การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ WirelessHART และ ISA100.11a เข้ากับระบบตรวจสอบสภาวะเพื่อการเริ่มต้นการสร้าง IIoT

INTEGRATION OF WirelessHART AND ISA100.11a FIELD DEVICES INTO CONDITION MONITORING SYSTEM FOR STARTING IIoT IMPLEMENTATION

อภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์

APISIT TANYAKORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-EN-M-257-108

การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ WirelessHART และ ISA100.11a เข้ากับระบบตรวจสอบสภาวะเพื่อการเริ่มต้นการสร้าง IIoT

INTEGRATION OF WirelessHART AND ISA100.11a FIELD DEVICES INTO CONDITION MONITORING SYSTEM FOR STARTING IIoT IMPLEMENTATION

อภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์

APISIT TANYAKORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-EN-M-257-108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTEGRATION OF WirelessHART AND ISA100.11a FIELD DEVICES INTO CONDITION MONITORING SYSTEM FOR STARTING IIoT IMPLEMENTATION

APISIT TANYAKORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-EN-M-257-108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ WirelessHART และ ISA100.11a เข้ากับระบบตรวจสอบสภาวะเพื่อการเริ่มต้นการสร้าง IIoT

Thesis Title Integration of WirelessHART and ISA100.11a Field Devices into Condition Monitoring System for Starting IIoT Implementation

นักศึกษา นายอภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์

รหัสประจำตัว 58601206

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2018-EN-M-257-108

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิระศักดิ์	ชาญวุฒิธรรม	
รศ.ดร.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เทพมณี	
รศ.ดร.อัมพวัน	จุลเสรีวงศ์	
ดร.อภินัย	ฤกษ์รัตน์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 14.00-16.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง HM-301 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ WirelessHART และ ISA100.11a เข้ากับระบบตรวจสอบสภาวะเพื่อการเริ่มต้นการสร้าง IIoT
นักศึกษา	นายอภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์
รหัสประจำตัว	58601206
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการผสานเครื่องมือวัดไร้สายของเทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a เข้ากับระบบตรวจสอบสภาวะบนโปรแกรม Wonderware InTouch การผสานรวมกันที่นำเสนอเป็นการนำข้อมูลมาจากระดับฟิลด์ด้วยเครือข่ายอุปกรณ์ดิจิตอลสำหรับการเก็บข้อมูลอัตโนมัติเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบสภาวะของเครื่องมือวัดหรืออุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบสมาร์ทในการจัดเตรียมเครือข่าย Industrial Internet of Things (IIoT) รวมถึงข้อมูลตัวแปรกระบวนการ (PV) และข้อมูลการวินิจฉัยจากอุปกรณ์ WirelessHART และ ISA100.11a จะถูกทำการแม็ปไปยังมอดบัสทีซีพีรีจิสเตอร์ เพื่อใช้แสดงผลแบบเรียลไทม์บนสถานีปฏิบัติงาน ผลการทดลองนั้นจะเป็นการยืนยันความถูกต้องสำหรับการนำเสนอเทคนิคการผสานรวมกันของอุปกรณ์ที่แตกต่างทางเทคโนโลยีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Integration of WirlessHART and ISA100.11a Field Devices into Condition Monitoring System for Starting IIoT Implementation
Student	Mr.Apisit Tanyakorn
Student ID.	58601206
Degree	Master of Engineering
Program	Automation Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Dr.Apinai Rerkratn
Co-thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Amphawan Julsereewong

ABSTRACT

This thesis presents a technique to integrate wireless field devices using WirelessHART and ISA100.11a technologies into a condition monitoring system based on Wonderware InTouch software. The proposed integration brings the data from a field site with digital multi-device networking for automatic data collection to support the condition monitoring of instruments or smart connected equipment in preparation of the Industrial Internet of Things (IIoT) implementation. Data including process variables and diagnostics from WirelessHART and ISA100.11a devices are buffered and mapped into Modbus/TCP registers for real-time monitoring at the operator workstation. Experimental results confirm that the proposed integration function correctly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อภินัย ฤกษ์รัตน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนให้การดูแลและความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม (หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และหัวหน้างานที่คอยให้ความช่วยเหลือในหน้าที่การงาน และคำปรึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

อภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....2

1.3 แนวคิดที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....2

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....3

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 กล่าวนำ.....5

2.2 ระบบตรวจสอบสภาวะ.....5

2.3 เทคโนโลยี Industrial Internet of Things.....7

2.4 ขั้นตอนสู่เทคโนโลยี Industrial Internet of Things.....8

2.5 รูปแบบการทำงาน Industrial Internet of Things.....12

2.6 ระบบการป้องกันใน Industrial Internet of Things.....12

2.7 เครือข่ายเทคโนโลยี WirelessHART (บนพื้นฐาน IEC 62591).....13

2.8 โครงสร้างของเทคโนโลยี WirelessHART เทียบกับ OSI Model.....16

2.9 เครือข่ายเทคโนโลยี ISA100.11a (บนพื้นฐาน IEC 62734).....18

2.10 โครงสร้างของเทคโนโลยี ISA100.11a เทียบกับ OSI Model.....21

2.11 มอดบัสโปรโตคอล.....24

2.11.1 มอดบัสอาร์ทียู.....26

2.11.2 มอดบัสแอสกี.....27

2.11.3 มอดบัสทีซีพี.....28

2.11.4 รูปแบบของมอดบัสรีจีสเตอร์.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.12 สกาดา....30
2.12.1 ส่วนประกอบของสกาดา....31
2.12.2 ฐานข้อมูลของระบบสกาดา....31
2.12.3 ประโยชน์ของการใช้ระบบสกาดา....32
2.13 HMI....32
2.14 OPC....33
2.15 FMEA....34
2.15.1 คำจำกัดความ....35
2.15.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยหลักการของ FMEA....35
2.15.3 ประโยชน์ของ FMEA....36

บทที่ 3 การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่นำเสนอ....37
3.1 กล่าวนำ....37
3.2 แนวคิดการออกแบบการผสานรวมกันของอุปกรณ์ 2 เทคโนโลยี....37
3.3 การติดตั้งและการกำหนดพารามิเตอร์....41
3.3.1 เครื่องมือวัดเทคโนโลยี WirelessHART....41
3.3.2 เครื่องมือวัดเทคโนโลยี ISA100.11a....43
3.4 การติดตั้งอุปกรณ์เกตเวย์และการกำหนดพารามิเตอร์....45
3.4.1 อุปกรณ์เกตเวย์ของเทคโนโลยี WirelessHART....46
3.4.2 อุปกรณ์เกตเวย์ของเทคโนโลยี ISA100.11....51
3.5 การกำหนดค่า OPC....55
3.6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของหน้าจอแสดงผล....57
บทที่ 4 การทดลอง....61
4.1 กล่าวนำ....61
4.2 ขั้นตอนการทำการทดลองของระบบจำลอง....61
4.2.1 การทดลองและผลการทดลองการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัด ไปยังตัวเกตเวย์....62
4.2.2 การทดลองและผลการทดลองการส่งข้อมูลจากเกตเวย์ ไปยังส่วนของการแสดงผล....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....75
5.1 สรุปผลการทดลอง.....75
5.2 ข้อเสนอแนะ.....76
เอกสารอ้างอิง.....77
ภาคผนวก.....79
ประวัติผู้เขียน.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รูปแบบมอดบัสรีจีสเตอร์.....30

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ.....41

3.2 Mapping Register สำหรับการใช้ในส่วนเทคโนโลยี WirelessHART 50

3.3 ข้อมูลจำเพาะของสายสัญญาณที่ใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูล.....51

3.4 ข้อมูล Diagnostics ในแต่ละบิทที่สามารถนำมาใช้ได้จากเครื่องมือวัด.....54

3.5 ตัวเลขรีจีสเตอร์ที่ทำการแม็ปให้กับตัวเกตเวย์ไร้สาย.....54

3.6 ข้อมูลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ OPC.....56

3.7 ผลสรุปการกำหนดค่าของส่วนโปรแกรม Wonderware InTouch.....58

3.8 ข้อมูลการเขียนเลขรีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดค่าลงในส่วนโปรแกรม Wonderware InTouch.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การประมวลผลของระบบการตรวจสอบสภาวะ....7

2.2 รูปแบบการทำงานของกังหันลมในระบบ IIoT....8

2.3 ขั้นตอนการเข้าสู่รูปแบบเทคโนโลยี IIoT....9

2.4 สัญญาณการรับ-ส่งของฮาร์ทโปรโตคอล....13

2.5 รูปแบบการมอดดูเลตแบบ FSK....14

2.6 สถาปัตยกรรมเทคโนโลยี WirelessHART....14

2.7 สถาปัตยกรรมของการขยายขนาดของเทคโนโลยี WirelessHART....16

2.8 โครงสร้างเทคโนโลยี WirelessHART เทียบกับ OSI Model....17

2.9 สถาปัตยกรรมเทคโนโลยี ISA100.11a....19

2.10 การส่งข้อมูลภายใต้เทคโนโลยี ISA100.11a....20

2.11 โครงสร้างเทคโนโลยี ISA100.11a เทียบกับ OSI Model....22

2.12 OSI Model เทียบกับโครงสร้างเทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a....24

2.13 การส่งข้อมูลระหว่าง มอดบัสมาสเตอร์ กับ มอดบัสสลาฟ....25

2.14 โครงสร้างโปรโตคอลมอดบัสเทียบกับ OSI Model....26

2.15 รูปแบบเฟรมข้อมูลของมอดบัสอาร์ทียู....27

2.16 ลักษณะเฟรมข้อมูลที่มีบิทการตรวจเช็คและไม่มีบิทการตรวจเช็ค....27

2.17 ลักษณะเฟรมข้อมูลของมอดบัสแอสกี....28

2.18 ขั้นตอนการสร้างแพ็คเก็ตของมอดบัสทีซีพี....29

2.19 ตัวอย่างสถาปัตยกรรมของการใช้งาน HMI....33

3.1 สถาปัตยกรรมการผสานรวมกันของอุปกรณ์ไร้สาย 2 เทคโนโลยี....38

3.2 รูปแบบการถ่ายโอนข้อมูลจากอุปกรณ์ไร้สายสู่การแสดงผลการตรวจสอบสภาวะ....39

3.3 รูปแบบทางกายภาพของระบบการทดลอง....40

3.4 ช่องรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ....42

3.5 ลักษณะการเข้าสายเซ็นเซอร์....42

3.6 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ HART Field Communication 475....43

3.7 รูปแบบช่องเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ....44

3.8 ลักษณะการเข้าสายระหว่างอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์กับเซ็นเซอร์....44

3.9 ลักษณะการเชื่อมต่อด้วยอุปกรณ์ Infrared Communication....45

3.10 รูปแบบการสื่อสารด้วยอุปกรณ์ภายนอก....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.11 ช่องต่อสายอีเทอร์เน็ตของอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สาย WirelessHART....46
3.12 โปรแกรม Smart Wireless Gateway....47
3.13 สถานะอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อบนเครือข่ายเกตเวย์....47
3.14 การกำหนดค่าการเชื่อมต่อของเครือข่ายโปรโตคอลมอดบัสทีซีพี....48
3.15 ตัวอย่างการแม็ปตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ของเทคโนโลยี WirelessHART....49
3.16 ลักษณะของการกำหนด Point Name....49
3.17 ช่องเชื่อมต่อสัญญาณสำหรับรับ-ส่งข้อมูลของเกตเวย์ ISA100.11a....51
3.18 โปรแกรม Field Wireless Configurator....52
3.19 ลักษณะขั้นตอนการตั้งค่าการส่งข้อมูลของเครื่องมือวัด....53
3.20 ขั้นตอนการ Mapping Register....53
3.21 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ OPC เพื่อการเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์ WirelessHART....56
3.22 การกำหนด Device Groups ของเทคโนโลยี WirelessHART....56
3.23 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ OPC เพื่อการเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์ ISA100.11a....57
3.24 การกำหนด Device Groups ของเทคโนโลยี ISA100.11a....57
3.25 การกำหนดพารามิเตอร์ของโปรแกรม Wonderware InTouch....58
3.26 การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการสร้างหน้าจอการแสดงผล....59
4.1 โครงสร้างของการส่งข้อมูลจากเกตเวย์ไปยังส่วนการแสดงผล....62
4.2 การเชื่อมต่อโปรแกรม ModScan กับตัวเกตเวย์....63
4.3 ลักษณะของโปรแกรม ModScan....64
4.4 หน้าจอหลักของการจำลองระบบตรวจสอบสภาวะ....65
4.5 การแสดงผลของอุปกรณ์ ISA100.11a....66
4.6 การแจ้งเตือนอุณหภูมิเกินของอุปกรณ์ ISA100.11a....66
4.7 หน้าจอแสดงสถานะของอุปกรณ์ ISA100.11a....67
4.8 การแจ้งเตือนสภาวะความผิดปกติของอุปกรณ์ ISA100.11a....67
4.9 รูปแบบการแสดงผลของอุปกรณ์ WirelessHART....68
4.10 การแสดงผลการแจ้งเตือนเมื่อมีอุณหภูมิที่สูงเกินกำหนด....69
4.11 หน้าจอแสดงสถานะของอุปกรณ์ WirelessHART....70
4.12 ลักษณะข้อมูลในรูปแบบกราฟ....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 หน้าจอแสดงผล FMEA....71

4.14 แผนผังเงื่อนไขเครื่องมือวัด WirelessHART....72

4.15 แผนผังเงื่อนไขเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ISA100.11a....73

4.16 หน้าจอ Device Diagnostics....74

4.17 หน้าจอ Device Diagnostics เมื่อเกิดสภาวะแจ้งเตือน....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่ตั้งขึ้นใหม่ หรืออุตสาหกรรมที่ตั้งขึ้นมานานแล้วก็ตามนั้น ได้มีการพัฒนาและขยับขยายการผลิตให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อผู้บริโภคในปัจจุบัน ดังนั้นในการผลิต หรือการดำเนินงานทางด้านอุตสาหกรรมนั้นจึงได้คำนึงถึงประสิทธิภาพภายในระบบของการผลิตที่มากขึ้นตลอดเวลา เพื่อให้ผลผลิตที่ได้นั้นมีคุณภาพและเสียหายน้อยที่สุดระหว่างประกอบการอุตสาหกรรม จึงทำให้ผู้ประกอบการทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้นมีการจัดการในเรื่องของการตรวจวัดค่าต่าง ๆ การเก็บค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ การจัดการ การแก้ไขปัญหาของการผลิต หรือการแก้ไขปัญหาในการทำงานระบบด้านอุตสาหกรรม ทำให้ปัจจุบันจึงมีเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมมากมายที่สามารถนำมาเลือกใช้ได้ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่เป็นแบบมีสายหรือเครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สาย และอีกทั้งเครื่องมือวัดในทางอุตสาหกรรมนั้น เครื่องมือที่เป็นประเภทเดียวกันก็ยังมีความหลากหลายจากผู้ผลิตอีกด้วย ด้วยเหตุผลในความหลากหลายของเครื่องมือวัดทั้งหมดนี้ก็เพราะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การเพิ่มเติมให้เกิดความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน และสามารถนำมารองรับเรื่องการตรวจสอบสภาวะเพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่สิ่งหลักที่ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ต้องการนำเสนอคือ การนำเอาเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมที่เป็นแบบไร้สายที่มีความแตกต่างทางเทคโนโลยีมาใช้งานระหว่าง WirelessHART และ ISA100.11a เนื่องจากเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ใช้งาน [1-4] ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากตัวอุปกรณ์ประเภทไร้สายนี้ คือ สามารถลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของการใช้สายในการเชื่อมต่อในระยะไกลได้ ง่ายต่อการซ่อมบำรุง หรือการตรวจหาจุดเสียได้ง่ายขึ้นในขณะที่เกิดปัญหาจากเครื่องมือวัด และเหมาะสมกับการติดตั้งในจุดที่อุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ เพราะทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องสายมาเกี่ยวข้องในการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร อีกทั้งเครื่องมือวัดแบบไร้สายในปัจจุบันมีการส่งสัญญาณที่เป็นแบบดิจิตอล (Digital) แทนการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก (Analog) เครื่องมือวัดแบบไร้สายสามารถส่งสัญญาณเป็นแบบ Two-way จึงทำให้เป็นอีกข้อหนึ่งที่เป็นประโยชน์ที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลเครื่องมือวัดแต่ละตัวได้ สิ่งนี้เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้การทำงานของระบบอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย เนื่องจากสามารถตรวจสอบสภาวะการทำงานหรือแก้ไขตัวอุปกรณ์ได้ง่ายขึ้น และยังมีประโยชน์อีกมากมายที่ได้รับจากเครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สาย ประโยชน์เหล่านี้ที่กล่าวมาทำให้ปัจจุบันผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเริ่มมีการใช้งานประเภทนี้มากขึ้น ในขณะที่มีผู้ใช้ที่มากขึ้นจึงทำให้มีผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่าย ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือวัดประเภทนี้ออกมาหลากหลายยี่ห้อ หลากหลายโมเดล ซึ่งในแต่ละผู้ผลิตเครื่องมือวัดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นมีความแตกต่างของการใช้งาน การเข้าถึงข้อมูลภายในตัวอุปกรณ์ การตั้งค่าพารามิเตอร์ การตั้งค่าการเชื่อมต่อกับตัวแสดงผลสิ่งเหล่านี้เป็นแค่ส่วนหนึ่งที่อาจจะมีผลทำให้ผู้ใช้งานมีการนำไปใช้ให้เข้ากับส่วนงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิมได้ เช่น ในระบบฟิลด์บัส (Fieldbus) หรือระบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) เป็นต้น สิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นเทคโนโลยีที่เกิดเพิ่มขึ้นจึงทำให้เป็นแนวทางนำไปสู่การนำอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างทางเทคโนโลยีมาผสานรวมกันในระบบ และนำข้อมูลไปใช้ในรูปของการตรวจสอบสภาวะ [5] เพื่อใช้สำหรับเป็นจุดเริ่มต้นของ Industrial Internet of Things (IIoT) ซึ่งเป็นผลให้นำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทางอุตสาหกรรมให้ดียิ่งขึ้น และสามารถที่จะขยายการเชื่อมต่อเครือข่ายให้กว้างไกลได้มากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต [6]

1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์

จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็นข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. เพื่อนำเสนอเทคนิคการเข้าถึงข้อมูลเครื่องมือวัด และการกำหนดพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรมหรืออุปกรณ์ภายนอก ของอุปกรณ์ที่ต่างกัน 2 เทคโนโลยี คือ WirelessHART และ ISA100.11a
2. เพื่อนำเสนอการผสานรวมกันของข้อมูลจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่ต่างเทคโนโลยีกันระหว่าง WirelessHART และ ISA100.11a สู่การแสดงผลการตรวจสอบสภาวะบนระบบการทำงานเดียวกัน
3. เพื่อนำเสนอระบบการตรวจสอบสภาวะสำหรับการเริ่มต้นประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IIoT

1.3 แนวคิดที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเร็วขึ้น และรวมไปถึงผลของการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการพัฒนาของเครื่องมือวัดกันอย่างแพร่หลาย จากเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมที่สามารถวัดแสดงผลได้เพียงแค่อย่างเดียวก็ปรับปรุงกลายเป็นเครื่องมือวัดที่สามารถส่งสัญญาณเป็นรูปแบบแอนะล็อก (Analog) เพื่อส่งข้อมูลไปในระยะที่ไกลออกไปได้โดยไม่มีความจำเป็นต้องตรวจเช็คที่ตัวเครื่องหรือตัวอุปกรณ์ จากนั้นได้เปลี่ยนแปลงระบบเพิ่มขึ้นอีกระดับหนึ่ง คือการทำให้เป็นเครื่องมือวัดที่ส่งสัญญาณออกไปเป็นแบบดิจิตอล (Digital) ซึ่งอุปกรณ์ที่เป็นแบบดิจิตอลเป็นอุปกรณ์ที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลได้มากยิ่งขึ้นหรือสามารถตรวจสอบสภาวะได้มากขึ้น แต่สิ่งที่ยังคงไว้คือยังใช้สายสัญญาณเหมือนกันกับอุปกรณ์ที่เป็นแบบสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งเมื่อมาถึงยุคปัจจุบันก็ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นจากเดิม คือเครื่องมือวัดเริ่มปรับเปลี่ยนการสื่อสารให้ออกมาเป็นในรูปแบบของไร้สาย (Wireless) ซึ่งทำให้มีข้อดีเพิ่มขึ้นมากมาย เช่น ในเรื่องของการลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของสาย การลดปัญหาเรื่องจุดเชื่อมต่อ และสามารถแสดงสภาวะต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์ได้เพื่อให้ปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงนำเครื่องมือวัดที่เป็นชนิดไร้สายมาวิจัยในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูลของอุปกรณ์ การเชื่อมต่อตัวอุปกณ์ การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ และอีกประเด็นหนึ่งที่ได้นำมาทำการวิจัย อันเนื่องมาจากเครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สายได้มีผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ออกแบบและทำการนำเสนอมากมายเพื่อให้ผู้ใช้งานได้มีทางเลือก และสามารถนำไปใช้ได้อย่างตรงตามจุดประสงค์กับผู้ใช้งาน ทำให้งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือวัดไร้สาย 2 ชนิดที่ต่างเทคโนโลยีกันคืออุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี WirelessHART และเทคโนโลยี ISA100.11a มาทำการแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการใช้งาน ในการเข้าถึงข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด และมีการแสดงให้เห็นอีกว่าอุปกรณ์ที่ต่างเทคโนโลยีกัน ผู้ใช้งานสามารถนำมาใช้งานในรูปแบบการผสานรวมกันได้หรือไม่ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานที่ต้องการนำไปพัฒนาระบบกระบวนการทางอุตสาหกรรม ให้กับเทคโนโลยีแนวทางใหม่ และเพื่อนำผลประโยชน์ที่ได้รับนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน นั่นคือ เทคโนโลยีที่เรียกกันว่า Industrial Internet of Things (IIoT) ได้ไม่มากก็น้อยต่อผู้ค้นหาข้อมูล

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการนำเสนอเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมแบบไร้สายจาก 2 ผู้ผลิตที่ใช้กันทั่วไป นั่นคืออุปกรณ์จากผู้ผลิตที่ใช้เทคโนโลยี WirelessHART (ซึ่งอยู่ในพื้นฐาน IEC 62591) และอีกหนึ่งเทคโนโลยีคือ ISA100.11a (ซึ่งอยู่ในพื้นฐาน IEC 62734) โดยอุปกรณ์ที่นำมาใช้นี้ประกอบด้วย Temperature Transmitter Model:648 ผู้ผลิต Emerson กับ Temperature Transmitter Model:YTA510 ผู้ผลิต Yogokawa และมีอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สาย Rosemount 1420 Smart Wireless Gateway และ YFGW710 Field Wireless Integrated Gateway โดยทำการผสานข้อมูลรวมกันบนเครือข่ายมอดบัสทีซีพี (ModbusTCP) ในการวิจัยนี้แสดงถึงข้อแตกต่างของการใช้งานตัวอุปกรณ์ การเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์ การตรวจเช็คสภาวะต่าง ๆ จาก Diagnostic ซึ่งจะมีการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน การตั้งค่าของ Modbus address การแม็ปปิ้ง (Mapping) ข้อมูลให้กับตัวเกตเวย์ การเชื่อมต่อกับ HMI (Human-Machine Interface) ด้วย OPC (OLE for Process Control) เพื่อให้ผู้ใช้เห็นถึงแนวทางในการนำไปใช้งานในรูปแบบของการตรวจสอบสภาวะต่าง ๆ บนกระบวนการทำงานตามที่ผู้ใช้งานต้องการเพื่อการเริ่มต้นของระบบ IIoT ซึ่งข้อมูลดิบจะได้รับมาจากอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ที่มีความแตกต่างทางเทคโนโลยีระหว่าง WirelessHART กับ ISA100.11a

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการแบ่งเนื้อหาหลักออกเป็น 5 บทด้วยกัน

บทที่ 1 จะกล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของงานวิจัย รวมถึงแนวคิดและขอบเขตของงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ และการเข้าถึงตัวอุปกรณ์ Wireless Temperature Transmitter รวมไปถึงการตั้งค่าการแสดงผล

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 2 นี้กล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้มีการนำมาใช้ และมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งได้รวมไปถึงเรื่องการนำเอาการสื่อสารที่เป็นทางเลือกใหม่และมีความน่าสนใจในปัจจุบันนี้ นั่นคือการนำผลของระบบตรวจสอบสภาวะเข้าสู่จุดเริ่มต้นของการสื่อสารในรูปแบบของ Industrail Internet of Things (IIoT) โดยในงานวิจัยนี้จะมีอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสื่อสารเพื่อการส่งข้อมูลเป็นแบบไร้สาย และในส่วนของเครื่องมือวัดไร้สายนี้จะมีด้วยกันสองเทคโนโลยี คือ อุปกรณ์ที่เป็นเทคโนโลยีของ WirelessHART กับอุปกรณ์ที่เป็นเทคโนโลยีของ ISA100.11a ซึ่งสองอุปกรณ์นี้จะมีการส่งข้อมูลผ่านทางเกตเวย์ของทั้งสองเทคโนโลยี จากนั้นขั้นตอนต่อไปก็จะนำเสนอในทฤษฎีของมอดบัสทีซีพี ซึ่งเป็นโปรโตคอลในการผสานรวมกันของข้อมูลที่ได้ทำการกำหนดนั้นไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล โดยการใช้โปรแกรม Wonderware InTouch

2.2 ระบบตรวจสอบสภาวะ

การตรวจสอบสภาวะ (Condition Monitoring) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่โรงงานอุตสาหกรรมต่างใช้ในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ และเครื่องจักรในกระบวนการผลิตตามสภาพการใช้งาน ซึ่งสิ่งนี้เป็นบทบาทสำคัญ และเป็นสิ่งจำเป็นต้องมีการปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการในการผลิต ในอดีตนั้นโรงงานอุตสาหกรรมต่างมักใช้วิธีการบำรุงรักษาแบบซ่อมแซม คือมีการใช้งานอุปกรณ์หรือเครื่องจักรต่าง ๆ จนกระทั่งเกิดความเสียหายแล้วทำการซ่อมแซมวิธีการนี้จึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงเกินความจำเป็น และยังส่งผลทำให้เกิดประสิทธิภาพของการผลิตต่ำลง เมื่อเวลาผ่านไปเทคโนโลยีต่าง ๆ ยิ่งมีความก้าวหน้ามากขึ้นทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างหันมาใช้วิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งวิธีนี้มีการวางแผนการตรวจสอบสภาวะการทำงานของตัวอุปกรณ์ตามระยะเวลาที่ได้มีการกำหนดไว้ แต่ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันนี้ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของการจัดเก็บอะไหล่ต่าง ๆ ที่มากเกินไป และอาจมีการเปลี่ยนอะไหล่บางชิ้นซึ่งยังไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการเปลี่ยน ในปัจจุบันจึงทำให้เกิดการบำรุงรักษาในอีกรูปแบบขึ้น คือการบำรุงรักษาแบบเฝ้าระวัง (Predictive Maintenance) โดยใช้ระบบการตรวจสอบสภาวะเข้ามาเป็นส่วนของการตรวจสอบและวิเคราะห์การทำงานในกระบวนการผลิต ซึ่งในการทำงานลักษณะแบบนี้มีการใช้เครื่องมือวัดเป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับเพื่อทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับในการวิเคราะห์สภาพการทำงานของกระบวนการว่าเกิดปัญหาใดขึ้นบ้าง และปัญหานั้นๆมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด

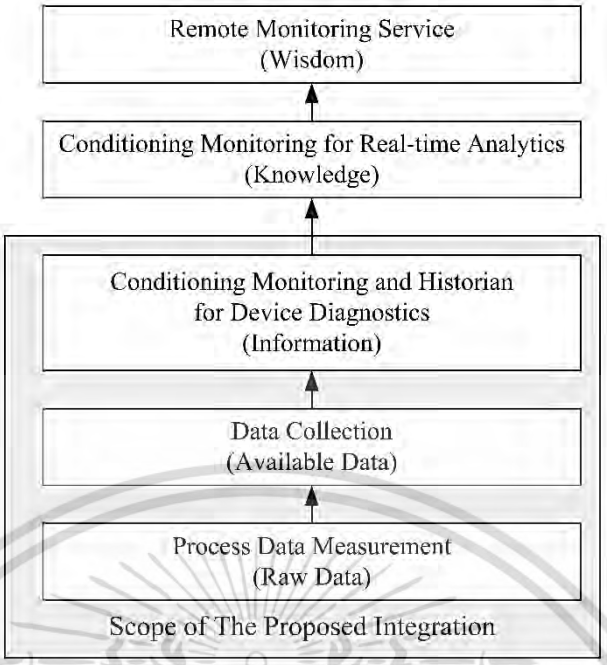
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบสภาวะในปัจจุบันมีการใช้ข้อมูลจากด้านต่าง ๆ เช่น ข้อมูลการสั่นสะเทือน ข้อมูลของเสียงที่เกิดขึ้น ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลของกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน เป็นต้น เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ และประเมินสภาพว่าอยู่ในสภาวะที่ควรมีการซ่อมบำรุงแล้วหรือไม่ และในการตรวจสอบสภาวะนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

- วิธีใช้ความรู้สึกหรืออัตวิสัย เช่น การสังเกตุ การฟังเสียง การดมกลิ่น การสัมผัส เป็นต้น
- วิธีใช้เครื่องมือในการตรวจสอบหรือภววิสัย เช่น การใช้เครื่องมือวัดการสั่น กล้องถ่ายภาพความร้อน เครื่องวัดวิเคราะห์เสียง เครื่องวัดอัตราการไหล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ที่ได้รับจากเครื่องมือจะนำไปทำการวิเคราะห์ และประเมินสภาวะต่อไป

การตรวจสอบสภาวะโดยการใช้เครื่องมือนับว่ามีความน่าเชื่อถือ และให้ผลที่แน่นอนกว่าการใช้ประสาทสัมผัส และสามารถนำข้อมูลที่ได้นั้นไปทำการจัดเก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ ได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการแต่ในอุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ในการใช้งานของรูปแบบการตรวจสอบสภาวะจะมีวิธีการเก็บข้อมูลโดยการใช้บุคลากรในการเดินเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดเป็นช่วงเวลาที่ได้ทำการวางแผนไว้ของโรงงาน และหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาทั้งหมด ทำการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งในการทำงานในลักษณะนี้นั้นอาจมีการทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ จากการเก็บข้อมูลที่ไม่เพียงพอหรืออาจจะมีการพลาดโอกาสในการเก็บข้อมูลในบางสถานการณ์ หรืออาจจะเป็นการเก็บข้อมูลที่ล่าช้า และใช้บุคลากรที่สิ้นเปลืองได้ เพื่อให้ปัญหาเหล่านี้ลดลงนั้นในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงมีแนวทางที่จะแก้ไขปัญหา โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการเก็บข้อมูลด้วยตัวบุคคลเองนั้น เป็นรูปแบบของการเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบอัตโนมัติ และส่งข้อมูลวิเคราะห์ออกมาเป็นผลของการตรวจสอบสภาวะต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในรูปที่ 2.1 ที่แสดงนั้นเป็นการเดินทางของข้อมูลซึ่งจุดเริ่มต้นของการรับข้อมูลนั้นจะเริ่มจากอุปกรณ์ที่ระดับฟิลด์เป็นอุปกรณ์ที่รับข้อมูลดิบ (Raw Data) และส่งข้อมูลที่ใช้ (Available Data) ไปไว้ในส่วนของจุดเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นจะส่งไปส่วนของการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และส่งผลออกมาในรูปของการตรวจสอบสภาวะ (Condition Monitoring) ต่อไปตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานี้นั้นเป็นขอบเขตของการนำเสนอการผสมผสานของอุปกรณ์ระดับฟิลด์และส่งออกไปในรูปของการตรวจสอบสภาวะ แต่ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ยังมีการชี้นำแนวทางการนำข้อมูลการตรวจสอบสภาวะนี้ไปเป็นข้อมูลสำหรับการส่งข้อมูลในรูปแบบระยะไกลเพื่อให้เป็นการแสดงไปตามจุดต่าง ๆ ของหน่วยงานจุดนี้เป็นการเริ่มต้นของเทคโนโลยี Industrial Internet of Thing (IIoT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



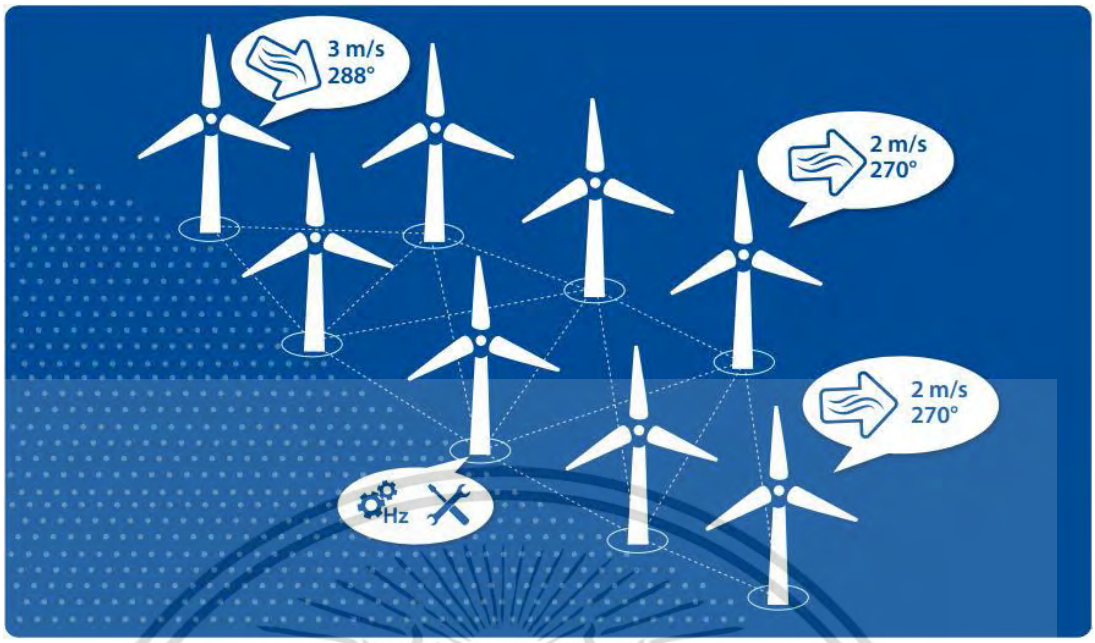
รูปที่ 2.1 การประมวลผลข้อมูลของระบบการตรวจสอบสภาวะ

2.3 เทคโนโลยี Industrial Internet of Things [6]

Industrial Internet of Things (IIoT) เป็นการประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวที่มีการเชื่อมต่อกันโดยใช้การสื่อสารกันด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีซอฟแวร์ในการจัดการระบบ ซึ่งผลของระบบที่เกิดขึ้นนั้นสามารถตรวจสอบการทำงาน เก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากการตรวจวัด และสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อที่จะทำให้สามารถปรับเปลี่ยนส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการวัดให้เกิดประสิทธิภาพและทันต่อสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิผล โดยการปฏิบัติการเหล่านี้จะเป็นการลดขั้นตอนของการทำงานของบุคลากรลงไปจากแบบการทำงานในยุคสมัยเดิม

ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.2 เป็นเทคโนโลยี Industrial Internet of Things ในระบบของกังหันลม ซึ่งกังหันลมในแต่ละตัวนั้นจะมีเซ็นเซอร์ และซอฟแวร์ที่ใช้สำหรับการประมวลผล เพื่อให้มีการวิเคราะห์ในเรื่องของพฤติกรรมตัวกังหันเองโดยอัตโนมัติ เช่น การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทาง ให้มีการสอดคล้องกับสภาพอากาศของสถานการณ์ ณ เวลานั้น ๆ ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้คือการใช้งานรูปแบบของการตรวจสอบสภาวะของกังหันลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปแบบการทำงานของกังหันลมในระบบ IIoT

Industrial Internet of Things (IIoT) และ Industries 4.0 เป็นกระบวนการที่ทำให้ข้อมูลต่าง ๆ นั้นมีการนำมาประมวลผล และวิเคราะห์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งคนส่วนใหญ่จะมีข้อสงสัยว่ากระบวนการในเทคโนโลยีนั้นมีการเริ่มขึ้นมาได้เช่นไร กระบวนการของ Industrial Internet of Things จะใช้หลักการแบ่งเป็นขั้นตอนเพื่อให้ระบบเข้าสู่ Industrial Internet of Things โดยเริ่มจากในส่วนของภายในโรงงานอุตสาหกรรม แล้วไปสู่การเชื่อมต่อของระบบอินเตอร์เน็ตต่อไป ซึ่งกระบวนการ Internet of Things (IoT) นี้ได้มีหลายอุตสาหกรรม หลายผู้ผลิต ไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ได้เริ่มมีการนำมาใช้งานกันมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน เพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

2.4 ขั้นตอนสู่เทคโนโลยี Industrial Internet of Things [8]

โรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งมีการใช้เครือข่ายการเชื่อมต่อในรูปแบบดิจิตอลในระดับของเซ็นเซอร์อยู่เดิม และใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นตัวกลางในการนำข้อมูลไปยังระบบการทำงานส่วนกลางเพื่อการควบคุม การทำงานในรูปแบบนี้เป็นสิ่งที่ได้ประโยชน์จากเครือข่าย IIoT ส่วนโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังไม่มีการเริ่มใช้งานรูปแบบเครือข่าย IIoT ก็สามารถที่จะเริ่มใช้ระบบนี้ได้โดยสามารถเริ่มการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทีละขั้น ซึ่งขั้นแรกของการเริ่มเข้าสู่ระบบ IIoT นั้นยังไม่จำเป็นที่จะต้องมีการเชื่อมต่อสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในขั้นตอนแรกนั้นควรเป็นการเตรียมการทำงานของส่วนเครื่องมือวัด และการควบคุม และเมื่อสิ้นสุดของการเตรียมในขั้นตอนนี้แล้วถึงมีการเริ่มในขั้นตอนต่อไป คือ ขั้นตอนในการเตรียมงานของส่วนไอที เพื่อให้เข้ามามีส่วนร่วมในเรื่องของเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์เน็ต ขั้นตอนของการเข้าสู่เทคโนโลยี IIoT สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอนแสดงได้ตามรูปที่ 2.3 แต่ในวิทยานิพนธ์นี้มีขอบเขตของการเตรียมความพร้อมสำหรับการเข้าสู่เทคโนโลยี IIoT ในส่วนขั้นตอนของการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบดิจิตอลในระดับฟิลด์ตามรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการเข้าสู่รูปแบบเทคโนโลยี IIoT

1. เครือข่ายเซ็นเซอร์ดิจิตอลในโรงงาน

โรงงานอุตสาหกรรมหลาย ๆ โรงงานเริ่มมีการนำเซ็นเซอร์ที่เป็นรูปแบบไร้สายเข้ามาใช้งานในระบบมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบควบคุมที่มีอยู่เดิมได้ ทำให้ระบบของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยการวัดจะครอบคลุมจากเดิมที่มีการใช้งานอยู่ โรงงานในยุคปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่ถูกสร้างอยู่ในพื้นฐานของระบบฟิลด์บัส (Fieldbus) จึงทำให้สามารถเพิ่มเติมเซ็นเซอร์ในส่วนต่าง ๆ ได้ง่ายมากขึ้น และยังสามารถที่จะทำการปรับใช้เซ็นเซอร์แบบไร้สายได้ไม่ยาก ข้อมูลของการวัดในโรงงานบางข้อมูลมีการถูกเก็บข้อมูลแบบใช้บุคลากรในการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้การทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลเกิดความล่าช้า และเกิดข้อผิดพลาดของการเก็บข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการแสดงผล และเรื่องของสัญญาณที่ใช้งานในโรงงานในปัจจุบันเป็นการใช้สัญญาณ 4-20 mA สิ่งนี้เป็นส่วนหนึ่งของปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายของการใช้สายเป็นตัวนำในการส่งสัญญาณเป็นจำนวนมาก และอีกปัญหาคืออาจจะมีการเกิดความเสียหายของสายสัญญาณในขณะที่มีการใช้งาน ทำให้ปัจจุบันจึงมีการทำการปรับเปลี่ยนวิธีการส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์ใหม่ โดยเปลี่ยนมาใช้เซ็นเซอร์ที่มีรูปแบบการส่งสัญญาณแบบไร้สาย เช่น WirelessHART (บนพื้นฐานของ IEC62591) หรือ ISA100.11a (บนพื้นฐานของ IEC62734) เป็นต้น ซึ่งการใช้งานของอุปกรณ์ที่เป็นแบบไร้สายนั้น จะมีเกตเวย์ไร้สายที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลไปที่ส่วนแสดงผล หรือรวมไปถึงการเก็บข้อมูลต่าง ๆ สิ่งที่เทคโนโลยี IIoT ควรมี คือการปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้สามารถใช้ร่วมกันกับอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมได้ อีกสิ่งหนึ่งสำหรับในการปรับใช้เครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สาย คือเซ็นเซอร์มีการตอบสนองต่อความน่าเชื่อถือ การซ่อมบำรุง ประสิทธิภาพพลังงาน การทำงานระบบ Health, Satety & Environment (HSE) และที่ตามมาท้ายสุดคือความสมบูรณ์ของระบบการทำงาน

2. การใช้งานเครื่องมือวัด

โรงงานบางแห่งนั้นใช้เครือข่ายระบบการเชื่อมต่อที่สามารถทำการเพิ่มเครื่องมือวัดได้ง่าย เช่น ระบบเครือข่ายฟิลด์บัส (Fieldbus) จะสามารถเพิ่มอุปกรณ์จากกระบวนการที่มีอยู่เดิมได้ง่าย ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการนำทางสู่ความทันสมัยของโรงงานเพื่อชี้ถึงโอกาสในการปรับปรุงการใช้งาน และความสามารถการซ่อมบำรุงได้ การพูดถึงเรื่องของความท้าทายของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมที่มีก็คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง การเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมระบบ ความสามารถในการระบุจุดที่เกิดความเสียหาย การใช้พลังงาน และการระบุความผิดพลาดของกระบวนการ

จากความต้องการที่ระบุไว้ในการตรวจสอบความทันสมัยของโรงงาน สิ่งที่เป็นตัวกำหนดในการใช้งานของเครื่องมือวัดแต่ละตัวมีดังนี้ คือ ความเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความสมบูรณ์ ประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน การทำงานในส่วนของ Health, Satety & Environment (HSE) และผลิตภัณฑ์ที่ได้ การวัดบางส่วนนั้นเป็นการแสดงผลของข้อมูลย้อนหลัง และบางครั้งเป็นการแสดงผลเพื่อการควบคุมระบบ โดยมีการใช้งานในรูปแบบง่าย ๆ ทั่วไป เช่น การใช้งานในส่วนของการเก็บข้อมูล ซึ่งการทำงานในรูปแบบนี้ไม่มีความพิเศษใด ๆ มากนัก อุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการใช้งาน 1 เซ็นเซอร์ ต่อ 1 เครื่องมือแสดงผล แต่ต่อมาได้มีการเพิ่มจำนวนของเซ็นเซอร์ที่มากขึ้น เพื่อให้สามารถวัดค่าได้มากขึ้น และนำไปวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ต่อไป

ต่อมายุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดการใช้งานเทคโนโลยี WirelessHART หรือการนำเอาเครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สายเข้ามาอยู่ในระบบ การใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลก็มีการใช้เวลาน้อยลง สามารถมีการแจ้งเตือนความผิดพลาดได้ล่วงหน้า สามารถจัดลำดับความสำคัญการซ่อมบำรุงก่อนหลังได้ และสามารถควบคุมการเกิดความเสียหายได้ สิ่งเหล่านี้ที่กล่าวมานั้นเป็นข้อดีที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาระบบ ทำให้สามารถวางแผนการทำงานในการซ่อมบำรุง การลดค่าใช้จ่ายจากการเกิดความเสียหายที่รุนแรงจากระบบได้ เป็นต้น

3. การใช้ซอฟแวร์วิเคราะห์ข้อมูลในการคาดการณ์ล่วงหน้า

โรงงานส่วนใหญ่มีการเก็บข้อมูลในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก แต่มีการนำข้อมูลที่เก็บมาวิเคราะห์น้อย บางโรงงานมีความต้องการวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในระดับสูง ซึ่งจะต้องใช้การวัดที่มากกว่าหนึ่งค่าขึ้นไป เพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยค่าสภาวะการทำงานของตัวอุปกรณ์ การตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวอุปกรณ์ และการวินิจฉัยการใช้พลังงานของตัวอุปกรณ์ เป็นต้น

โดยการปรับใช้เซ็นเซอร์ และการปรับใช้ซอฟแวร์นั้น ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนการใช้งานของเครื่องมือวัดให้เป็นอุปกรณ์แบบสมาร์ท (Smart Device) ในการทำงานของซอฟแวร์ (Software) จะมีหน้าที่ คือเป็นตัวรับข้อมูลเพื่อตอบสนองในเรื่องของการวิเคราะห์ การคาดการณ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมานั้นมาจากเซ็นเซอร์ที่ทำการตรวจวัดได้ การทำงานในส่วนของซอฟแวร์นี้ ทำให้สามารถช่วยในเรื่องของการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ได้ ซึ่งส่งผลในเรื่องของการลดค่าใช้จ่ายในทางวิศวกรรม และบุคลากรในการเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ยังไม่ใช่การทำงานบนเครือข่ายของ IIoT ดังนั้นส่วนงานของไอทีนั้นจะยังไม่เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง แต่ถ้าต้องการแก้ไขให้เข้าระบบ IIoT จำเป็นต้องมีการแก้ไขในส่วนนี้เพิ่มเติม หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ไขให้สามารถใช้ร่วมกับซอฟแวร์ที่มีอยู่เดิมได้ และในระดับของซอฟแวร์สำหรับระบบ Industrial Internet of Things (IIoT) ต้องมีการนำ OPC มาใช้ในระบบกระบวนการนั้นด้วย

4. การวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

ข้อมูลที่ได้จากซอฟแวร์ และเซ็นเซอร์มีความจำเป็นสำหรับการทำงาน และการซ่อมบำรุงในแต่ละวันของโรงงาน เพื่อประโยชน์ให้กระบวนการมีแบบแผนในการทำงานมากยิ่งขึ้น

ลำดับแรก ในการซ่อมบำรุงนั้นควรมีการแจ้งเตือนก่อนที่จะมีการจัดการ และก่อนที่กระบวนการจะเกิดข้อผิดพลาดหรือเกิดปัญหา ต่อมาในลำดับที่สองนั้น การแจ้งเตือนในการซ่อมบำรุงควรมีการกำหนดค่าสำหรับสิ่งที่เป็นความสำคัญ ในการแจ้งเตือนควรจะมีการบ่งชี้ในรูปแบบเร่งด่วน และมีความชัดเจนในเรื่องของรายละเอียด และอีกทั้งยังรวมไปถึงเรื่องของการระบุการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เมื่อมีการติดตั้งซอฟแวร์ได้อย่างถูกต้องแล้ว โรงงานก็จะถูกนำเข้าไปสู่ระบบการตรวจสอบของซอฟแวร์ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะทำให้เกิดการประหยัดเวลา และช่วยในเรื่องของความชัดเจนของประโยชน์ที่ได้รับ

5. การเปิดใช้ IntRAnet of Things

ในการทำงานของแต่ละสถานที่นั้น อาจมีการใช้บุคลากรในการทำงานในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลหรือผู้ปฏิบัติงานที่มีความเชี่ยวชาญที่ไม่เพียงพอ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น เพราะการที่จะหาบุคลากรในลักษณะแบบข้างต้นที่กล่าวมานั้นมีน้อย ซึ่งรวมไปถึงเรื่องความพร้อมในการทำงานในสถานที่ห่างไกลจากครอบครัวด้วย

โดยหลักการในการเชื่อมต่อข้อมูลจากกระบวนการสู่ส่วนกลางขององค์กรในระยะไกลนั้น ข้อมูลทางอินทราเน็ต (IntRAnet) จากกระบวนการที่อยู่ห่างไกลกันกับศูนย์กลางการควบคุมนั้น จะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยการทำการเชื่อมต่อผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งพนักงานทุกคนของอุตสาหกรรมไม่ว่าจะอยู่ตรงไหนก็ตามจะสามารถที่จะใช้งาน และรับข้อมูลได้ทั่วโลก เช่น การทำงานของกระบวนการปิโตร-เคมีนั้น สำนักงานที่เป็นจุดศูนย์กลางของข้อมูลจะตั้งอยู่บนฝั่ง แต่สามารถดูข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์ จากแท่นขุดเจาะน้ำมันที่ตั้งอยู่นอกชายฝั่งได้ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะมีการรักษาความปลอดภัย คือ บุคคลภายนอกจะไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เลย ถ้ายังไม่มีการยินยอมของระบบ

การเปิดใช้งานการเชื่อมต่ออินทราเน็ตนั้น เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานของบุคลากรในสำนักงานส่วนกลางของอุตสาหกรรม มากกว่าที่จะเป็นหน้าที่ของบุคลากรที่อยู่นอกชายฝั่ง นอกจากนี้ในการส่งข้อมูลแบบ IIoT นั้น ยังทำให้การทำงานมีข้อดีในเรื่องการลดค่าใช้จ่าย และต้นทุนต่างๆลงไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Industrial Internet of Things บนรูปแบบการบริหาร

อุตสาหกรรมในปัจจุบัน อาจจะมีการใช้งานของเครือข่ายที่หลากหลาย ซึ่งในปัจจุบันเครือข่ายมักจะมีความฉลาดในการส่งข้อมูลที่มากขึ้น เช่น การใช้ระบบเครือข่ายฟิลด์บัสหรือจะเป็นการใช้งานของเครือข่ายในแบบไร้สายก็ตาม แต่ถ้าเครือข่ายเหล่านี้ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ก็ยังไม่ถูกเรียกว่า IIoT

ในการเชื่อมต่อกระบวนการสู่อินเตอร์เน็ต ซึ่งในการเข้าถึงข้อมูลต่างๆนั้น สามารถที่จะเลือกได้ว่าจะให้ผู้ให้บริการจากภายนอกคนใด องค์กรไหนสามารถที่จะเข้าทำการให้บริการแก้ไขหรือดูแลกระบวนการได้ การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตแบบนี้เป็นสถาปัตยกรรม ของเครือข่าย IIoT ที่เต็มรูปแบบ

2.5 รูปแบบการทำงาน Industrial Internet of Things

ผู้ให้บริการและผู้ผลิต ได้มีการออกแบบเครื่องมือวัดในทางอุตสาหกรรมให้มีความสามารถในการแสดงสภาวะต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดในโรงงานได้ในระยะไกล และทำให้สามารถรับข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ในส่วนกลางของโรงงาน ในการเข้าถึงข้อมูลนั้นต้องได้รับการยินยอมก่อนเข้าถึงข้อมูลก่อนทุกครั้ง

นอกจากนี้ ผู้ผลิตนั้นต้องมีการให้ความรู้ในเรื่องของเทคโนโลยี IIoT เพื่อคอยจัดการในด้านการดูแลระบบ และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการมีความน่าเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

การใช้ข้อมูลจากเครื่องมือวัดนั้น ผู้ใช้งานสามารถกำหนดและจัดการระบบได้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถป้องกันความเสียหาย หลีกเลี่ยงการหยุดการทำงานกระทันหัน และช่วยแก้ปัญหาของอุปกรณ์ก่อนที่จะเกิดได้ล่วงหน้า ทำให้กระบวนการผลิตสามารถกลับสู่สภาวะปกติได้เร็วขึ้น

2.6 ระบบการป้องกันใน Industrial Internet of Things

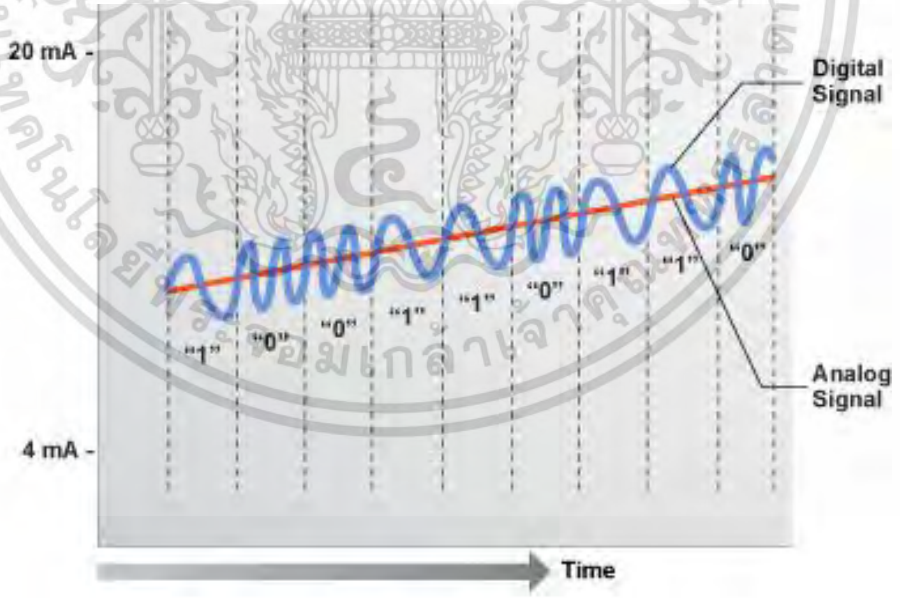
การพิจารณาข้อมูลทั้งหมดในโรงงาน ด้วยความหลากหลายของผู้ผลิต และผู้ให้บริการในด้านระบบควรมีการได้รับความยินยอมในความสามารถของการเข้าถึงข้อมูลของตัวอุปกรณ์ สิ่งนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาในเรื่องของการรักษาความปลอดภัย โดยการพัฒนาให้ระบบมีสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลเฉพาะผู้ผลิต ผู้ให้บริการด้านระบบ และผู้ดูแลระบบของแต่ละอุตสาหกรรม

ในบางโรงงานระบบการแสดงผลของอุปกรณ์เป็นสิ่งที่ถูกแยกออกมาจากระบบควบคุม เซ็นเซอร์ที่เป็นแบบไร้สายจะมีการส่งข้อมูลทางเกตเวย์ไร้สายและส่งต่อซอฟแวร์ Distributed Control System (DCS) หรือ ซอฟแวร์ที่ใช้สำหรับแสดงผล สิ่งนี้เป็นสถาปัตยกรรมของการใช้งานแสดงผลในระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

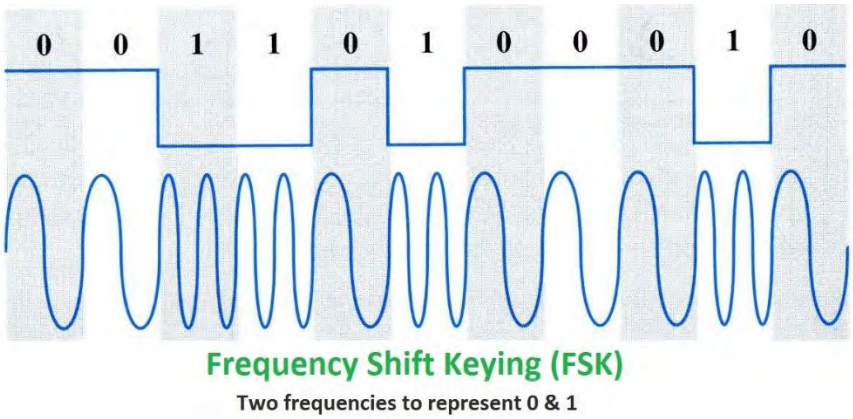
2.7 เครือข่ายเทคโนโลยี WirelessHART (บนพื้นฐาน IEC 62591) [1-4]

WirelessHART มีพื้นฐานมาจากฮาร์ทโปรโตคอล (HART Protocol) ซึ่งการใช้งานในรูปแบบฮาร์ทนั้น ถูกใช้งานมาตั้งแต่ยุค 80'S ในการเปิดตัวครั้งแรกของระบบฮาร์ท อุปกรณ์ที่ถูกใช้งาน จะมีรูปแบบของการใช้สัญญาณรับ-ส่งในรูปแบบของฮาร์ทดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเห็นได้ว่าสัญญาณที่เกิดขึ้นเป็นรูปแบบของการซ้อนทับของดิจิตอลกับแอนะล็อกบนสัญญาณ 4-20 mA ซึ่งสัญญาณดิจิตอลที่อยู่บนฮาร์ทโปรโตคอลจะใช้หลักการแบบโมดูเลทประเภท FSK (Frequency Shift Keying) คือ การใช้ความถี่ที่แตกต่างกันในการส่งข้อมูล 0 กับ 1 [5] ดังรูปที่ 2.5 ทำให้การใช้งานสามารถส่งสัญญาณในรูปแบบ 2 ทิศทางกับตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่มีการใช้งานอยู่ในกระบวนการโดยที่สัญญาณดิจิตอลที่ทำการรับส่งนั้นไม่มีผลไปรบกวนกับสัญญาณแอนะล็อกที่ถูกส่งมาจากตัวเครื่องมือวัด ฮาร์ทโปรโตคอลนั้นถูกพัฒนาขึ้นมาจากสัญญาณรูปแบบ 4-20 mA เดิม และแรกเริ่มของรูปแบบฮาร์ทนั้นจะใช้งานในรูปแบบใช้สายสัญญาณแต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปสู่ในรูปแบบการใช้งานแบบไร้สาย (WirelessHART) ในการใช้ในรูปแบบไร้สายนั้นมีคุณสมบัติมากมายที่เพิ่มขึ้น คือ มีระบบการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การแจ้งเตือนสถานะต่างๆของตัวอุปกรณ์ การวินิจฉัยข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ การลดค่าใช้จ่ายจากการติดตั้งโดยไม่ต้องใช้สาย การซ่อมบำรุงที่ทำได้ง่ายขึ้น และการตรวจหาจุดเสียที่เกิดจากการส่งสัญญาณ เป็นต้น ในปัจจุบันข้อมูลการวินิจฉัยที่มีอยู่ในตัวอุปกรณ์นั้นมีการนำออกมาใช้งานเพื่อใช้แสดงผลให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น [7]



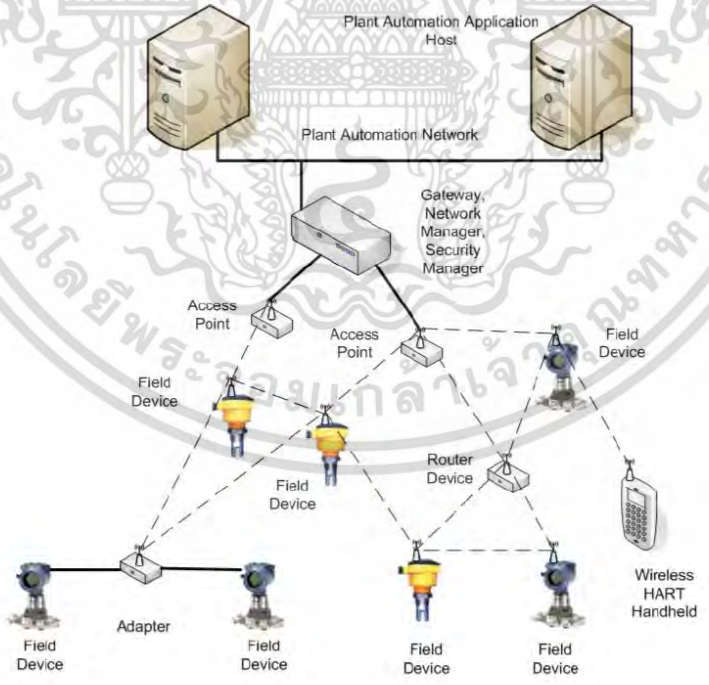
รูปที่ 2.4 สัญญาณการรับ-ส่งแบบฮาร์ทโปรโตคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 รูปแบบการมอดดูเลตแบบ FSK

เป้าหมายสำคัญของการใช้งานอุปกรณ์ที่เป็นแบบ WirelessHART คือการที่สถานที่หน้างานของกระบวนการผลิตเป็นแบบเคลื่อนที่ พื้นที่หน้างานมีลักษณะที่จำกัด และการลดการใช้งานของสาย เป็นต้น ซึ่งเหตุผลของแต่ละกระบวนการมีความเฉพาะเจาะจงต่างกันออกไป อีกทั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่เป็นแบบ WirelessHART ยังสามารถขยายเพิ่มให้สามารถรองรับอุปกรณ์ใหม่ๆได้ง่าย โดยสถาปัตยกรรมของระบบนั้นสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 สถาปัตยกรรมเทคโนโลยี WirelessHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

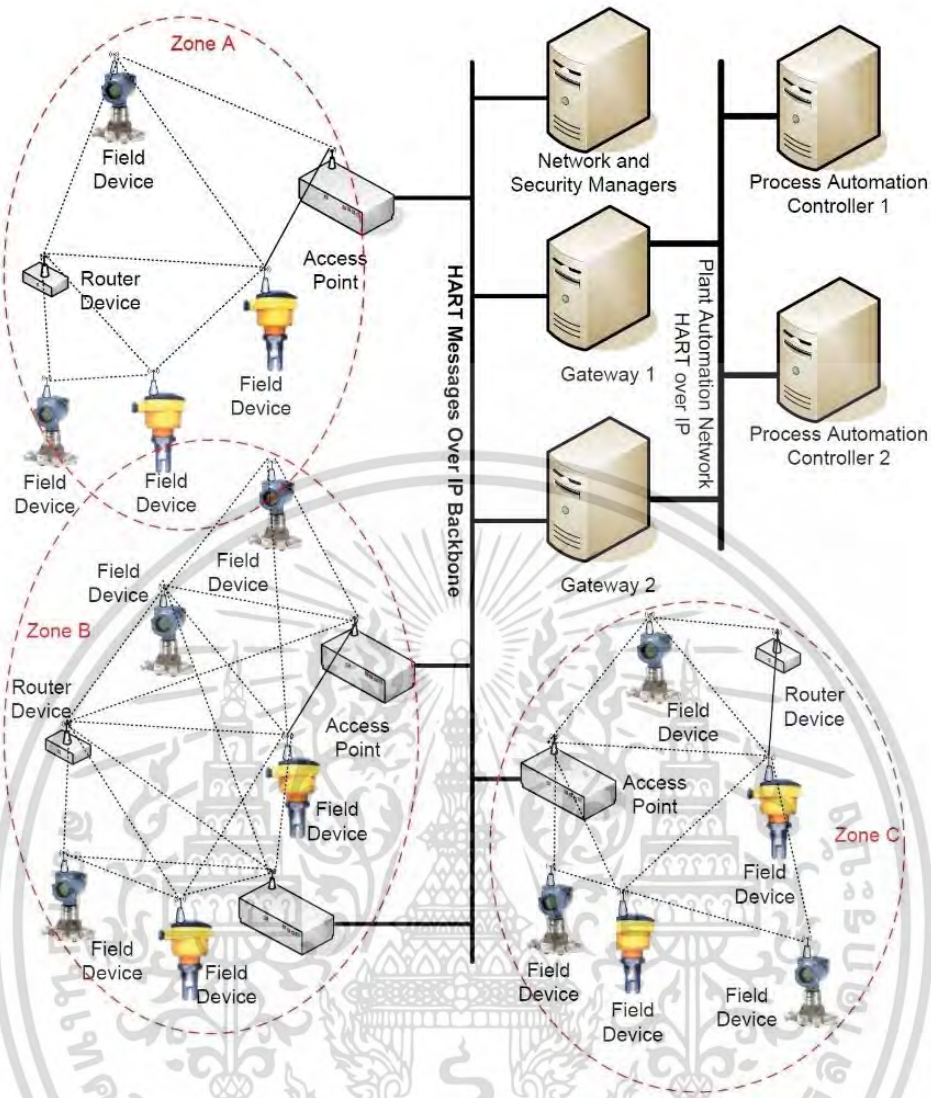
เครือข่ายของเทคโนโลยี WirelessHART จะประกอบไปด้วย

- อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการวัด (Sensing) และการขับเคลื่อน (Actuating)
- เราท์เตอร์ (Router) ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวจำเป็นต้องมีความสามารถในการกระจายสัญญาณได้ด้วยตัวของมันเอง เพื่อที่จะนำมาใช้ในระบบเครือข่ายให้อยู่ในรูปแบบของการเชื่อมต่อแบบเมช (Wireless Mesh)
- จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่ามีอุปกรณ์ที่เป็นแบบใช้สายด้วย ซึ่งการเชื่อมต่อจะต้องมีการใช้ตัวแปลงสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ใช้สายเป็นอุปกรณ์ที่เป็นแบบไร้สาย
- อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกำหนดพารามิเตอร์ให้กับตัวอุปกรณ์สำหรับแก้ไขเชิงเทคนิค ทางฝ่ายวิศวกรรม
- อุปกรณ์จัดการเครือข่าย ซึ่งควรจะมีอยู่ภายในตัวเกตเวย์ไร้สาย หรือ แยกออกมาอยู่ภายนอกก็ได้ รวมไปถึงการจัดการระบบการรักษาความปลอดภัยของระบบ

ในส่วนของการสื่อสารบนเทคโนโลยี WirelessHART นั้นจะใช้การส่งข้อมูลในรูปแบบการแบ่งเวลาในการส่งข้อมูล (Time Division Multiple Access: TDMA) และมีการใช้หลักการเปลี่ยนช่องสัญญาณในการส่งข้อมูล หรือเรียกว่าฮ็อปปิ้ง (Hopping) เพื่อที่จะทำการเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูล หรือที่เรียกว่าแบนด์วิธ (Bandwidth) ลักษณะการส่งข้อมูลในรูปแบบนี้จะทำให้เพิ่มความถูกต้องของการส่งข้อมูลอีกด้วย ส่วนใหญ่แล้วในระบบของการสื่อสารในรูปแบบของเทคโนโลยี WirelessHART เป็นการส่งข้อมูลในรูปแบบเส้นตรงตามการเชื่อมต่อ ซึ่งการเชื่อมต่อในรูปแบบนี้จะเรียกว่า เครือข่ายรูปแบบตาข่าย หรือที่เรียกกันว่าแบบเมช (Mesh) นั่นเอง โครงสร้างของการจัดการเส้นทางนั้นเป็นการค้นหาจากการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่ายที่มากกว่า 1 ตัวอุปกรณ์ หรือมากกว่า 1 ฮ็อป (Hop) และมากกว่า 1 เส้นทาง การวางลำดับของการทำงานโดยใช้การจัดการเครือข่ายศูนย์กลาง (Network Manager) เป็นการใช้ข้อมูลเส้นทางเครือข่ายทั้งหมด ร่วมกับข้อกำหนดด้านการสื่อสารอุปกรณ์นั้น และแอพพลิเคชันที่มีใช้งานอยู่ การวางลำดับการรับ-ส่งสล็อต (Slot) และการถ่ายโอนข้อมูลจากส่วนการจัดการเครือข่าย (Network Manager) ไปยังอุปกรณ์แต่ละตัวนั้นอุปกรณ์จะมีเฉพาะข้อมูลที่มีอยู่ในสล็อตเท่านั้น เพื่อรับ-ส่งตามความต้องการตามส่วนของการจัดการเครือข่าย และจะมีการปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องสำหรับการส่งต่อข้อมูลอย่างต่อเนื่องตามโครงสร้างของเครือข่าย และตามความต้องการของการสื่อสาร

การขยายขนาดเครือข่ายของเทคโนโลยี WirelessHART มีวิธีการแก้ไขโดยการใช้แอคเซสพรอยท์ (Access Point) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการช่วยให้สามารถจัดการเครือข่ายแบบไร้สายของ WrielessHART ให้เครือข่ายมีขนาดใหญ่มากขึ้น โดยสถาปัตยกรรมจะแสดงได้ตามรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

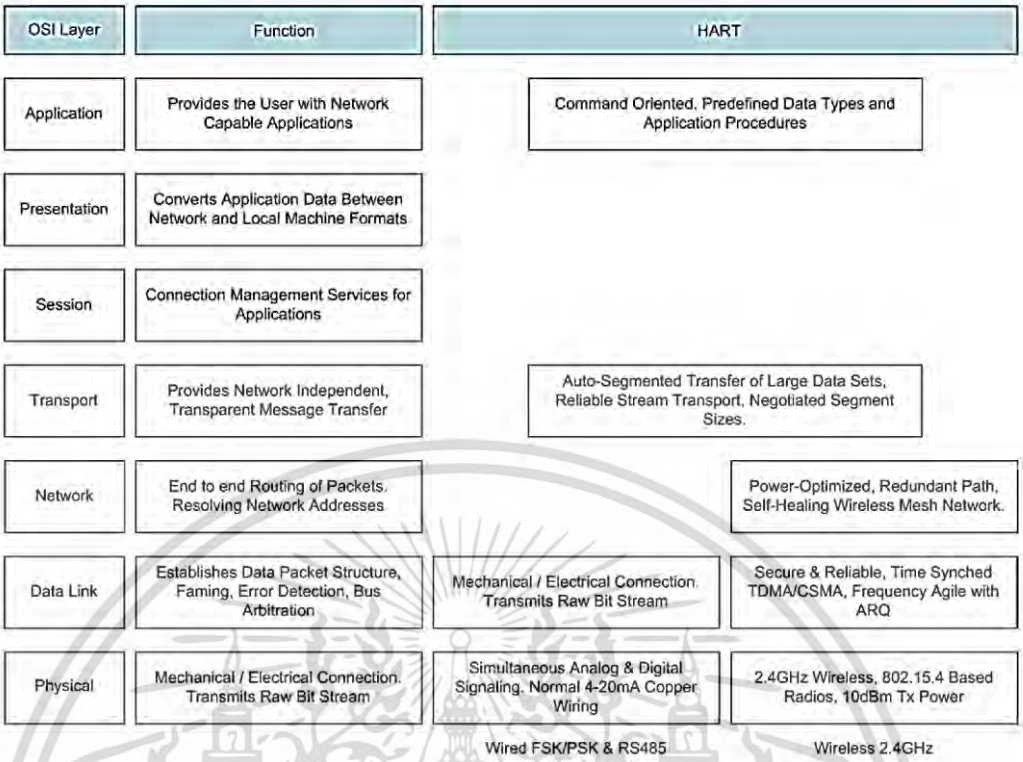


รูปที่ 2.7 สถาปัตยกรรมของการขยายขนาดของเทคโนโลยี WirelessHART

2.8 โครงสร้างของเทคโนโลยี WirelessHART เทียบกับ OSI Model [2]

ในรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงสถาปัตยกรรมของโปรโตคอล WirelessHART ตามรูปแบบของการสื่อสารของ OSI Model จากที่แสดงตามรูปที่ 2.8 นั้น โปรโตคอลของ WirelessHART ใช้ OSI Model ทั้งหมด 5 เลเยอร์ คือ Physical layer ,Datalink layer ,Network layer ,Transport layer และ Application layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างเทคโนโลยี WirelessHART เทียบกับ OSI Model

1. Physical layer

ในระดับของ Physical layer ของเทคโนโลยีนี้ถูกระบุให้อยู่บนพื้นฐานของ IEEE 802.15.4 โดยมีความถี่ของการใช้งานอยู่ที่ 2.4 GHz

2. Datalink layer

ในระดับของ Datalink layer เป็นตามมาตรฐานที่ถูกอ้างอิงจาก IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้นนี้ของเทคโนโลยี WirelessHART เป็นส่วนขยายการทำงานของ Media Access Control (MAC) โดยถูกกำหนดตามช่วงเวลาที่ 10 ms โดยเป็นการกำหนดความถี่ในการส่งของข้อมูล และเป็นการแบ่งช่องสัญญาณการส่งข้อมูลออกเป็นช่วงเวลาเรียกว่า Time Division Multiple Access (TDMA) การกำหนดเหล่านี้เป็นการกำหนดเพื่อให้การส่งข้อมูลไม่เกิดการชนกัน [12] ในการจัดการของช่วงเวลานั้นเป็นแนวคิดที่เรียกว่า เฟรมข้อมูลคือการนำแต่ละกลุ่มมาจัดลำดับช่วงเวลาติดต่อโดยทุกเฟรมในเทคโนโลยี WirelessHART จะใช้ตัวกำหนดคือ Frame ID, Index, Source address, Destination address และ Channel offset โดยที่ Frame ID คือรหัสที่ระบุอยู่ในเฟรมข้อมูล Index คือคือดัชนีของสล็อตในเฟรม Type เป็นการระบุว่าเป็นสล็อตที่ใช้รับ-ส่งหรือไม่ได้ใช้งาน Source address และ Destination address เป็นการกำหนดให้รู้ทิศทางในการส่งข้อมูล และ Channel offset เป็นการกำหนดช่องทางในการติดต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Network layer

ในระดับของ Network layer เป็นส่วนในการรับผิดชอบในหลาย ๆ ฟังก์ชันซึ่งสิ่งสำคัญที่สุดคือการกำหนดเส้นทาง และเรื่องของความปลอดภัยในเทคโนโลยี WirelessHART ในขณะที่ในระดับ Datalink layer เป็นการกำหนดระหว่างอุปกรณ์ แต่ Network layer เป็นการส่งในรูปแบบ End-to-End ของภายในเครือข่ายไร้สาย และ Network layer ยังมีคุณสมบัติอื่นอีก เช่น การกำหนดตารางเส้นทางและตารางเวลา ซึ่งตารางเส้นทางใช้สำหรับระบุเส้นทางในเครือข่ายที่ทำการส่งข้อมูล และตารางเวลาเป็นการกำหนดเพื่อจัดการแบนด์วิธ

Network layer เป็นการรักษาความปลอดภัยให้ข้อมูลที่เป็นแบบ End-to-End มีความสมบูรณ์ และมีการรักษาความลับ (Private) ในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายในรูปแบบไร้สาย

4. Transport layer

ในระดับของ Transport layer ของเครือข่าย WirelessHART เป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือและเป็นการเชื่อมต่อไปยังระดับของ Application layer ซึ่งในระดับของ Transport layer เป็นการส่งแพ็คเก็ต (Packet) ผ่านเครือข่ายโดยที่อุปกรณ์ปลายทางเป็นอุปกรณ์ที่ยินยอมเพื่อให้อุปกรณ์ต้นทางนั้นสามารถส่งแพ็คเก็ตมาได้

5. Application layer

ในระดับของ Application layer คือการใช้งาน HART Protocal ด้วยเหตุนี้การเข้าถึง WirelessHART จึงมีการเข้าถึงได้ง่ายโดยการใช้โฮสต์ (Host) การใช้เครื่องมือเฉพาะทาง และการใช้อุปกรณ์การจัดการในการกำหนดค่าหรือใช้งานในกระบวนการ

2.9 เครือข่ายเทคโนโลยี ISA100.11a (บนพื้นฐาน IEC 62734) [2-4]

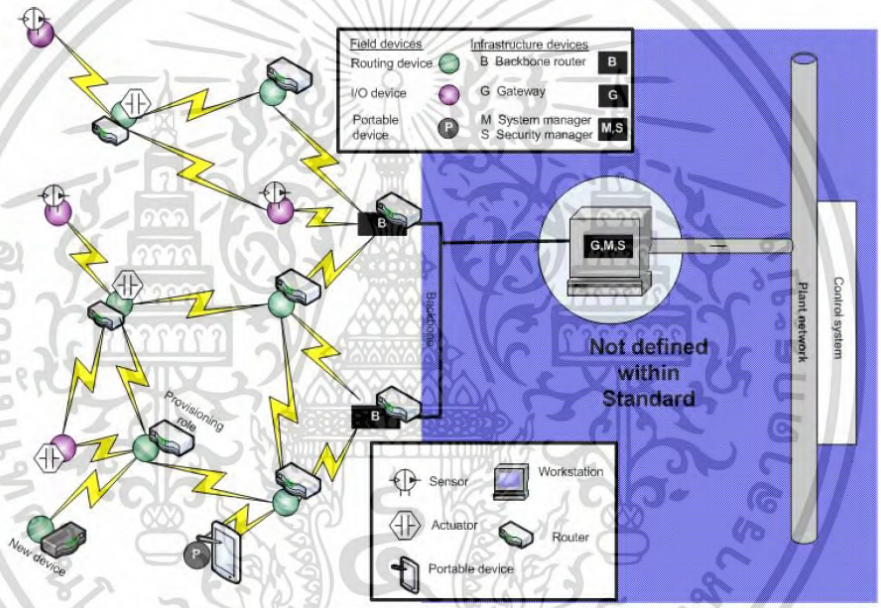
ISA100.11a เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาผ่านทาง International Society of Automation (ISA) ซึ่งเป็นสมาคมของสหรัฐอเมริกา และเป็นองค์กรที่มีผู้เชี่ยวชาญด้านงานอัตโนมัติกว่า 20,000 ราย เครือข่ายเทคโนโลยี ISA100.11a สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการออกแบบให้ใช้งานในอุตสาหกรรมที่ต้องการเครื่องมือวัดรูปแบบไร้สาย รวมไปถึงอุตสาหกรรมที่ต้องการในระบบอัตโนมัติ และระบบ Radio Frequency IDentification (RFID) ซึ่งเป็นหนึ่งในมาตรฐานที่มีการยอมรับ และเป็นที่น่าเชื่อถือจากผู้ใช้งานคือ ISA100.11a ข้อดีในการใช้งานของเทคโนโลยี ISA100.11a มีดังนี้

- มีความยืดหยุ่นของการใช้งานในระบบอุตสาหกรรม
- มีความหลากหลายของการเชื่อมต่อของโปรโตคอล
- เป็นมาตรฐานที่เปิดกว้างในการใช้งานร่วมกับระบบที่มีอยู่เดิม
- มีการสนับสนุนด้านซอฟแวร์แอพพลิเคชันต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความน่าเชื่อถือของระบบ (เช่น ความผิดพลาดด้านการตรวจจับ การส่งผ่านข้อมูลในแต่ละจุด)
- มีการจัดระเบียบในการส่งข้อมูล
- มีการรักษาความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล

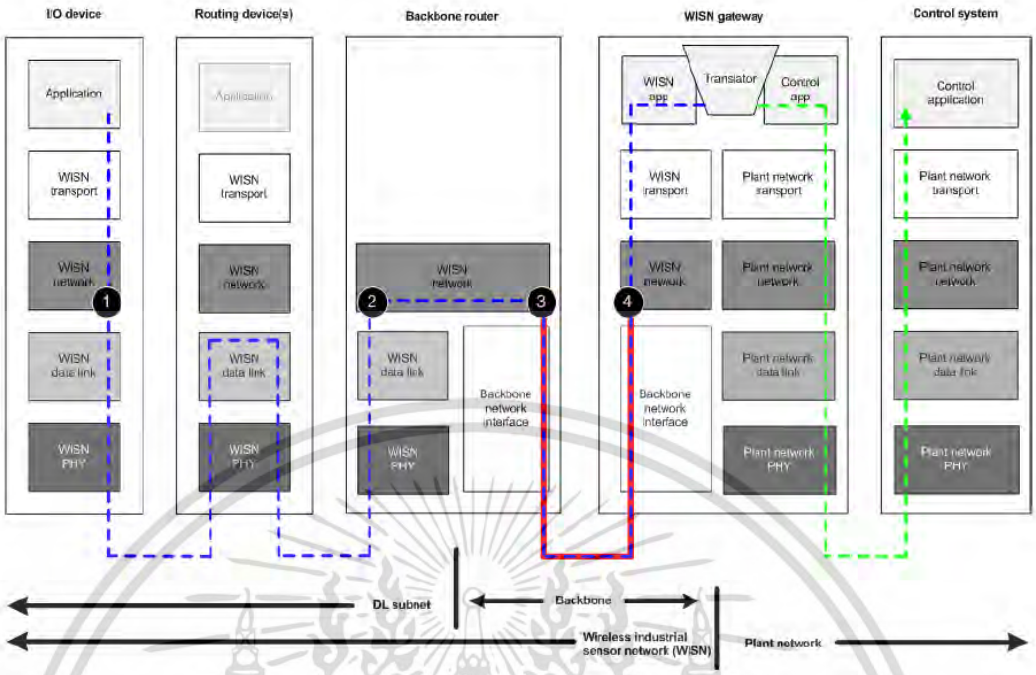
ISA100.11a เป็นเครือข่ายที่อยู่บนพื้นฐานของ IEEE802.15.4 เครือข่ายของ ISA100.11a เป็นเครือข่ายที่มีการจัดการการส่งข้อมูลในระบบ และมีการรักษาความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล แต่ในการทำงานของเครือข่ายนี้ไม่มีการระบุโปรโตคอลในระดับของ Application layer ของกระบวนการอัตโนมัติ สถาปัตยกรรมเทคโนโลยี ISA100.11a แสดงตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 สถาปัตยกรรมเทคโนโลยี ISA100.11a

ในระดับชั้นของ Network layer และ Transport layer มีการทำงานอยู่บนพื้นฐานของ IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN) และมีการส่งข้อมูลในแบบ User Datagram Protocol (UDP) ส่วนในระดับชั้นของ Datalink layer เป็นลักษณะเฉพาะทางของ ISA100.11a และมีการใช้งานที่เป็นไปตามข้อกำหนดของ IEEE802.15.4 ในส่วนของระดับชั้น Datalink layer เป็นการจัดการเรื่องเส้นทางในการส่งข้อมูล การจัดการความถี่ในการส่งข้อมูล และการจัดการแบ่งช่องสัญญาณเป็นช่วงเวลาย่อย (TDMA) การส่งต่อข้อมูลภายในของเครือข่ายไร้สายเป็นการดำเนินการในชั้นของ Datalink layer ในการจัดการการเชื่อมต่อของแต่ละชั้นภายใต้เครือข่าย จะแสดงได้ตามรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การส่งข้อมูลภายใต้เทคโนโลยี ISA100.11a

ISA100.11a เป็นการยกระดับ Internet Protocol Version6 (IPv6) ซึ่งเป็นโปรโตคอลรุ่นล่าสุดของอินเทอร์เน็ต และเป็นการกำหนดเส้นทางที่มากขึ้น โหนดทั้งหมดที่มีการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบสตาร์ (Star) และแบบเมช (Mesh) ซึ่งการเชื่อมต่อทั้งหมดนี้รวมเรียกว่า DL Subnet (Datalink subnet) สามารถดูได้จากรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 แพ็คเก็ตข้อมูลจะถูกส่งต่อระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ในชั้นของ Datalink layer จนกระทั่งแพ็คเก็ตข้อมูลจะส่งไปปลายทางของส่วน DL subnet

ISA100.11a และ WirelessHART มีข้อมูลหลักในการทำงาน ดังต่อไปนี้

- เครือข่ายโครงสร้างในการเชื่อมต่อเป็นแบบเมช และแบบสตาร์
- ในการกำหนดเส้นทางจะไม่ใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวจัดการเส้นทาง
- การเชื่อมต่อในโรงงานเป็นการใช้เกตเวย์ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไร้สาย กับระบบควบคุม
- อุปกรณ์มีความสามารถในการทำงานร่วมกันหรือที่เรียกว่า Interoperability
- ข้อมูลของการเชื่อมต่อในระบบมีความสมบูรณ์ ความเป็นส่วนเฉพาะ และความน่าเชื่อถือ
- มีความสามารถในการใช้งานร่วมกับเครือข่ายไร้สายอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความสามารถในการป้องกันการแทรกแซงจากสิ่งต่างๆที่อยู่ภายนอกระบบ

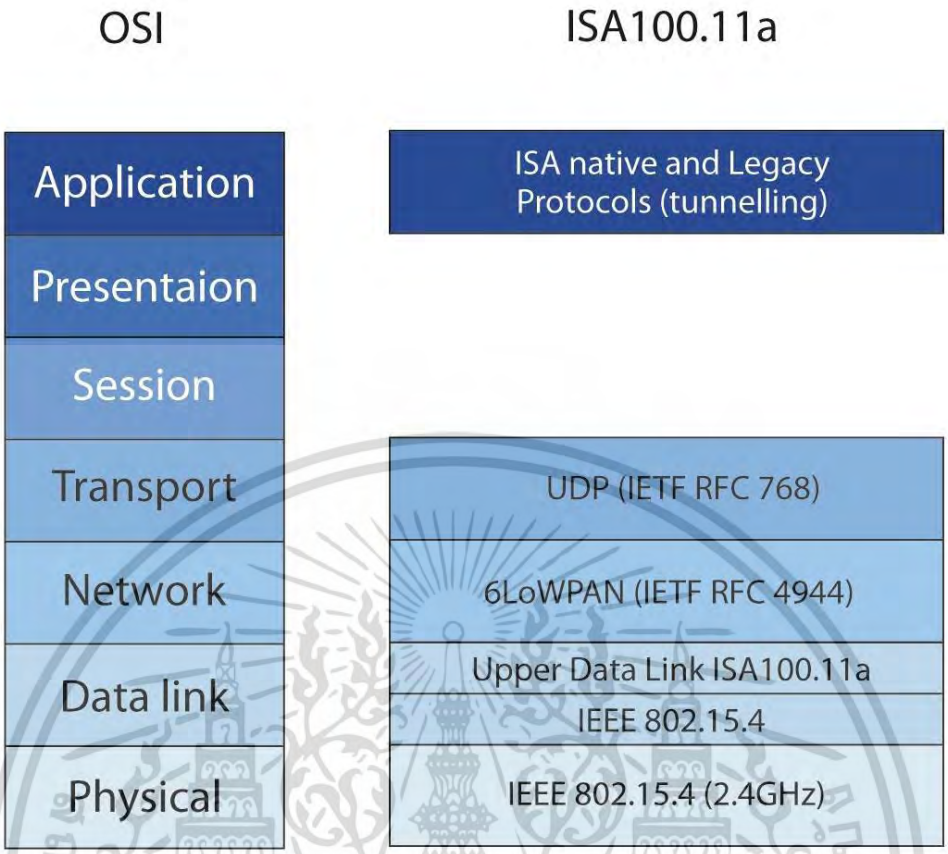
จากรูปที่ 2.10 เป็นการจัดการเส้นทางให้เป็นขั้นตอนในการส่งแพ็คเก็ตจากอุปกรณ์ไร้สายไปสู่เกตเวย์

1. ในระดับของ Network layer เป็นการส่งข้อมูลโดยให้ข้อมูลต้นทางเป็นข้อมูลที่มาจากเครื่องมือวัด และข้อมูลปลายทางเป็นข้อมูลที่อยู่ส่วนของเกตเวย์ ข้อตกลงของการส่งแพ็คเก็ตข้อมูล ได้กล่าวไว้ว่า แพ็คเก็ตข้อมูลนั้นควรมีการระบุ Contract ID รวมอยู่ในแพ็คเก็ตข้อมูลด้วย และควรเป็นการระบุไว้ส่วนหัวของแพ็คเก็ต
2. ในระดับของ Datalink layer ทำการส่งแพ็คเก็ตข้อมูลไปยังส่วนของ Backbone router และในระดับของ Network layer ของส่วน Backbone router เป็นส่วนที่ทำการรับแพ็คเก็ตที่ถูกส่งมา และเป็นการตัดสินว่าแพ็คเก็ตข้อมูลนั้นต้องการส่งมาที่ Backbone router ตัวนี้ หรือ ไม่
3. ส่วนนี้แพ็คเก็ตจะถูกขยายข้อมูลออก เพื่อนำข้อมูลไปสู่ส่วนของ Backbone interface จะเห็นว่าในส่วนของ Backbone นั้นเป็นขั้นตอนที่พาข้อมูลไปสู่จุดปลายทาง อย่างเช่น ดังรูปที่ 2.10 จะเห็นว่า ส่วนถัดไปที่แพ็คเก็ตข้อมูลจะถูกส่งไปนั้น คือส่วนของเกตเวย์ ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ปลายทางของข้อมูล
4. ในส่วนนี้จะเป็นระดับของ Network layer ของอุปกรณ์เกตเวย์ ซึ่งเป็นส่วนของการกำหนดว่าให้ข้อมูลสามารถส่งไปในขั้นต่อไปได้ในระดับของ Transport layer ในขั้นตอนการทำงานของเกตเวย์นั้นซึ่งเป็นการทำงานตามกระบวนการใช้งาน และทำงานตามการสื่อสารกับระบบควบคุม

2.10 โครงสร้างของเทคโนโลยี ISA100.11a เทียบกับ OSI Model [2]

ในส่วนนี้เป็นการแสดงรายละเอียดของ OSI Model ในแต่ละเลเยอร์ว่ามีขั้นตอนการทำงานเช่นไรบ้างของเทคโนโลยี ISA100.11a ชั้นเลเยอร์ของเครือข่ายนี้จะแสดงได้ตามรูปที่ 2.11 โดยที่การทำงานมีการใช้งานอยู่ 5 ชั้นเลเยอร์ คือ Physical layer, Data link layer, Network layer, Transport layer และ Application layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โครงสร้างเทคโนโลยี ISA100.11a เทียบกับ OSI Model

1. Physical layer

ในส่วนของชั้น Physical layer บนเครือข่าย ISA100.11a อยู่บนพื้นฐานของ IEEE802.15.4

2. Datalink layer

ส่วนของชั้น Datalink layer ของเครือข่าย ISA100.11a เป็นการสนับสนุนในด้านการรวบรวมข้อมูล การปรับปรุง และการส่งต่อของแพ็คเก็ตข้อมูล (ฟังก์ชันนี้เป็นสิ่งจำเป็นของเซ็นเซอร์ในรูปแบบไร้สาย) ในระดับชั้นของ Datalink layer เป็นชั้นที่ทำงานอยู่ระหว่าง Physical layer กับ Network layer ซึ่งชั้นของ Datalink layer เป็นการกำหนดโครงสร้างแพ็คเก็ตข้อมูล เฟรมข้อมูล การตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล และการตัดสินใจในเรื่องของเส้นทางในการส่งข้อมูล Datalink layer ยังรวมไปถึงการใช้งานฟังก์ชัน Media Access Control (MAC)

การสื่อสารข้อมูลโดยการกำหนดขอบเขตของเวลา โดยปกติใช้เวลาอยู่ที่ 10 mS เป็นการยืนยันในเรื่องของความถูกต้อง และการปรับช่องสัญญาณเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ เพื่อเลี่ยงช่องสัญญาณที่มีอยู่ไม่ให้ชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datalink layer เป็นการค้นหาเส้นทางในการส่งข้อมูล การเชื่อมโยงเครือข่ายหลาย ๆ ทาง นั้นเกิดจากการใช้อุปกรณ์ที่ต่างกัน ทำให้เกิดการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งภายในเครือข่ายย่อยของการทำงานในชั้นนี้จะส่งข้อมูลแต่ละโหนดได้ดีนั้น จะขึ้นอยู่กับการจัดการช่องทางในการส่งข้อมูล ขนาดของแบนด์วิธ และแฟกเตอร์อื่นๆ ในความแตกต่างของเส้นทางนั้นก็จะเกิดจากการค้นหาของระบบการจัดการ (System Manager) ซึ่งระบบนี้ได้รับข้อมูลจากผู้ออกแบบระบบ หรือเครือข่ายตามความต้องการของระบบนั้น เพื่อให้ข้อมูลมีการรับ-ส่งได้ และข้อมูลที่ได้จากโหนดของเซ็นเซอร์ของเทคโนโลยีนี้ ระบบการจัดการนั้นมีการคำนวณ และค้นหาโครงข่ายเส้นทาง และกำหนดการติดต่อระบบการส่งผ่านสู่โครงข่ายข้อมูล แอพพลิเคชันบนโหนดเซ็นเซอร์จะให้มีรหัสผ่านเป็นตัวแจ้งโหนดบนเส้นทางสู่เครือข่ายที่ใช้อยู่ในระบบนั้น ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของการรับ-ส่ง และการส่งต่อข้อความ ISA100.11a มีการสนับสนุนเรื่องของการกำหนดช่วงเวลาของข้อมูล การแจ้งเตือนข้อมูล การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับข้อมูลกับอุปกรณ์ส่งข้อมูล (Client-Server) และการโอนถ่ายข้อมูลขนาดใหญ่

3. Network layer

ในส่วนชั้น Network layer ในเครือข่ายของ ISA100.11a มีการใช้ 6LoWPAN คือการใช้งานของ IPv6 เป็นการใช้ในการระบุสำหรับเส้นทางแบบ End-to-End ในเทคโนโลยีของ ISA100.11a จะมีการใช้งานสำหรับการจับคู่ของไคลเอ็นท์ (Client) กับเซิร์ฟเวอร์ (Server) เครือข่าย ISA100.11a เป็นการส่งข้อมูลด้วยพื้นฐาน Internet Protocol (IP) สู่จุดหมายปลายทางตามที่มีการกำหนดเส้นทางใน Datalink layer และ IPv6 เป็นการแยกส่วนและทวนซ้ำของการทำงานในระบบ 6LoWPAN

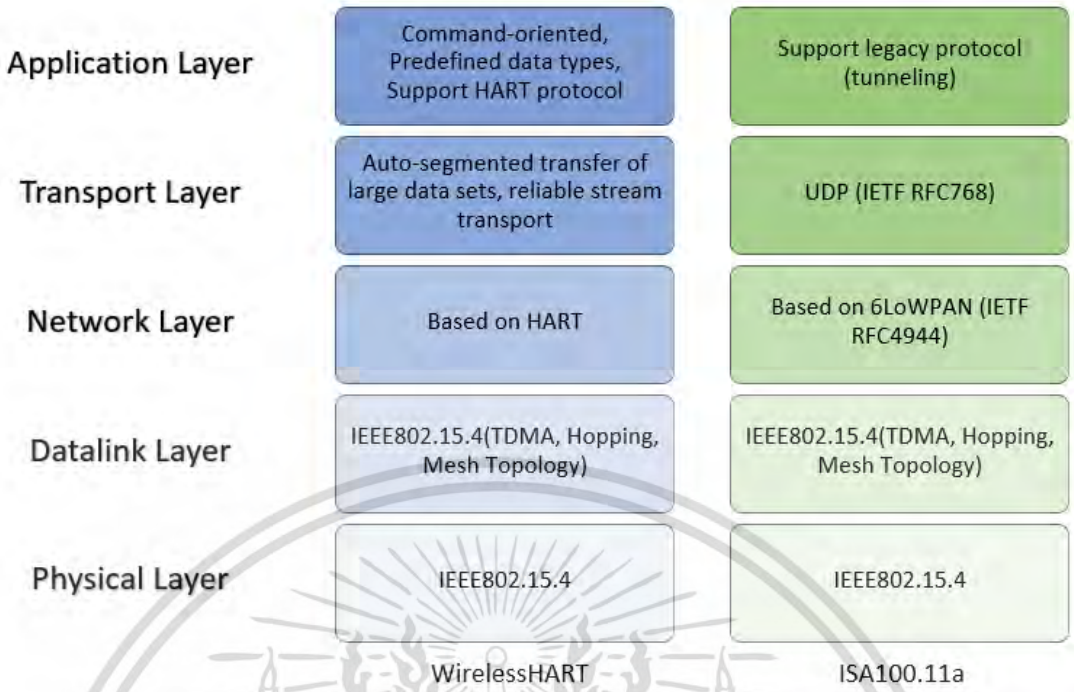
4. Transport layer

ในส่วนของ Transport layer ของเครือข่าย ISA100.11a เป็นการสนับสนุนการเชื่อมต่อบนรูปแบบ User Datagram Protocol (UDP) เป็นรูปแบบของการรับ-ส่งข้อมูล แต่ไม่มีการควบคุมในส่วนการรับ-ส่งข้อมูล จึงทำให้การส่งข้อมูลนั้นไม่มีเสถียรภาพ และไม่มีความน่าเชื่อถือของการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งในการรับ-ส่งข้อมูลในรูปแบบ UDP นั้นมีข้อดี คือสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว ไม่มีการส่งข้อมูลซ้ำ และไม่มีการคำนวณอัตราการส่งจึงทำให้รูปแบบของ UDP นั้นเหมาะกับการส่งข้อมูลในรูปแบบเวลาจริง (real-time) อีกทั้งการทำงานในส่วนชั้น Transport layer ยังมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อความมากยิ่งขึ้นในเรื่องของการตรวจสอบข้อความ และการสร้างความปลอดภัยของการส่งในแบบ End-to-End

5. Application layer

ในส่วนของ Application layer เป็นการใช้งานรูปแบบโปรโตคอล ซึ่งในเทคโนโลยีของ ISA100.11a ไม่มีการระบุไว้อย่างชัดเจนว่าเป็นโปรโตคอลประเภทใด เนื่องจากเทคโนโลยีนี้มีการออกแบบให้มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานร่วมกับเครือข่ายอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 OSI Model เทียบกับโครงสร้างเทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a

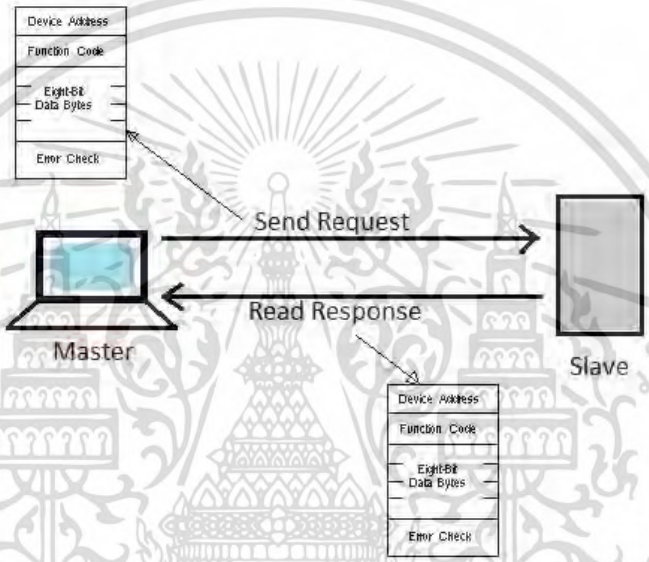
รูปที่ 2.12 เป็นการสรุปโครงสร้างการส่งข้อมูลของเทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a เทียบกับ OSI Model จากโครงสร้างเมื่อนำมาเปรียบเทียบของทั้ง 2 เทคโนโลยีเห็นได้ว่ามีการใช้งานทั้งหมด 5 เลเยอร์ คือ Physical layer, Datalink layer, Network layer, Transport layer และ Application layer โดยชั้น Physical layer ทั้ง 2 เทคโนโลยีมีการใช้พื้นฐานของ IEEE802.15.4 เป็นพื้นฐานของอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานต่ำ และมีการส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยความถี่ในการส่งข้อมูลคือ 2.4 GHz และชั้น Datalink layer เป็นการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลระหว่างโหนดโดยอยู่บนพื้นฐานของ IEEE802.15.4 ต่อไปในส่วนของชั้น Network layer เป็นการจัดการข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางแบบ End-to-End ซึ่งเทคโนโลยี WirelessHART จะใช้พื้นฐานของ HART ส่วน ISA100.11a ใช้พื้นฐาน 6LoWPAN จะเป็นการใช้ IPv6 ต่อจากนั้นจะเป็นการทำงานชั้น Transport layer ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลไปให้ชั้นของ Application layer ในชั้นนี้เป็นการกำหนดการใช้งานของโปรโตคอลโดยเทคโนโลยี WirelessHART ใช้โปรโตคอลฮาร์ท และ ISA100.11a ไม่มีการกำหนดโปรโตคอลที่ชัดเจนเนื่องจากการใช้งานของเทคโนโลยีนี้ความยืดหยุ่นต่อผู้ใช้งานของผู้ใช้งาน

2.11 มอดบัสโปรโตคอล [5] [13]

มอดบัส (Modbus Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Modicon (ปัจจุบันคือ Schneider Electric) และถูกนำไปเผยแพร่โดย Modicon® ในปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ.2522 (ค.ศ.1979) เป็นโปรโตคอลที่ถูกใช้กับตัวอุปกรณ์ Programmable Logic Controllers (PLCs) ถ้าจะมองให้ง่ายก็คือ เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับในการส่งข้อมูลผ่านสายแบบอนุกรม (Serial Lines) ระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยตัวอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลถูกเรียกว่า มอดบัสมาสเตอร์ (Modbus Master) และอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งข้อมูลให้นั้นเรียกว่า มอดบัสสลาฟ (Modbus Slaves) ดังที่แสดงตามรูปที่ 2.13 ในมาตรฐานของเครือข่ายมอดบัสนั้น มีมาสเตอร์ (Master) 1 ตัว และสลาฟ (Slaves) ได้ถึง 247 ตัว ซึ่งในแต่ละเครือข่ายอุปกรณ์ที่เป็นสลาฟ จะมีการใช้งานแอดเดรสที่ 1 ถึง 247 และอุปกรณ์ที่เป็นมาสเตอร์จึงสามารถเขียนข้อมูลส่งไปยังอุปกรณ์ที่เป็นสลาฟได้



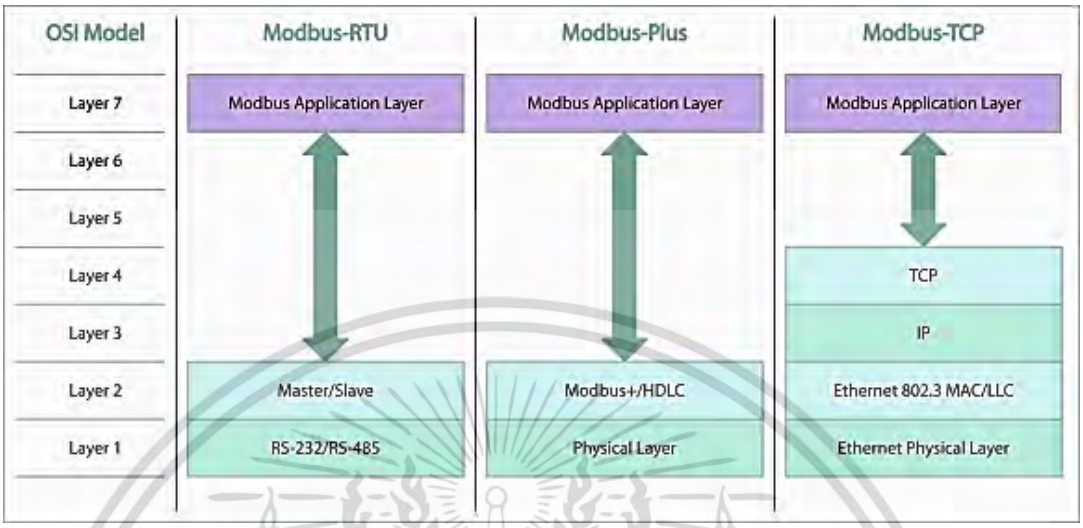
รูปที่ 2.13 การส่งข้อมูลระหว่าง มอดบัสมาสเตอร์ กับ มอดบัสสลาฟ [13]

การทำงานของมอดบัสโปรโตคอลเป็นการทำงานในรูปแบบเปิด ซึ่งความหมายนั่นก็คือ การที่ผู้ผลิตต่าง ๆ สามารถสร้างการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างอิสระ โดยใช้โปรโตคอลมอดบัสเป็นตัวกลางในการสื่อสาร จึงทำให้โปรโตคอลชนิดนี้เป็นมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลทางอุตสาหกรรม และในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมกันอย่างต่อเนื่อง สำหรับการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม และส่งข้อมูลเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โดยผ่านระบบการเชื่อมต่อข้อมูลในระยะไกล (Remote Terminal Unit:RTU) โปรโตคอลมอดบัสนั้นมีรูปแบบในการส่งข้อมูล ดังนี้ คือ การส่งข้อมูลผ่านสายแบบอนุกรม (Serial Lines) เรียกการเชื่อมต่อแบบนี้ว่า มอดบัสอาร์ทียู (ModbusRTU) และ มอดบัสแอสกี (ModbusASCII) อีกรูปแบบหนึ่ง คือการใช้สายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ในการเชื่อมต่อแบบนี้เรียกว่า มอดบัสทีซีพี (ModbusTCP)

โครงสร้างตามมาตรฐาน OSI Model ของการสื่อสารในรูปแบบมอดบัสโปรโตคอลนั้น ในรูปแบบของมอดบัสอาร์ทียู และ มอดบัสแอสกี มีการใช้งานในระดับชั้น Physical layer กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datalink layer ส่วนรูปแบบของมอดบัสทีซีพี มีการใช้งานในส่วนของ Network layer เพิ่มเข้ามา [14] สามารถแสดงรูปแบบของ OSI Model ได้ตามรูปที่ 2.14

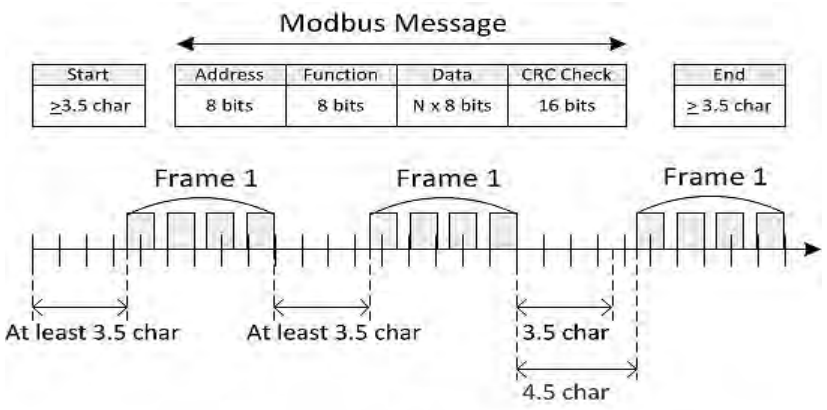


รูปที่ 2.14 โครงสร้างโปรโตคอลมอดบัสเทียบกับ OSI Model

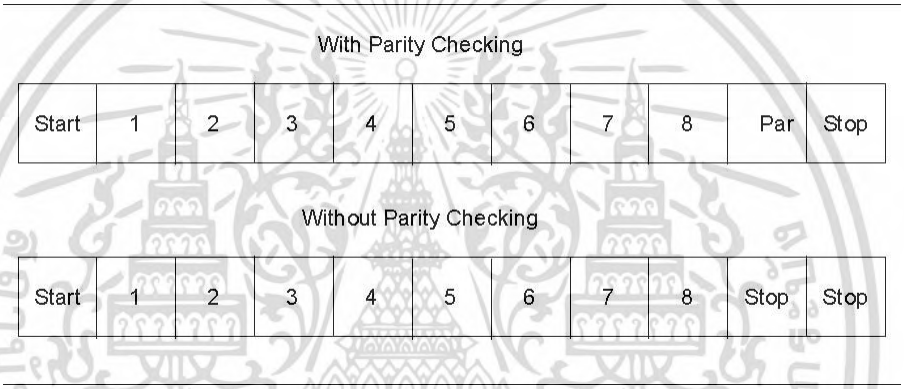
2.11.1 มอดบัสอาร์ทียู

การทำงานของมอดบัสอาร์ทียู (ModbusRTU) แสดงได้ตามรูปที่ 2.15 เฟรมข้อมูลในส่วนของมอดบัสอาร์ทียูประกอบด้วย ตำแหน่งของแอดเดรส 1 ไบท์ หมายเลขฟังก์ชัน 1 ไบท์ ข้อมูลที่ใช้สำหรับทำการส่งซึ่งสามารถส่งได้มากที่สุด 252 ไบท์ และ รหัสในการใช้ตรวจสอบความถูกต้องแบบ Cyclical Redundancy Checking (CRC) 2 ไบท์ ค่าของ CRC จะได้จากการคำนวณของข้อมูลทุกไบท์ที่ทำการส่ง แต่จะไม่นำไบท์ Start, Stop และ Parity Check ไปรวมในการคำนวณ โดยการส่งนั้นตัวที่เป็นตัวส่งข้อมูลเมื่อได้ค่าออกมาจะทำการเปรียบเทียบกันระหว่าง CRC ทั้ง 2 ค่าว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าค่าที่ออกมานั้นไม่ตรงกัน หมายความว่าเฟรม (Flame) ที่ถูกส่งมานี้มีความผิดพลาดในการส่ง ในรูปแบบของมอดบัสอาร์ทียู ในการรับ-ส่งข้อมูล 1 ไบท์นั้นมีการส่งบิทมาทั้งหมด 11 บิท คือ บิทเริ่มต้น (Start) 1 บิท บิทข้อมูลทั้งหมด 8 บิท บิทตรวจสอบ (Parity) 1 บิท และบิทสิ้นสุด (Stop) 1 บิท แต่หากมีการเลือกรูปแบบที่ไม่มีการตรวจสอบ จะทำให้มีบิทสิ้นสุด 2 บิท ในรูปที่ 2.16 เป็นการแสดงลักษณะข้อมูลของมอดบัสอาร์ทียูที่เป็นรูปแบบที่มีการตรวจเช็ค และ รูปแบบที่ไม่มีการตรวจเช็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 รูปแบบเฟรมข้อมูลของมอดบัสอาร์ทียู



รูปที่ 2.16 ลักษณะเฟรมข้อมูลที่มีบิทการตรวจเช็ค และที่ไม่มีบิทการตรวจเช็ค

2.11.2 มอดบัสแอสกี

ในการทำงานในรูปแบบของมอดบัสแอสกี (ModbusASCII) มีความแตกต่างจากรูปแบบของมอดบัสอาร์ทียู ในเรื่องของการส่งเฟรมข้อมูล คือ ในรูปแบบของการส่งแบบมอดบัสอาร์ทียูจะส่งข้อมูลขนาด 1 ไบท์ โดยการรวมส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดแล้วสามารถส่งได้ทันที แต่ในการทำงานของมอดบัสแอสกีในการส่งข้อมูล 1 ไบท์ จะแบ่งออกเป็นตัวอักษร 2 ตัว เช่น 0x5B เป็นเลขฐานสิบหก แบ่งออกเป็นเลข 2 ตัว คือ ตัวอักษร “5” กับตัวอักษร “B” จากนั้นทำการแปลงเป็นแอสกี (ASCII) ซึ่งจะได้ออกเป็น 0x35 สำหรับตัวอักษร “5” และเป็น 0x42 สำหรับอักษร “B” แล้วจึงสามารถส่งรหัสออกไปเป็นรูปแบบแอสกี 2 ค่า เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของการส่งข้อมูลในรูปแบบ Remote Terminal Unit (RTU) ก็จะมีผลเท่ากับ 0x5B ในขนาด 1 ไบท์ เช่นกัน

จากการทำงานของรูปแบบมอดบัสแอสกี เห็นได้ว่ามีการทำงานของการส่งเฟรมข้อมูลมีความซับซ้อนมากกว่าในการทำงานของรูปแบบมอดบัสอาร์ทียู ทำให้การส่งเฟรมข้อมูลนั้นจะมีอัตราเร็วในการส่งที่ต่ำกว่า และสาเหตุที่เป็นแบบนี้เนื่องจากรูปแบบของมอดบัสแอสกีนั้นออกแบบสำหรับการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถกำหนดช่วงระยะห่างของเวลาในการส่งเฟรมข้อมูลเหมือนอย่างรูปแบบของมอดบัสอาร์ทียู ซึ่งสามารถกำหนดช่วงเวลาในการส่งเฟรมข้อมูลทำให้อุปกรณ์ที่รอรับข้อมูลสามารถตรวจจับ และแยกได้ว่าเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมที่รับเข้ามามีระยะเวลาห่างกันภายในช่วงเวลาที่กำหนดหรือไม่ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้สำหรับการตรวจสอบจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้ แต่ยังมีอุปกรณ์อีกมากมายที่ยังไม่มีความสามารถในส่วนนี้ทำให้ต้องมีการใช้การส่งเฟรมข้อมูลในรูปแบบของแอสกี เพื่อเป็นสิ่งที่ช่วยให้สามารถรับรู้ถึงจุดเริ่มต้น (Start) และ จุดสิ้นสุด (Stop) ของเฟรมข้อมูลได้ ในรูปแบบของมอดบัสแอสกีจะมีการส่งรหัสแอสกี ที่สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นคือ 0x3A ซึ่งคือตัวอักษร “:” ต่อจากนั้นตามด้วยแอดเดรส (Address) ของอุปกรณ์สลาฟ (Slaves) หมายเลขฟังก์ชัน ข้อมูลที่ต้องการส่ง รหัสตรวจสอบ Longitudinal Redundancy Check (LRC) และรหัสแอสกี 2 ตัวที่ใช้ในการกำหนดจุดสิ้นสุดคือ 0x0D และ 0x0A ซึ่งคือรหัส Carriage Return (CR) และ Line Feed (LF) ตามลำดับ ลักษณะเฟรมข้อมูลสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.17 โดยเมื่อข้อมูลมีช่องว่างจากการส่งข้อมูลแล้วอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการตรวจสอบเฟรมข้อมูลว่ามีรหัส ASCII ของอักษร “:” หรือไม่ ถ้ามีอักษรนั้นก็จะแสดงว่ามีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลออกมาใหม่แล้วกระบวนการส่งข้อมูลจะทำการส่งเฟรมข้อมูลต่อไป

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

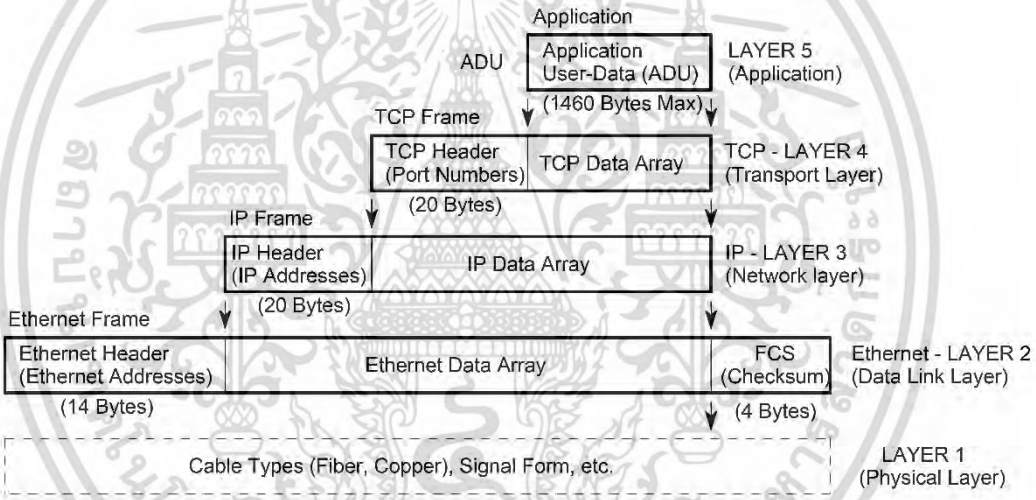
รูปที่ 2.17 ลักษณะเฟรมข้อมูลของมอดบัสแอสกี

2.11.3 มอดบัสทีซีพี

ในส่วนของมอดบัสทีซีพี (ModbusTCP) เป็นการพัฒนาขึ้นมาจากระบบเก่าๆ โดยวัตถุประสงค์ของการใช้งานของมอดบัสทีซีพี เพื่อต้องการให้ระบบสามารถสื่อสารในรูปแบบอินเทอร์เน็ต โดยสามารถนำอุปกรณ์จำพวกอีเทอร์เน็ต (Ethernet Device) ต่อเข้ากับระบบโดยการใช้สาย LAN ในการเชื่อมต่อให้กับระบบ ซึ่งการใช้สาย LAN นั้นสามารถใช้ได้สูงสุดสำหรับระยะต่อเนื่องได้ 100 เมตร แต่สามารถขยายการสื่อสารของระบบได้โดยการใช้รีพีทเตอร์ (Repeater) หรือที่เรียกกันว่าฮับ (Hub) หรือสวิทช์ (Switch) ซึ่งในแต่ละช่วงของการมีรีพีทเตอร์นั้น จะสามารถใช้สาย LAN ได้อีก 100 เมตร โดยไม่มีการจำกัดจำนวนของอุปกรณ์รีพีทเตอร์ในการสื่อสารของระบบอีเทอร์เน็ตนั้น ๆ ความเร็วในการใช้งานในรูปแบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะมีความเร็วอยู่ที่ 100,000,000 บิทต่อวินาที (100 Mbps) และอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อนั้นไม่มีการจำกัดจำนวนของอุปกรณ์ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.18 เป็นการแสดงการสร้างแพ็คเก็ตของ TCP/IP สำหรับการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสทีซีพี จากรูปในชั้นของ Application layer คือมอดบัส (Modbus Application Data Unit) หรือข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์เข้ามาในชั้นของ Application layer จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังชั้นของ Transport layer ซึ่งในชั้นนี้จะมีการเพิ่มเฟรมทีซีพี (TCP Frame) เข้าไปในส่วนหัวของข้อมูล และมีการส่งต่อไปยังชั้น Network layer ชั้นนี้จะทำการรับข้อมูลมา และทำการเพิ่มเฟรมไอพี (IP Frame) เข้าไปในส่วนหัวของข้อมูล ต่อจากนั้นเป็นการส่งไปยังชั้น Datalink layer ซึ่งเป็นชั้นสุดท้ายก่อนส่งข้อมูลไปตามสาย ในชั้นนี้เป็นการเพิ่มส่วนของเฟรมอีเทอร์เน็ต (Ethernet Frame) ไปที่ส่วนหัวของข้อมูล และมีการเพิ่มส่วนของ FCS (Frame Check Sequence) ไปที่ส่วนท้ายของข้อมูล ในขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเรียกว่า Encapsulated และเมื่อข้อมูลทั้งหมดได้ทำการส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทางขั้นตอนทั้งหมดจะมีการกระทำย้อนกลับโดยการถอดเฟรมในแต่ละชั้นเลเยอร์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเรียกว่า Demultiplexing [16]



รูปที่ 2.18 ขั้นตอนการสร้างแพ็คเก็ตของมอดบัสทีซีพี

2.11.4 รูปแบบของมอดบัสรีจีสเตอร์ (Modbus Register) [15-17]

รูปแบบของมอดบัสรีจีสเตอร์มีโครงสร้างที่เรียบง่าย ซึ่งจะสามารถแยกออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

- Discrete Input
- Coil (Output)
- Input Registers (Input Data)
- Holding Registers (Output Data)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานมอดบัสรีจีสเตอร์ของตัวอุปกรณ์ต่างๆนั้น ถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบของการอ้างอิงจากตัวเลข โดยที่ตัวเลขอ้างอิงใช้ในการระบุตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้นั้น สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังตารางที่ 2.1 และมอดบัสรีจีสเตอร์แต่ละประเภทจะมีข้อมูลทั้งหมด 9999 ค่า ในส่วนของข้อมูลที่เป็นประเภท On/Off (Coil หรือ Discrete) จะมีการระบุตำแหน่งด้วยแอดเดรสตั้งแต่ 0000 ถึง 270E ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก (แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 0 ถึง 9998) และในส่วนของที่เป็นการเก็บค่าตัวเลข (Register) แต่ละตัวจะใช้พื้นที่ 16 bits เท่ากับ 2 bytes เท่ากับ 1 word และมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000 ถึง 270E เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.1 รูปแบบมอดบัสรีจีสเตอร์

Data Address	Coil/Register Number	Type	Description
0000 to 270E	1-9999	Read/Write	Discrete Output Coil
0000 to 270E	10001-19999	Read Only	Discrete Input Contracts
0000 to 270E	30001-39999	Read Only	Analog Input Registers
0000 to 270E	40001-49999	Read/Write	Analog Output Holding Registers

2.12 สกาดา [18]

สกาดา (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition) คือระบบที่ใช้สำหรับในการส่งข้อมูลในระยะไกล เพื่อใช้ในการตรวจสอบและการเก็บข้อมูล รวมไปถึงการดูแลควบคุมระบบการผลิตในโรงงานที่มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระยะที่ห่างไกลกันกับกระบวนการผลิต โดยในการสื่อสารข้อมูลในลักษณะนี้จะใช้การส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิตอล ของภายในเครือข่ายนั้น

ระบบสกาดาจะมีการรวมกระบวนการอยู่ 2 กระบวนการเข้าด้วยกัน ดังต่อไปนี้

1. Telemetry System ในการทำงานของเทคนิคนี้จะเป็นการทำงานในด้านของการรับ-ส่งข้อมูล โดยข้อมูลที่ทำการตรวจจับทั้งหมดจะถูกส่งต่อไปอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ตัวกลาง เช่น เคเบิ้ล (cable) สายไฟ คลื่นวิทยุ เป็นต้น
2. Data Acquisition เป็นวิธีการสำหรับการเข้าถึง และการควบคุมข้อมูลที่ได้จากตัวอุปกรณ์ที่อยู่ภายในเครือข่ายควบคุมนั้น โดยจะนำข้อมูลเหล่านี้ส่งไปยังระบบ Telemetry System เพื่อให้ทำการส่งข้อมูลต่อไปตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปแบบของระบบสกาดามีการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกันดังนี้

1. Point-to-Point Configuration รูปแบบนี้เป็นการควบคุมที่ใช้กระบวนการควบคุมกระบวนการผลิตเพียงกระบวนการเดียวเท่านั้น
2. Point-to-Multipoint Configuration รูปแบบนี้เป็นการควบคุมที่มีการใช้กระบวนการควบคุมกระบวนการผลิตหลาย ๆ กระบวนการ

2.12.1 ส่วนประกอบของสกาดา

ในหัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึงส่วนประกอบของระบบสกาดา ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือวัดระดับฟิลด์ (Field Instrumentation) ส่วนนี้เป็นส่วนของอุปกรณ์เครื่องมือวัดหรือเซ็นเซอร์ (Sensor) ที่มีการตรวจวัดอยู่ในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ซึ่งจะมีการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณในรูปแบบของแอนะล็อก (Analog) หรือดิจิตอล (Digital) ก็ได้
2. สถานีระยะไกล (Remote Station) เป็นส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัดได้จากกระบวนการ และจะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังส่วนกลางของระบบสกาดา
3. เครือข่ายการสื่อสาร (Communication Network) เป็นการทำงานในด้านของการส่งข้อมูล จากจุด ๆ หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีการใช้ตัวกลางเป็นการสื่อสารของระบบ เช่น เคเบิ้ล หรือคลื่นวิทยุ เป็นต้น
4. สถานีศูนย์กลางการแสดงผล (Central Monitoring Station) เป็นศูนย์กลางของระบบสกาดา โดยจะมีส่วนประสานระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักรหรือที่เรียกว่า Human-Machine Interface (HMI) ส่วนนี้เป็นสิ่งที่ใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูล ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นที่นำมาทำการแสดงผลจะผ่านการประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถนำมาแสดงผลที่หน้าจอเพื่อนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบสภาวะต่าง ๆ และควบคุมกระบวนการผลิตผ่านทางหน้าจอแสดงผลได้

2.12.2 ฐานข้อมูลของระบบสกาดา

1. Real-time Database Servers เป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการจัดการค่าของกระบวนการในเวลาปัจจุบันในขณะนั้น ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าที่ทำการตรวจวัดมาได้จากเครื่องมือวัด ในกระบวนการไปตามเวลา ณ ขณะนั้น
2. Historical Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการสืบค้นย้อนหลังได้ (Historical Data) ของกระบวนการผลิต และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการทำรายงานเพื่อส่งเสริมคุณภาพในเรื่องของการตรวจสอบสภาวะของกระบวนการ

2.12.3 ประโยชน์ของการใช้ระบบสกาดา

ปัจจุบันนี้หน่วยงานหลาย ๆ หน่วยงานได้มีการนำระบบสกาดานี้มาใช้ในการพัฒนากระบวนการ โดยนำมาช่วยในเรื่องของการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งเหตุผลที่หลาย ๆ หน่วยงานนำระบบสกาดานี้มาใช้ เพราะมีเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ทำให้ระบบมีการควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง
2. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูล และการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการบำรุงรักษาของอุปกรณ์เครื่องจักรในกระบวนการผลิต
3. ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตมากยิ่งขึ้น
4. ในลักษณะงานที่ต้องมีการติดตามข้อมูลย้อนหลัง และการใช้ข้อมูลสำหรับการประเมินค่าต่าง ๆ นั้น สามารถทำงานในส่วนงานนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรวดเร็วยิ่งขึ้น
5. ลดการใช้บุคลากรลงได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนของค่าใช้จ่ายนั้นลดลง

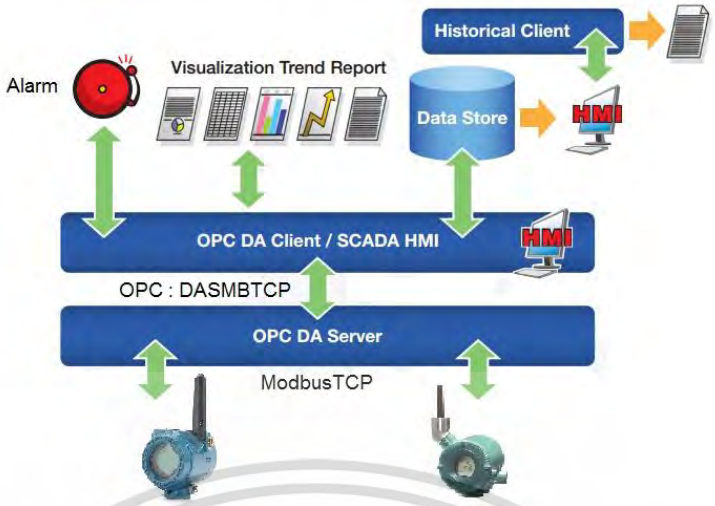
2.13 HMI

HMI (Human-Machine Interface) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลจากการที่มีการประมวลผลต่อผู้ปฏิบัติการณ์ที่เป็นมนุษย์ และจะนำข้อมูลเหล่านี้ไปทำการควบคุมกระบวนการต่อไป HMI นั้นจะมีการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลของระบบสกาดา เพื่อทำการวินิจฉัยในส่วนของข้อมูลที่ได้รับมาจากตัวกระบวนการผลิตในจุดต่างๆ

ระบบ HMI นั้นมักจะถูกนำมาเสนอให้กับบุคลากรในรูปของกราฟฟิค ในรูปแบบของแผนภาพในการเลียนแบบ ซึ่งนั่นจะหมายความว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถดูแผนผังของโรงงานที่ทำการควบคุมได้โดยผ่านระบบหน้าจอ HMI เพียงจุดเดียว ยกตัวอย่างเช่น ระบบสูบน้ำ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานนั้นสามารถเปิด-ปิดระบบการสูบน้ำ และตั้งค่าอัตราการไหลของระบบได้โดยผ่านระบบหน้าจอ HMI ที่สร้างขึ้นได้

อีกหนึ่งความสำคัญในการสร้างหน้าจอ HMI คือหน้าจอที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในการแสดงผลสามารถที่จะสร้างภาพการแจ้งเตือนถึงความผิดปกติของกระบวนการในการควบคุม โดยเกิดจากการวิเคราะห์ วินิจฉัยข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดจากเครื่องจักรหรือตัวอุปกรณ์ และยังสามารถทำการแจ้งข้อมูลล่วงหน้าได้ เพื่อให้มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในกระบวนการก่อนที่จะเกิดความเสียหาย [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 สถาปัตยกรรมของการใช้งาน HMI

2.14 OPC

OPC (OLE for Process Control) มีจุดกำเนิดมาจากการรวมตัวของกลุ่มบริษัทด้านการควบคุมกระบวนการ (Process Control) และด้านอุตสาหกรรมอัตโนมัติ (Factory Automation) 5 บริษัท คือ Intellution, Fisher-Rosemout, Rockwell Software, OPTO-22 และ Intuitiv Software ซึ่งทำงานร่วมกับ Microsoft เพื่อก่อตั้งเป็น OPC Organization ซึ่งได้มีการประชุมผู้เกี่ยวข้องกันเมื่อ พฤษภาคม พ.ศ.2538 (May 1995) และทำการร่างข้อกำหนดขึ้นครั้งแรกเมื่อธันวาคม พ.ศ.2538 (December 1995) ต่อจากนั้นได้มีการเริ่มทำฉบับจริงออกมาในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2539 (August 1996) คือ OPC Specification V.1.0

การคิดค้นระบบ OPC เกิดขึ้นมาจากในปัจจุบันนี้ ระบบการควบคุมในอุตสาหกรรมเป็นการควบคุม โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกกันว่า Programmable Logic Control (PLC) และในการควบคุมระบบนั้น จะใช้หลักการควบคุมผ่านทางหน้าจอแสดงผลส่วนกลาง หรือระบบ Human-Machine Interface (HMI) และในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมยังมีการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่รับจากตัวเซ็นเซอร์ มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ เช่น เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิต ปัจจุบันนี้ผู้ผลิตเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม และอุปกรณ์การควบคุมระบบต่าง ๆ นั้นต่างมีการสร้าง และพัฒนาเทคโนโลยีทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟแวร์ (Software) เป็นของตัวเอง โดยการสร้างขึ้นมาในรูปแบบปิด คือระบบแต่ละบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์พัฒนาเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ของตัวเองเท่านั้น และจะไม่สามารถใช้ข้ามกันกับต่างบริษัทผู้ผลิตอื่นได้ จึงทำให้เกิดปัญหา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เกิดความซ้ำซ้อนของซอฟแวร์ คือ การที่แต่ละบริษัทผู้ผลิตจะต้องทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมารองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน จึงทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการใช้งานของซอฟแวร์
2. ความเข้ากันไม่ได้ของตัวซอฟแวร์กับตัวอุปกรณ์แต่ละบริษัทผู้ผลิต นั่นคือ การที่อุปกรณ์มีฟังก์ชันที่แตกต่างกันของแต่ละผู้ผลิต จึงทำให้ซอฟแวร์ก็มีความแตกต่างกันด้วย ถึงแม้จะมีการทำงานเหมือนกันก็ตาม

ปัญหาเหล่านี้ที่เกิดขึ้นทำให้ได้มีการค้นคว้าหาวิธีแก้ไข เพื่อให้กระบวนการผลิตที่มีความหลากหลายของตัวอุปกรณ์สามารถใช้งานร่วมกันได้โดยการนำ OPC เป็นสื่อของระบบเครือข่ายนั้น ๆ

ในการนำระบบ OPC ไปใช้งานนั้น สามารถนำไปใช้ติดต่อระหว่างเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม หรืออุปกรณ์ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมได้โดยตรง หรือจะทำผ่านอุปกรณ์หน้าจอแสดงผล (HMI) ที่เป็นระบบในการแสดงผล และควบคุมในระดับของ Process Management ได้โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ ซึ่งจะเป็นการนำข้อมูลต่าง ๆ ส่งผ่านทาง OPC เพื่อนำไปทำการประมวลผลตามความต้องการ และในการเชื่อมต่อยังสามารถติดต่อกับ OPC เพียงตัวเดียวเท่านั้น ก็สามารถได้ข้อมูลหรือควบคุมได้ทั้งหมดของกระบวนการตามที่ต้องการ

OPC นั้นจะเป็นการใช้พื้นฐานมาจาก OLE/COM ดังนั้น OPC จึงมีลักษณะเป็น Client/Server ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ลักษณะ โดย OPC Client 1 ตัว สามารถติดต่อกับ OPC ได้มากกว่า 1 ตัว และในทางกลับกันนั้น OPC Server ของแต่ละบริษัทผู้ผลิตก็สามารถขอข้อมูลจาก OPC Client ได้มากกว่า 1 ตัว

2.15 FMEA [19-20]

FMEA ย่อมาจาก Failure Mode and Effect Analysis ซึ่งหมายความว่า “การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ” ในทางวิเคราะห์ลักษณะนี้ ปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งได้นำไปใช้เพื่อทำการปรับปรุงวิธีการทำงานของกระบวนการ

หลักการของ FMEA ถูกพัฒนาโดยหน่วยงานอากาศยานทางทหารของสหรัฐอเมริกา โดยหน่วยงานที่เข้ามาทำการพัฒนา คือ กองทัพอากาศ กองทัพเรือ องค์การ NASA ซึ่งการพัฒนานั้นได้ถูกเริ่มมาตั้งแต่ทศวรรษที่ 60 (ระหว่าง 1960-1970) ต่อจากนั้นได้ถูกพัฒนาหลักการ FMEA ให้สามารถนำไปใช้ได้กับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำ ได้แก่ ฟอร์ด จีเอ็ม และไคร์สเลอหรือที่รู้จักกันในนามของ BIG THREE (Big3) โดยมีข้อกำหนดที่สำคัญของระบบ QS-9000 และในปัจจุบันหลักการของ FMEA ถูกกลายเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ผู้ผลิตทุกค่ายหรือแม้แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ต้องยึดปฏิบัติภายใต้ระบบคุณภาพ TS-16949

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ FMEA นั้นถูกพัฒนามาเพื่อเน้นให้เห็นถึงคุณลักษณะความเสียหายหรือสาเหตุที่นำไปสู่ความเสียหายที่อาจจะทำให้เกิดความเสียหาย (Potential Failure Mode) อันเนื่องจากการออกแบบการผลิตหรือการบริการ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ส่วนของผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effect Analysis) และในขั้นตอนสุดท้ายคือ การวิเคราะห์วิธีการป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Problem Prevention)

FMEA สามรถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Design FMEA เป็นขั้นตอนในส่วนของการออกแบบ ซึ่งใช้พิจารณาคุณสมบัติของสินค้าว่าตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ และสามารถผลิตได้ตามเป้าหมายของค่าใช้จ่ายหรือไม่ และบรรลุตามข้อกำหนดหรือไม่
2. Process FMEA เป็นการพิจารณาถึงกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน ตลอดจนการควบคุมกระบวนการ เพื่อการสร้างความมั่นใจให้กับสินค้าให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดของกระบวนการ
3. Service FMEA เป็นการพิจารณาด้านกระบวนการบริการก่อนทำการส่งมอบต่อไป เน้นเรื่องของข้อบกพร่อง และความผิดพลาดเนื่องจากไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการ

2.15.1 คำจำกัดความ

ความเสียหาย (Failure) หมายถึง กระบวนการผลิตที่ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่

คุณลักษณะของความเสียหาย (Failure Mode) หมายถึง สภาวการณ์ หรืออาการก่อให้เกิดความเสียหายที่อาจส่งผลต่อกระบวนการได้

ผลกระทบของความเสียหาย (Effect) หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากความเสียหาย และส่งผลโดยตรงส่งผลมาสู่กระบวนการนั้น

การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอนเพื่อหาทางป้องกันการเกิดความเสียหายต่อกระบวนการในอนาคต

2.15.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยหลักการของ FMEA

1. ทำการกำหนดชื่อ (Name) เป็นการกำหนดชื่อของเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ต้องการวิเคราะห์
2. ทำการระบุรหัส (Code) เป็นการกำหนดรหัสของเครื่องจักร หรืออุปกรณ์เพื่อให้มีเลขประจำเครื่องมือ
3. ทำการกำหนดฟังก์ชัน (Function) เป็นการระบุหน้าที่ของเครื่องจักร หรืออุปกรณ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการกำหนดโหมด (Mode) เป็นการระบุความผิดปกติการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ว่าสามารถมีเหตุการณ์ผิดปกติใดเกิดขึ้นได้บ้าง
5. ระบุสาเหตุที่เกิดขึ้น (Cause) เป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้น
6. ผลกระทบที่เกิด (Effect) เป็นการวิเคราะห์หาผลกระทบต่อกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดจากตัวเครื่องจักร หรืออุปกรณ์
7. ลักษณะของการกำหนดจากการออกแบบให้มีหน้าที่ป้องกันต่อกระบวนการหรือการเกิดวิกฤตต่อกระบวนการ (Criticality) เช่น Safe ,Dangerous เป็นต้น
8. คำนวณหาค่าอัตราความผิดพลาด (Failure Rate)
9. การกำหนดวิธีแก้ปัญหา (Remedy) เป็นการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาให้กับกระบวนการไม่ให้มีปัญหาซ้ำซ้อน และไม่ให้เกิดความเสียหายของกระบวนการ

2.15.3 ประโยชน์ของ FMEA

1. สามารถแยกแยะ และลำดับความสำคัญถึงข้อผิดพลาด รวมไปถึงผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
2. ทำให้เกิดการวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขล่วงหน้า เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาต่อกระบวนการหรือลดปัญหาลงได้
3. สามารถเก็บข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง สำหรับการอ้างอิงในอนาคตเมื่อมีความต้องการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการ
4. สร้างความมั่นใจให้กับผู้ปฏิบัติงาน เกี่ยวกับวิธีการป้องกันปัญหา
5. ใช้เป็นข้อมูลในการนำเสนอผลงานของระบบให้ผู้บริหารได้ เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาในการดำเนินการต่อไปของกระบวนการ
6. สามารถนำปัญหาในอดีตมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา และปรับปรุงกระบวนการ
7. ลดเวลาในการพัฒนากระบวนการ และลดค่าใช้จ่ายในการบริการซ่อมบำรุงลงได้
8. เป็นหลักการที่สามารถสร้างความเชื่อมั่นให้กับกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การผสานรวมอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่นำเสนอ

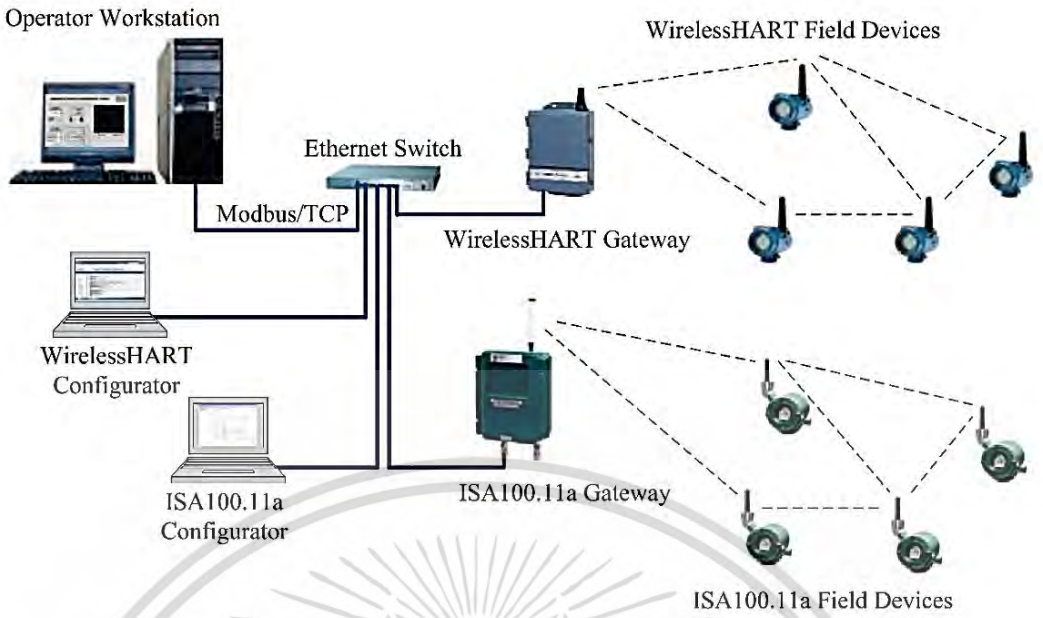
3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของระบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของการทำงาน ของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมที่เป็นแบบไร้สาย โดยในระบบที่ออกแบบนั้นจะมีการใช้อุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันของเทคโนโลยีโดยนำมาทำการผสานรวมกันให้อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน และส่งข้อมูลต่อไปเพื่อการตรวจสอบสภาวะต่อไปโดยการใช้เครือข่ายมอดบัสทีซีพีในการผสานข้อมูลทั้ง 2 เทคโนโลยี โดยที่วิทยานิพนธ์นี้จะใช้ 2 เทคโนโลยี คือ อุปกรณ์เทคโนโลยีของ WirelessHART และเทคโนโลยีของ ISA100.11a ซึ่งในบทนี้จะทำการแสดงให้เห็นถึงเทคนิคของการเข้าถึงตัวอุปกรณ์เพื่อทำการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับอุปกรณ์เทคโนโลยีทั้ง 2 ชนิด และรวมไปถึงการกำหนดข้อมูลต่าง ๆ เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นเป็นตัวส่งผ่านและนำไปสู่การแสดงผลที่หน้าจอสำหรับในการวิเคราะห์และแสดงผลตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3.2 แนวคิดการออกแบบการผสานรวมกันของอุปกรณ์ 2 เทคโนโลยี

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้มุ่งเน้นในการนำเครื่องมือวัดแบบไร้สาย 2 เทคโนโลยีมาผสานรวมกันให้อยู่บนเครือข่ายการทำงานเดียวกัน โดยเทคโนโลยีที่นำมาใช้นั้นคือเทคโนโลยี WirelessHART และเทคโนโลยี ISA100.11a และส่งข้อมูลไปสู่ระบบการตรวจสอบสภาวะ (Condition Monitoring) ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของการปรับเปลี่ยนเครือข่ายการควบคุมที่มีอยู่เดิมในโรงานอุตสาหกรรมให้มีการพัฒนาเป็นรูปแบบพื้นฐานของ IIoT ในการนำเสนอในรูปแบบการทำงานข้างต้นนี้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงสำหรับการติดตั้งเพิ่มเติมของเครื่องมือวัดที่เป็นรูปแบบอุปกรณ์ที่มีความฉลาดหรือล้ำสมัยกว่ายุคในอดีต อีกทั้งเทคนิคในการผสานรวมกันของอุปกรณ์ระหว่าง WirelessHART และ ISA100.11a สามารถทำการแสดงผลต่อผู้ใช้งานได้โดยการสร้างหน้าจอแสดงผลแบบเรียลไทม์ด้วยการสร้างจากโปรแกรม Wonderware InTouch และสามารถสร้างระบบการเก็บข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการสืบค้นย้อนหลัง และการนำเสนอประวัติข้อมูลที่เก็บไว้ต่าง ๆ ได้ด้วยการสร้างจากโปรแกรมนี้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

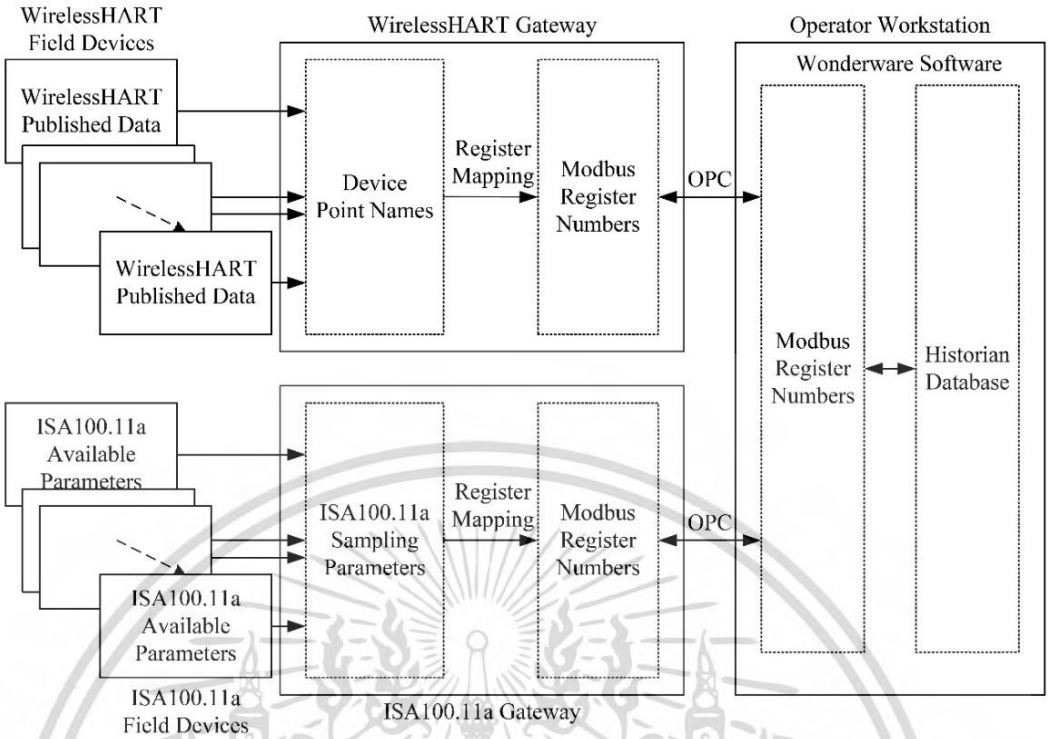
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 สถาปัตยกรรมการผสานรวมกันของอุปกรณ์ไร้สาย 2 เทคโนโลยี

รูปที่ 3.1 เป็นสถาปัตยกรรมของระบบที่นำมาทำการนำเสนอของการผสานรวมกันของอุปกรณ์ไร้สายในระดับฟิลด์ 2 เทคโนโลยีที่แตกต่างกันระหว่าง WirelessHART และ ISA100.11a และทำการส่งต่อข้อมูลไปยังอุปกรณ์การแสดงผล โดยสามารถสร้างเป็นรูปแบบการแสดงผลในรูปแบบกราฟ และข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความเข้าใจในการทำงานของกระบวนการนั้น สำหรับการใช้งานของเกตเวย์ไร้สายนั้น ในการติดตั้งเครือข่ายไร้สายแต่ละเครือข่ายจะต้องมีอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายอย่างน้อย 1 ตัว ในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าเกตเวย์ไร้สายของเทคโนโลยี WirelessHART ทำการสื่อสารอยู่กับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของเทคโนโลยี WirelessHART ผ่านทางโปรโตคอล WirelessHART ซึ่งการทำงานลักษณะนี้ก็เหมือนการทำงานของเกตเวย์ไร้สายของ ISA100.11a ซึ่งทำการสื่อสารกับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของ ISA100.11a ผ่านทางโปรโตคอล ISA100.11a ต่อจากนั้นเกตเวย์ไร้สายของทั้ง 2 เทคโนโลยี จะทำการส่งข้อมูลโดยใช้สายอีเทอร์เน็ตผ่านไปยังโฮสต์ (Host system) บนเครือข่ายมอดบัสทีซีพี (ModbusTCP)

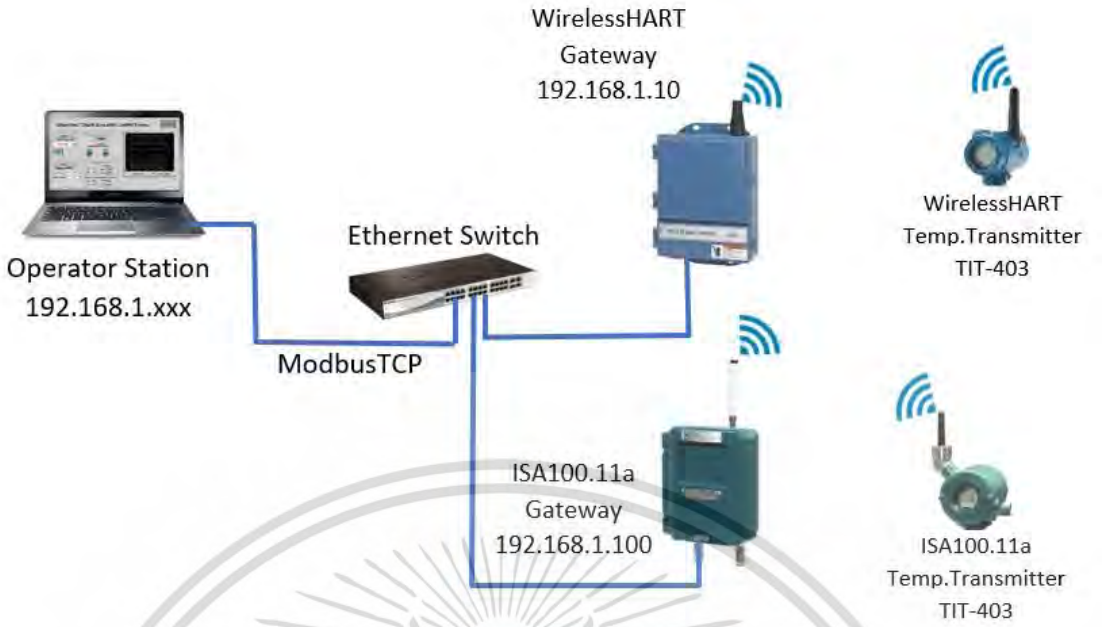
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 รูปแบบการถ่ายโอนข้อมูลจากอุปกรณ์ไร้สายสู่การแสดงผลการตรวจสอบสภาวะ

รูปที่ 3.2 ลักษณะรูปแบบการถ่ายโอนข้อมูลที่มีการส่งข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลจากการวัดจากกระบวนการหรือข้อมูลในกลุ่มของ Diagnostics มาจากเครื่องมือวัดไร้สายในระดับฟิลด์สู่การวิเคราะห์ และการแสดงผล ในระบบการส่งข้อมูลนั้นจะเห็นได้ว่า เกตเวย์ไร้สายของทั้ง 2 เทคโนโลยีเป็นตัวกลางในการรับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ และเป็นส่วนที่ใช้สำหรับในการแมปปิ้งรีจีสเตอร์ (Mapping Register) ไว้เพื่อทำการโอนถ่ายข้อมูลผ่านทางเครือข่าย มอดบัสทีซีพีด้วยระบบ OPC และจะเห็นว่าในฝั่งของ Operator Workstation ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีการเลือกใช้โปรแกรมของ Wonderware InTouch ซึ่งมีการตั้งค่าตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ (Modbus register) ไว้ให้ตรงกับฝั่งของเกตเวย์ไร้สายที่ได้ทำการแม็ปมอดบัสรีจีสเตอร์ไว้เรียบร้อยแล้ว ทำให้การทำงานในการส่งข้อมูลนั้นสามารถแสดงได้ออกมาตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ในส่วนข้อมูลของมอดบัสนั้นมีการแยกข้อมูลออกเป็นด้วยกัน 4 ประเภทคือ Discrete output (or coil), Discrete inputs, Input registers และ Holding registers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปแบบทางกายภาพของระบบการทดลอง

ในรูปที่ 3.3 จะเป็นรูปแบบทางกายภาพตัวอย่างของระบบที่เตรียมขึ้นมาสำหรับการทดลอง โดยถูกติดตั้งให้อยู่ในรูปของการผสานรวมกัน ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ (Field Device) โดยมีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดชนิดการวัดอุณหภูมิ 2 เทคโนโลยี คือเครื่องมือวัดของเทคโนโลยี WirelessHART (โดยมีชื่ออุปกรณ์ คือ TIT-403) และเครื่องมือวัดของเทคโนโลยี ISA100.11a (โดยมีชื่ออุปกรณ์ คือ TIT-201) ส่วนต่อไปเป็นอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดโดยอุปกรณ์เกตเวย์จะมีด้วยกัน 2 เทคโนโลยีเช่นกัน คือเกตเวย์ไร้สายของเทคโนโลยี WirelessHART (โดยมีชื่ออุปกรณ์ คือ GW-101) และเกตเวย์ไร้สายของเทคโนโลยี ISA100.11a (โดยมีชื่ออุปกรณ์ คือ SM-001) อีกทั้งเกตเวย์ยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กำหนดตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์การแสดงผล

อุปกรณ์ในระบบที่ใช้สำหรับการทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 3.1 และรวมไปถึงการใช้งานของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซึ่งในระบบได้ใช้โน๊ตบุ๊คในการสร้างรูปแบบหน้าจอสำหรับการแสดงผลโดยมีระบบการปฏิบัติการ คือ Window 7 64-bit เพื่อสำหรับรองรับโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติการเกี่ยวกับการสร้างหน้าจอแสดงผล การเก็บข้อมูลที่ได้รับ และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับระบบที่ใช้ทดสอบ โดยมีโปรแกรมที่ใช้ในระบบ เช่น โปรแกรมสำหรับการสร้างหน้าจอแสดงผล คือ Wonderware InTouch โปรแกรมสำหรับการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายของทั้ง 2 เทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

ลำดับ	อุปกรณ์เครื่องมือ	ชื่อผู้ผลิต	รุ่น
1.	Laptop	ACER	ASPIRE 4741G
2.	เกตเวย์ไร้สาย (WirelessHART)	EMERSON	Rosemout 1420
3.	เกตเวย์ไร้สาย (ISA100.11a)	YOGOKAWA	YFGW 710
4.	อุปกรณ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย (WirelessHART)	EMERSON	Rosemout 648
5.	อุปกรณ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย (ISA100.11a)	YOKOGAWA	YTA510

3.3 การติดตั้งและการกำหนดพารามิเตอร์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการสร้างระบบขึ้นมาในการทดสอบการใช้งานร่วมกันของเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมแบบไร้สายที่มีเทคโนยีที่ต่างกัน ระหว่างเทคโนโลยี WirelessHART และเทคโนโลยี ISA100.11a แต่อุปกรณ์ทั้งสองเทคโนโลยีนี้จะถูกนำมาผสานรวมกันบนเครือข่ายระบบเดียวกัน ซึ่งเปรียบเสมือนว่าเป็นการใช้งานอยู่ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเดียวกัน โดยมีการส่งข้อมูลต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายของทั้งสองเทคโนโลยี และข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์การแสดงผล เพื่อใช้ในรูปแบบของการตรวจสอบสภาวะต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องมีขั้นตอนของการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัวอุปกรณ์ทุกตัวเพื่อให้สามารถทำงาน และรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

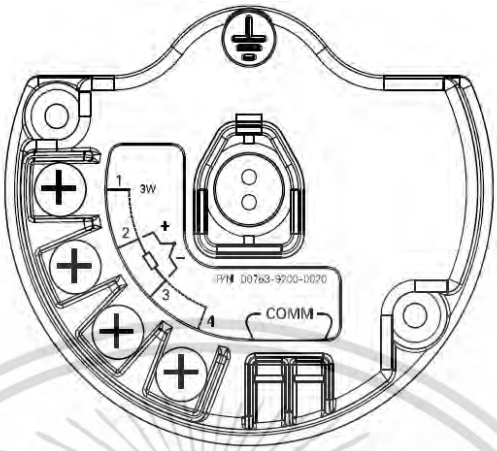
3.3.1 เครื่องมือวัดเทคโนโลยี WirelessHART

เครื่องมือวัดเทคโนโลยี WirelessHART ที่ถูกนำมาใช้นั้นเป็นชนิดสำหรับการวัดค่าอุณหภูมิ โดยเป็นของบริษัท Emerson รุ่น Rosemout 648 อุปกรณ์ตัวนี้เป็นอุปกรณ์ในรูปแบบสมาร์ททรานสมิทเตอร์ (Smart Transmitter) ซึ่งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิในแบบนี้สามารถส่งสัญญาณออกมาในรูปแบบไร้สาย ทำให้การทำงานมีการส่งข้อมูลที่ง่ายขึ้น และมีขั้นตอนการใช้งานที่ง่ายสำหรับผู้ใช้งาน

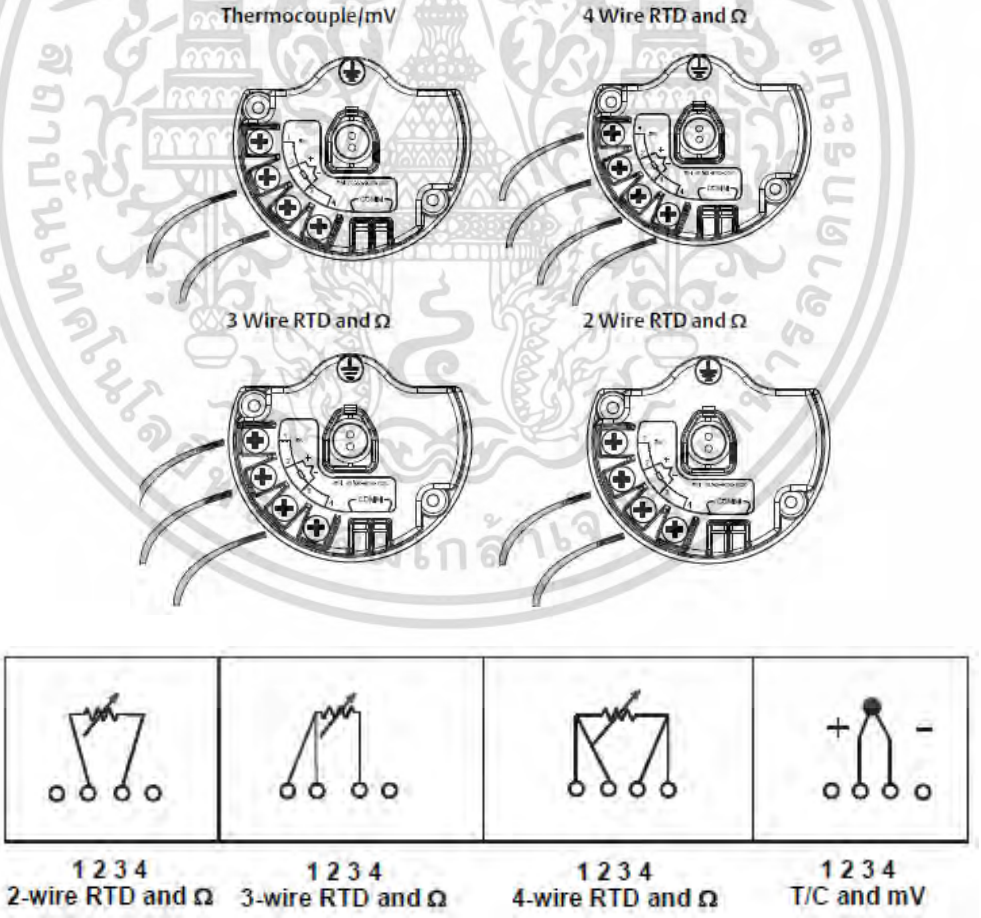
ในลักษณะการใช้งานของตัวอุปกรณ์นี้สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์ได้ทั้งเซ็นเซอร์เป็นแบบ Thermocouple และแบบ RTD (Resistance Temperature Detector) ลักษณะของช่องต่อสัญญาณเซ็นเซอร์ (Terminal Block) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.4 และในรูปที่ 3.5 นั้นจะเป็นการแสดงถึงลักษณะในการเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ โดยที่ลักษณะในการเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ (Transmitter) รุ่นนี้มีด้วยกัน 4 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ RTD ชนิด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาย การเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ RTD ชนิด 3 สาย การเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ RTD ชนิด 4 สาย และการเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ของ Thermocouple [21]



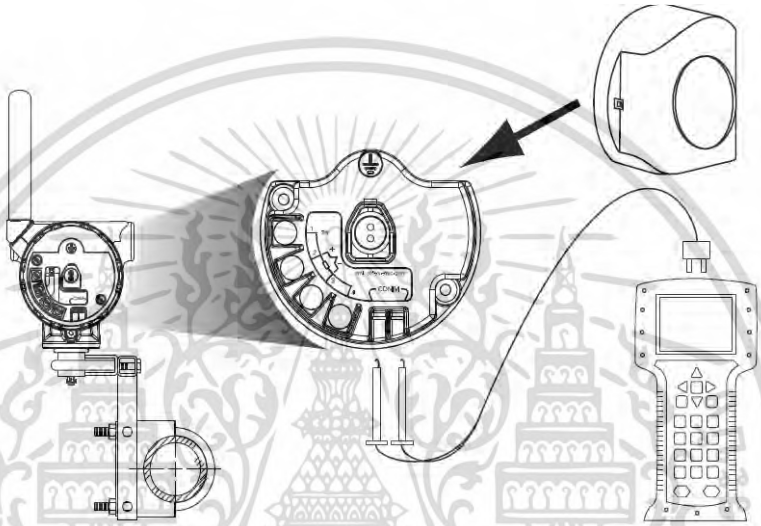
รูปที่ 3.4 ช่องรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.5 ลักษณะการเข้าสายเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อขั้นตอนของการติดตั้งในส่วนของอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ และเซ็นเซอร์เรียบร้อยแล้ว ต่อไปอุปกรณ์ต้องทำการกำหนดพารามิเตอร์ของ Tagname เพื่อให้อุปกรณ์ในระดับฟิลด์แต่ละตัวนั้นมีชื่อที่ต่างกันไปตามฟังก์ชันของการทำงาน แต่จะมีสิ่งที่เหมือนกันที่จะต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ของอุปกรณ์แต่ละตัวที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกันนั้น คือการกำหนดพารามิเตอร์ของ NetworkID และ Join Key ในการกำหนดพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ภายนอกในการกำหนดพารามิเตอร์ที่มีชื่อว่า HART Field Communication 475 นำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.6

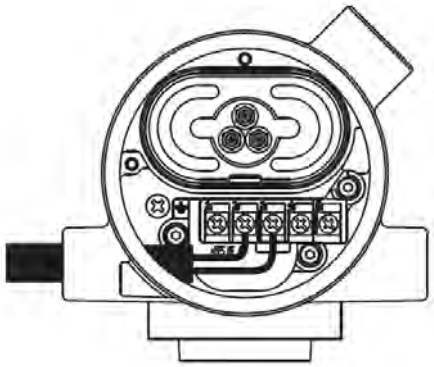


รูปที่ 3.6 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ HART Field Communication 475

3.3.2 เครื่องมือวัดเทคโนโลยีของ ISA100.11a

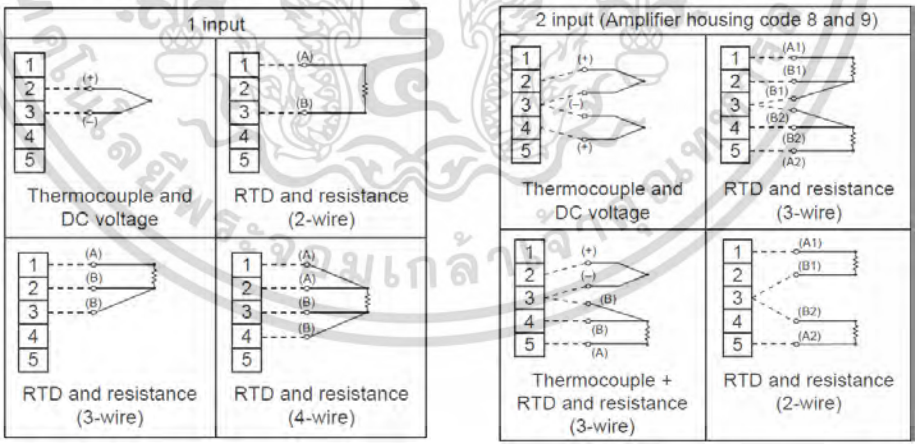
เครื่องมือวัดของเทคโนโลยี ISA100.11a ที่ได้นำมาทำการติดตั้งบนเครือข่ายที่ใช้ในการทดสอบเป็นของบริษัท Yokogawa รุ่น YTA510 เครื่องมือวัดในรุ่นนี้เป็นทรานสมิทเตอร์ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) สามารถทำการส่งข้อมูลในรูปแบบไร้สายได้ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่คล้ายกับอุปกรณ์ที่ได้กล่าวก่อนหน้านี้คือเทคโนโลยี WirelessHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 รูปแบบช่องเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

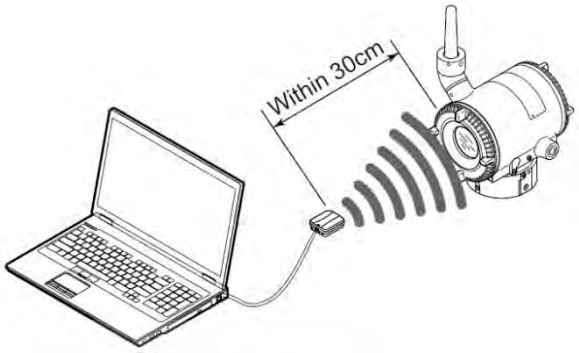
จากรูปที่ 3.7 เป็นการแสดงช่องเชื่อมต่อของตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยการใช้งานของชุดเซ็นเซอร์นั้นเครื่องมือวัดอุณหภูมิรุ่นนี้สามารถทำการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ได้ทั้งหมด 2 เซ็นเซอร์สำหรับในการทำงาน ณ เวลาเดียวกัน และในอุปกรณ์รุ่นนี้จะมีลักษณะการเชื่อมต่อของเซ็นเซอร์ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.8 จากนั้นเมื่อทำการติดตั้งตัวอุปกรณ์เรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ให้กับตัวอุปกรณ์ โดยในการตั้งค่าอุปกรณ์ของเทคโนโลยี ISA100.11a มีการใช้อุปกรณ์ Infrared Communication ลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการกำหนดพารามิเตอร์นั้นสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.9 จากนั้นทำการใช้โปรแกรม FieldMate ในการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ตัวนั้น [22]



รูปที่ 3.8 ลักษณะการเข้าสายระหว่างอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์กับเซ็นเซอร์

ในการกำหนดพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ชนิดนี้นั้น มีการกำหนดค่าที่คล้ายกับอุปกรณ์ของเทคโนโลยี WirelessHART ในก่อนหน้านี้ โดยการกำหนดคพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ ISA100.11a จะมีการกำหนดค่าของ NetworkID, Device Tag และ Join Key

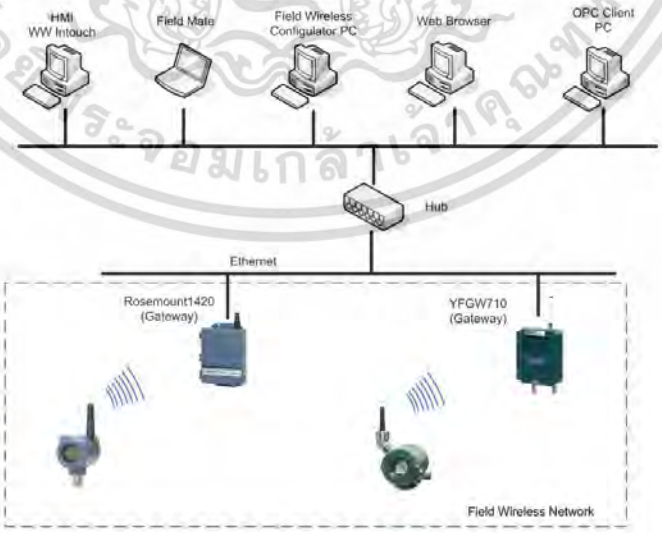
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ลักษณะการเชื่อมต่อด้วยอุปกรณ์ Infrared Communication

3.4 การติดตั้งอุปกรณ์เกตเวย์และการกำหนดพารามิเตอร์

ในการติดตั้งอุปกรณ์เกตเวย์ในระบบของวิทยานิพนธ์นี้ ถูกแบ่งการใช้งานของอุปกรณ์เกตเวย์ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ของระบบพื้นฐานเทคโนโลยี WirelessHART เพื่อใช้สำหรับสื่อสารกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่เป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี WirelessHART และอีกส่วนคืออุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายของระบบพื้นฐานของเทคโนโลยี ISA100.11a เพื่อใช้ในการสื่อสารกับเครื่องมือวัดที่มีพื้นฐานการใช้งานแบบ ISA100.11a ซึ่งอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายทั้ง 2 ส่วนนี้นั้น จะถูกติดตั้งให้อยู่บนเครือข่ายของระบบเดียวกัน โดยจะส่งข้อมูลทั้งหมดไปสู่การแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลเดียวกันตามรูปที่ 3.10



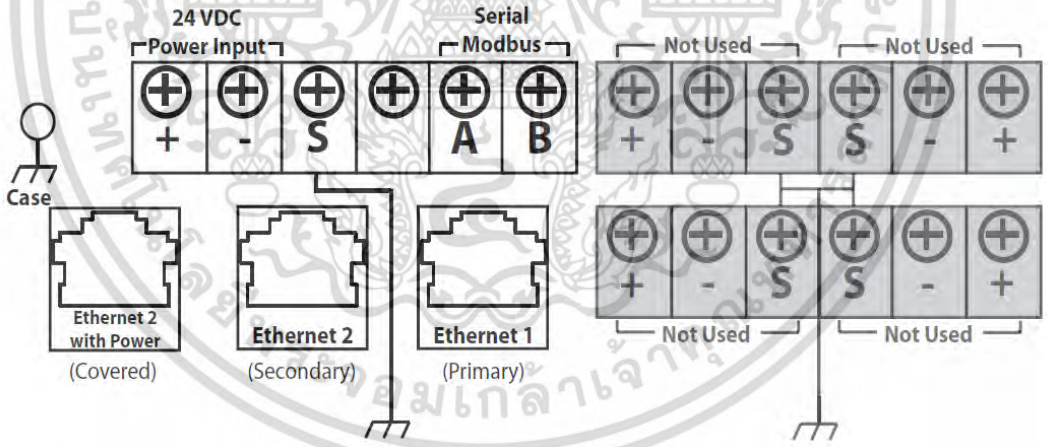
รูปที่ 3.10 รูปแบบการสื่อสารด้วยอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะของการทำงานของอุปกรณ์เกตเวย์ เป็นการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ทุกตัวบนเครือข่ายของกระบวนการนั้น โดยมีการกำหนดค่าของ NetworkID เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงเครือข่ายของเกตเวย์ และอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ภายในเครือข่ายนั้นจะมีการเชื่อมต่อในรูปแบบ เมช (Mesh) โดยจะถูกกำหนดค่าของ NetworkID และ Join key ให้มีค่าตรงกับอุปกรณ์เกตย์บนเครือข่ายที่ต้องการเชื่อมต่อให้ตรงกัน

3.4.1 อุปกรณ์เกตเวย์ของเทคโนโลยี WirelessHART

เกตเวย์ของเทคโนโลยี WirelessHART เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับในการรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นในขั้นตอนแรกของการติดตั้งอุปกรณ์เกตเวย์นี้ควรทำการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัวเกตเวย์ก่อน ซึ่งในการกำหนดพารามิเตอร์นั้นสามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อตัวอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายของอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ด้วยสาย LAN ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันผ่านไปยังอุปกรณ์ส่วนขยายที่เรียกว่า ฮับ (HUB) และทำการต่อสาย LAN อีกช่วงเพื่อทำการเชื่อมต่อไปยังตัวอุปกรณ์เกตเวย์ ตามรูปที่ 3.11 เป็นการแสดงช่องต่อสายอีเทอร์เน็ตของอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายของเทคโนโลยี WirelessHART

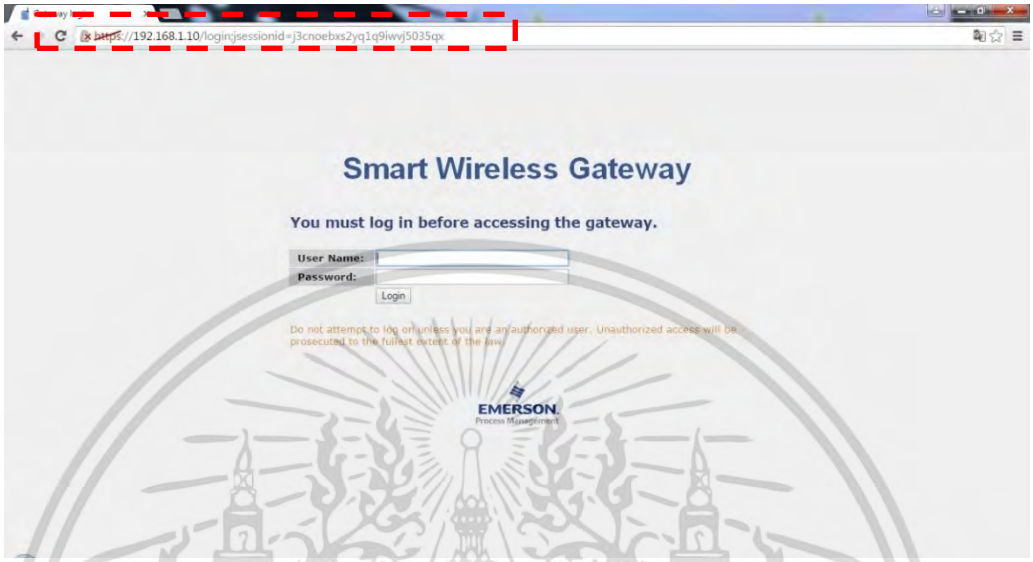


รูปที่ 3.11 ช่องต่อสายอีเทอร์เน็ตของอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สาย WirelessHART

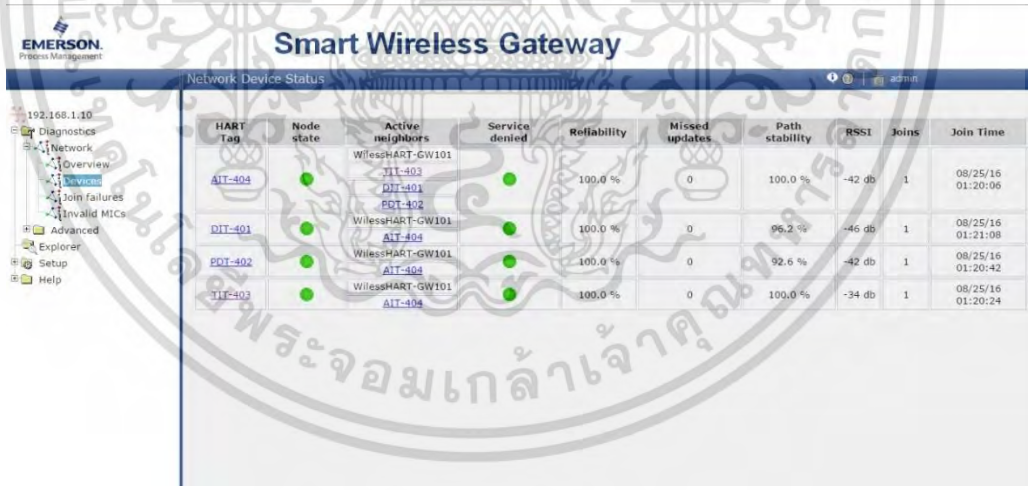
จากนั้นทำการเรียกเกตเวย์เพื่อทำการกำหนดพารามิเตอร์ให้กับตัวอุปกรณ์ โดยสามารถเรียกผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ (Internet Explorer) จากคอมพิวเตอร์ และใช้วิธีการเรียกจาก IP Address ของอุปกรณ์เกตเวย์ตัวนั้น ในที่นี้ใช้ IP Address : 192.168.1.10 แล้วจึงสามารถเข้าสู่หน้าจอของการกำหนดค่าได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เป็นการเข้าสู่การตั้งค่าของอุปกรณ์เกตเวย์ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้สำหรับการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้นมีชื่อว่า Smart Wireless Gateway และในส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมนี้ไม่ใช่เป็นเพียงแค่ใช้สำหรับกำหนดพารามิเตอร์ของเกตเวย์ได้เพียงอย่างเดียว แต่ยังสามารถทำการแสดงสถานะต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์ที่ถูกเชื่อมต่ออยู่บนเครือข่ายของอุปกรณ์เกตเวย์นั้น ๆ ดังแสดงได้ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 โปรแกรม Smart Wireless Gateway



รูปที่ 3.13 สถานะอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อบนเครือข่ายเกตเวย์

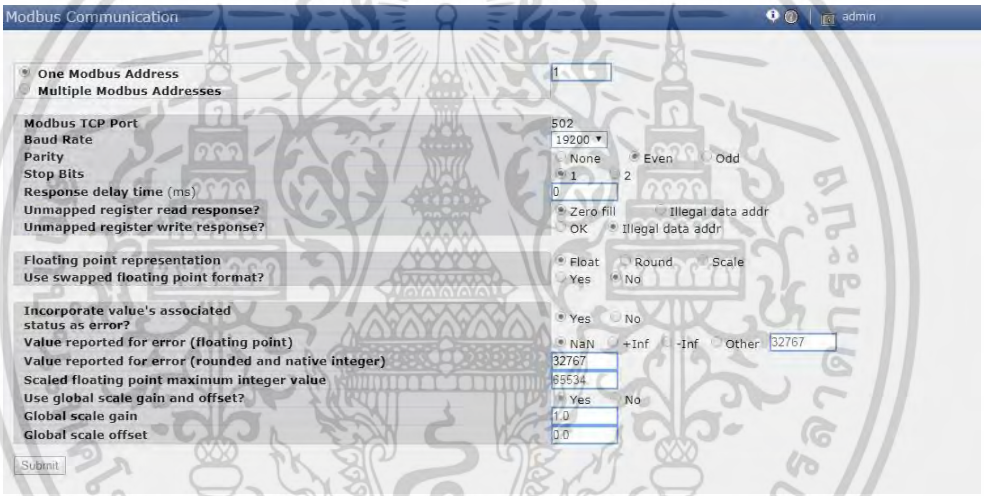
ในการกำหนดพารามิเตอร์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ส่วนแรกที่กล่าวนั้น เป็นส่วนของการกำหนดพารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานของเกตเวย์ โดยเริ่มจากการกำหนดค่าของ Network Name เพื่อให้เครือข่ายมีชื่อตามที่ผู้ใช้งานต้องการ และกำหนดค่าของ Network ID และ Join Key ให้กับตัวอุปกรณ์เกตเวย์ สิ่งเหล่านี้ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการกำหนดเพื่อให้เครื่องมือวัดนั้นสามารถทำการติดต่อสื่อสารได้กับตัวอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายนั้นได้ โดยเครื่องมือวัดที่นำมาเชื่อมต่อบนเครือข่ายของเกตเวย์นั้นต้องมีการกำหนดค่าเหล่านี้ให้ตรงกับอุปกรณ์เกตเวย์ที่ได้ถูกกำหนดไว้ก่อนหน้านี้

2. ในส่วนที่สองเป็นการกำหนดพารามิเตอร์ในส่วนที่ใช้สำหรับการส่งผ่านไปยังส่วนของการแสดงผล ซึ่งในส่วนของการทดสอบของวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเอาโปรโตคอลมอดบัสทีซีพีมาทำการใช้ในกระบวนการ สาเหตุของการเลือกใช้โปรโตคอลชนิดนี้นั้น เพราะโปรโตคอลมอดบัสทีซีพีเป็นโปรโตคอลที่เป็นรูปแบบระบบเปิด ทำให้การใช้งานกับโปรแกรมสามารถพัฒนาได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยการทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการกำหนดค่าต่าง ๆ ตามรูปที่ 3.14

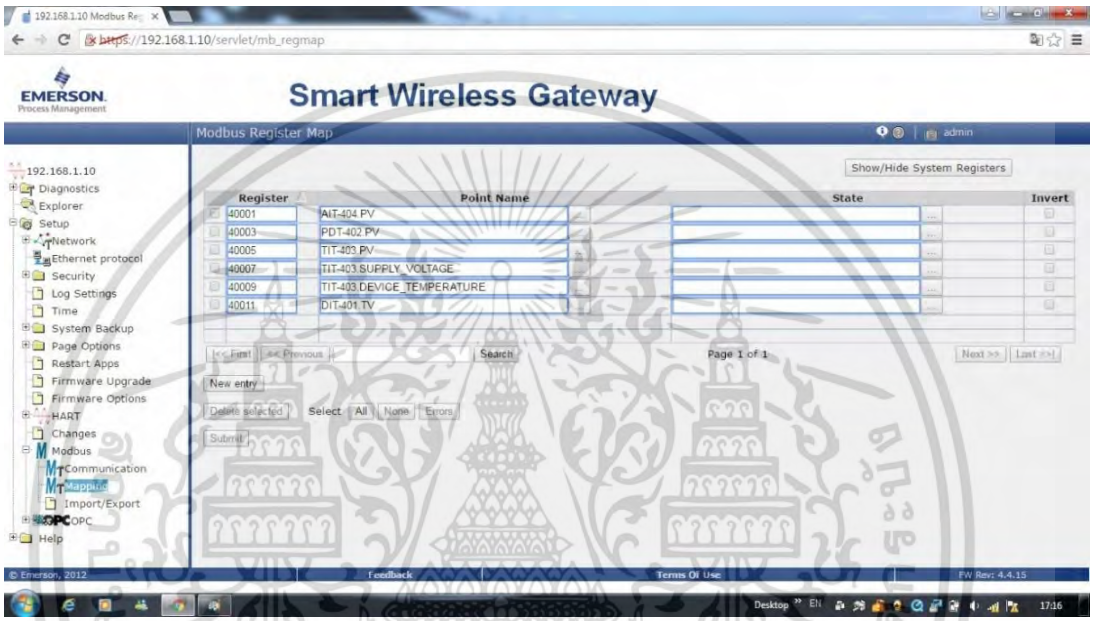


รูปที่ 3.14 การกำหนดค่าการเชื่อมต่อของเครือข่ายโปรโตคอลมอดบัสทีซีพี

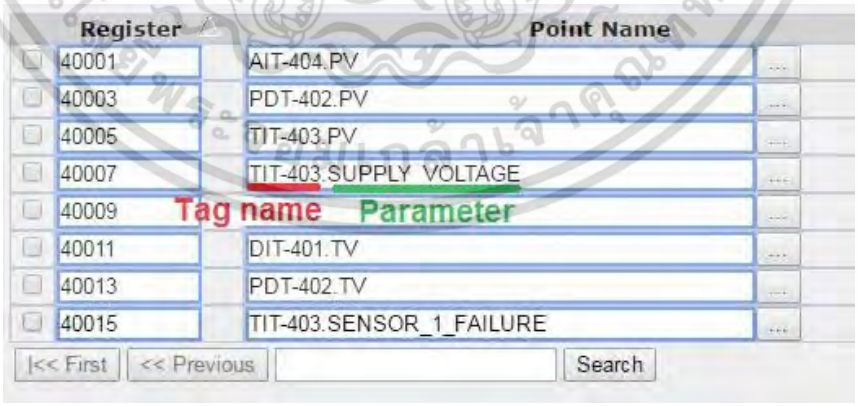
3. ในส่วนที่สามเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการทำงาน เพื่อใช้สำหรับการส่งข้อมูลผ่านไปยังส่วนของการแสดงผล ส่วนนี้เป็นการกำหนดพารามิเตอร์จากเครื่องมือวัดภายในเครือข่ายของอุปกรณ์เกตเวย์ที่ต้องการจะส่งข้อมูลออกไปหรือที่เรียกกันว่าวิธี Mapping Register โดยเทคโนโลยี WirelessHART นั้นสามารถกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการซึ่งค่าตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการสร้างผลลัพธ์ต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการจะให้แสดงบนหน้าจอหลักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องมือวัดนั้นสามารถเลือกและกำหนดให้อยู่ในช่วงของ Holding Register (ซึ่งอยู่ในช่วงของ 40001-49999 ของ Modbus Register Number) ในการกำหนดตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ในพารามิเตอร์ของเกตเวย์ไร้สาย WirelessHART สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.15 และในการแม็ปปิ้ง (Mapping) นั้นในส่วนของ Point Name จะมีรูปแบบวิธีของการกำหนดค่าคือ <Tagname ของอุปกรณ์เครื่องมือวัด . Parameter> ที่ต้องการใช้งาน ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการแม็ปตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ของเทคโนโลยี WirelessHART



รูปที่ 3.16 ลักษณะของการกำหนด Point Name

พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้งานของวิทยานิพนธ์นี้ ในส่วนของ WirelessHART สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

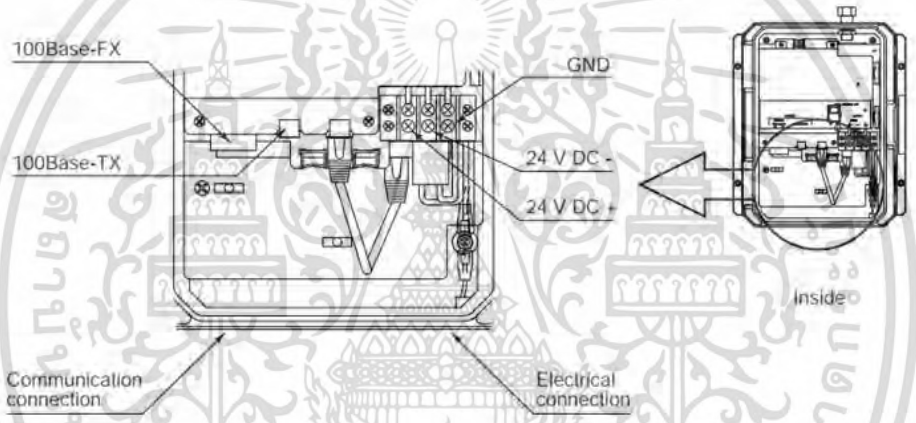
ตารางที่ 3.2 Mapping Register สำหรับการใช้ในส่วนเทคโนโลยี WirelessHART

Point Name	Register
TIT-403.PV	40201
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE	40501
TIT-403.DEVICE_TEMPERATURE	40503
TIT-403.ONLINE	40701
TIT-403.MORE_STATUS_AVAILABLE	40702
TIT-403.MAINTENANCE_REQUIRED	40703
TIT-403.AMBIENT_TEMP_FAILURE	40704
TIT-403.AMBIENT_TEMP_OUT_OF_LIMITS	40705
TIT-403.RADIO_FAILURE	40706
TIT-403.RADIO_MALFUNCTION	40707
TIT-403.CRITICAL_POWER_FAILURE	40708
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_FAILURE	40709
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_HEALTHY	40710
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_LOW	40711
TIT-403.STATUS_SIMULATION_ACTIVE	40712
TIT-403.CONFIGURATION_ERROR	40713
TIT-403.CONFIGURATION_CHANGED	40714
TIT-403.SERVICE_DENIED	40715
TIT-403.RADIO_INTERNAL_COMMUNICATION_FAILURE	40716
TIT-403.SENSOR_1_COMMUNICATION_FAILURE	40717
TIT-403.ENVIRONMENTAL_CONDITIONS_OUT_OF_RANGE	40718
TIT-403.PERCENT_RANGE_HEALTHY	40719
TIT-403.ELECTRONIC_DEFECT	40720
TIT-403.RAM_FAILURE	40721
TIT-403.ROM_FAILURE	40722
TIT-403.SENSOR_HEALTHY	40723
TIT-403.SENSOR_1_FAILURE	40724
TIT-403.SENSOR_1_SATURATED	40725
TIT-403.SENSOR_1_OUT_OF_LIMITS	40726

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 อุปกรณ์เกตเวย์ของเทคโนโลยี ISA100.11a [19]

เกตเวย์ไร้สายของเทคโนโลยี ISA100.11a ที่นำมาใช้นั้นเป็นของบริษัท Yokogawa รุ่น YFGW710 โดยการทำงานของเกตเวย์บนพื้นฐานของเทคโนโลยี ISA100.11a นั้นมีการทำงานที่คล้ายกันกับเกตเวย์ของเทคโนโลยี WirelessHART ที่ได้มีการกล่าวไปแล้วในก่อนหน้านี้ คือมีหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องมือวัดที่ใช้อยู่บนเครือข่ายของเทคโนโลยี ISA100.11a เดียวกัน และในการรับ-ส่งข้อมูลนั้น เมื่อข้อมูลมีการส่งข้อมูลมาจากเครื่องมือวัดแบบไร้สายแล้ว เกตเวย์จะเป็นอุปกรณ์ตัวกลางในการรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดและทำการส่งต่อไปยังหน้าจอแสดงผล ซึ่งในการส่งผ่านข้อมูลนี้จะใช้การส่งผ่านในรูปแบบของการใช้สาย LAN ในการรับ-ส่งข้อมูล โดยที่ตัวอุปกรณ์เกตเวย์นั้นจะมีช่องเชื่อมต่อแบบอีเทอร์เน็ตที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.17 และในตารางที่ 3.3 จะเป็นชนิดของสายที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล



รูปที่ 3.17 ช่องเชื่อมต่อสัญญาณสำหรับรับ-ส่งข้อมูลของเกตเวย์ ISA100.11a

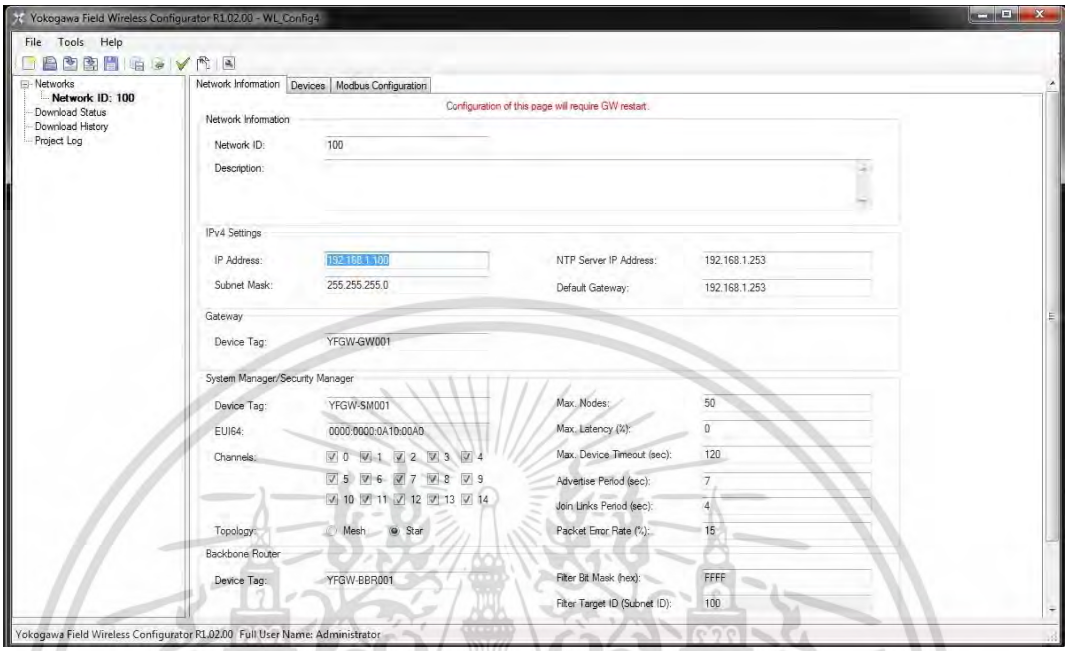
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะของสายสัญญาณที่ใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูล

รายการ	รายละเอียด
มาตรฐาน	100Base-Tx
หัวเชื่อมต่อ	RJ-45
ชนิดของสาย	Category 5 หรือสูงกว่า
ระยะสายที่สามารถใช้งานได้	100 เมตร (สูงสุด)

ในการกำหนดพารามิเตอร์ของเกตเวย์เทคโนโลยี ISA100.11a นั้น จะทำการกำหนดพารามิเตอร์ผ่านทางโปรแกรม Field Wireless Configurator โดยสิ่งที่ต้องทำการกำหนดนั้น คือ Device Tag, Network ID และ Join Key ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีผลกับการใช้งานเพื่อเป็นตัวกำหนดให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเครื่องมือวัดที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกันกับเกตเวย์ตัวนั้น ๆ รูปที่ 3.18 เป็นตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้สำหรับการกำหนดพารามิเตอร์ของเกตเวย์ ISA100.11a



รูปที่ 3.18 โปรแกรม Field Wireless Configurator

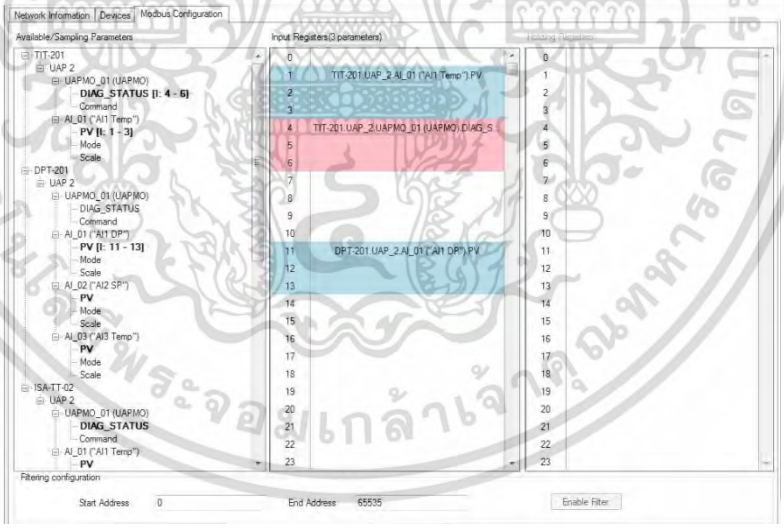
อีกส่วนสำคัญในการกำหนดพารามิเตอร์ให้กับอุปกรณ์เกตเวย์ ISA100.11a คือการกำหนดพารามิเตอร์จากเครื่องมือวัดภายในเครือข่าย ISA100.11a โดยวิธีการ Mapping Register ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้มีส่วนสำคัญสำหรับการนำไปใช้ในการแสดงผลตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในการ Mapping Register ให้กับตัวเกตเวย์ของเทคโนโลยี ISA100.11a ใช้ช่วงของตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์อยู่ในช่วงของ Input Register (จะเป็นช่วงที่อยู่ระหว่าง 30001-39999)

ในการ Mapping Register ของเกตเวย์ของเทคโนโลยี ISA100.11a สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของค่า PV (Process Variable) และกลุ่มของค่า Diagnostics โดยวิธีการขั้นแรกก่อนทำการแม็ปปิ้งนั้น ต้องทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้กับเครื่องมือวัดก่อนที่จะทำการ Mapping Register จะต้องมีการตั้งค่าให้กับตัวอุปกรณ์ก่อนว่าต้องการรับข้อมูลใดบ้างระหว่างค่า PV หรือค่า Diagnostics หรือจะรับข้อมูลทั้งสองค่า ดังรูปที่ 3.19 เป็นการแสดงขั้นตอนการตั้งค่าการส่งข้อมูลของเครื่องมือวัด จากนั้นในขั้นตอนของรูปที่ 3.20 เป็นการ Mapping Register ซึ่งจะเห็นได้ว่าการ Mapping Register สามารถทำการลาก (Drag) กลุ่มของพารามิเตอร์ PV และกลุ่มพารามิเตอร์ของค่า Diagnostics ได้จากช่องของ Available/Sampling Parameters และทำการลากชุดพารามิเตอร์ตามที่ต้องการไปวาง (Drop) ในส่วนของ Input Register ได้ทันที และจากรูปที่ 3.20 จะเห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์ในส่วนของ PV จะแสดงเป็นแถบสีฟ้า อีกส่วนที่เป็นสีชมพูจะเป็นพารามิเตอร์ของ Diagnostics ซึ่งทั้งหมดนี้จะใช้พื้นที่ใช้งานอยู่ที่ 3 Modbus Register (เท่ากับ 48 บิท หรือ 6 ไบท์)

รูปที่ 3.19 ลักษณะขั้นตอนการตั้งค่าการส่งข้อมูลของเครื่องมือวัด



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการ Mapping Register

ในการใช้งานของ Diagnostics ของเทคโนโลยี ISA100.11a มีข้อแตกต่างกันกับเทคโนโลยี WirelessHART ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนของเทคโนโลยี ISA100.11a จะถูกรวมให้พารามิเตอร์ถูกส่งออกมาเป็นชุดรีจีสเตอร์เดียวกันโดยมีการแบ่งพารามิเตอร์ของ Diagnostics ออกเป็นแต่ละบิท ซึ่งในตารางที่ 3.4 เป็นการแสดงข้อมูล Diagnostics ของแต่ละบิท และในส่วนตารางที่ 3.5 เป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงพารามิเตอร์ของรีจีสเตอร์ที่ทำการแม็ปให้กับตัวเกตเวย์เพื่อสำหรับนำไปใช้ในการแสดงข้อมูลบนหน้าจอแสดงผลต่อไป

ตารางที่ 3.4 ข้อมูล Diagnotics ในแต่ละบิทที่สามารถนำมาใช้ได้จากเครื่องมือวัด

1	Simulation is Active
2	Software Update Incomplete
3	Power is low: Maintenance Need Mid-Term
4	Power is critically low: Maintenance Need Short
5	Fault Prediction: Maintenance Required
6	Environmental Conditions of Device Specification
7	Outside Sensor Limit
8	Out of Service
9	Installation, Calibration Problem
10	Faults in Sensor or Actuator Element
11	Faults in Electronic
12	Maintenance Required Status
13	Out of Specification Status
14	Function Check Status
15	Failure Status

ตารางที่ 3.5 ตัวเลขรีจีสเตอร์ที่ทำการแม็ปให้กับตัวเกตเวย์ไร้สาย

Name		**Register**
TIT-201.UAP_2.AI_01("AI1 Temp").PV		30002
TIT-201.UAP_2.UAPMO_01(UAPMO).DIAG_STATUS		30006
1	Simulation is Active	
2	Software Update Incomplete	
3	Power is low: Maintenance Need Mid-Term	
4	Power is critically low: Maintenance Need Short	
5	Fault Prediction: Maintenance Required	
6	Environmental Conditions of Device Specification	
7	Outside Sensor Limit	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

Name		Register
TIT-201.UAP_2.UAPMO_01(UAPMO).DIAG_STATUS		30006
8	Out of Service	
9	Installation, Calibration Problem	
10	Faults in Sensor or Actuator Element	
11	Faults in Electronic	
12	Maintenance Required Status	
13	Out of Specification Status	
14	Function Check Status	
15	Failure Status	

3.5 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ OPC

OPC (OLE for Process Control) เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อของการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายสู่การแสดงผลบนหน้าจอ ซึ่งเป็นการนำข้อมูลของ Modbus Register ทำการสร้างไว้บนอุปกรณ์เกตเวย์ของทั้ง 2 เทคโนโลยีไปยังการแสดงผลบนหน้าจอที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Wonderware InTouch ตามที่ผู้ใช้งานต้องการโดย OPC ที่เลือกนำมาใช้นั้นเป็น OPC ที่มีการรองรับในการสื่อสารของรูปแบบโปรโตคอลมอดบัสทีซีพี เนื่องจากการสื่อสารในระบบที่นำมาใช้จากตัวอุปกรณ์เกตเวย์มายังส่วนของการแสดงผลนั้น วิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้การสื่อสารในรูปแบบของมอดบัสทีซีพี

OPC ในวิทยานิพนธ์นี้ที่ได้นำมาใช้จะมีชื่อว่า DASMBTCP โดย OPC นี้จะถูกติดตั้งอยู่บนโปรแกรมที่มีชื่อว่า System Management Console ซึ่งใน OPC ที่ใช้ชื่อ DASMBTCP ทำการแบ่งออกเป็น 2 เครือข่าย คือเครือข่ายที่ใช้กำหนดของอุปกรณ์เกตเวย์ของ WirelessHART (ใช้ชื่อว่า SMARTGW) และอีกเครือข่ายที่ใช้ในการกำหนดของเครือข่ายอุปกรณ์เกตเวย์ของ ISA100.11a (ใช้ชื่อว่า YFGW710) จากนั้นในการกำหนดค่า Network Address ของเกตเวย์ทั้งสองเทคโนโลยีนั้นต้องทำการกำหนดค่า IP Address ให้ตรงกับอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายแต่ละเทคโนโลยี และกำหนด Port Number กับ Register Size ให้ถูกต้องตามมาตรฐานมอดบัสทีซีพี โดยในวิทยานิพนธ์นี้มีการกำหนดค่าได้ตามตารางที่ 3.6

ในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เกตเวย์ไร้สายผ่านตัว OPC ไปยังตัวอุปกรณ์แสดงผลนั้นต้องทำการกำหนดค่า Device Groups ให้กับซอฟแวร์ OPC เพื่อที่จะนำไปใช้สำหรับการจัดกลุ่มอมูลจากการส่งข้อมูลของตัวอุปกรณ์เกตเวย์ อีกทั้งส่วนของชื่อ Device Groups ที่ได้ทำการกำหนดไว้นั้นจะมีส่วนสำคัญในการนำไปใช้เพื่อบ่งชี้ตำแหน่งในส่วนของการดึงข้อมูลต่าง ๆ ไปยังที่โปรแกรมการ

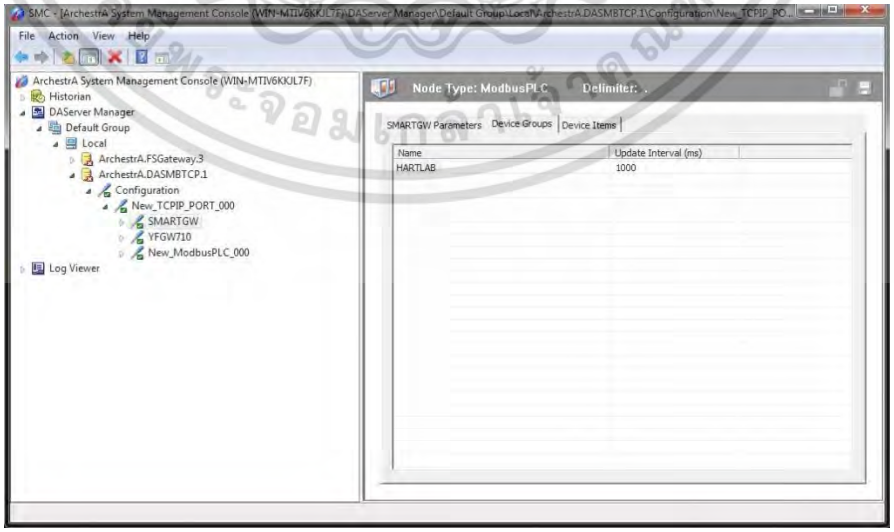
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผล (Wonderware InTouch) ซึ่งในการกำหนดพารามิเตอร์ OPC ในโปรแกรม System Management Console จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.21 – 3.24

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ OPC

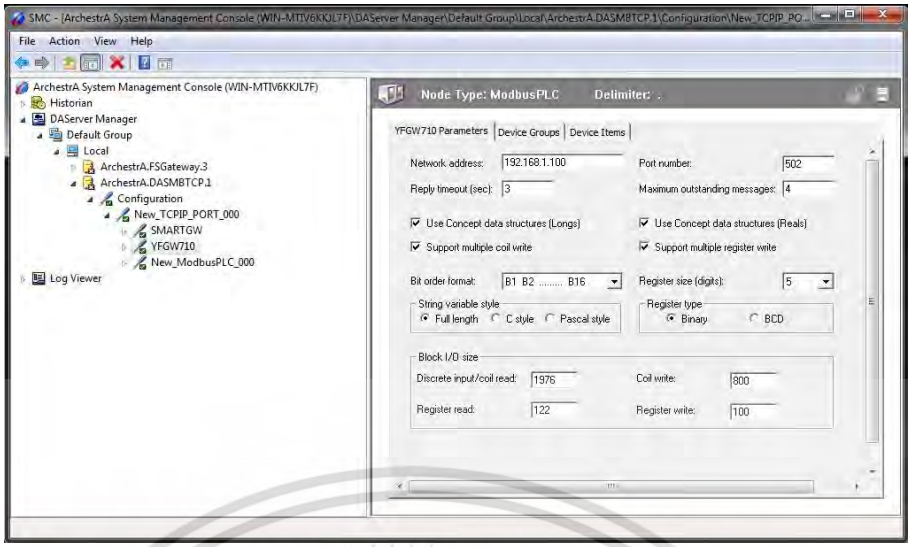
	WirelesHART	ISA100.11a
Network Address	192.168.1.10	192.168.1.100
Port Number	502	502
Register Size (digit)	5	5

รูปที่ 3.21 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ OPC เพื่อการเข้าถึงข้อมูลของอุปกรณ์ WirelessHART

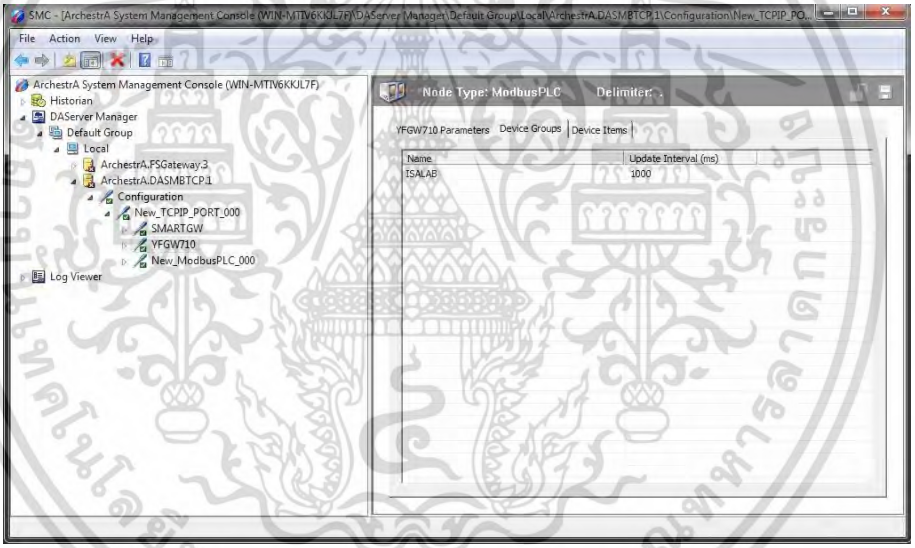


รูปที่ 3.22 การกำหนดค่า Device Groups ของเทคโนโลยี WirelessHART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับ OPC เพื่อการเข้าถึงข้อมูลของอุปกรณ์ ISA100.11a



รูปที่ 3.24 การกำหนดค่า Device Groups ของเทคโนโลยี ISA100.11a

3.6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของหน้าจอแสดงผล

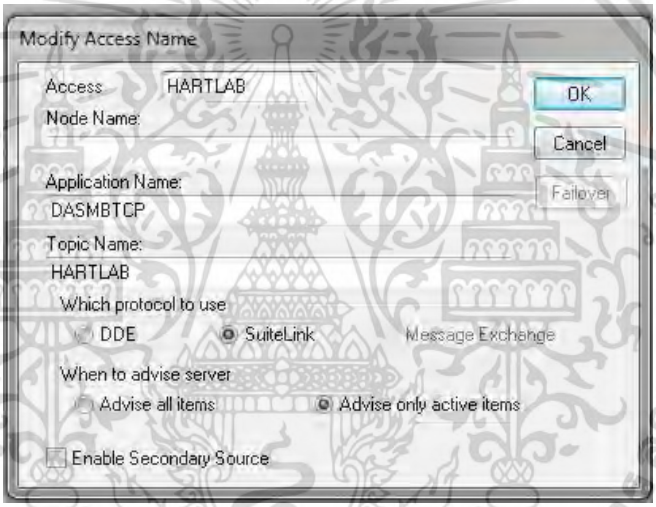
ในส่วนของการสร้างหน้าจอแสดงผลนั้น วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการเลือกใช้งานโปรแกรม Wonderware InTouch ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการสร้างหน้าจอแสดงผลได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม Wonderware InTouch เป็นโปรแกรมที่ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการทางอุตสาหกรรม เหมาะสำหรับในการใช้งานผสานรวมกันของอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างให้อยู่ในระบบควบคุมเดียวกัน (System Integration) ในการกำหนดค่าของส่วนโปรแกรม Wonderware InTouch ต้องทำการเชื่อมโยงตัวโปรแกรมแสดงผลให้เข้ากับตัว OPC ที่ได้ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าไว้ก่อนหน้านี้ ดังรูปที่ 3.25 เป็นขั้นตอนของการกำหนดค่า Access Name โดยต้องทำการกำหนดค่า Application Name ให้มีชื่อที่ตรงกันกับชื่อของ OPC และกำหนดค่าของ Topic Name ให้มีชื่อตรงกันกับ Device Groups ของส่วน OPC ที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้า ซึ่งสามารถสรุปการกำหนดค่าได้ตามตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ผลสรุปการกำหนดค่าของส่วนโปรแกรม Wonderware InTouch

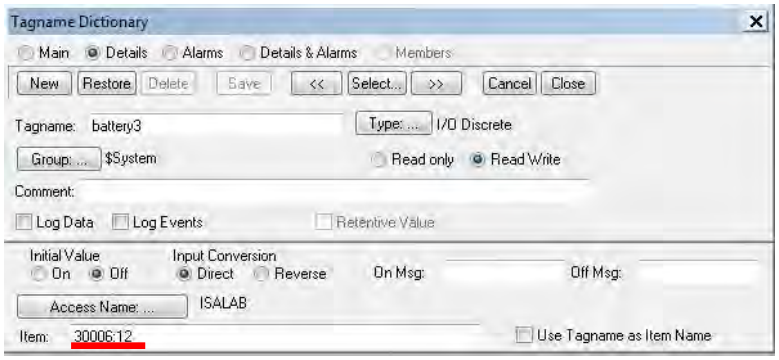
	WirelessHART	**ISA100.11a**
Access	HARTLAB	ISALAB
Application Name	DASMBTCP	DASMBTCP
Topic Name	HARTLAB	ISALAB



รูปที่ 3.25 การกำหนดพารามิเตอร์ของโปรแกรม Wonderware InTouch

ในรูปที่ 3.26 เป็นการกำหนดค่าในการนำ Modbus Register มาใช้งานในโปรแกรม Wonderware InTouch ซึ่งเราสามารถนำตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์นั้นใส่ลงไปในช่องของ Item ได้ทันที และในการกำหนดค่าของ Item ในโปรแกรม Wonderware InTouch จะมีการใช้ตัวเลขรีจีสเตอร์ตามตารางที่ 3.8 อีกทั้งในตารางจะมีการแสดงการกำหนดส่วนของ Tag Name ที่กำหนดลงในโปรแกรมของวิทยานิพนธ์เล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการสร้างหน้าจอการแสดงผล

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลการเขียนเลขรีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดค่าลงในส่วนโปรแกรม Wonderware InTouch

Tag Name	Item
PV_ISA	30002
sim_active	30006:15
software_incomplete	30006:14
power_low	30006:13
power_critical	30006:12
fault_predict	30006:11
out_of_device_spec	30006:10
out_sensor_limit	30006:9
out_of_service	30006:8
install_cal_problem	30006:7
fault_sensor	30006:6
fault_elec	30006:5
maintenance_require	30006:4
out_of_spec	30006:3
func_check	30006:2
fail_status	30006:1
PV_HART	40201 f
Supply_HART	40501 f
Amb_Temp_HART	40503 f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

Tag Name	Item
Amb_Temp_HART	40503 f
Online_HART	40701
avai_status_HART	40702
mainte_require_HART	40703
ambient_temp_fail_HART	40704
ambient_temp_out_limit_HART	40705
radio_fail_HART	40706
radio_malfunction_HART	40707
critical_power_HART	40708
supply_fail_HART	40709
supply_healthy_HART	40710
supply_low_HART	40711
sim_active_hart	40712
confige_error_HART	40713
confige_change_HART	40714
service_denied_HART	40715
radio_commu_fail_HART	40716
sensor_commu_fail_HART	40717
condition_out_of_range_HART	40718
percent_range_HART	40719
elec_defect_HART	40720
ram_fail_HART	40721
rom_fail_HART	40722
sensor_healthy_HART	40723
sensor_fail_HART	40724
sensor_saturate_HART	40725
sensor_out_of_limit_HART	40726

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้ เป็นการกล่าวถึงการทดลองจากระบบที่ได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางการจำลองกระบวนการทำงานของเครือข่าย โดยการทดลองนั้นมีการนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์ที่เป็นรูปแบบไร้สายที่มีลักษณะต่างกันของเทคโนโลยี แต่สามารถนำมาทำการผสานรวมกันของข้อมูลให้อยู่ในระบบเครือข่ายของกระบวนการเดียวกันได้ และทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายมอดบัสทีซีพีซึ่งเป็นการผสานข้อมูลจากเครื่องมือวัดไร้สายทั้งหมด ไปสู่การแสดงผลการตรวจสอบสภาวะ และทำการแจ้งเตือนปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นปัญหาของกระบวนการหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือวัด โดยสร้างกราฟฟิกขึ้นโดยใช้โปรแกรม Wonderware InTouch ตามที่ผู้ใช้งานของระบบต้องการ

4.2 ขั้นตอนการทำการทดลองของระบบจำลอง

ในการทดลองของวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการสร้างระบบเครือข่ายจำลองขึ้นมาเพื่อให้เห็นภาพของการทำงานได้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้เกิดเป็นรูปแบบของตัวอย่างในการนำไปประยุกต์ในการใช้งานจริง โดยระบบที่นำมาทำการทดลองจะมีการใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

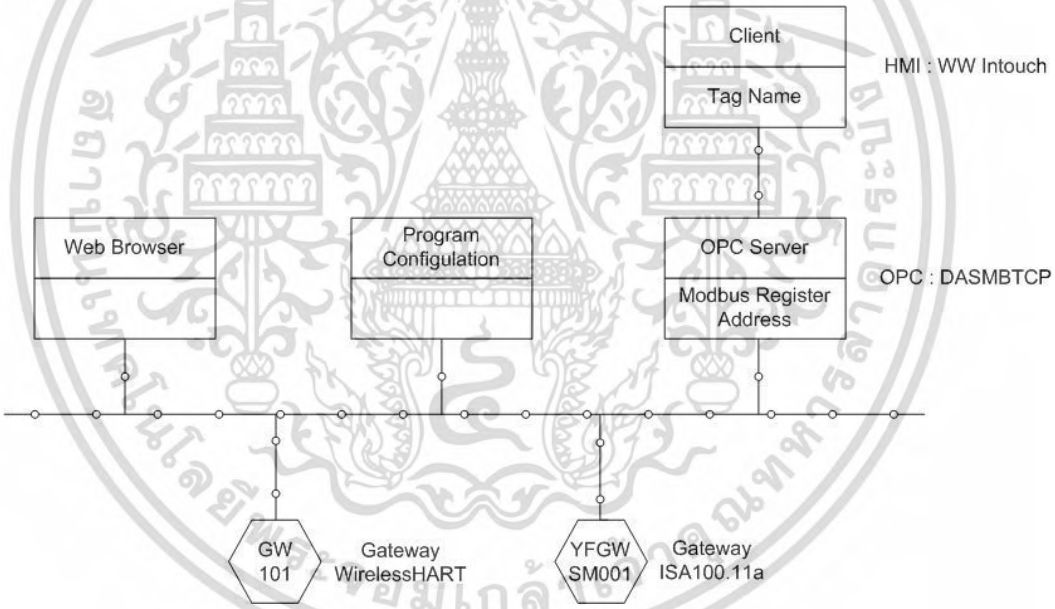
1. Notebook ACER รุ่น Aspire 4741G จำนวน 1 เครื่อง
2. เกตเวย์ไร้สาย Emerson รุ่น 1420 จำนวน 1 ตัว
3. เกตเวย์ไร้สาย Yokogawa รุ่น YFGW710 จำนวน 1 ตัว
4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Emerson รุ่น Rosemount 648 จำนวน 1 ตัว
5. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Yokogawa รุ่น YTF 510 จำนวน 1 ตัว

ขั้นตอนของการทำระบบสำหรับการทดลองนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทำงาน คือ ช่วงของการทดลองในการส่งข้อมูลจากเครื่องมือวัดในรูปแบบไร้สายไปยังเกตเวย์ และช่วงการทดลองในการส่งข้อมูลจากเกตเวย์ไปยังการแสดงผลตามความต้องการของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทดลองและผลการทดลองการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดไปยังตัวเกตเวย์

เครื่องมือวัดในระดับฟิลด์ที่ใช้ในระบบการทดลองนั้น จะเป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย ซึ่งมีทั้งหมด 2 ตัว ในแต่ละตัวจะมีเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน โดยที่เครื่องมือวัดอุณหภูมิแต่ละตัวนั้นทำการส่งข้อมูลไปที่เกตเวย์ของแต่ละตัว ซึ่งเกตเวย์ไร้สายที่ใช้ต้องมี 2 ตัวก็เนื่องจากต้องทำการสื่อสารข้อมูลจากตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่เป็นเทคโนโลยีเดียวกันเท่านั้น ไม่สามารถที่จะใช้เกตเวย์ตัวเดียวแล้วทำการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ที่มีความต่างของเทคโนโลยี หรือความต่างของผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นได้ เช่น ถ้าอุปกรณ์เครื่องมือวัดใช้เทคโนโลยีของ WirelessHART เกตเวย์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็จะต้องเป็นของเทคโนโลยี WirelessHART เช่นกัน หรือถ้าอุปกรณ์เครื่องมือวัดใช้เทคโนโลยีของ ISA100.11a เกตเวย์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็จะต้องเป็นของเทคโนโลยี ISA100.11a และในการเชื่อมต่อระหว่างเกตเวย์กับเครื่องมือวัดนั้นจะต้องทำการกำหนดค่าของ Tag name, Join key และ Network ID ให้มีค่าตรงกัน จึงจะสามารถเชื่อมต่อได้สำเร็จ



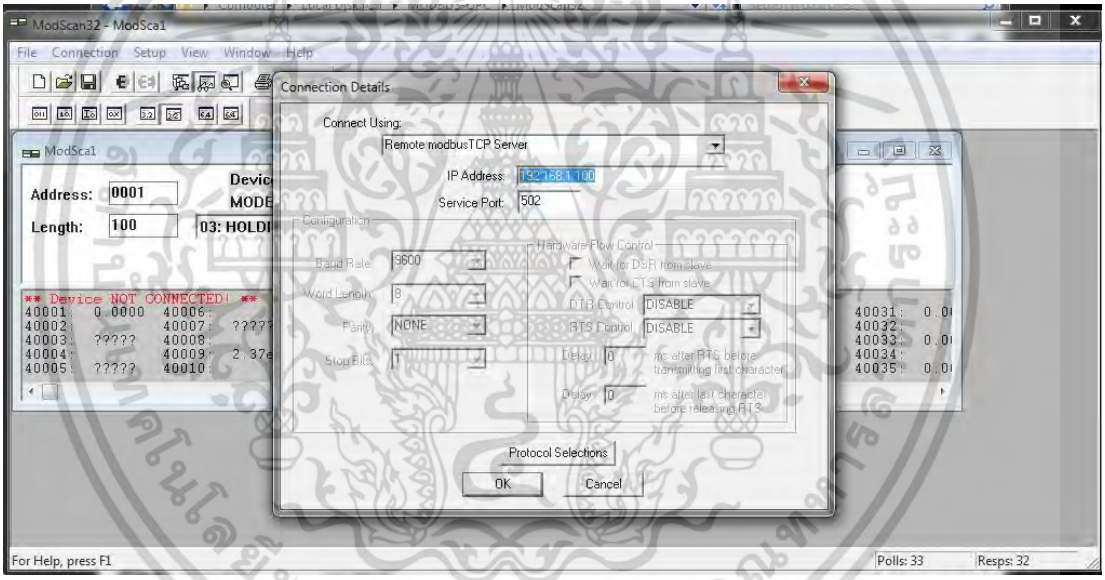
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของการส่งข้อมูลจากเกตเวย์ ไปยังส่วนการแสดงผล

ในส่วนของการส่งข้อมูล Modbus Register จะเป็นการส่งข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานหรือผู้ทำการออกแบบใช้ในการกำหนดไว้บนตัวอุปกรณ์เกตเวย์ทั้งเกตเวย์ของ WirelessHART และเกตเวย์ของ ISA100.11a ซึ่งสามารถดู Modbus Register ได้ตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.5 ตามลำดับ ในการทดลองนี้สามารถตรวจสอบข้อมูลได้โดยการใช้โปรแกรมที่มีชื่อว่า ModScan ในส่วนของโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการตรวจดูข้อมูลที่มีการส่งข้อมูลมาจากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มายังตัวเกตเวย์ตามที่มีการกำหนดค่าของตัวเลขรีจีสเตอร์ลงบนเกตเวย์ไว้ก่อนหน้านี้ รูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างโครงสร้างในการส่งข้อมูลของระบบที่ใช้ทำการทดลอง

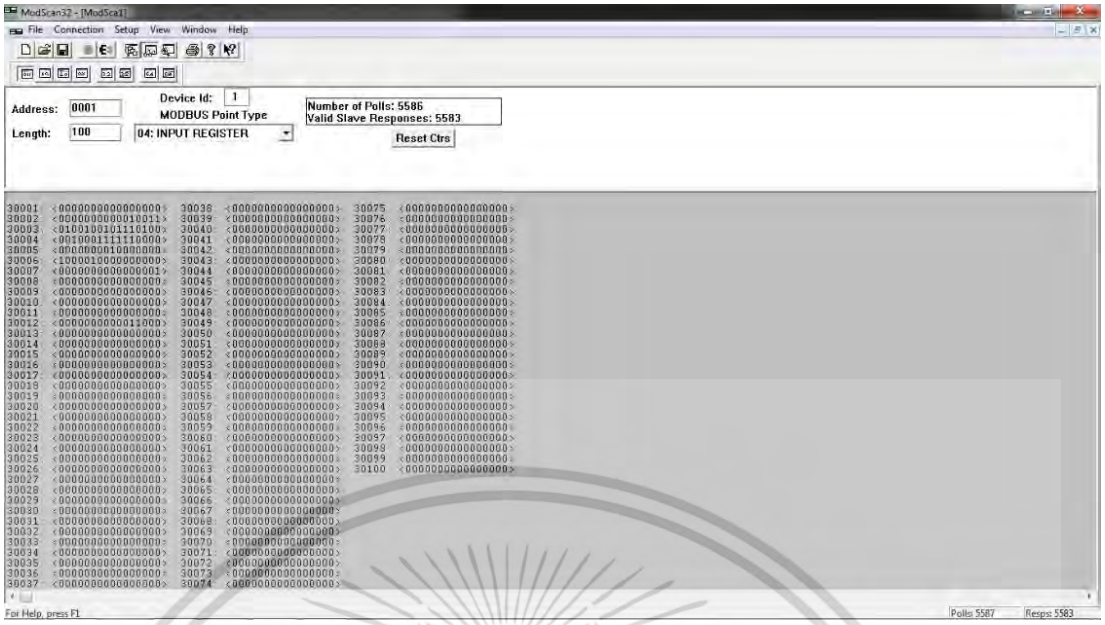
ส่วนของโปรแกรม ModScan ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะเป็นการแสดงตัวอย่างการทำงานของตัวโปรแกรม ซึ่งใช้สำหรับเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่องมือวัดไร้สายมายังตัวเกตเวย์ทั้ง 2 เทคโนโลยี โดยในการเชื่อมต่อของเกตเวย์ในแต่ละตัวนั้น ต้องมีการระบุ IP address ของเกตเวย์แต่ละตัวไปที่ตัวโปรแกรม ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ตัวเกตเวย์ของ WirelessHART จะใช้ IP address: 192.168.1.10 และตัวเกตเวย์ของ ISA100.11a จะใช้ IP address: 192.168.1.100 อีกทั้งในการดูข้อมูลที่ส่งมานั้นผู้ใช้งานต้องทำการระบุในส่วนของประเภทของ Modbus Point Type เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลได้ตรงตามที่ได้กำหนดค่าของ Modbus Register ไว้ก่อนหน้านี้ เช่น ตัวอย่างของการทดลองนี้นั้น ส่วนของ WirelessHART เลือกใช้เป็นประเภท Holding Registers และส่วนของ ISA100.11a เลือกใช้เป็นประเภท Input Registers



รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่อโปรแกรม ModScan กับตัวเกตเวย์

จากตัวอย่างของโปรแกรม ModScan ในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการใช้งานนั้นผู้ใช้งานจะสามารถเลือกดูได้ตามตัวเลขรีจีสเตอร์ ที่ได้ทำการกำหนดลงบนอุปกรณ์เกตเวย์ของทั้ง 2 ตัวในก่อนหน้านี้ตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.5 โดยถ้าข้อมูลในแต่ละรีจีสเตอร์มีการส่งข้อมูลมายังส่วนของตัวเกตเวย์ไร้สายได้ตามปกติ ข้อมูลในแต่ละรีจีสเตอร์ก็จะมาแสดงอยู่ในบรรทัดของตัวเลขรีจีสเตอร์นั้น ไม่ว่าข้อมูลนั้นจะเป็นในรูปของจำนวนเต็มหรือแบบ 0, 1 ในส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความชัดเจนในการส่งข้อมูลของทุก ๆ ตัวที่ได้ทำการกำหนดตัวเลขรีจีสเตอร์ ลงไว้ในตัวเกตเวย์ไร้สายของทั้ง 2 เทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ลักษณะของโปรแกรม ModScan

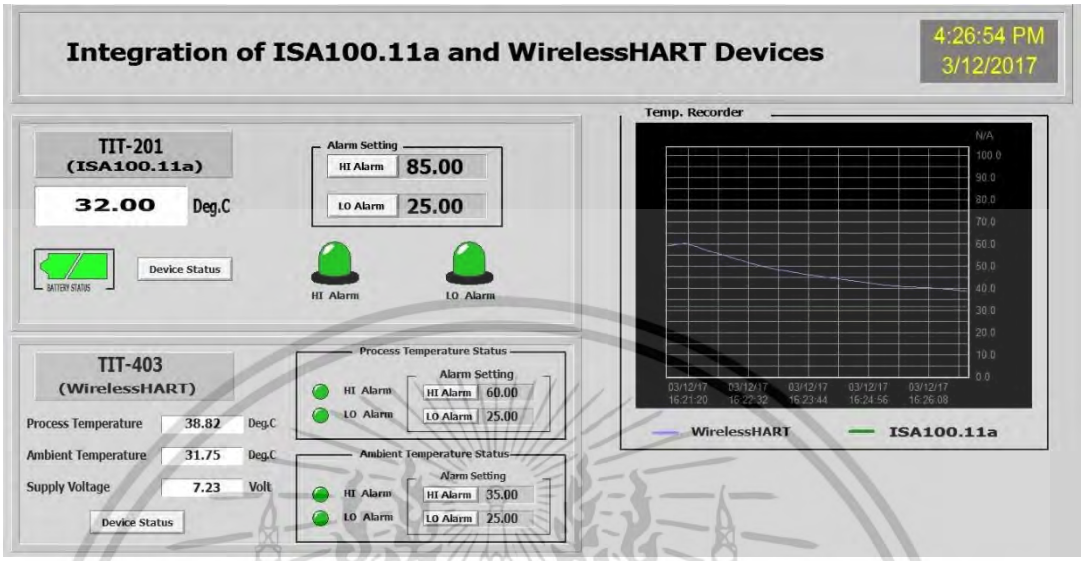
4.2.2 การทดลองและผลการทดลองการส่งข้อมูลจากเกตเวย์ไปยังส่วนของการแสดงผล

ในส่วนของขั้นตอนการทดลองนี้ เป็นส่วนที่มองถึงการส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์เกตเวย์ของ WirelessHART และอุปกรณ์เกตเวย์ของ ISA100.11a ไปยังส่วนของการแสดงผลบนหน้าจอที่ถูกสร้างโดยโปรแกรม Wonderware InTouch ซึ่งมีการเชื่อมต่อผ่านทางโปรโตคอลมอดบัสทีซีพี และผ่านตัวโปรแกรมที่มีการติดตั้ง OPC โดยข้อมูลเหล่านี้จะส่งได้ตามที่มีการกำหนดตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ไว้ภายในตัวอุปกรณ์เกตเวย์ของทั้ง 2 ตัวอุปกรณ์ โดยการสร้างหน้าจอการแสดงผลนั้นเป็นการจำลองระบบการทำงานของการวัดอุณหภูมิ และการแสดงสภาวะต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์การทำงานของเครื่องมือวัดแบบไร้สายของทั้งเทคโนโลยี WirelessHART และ ISA100.11a ซึ่งในส่วนของรูปแบบของหน้าจอนั้นเป็นการแสดงข้อมูลจากการผสานรวมกันบนหน้าจอเดียวกันของการวัดค่าอุณหภูมิที่วัดได้ของอุปกรณ์ที่เป็นของ WirelessHART และอุปกรณ์ที่เป็นของ ISA100.11a ดังที่มีการแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.4 เป็นการแสดงการจำลองตัวอย่างขึ้นมาเพื่อเป็นการทดสอบแสดงผลการวัดให้เห็นถึงกระบวนการทำงานในการนำมาใช้งานจากการผสานรวมกันของข้อมูลที่รับมาจากเครื่องมือวัดแบบไร้สายที่มีความแตกต่างกันทางเทคโนโลยี การใช้งานในตัวอย่างการทดลองนี้จะเห็นว่าอุปกรณ์ที่นำมาใช้นั้นเป็นอุปกรณ์ของ WirelessHART และ ISA100.11a ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีการแสดงถึงค่าการวัดอุณหภูมิที่สามารถวัดได้จากอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบไร้สายของทั้ง 2 อุปกรณ์ที่ต่างเทคโนโลยีกัน ซึ่งในหน้าจอการแสดงผลนั้นมีการกำหนดชื่อของอุปกรณ์ตามที่ได้มีการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tag Name ของเครื่องมือวัดไร้สาย ในการทดลองของสถานการณ์จำลองนี้เราใช้เป็น TIT-403 (เป็นเครื่องมือวัดของ WirelessHART) และ TIT-201 (เป็นเครื่องมือวัดของ ISA100.11a)

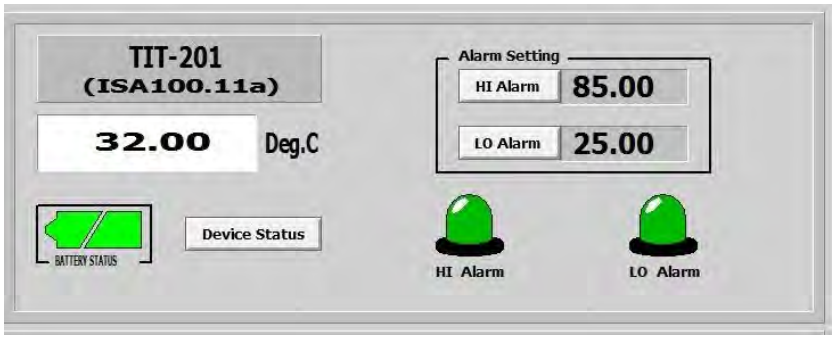


รูปที่ 4.4 หน้าจอหลักของการจำลองระบบตรวจสอบสภาวะ

ในหน้าจอการทดลองของการแสดงผลนี้ สามารถแบ่งการแสดงผลได้ออกเป็นส่วน ๆ ของการแสดงผล ดังนี้

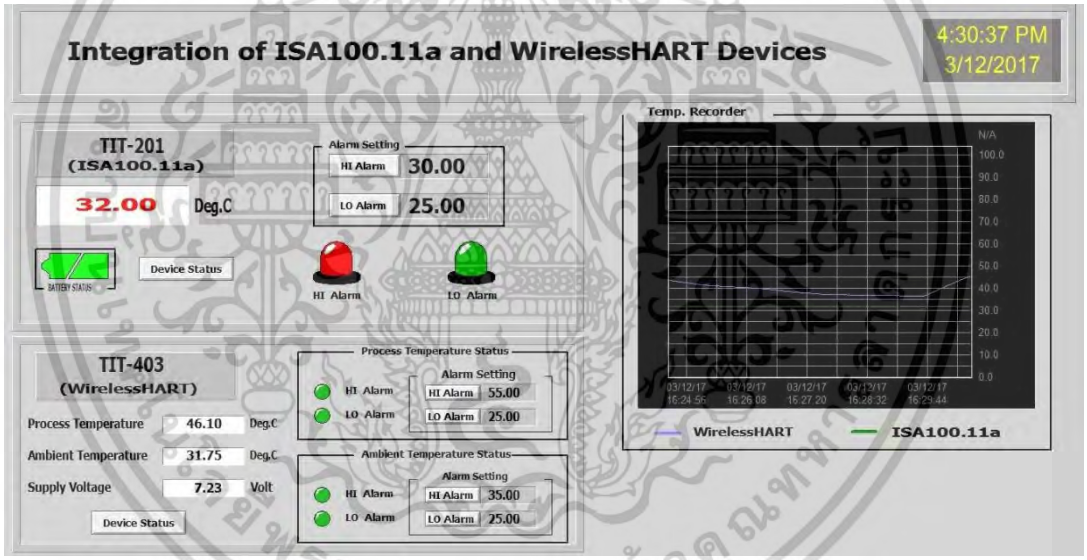
1. ในส่วนของการแสดงผลของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไร้สายของเทคโนโลยี ISA100.11a ดังรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงค่าการวัดอุณหภูมิที่วัดได้จากตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิได้ในขณะนั้น ซึ่งตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมินี้ถูกติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ที่เป็นแบบไร้สายของ Yokogawa รุ่น YTA-510 ในส่วนของการแสดงนี้มีการแสดงสถานะของแหล่งจ่ายพลังงานของตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์เพื่อสำหรับการบ่งบอกให้รู้ว่าแหล่งจ่ายพลังงานของเครื่องมือวัดนี้เป็นเช่นไร โดยในการแสดงสถานะของแบตเตอรี่นั้น ตามรูปเป็นสถานะของแบตเตอรี่ที่ยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ แต่ถ้าพลังงานของแบตเตอรี่นั้นมีค่าพลังงานลดลงอยู่ที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์แสดงแบตเตอรี่เป็นสีเขียวเพียงแค่ครึ่งก้อนของรูปแบตเตอรี่ และถ้าพลังงานของแบตเตอรี่นั้นมีค่าพลังงานลดลงมาอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์การแสดงผลจะเป็นรูปแบตเตอรี่ครึ่งก้อนและเป็นสีแดง ซึ่งนั่นจะเป็นการแสดงว่าควรมีการบำรุงรักษา การปรับปรุงในเรื่องของแหล่งจ่ายพลังงานนี้ก่อนที่พลังงานนั้นจะหมดลงโดยในการแสดงผลของค่าพลังงานแบตเตอรี่นี้ได้เป็นการใช้ Diagnostics ของเครื่องมือวัดที่ได้ทำการแมปปิ้งไว้ในเกตเวย์ก่อนหน้านี้ ส่วนในทางด้านขวาของรูปจะเป็นส่วนของการกำหนดค่าสูงสุด-ต่ำสุดของอุณหภูมิ เพื่อใช้สำหรับในการแจ้งเตือนเมื่อมีค่าอุณหภูมิที่เกินจากช่วงที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 รูปแบบการแสดงผลของอุปกรณ์ ISA100.11a

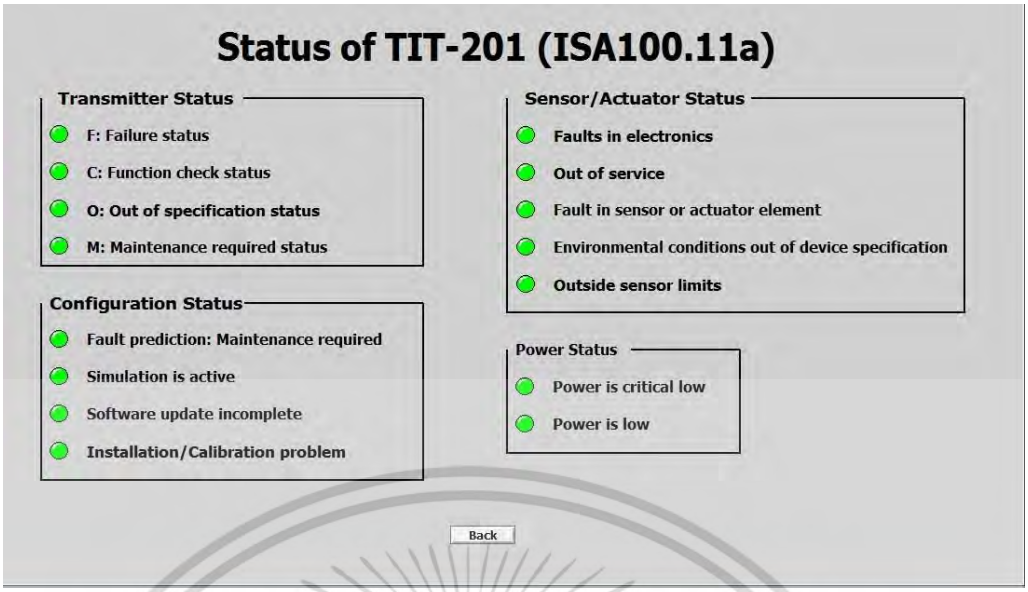
ในรูปที่ 4.6 จะเป็นการแสดงตัวอย่างของการแจ้งเตือนการวัดค่าอุณหภูมิที่เกินจากขอบเขตที่ได้ทำการกำหนดค่าสูงสุด-ต่ำสุดไว้ จากรูปนั้นเมื่อมีอุณหภูมิที่เกินสูงกว่า 30.0 องศาเซลเซียส การแจ้งเตือนของตัวเลขที่กระพริบสีแดง และมีไซเรนเตือนเป็นสีแดงในตำแหน่งของ HI Alarm



รูปที่ 4.6 การแจ้งเตือนอุณหภูมิเกินของอุปกรณ์ ISA100.11a

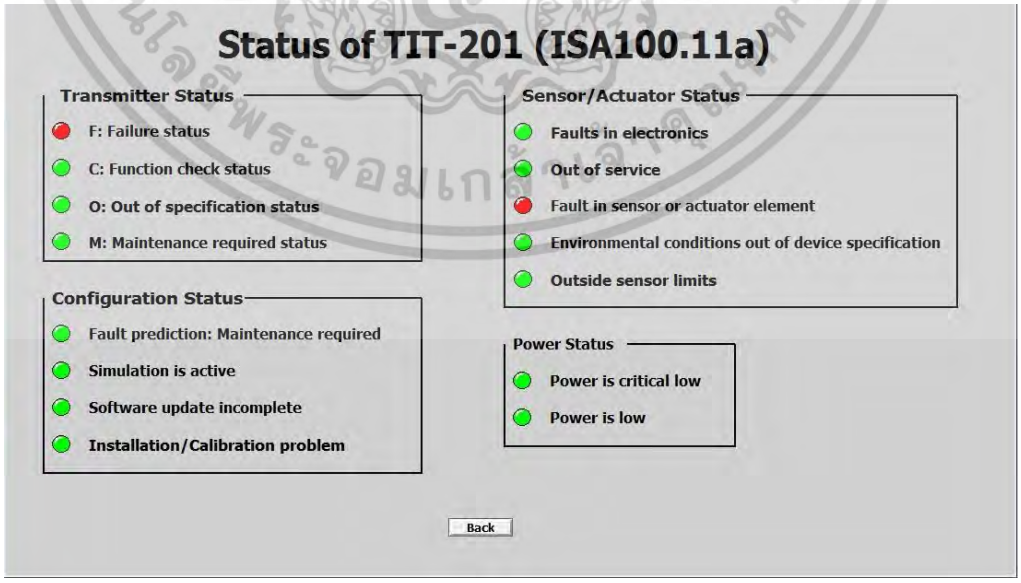
ในการแสดงหน้าจออีกส่วนนั้นของเครื่องมือวัดเทคโนโลยี ISA100.11a ในรูปที่ 4.5 จะเห็นว่ามีปุ่มกดที่เขียนว่า Device Status ปุ่มนี้เป็นส่วนที่ให้กดเพื่อที่จะสามารถเข้าไปดูสถานะของตัวอุปกรณ์ได้ ซึ่งเมื่อกดเข้าไปดูจะพบอีกหนึ่งหน้าต่างของระบบ ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงสถานะของการแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัด โดยในหน้าจอนี้สามารถแสดงให้เห็นตามรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าในสถานะของการแจ้งเตือนความผิดปกติจะแบ่งออกเป็นกลุ่มของการแจ้งเตือนดังนี้ Transmitter Status, Sensor/Actuator Status, Configuration Status และ Power Status

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงสถานะของอุปกรณ์ ISA100.11a

การแสดงสถานะในแต่ละกลุ่มสถานะนั้น ถ้าอยู่ในสถานการณ์ที่ปกติจะแสดงหลอดไฟที่เป็นสีเขียว และเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นที่สภาวะใดก็ตามสถานะของการแสดงหลอดไฟจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ในรูปที่ 4.8 นั้นจะเป็นตัวอย่างของการแสดงสภาวะความผิดปกติ การเกิดปัญหาของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ จึงทำให้เกิดเป็นไฟสีแดงที่หน้าข้อความของ Fault in sensor or actuator element ซึ่งอยู่ในหมวดของ Sensor/actuator Status และในความผิดปกติของเซ็นเซอร์นี้จะส่งผลทำให้มีการแจ้งเตือนของข้อความ Failure Status ในหมวดของ Transmitter เกิดขึ้นตามมาด้วย

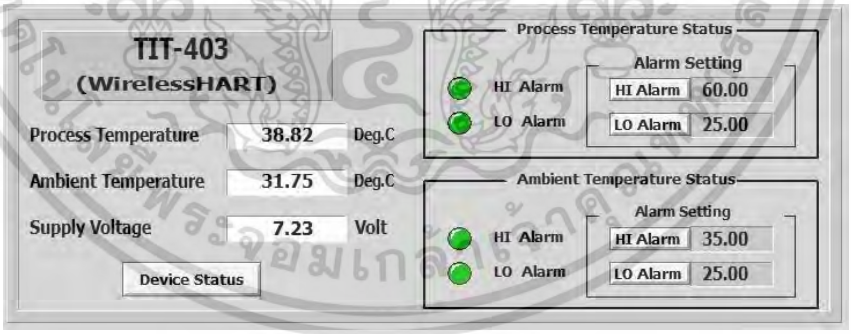


รูปที่ 4.8 การแจ้งเตือนสภาวะความผิดปกติของอุปกรณ์ ISA100.11a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จะกล่าวถึงการแสดงผลบนหน้าจอของการรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่องมือวัดอุณหภูมิของ WirelessHART โดยมีการรับอุณหภูมิด้วยเซ็นเซอร์ที่ถูกเชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ที่เป็นแบบไร้สายซึ่งอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ที่นำมาใช้นั้นเป็นของ Emerson รุ่น Rosemout 648 จากนั้นจะส่งข้อมูลผ่านไปยังหน้าจอการแสดงผล ซึ่งในหน้าจอการแสดงผลนั้นเป็นการแสดงอยู่บนเครือข่ายระบบเดียวกันกับของ ISA100.11a แต่จมีการออกแบบการแสดงข้อมูลบนหน้าจอที่เหมือนและต่างกันออกไป เนื่องจากการออกแบบ และการแมปปิ้งตัวเลขมอดบัสรีจีสเตอร์ นั้นอาจจะใช้งานที่แตกต่างกันออกไปตามการออกแบบ

รูปแบบในการสร้างหน้าจอการแสดงผล สำหรับใช้ในการแสดงตัวอย่างการทดสอบสามารถดูได้จากรูปที่ 4.9 โดยในการแสดงผลของหน้าจอมีการกำหนดชื่อตาม Tag Name ของเครื่องมือวัดเพื่อบ่งบอกว่าส่วนนี้เป็นการแสดงผลของอุปกรณ์ตัวใดนั่นคือ TIT-403 ในการทดลองของส่วนนี้เป็นการแสดงข้อมูลของเครื่องมือวัด WirelessHART ส่วนนี้มีการแสดงค่าการวัดอุณหภูมิจริงจากจุดวัดเซ็นเซอร์ มีการแสดงค่าอุณหภูมิของตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์เพื่อดูสภาวะความร้อนที่เกิดขึ้นที่ตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์ว่ามีอุณหภูมิปกติหรือไม่ และยังแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับตัวอุปกรณ์ทรานสมิทเตอร์เพื่อให้รู้ว่าพลังงานของแบตเตอรี่เป็นเช่นไร เพื่อสามารถบำรุงรักษาได้ก่อนที่พลังงานแบตเตอรี่นั้นจะหมดไป โดยค่าของแบตเตอรี่ที่แสดงนั้นเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นโวลต์จริงที่วัดได้จากแบตเตอรี่ที่ใช้งานอยู่

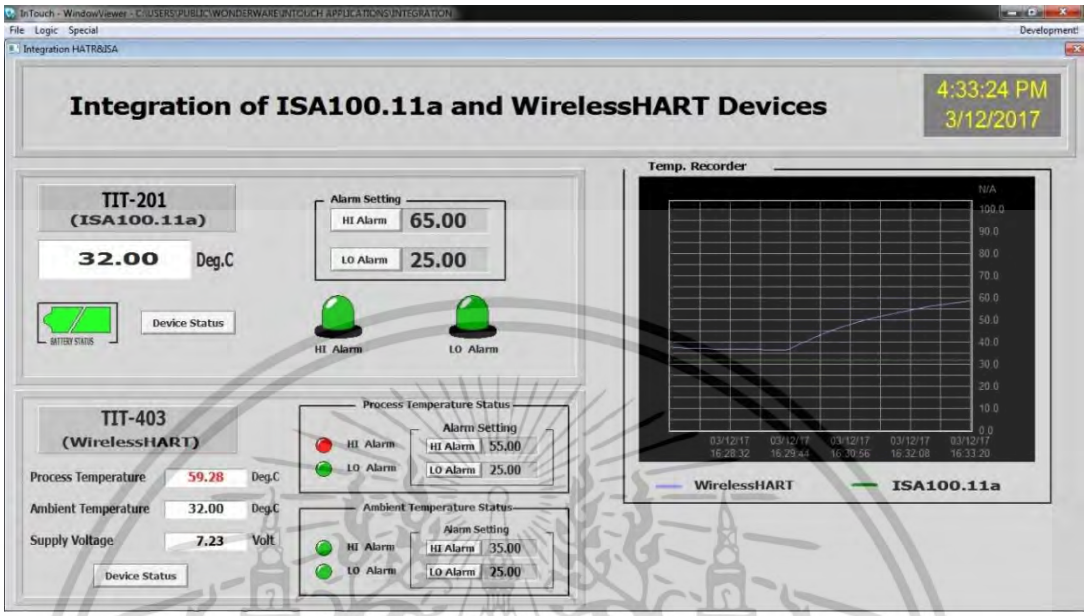


รูปที่ 4.9 รูปแบบการแสดงผลของอุปกรณ์ WirelessHART

อีกส่วนหนึ่งของการออกแบบของหน้าจอแสดงผลนั้น คือสามารถกำหนดค่าของช่วงสูงสุด-ต่ำสุดของการวัดอุณหภูมิ เพื่อใช้สำหรับการแจ้งเตือนในการวัดอุณหภูมิของกระบวนการนั้น ๆ และการแจ้งเตือนของอุณหภูมิของตัวทรานสมิทเตอร์เพื่อสำหรับการเตือนไม่ให้มีอันตรายกับตัวอุปกรณ์ ในรูปที่ 4.10 เป็นการแสดงตัวอย่างในการแจ้งเตือนของ การกำหนดค่าสูงสุด-ต่ำสุดของการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

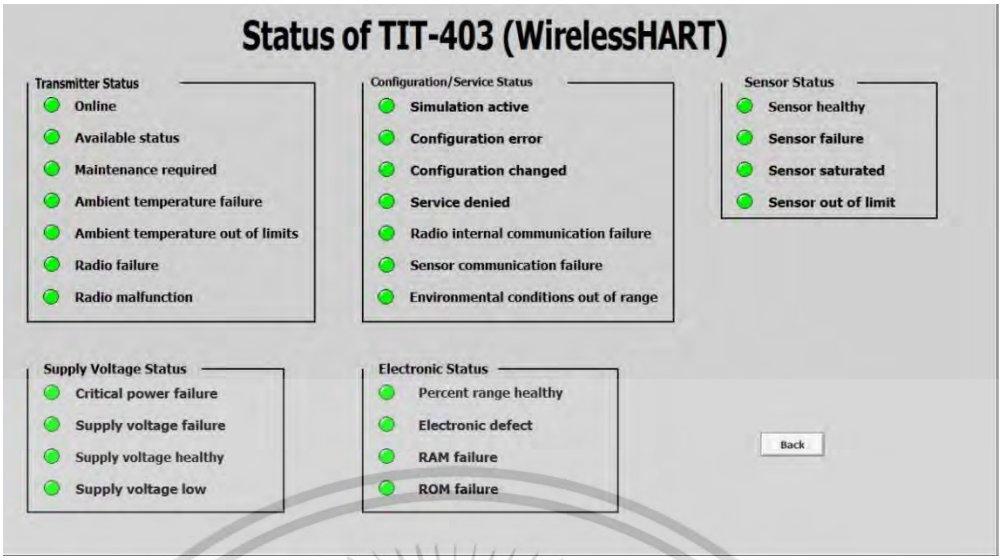
อุณหภูมิ ซึ่งในตัวอย่างเป็นสภาวะของการวัดอุณหภูมิที่เกินจากจุดที่ได้ตั้งไว้ทำให้เกิดเป็นตัวเลขกระพริบสีแดง และมีการเตือนไฟสีแดงในตำแหน่งของ HI Alarm



รูปที่ 4.10 การแสดงผลการแจ้งเตือนเมื่อมีอุณหภูมิที่สูงเกินกำหนด

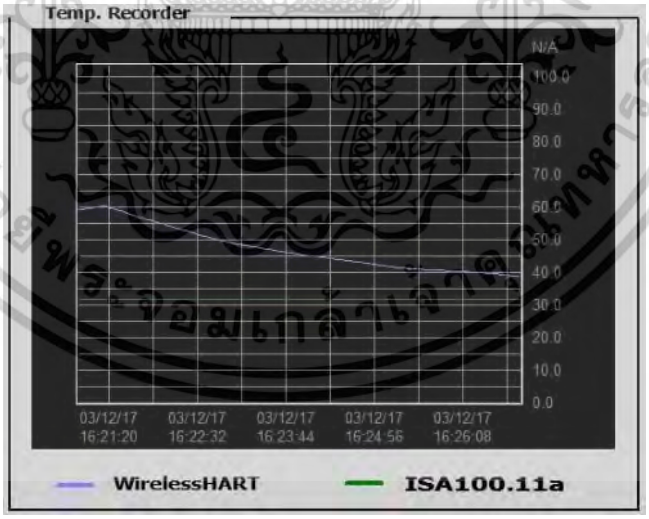
จากรูปที่ 4.9 จะมีปุ่มกดเช่นเดียวกับส่วนเทคโนโลยี ISA100.11a ซึ่งเขียนว่า Device Status เมื่อกดปุ่มนี้แล้วจะมีหน้าต่างใหม่แสดงขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับดูสภาวะของอุปกรณ์ว่ามีสถานะที่ปกติหรือไม่ การแสดงข้อมูลที่ใช้สำหรับในการแจ้งเตือน และมีการแบ่งกลุ่มที่คล้ายกันกับ ส่วนอุปกรณ์ ISA100.11a แต่ข้อมูลในการแจ้งเตือนนั้นอาจจะมีความแตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีการออกแบบของการนำข้อมูล Diagnostics มาใช้ที่แตกต่างกัน ในส่วนของการแสดงสถานะสามารถแสดงได้ในรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงสถานะของอุปกรณ์ WirelessHART

3. ในส่วนของกราฟ Trend เป็นการนำข้อมูลจากเครื่องมือวัดทั้ง 2 เทคโนโลยี ที่ได้ทำการกำหนดนั้นมาสร้างให้อยู่ในรูปของเส้นกราฟเพื่อใช้ในการแสดง และติดตามค่าที่วัดได้เพื่อนำมาวิเคราะห์หรือตรวจสอบผลของกระบวนการ การแสดงผลรูปแบบกราฟสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายโดยข้อมูลเหล่านี้ถูกส่งมาจากตัวเกตเวย์ที่เราได้ทำการแม็ปไว้ภายในตัวเกตเวย์

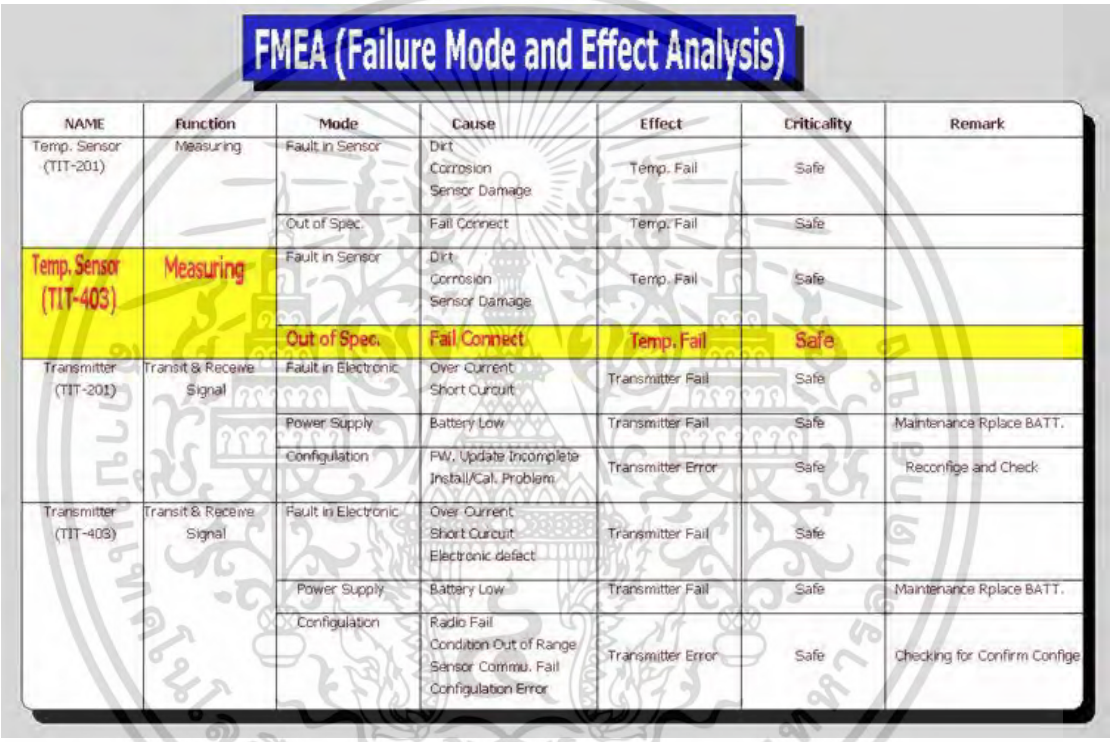


รูปที่ 4.12 ลักษณะข้อมูลในรูปแบบกราฟ

รูปที่ 4.12 เป็นการแสดงลักษณะของกราฟของระบบที่ได้ทำการนำเสนอเป็นตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่เห็นตามรูปนั้น เป็นเส้นกราฟของค่าการวัดอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์ WirelessHART และ ISA100.11a ซึ่งถูกกำหนดให้เส้นกราฟนั้นมีสีฟ้าและสีเขียว ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่วนของการแสดงผลของ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) หน้าจอนี้เป็นหน้าจอที่สร้างเป็นแนวทางในการนำข้อมูลจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์มาทำการประยุกต์ใช้งาน สำหรับการวิเคราะห์การทำงานที่มีการผิดพลาด หรือเป็นการแจ้งเตือนก่อนเกิดความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบ โดยประโยชน์ในการทำงานการแสดงผลของ FMEA นั้น เพื่อให้เห็นถึงปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่าง ๆ ในระบบ ทำให้ผู้ใช้งานเมื่อเห็นการแจ้งเตือนเกิดขึ้นแล้วสามารถลำดับการแก้ไขปัญหา หรือปรับปรุงสถานการณ์นั้น ๆ ได้ทันเวลา ก่อนเกิดอันตรายหรือเกิดความเสียหายต่อกระบวนการ



FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

NAME	Function	Mode	Cause	Effect	Criticality	Remark
Temp. Sensor (TIT-201)	Measuring	Fault in Sensor	Dirt Corrosion Sensor Damage	Temp. Fail	Safe	
		Out of Spec.	Fail Connect	Temp. Fail	Safe	
Temp. Sensor (TIT-403)	Measuring	Fault in Sensor	Dirt Corrosion Sensor Damage	Temp. Fail	Safe	
		Out of Spec.	Fail Connect	Temp. Fail	Safe	
Transmitter (TIT-201)	Transit & Receive Signal	Fault in Electronic	Over Current Short Curcuit	Transmitter Fail	Safe	
		Power Supply	Battery Low	Transmitter Fail	Safe	Maintenance Rplace BATT.
		Configulation	FW. Update Incomplete Install/Cal. Problem	Transmitter Error	Safe	Reconfige and Check
Transmitter (TIT-403)	Transit & Receive Signal	Fault in Electronic	Over Current Short Curcuit Electronic defect	Transmitter Fail	Safe	
		Power Supply	Battery Low	Transmitter Fail	Safe	Maintenance Rplace BATT.
		Configulation	Radio Fail Condition Out of Range Sensor Commu. Fail Configulation Error	Transmitter Error	Safe	Checking for Confirm Confige

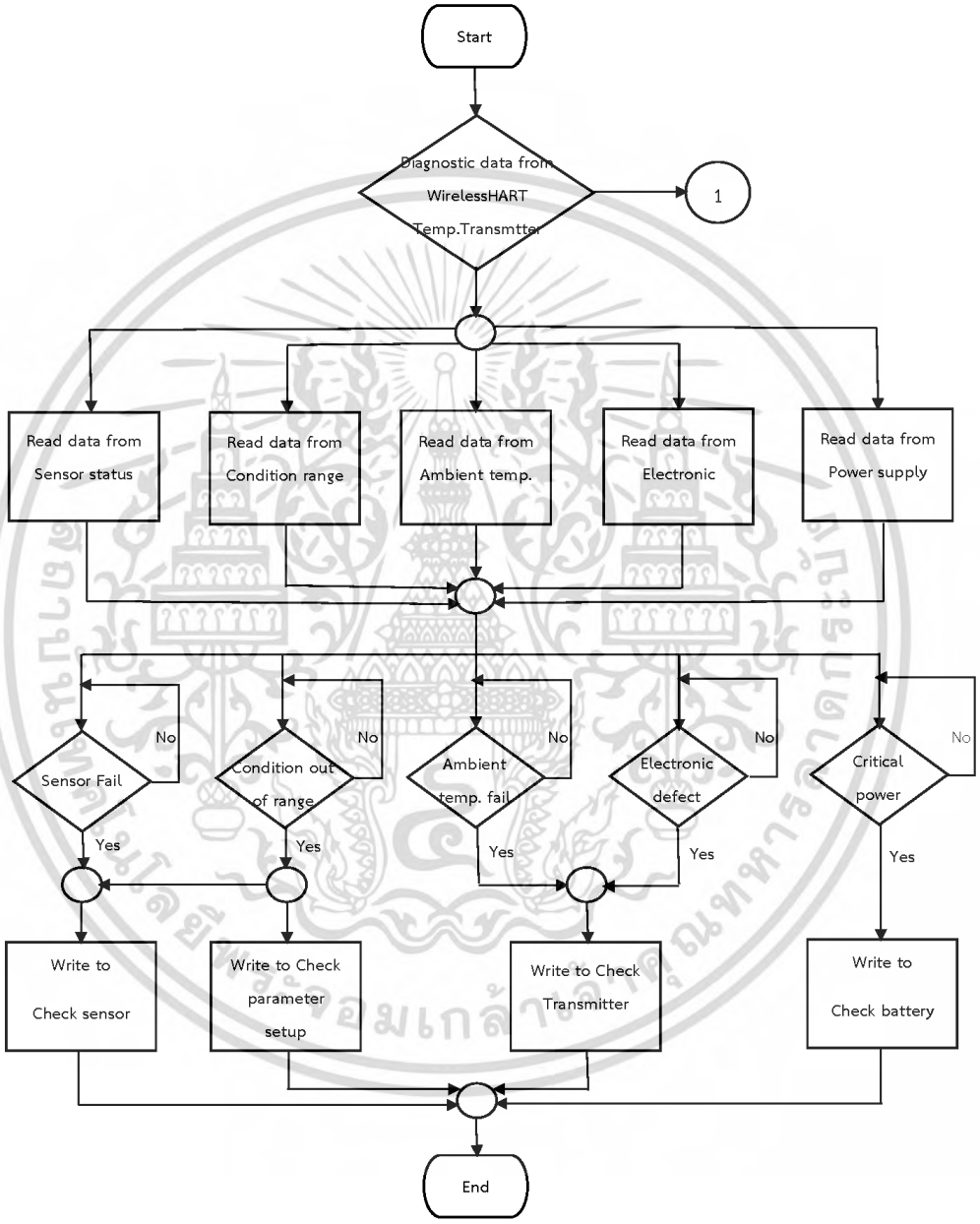
รูปที่ 4.13 หน้าจอแสดงผล FMEA

จากรูปที่ 4.13 เป็นตัวอย่างหน้าจอการแสดงความผิดพลาดการวัดอุณหภูมิจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของเทคโนโลยี WirelessHART ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการเชื่อมต่อสายเซ็นเซอร์ทำให้เกิดผลกระทบ คือวัดค่าอุณหภูมิเกินจากช่วงของการวัดไปจากปกติ ซึ่งเมื่อถ้าผู้ใช้งานพบปัญหานี้ทำให้มีการแก้ไขได้ตรงตามจุด และทันเวลาก่อนเกิดความเสียหายของกระบวนการ

5. เป็นการนำเสนอรูปแบบการนำไปใช้อีกรูปแบบโดยนำข้อมูล Diagnostic ที่ส่งมาจากเครื่องมือวัดเขียนสคริปท์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้น และส่งผลออกมาให้เป็นแนวทางในการตรวจเช็คแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งในการนำข้อมูลมาแสดงในลักษณะนี้จะช่วยให้การทำงานนั้นง่าย

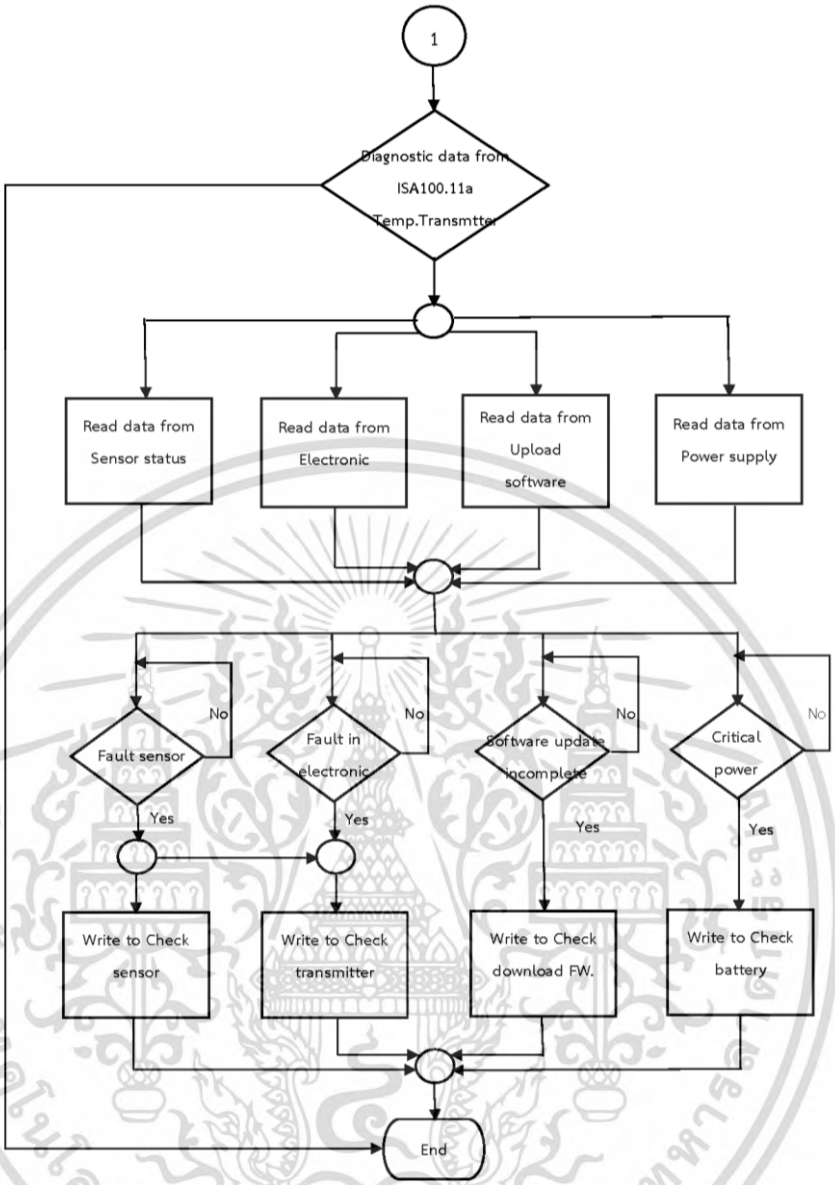
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นและแก้ไขได้ถูกต้องตามที่เกิดปัญหา โดยแนวทางในการเขียนสคริปท์นั้นจะสามารถแสดงออกมาในรูปของแผนผัง (Flow Chart) เป็นการแสดงเงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลตามรูปที่ 4.14 เป็นแผนผังเครื่องมือวัด WirelessHART และรูปที่ 4.15 เป็นแผนผังเครื่องมือวัด ISA100.11a



รูปที่ 4.14 แผนผังเงื่อนไขเครื่องมือวัด WirelessHART

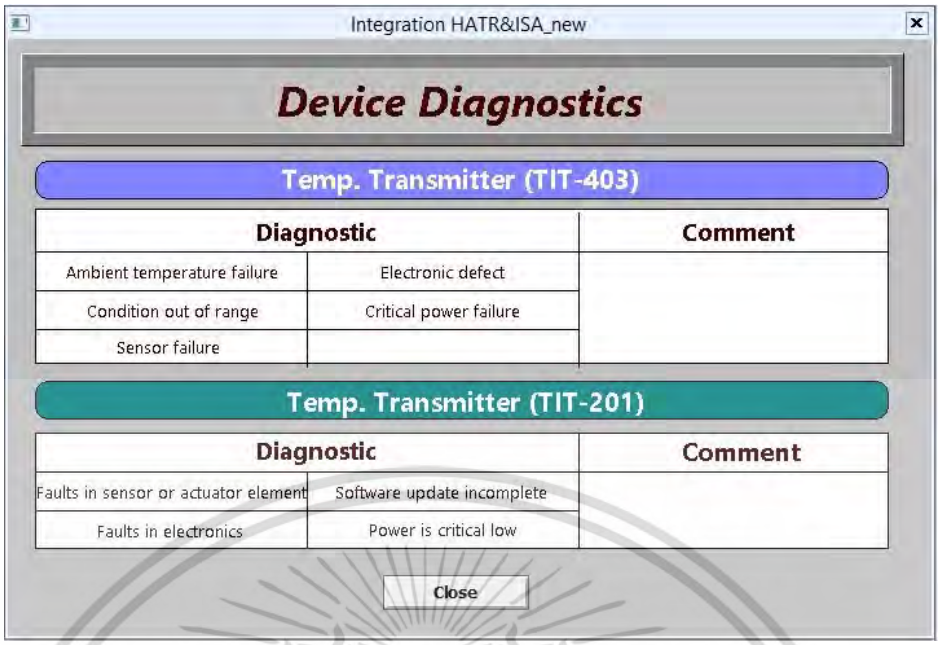
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



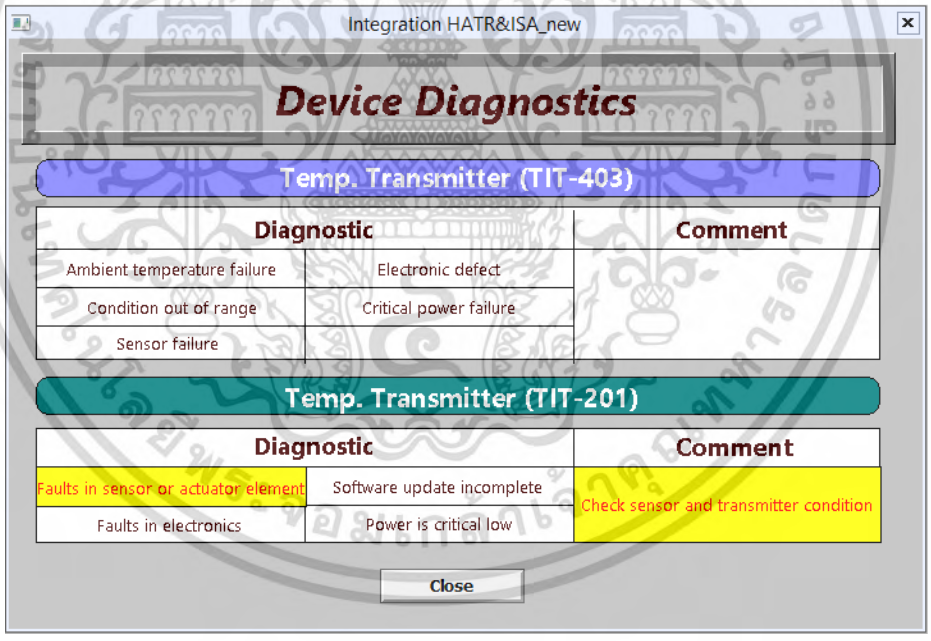
รูปที่ 4.15 แผนผังเงื่อนไขเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ISA100.11a

จากรูปที่ 4.16 เป็นการแสดงหน้าจอการวินิจฉัยของเครื่องมือวัดหรือกระบวนการ และเมื่อมีการเกิดสภาวะที่ผิดปกติหน้าจอมีการวินิจฉัยว่าเกิดปัญหาอะไรที่อุปกรณ์ตัวใด ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาขึ้นการแสดงสามารถที่จะแจ้งเตือนข้อความสำหรับการตรวจเช็คว่าควรมีการตรวจเช็คที่ใด เพื่อความรวดเร็ว และง่ายต่อการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อการทำงานของระบบ ในรูปที่ 4.17 เป็นการแสดงเมื่อเกิดการวินิจฉัยเรื่องของเซ็นเซอร์มีปัญหา และมีการแสดงข้อความการตรวจเช็คทรานสมิทเตอร์หรือเซ็นเซอร์ของเครื่องมือวัด TIT-201 (ISA100.11a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 หน้าจอ Device Diagnostics



รูปที่ 4.17 หน้าจอ Device Diagnostics เมื่อเกิดสภาวะแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางการผสานรวมกันของข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดในระดับฟิลด์ที่มีความแตกต่างกันของเทคโนโลยี คือเทคโนโลยี WirelessHART และเทคโนโลยี ISA100.11a เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำไปใช้ในการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาวะ จากที่ได้กล่าวมาในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงการนำเสนอการใช้งาน เนื่องจากปัจจุบันการทำงานในรูปแบบของการตรวจสอบสภาวะได้มีผู้ผลิตหลายแห่งทำการผลิตเครื่องมือสำหรับระบบตรวจสอบสภาวะออกมาเป็นทางเลือกมากมาย แต่เกิดปัญหาขึ้นคือการใช้งานออกมาในรูปแบบปิด คือเมื่อผู้ใช้งานมีการเลือกใช้ระบบตรวจสอบสภาวะจากผู้ผลิตไหนก็ตาม ผู้ใช้งานจะต้องมีการใช้อุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อกับระบบเป็นของผู้ผลิตนั้น ๆ แนวคิดที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นการนำเสนอให้เห็นถึงแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบการใช้งานร่วมกันกับระบบเครือข่ายที่มีอยู่เดิมได้และสามารถสร้างระบบตรวจสอบสภาวะขึ้นได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยมีการนำเสนอการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมทั้ง 2 เทคโนโลยี ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งมาจากตัวอุปกรณ์ในรูปแบบไร้สาย และส่งผ่านไปยังอุปกรณ์เกตเวย์ของแต่ละตัว แล้วแสดงผลสู่หน้าจอแสดงผลต่อไป โดยการแสดงผลนั้นตัวอุปกรณ์เกตเวย์จะใช้วิธีการส่งข้อมูลบนเครือข่ายมอดบัสทีซีพี และมี OPC เป็นตัวกลางในการผสานข้อมูลจากอุปกรณ์ทั้ง 2 เทคโนโลยี ด้วยวิธีการนี้จึงทำให้ข้อมูลที่ส่งมานั้นสามารถที่จะแสดงข้อมูลได้บนหน้าจอแสดงผลเดียวกัน โดยที่ไม่จำเป็นต้องแยกหน้าจอในการแสดงผลให้เกิดความซับซ้อนของเครือข่าย และเกิดความยุ่งยากต่อผู้ใช้งาน

ข้อมูลที่ถูกส่งจากอุปกรณ์เหล่านี้จะทำการแสดงบนหน้าจอที่ได้ทำการสร้างและพัฒนาขึ้นโดยโปรแกรม Wonderware InTouch โปรแกรมนี้สามารถสร้างเงื่อนไขต่าง ๆ ได้อย่างอิสระตามที่ผู้ใช้งานต้องการทำให้ข้อมูลทั้งหมดสามารถเข้าสู่การประมวลผล การวิเคราะห์ข้อมูล และการวินิจฉัยตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานต้องการ ประโยชน์เหล่านี้จะทำให้สามารถแสดงผลออกมาในรูปของการแจ้งเตือน การวิเคราะห์ปัญหา ตลอดจนถึงการสนับสนุนในการแก้ไขปัญหาได้ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน ทำให้ระบบกระบวนการทางอุตสาหกรรมเมื่อมีการใช้งานในรูปแบบนี้มากยิ่งขึ้น ก็จะส่งผลทำให้กระบวนการผลิตนั้นมีคุณภาพ และประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

แนวทางในการนำเสนอการใช้งานร่วมกันของเครื่องมือวัดที่เป็นแบบไร้สาย และมีรูปแบบที่เป็นอัจฉริยะนั้น จะเป็นแนวทางพื้นฐานให้กับระบบของโรงงานอุตสาหกรรมในอนาคตได้เป็นอย่างดี สำหรับการเตรียมความพร้อมที่จะก้าวสู่การเปลี่ยนแปลงเป็นยุคของ Industrial Internet of Things (IIoT) ในเวลาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้ที่ได้นำเสนอนั้น เป็นการยกตัวอย่างในการใช้งานโดยการนำเอาข้อมูล Diagnostics ภายในตัวอุปกรณ์ทำการแม็ปปิ้งลงไปภายในตัวเกตเวย์ไร้สายเพื่อทำการทดสอบการใช้งานการแจ้งเตือนในสถานการณ์ต่าง ๆ บนหน้าจอแสดงผล แต่เมื่อถึงเวลาทดลองการจำลองสถานการณ์การเกิดปัญหาของกระบวนการนั้น การแสดงค่าบนหน้าจอบางสถานการณ์นั้นไม่สามารถจำลองเหตุการณ์ขึ้นได้ ในอนาคตหากสามารถพัฒนาในเรื่องการใช้งานการทดสอบข้อมูลการทำงานของ Diagnostics จะเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทดลองและนำไปใช้ได้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Gengyun Wang. **“Comparison and Evaluation of Industrial Wireless Sensor Network Standards ISA100.11a and WirelessHART”** Master of Science Thesis, Communication Engineering of Chalmers University of Technology. 2011

[2] Mark Nixon. **“A Comparison of WirelessHART™ and ISA100.11a.”** Whitepaper, Revision1.0, September 23. 2012

[3] Glenn Johnson. **“Industrial wireless network – comparing the standards : Part 1”** WNIPT. Vol.29, No.1, June 2015. pp.4-8.

[4] Glenn Johnson. **“Industrial wireless network – comparing the standards : Part 2”** WNIPT. Vol.29, No.2, July 2015. pp.16-19.

[5] นายพรชัย พงศ์พิพัฒน์ภักดี. **“การผสานเครือข่ายไวร์เลสฮาร์ทเข้ากับระบบสกาดาเพื่อการตรวจสอบวินิจฉัยอุปกรณ์”** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต วิศวกรรมอัตโนมัต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2560.

[6] Real-Time Innovations. **“Industrial Internet of Things.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.rti.com/hubfs/docs/Industrial_IoT_FAQ.pdf. 2015.

[7] Rechelle Tangcangco. **“Modernize Your Plant with IIoT at Your Own Pace”** Control Engineering, March 2016. pp.14-15.

[8] Jonas Berge. **“Industrial Internet of Things (IIoT) – future proof plant”** [Slide]. FieldComm Group. Emerson Process Management.

[9] Vishal Kele. **“HART Protocol: Implemention and Example.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://cpassignments.blogspot.com/2015/04/hart-protocol-implemention-and-example.html. 2015

[10] Shane Heier. **“A SIMPLE EXPLANATION OF HART – HIGHWAY ADDRESSABLE REMOTE TRANSDUCER TECHNOLOGY.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.interstates.com/what-is-hart/. 2016

[11] ชาคริต กุลไกรศรี. **“TCP UDP แตกต่างกันอย่างไร.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://msit5.wordpress.com/2013/09/10/tcp-udp-แตกต่างกันอย่างไร/

[12] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **“วิธีการเข้าถึงหลายช่องทาง”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/วิธีการเข้าถึงหลายช่องทาง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Riverplus. **“PLC Protocol การสื่อสารแบบ Modbus Protocol”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://riverplusblog.com/2011/08/18/plc-protocol-การสื่อสารแบบ-modbus-protocol/

[14] Glenn Johnson. **“Determinism in industrial ethernet:A technology overview Part 2”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.processonline.com.au/content/industrial-networks-buses/article/determinism-in-industrial-ethernet-br-a-technology-overview-part-2-966929628

[15] Acromag. **“INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.prosoft-technology.com/kb/assets/intro_modbustcp.pdf

[16] Modicon. **“Modbus Protocol Reference Guide”** [Reference Guide]. Massachusetts : Modicon.Inc. 1996

[17] Simply Modbus. **“Frequently Asked Questions”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm#Types

[18] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **“ระบบสกาดา”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบสกาดา

[19] InfinityQS. **“การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mim.psu.ac.th/index.php/2-uncategorised/92-failure-mode-and-effect-analysis-fmea.

[20] ผศ.ดร.สมภพ ตลับแก้ว. **วิศวกรรมความน่าเชื่อถือสำหรับการบำรุงรักษา**. พิมพ์ครั้ง 1. กรุงเทพมหานคร. : ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2558

[21] EMERSON. **“Rosemount™ 648 Wireless Temperature Transmitter”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00809-0200-4648.pdf

[22] Yokogawa. **“YTA510 Temperature Transmitter”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://cdn2.us.yokogawa.com/IM01C50E01-01EN_007.pdf

[23] EMERSON. **“Emerson™ Wireless 1420 Gateway”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00809-0200-4420.pdf

[24] Yokogawa. **“YFGW710 Field Wireless Integrated Gateway”** [Online] . เข้าถึงได้จาก : https://web-material3.yokogawa.com/IM01W01F01-01EN_007.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ผลงานวิจัยที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (Proceedings) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

[1] Apisit Tanyakorn, Sawai Pongswatd, Amphawan Julsereewong, Apinai Rerkratn, “Integration of WirelessHART and ISA100.11a Field Devices into Condition Monitoring System for Starting IIoT Implementation”, 2017 56th the Society of Instrument and Control Engineers (SICE), September 19-22, 2017, Kanazawa University, Kanazawa, Japan, pp 1395-1400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proceedings of the SICE Annual Conference 2017
September 19-22, 2017, Kanazawa University, Kanazawa, Japan

Integration of WirelessHART and ISA100.11a Field Devices into Condition Monitoring System for Starting IIoT Implementation

Apisit Tanyakorn, Sawai Pongswatd, Amphawan Julsereewong, Apinai Rerkratn

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520
(Tel : +66-2-329-8348; E-mail: apinai@gmail.com)

Abstract: This paper presents a technique to integrate wireless field devices using WirelessHART and ISA100.11a technologies into a condition monitoring system based on Wonderware InTouch software. The proposed integration brings the data from a field site with digital multi-device networking for automatic data collection to support the condition monitoring of instruments or smart connected equipment in preparation of the Industrial Internet of Things (IIoT) implementation. Data including process variables and diagnostics from WirelessHART and ISA100.11a devices are buffered and mapped into Modbus/TCP registers for real-time monitoring at the operator workstation. Experimental results confirm that the proposed integration functions correctly.

Keywords: Condition monitoring, diagnostics, WirelessHART, ISA100.11a, integration, Wonderware InTouch, IIoT.

1. INTRODUCTION

Basic proposition of the Industrial Internet of Things (IIoT) involves business process improvements that could be expanded from connecting not only plant devices and equipment but also products, aftermarket services, value chains, and offices to a global network. For industrial performance and operation, the IIoT provides a wide range of advantages such as enhancing data collection for management systems, improving decisions related to health of assets, reducing the need to troubleshoot device problems in the field, and so on [1]. A phased approach as depicted in Fig. 1 to implement a full IIoT architecture for plant modernization has been suggested [2]. Plants can not only utilize existing digital fieldbus, industrial Ethernet, and industrial wireless technologies (such as HART, Foundation Fieldbus H1 and HSE, PROFIBUS, PROFINET, Modbus/TCP, WirelessHART, and ISA100.11a) for multi-device networking at the sensor or instrument level but also bring the process and asset data across the Internet to central operations management systems. Six steps of the phased approach can be briefly introduced as follows.

(1) Install digital sensor/instrument networks.

Digital fieldbus and wireless field devices form the lowest level of the IIoT architecture, so the first step is to deploy digital instrument networks or wireless sensor networks for connecting to a host system located on control network and higher-level software such as historian and condition monitoring.

(2) Instrument assets.

Some plants already use digital networking at the sensor or instrument level, so measuring devices can be added to these digital networks for condition monitoring and energy management in groundwork for IIoT [3-4]. The second step is to conduct a plant modernization audit for identifying problems that need to be solved to improve plant operability and maintainability.

(3) Deploy analytics software applications.

Using more than sensing elements can be able to diagnose the condition, determine the performance, and detect over-consumption of the equipment or process units. By deploying multiple additional sensors and analytics software together, equipment becomes smart connected equipment or units becomes smart units [5-6]. For example, multiple measurements of flow, temperature, and differential pressure can be used to determine heat transfer coefficients of a heat exchanger.

(4) Review work processes.

This step is to change operating procedures in daily operation and maintenance of the plant for the benefits to materialize by using software and sensor data. For example, equipment generates alarms, so the operator personnel need an alarm management for maintenance.

(5) Enable a private Internet of Things.

Some plants may not have sufficient experts for analysis of equipment or unit conditions. These plants can create a single data center of excellence to monitor equipment at multiple sites, so many experts at each site are not required. Intranet (or private Internet) equipment information from various sites can be accessed across the Internet by company employees only.

(6) Use an Internet of Things business models.

Outsource of experts of different types of equipment sometimes is required, since the plant may not have sufficient personnel to perform maintenance tasks. By connecting the plant system to the Internet, accessing to data from the plant can be granted to select outsource maintenance service providers [7]. As the result of the public Internet connectivity in the final step for plants to work with their vendors and service providers, this is the full IIoT architecture, a connected plant.

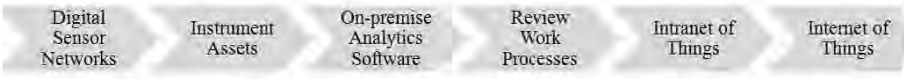


Fig.1 Phased approach to IIoT implementation [2].

† Amphawan Julsereewong is the presenter of this paper.

978-4-907764-56-2 PR0001/17 ¥400 © 2017 SICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

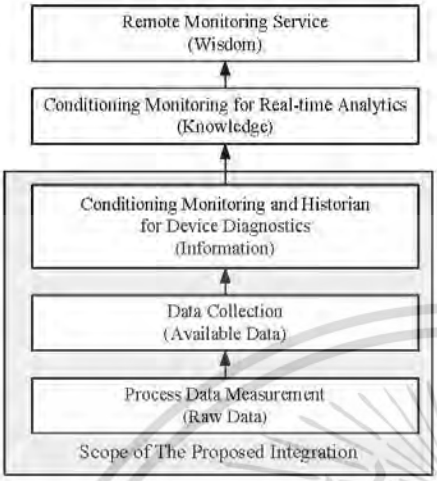


Fig.2 Data processing for IIoT implementation.

Based on the six-step approach of Fig. 1, Fig. 2 shows the processing of the sensor raw data into actionable information for maintenance activities and operations. Specialized software applications with analytics capability (such as condition monitoring software, vibration monitoring software, and energy management software) distill the raw data to information and knowledge driving actions. However, some operations and maintenance data in the plants are collected manually and inability to predict failures. Thus, it is not enough data for condition monitoring. The suggestions in the authors' previous woks [3-4] show that utilizing information provided by intelligent measuring devices like device diagnostics can provide data-driven maintenance activities and operations. In order to extend the results of [3-4], this paper focuses on integrating two industrial wireless technologies like WirelessHART and ISA100.11a into the conditioning monitoring system. This is a solution for extension of existing control networks in the plants to build the foundation for IIoT, because it is cost-effective way to install additional measuring devices for creating smart equipment or smart units. A technique to integrate the WirelessHART and ISA100.11a field devices into an operator workstation running the Wonderware InTouch software for real-time monitoring and data historian is proposed.

2. PROPOSED INTEGRATION

2.1 Concept of The Proposed Integration

Fig. 3 displays a system architecture to integrate field instruments using two different industrial wireless technologies, WirelessHART (approved as IEC 62591 standard) and ISA100.11a (approved as IEC 62734 standard), into the operator workstation of the host system, which is used for user interface with displays, trends, and other human interface information. At least one gateway is required for each wireless network installation. The WirelessHART gateway communicates with WirelessHART field devices via the Wireless-HART protocol. Similarly, the ISA100.11a gateway communicates with ISA100.11a wireless field devices via the ISA100.11a protocol. Both WirelessHART and ISA100.11a gateways are hard-wired to the host system via Modbus/TCP protocol, which is a real-time industrial Ethernet suitable for engineering and process monitoring. Field wireless instruments, generally powered by their internal battery, are employed for measuring the specific process variables. Moreover, both two wireless networks are self-configuring and self-healing, and the gateways can automatically establish the communication paths, thus no routing configuration as well as no user intervention is required.

Fig. 4 shows a concept for transferring measurement data from wireless field devices to the operator workstation. The gateways provide mapping between the field device cyclic data and either registers or OPC data tags. Modbus data are considered to be segregated into four memory blocks: discrete outputs (or coils), discrete inputs, input registers, and holding registers. Table 1 gives the Modbus data addressing with 5-digit

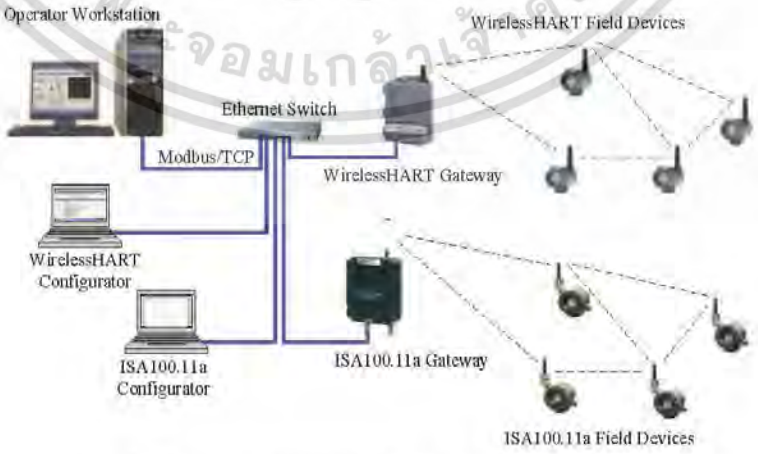


Fig.3 System architecture of the proposed integration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

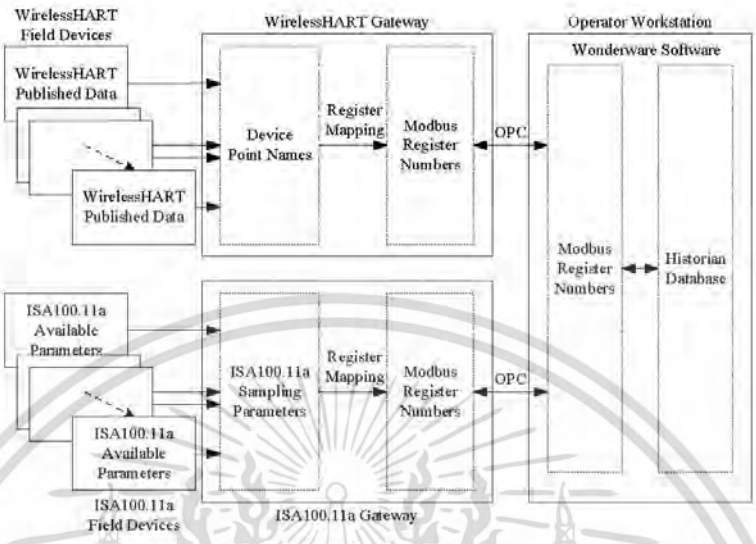


Fig.4 Data transfer concept of the proposed integration.

Table 1 Modbus data addressing with 5-digit scheme.

Modbus Memory Block	Bits	Access Type	Address Reference
Coils	1	Read/Write	0xxxx
Discrete Inputs	1	Read-Only	1xxxx
Input Registers	16	Read-Only	3xxxx
Holding Registers	16	Read/Write	4xxxx

Table 2 Devices used for implementing the case study.

Device	Model	PD-Tag
WirelessHART Temperature Transmitter	Rosemount 648	TIT-403
WirelessHART Gateway	Rosemount 1420	GW-101
ISA100.11a Temperature Transmitter	YTA510	TIT-201
ISA100.11a Gateway	YFGW710	GM-001

Table 3 IP address assignment for devices located on the Modbus/TCP network.

Device	IP Address
WirelessHART Gateway	192.168.1.10
ISA100.11a Gateway	192.168.1.100
Operator Workstation	192.168.1.22

decimal reference, where the leading digit signifies the particular memory block, and 'x' following the leading digit represents a 4-digit address location in user data memory. The leading digit is usually implied by the function code and also identifies the input/output data type. For example, the holding register '40001' is addressed as the register of '0000' in data address field of message. Based on the gateway operations, mapping the HART point names from WirelessHART field devices to the Modbus register numbers is required in the WirelessHART gateway. Similarly, assigning the ISA100.11a sampling parameters from the ISA100.11a wireless devices to the Modbus register numbers is essential in the ISA100.11a gateway. The Wonderware InTouch and MBTCP DAServer, running on the operator workstation, are used as the user interface software and Modbus/TCP communications protocol server, respectively.

2.2 Case Study of The Proposed Integration

In order to verify the performance of the proposed integration technique, the system with connected devices as given in Table 2 was implemented. Table 3 summarizes the IP address assignment by using private IP addresses in class C for the gateways and the operator workstation located on the Modbus/TCP host-level network. The integrated system defines that the primary process variables and device diagnostic data such as failure of sensor and battery voltage of the wireless field devices used should be monitored in real-time at the operator workstation.

2.3 WirelessHART Device Configurations [3-4]

For the case study, the web-based 'Smart Wireless Gateway' application (see Fig. 5) and the Emerson 475

Fig.5 Web-based 'Smart Wireless Gateway' application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 Modbus register mapping for assigning point data from the TIT-403 WirelessHART transmitter.

WirelessHART Gateway		Wonderware Software	
Point Name	Register	Register	GUI Tag
TIT-403.PV	40201	40201 f	PV_HART
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE	40501	40501 f	Supply_HART
TIT-403.DEVICE_TEMPERATURE	40503	40503 f	Amb_Temp_HART
TIT-403.ONLINE	40701	40701	Online_HART
TIT-403.MORE_STATUS_AVAILABLE	40702	40702	avai_status_HART
TIT-403.MAINTENANCE_REQUIRED	40703	40703	mainte_require_HART
TIT-403.AMBIENT_TEMP_FAILURE	40704	40704	ambient_temp_fail_HART
TIT-403.AMBIENT_TEMP_OUT_OF_LIMITS	40705	40705	ambient_temp_out_limit_HART
TIT-403.RADIO_FAILURE	40706	40706	radio_fail_HART
TIT-403.RADIO_MALFUNCTION	40707	40707	radio_malfunction_HART
TIT-403.CRITICAL_POWER_FAILURE	40708	40708	critical_power_HART
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_FAILURE	40709	40709	supply_fail_HART
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_HEALTHY	40710	40710	supply_healthy_HART
TIT-403.SUPPLY_VOLTAGE_LOW	40711	40711	supply_low_HART
TIT-403.STATUS_SIMULATION_ACTIVE	40712	40712	sim_active_hart
TIT-403.CONFIGURATION_ERROR	40713	40713	confige_error_HART
TIT-403.CONFIGURATION_CHANGED	40714	40714	confige_change_HART
TIT-403.SERVICE_DENIED	40715	40715	service_denied_HART
TIT-403.RADIO_INTERNAL_COMMUNICATION_FAILURE	40716	40716	radio_commu_fail_HART
TIT-403.SENSOR_1_COMMUNICATION_FAILURE	40717	40717	sensor_commu_fail_HART
TIT-403.ENVIRONMENTAL_CONDITIONS_OUT_OF_RANGE	40718	40718	condition_out_of_range_HART
TIT-403.PERCENT_RANGE_HEALTHY	40719	40719	percent_range_HART
TIT-403.ELECTRONIC_DEFECT	40720	40720	elec_defect_HART
TIT-403.RAM_FAILURE	40721	40721	ram_fail_HART
TIT-403.ROM_FAILURE	40722	40722	rom_fail_HART
TIT-403.SENSOR_HEALTHY	40723	40723	sensor_healthy_HART
TIT-403.SENSOR_1_FAILURE	40724	40724	sensor_fail_HART
TIT-403.SENSOR_1_SATURATED	40725	40725	sensor_saturate_HART
TIT-403.SENSOR_1_OUT_OF_LIMITS	40726	40726	sensor_out_of_limit_HART

handheld Field Communicator were used as the WirelessHART configurators. Before installation and connection to the network, the WirelessHART gateway should be configured with the IP address and other TCP/IP Network Settings as well as the Security Passwords and Time Settings [8]. The wireless field devices connected must be configured over the wireless network to communicate with the WirelesssHART gateway. Basic setup procedures for the TIT-403 wireless temperature transmitter modeled Rosemount 648 are configuring sensor type, joining device to network, and configuring update rate [9]. The Rosemont 648 wireless transmitter supports limited remote configuration through the Smart Wireless Gateway, which allows configuration of some device parameters (i.e. HART Tag, Short Tag, Descriptor, Engineering Units, Update Rate, and Range Values). So, the Emerson 475 handheld Field Communicator was employed for sensor configuration of the Rosemont 648 wireless transmitter. During joining the field device to network procedure, the Join Key and Network ID configuration parameters are required. The Join Key authenticates that the WirelessHART device belongs to the network. All authenticated WirelessHART field devices with the same Network ID can communicate to each other and the gateway. The Update Rate is the user-specified interval at which a wireless field device will detect a measurement and send the measurement data to the gateway. The Update Rate has a large impact on the device battery life. That is frequent Update Rate depletes the batter life quickly. The WirelessHART wireless field devices also report their battery voltage to gateway. Table 4 shows the Modbus register mapping for assigning point data from the TIT-403 wireless transmitter for use in the WirelessHART gateway modeled Rosemount 1420 and the graphic user interface (GUI) windows based on Wonderware InTouch software. The Point Name consists of two parts for each data point, which is entered as 'HART Tag. PARAMETER'. The first part is the HART Tag of the wireless device like TIT-403, while the second part is the parameter of the wireless device such as SUPPLY_VOLTAGE and DEVICE_TEMPERATURE. A single Modbus holding register holds 16 bits (1 word) of data, thus 32-bit (2-word) floats and integers such as the process variable (PV) require two Modbus holding registers. One Modbus holding register is required for assigning each Point Name of device diagnostic data.

2.4 ISA100.11a Device Configurations

There are three major tasks for creating and configuring the ISA100.11a wireless network, which are briefly discussed as follows [10].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 Modbus register mapping for setting point data from the TIT-201 ISA100.11a wireless transmitter.

ISA100.11a Gateway			Wonderware Software	
Point Name of Sampling Parameter		Register	Register	GUI Tag
TIT-201.UAP_2.AI_01("AI1 Temp").PV		30002	30002	PV_ISA
TIT-201.UAP_2.UAPMO_01(UAPMO).DIAG_STATUS		30006		
1	Simulation is Active		30006:15	sim_active
2	Software Update Incomplete		30006:14	software_incomplete
3	Power is low: Maintenance Need Mid-Term		30006:13	power_low
4	Power is critically low: Maintenance Need Short		30006:12	power_critical
5	Fault Prediction: Maintenance Required		30006:11	fault_predict
6	Environmental Conditions of Device Specification		30006:10	out_of_device_spec
7	Outside Sensor Limit		30006:9	out_sensor_limit
8	Out of Service		30006:8	out_of_service
9	Installation, Calibration Problem		30006:7	install_cal_problem
10	Faults in Sensor or Actuator Element		30006:6	fault_sensor
11	Faults in Electronic		30006:5	fault_elec
12	Maintenance Required Status		30006:4	maintenance_require
13	Out of Specification Status		30006:3	out_of_spec
14	Function Check Status		30006:2	func_check
15	Failure Status		30006:1	fail_status

(1) Provisioning the wireless field device and setting its parameters before installation by using FieldMate with provisioning function or the Provisioning Device (PD) tool. Wireless field devices that are not provisioned cannot join the ISA 100.11a wireless network.
(2) Creating the ISA100.11a wireless network by using Field Wireless Configurator for connecting the YFGW710 gateway and the wireless field device.
(3) Checking the created wireless network and its operation conditions using Field Wireless Management Tool.

The YFGW710 gateway should be configured the IP address and Subnet Mask by using Field Wireless Configurator before installation and connection to the network. Before constructing the ISA100.11a network, the Network ID, the Device Tag of the wireless field device to use, and network information for connecting the gateway must be determined. The following five procedures are performed to join a wireless field device to ISA100.11a network [11].
(1) Perform the provisioning task for the wireless field device before installation.
(2) Export the provisioning information of the device as a provisioning information file by using the PD tool.
(3) Import the provisioning information file into the engineering tool.
(4) Load the provisioning information file into the ISA100.11a gateway by using the engineering tool.
(5) Connect the provisioned wireless field device to the ISA100.11a network, which allows the device to participate in the network.

The TIT-201 wireless transmitter modeled YTA510 [12] should be configured the sensor type, measurement range, and Tag. No. Its self-diagnostic results can be also monitored. Table 5 summarizes the Modbus register mapping for setting point data from the TIT-201 transmitter for use in the ISA100.11a gateway modeled YFGW710 and the GUI windows based on Wonderware InTouch software. Fig. 6 shows the window of Field Wireless Configurator to define the Modbus register mapping. The register numbers assigned to the target sampling parameters, the selected device parameters for sampling, are in the input register address range. Three Modbus input registers (3 words) are required for each target sampling parameter allocation. For example, the allocated input register areas are displayed in 'blue' and 'red' for the process variable and its status (PV or PV_B) and device diagnostic results (DIAG_STATUS), respectively.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

Experimental results of the integrated system for case study are shown in Figs. 7-9. In Fig. 7, the measured process temperatures of the TIT-403 WirelessHART device and the TIT-201 ISA100.11a device as well as the high and low process alarm statuses and the battery voltages are displayed. The gateways used can send these specified data via the Modbus/TCP protocol to the workstation to record, display, and trigger alarms, if the measured temperature is higher or lower than the trip limit value. Moreover, the device statuses obtained from

Fig.6 Field Wireless Configurator for register mapping.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.7 GUI screen for monitoring the measured temperature values, alarms, and battery voltages.

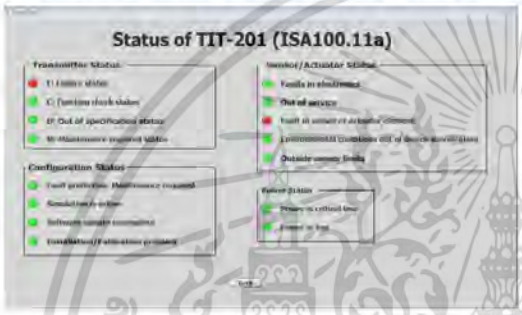


Fig.8 GUI screen for showing the status of TIT-201.

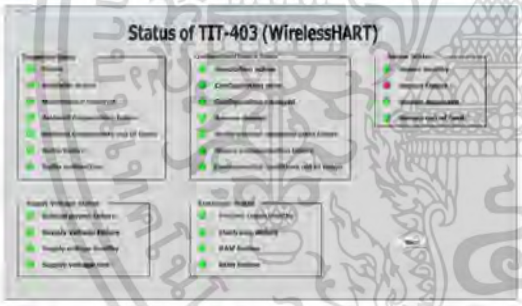


Fig.9 GUI screen for showing the status of TIT-403.

the self-device diagnostic results are also monitored on the GUI screens in real time as shown in Figs. 8 and 9, which illustrate the self-device diagnostic alerts of the TIT-201 transmitter and TIT-403 transmitter in the case of sensor failure, respectively. The data coming to display on the GUI windows can be also stored in data historian. Experimental results verify that the WirelessHART and ISA100.11a wireless field devices can be employed in the same condition monitoring system based on the proposed integration technique. This means that it is freedom of choice to choose the industrial wireless technologies at the sensor or instrument level. The end users or plants can utilize one of both wireless technologies or use them both together in the same platform of condition monitoring system. In addition, the proposed integration technique can be further applied to build smart equipment like pump and heat exchanger or smart unit like cooling tower by using multiple measurements from additional instruments and analytics software.

4. CONCLUSION

In this paper, a successful method for integrating two different WirelessHART and ISA100.11a wireless field devices into the condition monitoring system on the Mobus/TCP network has been described. The proposed integration enables the plants to build the foundation for the IIoT by greater use of smart wireless instruments. Real-time diagnostic data and statuses of wireless field devices can be made available for driving effectively maintenance activities and operations.

REFERENCES

[1] FieldComm Group, "Digital Transformation in The Age of IIoT – How FieldComm Group Technologies Help Create New Value", white paper, October 2016, pp. 1-14.

[2] J. Berge, "Modernize Your Plant with IIoT at Your Own Pace", Control Engineering Asia, March-April, 2016, pp.14-15.

[3] C. Wanmahajai, T. Thepmanee, S. Pongswatd, and A. Rerkratn, "Integration of WirelessHART into SCADA System and Information Applications", ICIC Express Letters, vol. 10, no. 1, January 2016, pp. 95-101.

[4] P. Pongpipatpakdee, T. Thepmanee, S. Pongswatd, and A. Rerkratn, "Integration of WirelessHART Network System into SCADA Software for Operation& Management", Proceeding of the SICE Annual Conference, 2016, pp. 549-554.

[5] M. Catelani, L. Ciani, L. Cristaldi, M. Khalil, S. Toscani, and M. Venzi, "A Condition Monitoring Tool Based on A FMECA and FMMEA Combined Approach in Oil&Gas Applications", Proceeding of the IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2016, pp. 1-6.

[6] K. Y. Shin, N. H. Shin, S. W. Choi, and S. H. Choi, "System Engineering Approach to Designing Smart Condition Monitoring Systems for Smart Manufacturing", Proceeding of the International Conference on Control, Automation and Systems, 2016, pp. 1177-1182.

[7] D. Hastbacka, E.Jantunen, M. Karaila, and L. Barna, "Service-based Condition Monitoring for Cloud-enabled Maintenance Operations", Proceeding of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2016, pp. 5289-5295.

[8] Emerson Process Management, Reference Manual – 00809-02200-4420, Rev. CA, August 2010.

[9] Emerson Process Management, Reference Manual – 00809-02200-4648, Rev. BB, July 2016.

[10] Yokogawa Electric Cooperation, User's Manual – IM 01W01F01-01EN, 7th Edition, January 2014.

[11] H. Fujii, R. Furihata, H. Gotou, and K. Kodama, "Support of ISA100.11a Devices by FieldMate", Yokogawa Technical Report English Edition, vol. 55, no. 2, 2012, pp. 65-30.

[12] Yokogawa Electric Cooperation, User's Manual – IM 01C50E01-01EN, 8th Edition, July 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอภิสิทธิ์ ธัญญากรณ์
วัน เดือน ปีเกิด	18 มิถุนายน 2531
ที่อยู่	115 ซอยลาดพร้าว 136 ถ.ลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
ประวัติการศึกษา	2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้