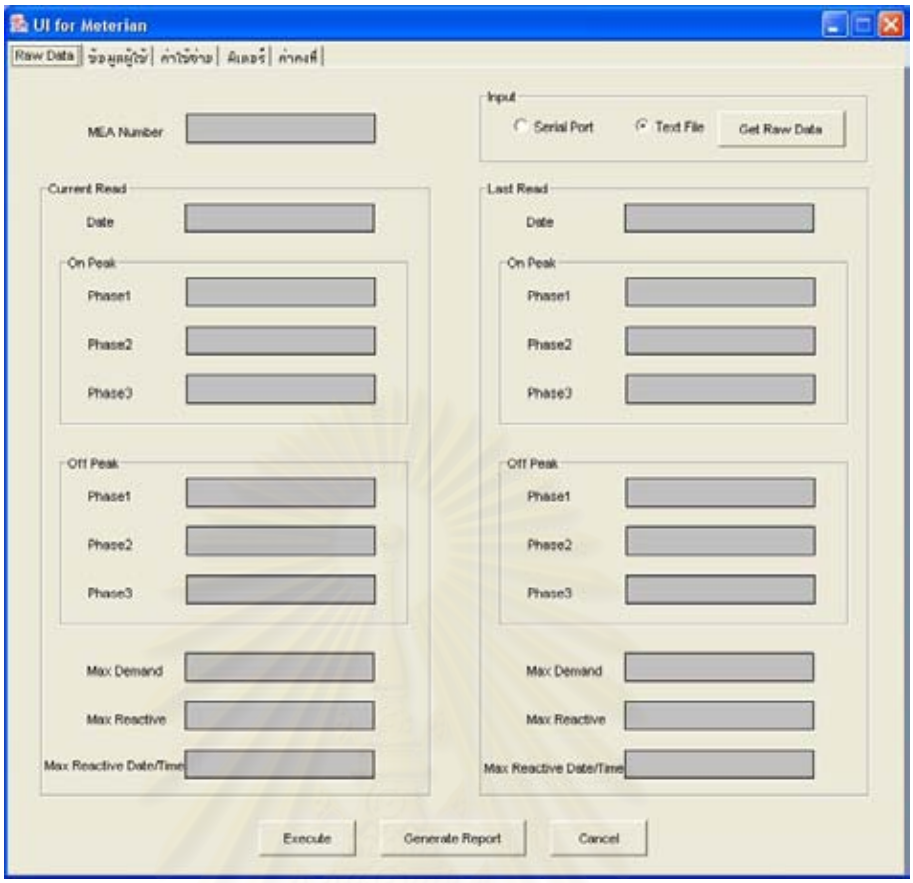
ซอฟแวร์บนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มเพื่อทำการอ่านค่ามิเตอร์และติดต่อกับผู้ใช้ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา (Java) ซึ่งโครงสร้างของซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ได้แก่ฟังก์การทำงานของการติดต่อกับผู้ใช้ด้วยภาพ (Graphic User Interface), ส่วนควบคุมการทำงานของโพรโตคอล, ฟังก์ชันเก็บค่าตัวแปรต่างๆในโปรแกรม, ฟังก์ชันการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมและฟังก์ชันการทำงานเกี่ยวกับดาตาเบส ซึ่งแสดงรายละเอียดการทำงานดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 โครงสร้างซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์

5.6 โปรแกรมส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphic User Interface)

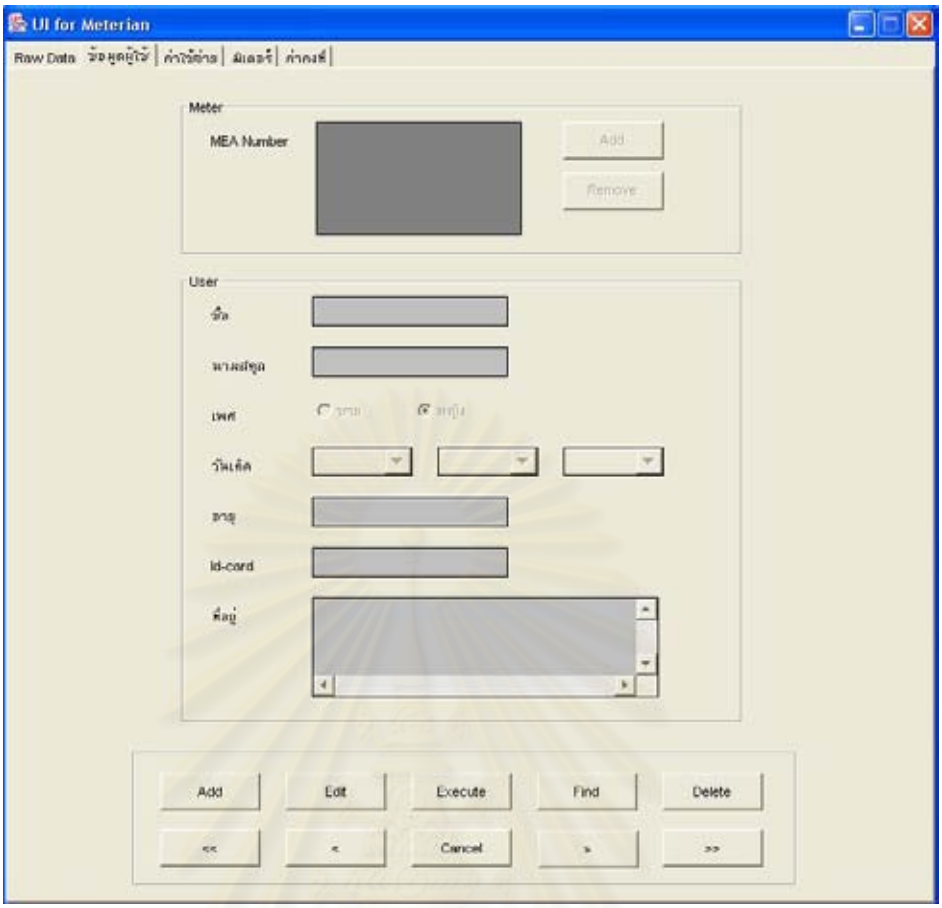
ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) เป็นส่วนที่ใช้เพื่อความสะดวกในการใช้งานในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้ามิเตอร์ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจะทำการเก็บให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูล (Database) โดยมีการเขียนเมท็อด (method) รองรับไว้ มีการใช้ภาษาเอสคิวแอล (SQL) ช่วยในการติดต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่ผ่าน OBDC ที่ได้จัดเตรียมไว้สำหรับโปรแกรมฐานข้อมูลที่ใช้งาน ในส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) ยังมีการเรียก Dialog สำหรับแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นไว้ด้วย โดย ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ที่ทำการออกแบบไว้มีอยู่ด้วยกัน 5 ส่วนคือ ส่วนของการเก็บข้อมูล, ส่วนของการแสดงข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้า, ส่วนของการแสดงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้, ส่วนของรายละเอียดมิเตอร์ และส่วนของการระบุค่าบริการ



รูปที่ 5.8 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ในการเก็บข้อมูล

ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้รูปที่ 5.8 ของซอฟต์แวร์ทำหน้าที่ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ได้ 2 ส่วนคือไฟล์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บในรูปของ Text file และส่วนที่อ่านค่ามิเตอร์ผ่านมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ซึ่งทำการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม โดยมี radio button ในการเลือกการใช้งาน เมื่อทำการอ่านสำเร็จค่าพลังงานไฟฟ้าจะแสดงค่าหมายเลขเครื่องมิเตอร์ วันเดือนปีที่ทำการอ่าน และค่าพลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลด้วยการกดปุ่ม Execute

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ส่วนของข้อมูลผู้ใช้งาน

กราฟิกส่วนนี้ใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งมีการติดต่อกับฐานข้อมูล โดยการนำข้อมูลของผู้ใช้ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลมาแสดงโดยมีปุ่มที่ใช้ในกราฟิกในการทำงานต่างๆ ดังนี้

ปุ่ม Add ใช้การเพิ่มผู้ใช้ไฟฟ้า

ปุ่ม Edit ใช้การแก้ไขข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า

ปุ่ม Execute ใช้ในการเพิ่มหรือแก้ไขให้กับฐานข้อมูล

ปุ่ม Find ใช้ในการหาข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าในฐานข้อมูล

ปุ่ม Delete ใช้การลบข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าในฐานข้อมูล

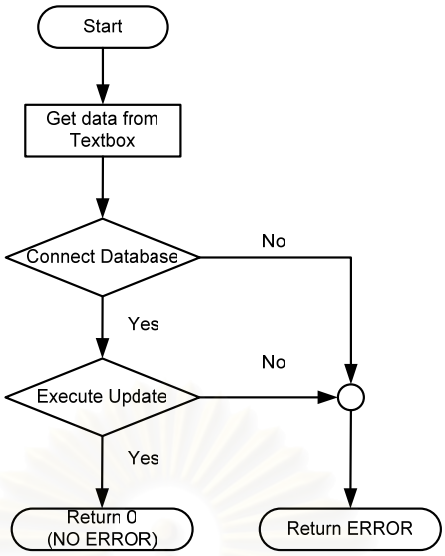
ปุ่ม Cancel ใช้ยกเลิกการทำงานของปุ่ม Add และปุ่ม Edit

ปุ่ม << ใช้ดูข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแรกในฐานข้อมูล

ปุ่ม < ใช้ดูข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าก่อนหน้าในฐานข้อมูล

ปุ่ม >> ใช้ดูข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าสุดท้ายในฐานข้อมูล

ปุ่ม > ใช้ดูข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไปในฐานข้อมูล



รูปที่ 5.10 แผนภูมิสายงานแสดงขั้นตอนการติดต่อกับฐานข้อมูล

การติดต่อกับฐานข้อมูลในการเพิ่มข้อมูลโดยการกดปุ่ม EXCUTE ในรูปที่ 5.8 และปุ่ม ADD, EDIT, EXCUTE และ DELETE มีขั้นตอนการติดต่อดังรูปที่ 5.10 โดยรับข้อมูลจากกราฟิกใน TEXTBOX แล้วทำการติดต่อกับฐานข้อมูลจากนั้นจะทำการ UPDATE ข้อมูลตามคำสั่งที่ได้รับจากปุ่มที่ทำการกด หากไม่สามารถทำงานได้โปรแกรมส่งค่า ERROR แล้วแสดงผลใน DIALOG

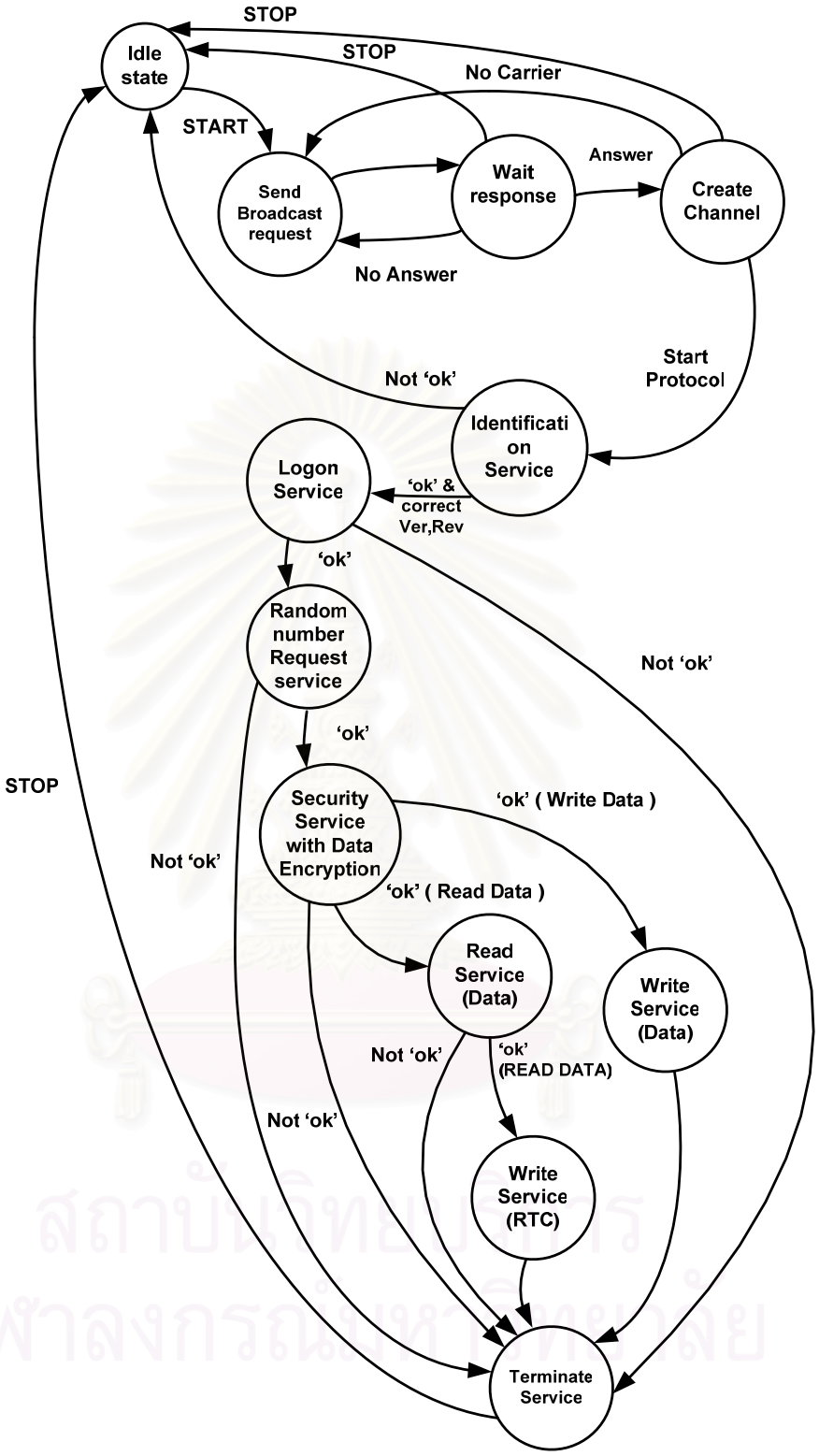
5.7 โปรแกรมสำหรับติดต่อกับมิเตอร์

โปรแกรมติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านพอร์ตอนุกรม

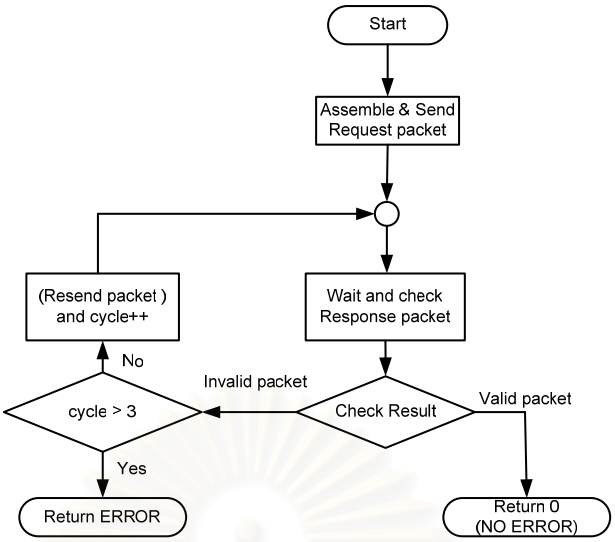
ซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ทำการติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสผ่านช่องทางอนุกรม (Serial port) จะมีการนำ package “javax.comm” เรียกใช้งานให้สามารถติดผ่านพอร์ตอนุกรมได้ ในโปรแกรมมีการจัดการในการเลือกพอร์ตอนุกรมที่จะใช้งาน, ตั้งค่าอัตราบอด (baud rate), Flow Control In, Flow Control Out, Data Bits, Stop Bits และ Parity จากนั้นจะทำการติดต่อแล้ว เรียกใช้เมท็อด Protocol ในการติดต่อกับมิเตอร์ โดยรายละเอียดการทำงานจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

โปรแกรมควบคุมการทำงานของโพรโทคอล

สามารถแสดงการทำงานได้โดยใช้แผนภาพ ASM (Algorithmic State Machine) ดังแสดงในรูปที่ 5.11 โดยส่วนควบคุมลำดับการทำงานต่างๆ ของโพรโทคอลได้นำหลักการทำงานแบบกลไกลำดับขั้น (State Machine) มาใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมจะทำกระบวนการระบุหมายเลขประจำตัวจากมิเตอร์ก่อนเป็นลำดับแรก แล้วตามด้วยกระบวนการสร้างช่องทางสื่อสารกับมิเตอร์โดยผ่านโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม หลังจากนั้นจึงทำกระบวนการต่างๆ ที่สอดคล้องกับการทำงานของชั้นประยุกต์ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.2 เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนต่างๆ ของการสื่อสารกับมิเตอร์แล้ว การสั่งยกเลิกการสร้างช่องสัญญาณจากผู้ใช้ผ่านทางปุ่มกดที่ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้



รูปที่ 5.11 แผนภาพ ASM ควบคุมลำดับการทำงานของโพรโทคอล



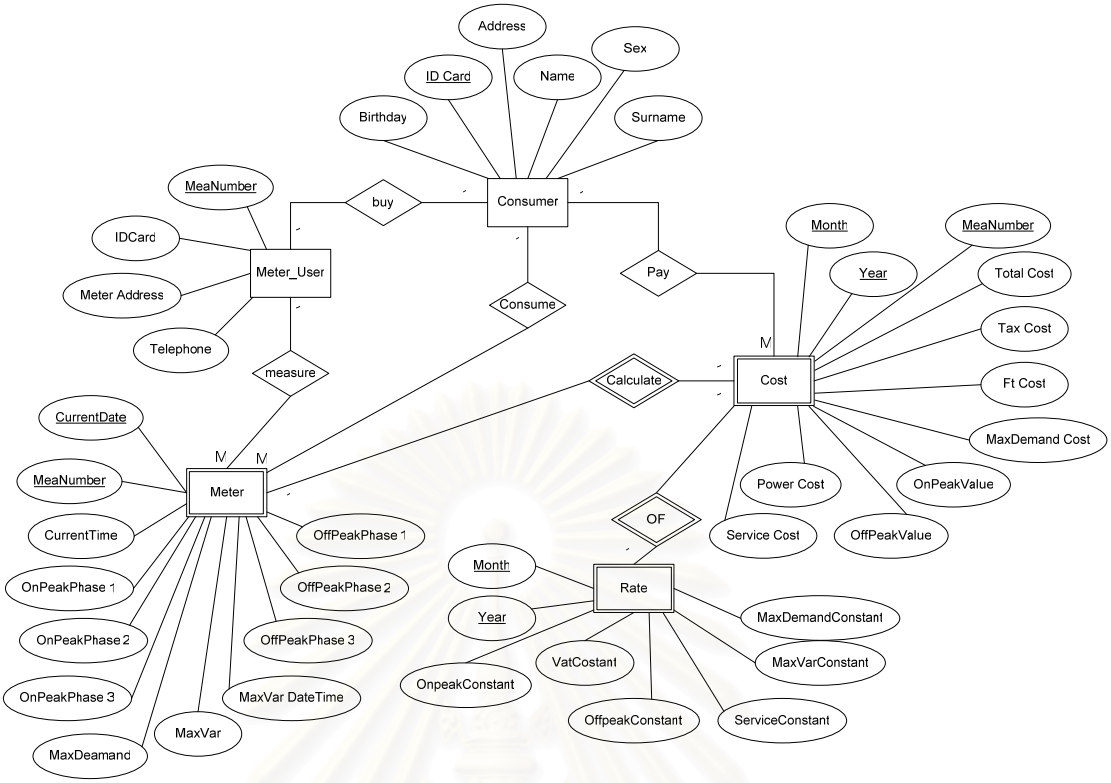
รูปที่ 5.12 แผนภูมิสายงานควบคุมการทำงานในแต่ละกระบวนการ

เนื่องจากในแต่ละกระบวนการของโพรโทคอลประกอบไปด้วยขั้นตอนร้องขอและขั้นตอนตอบสนอง ดังนั้นจึงต้องมีทั้งการส่งกลุ่มข้อมูลออกไปในขั้นตอนร้องขอ และตรวจสอบกลุ่มข้อมูลขาเข้าจากขั้นตอนตอบสนองของมิเตอร์ การทำงานของโปรแกรมย่อยควบคุมขั้นตอนย่อยในแต่ละกระบวนการสามารถอธิบายได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.12 การทำงานจะเริ่มต้นจากการล้างค่าตัวแปรที่ใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานแล้วเริ่มส่งกลุ่มข้อมูลร้องขอในแต่ละกระบวนการออกไป จากนั้นตรวจสอบว่าการตอบรับแต่กลุ่มข้อมูลว่าถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในแต่ละกระบวนการหรือไม่ ถ้าผิดพลาดโปรแกรมย่อยจะคืนค่าความผิดพลาดกลับและส่งกลุ่มข้อมูลซ้ำ แต่หากไม่พบความผิดพลาดในกลุ่มข้อมูลตอบสนองของแต่ละกระบวนการ โปรแกรมย่อยก็จะคืนค่าศูนย์กลับไป แล้วทำการส่งกลุ่มข้อมูลในกระบวนการต่อไป

5.8 การออกแบบฐานข้อมูล

ในการออกแบบฐานข้อมูล [11] ต้องทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของขอบเขตของระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เมื่อทราบวัตถุประสงค์แล้วก็ทำการกำหนดขอบเขตของระบบ จากนั้นทำการออกแบบเชิงแนวคิด โดยใช้แบบจำลองอี – อาร์ (E – R Model) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เราสนใจที่จัดเก็บ ที่เรียกว่า เอนทิตี (Entity) และรายละเอียดคุณสมบัติ (Attribute) ของสิ่งที่จัดเก็บ แล้วทำการแปลงแบบจำลองอี – อาร์ เป็นโครงสร้างตารางฐานข้อมูล จากนั้นทำให้รีเลชันมีคุณสมบัติอยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐาน (Normalization) เพื่อให้ได้โครงสร้างของตารางที่ดี ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล จากนั้นทำการเลือกโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล โดยในวิทยานิพนธ์นี้ทำการเลือกโปรแกรม PostgreSQL เพราะเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ Open Source นำมาใช้งานโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์ในการใช้งานทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

ในการออกแบบฐานข้อมูลระบบได้ทำการศึกษาข้อมูลและกำหนดวัตถุประสงค์ ซึ่งกำหนดให้มีการจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้จากมิเตอร์, ข้อมูลผู้ใช้งาน, ข้อมูลมิเตอร์, ค่าใช้จ่าย ฯลฯ โดยข้อมูลที่ได้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในรูปแบบจำลองอี – อาร์โมเดลดังรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 รูปแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละเอนทิตี

จากรูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละเอนทิตีทำการกำหนดแอททริบิวต์ต่างๆ คีย์หลักและคีย์นอกในแต่ละรีเลชันดังนี้

- รีเลชันค่าพลังงาน ประกอบด้วยแอททริบิวต์ MeaNumber, CurrentDate, CurrentTime, OnPeakPhase1, OnPeakPhase2, OnPeakPhase3, OffPeakPhase1, OffPeakPhase2, OffPeakPhase3, MaxDemand, MaxVar และ MaxVarDateTime โดยมี MeaNumber, CurrentDate เป็น compound key เป็นคีย์หลัก

MeaNumber	**CurrentDate**	CurrentTime	OnPeakPhase1	OnPeakPhase2	OnPeakPhase3
	OffPeakPhase2	OffPeakPhase3	MaxDemand	MaxVar	MaxVarDateTime

- รีเลชันลูกค้า ประกอบด้วยแอททริบิวต์ IDCard, Name, Surname, Sex, Birthday และ Address โดยมี แอททริบิวต์ IDCard เป็นคีย์หลัก

IDCard	Name	Surname	Sex	Birthday	Address

- รีเลชันความเป็นเจ้าของ ประกอบด้วย UserID, Meanumber, IDCard และ Telephone โดยมีแอททริบิวต์ MeaNumber เป็นคีย์หลัก และมี IDCard เป็นคีย์นอก

MeaNumber	IDCard	MeterAddress	Telephone

- รีเลชันค่าใช้จ่าย ประกอบด้วยแอททริบิวต์ MeaNumber, CurrentMonth, CurrentYear, OffPeakValue, OnPeakValue, PowerCost, ServiceCost, FTCost, TaxtCost และ TotalCost โดยมี MeaNumber, CurrentMonth และ CurrnetYear เป็น compound key ใช้เป็นคีย์หลัก

MeaNumber	CurrentMonth	CurrentYear	OffPeakValue	OnPeakValue	PowerCost
	PowerCost	ServiceCost	FTCost	TaxtCost	TotalCost

- รีเลชันค่าคงที่ ประกอบด้วยแอททริบิวต์ CurrnetMonth, CurrentYear, MaxDemandConstant MaxVarConstant, ServiceConstant, OnPeakConstant, OffPeakConstant และ VatConstant โดยมี CurrentMonth และ CurrentYear เป็น compound key ที่เป็นคีย์หลัก

CurrnetMonth	CurrentYear	MaxDemandConstant	MaxVarConstant
ServiceConstant	OnPeakConstant	OffPeakConstant	VatConstant

5.9 สรุปท้ายบท

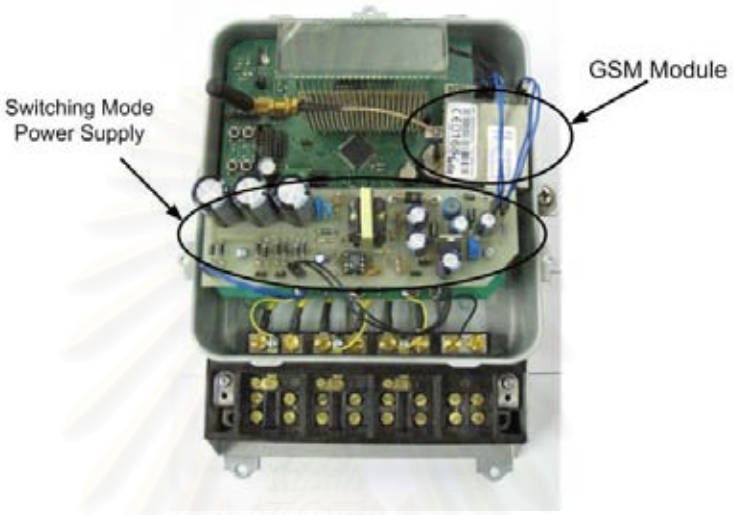
ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดทางด้านซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรเลอร์ ประกอบด้วย ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานมิเตอร์ โดยซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของมิเตอร์จะแบ่งเป็น ส่วนจัดการทางเวลา และโพรโทคอลใช้ในการติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มที่จะทำการรับส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ ในส่วนของซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานบนคอมพิวเตอร์ ใช้ซอฟต์แวร์ที่เขียนด้วยภาษาจาวา โดยจะมีส่วนต่าง ๆ ประกอบไปด้วย ส่วนติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มผ่านพอร์ตอนุกรม ส่วนควบคุมการทำงานของโพรโทคอล, ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ และ ส่วนการติดต่อกับฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลมิเตอร์ที่ทำการอ่านมาได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การทดสอบและสรุปผล

6.1 การออกแบบระบบทดสอบ

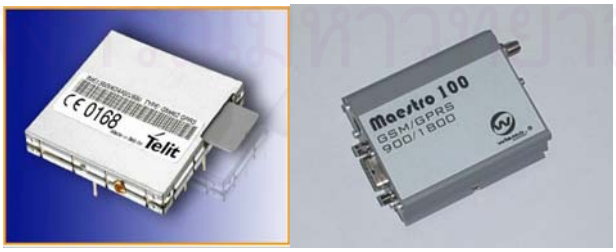


รูปที่ 6.1 มิเตอร์ที่ติดอุปกรณ์มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มและแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่นำมาทำการทดสอบกับระบบการอ่านค่าพลังงานจากเครื่องวัดโดยอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบด้วย

1) มิเตอร์สำหรับการสื่อสาร ใช้มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา (TOU Meter) เป็นการวิจัยและพัฒนาของห้องปฏิบัติการการออกแบบและประยุกต์วงจรรวม
2) โมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม โมดูลที่นำมาใช้เป็นโมดูลของบริษัท Telit รุ่น GM862 – GPRS เป็นโมดูลที่ใช้ในการเพิ่มให้กับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า ติดต่อด้วย Microcontroller UART และโมดูลของบริษัท Fargo Telecom รุ่น fargo Maestro 100 ที่ติดให้กับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6.2 มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

3) แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งชนิดฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ขนาด 3.7 โวลต์ 2.5 แอมแปร์เพิ่มให้กับมิเตอร์วัดพลังงาน

6.2 การทดสอบการอ่านค่าจากมิเตอร์

6.2.1 การสร้างช่องทางการสื่อสารผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

การทำงานของระบบอ่านค่ามิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นมีซอฟต์แวร์ที่ทำการจัดการสร้างช่องทางการสื่อสารด้วยการติดต่อกับมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดไว้ให้กับคอมพิวเตอร์ที่ทำการทดสอบ โดยใช้ซอฟต์แวร์ส่ง AT COMMAND ในการโทรหามิเตอร์ที่ทำการติดต่อด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เริ่มต้นการทำงานด้วยการส่งคำสั่ง ATD+ (Telephone Number)
2) รอการตอบสนองของมอดูล โดยมีผลการตอบกลับดังนี้
   - BUSY แสดงว่าตอนนี้มิเตอร์ไม่พร้อมทำการติดต่อ
   - NO CARRIER แสดงว่าไม่มีคลื่นสัญญาณ
   - NO ANSWER แสดงว่ามิเตอร์ไม่การตอบรับการติดต่อ
   - CONNECTION 9600 แสดงว่ามิเตอร์ตอบรับและสร้างช่องทางการสื่อสารแล้ว

จากผลของการตอบกลับของมอดูลในกรณีที่ยังสร้างช่องสัญญาณในการติดต่อกับมิเตอร์ โปรแกรมที่ทำการออกแบบไว้จะทำการติดต่อใหม่ให้โดยอัตโนมัติ เมื่อคอมพิวเตอร์ทำการสร้างช่องสัญญาณในการติดต่อได้แล้ว จะเริ่มทำการสื่อสารด้วยโพรโทคอลที่ทำการออกแบบไว้ โดยในการทดสอบการอ่านค่ามิเตอร์ในหัวข้อที่ 6.2.2 – 6.2.5 จะเป็นการทดสอบและเปรียบเทียบความปลอดภัยในการอ่านระหว่างโปรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 ธรรมดา กับโปรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 ที่ดัดแปลงเพิ่มความปลอดภัยในการถูกลักลอบการอ่านค่ามิเตอร์ด้วยการเพิ่มการเข้าเข้ารหัสในขั้นตอนกระบวนการความปลอดภัย (Security service)

6.2.2 ทดสอบการอ่านค่าจากมิเตอร์ด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996

ทำการทดสอบโดยอ่านค่าข้อมูลผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเขียนซอฟต์แวร์เพิ่มเพื่อทำการอ่านผลของการทำงานของโพรโทคอลในกระบวนการต่างๆ ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้ โดยใช้สัญลักษณ์ “->” แทนข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์ และใช้ “<-“ แทนข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากมิเตอร์ และใช้เลขฐานสิบหกในการแสดงผล

-> EE 00 00 00 00 01 20 13 10 (เริ่มกระบวนการร้องขอ)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 00 01 00 00** C6 B5 (มิเตอร์ส่งค่าเวอร์ชันของโพรโทคอลกลับมา)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 50 00 01 31 20 20 20 20 20 20 20 20 20 27 4C (เริ่มกระบวนการการลงบันทึกเปิดโดยการส่งหมายเลข และชื่อของผู้ใช้ ออกไป)

<-. 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 15 51 31 32 33 34 35 36 37 38 39 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 34 75 2b (เริ่มกระบวนการความปลอดภัยทำการส่งรหัสผ่าน 20 ไบต์ให้มิเตอร์)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 03 30 00 01 D6 6E (เริ่มกระบวนการอ่านจากตารางหมายเลข 1)

<- 06 EE 00 20 00 00 4A **00 00 46 08 03 18 02 13 25 06 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 08 03 18 02 13 25 19 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 31 30 30 30 30 30 35 A1** 54 2F (มิเตอร์

ส่งข้อมูลที่อยู่ในตารางหมายเลข 1 ออกมา ขนาด 74 ไบต์)

-> 06 EE 00 00 00 00 0D 40 00 03 00 07 08 03 18 02 13 25 18 8B 05 13 (เริ่มกระบวนการการเขียนวันเวลาลงในตารางข้อมูลหมายเลข 3)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 01 52 17 20 (เริ่มกระบวนการลงระบบปิด)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 21 9A 01 (เริ่มกระบวนการสิ้นสุดการสื่อสาร)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 (คอมพิวเตอร์ตอบรับกลุ่มข้อมูลสุดท้าย)

ทดสอบการทำงานโพรโทคอลของ ANSI C12.18 – 1996 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของกระบวนการต่างๆ ในการทำงานของโพรโทคอลเป็นไปตามที่ออกแบบไว้

6.2.3 <u>ทดสอบความปลอดภัยจากการถูกลอบอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ระหว่างการสื่อสารด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996</u>

ในการทดสอบนี้ได้นำข้อมูลที่ทำการดักจับข้อมูลได้ในการทดลองหัวข้อที่ 6.2.2 ได้ทำการติดต่อกับมิเตอร์ มาทำการติดต่อกับมิเตอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์อื่นแทนในการติดต่อเพื่อทดสอบกระบวนการความปลอดภัย ผลการทดสอบปรากฏดังนี้

-> EE 00 00 00 00 01 20 13 10 (เริ่มส่งกระบวนการร้องขอที่ดักจับ)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 00 01 00 00** C6 B5 (มิเตอร์ส่งค่าเวอร์ชันของโพรโทคอลกลับมา)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 50 00 01 31 20 20 20 20 20 20 20 20 27 4C (เริ่มกระบวนการการลงบันทึกเปิดโดยการส่งหมายเลข และชื่อของผู้ใช้ ที่ดักจับได้ออกไป)

<-. 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 15 51 31 32 33 34 35 36 37 38 39 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 34 75 2b (เริ่มกระบวนการความปลอดภัยทำการส่งรหัสผ่านที่ดักจับได้ให้มิเตอร์)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 03 30 00 01 D6 6E (เริ่มกระบวนการอ่านที่ดักจับได้)

<- EE 00 20 00 00 **4A 00 00 46 08 03 30 07 12 03 49 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00**
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 08 03 30 07 12 03 52 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 31 30 30 30 30 30 30 35 31 0f 3d (มิเตอร์ส่งข้อมูลที่อยู่ในตารางหมายเลข 1 ออกมา ขนาด 74 ไบต์ให้)

-> 06 EE 00 00 00 00 0D 40 00 03 00 07 08 03 18 02 13 25 18 8B 05 13 (เริ่มกระบวนการการเขียนวันเวลาที่ดักจับได้ลงในตารางข้อมูลหมายเลข 3)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 01 52 17 20 (เริ่มกระบวนการลงระบบปิด)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 21 9A 01 (เริ่มกระบวนการสิ้นสุดการสื่อสาร)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 (คอมพิวเตอร์ตอบรับกลุ่มข้อมูลสุดท้าย)

ผลการทดสอบการลักลอบส่งข้อมูลที่อ่านได้ในครั้งก่อนโดยใช้ซอฟต์แวร์แทน ผลปรากฏว่าสามารถทำการอ่านข้อมูลได้ดังข้อมูลข้างต้นซึ่งแสดงว่าโพรโทคอลยังมีความปลอดภัยไม่เพียงพอ

6.2.4 ผลการอ่านค่าจากมิเตอร์ด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 ดัดแปลง

ทำการทดสอบโดยอ่านค่าข้อมูลผ่านทางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้โพรโทคอล ANSI C12.18 ดัดแปลง ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.2 ผลการทดสอบปรากฏดังนี้

-> EE 00 00 00 00 01 20 13 10 (เริ่มกระบวนการร้องขอ)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 00 01 00 00** C6 B5 (มิเตอร์ส่งค่าเวอร์ชันของโพรโทคอลกลับมา)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 50 00 01 31 20 20 20 20 20 20 20 20 27 4C (เริ่มกระบวนการการลงบันทึกเปิดโดยการส่งหมายเลข และชื่อของผู้ใช้ ออกไป)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 3A C8 AF (เริ่มกระบวนการขอค่าสุ่มจากมิเตอร์)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 D2 B5 61 E7** D7 72 (มิเตอร์ส่งค่าสุ่มจำนวน 4 ไบต์กลับมา)

-> 06 EE 00 20 00 00 19 51 16 16 26 7B DD AE 75 6B 30 50 3A 44 F4 2F 7B DC F8 70 59 AD E6 C4 F8 33 DA F1 (เริ่มกระบวนการความปลอดภัยโดยการส่งรหัสผ่านขนาด 24 ไบต์ที่ถูกเข้ารหัสด้วยขั้นตอนวิธี Blowfish และใช้โหมด CBC ออกไป)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลงแสดงว่ารหัสถูกต้อง)

-> 06 EE 00 00 00 00 03 30 00 01 55 0D (เริ่มกระบวนการอ่านจากตารางหมายเลข 1)

<- 06 EE 00 00 00 00 4A **00 00 46 08 03 16 07 22 49 55 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 08 03 16 07 22 53 22 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 31 30 30 30 30 30 30 35 D3** 13 C3 (มิเตอร์ส่งข้อมูลที่อยู่ในตารางหมายเลข 1 ออกมา ขนาด 74 ไบต์)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 40 00 03 00 07 08 03 16 07 22 53 23 40 AC 31 (เริ่มกระบวนการการเขียนวันเวลาลงในตารางข้อมูลหมายเลข 3)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 52 86 40 (เริ่มกระบวนการลงระบบปิด)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 01 21 0B 61 (กระบวนการสิ้นสุดการสื่อสาร)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 (คอมพิวเตอร์ตอบรับกลุ่มข้อมูลสุดท้าย)

จากผลการทดสอบทำให้เห็นการทำงานของกระบวนการต่างๆ ของ โพรโทคอลที่ออกแบบ ทำงานเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้

6.2.5 ทดสอบความปลอดภัยจากการถูกลอบอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ระหว่างการสื่อสารด้วยโพรโทคอล ANSI C12.18 – 1996 ดัดแปลง

ทำการทดสอบเช่นดียวกับหัวข้อที่ 6.2.3 โดยนำข้อมูลที่ลอบอ่านได้ในหัวข้อที่ 6.2.4 มาทำการส่งด้วยซอฟต์แวร์แทน ผลการทดสอบส่งข้อมูลที่ลอบการอ่านได้เป็นดังนี้

-> EE 00 00 00 00 01 20 13 10 (ซอฟต์แวร์เริ่มกระบวนการร้องขอ)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 00 01 00 00** C6 B5 (มิเตอร์ส่งค่าเวอร์ชันของโพรโทคอลกลับมา)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 50 00 01 31 20 20 20 20 20 20 20 20 20 27 4C (ซอฟต์แวร์เริ่มกระบวนการการลงบันทึกเปิดโดยการส่งหมายเลข และชื่อของผู้ใช้ ออกไป)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 3A C8 AF (ซอฟต์แวร์เริ่มกระบวนการขอค่าสุ่มจากมิเตอร์)

<- 06 EE 00 00 00 00 05 **00 28 EB AC 90** 40 37(มิเตอร์ส่งค่าสุ่มจำนวน 4 ไบต์กลับมา โดยที่แต่ละครั้งในการอ่านจะส่งค่าไม่ซ้ำกันเพื่อใช้ในกระบวนการความปลอดภัย)

-> 06 EE 00 20 00 00 19 51 16 16 26 7B DD AE 75 6B 30 50 3A 44 F4 2F 7B DC F8 70 59 AD E6 C4 F8 33 DA F1 (ซอฟแวร์เริ่มกระบวนการความปลอดภัยโดยการส่งรหัสผ่านขนาด 24 ไบต์ที่ถูกลักลอบในการอ่านมิเตอร์ครั้งก่อนออกไปให้มิเตอร์)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **03** 1B 63 (มิเตอร์ตอบปฏิเสธการร้องขอเนื่องจากเหตุผลด้านความปลอดภัยด้วยการส่งรหัส 03 กลับมาแสดงว่ารหัสผ่านที่ส่งไปไม่ถูกต้อง)

-> 06 EE 00 00 00 00 03 30 00 01 55 0D (ซอฟแวร์เริ่มกระบวนการอ่านจากตารางหมายเลข 1)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **01** 98 20 (มิเตอร์ตอบปฏิเสธกระบวนการอ่านข้อมูล เนื่องจากกระบวนการความปลอดภัยไม่ผ่าน มิเตอร์ส่งค่า 01 กลับมาแสดงว่าขั้นตอนการทำงานไม่ถูกต้อง)

-> 06 EE 00 20 00 00 0D 40 00 03 00 07 08 03 16 07 22 53 23 40 AC 31 (ซอฟต์แวร์เริ่มกระบวนการการเขียนวันเวลาลงในตารางข้อมูลหมายเลข 3)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **01** 09 40 (มิเตอร์ปฏิเสธอีกครั้งเนื่องจาก เนื่องจากกระบวนการควาปลอดภัยไม่ผ่านด้วยการส่งรหัส 01 กลับมาแสดงว่าขั้นตอนการทำงานไม่ถูกต้อง)

-> 06 EE 00 00 00 00 01 52 86 40 (ซอฟต์แวร์เริ่มกระบวนการลงระบบปิด)

<- 06 EE 00 00 00 00 01 **00** 11 31 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 EE 00 20 00 00 01 21 0B 61 (ซอฟต์แวร์กระบวนการสิ้นสุดการสื่อสาร)

<- 06 EE 00 20 00 00 01 **00** 80 51 (มิเตอร์ตอบตกลง)

-> 06 (ตอบรับมิเตอร์ตอบตกลง)

จากการทดสอบโดยการใช้ซอฟต์แวร์ที่ทำการลักลอบอ่านข้อมูลครั้งก่อน นำมาส่งใหม่เพื่อทำการอ่านครั้งต่อไป ผลปรากฏว่าไม่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลใดๆ ลงบนมิเตอร์ได้ เนื่องจากไม่ผ่านกระบวนการความปลอดภัยที่มีการนำเอาค่าสุ่มของแต่ละครั้งของการติดต่อมาใช้เข้ารหัสด้วยวิธีการ Blowfish ให้กับรหัสผ่าน

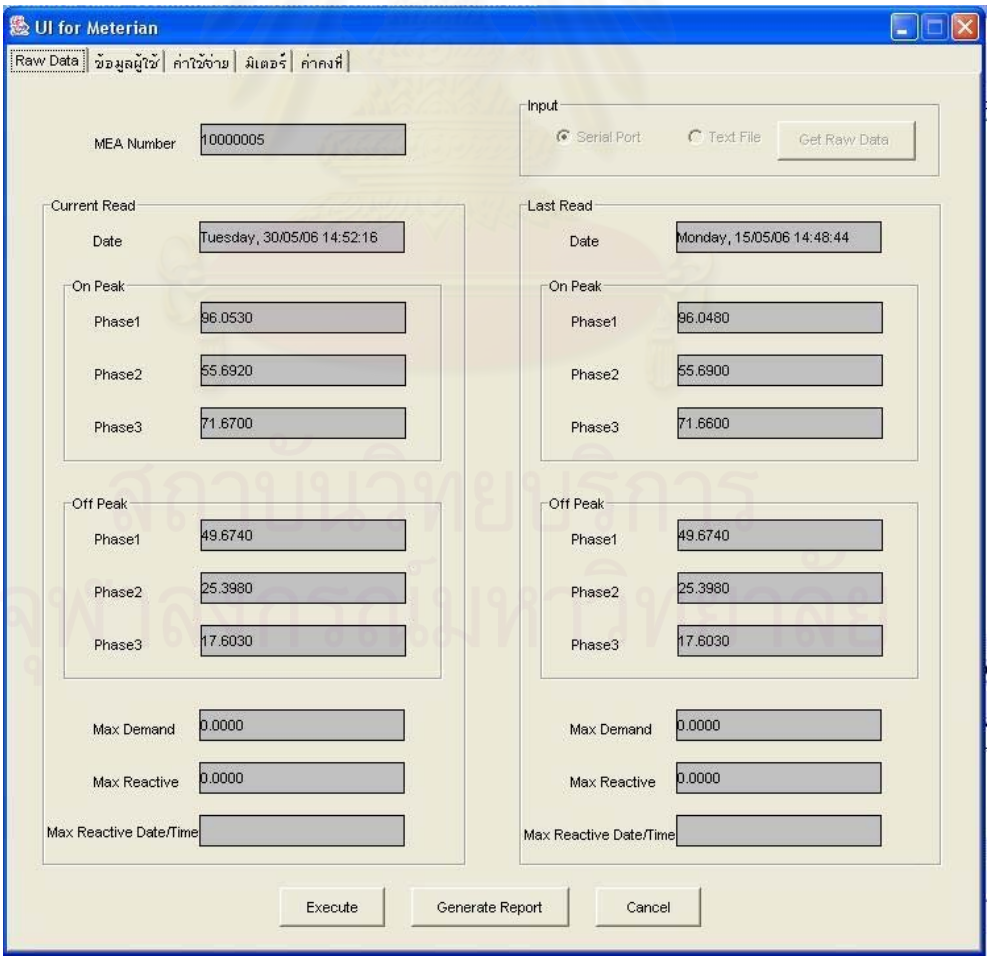
6.3 ระบบการแจ้งเตือนไฟดับ

ในระบบการแจ้งเตือนไฟดับ เมื่อมีไฟดับมิเตอร์จะทำการส่งเอสเอ็มเอส (SMS) ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนดให้มิเตอร์ทำการส่งไป ซึ่งอาจเป็นศูนย์แจ้งเตือนหรือส่งไปยังผู้รับผิดชอบ ในการทำการทดสอบหลังจากที่มิเตอร์ไฟตกหรือดับ ผลการทำงาน มิเตอร์สามารถทำการส่งเอสเอ็มเอสแจ้งเตือนได้ดังที่โปรแกรมไว้ โดยศูนย์หรือผู้รับผิดชอบจะได้รับข้อความเอสเอ็มเอสที่มิเตอร์ส่งให้ เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการส่ง ขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการโครงข่ายสัญญาณ และผู้รับได้ทำการเปิดเครื่องรับไว้หรือไม่ ในกรณีปกติผลของการทดสอบปรากฏว่าเมื่อไฟดับมิเตอร์จะทำการส่งเอสเอ็มเอสไปถึงศูนย์แจ้งเตือนหรือผู้รับผิดชอบได้ในเวลา 10 – 20 วินาทีหลังจากไฟดับ มีการทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนไฟดับ โดยทำการส่งเอสเอ็มเอสทันทีหลังไฟมีผลดังตารางที่ 6.1

จำนวนการทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ส่งได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ส่งไม่ได้ (ครั้ง)
50	50	0

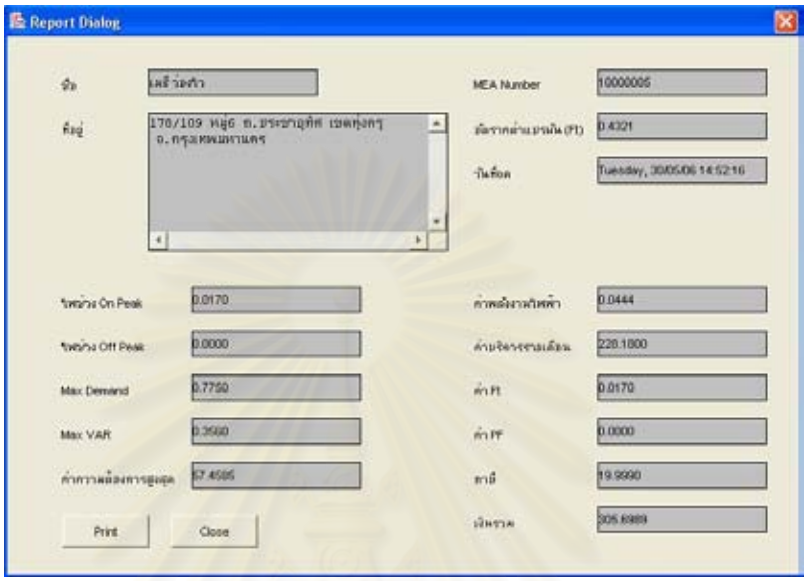
ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงการทดสอบการส่งเอสเอ็มเอส

6.4 ทดสอบการทำงานของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้

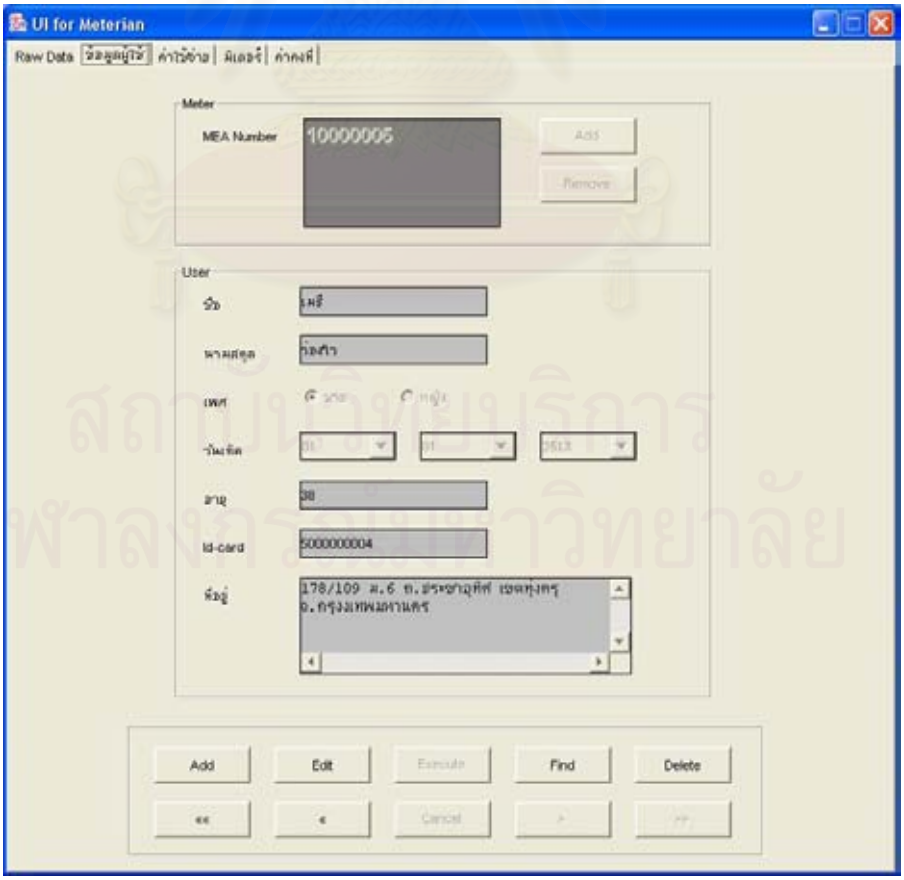


รูปที่ 6.3 กราฟิกแสดงผลการอ่านค่าจากมิเตอร์

ข้อมูลที่ทำการอ่านได้จากมิเตอร์จะแสดงผลที่กราฟิกดังรูปที่ 6.3 โดยมิรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ หมายเลขมิเตอร์ ค่าพลังงานทั้ง 3 เฟสช่วง on peak, off peak เมื่อทำการกดปุ่ม Execute จะทำการส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูลในวันเวลาที่ทำการอ่าน แล้วเมื่อเราทำการกดปุ่ม Generate Report จะแสดงกราฟิกดังรูปที่ 6.4 สามารถพิมพ์ค่าใช้จ่ายที่คำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU ได้



รูปที่ 6.4 กราฟิกแสดงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 6.5 กราฟิกแสดงค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า

6.5 ทดสอบระบบฐานข้อมูล

ในการทำงานเก็บข้อมูลของฐานข้อมูล ทำการทดสอบเก็บข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และข้อมูลต่างๆ ของผู้ใช้บริการ โดยข้อมูลต่างๆ ที่เก็บในตารางที่ได้ทำการออกแบบไว้มีตารางต่างๆ ดังนี้

ตารางค่าพลังงาน (t_meter)

ในรูปที่ 6.6 เป็นตารางค่าพลังงานแสดงรายละเอียดของข้อมูลพลังงานที่ทำการอ่านได้จากมิเตอร์แล้วนำมาเก็บเข้าฐานข้อมูลที่ทำการสร้างไว้

MEANumber	CurrentMonth	CurrentYear	OnPeakValue	OffPeakValue	MaxDemandVa	MaxVarValue	MaxDemandCo	PowerCost	ServiceCost	FTCost	PFCost	TaxCost	TotalCost
10000005	02	2006	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000005	03	2006	0	0	0	0	0	0	228.17	0	0	15.9719	244.1419
10000005	05	2006	017	0	775	356	57.4585	0444	228.18	017	0	199.99	485.6899
10000005	08	2005	017	0	775	356	1.55	034	200	017	0	14.1121	215.7131
10000005	10	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000005	11	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000005	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000008	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000009	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000010	10	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000010	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000011	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000012	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000013	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000014	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000015	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882
10000016	12	2005	017	0	775	356	57.4585	0444	228.17	017	0	19.9983	305.6882

รูปที่ 6.6 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าพลังงาน

ตารางลูกค้า (t_user)

ในรูปที่ 6.7 แสดงรายละเอียดของลูกค้าแต่ละบุคคลที่ใช้บริการ

IDCard	Name	Surname	Sex	BirthDay	Address
1000000015	สมา	คุณวุฒิ	ชาย	3/4/2510	อ.เมือง จ.เชียงราย
1000000025	วรี	เลอไทย	หญิง	15/8/2517	145 ม.9 เขตบางนาวา กทม.
5000000004	แสี	ว่องไว	ชาย	18/9/1987	178/109 หมู่6 ถ.ประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ จ.กรุงเทพมหานคร
5000000005	นานา	วิรัมมา	หญิง	1/1/2520	บางแคน กรุงเทพฯ
5000000006	นานา	น่ารัก	หญิง	18/4/1981	จอมทอง กรุงเทพมหานคร
5000000007	นาฬุโล่ะ	มีนจาดาดา	ชาย	7/6/2515	อ.เมือง จ.เชียงใหม่
5000000008	น่ารัก	นะ	หญิง	17/12/2524	ทุ่งครุ กรุงเทพฯ
5000000011	อาย	จัง	หญิง	3/5/2510	พระประแดง จ.สมุทรปราการ
5000000017	เรียน	ชานอย	ชาย	17/11/1973	อ.เมือง จ.เชียงใหม่

รูปที่ 6.7 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางลูกค้า

ตารางค่าใช้จ่าย (t_cost)

ในรูปที่ 6.8 แสดงรายละเอียดของข้อมูลค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย

MEANumber	CurrentDate	CurrentTime	OnPeakPhase1	OnPeakPhase2	OnPeakPhase3	OffPeakPhase1	OffPeakPhase2	OffPeakPhase3	MaxDemand	MaxVar	MaxVarDateTime
10000001	2005/12/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000001	2006/02/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000001	2006/01/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000002	2005/12/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000003	2005/12/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000004	2005/12/15	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00
10000006	2008/03/31	18:38:22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10000005	2006/05/30	14:52:16	96.053	55.692	71.67	49.674	25.398	17.603	775	356	2005/12/08 15:30:00

รูปที่ 6.8 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าใช้จ่าย

ตารางความเป็นเจ้าของ (t_meter_user_map)

รูปที่ 6.9 แสดงรายละเอียดของความเป็นเจ้าของระหว่างมิเตอร์กับผู้ใช้

MEANumber	IDCard	MeterAddress	Telephone
10000001		ต.บางพึ่ง อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ	
10000002		อ.เมือง จ.เชียงใหม่	
10000003	5000000007	อ.เมือง จ.เชียงใหม่	
10000004	5000000005	จอมทอง กรุงเทพฯ	
10000005	5000000004	หุ่งตรุ จ.กรุงเทพฯ	
10000006	5000000008	เขตบางแขน จ.กรุงเทพมหานคร	
10000007	5000000011	จอมทอง กรุงเทพฯ	
10000008	5000000006	หุ่งตรุ กรุงเทพฯ	
10000011		เขตบางแขน จ.กรุงเทพมหานคร	
10000012		อ.เมือง จ.เชียงใหม่	
10000014		อ.หุ่งตรุ จ.กรุงเทพฯ	

รูปที่ 6.9 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางความเป็นเจ้าของ

ตารางค่าคงที่ (t_constant)

รูปที่ 6.10 แสดงรายละเอียดของค่าคงที่ในแต่ละเดือนในการคำนวณค่าไฟฟ้า

CurrentMonth	CurrentYear	MaxDemandConstant	MaxVarConstant	ServiceConstant	OnPeakConstant	OffPeakConstant	FTConstant	VatConstant
01	2006	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
02	2006	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
03	2006	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
03	2008	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
04	2006	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
05	2006	74.14	14.02	228.18	2.6136	1.726	.4321	.07
09	2005	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
09	2006	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
10	2005	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07
11	2005	74.14	14.02	228.17	2.6136	1.1726	.4328	.07

รูปที่ 6.10 ข้อมูลฟิลด์ต่างๆ ที่ถูกเก็บอยู่ในตารางค่าคงที่

6.6 สรุปผลวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบระบบการอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งดัดแปลงโพรโทคอลมาตรฐาน ANSI C12.18 – 1996 ใช้ในการสื่อสาร โดยมีมอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มติดให้กับมิเตอร์และคอมพิวเตอร์ที่ติดต่อกับฐานข้อมูล

การทดสอบการทำงานของโพรโทคอลสำหรับสื่อสารกับมิเตอร์แสดงให้เห็นว่าโพรโทคอลที่ออกแบบขึ้นสามารถใช้ติดต่อกับมิเตอร์ได้จริงและมีการเข้ารหัสให้กับรหัสผ่านที่จะทำการบันทึกการใช้งาน (Log on) ทำให้การสื่อสารผ่านโครงข่ายการโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความปลอดภัยสูง และยังมีระบบแจ้งเตือนเผ่านบริการส่งข้อความเอสเอ็มเอสมื่อมีไฟดับได้ทันที นอกจากนี้มีกราฟิกติดต่อกับผู้ใช้ทำให้ง่ายในการใช้งานอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ โดยข้อมูลที่ทำการอ่านได้จากมิเตอร์แต่ละตัวจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวกต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.7 ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากฐานข้อมูลที่ทำการออกแบบไม่ได้สอบถามข้อมูลการใช้งานจริงจากการไฟฟ้ามาโดยตรง รวมทั้งผู้ที่ต้องใช้งานข้อมูลในการไฟฟ้า ทำให้การออกแบบฐานข้อมูลยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร
2) ระบบการอ่านค่ามิเตอร์ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่มีเวลาที่ต้องใช้ในการติดต่อก่อนทำการอ่านค่อนข้างใช้เวลา ดังนั้นควรใช้ในการส่งข้อมูลพร้อมกันในจำนวนมากหรือทำเป็นระบบมอนิเตอร์จะคุ้มค่ากว่าการอ่านค่ามิเตอร์ทีละตัว
3) กล่องบรรจุมิเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ ไม่สามารถนำไปใช้ได้กับการใช้งานนอกสถานที่ (Out Door Operation) ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้งานจริงตามนอกสถานที่ ควรมีการเปลี่ยนกล่องบรรจุมิเตอร์ที่มีคุณสมบัติป้องกันแสงแดดและไอน้ำ เพื่อป้องกันวงจรภายในมิเตอร์เสียหาย รวมทั้งเสาอากาศที่ใช้กับจีเอสเอ็มมอดูลในมิเตอร์ยังไม่เหมาะสม
4) เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ใช้มอดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มในการสื่อสาร มิเตอร์อาจมีฮาร์ดแวร์ภายนอกมาต่อเพิ่มเพื่อตรวจจับการเปิดกล่องบรรจุมิเตอร์โดยบุคคลผู้ไม่หวังดี เพื่อทำการส่งเอสเอ็มเอส ทำให้ทราบเหตุการณ์ได้ทันที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] ไชยวัฒน์ ศรีวงศ์เจริญ. การออกแบบมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาแบบ 3 เฟส ความแม่นยำ 0.2 ใช้กับระบบบอ่านค่ามิเตอร์แบบอัตโนมัติด้วยคลื่นวิทยุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[2] Tom D. Tamarkin. Automatic Meter Reading [Online]. Available from: http://www.cognyst.com/amr [Mar, 2004]

[3] Power Integrations. TNY264-268 Tiny Switch – II Family Enhance, Energy Efficient, Low Power Off – line Switcher [Online]. Available from: http://www.powerint.com [April, 2005]

[4] พิศิษฐ์ รัตตไพศาล. ต้นแบบระบบอ่านค่าพลังงานจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าโดยอัตโนมัติด้วยแสงอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[5] ANSI C12.18 American National Standard. Protocol Specification for ANSI Type 2 Optical Port. 1996.

[6] Molta D. Mobile & Wireless Technology. New York: McGrawHill, 2002.

[7] S.W. Lee, C.S. Wu, M.S. Chiou, and K.T.Wu, Design of an Automatic Meter Reading. UK Consultant., IEEE, 1996.

[8] Anuj Seth. Data Encryption Page[Online]. Available from: http://www.anujseth.com/crypto/blockciphers/blowfish.html [Mar, 2004]

[9] Texas Instruments Incorporation. MSP430x43x, MSP430x44x Mixed Signal Microcontroller[Online]. Available from: http://www.ti.com [Jul, 2004]

[10] Neil Matthew, Richard Stones. Beginning Databases with PostgreSQL. Apress, 2005.

[11] David M. Kroenke. Database Processing Fundamentals, Design & Implementation. 9th ed. New Jersey : Pearson Prentice Hall, 2004.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิชิต พิบูลวิทยากุล เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตจากภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2546 ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาการออกแบบและประยุกต์วงจรรวม ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย