การพัฒนาระบบการให้บริการสถานีอัจฉริยะ

DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM

เจตนิพัทธ์ วิทยาวงศรุจิ
JETNIPAT WITTHAYAWONGSARUJI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาระบบการให้บริการสถานีอัจฉริยะ

DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM

เจตนิพัทธ์ วิทยาวงศรุจิ

JETNIPAT WITTHAYAWONGSARUJI

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b 12885460
i

สมทมู
เลขทะเบียน 149415
วัน เดือน ปี 7 มี.ค. 2561

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM

JETNIPAT WITTHAYAWONGSARUJI

THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาระบบการให้บริการสถานีอัจฉริยะ
Thesis Title	Development of Smart Service Substation System
ชื่อนักศึกษา	นายเจตนิพัทธ์ วิทยาวงศรุจิ รหัสนักศึกษา 56010217
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา	2559

(.....)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาระบบการให้บริการสถานีอัจฉริยะ
Thesis Title	DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM
ชื่อนักศึกษา	นายเจตนิพัทธ์ วิทยาวงศรุจิ รหัสนักศึกษา 56010217
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาระบบการให้บริการภายในสถานีให้สามารถทำงานและสามารถจัดการกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยอัตโนมัติ การออกแบบการทำงานร่วมกันของระบบสกาดาและระบบบริหารจัดการและควบคุมสถานี โดยนำโปรโตคอล MODBUS RTU โปรโตคอล IEC-60870-5-104 มาใช้งานและควบคุมระบบทั้งหมดผ่านซอฟต์แวร์ของระบบสกาดา ซึ่งแสดงการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุม โดยได้แบ่งการทดลองเป็นการทำงานของระบบสกาดาและระบบบริหารจัดการและควบคุมสถานี หน้า GUI ของซอฟต์แวร์ควบคุม และทดสอบการทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะ จากการทดสอบพบว่าการทำงานของระบบต่าง ๆ สามารถทำงานได้ครบถ้วนตามที่ได้ออกแบบ และหน้า GUI สามารถแสดงผลค่าที่รับเข้ามา รวมไปถึงสามารถสั่งงานอุปกรณ์ภายในระบบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM
Student	Mr.Jetnipat Witthayawongsaruji Student ID. 56010217
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Information Engineering
Department	Computer Engineering
Academic Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Boonchana Purahong

ABSTRACT

This thesis presents the development of service systems inside of substation to be able to work and handle any incident that occurs automatically. The interoperability design of SCADA systems and the building management system by using MODBUS RTU protocols and IEC-60870-5-104 protocols to control all of the systems through the software of the SCADA and the system will alert on the supervisor's screen. Which the experiments will be divided into the functioning test of the SCADA systems and the building management systems, GUI page of controlled software and automation functioning test of the systems. From the experiments found the systems have a fully and completely functional as designed, GUI pages can display the value including the ability to command the equipment inside the system correctly and accurately.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จรุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ และพี่ไอศูรย์ กาญจนสุรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณพี่ภูมิพงศ์ อินทรักษาและพี่ปริญญาโท พี่ปริญญาเอกที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่กรุณาเป็นพี่ที่ปรึกษาคอยชี้นำแนวทางการแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ

เจตนิพัทธ์ วิทยาวงศรุจิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงงาน 1

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน.....2

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน.....3

1.5.1 อุปกรณ์ Hardware.....3

1.5.2 โปรแกรม Software.....3

1.6 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้.....5

2.1 ระบบสกาดา.....5

2.2 ระบบการจัดการอาคาร.....6

2.3 อุปกรณ์ RTU.....7

2.3.1 ส่วนประกอบหลักของ RTU.....8

2.4 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ 9

2.4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.....9

2.4.2 ทฤษฎีภาษา Arduino.....10

2.4.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม RS232.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ....11
2.5 โปรโตคอลในการสื่อสาร....13
2.5.1 โปรโตคอล IEC 60870-5-104....13
2.5.2 โปรโตคอล MODBUS....21
2.6 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง....22
2.6.1 โปรแกรม Arduino....22
2.6.2 โปรแกรม RTUtil500....24
2.6.3 โปรแกรม MicroSCADA Pro....25
2.6.4 โปรแกรม Vinci Protocol Analyze....25

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ....28
3.1 การออกแบบระบบสถานีอัจฉริยะ....28
3.1.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ....28
3.2 การออกแบบระบบสกาดา....29
3.2.1 ระบบภายในระบบสกาดา....30
3.2.2 อินพุต/เอาต์พุตของระบบสกาดา....30
3.3 การออกแบบระบบการจัดการอาคาร....31
3.3.1 ระบบภายในระบบการจัดการอาคาร....31
3.3.2 อินพุต/เอาต์พุตของระบบการจัดการอาคาร....33
3.4 การออกแบบการทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะ....34
3.4.1 ระบบสำรองไฟของบัสบาร์....34
3.4.2 ระบบสำรองไฟให้กับสถานี....35
3.4.3 ระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้....36
3.5 การออกแบบ GUI ของระบบสถานีอัจฉริยะ....36
3.5.1 หน้า GUI ของระบบภายในระบบสถานีอัจฉริยะ....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 41

4.1 ระบบการจัดการอาคาร 41

4.1.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบ 41

4.2 ระบบสกาดา 42

4.2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบ 43

4.3 หน้าโปรแกรมของระบบสถานีอัจฉริยะ 45

4.3.1 การใช้งานหน้า GUI 46

4.3.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบ 47

4.4 การทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะ 50

4.4.1 ระบบสำรองไฟของบัสบาร์ 50

4.4.2 ระบบสำรองไฟให้กับสถานี 51

4.4.3 ระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้ 51

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 52

5.1 บทสรุปโครงงาน 52

5.2 อุปสรรค 52

เอกสารอ้างอิง 53

ภาคผนวก ก Poster ผลงาน 55

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม MicroSCADA Pro 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงานตลอดปี 3
ตารางที่ 2.1 ประเภทอินพุต/เอาต์พุตของ RTU 8
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของ Arduino Mega 2560 10
ตารางที่ 2.3 ASDU Type Identifications สำหรับการมอนิเตอร์ 18
ตารางที่ 2.4 ASDU Type Identifications สำหรับการควบคุม. 19
ตารางที่ 2.5 ASDU Type Identifications สำหรับการแลกเปลี่ยนไฟล์ 20
ตารางที่ 2.6 ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในโปรโตคอล MODBUS 22
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบสกาดา 30
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบการจัดการอาคาร 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 การทำงานของระบบภายในโครงงาน....2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบสกาดา....5
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างระบบการจัดการอาคาร....6
รูปที่ 2.3 ตัวอย่าง Remote Terminal Unit....7
รูปที่ 2.4 บอร์ด Arduino Mega 2560....9
รูปที่ 2.5 โมดูล Max3232....11
รูปที่ 2.6 เซ็นเซอร์วัดอุณภูมิและความชื้น DHT22....12
รูปที่ 2.7 ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์....12
รูปที่ 2.8 รูปแบบสถาปัตยกรรมที่วไปของ IEC 60870-5-104....14
รูปที่ 2.9 โครงสร้างโปรโตคอล IEC 60870-5-104....15
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างของรูปแบบ TCP/IP โปรโตคอลที่ใช้ในมาตรฐาน RFC2200....15
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ Application Protocol Control Information....16
รูปที่ 2.12 Numbered Information Transfer (I Format)....16
รูปที่ 2.13 Numbered Supervisory Functions (S Format)....16
รูปที่ 2.14 Unnumbered Control Function (U Format)....17
รูปที่ 2.15 โครงสร้างของ Application Service Data Unit....17
รูปที่ 2.16 รูปแบบการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอล MODBUS....21
รูปที่ 2.17 รูปแบบเฟรมของโปรโตคอล MODBUS....22
รูปที่ 2.18 ฟังก์ชัน setup()....23
รูปที่ 2.19 ฟังก์ชัน loop()....24
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรม RTUtil500....24
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการทำงานของโปรแกรม MicroSCADA Pro....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.22 หน้าจอ Setting ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze....26
รูปที่ 2.23 หน้าจอ Console ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze....26
รูปที่ 2.24 หน้าจอ Event ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze....27
รูปที่ 2.25 หน้าจอ Statistic ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze....27
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบสถานีอัจฉริยะ....28
รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบสกาดา....29
รูปที่ 3.3 ภาพรวมของระบบการจัดการอาคาร....31
รูปที่ 3.4 Schematic Design ของระบบแสงสว่าง....32
รูปที่ 3.5 Schematic Design ของระบบอุณหภูมิ....32
รูปที่ 3.6 Schematic Design ของระบบบันไดเลื่อน....33
รูปที่ 3.7 Flowchart ระบบสำรองไฟของบัสบาร์....35
รูปที่ 3.8 Flowchart ระบบสำรองไฟให้กับสถานี....35
รูปที่ 3.9 Flowchart ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้....36
รูปที่ 3.10 หน้า Graphic User Interface....37
รูปที่ 3.11 หน้าแสดงรายการ....37
รูปที่ 3.12 หน้าแสดงสัญญาณเตือน....37
รูปที่ 3.13 ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี....38
รูปที่ 3.14 ระบบอัคคีภัย....38
รูปที่ 3.15 ระบบบันไดเลื่อน....39
รูปที่ 3.16 ระบบแสงสว่าง....39
รูปที่ 3.17 ระบบอุณหภูมิ....40
รูปที่ 4.1 สถานะปัจจุบันของระบบการจัดการอาคารผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze....41
รูปที่ 4.2 การเปิดปิดไฟภายในสถานี....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 สถานะคำสั่งในหน้า Events เมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน 42
รูปที่ 4.4 สถานะคำสั่งในหน้า Console เมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน....42
รูปที่ 4.5 สถานะปัจจุบันของระบบสกาดาผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze 42
รูปที่ 4.6 สถานะปัจจุบันของระบบสกาดาผ่าน Web Function ของ RTU....43
รูปที่ 4.7 สถานะอุปกรณ์ของระบบการจัดการอาคารผ่านระบบสกาดา 43
รูปที่ 4.8 สถานะของอุปกรณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผ่านหน้าจอ Console 44
รูปที่ 4.9 สถานะของอุปกรณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผ่านหน้าจอ Events 44
รูปที่ 4.10 การสั่งงานอุปกรณ์ของระบบจัดการอาคารผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze 44
รูปที่ 4.11 การสั่งงานอุปกรณ์ของระบบจัดการอาคารผ่าน Web Function ของ RTU 45
รูปที่ 4.12 หน้า GUI ของระบบสถานีอัจฉริยะ....45
รูปที่ 4.13 หน้าแสดงรายการของระบบสถานีอัจฉริยะ 46
รูปที่ 4.14 หน้าแสดงสัญญาณเตือนของระบบสถานีอัจฉริยะ 46
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างสถานะปัจจุบันของระบบสถานีอัจฉริยะ 47
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างการสั่งงานอุปกรณ์ในระบบสถานีอัจฉริยะ 47
รูปที่ 4.17 การตัดการจ่ายไฟให้กับสถานีต่อไป 48
รูปที่ 4.18 หน้ารายการแสดงผลเมื่อตัดการจ่ายไฟ 48
รูปที่ 4.19 กรณีสั่งงานบันไดเลื่อนให้เลื่อนลง 48
รูปที่ 4.20 หน้ารายการแสดงผลเมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน 49
รูปที่ 4.21 กรณีอุณหภูมิกว่าที่กำหนด....49
รูปที่ 4.22 หน้าแสดงสัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนด 49
รูปที่ 4.23 หน้า GUI เมื่อระบบสำรองไฟของบัสบาร์ทำงาน 50
รูปที่ 4.24 หน้าแสดงรายการเมื่อระบบสำรองไฟของบัสบาร์ทำงาน....50
รูปที่ 4.25 หน้า GUI เมื่อระบบสำรองไฟให้กับสถานีทำงาน 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.26 หน้าแสดงรายการเมื่อระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ทำงาน 51
รูปที่ ก.1 Poster ผลงาน.....56
รูปที่ ข.1 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม SYS600_93_FP1a.exe.....58
รูปที่ ข.2 หน้าจอต้อนรับเมื่อเริ่มติดตั้งโปรแกรม 59
รูปที่ ข.3 หน้าจอแสดงรายละเอียดการติดตั้งโปรแกรม 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

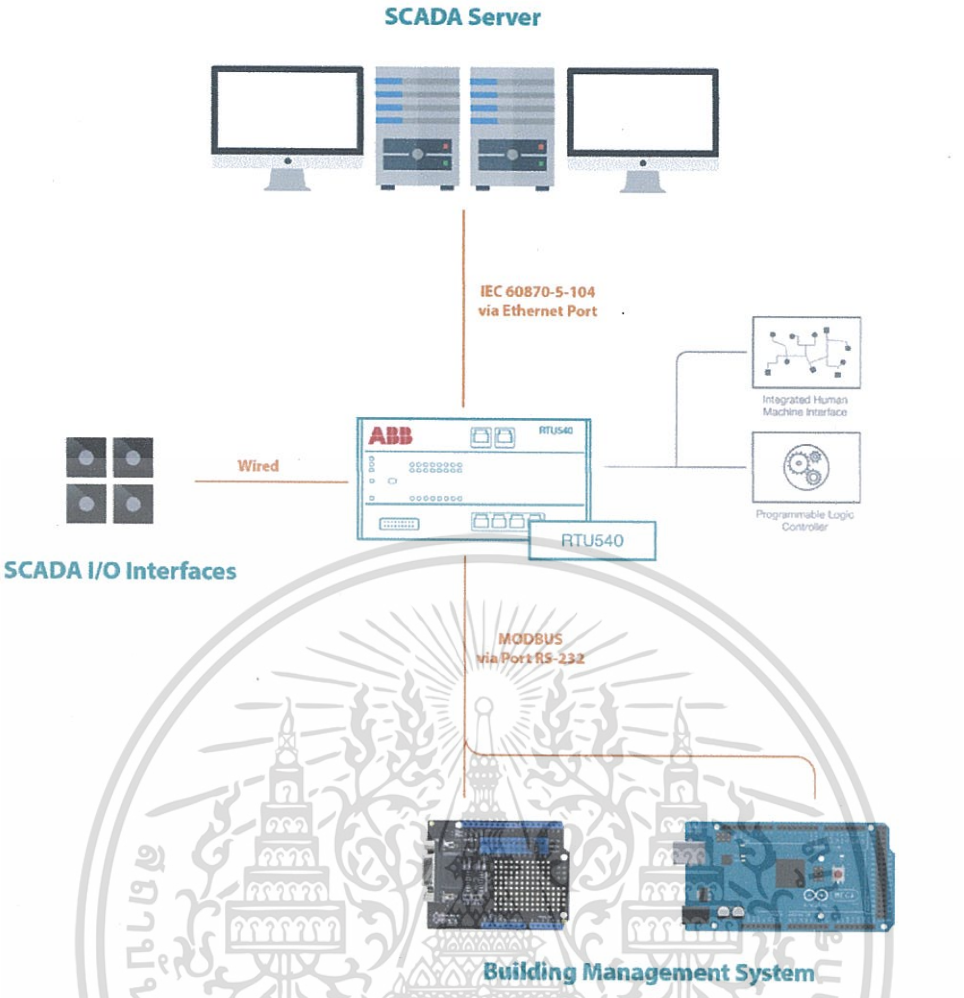
ในปัจจุบันระบบรางในประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการนำเอาเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น ระบบสกาดา (Supervisory Control And Data Acquisition: SCADA) ระบบการจัดการอาคาร (Building Management System: BMS) ระบบเสียงประกาศสาธารณะ (Public Address System: PA) และอื่นๆ แต่ระบบที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีการทำงานที่ไม่เชื่อมต่อกัน ทำให้ประสิทธิภาพการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นลดลง อีกทั้งต้องใช้บุคคลากรในการบำรุงรักษาระบบจำนวนมาก จึงได้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์เพื่อพัฒนาระบบในปัจจุบันให้สามารถทำงานร่วมกันโดยมีประสิทธิภาพสูงสุดและตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างอัตโนมัติ

ดังนั้นในโครงงาน "การพัฒนาระบบการให้บริการสถานีอัจฉริยะ" จะพัฒนาระบบสกาดาและระบบการจัดการอาคาร ให้สามารถทำงานร่วมกันและตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้ระบบสกาดาเป็นระบบหลักในการจัดการ โดยโครงงานนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบที่ให้บริการในปัจจุบันได้ในอนาคตและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการใช้งานอื่นได้ไม่จำกัดเพียงแค่ระบบราง

1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของปริญญานิพนธ์

ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการทำงานร่วมกันของระบบสกาดาและระบบการจัดการอาคาร โดยพัฒนาให้ระบบทั้งหมดสามารถควบคุมและติดตาม (Monitoring) ได้ผ่านระบบสกาดา ซึ่งประกอบไปด้วยระบบต่างๆ ภายในระบบสกาดาและระบบการจัดการอาคาร โดยอุปกรณ์ของแต่ละระบบจะเชื่อมต่อกับระบบสกาดาผ่าน Interface Equipment เพื่อให้ระบบสกาดาสามารถควบคุมระบบต่างๆ ภายในสถานีได้ เช่น ระบบไฟฟ้าภายในสถานี ระบบบันไดเลื่อน ระบบเตือนภัย เป็นต้น โดยมีภาพรวมการทำงานดังรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 การทำงานของระบบภายในโครงงาน

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1 เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานร่วมกันของระบบต่างๆ ภายสถานี

2 เพื่อเป็นแนวทางการลดทรัพยากรมนุษย์ในการดูแลระบบในสถานี

3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและตอบสนองต่อเหตุการณ์ของระบบต่างๆ ภายในสถานี

4 เพื่อนำมาตรฐานมาประยุกต์ใช้กับระบบรางในประเทศไทย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1 ศึกษาเกี่ยวกับระบบสกาดาและระบบการจัดการอาคาร

2 ศึกษาแนวโนมการทำงานร่วมกันของระบบภายในสถานีรถไฟฟ้า

3 ออกแบบโมเดลจำลองของระบบระบบสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ออกแบบการเชื่อมต่อของระบบต่างๆ ภายในสถานี

5 เขียนคำสั่งตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ควบคุม

6 เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบสกาดา

7 ทำการทดสอบโปรแกรมกับโมเดลจำลอง

8 จำลองเหตุการณ์เพื่อทดสอบการตอบสนองต่อเหตุการณ์อย่างอัตโนมัติของระบบ

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

1.5.1 อุปกรณ์ Hardware

- Remote Terminal Unit 1 ตัว
- Arduino Mega 2560 1 ตัว
- Max3232 Module 1 ตัว
- DHT22 Sensor 3 ตัว
- DC Motor 1 ตัว
- LED diode 25 ตัว
- Circuit Switch 13 ตัว

1.5.2 โปรแกรม Software

- Vinci Protocol Analyze
- RTUtil500
- Atom
- MicroSCADA Pro

1.6 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงงาน

ในโครงงานมีระยะเวลาการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงานตลอดปี

No	การดำเนินงาน	2016					2017				
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	เสนอโครงงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงานตลอดปี (ต่อ)

No	การดำเนินงาน	2016					2017				
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
2	ศึกษาระบบสกาดา										
3	ศึกษามาตรฐานของระบบภายในสถานี										
4	ศึกษาการทำงานร่วมกันของระบบภายในสถานี										
5	ออกแบบระบบ BMS										
6	ออกแบบการเชื่อมต่อของระบบภายในสถานี										
7	ออกแบบตาราง Process Table										
8	จำลองระบบ BMS										
9	เขียนคำสั่ง Config RTU										
10	เชื่อมต่อระบบ BMS เข้ากับระบบสกาดา										
11	ศึกษาการใช้งานโปรแกรม MircroSCADA Pro										
12	เขียนคำสั่งเพื่อจัดการกับเหตุการณ์										
13	ทดลองสั่งงานผ่านโปรแกรม										
14	จำลองเหตุการณ์เพื่อให้ระบบตอบสนอง										
15	ตรวจสอบปัญหาและแก้ไข										
16	ทำการทดลองขั้นตอนที่ 13 และ 14										
17	สรุปผลการทดสอบระบบ										

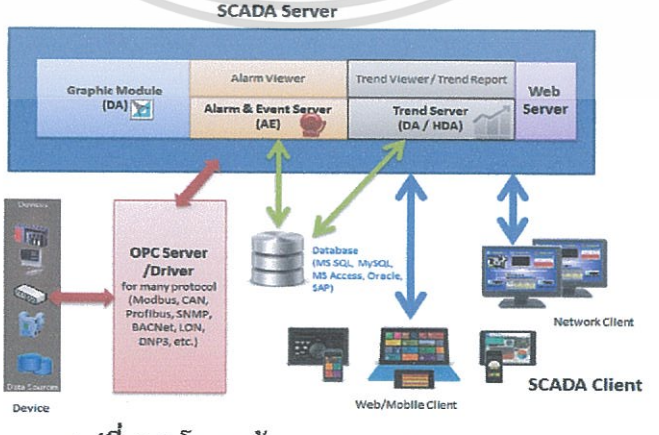
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 ระบบสกาดา [1]

ระบบสกาดาหรือ SCADA นั้นย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบระบบเวลาจริง (Real-time system) ใช้ในการตรวจสอบสถานะ ตลอดจนควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่างๆ เช่น งานด้านโทรคมนาคม การสื่อสาร การประปา การจัดการด้านพลังงาน อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์และการขนส่ง ฯ

นอกจากนั้นระบบสกาดายังสามารถทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ (Hardware) ต่างๆ เช่น PLC (Programmable Logic Controller) อุปกรณ์ควบคุม (Controller) DCS (Differential Scanning Calorimetric) RTU (Remote Terminal Unit) แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอมอนิเตอร์ (Monitor) หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์สูงเกินพิกัดให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้น เป็นต้น โดยจะสั่งงานผ่านอุปกรณ์ควบคุมที่ติดต่ออยู่ ทั้งนี้ระบบสกาดาสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงานหรือโปรแกรมอื่นๆ สามารถนำไปใช้งานได้ ระบบสกาดานั้นเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูลหรือควบคุมระบบต่างๆ จากส่วนกลางเพื่อการทำงานของระบบรวมที่สัมพันธ์กันทำให้มองเห็น ภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบสกาดา

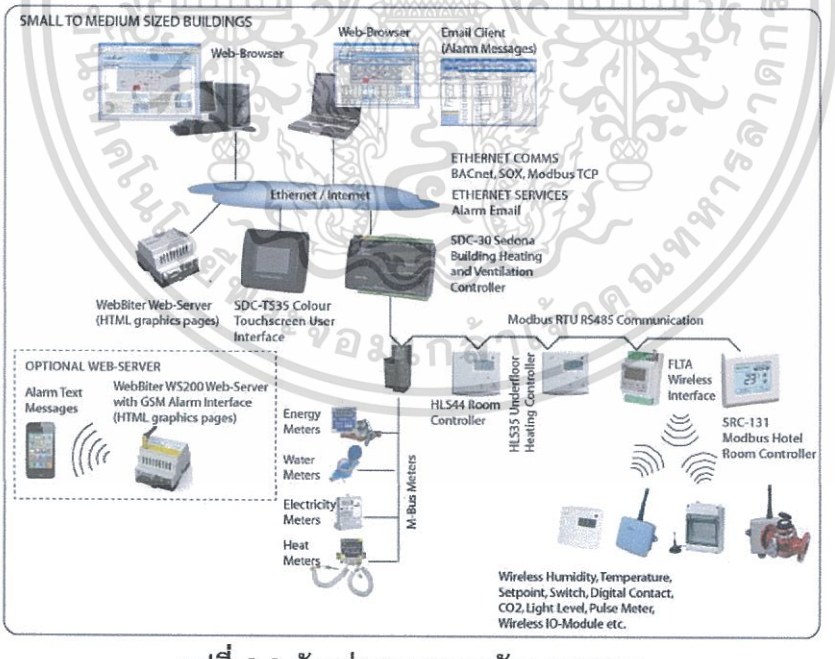
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/b1LXj6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสกาดาในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร ควบคุมและประมวลผลข้อมูลจากอินพุต/เอาต์พุต (Input/output) ของอุปกรณ์และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการใหม่ๆ ของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา

2.2 ระบบการจัดการอาคาร [2]

ระบบการจัดการอาคารหรือ BMS นั้นย่อมาจาก Building Management System เป็นระบบควบคุมที่สามารถตรวจสอบและบริหารจัดการอุปกรณ์ได้ เช่น ระบบทำความร้อนและเครื่องปรับอากาศ ระบบบันไดเลื่อน ระบบลิฟต์ ฯ เป็นต้น สำหรับระบบการจัดการอาคารโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์ (Software) ที่มีฐานข้อมูลและเซ็นเซอร์ (Sensor) ที่เชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งเซ็นเซอร์จะทำการรับข้อมูลจากสภาวะแวดล้อมแล้วส่งต่อไปยังห้องควบคุม ถ้าเซ็นเซอร์ส่งข้อมูลที่อยู่นอกเหนือเงื่อนไขที่กำหนดไว้ระบบจะส่งสัญญาณ (Alarm) ไปยังหน้าจอของซอฟต์แวร์ควบคุม นอกจากนี้ระบบการจัดการอาคารสามารถติดตั้งแบบเป็นระบบเดี่ยว (Standalone) หรือทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ของระบบตรวจสอบอื่นๆ ได้เช่น ระบบสกาดา โดยกำหนดโปรโตคอล (Protocol) สำหรับสื่อสารระหว่าง 2 ระบบ ดังรูปที่ 2.2

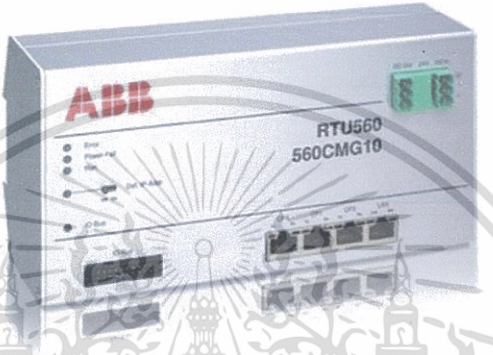


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างระบบการจัดการอาคาร
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/G4BNa2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์ RTU [3]

RTU นั้นย่อมากจาก Remote Terminal Unit เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างสัญญาณทางไฟฟ้าของงานอุตสาหกรรม โดยผ่านอินพุต/เอาต์พุตแล้วนำข้อมูลมาประมวลผล บันทึกและส่งต่อให้กับระบบสกาดา DCS Data Logger ต่อไป โดยปกติ RTU จะตั้งอยู่ในสถานที่ห่างไกลกับห้องควบคุมส่วนกลาง (Control Room) ดังนั้น RTU จึงรองรับการเชื่อมต่อที่หลากหลาย เช่น RS232 RS485 Ethernet เพื่อที่จะติดต่อกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและส่วนกลางดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่าง Remote Terminal Unit
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/sjz2Pl)

RTU เป็นส่วนหนึ่งของระบบสกาดาที่ถูกติดตั้งอยู่ที่สถานีสนามหรือสถานีตรวจวัดข้อมูล โดย RTU ในระบบสกาดาจะถูกต่อกับเครื่องมือวัดข้อมูลที่ต้องการตรวจวัด และรวบรวมข้อมูลที่สถานีสนาม (Local Station) ทั้งข้อมูลที่เป็นค่าต่อเนื่อง (Analog) หรือข้อมูลสถานะ (Digital) โดยต่ออุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลเข้ากับส่วนอินพุตของ RTU แล้วนำเอาค่าที่ทำการตรวจวัดได้มาทำการประมวลผลและส่งกลับไปแสดงผลที่ศูนย์ควบคุมโดยผ่านระบบสื่อสาร นอกจากนั้น RTU ยังจะต้องรับคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์จากศูนย์ควบคุม โดยต่ออุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมเข้ากับเอาต์พุตของ RTU ซึ่งในการควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมการตรวจวัดข้อมูลหรือเป็นคำสั่งจากศูนย์ควบคุมจะต้องสร้างโปรแกรมในการติดต่อกับส่วนอินพุตเพื่ออ่านค่าที่ตรวจวัดได้และทำการประมวลผลค่านั้นให้ออกมาในรูปที่ต้องการโดยมีข้อกำหนดในการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีสนามกับศูนย์ควบคุมหรือสถานีสนามกับสถานีสนาม โดยผ่านช่องสัญญาณในการสื่อสาร (Communication Port) ของ CPU (Central Processing Unit) ซึ่งโปรแกรมจะถูกเก็บลงใน CPUของ RTU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTU เป็นอุปกรณ์ที่จะถูกจัดอยู่ในส่วนของ Remote Station ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ ส่งไปยังศูนย์กลางของระบบสกาดาโดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- Single Board: อินพุตและเอาต์พุตเป็น Fixed Number ไม่สามารถรองรับการขยายของระบบสมัยใหม่ได้
- Modular Board: สามารถรองรับการขยาย Remote Station ได้

2.3.1 ส่วนประกอบหลักของ RTU

2.3.1.1 Central Processing Unit

หน้าที่หลักคือประมวลผลสัญญาณที่รับมาจาก Filed Instrument โดยสัญญาณที่ได้รับมาจาก Field Instrument จะถูกต่อเข้ากับอินพุต/เอาต์พุตโมดูล (I/O Module) ตามมาตรฐานสัญญาณ เช่น สัญญาณค่าต่อเนื่อง 4 – 20 mA หรือสัญญาณข้อมูลสถานะ On–Off อีกทั้งประมวลผลข้อมูลต่างๆที่ได้รับจากอินพุต/เอาต์พุตโมดูลเพื่อที่จะส่งข้อมูลให้กับศูนย์ควบคุมและทำหน้าที่แปลงคำสั่งจากศูนย์ควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ที่สถานีสนาม รวมไปถึงทำหน้าที่ในการควบคุมระบบการสื่อสารระหว่าง RTU กับศูนย์ควบคุม โดยผ่านพอร์ต (Port) ในการสื่อสารซึ่งพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารนั้น

2.3.1.2 อินพุต/เอาต์พุตโมดูล (I/O Module)

ทำหน้าที่ในการรับและส่งสัญญาณจาก CPU เพื่อส่งไปควบคุมหรืออ่านค่าจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งโมดูล (Module) ออกเป็น 4 ชนิดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทอินพุต/เอาต์พุตของ RTU

Input / Output Module	Sensors
Analog Input	เครื่องมือวัดค่าต่อเนื่อง (4 – 20 mA)
Digital Input	เครื่องมือวัดสถานะ (On-Off)
Analog Output	อุปกรณ์ควบคุม (4 – 20 mA)
Digital Output	อุปกรณ์ควบคุมสถานะ (On-Off)

ในการนำเอา RTU ไปต่อร่วมกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ได้อย่างถูกต้องจะต้องต่ออินพุต/เอาต์พุตโมดูลของ RTU ให้ถูกต้องตรงกับลักษณะของสัญญาณที่ทำการรับหรือส่งระหว่าง RTU กับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมในกระบวนการต่างๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะสัญญาณค่าต่อเนื่องหรือสถานะ

2.3.1.3 ช่องสัญญาณในการสื่อสาร

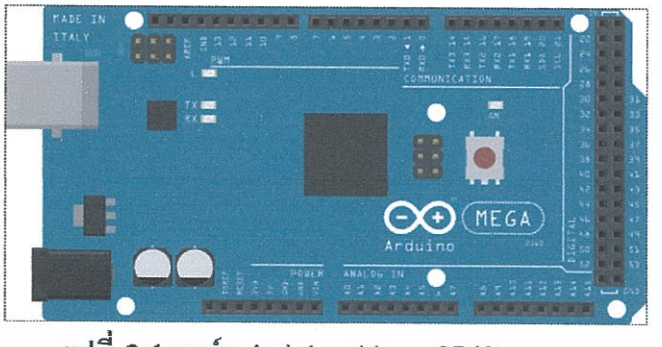
ช่องสัญญาณในการสื่อสารทำหน้าที่เป็นช่องทางในการสื่อสารข้อมูลระหว่าง RTU กับศูนย์ควบคุมหรือ RTU ด้วยกัน และสามารถใช้พอร์ตในการสื่อสารมากกว่า 1 พอร์ต โดยจะต้องกำหนดชนิดของช่องทางในการสื่อสารและรวมถึงการกำหนดโปรโตคอลที่ใช้

2.4 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรส่งสัญญาณเอาต์พุต รวมถึงหน่วยความจำวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำสองคำรวมกันคือ “ไมโคร” ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์เป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก โดยภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียน โปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างเป็นอิสระ

2.4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (Automatic Voltage Regulator) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ประจำบอร์ด โดยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีขา Pins (Personal Identification Number) ทั้งหมด 70 ขาและมีจุดเด่นคือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก แต่พร้อมไปด้วยทรัพยากรพื้นฐานต่างๆ อย่างครบถ้วน จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการใช้งานทั่วไปดังตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 บอร์ด Arduino Mega 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของ Arduino Mega 2560

รายการ	คุณสมบัติ
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage (Logic level)	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (Limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	53.3 mm x 101.52 mm

2.4.2 ทฤษฎีภาษา Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบโอเพนซอร์ส (Open Source) ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการโอเพนซอร์สของ AVR Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายในการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมี การออกคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งแม้ว่า Arduino จะมีรูปแบบการใช้งานคล้ายๆ กับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Basic Step ของ Parallax แต่ก็มีจุดเด่นกว่ารายอื่นคือ

- โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduino สามารถรองรับการทำงานทั้ง Window และ Linux
- รูปแบบคำสั่งง่ายต่อการใช้งาน สามารถนำไปใช้งานกับส่วนที่มีความซับซ้อนมากได้และยังสามารถสร้างคำสั่งรวมถึงไลบรารี (Library) ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น

2.4.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม RS-232[4]

RS-232 เป็นพอร์ตมาตรฐานในการสื่อสารกับอุปกรณ์ทางอุตสาหกรรม RS-232 ย่อมาจาก Recommended Standard-232 (มาตรฐานแนะนำรุ่น 232) เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบพอร์ตอนุกรม (Serial Port) กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือ สมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ใช้กับการสื่อสารแบบจุดต่อจุด โดยใช้สาย

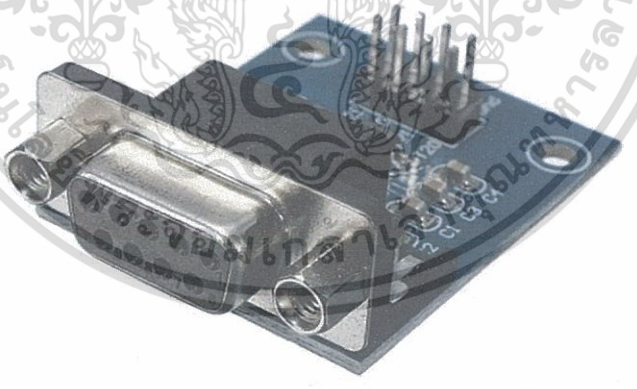
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อ DB แบบ 25 และ 9 เข็ม ที่ไม่ประสานจังหวะระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ลักษณะโดยทั่วไปของการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 คือเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุดซึ่งเดิมทีเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ซึ่งจริงๆ แล้วทั้งสองฝั่งจะเป็นอะไรก็ได้ โดยการสื่อสารเป็นแบบสองทางพร้อมกัน (Full-duplex) โดยอาจใช้สายสัญญาณอื่นร่วมเพื่อทำแฮนด์เชค (Hand-shake) ทั้งนี้มาตรฐาน RS-232 จำกัดความยาวสายไว้ที่ 50 ฟุตหรือประมาณ 15 เมตร สำหรับการส่งสัญญาณที่ความเร็ว 19,200 บิตต่อวินาที โดยที่ความยาวสายจะต้องสั้นลงถ้าต้องการสื่อสารที่ความเร็วสูงขึ้นหรือถ้ามีสัญญาณรบกวนมากๆ

RS-232 มีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆ ด้วยกันคือ

- คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ
- คุณสมบัติทางกลของการเชื่อมต่อ ซึ่งหมายถึงตัวคอนเนคเตอร์นั่นเอง
- หน้าที่การทำงานของวงจรสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล
- มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารเฉพาะอย่าง



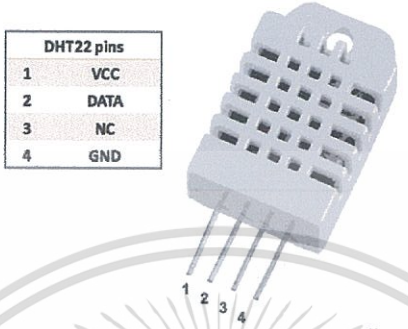
รูปที่ 2.5 โมดูล Max3232
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/lGnCtu)

2.4.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ [5]

อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature & Relative Humidity Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย

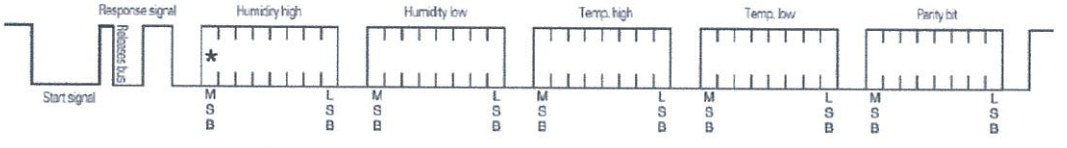
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด การให้ค่าแบบดิจิทัลหรือแบบแอนะล็อก โดยโครงงานนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์ DHT22 ซึ่งให้ค่าแบบดิจิทัล (Digital) ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงขาเดียวในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (serial data, bi-directional) กับ Arduino ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/9EOQJR)

ในการอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์นั้นจะใช้ขาสัญญาณเพียงเส้นเดียวคือ DATA แบบสองทิศทาง และในสถานะปรกติสัญญาณ DATA จะเป็น HIGH ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องกำหนดให้ขา DATA เป็นเอาต์พุต และสร้างบิต START ซึ่งจะต้องเป็น LOW อย่างน้อย 0.8 Millisecond จากนั้นจึงให้เป็น HIGH อย่างน้อย 0.02 Millisecond หลังจากนั้นเป็นการรอตอบกลับ แลขา DATA จะถูกต้องเปลี่ยนเป็นอินพุต เริ่มต้นของการตอบกลับไอซี จะดึงสัญญาณลงเป็น LOW และปล่อยให้เป็น HIGH ช่วงละ 0.08 Millisecond โดยประมาณ (เรียกว่า Response Bit) จากนั้นจึงจะเป็นการส่งข้อมูลทีละบิต รวม 40 บิต (ช่วง LOW ตามด้วยช่วง HIGH) ช่วง LOW ของแต่ละบิตจะกว้างเท่ากัน แต่จะต่างกันในช่วง HIGH สำหรับบิตที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 (ใช้ความกว้างช่วง HIGH ในการจำแนกค่าของบิต) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/a2cYlW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โปรโตคอลในการสื่อสาร

2.5.1 โปรโตคอล IEC 60870-5-104 [6]

โดยทั่วไป IEC 60870-5-101 ถูกกำหนดขึ้นมาเป็นรูปแบบการสื่อสารสำหรับส่งข้อมูล Tele-Control ระหว่างศูนย์ควบคุมกับสถานีฐาน ซึ่งใช้การเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างอุปกรณ์ที่ศูนย์ควบคุมกับสถานีฐาน ในบางการใช้งานนั้นมีความต้องการที่จะส่งข้อมูลรูปแบบเดียวกันผ่านเครือข่ายที่มีการจัดเก็บและส่งต่อข้อมูลโดยกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อเสมือนระหว่างสถานีควบคุมระยะไกล การส่งข้อมูลแบบนี้จะมีดีเลย์ในการส่งข้อมูลโดยขึ้นอยู่กับควาบคับคั่งของเครือข่าย ซึ่งปกติดีเลย์ (Delay) ในการส่งข้อมูลนั้นเป็นไปไม่ได้ที่จะใช้การเชื่อมต่อตามที่กำหนดใน IEC 60870-5-101 แต่ในบางกรณีก็เป็นไปได้ที่จะเชื่อมต่อสถานีที่มี 3 เลเยอร์ (Layer) ของ IEC 60870-5-101 ในรูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลเครือข่ายโดยใช้ PAD (Packet Assembler Disassembler) เพื่อเข้าถึงการสื่อสาร ในกรณีอื่นที่แสดงอยู่ในมาตรฐานและไม่ได้ใช้ฟังก์ชันการเชื่อมต่อของ IEC 60870-5-101 อาจจะเข้าถึงการสื่อสารผ่าน Suitable Transport Profile

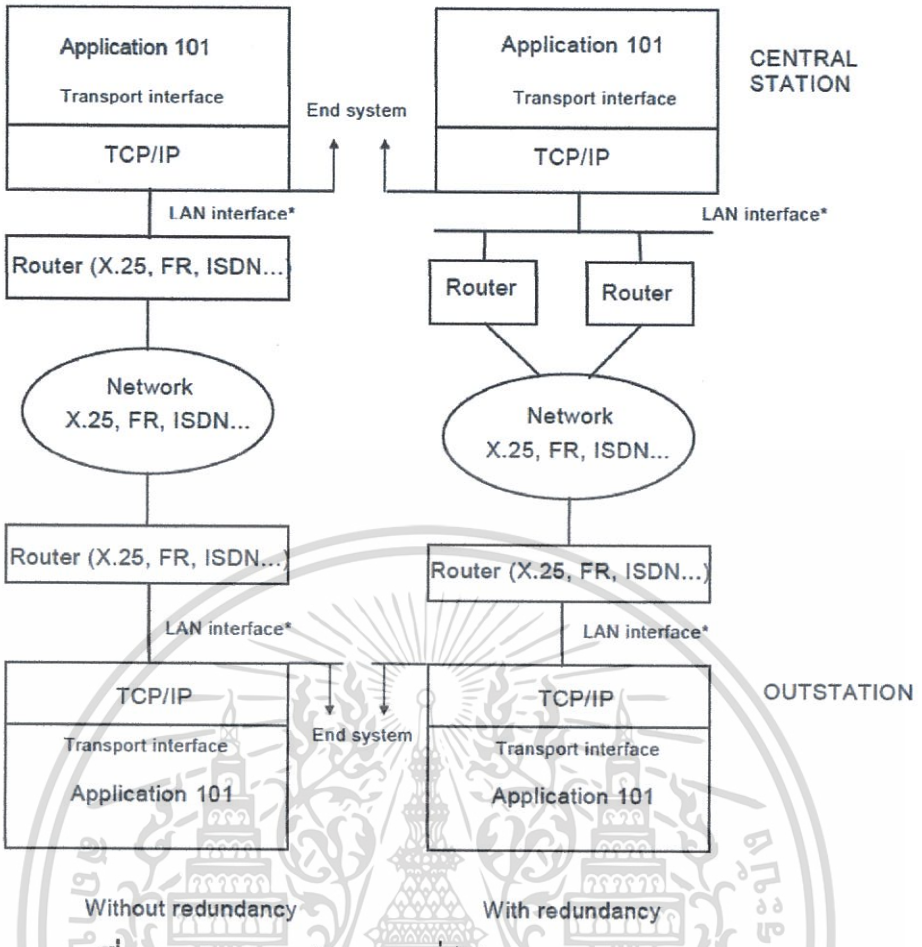
2.5.1.1 ข้อกำหนดของ IEC 60870-5-104

เป็นการรวมแอพพลิเคชั่นของ IEC 60870-5-101 และฟังก์ชันการส่งข้อมูลของ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ซึ่งภายใน TCP/IP มีรูปแบบเครือข่ายหลากหลายที่ใช้ได้ รวมทั้ง X.25 FR (Frame Relay) ATM (Asynchronous Transfer Mode) และ ISDN (Integrated Service Data Network) โดยใช้ Definition ที่เหมือนกัน เช่น ASDU (Application Service Data Unit) ที่กำหนดในมาตรฐาน IEC 60870-5

2.5.1.2 สถาปัตยกรรมทั่วไป

มาตรฐานนี้กำหนดให้ใช้ TCP/IP-interface ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมระยะไกลเข้ากับเน็ตเวิร์ค ซึ่งจะส่ง IEC 60870-5-101 ASDU ไปยังเลเยอร์ล่างจากนั้นเราเตอร์จะเพิ่มข้อมูลส่วนหัวที่แตกต่างกันตามรูปแบบการเชื่อมต่อ เช่น X.25 FR ISDN และอื่นๆ โดยมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 รูปแบบสถาปัตยกรรมทั่วไปของ IEC 60870-5-104
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

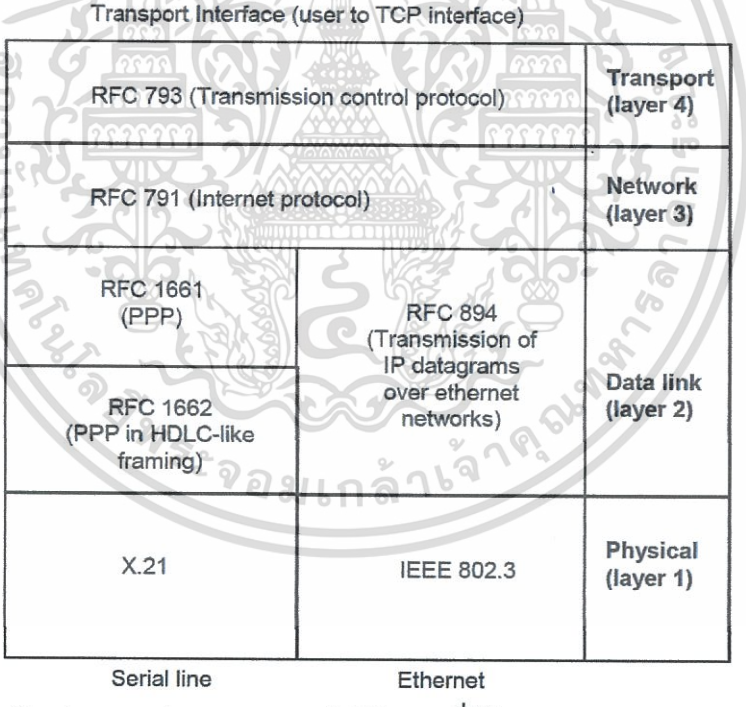
2.5.1.3 โครงสร้างโปรโตคอล

โครงสร้างโปรโตคอล IEC 60870-5-104 จะมี 5 ชั้นดังรูปที่ 2.9 และมีรูปแบบการเชื่อมต่อของโปรโตคอล TCP/IP ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Selection of application functions of IEC 60870-5-5 according to IEC 60870-5-101	Initialization	**User process**
Selection of ASDUs from IEC 60870-5-101 and IEC 60870-5-104		**Application (layer 7)**
APCI (Application Protocol Control Information) **Transport Interface (user to TCP interface)**		
Selection of TCP/IP protocol suite (RFC 2200)		**Transport (layer 4)**
		Network (layer 3)
		Link (layer 2)
		Physical (layer 1)
NOTE Layers 5 and 6 are not used.		

รูปที่ 2.9 โครงสร้างโปรโตคอลของ IEC 60870-5-104
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))



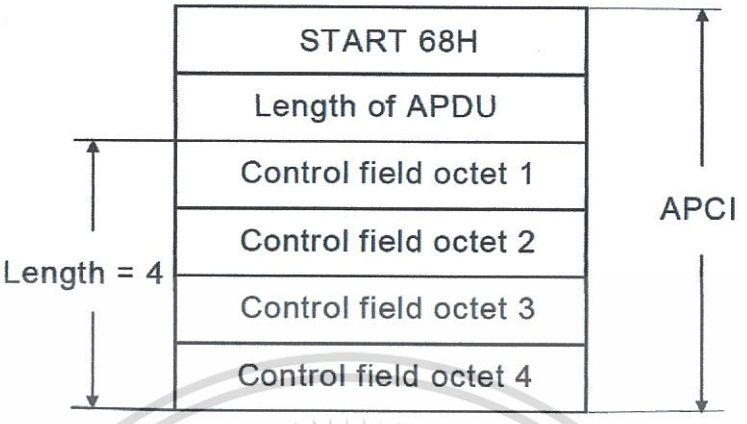
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างของรูปแบบ TCP/IP โปรโตคอลที่ใช้ในมาตรฐาน RFC 2200
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

2.5.1.4 คำนิยามของ Application Protocol Control Information (APCI)

สำหรับการเชื่อมต่อแบบ TCP นั้นเป็นอินเตอร์เฟซที่มุ่งเน้นการสตรีมข้อมูล ซึ่งไม่มีการกำหนดกลไกสำหรับเริ่มหรือหยุดในการส่งข้อมูลของ IEC 60870-5-101 ASDU เพื่อที่จะ

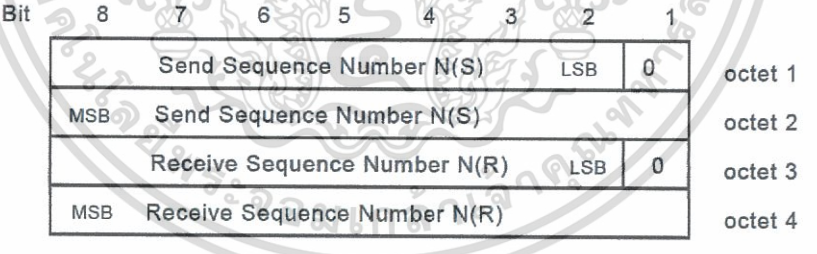
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบจุดเริ่มต้นหรือจุดจบของ ASDU จึงทำการเพิ่ม APCI ลงไปเพื่อควบคุม ASDU ซึ่งประกอบไปด้วย Start character, Length of APDU และ Control field ดังรูปที่ 2.11

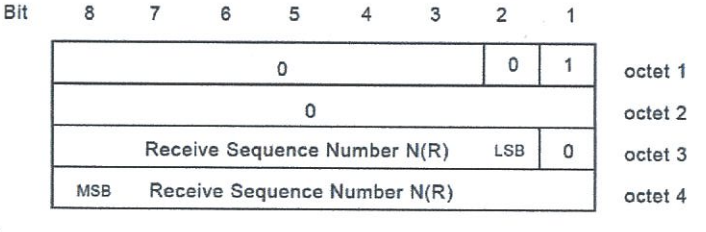


รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ Application Protocol Control Information
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

รูปแบบของ Control field แบ่งเป็น 3 รูปแบบในการดำเนินการ คือ Numbered Information Transfer (I Format), Numbered Supervisory Functions (S Format) และ Unnumbered Control Functions (U Format) ดังรูปที่ 2.12 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ



รูปที่ 2.12 Numbered Information Transfer (I Format)
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))



รูปที่ 2.13 Numbered Supervisory Functions (S Format)
(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

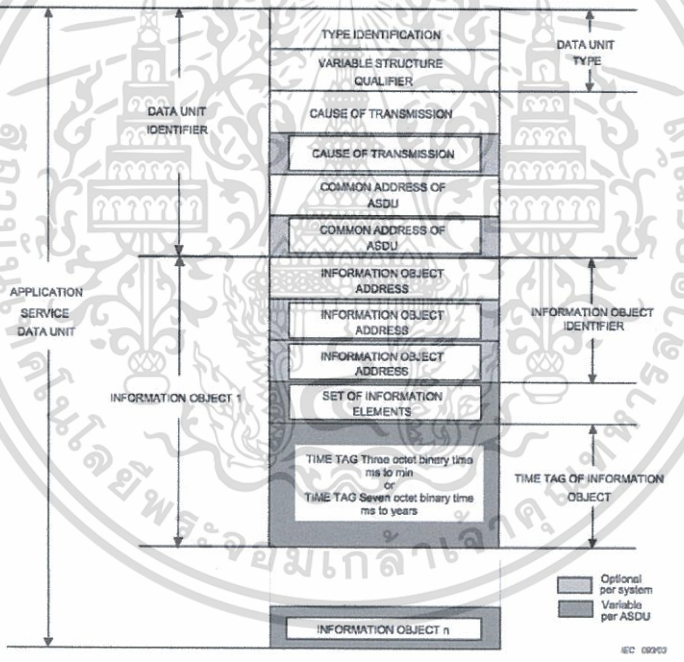
Bit	8	7	6	5	4	3	2	1	
	TESTFR		STOPDT		STARTDT		1	1	octet 1
	con	act	con	act	con	act			
	0								octet 2
	0							0	octet 3
	0								octet 4

รูปที่ 2.14 Unnumbered Control Functions (U Format)

(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

2.5.1.5 Application Service Data Unit (ASDU)

ASDU เป็นการรวมกันของ Data Unit Identifier และ Information Objects มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของ Application Service Data Unit

(อ้างอิงโดย IEC 60870-5-104:2006(E))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149415

2.5.1.6 ASDU Type Identifications [7]

สำหรับ ASDU จะต้องมีการกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งเสมอโดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบหลักๆ คือ การมอนิเตอร์ การควบคุม และการแลกเปลี่ยนไฟล์ เช่น รูปแบบ 1 Single-point Information คือการรับข้อมูลหนึ่งบิต รูปแบบ 46 Double Command เป็นการส่งข้อมูลสองบิต เป็นต้น ดังตารางที่ 2.3 ถึง 2.5

ตารางที่ 2.3 ASDU Type Identifications สำหรับการมอนิเตอร์

Process information in monitor direction		
TYPE IDENTIFICATION		
<0>	not defined	
<1>	single-point information	M_SP_NA_1
<3>	double-point information	M_DP_NA_1
<5>	step position information	M_ST_NA_1
<7>	bit-string of 32 bits	M_BO_NA_1
<9>	measured value, normalized value	M_ME_NA_1
<11>	measured value, scaled value	M_ME_NB_1
<13>	measured value, short floating point number	M_ME_NC_1
<15>	integrated totals	M_IT_NA_1
<20>	packed single-point information with status change detection	M_PS_NA_1
<21>	measured value, normalized value without quality descriptor	M_ME_ND_1
*<30>	single-point information with time tag CP56Time2a	M_SP_TB_1
*<31>	double-point information with time tag CP56Time2a	M_DP_TB_1
*<32>	step position information with time tag CP56Time2a	M_ST_TB_1
*<33>	bit-string of 32 bit with time tag CP56Time2a	M_BO_TB_1
*<34>	measured value, normalized value with time tag CP56Time2	M_ME_TD_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ASDU Type Identifications สำหรับการมอนิเตอร์ (ต่อ)

Process information in monitor direction		
*<35>	measured value, scaled value with time tag CP56Time2a	M_ME_TE_1
*<36>	measured value, short floating point number with time tag CP56Time2a	M_ME_TF_1
*<37>	integrated totals with time tag CP56Time2a	M_IT_TB_1
*<38>	event of protection equipment with time tag CP56Time2a	M_EP_TD_1
*<39>	packed start events of protection equipment with time tag CP56Time2a	M_EP_TE_1
*<40>	packed output circuit information of protection equipment with time tag CP56Time2a	M_EP_TF_1
<22...29>, <41...44>	reserved for further compatible definitions	
<70>	end of initialization	M_EI_NA_1

ตารางที่ 2.4 ASDU Type Identifications สำหรับการควบคุม

Process information in control direction		
TYPE IDENTIFICATION		
<45>	single command	C_SC_NA_1
<46>	double command	C_DC_NA_1
<47>	regulating step command	C_RC_NA_1
<48>	set point command, normalized value	C_SE_NA_1
<49>	set point command, scaled value	C_SE_NB_1
<50>	set point command, short floating point number	C_SE_NC_1
<51>	bit-string of 32 bits	C_BO_NA_1
<52...57>	reserved for further compatible definitions	
<58>	single command with time tag CP56Time2a	C_SC_TA_1
<59>	double command with time tag CP56Time2a	C_DC_TA_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ASDU Type Identifications สำหรับการควบคุม (ต่อ)

Process information in control direction		
<60>	regulating step command with time tag CP56Time2a	C_RC_TA_1
<61>	set point command, normalized value with time tag CP56Time2a	C_SE_TA_1
<62>	set point command, scaled value with time tag CP56Time2a	C_SE_TB_1
<63>	set point command, short floating-point number with time tag CP56Time2a	C_SE_TC_1
<64>	bit-string of 32 bits with time tag CP56Time2a	C_BO_TA_1
<100>	interrogation command	C_IC_NA_1
<101>	counter interrogation command	C_CI_NA_1
<102>	read command	C_RD_NA_1
<103>	clock synchronization command	C_CS_NA_1
<105>	reset process command	C_RP_NA_1
<107>	test command with time tag CP56Time2a	C_TS_TA_1

ตารางที่ 2.5 ASDU Type Identifications สำหรับการแลกเปลี่ยนไฟล์

File transfer		
TYPE IDENTIFICATION		
<120>	file ready	F_FR_NA_1
<121>	section ready	F_SR_NA_1
<122>	call directory, select file, call file, call section	F_SC_NA_1
<123>	last section, last segment	F_LS_NA_1
<124>	Ack file, Ack section	F_AF_NA_1
<125>	segment	F_SG_NA_1
<126>	directory	F_DR_TA_1
<127>	Query Log – Request archive file	F_SC_NB_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

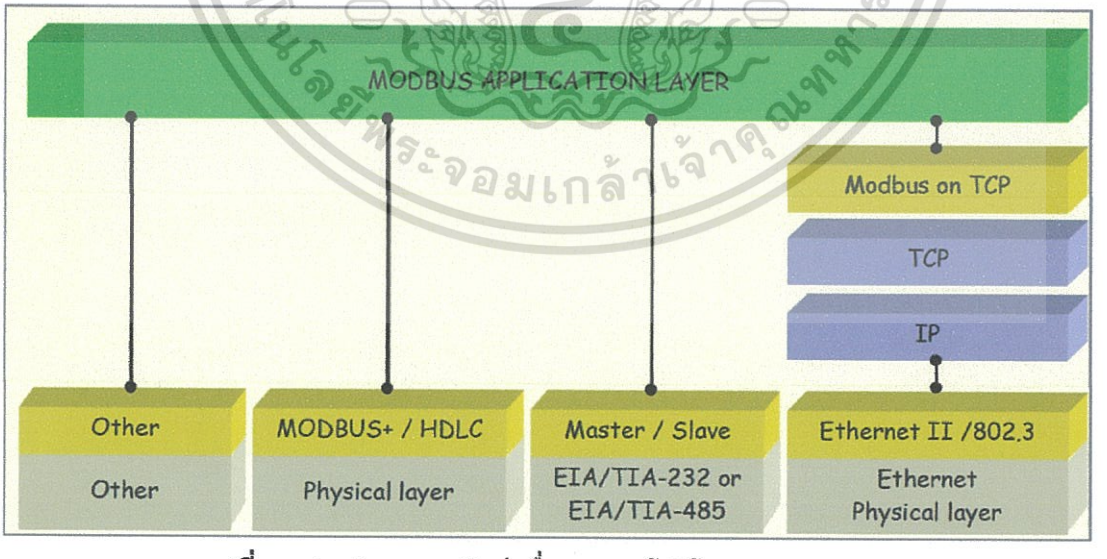
2.5.1.7 หมายเลขพอร์ต

ทุกๆ ที่อยู่ TCP จะประกอบด้วยที่อยู่ IP และหมายเลขพอร์ต ทุกๆ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ TCP-LAN จะมีที่อยู่ IP เป็นของตัวเอง ในขณะที่หมายเลขพอร์ตมาตรฐานของ IEC 60870-5-104 ถูกกำหนดให้เป็น 2404 โดยเซิร์ฟเวอร์จะใช้พอร์ตหมายเลข 2404 ในทุกกรณี แต่ฝั่งผู้ใช้งานสามารถใช้พอร์ตหมายเลขอื่นได้

2.5.2 โปรโตคอล MODBUS [8]

MODBUS เป็นโปรโตคอลสำหรับสื่อสารข้อมูลที่อยู่ในเลเยอร์ Application ตาม OSI โมเดล ซึ่งช่วยให้สามารถติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันบนเครือข่ายที่ต่างกันในรูปแบบ ไคลเอนท์/เซิฟเวอร์ (Client/Server) โดยสามารถกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ได้สูงสุด 255 หมายเลข มีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบแอสกี (ASCII) และข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary) โปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารข้อมูลแบบ ASCII จะเรียก MODBUS ASCII และโปรโตคอล MODBUS ที่สื่อสารข้อมูลแบบเลขฐานสอง จะเรียก MODBUS RTU ทำให้มีความแตกต่างในการกำหนดค่าพอร์ตสื่อสาร

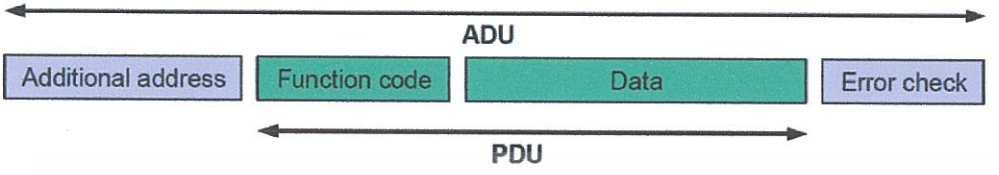
ปัจจุบันโครงสร้างของ MODBUS ยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องและดำเนินการโดยใช้ TCP/IP บน Ethernet ผ่านพอร์ต 502 หรือ Asynchronous serial transmission (wire: EIA/TIA-232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A) และ MODBUS PLUS ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 รูปแบบการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอล MODBUS
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/sPJRsv)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอล MODBUS จะกำหนด PDU (Protocol Data Unit) ที่เป็นอิสระจากการสื่อสารและทำการเพิ่มข้อมูลบางอย่างตามเครือข่ายที่เชื่อมต่อ เรียกว่า ADU (Application Data Unit) ดังรูปที่ 2.17 โดย ADU จะถูกสร้างขึ้นมาในฝั่งไคลเอนท์เมื่อเริ่มการติดต่อ ซึ่งเซิฟเวอร์จะตอบสนองตามรูปแบบของฟังก์ชันโค้ดที่ได้รับจากฝั่งไคลเอนท์



รูปที่ 2.17 รูปแบบเฟรมของโปรโตคอล MODBUS
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/sPJRsv)

2.4.2.2 MODBUS Data model

โปรโตคอล MODBUS มีรูปแบบโมเดลในการรับส่งข้อมูลดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในโปรโตคอล MODBUS

Primary tables	Object type	Type of
Discrete Input	Single bit	Read-Only
Coils	Single bit	Read-Write
Input Registers	16-bit word	Read-Only
Holding Registers	16-bit word	Read-Write

2.6 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 โปรแกรม Arduino

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ด Unicon จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของ Arduino (Arduino Programming Language) ซึ่งตัวภาษาของ Arduino เองนำเอาโอเพนซอร์สโปรเจ็กต์ชื่อ wiring มาพัฒนาต่อภาษาของ Arduino แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักคือ

1. โครงสร้างภาษา (Structure) ตัวแปรและค่าคงที่
2. ฟังก์ชัน (Function) ภาษาของ Arduino จะอ้างอิงตามภาษา C/C++

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino ซึ่งรวมถึงบอร์ด Unicon ก็คือการเขียนโปรแกรมภาษา C โดยเรียกใช้ฟังก์ชันและไลบรารีที่ทาง Arduino ได้เตรียมไว้ให้แล้วซึ่งสะดวกและทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างลึกซึ้งสามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้

2.6.1.1 โครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรมของ Arduino แบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ void setup() void loop() โดยฟังก์ชัน setup() เมื่อโปรแกรมทำงานจะทำคำสั่งของฟังก์ชันนี้เพียงครั้งเดียวใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของ การทำงาน ส่วนฟังก์ชัน loop() เป็นส่วนของการทำงานโปรแกรมจะทำคำสั่งในฟังก์ชันนี้ต่อเนื่องกัน ตลอดเวลาโดยปกติใช้กำหนดโหมดการทำงานของขาต่างๆ กำหนดการสื่อสารแบบอนุกรม ฯลฯ ส่วนของ loop() เป็นโค้ด (Code) โปรแกรมที่ทำงาน เช่น อ่านค่าอินพุตประมวลผลสั่งงานเอาต์พุต ฯลฯ โดยส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น เช่น ตัวแปรจะต้องเขียนที่ส่วนหัวของโปรแกรมก่อนถึงตัวฟังก์ชัน นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ของตัวแปรและชื่อฟังก์ชันให้ถูกต้อง

2.6.1.2 ส่วนของฟังก์ชัน setup ()

ฟังก์ชันนี้จะเขียนที่ส่วนต้นของโปรแกรมทำงานเมื่อโปรแกรมเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว ใช้เพื่อกำหนดค่าของตัวแปร โหมดการทำงานของขาต่างๆ เริ่มต้นเรียกใช้ไลบรารี ฯลฯ ดังรูปที่ 2.18

```
void setup()
{
  // initialize LED digital pin as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
```

รูปที่ 2.18 ฟังก์ชัน setup()

2.6.1.3 ส่วนของฟังก์ชัน loop ()

หลังจากที่เขียนฟังก์ชัน setup() ที่กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมแล้ว ส่วนถัดมาคือฟังก์ชัน loop() ซึ่งมีการทำงานตรงตามชื่อคือจะทำงานตามฟังก์ชันนี้วนต่อเนื่องตลอดเวลา ภายในฟังก์ชันนี้จะมีโปรแกรมของผู้ใช้เพื่อรับค่าจากพอร์ตประมวลผลแล้วสั่งเอาต์พุตออกขาต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด ดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void loop()
{
  // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  // wait for a second
  delay(1000);
  // turn the LED off by making the voltage LOW
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
   // wait for a second
  delay(1000);
}
```

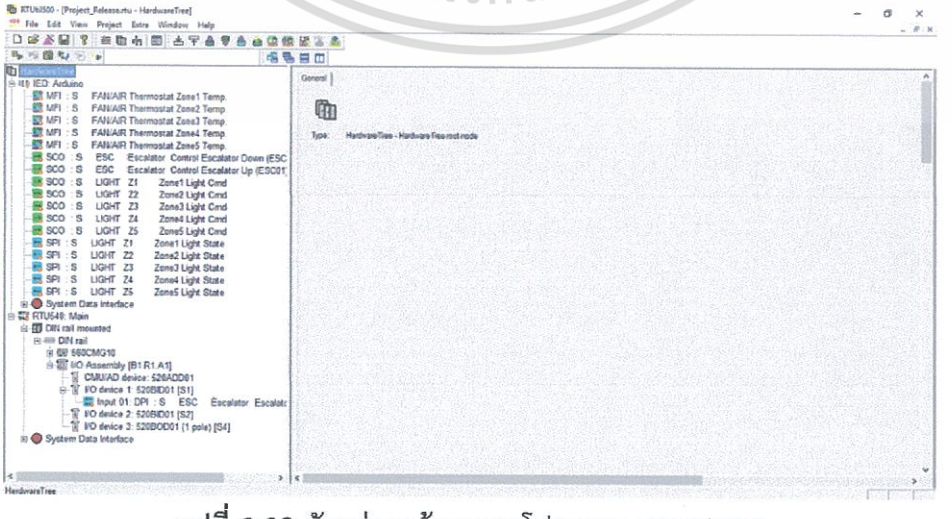
รูปที่ 2.19 ฟังก์ชัน loop()

2.6.2 โปรแกรม RTUtil500

RTUtill500 เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนไฟล์คอนฟิคตัว RTU ของ ABB ซึ่งจะมีการกำหนดรูปแบบอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ กำหนดช่องทางการติดต่อสื่อสารกับศูนย์ควบคุมและกำหนดโปรโตคอลที่ใช้สื่อสารระหว่าง RTU กับศูนย์ควบคุม

2.6.2.1 โครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรม RTUtil500 จะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลักๆ คือ Network Tree, Signal Tree และ Hardware Tree ซึ่ง Network Tree เป็นส่วนที่กำหนดช่องทางการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ของ RTU โดยจะต้องกำหนดรูปแบบโปรโตคอลที่ใช้สำหรับสื่อสารในช่องทางนั้นๆ ส่วน Signal Tree เป็นส่วนที่กำหนดโครงสร้างของสัญญาณที่ใช้ในระบบสกาดา ซึ่งจะต้องกำหนดรูปแบบและประเภทของสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตรวมไปถึงชื่อของสัญญาณ และส่วน Hardware Tree เป็นส่วนที่กำหนดโครงสร้างฮาร์ดแวร์ภายในและโครงสร้างการเชื่อมต่อ โดยจะมีการผูกสัญญาณในระบบสกาดาเข้ากับช่องทางการเชื่อมต่อที่จะส่งข้อมูลไปยังปลายทาง

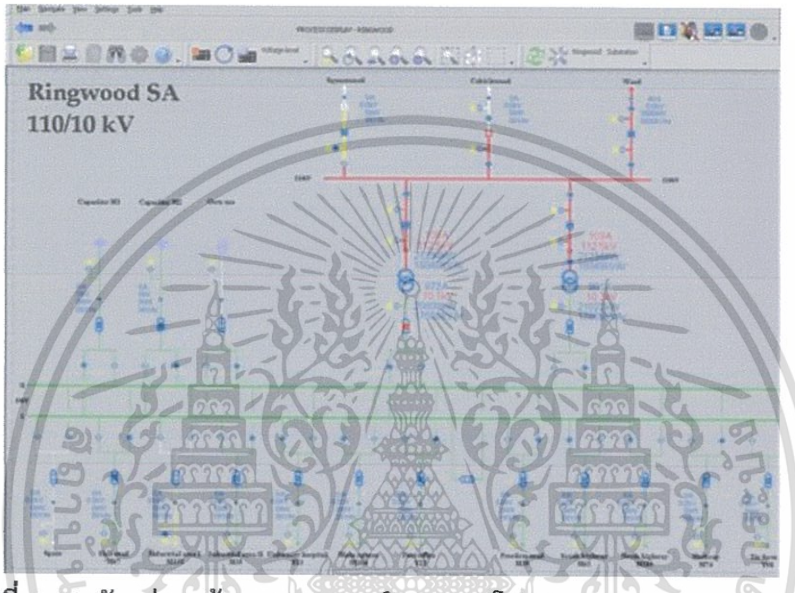


รูปที่ 2.20 ตัวอย่างหน้าจอของโปรแกรม RTUtil500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 โปรแกรม MicroSCADA Pro

MicroSCADA Pro เป็นโปรแกรมสำหรับมอนิเตอร์และควบคุมการทำงานของระบบสกาดา ของ ABB ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานที่สมบูรณ์รองรับการมอนิเตอร์ระบบในรูปแบบเรียลทามอีกทั้งยังมีความปลอดภัยในการจัดการระบบและความพร้อมในการทำงานสูง โดยโปรแกรม MicroSCADA Pro ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ System Config, Process Database และ GUI (Graphic User Interface)

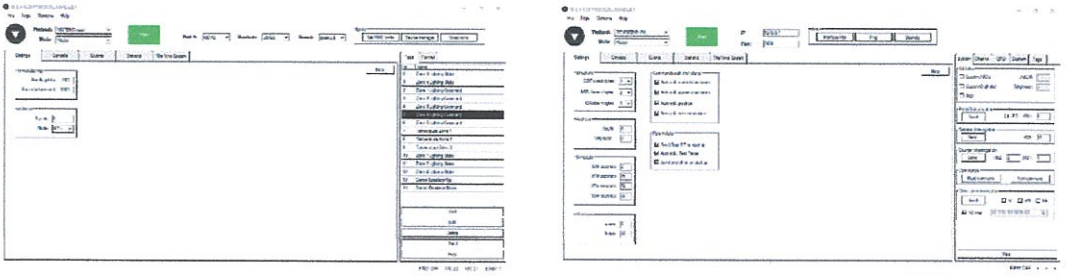


รูปที่ 2.21 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการทำงานของโปรแกรม MicroSCADA Pro (อ้างอิงโดย https://goo.gl/uPaHGg)

2.6.4 โปรแกรม Vinci Protocol Analyze

Vinci Protocol Analyze เป็นโปรแกรมสำหรับวิศวกรหรือนักพัฒนาที่ทำงานกับโปรโตคอลการสื่อสารสำหรับอุปกรณ์อุตสาหกรรมเพื่อจำลอง วิเคราะห์ และทดสอบ ซึ่งโปรแกรมนี้จะตรวจสอบข้อมูลในช่องทางการสื่อสารนั้นๆ แล้วแสดงผลผ่านทางหน้าจอโปรแกรม โดยจะประกอบด้วยหน้า Setting Console Events และ Statistic ดังรูปที่ 2.22 ถึง 2.25

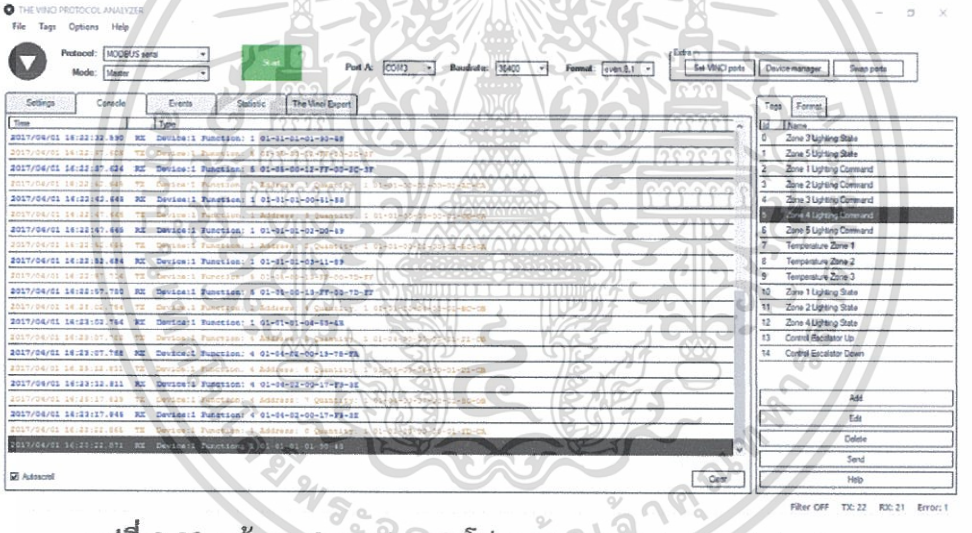
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.22 หน้าจอ Setting ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

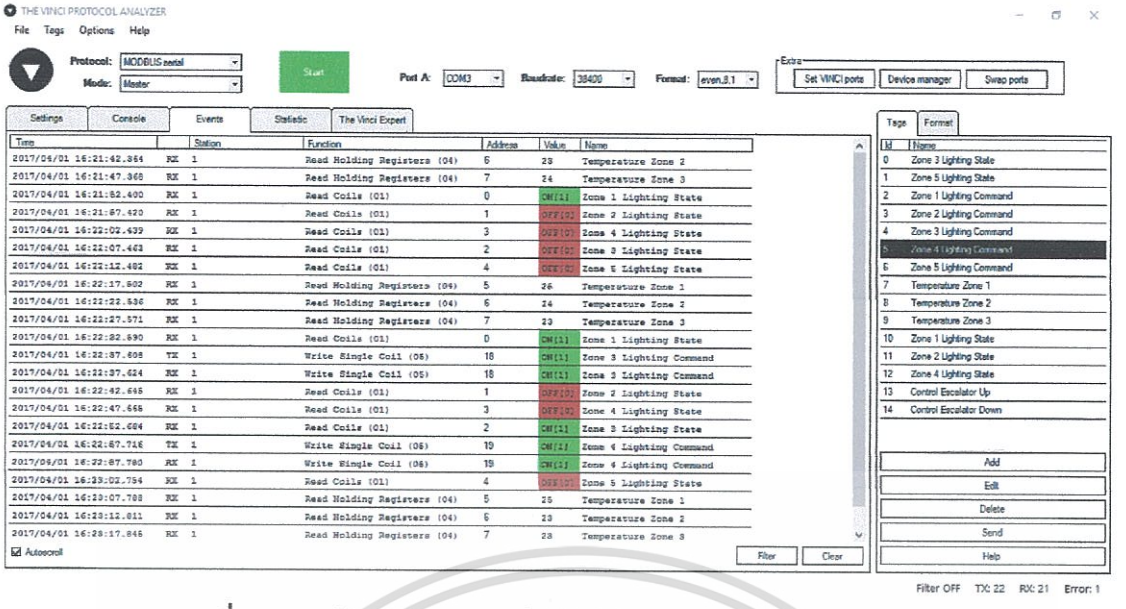
จากรูปที่ 2.22 หน้า Setting จะเปลี่ยนแปลงหน้าตาไปตามโปรโตคอลที่เลือกใช้ดังรูปที่ 2.22 (ก) โปรโตคอล MODBUS Serial และรูปที่ 2.22 (ข) โปรโตคอล IEC-60870-5-104



รูปที่ 2.23 หน้าจอ Console ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

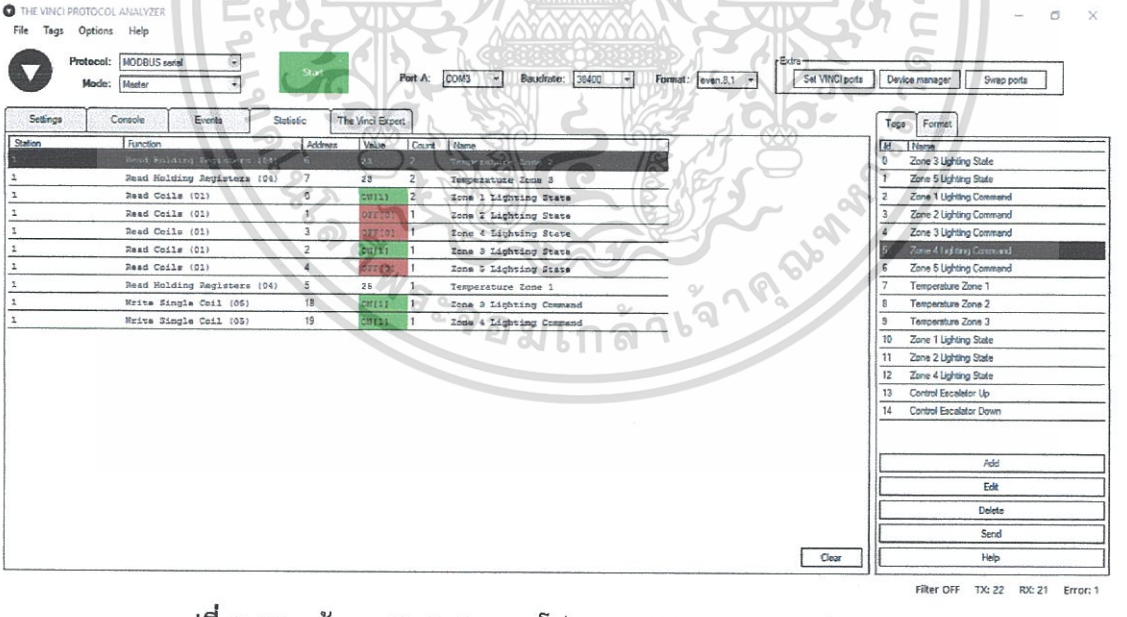
จากรูปที่ 2.23 หน้า Console แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์และอุปกรณ์ปลายทางในรูปแบบ Log File โดยใช้เลขฐาน 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 หน้าจอ Event ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

จากรูปที่ 2.24 หน้า Event แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์และอุปกรณ์ปลายทาง ตามแทค (Tag) ที่ได้สร้างไว้ โดยประกอบไปด้วย เวลาที่รับ/ส่งข้อมูล สถานีปลายทาง ฟังก์ชัน ที่อยู่ของแทค สถานะปัจจุบัน และชื่อแทค



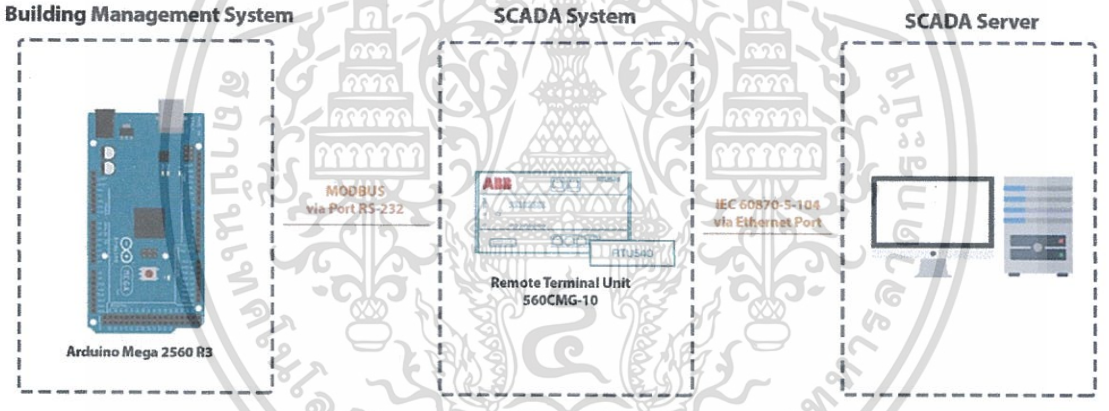
รูปที่ 2.25 หน้าจอ Statistic ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 การออกแบบระบบสถานีอัจฉริยะ

ในส่วนของการออกแบบระบบสถานีอัจฉริยะ (Smart Service Substation System) นั้นมีหลักการคือ ระบบทั้งหมดสามารถทำงานร่วมกันกับระบบสกาดาและซอฟต์แวร์ควบคุมสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่อุปกรณ์ปลายทางรับข้อมูลเข้ามาได้อย่างอัตโนมัติตามขั้นตอนปฏิบัติ อีกทั้งการตอบสนองนั้นต้องมีความถูกต้องแม่นยำและไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของผู้ควบคุมระบบ โดยระบบสถานีอัจฉริยะจะประกอบไปด้วย 2 ระบบหลักทำงานร่วมกันคือระบบสกาดาและระบบการจัดการอาคาร ซึ่งมีการเชื่อมต่อเข้ากับเซิร์ฟเวอร์ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบสถานีอัจฉริยะ

3.1.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

3.1.1.1 วิเคราะห์ระบบเดิม

เป็นการวิเคราะห์การทำงานของระบบเดิมเพื่อทำความเข้าใจกับหลักการทำงานและปฏิบัติที่มีอยู่ของระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายคือพัฒนาการทำงานของระบบให้เป็นแบบอัตโนมัติ

3.1.1.2 ออกแบบระบบ

เป็นการออกแบบภาพรวมของระบบซึ่งประกอบไปด้วย การเชื่อมต่อภายในระบบอินพุต/เอาต์พุตของระบบ ออกแบบคำสั่งเพื่อสั่งงานอัตโนมัติ หน้าตาอินเตอร์เฟส (Interface) ของซอฟต์แวร์ควบคุมระบบ

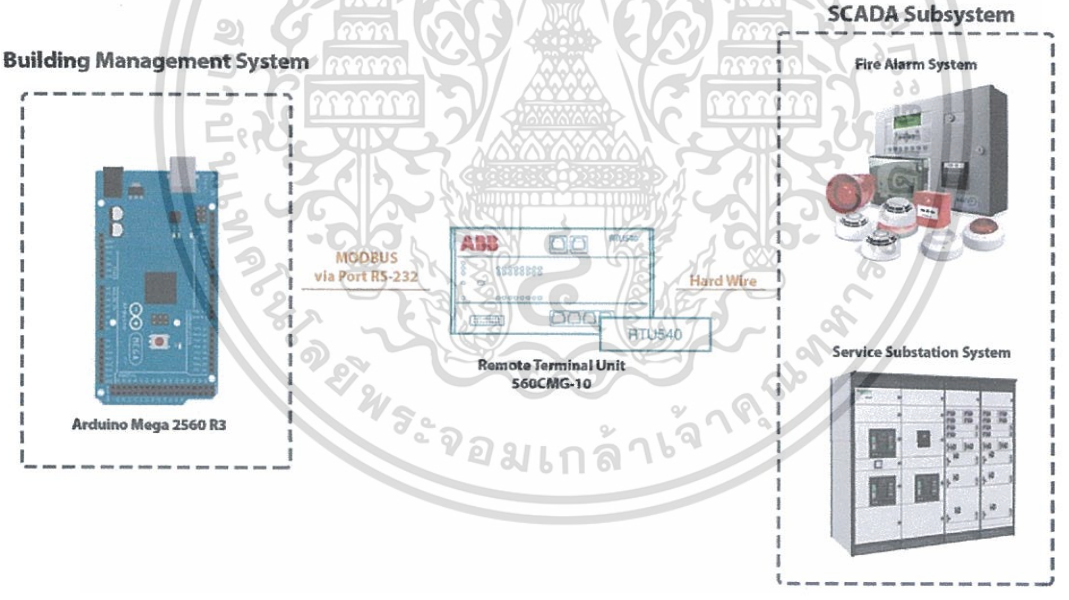
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 ทดสอบการทำงานของระบบ

เป็นการทดสอบการทำงานของระบบ หลังจากที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อหาข้อผิดพลาดและทดสอบการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ได้รับเข้ามาของเซิร์ฟเวอร์ ว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามหลักปฏิบัติของระบบเก่าหรือไม่

3.2 การออกแบบระบบสกาดา

ในส่วนของระบบสกาดานั้นจะประกอบไปด้วย 2 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี (Service Substation System) และระบบอัคคีภัย (Fire Alarm System) ซึ่งจะมีอุปกรณ์ RTU เป็นคอนโทรลเลอร์ในการ รับค่าอินพุตและส่งออกคำสั่งเอาต์พุตในการควบคุมอุปกรณ์ปลายทาง อีกทั้งระบบสกาดาจะเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระบบการจัดการอาคารเข้ากับซอฟต์แวร์ควบคุมระบบของเซิร์ฟเวอร์ โดยระบบสกาดาจะติดต่อกับศูนย์ควบคุมผ่านทาง อีเธอร์เน็ต (Ethernet) และใช้โปรโตคอล IEC-60870-5-104 ในการสื่อสารดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบสกาดา

3.2.1 ระบบภายในระบบสกาดา

3.2.1.1 ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี

ระบบจ่ายไฟให้กับสถานีจะแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ส่วนรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย ส่วน MDB (Main Distribution Board) และส่วน EMDB (Emergency Main

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Distribution Board) โดยแต่ละส่วนจะมีการสำรองการจ่ายกระแสในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ หรือ MDB1 ไม่สามารถทำงานได้ รวมไปถึงอุปกรณ์ตัดกระแสทำงานขัดข้อง

3.2.1.2 ระบบอัคคีภัย

ระบบอัคคีภัยมีการทำงานโดยรับค่าสถานะจากอุปกรณ์ปลายทาง โดยต่อเข้ากับ RTU ซึ่งเมื่อได้รับข้อมูลสถานะที่นอกเหนือจากที่กำหนดไว้จะทำการแสดงสัญญาณเตือนในหน้าจอของซอฟต์แวร์ควบคุมและส่งเอาต์พุตไปยังอุปกรณ์ปลายทาง

3.2.2 อินพุต/เอาต์พุตของระบบสกาดา

อินพุตและเอาต์พุตของระบบสกาดาสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบสกาดา

Logic Name	Description	Type	Status
S_MB1_Q1	MB1 Load break switch 1	DPI	Open/Close
S_MB1_Q2	MB1 Load break switch 2	DPI	Open/Close
S_MB1_Q3	MB1 Load break switch 3	DPI	Open/Close
S_MB2_Q1	MB2 Load break switch 1	DPI	Open/Close
S_MB2_Q2	MB2 Load break switch 2	DPI	Open/Close
S_MB2_Q3	MB2 Load break switch 3	DPI	Open/Close
S_MDB1_CB1	MDB1 Circuit breaker 1	DPI	Open/Close
S_MDB1_CB3	MDB1 Circuit breaker 3	DPI	Open/Close
S_MDB1_CB5	MDB1 Circuit breaker 5	DPI	Open/Close
S_MDB2_CB2	MDB2 Circuit breaker 2	DPI	Open/Close
S_MDB2_CB4	MDB2 Circuit breaker 4	DPI	Open/Close
S_EMDB_CB6	EMDB Circuit breaker 6	DPI	Open/Close
S_SYSTEM_FIRE_STATUS	Fire Alarm	DPI	App/Disp
S_SYSTEM_FIRE_PUMP	Fire pump status	SPI	App/Disp
S_SYSTEM_PA	Power supply input status	SPI	Off/On

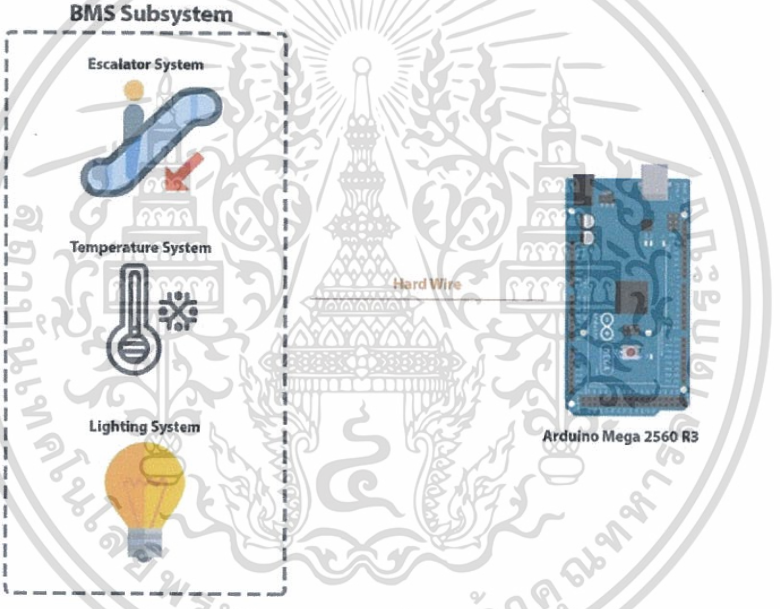
จากตารางที่ 3.1 ตังอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบสกาดาจะประกอบไปด้วย ชื่อย่อของอินพุต/เอาต์พุตที่ใช้ภายในซอฟต์แวร์ควบคุม (Logic Name) คำอธิบายอินพุต/เอาต์พุต (Description) ประเภทของอินพุต/เอาต์พุต (Type) และค่าสถานะที่จะแสดงยังหน้าจอของผู้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Status) เช่น S_MB1_Q1 คือ Load Break Switch 1 ของ Main Busbar 1 ในสถานี ซึ่งเป็นอินพุตแบบ Double-point Information โดยแสดงค่าสถานะผ่านหน้าจอของผู้ควบคุมเป็น Open/Close

3.3 การออกแบบระบบการจัดการอาคาร

ในส่วนของระบบการจัดการอาคารนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบบันไดเลื่อน (Escalator System) ระบบอุณหภูมิ (Temperature System) และระบบแสงสว่าง (Lighting System) ซึ่งจะใช้ Arduino Mega 2560 เป็นคอนโทรลเลอร์สำหรับรับค่าอินพุตและส่งออกเอาต์พุตไปยังเซ็นเซอร์ โดยระบบการจัดการอาคารจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ RTU ของระบบสกาดาผ่านทาง RS-232 และใช้โปรโตคอล MODBUS RTU ในการสื่อสารดังรูปที่ 3.3



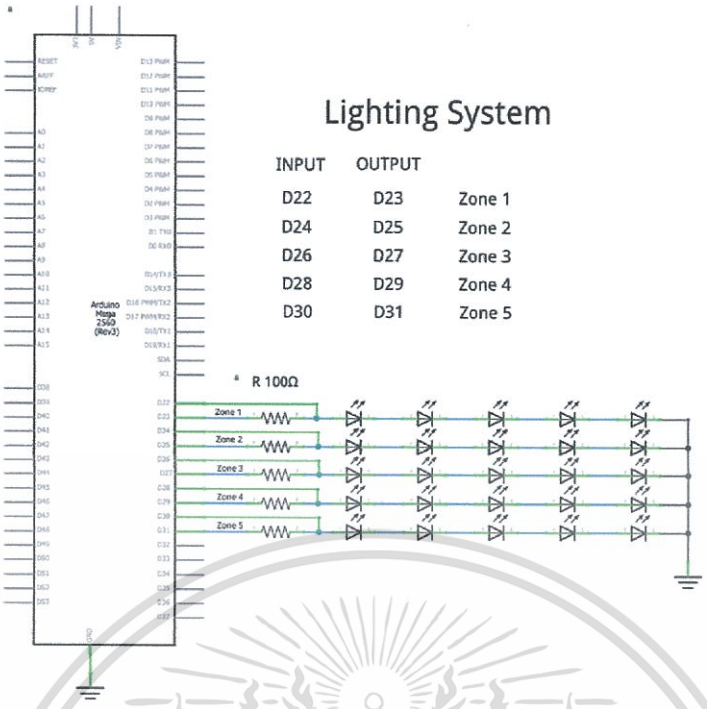
รูปที่ 3.3 ภาพรวมของระบบการจัดการอาคาร

3.3.1 ระบบภายในระบบการจัดการอาคาร

3.3.1.1 ระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างจะถูกแบ่งออกเป็น 5 โซน สามารถสั่งงานผ่านซอฟต์แวร์ควบคุมระบบ โดยระบบจะมีการตรวจเช็คสถานะปัจจุบันและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 3.4

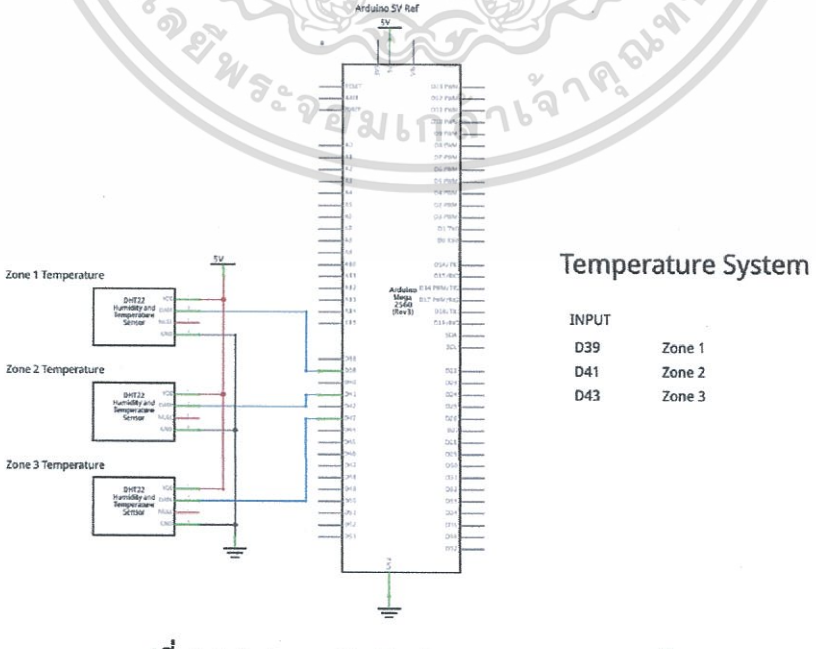
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Schematic Design ของระบบแสงสว่าง

3.3.1.2 ระบบอุณหภูมิ

ระบบอุณหภูมินั้นจะรับข้อมูลสภาวะแวดล้อมผ่านเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 และส่งข้อมูลไปยัง Arduino Mega ซึ่งเป็นคอนโทรลเลอร์ควบคุม มีวงจรดังรูปที่ 3.5

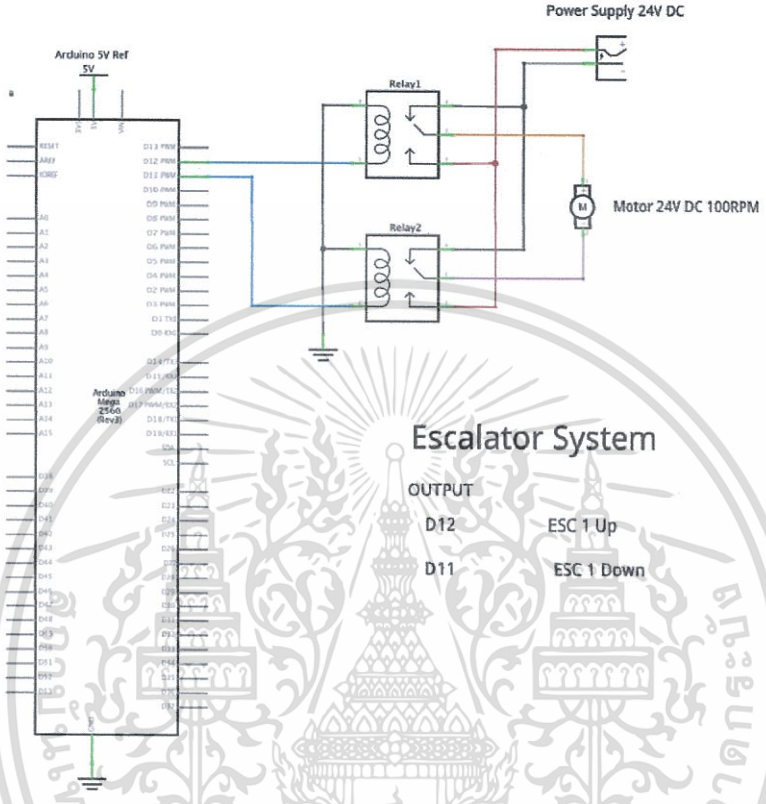


รูปที่ 3.5 Schematic Design ของระบบอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 ระบบบันไดเลื่อน

สำหรับระบบบันไดเลื่อน คอนโทรลเลอร์จะรับคำสั่งเอาต์พุตจากเซิร์ฟเวอร์ เมื่อได้รับคำสั่ง Arduino Mega จะสั่งให้รีเลย์ทำงานตามเอาต์พุตที่ได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Schematic Design ของระบบบันไดเลื่อน

3.3.2 อินพุต/เอาต์พุตของระบบการจัดการอาคาร

อินพุตและเอาต์พุตของระบบการจัดการอาคารสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบการจัดการอาคาร

Logic Name	Description	Type	Status
S_LIGHT_Z1	Zone 1 Light State	SPI	On/Off
S_LIGHT_Z2	Zone 2 Light State	SPI	On/Off
S_LIGHT_Z3	Zone 3 Light State	SPI	On/Off
S_LIGHT_Z4	Zone 4 Light State	SPI	On/Off
S_LIGHT_Z5	Zone 5 Light State	SPI	On/Off
S_SYSTEM_TEMP	Temperature value	MFI	value

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบการจัดการอาคาร (ต่อ)

S_SYSTEM_TEMP_ALARM	High temperature alarm	SPI	App/Disp
S_SYSTEM_ESC_1	Escalator status (ESC01)	DPI	Up/Down

จากตารางที่ 3.2 ตังอย่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบจัดการอาคารจะประกอบไปด้วย ชื่อย่อของอินพุต/เอาต์พุตที่ใช้ภายในซอฟต์แวร์ควบคุม (Logic Name) คำอธิบายอินพุต/เอาต์พุต (Description) ประเภทของอินพุต/เอาต์พุต (Type) และค่าสถานะที่จะแสดงยังหน้าจอของผู้ควบคุม (Status) เช่น S_SYSTEM_TEMP คือค่าอุณหภูมิของพื้นที่ในสถานี ซึ่งเป็นอินพุตแบบ Measured Float Information โดยแสดงค่าผ่านหน้าจอของผู้ควบคุม

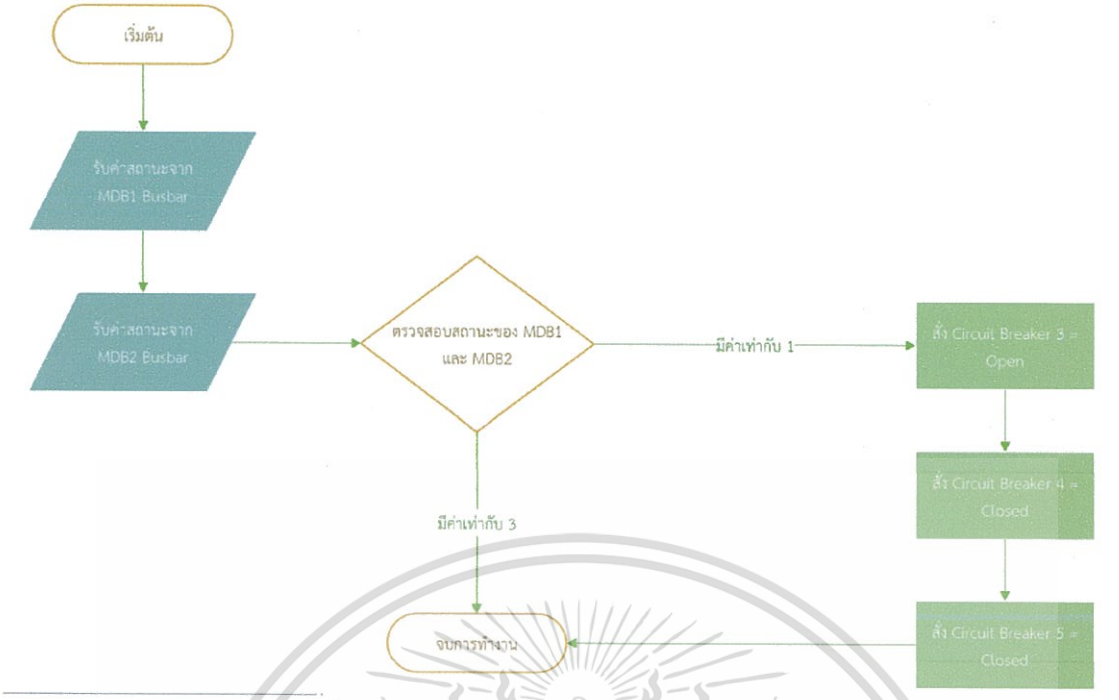
3.4 การออกแบบการทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะ

ในส่วนของการทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะจะประกอบไปด้วย ระบบสำรองไฟของบัสบาร์ (Busbar) ระบบสำรองไฟให้กับสถานี และระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้ ซึ่งจะทำงานเมื่อได้รับข้อมูลสถานะที่นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า

3.4.1 ระบบสำรองไฟของบัสบาร์

ระบบสำรองไฟของบัสบาร์นั้นมีหลักการทำงานคือจะรับค่าสถานะจากบัสบาร์ MDB1 และ MDB2 ว่ามีสถานะปัจจุบันเท่าไร โดยเหตุการณ์ปกติจะมีสถานะเท่ากับ 3 หมายความว่ามีกระแสไฟฟ้าอยู่ในระบบและเมื่อสถานะปัจจุบันเท่ากับ 1 หมายความว่าบัสบาร์นั้นไม่มีกระแสไฟฟ้าอยู่ในระบบ ซึ่งระบบจะทำการสั่ง CB5 (Circuit Breaker5) ให้ปิดวงจรเพื่อให้กระแสไฟฟ้าของบัสบาร์ที่ปกติไหลไปยังบัสบาร์ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า โดยมีการทำงานดังรูปที่ 3.7

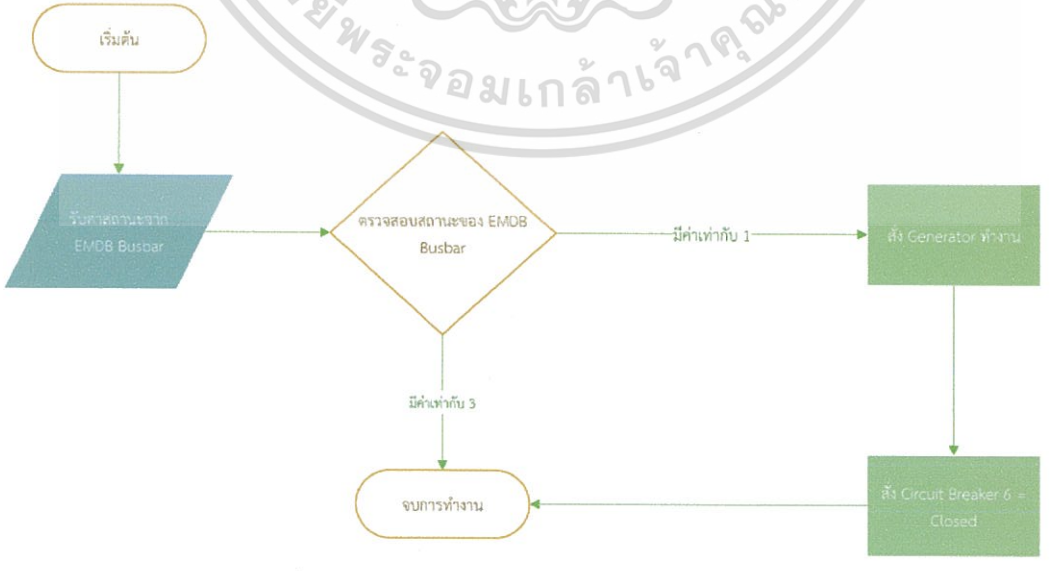
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Flowchart ระบบสำรองไฟของบัสบาร์

3.4.2 ระบบสำรองไฟให้กับสถานี

ระบบสำรองไฟให้กับสถานีมีหลักการทำงานคือจะรับค่าสถานะของบัสบาร์ EMDB โดยค่าสถานะสำหรับเหตุการณ์ปกติคือ 3 และเหตุการณ์ไม่ปกติคือ 1 ซึ่งเมื่อตรวจสอบแล้วพบค่าเป็น 1 ระบบจะทำการสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำงานและสั่ง CB6 (Circuit Breaker6) ให้ปิดวงจรเพื่อจ่ายกระแส โดยมีการทำงานดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Flowchart ระบบสำรองไฟให้กับสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้

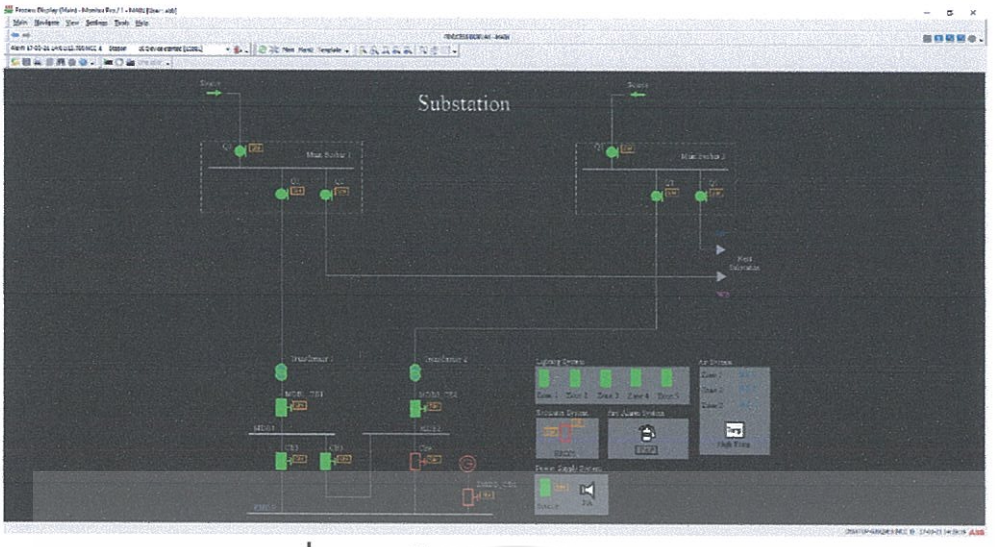
ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้มีหลักการทำงานคือรับค่าสถานะจากอุปกรณ์ปลายทางเข้ามาและตรวจสอบค่าสถานะนั้น สำหรับเหตุการณ์ปกติจะมีค่าสถานะเท่ากับ 2 และเหตุการณ์ไม่ปกติจะมีค่าสถานะเท่ากับ 1 ซึ่งเมื่อค่าสถานะเปลี่ยนเป็น 1 ระบบจะทำการสั่งให้อุปกรณ์ปลายทางแสดงไฟสัญญาณเตือนและควบคุมบันไดเลื่อนให้เลื่อนลงทั้งหมด โดยมีการทำงานดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 Flowchart ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้

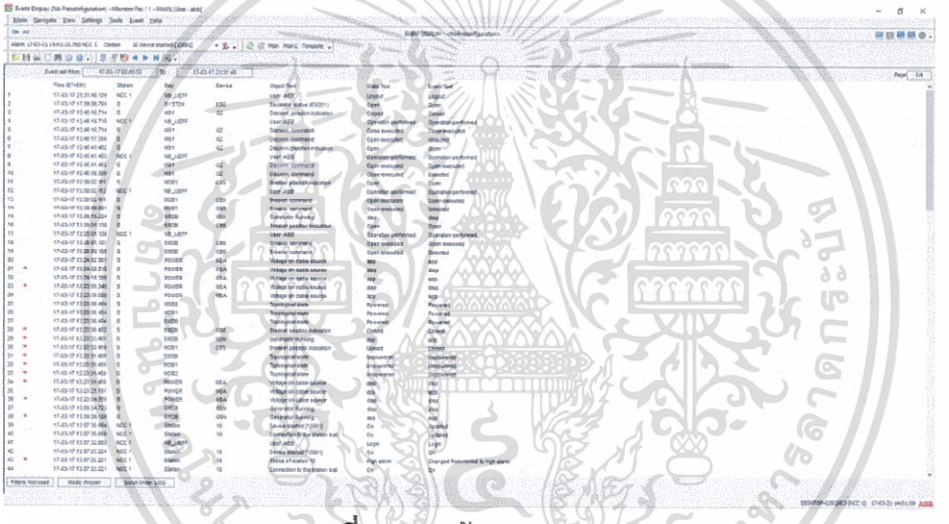
3.5 การออกแบบ GUI ของระบบสถานีอัจฉริยะ

ในส่วนของซอฟต์แวร์ควบคุมระบบนั้นจะแบ่งหน้าจอแสดงผลเป็น 3 หน้าจอหลักคือ หน้า GUI (Graphic User Interface) หน้าแสดงรายการ (Event List) และหน้าแสดงสัญญาณเตือน (Alarm List) ดังรูปที่ 3.10 ถึง 3.12 ตามลำดับ

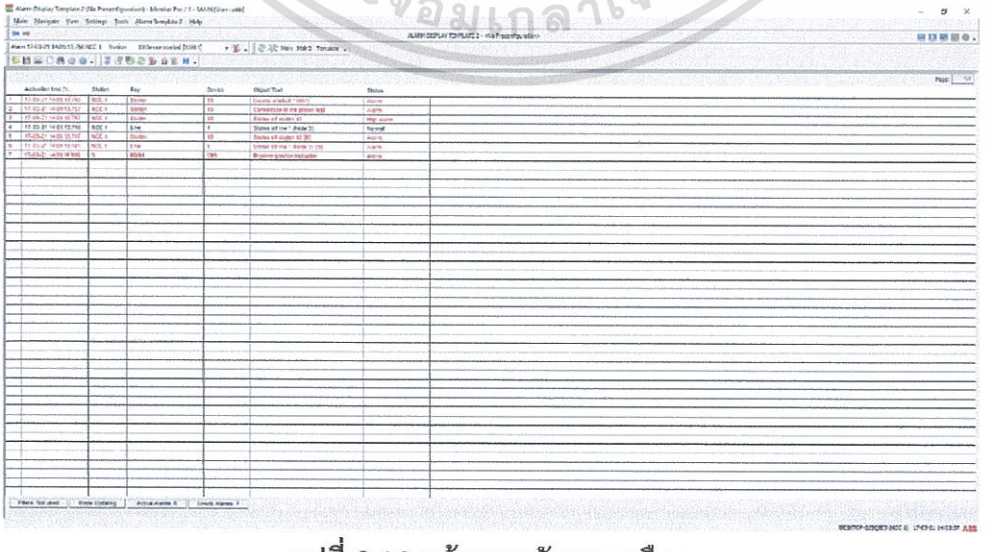
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หน้า Graphic User Interface



รูปที่ 3.11 หน้าแสดงรายการ



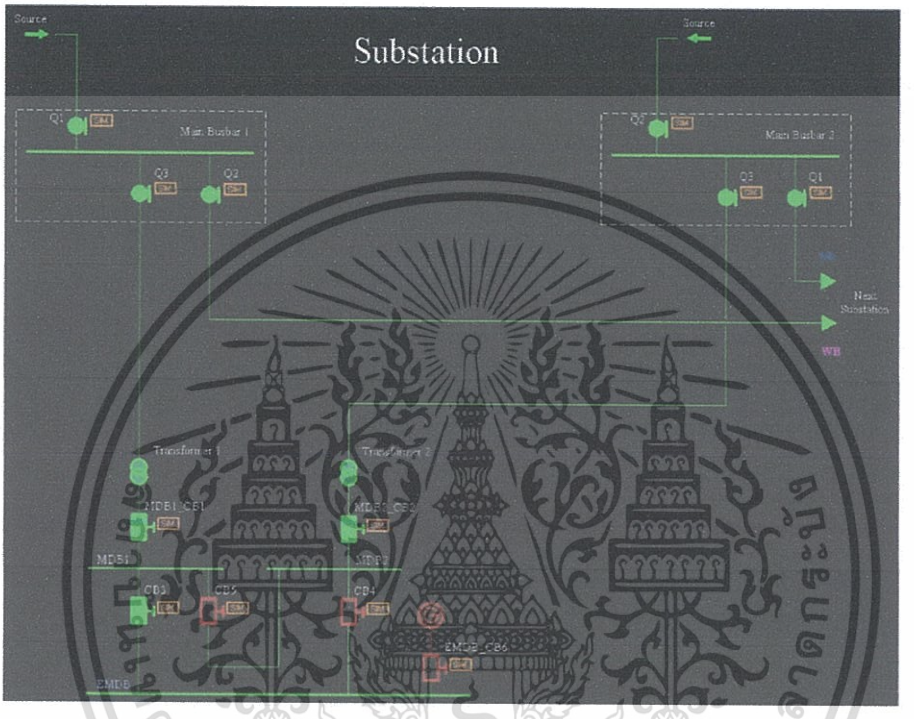
รูปที่ 3.12 หน้าแสดงสัญญาณเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 หน้า GUI ของระบบภายในระบบสถานีอัจฉริยะ

3.5.1.1 ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี

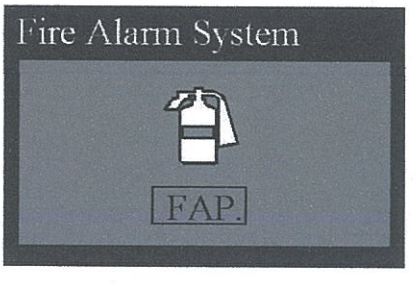
ระบบจ่ายไฟนั้นหน้าจอจะแสดงผลในรูปแบบการรับกระแสไฟฟ้าไล่ตั้งแต่รับกระแสจากแหล่งจ่ายจนถึงจ่ายไปยัง EMDB โดย แสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วยเส้นสี (Color Line) ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี

3.5.1.2 ระบบอัคคีภัย

ระบบอัคคีภัยจะแสดงเป็นรูปแสดงสถานะปัจจุบันของระบบ โดยถ้าเกิดเหตุการณ์นอกเหนือจากเงื่อนไขที่กำหนดไว้จะแสดงสัญญาณเตือนโดยการกระพริบสีแดงดังรูปที่ 3.14

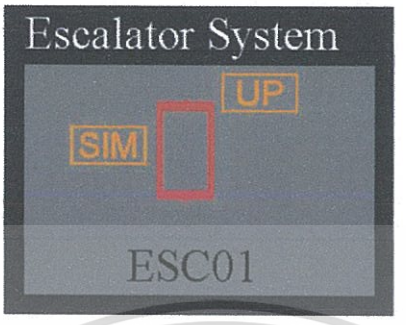


รูปที่ 3.14 ระบบอัคคีภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.3 ระบบบันไดเลื่อน

ระบบบันไดเลื่อนจะแสดงสถานะการทำงานเป็นปุ่มกด ดังรูปที่ 3.15 โดยสามารถกดปุ่มเพื่อควบคุมบันไดเลื่อนได้



รูปที่ 3.15 ระบบบันไดเลื่อน

3.5.1.4 ระบบแสงสว่าง

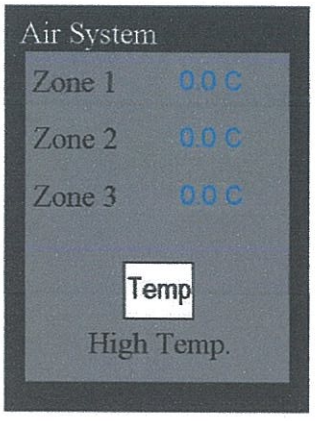
ระบบแสงสว่างจะแสดงสถานการณ์ทำงานเป็นปุ่มกดโดยมีชื่อกำกับว่าเป็นปุ่มของโซนที่เท่าไร ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 ระบบแสงสว่าง

3.5.1.5 ระบบอุณหภูมิ

ระบบอุณหภูมิจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แสดงสถานะอุณหภูมิแบบเรียลไทม์และแสดงเป็นสัญญาณเตือนเมื่อได้รับค่าสถานะที่นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ระบบอุณหภูมิ

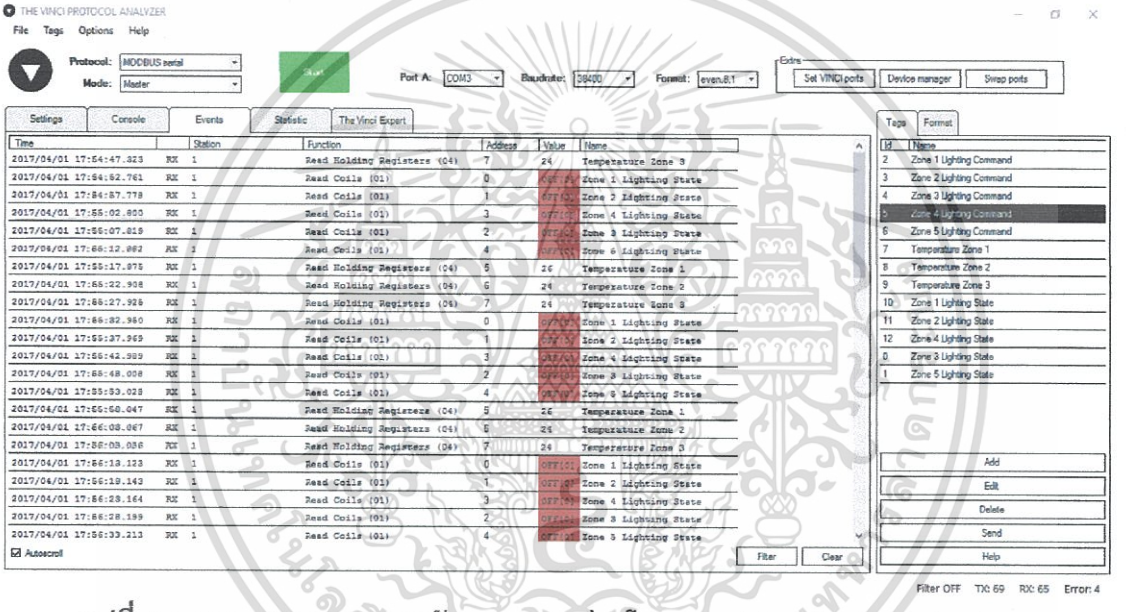
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ระบบการจัดการอาคาร

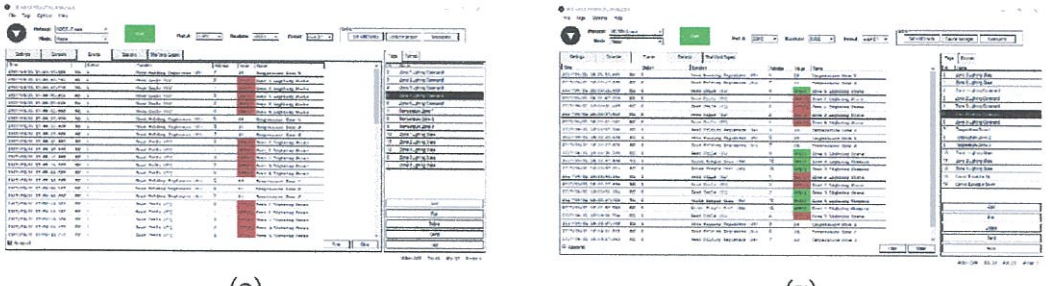
สำหรับหัวข้อนี้เป็นการทดสอบภาพรวมการทำงานของระบบการจัดการอาคารซึ่งใช้โปรโตคอล MODBUS RTU สำหรับสื่อสาร โดยจะใช้โปรแกรม Vinci Protocol Analyze ในการจำลองเป็นเซิร์ฟเวอร์เพื่อเรียกข้อมูลสถานะปัจจุบันของระบบ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สถานะของระบบการจัดการอาคารผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

4.1.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบ

4.1.1.1 การเปิดปิดไฟภายในสถานี



(ก) (ข)

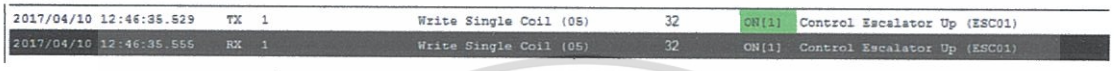
รูปที่ 4.2 การเปิดปิดไฟภายในสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

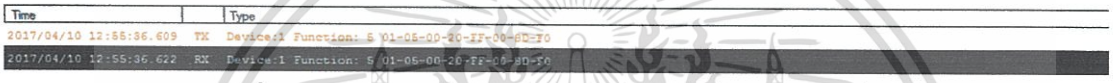
จากรูปที่ 4.2 การเปิดปิดไฟสถานี ในการทำงานเริ่มต้นของระบบจัดการอาคารจะแสดงผลดังรูปที่ 4.2 (ก) และเมื่อสั่งเปิดไฟในโซนที่ 1 โซนที่ 3 และโซนที่ 4 สถานะของระบบแสงสว่างที่แสดงผลผ่านหน้าจอโปรแกรมจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวดังรูปที่ 4.2 (ข)

4.1.1.2 การสั่งงานบันไดเลื่อน

เมื่อมีการสั่งงานบันไดเลื่อนสถานะของระบบจะแสดงสถานะคำสั่งในหน้า Events และ Console ของโปรแกรม Vinci Protocol Analyze ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



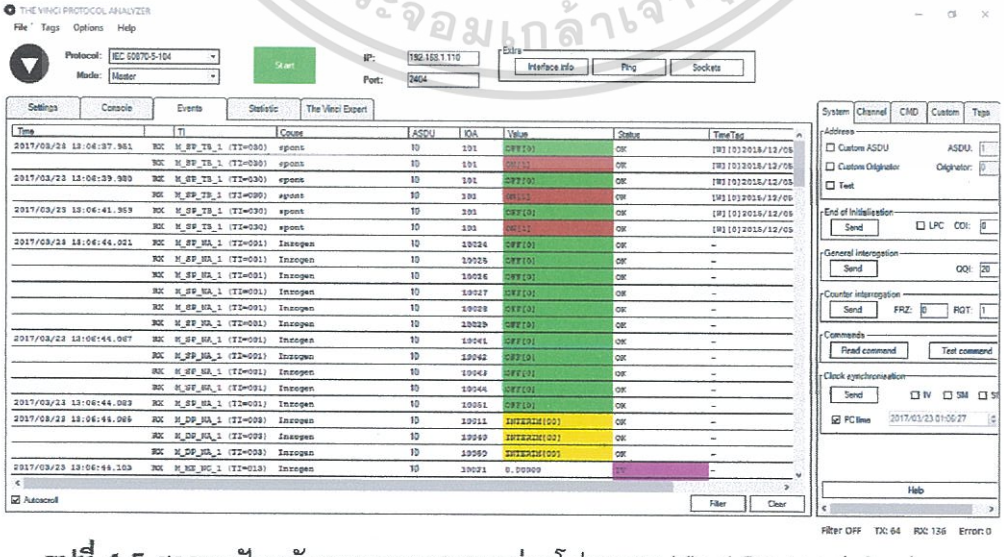
รูปที่ 4.3 สถานะคำสั่งในหน้า Events เมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน



รูปที่ 4.4 สถานะคำสั่งในหน้า Console เมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน

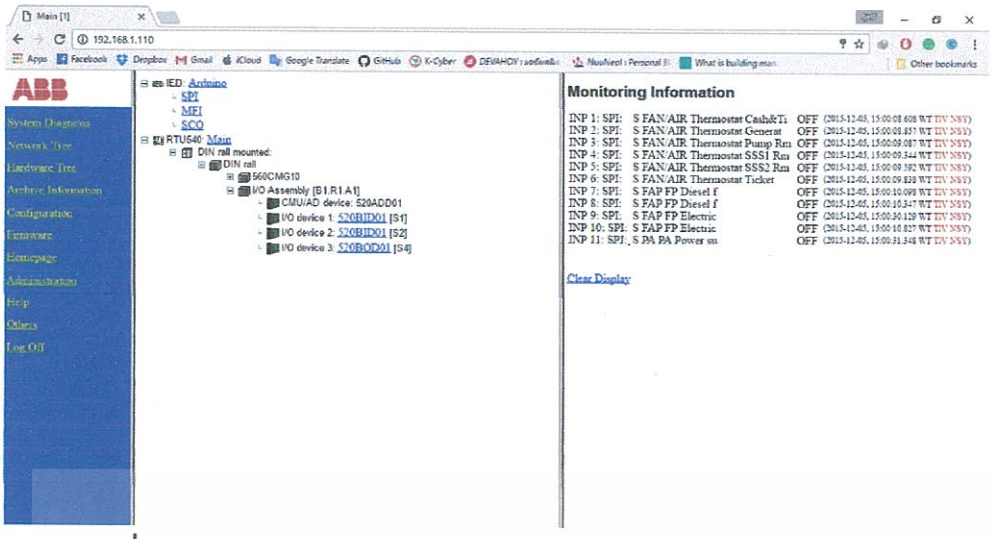
4.2 ระบบสกาดา

สำหรับหัวข้อนี้เป็นการทดสอบการทำงานของระบบสกาดาและการทำงานร่วมกันกับระบบการจัดการอาคาร ซึ่งใช้โปรโตคอล IEC-60870-5-104 ในการสื่อสาร โดยจะใช้โปรแกรม Vinci Protocol Analyze ในการจำลองเป็นเซิร์ฟเวอร์เพื่อเรียกข้อมูลสถานะปัจจุบันของระบบ ดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.7

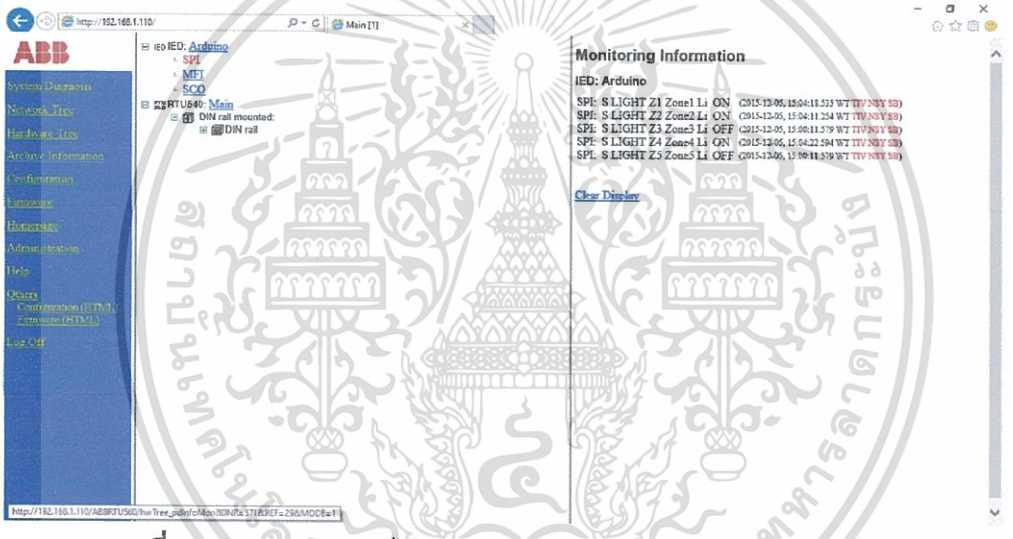


รูปที่ 4.5 สถานะปัจจุบันของระบบสกาดาผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สถานะปัจจุบันของระบบสกาดาผ่าน Web Function ของ RTU



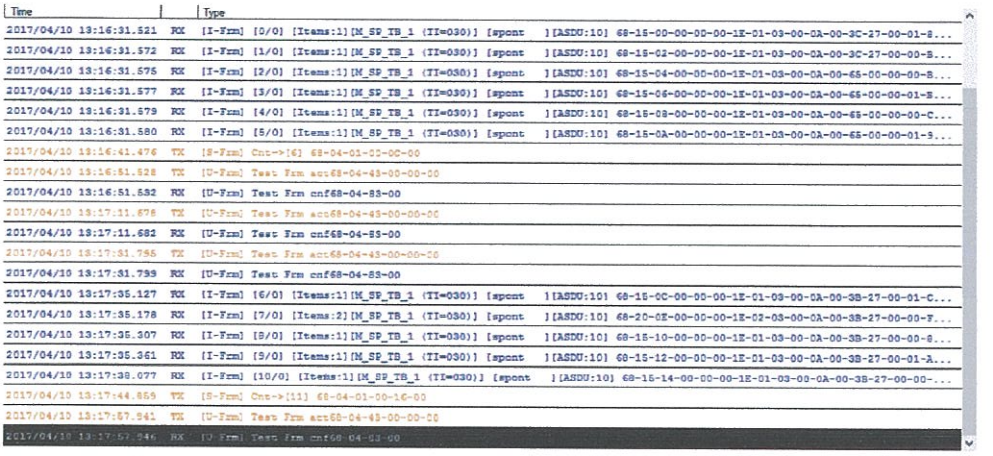
รูปที่ 4.7 สถานะอุปกรณ์ของระบบการจัดการอาคารผ่านระบบสกาดา

4.2.1 ตัวอย่างการทำงานของระบบ

4.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์

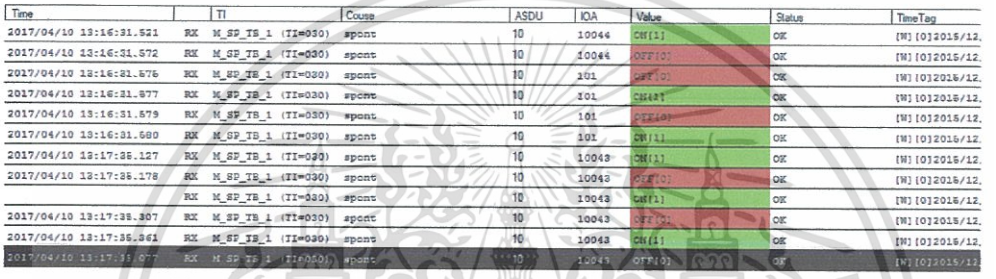
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ในระบบสกาดา สถานะของอุปกรณ์นั้น ๆ ในโปรแกรม Vinci Protocol Analyze จะเปลี่ยนแปลงไปดังรูปที่ 4.8 และ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Time		Type
2017/04/10 13:16:31.521	RX	[I-Frm] [0/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-00-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3C-27-00-01-8...
2017/04/10 13:16:31.572	RX	[I-Frm] [1/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-02-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3C-27-00-00-8...
2017/04/10 13:16:31.575	RX	[I-Frm] [2/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-04-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-65-00-00-00-8...
2017/04/10 13:16:31.577	RX	[I-Frm] [3/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-06-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-65-00-00-01-8...
2017/04/10 13:16:31.579	RX	[I-Frm] [4/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-08-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-65-00-00-00-C...
2017/04/10 13:16:31.580	RX	[I-Frm] [5/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-0A-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-65-00-00-01-9...
2017/04/10 13:16:41.476	TX	[S-Frm] Cnt->[6] 68-04-01-00-0C-00
2017/04/10 13:16:51.528	TX	[U-Frm] Test Frm act68-04-43-00-00-00
2017/04/10 13:16:51.532	RX	[U-Frm] Test Frm cnf68-04-83-00
2017/04/10 13:17:11.676	TX	[U-Frm] Test Frm act68-04-43-00-00-00
2017/04/10 13:17:11.682	RX	[U-Frm] Test Frm cnf68-04-83-00
2017/04/10 13:17:31.785	TX	[U-Frm] Test Frm act68-04-43-00-00-00
2017/04/10 13:17:31.789	RX	[U-Frm] Test Frm cnf68-04-83-00
2017/04/10 13:17:35.127	RX	[I-Frm] [6/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-0C-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3B-27-00-01-C...
2017/04/10 13:17:35.178	RX	[I-Frm] [7/0] [Items:2][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-20-0E-00-00-00-1E-02-03-00-0A-00-3B-27-00-00-F...
2017/04/10 13:17:35.307	RX	[I-Frm] [9/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-10-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3B-27-00-00-8...
2017/04/10 13:17:35.361	RX	[I-Frm] [9/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-12-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3B-27-00-01-A...
2017/04/10 13:17:38.077	RX	[I-Frm] [10/0] [Items:1][M_SP_TB_1 (TI=030)] [spont][ASDU:10] 68-15-14-00-00-00-1E-01-03-00-0A-00-3B-27-00-00-...
2017/04/10 13:17:44.869	TX	[S-Frm] Cnt->[11] 68-04-01-00-16-00
2017/04/10 13:17:57.941	TX	[U-Frm] Test Frm act68-04-43-00-00-00
2017/04/10 13:17:57.946	RX	[U-Frm] Test Frm cnf68-04-83-00

รูปที่ 4.8 สถานะของอุปกรณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผ่านหน้าจอ Console

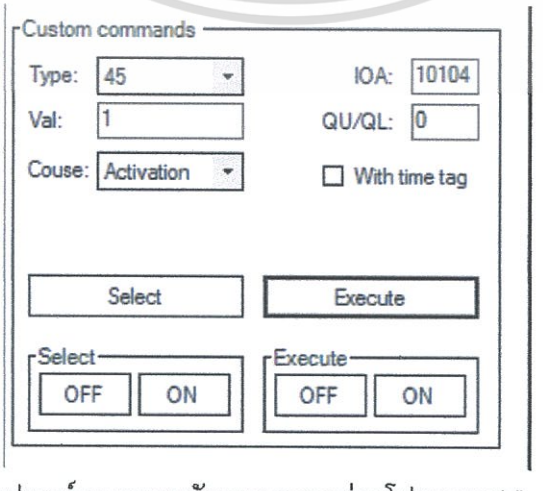


Time		TI	Couse	ASDU	IOA	Value	Status	TimeTag
2017/04/10 13:16:31.521	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10044	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:16:31.572	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10044	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:16:31.575	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	101	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:16:31.577	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	101	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:16:31.579	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	101	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:16:31.580	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	101	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:17:35.127	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:17:35.178	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.
	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:17:35.307	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:17:35.361	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	ON[1]	OK	[M][0]2015/12.
2017/04/10 13:17:35.077	RX	M_SP_TB_1 (TI=030)	spont	10	10043	OFF[0]	OK	[M][0]2015/12.

รูปที่ 4.9 สถานะของอุปกรณ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผ่านหน้าจอ Events

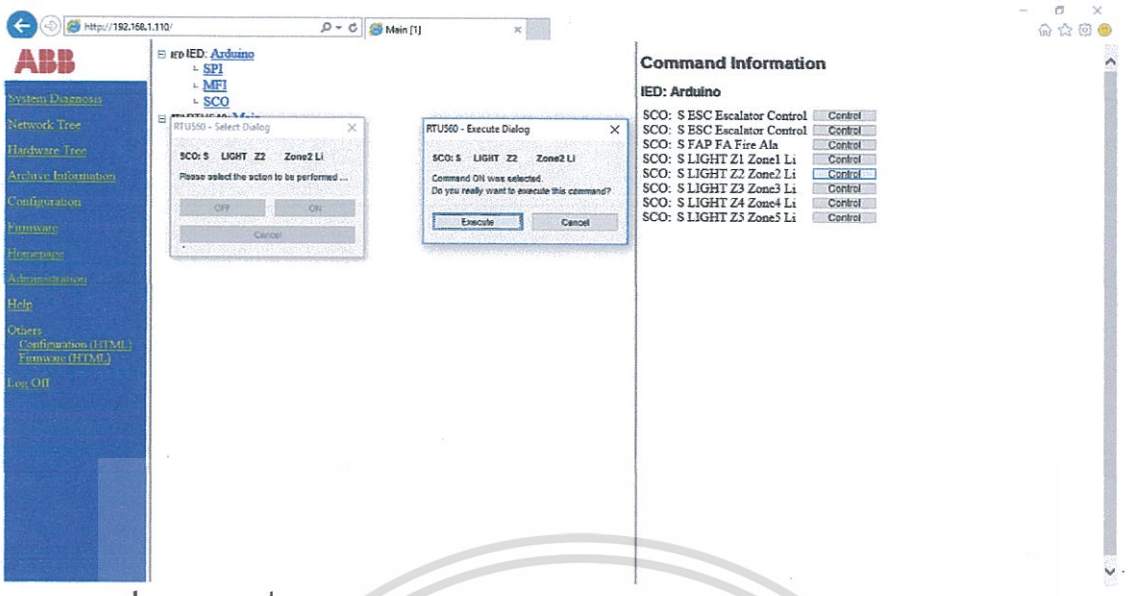
4.2.1.2 การสั่งงานอุปกรณ์ในระบบจัดการอาคารผ่านระบบสกาดา

การสั่งงานอุปกรณ์ของระบบจัดการอาคารผ่านระบบสกาดาสามารถทำได้ผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze และผ่าน Web Function ของ RTU ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 โดยการสั่งงานผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze จะใช้เลข ASDU และ IOA ของอุปกรณ์ในการสั่งงาน



รูปที่ 4.10 การสั่งงานอุปกรณ์ของระบบจัดการอาคารผ่านโปรแกรม Vinci Protocol Analyze

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



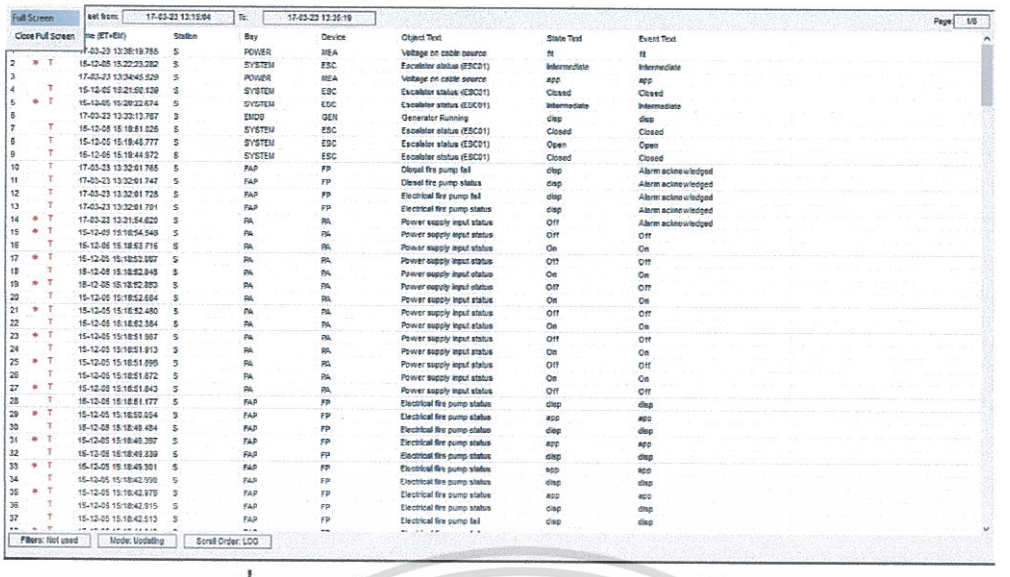
รูปที่ 4.11 การสั่งงานอุปกรณ์ของระบบจัดการอาคารผ่าน Web Function ของ RTU

4.3 หน้าโปรแกรมของระบบสถานีอัจฉริยะ

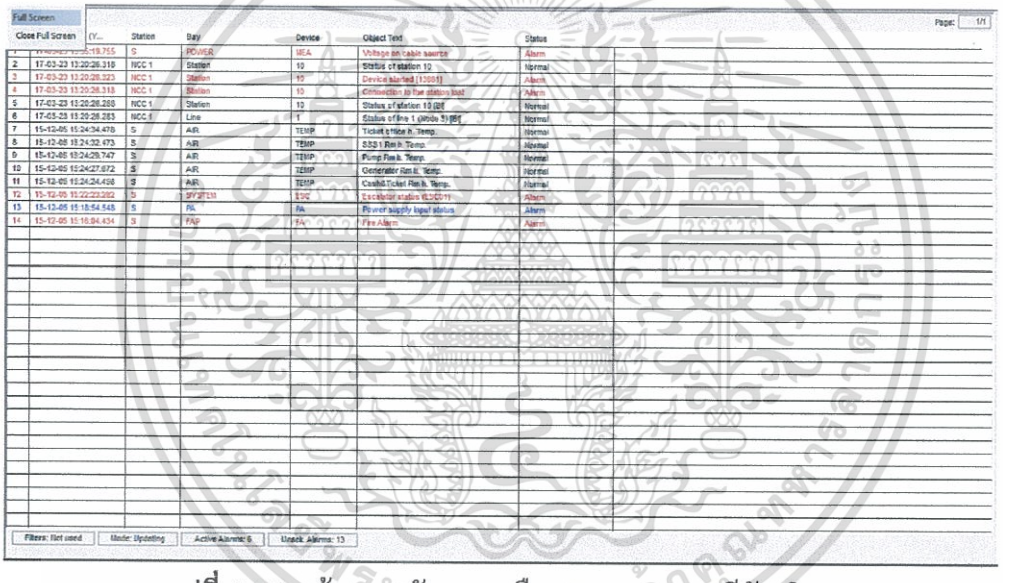
หน้าโปรแกรมของระบบสถานีอัจฉริยะจะประกอบไปด้วย หน้า GUI หน้าแสดงรายการและหน้าแสดงสัญญาณเตือน ดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.14

รูปที่ 4.12 หน้า GUI ของระบบสถานีอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 หน้าแสดงรายการของระบบสถานีอัจฉริยะ

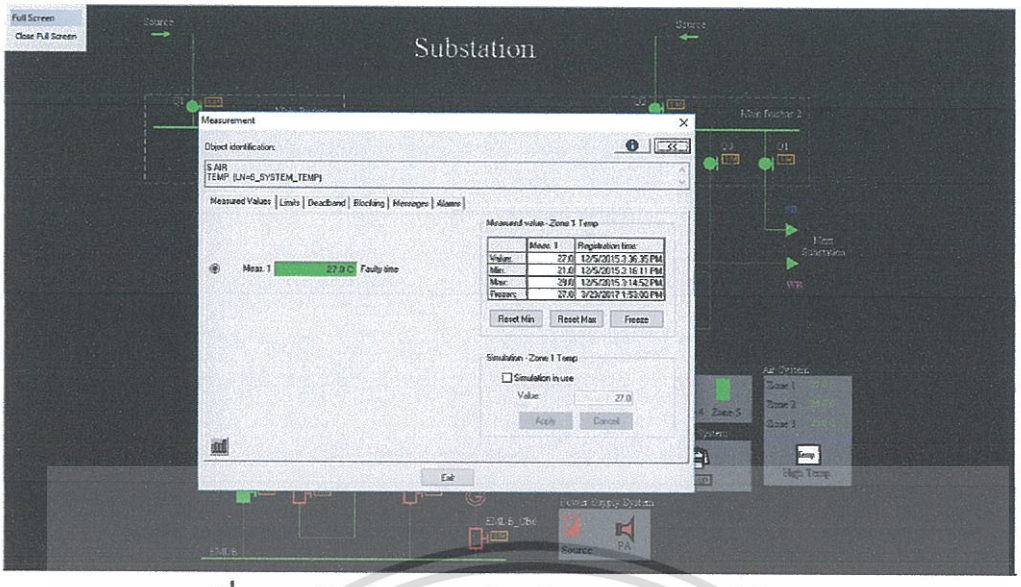


รูปที่ 4.14 หน้าแสดงสัญญาณเตือนของระบบสถานีอัจฉริยะ

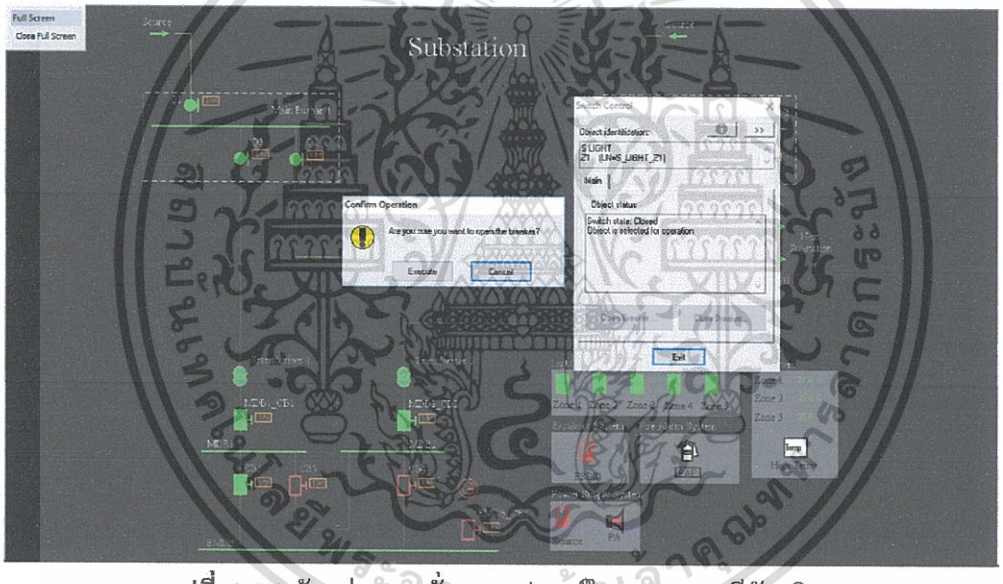
4.3.1 การใช้งานหน้า GUI

จากรูปที่ 4.12 แสดงหน้า GUI ของระบบสถานีอัจฉริยะ ซึ่งประกอบด้วยระบบสกาดาและระบบบริหารจัดการและควบคุมสถานี ผู้ใช้งานสามารถดูสถานะปัจจุบันและสั่งงานอุปกรณ์ผ่านหน้าจอ GUI ได้ดังรูปที่ 4.15 และ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างสถานะปัจจุบันของระบบสถานีอัจฉริยะ



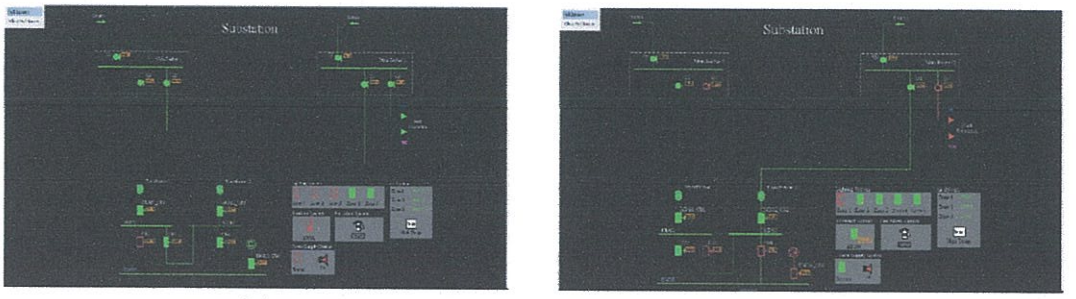
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างการสั่งงานอุปกรณ์ในระบบสถานีอัจฉริยะ

4.3.2 ตัวอย่างการทำงานของระบบ

4.3.2.1 ระบบจ่ายไฟให้กับสถานี

- กรณีตัดการจ่ายไฟให้กับสถานีต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.17 การตัดการจ่ายไฟให้กับสถานีต่อไป

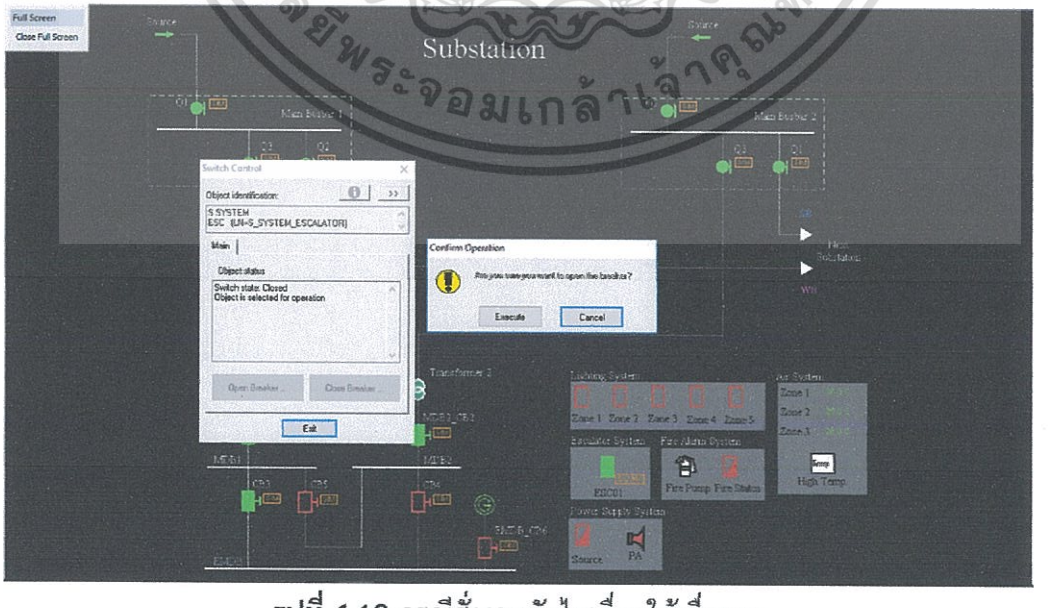
จากรูปที่ 4.17 เมื่อมีการตัดการจ่ายไฟให้กับสถานีต่อไป Color Line ที่แสดงผลจะเปลี่ยนเป็นสีแดงซึ่งหมายความว่าไม่มีกระแสในเส้นนั้นดังรูปที่ 4.17 (ข) อีกทั้งหน้ารายการแสดงผลจะบันทึกเหตุการณ์ที่ผู้ใช้งานสั่งการดังรูปที่ 4.18

			Time (ET+EM)	Station	Bay	Device	Object Text	State Text	Event Text
31			17-03-23 13:55:09.118	NCC 1	NB_JJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
32			17-03-23 13:55:09.117	S	MB2	Q1	Disconn. command	Open executed	Open executed
33			17-03-23 13:55:08.387	S	MB2	Q1	Disconn. command	Open executed	Selected
34			17-03-23 13:55:04.384	S	MB1	Q2	Disconn. position indication	Open	Open
35			17-03-23 13:55:04.385	NCC 1	NB_JJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
36			17-03-23 13:55:04.384	S	MB1	Q2	Disconn. command	Open executed	Open executed
37			17-03-23 13:55:03.585	S	MB1	Q2	Disconn. command	Close executed	Selected

รูปที่ 4.18 หน้ารายการแสดงผลเมื่อตัดการจ่ายไฟ

4.3.2.2 ระบบบันไดเลื่อน

- กรณีสั่งงานบันไดเลื่อน



รูปที่ 4.19 กรณีสั่งงานบันไดเลื่อนให้เลื่อนลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.19 เมื่อสั่งงานบันไดเลื่อนให้เลื่อนลง ปุ่มจะทำการแสดงสถานะของบันไดเลื่อนและบันทึกเหตุการณ์ลงในหน้าแสดงผลดังรูปที่ 4.20

Full Screen | set from: 17-03-23 15:58:08 | To: 15-12-05 17:10:53

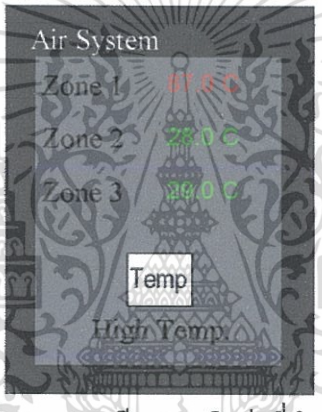
Close Full Screen

	me (ET+EM)	Station	Bay	Device	Object Text	State Text	Event Text
1	15-12-05 17:10:53.510	S	SYSTEM	ESC	Escalator status (ESC01)	Intermediate	Intermediate
2	17-03-23 18:54:54.909	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Up (ESC01)		
3	17-03-23 18:54:40.345	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Down (ESC01)		Selected
4	[illegible]	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Down (ESC01)		
5	17-03-23 18:54:26.336	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Down (ESC01)	Close executed	Selected

รูปที่ 4.20 หน้ารายการแสดงผลเมื่อสั่งงานบันไดเลื่อน

4.3.2.3 ระบบอุณหภูมิ

- กรณีอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด



รูปที่ 4.21 กรณีอุณหภูมิกว่าที่กำหนด

จากรูปที่ 4.21 เมื่อระบบได้รับค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าที่กำหนดจากอุปกรณ์ปลายทาง การแสดงผลของ GUI จะเปลี่ยนเป็นตัวอักษรสีเหลืองหรือแดงตามเงื่อนไข อีกทั้งระบบจะบันทึกเหตุการณ์ลงในระบบและส่งสัญญาณเตือนมายังหน้าจอของผู้ใช้งานดังรูปที่ 4.22

Full Screen

Close Full Screen

	(Y...	Station	Bay	Device	Object Text	Status
1	[illegible]03.113	S	AIR	TEMP	Zone 1 Temp	High alarm
2	17-03-23 15:52:43.010	S	MB1	Q2	Topological state	Alarm
3	17-03-23 15:52:43.010	S	MB2	Q1	Topological state	Alarm
4	17-03-23 15:26:55.168	S	POWER	MEA	Voltage on cable source	Alarm
5	17-03-23 15:19:05.411	S	SYSTEM	ESC	Escalator status (ESC01)	Alarm
6	17-03-23 15:19:05.411	S	FAP	FA	Fire Alarm	Alarm
7	17-03-23 15:19:05.359	S	PA	PA	Power supply input status	Alarm
8	17-03-23 15:19:05.303	S	LIGHT	Z3	Zone 3 Lighting State	Alarm
9	17-03-23 15:19:05.303	S	LIGHT	Z2	Zone 2 Lighting State	Alarm
10	17-03-23 15:19:05.303	S	LIGHT	Z1	Zone 1 Lighting State	Alarm

รูปที่ 4.22 หน้าแสดงสัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนด

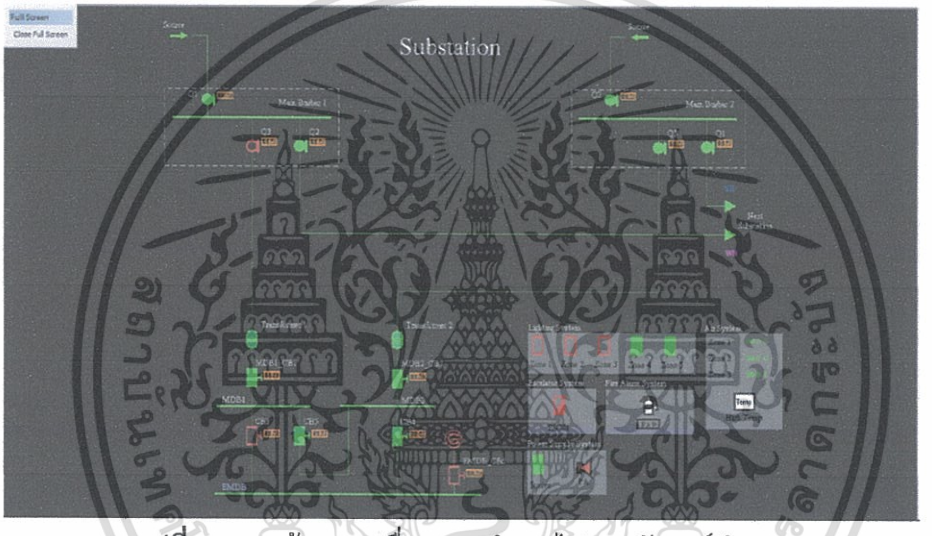
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทำงานอัตโนมัติของระบบสถานีอัจฉริยะ

ในหัวข้อนี้จะทำการทดสอบการตอบสนองของระบบต่อเหตุการณ์ที่จำลองขึ้นมา ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบสำรองไฟของบัสบาร์ ระบบสำรองไฟให้กับสถานีและระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้

4.4.1 ระบบสำรองไฟของบัสบาร์

ระบบสำรองไฟของบัสบาร์เป็นระบบอัตโนมัติที่ทำงานเมื่อบัสบาร์ของ MDB1 หรือ MDB2 ไม่มีไฟฟ้าในระบบ โดยระบบจะส่งสัญญาณเตือนมายังหน้าจอของผู้ใช้งาน จากนั้นจะสั่งงานให้ CB5 ปิดวงจรเพื่อเชื่อมทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกันและบันทึกเหตุการณ์ลงในระบบดังรูปที่ 4.23 และ 4.24



รูปที่ 4.23 หน้า GUI เมื่อระบบสำรองไฟของบัสบาร์ทำงาน

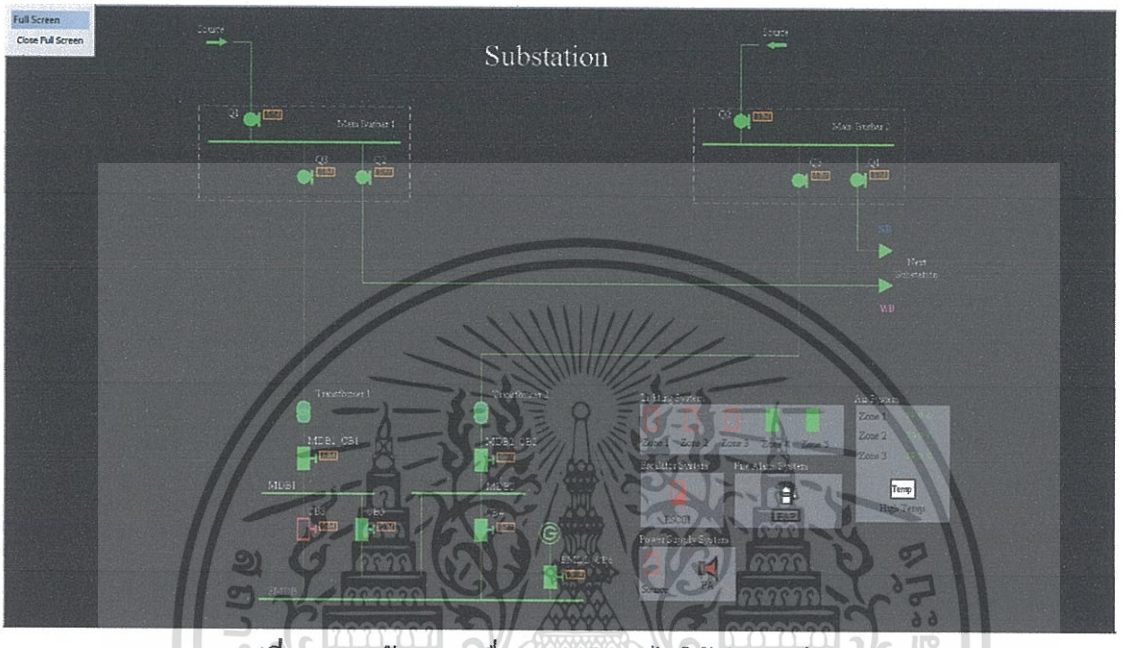
1				17-03-23 16:00:34.316	S	MDB2	CB4	Breaker position indication	Open	Open
2				17-03-23 16:00:34.316	NCC 1	NB_IJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
3				17-03-23 16:00:34.315	S	MDB2	CB4	Breaker command	Open executed	Open executed
4				17-03-23 16:00:33.700	S	MDB2	CB4	Breaker command	Open executed	Selected
5				17-03-23 16:00:30.834	S	MDB1	CB3	Breaker position indication	Closed	Closed
6				17-03-23 16:00:30.835	NCC 1	NB_IJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
7				17-03-23 16:00:30.634	S	MDB1	CB3	Breaker command	Close executed	Close executed
8				17-03-23 16:00:30.244	S	MDB1	CB3	Breaker command	Close executed	Selected
9				17-03-23 16:00:27.020	S	MDB1	CB5	Breaker position indication	Open	Open
10				17-03-23 16:00:27.020	NCC 1	NB_IJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
11				17-03-23 16:00:27.019	S	MDB1	CB5	Breaker command	Open executed	Open executed
12				17-03-23 16:00:25.971	S	MDB1	CB5	Breaker command	Open executed	Selected
13				17-03-23 16:00:19.662	S	MB1	Q3	Disconn. position indication	Closed	Closed
14				17-03-23 16:00:19.662	NCC 1	NB_IJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
15				17-03-23 16:00:19.661	S	MB1	Q3	Disconn. command	Close executed	Close executed
16				17-03-23 16:00:18.836	S	MB1	Q3	Disconn. command	Open executed	Selected
17				17-03-23 15:59:51.062	S	MDB2	CB4	Breaker position indication	Closed	Closed
18				17-03-23 15:59:51.063	S	EMDB		Topological state	Powered	Powered
19	*			17-03-23 15:59:51.060	S	MDB1	CB5	Breaker position indication	Closed	Closed
20				17-03-23 15:59:51.061	S	MDB1		Topological state	Powered	Powered
21				17-03-23 15:59:51.060	S	MDB1	CB3	Breaker position indication	Open	Open
22				17-03-23 15:59:50.059	S	MB1	Q3	Disconn. position indication	Open	Open
23	*			17-03-23 15:59:50.059	S	EMDB		Topological state	Unpowered	Unpowered
24	*			17-03-23 15:59:50.059	S	MDB1		Topological state	Unpowered	Unpowered
25				17-03-23 15:59:50.059	NCC 1	NB_IJEFF		User: ABB	Operation performed	Operation performed
26				17-03-23 15:59:50.058	S	MB1	Q3	Disconn. command	Open executed	Open executed
27				17-03-23 15:59:49.106	S	MB1	Q3	Disconn. command	Close executed	Selected

รูปที่ 4.24 หน้าแสดงรายการเมื่อระบบสำรองไฟของบัสบาร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ระบบสำรองไฟให้กับสถานี

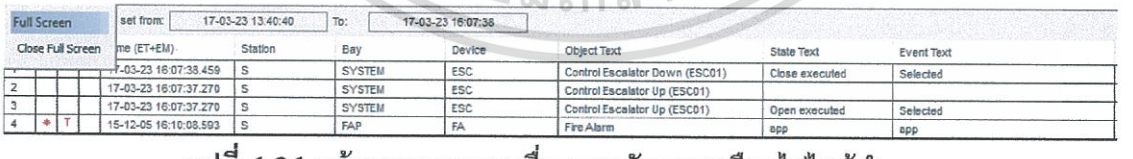
ระบบสำรองไฟให้กับสถานีเป็นระบบที่ทำงานเมื่อแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 ระบบเกิดปัญหาจนไม่สามารถจ่ายไฟให้กับสถานีได้ โดยระบบสั่งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานและสั่งให้ CB6 ปิดวงจรเพื่อจ่ายกระแสไฟเลี้ยงสถานีแทนแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 ชั่วคราว ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 หน้า GUI เมื่อระบบสำรองไฟให้กับสถานีทำงาน

4.4.3 ระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้เป็นระบบที่สั่งงานอุปกรณ์ที่สถานีให้เข้าสู่ภาวะฉุกเฉิน โดยจะสั่งให้ระบบบันไดเลื่อนทำงานโดยเลื่อนลง ดังรูปที่ 4.26


Full Screen
Close Full Screen
set from: 17-03-23 13:40:40 To: 17-03-23 16:07:38

				me (ET+EM)	Station	Bay	Device	Object Text	State Text	Event Text
				7-03-23 16:07:38.459	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Down (ESC01)	Close executed	Selected
2				17-03-23 16:07:37.270	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Up (ESC01)		
3				17-03-23 16:07:37.270	S	SYSTEM	ESC	Control Escalator Up (ESC01)	Open executed	Selected
4		T		15-12-05 16:10:08.593	S	FAP	FA	Fire Alarm	app	app

รูปที่ 4.26 หน้าแสดงรายการเมื่อระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 บทสรุปโครงงาน

โครงงานนี้นำเสนอการพัฒนาการทำงานร่วมกันของระบบภายในสถานีและการตอบสนองต่อเหตุการณ์อัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบสกาดาและระบบบริหารจัดการและควบคุมสถานี ซึ่งมีการรายงานข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ควบคุมและสั่งงานอุปกรณ์ภายในระบบโดยผู้ใช้งาน โดยได้เขียนเขียนโปรแกรมสั่งงานและแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงเขียนคำสั่งจัดการกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่นระบบสำรองไฟของบัสบาร์ ระบบสำรองไฟของสถานี ระบบสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้ เป็นต้น ซึ่งระบบต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยหากทำการทดลองเพิ่มเติมคาดว่าจะสามารถนำไปใช้งานกับระบบอื่นๆ นอกเหนือจากระบบสถานีได้

5.2 อุปสรรค

การศึกษาเรื่องระบบต่างๆ ภายในสถานีและการเขียนโปรแกรมควบคุม เนื่องจากผู้จัดทำขาดความรู้ความเชี่ยวชาญ อีกทั้งข้อมูลของระบบที่ใช้งานจริงและการเขียนโปรแกรมควบคุมนั้นบุคคลทั่วไปเข้าถึงได้ยาก จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาเพิ่มเติมอย่างมาก เช่น ศึกษาจากหนังสือ อ่านบทความ รวมไปถึงสอบถามจากบุคคลที่มีประสบการณ์ทางด้านนี้ เพื่อให้การออกแบบและดำเนินการเป็นไปอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] EDA International Ltd. **"SCADA คืออะไร."** [Online].
Available : http://www.eda.co.th/scada.html

[2] Margaret Rouse. **"building management system."** [Online].
Available : https://goo.gl/ilNhHc

[3] กรมชลประทาน. **"ความรู้ความเข้าใจในหลักการของระบบโทรมาตร."** [Online].
Available : http://water.rid.go.th/hyd/scada/scada_uc.htm

[4] Chant. **"RS232 คืออะไรและทำงานอย่างไร??."** [Online].
Available : http://chantproject.blogspot.com/2010/03/rs232.html

[5] Embedded Systems Lab (ESL). **"DHT22 / AM2302 Temperature & Relative Humidity Sensor."** [Online].
Available : https://goo.gl/dk21ug

[6] International Electrotechnical Commission. **Telecontrol equipment and systems – Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles.** Switzerland : IEC publications. 2549

[7] International Electrotechnical Commission. **Telecontrol equipment and systems – Part 5-101: Transmission protocols – Companion standard for basic telecontrol tasks.** Switzerland : IEC publications. 2546

[8] The Modbus Organization. **MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3.** Hopkinton : Modbus Organization. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster ผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster ผลงาน

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)

KMITL ENGINEERING PROJECT DAY 2017

DEVELOPMENT OF SMART SERVICE SUBSTATION SYSTEM

Jetnipat Witthayawongsaruji
Advisor: Asst.Prof. Boonchana Purahong

Abstract

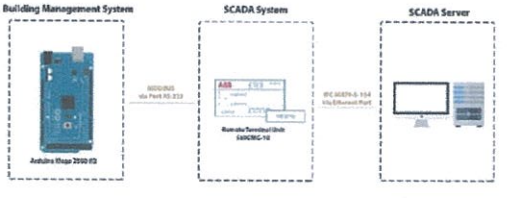
This thesis presents the development of service systems inside of substation to be able to work and handle any incident that occurs automatically. The interoperability design of SCADA systems and the building management system by using MODBUS RTU protocols and IEC-60870-5-104 protocols to control all of the systems through the software of the SCADA and the system will alert on the supervisor's screen. Which the experiments will be divided into the functioning test of the SCADA systems and the building management systems, GUI page of controlled software and automation functioning test of the systems. From the experiments found the systems have a fully and completely functional as designed, GUI pages can display the value including the ability to command the equipment inside the system correctly and accurately.

Introduction

In the present, the railway system in Thailand has developed continuously and have adopted the various technologies to apply, such as Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Building Management System (BMS) Public Address System (PA) and etc. But the above systems are not interconnected, it making the performance to response to incidents decreased and require a lot of personnel to maintenance the systems. The information technology has been applied to develop the current system to be able to work together effectively and react to events as they occur automatically.

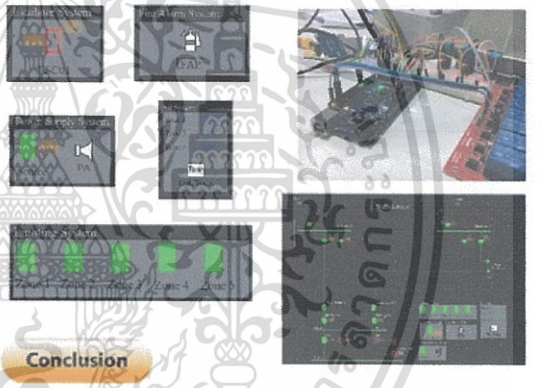
Methodology

All systems can work with the SCADA system and software controlled can react to the incident that received via destination device automatically, according to the procedure. And the response must be accurate and does not affect the functionality of the supervisor. Which Smart Substation System consist of two main systems interoperability, SCADA system and Building Management system.



Results

The results, the various subsystem has completely functional as designed. And automatic response systems can work completely according to the procedure.



Conclusion

This project presents the development of interoperability of systems inside the station and automatic response. That consists of the SCADA system and Building Management system. Which the information has reported to the software controlled and operated the device within the system by the user to do programming command and displaying the status relevant device. Also, the programming command handles events that occur, such as the power supply system of the Busbar, the power supply of the station system and the fire alarm system, etc. Which the systems can works properly and according to the design. If add experiment is expected to use the system with another system other than the station system

References

[1] Stuart A. Boyer, "SCADA SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION," International Society of Automation, 2004.
[2] International Electrotechnical Commission, "Telecontrol equipment and systems – Part 5-104: Transmission protocols – Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles," IEC publications, 2006
[3] The Modbus Organization, "MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3," Modbus Organization, 2006

E-mail: kpboonch@kmitl.ac.th
56010217@kmitl.ac.th

รูปที่ ก.1 Poster ผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม MicroSCADA Pro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

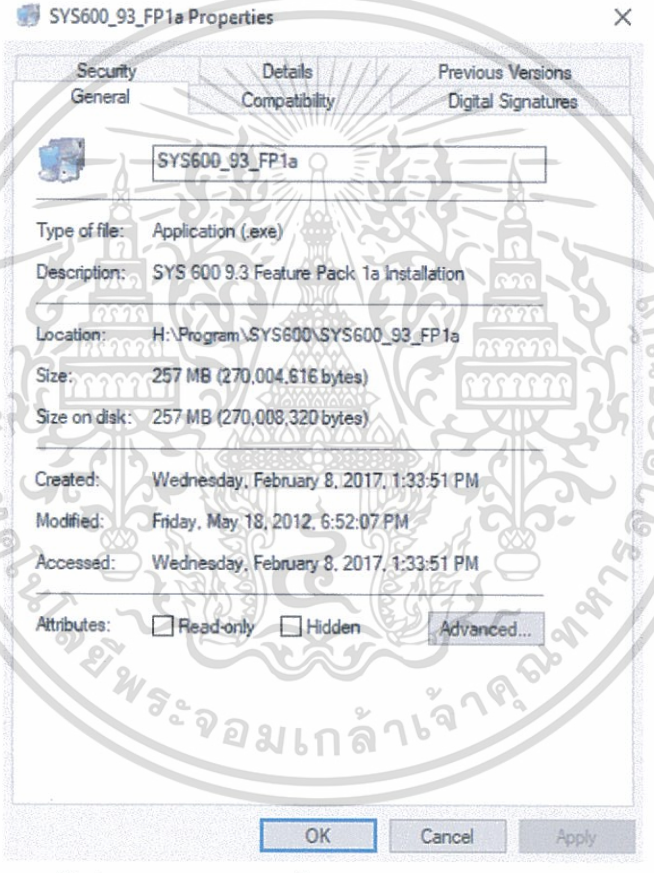
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม MicroSCADA Pro

การติดตั้งโปรแกรม MicroSCADA Pro

โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

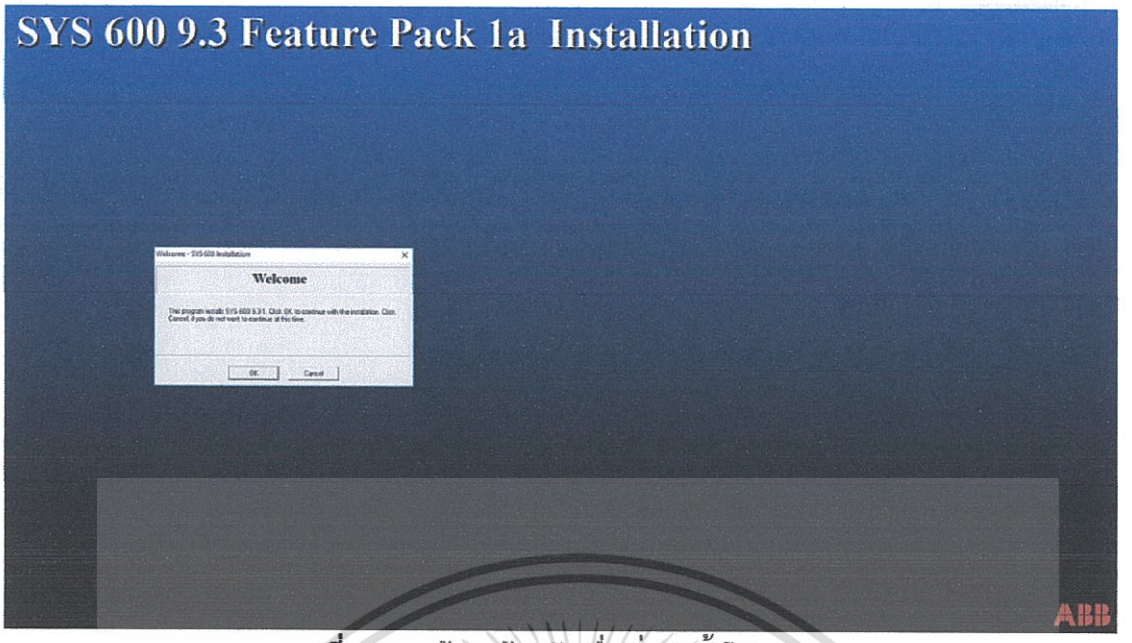
1. เมื่อทำการดาวน์โหลด SYS600_93_FP1a.exe เรียบร้อย ไฟล์จะมีขนาดและฟอร์แมตไฟล์ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม SYS600_93_FP1a.exe

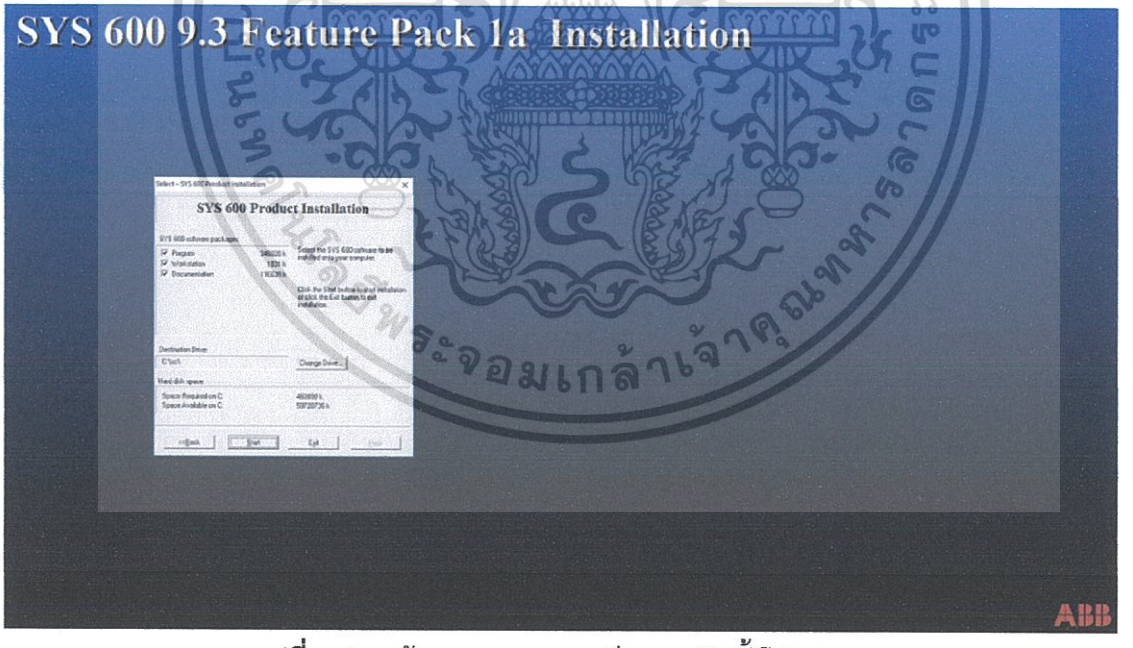
2. double-click ไฟล์ SYS600_93_FP1a.exe เพื่อเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรมโดยจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ ข.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 หน้าจอต้อนรับเมื่อเริ่มติดตั้งโปรแกรม

3. กดปุ่ม OK จะเข้าสู่หน้ารายละเอียดของการติดตั้งโดยสามารถเลือกไดร์ฟที่ต้องการติดตั้งและฟังก์ชันของโปรแกรมดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 หน้าจอแสดงรายละเอียดการติดตั้งโปรแกรม

4. กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มทำการติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้