การพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

NETWORKING DEVELOPMENT OF PLC BY MOBILE PHONE COMMUNICATION

จิราวรรณ ทะสะภาค
JIRAWAN TASAPARK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

การพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสาร กับโทรศัพท์เคลื่อนที่

NETWORKING DEVELOPMENT OF PLC BY MOBILE PHONE COMMUNICATION

จิราวรรณ ทะสะภาค

JIRAWAN TASAPARK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

NETWORKING DEVELOPMENT OF PLC BY MOBILE PHONE COMMUNICATION

JIRAWAN TASAPARK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่
นักศึกษา	นางสาวจิราวรรณ ทะสะภาค
รหัสประจำตัว	45061145
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบควบคุม
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซี ผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบควบคุมที่นำเสนอสามารถรับส่งข้อมูลจากเครือข่ายของพีแอลซีไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อสั่งการควบคุมและแสดงสถานะการทำงานรวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบได้ ทำให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมแบบระยะไกล โครงสร้างของระบบจะใช้โมเด็มจีเอสเอ็มทำหน้าที่รับส่งข้อมูลจากพีแอลซีผ่านพอร์ต RS-232 โดยใช้โปรโตคอล (Protocol) ของชุดคำสั่งแบบมาตรฐานที่เรียกว่าคำสั่ง AT ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มเพื่อรับและส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งอาศัยการออกแบบโปรแกรมพีแอลซีสำหรับการควบคุมระบบให้เป็นไปตามต้องการ ระบบที่นำเสนอได้ทดสอบการทำงานภายในห้องปฏิบัติการ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถใช้งานได้จริงเหมาะสำหรับการควบคุมระยะไกล

Thesis Title	Networking Development of PLC by Mobile Phone Communication
Student	Miss Jirawan Tasapark
Student ID.	45061145
Degree	Master of Engineering
Program	Control Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Worapong Tangsrirat

ABSTRACT

This thesis presents the PLC networking development via mobile phone communication system. The proposed technique is suitable for remote control system which can display status and monitor diagnosis of the system. The PLC networking system is employed GSM modem for receiving and transmitting the data from PLC to mobile phone via RS-232 port. The AT command is used as a standard protocol to communicate between PLC and GSM modem. The proposed technique is confirmed by the experiment in laboratory.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากคำแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งการให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงกล งามวิวิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม และรองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ช่วยเหลือให้คำปรึกษาตลอดจนเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณสำหรับความดูแลเอาใจใส่และความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ สุมาลี อุณหวณิชย์ และรองศาสตราจารย์ ธีรศิลป ทุมวิภาต ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ท่านทั้งสองได้คอยช่วยเหลือ ให้โอกาส ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในทุกๆ เรื่อง รวมทั้งเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จิราวรรณ ทะสะภาค

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....1

1.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....2

1.6 ขั้นตอนของวิทยานิพนธ์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน.....4

2.1 กล่าวนำ.....4

2.2 ชนิดของพีแอลซี.....4

2.2.1 พีแอลซีชนิดบล็อก.....4

2.2.2 พีแอลซีชนิดโมดูล.....6

2.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซี.....7

2.4 อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม.....7

2.4.1 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ.....7

2.4.2 คอมพิวเตอร์.....8

2.5 ระบบสื่อสารของเครือข่ายพีแอลซี.....9

2.5.1 ระบบสื่อสารแบบอนุกรม.....9

2.5.2 ระบบสื่อสารแบบเครือข่าย.....10

2.5.2.1 เครือข่ายระดับสารสนเทศ.....11

2.5.2.2 เครือข่ายระดับระบบควบคุม.....14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2.3 เครือข่ายระดับอุปกรณ์....18
2.6 ระบบโมเด็ม 25
2.6.1 หลักการทำงานของโมเด็ม....25
2.6.2 ประเภทของโมเด็ม....26
2.6.3 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม....30
2.7 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่....31
2.7.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่....31
2.7.2 สถานีฐาน....32
2.7.3 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ MSC หรือ MTX....32
2.7.4 ฐานข้อมูล....33
2.7.5 ส่วนปฏิบัติการและควบคุม....33
2.8 สรุป....33

บทที่ 3 การออกแบบเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....34
3.1 กล่าวนำ....34
3.2 โครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซีที่นำเสนอ....34
3.3 การออกแบบเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....35
3.3.1 วัตถุประสงค์การควบคุม....36
3.3.2 กำหนดโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซี....39
3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ....40
3.3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ....42
3.3.5 ผลการทดลอง....45
3.4 สรุป....47

บทที่ 4 การประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟ ของการไฟฟ้านครหลวง....48
4.1 กล่าวนำ....48
4.2 ระบบควบคุมการตรวจสอบความผิดพลาดของการจ่ายไฟ....48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 วัตถุประสงค์ของระบบ....51

4.2.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ....51

4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ....55

4.2.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ....58

4.3 ผลการทดลอง....62

4.4 สรุป....65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....66

5.1 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....66

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ....67

เอกสารอ้างอิง....68

ภาคผนวก....70

ภาคผนวก ก. รายละเอียดโปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถังผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....71

ภาคผนวก ข. รายละเอียดของโปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....78

ภาคผนวก ค. รายละเอียดของพีแอลซี....90

ภาคผนวก ง. รายละเอียดของโมเด็มจีเอสเอ็ม....94

ภาคผนวก จ. รายละเอียดของคำสั่ง AT....98

ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดของโปรโตคอลมอดบัส....101

ภาคผนวก ช. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์....115

ประวัติผู้เขียน....121

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเลือกปรับสวิตช์ตัวที่ 1 และ 2 สำหรับการ์ดมาสเตอร์....22

2.2 การเลือกปรับสวิตช์ตัวที่ 3 สำหรับการ์ดมาสเตอร์....22

2.3 หลอดไฟแสดงผลที่ด้านหน้าการ์ดมาสเตอร์....23

2.4 พื้นที่ของอุปกรณ์ด้านอินพุตและเอาท์พุตของตัวสเลฟ....24

2.5 ตัวอย่างคำสั่ง AT....30

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ....41

3.2 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซี....43

3.3 รูปแบบของคำสั่ง AT และการตอบสนองกลับของโมเด็มจีเอสเอ็ม....45

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ....55

4.2 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวมาสเตอร์....58

4.3 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวสเลฟ....59

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 พีแอลซีชนิดบล็อก....5
2.2 โครงสร้างภายนอกของพีแอลซีชนิดบล็อก....5
2.3 หน่วยขยายอินพุตและเอาท์พุต....6
2.4 พีแอลซีชนิดโมดูล....6
2.5 ฟังก์ชั่นภาษาแบบแผนผังแลดเดอร์....7
2.6 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ....8
2.7 ตัวอย่างโปรแกรม CX....9
2.8 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม....10
2.9 ระบบสื่อสารแบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรม....11
2.10 การแสดงผลระยะไกลเพื่อแสดงผลและแก้ไขโปรแกรมผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต....12
2.11 การรับส่งข้อมูลแบบระยะไกลผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต....12
2.12 การบริการส่งจดหมายอีเล็คทรอนิคส์ผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต....13
2.13 การบริการส่งข้อมูลในระบบอุตสาหกรรมแบบระบบเครือข่าย....14
2.14 ตัวอย่างเครือข่ายระดับระบบควบคุม....14
2.15 ตัวอย่างการเดินระบบสายไฟแบบคู่กับการ์ดคอนโทรลเลอร์....15
2.16 ตัวอย่างการเดินระบบสายไฟเบอร์กับการ์ดคอนโทรลเลอร์....16
2.17 ตัวอย่างระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลของพีแอลซีสามเครื่อง 17
2.18 การ์ดคอนโทรลเลอร์สำหรับพีแอลซีรุ่น CS1....18
2.19 ตัวอย่างการต่ออุปกรณ์ในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์....19
2.20 หลักการของการสื่อสารแบบข้อความของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์....19
2.21 การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอินพุตและเอาท์พุตและหน่วยประมวลผลกลาง....20
2.22 การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอินพุตกับเอาท์พุตและการ์ดมาสเตอร์กับสเลฟของเครือข่าย ระดับอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ....20
2.23 การขียนและอ่านข้อความโดยการส่งผ่านเครือข่ายของระดับอุปกรณ์....21
2.24 การ์ดมาสเตอร์ของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์รุ่น CJ1W-DRM21....22
2.25 ตัวสเลฟที่ใช้ในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์....24
2.26 สัญญาณความถี่ต่ำและความถี่สูงที่ใช้ในการผสมสัญญาณแบบเปลี่ยนความถี่....26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน....28

2.28 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก....28

2.29 โมเด็มแบบกระเป๋า....29

2.30 โมเด็มแบบจีเอสเอ็ม....29

2.31 การติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโทรศัพท์ธรรมดา....33

3.1 โครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....35

3.2 ขั้นตอนการออกแบบเครือของข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่....36

3.3 การควบคุมระดับของเหลวในถัง....37

3.4 โฟลว์ชาร์ตเงื่อนไขการทำงานควบคุมระดับของเหลวในถัง....38

3.5 แผนผังการทำงานเทียบกับเวลาของเงื่อนไขการควบคุมควบคุมระดับของเหลวในถัง....39

3.6 การออกแบบโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานกับโมเด็มจีเอสเอ็มสำหรับควบคุมระดับของเหลวในถัง....40

3.7 การต่อสายระหว่างพีแอลซีกับโมเด็มจีเอสเอ็มโดยใช้พอร์ต RS-232....41

3.8 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบจำลองควบคุมระดับของเหลวในถัง....42

3.9 การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ....43

3.10 ตัวอย่างโปรโตคอลสำหรับการรับและส่งคำสั่งไปยังโมเด็มจีเอสเอ็ม....44

3.11 โปรแกรมแสดงผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่....45

3.12 ผลลัพธ์เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อความจากพีแอลซี....46

3.13 ผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่....47

3.14 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์จแสดงการทำงานของระบบ....47

4.1 การจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า....49

4.2 ตู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า....49

4.3 การชำรุดของตู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า....50

4.4 แผงควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์....50

4.5 โครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีของระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า....51

4.6 เงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า....52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 แผนผังการทำงานเทียบกับเวลาตามเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า....53

4.8 ผังจำลองระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า....54

4.9 เหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในระบบ....54

4.10 การเดินสายสัญญาณ RS-232 ระหว่างพีแอลซี โมเด็มจีเอสเอ็ม และมิเตอร์แบบมอดบัส....55

4.11 ระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า....56

4.12 พีแอลซีตัวแรกถูกต่อร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบ....57

4.13 พีแอลซีตัวที่สองถูกต่อร่วมกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ใช้ในระบบ....57

4.14 มิเตอร์แบบมอดบัสที่ใช้ในระบบ....58

4.15 การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ....60

4.16 รูปแบบเฟรมข้อมูลของมิเตอร์แบบมอดบัส....61

4.17 ตัวอย่างโปรโตคอลสำหรับการรับส่งของมิเตอร์แบบมอดบัส....61

4.18 โปรแกรมแลดเดอร์แสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินค่ามาตรฐาน....62

4.19 โปรแกรมสำหรับแสดงผลเมื่อพีแอลซีส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่....63

4.20 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่....64

4.21 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ทแสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินค่ามาตรฐาน....64

4.22 โปรแกรมแลดเดอร์แสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินค่ามาตรฐาน....65

4.23 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ทแสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินค่ามาตรฐาน....65

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเครือข่ายพีแอลซี (PLC networking) ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติและกระบวนการทางอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ [1] เนื่องจากระบบดังกล่าวเอื้ออำนวยกับลักษณะการควบคุมการทำงานร่วมกับเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยที่ผู้ควบคุมสามารถควบคุมกระบวนการได้จากศูนย์กลางผ่านขั้วต่ออินพุตเอาท์พุตระยะไกล (remote I/O terminal) สำหรับติดต่ออุปกรณ์ในแต่ละบริเวณหรือโหนด (node) ดังนั้นการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบกับผู้ควบคุมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการสั่งการแสดงสถานะการทำงาน รวมทั้งตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ซึ่งกระบวนการผลิตบางส่วนจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าอย่างรวดเร็ว ระบบดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางและเวลาในการเข้าไปแก้ไขตรวจสอบของสภาวะการทำงานและมีความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณภายในระบบ ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้นำเสนอแนวทางในการนำเทคโนโลยีการสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่มาใช้กับเครือข่ายพีแอลซี (programmable logic controller) เพื่อพัฒนาระบบดังกล่าวให้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเครือข่ายการส่งข้อมูลแบบใช้สายไปไม่ถึง [2]

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งหวังเพื่อพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซีให้สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่และสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะไกลหรือติดต่อไปยังพื้นที่ที่เครือข่ายการส่งข้อมูลแบบใช้สายเข้าไปไม่ถึง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่กันดารรวมทั้งในยานพาหนะต่างๆ และสามารถแจ้งเหตุการณ์ หรือรายงานผลได้ทุกเมื่อกรณีเกิดเหตุการณ์ผิดปกติขึ้น รวมทั้งสามารถควบคุมระบบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ควบคุมและลดค่าใช้จ่ายในการเดินคู่สายโทรศัพท์ เทคนิคที่นำเสนอนี้เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ ได้เป็นอย่างดีแล้วแต่จะประยุกต์ให้เหมาะสมกับงาน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ข้อด้อยของการติดต่อสื่อสารแบบระยะไกลคือยังนิยมใช้คู่สายโทรศัพท์ต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลจากพีแอลซี ทำให้เกิดความยุ่งยากในการเดินคู่สายโทรศัพท์ และ

เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระบบยังมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทาง และเวลาในการเข้าไปแก้ไขตรวจสอบ ทำให้ล่าช้าเกิดความระบบเสียหายมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต การแก้ปัญหาข้างต้นนี้เราได้นำเครือข่ายพีแอลซีมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็ม (GSM modem) เพื่อรับส่งข้อมูลจากเครือข่ายพีแอลซีไปยังโมเด็มจีเอสเอ็ม [3] โมเด็มทำหน้าที่ติดต่อไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ควบคุมโดยไม่ต้องใช้คู่สายโทรศัพท์ อีกทั้งยังสามารถควบคุมระบบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

1.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การนำเทคโนโลยีการสื่อสารมาใช้งานร่วมกับเครือข่ายพีแอลซีให้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยหลักการที่นำเสนอจะนำเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มผ่านพอร์ต RS-232 ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองและใช้ชุดคำสั่งมาตรฐานที่เรียกว่าคำสั่ง AT เพื่อรับและส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ [4] และอาศัยการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ (ladder programming) ในการควบคุมกระบวนการทั้งหมดให้เป็นไปตามต้องการ

1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

สามารถพัฒนาเครือข่ายของพีแอลซีสำหรับติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อแสดงสถานะการทำงาน ตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ สามารถรับส่งข้อมูลไปยังพื้นที่ที่เครือข่ายการส่งข้อมูลแบบใช้สายเข้าไปไม่ถึง โดยเฉพาะในพื้นที่กันดารรวมทั้งในยานพาหนะต่างๆ และสามารถแจ้งเหตุหรือรายงานผลได้ทุกเมื่อเกิดกรณีมีเหตุการณ์ผิดปกติขึ้น รวมทั้งสามารถควบคุมปิดเปิดอุปกรณ์ในระบบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

1.6 ขั้นตอนของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 ส่วนด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของการวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมุติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ พื้นฐานระบบสื่อสารของเครือข่ายพีแอลซีซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างของเครือข่ายดังกล่าว พื้นฐานของโมเด็มจีเอสเอ็ม และพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนวิธีการออกแบบเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยจำลองระบบควบคุมระดับของเหลวในถังได้แก่ โครงสร้างของระบบสื่อสารเครือข่ายพีแอลซี ขั้นตอนการออกแบบ และสรุปผลของระบบที่นำเสนอ

บทที่ 4 กล่าวถึงการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงเพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยให้ระบบมีสมรรถนะดีขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ส่วนท้ายของวิทยานิพนธ์จะเป็นภาคผนวก ซึ่งแสดงรายละเอียดของโปรแกรม อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ และผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาคผนวก ก. รายละเอียดโปรแกรมการควบคุมระดับของเหลวในถังผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

ภาคผนวก ข. รายละเอียดโปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวงผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

ภาคผนวก ค. รายละเอียดของพีแอลซี

ภาคผนวก ง. รายละเอียดของโมเด็มจีเอสเอ็ม

ภาคผนวก จ. รายละเอียดของคำสั่ง AT

ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดของโปรโตคอลมอดบัส

ภาคผนวก ช. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ประวัติผู้เขียน

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

2.1 กล่าวนำ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของพีแอลซีได้แก่ชนิดของพีแอลซี ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม และระบบสื่อสารของเครือข่ายพีแอลซีรวมทั้ง พื้นฐานของโมเด็มจีเอสเอ็มและพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ [5] ซึ่งจำเป็นสำหรับการศึกษาและพัฒนาการทำงานของระบบที่นำเสนอขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

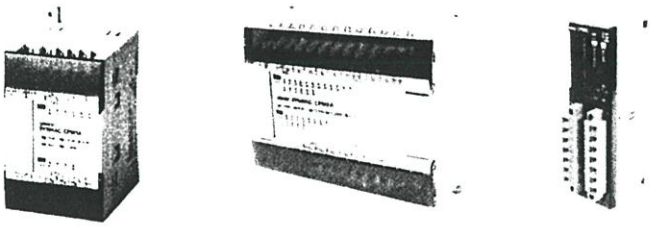
2.2 ชนิดของพีแอลซี

PLC หรือปัจจุบันใช้คำว่า PC (programmable controller) ในที่นี้จะใช้คำว่าพีแอลซีแทน PC เพื่อป้องกันความสับสนระหว่างคำว่า PC (personal computer) พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือระบบต่างๆ แทนวงจรรีเลย์แบบเก่าซึ่งวงจรรีเลย์มีข้อเสียคือการเดินสาย การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยาก และเมื่อใช้งานไปนานๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อม ดังนั้นปัจจุบันพีแอลซีจึงเข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์ เพราะพีแอลซีใช้งานได้ง่ายกว่า สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้โดยตรง หลังจากนั้นเพียงเขียนโปรแกรมควบคุมก็สามารถใช้งานได้ทันที ถ้าต้องการจะเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่สามารถทำได้โดยเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเท่านั้น นอกจากนี้พีแอลซียังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้อีกเช่น เครื่องอ่านบาร์โค๊ด (barcode reader) เครื่องพิมพ์ (printer) เป็นต้น

ในปัจจุบันนี้นอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยวแล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆ ตัวเข้าด้วยกันเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย ดังนั้นการใช้งานพีแอลซีจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ทำให้ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น เราสามารถจำแนกประเภทของพีแอลซีตามลักษณะภายนอกได้เป็นสองชนิดดังนี้

2.2.1 พีแอลซีชนิดบล็อก

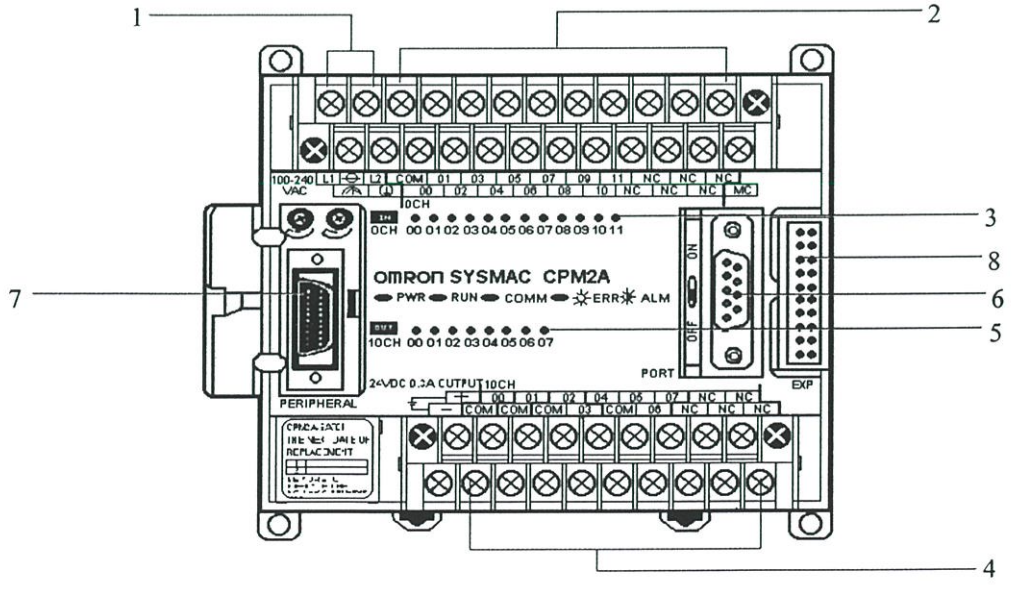
พีแอลซีชนิดบล็อก (block type PLCs) จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นตัวประมวลผลหน่วยความจำ ภาคอินพุตและเอาท์พุต และแหล่งจ่ายไฟ ตัวอย่างพีแอลซีชนิดบล็อกแสดงดังในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 พีแอลซีชนิดบล็อก

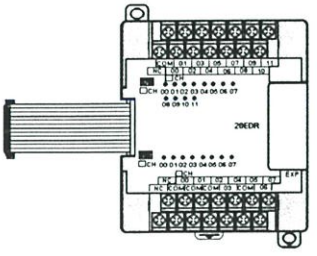
ส่วนประกอบของพีแอลซีชนิดบล็อก ในที่นี้จะยกตัวอย่างพีแอลซีชนิดบล็อกของบริษัทออมรอนรุ่น CPM2A โครงสร้างภายนอกของพีแอลซีชนิดบล็อกแสดงดังในรูปที่ 2.2 สามารถอธิบายความหมายแต่ละส่วนของพีแอลซีได้ดังนี้

- 1 คือ ขั้วต่อใช้สำหรับต่อแหล่งจ่ายไฟ (power supply input terminal) ให้พีแอลซี
- 2 คือ ขั้วต่ออินพุต (input terminal) ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์อินพุต เช่น เซนเซอร์
- 3 คือ หลอด LED ใช้สำหรับแสดงสถานะการทำงานด้านอินพุต (input indicator)
- 4 คือ ขั้วต่อเอาท์พุต (output terminal) ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์เอาท์พุต เช่น มอเตอร์
- 5 คือ หลอด LED ใช้สำหรับแสดงสถานะการทำงานด้านเอาท์พุต (output indicator)
- 6 คือ พอร์ตสำหรับใช้ต่อขยายสัญญาณอินพุตเอาท์พุต (expansion I/O unit connector)
- 7 คือ พอร์ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สำหรับป้อนโปรแกรม (peripheral port)
- 8 คือ พอร์ตอนุกรม RS-232C (serial RS-232 port) ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายนอกของพีแอลซีชนิดบล็อก

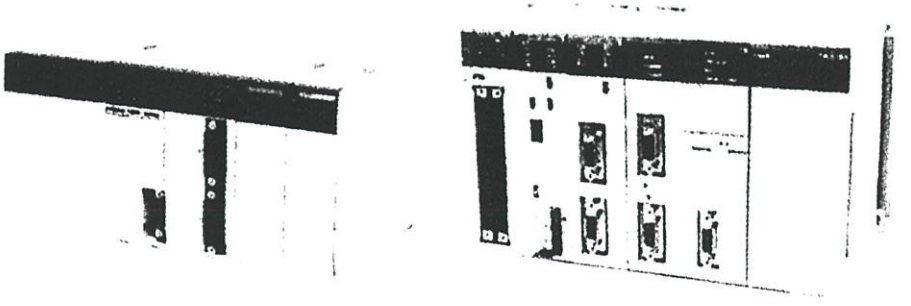
ในกรณีที่ต้องการเพิ่มจำนวนอินพุตและเอาท์พุต สามารถใช้หน่วยขยายอินพุตและเอาท์พุต (expansion I/O units) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เพื่อเพิ่มจำนวนสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตได้โดยการต่อเข้าที่พอร์ตของพีแอลซี



รูปที่ 2.3 หน่วยขยายอินพุตและเอาท์พุต

2.2.2 พีแอลซีชนิดโมดูล

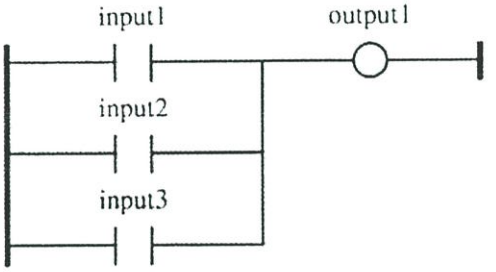
พีแอลซีชนิดโมดูล (modular type PLCs) หรือแร็ค (rack type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล เช่นภาคอินพุตและเอาท์พุตจะอยู่ในส่วนของโมดูลอินพุตและเอาท์พุต สามารถเลือกใช้งานได้ว่าจะใช้โมดูลขนาดอินพุตเอาท์พุตเท่าใหร่ ซึ่งมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบ อาจจะใช้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตอย่างเดียวขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซีด้วย ส่วนตัวประมวลผลและหน่วยความจำจะรวมอยู่ในซีพียูโมดูล (CPU unit) สามารถเปลี่ยนขนาดของซีพียูโมดูลให้เหมาะสมตามการใช้งาน โดยพิจารณาจากขนาดความจุของโปรแกรมและจำนวนอินพุตเอาท์พุตเป็นต้น ส่วนประกอบต่างๆ ของพีแอลซีชนิดโมดูลที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น เมื่อต้องการใช้งานจะถูกนำมาต่อร่วมกัน บางรุ่นใช้เป็นคอนเนคเตอร์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างยูนิตแต่บางรุ่นใช้ฐานประกอบ (backplane) ในการรวมยูนิตต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ สามารถยกตัวอย่างพีแอลซีชนิดโมดูลให้เห็นดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าพีแอลซีแต่ละรุ่นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยพีแอลซีรุ่นใหญ่จะมีคุณสมบัติและฟังก์ชันพิเศษอื่นๆ มากกว่าพีแอลซีรุ่นเล็ก



รูปที่ 2.4 พีแอลซีชนิดโมดูล

2.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซี

พีแอลซีแต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้พีแอลซีทำงานตามความต้องการแตกต่างกัน ตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆ ออกเป็น 5 แบบ ได้แก่ ฟังก์ชันภาษาแบบแผนผังการทำงาน แบบตัวอักษร แบบแผนผังบล็อก แบบคำสั่ง และแบบแผนผังแลดเดอร์ รูปที่ 2.5 แสดงฟังก์ชันภาษาแบบแผนผังแลดเดอร์จัดเป็นภาษาสัญลักษณ์ที่สามารถดูตามโครงสร้างแล้วเข้าใจการทำงาน แต่เวลาที่พีแอลซีทำงานจะอาศัยชุดคำสั่งทำงานโดยวิธีการเขียนลงในส่วนหน่วยความจำข้อมูลในหน่วยความจำนั้นและจะถูกจัดเก็บเป็นรหัส (code) ไม่สามารถจัดเก็บในลักษณะของแผนผังแลดเดอร์ได้โดยตรง ดังนั้นผู้ใช้จึงจำเป็นต้องเข้าใจชุดคำสั่งเพราะถูกแปลงภาษามาจากแผนผังแลดเดอร์นั่นเอง



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันภาษาแบบแผนผังแลดเดอร์

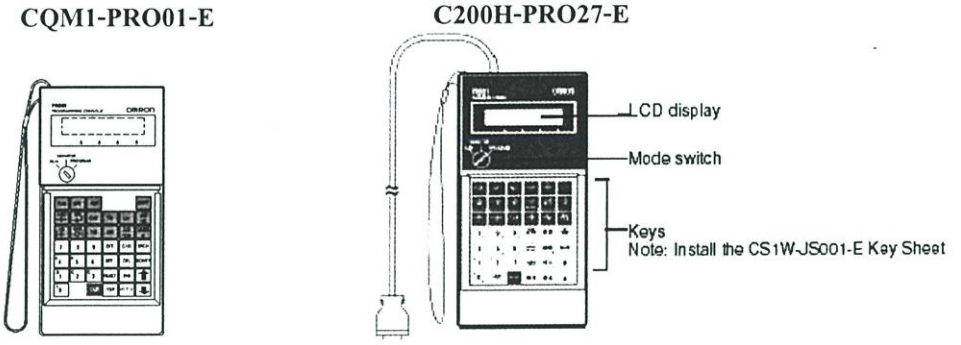
2.4 อุปกรณ์สำหรับการโปรแกรม

การสั่งให้พีแอลซีทำงานจะต้องป้อนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานให้กับพีแอลซีก่อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมให้กับพีแอลซีสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.4.1 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ

ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (hand held programmer) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 แต่ละยี่ห้อจะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น บริษัทออมรอนจะเรียกว่าโปรแกรมมิ่งคอนโซลเป็นต้น การใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือจะมีลักษณะคำสั่งแบบภาษาสเตทเมนท์ลิส (statement list) เช่น คำสั่ง LD, AND, OR ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐานสามารถเรียกใช้งานโดยการกดปุ่มบนตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือนั้น แต่เมื่อต้องการใช้งานฟังก์ชันอื่นๆ ที่มีอยู่ในพีแอลซีสามารถเรียกใช้งานได้โดยการกดปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ การใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือมีข้อดีตรงที่มีความสะดวกในการ

เคลื่อนย้ายสามารถพกพาได้สะดวกเนื่องจากมีขนาดเล็ก แต่มีข้อเสียคือต้องศึกษาวิธีการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้ว่ามีวิธีการกดอย่างไรถึงจะสั่งงานพีแอลซีได้

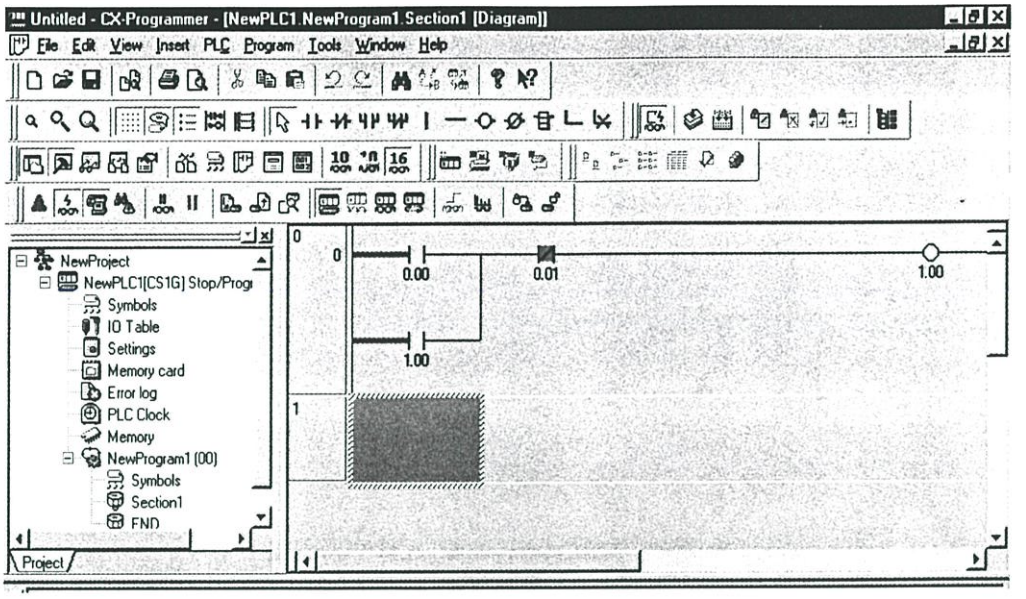


รูปที่ 2.6 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ

2.4.2 คอมพิวเตอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซีได้ โดยใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ (Software) เฉพาะของพีแอลซียี่ห้อนั้น เช่น พีแอลซีของบริษัทออมรอนจะใช้โปรแกรมที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้

- Sysmac support software ใช้กับระบบปฏิบัติการ DOS
- Syswin support software และโปรแกรม CX (CX-programmer) ถูกกำหนดให้ใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการตั้งแต่วินโดว์ 95 ขึ้นไป หรือวินโดว์ NT ซึ่งโปรแกรมต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับ พีแอลซีรุ่นใหม่ที่ผลิตขึ้นมาอย่างเช่นโปรแกรม CX ดังแสดงในรูปที่ 2.7 บริษัทผู้ผลิตได้มีการพัฒนาให้เป็นเวอร์ชันที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรองรับพีแอลซีรุ่นใหม่ๆ และฟังก์ชันใหม่ๆ ของพีแอลซี ข้อดีของการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการป้อนโปรแกรมให้กับพีแอลซีคือใช้งานง่าย เช่น ในกรณีใช้โปรแกรม CX ร่วมกับระบบปฏิบัติการวินโดว์จะเห็นว่าการเขียนโปรแกรมเป็นภาษาแลดเดอร์จะเป็นการนำสัญลักษณ์ต่างๆ เข้ามาใช้แทนการเขียนคำสั่งทำให้เข้าใจง่ายเพียงแค่คลิกเลือกสัญลักษณ์ต่างๆ จากส่วนของเมนูบาร์ นอกจากนั้นยังมีเมนูบาร์อื่นๆ ให้เลือกใช้งานซึ่งง่ายกว่าการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ ในยุคปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านการตลาดของบริษัทผู้ผลิต มีผลให้เกิดการพัฒนาการใช้โปรแกรมของพีแอลซีแต่ละยี่ห้อให้มีความสะดวกใช้งานง่ายราคาถูกลง และเพิ่มเติมประสิทธิภาพต่างๆ ให้แก่โปรแกรม เช่น เพิ่มการใช้งานฟังก์ชั่นบล็อก หรือสามารถจำลองการทำงานของระบบโดยอาศัยโปรแกรมได้โดยไม่ต้องต่อใช้งานกับอุปกรณ์อินพุตเอาท์พุตจริง นับว่ามีประโยชน์และอำนวยความสะดวกรวมทั้งประหยัดเวลาแก่ผู้เขียนโปรแกรมอย่างยิ่ง



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างโปรแกรม CX

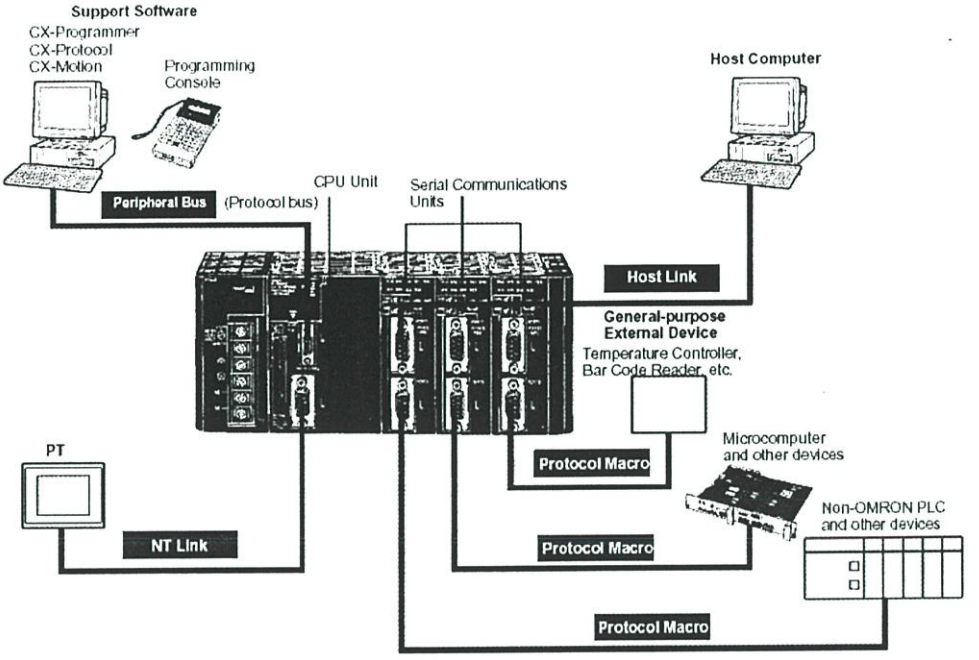
2.5 ระบบสื่อสารของเครือข่ายพีแอลซี

ระบบสื่อสารในงานควบคุมหมายถึงการทำให้อุปกรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปสามารถส่งผ่านข้อมูลถึงกันได้ เพื่อให้งานควบคุมในแต่ละส่วนเกิดความสัมพันธ์กันตามที่ได้ออกแบบไว้ [1] วิธีการติดต่อสื่อสารมีหลายรูปแบบ โดยบริษัทผู้ผลิตแต่ละรายได้ออกแบบวิธีการติดต่อสื่อสารแบบต่างๆ ไว้เพื่อความเหมาะสมในการเลือกใช้งาน ระบบสื่อสารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ๆ ดังนี้

2.5.1 ระบบสื่อสารแบบอนุกรม

ระบบสื่อสารแบบอนุกรม (serial communication system) เป็นระบบที่ใช้สายสื่อสารมาตรฐานเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์เราเรียกว่าพอร์ตสื่อสาร RS-232C (communication port) พอร์ตสื่อสารที่อยู่ด้านหลังของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีชื่อเรียกว่าพอร์ตอนุกรม (serial port) โดยกำหนดให้ใช้มาตรฐาน RS-232C ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดขึ้นโดยสมาคม Electrical Industrial Association ในเรื่องการสื่อสารแบบไม่ประสานจังหวะ โดยกำหนดที่สายต่อช่วงเวลาและวิธีการรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง คำว่า RS-232C ย่อมาจาก Recommended Standard–232 ส่วนตัวอักษร C ใช้แทนรุ่นที่ 3 ที่มีการกำหนดเป็นมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีมาตรฐาน RS422 และ RS485 โดยมาตรฐาน RS422 นั้นถูกกำหนดเป็นพอร์ตมาตรฐานสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แมคอินทอช อย่างไรก็ตามมาตรฐานทั้งสามแบบก็ได้มีการ

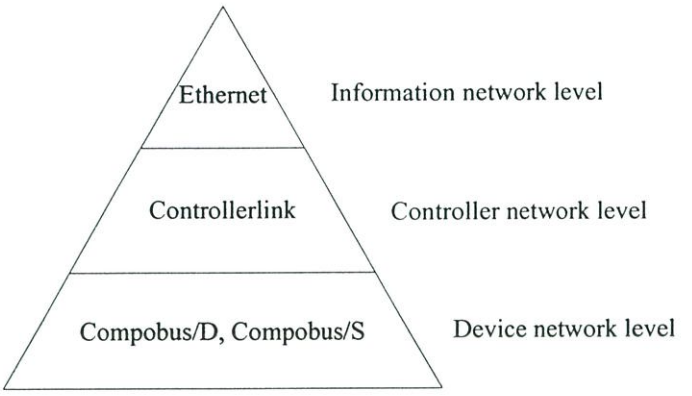
นำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรม รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการนำพีแอลซีมาต่อใช้งานกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต RS-232



รูปที่ 2.8 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

2.5.2 ระบบสื่อสารแบบเครือข่าย

ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบสื่อสารแบบอนุกรมออกมาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วในการรับส่งข้อมูล และจำนวนอุปกรณ์ควบคุมที่จะนำมาต่อร่วมกัน ซึ่งต่อได้จำนวนจำกัด ดังนั้นในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตได้มีการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาเพื่อรองรับกับระบบที่ผู้ใช้ต้องการต่ออุปกรณ์ควบคุมส่วนต่างๆ ร่วมกันเป็นจำนวนมากๆ พร้อมกับต้องการเวลาในการตอบสนองการรับส่งข้อมูลที่เร็วขึ้นกว่าระบบสื่อสารแบบอนุกรม จึงเกิดเป็นอีกระบบหนึ่งที่เรียกกันว่าระบบการสื่อสารแบบเครือข่าย (network communication) เป็นระบบสื่อสารที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลจำนวนมากพร้อมๆ กัน อีกทั้งเพื่อรองรับกับจำนวนอุปกรณ์ที่นำมาต่อร่วมมากขึ้น สาเหตุส่วนหนึ่งที่มีระบบการสื่อสารแบบเครือข่ายเพราะระบบสื่อสารแบบอนุกรมมีขีดความสามารถจำกัดในด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง ระบบสื่อสารแบบเครือข่ายสามารถเขียนออกมาเป็นโครงสร้างได้ดังแสดงในรูปที่ 2.9 สำหรับรูปแบบของระบบสื่อสารแบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 ระดับด้วยกันดังนี้

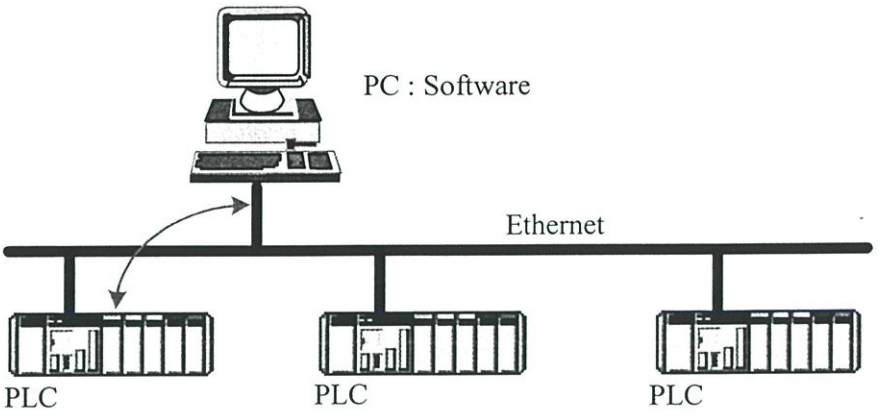


รูปที่ 2.9 ระบบสื่อสารแบบเครือข่ายในโรงงานอุตสาหกรรม

2.5.2.1 เครือข่ายระดับสารสนเทศ

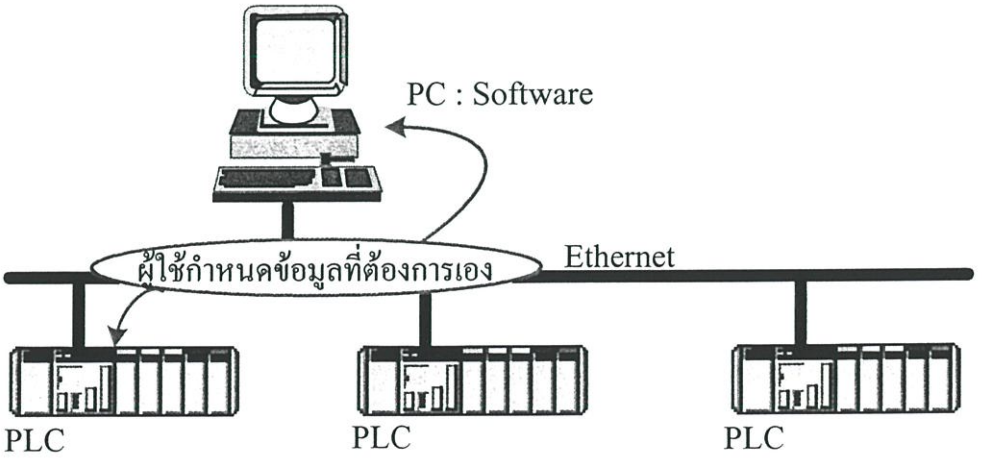
การสื่อสารเครือข่ายระดับสารสนเทศ (information network level) เครือข่ายในระดับนี้ปัจจุบันใช้การติดต่อสื่อสารด้วยเทคโนโลยีอีเทอร์เนต (ethernet) ออกแบบมาให้รองรับโปรโตคอลแบบเปิด (open ethernet protocol) และชุดโปรโตคอลอีเทอร์เนตมาตรฐาน [6] โดยที่อุปกรณ์ควบคุมจะใช้วิธีการเดินสายแลนแบบเพียร์ทูเพียร์ (peer to peer) ทำให้สามารถรองรับการรับและส่งข้อมูลกับโหนดอื่นๆ ภายใต้ระบบสื่อสารผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนตได้ และเนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านอีเทอร์เนตก้าวหน้าไปมาก ทำให้งานด้านการควบคุมระบบอัตโนมัติประสบผลสำเร็จเพราะอัตราความเร็วและการส่งผ่านข้อมูลกระทำได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันนี้สามารถส่งผ่านข้อมูลที่ระดับ 10 Mbps (เมกะบิตต่อวินาที) และ100 Mbps แล้ว พีแอลซีที่ทำงานอยู่ในระดับนี้จะทำหน้าที่นำข้อมูลจากเครือข่ายของอุปกรณ์ทั้งหมดส่งไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ในระดับผู้บริหารและจัดการรับส่งข้อมูลผ่านสายแลน โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์เพื่อเก็บเป็นข้อมูลสำหรับพัฒนากระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติเด่นของระบบเครือข่ายสารสนเทศมีดังนี้

1. การแสดงผลระยะไกลเพื่อแสดงผลและแก้ไขโปรแกรมผ่านระบบสื่อสารแบบเครือข่ายอีเทอร์เนต (remote programming and monitoring) มีลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.10 ในกรณีที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ต่ออยู่กับระบบสื่อสารผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนตผ่านสายแลน และมีการติดตั้งซอต์ฟแวร์ที่มีคุณสมบัติควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบเครือข่ายได้จะทำให้คอมพิวเตอร์เครื่องนั้นสามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่กับระบบสื่อสารผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนตได้ทันที จึงทำให้ขอบเขตการควบคุมกว้างขึ้น สามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะไกล และติดต่อสื่อสารกับพีแอลซีได้หลายตัวที่ถูกต่ออยู่ในระบบอีเทอร์เนต นับว่ามีประโยชน์อย่างมากในเรื่องการแสดงสภาวะการทำงาน รวมทั้งการดูแลรักษาให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างปกติ



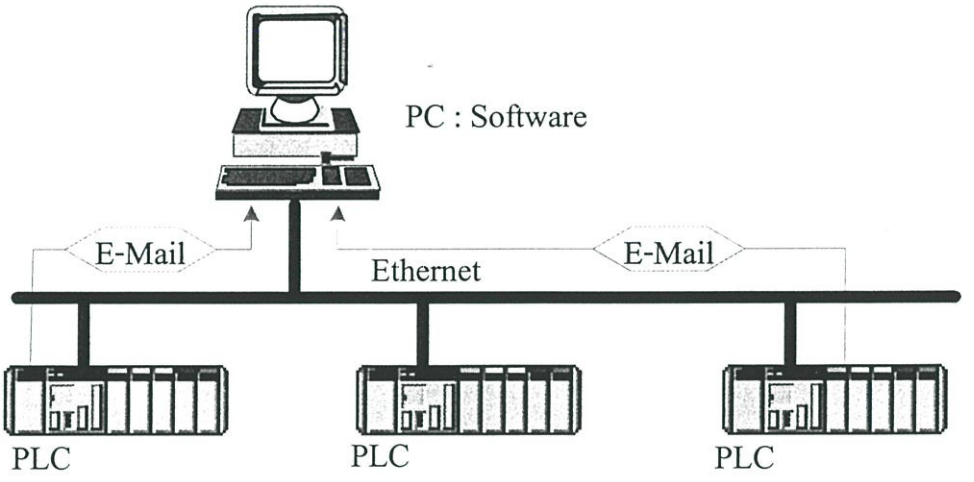
รูปที่ 2.10 การแสดงผลระยะไกลเพื่อแสดงผลและแก้ไขโปรแกรมผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต

2. การรีโมทรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต (socket service) มีลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.11 ออกแบบมาไว้รองรับงานส่งถ่ายข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมทีละยูนิตเพื่อดึงข้อมูลขึ้นไปไว้เป็นส่วนกลางในการบริหารข้อมูลและจัดการส่วนต่างๆ โดยรองรับมาตรฐานโปรโตคอล TCP/IP และ UDP/IP โปรโตคอลหมายถึงรูปแบบหรือข้อตกลงในการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนตเพื่อให้แต่ละยูนิตในเครือข่ายสามารถรับและส่งข้อมูลระหว่างกันได้อย่างถูกต้อง โดยโปรโตคอลของระบบเครือข่ายนั้นทำหน้าที่ในการประสานงานระหว่างชุดวงจรเชื่อมต่อเครือข่ายกับระบบปฏิบัติการเครือข่าย การเลือกใช้โปรโตคอลแบบ TCP/IP อาจกล่าวได้ว่าเป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมมากในระบบอินเตอร์เนตและระบบยูนิก (unix) แบบต่างๆ ส่วน UDP/IP เป็นโปรโตคอลสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการกำหนดการรับส่งข้อมูลเอง เพื่อรองรับกับอุปกรณ์ต่างชนิดกันบนเครือข่ายอีเทอร์เนตเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์ใช้งาน เหมาะสำหรับใช้ในการดูแลรักษาระบบ คอยเตือนสถานะส่วนต่างๆ ล่วงหน้าหรือกรณีที่ต้องการข้อมูลเฉพาะบางส่วน



รูปที่ 2.11 การรับส่งข้อมูลแบบระยะไกลผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต

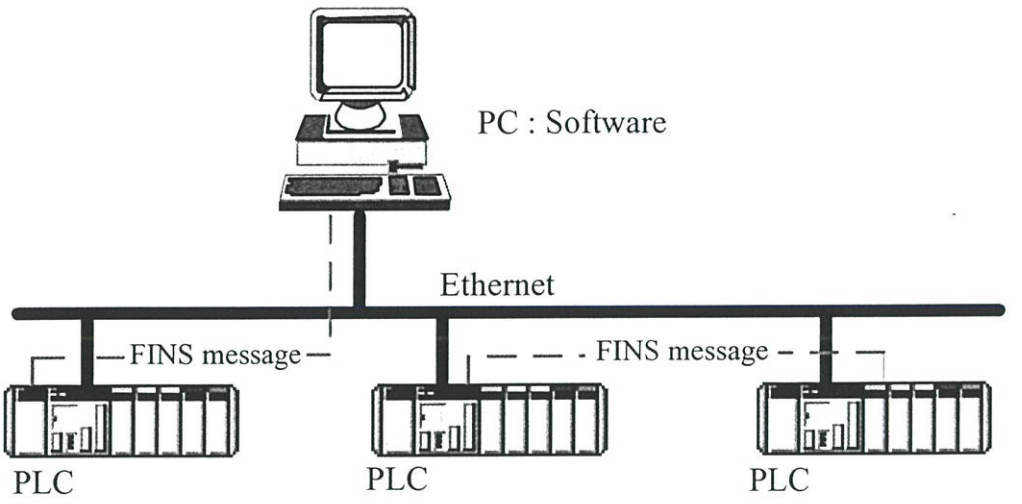
3. การบริการส่งจดหมายแบบอีเล็คทรอนิคส์ผ่านเครือข่ายการบริการอีเทอร์เนต (e-mail service) มีลักษณะการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 2.12 เป็นการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างเครือข่ายพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์ โดยผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนตและจะถูกสั่งให้เกิดการอ่านหรือเขียนข้อมูลที่มีจำนวนมากในครั้งเดียว



รูปที่ 2.12 การบริการส่งจดหมายอีเล็คทรอนิคส์ผ่านเครือข่ายอีเทอร์เนต

4. FTP Server วิธีการทำงานจะคล้ายๆ กับการบริการส่งจดหมายอีเล็คทรอนิคส์ เพียงแต่เป็นการโอนถ่ายข้อมูล ระหว่างคอมพิวเตอร์กับการ์ดหน่วยความจำ (memory card) ที่ติดตั้งไว้บนอุปกรณ์ควบคุมแต่ละยูนิต โดยชุดคำสั่ง FTP (FTP command) จะถูกสั่งให้อ่านหรือเขียนข้อมูลที่มีจำนวนมากในครั้งเดียวจากคอมพิวเตอร์การใช้งาน FTP server นี้ไม่จำเป็นต้องมีโปรแกรมประยุกต์ใดๆ บนคอมพิวเตอร์ซึ่งนับว่ามีประโยชน์อย่างมากในการส่งถ่ายข้อมูลกันบนเครือข่ายอีเทอร์เนต

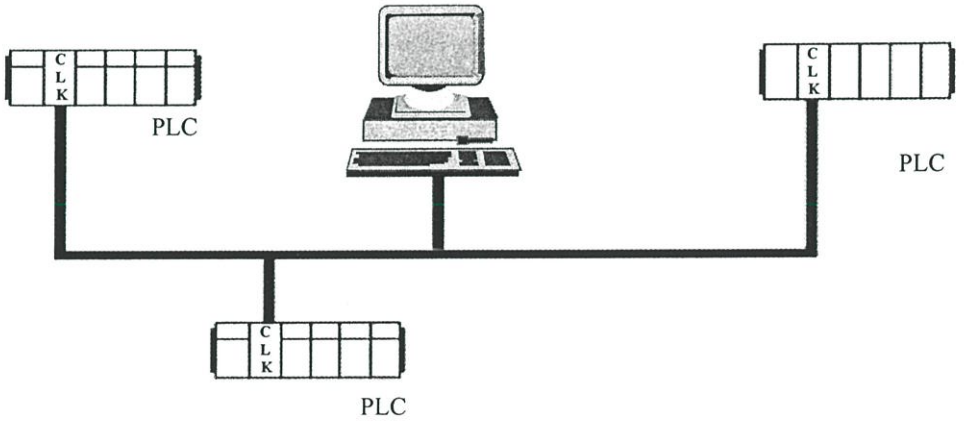
5. การบริการส่งข้อมูลในระบบอุตสาหกรรมแบบเครือข่ายของพีแอลซี (FINS message service) มีลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.13 เป็นรูปแบบของคำสั่งที่ออกแบบมาเพื่อโอนถ่ายข้อมูลสามารถเฉพาะเจาะจงข้อมูลที่ต้องการได้ มีทั้งรูปแบบการถ่ายโอนระหว่างอุปกรณ์ควบคุมด้วยกันเอง และอุปกรณ์ควบคุมกับคอมพิวเตอร์เป็นการสื่อสารสองทาง คุณสมบัติเด่นอีกอย่างของคำสั่ง FINS (factory intelligent network services) คือการสื่อสารข้ามเครือข่ายกัน จึงทำให้อุปกรณ์ควบคุมหรือคอมพิวเตอร์จากอีกเครือข่ายหนึ่งสามารถถ่ายโอนข้อมูลข้ามเครือข่ายกันได้ซึ่งในเครือข่ายอีเทอร์เนตแต่ละวงต้องมีช่องทางการสื่อสาร (gateway) ในส่วนของเครือข่ายมีชื่อเรียกว่า ethernet FINS gateway มีหน้าที่เชื่อมต่อและแปลงข้อมูลระหว่างเครือข่ายที่เหมือนกันหรือแตกต่างกัน



รูปที่ 2.13 การบริการส่งข้อมูลในระบบอุตสาหกรรมแบบระบบเครือข่าย

2.5.2.2 เครือข่ายระดับระบบควบคุม

การต่อเครือข่ายการควบคุม (control networks level) เฉพาะในส่วนของระบบควบคุม บริษัทผู้ผลิตแต่ละรายจะมีเครือข่ายเป็นของตนเองแยกกันไป แต่ส่วนการควบคุมบางส่วนก็ได้ริเริ่มนำเอาอุปกรณ์มาเชื่อมต่อโอนถ่ายข้อมูลกันได้ซึ่งจะยกตัวอย่างต่อไป ประโยชน์ของการนำระบบควบคุมแต่ละส่วนมาเชื่อมถึงกันเป็นเครือข่าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมให้เป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้นหรือเราอาจเรียกว่า “fully function FA network” รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างลักษณะการต่อใช้งานเครือข่ายระดับระบบควบคุม

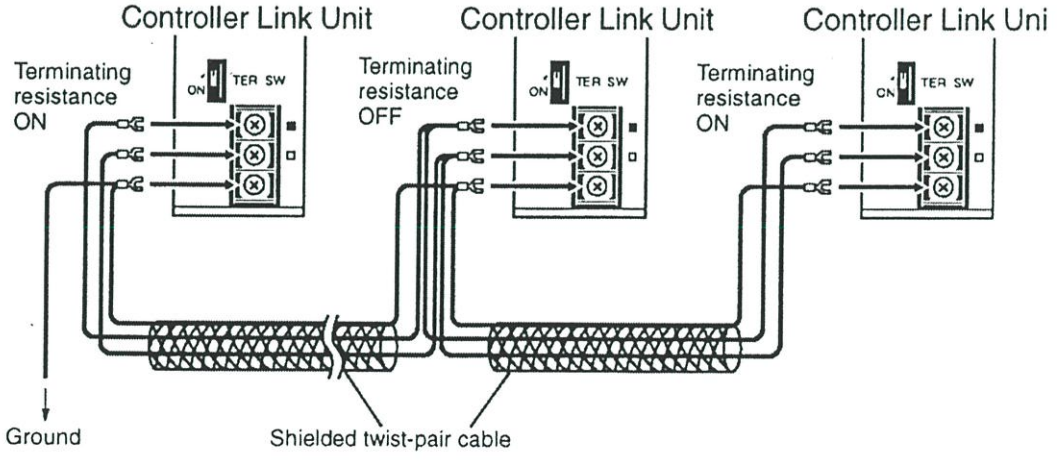


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างเครือข่ายระดับระบบควบคุม

ระบบการสื่อสารระดับคอนโทรลเลอร์ (controller link) เป็นระบบที่ออกแบบมาสำหรับรองรับงานเครือข่ายในระดับ FA (factory automation) โดยเฉพาะ [7] ซึ่งรองรับการ

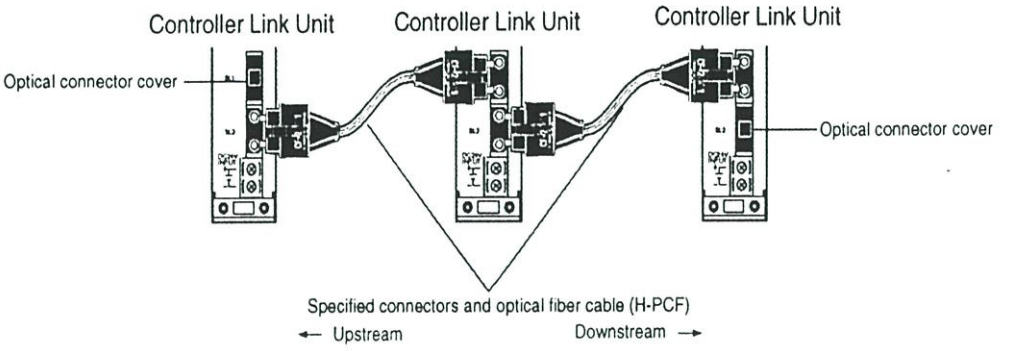
สื่อสารในระดับข้อมูล (data link) แบบใช้เวลาจริง (real time) ระหว่างอุปกรณ์ควบคุมด้วยกัน หรืออุปกรณ์ควบคุมกับคอมพิวเตอร์ โดยรองรับการทำงานที่ 2 Mbps เป็นค่าสูงสุดที่รองรับการสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่ได้และเป็นระบบที่นำพีแอลซีหลายเครื่องมาเชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเรียกดูสถานะของพีแอลซี หรือสั่งงานเครื่องอื่นผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเป็นเครือข่ายไว้เพื่อความสะดวกโดยที่ไม่ต้องเสียเวลาไปตรวจสอบทีละเครื่อง การทำระบบการสื่อสารระดับคอนโทรลเลอร์นั้น ต้องอาศัยการ์ดคอนโทรลเลอร์ที่ติดตั้งบนพีแอลซีแต่ละเครื่องในระบบ หรือถ้าต้องการนำคอมพิวเตอร์มาต่อร่วมกับระบบการสื่อสารระดับคอนโทรลเลอร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมที่รองรับการ์ดคอนโทรลเลอร์ไว้ด้วย สายส่งสัญญาณในระดับคอนโทรลเลอร์ จะรองรับสาย 2 ชนิดด้วยกันคือ

1. สายไฟคู่ (twisted-pair cable) สายประเภทนี้จะประกอบด้วยสายไฟ 3 เส้น (2 สายสัญญาณ 1 กราวด์) ลักษณะการเดินระบบสายไฟแบบคู่แบบมีชีลด์กับการ์ดคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.15 มีข้อดีคือง่ายสำหรับการติดตั้งดูแลรักษาและมีอุปกรณ์ตัวต้านทานเทอร์มิเนต (terminating resistance) ประกอบอยู่ภายในการ์ดคอนโทรลเลอร์จึงทำให้ง่ายต่อการใช้งานมีระบบข้อต่อและง่ายต่อการเชื่อมต่อหรือปรับเปลี่ยนภายหลัง แต่การใช้สายชนิดนี้ทำให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลลดลง ยกตัวอย่างเช่น กรณีที่เดินสายไฟแบบคู่กับการ์ดคอนโทรลเลอร์มีความยาวทั้งหมดไม่เกิน 1 กิโลเมตร



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการเดินระบบสายไฟแบบคู่กับการ์ดคอนโทรลเลอร์

2. สายไฟชนิดไฟเบอร์ (optical fiber cable) มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของสัญญาณรบกวนในสายส่งต่ำมากๆ จึงทำให้ระบบการสื่อสารในระดับคอนโทรลเลอร์สามารถกำหนดให้ใช้อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดได้ รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างการเดินระบบสายไฟเบอร์กับการ์ดคอนโทรลเลอร์ของพีแอลซี



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการเดินระบบสายไฟเบอร์กับการ์คอนโทรลเลอร์

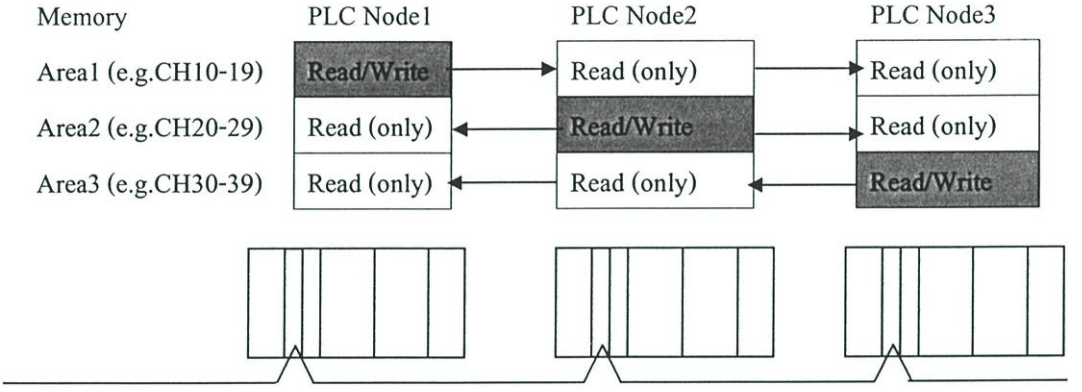
การเดินสายแบบไฟเบอร์มีข้อดีคือคุณสมบัติสายส่งสัญญาณดีมาก จึงทำให้ขยายอัตราความเร็วการทำแลกเปลี่ยนข้อมูลได้สูงสุด ระบบการเดินสายรองรับระยะทางถึง 20 กิโลเมตร (1 กิโลเมตรระหว่างโหนดต่อโหนด) เพื่อรองรับกับระบบเครือข่ายของพีแอลซีที่ต้องการเดินสายไกล ระบบสามารถทำงานได้เมื่อเกิดกรณีที่บางโหนดไม่สามารถทำงานได้ ระบบการสื่อสารระดับคอนโทรลเลอร์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานสามรูปแบบดังนี้

1. เพื่อทำระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูล คือการใช้ข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในตำแหน่งของหน่วยความจำร่วมกันของพีแอลซีหลายเครื่อง (ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป) โดยหน่วยความจำส่วนหนึ่งจะถูกตั้งไว้ว่าให้เป็นตำแหน่งที่จะนำข้อมูลมาจากพีแอลซีเครื่องใดในระบบซึ่งถือเป็นโหนดต้นทางสำหรับหน่วยความจำตำแหน่งนั้น แล้วให้พีแอลซีทุกเครื่องที่อยู่ในระบบสามารถที่จะอ่านค่าหรือสถานะแต่ไม่สามารถที่จะเขียนหรือเปลี่ยนแปลงค่าหรือสถานะของหน่วยความจำที่ตำแหน่งนั้นได้ จะมีเฉพาะพีแอลซีเครื่องที่เป็นโหนดต้นทางเท่านั้นที่สามารถเขียนหรือเปลี่ยนแปลงค่าหรือสถานะที่หน่วยความจำตำแหน่งนั้นได้ โดยในระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลนั้นจะใช้พีแอลซีแต่ละเครื่องเป็นโหนดต้นทางของหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งที่ไม่ซ้ำกันไป ซึ่งถือเป็นรูปแบบในการเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันแบบเวลาจริงระหว่างพีแอลซีหลายเครื่อง

2. เพื่อทำระบบบริการรับและส่งข้อมูล (message service) สามารถส่งคำสั่งเรียกดูสถานะการทำงาน เปลี่ยนโหมดการทำงาน หรือเรียกดูความผิดปกติที่พีแอลซีแต่ละเครื่องจากพีแอลซีเครื่องใดก็ได้ในระบบ การใช้งานระบบนี้จะอาศัยคำสั่งที่จำเป็นต้องเขียนในพีแอลซีโดยสามารถเลือกใช้ได้ 3 คำสั่ง ได้แก่ SEND/RECV และ CMND

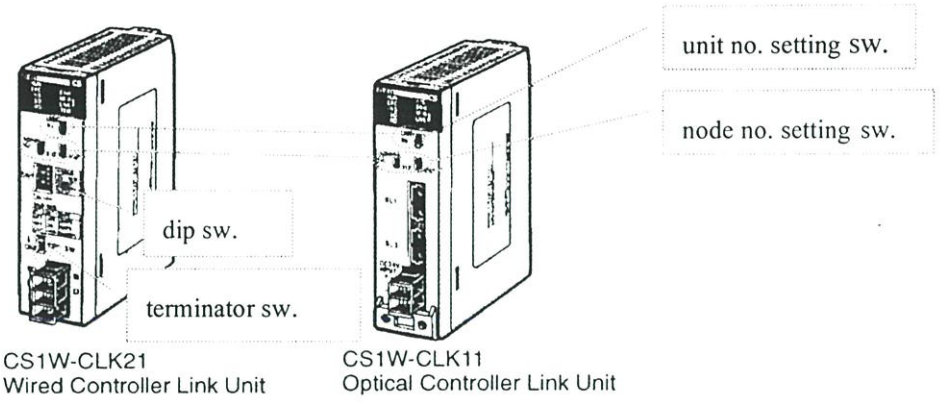
3. เพื่อทำระบบแสดงสภาวะของเครือข่ายตามเวลาจริง (real-time monitoring of the network status, RAS) ในการเรียกดูความผิดปกติในระบบ (network error) และนำมาเก็บเป็นข้อมูล รวมทั้งแสดงผลด้วยว่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นเกิดเวลาใดและมีรายละเอียดอะไรบ้าง ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บใน RAM หรือ EEPROM เฉพาะส่วนที่ใช้ในการเก็บความผิดปกติที่

เกิดขึ้นในระบบสามารถเก็บข้อมูลความผิดพลาดได้มากที่สุดถึง 39 เหตุการณ์ การเรียกดูความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบ สามารถใช้ซอต์ฟแวร์ที่รองรับการใช้งานการ์ดคอนโทรลเลอร์ หรือใช้คำสั่งในกลุ่มของระบบบริการรับส่งข้อความ (RECV/CMND) สามารถอ่านข้อความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบได้ รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลของพีแอลซีจำนวนสามเครื่อง โดยรูปสี่เหลียมสีเหลืองหมายถึงการ์ดคอนโทรลเลอร์ของพีแอลซีใช้กำหนดพื้นที่สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลของพีแอลซีแต่ละตัว โดยจะต้องติดตั้งลงไปยังพีแอลซีทุกเครื่องที่อยู่ในเครือข่าย พีแอลซีสำหรับการ์ดคอนโทรลเลอร์ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลของพีแอลซีที่จะอธิบายในเนื้อหาส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์ที่ชื่อว่าการ์ดคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลของพีแอลซีสามเครื่อง

วิธีการเลือกใช้งานการ์ดคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซีที่ใช้งาน เช่น พีแอลซีของบริษัทออมรอนรุ่น CS1 ต้องเลือกใช้การ์ดคอนโทรลเลอร์รุ่น CS1W-CLK21 รูปที่ 2.18 แสดงการ์ดคอนโทรลเลอร์สำหรับพีแอลซีรุ่น CS1 ด้านหน้าของตัวการ์ดจะมีสวิตช์สำหรับเลือกปรับหมายเลขการ์ดและหมายเลขโหนด โดยการปรับหมายเลขการ์ดต้องไม่ซ้ำกับการ์ดตัวอื่นบนพีแอลซีตัวนั้น และต้องปรับให้หมายเลขโหนดของพีแอลซีแต่ละเครื่องไม่ซ้ำกัน (ตั้งแต่1-32) และสำหรับการ์ดคอนโทรลเลอร์รุ่น CS1W-CLK21 ต้องตั้งย่านความเร็วในการส่งข้อมูลให้ตรงกันจึงจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ หลังจากนั้นสามารถใช้โปรแกรม CX ในการจัดพื้นที่สำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลที่ต้องการอ่านและเขียนของเครือข่ายพีแอลซี ซึ่งพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ได้จะถูกกำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต การต่ออุปกรณ์เชื่อมโยงถึงกันในระดับข้อมูลนั้นนอกจากระบบการสื่อสารระดับคอนโทรลเลอร์แล้วยังมีระดับการเชื่อมโยงที่ต่ำลงไปอีกถึงระดับอุปกรณ์ (component network) เป็นระดับที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

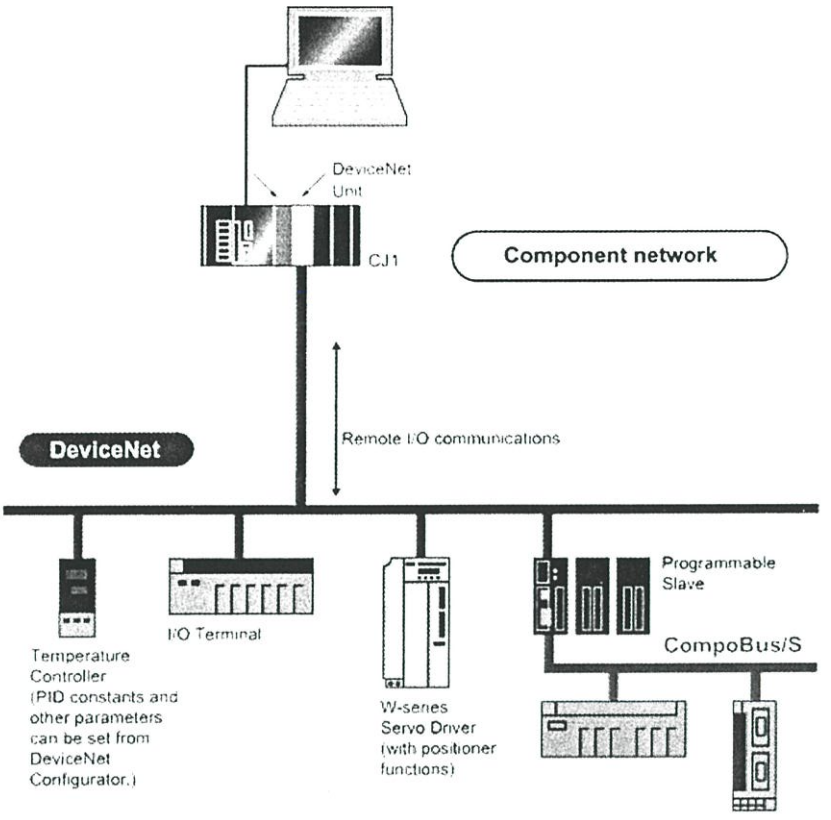


รูปที่ 2.18 การ์ดคอนโทรลเลอร์สำหรับพีแอลซีรุ่น CS1

2.5.2.3 เครือข่ายระดับอุปกรณ์

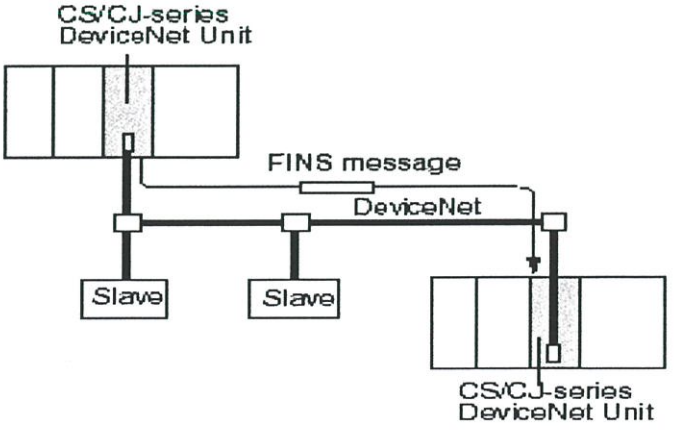
เครือข่ายระดับอุปกรณ์ (device networks level) เป็นระดับที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตกับพีแอลซี [8] โดยใช้ระบบที่เรียกว่า การสื่อสารอินพุตและเอาท์พุตระยะไกล ระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับระบบเครือข่ายแบบเปิดเหมาะสำหรับนำคอนโทรลเลอร์หรืออุปกรณ์ที่ต่างยี่ห้อนำมาต่อใช้งานร่วมกันได้ (open network multivendor) โดยอัตราการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอนโทรลเลอร์ตัวมาสเตอร์กับสเลฟถูกตั้งไว้ที่ 500 กิโลบิตต่อวินาทีจะแตกต่างกับการส่งสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรมซึ่งมีความเร็วแค่ 9,600 ถึง 115,200 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น นอกจากนี้ระบบนี้ยังช่วยให้ประหยัดสายในการเดินสายระหว่างอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตกับยูนิตเพราะใช้สายเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้น

ตัวอย่างการต่ออุปกรณ์ในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์แสดงดังในรูปที่ 2.19 ตัวพีแอลซีจะมีการ์ดเครือข่ายระดับอุปกรณ์ตัวมาสเตอร์ต่ออยู่ ส่วนอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตส่วนต่างๆ ก็จะถูกต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่เป็นตัวสเลฟวางกระจายอยู่ตามแต่ละสถานีและจะมีสายสัญญาณในการเชื่อมต่อแต่ละยูนิตเชื่อมถึงกันทั้งหมด รวมถึงอุปกรณ์เครือข่ายระดับอุปกรณ์ต่างยี่ห้อกันด้วย เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์จนครบแล้วจำเป็นต้องมีซอต์ฟแวร์มาจัดการกำหนดแอดเดรสอินพุตและเอาท์พุตส่วนต่างๆ ก่อนการใช้งานจริงหรือเรียกว่า การจัดโครงสร้างระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์ เมื่อจัดโครงสร้างเรียบร้อยแล้ว ระบบติดต่อสื่อสารต้องเริ่มทำงานตามข้อตกลงที่ได้กำหนดไว้ บางครั้งอาจเรียกว่าเป็นชนิดของเครือข่ายการสื่อสารอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตระยะไกล (remote I/O communication devicenet type) ก็ได้ การสื่อสารก็จะเกิดขึ้นในระดับบิตหรือเวิร์ดของส่วนที่มีการจัดโครงสร้างจะทำให้หน่วยประมวลผลกลางมองเห็นข้อมูลแต่ละส่วนเอง จากนั้นผู้ใช้ก็เขียนโปรแกรมตามที่กำหนดโครงสร้างไว้อย่างปกติ โดยไม่ต้องมาคำนึงถึงระบบการสื่อสารระยะไกลของอุปกรณ์อินพุตกับเอาท์พุต และอีกความสามารถที่ระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์รองรับคือการสื่อสารแบบข้อความ



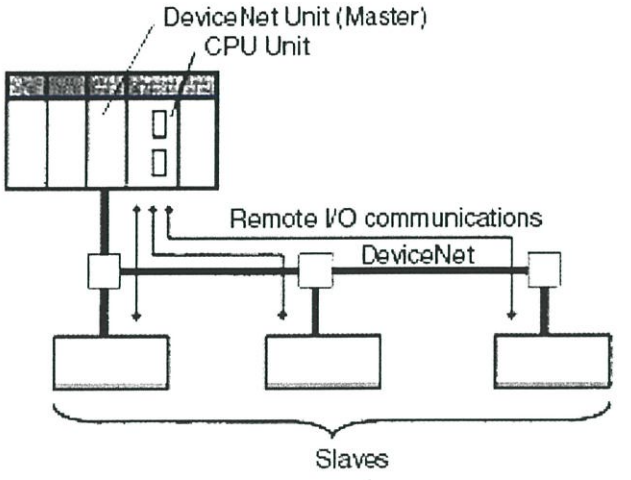
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการต่ออุปกรณ์ในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์

หลักการสื่อสารแบบข้อความของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์ระหว่างอุปกรณ์ควบคุมด้วยกันกับอุปกรณ์เครือข่ายระดับอุปกรณ์แต่ละโหนดหรือกับอุปกรณ์ต่างยี่ห้อ มีลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.20 สำหรับรูปแบบการสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์สามารถแบ่งเป็นสามรูปแบบดังนี้



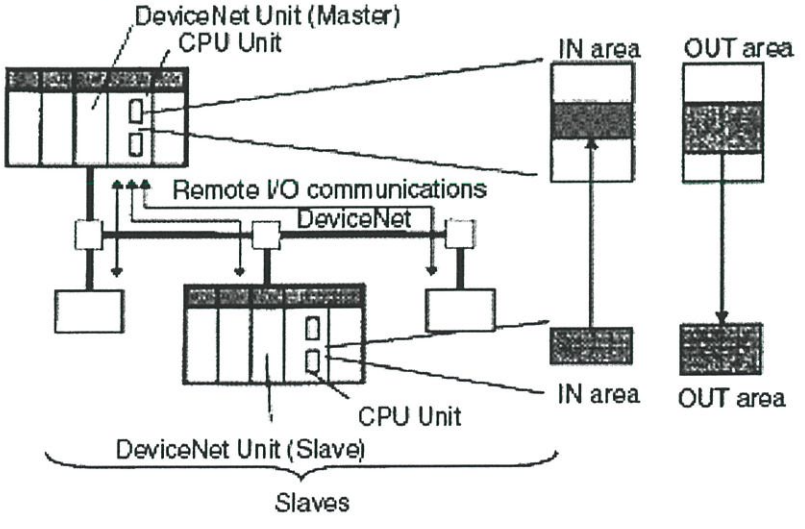
รูปที่ 2.20 หลักการของการสื่อสารแบบข้อความของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์

1. การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตกับหน่วยประมวลผลกลางของพีแอลซีแบบอัตโนมัติ ลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.21 เมื่อมีการติดตั้งเครือข่ายระดับอุปกรณ์โดยไม่ต้องป้อนโปรแกรมใดๆ



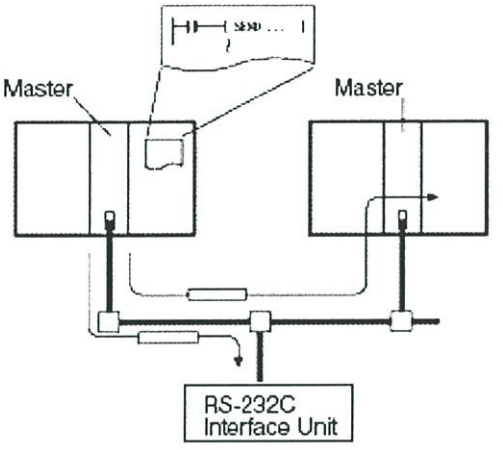
รูปที่ 2.21 การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอินพุตและเอาท์พุตและหน่วยประมวลผลกลาง

2. การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อินพุตกับเอาท์พุตและหน่วยประมวลผลกลางผ่านการ์ดมาสเตอร์กับสเลฟของเครือข่ายพีแอลซีระดับอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ ในรูปที่ 2.22 แสดงลักษณะการทำงานของระบบเครือข่ายดังกล่าว



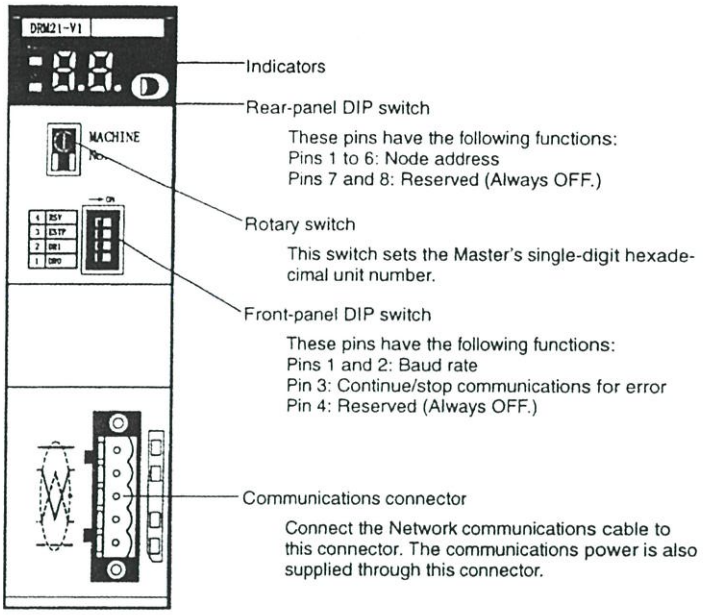
รูปที่ 2.22 การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอินพุตกับเอาท์พุตและการ์ดมาสเตอร์กับสเลฟของเครือข่ายระดับอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ

3. การเขียนและอ่านข้อความโดยการส่งผ่านเครือข่ายของระดับอุปกรณ์ในการรับและส่งข้อความนั้นจะใช้คำสั่ง SEND, RECV และคำสั่ง CMND มีลักษณะการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การเขียนและอ่านข้อความโดยการส่งผ่านเครือข่ายของระดับอุปกรณ์

โครงสร้างระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์ หรือเรียกว่าระบบฟิลด์บัส (field bus) เป็นระบบที่ช่วยลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณจากตัวอุปกรณ์โดยช่วยลดปริมาณของสายสัญญาณที่จะใช้เดินจากตัวอุปกรณ์หน้างานแต่ละตัวได้อย่างมาก จากต้องเดินสายสัญญาณจากตัวอุปกรณ์หน้างานมายังตู้ควบคุมอย่างน้อยตัวละเส้น มาต่อรวมกันเป็นเครือข่ายของอุปกรณ์เป็นเครือข่ายการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตระยะไกล ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่าระบบฟิลด์บัส ชื่อระบบนี้สำหรับผู้ผลิตเครื่องควบคุมแต่ละรายก็จะใช้โปรโตคอลที่ต่างกัน และจะเรียกชื่อต่างกันไป อย่างเช่น ดีไวซ์เนท (devicenet) เป็นของบริษัท AB คอมโปบัส (compobus) เป็นของบริษัท Omron electronics โปรฟิบัส (profibus) เป็นของบริษัท Seimens เป็นต้น โดยจะเดินสายเครือข่ายของอุปกรณ์จากเครื่องควบคุมไปยังเทอร์มินอลของตัวสเลฟควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตของตัวอุปกรณ์แต่ละโหนดโดยใช้สายเพียงสองเส้นหรือสี่เส้นเท่านั้น ปกติแล้วระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์นั้นสามารถมีการ์ดมาสเตอร์ได้ที่ตัวพีแอลซีเพียงตัวเดียว แต่ในกรณีที่ต้องการให้ระบบมีจำนวนอินพุตและเอาท์พุต หรือจำนวนโหนดสเลฟ มากกว่านี้จะต้องใช้โปรแกรมกำหนดระบบเครือข่าย (devicenet configurator) มากำหนดจำนวนอินพุตและเอาท์พุตเพิ่มเติมให้กับระบบนี้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างการ์ดมาสเตอร์เครือข่ายระดับอุปกรณ์ของพีแอลซีรุ่น CJ1W-DRM21 จากบริษัทออมรอน



รูปที่ 2.24 การ์ดมาสเตอร์ของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์รุ่น CJ1W-DRM21

การใช้งานการ์ดดีไวซ์เนทจะมีรายละเอียดการปรับค่าสวิตช์และหลอดแสดงผลคือ สวิตช์ที่ด้านหน้าการ์ดจะมีสวิตช์อยู่ 4 ตัว โดยจะใช้ปรับตั้งจริงๆ แค่สามตัวเท่านั้น คือ สวิตช์ตัวที่ 1 และ 2 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ใช้ปรับความเร็วในการรับส่งข้อมูล และสวิตช์ตัวที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ใช้สำหรับเลือกการสื่อสารให้เป็นแบบต่อเนื่องหรือสั่งหยุดการสื่อสาร ส่วนสวิตช์ตัวที่ 4 จะให้ปิดไว้ตลอด และควรปิดไฟเลี้ยงของพีแอลซีก่อนการปรับสวิทช์ดังกล่าวเสมอ

ตารางที่ 2.1 การเลือกปรับสวิตช์ตัวที่ 1 และ 2 สำหรับการ์ดมาสเตอร์

สวิตช์ตัวที่1	สวิตช์ตัวที่2	ความเร็วในการรับและส่งข้อมูล
OFF	OFF	125 kbps
ON	OFF	250 kbps
OFF	ON	500 kbps
ON	ON	ปรับเป็นแบบนี้ไม่ได้ จะเป็นกรณีปรับสวิตช์ผิดปกติ

ตารางที่ 2.2 การเลือกปรับสวิตช์ตัวที่ 3 สำหรับการ์ดมาสเตอร์

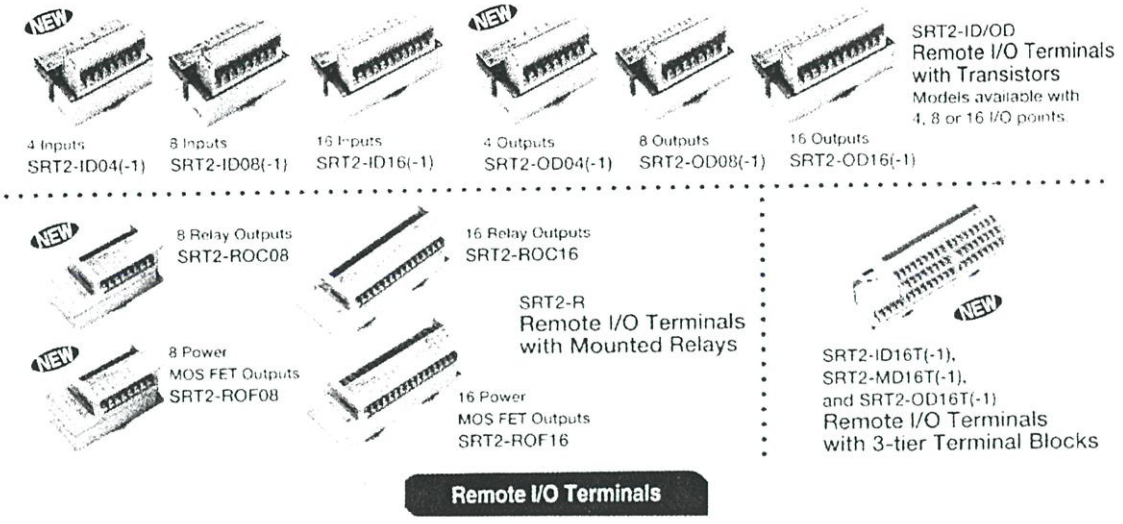
สวิตช์ตัวที่ 3	หน้าที่
OFF	เมื่อการสื่อสารผิดปกติให้ระบบทำงานต่อ
ON	เมื่อการสื่อสารผิดปกติให้ระบบหยุดทำงาน

ส่วนที่เป็นหลอดไฟแสดงผลที่ด้านหน้าการ์ดมาสเตอร์นั้น จะเป็นตัวแสดงสถานะต่างๆ ของระบบเครือข่าย สำหรับหลอดไฟแบบตัวเลขจะแสดงหมายเลขโหนดของการ์ดมาสเตอร์ เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นก็จะสลับแสดงหมายเลขโหนดของการ์ดมาสเตอร์ หมายเลขของเหตุการณ์ผิดปกติ และหมายเลขโหนดที่ผิดปกติสลับวนกันไปเรื่อยๆ ในระบบเครือข่ายของระดับอุปกรณ์การ์ดมาสเตอร์หนึ่งตัวสามารถต่อกับโหนดสเลฟได้ไม่เกิน 63 ตัว ซึ่งตัวสเลฟแต่ละตัวจะมีสวิตช์ให้ปรับหมายเลขโหนด และความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้ตรงตามการใช้งานของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 หลอดไฟแสดงผลที่ด้านหน้าการ์ดมาสเตอร์

หลอดไฟ	สี	สถานะ	ความหมาย
MS	green	on	การ์ดมาสเตอร์ทำงานปกติ
		flashing	กำลังอ่านค่าการปรับ
	red	on	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติร้ายแรงขึ้น
		flashing	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติไม่ร้ายแรง
	--	off	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติที่ฮาร์ดแวร์
NS	green	on	สถานะของเครือข่ายปกติ สร้างการเชื่อมต่อระบบการสื่อสารไว้แล้ว
		flashing	เครือข่ายสามารถทำงานได้ แต่ยังไม่ได้สร้างการเชื่อมต่อระบบการสื่อสารไว้
	red	on	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติจากระบบเครือข่ายการสื่อสารแบบร้ายแรงขึ้น เช่น ตั้งหมายเลขโหนดไว้ซ้ำกัน
		flashing	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติจากระบบเครือข่ายการสื่อสาร แบบไม่ร้ายแรง
	--	off	เกิดเหตุการณ์ผิดปกติจากระบบเครือข่ายขึ้น

ตัวอย่างของอุปกรณ์ตัวสเลฟที่จะนำมาต่อใช้งานร่วมกับการ์ดมาสเตอร์ของพีแอลซีในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์แสดงดังในรูปที่ 2.25 การจัดพื้นที่หน่วยความจำของการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตระยะไกลของระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์นั้น จะกำหนดจากการปรับหมายเลขบนการ์ดมาสเตอร์และไม่สามารถปรับหมายเลขโหนดสเลฟของอินพุตหรือเอาท์พุตเป็นหมายเลขซ้ำกันได้



รูปที่ 2.25 ตัวสเลฟที่ใช้ในระบบเครือข่ายระดับอุปกรณ์

การเลือกจัดพื้นที่ในหน่วยความจำของระบบการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตระยะไกลของตัวสเลฟสามารถดูได้จากการปรับหมายเลขของการ์ดมาสเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 2.4 แสดงพื้นที่ของอุปกรณ์ด้านอินพุตและเอาท์พุตของตัวสเลฟจะสัมพันธ์กับหมายเลขของการ์ดมาสเตอร์ซึ่งสามารถเลือกปรับได้สูงสุดถึง 15 หมายเลข เช่น เมื่อการ์ดมาสเตอร์ถูกปรับค่าให้เป็นหมายเลข 1 ดังนั้นตำแหน่งของด้านอินพุตและเอาท์พุตของตัวสเลฟจะเริ่มต้นที่แอดแดรส 1500 – 1524 สามารถใช้ได้จำนวน 25 เวิร์ดต่อการ์ดมาสเตอร์หนึ่งตัว

ตารางที่ 2.4 พื้นที่ของอุปกรณ์ด้านอินพุตและเอาท์พุตของตัวสเลฟ

unit number	allocated words	unit number	allocated words
0	CIO 1500 to CIO 1524	8	CIO 1700 to CIO 1724
1	CIO 1525 to CIO 1549	9	CIO 1725 to CIO 1749
2	CIO 1550 to CIO 1574	10	CIO 1750 to CIO 1774
3	CIO 1575 to CIO 1599	11	CIO 1775 to CIO 1799
4	CIO 1600 to CIO 1624	12	CIO 1800 to CIO 1824
5	CIO 1625 to CIO 1649	13	CIO 1825 to CIO 1849
6	CIO 1650 to CIO 1674	14	CIO 1850 to CIO 1874
7	CIO 1675 to CIO 1699	15	CIO 1875 to CIO 1899

2.6 ระบบโมเด็ม

ระบบโมเด็ม (Modem) นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการสื่อสารของระบบโทรศัพท์ รวมไปถึงการสื่อสารในระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบัน [9] ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

2.6.1 หลักการทำงานของโมเด็ม

การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระยะทางไม่ไกลมากนัก เราอาจใช้การรับส่งแบบอนุกรมซึ่งส่งข้อมูลดิจิตอลของคอมพิวเตอร์ไปตามสายจนถึงผู้รับได้ ในกรณีนี้เราสามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 35 เมตร ตามคุณสมบัติของ RS-232C หรือถ้าสายเคเบิลที่ใช้มีคุณภาพดีอาจส่งได้ไกลถึง 150 เมตรที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที แต่สำหรับระยะทางที่ไกลมากๆ เช่น หลายสิบกิโลเมตรหลายร้อยกิโลเมตรจนถึงหลายพันกิโลเมตร การส่งข้อมูลแบบดิจิตอลออกไปโดยตรงจะไม่เหมาะสมหลายอย่างปัญหาที่สำคัญคือคลื่นรูปที่เหลี่ยมของสัญญาณดิจิตอลเมื่อส่งไปไกลๆ จะเพี้ยนหรือมีรูปร่างผิดไปจากเดิมได้ง่าย ทำให้สายส่งและวงจรรับส่งสัญญาณดิจิตอลต้องถูกออกแบบมาเป็นอย่างดี ราคาสายส่งสัญญาณแบบดิจิตอลจึงมีราคาแพงกว่าสายส่งสัญญาณแบบอนาล็อกมากในทางปฏิบัติเราอาจรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้สัญญาณดิจิตอลผ่านสายส่งได้ ซึ่งทั้งสายส่งและวงจรเชื่อมต่อทั้งหมดเป็นแบบดิจิตอล แต่ว่าค่าใช้จ่ายจะมีราคาแพงมากจนกระทั่งไม่ค่อยคุ้มที่จะทำเช่นนี้ วิธีหลีกเลี่ยงก็คือหาทางส่งข้อมูลไปตามสายส่งในแบบอนาล็อกแทน การทำเช่นนี้เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เข้าช่วยแปลงสัญญาณในการรับส่งข้อมูลทั้งสองด้านซึ่งเป็นที่มาของโมเด็มนั่นเอง

โมเด็มจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ส่งมาทางพอร์ต RS-232C ให้กลายเป็นสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งออกไปตามสายส่ง เมื่อถึงปลายทางโมเด็มก็จะแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้ รับกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งให้คอมพิวเตอร์ต่อไปในรูปของสัญญาณดิจิตอลผ่านทาง RS-232C เช่นกัน ชื่อของโมเด็มก็ได้มาจากการทำงานทั้งสองแบบนี้นั่นเอง สัญญาณอนาล็อกมีคุณสมบัติเหมาะที่จะส่งไปไกลๆ มากกว่าสัญญาณแบบดิจิตอล เพราะว่าสัญญาณอนาล็อกจะเพี้ยนหรือมีรูปรางผิดจากเดิมยากกว่า และสูญเสียกำลังในสายส่งน้อยกว่า ทำให้ส่งได้ระยะทางไกลมากขึ้น นอกจากนี้เรายังสามารถกรองสัญญาณรบกวนบางส่วนที่ไม่ต้องการออกได้อีกด้วย ราคาของสายส่งและอุปกรณ์เชื่อมต่อก็มีราคาถูก เราจึงจำเป็นต้องใช้โมเด็มในการรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ระยะทางไกลผ่านสายส่งแบบอนาล็อก

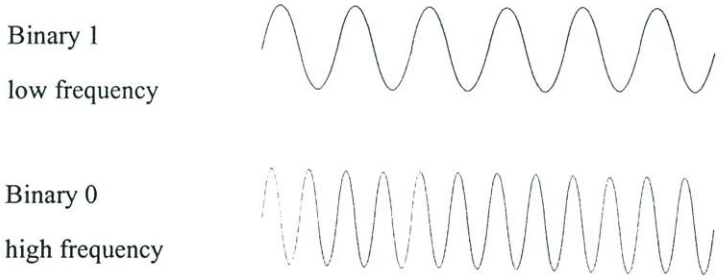
จากการที่โมเด็มแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ให้กลายเป็นสัญญาณอนาล็อกในการรับส่งข้อมูลนี้เอง ถ้าโมเด็มแปลงสัญญาณออกมาอยู่ในรูปของเสียงซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกแบบหนึ่งเราก็สามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์ได้ โมเด็มทั่วๆ ไปที่เราใช้งานจะเป็นโมเด็มที่แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปคลื่นเสียงทั้งนั้น มีโมเด็มบางชนิดที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็น

สัญญาณอนาล็อกความถี่สูงแต่โมเด็มแบบนี้มีใช้งานน้อย และส่งข้อมูลโดยใช้สายส่งพิเศษจะส่งผ่านสายโทรศัพท์ธรรมดาไม่ได้ ไม่ว่าโมเด็มจะเป็นแบบไหนก็ตามเมื่อได้รับข้อมูลดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์มันจะเปลี่ยนให้กลายเป็นสัญญาณอนาล็อก จากนั้นก็นำสัญญาณอนาล็อกที่ได้นี้มารวมเข้ากับสัญญาณพาหะ (carrier wave) แล้วส่งออกไปทางสายส่งข้อมูล สัญญาณพาหะหรือคลื่นพาหะนี้จะทำหน้าที่พาข้อมูลที่อยู่ในรูปสัญญาณอนาล็อกไปจนถึงปลายทาง

2.6.2 ประเภทของโมเด็ม

การแบ่งประเภทโมเด็มสามารถแบ่งออกได้หลายวิธี ในที่นี้เราจะแบ่งโมเด็มออกโดยใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นหลัก โมเด็มแบ่งออกตามความเร็วได้สามกลุ่มคือโมเด็มความเร็วต่ำ โมเด็มความเร็วปานกลาง และโมเด็มความเร็วสูงตามลำดับ ความเร็วที่กล่าวถึงนี้คือความเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งวัดเป็นบิตต่อวินาที

โมเด็มความเร็วต่ำเป็นโมเด็มรุ่นแรกๆ ที่ออกจำหน่ายในท้องตลาดถือว่าเป็นผู้บุกเบิกการรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ก็ได้ โมเด็มความเร็วต่ำจะส่งข้อมูลที่ความเร็ว 300 บิตต่อวินาทีจนถึง 600 บิตต่อวินาที มีใช้กันมากเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้วใช้การผสมสัญญาณแบบเปลี่ยนความถี่ (frequency shift keying, FSK) ทางด้านรับและด้านส่งจะใช้ความถี่สองความถี่แทนค่าข้อมูล “0” และ “1” ไม่ซ้ำกันดังแสดงในรูปที่ 2.26 โมเด็มดังกล่าวจัดเป็นโมเด็มแบบง่ายๆ ไม่ใช้เทคนิคซับซ้อนมีราคาถูก เมื่อเชื่อมต่อกันได้ฝ่ายเรียกหรือผู้เรียก (originate) จะใช้ความถี่ของผู้เรียกในการส่งข้อมูล ฝ่ายรับ (answer) ก็จะใช้ความถี่อีกคู่หนึ่งเพื่อไม่ให้ชนกันสำหรับส่งข้อมูล ปัจจุบันเราไม่ค่อยจะได้ใช้โมเด็มความเร็วต่ำแล้ว

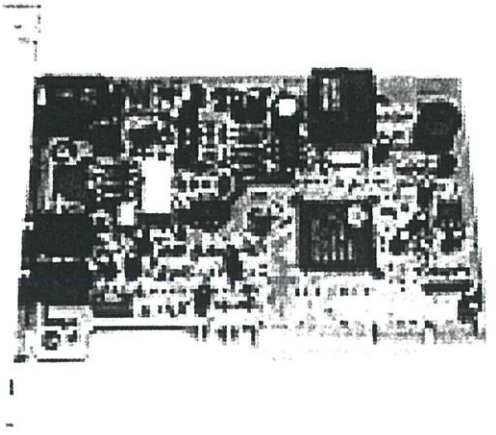


รูปที่ 2.26 สัญญาณความถี่ต่ำและความถี่สูงที่ใช้ในการผสมสัญญาณแบบเปลี่ยนความถี่

โมเด็มความเร็วปานกลาง มีความเร็วในการส่งข้อมูลประมาณ 1,200 ถึง 2,400 บิตต่อวินาที ซึ่งจัดเป็นโมเด็มยอดนิยมในปัจจุบัน เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมักจะใช้โมเด็มความเร็วปานกลางนี้ส่งข้อมูลทั่วไปเกือบทั้งหมดของโมเด็มที่มีใช้กันอยู่ โมเด็มความเร็วปานกลางนี้มี

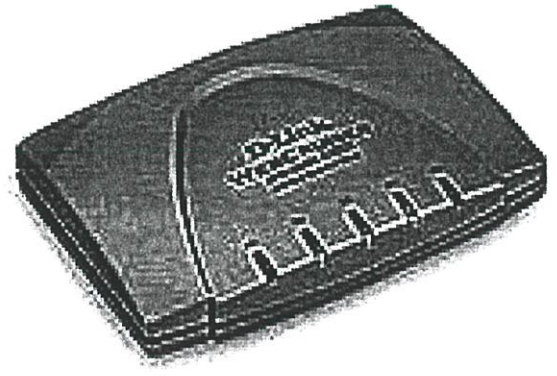
ฟังก์ชันการทำงานพิเศษมากมาย ช่วยให้ผู้ใช้สะดวกมากยิ่งขึ้นตั้งแต่การหมุนโทรศัพท์อัตโนมัติ การจดจำเบอร์โทรศัพท์ไปจนถึงการปรับจำนวนบิตที่รับส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติ โมเด็มความเร็วปานกลางนี้ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณก้าวหน้ากว่าโมเด็มความเร็วต่ำมาก คือแทนที่จะใช้เปลี่ยนแปลงความถี่ไปมาแสดงข้อมูลของ "0" และ "1" โมเด็มความเร็วปานกลางจะผสมสัญญาณโดยเปลี่ยนแปลงมุมของช่วงคลื่น (phase) และขนาดของสัญญาณ (amplitude) ไปพร้อมๆ กันทำให้ในหนึ่งลูกคลื่นของสัญญาณส่งแทนค่าข้อมูลได้มากกว่าเดิมวิธีนี้ทำให้ข้อมูลส่งได้เร็วขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มความถี่ในการส่งจากความเร็ว 1,200 หรือ 2,400 บิตต่อวินาที การส่งข้อมูลขนาด 36 กิโลไบท์ จะใช้เวลาเพียง 5 นาที ที่ความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาทีหรือใช้เวลา 2 นาทีครึ่งที่ความเร็ว 2,400 บิตต่อวินาที โมเด็มความเร็วสูง มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ 4,800 จนถึง 9,600 บิตต่อวินาที หรือสูงกว่านั้นการที่โมเด็มสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วมากขนาดนี้ผ่านสายโทรศัพท์ได้เนื่องมาจากใช้ฮาร์ดแวร์พิเศษเข้าช่วย และมีการผสมสัญญาณที่ซับซ้อนกว่าโมเด็มความเร็วปานกลางมาก ในหนึ่งลูกคลื่นของสัญญาณที่ส่งออกไปอาจมีจำนวนบิตข้อมูลผสมอยู่ถึง 5 บิตก็ได้ และยังสามารถรับส่งในแบบฟูลดูเพ็ค (full duplex) ได้อีกด้วย ซึ่งเมื่อเทียบกับความสามารถของสายโทรศัพท์ที่ส่งสัญญาณได้สูงสุด 3,400 Hz. ถ้าเทียบเวลาที่ใช้ส่งข้อมูลขนาด 36 กิโลไบต์เท่าเดิมเราจะใช้เวลาส่งเพียงแค่ไม่ถึง 40วินาทีเท่านั้นที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที ฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของโมเด็มความเร็วสูงก็มีให้ใช้ใกล้เคียงกับโมเด็มความเร็วปานกลาง และสามารถลดความเร็วในการรับส่งข้อมูลลงไปกลาย เป็นโมเด็มความเร็วปานกลางก็ได้ โมเด็มสามารถแบ่งตามรูปร่างและการติดตั้งใช้งานออกเป็นสองอย่างคือ แบบที่ติดตั้งภายในกับแบบที่ติดตั้งภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งสองแบบมีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างชัดเจนและมีส่วนประกอบภายในไม่เหมือนกันดังนี้

โมเด็มแบบติดตั้งภายในจะมีรูปร่างเป็นแผงวงจร นำมาเสียบเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง รูปร่างอาจแตกต่างกันตามแต่ผู้ผลิตจะออกแบบมา คอมพิวเตอร์บางชนิดก็มีโมเด็มรวมอยู่ในตัวเสร็จเรียบร้อย เช่น คอมพิวเตอร์แบบกระเป๋าหิ้ว (laptop) เป็นต้น โมเด็มแบบติดตั้งภายในจะใช้กำลังไฟฟ้าจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงส่วนมากจะมีพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ในตัวด้วย การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับโมเด็มจะต่อผ่านแผงวงจรที่ออกแบบไว้ เมื่อติดตั้งเข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วจะไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่ภายนอกหรือโต๊ะทำงาน ราคาถูกกว่าแบบติดตั้งภายนอกเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีกล่องบรรจุและวงจรจ่ายไฟเอาไว้ในตัวเพราะใช้ไฟฟ้าจากเครื่องคอมพิวเตอร์ รูปที่ 2.27 แสดงโมเด็มแบบติดตั้งภายใน มันมักจะถูกออกแบบมาให้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะการเชื่อมต่อและสั่งงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกกำหนดมาตายตัวจนถึงระดับพอร์ตที่ใช้และฮาร์ดแวร์ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์เลยทีเดียว ดังนั้นเราจึงนำโมเด็มแบบติดตั้งภายในไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์คนละชนิดนอกเหนือจากที่ถูกออกแบบไม่ได้



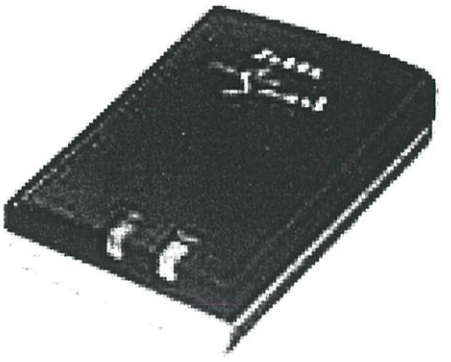
รูปที่ 2.27 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน

โมเด็มแบบติดตั้งภายนอกแสดงดังในรูปที่ 2.28 มีรูปร่างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมแบนๆ ภายในมีแหล่งจ่ายไฟวงจรโมเด็มและลำโพงเอาไว้ในตัวเสร็จเรียบร้อย และมีข้อต่อแบบ 25 ขา (DB-25) เอาไว้ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง RS-232C ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ใดก็ตามที่จะใช้กับโมเด็มแบบติดตั้งภายนอก ตัวเครื่องจะต้องมีพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232C ด้วยเสมอไม่อย่างนั้นก็ต่อกับโมเด็มไม่ได้ สายเคเบิลที่ใช้ต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวโมเด็มอาจเป็นสายเคเบิลแบบสายตรงหรือสายสลับก็ได้ต้องดูจากคู่มือของอุปกรณ์ทั้งสองว่าควรใช้สายแบบไหน โมเด็มแบบติดตั้งภายนอกจะต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดใดก็ได้ไม่จำกัดเหมือนอย่างโมเด็มที่ติดตั้งภายใน ขอให้คอมพิวเตอร์ที่จะมาต่อมีพอร์ต RS-232C ก็สามารถนำมาใช้ได้ การใช้งานโมเด็มดังกล่าวมีข้อดีคือสามารถต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ทุกรุ่นที่มีพอร์ต RS-232 เมื่อโมเด็มมีปัญหาสามารถนำตัวโมเด็มไปซ่อมได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือเปลืองเนื้อที่สำหรับติดตั้ง



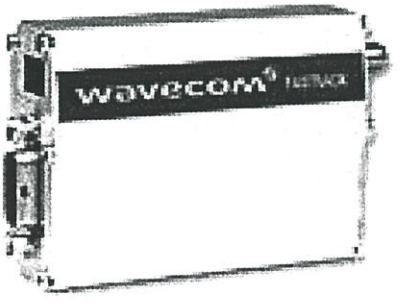
รูปที่ 2.28 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก

โมเด็มแบบติดตั้งภายนอกอีกแบบหนึ่งก็คือ โมเด็มแบบกระเป๋า (pocket modem) ดังแสดงในรูปที่ 2.29 จัดว่าเป็นรูปโฉมใหม่มีขนาดเท่ากับขนาดของซองบุหรี่ ภายในจะมีวงจรต่างๆ เหมือนโมเด็มติดตั้งภายนอกทุกประการแต่จะใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลท์ ความเร็วในการส่งข้อมูลของโมเด็มแบบกระเป๋าอยู่ที่ 1,200 ถึง 2,400 บิตต่อวินาที ปลายด้านหนึ่งของโมเด็มแบบกระเป๋าจะเป็นข้อต่อแบบ DB-25 อยู่ในตัว เพื่อให้สามารถเสียบเข้ากับพอร์ตอนุกรม RS-232C ได้โดยตรง



รูปที่ 2.29 โมเด็มแบบกระเป๋า

นอกจากนั้นยังมีโมเด็มที่เหมาะสำหรับเครือข่ายเทคโนโลยีการสื่อสารการควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งก็คือโมเด็มจีเอสเอ็มดังแสดงในรูปที่ 2.30 โมเด็มชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลท์ ด้านข้างของโมเด็มจะมีช่องให้เสียบซิมการ์ด (sim card) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้สำหรับกำหนดเบอร์โทรศัพท์สำหรับติดต่อสื่อสารกับผู้ให้บริการเครือข่าย และส่วนใหญ่จะควบคุมโมเด็มจีเอสเอ็มผ่านทางพอร์ตอนุกรมซึ่งคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมคือคำสั่ง AT สำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.30 โมเด็มแบบจีเอสเอ็ม

2.6.3 มาตรฐานคำสั่งของโมเด็ม

โมเด็มจะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลอยู่แล้วดังนั้นขณะที่โมเด็มยังไม่ได้ติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทางเพื่อส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์สามารถส่งคำสั่งต่างๆ ให้โมเด็มได้โดยไม่รบกวนการส่งข้อมูลแต่อย่างใด ในขั้นแรกเมื่อเปิดสวิทช์ให้โมเด็มทำงาน สัญญาณที่โมเด็มได้รับจากคอมพิวเตอร์จะถือว่าเป็นคำสั่งทั้งหมดจนกว่าจะติดต่อกับโมเด็มปลายทางได้ และเมื่อโมเด็มส่งข้อมูลผ่านสายส่งสัญญาณต่างๆ ที่คอมพิวเตอร์ส่งให้โมเด็มจะถือว่าเป็นข้อมูลทั้งหมดจนกระทั่ง หยุดส่งข้อมูลโดยการเลิกการติดต่อกับปลายทาง หรือวางสายโทรศัพท์นั่นเอง โมเด็มก็จะกลับมาอยู่ในช่วงรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง บริษัท Hayes microcomputer products เป็นผู้คิดค้นชุดคำสั่งชุดหนึ่งขึ้นมาเพื่อสั่งงานโมเด็มสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและได้รับความนิยมอย่างมาก มาตรฐานคำสั่งนี้เรียกว่ามาตรฐานของเฮย์ (Hayes command set) เป็นคำสั่งที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานต่างๆ ของโมเด็มได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สั่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มโดยตรง ทำให้เราไม่ต้องปรับสวิทช์เพื่อเลือกการทำงานแบบต่างๆ ของโมเด็มอีกต่อไป โมเด็มที่เราใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเกือบทั้งหมดจะรับคำสั่งตามมาตรฐานของเฮย์นี้ คำสั่งโมเด็มจะควบคุมการทำงานที่จำเป็นทั้งหมดของโมเด็ม เช่น ตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามา เลือกให้ทำงานในแบบต่อเข้าสายโทรศัพท์หรือวางสายโทรศัพท์รีเซ็ตโมเด็ม หรือปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ของโมเด็ม ซึ่งถ้าหากไม่ใช้คำสั่งโมเด็มแล้ว ผู้ใช้จะต้องกำหนดตัวแปรเหล่านั่นด้วยวิธีการผลักสวิทช์บนโมเด็ม ดังนั้นการใช้คำสั่งจึงสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมาก มาตรฐานของคำสั่งโมเด็มมีชื่อเรียกกันว่าคำสั่ง AT (attention command) [4] เพราะคำสั่งทุกคำสั่งขึ้นต้นด้วยตัวอักษร AT เสมอ เมื่อจบคำสั่งให้ปิดท้ายด้วย CR (carriage return) หรือ กดปุ่ม enter โมเด็มจะรับคำสั่งนั้นไปทำงานทันที และตอบคำว่า OK กลับมา ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างคำสั่ง AT

คำสั่ง	รายละเอียดคำสั่ง	การตอบสนองกลับ
AT	โมเด็มพร้อมใช้งาน	OK
ATDT 01xxxxxxx	โทรออก	OK
ATH	วางสาย	OK
AT+CMGS = 01xxxxxxx <CR> Please call me soon. <ctrl-Z>	ส่งข้อความ	+CMGS: <mr>
AT+CMGR = 1 <CR>	อ่านข้อความ	+CMGR: “REC UNREAD” , “081xxxxxxx”, “09/06/07, 18:22:11+00”, <CR><LF> Please call me soon. OK

2.7 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

โดยทั่วไปพื้นฐานของระบบเคลื่อนที่จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญดังนี้ [2] สถานีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (mobile station) สถานีฐาน (base station) ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (mobile telephone exchange or mobile switching center) ระบบฐานข้อมูล (database) ส่วนปฏิบัติการและควบคุม (operation & maintenance center) องค์ประกอบแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

2.7.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่

สถานีโทรศัพท์เคลื่อนที่ หมายถึงอุปกรณ์โทรศัพท์ที่ใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยที่ผู้ใช้สามารถนำโทรศัพท์นี้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในขณะติดต่อสนทนาภายในขอบเขตพื้นที่บริการ อุตสาหกรรมการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ผลิตอุปกรณ์โทรศัพท์ที่มีรูปร่างแตกต่างกันให้เหมาะกับการใช้งานลักษณะต่างๆ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ติดตั้งในรถ โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบหิ้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบมือถือ โทรศัพท์เคลื่อนที่สาธารณะและโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้แทนโทรศัพท์ธรรมดาเป็นต้น ซึ่งจะนำไปใช้ในบริเวณนอกเขตการให้บริการที่โทรศัพท์ธรรมดาจะเข้าไปถึงได้ โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะประกอบไปด้วยสองส่วนคือ ส่วนหูฟัง (handset) ส่วนควบคุม (control part) ทำงานโดยอาศัยไมโครโปรเซสเซอร์ มีหน้าที่ดังนี้คือควบคุมสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ติดต่อกับสถานีฐาน การควบคุมส่วนคลื่นวิทยุใช้สำหรับติดต่อกับสถานีฐานประกอบไปด้วยสองส่วนคือเครื่องส่ง (Tx) จะทำหน้าที่สำหรับผสมสัญญาณเสียงข้อมูลกับคลื่นพาหะ (modulate) และขยายสัญญาณเพื่อส่งออกอากาศไปให้สถานีฐาน และเครื่องรับ (Rx) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงกับคลื่นพาหะและแยกสัญญาณเสียงออกจากคลื่นพาหะ (demodulate) ที่ส่งมาจากสถานีฐาน

ขอบเขตในการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (range of mobile station) หรือพื้นที่ครอบคลุมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อกับสถานีฐานขึ้นอยู่สอง ปัจจัยดังนี้

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีกำลังส่งต่างกันจะส่งผลให้ขอบเขตของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อสถานีฐานต่างกันด้วย ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบมือถือมีกำลังส่งน้อยกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบติดในรถ จะทำให้ขอบเขตในการติดต่อกับสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่น้อยกว่า นอกจากนี้กำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแปรผันกับระยะห่างจากสถานีฐาน กล่าวคือสถานีฐานดูผลของระดับสัญญาณที่ส่งมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งถ้าไม่อยู่ในระดับที่กำหนดไว้สถานีฐานจะติดต่อไปยังส่วนควบคุมของโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อที่จะให้ลดหรือเพิ่มกำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่

2. ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่มีผลต่อขอบเขตในการติดต่อกับสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ยกตัวอย่างเช่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่บนตึกสูงมากกว่าจะมีขอบเขตติดต่อกับสถานีฐาน

ได้ไกลกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่บนตึกที่สูงน้อยกว่า นอกจากนี้ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่มีผลต่อคุณภาพในการส่งสัญญาณอีกด้วย เช่น เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่บนตึกที่สูงการส่งสัญญาณมีโอกาสเกิดการรบกวนได้มากกว่าเมื่อเทียบกับอยู่บนตึกที่สูงน้อยกว่า

2.7.2 สถานีฐาน

สถานีฐานเป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับระบบชุมสายของเครือข่ายการให้บริการของระบบโทรศัพท์ และจะติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยผ่านทางช่องสัญญาณความถี่ของวิทยุ สถานีฐานประกอบไปด้วยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สี่ส่วนคือ ระบบไฟฟ้า อุปกรณ์เตือนสัญญาณ (alarm equipment) อุปกรณ์เกี่ยวกับคลื่นความถี่วิทยุ (radio component) และสายอากาศ (antenna) ส่วนอุปกรณ์เกี่ยวกับคลื่นวิทยุ (radio component) ของสถานีฐานประกอบไปด้วยสามส่วนดังนี้ ส่วนแรกคือเครื่องรับและส่ง โดยเครื่องส่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงกับคลื่นพาหะเพื่อส่งออกอากาศไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ เครื่องรับทำหน้าที่รับสัญญาณและแยกสัญญาณออกมาจากคลื่นพาหะที่ส่งมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนที่สองคือส่วนควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อระหว่างชุมสายกับสถานฐาน ส่วนที่สามคือระบบสายอากาศแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนแรกคือสายส่งสัญญาณ (transmitter combiner) ทำหน้าที่รวมสัญญาณจากเครื่องส่งหลายๆ เครื่องเพื่อส่งออกทางสายอากาศตัวเดียว ส่วนที่สองคือสายรับสัญญาณ (receiver multicoulper) ทำหน้าที่สำหรับแยกสัญญาณที่มาจากสายอากาศตัวเดียวไปให้เครื่องรับของแต่ละเครื่อง ส่วนที่สามคือสายอากาศอาจติดตั้งสายอากาศสำหรับส่งสัญญาณหนึ่งตัว และสำหรับรับสัญญาณหนึ่งตัว แต่เนื่องจากปัญหาในการลดทอนสัญญาณ (fading) จึงทำให้มีการติดตั้งสายอากาศแบบ diversity กล่าวคือ มีสายอากาศรับต่อตัว และสายอากาศส่งต่อตัว โดยสายอากาศรับต่อตัววางห่างกัน 3-5 เมตร จากนั้นนำสัญญาณรับจากสายอากาศสองตัวมารวมกัน เนื่องจากสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศตัวหนึ่งจะมีสัญญาณที่เลื่อนไปจากสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศอีกตัวหนึ่ง เมื่อนำสัญญาณมารวมกันจะสามารถลดการลดทอนสัญญาณได้

2.7.3 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ MSC หรือ MTX

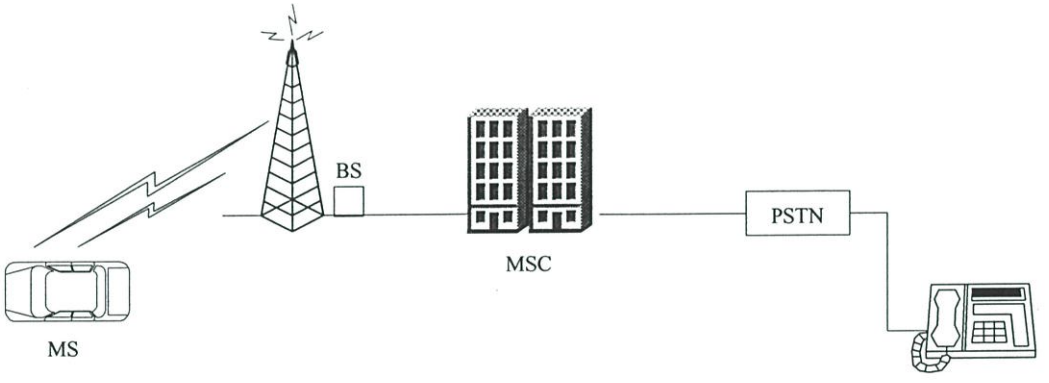
ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ MSC หรือ MTX (mobile-telephone exchange) เป็นชุมสายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อคู่สนทนาที่ต้องการติดต่อกัน และควบคุมดูแลการทำงานของระบบในการเริ่มต้นการโทรออกและยกเลิกการโทร นอกจากนั้นยังเชื่อมต่อกับ PSTN (public switch telephone network) เพื่อให้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์ธรรมดาได้ โดยระบบชุมสายโทรศัพท์จำเป็นต้องติดตั้งกระจายไปทั่วทุกพื้นที่ของแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ เพื่อขยายเครือข่ายการให้บริการการติดต่อสื่อสารให้มีสัญญาณโทรศัพท์มีคุณภาพครอบคลุมทุกจุดและสามารถใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยสัญญาณโทรศัพท์ที่ชัดเจน

2.7.4 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลมีหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผู้ใช้โทรศัทพ์ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการบริการต่างๆ ที่ผู้ใช้โทรศัพท์แต่ละรายสามารถใช้บริการได้ และที่สำคัญยังเก็บข้อมูลตำแหน่งที่อยู่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องเพื่อที่ว่าเมื่อมีผู้โทรมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่จะได้เชื่อมต่อคู่สนทนาได้ถูกต้อง

2.7.5 ส่วนปฏิบัติการและควบคุม

ส่วนปฏิบัติการและควบคุมมีหน้าที่สำหรับตรวจสอบการปฏิบัติและควบคุม เพื่อให้การทำงานของระบบดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ การติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโทรศัพท์ธรรมดาแสดงดังในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 การติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโทรศัพท์ธรรมดา

2.8 สรุป

ระบบสื่อสารเครือข่ายพีแอลซีสามารถแบ่งออกเป็นสองระบบได้แก่ การสื่อสารแบบอนุกรมและการสื่อสารแบบเครือข่าย โดยการสื่อสารแบบอนุกรมจะมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนอุปกรณ์และระยะทางที่จำกัดที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสาร จึงมีการพัฒนาให้มีการสื่อสารแบบเครื่อข่ายขึ้นมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์เหมือนกันหรือต่างกันจำนวนหลายๆ ตัวได้โดยใช้สายสัญญาณเพียงหนึ่งเส้นในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตกับพีแอลซี อีกทั้งยังเพิ่มระยะทางและความเร็วในการติดต่อสื่อสารมากขึ้น ส่วนโมเด็มสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทเช่นกันได้แก่โมเด็มแบบติดตั้งภายนอกและโมเด็มที่ติดตั้งภายในโดยจะมีชุดคำสั่งมาตรฐานที่เรียกว่าคำสั่ง AT ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารกับโมเด็มทุกชนิด โมเด็มจะมีพอร์ตสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

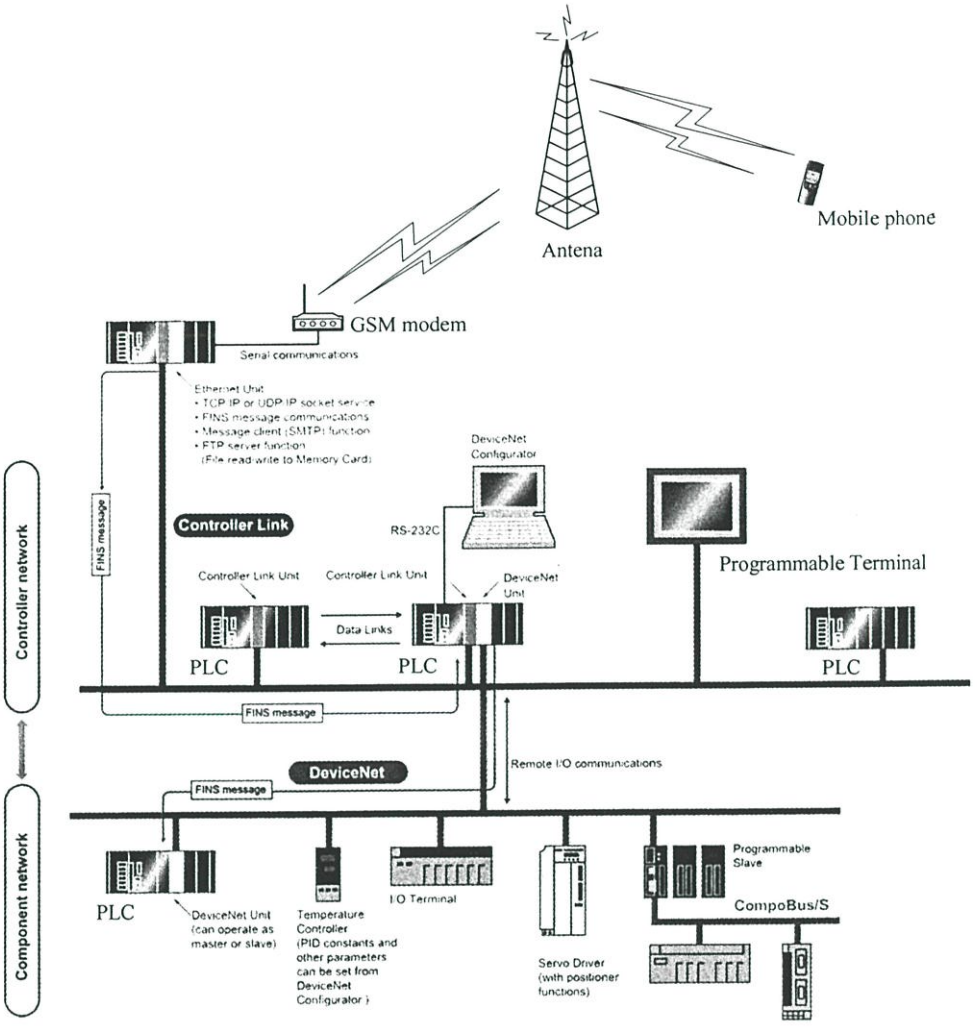
บทที่ 3
การออกแบบเครือข่ายของพีแอลซี ผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นการประยุกต์ใช้คุณสมบัติของเครือข่ายพีแอลซีและโมเด็มจีเอสเอ็มมาต่อใช้งานร่วมกัน [1] เราต้องศึกษาโครงสร้างและวิธีการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งระบบที่เราต้องการควบคุมและแสดงสถานะจึงจะสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างถูกต้อง จากทษฎีและหลักการพื้นฐานในบทที่ 2 ทำให้ทราบว่าเครื่อข่ายพีแอลซีสามารถควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้ในระยะไกลแต่ส่วนใหญ่มีระยะทางในการติดต่อสื่อสารไม่เกิน 500 เมตร และสามารถใช้พอร์ต RS-232 สำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ส่วนโมเด็มจีเอสเอ็มก็สามารถทำได้เช่นกันและต้องใช้คำสั่ง AT ที่เป็นโปรโตคอลมาตรฐานของโมเด็มจีเอสเอ็มในการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลจากพีแอลซีไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งได้ออกแบบระบบดังกล่าวและนำไปทดลองภายในห้องปฏิบัติการกับระบบจำลองการควบคุมระดับของเหลวในถัง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 โครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซีที่นำเสนอ

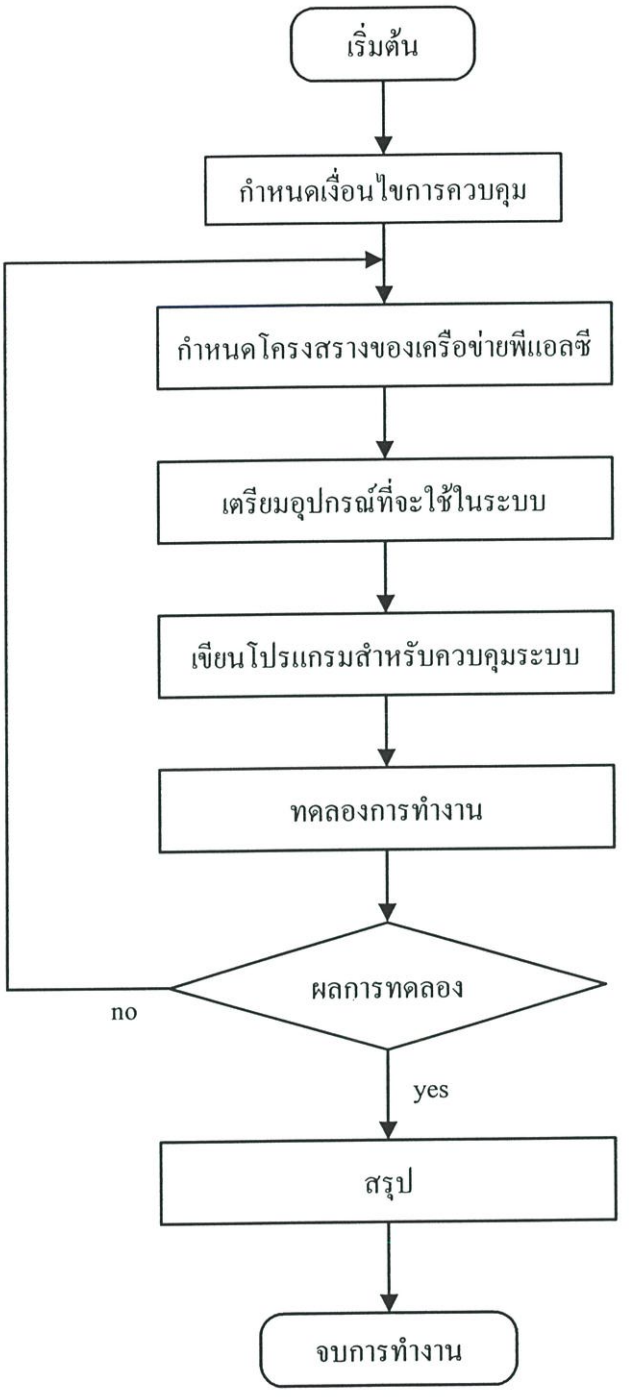
การสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มถูกกำหนดโครงสร้างมาจากบริษัทผู้ผลิตให้สามารถสื่อสารผ่านพอร์ต RS-232 [3] ดังนั้นจึงนำคุณสมบัติดังกล่าวมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเครือข่ายพีแอลซีเพื่อใช้ในการพัฒนาเครือข่ายพีแอลซีให้สามารถติดต่อสื่อสารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยหลักการที่นำเสนอจะนำเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มผ่านพอร์ต RS-232 โมเด็มจีเอสเอ็มจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ การติดต่อสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มจำเป็นต้องใช้ชุดคำสั่งมาตรฐานที่เรียกว่าคำสั่ง AT จะใช้สำหรับติดต่อสื่อสารการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวโมเด็มจีเอสเอ็มกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอาศัยการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับรับและส่งคำสั่ง AT พร้อมทั้งควบคุมกระบวนการเครือข่ายของพีแอลซีทั้งหมดให้เป็นไปตามต้องการ โครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แสดงดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.3 การออกแบบเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

การออกแบบเครือข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะมีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.2 การออกแบบดังกล่าวได้นำมาทดลองภายในห้องปฏิบัติการ โดยนำมาต่อใช้งานกับเครือข่ายพีแอลซีของระบบจำลองการควบคุมระดับของเหลวในถังให้สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยอาศัยโมเด็มจีเอสเอ็ม เพื่อแจ้งเหตุการณ์ต่างๆ รวมทั้งสามารถควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่เกี่ยวข้องโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในระยะไกลได้ ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

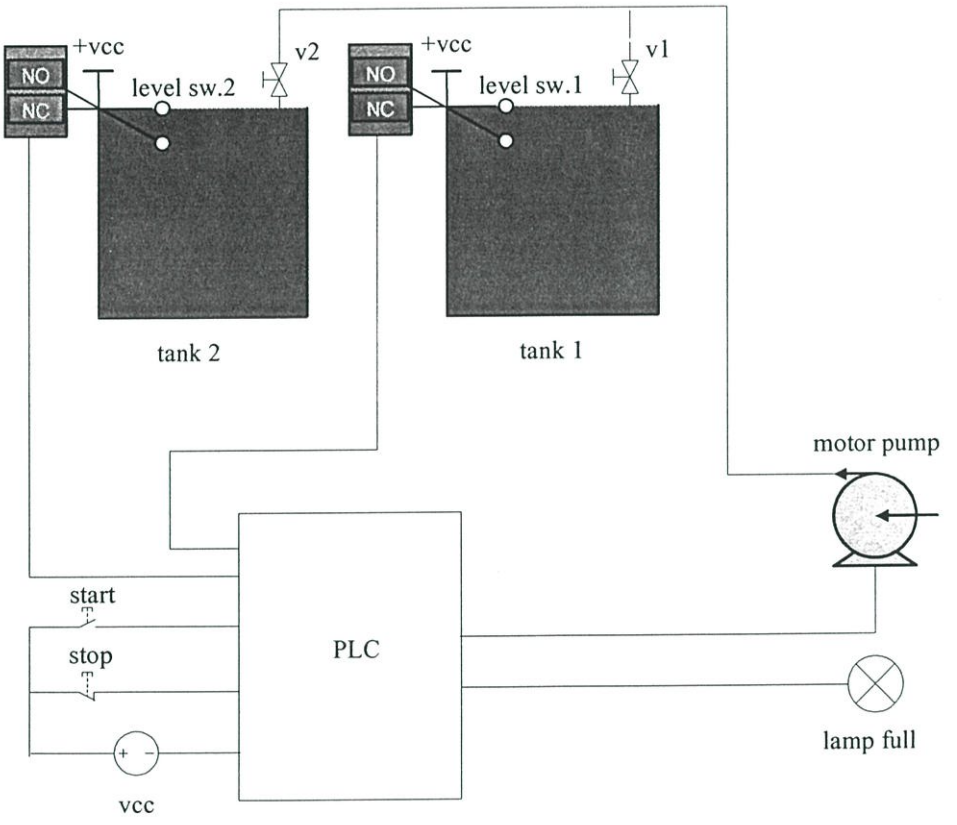


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบเครือของข่ายพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.3.1 วัตถุประสงค์การควบคุม

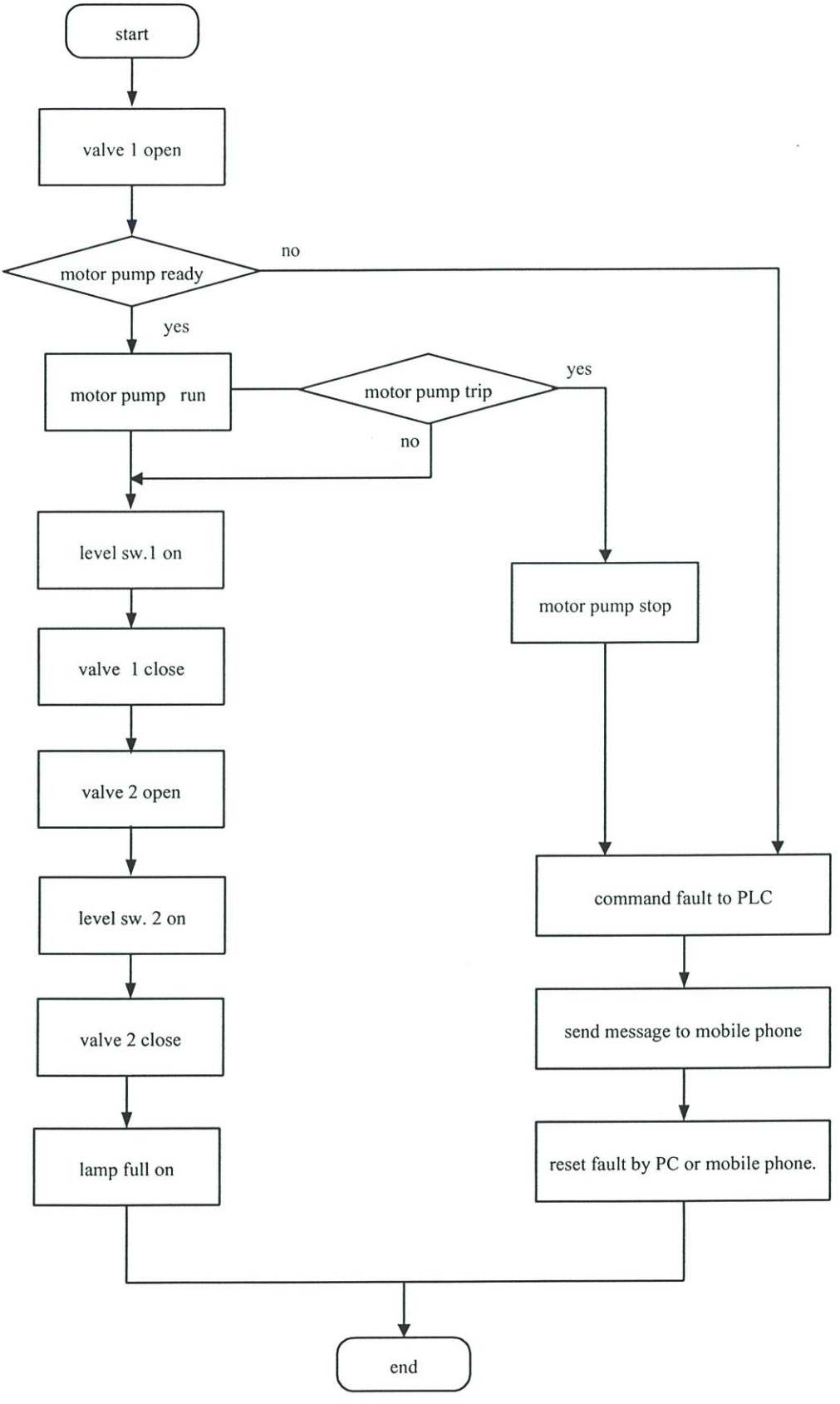
กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทุกระบบ โดยทั่วไปผู้ควบคุมจะเป็นผู้กำหนดวัตถุประสงค์การควบคุม ได้แก่ความต้องการและเงื่อนไขการควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรให้สอดคล้องตามกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบต้องนำ

ข้อกำหนดดังกล่าวไปออกแบบโครงสร้างของระบบควบคุม และรวมไปถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ รูปที่ 3.3 แสดงการจำลองการควบคุมระดับของเหลวในถัง มีวัตถุประสงค์เพื่อแจ้งสถานะและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับและส่งข้อมูลให้กับเครือข่ายพีแอลซี ในกรณีที่มอเตอร์ปั๊มน้ำมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นได้กำหนดขึ้นมาสองเหตุการณ์ ได้แก่ กรณีมอเตอร์ไม่พร้อมใช้งาน (motor not ready) และมอเตอร์ทริป (motor Trip)



รูปที่ 3.3 การควบคุมระดับของเหลวในถัง

โฟลว์ชาร์ตการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 3.4 จากระบบมีถังสำหรับใส่ของเหลวสองถัง เราจะควบคุมการเติมของเหลวลงในถังโดยมีเซนต์เซอร์คอยตรวจวัดระดับของเหลวและมีปั๊มสำหรับดึงของเหลวเข้าไปในถัง ระบบดังกล่าวมีแผนผังการทำงานเทียบกับเวลาดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งเป็นการควบคุมระดับของเหลวในถังให้ทำงานแบบอัตโนมัติมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [12]



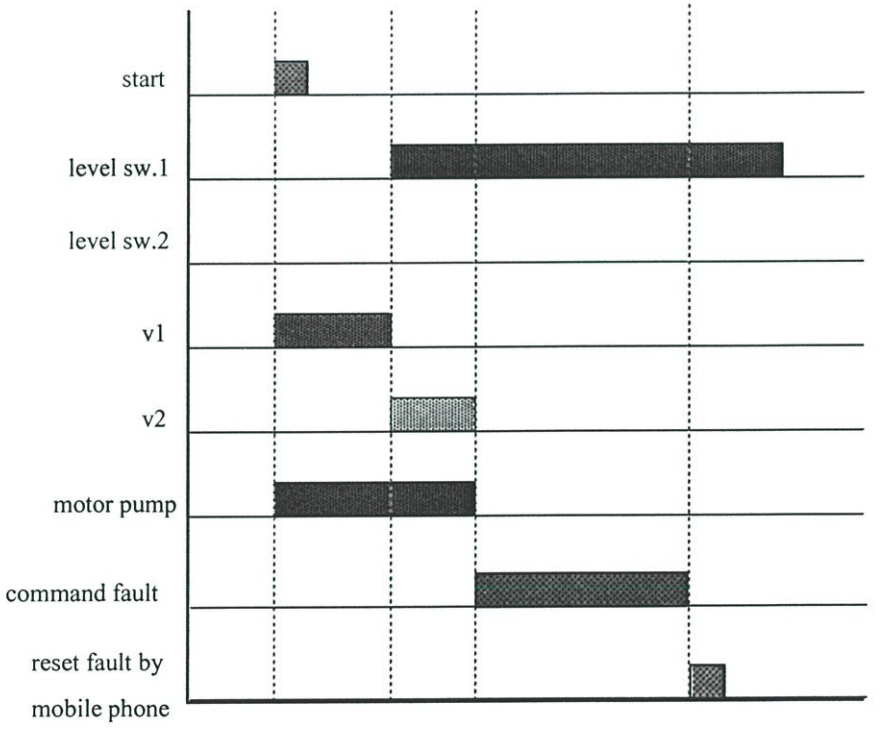
รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตเงื่อนไขการทำงานควบคุมระดับของเหลวในถัง

- เมื่อกดปุ่มเริ่มทำงาน (start button) ระบบจะเริ่มทำงานแบบอัตโนมัติโดยตรวจสอบระดับของของเหลวในแท็งค์ ถ้าต่ำกว่าจุดตรวจสอบที่ 1 (level sw. 1) จะทำให้วาล์ว 1 (v1) เปิด และปั๊มทำงาน น้ำสามารถไหลผ่านท่อไปยังถังน้ำใบที่ 1 (tank 1)

- เมื่อระดับของเหลวในถังสูงถึงระดับตรวจสอบที่ 1 แจ้งว่าถังน้ำใบที่ 1 เต็มจะสั่งให้วาล์ว 1 ปิด และวาล์ว 2 (v2) เปิด น้ำสามารถไหลผ่านท่อไปยังถังน้ำใบที่ 2 (tank 2)

- เมื่อระดับของเหลวในถังสูงถึงระดับตรวจสอบที่ 2 (level sw. 2) แจ้งว่าถังน้ำใบที่ 2 เต็ม จะสั่งให้วาล์ว 2 ปิด ปั๊มหยุดทำงานทำให้น้ำไม่สามารถไหลผ่านท่อไปยังถังน้ำ

- เมื่อเกิดกรณีที่ปั๊มไม่สามารถทำงานได้หรือมอเตอร์ปั๊มทริป ระบบทั้งหมดจะหยุดการทำงานทันที และแจ้งเหตุการณ์ผิดปกติดังกล่าว (command fault) ไปยังเครือข่ายของพีแอลซี และสามารถแก้ปัญหา (reset fault) โดยการกดปุ่มหยุดการทำงาน (stop button) หรือรับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบจะเริ่มทำงานใหม่เมื่อมีการกดปุ่มเริ่มทำงาน

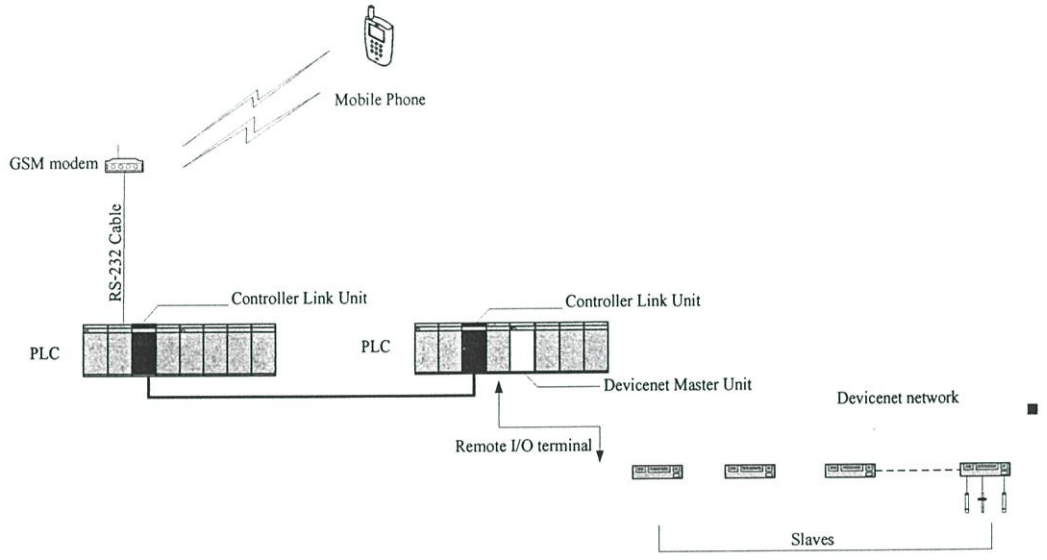


รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานเทียบกับเวลาของเงื่อนไขการควบคุมควบคุมระดับของเหลวในถัง

3.3.2. กำหนดโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซี

จากวัตถุประสงค์ในการควบคุมกระบวนการทำงานของระบบ ผู้ออกแบบจะนำข้อมูลที่ได้มากำหนดโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีรวมไปถึงอุปกรณ์สำหรับควบคุมระบบ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบคือจำนวนสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตของระบบ [10] เมื่อเรารู้ถึงจำนวนสัญญาณ

ดังกล่าวก็จะสามารถเลือกพีแอลซีรุ่นที่เหมาะแก่การใช้งานตามจำนวนสัญญาณได้ และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงต่อมาคือระยะทางในการติดต่อสื่อสาร เมื่อเป็นการควบคุมอุปกรณ์ในระยะใกล้ก็สามารถเดินสายสัญญาณจากอุปกรณ์หน้างานแต่ละตัวมายังพีแอลซีได้เลย ในกรณีต้องการควบคุมอุปกรณ์จำนวนมากและอยู่ในระยะทางไกลๆ ปัจจุบันนิยมออกแบบเป็นระบบควบคุมของเครือข่ายพีแอลซีเพราะลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ [7]-[8] และเมื่อมีการสื่อสารในระยะทางไกลๆ เราจำเป็นต้องหาอุปกรณ์สำหรับช่วยในการติดต่อสื่อสาร จากพีแอลซีจากจุดหนึ่งไปยังพีแอลซีอีกจุดหนึ่ง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำโมเด็มจีเอสเอ็มมาเป็นตัวช่วยสำหรับการติดต่อสื่อสารรวมทั้งควบคุมระบบดังกล่าว รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานกับโมเด็มจีเอสเอ็มสำหรับระบบการควบคุมระดับของเหลวในถัง



รูปที่ 3.6 การออกแบบโครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานกับโมเด็มจีเอสเอ็มสำหรับควบคุมระดับของเหลวในถัง

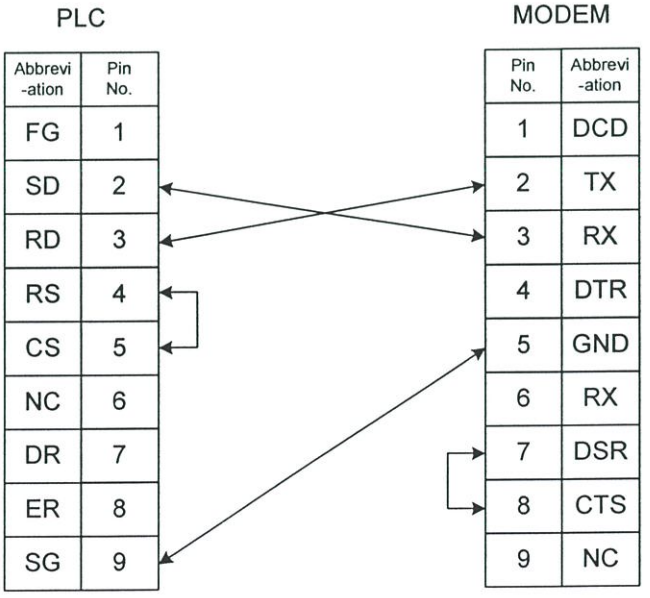
3.3.3. อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

การกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเครือข่ายพีแอลซีที่ได้ออกแบบแสดงดังตารางที่ 3.1 ไว้เนื่องจากระบบที่ออกแบบเป็นโครงสร้างของเครือข่ายพีแอลซี ดังนั้นพีแอลซีที่ใช้ต้องประกอบไปด้วยการ์ดคอนโทรลเลอร์ลิ้งค์จะใช้สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับพีแอลซี ส่วนการ์ดดีไวซ์เนทมาสเตอร์และดีไวซ์เนทสเลฟจะใช้สำหรับสั่งงานและตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตในระบบ และควรคำนึงถึงวิธีการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกที่จะนำมาต่อใช้งานร่วมกับเครือข่ายพีแอลซี

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

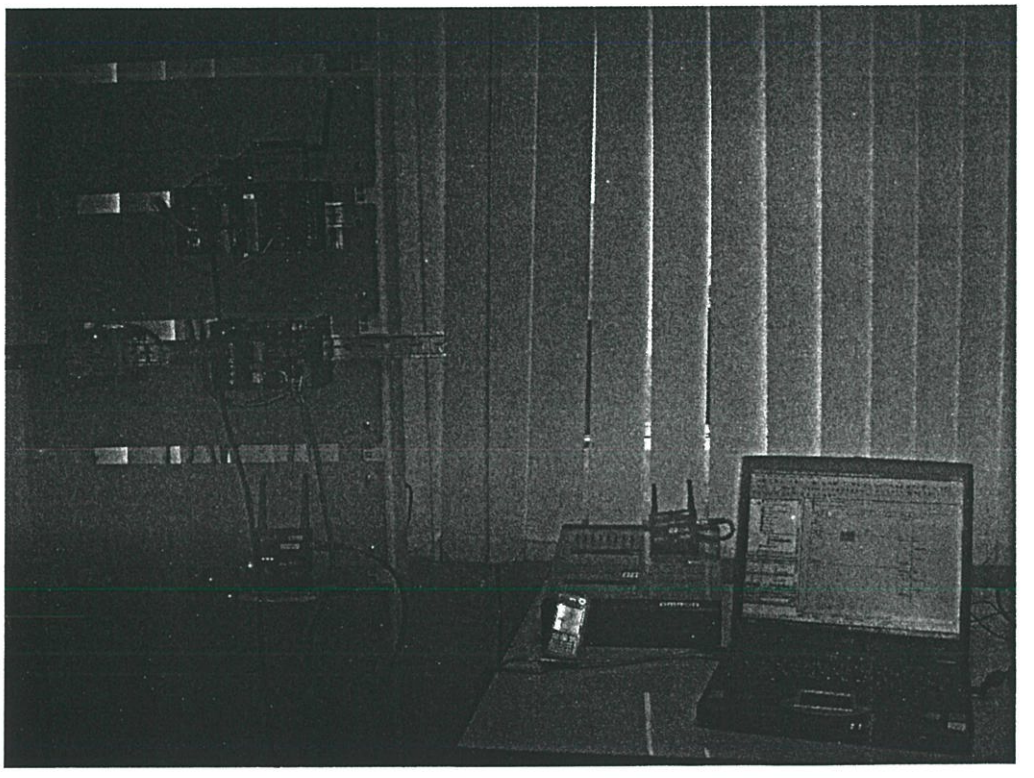
ลำดับที่	รายการ	จำนวน (ตัว)
1	พีแอลซี	2
2	การ์ดคอนโทรลเลอร์ลิ้งค์	2
3	การ์ดดีไวซ์เนทมาสเตอร์	1
5	การ์ดดีไวซ์เนทสเลฟ	2
6	โมเด็มจีเอสเอ็ม	4
7	ซิมการ์ดโทรศัพท์เคลื่อนที่	1
8	โทรศัพท์เคลื่อนที่	1
9	สาย RS-232	1
10	เซนต์เซอร์	5
11	หลอดไฟ	2

จากรายการอุปกรณ์ในตารางที่ 3.1 ได้นำโมเด็มจีเอสเอ็มมาต่อใช้งานร่วมกับเครือข่ายพีแอลซี จากโครงสร้างของโมเด็มจะมีข้อกำหนดจากบริษัทผู้ผลิตให้สามารถติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ต RS-232 ดังนั้นจึงกำหนดให้สื่อสารกับเครือข่ายพีแอลซีโดยใช้พอร์ต RS-232 และวิธีการต่อสายของโมเด็มจีเอสเอ็มและพีแอลซีผ่านพอร์ต RS-232C สามารถดูได้จากคู่มือการใช้งานของโมเด็มจีเอสเอ็ม และคู่มือการใช้งานของพีแอลซี [15]-[10] ซึ่งวิธีการต่อสายระหว่างพีแอลซีกับโมเด็มจีเอสเอ็มแสดงดังในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อสายระหว่างพีแอลซีกับโมเด็มจีเอสเอ็มโดยใช้พอร์ต RS-232

เมื่อนำอุปกรณ์จากตารางที่ 3.2 มาประกอบใช้งานร่วมกันสำหรับใช้ในการทดลองภายในห้องปฏิบัติการดังในรูปที่ 3.8 ได้แก่ชุดจำลองระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายพีแอลซีติดต่อสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มผ่านพอร์ต RS-232 เพื่อทดลองการทำงานชุดจำลองของระบบควบคุมระดับของเหลวในถัง



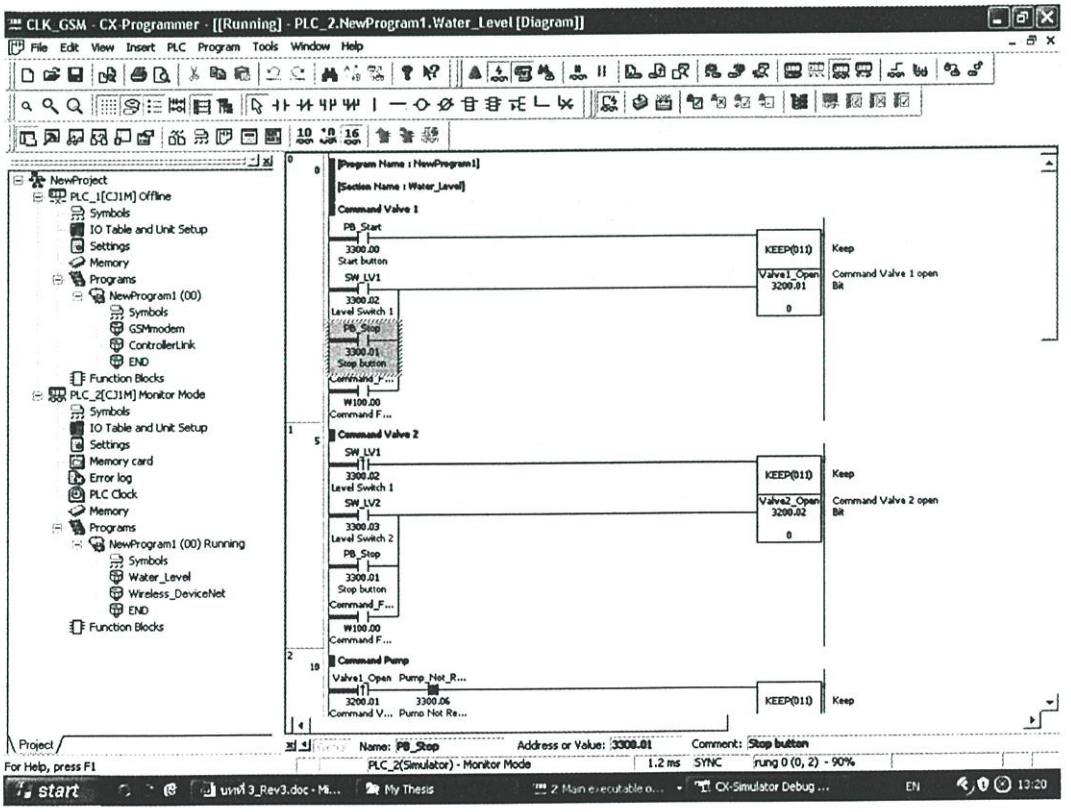
รูปที่ 3.8 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบจำลองควบคุมระดับของเหลวในถัง

3.3.4. โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

จากเงื่อนไขระบบควบคุมระดับของเหลวในถัง ผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถกำหนดการทำงานของสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตดังแสดงในตารางที่ 3.2 ตารางดังกล่าวจะนำไปเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานให้ตรงตามเงื่อนไขของระบบ เมื่อเตรียมอุปกรณ์และกำหนดเงื่อนไขการควบคุมระบบแล้ว เราจะนำเงื่อนไขดังกล่าวมาเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ให้กับพีแอลซี โดยใช้โปรแกรม CX สำหรับเขียนแลดเดอร์ให้พีแอลซีดังแสดงในรูปที่ 3.9 [13] เนื่องจากในการจำลองระบบควบคุมระดับของเหลวในถังใช้พีแอลซีสองตัวทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับพีแอลซีโดยอาศัยการ์ดคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นพีแอลซีตัวแรกจะเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ใช้ในระบบโดยอาศัยการ์ดดีไวซ์เนทมาสเตอร์และดีไวซ์เนทสเลฟเพื่อควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าว ส่วนพีแอลซีตัวที่สองจะทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้ส่งไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านโมเด็มจีเอสเอ็ม

ตารางที่ 3.2 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซี

TAG.NAME	TYPE	ADDRESS	COMMENT
pump_run	bool	3200.00	command pump run
valve1_open	bool	3200.01	command valve 1 open
valve2_open	bool	3200.02	command valve 2 open
lamp	bool	3200.03	lamp full
pb_start	bool	3300.00	start button
pb_stop	bool	3300.01	stop button
sw_v1	bool	3300.02	level switch 1
sw_v2	bool	3300.03	level switch 2
valve_1_open	bool	3300.04	valve 1 open
valve_1_open	bool	3300.05	valve 2 open
pump_not_ready	bool	3300.06	pump not ready
motor_trip	bool	3300.07	motor pump trip



รูปที่ 3.9 การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

เนื่องจากรูปแบบที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารหรือโปรโตคอล ระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์ภายนอกสามารถทำได้โดยผ่านพอร์ต RS-232 หรือ RS-485/RS-422 [14] จะมีวิธีการติดต่อสื่อสารอยู่สองแบบได้แก่ การสื่อสารแบบไม่มีโปรโตคอล (no-protocol) ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์มาตรฐานทั่วไป สามารถติดต่อผ่านพอร์ต RS-232 โดยไม่ต้องมีรูปแบบในการติดต่อสื่อสารเพียงแต่ใช้คำสั่ง TXD, RXD ของพีแอลซีในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RS-232 [11] แบบที่สองคือการสื่อสารแบบกำหนดรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายๆ กับการสื่อสารแบบไม่มีรูปแบบเพียงแต่มีลักษณะเฟรมของคำสั่งตามบริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละบริษัทอาจมีโปรโตคอลไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต และการสื่อสารดังกล่าวสามารถใช้คำสั่ง PMCR บนโปรแกรมแลดเดอร์ในการเรียกใช้โปรโตคอลที่ถูกบรรจุไว้ในการ์ดการติดต่อสื่อสารของพีแอลซี

รูปแบบการติดต่อสื่อสารของโมเด็มจีเอสเอ็มจะเป็นแบบไม่มีโปรโตคอล โดยใช้คำสั่ง AT สำหรับติดต่อสื่อสารกับพีแอลซี รูปที่ 3.10 แสดงคำสั่งโปรโตคอลสำหรับรับและส่งข้อความไปยังโมเด็มจีเอสเอ็มผ่านพีแอลซี การรับและส่งคำสั่งโปรโตคอลใช้คำสั่งพิเศษของพีแอลซีในการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ต RS-232 ได้แก่คำสั่ง TXD (transmit), RXD (received) ข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำของพีแอลซีในรูปแบบของรหัสแอสกี้ (ASCII) โดยหน่วยความจำ 2 ไบต์สามารถเก็บตัวอักษรแอสกี้ได้สองตัวอักษร คำสั่ง TXD จะใช้สำหรับให้พีแอลซีสื่อสารไปยังอุปกรณ์ภายนอก และคำสั่ง RXD ใช้สำหรับให้รับค่าจากอุปกรณ์ภายนอกมาเก็บภายในหน่วยความจำของพีแอลซี ตารางที่ 3.3 แสดงรูปแบบการส่งคำสั่ง AT และการตอบสนองกลับของโมเด็มจีเอสเอ็มที่ใช้สำหรับสื่อสารกับพีแอลซี

รูปแบบคำสั่งที่ส่งไปยังโมเด็มจีเอสเอ็ม (send command)

2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์
AT	+C	MG	S=	08	12	34	56	78	<CR>

2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์
TE	ST	<Ctrl-Z>

รูปแบบคำสั่งที่ส่งกลับมาจากโมเด็มจีเอสเอ็ม (response command)

2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์	2 ไบต์
CM	GS	<mr>	OK

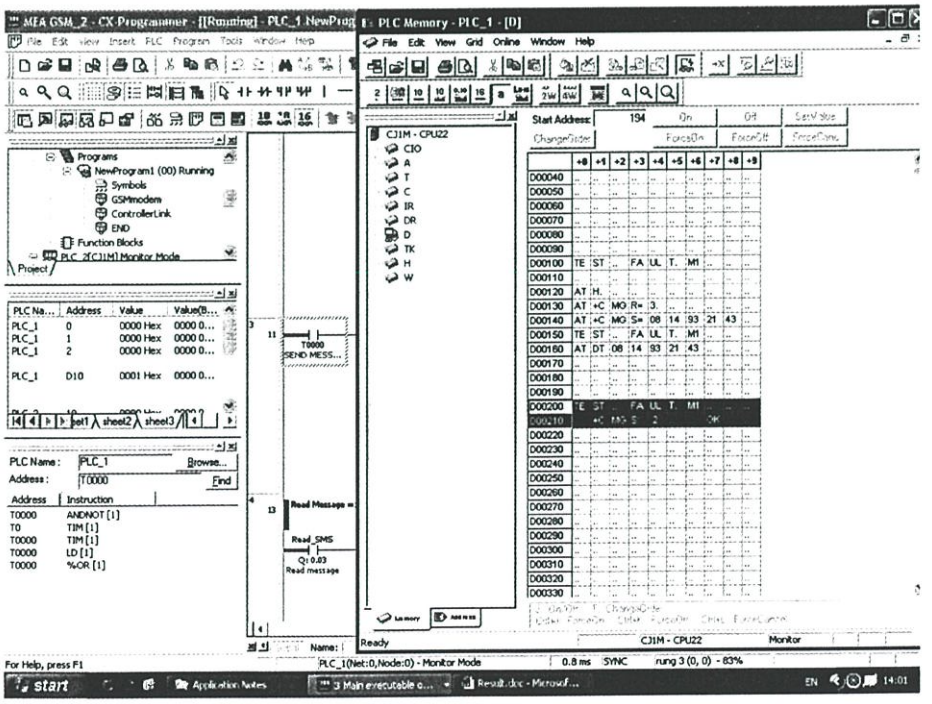
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างโปรโตคอลสำหรับการรับและส่งคำสั่งไปยังโมเด็มจีเอสเอ็ม

ตารางที่ 3.3 รูปแบบของคำสั่ง AT และการตอบสนองกลับของโมเด็มจีเอสเอ็ม

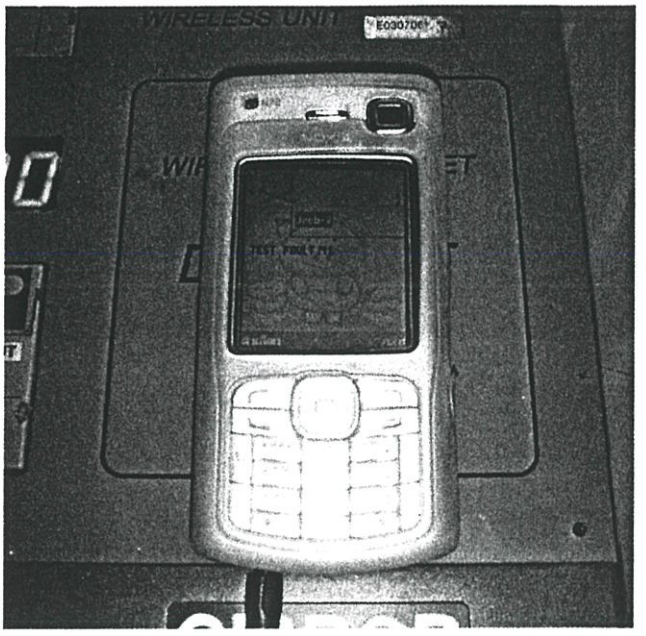
คำสั่ง	รายละเอียด	การตอบสนองกลับ
AT+CMGS = 01xxxxxxx <CR> Please call me soon. <ctrl-Z>	ส่งข้อความ	+CMGS: <mr> OK
AT+CMGR = 1	อ่านข้อความ	+CMGR:"REC UNREAD" , "0812345678","98/10/01,18:22:11+00", <CR><LF> Please call me soon.OK

3.3.5. ผลการทดลอง

เมื่อเตรียมอุปกรณ์และโปรแกรมที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ดาวน์โหลดโปรแกรมแลดเดอร์ไปยังเครือข่ายพีแอลซี และทดสอบการทำงานว่าเป็นไปตามเงื่อนไขการควบคุมหรือไม่ รูปที่ 3.11 โปรแกรม CX แสดงผลการทดลองเมื่อพีแอลซีส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น ได้แก่ มอเตอร์ทริปหรือมอเตอร์ไม่พร้อมใช้งาน พีแอลซีตัวแรกจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณแจ้งเหตุการณ์ผิดปกติไปยังพีแอลซีอีกตัวหนึ่งโดยผ่านพื้นที่หน่วยความจำของระบบคอนโทรลเลอร์ และพีแอลซีตัวที่สองจะนำข้อมูลที่ได้ส่งไปให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยผ่านโมเด็มจีเอสเอ็ม รูปที่ 3.12 แสดงผลลัพธ์เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อความจากพีแอลซี

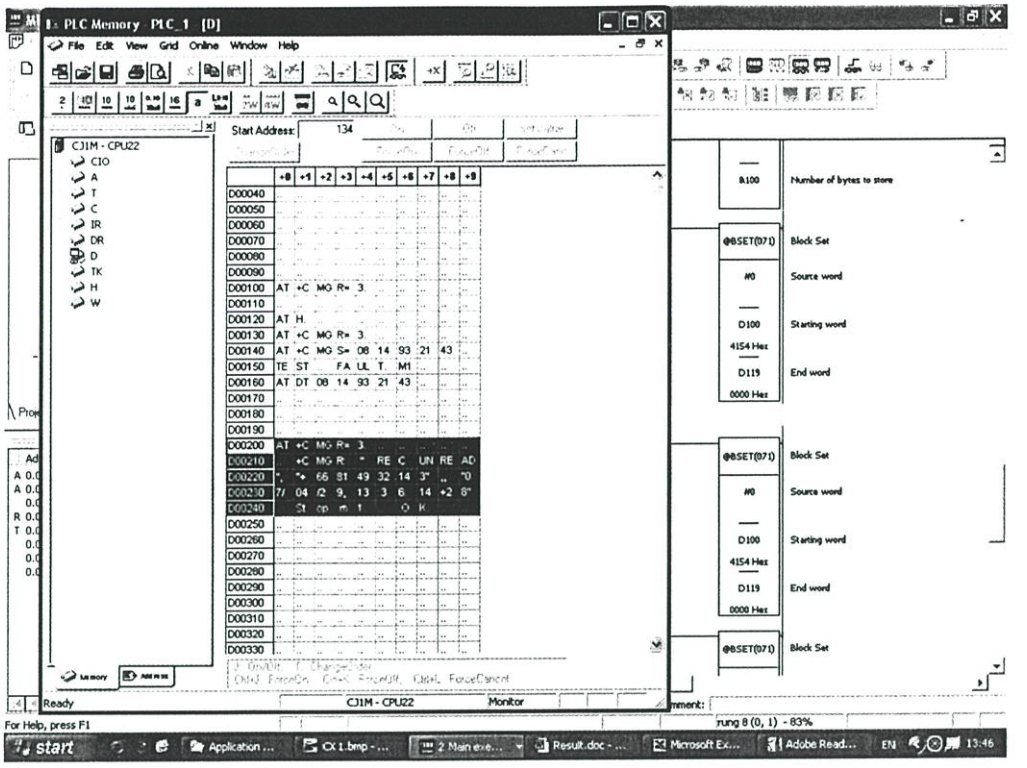


รูปที่ 3.11 โปรแกรมแสดงผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

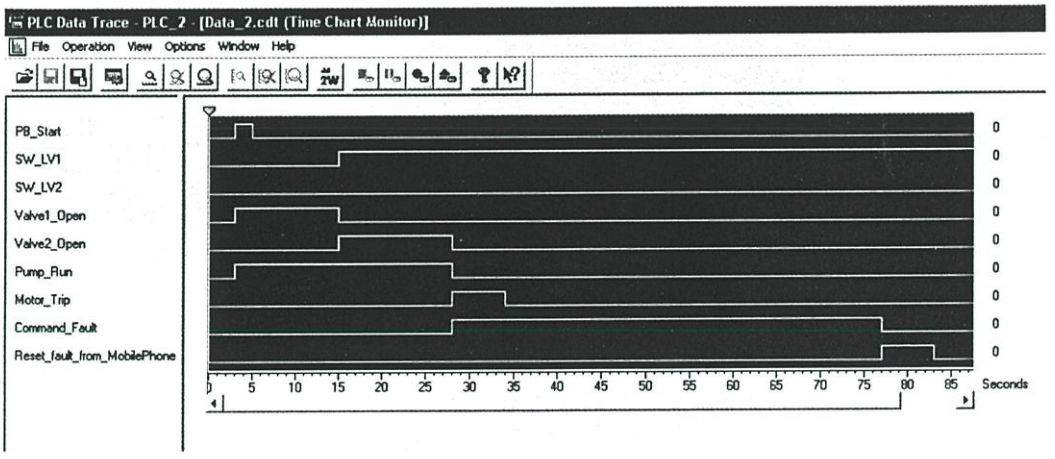


รูปที่ 3.12 ผลลัพธ์เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อความจากพีแอลซี

การแก้ไขเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบสามารถทำได้สองวิธีคือผู้ควบคุมระบบสามารถกดปุ่มหยุดการทำงานที่ระบบควบคุม หรือส่งข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ระบบจะสามารถกลับมาทำงานได้ตามปกติ และจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อมีการกดปุ่มเริ่มทำงาน รูปที่ 3.13 แสดงผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ และรูปที่ 3.14 แสดงโปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์จแสดงการทำงานของระบบ เมื่อมีเหตุการณ์มอเตอร์ทริปเกิดขึ้นและพีแอลซีได้ส่งแจ้งเตือนเหตุการณ์ดังกล่าวในลักษณะการส่งข้อความออกไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ควบคุมโดยอาศัยโมเด็มจีเอสเอ็มเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารการรับส่งข้อมูลของระบบ เมื่อผู้ควบคุมได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้วยังสามารถส่งข้อความกลับมายังเครือข่ายพีแอลซีเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ จากการทดลองการทำงานของระบบควบคุมระดับของเหลวในถังแบบอัตโนมัติที่ถูกออกแบบโดยใช้เครื่อข่ายพีแอลซี ปรากฏว่าสามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยโมเด็มจีเอสเอ็ม เมื่อเกิดกรณีผิดพลาดในระบบสามารถแจ้งเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยการส่งข้อความมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่มายังเครือข่ายพีแอลซี



รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 3.14 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์จแสดงการทำงานของระบบ

3.4 สรุป

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทำให้ผู้ควบคุมสามารถรู้สภาวะของระบบได้ทุกเมื่อ รวมทั้งสามารถแก้ไขปัญหาโดยการสั่งงานควบคุมระบบผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ไม่ซับซ้อนและสามารถนำมาใช้งานได้จริงเหมาะสำหรับการควบคุมในระยะไกล

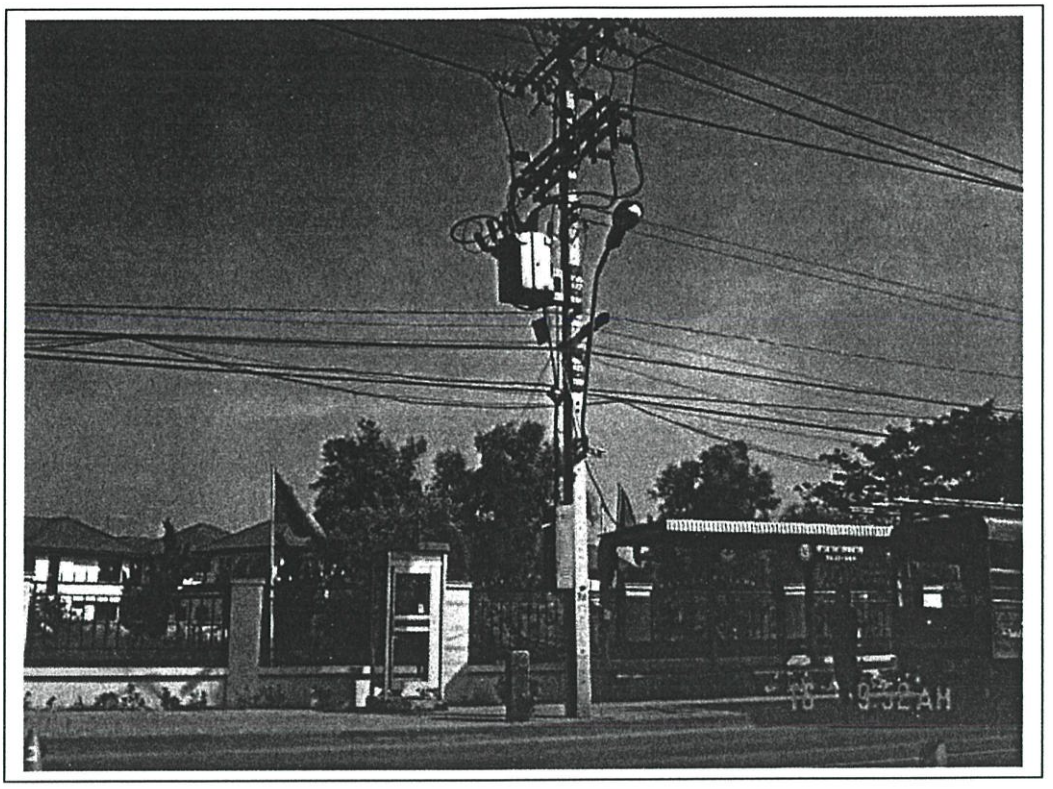
บทที่ 4
การประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟของการไฟฟ้านครหลวง

4.1 กล่าวนำ

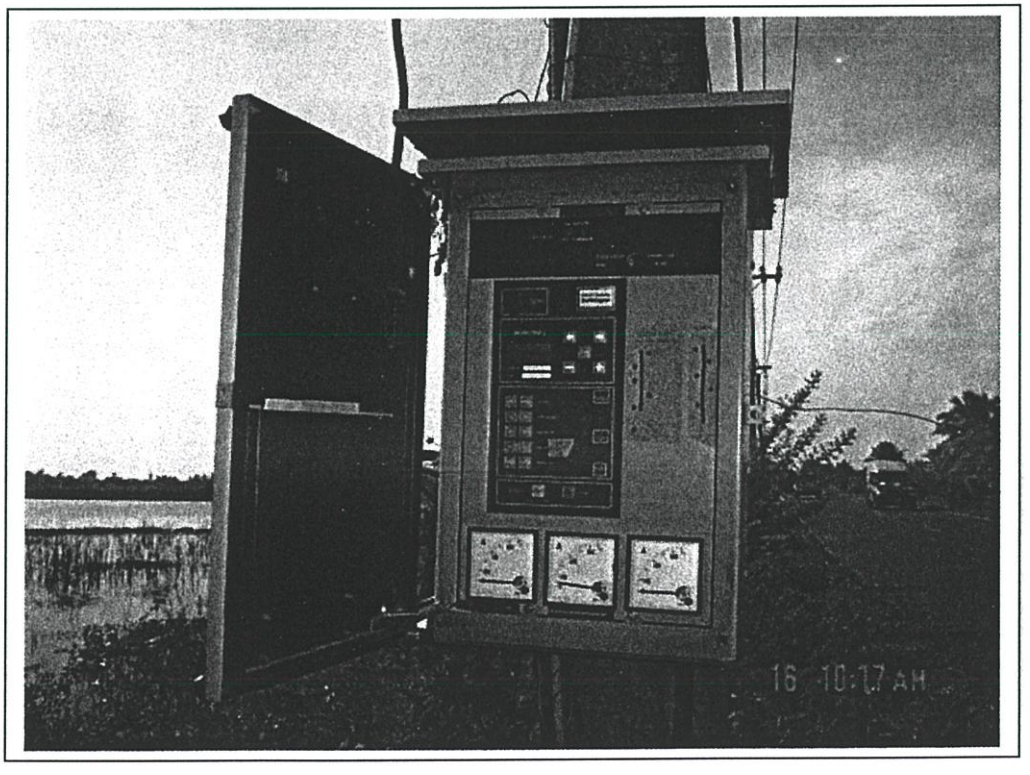
ในบทนี้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายของพีแอลซีผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผลการทดลองดังกล่าวได้ทดลองในห้องปฏิบัติการและได้รับความร่วมมือจากการไฟฟ้านครหลวงเขตวัดเลียบในการประยุกต์ใช้กับแผงจำลองการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง และจากบทที่ 3 เราใช้เครือข่ายของพีแอลซีติดต่อสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มเพียงตัวเดียว แต่การทดลองในบทนี้จะนำมิเตอร์แบบมอดบัสมาต่อเพิ่มเข้าไปในระบบ เพื่อใช้สำหรับวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าของระบบดังกล่าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้โปรโตคอลมอดบัสและพอร์ต RS-232 ในการติดต่อสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับมิเตอร์ดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [17]

4.2 ระบบควบคุมการตรวจสอบความผิดพลาดของการจ่ายไฟ

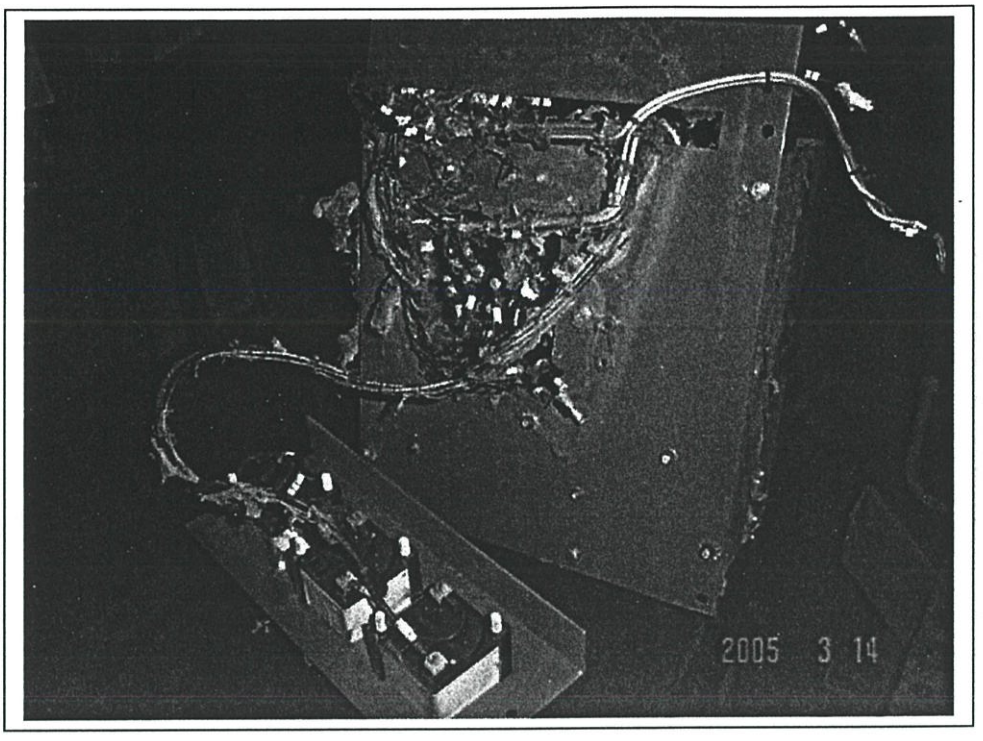
การไฟฟ้านครหลวงเขตวัดเลียบมีแนวคิดพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟตามเสาไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 โดยพบปัญหาว่าอุปกรณ์เดิมที่ใช้งานอยู่มีความยุ่งยากในการบำรุงรักษา เนื่องจากชุดควบคุมแบบเดิมเป็นแผงควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งได้ถูกออกแบบมาจากบริษัทผู้ผลิต และได้ใช้งานชุดดังกล่าวมาเป็นเวลานานจนหาอะไหล่สำหรับซ่อมแซมได้ยาก จึงมีแนวคิดนำพีแอลซีมาใช้แทนระบบแบบเดิม เนื่องจากพีแอลซีเป็นที่รู้จักใช้งานกันอย่างแพร่หลายและต้องการให้มีการพัฒนาให้สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ เนื่องจากเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติขึ้นในระบบทำให้ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ใช้งานและผู้ผลิต จึงต้องการให้มีการแจ้งเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นรวมทั้งสามารถแก้ไขเหตุการณ์เบื้องต้นได้ในระยะทางไกล เนื่องจากการติดตั้งเสาไฟฟ้าในบางพื้นที่อาจอยู่ห่างไกลจากฝ่ายบำรุงรักษา หรืออยู่ในที่กันดารอีกทั้งยังมีโอกาสเสียหายได้ทุกเมื่อหากเกิดกรณีมีลมพายุ และในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการแข่งขันทางด้านการตลาดทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ และมีการขยายเครือข่ายการให้บริการ เราจึงนำประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารดังกล่าวมาใช้งานร่วมกับเครือข่ายพีแอลซีเพื่อพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ



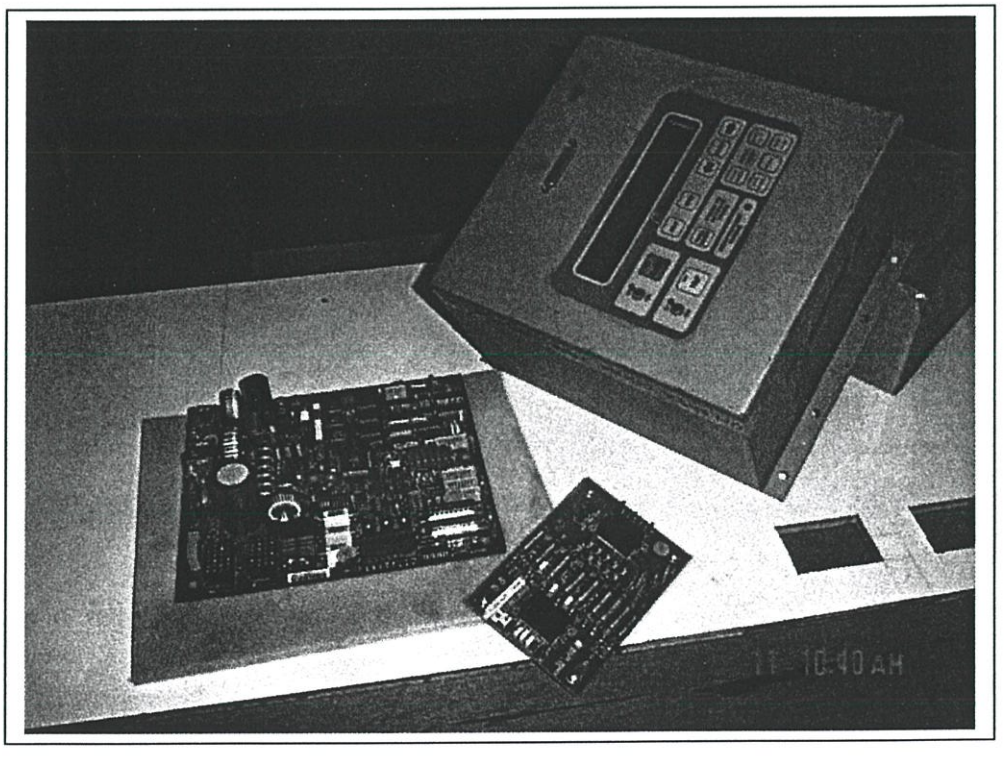
รูปที่ 4.1 การจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 ตู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า



รูปที่ 4.3 การชำรุดของตู้ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 แผงควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าตามเสาไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์

4.2.1 วัตถุประสงค์ของระบบ

1. พัฒนาเครือข่ายพีแอลซี ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

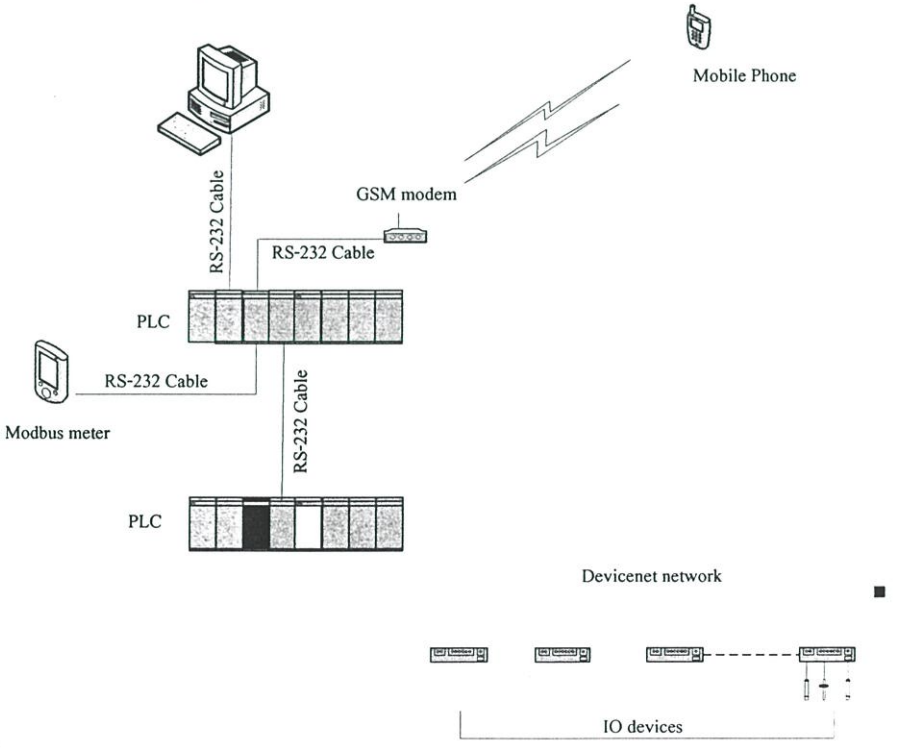
2. เนื่องจากการสื่อสารระยะไกล ในปัจจุบันยังนิยมใช้คู่สายโทรศัพท์ ดังนั้นจึงต้องการนำโทรศัพท์เคลื่อนที่มาใช้แทนระบบดังกล่าว เพื่อลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ

3. กรณีเกิดเหตุการณ์ค่ากระแสไฟฟ้าเกินจากค่ามาตรฐาน สามารถรายงานผลให้ผู้ควบคุมรับรู้สภาวะได้ เช่น กรณีจุดเกิดเหตุอยู่ในถิ่นกันดารการสื่อสารอาจล่าช้า กรณีฝนตก หรือกรณีอยู่ในยานพาหนะ ผู้ควบคุมสามารถรับรู้สภาวะได้ทุกเมื่อ

4. เนื่องจากระบบเดิมมีข้อจำกัดเรื่องระยะทาง และเวลาในการเข้าไปแก้ไขตรวจสอบการทำงานของระบบดังนั้น ถ้าสามารถพัฒนาระบบดังกล่าวได้ก็สามารถประยุกต์ใช้ควบคุมการแสดงผลและสั่งงานในระยะไกล

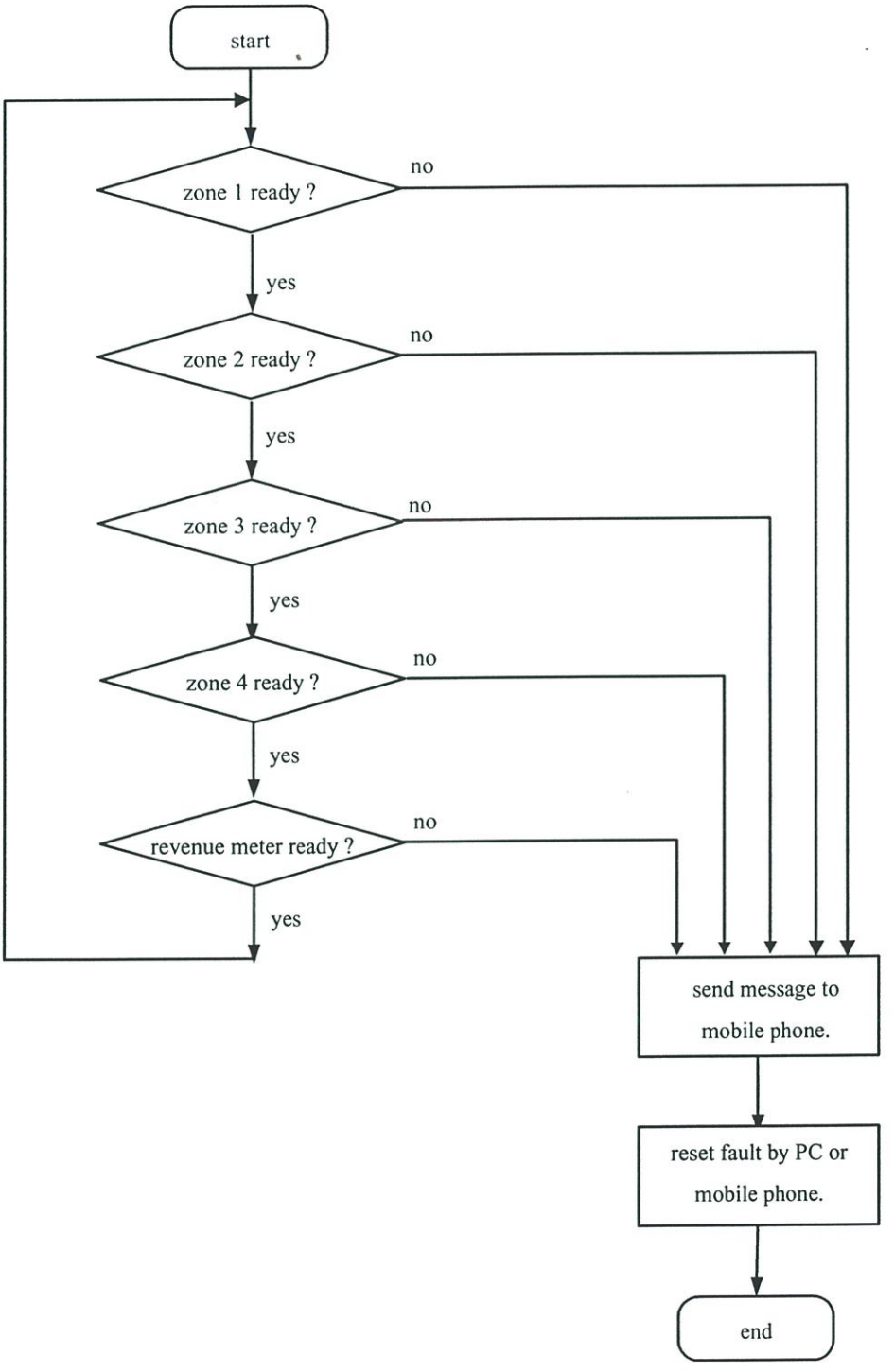
4.2.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ

ผลการทดลองที่นำเสนอ ได้นำเครือข่ายของพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็ม โดยใช้พอร์ต RS-232 ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง [16] และใช้ชุดคำสั่งมาตรฐานที่เรียกว่าคำสั่ง AT ในการสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มเพื่อรับส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ และอาศัยการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ในการควบคุมการตรวจสอบความผิดพลาดของการจ่ายไฟ โครงสร้างดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างเครือข่ายพีแอลซีของระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า

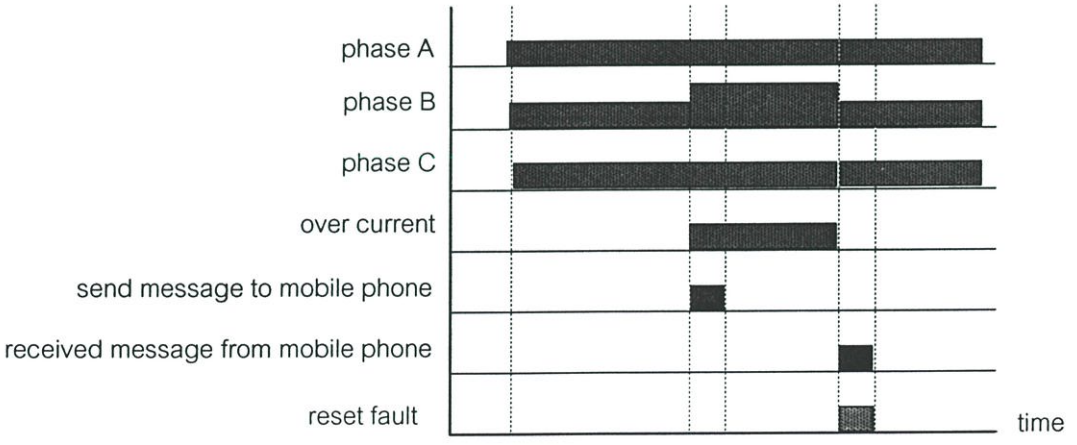
เงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าดังแสดงดังในรูปที่ 4.6 มีรายละเอียดการควบคุมแบบอัตโนมัติดังนี้



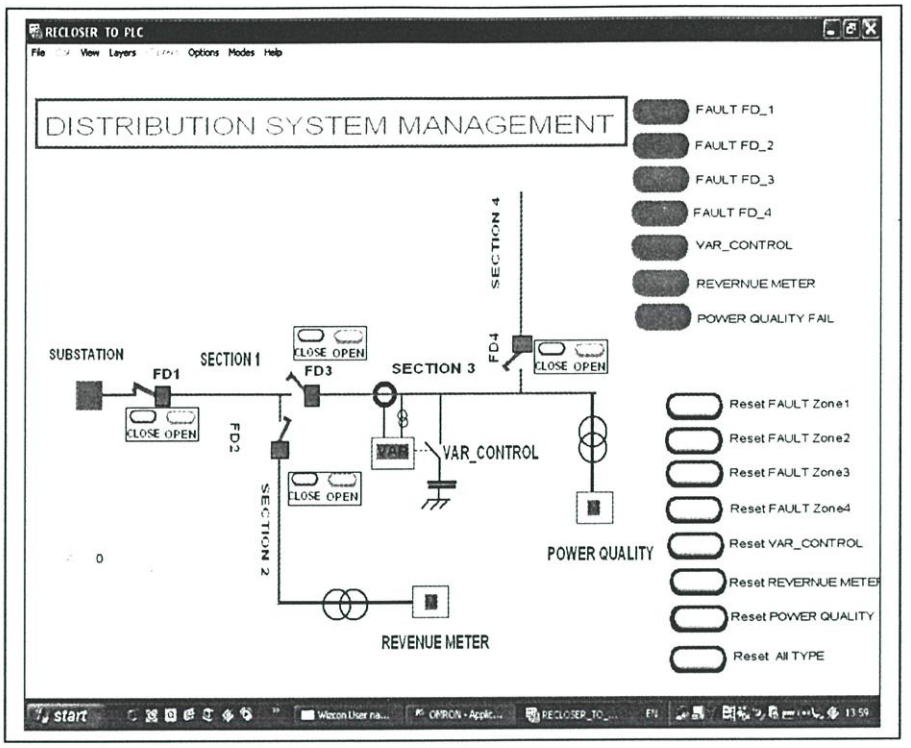
รูปที่ 4.6 เงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า

- เมื่อสั่งให้ระบบเริ่มทำงาน (start) พีแอลซีตัวที่ถูกต่ออยู่กับแผงควบคุมทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมสั่งงานอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตในระบบ โดยสามารถแบ่งการตรวจสอบออกได้เป็น 5 จุด โดยจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 4 จะตรวจสอบว่าสถานีย่อยของแต่ละจุด (zone) มีเหตุการณ์ผิดปกติ (fault detection, FD) หรือไม่ ส่วนจุดตรวจสอบจุดที่ 5 (revenue meter ready) ใช้สำหรับตรวจสอบว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์แบบมอดบัสมีค่ากระแสอยู่ในระดับมาตรฐานหรือไม่ ถ้าหากมีเหตุการณ์ผิดปกติดังกล่าวให้แจ้งไปยังพีแอลซีตัวที่ต่ออยู่กับโมเด็มจีเอสเอ็มเพื่อส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

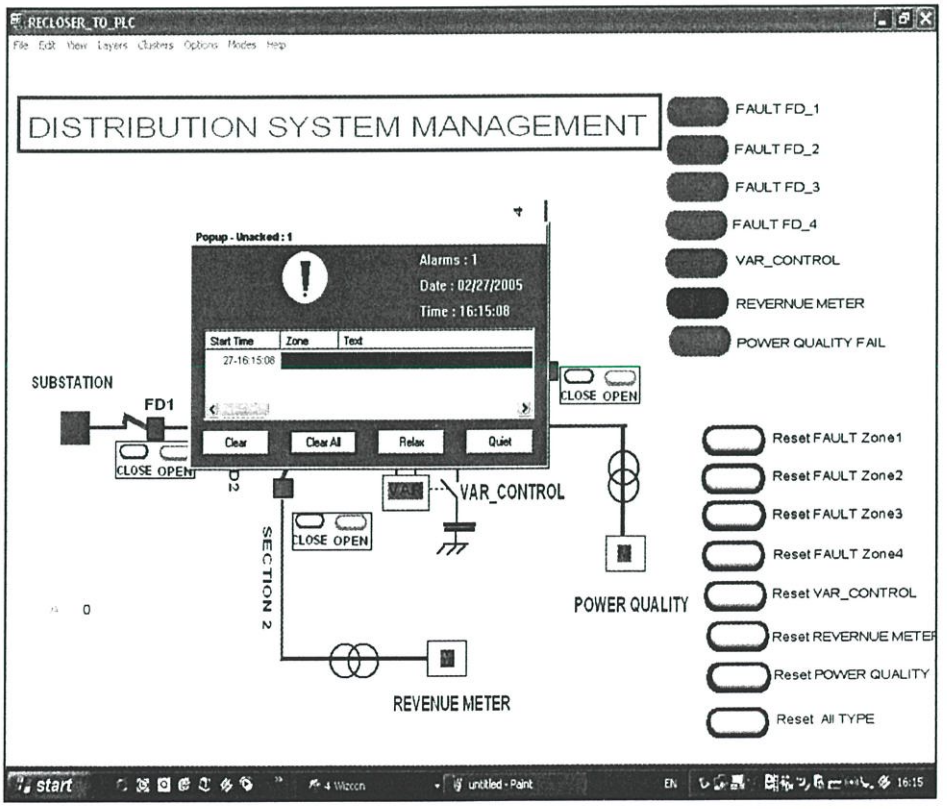
- กรณีอยู่ในสภาวะปกติจะตรวจเช็คระบบตลอดเวลา เมื่อเกิดปัญหาขึ้นต้องมีการแจ้งให้ผู้ควบคุมทราบ รูปที่ 4.7 แสดงแผนผังการทำงานเทียบกับเวลาของเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยสามารถดูสภาวะการทำงานของระบบได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์หรือจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ กรณีใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงผลโดยใช้โปรแกรมสกาดาร์ (Scada) เป็นโปรแกรมที่จะใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารกับพีแอลซีเพื่อแสดงสถานะ ควบคุมและสั่งงานระบบ ในรูปที่ 4.8 แสดงโปรแกรมสกาดาร์ที่จะใช้สำหรับแผงจำลองของระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบ กรณีอยู่ในสภาวะปกติหลอดไฟในแต่ละจุดจะแสดงเป็นสีเขียว เมื่อตรวจสอบว่ามีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นหลอดเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงและมีข้อความแจ้งปัญหาที่เกิดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งส่งข้อความดังกล่าวไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถแก้ไขปัญหาได้สองวิธีได้แก่การกดปุ่มรีเซทความผิดปกติที่เกิดขึ้น (reset fault zone 1) บนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.9 หรือสามารถสั่งรีเซทโดยการส่งข้อความมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 4.7 แผนผังการทำงานเทียบกับเวลาตามเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.8 ผังจำลองระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า



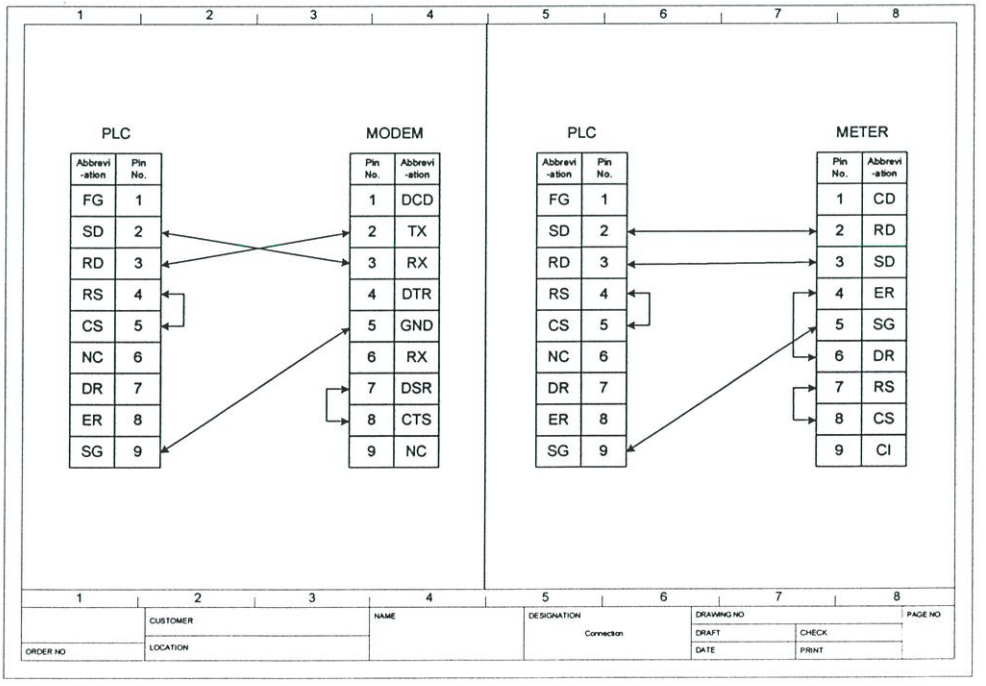
รูปที่ 4.9 เหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในระบบ

4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคืออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เช่น พีแอลซี สายสัญญาณหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นต้น ส่วนที่สองคือโปรแกรมที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ให้กับพีแอลซีดังแสดงในตารางที่ 4.1 และเนื่องจากระบบที่ได้พัฒนาและนำเสนอมีการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องข่ายพีแอลซีกับโมเด็มจีเอสเอ็ม และมิเตอร์แบบมอดบัสดังนั้นต้องมีการเตรียมสาย RS-232 สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.10

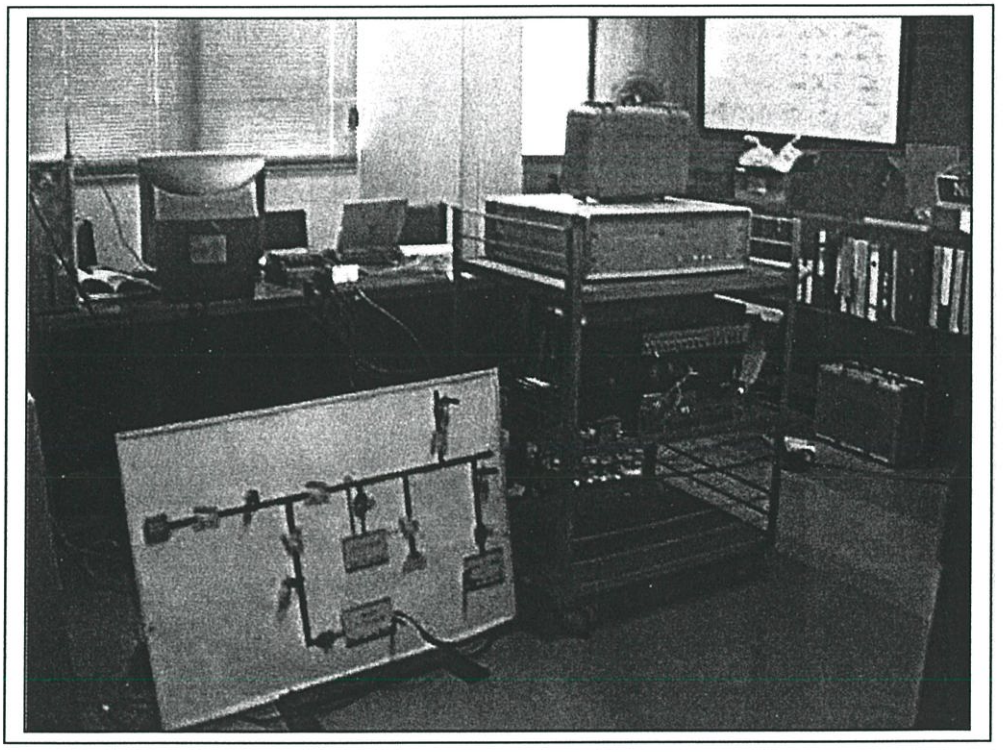
ตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	พีแอลซี	2
2	โมเด็มจีเอสเอ็ม	1
3	ซิมการ์ดโทรศัพท์เคลื่อนที่	2
4	โทรศัพท์เคลื่อนที่	1
5	สาย RS-232	3
6	คอมพิวเตอร์	1
7	โปรแกรม CX	1
8	มิเตอร์แบบมอดบัส	1

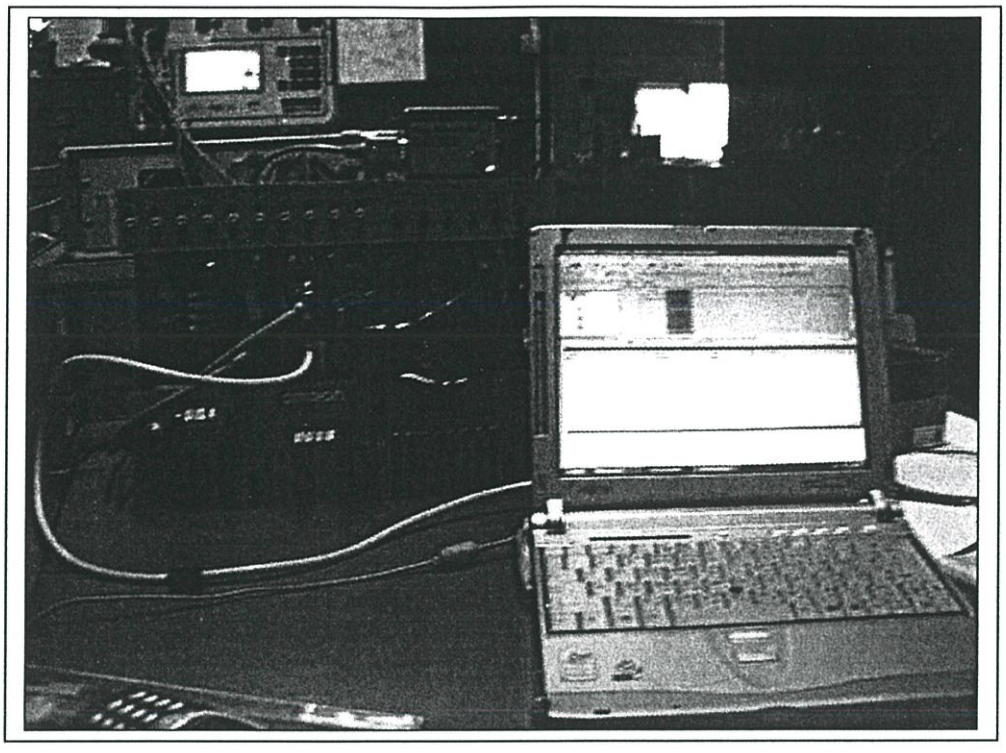


รูปที่ 4.10 การเดินสายสัญญาณ RS-232 ระหว่างพีแอลซี โมเด็มจีเอสเอ็ม และมิเตอร์แบบมอดบัส

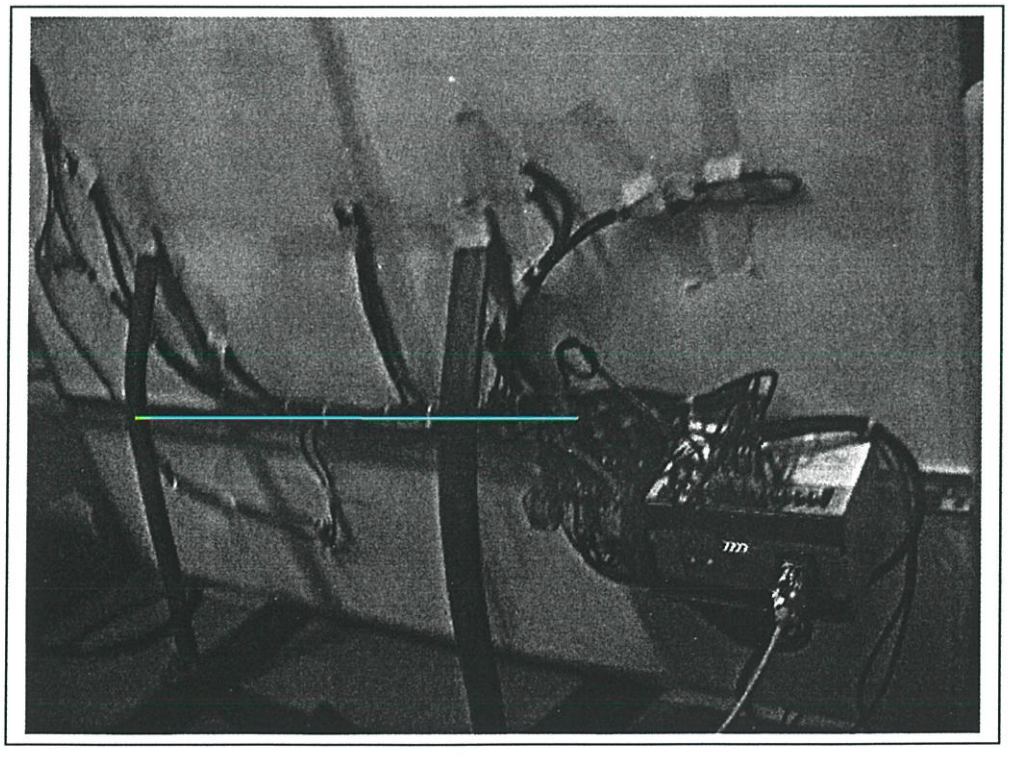
จากรายการอุปกรณ์ในตารางที่ 4.1 สามารถนำมาประกอบเป็นแผงจำลองการทำงานของระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4.11 ภายในระบบประกอบด้วยเครือข่ายพีแอลซีจำนวนสองตัว พีแอลซีตัวที่แรกถูกต่ออยู่กับมิเตอร์แบบมอดบัสและโมเด็มจีเอสเอ็ม ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลที่ได้จากพีแอลซีส่งออกไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ส่วนพีแอลซีตัวที่สองถูกต่ออยู่กับแผงจำลองระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ถูกต่ออยู่ในระบบ เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นจะแจ้งเหตุการณ์ดังกล่าวไปยังพีแอลซีตัวที่สองดังแสดงในรูปที่ 4.13 และมิเตอร์แบบมอดบัสทำหน้าที่สำหรับใช้วัดค่าแรงดันและกระแสไฟสามเฟสในระบบดังแสดงในรูปที่ 4.14



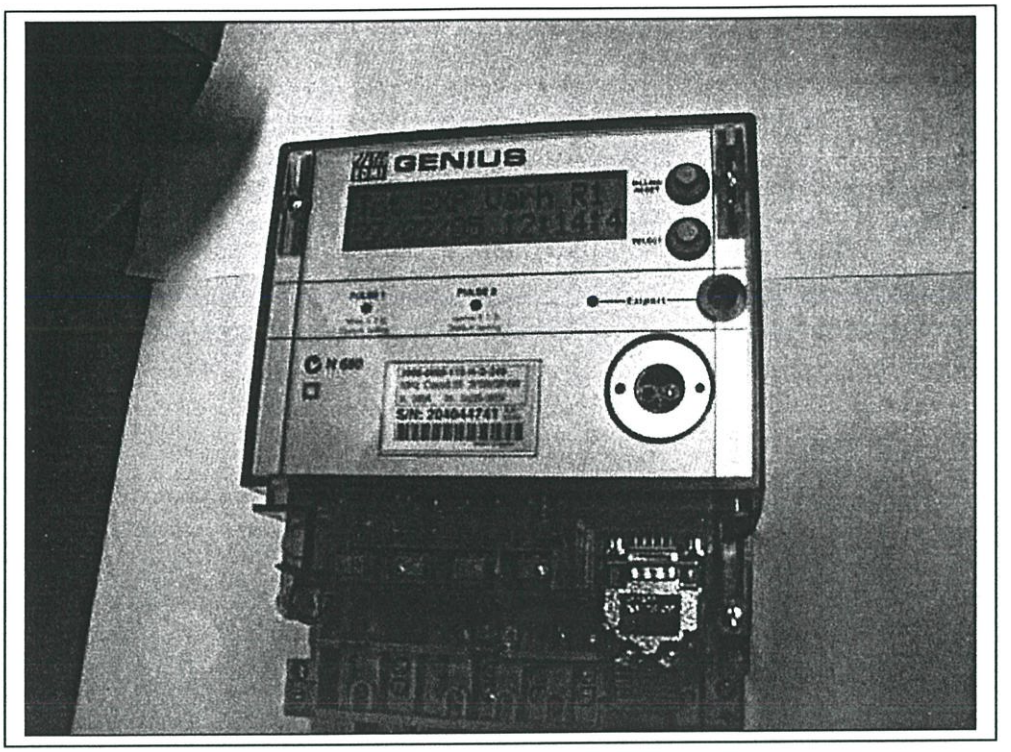
รูปที่ 4.11 ระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.12 พีแอลซีตัวแรกถูกต่อร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบ



รูปที่ 4.13 พีแอลซีตัวที่สองถูกต่อร่วมกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ใช้ในระบบ



รูปที่ 4.14 มิเตอร์แบบมอดบัสที่ใช้ในระบบ

4.2.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

จากเงื่อนไขการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า สามารถกำหนดการทำงานของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวมาสเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 แสดงรายการกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวสเลฟสามารถเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ควบคุมการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 4.14

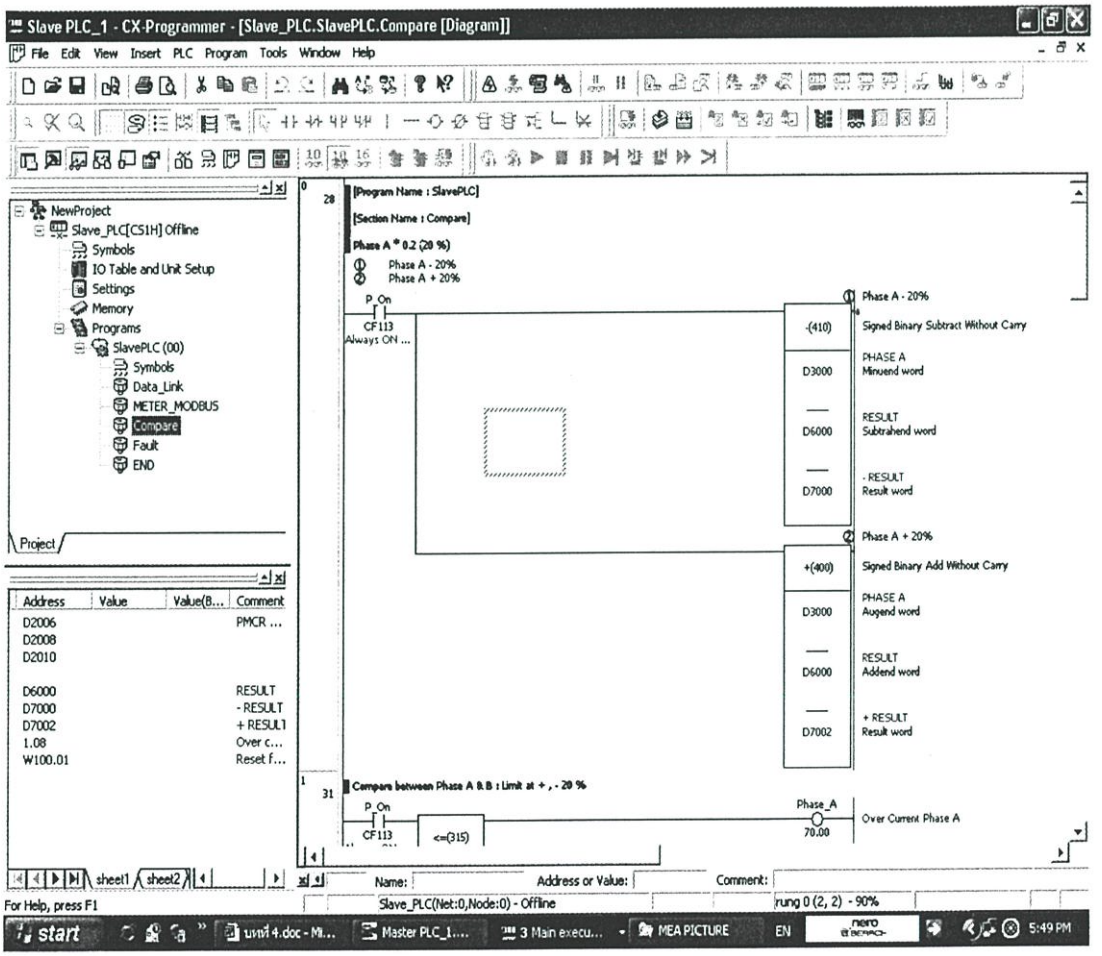
ตารางที่ 4.2 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวมาสเตอร์

TAG.NAME	TYPE	ADDRESS	COMMENT
ATH ready	bool	00.00	ATH ready
Call	bool	00.01	call
send_message	bool	00.02	send message
read_message	bool	00.03	read message
reset	bool	00.07	reset
received_GSM_modem	bool	1.00	received GSM modem
over_current_SMS	bool	1.08	over current SMS

ตารางที่ 4.3 การกำหนดสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตสำหรับพีแอลซีตัวสเลฟ

TAG.NAME	TYPE	ADDRESS	COMMENT
phase_A	bool	70.00	over current phase A
phase_B	bool	70.01	over current phase B
phase_C	bool	70.02	over current phase C
q_fault_1	bool	3200.00	fault zone 1
q_fault_2	bool	3200.01	fault zone 2
q_fault_3	bool	3200.02	fault zone 3
q_fault_4	bool	3200.03	fault zone 4
q_fault_Var	bool	3200.04	fault var control
over_current	bool	3200.05	fault revernue meter
q_power_fail	bool	3200.06	power quality fail
fault_1	bool	3300.00	fault zone 1
fault_2	bool	3300.01	fault zone 2
fault_3	bool	3300.02	fault zone 3
fault_4	bool	3300.03	fault zone 4
fault_var	bool	3300.04	fault var control
fault_revernue	bool	3300.05	fault revernue meter
power_fail	bool	3300.06	power quality fail
reset_fault_1	bool	3300.00	reset fault zone 1
reset_fault_2	bool	3300.01	reset fault zone 2
reset_fault_3	bool	3300.02	reset fault zone 3
reset_fault_4	bool	3300.03	reset fault zone 4
reset_fault_Var	bool	3300.04	reset fault var control
reset_fault_revernue	bool	3300.05	reset fault revernue meter
reset_power_fail	bool	3300.06	reset power quality fail

เมื่อเตรียมอุปกรณ์และกำหนดเงื่อนไขการควบคุมระบบแล้ว เราได้นำเงื่อนไขดังกล่าวมาเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบให้กับพีแอลซี ในที่นี้จะใช้โปรแกรม CX สำหรับเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ให้กับพีแอลซี [13] เนื่องจากในการจำลองระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าใช้พีแอลซีสองตัวทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับพีแอลซีโดยอาศัยพอร์ต RS-232 ดังนั้นพีแอลซีตัวสเลฟจะเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมและตรวจสอบควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตที่ใช้ในระบบ ส่วนพีแอลซีตัวมาสเตอร์ทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้ส่งไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยผ่านโมเด็มจีเอสเอ็ม และเปรียบเทียบค่ากระแสที่วัดได้จากมิเตอร์แบบมอดบัสว่ามีค่าถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ รูปที่ 4.15 แสดงการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมระบบตามเงื่อนไขของระบบที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.15 การเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

เนื่องจากระบบตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นำเครือข่ายของพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ได้แก่ โมเด็มจีเอสเอ็มและมิเตอร์แบบมอดบัส ดังนั้น

จึงจำเป็นต้องเขียนโปรโตคอลสำหรับสื่อสารกับอุปกรณ์ดังกล่าวผ่านพอร์ต RS-232 โดยโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโมเด็มจีเอสเอ็มจะใช้คำสั่ง AT และได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ได้ถูกกำหนดจากบริษัทผู้ผลิตให้ใช้โปรโตคอลแบบมอดบัส [17] ซึ่งเป็นรูปแบบการติดต่อสื่อสารชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในระบบควบคุมอัตโนมัติ ด้วยโครงสร้างที่ได้รับการออกแบบให้ใช้งานง่าย สามารถนำไปใช้กับระบบรับส่งข้อมูลได้หลายประเภท เช่น ระบบรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม หรือเครือข่ายแบบแลน รูปที่ 4.16 แสดงรูปแบบเฟรมข้อมูลของมิเตอร์แบบมอดบัส

1 ไบต์	1 ไบต์	1 ไบต์	0-252 ไบต์	1 ไบต์
Start	Address	Function	Data	CRC

รูปที่ 4.16 รูปแบบเฟรมข้อมูลของมิเตอร์แบบมอดบัส

Start หมายถึงรหัสเริ่มต้นของเฟรมข้อมูลที่จะส่งไป Address หมายถึงหมายเลขโหนดตัวลูกของมิเตอร์มอดบัสที่ต้องการติดต่อสื่อสาร ในระบบสามารถมีมิเตอร์ที่เป็นกำหนดให้เป็นโหนดตัวลูกได้ถึง 247 ตัว Function หมายถึงหมายเลขคำสั่งที่ส่งไปยังมิเตอร์ใช้สำหรับกำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไปยังหน่วยความจำของมิเตอร์ Data หมายถึงพื้นที่ที่ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลของมิเตอร์ CRC หมายถึงรหัสคำสั่งที่แสดงการจบของเฟรมข้อมูลที่ส่งไป ในรูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างโปรโตคอลสำหรับการรับและส่งคำสั่งของมิเตอร์แบบมอดบัส

รูปแบบคำสั่งที่ส่งไปยังมิเตอร์แบบมอดบัส

1 ไบต์	1 ไบต์	1 ไบต์	0-252 ไบต์		1 ไบต์
STX	01	03	9000	02	CRC

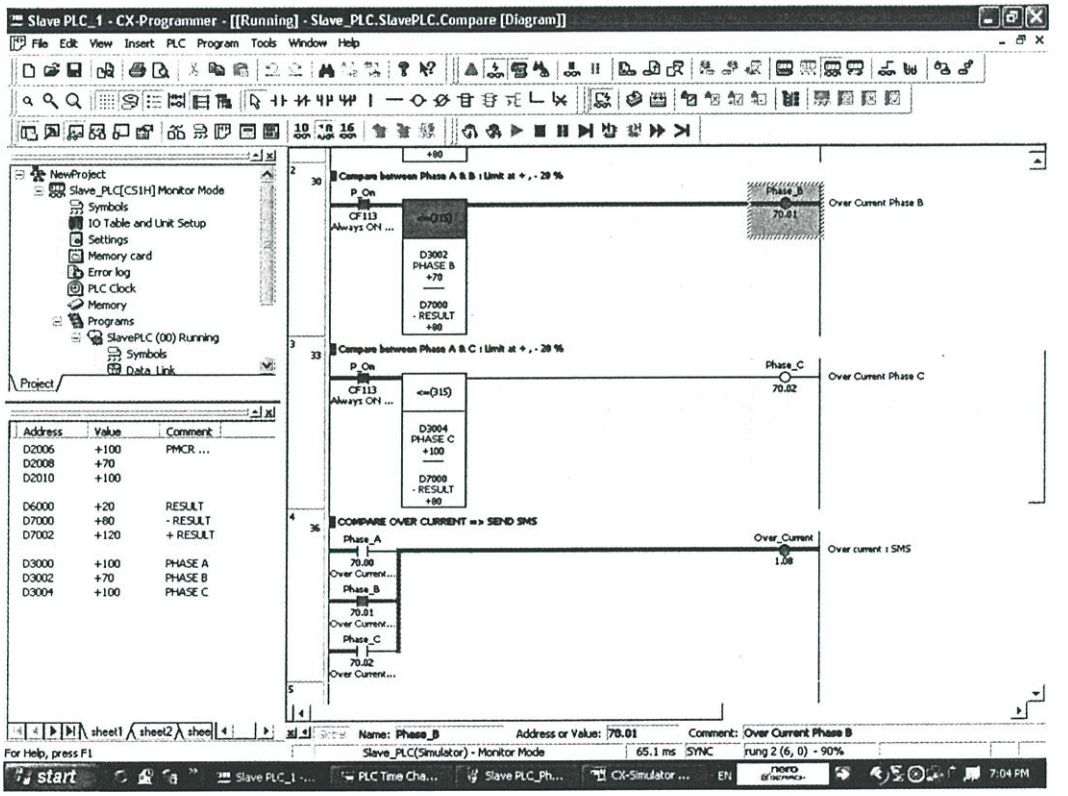
รูปแบบคำสั่งที่ส่งกลับมาจากมิเตอร์แบบมอดบัส

1 ไบต์	1 ไบต์	1 ไบต์	0-252 ไบต์		1 ไบต์
STX	01	03	1111	2222	CRC

รูปที่ 4.17 ตัวอย่างโปรโตคอลสำหรับการรับส่งของมิเตอร์แบบมอดบัส

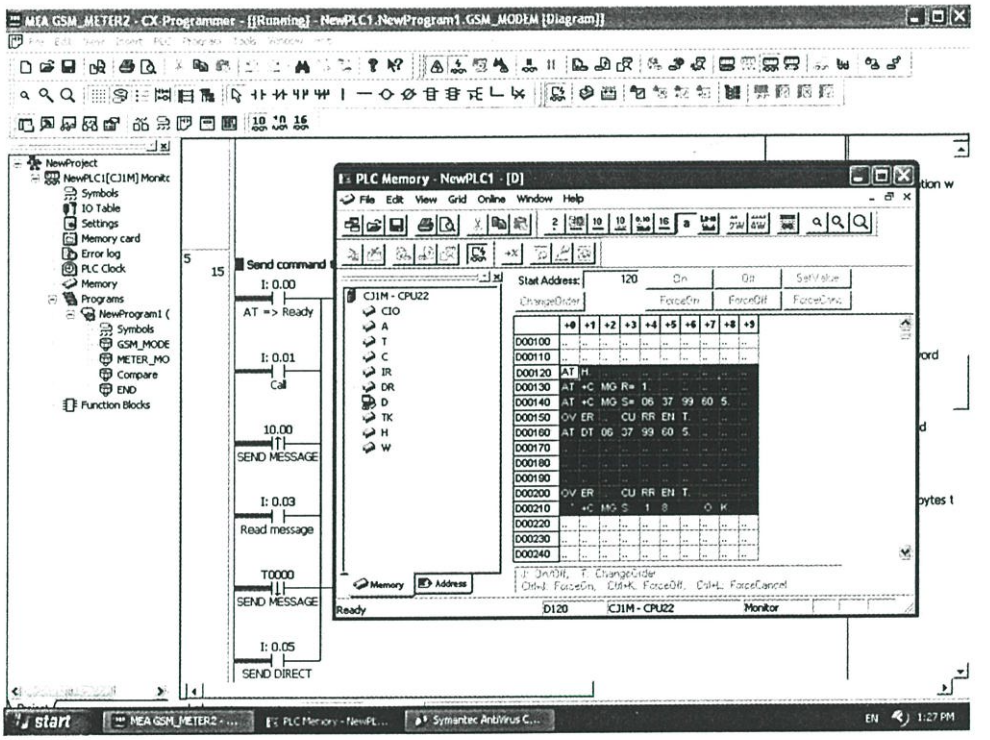
4.3 ผลการทดลอง

การทดลองได้นำเครือข่ายพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มและมิเตอร์ โดยใช้พอร์ต RS-232 ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งสามพีแอลซีทำหน้าที่รับค่าจากมิเตอร์โดยใช้โปรโตคอลมอดบัส ซึ่งสามารถวัดค่าต่างๆ ของระบบไฟฟ้าแบบสามเฟส เช่น ค่ากระแสหรือแรงดัน แล้วนำมาเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดได้กับค่ามาตรฐาน โดยกระแสไฟควรมีค่าอยู่ในช่วง 400 A. สามารถมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$20 % หลังจากนั้นหากเกิดกรณีกระแสขาดหรือเกินจากค่ามาตรฐานพีแอลซีจะส่งคำสั่ง AT ไปยังโมเด็มจีเอสเอ็มเพื่อส่งข้อความให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ควบคุมระบบ เมื่อผู้ควบคุมทราบจุดเกิดเหตุรวมทั้งสภาวะกระแสไฟฟ้าที่ผิดปกติของระบบ ยังสามารถส่งข้อความกลับมาเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ในรูปที่ 4.18 แสดงโปรแกรมแลดเดอร์ของพีแอลซีตัวสเลฟเมื่อเกิดสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินจากค่ามาตรฐานและส่งสภาวะผิดปกติดังกล่าวไปยังพีแอลซีตัวมาสเตอร์

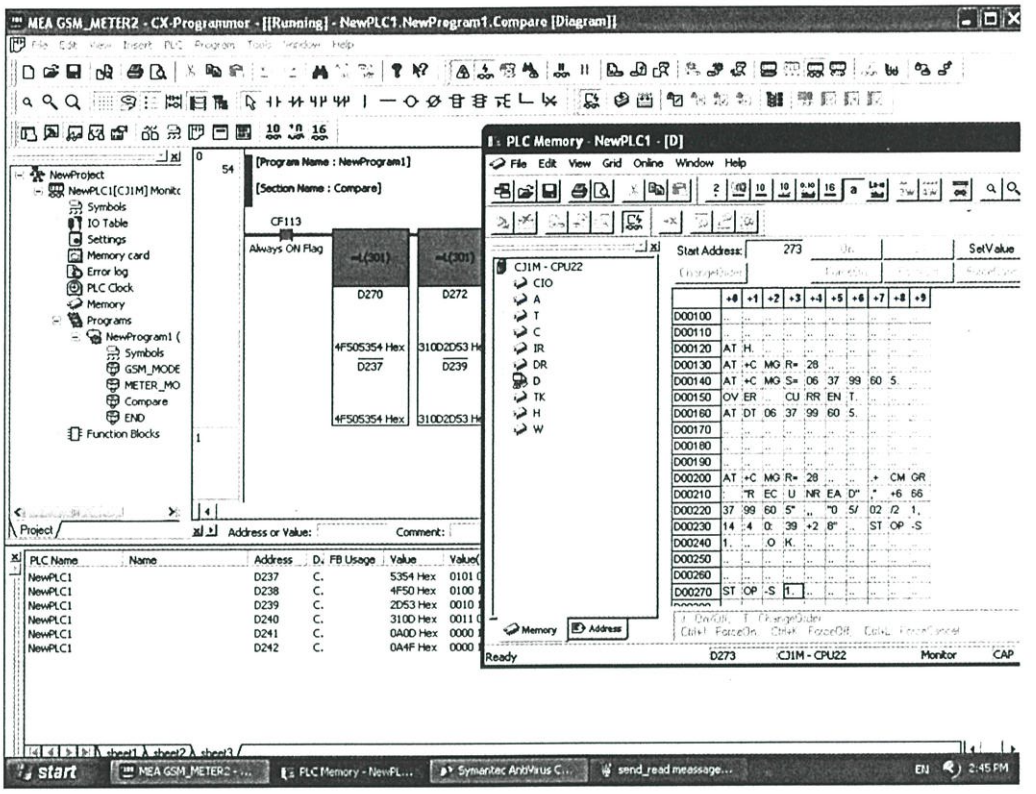


รูปที่ 4.18 โปรแกรมแลดเดอร์แสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินค่ามาตรฐาน

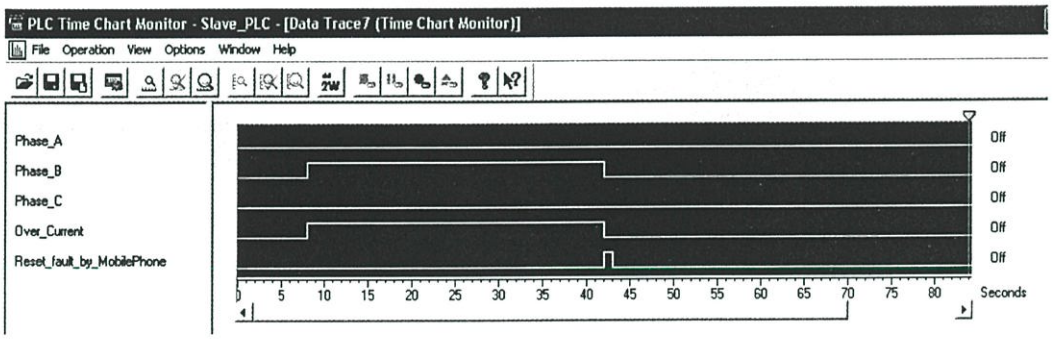
โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ของพีแอลซีตัวมาสเตอร์ส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่แจ้งเตือนว่ามีกระไฟฟ้าคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐานแสดงดังในรูปที่ 4.19 เมื่อผู้ควบคุมระบบได้รับข้อความดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิด โดยการส่งข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่มายังหมายเลขโทรศัพท์ของโมเด็มจีเอสเอ็ม เพื่อสั่งให้พีแอลซีรีเซตความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทำให้ระบบกลับมาใช้งานได้อย่างปกติ รูปที่ 4.20 โปรแกรม CX แสดงผลลัพธ์เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความเพื่อสั่งงานให้แก้ไขปัญหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ รูปที่ 4.21 แสดงโปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ท (PLC time chart) ใช้สำหรับดูสภาวะการทำงานของระบบ เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินค่ามาตรฐาน และได้รับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้พีแอลซีรีเซตความผิดปกติที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.19 โปรแกรมสำหรับแสดงผลเมื่อพีแอลซีส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

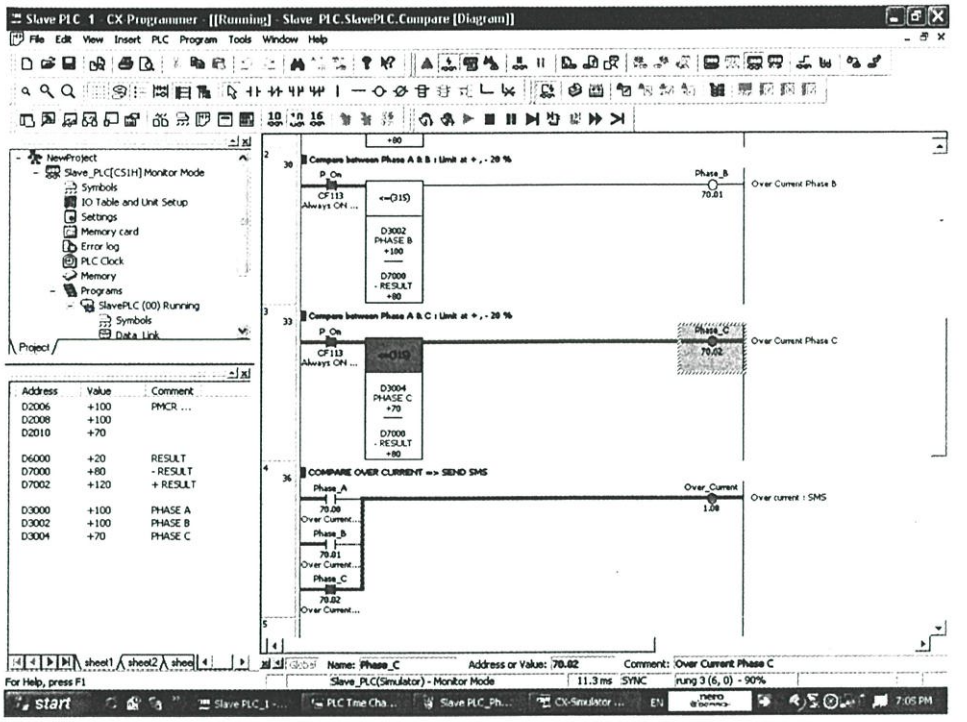


รูปที่ 4.20 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อพีแอลซีได้รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

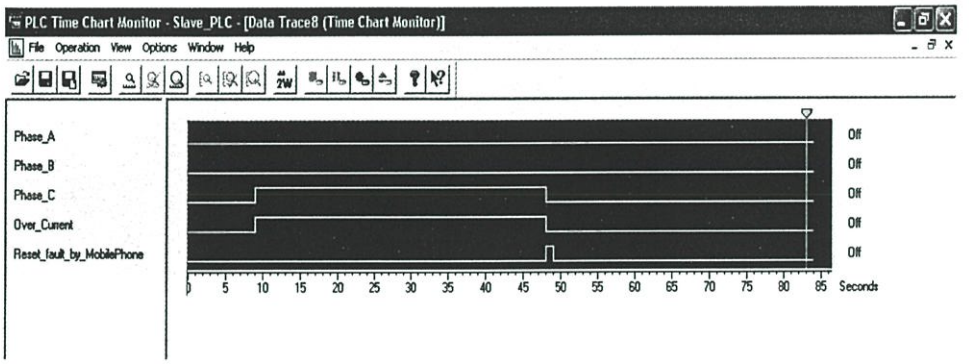


รูปที่ 4.21 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ทแสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสบีเกินค่ามาตรฐาน

โปรแกรมแลดเดอร์ของพีแอลซีตัวสเลฟ แสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินจากค่ามาตรฐาน และส่งสภาวะผิดปกติดังกล่าวไปยังพีแอลซีตัวมาสเตอร์แสดงดังในรูปที่ 4.22 ส่วนโปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ทแสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินค่ามาตรฐาน เมื่อได้รับคำสั่งจากพีแอลซีตัวมาสเตอร์ที่รับข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้รีเซตความผิดปกติที่เกิดขึ้นแสดงดังในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.22 โปรแกรมแลดเดอร์แสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินค่ามาตรฐาน



รูปที่ 4.23 โปรแกรมพีแอลซีไทม์ชาร์ทแสดงสภาวะกระแสไฟฟ้าเฟสซีเกินค่ามาตรฐาน

4.4 สรุป

ในบทนี้ได้นำเครือข่ายพีแอลซีที่สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ มาประยุกต์ใช้กับระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองปรากฏว่า ระบบดังกล่าวสามารถแจ้งเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านเครือข่ายพีแอลซีได้ และสามารถแก้ปัญหาโดยการส่งข้อความจากโทรศัพท์เคลื่อนที่มายังเครือข่ายพีแอลซีเพื่อสั่งงานควบคุมกระบวนการของระบบ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ควบคุมการแสดงผลและสั่งงานในระยะไกล

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

หลักการเดิมที่ใช้ในการแสดงผลหรือควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติในระยะไกลยังนิยมใช้ผ่านโมเด็มโดยอาศัยคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องระยะทาง และใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่คู่สายโทรศัพท์เข้าถึงได้เท่านั้น รวมทั้งมีความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ ปัจจุบันมีการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่กันอย่างแพร่หลายและมีการใช้เพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากความสะดวกสบายและเทคโนโลยีที่สูงขึ้นมีราคาถูกลงกว่าในอดีต รวมทั้งผู้ให้บริการยังมีการแข่งขันกันในเรื่องพื้นที่การให้บริการ เราจึงนำประโยชน์จากเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่มาประยุกต์ใช้งานในการรับส่งข้อมูลกับระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีเพื่อแจ้งเหตุหรือรายงานผลไปยังผู้ควบคุมระบบได้ในระยะทางไกล

จากหลักการดังกล่าวได้นำมาทดลองภายในห้องปฏิบัติการกับระบบควบคุมของเหลวในถัง ซึ่งถูกสร้างให้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายพีแอลซีเป็นตัวสั่งงานและตรวจสอบการทำงานของระบบ เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ อย่างเช่น มอเตอร์ไม่พร้อมใช้งานหรือมอเตอร์ทริปเป็นต้น พีแอลซีจะแจ้งเหตุการณ์ดังกล่าวไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ควบคุมโดยอาศัยโมเด็มจีเอสเอ็มเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างพีแอลซีและโทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อผู้ควบคุมได้รับข้อความดังกล่าวแล้วยังสามารถส่งข้อความกลับมายังเครือข่ายพีแอลซีเพื่อทำการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ จากผลลัพธ์ที่ได้จึงนำมาประยุกต์ใช้กับแผงจำลองระบบการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานของการไฟฟ้านครหลวงเขตวัดเลียบ นำเครือข่ายของพีแอลซีมาต่อใช้งานร่วมกับโมเด็มจีเอสเอ็มและมิเตอร์แบบมอดบัสโดยสื่อสารผ่านพอร์ต RS-232 พีแอลซีจะทำหน้าที่รับค่าจากมิเตอร์โดยใช้โปรโตคอลมอดบัส ซึ่งสามารถวัดค่าต่างๆ ของระบบไฟฟ้าแบบสามเฟส เช่น ค่ากระแสหรือแรงดัน แล้วนำมาเขียนโปรแกรมแลดเดอร์สำหรับเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐาน หากเกิดกรณีกระแสขาดหรือเกินจากค่ามาตรฐานพีแอลซีจะส่งคำสั่ง AT ไปยังโมเด็มจีเอสเอ็มเพื่อส่งข้อความให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากนั้นผู้ควบคุมยังสามารถควบคุมสั่งงานพีแอลซีได้ด้วยการส่งข้อความกลับมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของระบบดังกล่าวได้ ทำให้เหมาะสำหรับการรับส่งข้อมูลระยะไกล เทคนิคที่นำเสนอนี้เป็นวิธีที่ง่ายและไม่ยุ่งยากรวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

ข้อด้อยของการพัฒนาระบบที่นำเสนอจะเกิดในกรณี เครือข่ายการให้บริการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ขัดข้องหรือมีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้หรือไม่มีสัญญาณ เมื่อเครือข่ายพีแอลซีมีปัญหาเกิดขึ้นก็จะไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ต้องรอให้เครือข่ายใช้งานได้ปกติจึงจะสามารถติดต่อสื่อสารได้ อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้บริการหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ เป็นแนวทางการพัฒนาเครือข่ายพีแอลซีวิธีการหนึ่งเท่านั้นที่ช่วยในการปรับปรุงสมรรถนะของเครือข่ายพีแอลซีให้สามารถสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ แต่ก็ยังมีเทคนิควิธีการอื่นที่น่าสนใจและสามารถสามารถนำมาพัฒนาใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีใหม่ระบบสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น การติดต่อโดยใช้ระบบจีพีอาเอส (GPRS) หรือบลูธูท (bluetooth) ได้โดยใช้พื้นฐานการสื่อสารจากคำสั่ง AT ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรับส่งข้อมูล และยังสามารถเพิ่มจำนวนการรับส่งข้อมูลได้มากขึ้นอีกด้วย นอกจากนั้นสามารถนำระบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมแบบอัตโนมัติได้อย่างมากมาย เช่น การควบคุมปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน หรือใช้สำหรับเป็นระบบกันขโมยให้แจ้งวัน เวลา และตำแหน่งที่อยู่ของทรัพย์สินที่หายได้ โดยเงื่อนไขต่างๆ ต้องนำเอาเทคโนโลยีของเครือข่ายพีแอลซีและระบบสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่มาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน แล้วจึงกำหนดการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบให้เป็นไปตามต้องการ

เอกสารอ้างอิง

[1] ฝ่ายบริหารการตลาด. ม.ป.ป. **PLC Networking Training Manual.** กรุงเทพฯ : ออมรอน อีเล็กทรอนิกส์

[2] พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์. 2542. **ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ดวงกมล (2520)

[3] Wallace Lee. 2003. **Maestro 100 GSM GPRS Modem 900/1800 USER MANUAL.** Fargo Telecom

[4] Wavecom confidential. 2002. **AT Commands Interface Guide.** n.p. : Wavecom

[5] ธีรศิลป์ ทุมวิภาต. 2545. **เรียนรู้ PLC ขั้นต้นด้วยตัวเอง.** กรุงเทพฯ : เอช-เอน การพิมพ์

[6] Omron Corporation. 2001. **CS1W-ETN01/11 Ethernet Units Operation Manual.** n.p. : Omron

[7] Omron Corporation. 2001. **CS1W- CLK21 (Wired) Controller Link Units Operation Manual.** n.p. : Omron

[8] Omron Corporation. 2001. **CS1W-DRM21 DeviceNet Master Units Operation Manual.** n.p. : Omron

[9] สุพจน์ ปุณณชัยยะ. 2534. **MODEM.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ปิยกานต์ กราฟฟิก

[10] Omron Corporation. 2002. **SYSMAC CJ-series Built-in I/O CJ1M-CPU22/CPU23 CPU Unit Operation manual.** n.p. : Omron

[11] Omron Corporation, **SYSMAC CS/CJ-Series Programmable Controllers Instructions reference manual**, December 2003

[12] ฝ่ายบริหารการตลาด. ม.ป.ป. **การทดลองการประยุกต์ใช้งาน PLC.** กรุงเทพฯ : ออมรอน อีเล็กทรอนิกส์

[13] Omron Corporation. 2002. **WS02-CXPC1-EV3.0 CX-Programmer V3.0 User Manual.** n.p. : Omron

[14] Omron Corporation. 2001. **WS02-PSTC1-E CX-Protocol V1.2 Operation Manual.** n.p. : Omron

[15] Omron Corporation. 2002. **SYSMAC CS/CJ-Series Serial Communication Board and Serial Communication Unit Operation Manual.** n.p. : Omron

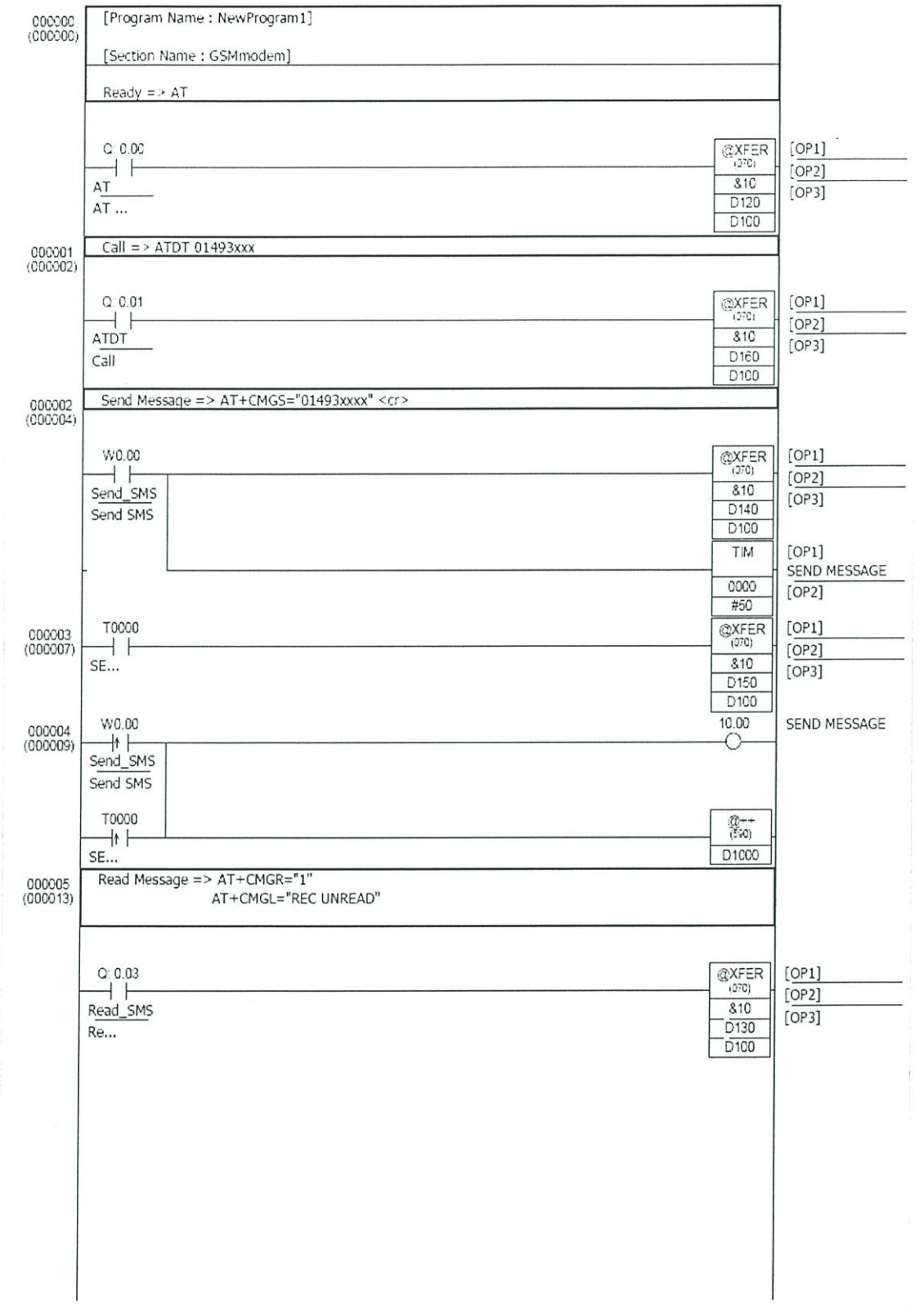
[16] Tasapark J. and Tangsrirat W. 2004. "Development of PLC networking for communication with mobile phones." 1221-1224. in ICCAS 2004. **International Conference on Control Automation and System**. Bangkok : n.p.

[17] ฝ่ายบริหารการตลาด. ม.ป.ป. **PLC and Meter Training Manual.** กรุงเทพฯ : ออมรอน อีเล็กทรอนิกส์

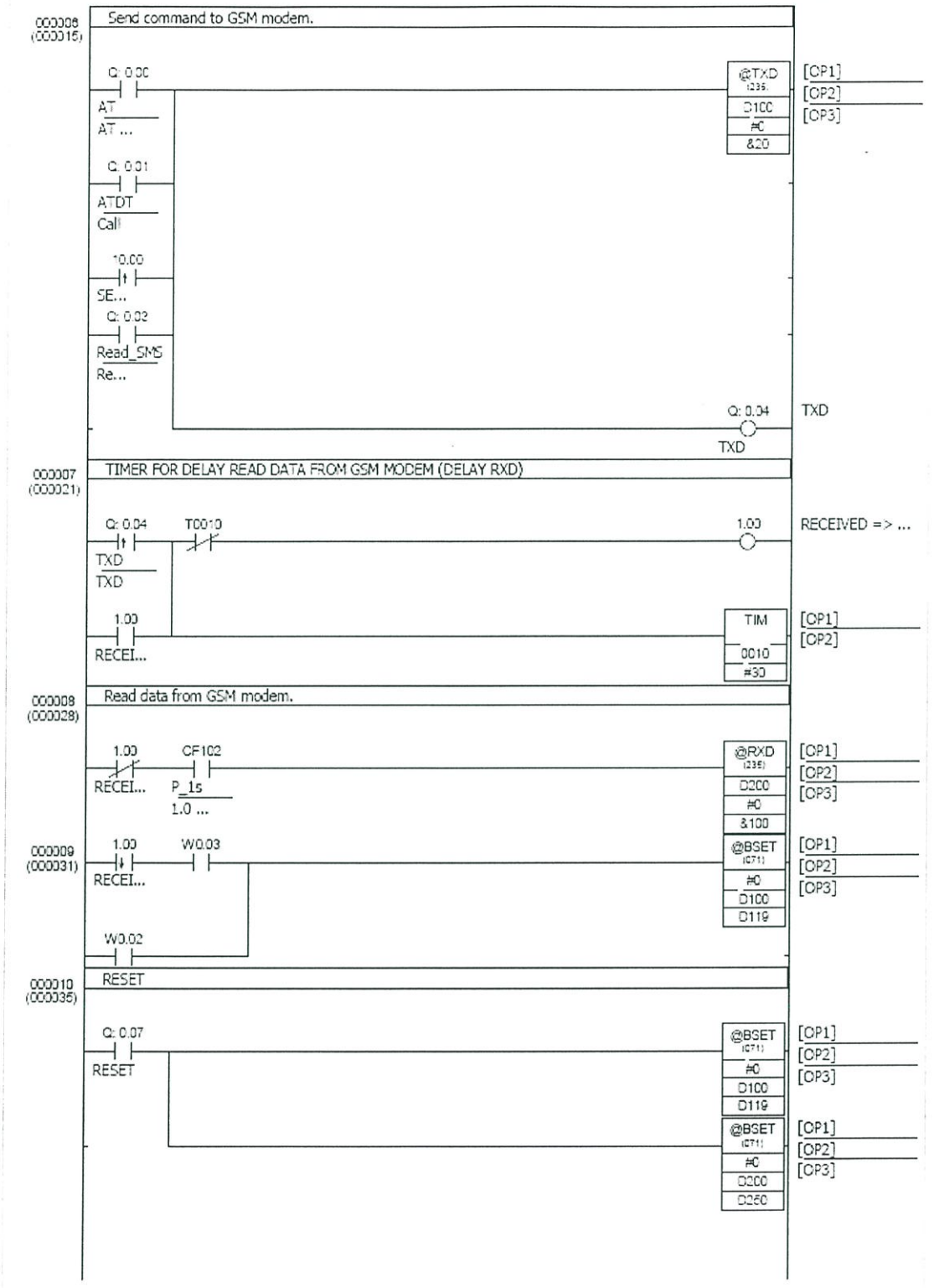
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

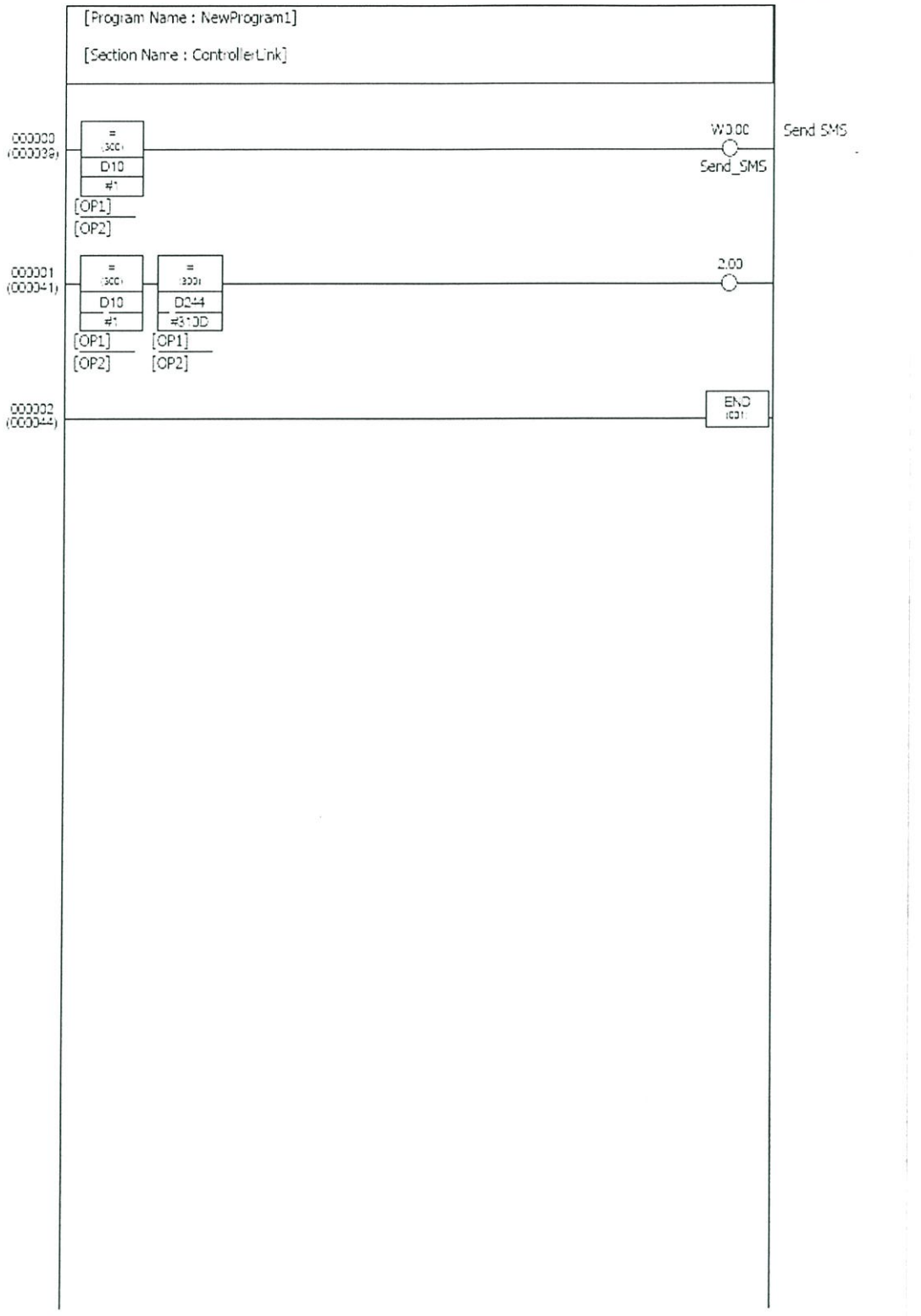
รายละเอียดโปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง ผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

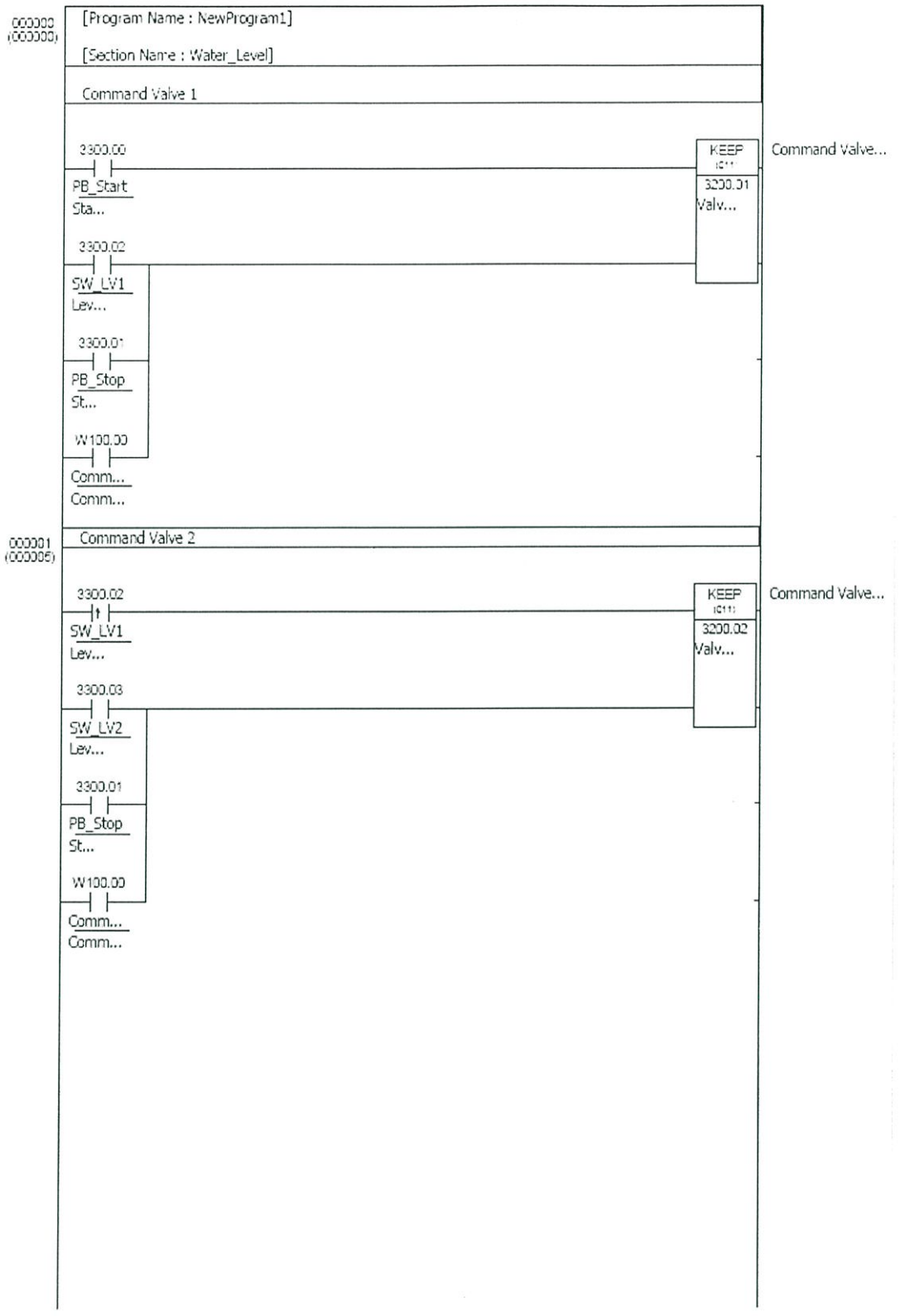


Title	โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000000

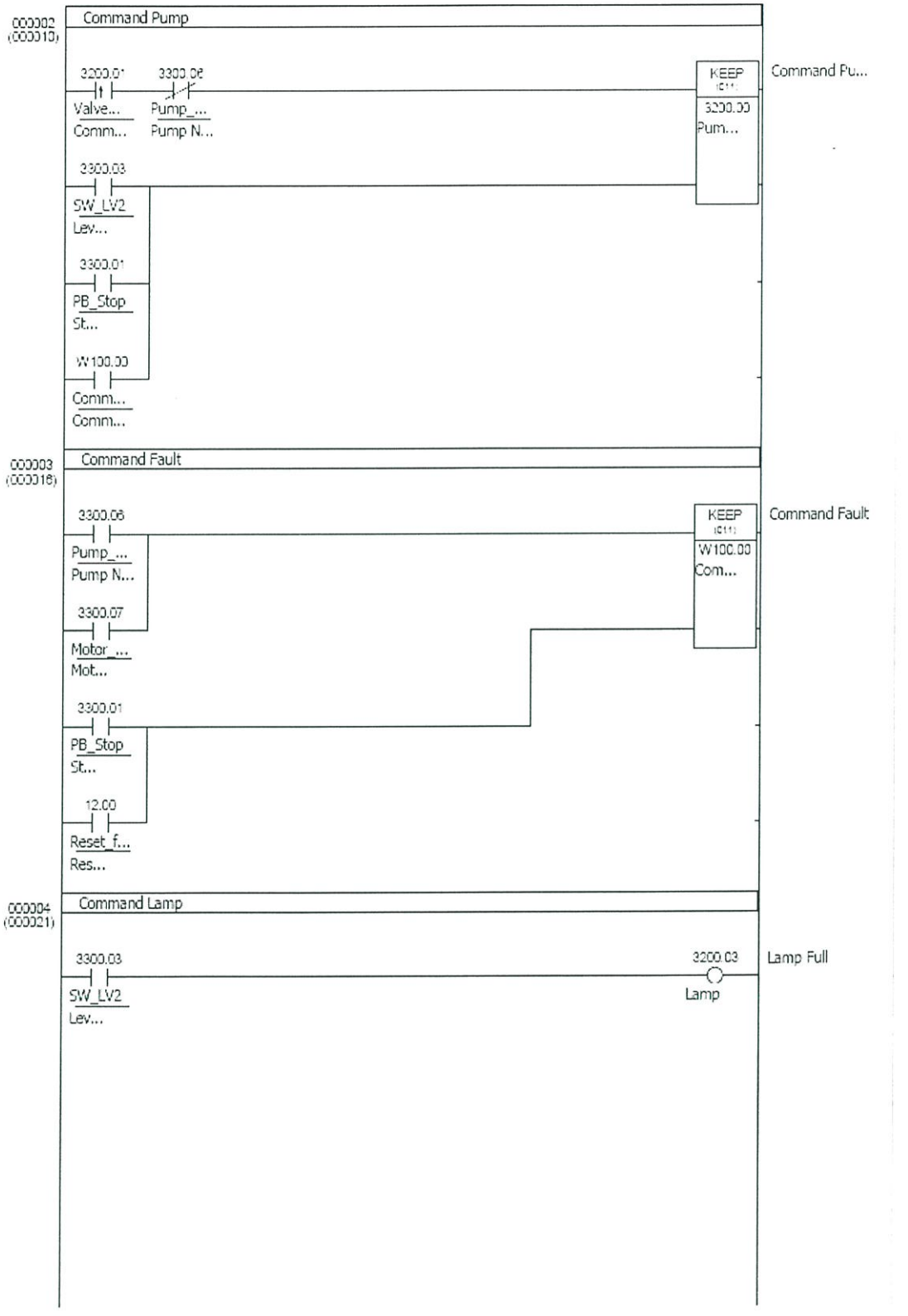


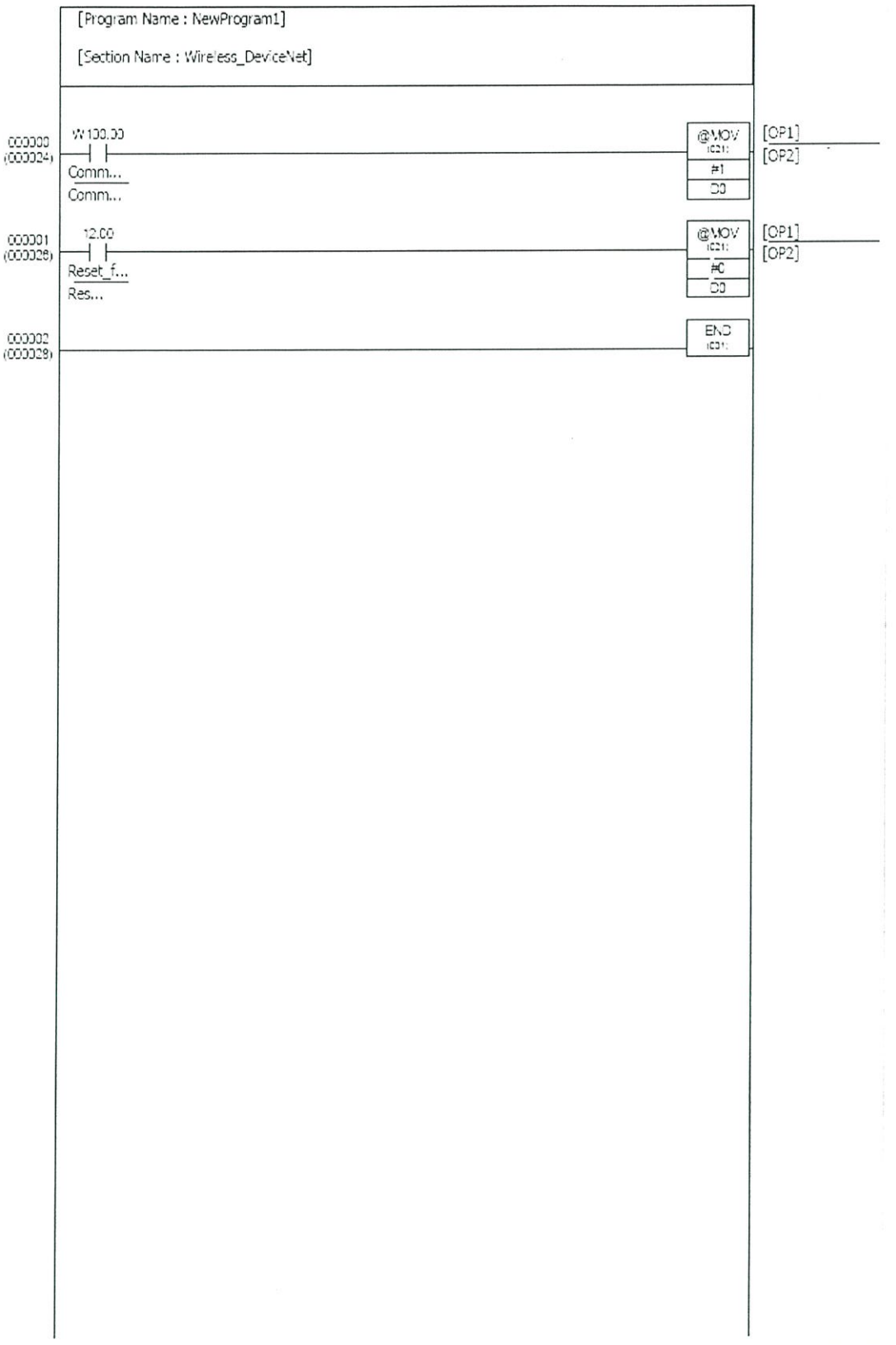
Title	โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000015


[Program Name : NewProgram1]
[Section Name : ControllerLink]
000000
(000038)
=
D10
#1
[OP1]
[OP2]
W000
Send_SMS
Send SMS
000001
(000041)
=
D10
#1
[OP1]
[OP2]
=
D244
[OP1]
[OP2]
2.00
000002
(000044)
END
Title
โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_1)
Author
Jirawan T.
Step Number
Number
Revision
Date
26/05/07
000039



Title	โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_2)		Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision	Date	26/05/07	000000

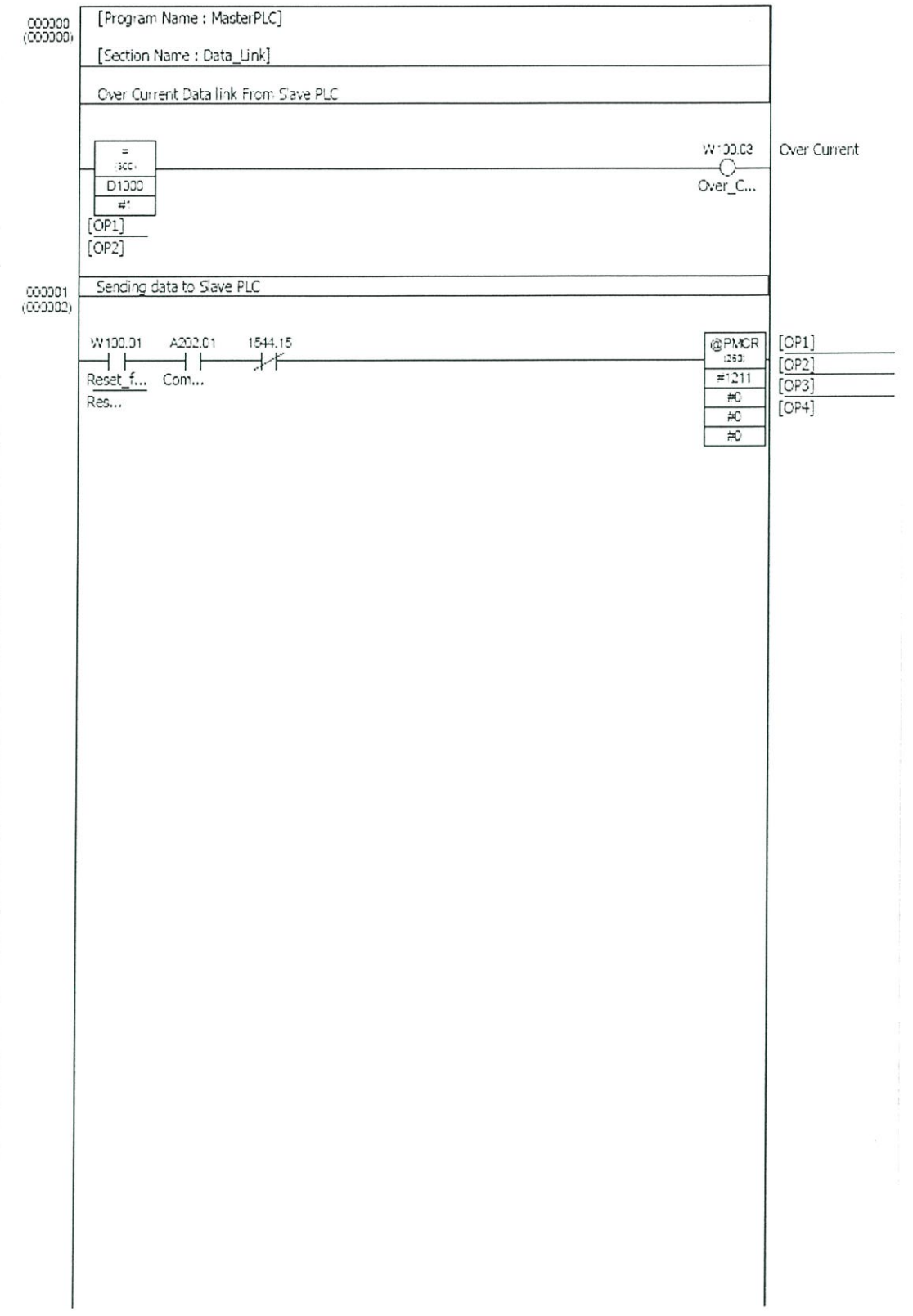

000002
(000010)
Command Pump
3200.01
Valve...
Comm...
3300.06
Pump_...
Pump N...
KEEP
(011)
3200.00
Pum...
Command Pu...
3300.03
SW_LV2
Lev...
3300.01
PB_Stop
St...
W100.00
Comm...
Comm...
000003
(000018)
Command Fault
3300.06
Pump_...
Pump N...
KEEP
(011)
W100.00
Com...
Command Fault
3300.07
Motor_...
Mot...
3300.01
PB_Stop
St...
12.00
Reset_f...
Res...
000004
(000021)
Command Lamp
3300.03
SW_LV2
Lev...
3200.03
Lamp
Lamp Full
Title
โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_2)
Author
Jirawan T.
Step Number
Number
Revision
Date
26/05/07
000010



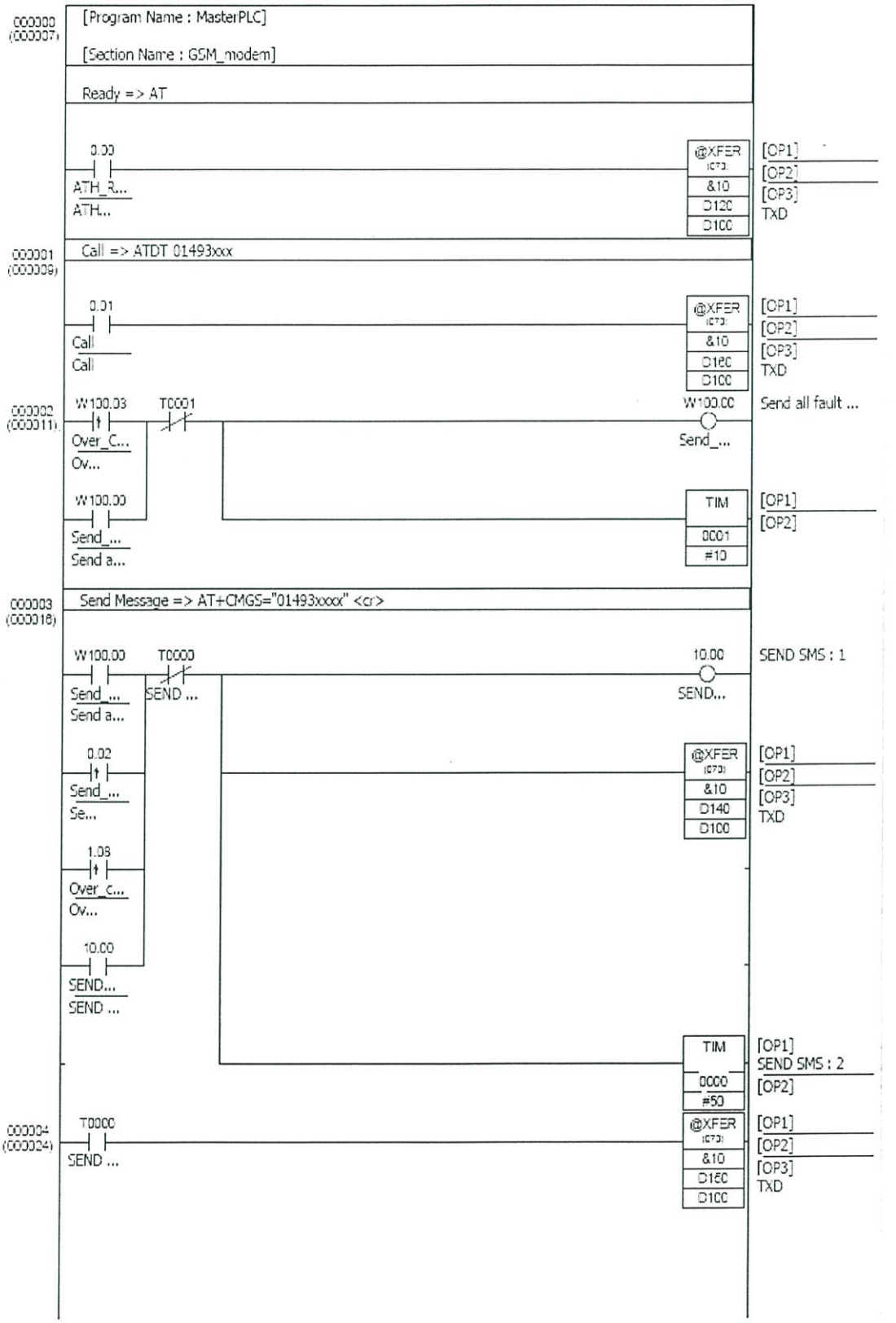
Title	โปรแกรมควบคุมระดับของเหลวในถัง (PLC_2)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000024

ภาคผนวก ข.

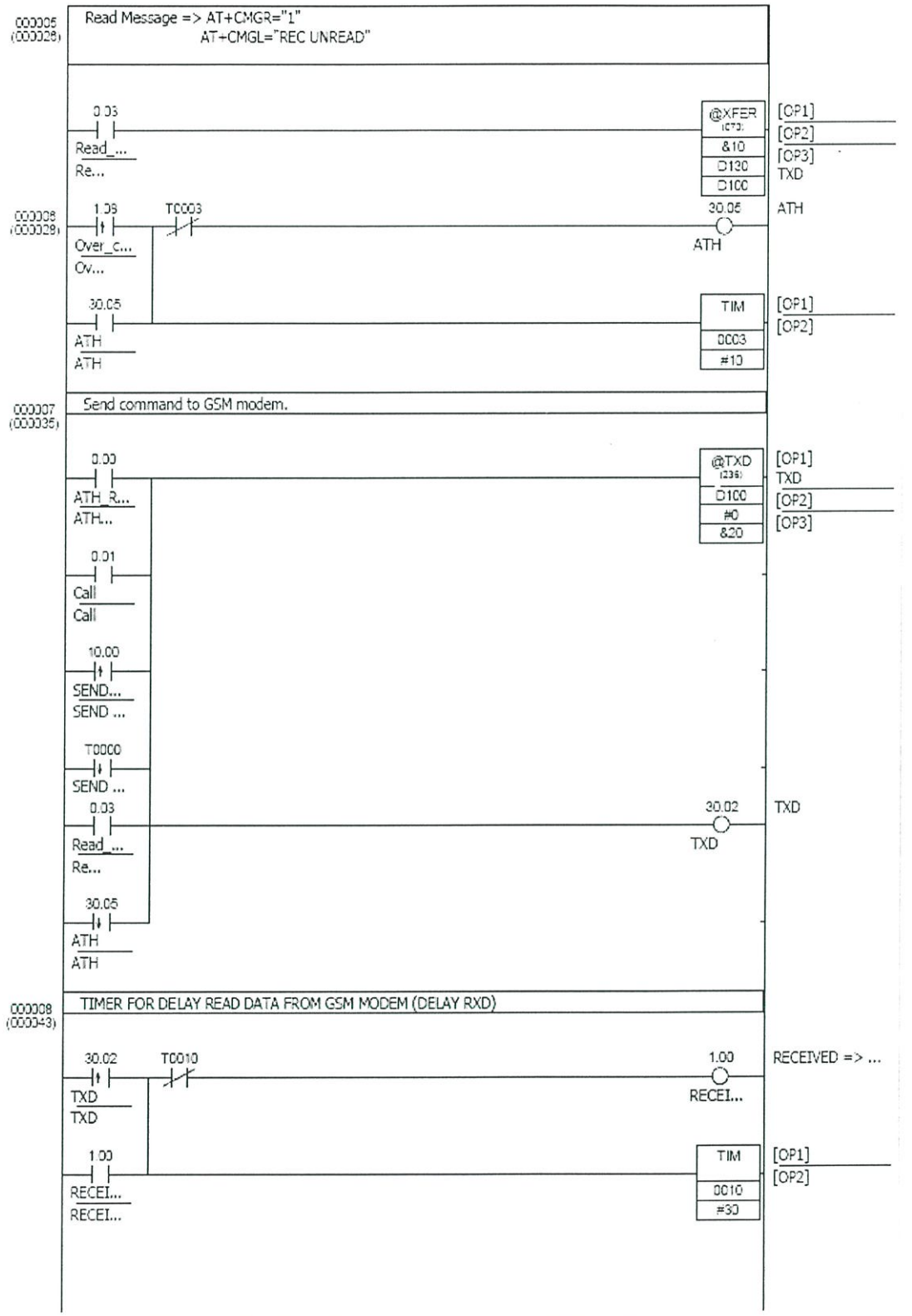
รายละเอียดโปรแกรม
การตรวจสอบความผิดพลาดระบบจ่ายไฟ
ของการไฟฟ้านครหลวงผ่านการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์เคลื่อนที่



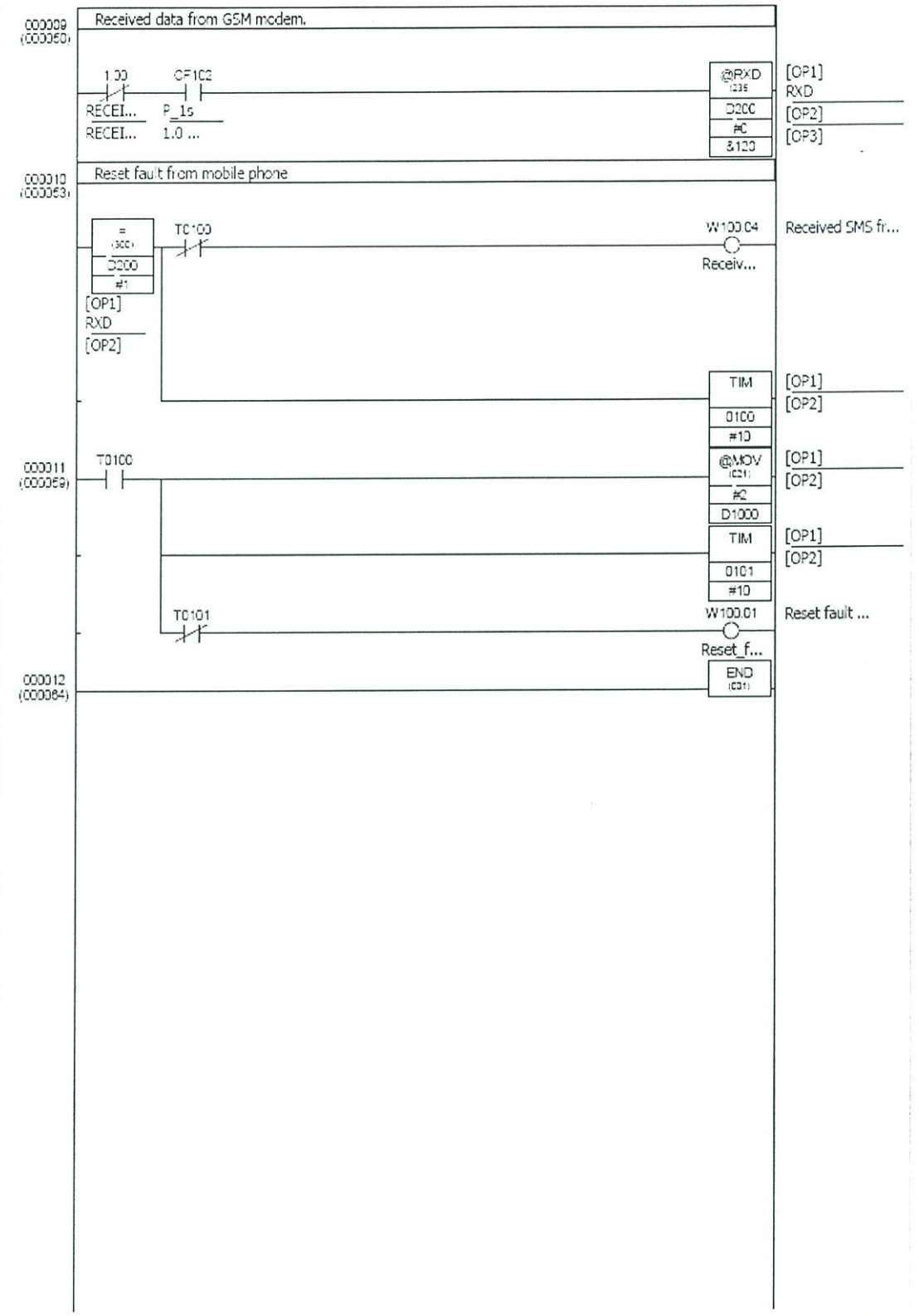
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000000



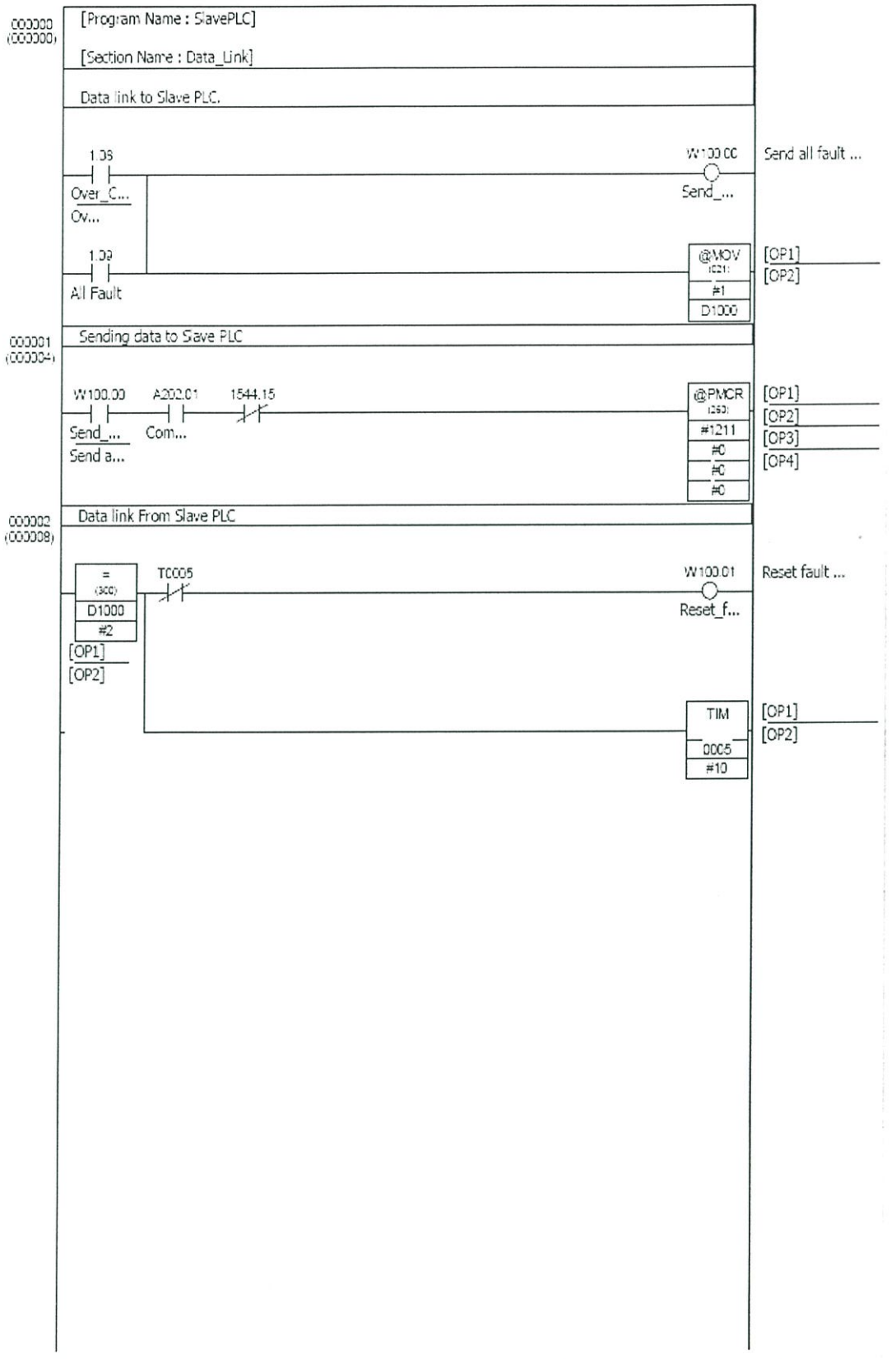
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000007



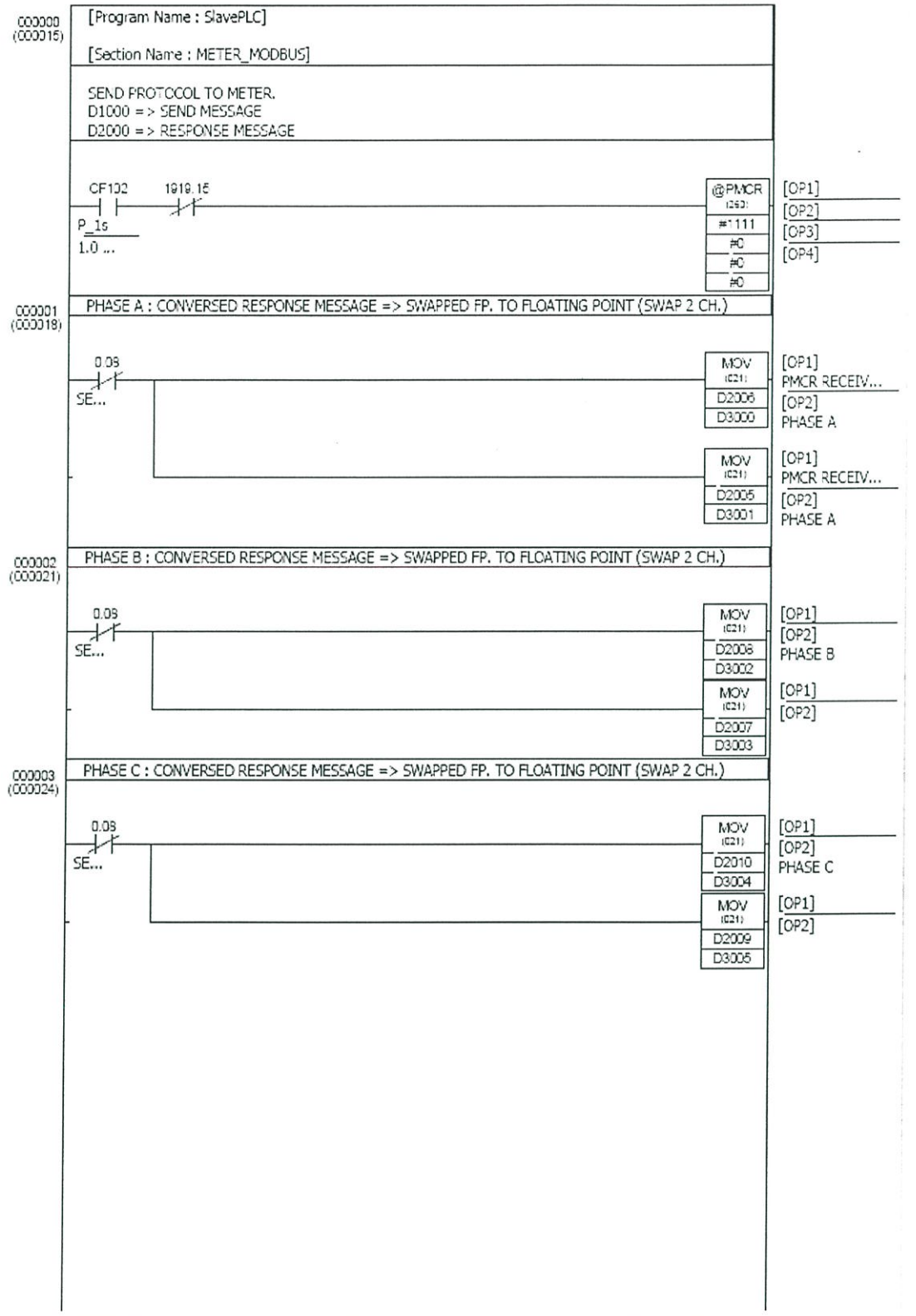
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000026



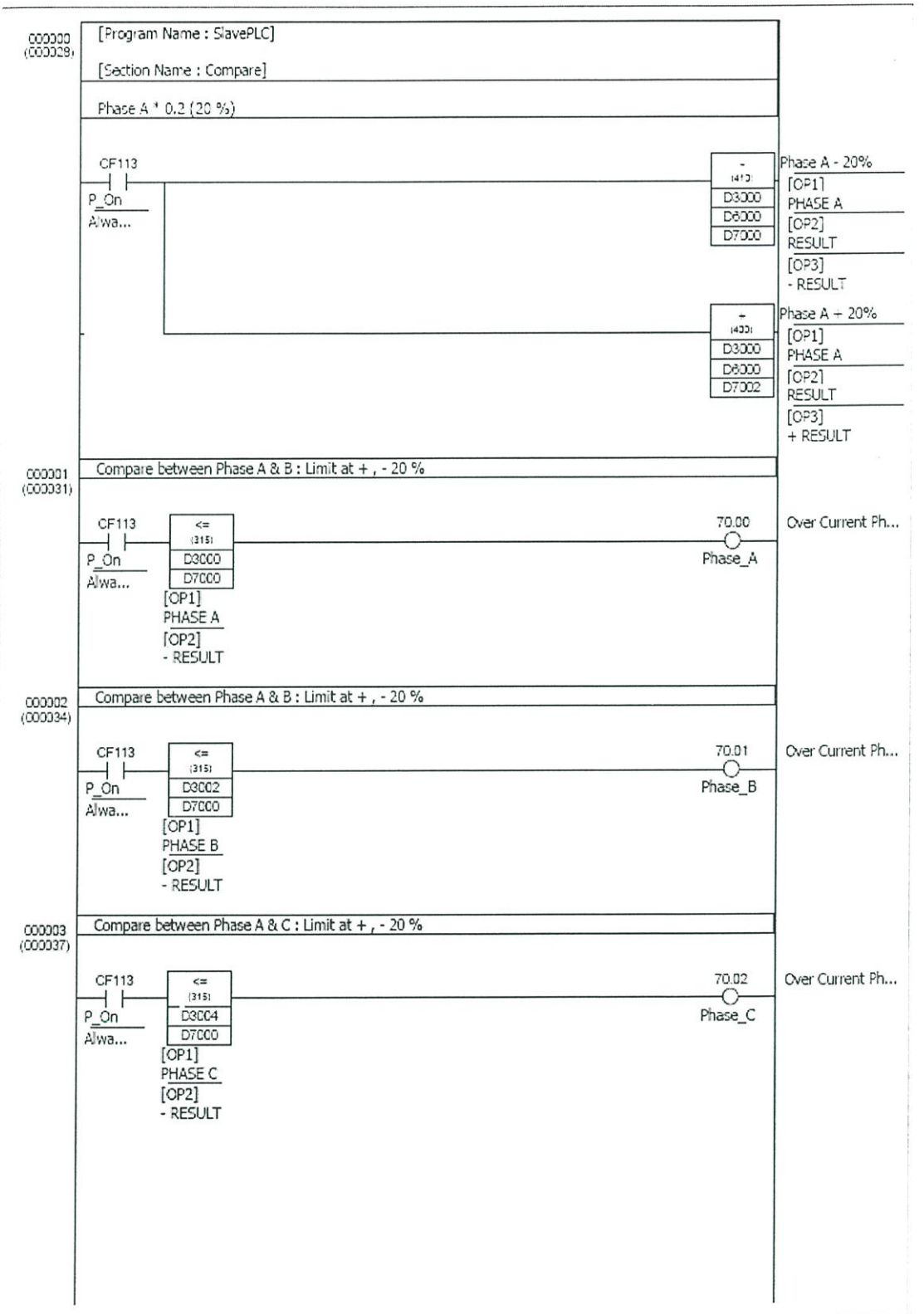
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_1)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000050



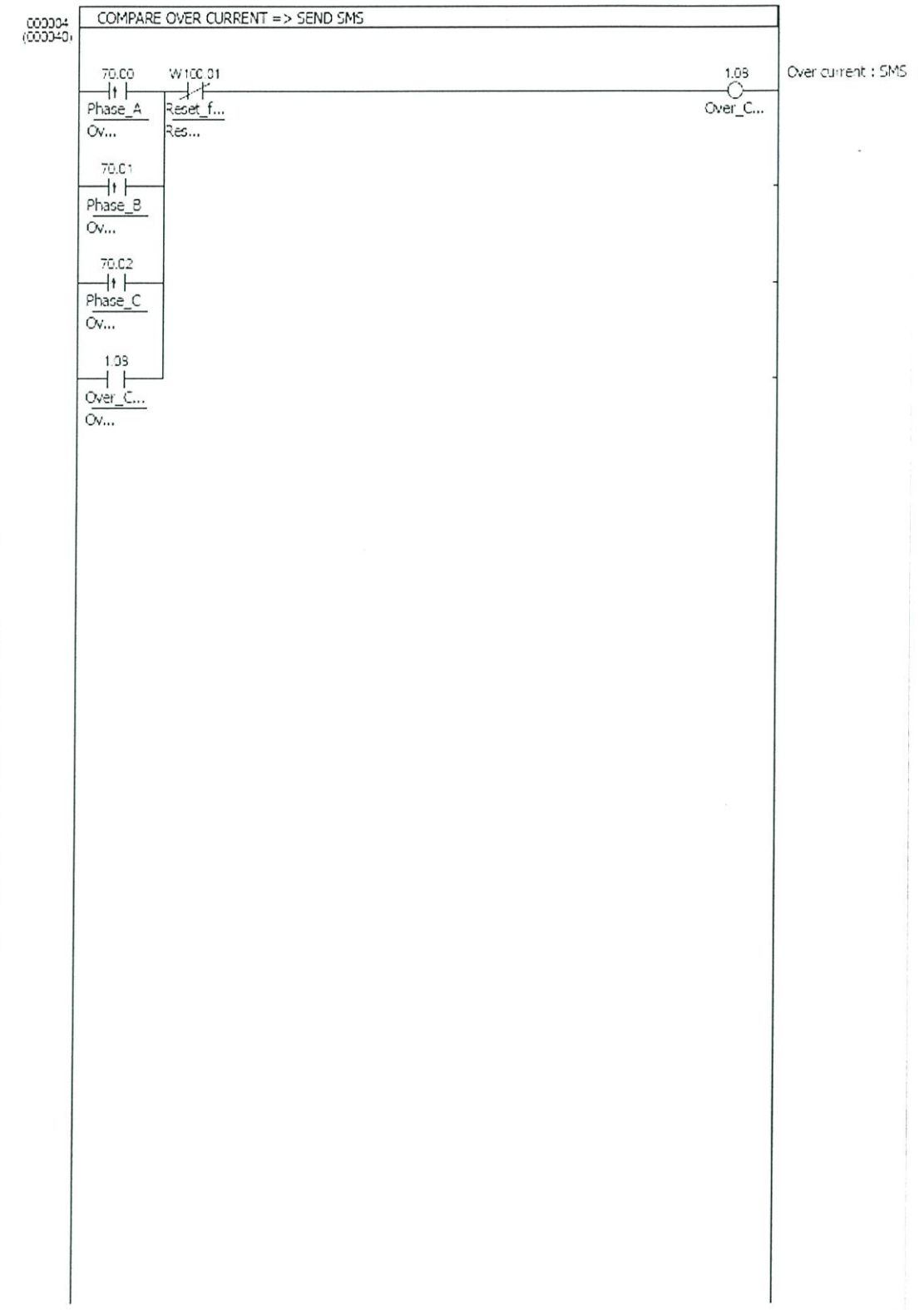
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)			Author	Dirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000000



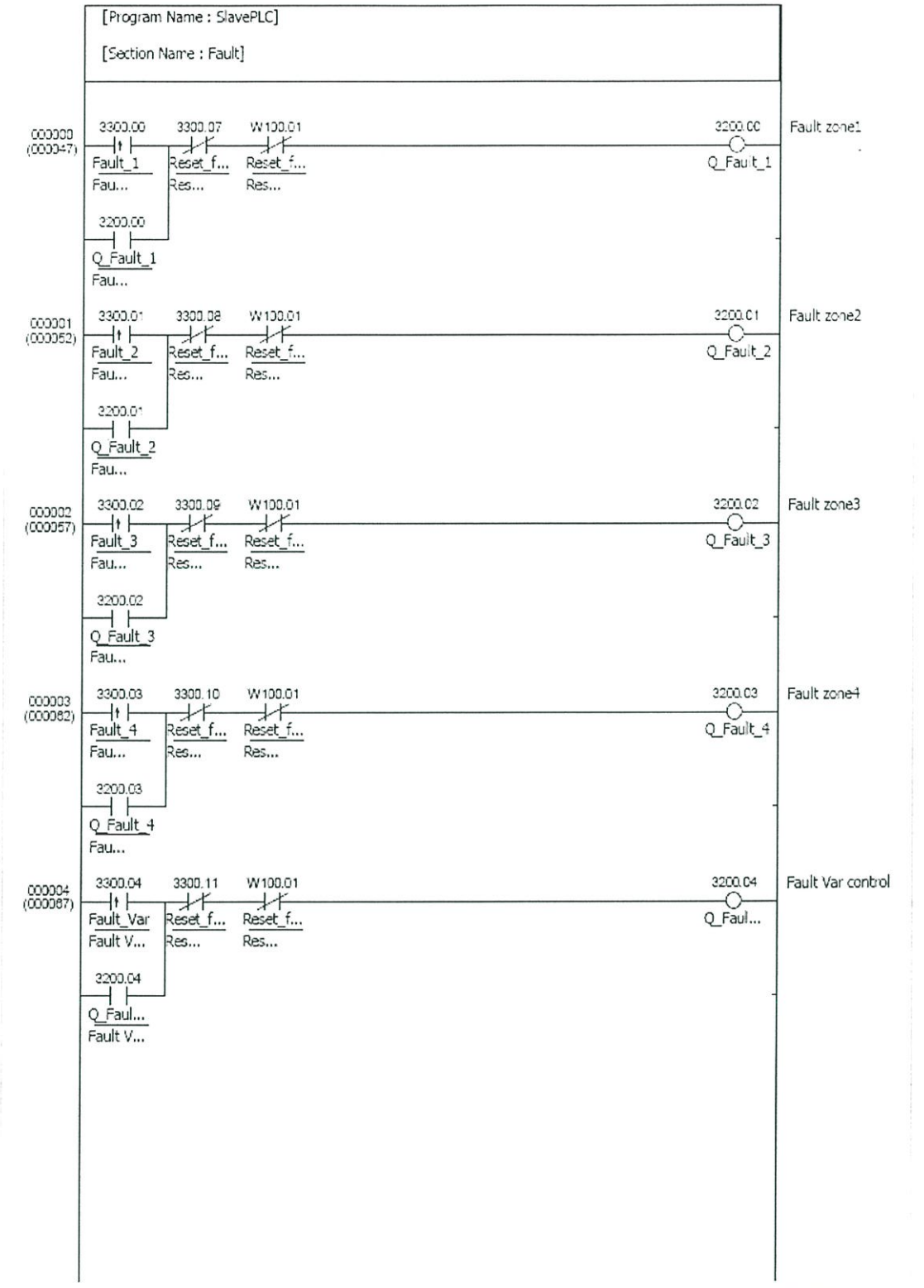
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)		Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision	Date	26/05/07	000015



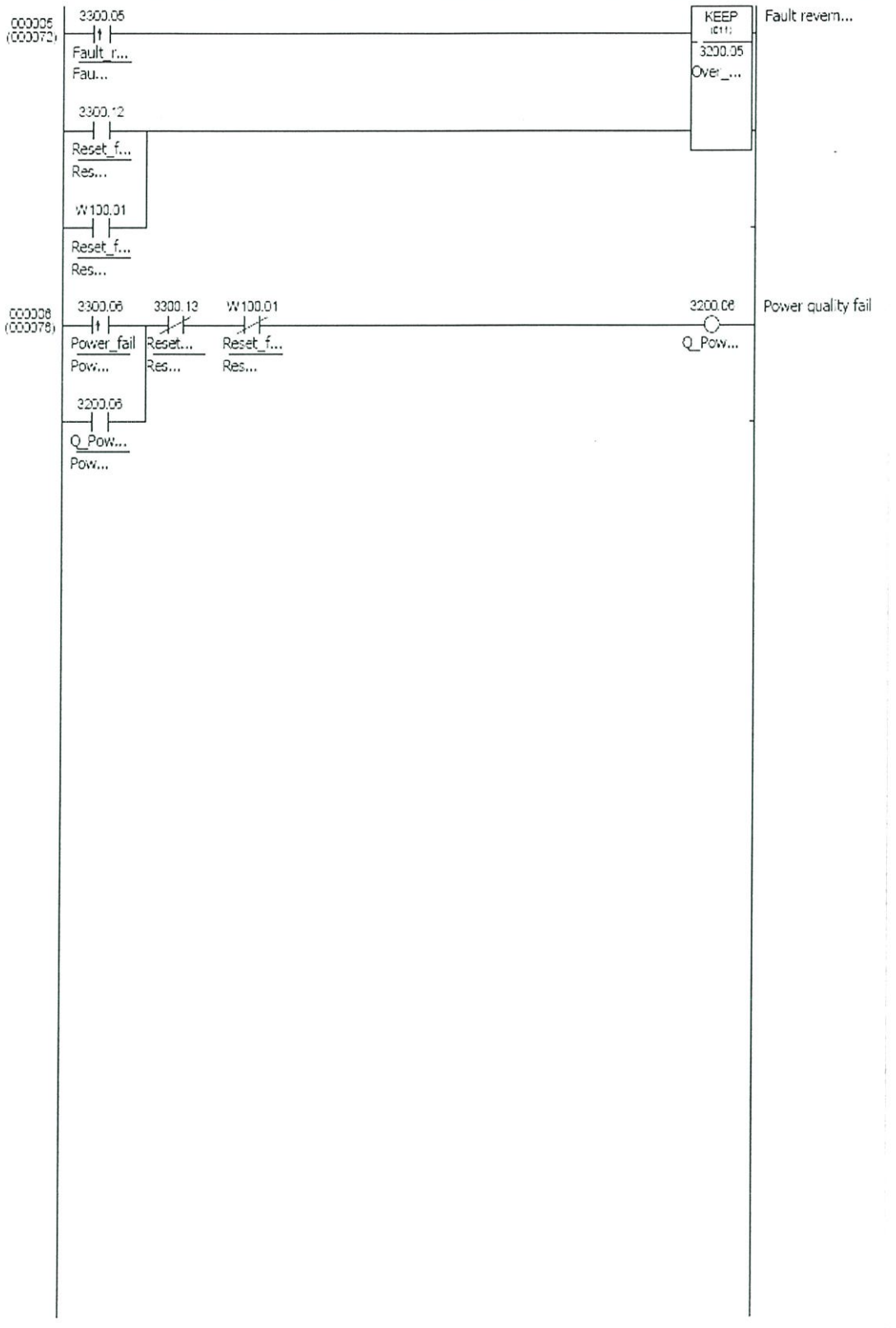
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000028



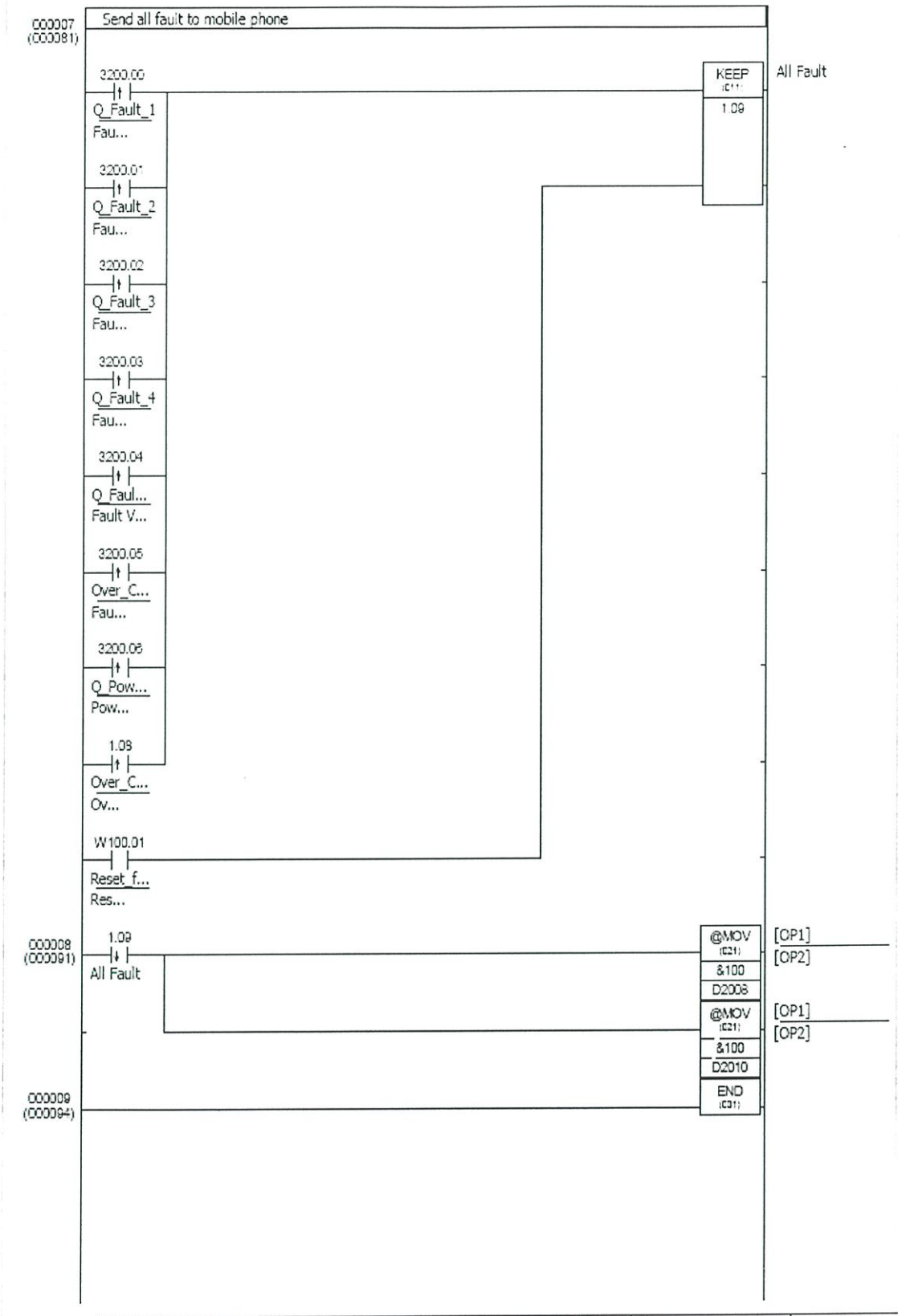
Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)		Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision	Date	26/05/07	000040



Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)		Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision	Date	26/05/07	000047



Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)		Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision	Date	26/05/07	000072



Title	โปรแกรมการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบจ่ายไฟ (PLC_2)			Author	Jirawan T.	Step Number
Number		Revision		Date	26/05/07	000081

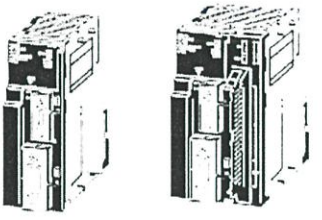
ภาคผนวก ค.

รายละเอียดของพีแอลซี

OMRON

CJ1M CPU Units

CJ1M-CPU12/13
CJ1M-CPU22/23

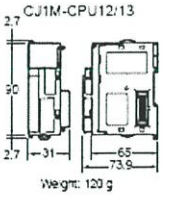


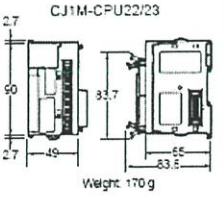
CPU Units

Model	Number of I/O points	Maximum number of Expansion Racks	Maximum number of connectable Units	Program capacity	Data memory capacity	LD instruction processing speed	Built-in ports	Mountable options	Built-in I/O
CJ1M-CPU12	320	None	10 Units	10 Ksteps	32 Kwords (DM only, no EM)	100 ns	Peripheral port and RS-232C port	Memory Card (compact flash)	None
CJ1M-CPU13	640	1 Unit	CPU Rack: 10 Units Expansion Rack: 10 Units	20 Ksteps					
CJ1M-CPU22	320	None	10 Units	10 Ksteps					10 inputs and 6 outputs Inputs: 4 interrupt inputs (pulse catch); 2 high-speed counter inputs (Phase differential: 50 kHz; Single phase: 100 kHz) Outputs: 2 pulse outputs (2 points for positioning, 100-kHz speed control, and PWM output)
CJ1M-CPU23	640	1 Unit	CPU Rack: 10 Units Expansion Rack: 10 Units	20 Ksteps					

Dimensions

CPU Unit



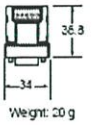


End Plate

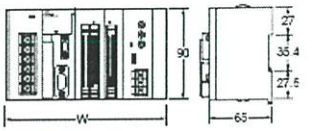
(Provided with the CPU Unit.)

RS-422A Converter

CJ1W-CIF11



Rack Dimensions



OMRON

Common Specifications

Item		Specification	
Control method		Stored program	
I/O control method		Cyclic scan and immediate processing are both possible.	
Programming		Ladder diagram	
Instruction length		1 to 7 steps per instruction	
Ladder instructions		Approx. 400 (3-digit function codes)	
Execution time	Basic instructions	0.1 µs min.	
	Special instructions	0.3 µs min.	
Overhead time		0.5 ms	
Unit connection method		No backplane (Units joined together with connectors.)	
Mounting method		DIN track mounting (screw mounting not possible)	
Number of tasks		288 (cyclic tasks: 32, interrupt tasks: 256)	
Interrupt types		Scheduled interrupts: Interrupts generated at a specified interval based on the CPU Unit's built-in clock. I/O interrupts: Interrupts from Interrupt Input Units or from built-in inputs (CJ1M-CPU22/23 only). Power OFF interrupts: Interrupt executed when CPU Unit's power is turned OFF. External interrupts: Interrupts from Special I/O Units and CPU Bus Units.	
Calling subroutines from multiple tasks		Supported using global subroutines.	
CIO (Core I/O) Area	I/O Area	640 (40 words): CIO 000000 to CIO 003915 (words CIO 0000 to CIO 039) Setting of first rack words can be changed from default (CIO 0000) to CIO 0000 to CIO 0999. I/O bits are allocated to Basic I/O Units.	These bits can be used as work bits when not used for the applications described on the left.
	Built-in I/O Area	10 input bits: CIO 296000 to CIO 296009 6 output bits: CIO 296100 to CIO 296105 Built-in I/O bits are allocated to the CPU Unit's built-in inputs and outputs (CJ1M-CPU22/23 only).	
	Link Area	3,200 (200 words): CIO 100000 to CIO 119915 (words CIO 1000 to CIO 1199) Link bits are used for data links in Controller Link systems.	
	CPU Bus Unit Area	6,400 (400 words): CIO 150000 to CIO 189915 (words CIO 1500 to CIO 1899)	
	Special I/O Unit Area	15,360 (960 words): CIO 200000 to CIO 295915 (words CIO 2000 to CIO 2959) Special I/O Unit bits are allocated to Special I/O Units (10 words per Unit).	
	Serial PLC Link Area	90 (90 words): CIO 310000 to CIO 318900 (words CIO 3100 to CIO 3189) Serial PLC Link words are used for data links in Serial PLC Link systems.	
	DeviceNet Area	9,600 (600 words): CIO 320000 to CIO 379915 (words CIO 3200 to CIO 3799) DeviceNet bits are allocated to Slaves for DeviceNet Unit remote I/O communications when the master function is used with fixed allocations. Fixed allocation setting 1 Outputs: CIO 3200 to CIO 3263 Inputs: CIO 3300 to CIO 3363 Fixed allocation setting 2 Outputs: CIO 3400 to CIO 3463 Inputs: CIO 3500 to CIO 3563 Fixed allocation setting 3 Outputs: CIO 3600 to CIO 3663 Inputs: CIO 3700 to CIO 3763	

OMRON

Item	Specification	
Internal I/O Area (work bits)	4,800 (300 words): CIO 120000 to CIO 149915 (words CIO 1200 to CIO 1499) 37,504 (2,344 words): CIO 380000 to CIO 514315 (words CIO 3800 to CIO 6143) These bits in the CIO Area are used as work bits in programming to control program execution. They cannot be used for external I/O.	These bits can be used as work bits when not used for the applications described on the left.
Work Area	8,192 (512 words): W00000 to W51115 (words W000 to W511) These bits are used as work bits in programming to control program execution. They cannot be used for external I/O. Note: When using work bits in programming, use bits in the Work Area first before using bits from other areas.	
Holding Area	8,192 (512 words): H00000 to H51115 (words H000 to H511) Holding bits are used to control program execution, and maintain their ON/OFF status when PLC is turned OFF or the operating mode is changed.	
Auxiliary Area	Read-only: 7,168 (448 words): A00000 to A44715 (words A000 to A447) Read/write: 8,192 bits (512 words): A44800 to A95915 (words A448 to A959) Auxiliary bits are allocated specific functions.	
Temporary Area	16 bits (TR0 to TR15) Temporary bits are used to store ON/OFF execution conditions at program branches.	
Timer Area	4,096: T0000 to T4095 (used for timers only)	
Counter Area	4,096: C0000 to C4095 (used for counters only)	
DM Area	32 Kwords: D00000 to D32767 Special I/O Unit DM Area: D20000 to D29599 (100 words × 96 Units). Used to set parameters for Special I/O Units. CPU Bus Unit DM Area: D30000 to D31599 (100 words × 16 Units). Used to set parameters for CPU Bus Units.	Used as a general-purpose data area for reading and writing data in word units (16 bits). Words in the DM Area maintain their status when the PLC is turned OFF or the operating mode is changed.
Index Registers	IR0 to IR15 Store PLC memory addresses for indirect addressing.	
Task Flag Area	32 (TK0000 to TK0031) Task Flags are read-only flags that are ON when the corresponding cyclic task is being executed and OFF when the corresponding task is not being executed or is in standby status.	
Trace Memory	4,000 words (trace data: 31 bits, 6 words)	
File Memory	Memory Cards: OMRON Memory Cards with 8-MB, 15-MB, 30-MB, or 48-MB capacities can be used. (MS-DOS format).	

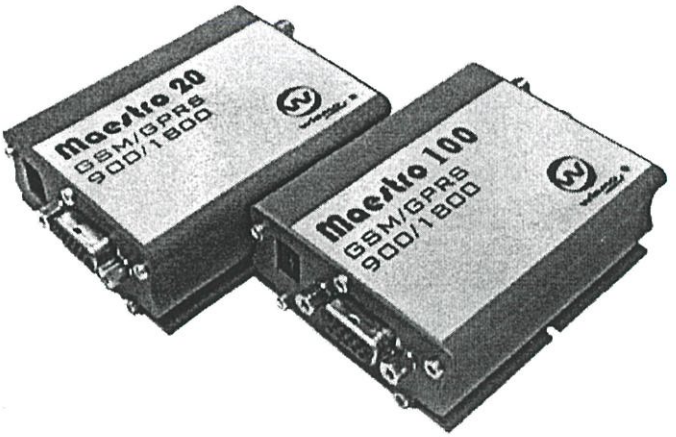
Function Specifications

Item	Specification
Constant cycle time	Possible: 1 to 32,000 ms (unit: 1 ms)
Cycle time monitoring	Possible (Unit stops operating if cycle is too long): 10 to 40,000 ms (unit: 10 ms)
I/O refreshing	Cyclic refreshing, immediate refreshing, refreshing by IORF(097). The CPU BUS UNIT I/O REFRESH (DLNK) instruction can be used to refresh CPU Bus Units (including allocated CIO and DM Area words) when required in the program.
Special refreshing for CPU Bus Units	Data links for Control Link Units, remote I/O communications for DeviceNet Units, and other special data for CPU Bus Units are refreshed at the following times. During I/O refresh period or when CPU BUS UNIT I/O REFRESH (DLNK) instruction is executed.
I/O memory holding when changing operating modes	Possible (using the IOM Hold Bit in the Auxiliary Area)
Load OFF	All outputs from Output Units can be turned OFF when the CPU Unit is in RUN, MONITOR, or PROGRAM mode.
Input time constant setting	Time constants can be set for inputs from CJ-series Basic I/O Units. The time constant can be increased to reduce influence of noise and chattering or it can be decreased to detect shorter pulses on inputs.
Operating mode setting at power-up	Possible (By default, the CPU Unit will start in RUN mode if a Programming Console is not connected.)
Built-in flash memory	User program and parameter areas (e.g., PC Setup) are automatically backed up and restored.

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของโมเด็มจีเอสเอ็ม

Fargo Telecom



Maestro 100
Maestro 20

GSM GPRS Modem
900 / 1800

INTRODUCTION

Maestro 100 / Maestro 20 is a ready-to-use GSM modem for voice, data, fax and SMS services. It also supports GPRS Class 10(Maestro 100) or Class 2(Maestro 20) for hi-speed data transfer. Maestro 100 / Maestro 20 can be easily controlled by using AT command for all kinds of operations. With standard 9-pin RS232 port and telephone-like audio plug (via optional cable) the Maestro 100 / Maestro 20 can be set up with minimal effort.

1.1. Package

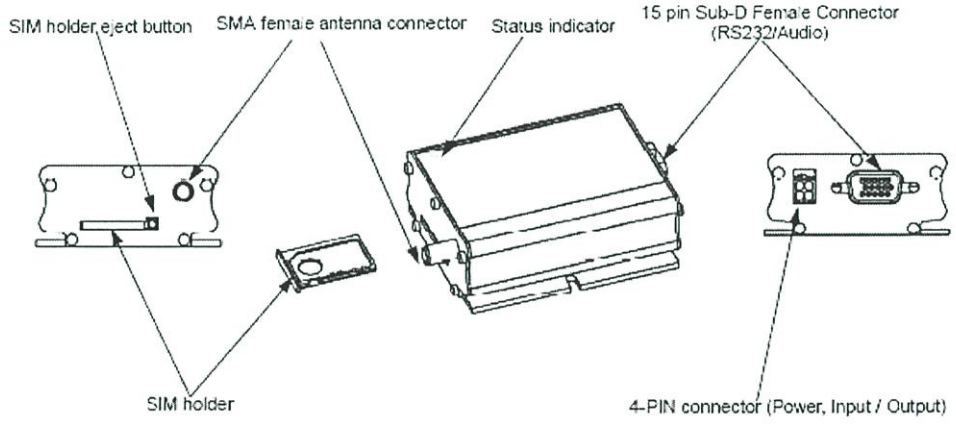
The Maestro 100 / Maestro 20 package should include the following:

1.Maestro 100 x 1

2. Power cord with fuse x 1

3. Safety note x 1

1.2. Interfaces



1.2.1. Status indicator

The LED will indicate different status of the modem:

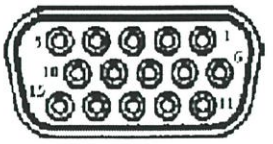
- off Modem switched off
- on Modem is connecting to the network
- flashing slowly Modem is in idle mode
- flashing rapidly Modem is in transmission/communication (GSM only)

1.2.2. SMA female antenna connector

- Connect this to an external antenna with SMA male connector. Make sure the antenna is for the GSM900/1800 frequency with impedance of 50ohm, and also connector is secured tightly.

1.2.3. 15-PIN D-SUB Female connector (RS232 / Audio)

- The connector provides serial link and audio link to the modem.



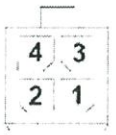
Pin number	Name	EIA designation	Type	Note
1	DCD	Data Carrier Detect	Output	
2	TX	Transmit Data	Input	
3	BOOT		Input	Not used
4	MICROPHONE (+)		Input	
5	MICROPHONE (-)		Input	
6	RX	Receive Data	Output	
7	DSR	Data Set Ready	Output	
8	DTR	Data Terminal Ready	Input	
9	GND	Ground	Ground	
10	SPEAKER(+)		Output	
11	CTS	Clear to Send	Output	
12	RTS	Request to Send	Input	
13	RI	Ring Indicator	Output	
14	RESET		Input	Pull low to reset
15	SPEAKER(-)		Output	

Specification of microphone and speaker to be connected :

Parameters	Min	Typical	Max	Remark
Microphone current @2V / 2K Ohm		0.5 mA		
Microphone input level			100 mVpp	
Speaker output current 150 Ohm/ 1nF		16mA		
Speaker impedance			32ohm	

Please refer to the document "Application notes - Power supply & Audio" for more information of audio connection.

1.2.4. 4-PIN connector (Power, Input / Output)



Pin assignment of 4-pin connector

Pin number	Name	Functions
1	I/O	Input / Output port
2	~INTR	Interrupt function triggered by pulling this pin to ground or LOW level; reserved for additional functions with new firmware
3	POWER -	DC power negative input
4	POWER+	DC power positive input

ภาคผนวก จ.

รายละเอียดของคำสั่ง AT

9.10 Read message +CMGR

9.10.1 Description :

This command allows the application to read stored messages. The messages are read from the memory selected by **+CPMS** command.

9.10.2 Syntax :

Command syntax : AT+CMGR=<index>
Response syntax for text mode:
+CMGR :<stat>,<oa>,[<alpha>,] <scts> [,<tooa>,<fo>,
<pid>,<dcs>,<sca>,<tosca>,<length>] <CR><LF> <data> (for **SMS-DELIVER** only)
+CMGR : <stat>,<da>,[<alpha>,] [,<toda>,<fo>,<pid>,<dcs>, [<vp>], <sca>,
<tosca>,<length>]<CR><LF> <data> (for **SMS-SUBMIT** only)
+CMGR : <stat>,<fo>,<mr>,[<ra>],[<tora>],<scts>,<dt>,<st> (for **SMS-STATUS-REPORT** only)
Response syntax for PDU mode :
+CMGR: <stat>, [<alpha>] ,<length> <CR><LF> <pdu>

A message read with status "REC UNREAD" will be updated in memory with the status "REC READ".
Note :
the <stat> paramoter for SMS Status Reports is always "READ".

Example :

Command	**Possible responses**
	AT+CMTI: "SM",1 *Note : New message received*
AT+CMGR=1 *Note : Read the message*	+CMGR: "REC UNREAD","0146290800", "98/10/01,18 :22 :11+00",<CR><LF> ABCdefGHI OK
AT+CMGR=1 *Note : Read the message again*	+CMGR: "REC UNREAD","0146290800", "98/10/01,18 :22 :11+00",<CR><LF> ABCdefGHI OK *Note : Message is read now*
AT+CMGR=2 *Note : Read at a wrong index*	+CMS ERROR: 321 *Note : Error : invalid index*
AT+CMGF=0 ;+CMGR=1 *Note : In PDU mode*	+CMGR: 2,,<length> <CR><LF><pdu> OK *Note : Message is stored but unsent, no <alpha>field*
AT+CMGF=1;+CPMS="SR";+CNMI=,,,2 *Reset to text mode, set read memory to "SR", and allow storage of further SMS Status Report into "SR" memory*	OK
AT+CMSS=3 *Send an SMS previously stored*	+CMSS: 160 OK
	+CDSI: "SR",1 *New SMS Status Report stored in "SR" memory at index 1*
AT+CMGR=1 *Read the SMS Status Report*	+CMGR: "READ",6,160, "+33612345678",129,"01/05/31,15:15:09 +00", "01/05/31,15:15:09+00",0

9.11.3 Defined values

<stat> possible values (status of messages in memory) :

Text mode possible values	PDU mode possible values	Status of messages in memory
"REC UNREAD"	0	received unread messages
"REC READ"	1	received read messages
"STO UNSENT"	2	stored unsent messages
"STO SENT"	3	stored sent messages
"ALL"	4	all messages

Note :
For SMS Status Reports, only "ALL" / 4 and "READ" / 1 values of the <stat> parameter will list messages ; other values will only return OK.

9.12 Send message +CMGS

9.12.1 Description :

The <address> field is the address of the terminal to which the message is sent. To send the message, simply type, <ctrl-Z> character (ASCII 26). The text can contain all existing characters except <ctrl-Z> and <ESC> (ASCII 27). This command can be aborted using the <ESC> character when entering text. In PDU mode, only hexadecimal characters are used ('0'...'9','A'...'F').

9.12.2 Syntax :

Command syntax in text mode :
AT+CMGS= <da> [,<toda>] <CR>
text is entered <ctrl-Z / ESC >
Command syntax in PDU mode :
AT+CMGS= <length> <CR>
PDU is entered <ctrl-Z / ESC >

Command	Possible responses
AT+CMGS="+33146290800"<CR> Please call me soon, Fred. <ctrl-Z> *Note : Send a message in text mode*	+CMGS: <mr> OK *Note : Successful transmission*
AT+CMGS=<length><CR><pdu><ctrl-Z> *Note : Send a message in PDU mode*	+CMGS: <mr> OK *Note : Successful transmission*

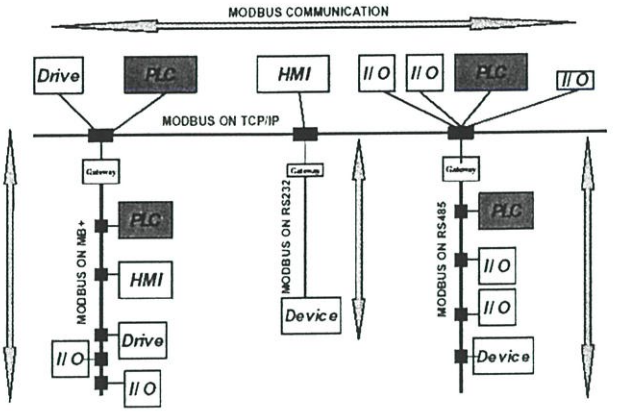
ภาคผนวก ฉ.

รายละเอียดของโปรโตคอลมอดบัส

2. MODBUS SYNTAX AND PROTOCOL

MODBUS : โปรโตคอลยอดนิยมในเครือข่ายอุตสาหกรรม

กอบเกียรติ กาญจนาพงศ์กุล
webmaster@automation-solution.com

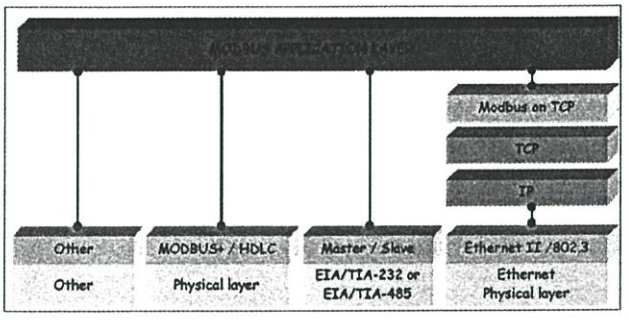


หนึ่งในโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมใช้กันในภาคอุตสาหกรรมคือ โปรโตคอล MODBUS หากได้ลองศึกษาทำความเข้าใจดู จะพบว่าไม่ยาก และเป็นโปรโตคอลที่น่าสนใจมากโปรโตคอลหนึ่งทีเดียว

บทนำ

MODBUS เป็นโปรโตคอลที่นิยมใช้กันมากในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในระบบควบคุมอัตโนมัติ ด้วยโครงสร้างที่ได้รับการออกแบบให้ใช้งานง่าย สามารถนำไปใช้กับระบบรับส่งข้อมูลได้หลายประเภท เช่น ระบบรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม หรือเครือข่าย LAN ทำให้ได้รับความนิยมใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยจะสังเกตเห็นได้ว่า อุปกรณ์ที่สามารถติดต่อสื่อสารได้ในภาคอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ เครื่องมือวัดคุมชนิดต่างๆ ส่วนใหญ่จะสามารถสื่อสารด้วยโปรโตคอล MODBUS ได้ทั้งนั้น หรือแม้กระทั่งในงานออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมให้อยู่แล้ว ก็สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตให้สื่อสารข้อมูลด้วยโปรโตคอล MODBUS ได้ ซึ่งนั่นหมายความว่า เราสามารถออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ของเราเอง ให้สามารถติดต่อพูดคุยกับอุปกรณ์มาตรฐานที่มีขายอยู่ในท้องตลาดได้ ทำให้เป็นการเพิ่มระดับขีดความสามารถในงานออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สูงขึ้นไปอีก และหากได้ทำความเข้าใจกับโปรโตคอลตัวนี้แล้ว จะพบว่าไม่ยากเลยที่จะทดลองพัฒนาขึ้นมาใช้งานเอง

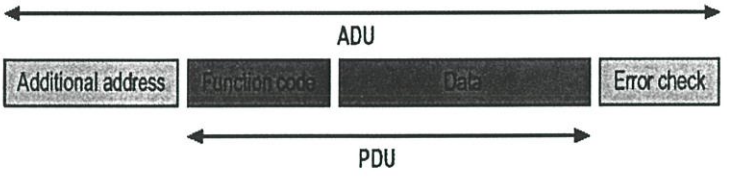
ลำดับชั้นของ MODBUS ในแบบจำลอง OSI



รูปที่ 1 MODBUS กับแบบจำลอง OSI

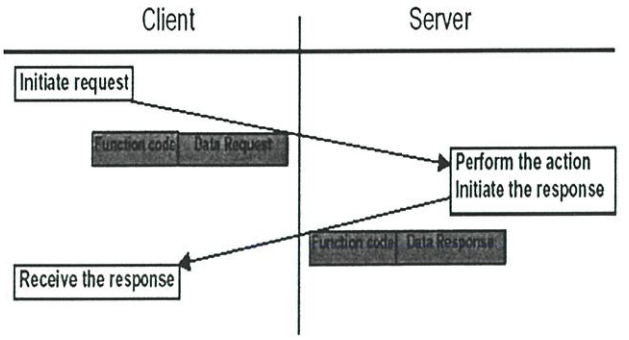
MODBUS เป็นโปรโตคอลรับส่งข้อมูลในลำดับชั้นแอพพลิเคชั่น หรือ application layer เป็นลำดับชั้นที่ 7 ซึ่งจัดเป็นลำดับชั้นสูงสุดในแบบจำลอง OSI การที่ MODBUS ถูกออกแบบให้อยู่ในลำดับชั้นสูงสุดนั้น มีข้อดีโดยทำให้สามารถนำไปใช้กับระบบบัสข้อมูลหรือเครือข่ายแบบต่างๆ ได้หลากหลายชนิด เนื่องจากความแตกต่างเหล่านี้เป็นเรื่องของลำดับชั้นที่อยู่ถัดลงมา โดยเฉพาะในลำดับชั้นกายภาพ หรือ Physical Layer ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปแบบทางกายภาพของตัวกลางนำสัญญาณข้อมูล ซึ่งไม่มีผลต่อลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า

MODBUS มีรูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบ ไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ หรือ มาสเตอร์/สเลฟ สามารถเชื่อมต่อกับระบบบัสข้อมูลหรือเครือข่ายชนิดต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น โปรโตคอล TCP/IP บนเครือข่าย Ethernet , บัสรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบต่างๆ เช่น EIA/TIA-232-E , EIA-422 , EIA/TIA-485-A ทั้งแบบที่ใช้ตัวกลางนำสัญญาณข้อมูลแบบเคเบิลตัวนำไฟฟ้า , เคเบิลใยแก้วนำแสง , คลื่นสัญญาณวิทยุ เป็นต้น ส่วนจะเชื่อมต่อกันอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดลักษณะของลำดับชั้นกายภาพ เช่น หากเลือกแบบ EIA/TIA-232 หรือ EIA/IA-485 ก็จะใช้ตัวเชื่อมต่อที่ถูกออกแบบให้อยู่ในลำดับชั้นเชื่อมประสานข้อมูล หรือ data-link layer



รูปที่ 2 เฟรมข้อมูล ADU และ PDU

เฟรมข้อมูลที่ใช้ในโปรโตคอล MODBUS เรียกว่า Protocol Data Unit หรือ PDU ประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูล 2 ส่วน ส่วนแรกคือ หมายเลขคำสั่งหรือ Function code ที่ต้องการให้ดำเนินการกับข้อมูลที่อยู่ในส่วนที่สอง PDU มีความเป็นอิสระ ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของบัสหรือเครือข่าย ซึ่งเมื่อนำไปใช้จริงบนบัสหรือเครือข่ายชนิดใด ก็จะเพิ่มส่วนประกอบสำคัญอีก 2 ส่วนลงไป ได้แก่ ข้อมูลแอดเดรส (additional address) และอีกส่วนหนึ่งคือข้อมูลที่ได้จากกระบวนการเข้ารหัสเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ (error check) เรียก PDU ที่เพิ่มส่วนประกอบ 2 ส่วนนี้ว่า Application Data Unit (ADU)

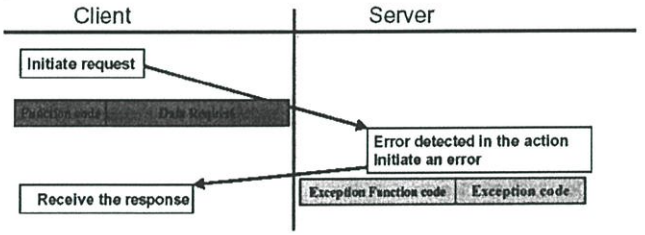


รูปที่ 3 การรับส่งข้อมูลระหว่างไคลเอนท์กับเซิร์ฟเวอร์

ในระบบโปรโตคอล MODBUS ไคลเอนท์จะเป็นตัวเริ่มต้นการสื่อสาร โดยสร้างเฟรมข้อมูล ADU ส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าต้องการทำอะไร ตามหมายเลขฟังก์ชั่นที่ระบุใน ADU ส่วนข้อมูลที่ระบุถัดจากหมายเลขฟังก์ชั่นนั้น ใช้ประกอบการทำงานตามฟังก์ชั่น เช่น เป็นพารามิเตอร์บอกตำแหน่งแอดเดรสของข้อมูลที่จะทำการอ่านด้วยฟังก์ชั่นอ่านข้อมูล ข้อมูลมีทั้งแบบลอจิก (0 หรือ 1) และแบบรีจิสเตอร์หรือแอนาลอก (เช่น ค่า 134.25) รวมทั้งข้อมูลรหัสตัวอักษร ซึ่งก็จัดเป็นข้อมูลแบบรีจิสเตอร์ประเภทหนึ่ง

สำหรับในบางฟังก์ชั่น อาจไม่ปรากฏฟิลด์ข้อมูล หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ เฟรมข้อมูลสำหรับฟังก์ชั่นนั้นๆ ไม่ต้องอาศัยข้อมูลประกอบเพิ่มเติมแต่อย่างใด

รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการรับส่งเฟรมข้อมูลระหว่างไคลเอนท์กับเซิร์ฟเวอร์ เริ่มต้นโดย ไคลเอนท์ส่งเฟรมข้อมูลระบุหมายเลขฟังก์ชั่น ประเภท ตำแหน่ง และจำนวนข้อมูลที่ต้องการ (data request) ไปที่เซิร์ฟเวอร์ เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับเฟรมข้อมูลถูกต้องครบถ้วน และสามารถประมวลผลฟังก์ชั่นตามที่ระบุได้เสร็จเรียบร้อย ก็จะส่งเฟรมข้อมูลที่บรรจุข้อมูลที่ต้องการ (data response) กลับมาให้ไคลเอนท์ตัวนั้น โดยที่ส่วนแรกของเฟรมข้อมูลจะระบุหมายเลขฟังก์ชั่นเดิมที่ได้รับจากไคลเอนท์



รูปที่ 4 เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล

แต่หากเกิดความผิดพลาดขึ้นมา ซึ่งอาจจะเป็นการที่เฟรมข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ได้รับมีความผิดพลาด หรือเฟรมข้อมูลถูกต้อง แต่เซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถทำงานตามฟังก์ชั่นที่ระบุได้ เซิร์ฟเวอร์ก็จะส่งเฟรมข้อมูลที่บรรจุข้อมูลหมายเลขความผิดพลาด หรือ exception code ไปให้กับไคลเอนท์แทน เพื่อแจ้งให้ทราบว่าเกิดปัญหาอะไร ในกรณีนี้ ส่วนแรกของเฟรมข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมานั้น เรียกว่า Exception function code ที่เป็นหมายเลขฟังก์ชั่นเดิม แต่ปรับค่าบิตบนสุด (MSB) ให้เป็น 1

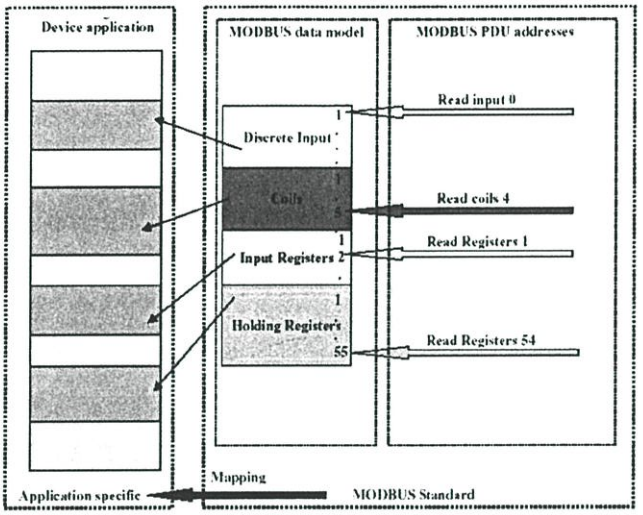
เนื่องจากในอดีต การใช้งานโปรโตคอล MODBUS เริ่มต้นในระบบสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ที่มีการกำหนดให้ขนาดของเฟรมข้อมูลในการสื่อสารซึ่งก็คือ ADU มีความยาวไม่เกิน 256 ไบต์ และเมื่อหักเอาส่วนที่เป็น address ขนาด 1 ไบต์ และรหัสตรวจสอบความผิดพลาด หรือ error check ขนาด 2 ไบต์ออก ก็จะเหลือเป็นเฟรมข้อมูล PDU ขนาด 253 ไบต์ และยึดค่านี้เป็นมาตรฐาน จากนั้น เมื่อมีการนำเอาโปรโตคอล MODBUS ไปใช้กับการสื่อสารในระบบอื่นๆ เช่น TCP/IP ค่าความยาวของ PDU ค่านี้ ก็ถูกนำไปใช้อ้างอิงด้วยเช่นกัน

ระบบการจัดแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ใช้ร่วมกับการสื่อสารด้วยโปรโตคอล MODBUS มีลักษณะดังในรูปที่ 5 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

Primary tables	Object type	Type of access	Comments
Discretes Input	Single bit	Read-Only	This type of data can be provided by an I-O system.
Coils	Single bit	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.
Input Registers	16-bit word	Read-Only	This type of data can be provided by an I-O system.
Holding Registers	16-bit word	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.

รูปที่ 5 ตารางแสดงกลุ่มข้อมูลชนิดต่างๆ

1. Discrete Input เป็นกลุ่มข้อมูลแบบบิต ใช้อ่านอย่างเดียว แก้ไขไม่ได้ เปรียบเสมือนกับหน่วยอินพุตที่เชื่อมต่อรับค่าสถานะจากวงจรอินพุตที่เป็นฮาร์ดแวร์ภายนอก รวมทั้งอาจใช้เป็นพารามิเตอร์แสดงสถานะต่างๆ ของระบบ ดังเช่น ภายในตัว PLC จะมีหน่วยความจำพิเศษแบบบิตที่ใช้บอกค่าสถานะต่างๆ เช่น พัลส์สัญญาณนาฬิกา , พัลส์ที่มีค่าเป็น 1 เฉพาะในลูปการทำงานแรก , บิตแสดงโหมดการทำงานของ PLC เป็นต้น ซึ่งบิตพิเศษเหล่านี้ ผู้ใช้งานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ทำได้เพียงอ่านค่าเท่านั้น



รูปที่ 6 การเข้าถึงและอ่านค่าข้อมูลชนิดต่างๆ

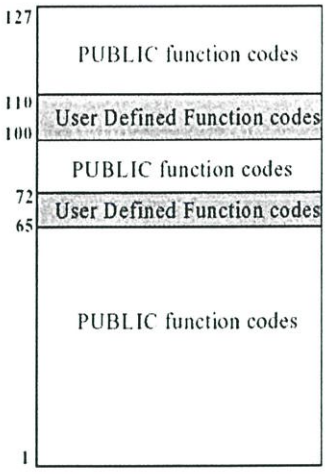
2. Coils เป็นกลุ่มข้อมูลแบบบิตเหมือนกัน แต่สามารถอ่านและเขียนได้ ใช้เป็นประโยชน์สำหรับการประมวลผลฟังก์ชั่นต่างๆ เช่น ใช้เก็บค่าตัวแปรแบบบิตชั่วคราวในขณะประมวลผล

3. Input Registers เป็นกลุ่มข้อมูลแบบรีจิสเตอร์ที่อ่านได้อย่างเดียว เปรียบเสมือนกับหน่วยความจำที่เชื่อมต่อรับค่าแอนาลอกจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ภายนอก เช่น วงจรแอนาลอกอินพุต

4. Holding Registers เป็นกลุ่มข้อมูลแบบรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านและเขียนได้ เช่นเดียวกับ Coils คือ ใช้ประโยชน์ในการประมวลผลฟังก์ชั่นต่างๆ

ภายในเฟรมข้อมูล MODBUS PDU ข้อมูลถูกอ้างอิงตำแหน่งด้วยหมายเลขตั้งแต่ 0 ถึง 65535 โดยข้อมูลภายในกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่มจะถูกกำหนดหมายเลขอ้างอิงเริ่มต้นที่เลข 1 เหมือนกันทุกกลุ่ม ค่าข้อมูลในตำแหน่งที่ถูกระบุถึง จะถูกอ่านและส่งต่อไปยัง Device application ซึ่งเป็นแอพพลิเคชั่น หรือการประมวลผลที่เกิดขึ้นจากฟังก์ชั่นที่ถูกระบุหมายเลขในเฟรมข้อมูลนั้นๆ ซึ่งแอพพลิเคชั่นจะอ่านเขียนข้อมูลกับกลุ่มข้อมูลอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้างการทำงานของฮาร์ดแวร์แต่ละประเภท

หมายเลขคำสั่งหรือ Function Code



รูปที่ 7 ช่วงค่าแอดเดรสของฟังก์ชั่นทั้งแบบ Pulbic และ User Defined

การประมวลผลหรือทำงานในฟังก์ชั่นต่างๆ เกิดขึ้นได้โดยที่ระบบจะไปทำอ่านคำสั่งตามตำแหน่งที่ระบุในหมายเลขฟังก์ชั่น หลักการก็คือ ดูว่าฟังก์ชั่นที่ต้องการให้ประมวลผลมีหมายเลขใด จากนั้นก็จะไปค้นดูในตารางอ้างอิงว่าฟังก์ชั่นหมายเลขที่ระบุนี้ จะสั่งให้ระบบทำงานอะไร เช่น ฟังก์ชั่นหมายเลข 02 สั่งให้ระบบอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลอินพุตแบบบิต

รูปที่ 7 แสดงการจัดแบ่งช่วงค่าหมายเลขที่ใช้อ้างอิงฟังก์ชั่น โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ฟังก์ชั่นแบบ Public function code ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นมาตรฐานของโปรโตคอล MODBUS ที่อุปกรณ์ทุกตัวที่สื่อสารด้วย MODBUS ทุกตัวจะต้องรู้จักและเรียกใช้งานได้ ส่วนฟังก์ชั่นที่ผู้ผลิตอุปกรณ์สามารถออกแบบเองได้ เรียกว่า user-defined function code หมายเลขเหล่านี้ ทั้ง Public และ user-defined จะต้องไม่ซ้ำกันเลย และมีค่าอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดให้เท่านั้น เช่น ผู้ผลิตจะต้องเลือกค่าหมายเลขภายในช่วง 65 ถึง 71 และ 100 ถึง 109 สำหรับใช้ระบุตำแหน่งอ้างอิงของฟังก์ชั่นแบบ user-defined ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานกับผลิตภัณฑ์ของตน ส่วนฟังก์ชั่นแบบ Public นั้น ได้มีการระบุค่าตำแหน่งเอาไว้ตายตัวแน่นอนแล้ว ผู้ผลิตควรยึดตามค่าที่กำหนดไว้เหมือนๆ กัน ไม่ควรเปลี่ยนแปลง เพราะอาจเกิดปัญหาเมื่อต่อใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตรายอื่น ทำให้ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้

				Function Codes		
				code	*Sub code*	*(hex)*
Data Access	Bit access	Physical Discrete Inputs	Read Discrete Inputs	02		02
		Internal Bits Or Physical coils	Read Coils	01		01
			Write Single Coil	05		05
			Write Multiple Coils	15		0F
	16 bits access	Physical Input Registers	Read Input Register	04		04
		Internal Registers Or Physical Output Registers	Read Holding Registers	03		03
			Write Single Register	06		06
			Write Multiple Registers	16		10
			Read/Write Multiple Registers	23		17
			Mask Write Register	22		16
			Read FIFO queue	24		18
	File record access		Read File record	20	6	14
			Write File record	21	6	15
Diagnostics			Read Exception status	07		07
			Diagnostic	08	00-18	
			Get Com event counter	11		0B
			Get Com Event Log	12		0C
			Report Slave ID	17		11
			Read device Identification	43	14	2B
Other			Encapsulated Interface Transport	43		2B

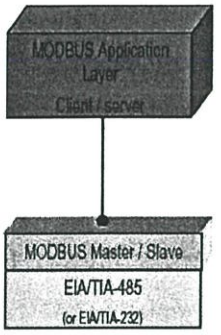
รูปที่ 8 ฟังก์ชั่น Public ชนิดต่างๆ

ฟังก์ชั่นแบบ Public สำหรับโปรโตคอล MODBUS แบ่งออกเป็นกลุ่มประเภทต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8 สังเกตเห็นว่ามี 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มฟังก์ชั่นการเข้าถึงข้อมูล (Data Access) และกลุ่มฟังก์ชั่นตรวจสอบระบบ (Diagnostics) และฟังก์ชั่นอีก 1 ฟังก์ชั่น ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสระบบ

กลุ่มฟังก์ชั่นการเข้าถึงข้อมูลประกอบด้วยฟังก์ชั่นอ่านเขียนข้อมูลบนกลุ่มข้อมูลทั้ง 4 ชนิด รวมทั้งฟังก์ชั่นอ่านเขียนไฟล์ข้อมูลด้วย ส่วนกลุ่มฟังก์ชั่นตรวจสอบระบบใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานของระบบ เช่น ฟังก์ชั่นหมายเลข 07 คือฟังก์ชั่น แปลความหมายรหัสความผิดพลาดจากในการรับส่งข้อมูล ที่ทำหน้าที่ตรวจดูว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นคือความผิดพลาดอะไร หรือฟังก์ชั่นตรวจสอบบันทึกเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการสื่อสาร ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

ผลิตภัณฑ์ทุกตัวที่ถูกออกแบบให้สามารถสื่อสารด้วยโปรโตคอล MODBUS จะต้องสามารถประมวลผลฟังก์ชั่นเหล่านี้ได้ทุกฟังก์ชั่น ส่วนที่จะมีฟังก์ชั่นหรือความสามารถพิเศษอื่นๆ เพิ่มเติมอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละรายที่ต้องการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ของตนมีจุดเด่นจุดขายเหนือกว่าคู่แข่งอย่างไร

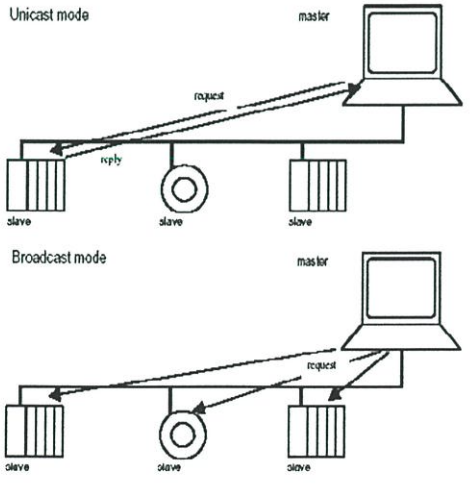
Layer	ISO/OSI Model	
7	Application	MODBUS Application Protocol
6	Presentation	Empty
5	Session	Empty
4	Transport	Empty
3	Network	Empty
2	Data Link	MODBUS Serial Line Protocol
1	Physical	EIA/TIA-485 (or EIA/TIA-232)



รูปที่ 9 ลำดับชั้นของ MODBUS Serial Line

โปรโตคอล MODBUS Serial Line

MODBUS ในช่วงแรกถูกพัฒนาขึ้นมาใช้งานกับระบบสื่อสารขอมูลแบบอนุกรม ได้แก่ EIA/TIA-232 และ EIA/TIA-485 หรือที่เรียกกันว่า RS-232 และ RS-485 ตามลำดับ สาเหตุเป็นเพราะว่า ในสมัยก่อนระบบสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเป็นที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม แม้กระทั่งในปัจจุบัน RS-485 ก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ เพราะต้นทุนต่ำ ใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น อีกทั้งยังสามารถรับส่งข้อมูลๆได้ระยะทางไกลถึง 1.2 กิโลเมตร ดังนั้น โครงสร้างของการสื่อสารด้วยโปรโตคอล MODBUS จึงต้องมีตัวกลางที่ทำหน้าที่เชื่อมประสานระหว่างลำดับชั้นบนคือแอพพลิเคชั่นโปรโตคอล กับลำดับชั้นล่าง คือฮาร์ดแวร์ที่ทำหน้าที่ดำเนินการทางกายภาพในการรับส่งข้อมูล ก็คือวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ตัวกลางที่ว่านี้ เรียกว่า โปรโตคอล MODBUS Serial Line ใช้เชื่อมประสานกับระบบสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม จัดอยู่ในลำดับชั้นที่ 2 ของแบบจำลอง OSI คือ Data Link Layer ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากให้อยู่ในสภาพพร้อมส่ง และแปลงกลับข้อมูลที่รับเข้ามาเพื่อส่งไปให้ลำดับชั้นบน ซึ่งก็คือการแปลงเฟรมข้อมูลระหว่าง PDU กับ ADU นั่นเอง



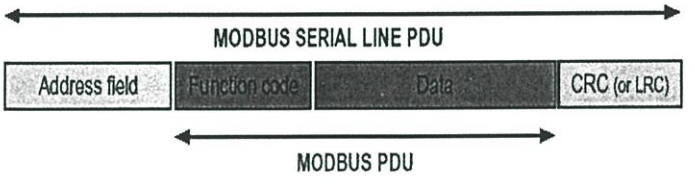
รูปที่ 10 การติดต่อสเลฟแบบ unicast และ broadcast

โปรโตคอล MODBUS Serial Line มีรูปแบบการทำงานเป็นแบบ มาสเตอร์-สเลฟ โดยที่ระบบบัสข้อมูลหนึ่งๆ จะมี Master เพียง 1 ตัว ทำหน้าที่ควบคุมจัดการการสื่อสารของสมาชิกทุกตัวภายในระบบบัสข้อมูล ที่เรียกว่าสเลฟ สามารถมีจำนวนสเลฟได้มากสุดไม่เกิน 247 ตัว ระบบสื่อสารแบบนี้จะเริ่มต้นด้วยมาสเตอร์เสมอ สเลฟจะไม่สามารถเริ่มต้นการสื่อสารได้ และจะส่งข้อมูลออกมาที่บัสข้อมูลก็ต่อเมื่อได้รับการติดต่อร้องขอจากมาสเตอร์เท่านั้น และสเลฟแต่ละตัวก็ไม่สามารถสื่อสารกันเองได้ ในขณะเวลาหนึ่ง มาสเตอร์จะสามารถควบคุมการสื่อสารได้เพียง 1 กระบวนการเท่านั้น ไม่สามารถควบคุมการสื่อสารพร้อมๆ กันหลายกระบวนการได้ ดังนั้น การสื่อสารภายในบัสข้อมูลจึงเป็นแบบครั้งต่อครั้ง

มาสเตอร์สามารถติดต่อกับสเลฟได้ด้วยโหมดการติดต่อ 2 โหมด คือ

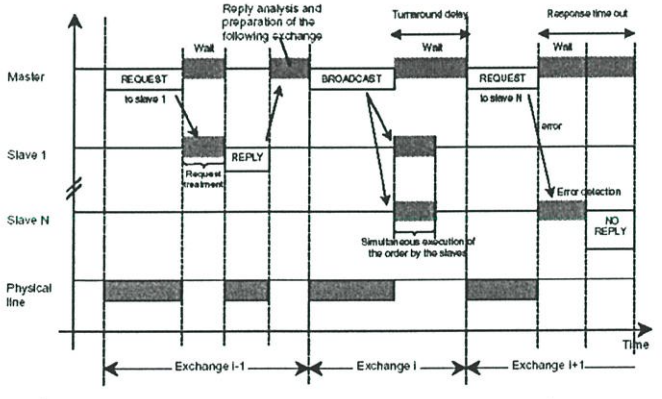
1. โหมด unicast มาสเตอร์เริ่มต้นด้วยการประกาศหมายเลขของสเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ลงไปในบัส จากนั้น สเลฟตัวที่ถูกระบุถึง จะส่งเฟรมข้อมูล reply เพื่อตอบกลับไปยังมาสเตอร์ ดังนั้น ในโหมดนี้ การสื่อสาร 1 ครั้ง จึงประกอบด้วยเฟรมข้อมูล 2 เฟรม คือเฟรมแรกที่มาสเตอร์ส่งออกมา และเฟรมข้อมูลที่สเลฟตอบกลับไปยังมาสเตอร์

2. โหมด broadcast เป็นการติดต่อจากมาสเตอร์ไปที่สเลฟทุกตัวในบัส ก็คือการติดต่อแบบกระจายสัญญาณนั่นเอง สเลฟทุกตัวจะรับข้อมูลจากมาสเตอร์ แต่ไม่มีการตอบกลับ ดังนั้น โหมดนี้จึงถูกใช้ในการเขียนข้อมูลบางประเภทลงไปในสเลฟทุกตัว เช่น ค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นในการทำงานของสเลฟ หรือ คำสั่งกำหนดค่าเริ่มต้นเมื่อระบบเริ่มทำงาน (Initialization Command) หมายเลขแอดเดรสที่ใช้ในเฟรมข้อมูลในโหมด broadcast คือ หมายเลข 0 ส่วนหมายเลขแอดเดรสตั้งแต่ 248 จนถึง 255 ถูกสงวนเอาไว้ไม่ให้ใช้งาน คาดว่าคงเผื่อเอาไว้สำหรับการปรับปรุงพัฒนาโปรโตคอลในอนาคต



รูปที่ 11 เฟรมข้อมูลของ MODBUS Serial Line

เฟรมข้อมูลของโปรโตคอล MODBUS Serial Line มีองค์ประกอบดังแสดงในรูปที่ 11 จะสังเกตเห็นได้ว่า MODBUS PDU ก็คือ PDU ที่กล่าวถึงในช่วงแรก ไม่ว่าจะนำไปใช้กับระบบสื่อสารแบบอนุกรม แบบ TCP/IP หรือแบบอื่นๆ ก็ไม่แตกต่างกัน ส่วนที่แตกต่างก็คือ ADU ซึ่งในที่นี้ สำหรับ MODBUS Serial Line เรียกว่า MODBUS Serial Line PDU เพิ่มเติมส่วนการระบุแอดเดรสของสเลฟ และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC หรือ LRC



รูปที่ 12 แผนผังเวลาแสดงตัวอย่างการรับส่งเฟรมข้อมูลระหว่างมาสเตอร์กับสเลฟ

รูปที่ 12 แสดงแผนผังเวลาในการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณบนบัสข้อมูล เริ่มต้นด้วยมาสเตอร์ส่งเฟรมข้อมูลออกมาที่บัสข้อมูลเพื่อติดต่อกับสเลฟหมายเลข 1 ด้วยโหมด unicast จากนั้น มาสเตอร์จะรอให้สเลฟแต่ละตัวทำการเปรียบเทียบแอดเดรสของตัวเองว่าตรงกับแอดเดรสที่ระบุในเฟรมข้อมูล คือ 1 หรือไม่ ซึ่งในที่สุดสเลฟหมายเลข 1 จะรับรู้ว่า มาสเตอร์ส่งเฟรมข้อมูลมาให้ตัวเอง และรับเอาข้อมูลภายในเฟรมนั้นเข้ามาประมวลผลตามหมายเลขฟังก์ชั่นและข้อมูลประกอบภายในเฟรมข้อมูล เมื่อเสร็จเรียบร้อย จึงส่งเฟรมข้อมูลตอบกลับลงมาในบัสข้อมูลเพื่อให้มาสเตอร์อ่านไปอีกที จากนั้น มาสเตอร์ส่งเฟรมข้อมูลออกมาให้กับสเลฟทุกตัวด้วยโหมด broadcast ทำให้สเลฟทุกตัวรับเฟรมข้อมูลนั้นเอาไว้ โดยไม่มีการตอบกลับแต่อย่างใด ปิดท้ายด้วยการส่งเฟรมข้อมูลจากมาสเตอร์มาที่สเลฟหมายเลข N แต่คราวนี้ เกิดปัญหาในขณะที่สเลฟหมายเลข N กำลังส่ง

เฟรมตอบกลับมายังมาสเตอร์ ทำให้มาสเตอร์รอรับข้อมูลตอบกลับจนหมดเวลา ก็จะรู้ว่าเกิดความผิดพลาดในการสื่อสาร

โหมดการรับส่งข้อมูลอนุกรม

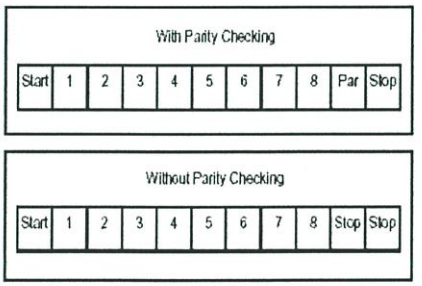
การรับส่งข้อมูลอนุกรมด้วยโปรโตคอล MODBUS สามารถเลือกได้ 2 โหมด คือ โหมด RTU และโหมด ASCII ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้ มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม จะเลือกโหมดใดก็ได้ แต่มีเงื่อนไขว่า อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อร่วมอยู่ในบัสหรือเครือข่ายเดียวกัน จะต้องถูกปรับตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด

1. โหมด RTU

Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes CRC Low CRC Hi

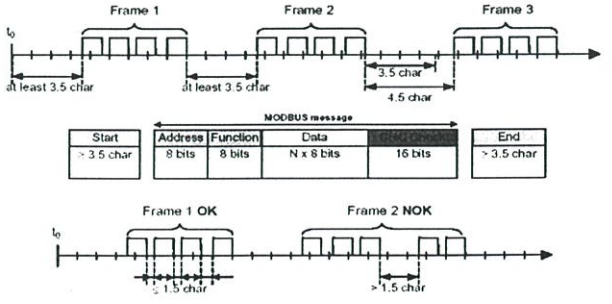
รูปที่ 13 เฟรมข้อมูลในโหมด RTU

เฟรมข้อมูลในโหมด RTU ประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่งแอดเดรสของสเลฟ 1 ไบต์ , หมายเลขฟังก์ชั่น 1 ไบต์ , ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 ไบต์ , และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้ เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์ ไม่รวมบิต start , stop , และ parity check สำหรับสูตรที่ใช้ในการคำนวณนั้น ผู้เขียนจะขอไม่กล่าวถึง เพียงแต่ให้ทราบว่ามีประโยชน์อย่างไร โดยที่สเลฟตัวที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้ายไบต์ข้อมูลออกมา หลังจากนั้น เมื่อมาสเตอร์ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้ว จะทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกันกับสเลฟ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง 2 ค่า ว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกัน แสดงว่า เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 14 การส่งข้อมูล 1 ไบต์ในโหมด RTU

ในโหมด RTU การส่งข้อมูล 1 ไบต์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรม จะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น (Start) 1 บิต , บิตข้อมูล 8 บิตซึ่งก็คือ 1 ไบต์ , บิตตรวจสอบ parity ของข้อมูล 1 บิต , และบิตหยุด (Stop) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิต parity ก็จะเป็นบิต stop แทน รวม 2 บิต สำหรับการกำหนดให้มีบิต parity นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (even parity) หรือคี่ (odd parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่ โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่ หรือไม่มีการตรวจสอบ parity (no parity) ได้



รูปที่ 15 การกำหนดช่วงระยะห่างทางเวลาระหว่างเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรม และระหว่างชุดข้อมูลแต่ละชุดภายในเฟรมเดียวกัน

รูปที่ 15 แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการส่งเฟรมข้อมูลออกมาในบัสข้อมูล เมื่อส่งเฟรมข้อมูลออกไป 1 เฟรมแล้ว จะต้องรอเวลาอย่างน้อยเท่ากับเวลาที่ใช้ส่งข้อมูลจำนวน 3.5 ตัวอักษร จึงจะสามารถส่งเฟรมข้อมูลต่อไปได้ และภายในเฟรมแต่ละเฟรม ซึ่งประกอบด้วยชุดบิต

ข้อมูลจำนวนหลายชุด ก็จะอยู่ห่างกันไม่เกิน 1.5 ตัวอักษร วัตถุประสงค์ในการกำหนดช่วงเวลาระหว่างเฟรมข้อมูล และชุดบิตข้อมูลภายในเฟรม ก็เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมาสเตอร์หรือสเลฟ สามารถรับรู้ถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้ และสามารถตรวจสอบได้ว่า การรับส่งข้อมูลในขณะนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้นมาหรือไม่ โดยตรวจสอบกับช่วงระยะห่างของเวลาที่ควรจะเป็น กับค่าที่วัดได้จริง

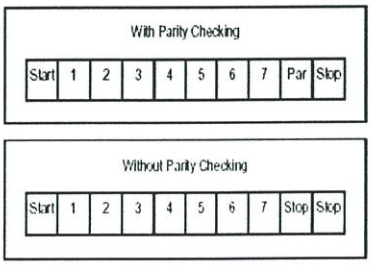
2. โหมด ASCII

การรับส่งข้อมูลในโหมด ASCII มีความแตกต่างจากโหมด RTU ตรงที่ ในโหมด RTU ข้อมูลที่จะส่งขนาด 1 ไบต์ นำมารวมกับบิตประกอบต่างๆ ก็สามารถส่งออกไปได้เลย แต่สำหรับโหมด ASCII จะมองข้อมูล 1 ไบต์นั้นออกเป็นตัวอักษร 2 ตัว เช่น ค่า 0x5B ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก ก็จะถูกมองเป็นตัวอักษร '5' และตัวอักษร 'B' จากนั้น ก็จะทำการค้นหาค่ารหัส ASCII ของตัวอักษรทั้ง 2 ตัวนั้น ซึ่งได้แก่ 0x35 สำหรับ '5' และ 0x42 สำหรับ 'B' แล้วทำการส่งรหัส ASCII ทั้ง 2 ค่านี้ออกไป ซึ่งจะได้ผลเท่ากับการส่งค่า 0x5B ซึ่งเป็นข้อมูลขนาด 1 ไบต์ ในโหมด RTU

Start	Address	Function	Data	LRC	End
1 char	2 chars	2 chars	0 up to 2x252 char(s)	2 chars	2 chars CR LF

รูปที่ 16 เฟรมข้อมูลในโหมด ASCII

จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลในโหมด ASCII จะต้องทำงานมากกว่าการส่งข้อมูลในโหมด RTU ซึ่งทำให้อัตราเร็วในการสื่อสารมีค่าต่ำกว่า โหมด ASCII สาเหตุที่เป็นแบบนี้ก็เพราะว่า โหมด ASCII ได้ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่มีความสามารถในการกำหนดช่วงระยะห่างทางเวลาในการส่งเฟรมข้อมูล อย่างเช่นในโหมด RTU ที่อุปกรณ์สามารถกำหนดได้ว่าจะส่งเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมออกมาด้วยเวลาห่างกันเท่าใด และอุปกรณ์ที่รอรับข้อมูลก็ต้องสามารถตรวจจับแยกแยะได้ด้วยว่าเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมที่รับเข้ามานั้น มีระยะเวลาห่างกันภายในช่วงเวลาที่กำหนดหรือไม่ เพื่อทำให้สามารถตรวจสอบหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้ แต่ในความเป็นจริง ยังมีอุปกรณ์อีกหลายชนิด ที่ไม่มีความสามารถพิเศษแบบนี้ จึงต้องใช้วิธีอื่นที่จะช่วยให้สามารถรับรู้จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลได้ ได้แก่โหมด ASCII ซึ่งในโหมดนี้ จะเริ่มต้นเฟรมข้อมูลด้วยการส่งรหัส ASCII ที่กำหนดให้หมายถึงจุดเริ่มต้น คือ 0x3A ซึ่งตรงกับตัวอักษร ':' ตามด้วยแอดเดรสของสเลฟ , หมายเลขฟังก์ชั่น , ข้อมูล , รหัสตรวจสอบ LRC และรหัส ASCII 2 ตัว ที่กำหนดให้หมายถึงจุดสิ้นสุด คือ รหัส 0x0D และ 0x0A คือรหัส CR (Carriage Return) และ LF (Line Feed) ตามลำดับ (ดูรูปที่ 16) โดยขณะที่บัสข้อมูลว่างจากการรับส่งข้อมูล อุปกรณ์ทุกตัวจะคอยตรวจจับข้อมูลในบัสว่ามีการส่งรหัส ASCIIของ ':' ออกมาหรือไม่ หรือมี ก็จะรับรู้ว่าขณะนี้ ได้มีการเริ่มต้นส่งเฟรมข้อมูลออกมาแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการรับข้อมูลต่อไป



รูปที่ 17 การส่งข้อมูล 1 ตัวอักษรในโหมด ASCII

รูปที่ 17 แสดงชุดของบิตข้อมูลที่ส่งทั้งหมดในการส่งข้อมูลแต่ละตัวอักษร จะเห็นได้ว่าหน่วยของชุดข้อมูลในโหมด ASCII คือตัวอักษร ไม่เหมือนในโหมด RTU ที่มีหน่วยเป็นไบต์ เพราะโหมด ASCII เป็นการส่งข้อมูลในรูปแบบของรหัส ASCII ของตัวอักษร ซึ่งสามารถกำหนดได้ด้วยบิตข้อมูลจำนวน 7 บิต ไม่ต้องใช้ถึง 8 บิต ดังนั้น บิตที่ต้องส่งต่อการส่งรหัส ASCII 1 ตัวได้แก่ บิต Start 1 บิต , บิตข้อมูลรหัส ASCII 7 บิต , บิตตรวจสอบ parity 1

บิต , และบิต Stop 1 บิต รวมทั้งหมดเท่ากับ 10 บิต และเช่นเดียวกับโหมด RTU คือ สามารถเลือกประเภทของบิตตรวจสอบ parity ได้ ว่าเป็นแบบคู่ , คี่ , หรือไม่มีบิตตรวจสอบ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นบิต Stop แทน

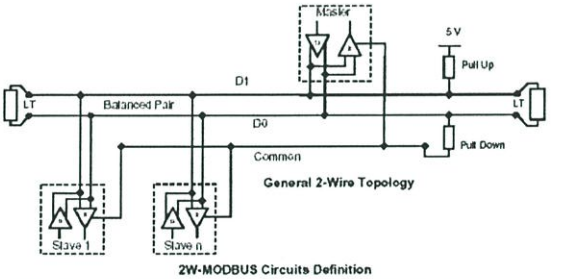
เนื่องจากการส่งข้อมูลในโหมด ASCII เป็นการแปลงข้อมูลจากเลขฐานสิบหก เป็นรหัส ASCII ของตัวอักษรที่แสดงค่าเลขฐานสิบหก ดังนั้น รหัส ASCII ที่ปรากฏในบัสข้อมูล นอกเหนือไปจากรหัสเริ่มต้นและรหัสสิ้นสุดแล้ว จะเป็นรหัส ASCII ของ ตัวอักษรตั้งแต่ '0' ถึง '9' และ 'A' ถึง 'F' เท่านั้น

ถึงแม้โหมด ASCII จะไม่ต้องกำหนดช่วงระยะห่างทางเวลาของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรม แต่อุปกรณ์ยังต้องสามารถตรวจจับช่วงระยะห่างทางเวลาระหว่างการส่งข้อมูลรหัส ASCII แต่ละตัวได้ ซึ่งหากเว้นช่วงห่างกันนานเกินไป แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการสื่อสาร โดยปกติ จะกำหนดค่าเวลานี้ไว้ที่ 1 วินาที เรียกค่าเวลานี้ว่า time-out period

หากเปรียบเทียบระหว่างเฟรมข้อมูลในโหมด ASCII กับโหมด RTU จะพบว่า การส่งข้อมูลในโหมด ASCII นั้น หากต้องการส่งไบต์ข้อมูลให้ได้เท่ากับโหมด RTU จะต้องส่งข้อมูลรหัส ASCI ออกไปเป็นจำนวน 2 เท่าของจำนวนไบต์ข้อมูล เช่นในโหมด RTU เฟรมข้อมูล 1 เฟรม สามารถส่งข้อมูลได้มากสุด 252 ไบต์ ซึ่งหากเป็นโหมด ASCII จะต้องส่งข้อมูลตัวอักษรออกไปทั้งหมด 2x252 เท่ากับ 504 ตัวอักษร และเพื่อให้มาตรฐานขนาดของเฟรมข้อมูลของทั้ง 2 โหมดมีขนาดเท่ากัน จึงกำหนดให้ค่า 504 เป็นค่าจำนวนตัวอักษรมากสุดในการส่งเฟรมข้อมูลด้วยโหมดASCII

รูปแบบการเชื่อมต่อบัสข้อมูล

การเชื่อมต่อหรือเดินสายไฟฟ้าสำหรับใช้ทำหน้าที่เป็นบัสรับส่งสัญญาณข้อมูลภายในเครือข่าย สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การเดินสายสัญญาณแบบ 2 เส้น และแบบ 4 เส้น โดยใช้มาตรฐาน EIA/TIA-485 เป็นตัวรับส่งข้อมูลในลำดับชั้นกายภาพ (Physical Layer) หรือระดับฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถใช้รับส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลถึง 1.2 กิโลเมตร โดยอาศัยหลักการขับกระแสไฟฟ้าระหว่างคู่สายสัญญาณที่มีแรงดันแตกต่างกันตามค่าสถานะของข้อมูลที่ต้องการส่ง

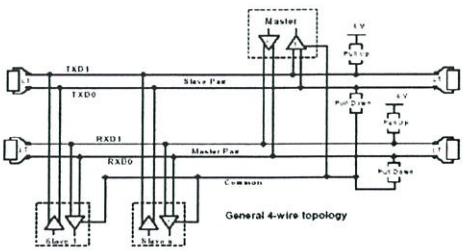


2W-MODBUS Circuits Definition

Required Circuits on ITr	Required Circuits on IDv	For device	Required on device	EIA/TIA-485 name	Description
D1	D1	I/O	X	B/B'	Transceiver terminal 1, V1 Voltage (V1 > V0 for binary 1 [OFF] state)
D0	D0	I/O	X	A/A'	Transceiver terminal 0, V0 Voltage (V0 > V1 for binary 0 [ON] state)
Common	Common	--	X	C/C'	Signal and optional Power Supply Common

รูปที่ 18 IEA/TIA-485 แบบ 2 สาย

การเดินสายสัญญาณแบบ 2 เส้น ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจาก ใช้สายสัญญาณที่มีจำนวนเส้นตัวนำไฟฟ้าภายในน้อยกว่า ทำให้ประหยัดปริมาตรภายในรางเดินสายไฟ และการเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับอุปกรณ์ก็ทำได้ง่ายกว่า เพราะมีสายสัญญาณที่ต้องเชื่อมต่อเพียงแค่ 2 เส้นเท่านั้น ทำหน้าที่ทั้งส่งและรับข้อมูล



รูปที่ 19 IEA/TIA-485 แบบ 4 สาย

รูปที่ 18 แสดงการเดินสายสัญญาณระหว่างมาสเตอร์และสเลฟ โดยมีตัวความต้านทานปิดหัวท้ายของสายสัญญาณ เรียกว่า LT (Line Termination) ทำหน้าที่ป้องกันผลกระทบการ

คลื่นสัญญาณสะท้อนภายในคู่สายสัญญาณ ส่วนตัวความต้านทานอีก 2 ตัว คือ Pull Up และ Pull Down ทำหน้าที่ช่วยดึงระดับของสถานะของสายสัญญาณให้มีค่าที่ควรจะเป็น ในขณะที่บัสว่าง เพราะมิฉะนั้นแล้วสายสัญญาณอาจมีสถานะเป็น High Impedance ซึ่งจะแปลความหมายในการสื่อสารไม่ได้ และจะทำให้ระบบไม่ทำงาน หรือทำงานผิดพลาด

จะเห็นได้ว่า นอกจากสายสัญญาณ D0 และ D1 แล้ว การเดินสายสัญญาณ ยังต้องมีการเดินสาย common อีก 1 เส้น เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงระดับสัญญาณของอุปกรณ์ทุกตัวภายในระบบบัสข้อมูลเดียวกัน ซึ่งการเดินสายสัญญาณแบบ 4 สาย ก็จำเป็นต้องใช้สาย common ด้วยเช่นกัน ความแตกต่างก็คือ การเดินสายสัญญาณแบบ 4 เส้น ใช้สายสัญญาณรับส่งข้อมูล 2 คู่แยกกัน คู่หนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกคู่สำหรับรับข้อมูล

บทสรุป

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมด คงสามารถมองเห็นภาพการทำงานของกระบวนการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล MODBUS ได้ดีพอสมควร ซึ่งจะเห็นได้ว่า MODBUS เป็นโปรโตคอลที่ไม่ซับซ้อน มีความยืดหยุ่นสูง โดยสามารถนำไปใช้กับระบบสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิด ซึ่งก็คือคุณสมบัติของความเป็นระบบเปิด และเปิดโอกาสให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถสื่อสารด้วย MODBUS สามารถพัฒนาฟังก์ชั่นพิเศษต่างๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นจุดขายที่แตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งได้อีกด้วย และด้วยจุดเด่นต่างเหล่านี้ ทำให้ MODBUS ยังคงเป็นโปรโตคอลยอดนิยมที่ยังไม่ล้าสมัย ดังเช่นโปรโตคอลในภาคอุตสาหกรรมบางตัว

Energy Meter Protocol

Protocol Overview

The basic ModBus RTU protocol is shown below.

Start	Address	Function	Data	CRC	End

- Start is a delay time of at least 3.5 characters.
- The address is 1...247, where 0 is a broadcast address.
- Function is the type of operation to perform. The Mk6 meter only responds to function code 3 (ie. register 40001 - 49999).
- Data is the starting register address followed by the number of register addresses to read. This is only for the function code 3
- CRC is a simple LRC and the end is a delay of 3.5 characters.

The ModBus protocol has some limitations. Reading of ModBus registers are based on 16 bit words. Since the majority of the meters registers are 32 bits the meter software will utilise 2 ModBus addresses. Therefore your software will need to be able to accommodate for this limitation.

For more information see Modicon.

A good ModBus test program to use called ModScan32 which is available from the WinTech website www.win-tech.com.

The Genius Mk6 meter accepts valid ModBus messages with function code 3- Read Holding Register. The register address ranges from 0001 to 9999 which corresponds to 40001 to 49999. Each register address represents a 16 bit word (2 bytes), so to read a float (4 bytes) requires 2 registers.

When a request is received the meter will translate that register address into an internal EDMI register.

Each ModBus register address refers to a 16 bit word (2 bytes). When reading other data types, like floating point numbers that are 32 bits (4 bytes) wide, there is no standard. ModBus is big-endian, MSB transmitted first, but the 32 and 64 bit numbers are undefined. Most ModBus reading programs have a big-endian or little-endian option, although not all do. To cope with this, the meter also has a big-endian / little-endian option.

Default ModBus for Mk6 Genius

The default setting of ModBus for MK6 is quite simple since the register mappings are already built into the meter. Figure 1-4 has the list of the default ModBus address mappings used by the Mk6 Genius.

Read Address	MODBUS Address	MODBUS Size	Meter Register	Options	Description
9002	9001	2	E000	1	Phase A Voltage
9004	9003	2	E001	1	Phase B Voltage
9006	9005	2	E002	1	Phase C Voltage
9008	9007	2	E010	1	Phase A Current
9010	9009	2	E011	1	Phase B Current
9012	9011	2	E012	1	Phase C Current
9014	9013	2	E020	1	Phase angle of A Phase
9016	9015	2	E021	1	Phase angle of B Phase
9018	9017	2	E022	1	Phase angle of C Phase
9020	9019	2	E030	1	Phase A Watts
9022	9021	2	E031	1	Phase B Watts
9024	9023	2	E032	1	Phase C Watts
9026	9025	2	E040	1	Phase A vars
9028	9027	2	E041	1	Phase B vars
9030	9029	2	E042	1	Phase C vars
9032	9031	2	E050	1	Phase A VA
9034	9033	2	E051	1	Phase B VA
9036	9035	2	E052	1	Phase C VA
9038	9037	2	E060	1	Frequency
9040	9039	2	E023	1	Angle between VTA and VTB
9042	9041	2	E024	1	Angle between VTA and VTC
9044	9043	2	E025	1	Power factor

Figure 1-4 Default Mk6 Genius Register Mapping

Let's now look at how it works when the software reads a particular register in the meter. Just say for example that the software using ModBus wants to read phase A voltage. The default mapping will map the Phase A Voltage register E000 to the ModBus Address 9001. Since ModBus is limited to 16 bit words for data and the voltage is stored as a 32 bit float, the meter will use **two** ModBus addresses to capture the data. That is why you will notice that in the list of mappings that only every second ModBus address is used. The following ModBus address of a mapping should NOT be used since it is word (16 bit) aligned.

The software however will require special handling of this type of 32 bit data. In the ModScan32 test software the data must be set as **Swapped FP**. This will align the data and format it into a floating point number before displaying it on the screen.

It is important to note that for the default mapping of say 9001, the actually ModBus address to be read in the software is 49002.

ภาคผนวก ช.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ICCAS '04
Welcome Message
Conference Organization
Conference Information
Sponsors
Table of Contents
Author Index
Search This CD-ROM
Exit
ICCAS 2004
2004 International Conference on Control, Automation and Systems
August 25-27, 2004
The Shangri-La Hotel, Bangkok, Thailand
ICASE
http://www.kmitl.ac.th
http://www.iccas.org
SICE
CAA
AAI
ECTI

ICCAS2004 August 25-27, The Shangri-La Hotel, Bangkok, THAILAND

Development of PLC networking for communication with mobile phones

Jirawan Tasapark and Worapong Tangsrirat

Department of Control Engineering, Faculty of Engineering and
Research Center for Communication and Information Technology (ReCCIT),
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
(E-mail: jirawanta@ap.omron.com , ktworapo@kmitl.ac.th)

Abstract : This paper presents the programmable logic controller (PLC) networking development for communication with the mobile phone. The proposed technique is suitable for remote sensing control systems, which can display the operation status and monitoring fault diagnosis of a system. The system operation is based on the use of personal computer (PC) to logically analyze data from PLC, and existing internet protocol for sending information messages to mobile phones.

Keywords : Programmable Logic Controller (PLC), automatic control system, remote sensing system

1. INTRODUCTION

Presently, a programmable logic controller (PLC) is widely used in many applications such as process control systems, instrumentation and measurement systems, especially in automatic control systems. The PLC-based automatic control system can offer the automation system that can be controlled remotely by using the remote I/O terminal to communicate with each area (node). Moreover, the PLC networking requires only 2- or 4-conductor signal cables for connecting and exchanging data with FA devices, such as PCs, or IT devices, such as personal computers. This means that the system greatly reduces wiring work, installation effort, and time for system maintenance and expansion. Recently, wireless automation systems have much received the attention. This is due to the fact that they are low cost to get started, easy to expand, and suitable for a variety of production styles, such as to control production in individual cells in cell manufacturing.

Therefore, the development of the PLC-based control system for wireless automation in mobile phone networks is proposed in this paper. The proposed technique can identify the system operation fault and report the operating status to the mobile phone via SMS text messages. The simulation of liquid level control system is designed and constructed in order to confirm the validity of the proposed control technique. The experimental results show that the obtained system becomes a wireless automation control system, which can remotely monitoring the system operating status through mobile phones. Finally, the proposed technique is also expected to be useful in a wide-covering wireless automation systems.

2. BASIC SYSTEM CONFIGURATIONS

The basic system configuration for communications with the PLC network is shown in Fig.1. With using PLC links, the system operation can be divided into three network levels, i.e., component network, controller network, and information network. For the component network communication levels, the PLC is used to control and connect the various control components, such as digital I/O module, analog I/O module, temperature controller, servo driver and bar code reader, via the DeviceNet network. The DeviceNet supports IT devices such as, personal computers (PCs) to access control devices setting and to reduce work hours. The controller network level provides a gateway that easily exchanges data between FA devices, such as PLCs, and IT devices through Ethernet. The information network is the top level of communications. This allows sending PLC's data to the server, and also enables a PC in the head office, remote office, home, or on business trips, to monitor the system in operation and the settings of each device, therefore easily allowing the centralized monitoring of the network. This decreases the setup time of the system, allows improvements in system expandability, and provides ease of system maintenance.

A possible application for telecommunications based on the basic PLC network communication of Fig.1 can be shown in Fig.2. In this case, the protocol support tool is composed of middle ware, active X control and gateway, which is the software for creating a procedure or protocol for sending and receiving data to or from general-purpose external devices through RS-232C or RS-485/422. A protocol consists of a set of communications sequences that constitutes several steps and allows the user to iterate, branch, or end these steps according to the result of the process. The PC function as a server connected to an internet explorer for accessing mobile phone database.

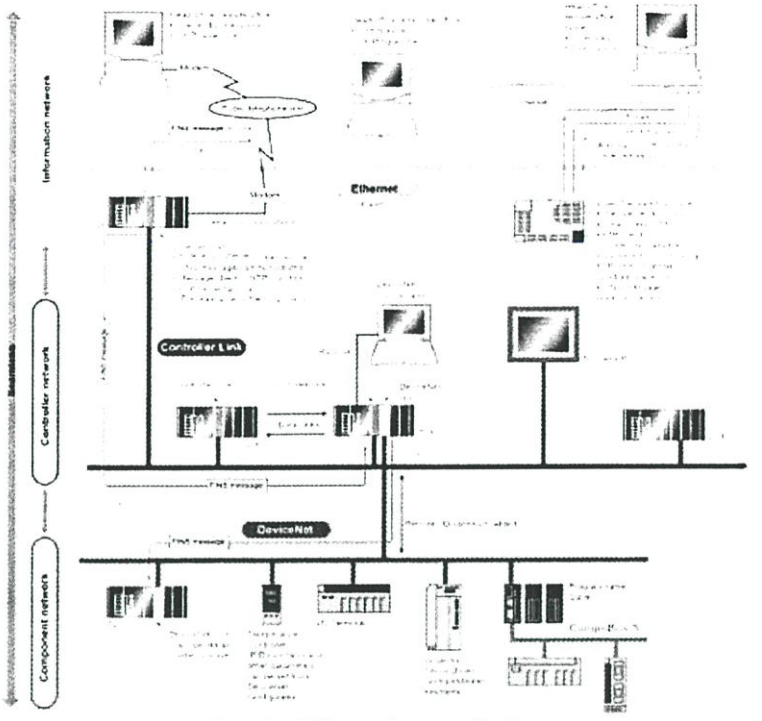


Figure 1 : PLC network communications

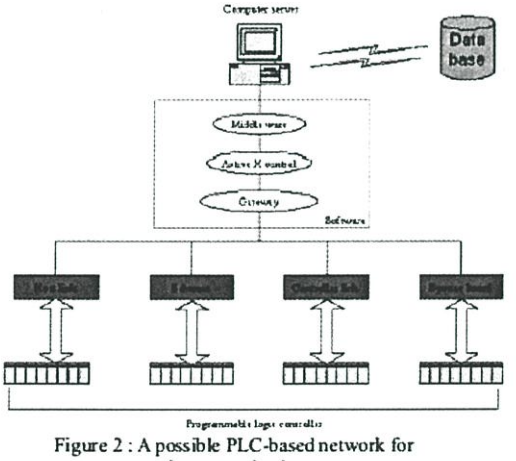


Figure 2 : A possible PLC-based network for telecommunications

3. PROPOSED PLC NETWORKING SYSTEM

In order to enable a PC in the system to monitor the system operation and the settings of each device, the DeviceNet (CompoBus) network configuration shown in Fig.3 is used [1]. The DeviceNet, developed by Allen-Bradley, Inc. of the U.S.A., is an open field network that can connect to a wide range of I/O lines, analog signal line and communication lines (e.g., RS-232C and RS-422). The DeviceNet is a multi-bit, multi-vendor network that combines controls and data on a machine/line-control level. Two types of communications are supported: 1) remote I/O communications that automatically transfer between slaves and the CPU unit without any special programming in the CPU unit, and 2) message communications that read/write messages, control operation, or perform other functions for master units, CPU units to which a master unit is mounted, or slaves. Message communications are achieved by executing specific instructions from the program in the CPU unit. This allows the DeviceNet network to be used as a common bus to unify control while reducing wiring.

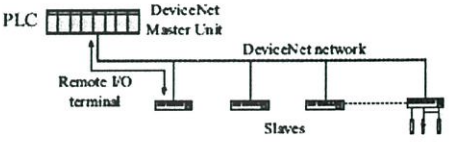


Figure 3 : DeviceNet network configuration

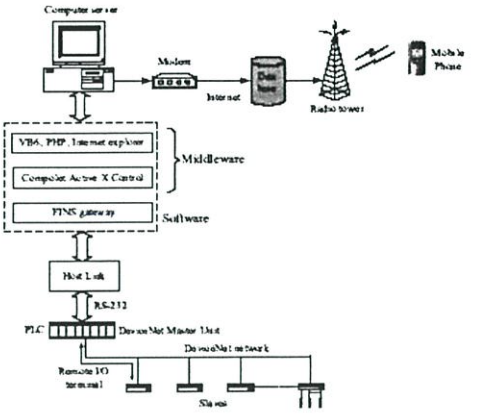


Figure 4 : Proposed PLC networking system

According to the basic concept of the system configuration of Fig.2 by employing DeviceNet network, the proposed PLC networking development system for communicating with mobile phones, which is suitable for the remote sensing control system, can be shown in Fig.4. A computer server used in this system functions as a central processing unit for sending, receiving and monitoring data from system operation, as well as connecting to an internet explorer. For the communication between PLC and computer server, the host link protocol is employed via RS-232 serial cable, and using the FINS gateway as a software driver [2-3]. The Compolet program, which is an active X control, is the command format for the sending or receiving commands from PLC [4-5]. For the middle-ware, it consists of Visual Basic 6 (VB6), PHP Hypertext Preprocessor (PHP) together with internet explorer. VB6 will maintain the PLC data using command format form Compolet active x control program, and send to PHP, which processes for the web server. By using the internet explorer, the processing results from PHP are then sent the status of the system operation to the mobile phone through the web browser.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

In order to verify the control operation of the proposed PLC networking system for wireless automation in mobile phone networks, the liquid-level control system depicted in Fig 5 is used as a system under control. In this configuration, the configurator is a software application, VB6, running on a PC that operates as one node in the DeviceNet (Compobus) network, allowing message communications between PC and internet database. When the PB-START is pressed, the motor pump will be operated and the green lamp will also be "ON". In the other hand, if the PB-STOP is pressed, then the red lamp will be "OFF" indicating the stop operation of motor pump, where the level of the liquid in the tank is detected by using level sensor.

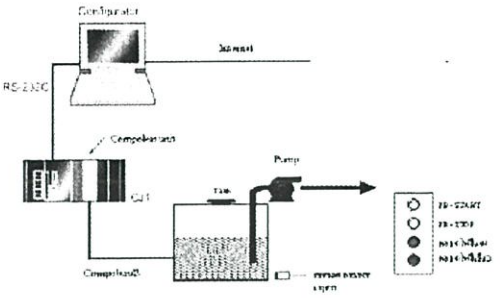


Figure 5 : Liquid-level control system using DeviceNet network

Referring to the DeviceNet network configuration of Fig.3, the node numbers of the input/output slave must be set up. The beginning word is begun at address 2000, 16 bits/address, listed as the ladder commands below.

Address output slave node: 0	2000.00	Motor pump
	2000.01	Lamp red
	2000.02	Lamp green
	2000.08-2000.15	Input slave error flags
Address output slave node: 1	2004.00	PB-START
	2004.01	PB-STOP
	2004.02	Level-liquid sensor
	2009.08-2009.15	Output slave error flags

Fig.6 illustrates VB6 editor PC program configured the control application for monitoring PLC status and sending PLC data to the mobile phone. In the experimental, if the system has a fault diagnosis or the system cannot operate properly. The operating status of the PLC will be sent to the mobile phone through internet system by VB6 program. The VB6 user interface screens showing the resulting operation of the system are shown in Figs.7 and 8, respectively.

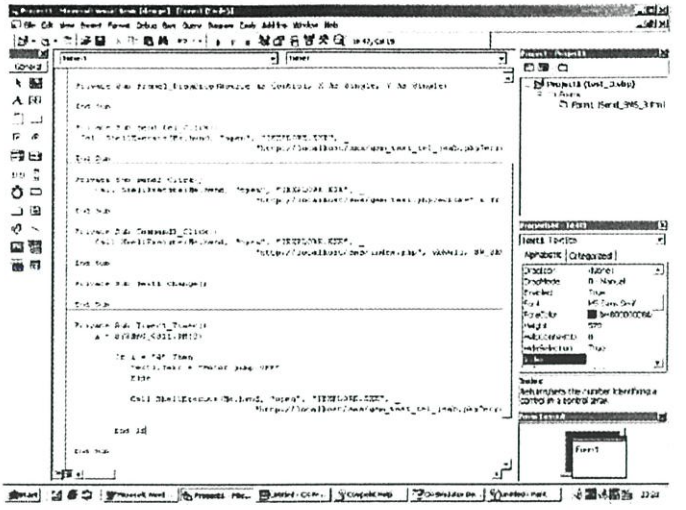


Figure 6 : VB6 editor PC program

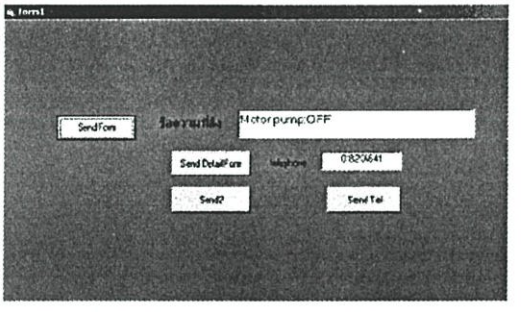


Figure 7 : Sending text message to the mobile phone

Figure 8 : Resulting message after sending

5. CONCLUSIONS

In this paper, the development of the PLC-based network configuration suitable for the wireless communication with mobile phones is proposed. The system configures, transfers, secures, reports and interfaces the text messages of the system operation from the PLC-based networking to mobile phones. Furthermore, the proposed system is also expected to be useful in a wide range of wireless automation applications such as, machine and device controls and remote monitoring, pumping and water handing applications, energy and network controls, measuring and SCADA type remote controls, industrial and building and vehicle automation.

REFERENCES

[1] Omron Corporation, "DeviceNet (CompoBus/D) Operation Manual", Cat. No. W267-E1-6, October 2000.

[2] Omron Corporation, "FINC Commands Reference Manual", Cat. No. W227-E1-1, June 1993.

[3] Omron Corporation, "Fins Gateway V3.12 User's Manual", December 2001.

[4] Omron Corporation, "Protocol Support Tool SYSMAC-PST Operation Manual", Cat. No. W319-E1-1, August 1997.

[5] Omron Corporation, "SYSMAC Compolet Version 2 Reference Manual", 1997-1999 (http://www.plcsoft.ne.jp/soft/Eng/Support/Compolct/).

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจิราวรรณ ทะสะภาค
วัน เดือน ปีเกิด	15 มกราคม 2522
ที่อยู่	120/34 หมู่ที่ 5 ต.ปากเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	สำเร็จปีการศึกษา 2544 หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ.2544-2545	ตำแหน่งวิศวกร บริษัทแอนนาดิจิทกรุ๊ป จำกัด
พ.ศ.2545-ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกร บริษัทออมรอนอีเลคทรอนิคส์ จำกัด