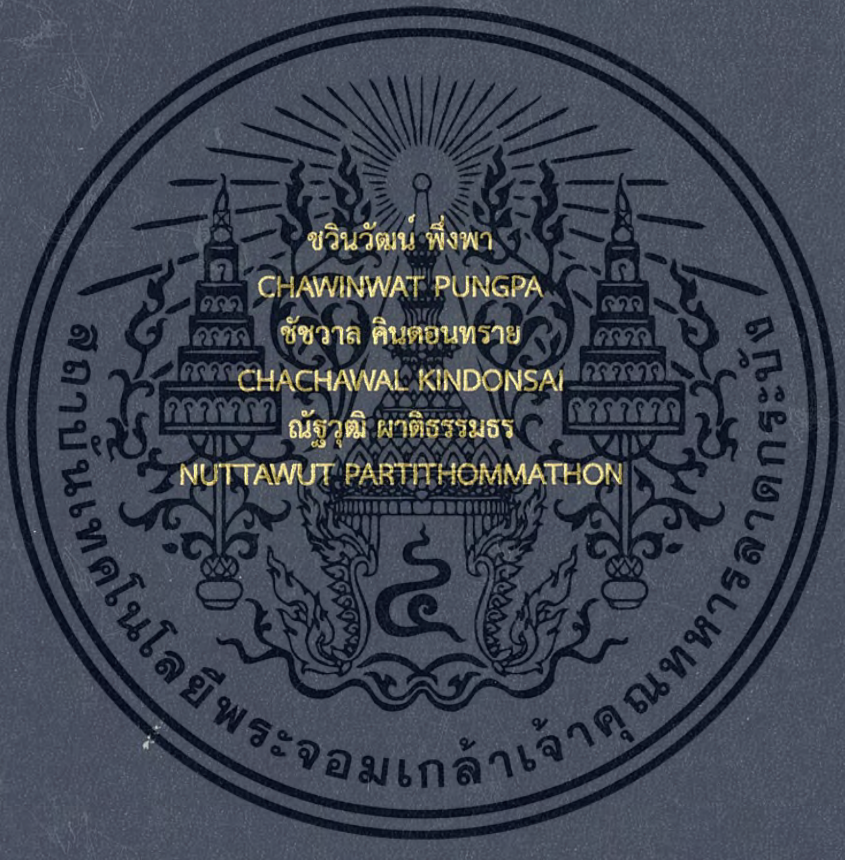
ระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมอัจฉริยะ
Intelligent Machine Monitoring System

ชวินวัฒน์ พึ่งพา
CHAWINWAT PUNGPA
ชัชวาล คินดอนทราย
CHACHAWAL KINDONSAI
ณัฐวุฒิ ผาติธรรมธร
NUTTAWUT PARTITHOMMATHON



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมอัจฉริยะ

Intelligent Machine Monitoring System

โดย

ชวินวัฒน์ พึ่งพา

ชัชวาล คินดอนทราย

ณัฐวุฒิ ผาติธรรมธร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมอัจฉริยะ

Intelligent Machine Monitoring System

ผู้จัดทำ นายชวินวัฒน์ พึ่งพา รหัสนักศึกษา 57010283

นายชัชวาล คินดอนทราย รหัสนักศึกษา 57010292

นายนายณัฐวุฒิ ผาติธรรมธร รหัสนักศึกษา 57010465

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมอัจฉริยะ		
นักศึกษา	นายชวินวัฒน์	พึ่งพา	รหัสประจำตัว 57010283
	นายชัชวาล	คินดอนทราย	รหัสประจำตัว 57010292
	นายณัฐวุฒิ	ผาติธรรมธร	รหัสประจำตัว 57010465
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมที่สามารถรายงานผลได้ทันที และรายงานผลได้ตลอดเวลา ปัจจุบันระบบการผลิตของอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติของโรงงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้หลายวิธี วิธีหนึ่งคือการนำข้อมูลการผลิตย้อนหลังมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาระบบสำหรับเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องจักร ที่สามารถเก็บข้อมูล รวมถึงรายงานผลการทำงานของเครื่องจักรได้ทันที และสามารถให้ความปลอดภัยให้กับผู้เก็บข้อมูลได้

ในโครงงานนี้ได้ทำการพัฒนาระบบเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร โดยการตรวจสอบจากเสาไฟสัญญาณ (Tower Light) ที่ติดตั้งอยู่ที่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง และตรวจสอบอุณหภูมิรวมถึงความชื้น ของสภาพแวดล้อมรอบ ๆ เครื่องจักร แล้วทำการส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านระบบไร้สายแบบซิกบี (Zigbee) จากนั้นนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ผ่านอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Intelligent Machine Monitoring System	
Student	Mr. Chawinwat Pungpa	Student ID 57010283
	Mr. Chachawal Kindonsai	Student ID 57010292
	Mr. Nuttawut Partithommathon	Student ID 57010465
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2017	
Thesis Advisor	Chinnaphat Nantajiwakornchai	

ABSTRACT

Objective of this project is developed machine monitoring system for industrial that can report real time data. Nowadays automatic manufacturing system of industrial has a lot of methods to increase productivity. One of the methods is data analysis by using the past data to manage manufacturing process. So, it has to develop machine monitoring system that can keep data, report data in real time and give a safety to users.

This project has developed data storage system of machine runtime by detecting a tower light signal in each machine, detecting temperature and detecting humidity around the machine after that data is sent to gateway by using Zigbee protocol. Finally, gateway will forward this data to database server by using Internet protocol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานเรื่องระบบติดตามเครื่องจักรอุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Intelligent Machine Monitoring System) ในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ จากความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจากอาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความรู้ต่าง ๆ ให้คำแนะนำและช่วยเหลือจนทำให้เกิดโครงงานชิ้นนี้ขึ้นมา ทำให้กลุ่มของกระผมได้ลองฝึกปฏิบัติในการทำวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ฝึกแก้ปัญหาในการทำงานจริง ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่น ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทางในการทำงาน แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น คอยแนะนำเกร็ดความรู้ที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังคอยติดตามเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จขึ้นมา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ชวินวัฒน์ พึ่งพา

ชัชวาล คินดอนทราย

ณัฐวุฒิ ผาติธรรมธรรมธร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
Abstract.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญรูป.....VII
สารบัญตาราง.....IX
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....1
1.3 สมมุติฐานของการทดลอง.....1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร.....3
2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย.....5
2.3 ระบบเครือข่ายไร้สายและมาตรฐาน IEEE 802.11.....8
2.4 พื้นฐาน Protocol TCP/IP.....12
2.5 พื้นฐาน Xbee API.....13
2.6 ซิกบี (Zigbee).....15
2.6.1 หลักการทำงาน และสถาปัตยกรรม.....15
2.6.2 โครงสร้างของซิกบี.....16
2.6.3 Zigbee Alliance.....17
2.6.4 คุณสมบัติของซิกบี.....17
2.6.5 มาตรฐานของซิกบี.....18
2.6.6 กลไกการรักษาความปลอดภัยของซิกบี.....20
2.6.7 ประโยชน์ของซิกบี.....20
2.7 เสาไฟสัญญาณ (Tower Light).....21
2.8 อุณหภูมิ (Temperature).....23
2.9 ความชื้น (Humidity).....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกับส่วนของฐานข้อมูล 27
3.2 โครงสร้างของระบบติดตามสถานะการทำงานเครื่องจักร 29
3.2.1 Machine Interface 29
3.2.2 Gateway 29
3.2.3 Server 29
3.2.4 Display 30
3.3 การออกแบบส่วนติดต่อเครื่องจักร (Machine Interface) 30
3.3.1 วงจรตรวจจับไฟจากเสาไฟสัญญาณ 30
3.3.2 วงจรประมวลผล 32
3.3.3 วงจรส่งข้อมูล 34
3.3.4 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรง 34
3.4 การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway) 35
3.4.1 ส่วนเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต 35
3.4.2 ส่วนการรับค่าจากเครื่องจักร 36
3.4.3 ส่วนประมวลผลหลัก 37
3.4.4 วงจรจ่ายไฟกระแสตรง 37
3.5 การออกแบบส่วนของฐานข้อมูลและการแสดงผล 37
3.5.1 ฐานข้อมูล 37
3.5.2 ส่วนการแสดงผล 38
3.6 วงจรสมบูรณ์ของส่วนติดต่อเครื่องจักรและแหล่งเก็บข้อมูล 39
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 43
4.1 การทดลอง 43
4.2 ผลการทดลอง 43
4.2.1 ผลการทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ 43
4.2.2 ผลการทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช 45
4.2.3 ผลการทดลองรับ-ส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) 46
4.2.4 ผลการทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ 46
4.2.5 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการทดลอง 55
5.2 ข้อเสนอแนะ 56
เอกสารอ้างอิง 57
ภาคผนวก 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การเชื่อมต่อแบบบัส....5

2.2 การเชื่อมต่อแบบวงแหวน....6

2.3 การเชื่อมต่อแบบเมช....7

2.4 การเชื่อมต่อแบบดาว....8

2.5 เทคนิคการส่งสัญญาณ....9

2.6 ชุดคำสั่ง API....13

2.7 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee....16

2.8 โครงสร้าง Zigbee....16

2.9 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ....19

2.10 ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน....19

2.11 เสาไฟสัญญาณ....22

2.12 การติดตั้งเสาไฟสัญญาณตามเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม....22

2.13 ตัวอย่างของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ....24

2.14 กราฟแสดงผลกระทบของความชื้นต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์....26

3.1 ตัวอย่างรูปแบบการจัดวางเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม....27

3.2 ระบบการเชื่อมต่อแบบตาข่าย (วงกลมแทนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ)....28

3.3 รูปแบบการเชื่อมต่อกันของเครื่องจักรแบบตาข่าย (เส้นสีแดง) ในกรณีที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่ได้เชื่อมต่อถึงกันทั้งหมด....28

3.4 ส่วนประกอบของระบบติดตามสถานะการทำงานเครื่องจักร....29

3.5 รูปแบบของเสาไฟสัญญาณ (Tower Light)....30

3.6 วงจรตรวจสอบการทำงานของ tower light....31

3.7 จำลองการทำงานวงจรกับเสาไฟสัญญาณแบบ common anode....31

3.8 จำลองการทำงานวงจรกับเสาไฟสัญญาณแบบ common cathode....31

3.9 ผังแสดงการทำงานของวงจรประมวลผล....33

3.10 จำลองการทำงานของวงจรประมวลผล....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 โมดูลรับส่งสัญญาณ Zigbee (Xbee S2C Wire antenna).....34
3.12 วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....35
3.13 แผนผังการทำงานของส่วนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต.....36
3.14 โมดูล ESP8266-12F.....36
3.15 โมดูลรับส่งสัญญาณ Zigbee (Xbee S2C).....37
3.16 ตัวอย่างตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร.....38
3.17 ผังการทำงานของเว็บแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร.....39
3.18 วงจรส่วนติดต่อกับเครื่องจักร (Machine Interface).....40
3.19 วงจรส่วนติดต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway).....41
3.20 วงจรส่วนติดต่อกับเครื่องจักร (Machine Interface).....42
3.21 วงจรส่วนติดต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway).....42
4.1 การรับส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) เข้าสู่ฐานข้อมูล.....46
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด.....49
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด.....49
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด.....50
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด.....50
4.6 หน้าแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้น.....51
4.7 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรกำลังทำงาน (RUN) อุณหภูมิและความชื้น.....52
4.8 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรหยุดการทำงาน (STOP) อุณหภูมิและความชื้น.....52
4.9 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง (ERROR) อุณหภูมิและความชื้น.....53
4.10 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรกำลังรอคำสั่งการทำงาน (IDLE) อุณหภูมิและความชื้น.....53
4.11 หน้า timeline แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักร.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบ Zigbee กับระบบเครือข่ายไร้สายประเภทอื่น ๆ 18

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Zigbee, Bluetooth และ Wi-Fi 21

4.1 ผลการทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ 44

4.2 ผลการทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช 45

4.3 ผลการทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ 47

4.4 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันงานด้านอุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจสูง ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้นำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการทำงานแทนกำลังคนให้ได้มากที่สุด เพื่อช่วยเพิ่มกำลังในการผลิต ลดต้นทุนในการผลิตและประหยัดเวลามากขึ้น โดยเครื่องจักรนั้นอาจเกิดปัญหา เช่น เครื่องจักรเสีย เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง ทำให้ระบบผลิตหยุดการทำงาน ทำให้เสียทั้งเวลาและเกิดความล่าช้าในการทำงาน โดยในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบระบบติดตามเครื่องจักรอัจฉริยะ (Intelligent Machine Monitoring System) โดยผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ อุณหภูมิรวมถึงความชื้น ในขณะนั้น โดยเมื่อเครื่องจักรมีปัญหาจะมีการแจ้งเตือนไปยังบุคลากรเพื่อให้รับทราบและสามารถซ่อมแซมเครื่องจักรได้ทันที

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบติดตามเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อนำระบบติดตามเครื่องจักรนี้ไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการ การผลิตในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อลดเวลาในการเก็บข้อมูลในการตรวจสอบสถานะของเครื่องจักร
4. เพื่อลดความเสี่ยงของผู้เก็บข้อมูลในสถานการณ์การทำงานของเครื่องจักร

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ระบบติดตามเครื่องจักรสามารถติดตามสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1. ทำการออกแบบวงจรตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักร
2. ใช้โมดูลไร้สาย XBee ZigBee Series 2 ย่าน ISM Band ความถี่ 2.4 GHz.
3. สร้างเว็ป Server ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาระบบติดตามเครื่องจักรภายในอุตสาหกรรมได้

2. สามารถนำระบบติดตามเครื่องจักรไปใช้บริหารจัดการ การผลิตในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สามารถเข้าใจการทำงานของ Zigbee พร้อมทั้งเลือกใช้งานโหมดการทำงานที่มีได้อย่างเหมาะสม

4. สามารถพัฒนาเว็ปไซต์เพื่อใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลในสมัยแรก ถูกออกแบบการควบคุมโดยใช้รีเลย์ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ปุ่มกด คอนแทกเตอร์ เป็นต้น เพื่อให้สามารถควบคุมเครื่องจักรกลได้ตามความต้องการ แต่การออกแบบส่วนควบคุมนั้น ก็ทำได้ยาก เพราะต้องใช้วิธี Hardwire โดยตรง และส่วนควบคุมนั้น ก็มีขนาดใหญ่ ซ่อมบำรุงได้ยากเพราะมีความซับซ้อน อีกทั้ง เมื่อลักษณะงานที่ต้องการควบคุมเปลี่ยนไป วงจรเดิมก็ไม่สามารถใช้ได้อีก ต้องมีการแก้ไข ซึ่งเป็นเรื่องยาก ดังนั้น จึงมีการออกแบบวงจรควบคุมอัตโนมัติแบบโปรแกรมได้ขึ้นมาเพื่อแทนวงจรการควบคุมแบบเดิม ซึ่งระบบวงจรควบคุมอัตโนมัติแบบโปรแกรมได้ คือ Programmable Logic Control (PLC) ซึ่งมีข้อดีกว่าระบบเดิม คือ มีขนาดเล็ก กะทัดรัด เมื่อเทียบกับวงจรการควบคุมแบบเดิม สามารถแก้ไขลำดับการทำงานได้ง่ายด้วยการเขียนโปรแกรม ไม่จำเป็นต้องมีการแก้ไขตัววงจรจริง ๆ ด้วยข้อดีของระบบการควบคุมอัตโนมัตินี้ ทำให้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางออกไปทั้งในบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ใช้ควบคุมลิฟต์ บันไดเลื่อน เครื่องจักรต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

การนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถเพิ่มผลผลิตและลดความผิดพลาดในการผลิตได้อย่างมาก โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่มีอันตรายในการผลิต เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกก๊าซ โรงงานผลิตสารเคมี เป็นต้น การใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดร่วมกับระบบอัตโนมัติในการผลิต เช่น แขนกล หุ่นยนต์ ระบบควบคุมอัตโนมัติ เป็นต้น สามารถช่วยลดทั้งความผิดพลาดที่เกิดจากการทำงาน และความสูญเสียต่อชีวิตมนุษย์เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้

แม้ว่าการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัตินี้จะมีประโยชน์ต่อการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก แต่ในการสั่งงานควบคุมระบบอัตโนมัตินี้กลับถูกจำกัดไว้ด้วยระยะทางของสายเคเบิลที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมกับระบบควบคุมอัตโนมัตินี้เอง แม้ว่าจะมีผู้ผลิต PLC บางยี่ห้อที่ออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายได้ แต่ก็จำกัดอยู่ภายใต้เครือข่ายของตนเท่านั้น ไม่สามารถควบคุมจากระยะไกลได้ จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาระบบการผลิตอัตโนมัติในด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง สำหรับการควบคุมระบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบไร้สายก็เป็นด้านหนึ่งที่มีงานวิจัยเพื่อการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากการควบคุมในแบบปกติ เช่น งานวิจัย Abou El-Ela and Alkanhel (2007) ซึ่งเสนอแนวคิดนา Bluetooth Module มาใช้แทนสายเคเบิลในการเชื่อมต่อระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programmable Logic Controller (PLC) เข้ากับเครื่องที่ใช้ควบคุม ข้อจำกัดของระบบนี้ คือ การทำงานของ Bluetooth อาจมีการรบกวนกับการทำงานของ WIFI ซึ่งอยู่ภายในบริเวณเดียวกันได้ และยังไม่สามารถจัดการอุปกรณ์หลายๆ ชิ้นในรูปแบบของเครือข่าย นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังไม่ได้คำนึงถึงการควบคุมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต งานวิจัย(Li and Li, 2009: 533–536) นำเสนอแนวคิดการนำ Zigbee มาใช้แทนสายเคเบิลในการเชื่อมต่อส่วนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมเข้ากับ PLC แบบไร้สายในระยะใกล้ โดยมีการใช้ Zigbee ในรูปแบบเครือข่ายทำให้สามารถเชื่อมต่อ PLC เข้าในระบบได้หลายตัว ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือเป็นระบบการสื่อสารระยะใกล้เท่านั้น ยังไม่ได้คำนึงถึงการส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบสนับสนุนที่จำเป็นเพิ่มเติมอีกด้วย เช่น ระบบการจัดการผู้ใช้แบบหลายผู้ใช้ ระบบการแปลงรูปแบบคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับ PLC ในแบบ Serial ให้สามารถส่งผ่านอินเทอร์เน็ตได้ ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยขณะที่ส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต งานวิจัย (Hui and Jing, 2011:1683–1686) นำเสนอแนวคิดของการแสดงสถานะของ PLC ในรูปแบบ GUI เรียกว่า Virtual Control Interface (VCI) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนแบบระยะไกล ซึ่ง VCI นี้พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บเพจเพื่อทำให้ผู้เรียนจากระยะไกลสามารถทดลองใช้ PLC จากระยะไกล ข้อจำกัดของการแสดงสถานะด้วย VCI คือ การนำแนวคิดประยุกต์ใช้งานจริงจะขาดความยืดหยุ่น โดย VCI ที่สร้างขึ้นใช้ได้เฉพาะกับ PLC ที่จำลองออกมาเท่านั้น แม้จะใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial เหมือนกันก็ตาม การที่จะต้องแก้ไข VCI เพื่อให้ใช้กับ PLC ตัวอื่นทำได้ยากและอาจต้องเสียทรัพยากรมาก งานวิจัย (Gill, Shuang-Hua, Fang and Xin, 2009: 422–430) นำเสนอแนวคิดการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจากระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และระยะใกล้ภายในบ้าน โดยนำเสนอหลักการจัดการอุปกรณ์ภายในบ้านซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Home Gateway และ Virtual Home โดย Home Gateway ทำหน้าที่ดูแลการรับคำสั่งที่ส่งมาจากภายในบ้านและที่ส่งจากระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต Virtual Home เป็นส่วนที่ใช้ตรวจความถูกต้องของคำสั่ง ที่ได้รับมาก่อนที่จะส่งให้อุปกรณ์ปลายทางทำงาน ระบบนี้ใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ภายในบ้านซึ่งมักมีสถานะที่ไม่ซับซ้อน เช่น การเปิด/ปิด สวิตช์ไฟ การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้น ระบบนี้จึงเป็นการยากที่จะนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่มีการควบคุมซับซ้อนและต้องอาศัยส่วนควบคุมและมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเฉพาะ เช่น ในโรงงานที่มักใช้อุปกรณ์ที่ต้องใช้โปรแกรมควบคุมเฉพาะตามที่ผู้ผลิตกำหนดมา และ มักใช้การส่งข้อมูลด้วย Serial Port

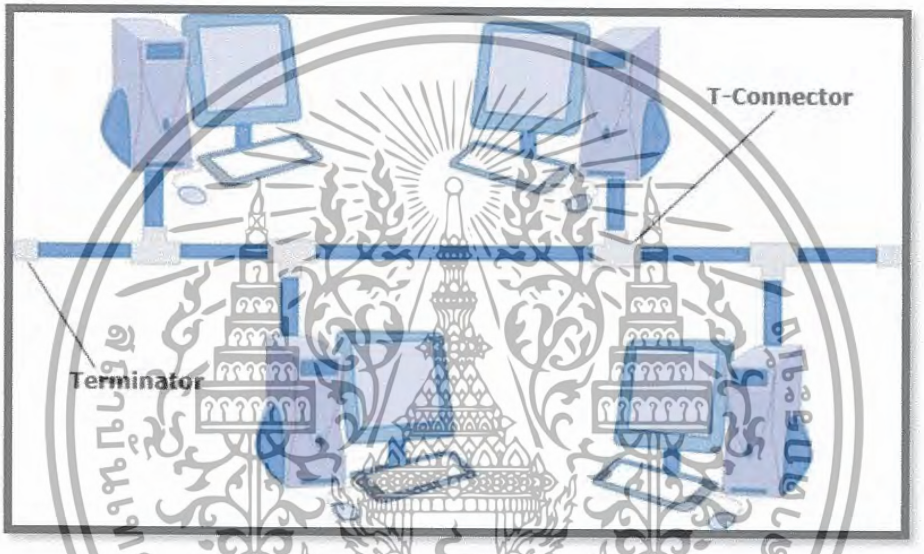
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย

รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่าย หรือที่เรียกว่า Network Topologies คือการแบ่งแยกการเชื่อมต่อเครือข่าย LAN ในลักษณะเชิงกายภาพ (Physical Topology) โดยมี 4 รูปแบบ ดังนี้

1. โทโปโลยีแบบบัส (Bus Topology)

รูปแบบการเชื่อมต่อแบบบัสจะเชื่อมต่อกันบนสายสัญญาณเส้นเดียวกัน(Backbone)โดยจำเป็นต้องมี T-Connector เป็นตัวแปลงสัญญาณข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ และจำเป็นต้องมี Terminator ปิดที่ด้านท้ายและหัวของสายสัญญาน เพื่อดูดซับไม่ให้สัญญาณสะท้อนกลับ



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบบัส

การส่งผ่านข้อมูลจะไหลผ่านไปยังปลายทั้งสองด้านที่เครื่องนั้นได้เชื่อมต่ออยู่ โดยเครื่องปลายทางจะคอยตรวจสอบแพ็คเกจว่าตรงกันกับตำแหน่งของตนเองหรือไม่ หากไม่ก็จะผ่านไป

เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งที่กำลังส่งข้อมูลอยู่ เครื่องอื่น ๆ จะไม่สามารถส่งข้อมูลได้ เนื่องจากสายสัญญาณเป็นสื่อกลางที่ใช้ร่วมกัน ดังนั้นหากมีการเชื่อมต่อแบบบัสจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงจำนวนเครื่องที่จะใช้ในเชื่อมต่อเครือข่าย

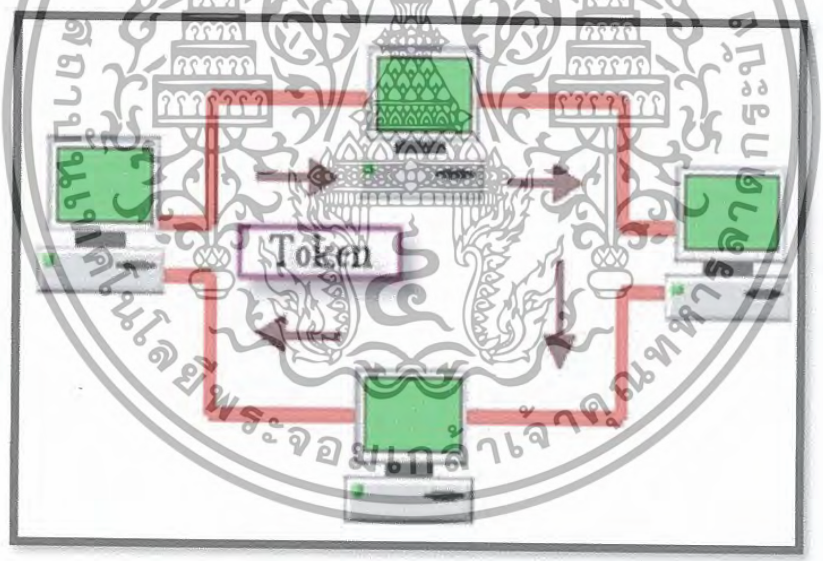
ข้อดีของการเชื่อมต่อรูปแบบบัสนี้คือมีรูปแบบการเชื่อมต่อที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ตัวอย่างเช่น หากมีการเชื่อมต่ออยู่แล้ว 2 เครื่องก็สามารถเพิ่มเป็น 3 เครื่องด้วยวิธีการถอด Terminator ที่ปลายสาย จากนั้นนำเครื่องที่ 3 พร้อมสายสัญญานอีกอันมาต่อ จากนั้นจึงปิด Terminator ที่ด้านท้ายสุดเช่นเดิม แต่ด้านอุปกรณ์ดูเหมือนจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียเพราะปัจจุบันหาซื้อได้ยาก เช่น NIC หรือการ์ด LAN ที่มีพอร์ทที่สามารถเชื่อมต่อ T-Connector หาซื้อไม่ได้แล้ว ระบบบัสแทนที่จะง่าย ปัจจุบันกับเป็นเรื่องยากนั่นเอง ขอเสียด้านการส่งข้อมูลอย่างที่กล่าวไปแล้วในตอนต้นคือระบบบัสจะมี backbone เพียงแค่ตัวเดียว การส่งข้อมูลจึงส่งได้ทีละเครื่อง ประการที่สอง เมื่อการส่งข้อมูลมีปัญหา จะสามารถตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากทุกอุปกรณ์ต่างก็เชื่อมต่อเข้ากับสายแกนหลักทั้งหมด หากสายสัญญาณชำรุดระบบก็จะล่มทั้งหมด นอกจากนี้การส่งผ่านระหว่างเครื่องสู่เครื่องด้วยระบบบัสยังมีจำกัดเรื่องระยะห่างที่ไม่มาก เพราะสัญญาณข้อมูลอาจส่งไปไม่ถึง

2. โทโปโลยีแบบวงแหวน (Ring Topology)

Ring Topology เป็นระบบที่มีการส่งข้อมูลไปในทิศทางเดียวกันโดยมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงแหวน (Ring Topology บางระบบสามารถส่งได้ 2 ทิศทาง) โดยจะมีเครื่อง Server ในการปล่อย Token เพื่อตรวจสอบว่ามีเครื่องคอมพิวเตอร์ใดต้องการส่งข้อมูลหรือไม่ เครื่องใดที่ต้องการส่งข้อมูลก็จะต้องรอให้เครื่องอื่น ๆส่งข้อมูลให้เสร็จสิ้นเสียก่อน (เช่นเดียวกับบัส)



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อแบบวงแหวน

ข้อดีของโทโปโลยีแบบวงแหวนคือการส่งข้อมูลสามารถส่งไปยังผู้รับหลาย ๆ เครื่องพร้อมกันได้ โดยกำหนดตำแหน่งปลายทางเหล่านั้นลงไปในส่วนหัวของแพ็กเกจข้อมูล ซึ่ง repeater ของแต่ละเครื่องจะคอยตรวจสอบเองว่ามีข้อมูลส่งมาให้ที่โหนดตนเองหรือไม่

ข้อเสียหากวงแหวนชำรุดหรือขาด จะส่งผลกระทบต่อระบบทั้งหมด และตรวจสอบได้ยาก เช่นเดียวกันหากระบบเกิดมีปัญหา

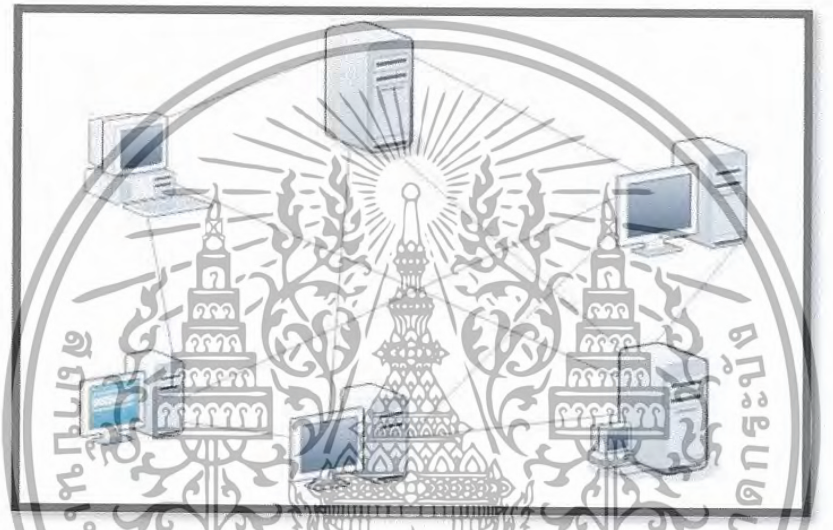
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โทโพโลยีแบบเมช (Mesh Topology)

Mesh Topology ถือว่าเป็นการเชื่อมโยงแบบ point to point โดยแต่ละเครื่องจะมีการเชื่อมโยงที่เป็นของตนเอง

ข้อดีของรูปแบบเมชคือไม่มีการแชร์ข้อมูลกันระหว่างเครื่องใด ๆ จึงสามารถใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากเป็นกันสื่อสารกันระหว่าง 2 เครื่องไม่มีเครื่องอื่น ๆ เลย

ข้อเสียคือเป็นรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายที่สิ้นเปลืองสายสื่อสารมากที่สุด



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อแบบเมช

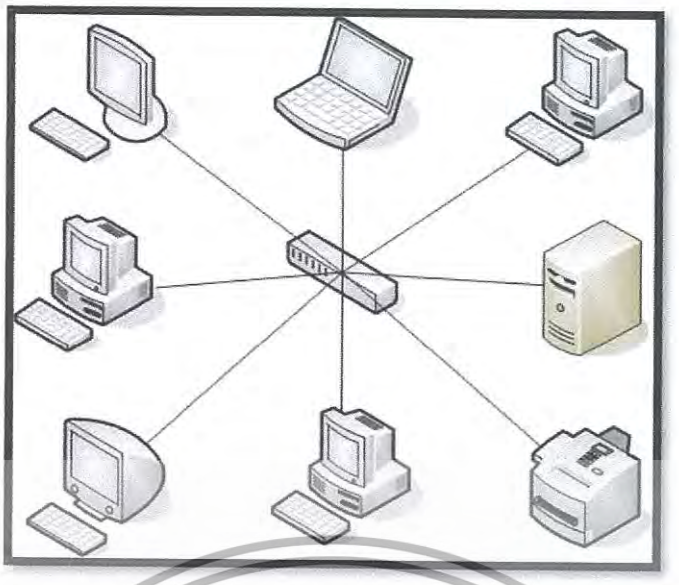
4. โทโพโลยีแบบดาว (Star Topology)

Star Topology เป็นรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต่อสายเข้าไปที่อุปกรณ์ที่เรียกว่า Hub หรือ Switch (จะกล่าวถึงอุปกรณ์ network ในบทต่อไป) โดยอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องต่าง ๆ ในระบบ LAN

ข้อดีของระบบแบบดาวนี้คือสามารถควบคุมดูแลได้สะดวกเนื่องจากมีจุดควบคุมอยู่ที่จุดเดียว เมื่อเครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดชำรุด ระบบก็จะยังคงทำงานได้ตามปรกติ การส่งข้อมูลไม่จำเป็นต้องรอคอยเครื่องใด ๆ สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เป้าหมายได้เลย

ข้อเสียคือต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก ได้แก่ เครื่องสวิตช์หรือฮับ รวมถึงอุปกรณ์สายสัญญาณที่ต้องสิ้นเปลืองกว่าระบบอื่น ๆ ประการที่สอง หากอุปกรณ์ที่เป็นศูนย์กลางชุดรุดระบบก็จะไม่สามารถทำงานได้ทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อแบบดาว

2.3 ระบบเครือข่ายไร้สายและมาตรฐาน IEEE 802.11

IEEE 802.11 คือมาตรฐานการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายกำหนดขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) เป็นมาตรฐานกลางที่ได้นำมาปฏิบัติใช้ เพื่อที่จะทำการเชื่อมโยงอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกันบนระบบ

ในทางปกติแล้ว การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สองชิ้น นั่นคือ

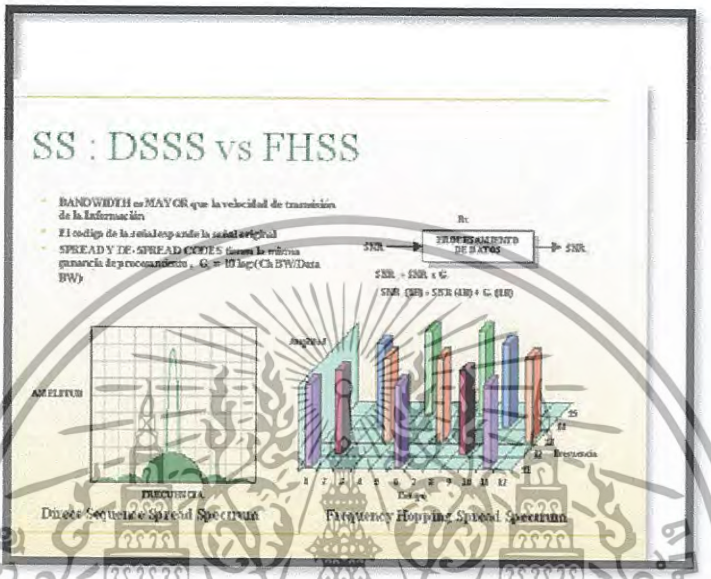
1. Access Point คือ ตัวกลางที่ช่วยในการติดต่อระหว่าง ตัวรับ-ส่งสัญญาณ Wireless ของผู้ใช้กับ Router ผ่านทางสายนำสัญญาณที่ทำจากทองแดงที่ได้รับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย เช่น สายแลน หรือสายโทรศัพท์ ADSL หรือผ่านทางสายใยแก้วนำแสง

2. ตัวรับ-ส่งสัญญาณ Wireless ทำหน้าที่รับ-ส่ง สัญญาณระหว่างตัวรับส่งแต่ละตัวด้วยกัน หรือระหว่างตัวลูกข่ายกับ Access Point

มาตรฐาน 802.11 ใช้การส่งสัญญาณแบบคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่ ISM (Industrial, Scientific and Medical) Bandสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็วค่อนข้างต่ำ คือ 1 และ 2 Mbps เท่านั้น โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณหลักอยู่ 2 รูปแบบ คือ DSSS (Direct Sequent Spread Spectrum) และ FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) ซึ่งถูกคิดค้นมาจากหน่วยงานทหาร การส่งสัญญาณทั้ง 2 รูปแบบจะใช้ความกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่มากกว่าการส่งสัญญาณแบบ Narrow Band แต่ทำให้สัญญาณมีความแรงมากกว่า ซึ่งง่ายต่อการตรวจจับมากกว่าแบบ Narrow Band

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยงานทหารใช้วิธีการเหล่านี้ในการปิดกั้นการใช้งานจากอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จะมาทำให้ระบบเกิดปัญหา โดยการส่งสัญญาณแบบ FHSSสัญญาณจะกระโดดจากความถี่หนึ่งไปยังอีกความถี่หนึ่งในอัตราที่ได้กำหนดไว้แล้ว ซึ่งจะรู้กันเฉพาะตัวรับกับตัวส่งเท่านั้น ส่วนการส่งสัญญาณแบบ DSSS จะมีการส่ง Chipping Code ไปกับสัญญาณแต่ละครั้งด้วย ซึ่งจะมีเฉพาะตัวรับกับตัวส่งเท่านั้นที่จะรู้ลำดับของ Chip



รูปที่ 2.5 เทคนิคการส่งสัญญาณ

การใช้งานระบบเครือข่ายแบบไร้สายทุกวันนี้ DSSS มีคุณสมบัติที่โดดเด่นและให้ Throughput ที่มากกว่า และจากที่ได้มีการพัฒนาจนได้อัตราการส่งข้อมูล 11 Mbps ผ่านการส่งแบบ DSSS และเป็นมาตรฐานที่โดดเด่นของ WLAN ผลิตภัณฑ์ซึ่งรองรับมาตรฐาน 802.11b (อัตราส่งถ่ายข้อมูลสูง 11 Mbps) นี้สามารถทำงานร่วมกับผลิตภัณฑ์ซึ่งทำงานกับมาตรฐาน DSSS แบบเก่า 802.11 (อัตราส่งถ่ายข้อมูล 1 และ 2 Mbps) ได้ แต่ระบบ FHHS จะถูกใช้กับอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งต่ำ หรือเป็น Application ที่ใช้งานในย่านต่ำ ๆ เช่น โทรศัพท์ไร้สายความถี่ 2.4 GHz แต่จะไม่สามารถใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์ DSSS ได้

หลังจากที่เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายนี้ได้เกิดขึ้น ก็ได้เกิดมาตรฐานตามมาอีกมายมาย การจะเลือกซื้อหรือเลือกใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเหล่านั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ รวมถึงความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีที่ต่าง ๆ ด้วย

IEEE 802.11 นั้นจะแบ่งระดับชั้นของเทคโนโลยีออกเป็น 4 ระดับ นั่นคือ

- PHY (Physical Layer หรือ ชั้นกายภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MAC (Media Access Controller หรือตัวควบคุมการเข้าถึงสื่อ)

- OS (ระบบปฏิบัติการ)

- Application (แอพพลิเคชั่น)

โดยในระดับชั้น PHY หรือชั้นกายภาพนั้น ก็คือส่วนของฮาร์ดแวร์ที่แบ่งมาตรฐานออกเป็น a, b และ g โดยหากเลือกต่างชนิดกันก็ไม่สามารถสื่อสารกันได้รู้เรื่องเพราะเป็นความถี่ที่ต่างกันจะติดต่อรับส่งข้อมูลกันไม่ได้ โดยปัจจุบันในส่วนของ PHY นี้มีมาตรฐานออกมาหลายอย่าง แต่ที่ได้รับความนิยมทั้งในอดีตและปัจจุบันนั้น แบ่งออกเป็น 7 มาตรฐานด้วยกัน ได้แก่

1. มาตรฐาน IEEE 802.11a หรือ Class a จะใช้คลื่นความถี่ 5 GHz ในการรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สาย ทำความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps

ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) รองรับอัตราความเร็วของการส่งข้อมูล เท่ากับ 6 , 9 , 12 , 18 , 24 , 36 , 48 และ 54 Mbps อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงเพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้นได้ แต่ข้อเสียคือ ที่ความถี่ 5 GHz ในหลายประเทศไม่อนุญาตให้ใช้ รวมทั้งประเทศไทย และอุปกรณ์ไร้สายที่รองรับเทคโนโลยี IEEE 802.11a ไม่สามารถเข้ากันได้กับอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ได้ รวมทั้งอุปกรณ์ของ IEEE 802.11a ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b ด้วย

2. มาตรฐาน IEEE 802.11b หรือ Class b จะใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz ในการรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สาย ทำความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps

ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผนวกกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุด ได้รับการตั้งชื่อใหม่ว่า Wi-Fi โดยได้รับการรับรองมาตรฐานและกำหนดรายละเอียดโดยกลุ่ม WECA หรือ Wireless Ethernet Compatibility Alliance ที่ประกอบด้วยสมาชิกจากผู้ผลิตในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ชื่อดังอย่าง 3com, Cisco Systems, Intersil, Agere Systems, Nokia และ Symbol Technologies ซึ่งปัจจุบันก็ยังมีสมาชิกจากบริษัทต่างๆ อีกกว่า 110 บริษัทเข้าร่วมอยู่ในมาตรฐานนี้

สำหรับรายละเอียดด้านคุณสมบัติของ IEEE 802.11b จะสามารถรับ - ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps โดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ 2.4 GHz ใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ DSSS โดยย่านความถี่ที่ใช้เป็น ISM (Industrial, Scientific and Medical) Band จากระดับความเร็วที่ค่อนข้างต่ำ คือทำได้เพียง 11 Mbps เท่านั้น เมื่อเทียบกับระบบ LAN แบบมีสาย ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานปัจจุบันอยู่ที่ระดับ 100 Mbps และล่าสุดมาตรฐานความเร็ว 1 Gbps กำลังเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเห็นว่า IEEE 802.11b ค่อนข้างช้ากว่ามาก ไม่เพียงเท่านั้น คลื่นความถี่วิทยุที่ 2.4 GHz ที่ IEEE 802.11b ใช้อยู่นั้นยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมใช้งานอยู่ด้วยหลายชนิด เช่น โทรศัพท์ไร้สาย, Bluetooth และเตาไมโครเวฟ ที่สำคัญแต่ละผลิตภัณฑ์มีความสามารถทำงานร่วมกันได้ ซึ่งหากมีอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานอยู่ใกล้ๆ กับเครือข่าย IEEE 802.11b ก็จะทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลช้าลง แต่จุดเด่นคือการใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ค่อนข้างต่ำ เพียง 2.4 GHz นั้นทำให้ IEEE 802.11b มีระยะทางในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ค่อนข้างไกล ทำให้ชุดเครือข่ายไร้สายแบบ IEEE 802.11b ไม่จำเป็นต้องมีจุดรับส่งสัญญาณ หรือที่เรียกกันว่า Access Point หรือ Hot Spot มากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดี มาตรฐานนี้มีระบบเข้ารหัสข้อมูลแบบ WEP ที่ 128 บิต

3. มาตรฐาน IEEE 802.11g หรือ Class g จะใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz ในการรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สาย ทำความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps

ได้รับการพัฒนาจากการนำเอาเทคโนโลยี OFDM ของ 802.11a มาพัฒนาจนทำให้ได้ความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่ง 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน จุดเด่นที่สำคัญของ 802.1 g ก็คือสามารถใช้งานร่วมกับ 802.11b ที่มีอยู่แล้วได้ มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้เป็นจำนวนมากและกำลังจะเข้ามาแทนที่ 802.11b ในอนาคตอันใกล้

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีบางผลิตภัณฑ์ใช้เทคโนโลยีเฉพาะตัวเข้ามาเสริม ทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 54 Mbps เป็น 108 Mbps แต่ต้องทำงานร่วมกันเฉพาะอุปกรณ์ที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันเท่านั้น ซึ่งความสามารถนี้เกิดจากชิป (Chip) กระจายสัญญาณของตัวอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตบางรายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับ-ส่ง สัญญาณเป็น 2 เท่าของการรับส่งสัญญาณได้ แต่ปัญหาของการกระจายสัญญาณนี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์ไร้สายในมาตรฐาน 802.11b มีประสิทธิภาพลดลงด้วยเช่นกัน

4. มาตรฐาน IEEE 802.11n หรือ Class n จะใช้คลื่นความถี่ คือ 2.4 GHz และ 5 GHz ในการรับส่งสัญญาณข้อมูลไร้สาย ทำความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps และ 300 Mbps

ความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณได้ระยะประมาณ 70 เมตรในโครงสร้างปิด และ 250 เมตรในที่โล่งแจ้ง เพิ่มความสามารถในการกันสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz เหมือนกัน และสามารถรองรับอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ได้ ซึ่งช่วงระยะหลังได้มีการพัฒนาการส่งสัญญาณแบบ "Dual-Band" หรือการใช้คลื่นความถี่ในย่าน 2.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 5 GHz ในการรับส่งสัญญาณ (จะใช้เสามากกว่า 1 ต้นขึ้นไป) ทำให้สามารถทำความเร็วได้สูงถึง 300 + 300 Mbps หรือเรียกสั้นๆ ว่า N600

5. มาตรฐาน IEEE 802.11-2012

ในปี 2007 กลุ่มงาน TGmb ได้รับการอนุมัติให้รวบรวมการแก้ไขทั้งหมดให้เป็นเวอร์ชันที่เรียกว่า REVmb หรือ 802.11mb ที่ประกอบด้วย 802.11k, r, y, n, w, p, z, v, u, s ตีพิมพ์วันที่ 29 มีนาคม 2012

6. มาตรฐาน IEEE 802.11ac หรือ Class ac จะใช้คลื่นความถี่ 5 GHz ในการรับส่งข้อมูลไร้สาย

เป็นมาตรฐานที่ให้ Throughput กับ Wireless LAN แบบหลายสถานี สูงกว่าที่อย่างน้อย 1 Gbps และสำหรับลิงก์เดี่ยวที่อย่างน้อย 500 Mbps โดยการใช้ RF แบนด์วิธที่กว้างกว่า (80 หรือ 160 MHz) สตรีมมากกว่า (สูงถึง 8 สตรีม) และ Modulation ที่ความจุสูงกว่า (สูงถึง 256 QAM) โดย Class ac เป็นมาตรฐานใหม่ล่าสุดที่ได้รับการรับรองจาก IEEE ให้เป็นมาตรฐานใหม่ เมื่อ ปี ค.ศ. 2013 ซึ่งมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายของ Class ac สามารถทำความเร็วได้สูงถึง 6,930 Mbps หรือประมาณ 6.93 Gbps

7. มาตรฐาน IEEE 802.11ad หรือ Class ad หรือ "WiGig"

เกิดจากการผลักดันจากผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ ในวันที่ 24 กรกฎาคม 2012 Marvell และ Wilocity ได้ประกาศการเป็นคู่ค้าใหม่เพื่อนำ Wi-Fi Solution แบบ Tri-Band ใหม่ออกสู่ตลาด โดยการใช้ความถี่ที่ 60 GHz Throughput ทางทฤษฎีสูงสุดถึง 7 Gbps มาตรฐานนี้ได้ออกสู่ตลาดในช่วงเมื่อต้นปี 2014

2.4 พื้นฐาน Protocol TCP/IP

Protocol

Protocol คือ ระเบียบวิธีการที่กำหนดขึ้นสำหรับสื่อสารข้อมูล ให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อย่างถูกต้อง

Transmission Control Protocol (TCP)

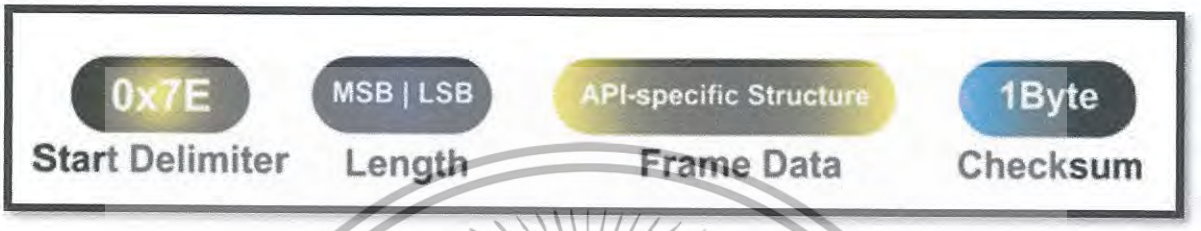
เป็น Protocol ที่ให้บริการแบบ Connection-Oriented คือจะทำการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างต้นทาง (Source) และ ปลายทาง (Destination) ก่อนที่จะทำการรับส่งข้อมูล และจะทำการส่งข้อมูลทั้งหมดจนแล้วเสร็จ ทำให้มีความน่าเชื่อถือมาก

Internet Protocol (IP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น Protocol ที่ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการรับ-ส่ง Packet เป็น Protocol ที่ให้บริการแบบ Connectionless คือจะไม่ทำการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างต้นทาง (Source) และ ปลายทาง (Destination) ก่อนที่จะทำการรับส่งข้อมูล กล่าวคือในการส่งข้อมูลแต่ละครั้งนั้น Source จะทำการส่งข้อมูลออกไปยัง Destination เลยโดยไม่ได้ทำการตกลงกันก่อน ทำให้มีความน่าเชื่อถือน้อยเพราะข้อมูลอาจสูญหายระหว่างทางได้

2.5 พื้นฐาน Xbee API



รูปที่ 2.6 ชุดคำสั่ง API

API ใน 1 ชุดคำสั่งจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกันคือ

1. Start Delimiter เป็นส่วนเริ่มต้นของ API จะใช้ 0X7E เป็นตัวคั่นเพื่อบอกให้รู้ว่านี่คือจุดเริ่มต้นของ API มีขนาด 1 Byte
2. Length คือ จำนวน Byte ของ Frame Data มีขนาด 2 Byte
3. Frame Data คือ คำสั่ง และ Data ที่ต้องการส่ง หรือ ที่รับมา Frame Data จะมีรายละเอียดแตกต่างกันไป ตาม Frame Type ที่ใช้ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไปอีกที
4. Checksum เป็นตัวที่เอาไว้ตรวจเช็คความถูกต้องของ Data ที่ได้รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ มีขนาด 1 Byte

Send Data

Data ที่ Coordinator ส่งออกไปคือ

7E 00 1A 10 00 00 13 A2 00 40 3D C7 28 32 A9 00 00 54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 63 62

ถ้าหากแยก Data ออกเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม ดังที่กล่าวไปในข้างต้นของบทความแล้วจะสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

7E = Start Delimiter

00 1A = Length

10 00 00 13 A2 00 40 3D C7 28 32 A9 00 00 54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 63 = Frame Data ของ ZigBee Transmit Request เราจะแยกพิจารณา ซึ่งประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 = Frame Type เป็น Byte ที่บอกว่า เป็น ZigBee Transmit Request

00 = Frame ID เป็นตัวกำหนดว่า การส่ง Data ครั้งนี้ต้องการการตอบกลับจากตัวรับเพื่อยืนยันว่าการส่งสำเร็จหรือไม่ โดย 00 คือ ไม่ต้องการการตอบกลับ และ 01 คือต้องการการตอบกลับ

00 13 A2 00 40 3D C7 28 = 64 bit Destination Address ก็คือค่า SH SL ของตัวรับ

32 A9 = 16-bit Destination Network Address ก็คือ MY ของตัวรับ

00 = Broadcast Radius ค่า จำนวน Hop สูงสุดซึ่ง 00 คือ set เป็นค่าสูงสุด

00 = Options ตั้งค่า option ที่ใช้ในการส่งเช่น ถ้าหากตั้งเป็น

0x00 - ไม่ใช้ Option

0x01 - Disable ACK

0x20 - Enable APS encryption (if EE=1)

0x40 - Use the extended transmission timeout for this destination

54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 = Data ที่ส่งออกไป

63 = ค่า Checksum

Data ที่ Router ได้รับ

7E 00 18 90 00 13 A2 00 40 3D C7 1E 00 00 01 54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 63 C6

ถ้าหากเราแยก Data ออกเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม ดังที่กล่าวไปในข้างต้นของบทความแล้วจะสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

7E = Start Delimiter

0018 = Length

90 00 13 A2 00 40 3D C7 1E 00 00 01 54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 63 = Frame Data ของ Zigbee Receive Packet ซึ่งประกอบไปด้วย

90 = Frame Type เป็น Byte ที่บอกว่า เป็น Zigbee Receive Packet

00 13 A2 00 40 3D C7 1E = 64-bit Source Address ก็คือ SH SL ของตัวส่ง

00 00 = 16-bit Destination Network Address ก็คือ MY ของตัวส่ง

01 = Receive Options

0x01 - Packet Acknowledged

0x02 - Packet was a broadcast packet

0x20 - Packet encrypted with APS encryption

0x40 - Packet was sent from an end device (if known)2

54 68 61 69 45 61 73 79 45 6C 65 63 = Data ที่ส่งมา

C6 = ค่า Checksum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ซิกบี (Zigbee)

ซิกบี (Zigbee) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ร่วมกันสื่อสารข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก จำนวนเป็นพัน ๆ หมื่นๆ ชิ้นที่ฝังอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ในอาคาร สำนักงาน โรงงาน หรือแม้แต่ในบ้าน การทำงานของซิกบี จะเป็นการรับ-ส่ง คลื่นสัญญาณข้อมูล ผ่านชิปเล็ก ๆ นี้จุดต่อจุดไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นการวัดอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จับปริมาณมลพิษในอากาศ ปริมาณน้ำ ท่อแก๊สโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมาก จึงสามารถฝังทิ้งไว้ในที่ห่างไกลได้เป็น 10 ปี เทคโนโลยีซิกบี จะช่วยทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องกับการส่งพลังงาน เช่น น้ำมัน ประปา น้ำในเขื่อน ท่อแก๊ส สามารถประหยัดการสูญเสียได้อย่างน้อย 10-15 เปอร์เซ็นต์ และในอนาคตอันใกล้นี้ เมื่อเทคโนโลยีนาโนก้าวหน้ามากขึ้น เซ็นเซอร์ซิกบีจะมีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดสามารถฝังได้แม้กับในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้

ซิกบีได้รับการจัดการโดยองค์กรพันธมิตรที่มีชื่อว่า “ZigBee Alliance” ซึ่งมีบริษัทที่เข้าร่วมพัฒนาเทคโนโลยีนี้มากกว่า 150 บริษัท ในจำนวนนี้มี 9 บริษัทที่เป็นผู้ร่วมก่อตั้งองค์กรนี้ขึ้นมา และปัจจุบันบริษัททั้ง 9 นี้ ได้เป็นบริษัทที่มีมาตรฐานของซิกบีแล้ว บริษัท 9 บริษัทนี้ ได้แก่ บีเอ็ม กรุ๊ป (BM Group) ชิบคอน (Chipcon) ฟรีสเกล (Freescale) ฮันนีเวลล์ (Honeywell) มิตซูบิชิ (Mitsubishi) โมโตโรลา (Motorola) ฟิลลิปส์ (Philips) และซัมซุง (Sumsung)

2.6.1 หลักการทำงาน และสถาปัตยกรรม

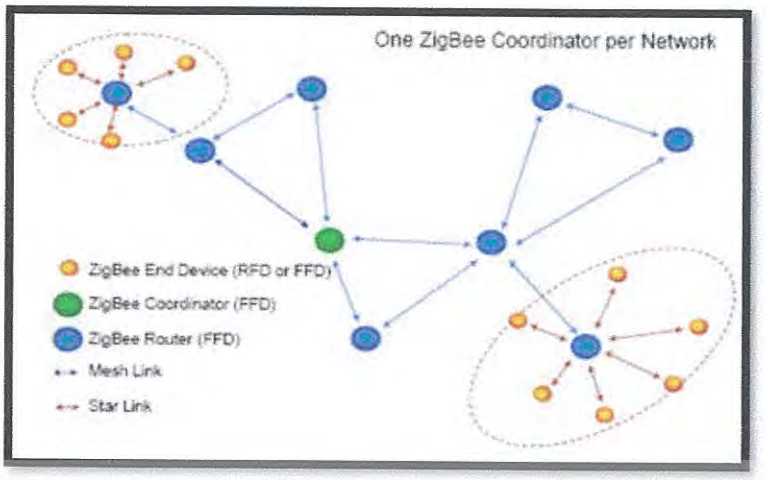
Zigbee แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. Zigbee Coordinator ทำหน้าที่สร้างโครงข่าย จัดการโหนดในโครงข่าย และเก็บข่าวสารของโหนดในโครงข่าย

2. Zigbee Router ทำหน้าที่จัดการเส้นทางของข้อมูลที่ส่งผ่านภายในโครงข่ายระหว่างโหนด

3. Zigbee end Device เป็นจุดปลายของโครงสร้างเครือข่าย อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน โดยสามารถเป็นได้ทั้ง แบบ RFD และ FFD ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Zigbee ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.7

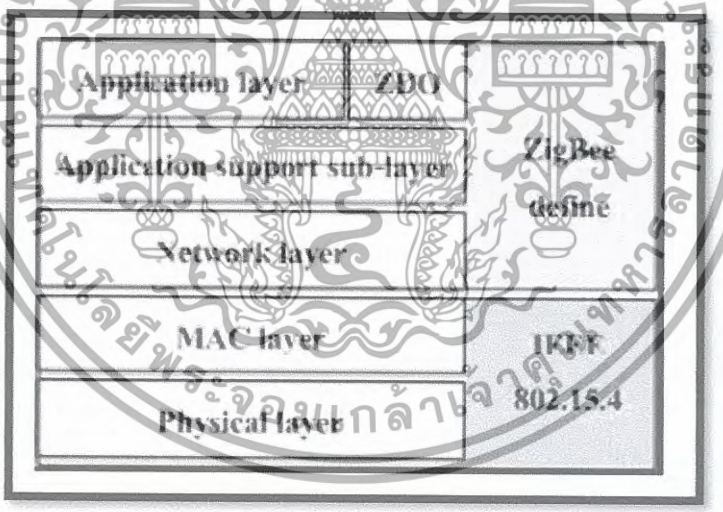
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ Zigbee

2.6.2 โครงสร้างของซิกบี

ZigBee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer, Application support Layer และ Network layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4



รูปที่ 2.8 โครงสร้าง Zigbee

โดยโครงสร้างของ ZigBee จะแบ่งเป็น layer ต่าง ๆ ดังนี้

1. Application layer

เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่ เรียกว่า Application framework โดยมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Application support sub-layer

ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer และทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูล รวมถึงการจัดการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer

3. Network layer

ทำหน้าที่ในการ routing ข้อมูลต่าง ๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน หรือต่างเครือข่ายกัน

2.6.3 Zigbee Alliance

ได้คิดหาวิธีแก้ปัญหาที่จะสามารถควบคุมสัญญาณให้ได้โดย

1. Physical Layer ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับความราคาที่ประหยัด การเข้าถึงโดยตรงตามลำดับอนุญาติให้ใช้วงจรอนาล็อกที่ไม่ซับซ้อนและมีความคงทนมากในการปรับปรุง

2. Media Access Control (MAC) layer ถูกออกแบบมาโดยยอมให้สามารถใช้งานได้กับ โทโปโลยีหลายๆ แบบแต่ต้องไม่ซับซ้อน การจัดการพลังงานต้องไม่ใช้ขั้นตอนมาก MAC ต้องยอมให้ลดหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ (Reduced Functionality Device: RFD) บางตัวที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสง (flash) หรือต้องใช้ RAM หรือ ROM ทำงานมากลง MAC ถูกออกแบบมาเพื่อให้รองรับได้กับจำนวนอุปกรณ์มาก ๆ โดยที่ต้องไม่เกิดการหลุดชะงักด้วย (parked)

3. Network Layer จะได้รับการออกแบบเพื่อยอมให้ช่วงของเครือข่ายแผ่วงกว้างโดยที่ต้องไม่ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ใช้พลังงานสูง ชั้น Network Layer ต้องสามารถรองรับโหนดจำนวนมากได้โดยใช้เวลาแฝงต่ำด้วย

2.6.4 คุณสมบัติของซิกบี

Zigbee เป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ไร้สาย ถูกกำหนดโดยกลุ่ม Zigbee Alliance ซึ่งเริ่มก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2002 เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ รอบตัวที่ใช้ในชีวิตประจาวันในแบบไร้สายซึ่งไม่ต้องการความเร็วสูงมากนัก เช่น สวิตช์เปิดปิดแสงสว่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิห้อง เป็นต้น รวมไปถึงใช้ในการรับค่าจาก Sensor ต่างๆ โดย Zigbee ถูกออกแบบโดยมุ่งให้มีคุณลักษณะดังนี้

1. อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps (2.4 GHz), 40 kbps (915 MHz), and 20 kbps (868 MHz)

2. High throughput และ low latency Duty Cycle ต่ำ (< 0.1%)

3. มีการเข้าถึง Channel แบบ Channel access using Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถรองรับ Address ได้ถึง 64 bit IEEE address (65535 network)

5. รับประกันการส่งแบบ Full hand shaked protocol

6. เชื่อมต่อ Topology ได้หลายแบบ เช่น Star, Peer-to-peer, Mesh

7. ใช้พลังงานต่ำ (สามารถใช้ได้หลายเดือนจนถึงปี)

8. ระยะทางการส่งพื้นฐาน 5-500 เมตร

2.6.5 มาตรฐานของซิกบี

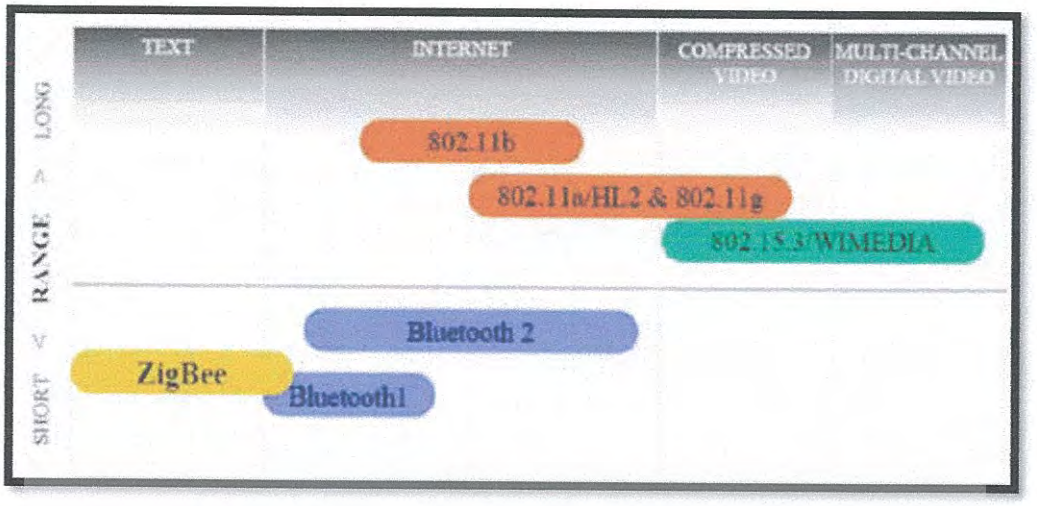
ซิกบีเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกพัฒนาขึ้น ให้มีจุดเด่นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ กล่าวคือ ราคาต่ำ ใช้พลังงานน้อย จึงสามารถติดตั้ง ไว้ได้นาน และสามารถสร้างเครือข่ายได้ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานด้านเซนเซอร์ไร้สาย ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบสภาพแวดล้อม

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ Zigbee คือประมาณ 250 KB/s ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่งสัญญาณควบคุม หรือรับส่งผลลัพธ์จากอุปกรณ์ Sensor ต่าง ๆ ได้ดี โดยเมื่อเปรียบเทียบ Zigbee กับ ระบบ Cellular และ Wi-Fi 802.11b และ Bluetooth Version 4 ในด้านพลังงานที่ใช้จำนวนโหนดที่สามารถมีได้ในเครือข่าย อัตราการรับส่งข้อมูล ระยะทางที่สามารถติดต่อได้ สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบ Zigbee กับระบบเครือข่ายไร้สายประเภทอื่น ๆ

Market Name	ZigBee	---	Wi-Fi™	Bluetooth™
Standard	802.15.4	GSM/GPRS CDMA/1xRTT	802.11b	802.15.1
Application Focus	Monitoring & Control	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement
System Resources	4KB - 32KB	15MB+	1MB+	250KB+
Battery Life (days)	100 - 1,000+	1-7	.5 - 5	1 - 7
Network Size	Unlimited (2^{64})	1	32	7
Maximum Data Rate (KB/s)	20 - 250	64 - 128+	11,000+	720
Transmission Range (meters)	1 - 100+	1,000+	1 - 100	1 - 10+
Success Metrics	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ปริมาณการใช้ Throughput ของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบต่าง ๆ

Zigbee กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่ คือ

1. ย่านความถี่ 2.4 GHz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps
2. ย่านความถี่ 915 GHz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps
3. ย่านความถี่ 868 GHz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps

รูปที่ 2.10 ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน

จากรูปที่ 2.10 แสดงย่านความถี่ที่ Zigbee ใช้นั้น เป็นคลื่นความถี่ในช่วง ISM Band 3 ช่วงคลื่น คือ 868MHz, 915MHz, 2.4GHz ด้วยวิธีการส่งแบบ Direct Spread Spectrum (DSSS) ทำให้มีคุณสมบัติทนทานต่อ Noise เหมาะจะใช้ในพื้นที่ซึ่งมี Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 กลไกการรักษาความปลอดภัยของซิกบี

การรักษาความปลอดภัยของ Zigbee นั้น จะใช้การเข้ารหัสแบบ 128-bit AES เป็นหลักโดยจะมีศูนย์กลางในการรักษาความปลอดภัยของ Zigbee Network อยู่ที่ Coordinator Node โดยเป็น Trust Center ซึ่งทำหน้าที่จัดการด้านความปลอดภัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้

Trust Manager คือตรวจสอบว่าอุปกรณ์ที่ร้องขอเข้าใน Zigbee Network นั้น มีสิทธิในการเข้าใช้เครือข่ายหรือไม่

Network Manager คือ แจกจ่าย Network Key ให้สมาชิกใน Zigbee Network เพื่อให้ทุก Node มี Key ร่วมกัน ซึ่งทาให้การเข้ารหัสเป็นแบบ Group Encryption คือ ทุก Node ในZigbee Network จะเห็นข้อมูลเหมือนกันหมด

Configuration Manager คือการสร้างความปลอดภัยในการส่งข้อมูลในรูปแบบระหว่าง Node ต่อ Node ใน Network โดยการใช้ Link Key

สำหรับ Key ที่ใช้ในระบบ Zigbee นั้น มี 3 ประเภทได้แก่ Master Key Network Key และ Link Key ซึ่งมีวิธีใช้แตกต่างกันออกไป ดังนี้

- Master Keys เป็น Key ร่วมเพื่อใช้สร้าง Link Keys ที่จะใช้เข้ารหัสระหว่าง Zigbee 2 Nodes

- Network Keys เป็น Key ที่ใช้เข้ารหัสข้อมูลในระดับ Network Layer ของ Zigbee Network โดย Zigbee ทุก Node จะใช้ Key เดียวกัน จุดประสงค์ของ Network Keys เพื่อใช้ปกป้องความลับของ Zigbee Network จากภายนอก

- Link Keys เป็น key ที่ใช้ในการเข้ารหัสเพื่อส่งข้อมูล โดยจะใช้ในการรักษาความลับของการส่งข้อมูลระหว่าง Node 2 Node ซึ่งอยู่ภายในเครือข่าย Zigbee Network เดียวกัน

2.6.7 ประโยชน์ของซิกบี

1. เป็นเครือข่ายไร้สายในระยะใกล้
2. ราคาไม่แพง
3. ติดตั้งง่าย สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
4. สามารถรับส่งข้อมูลได้โดยเชื่อมั่นในความถูกต้องได้
5. ใช้พลังงานในการทำงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Zigbee, Bluetooth และ Wi-Fi

	Zigbee	Bluetooth	Wi - Fi
Standard	802.15.4	802.15.1	802.11b
Memory requirements	4 – 32 KB	250 KB+	1 MB+
Battery life	Years	Days	Hours
Nodes per master	65,000+	7	32
Data rate	250 Kb/s	1 Mb/s	11 Mb/s
Range	300 m	10 m	100 m

2.7 เสาไฟสัญญาณ (Tower Light)

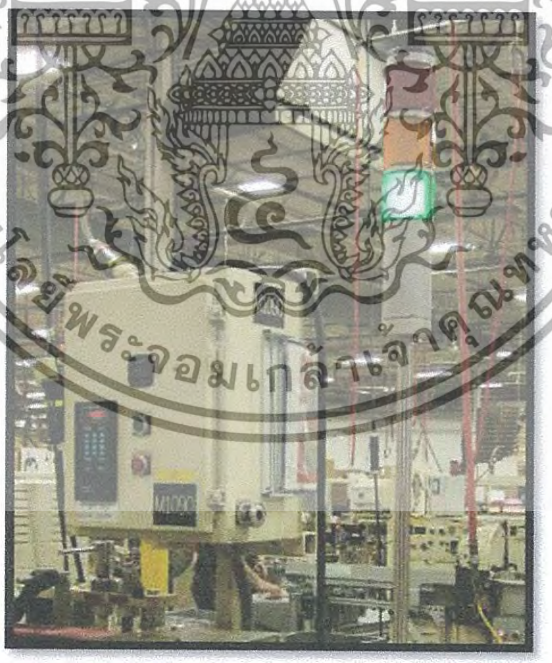
เสาไฟสัญญาณ (Tower Light) คือ อุปกรณ์แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องจักรจะต้องการได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอ โดยจะมีไฟบอกสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักรโดย Tower Light ที่แสดงดังรูปที่ 2.8 จะมีอยู่ด้วยกัน 3 สี คือ สีเขียว, สีเหลือง, สีแดง โดยสีเขียวจะหมายถึง เครื่องจักรกำลังทำงาน สีเหลือง หมายถึง ความผิดปกติของเครื่องจักร และสีแดง หมายถึง เครื่องจักรหยุดทำงาน ซึ่ง Tower Light มีทั้งแบบติดต่อเนื่อง และแบบติดกระพริบ มีให้เลือกใช้กับไฟ 220 VAC และไฟ 24 VDC ผู้ใช้สามารถทำการสลับชั้น เพื่อต้องการเปลี่ยนสีได้ด้วยตัวเอง การให้แสงสว่างจะมีลักษณะของ LED เรียงตัวกันเป็นเมล็ดข้าวโพด ซึ่งเมื่อมี LED หลอดใดหลอดหนึ่งขาดหรือไม่ติด ก็ยังสามารถใช้งานได้อยู่ การใช้หลอด LED ทำให้ประหยัดพลังงานละยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน การมองเห็นสามารถมองเห็นได้ชัดเจนถึง 360 องศา ง่ายต่อการติดตั้งและทำการซ่อมบำรุงรักษา

วัสดุที่ใช้ทำที่คลุมไฟ LED ทำมาจากแก้วปริซึมที่มีลักษณะโปร่งแสง และกระจายแสง ทำให้แสงที่ออกมามีความสว่าง, กว้าง และชัดเจน ตัว Tower Light มีความกว้างและความสูงที่ได้มาตรฐาน สามารถติดตั้งกับงานได้ทุกสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 เสาไฟสัญญาณ

การออกแบบของ Tower Light ง่ายและสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา เช่น ถ้าหลอด LED หลอดใดหลอดหนึ่งเสีย Tower Light ก็ยังสามารถใช้งานได้อยู่ แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนหลอด LED ที่เสียก็สามารถเปลี่ยนได้เลยโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือใด ๆ เข้าช่วยเพื่อลดความยุ่งยากของการซ่อมแซม



รูปที่ 2.12 การติดตั้งเสาไฟสัญญาณตามเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ (Temperature) คือค่าตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กับระดับพลังงานจลน์ภายในอะตอม ในระบบองศาสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) ระดับพลังงานที่อุณหภูมิ 0 เคลวิน (-273°C) อะตอมไม่มีพลังงานอยู่เลย ดังนั้นอนุภาคทุกอย่างภายในอะตอมหยุดนิ่ง แม้กระทั่งอิเล็กตรอนก็ไม่โคจรรอบนิวเคลียส แต่เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจนมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้น อิเล็กตรอนก็จะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสและยกระดับขั้นวงโคจรสูงขึ้น ถ้าหากอะตอมได้รับพลังงานจนมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก อิเล็กตรอนอาจจะยกตัวหลุดจากวงโคจรกลายเป็นประจุ (Ion) อย่างไรก็ตามพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศที่เราอยู่อาศัยมีอุณหภูมิประมาณ 139 - 331 เคลวิน (-89°C ถึง 58 °C) ที่ระดับพลังงานขนาดนี้ อะตอมจะไม่อยู่อย่างโดดเดี่ยวแต่จะเกาะตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของโมเลกุลทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน”

ในปัจจุบันสเกลอุณหภูมิที่นิยมใช้มี 3 ระบบ ดังนี้

- องศาฟาเรนไฮต์

ปี ค.ศ.1714 กาเบรียล ฟาเรนไฮต์ (Gabrial Fahrenheit) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ซึ่งบรรจุปรอทไว้ในหลอดแก้ว เขาพยายามทำให้ปรอทลดต่ำสุด (0°F) โดยใช้น้ำแข็งและเกลือผสมน้ำ เขาพิจารณาจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 32°F และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 212°F ปัจจุบันสเกลฟาเรนไฮต์เป็นที่นิยมแต่ในประเทศสหรัฐอเมริกา

- องศาเซลเซียส

ปี ค.ศ.1742 แอนเดอส์ เซลเซียส (Anders Celsius) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ออกแบบสเกลเทอร์มอมิเตอร์ให้อ่านได้ง่ายขึ้น โดยมีจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 0°C และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100°C สเกลเซลเซียสจึงได้รับความนิยมใช้กันทั่วโลก อย่างไรก็ตามทั้งสเกลฟาเรนไฮต์และเซลเซียสอ้างอิงอยู่กับจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน

- องศาสัมบูรณ์

ในคริสศตวรรษที่ 19 ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิว่า ณ อุณหภูมิ -273°C อะตอมไม่มีพลังงาน และไม่มีอุณหภูมิใดต่ำไปกว่านี้ เขาจึงกำหนดให้ 0 K = -273°C (ไม่ต้องใช้เครื่องหมาย ° กำกับหน้าอักษร K) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาความสัมพันธ์และการถ่ายเทพลังงานของสสาร ดังนั้นในวงการวิทยาศาสตร์จึงนิยมใช้สเกลองศาสัมบูรณ์ มากกว่าองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียส

ความสัมพันธ์ของสเกลอุณหภูมิ

ระยะสเกลฟาเรนไฮต์ = 212 °F – 32 °F = 180 °F

ระยะสเกลเซลเซียส = 100 °C – 0 °C = 100 °C

สเกลทั้งสองแตกต่างกัน = 180/100 = 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

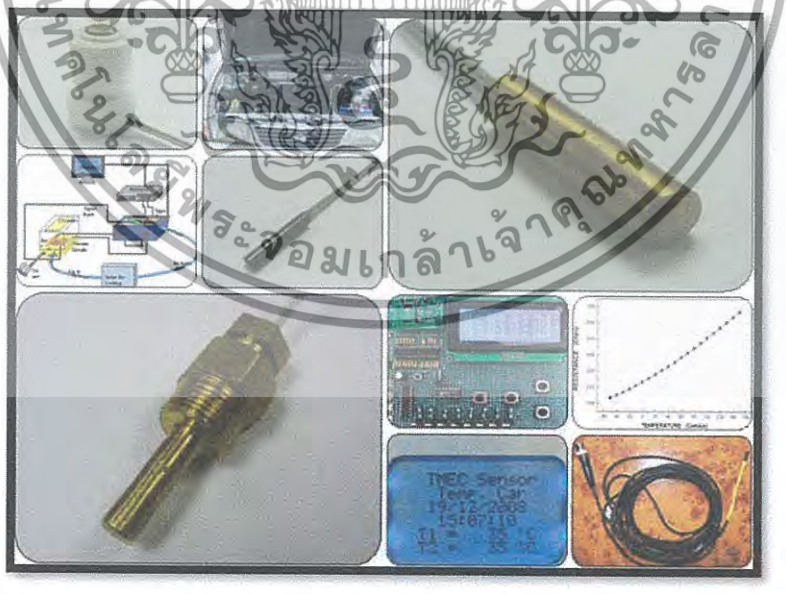
ดังนั้นความสัมพันธ์ของทั้งสองสเกลคือ

°F = (1.8 X °C) + 32

°C = (°F -32) / 1.8

การประยุกต์ใช้งานของความชื้น เช่น Temperature Sensor ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์เพื่อการรับรู้หรือตรวจจับระดับอุณหภูมิ เริ่มแรกการพัฒนาเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมินั้นมาจากความต้องการในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาเซ็นเซอร์ตรวจวัดที่มีคุณสมบัติหลายอย่าง (Multisensor) ทั้งนี้เพื่อตรวจวัดความสบาย (Comfort Sensor) โดยการนำเอาเซ็นเซอร์หลายชนิดรวมเข้าด้วยกัน เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้น และเซ็นเซอร์วัดการไหลเวียนของอากาศ

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นเซ็นเซอร์อีกหนึ่งชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ทั้งยานอวกาศ, ยานยนต์, การเกษตรรวม, อาหารและยารักษาโรคตลอดจนอุตสาหกรรมด้านการแพทย์ นอกจากนี้ยังถูกนำมาประยุกต์ใช้งานที่สำคัญ ดังนี้ เซ็นเซอร์ในเครื่องปรับอากาศ เซ็นเซอร์สำหรับตรวจสอบและรักษาระดับอุณหภูมิของสินค้าให้เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าจะต้นทางถึงปลายทาง, เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิของยางรถยนต์โดยใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความดันยางรถยนต์ และเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตทางการเกษตร เช่น การเพาะเห็ด เป็นต้น



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ความชื้น (Humidity)

ความชื้น (Humidity) หมายถึง จำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หมายถึง "อัตราส่วนของ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน" หรือ "อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว" ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%) เขียนเป็นสูตรได้ว่า

ความชื้นสัมพัทธ์ = (ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ / ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว) x 100%
= (ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ / ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว) x 100%

ประโยชน์ของความชื้นสัมพัทธ์ เช่น ในกระบวนการทางไบโอเทคโนโลยี (Biotechnology) ความชื้นสัมพัทธ์มักเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation Technology) เป็นกระบวนการหมักในระบบอุตสาหกรรมที่จะต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ เป็นต้น

การประยุกต์ใช้งานของความชื้น เช่น Humidity Sensor ซึ่งเป็นเครื่องวัดความชื้นมีหน้าที่ในการตรวจวัดปริมาณไอน้ำในบริเวณที่ต้องการ งานในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีการวัดค่าความชื้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบหรือควบคุม กระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยประเภทของ Humidity Sensor หรือเครื่องวัดความชื้นในงานอุตสาหกรรมที่ใช้กันนั้นจะมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ

1. Capacitive Humidity Sensor
2. Resistive Humidity Sensor
3. Thermal Conductivity Humidity Sensor

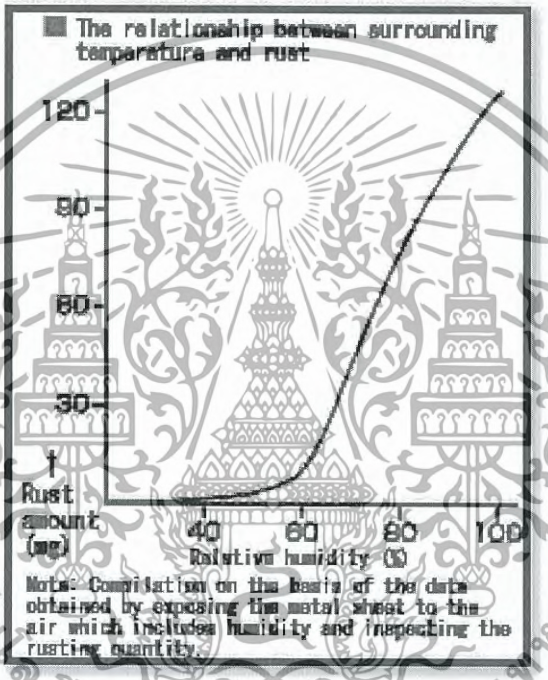
ระดับความชื้นที่เหมาะสมกับมนุษย์

ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมของมนุษย์อยู่ระหว่าง 30 - 60 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นระดับสูงจะเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งเชื้อราจะเป็นอันตรายต่อบุคคลที่ป่วยเป็นโรคหอบหืด โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์ที่เกินกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่ควรเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นที่สูงอาจทำให้อาการของผู้ป่วยโรคหืดหอบและทางเดินหายใจมีอาการรุนแรงขึ้น และถ้าความชื้นต่ำจะมีแนวโน้มทำให้ผิวหนังแตกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของความชื้นต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องจักร ภายในเครื่องจักรมีชิ้นส่วนที่เป็นข้อต่อจำนวนมาก ซึ่งบริเวรข้อต่อจะมีความชื้นเป็นศัตรูเป็นอย่างมาก จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกัดกร่อนและความชื้น พบว่าการกัดกร่อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีความชื้นสูงกว่า 60% และความชื้นประมาณ 70% เป็นระดับที่พบในประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นมาตรฐานการความชื้นจึงมีความสำคัญมากในการควบคุมเครื่องจักร นอกจากนี้การกัดกร่อนจะมีมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น มาตรฐานของความร้อนจึงต้องได้รับการพิจารณพร้อมกันกับความชื้น



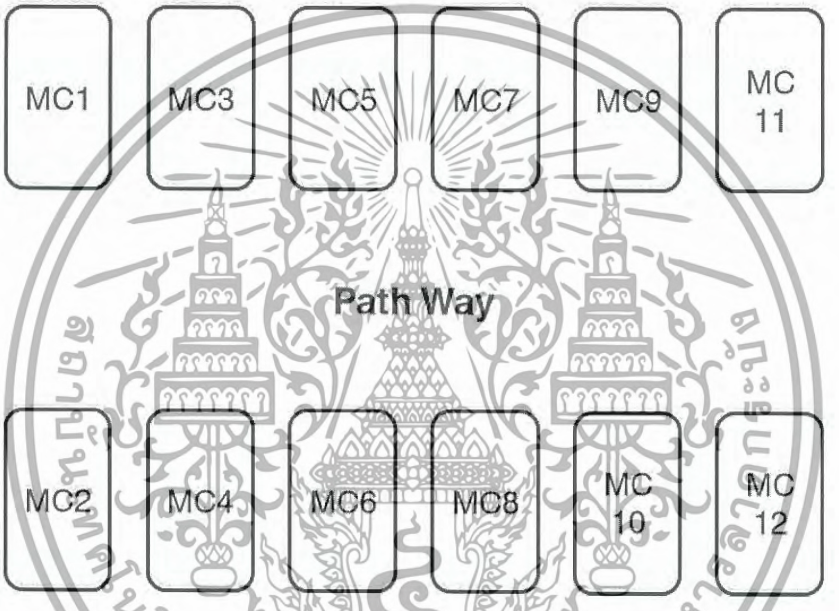
รูปที่ 2.14 กราฟแสดงผลกระทบของความชื้นต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบการติดตามสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้น วิธีการรับส่งข้อมูลในระบบ วิธีการเก็บข้อมูล รวมถึงการแสดงผล และการจำลองการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

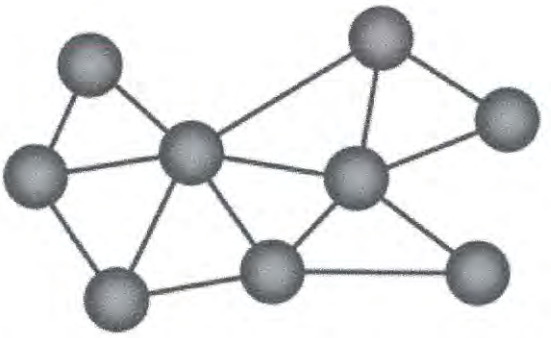
3.1 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกับส่วนของฐานข้อมูล



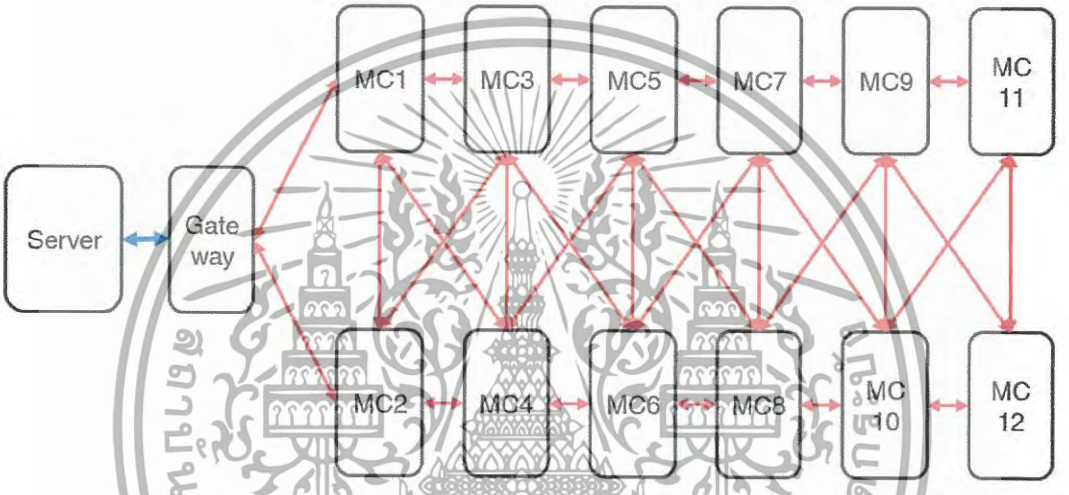
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรูปแบบการจัดวางเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม

จากรูปแบบการจัดวางเครื่องจักรจะเห็นว่า เครื่องจักรมีการจัดวางให้อยู่ติดกันเป็นแถว ดังนั้นในการออกแบบระบบติดตามสถานะการทำงานของเครื่องจักร จึงเลือกใช้การเชื่อมต่อไร้สายแบบตาข่าย (Mesh network) เนื่องจาก ระบบนี้ทำให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถรับส่งข้อมูลหากันได้โดยไม่ต้องผ่านศูนย์กลางในการเชื่อมต่อ ซึ่งทำให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องส่งข้อมูลเข้าหากันได้โดยตรง หรือใช้สำหรับเป็นจุดในการทวนสัญญาณในกรณีที่สัญญาณของอุปกรณ์ภาคส่งไม่ถึงอุปกรณ์ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ระบบการเชื่อมต่อแบบตาข่าย (วงกลมแทนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ)



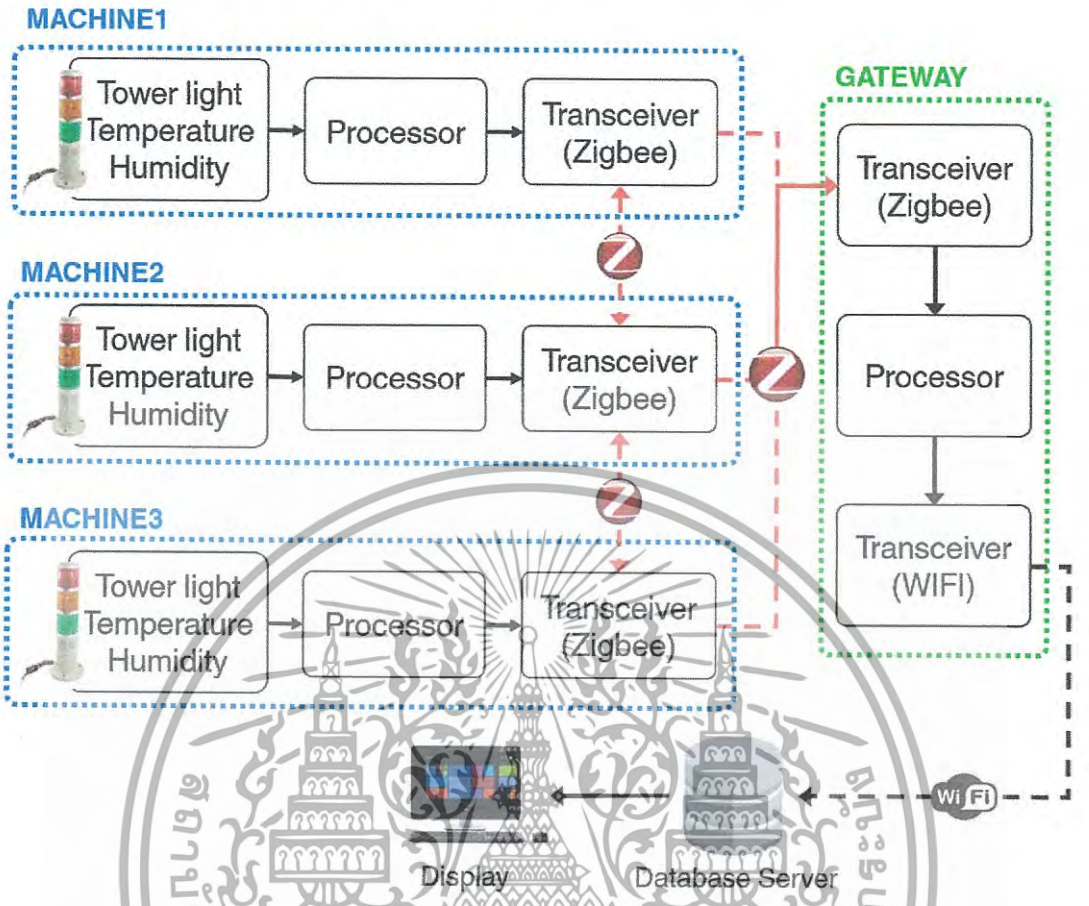
รูปที่ 3.3 รูปแบบการเชื่อมต่อกันของเครื่องจักรแบบตาข่าย (เส้นสีแดง)
ในกรณีที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่ได้เชื่อมต่อถึงกันทั้งหมด

จากรูปแบบการเชื่อมต่อกันแบบตาข่าย ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ระบบไร้สายแบบ Zigbee ในการส่งสัญญาณเนื่องจากมาตรฐานของระบบนี้ อุปกรณ์สามารถทำการเชื่อมต่อกันได้แบบตาข่าย มีระบบป้องกันข้อมูลที่ปลอดภัยไม่สูญหายระหว่างการส่ง และประหยัดพลังงาน

เนื่องจากการส่งข้อมูลเข้าสู่แหล่งเก็บข้อมูลภายนอกต้องมีการส่งผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังนั้นในการส่งข้อมูลจากเครื่องจักรเข้าสู่แหล่งเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีทางผ่าน (Gateway) เพื่อทำให้ข้อมูลในระบบ Zigbee สามารถส่งเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างของระบบติดตามสถานะการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของระบบติดตามสถานะการทำงานเครื่องจักร

ระบบติดตามสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ตามรูปที่ 3.4

3.2.1 Machine Interface

คือ ส่วนที่ใช้สำหรับติดต่อกับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ทำหน้าที่ในการตรวจสอบสถานะและส่งข้อมูลเข้าสู่ Gateway

3.2.2 Gateway

คือส่วนที่ใช้สำหรับการนำข้อมูลจากระบบสื่อสาร Zigbee เข้าสู่ Server ด้วยระบบสื่อสาร WIFI

3.2.3 Server

คือส่วนที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสถานะการทำงาน อุณหภูมิ และความชื้นของเครื่องจักรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Display

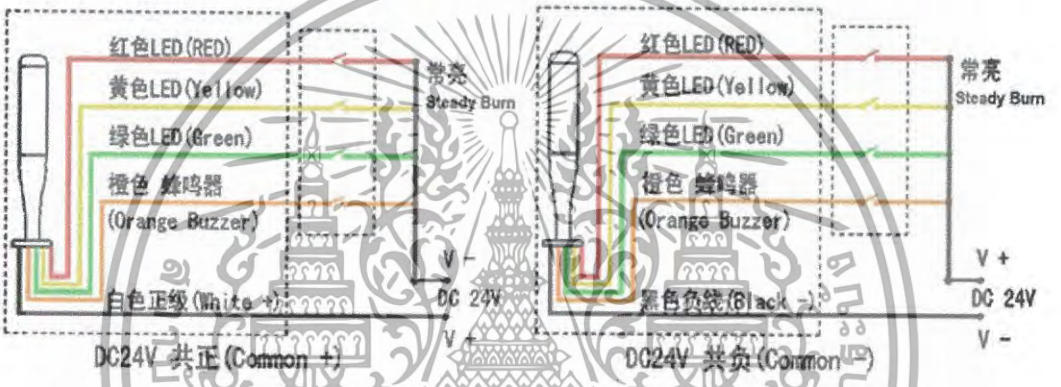
คือส่วนแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน โดยจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออกมาแสดงผลให้กับผู้ใช้

3.3 การออกแบบส่วนติดต่อเครื่องจักร (Machine Interface)

สำหรับส่วนติดต่อเครื่องจักรนี้ประกอบไปด้วย 4 ส่วนประกอบด้วย วงจรตรวจจับสัญญาณไฟจากเสาไฟสัญญาณ วงจรประมวลผล วงจรส่งข้อมูล วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรง

3.3.1 วงจรตรวจจับไฟจากเสาไฟสัญญาณ

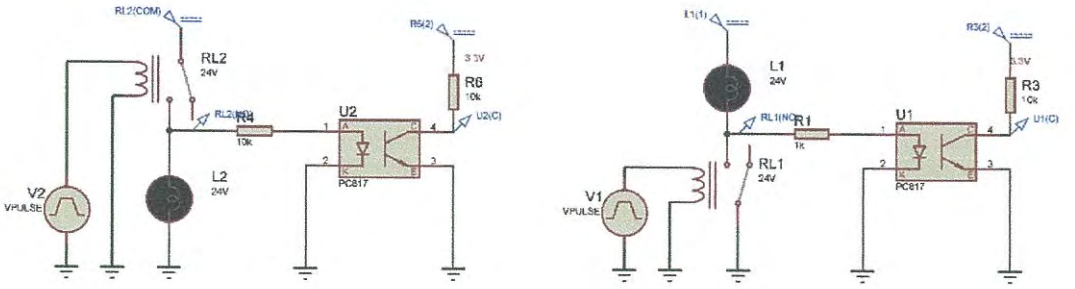
วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจจับระดับแรงดันไฟสัญญาณ แล้วทำการแปลงระดับแรงดันให้เป็น 3.3V แล้วส่งให้วงจรส่วนประมวลผลต่อไป



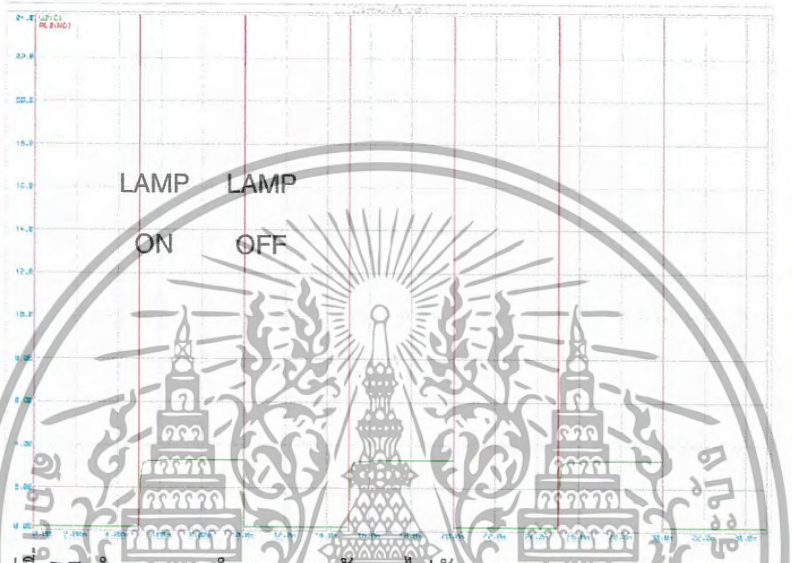
รูปที่ 3.5 รูปแบบของเสาไฟสัญญาณ (Tower Light)

จากรูปที่ 3.5 เป็นรูปแบบทั่วไปของเสาไฟสัญญาณที่มีขาย มี 2 แบบคือแบบ common anode และแบบ common cathode ในการออกแบบได้ทำการเลือกใช้ Optocouple เบอร์ PC817 เป็นอุปกรณ์ในการตรวจสอบสัญญาณ วงจรนี้จะนำไปต่อกับอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากแรงดันที่ใช้สำหรับขับหลอดไฟ towerlight มีขนาด 24 โวลต์ และวงจรตรวจจับไฟสัญญาณจะทำงานที่แรงดัน 3.3V ดังนั้น Optocouple นี้จะทำการแยกแรงดัน 24V ออกจากวงจร เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวงจร และยังสามารถตรวจสอบสัญญาณได้ในขณะเดียวกัน

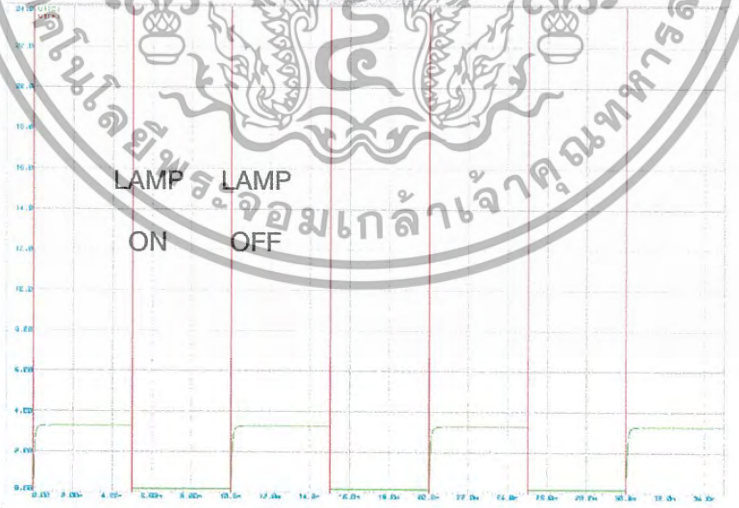
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบการทำงานของ tower light



รูปที่ 3.7 จำลองการทำงานวงจรกับเสาไฟสัญญาณแบบ common anode



รูปที่ 3.8 จำลองการทำงานวงจรกับเสาไฟสัญญาณแบบ common cathode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

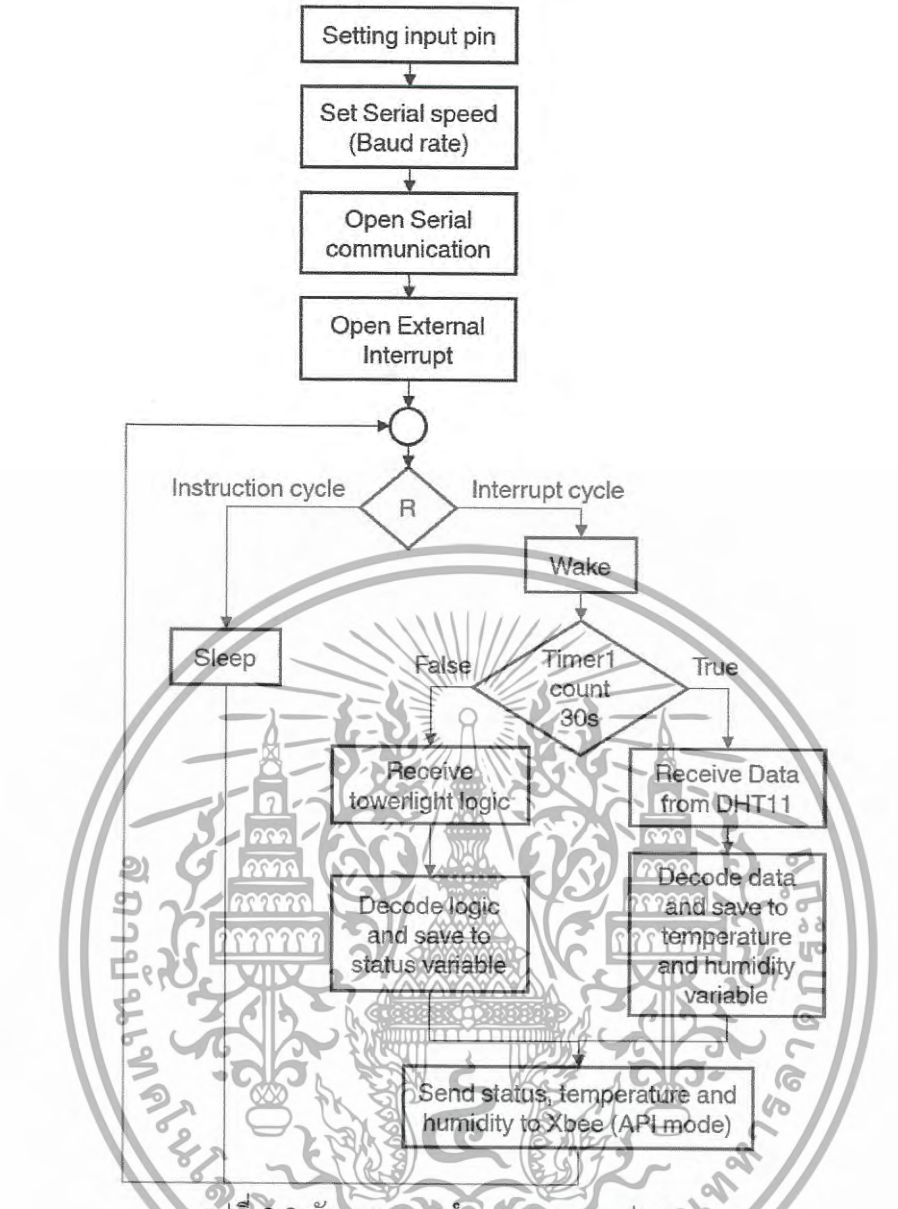
จากการจำลองการทำงานของวงจรจะเห็นว่าเมื่อนำวงจรไปใช้กับเสาไฟสัญญาณแบบ common anode เมื่อหลอดไฟติดเอาท์พุทจะให้ออกมาเป็นลอจิกต่ำ เมื่อหลอดไฟดับเอาท์พุทจะให้แรงดันออกเป็นลอจิกสูง ส่วนเมื่อนำไปใช้กับเสาไฟสัญญาณแบบ common cathode จะให้ผลลัพธ์ในทางกลับกัน

3.3.2 วงจรประมวลผล

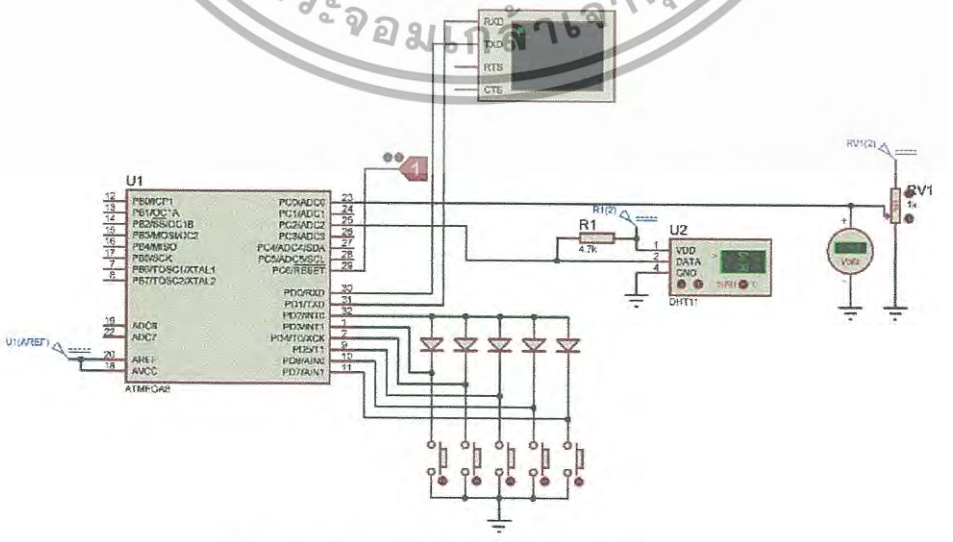
วงจรในส่วนนี้ทำหน้าที่รับแรงดันเอาท์พุทจากวงจรตรวจจับเสาไฟสัญญาณ แล้วแปลงเป็นข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร รวมถึงรับค่าจากเซนเซอร์ DHT11 แล้วส่งให้วงจรส่งข้อมูล ผ่าน UART

วงจรนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATMEGA8A เป็นตัวประมวลผล เลือกใช้แรงดัน 3.3V เพื่อให้มีขนาดแรงดันเท่ากับโมดูล Xbee ในการทำงานของโปรแกรมจะให้ไมโครคอนโทรเลอร์อยู่ในโหมด Sleep แล้วทำงานเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงไฟสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ หรือ กรณีอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นทุกๆ 30 วินาที เนื่องจากขา interrupt ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้มีเพียงขาเดียว แต่จากรูปแบบโปรแกรมที่จำเป็นต้องใช้จำนวนขามากขึ้น จึงต้องทำการต่อ Diode เพิ่มที่ขา PD2 ของคอนโทรลเลอร์เพื่อให้เสมือนมีขา Interrupt เพิ่มขึ้น เมื่อขารับสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลง PD2 ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ผังแสดงการทำงานของวงจรประมวลผล



รูปที่ 3.10 จำลองการทำงานของวงจรประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรูปที่ 3.10 เป็นการจำลองวงจรประมวลผล โดยใช้สวิตช์ซึ่งต่ออยู่กับขา PD3 - PD7 เป็นตัวแทนของวงจรตรวจสอบสัญญาณ tower light

3.3.3 วงจรส่งข้อมูล

วงจรส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลเข้าสู่ Gateway ในส่วนนี้จะใช้โมดูล Xbee S2C เป็นอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณ โดยรับข้อมูลจากวงจรประมวลผลผ่าน Serial port

วงจรส่งข้อมูลนี้จะเชื่อมต่อกับเครื่องจักรต่างๆโดยรอบ เป็นรูปแบบเครือข่ายแบบตาข่าย (Mesh) ข้อมูลของเครื่องจักรจะส่งเข้าไปยัง gateway โดยเครื่องจักรที่ระยะห่างจาก gateway มาก จะทำการส่งข้อมูลไปหาเครื่องจักรบริเวณใกล้เคียง เครื่องจักรเหล่านั้นจะทำการส่งต่อๆ กัน จนไปถึงยัง gateway

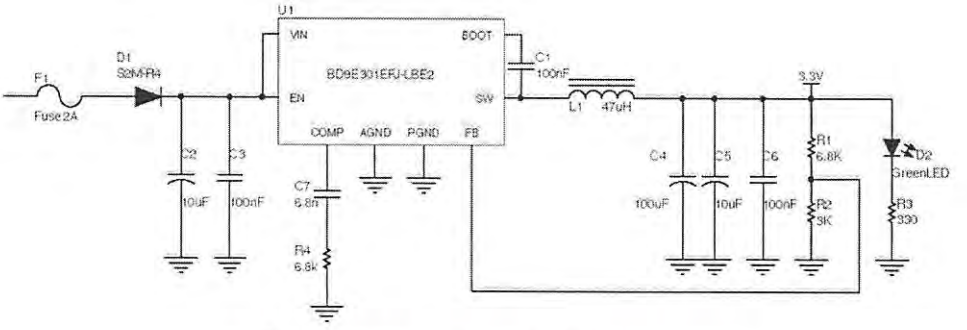
รูปที่ 3.11 โมดูลรับส่งสัญญาณ Zigbee (Xbee S2C Wire antenna)

3.3.4 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรง

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ลดระดับแรงดันอินพุทให้เหลือ 3.3V ในโครงงานนี้เลือกใช้การลดแรงดันด้วยระบบ switching เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักที่ใช้กับวงจรนี้ใช้แรงดันไฟฟ้า 24V หากลดแรงดันด้วยระบบ linear จะทำให้เกิดความร้อนสูงไม่เหมาะกับการใช้งานเป็นเวลานาน และประสิทธิภาพต่ำ

วงจรส่วนนี้เลือกใช้วงจรรวมเบอร์ BD9E301EFJ-LBE2 เนื่องจากสามารถรองรับแรงดันอินพุทได้สูงสุด 40 โวลต์ ความถี่ในการสวิตช์สูง ทำให้อุปกรณ์โดยรวมมีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นวงจรส่วนนี้ได้มีการใส่อุปกรณ์ป้องกันการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากลับขั้วและป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินขนาด เพื่อเป็นการลดความเสียหายที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

3.4 การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway)

สำหรับส่วนติดต่อเครื่องจักรนี้ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ส่วนการรับค่าจากเครื่องจักร ส่วนการประมวลผลหลักและส่วนของวงจรจ่ายไฟกระแสตรง

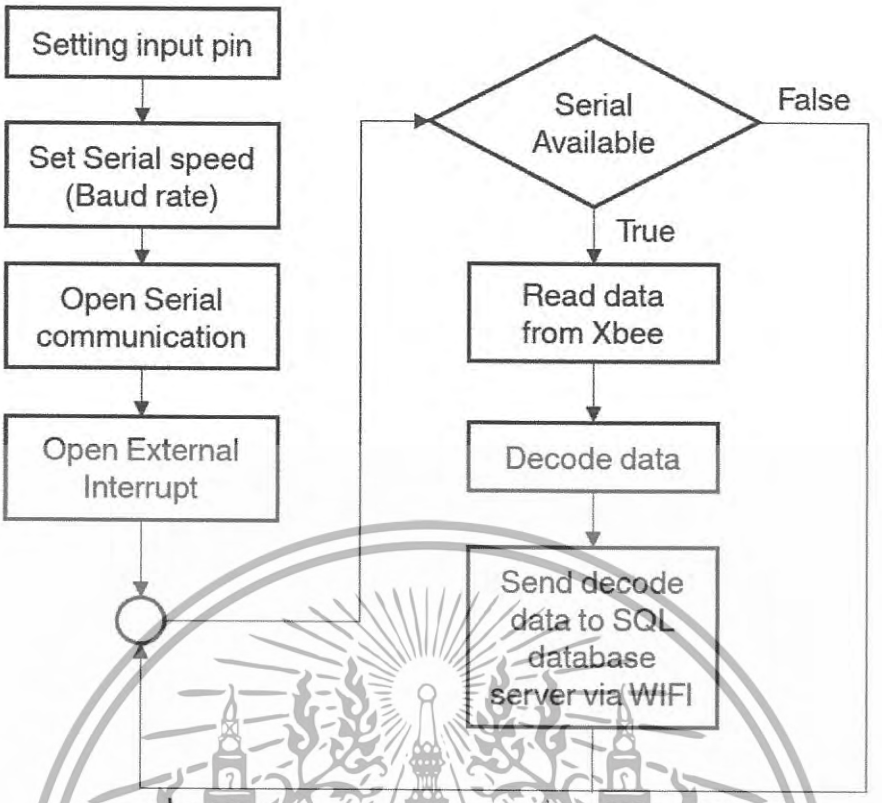
3.4.1 ส่วนเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลของระบบ เข้าสู่แหล่งเก็บข้อมูล (Server) ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยการรับข้อมูลมาจากส่วนประมวลผลหลัก

ในโครงงานนี้ได้ใช้ โมดูล ESP8266-12F เป็นส่วนในการส่งข้อมูลเข้าสู่ Server โมดูล ESP8266 เป็นโมดูลการสื่อสารโดยระบบ WIFI ภายในประกอบด้วยส่วนของ CPU และส่วนของเสาสัญญาณในตัว ในการใช้งานจริงได้ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการพัฒนาโปรแกรมของ ESP8266 นี้

การทำงานของส่วนนี้จะใช้งานโมดูลนี้เพื่อรับส่งข้อมูลผ่านระบบ WIFI โดยจะทำการรับชุดข้อมูลที่จะส่งเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตจากส่วนประมวลผลหลัก แล้วส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลผ่าน WIFI โดยมีผังการทำงานตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แผนผังการทำงานของส่วนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

รูปที่ 3.14 โมดูล ESP8266-12F

3.4.2 ส่วนการรับค่าจากเครื่องจักร

ส่วนนี้เป็นส่วนที่รับข้อมูลมาจากเครื่องจักรแต่ละเครื่องแล้วส่งต่อให้กับส่วนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต สำหรับวงจรในส่วนนี้ใช้โมดูล Xbee S2C เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณเนื่องจากระบบเครือข่ายเครื่องจักรใช้ระบบ Zigbee ในส่วนนี้จึงต้องใช้ Zigbee ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 โมดูลรับส่งสัญญาณ Zigbee (Xbee S2C)

3.4.3 ส่วนประมวลผลหลัก

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการถอดรหัสชุดข้อมูลที่รับมาจากส่วนการรับค่าเครื่องจักร ทำการจำแนกเครื่องจักรที่ส่งข้อมูลเข้ามา แล้วส่งข้อมูลที่ถูกถอดรหัสแล้วเข้าสู่ส่วนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต สำหรับส่วนนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F103C8T6 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 32 บิต ในการประมวลผล เพื่อให้การประมวลผลมีความเร็วเพียงพอสำหรับระบบที่มีเครื่องจักรจำนวนมาก

3.4.4 วงจรจ่ายไฟกระแสตรง

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันอินพุทให้คงที่อยู่ที่ 3.3V เพื่อใช้สำหรับจ่ายให้วงจรส่วนต่าง ๆ โครงสร้างของวงจรทำงานด้วยระบบ Switching สามารถรับแรงดันอินพุทได้ตั้งแต่ 7-40 V ซึ่งมีรูปแบบของวงจรเช่นเดียวกับในรูป 3.9

3.5 การออกแบบส่วนของฐานข้อมูลและการแสดงผล

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด รวมไปถึงการนำข้อมูลที่มีการจัดเก็บมาแสดงผล ซึ่งโปรแกรมทั้ง 2 ส่วนนี้จะถูกสร้างอยู่บนเครื่อง Server เดียวกัน

3.5.1 ฐานข้อมูล

สำหรับฐานข้อมูลนี้จะเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรไว้ โดยเก็บข้อมูลของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในรูปแบบของตาราง ในแต่ละตาราง จะเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละช่วงวัน เวลา เอาไว้เพื่อทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานย้อนหลังได้ สำหรับในการเก็บข้อมูลสถานะจะทำการเก็บข้อมูในรูปของตัวเลขหลักเดียว 0 - 9 เพื่อให้เป็นการประหยัดเนื้อที่ของ Server

ภาษาที่ใช้สำหรับการสร้างฐานข้อมูล คือ MySQL ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถเพิ่มเปลี่ยน หรือแก้ไขอย่างอื่นใดๆ ที่เกี่ยวกับฐานข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	id	date	time	status
Edit Copy Delete	1	2017-11-14	20:00:02	0
Edit Copy Delete	2	2017-11-14	20:01:22	1
Edit Copy Delete	3	2017-11-14	20:01:45	2
Edit Copy Delete	4	2017-11-14	20:01:50	3
Edit Copy Delete	5	2017-11-14	20:02:02	0
Edit Copy Delete	6	2017-11-14	20:02:04	1
Edit Copy Delete	7	2017-11-14	20:02:08	2
Edit Copy Delete	8	2017-11-14	20:02:11	3
Edit Copy Delete	9	2017-11-14	20:02:16	0
Edit Copy Delete	10	2017-11-14	20:02:20	1
Edit Copy Delete	11	2017-11-14	20:02:24	2
Edit Copy Delete	12	2017-11-14	20:02:28	3
Edit Copy Delete	13	2017-11-14	20:02:56	0
Edit Copy Delete	14	2017-11-14	20:03:19	1
Edit Copy Delete	15	2017-11-14	20:03:23	2
Edit Copy Delete	16	2017-11-14	20:03:26	3
Edit Copy Delete	17	2017-11-14	20:03:33	0
Edit Copy Delete	18	2017-11-14	20:03:38	1
Edit Copy Delete	19	2017-11-14	20:03:41	2
Edit Copy Delete	20	2017-11-14	20:03:45	3

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร

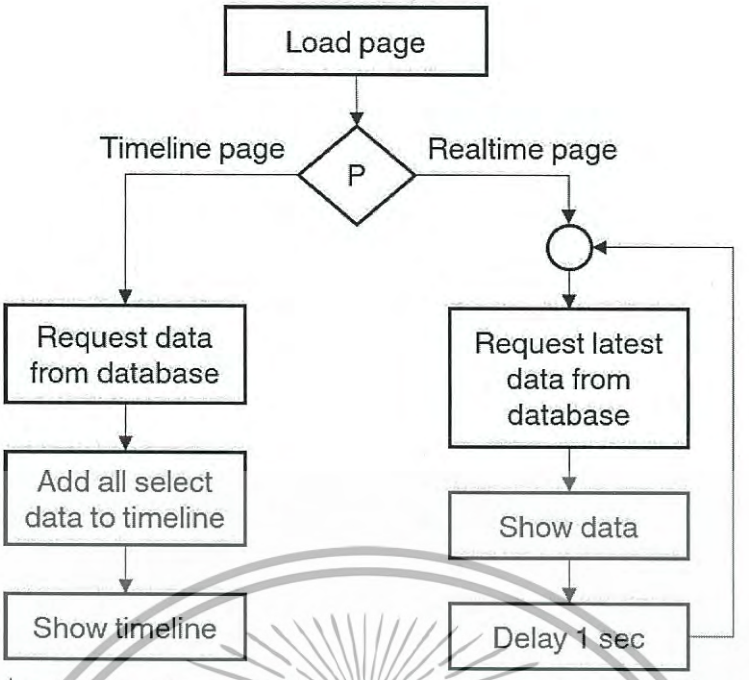
3.5.2 ส่วนการแสดงผล

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการแสดงผลข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล รวมไปถึงประมวลผลข้อมูลที่เก็บไว้ออกมาแสดงให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจถึงสถานะการทำงาน

ในส่วนของการแสดงผลนี้ จะแสดงผลอยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์ ซึ่งมีข้อดีที่ทุกอุปกรณ์ที่สามารถเข้าเว็บเบราเซอร์ได้จะสามารถดูสถานะการทำงานของเครื่องจักรได้ ส่วนของการแสดงผลนี้จะแสดงสถานะการทำงานของเครื่องจักรได้แบบตามเวลาจริง สำหรับการทำงานของหน้าเว็บจะมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.14

ส่วนของการแสดงผลนี้ถูกพัฒนาด้วยการใช้ 3 ภาษา ได้แก่ HTML ใช้สำหรับการแสดงผลลงบนเว็บเบราเซอร์ PHP ใช้สำหรับการประมวลผล รวมถึงการติดต่อกับฐานข้อมูล Javascript ใช้สำหรับประมวลผลเช่นเดียวกับ PHP แต่ใช้สำหรับส่วนการแสดงผลแบบตามเวลาจริง เนื่องจากภาษา PHP ไม่สามารถทำได้ และภาษาสุดท้ายใช้ CSS เพื่อใช้สำหรับการตกแต่งหน้าเว็บให้สามารถดูได้ง่าย

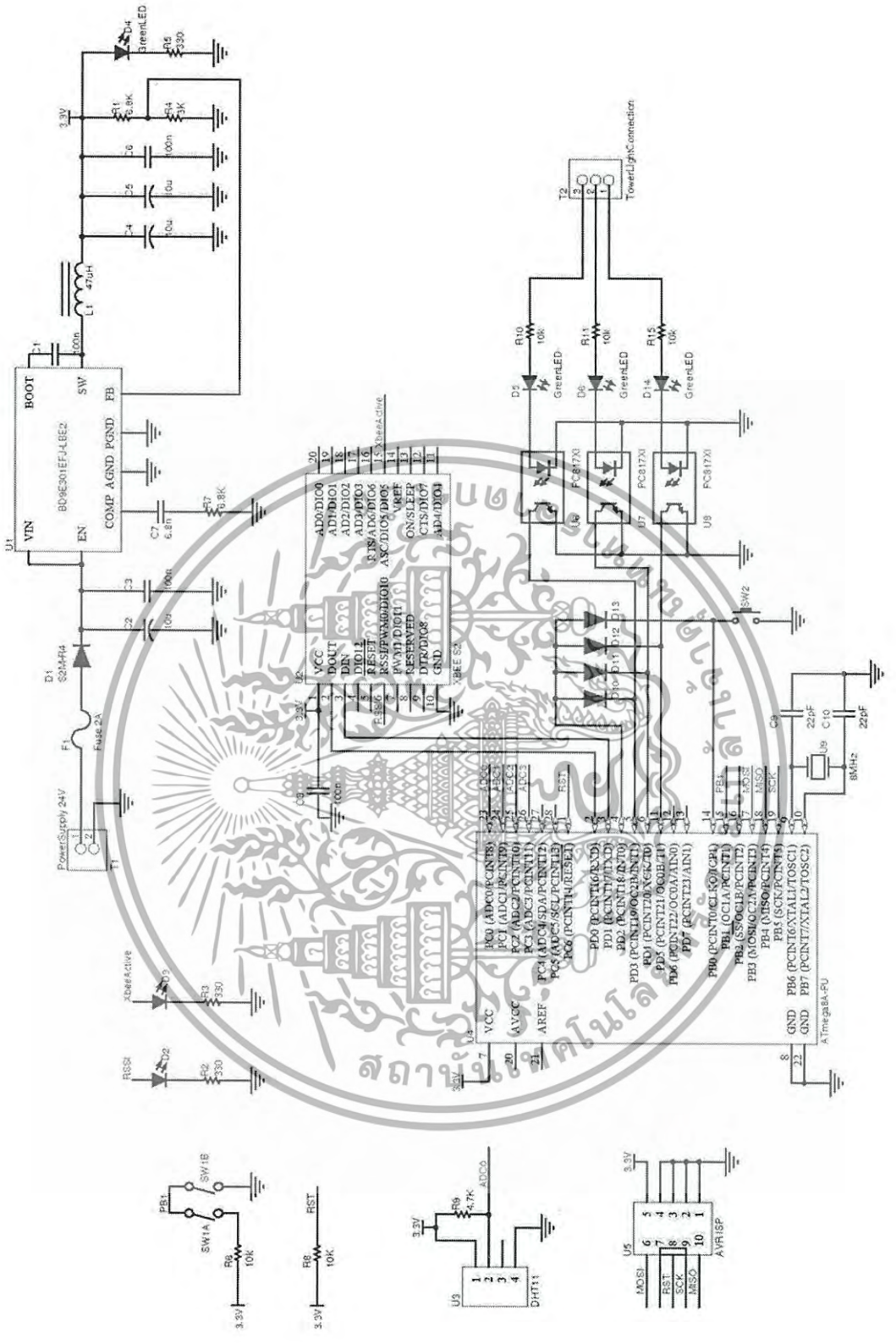
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



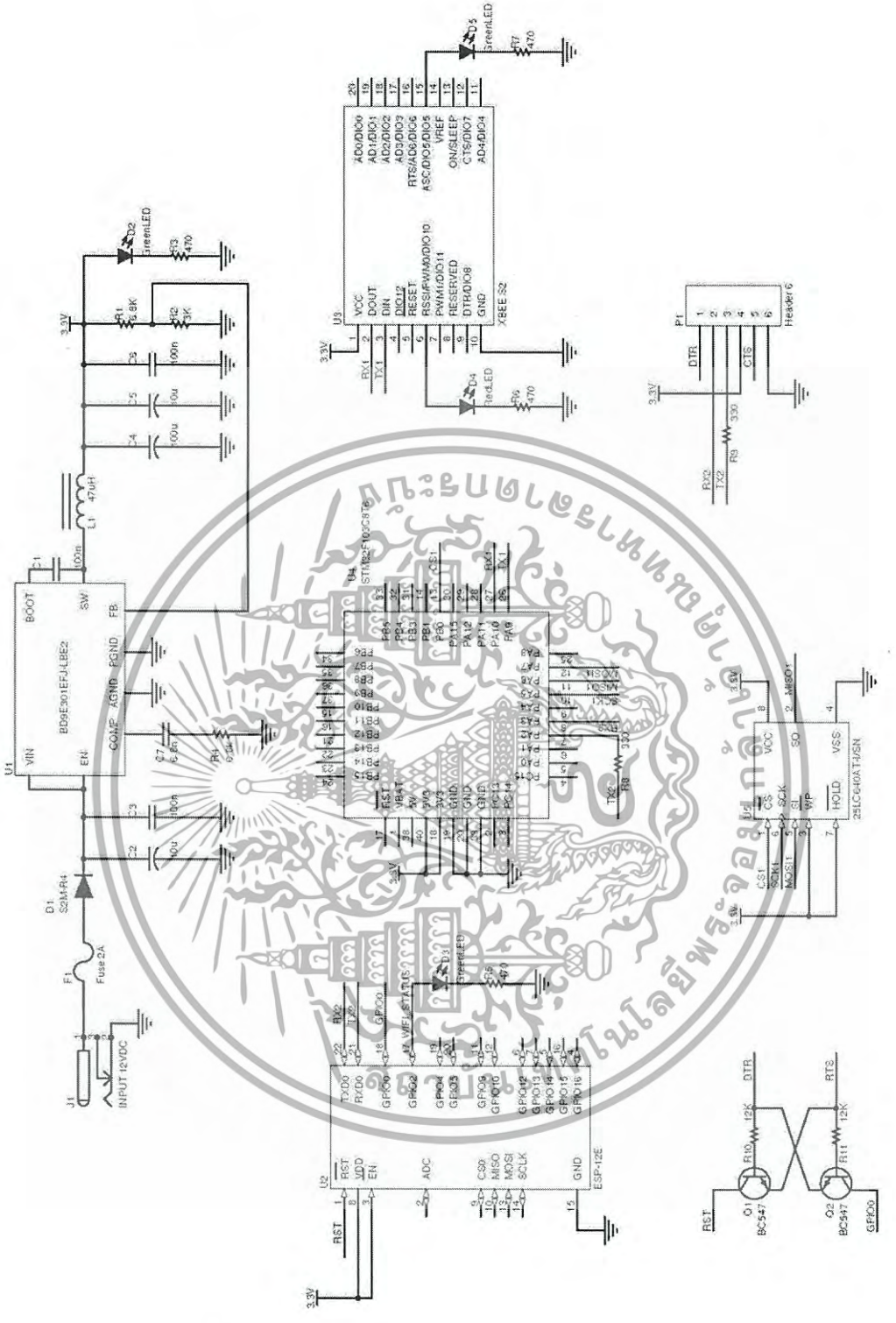
รูปที่ 3.17 ผังการทำงานของเว็บแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร

3.6 วงจรสมบูรณ์ของส่วนติดต่อเครื่องจักรและแหล่งเก็บข้อมูล

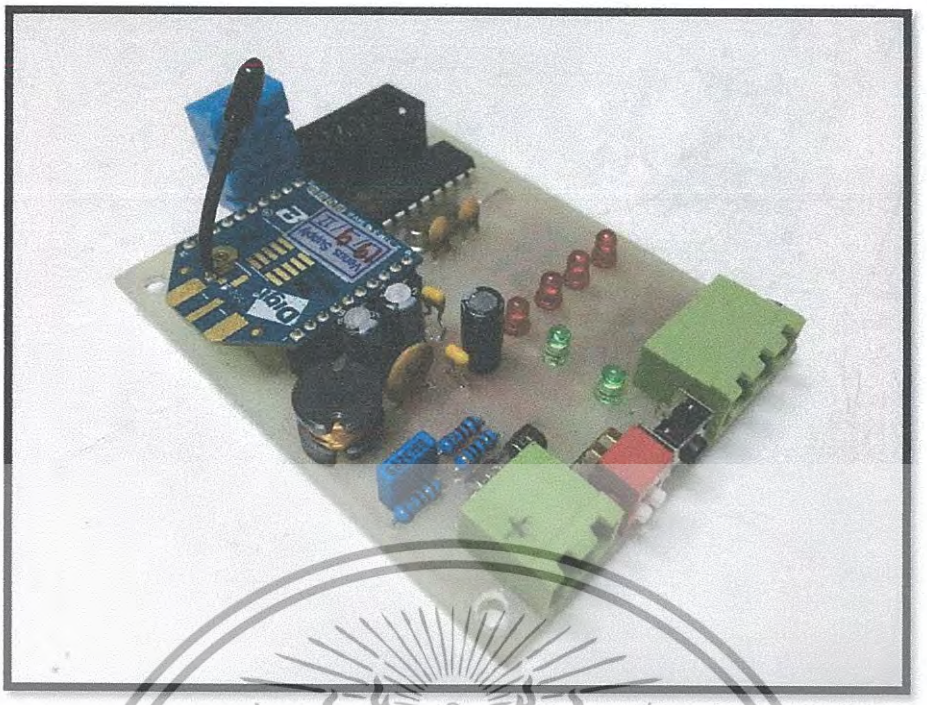
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



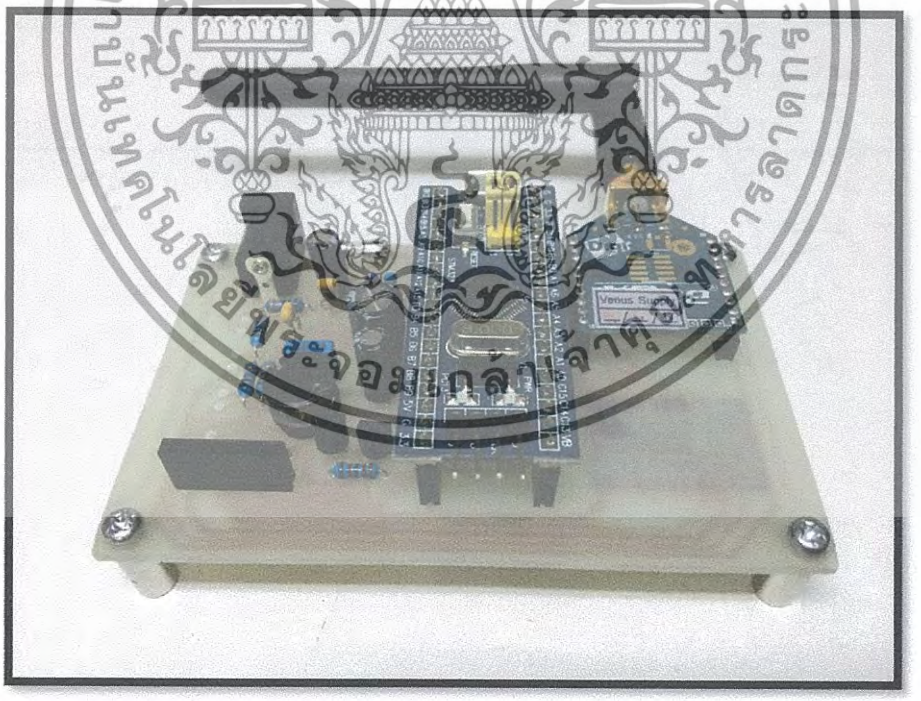
รูปที่ 3.18 วงจรส่วนติดต่อกับเครื่องจักร (Machine Interface)



รูปที่ 3.19 วงจรส่วนติดต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway)



รูปที่ 3.20 วงจรส่วนติดต่อกับเครื่องจักร (Machine Interface)



รูปที่ 3.21 วงจรส่วนติดต่อกับแหล่งเก็บข้อมูล (Gateway)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ในขั้นตอนการทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 5 หัวข้อ ได้ดังนี้

1. การทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ
2. การทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช
3. การทดลองรับ-ส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) เข้าสู่ฐานข้อมูล
4. การทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ
5. การทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ

ในการทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ จะทำการทดลองโดยวางภาครับกับภาคส่งไว้ที่ระยะต่าง ๆ โดยเริ่มจากวางภาครับกับภาคส่งไว้ที่ระยะใกล้กันไปจนถึงระยะไกลกัน จากนั้นจะดูผลลัพธ์ที่ภาครับว่าสามารถรับข้อมูลได้หรือไม่

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ

ระยะห่างของภาครับกับภาคส่ง (เมตร)	เวลาที่ส่ง	เวลาที่ได้ตอบกลับ	ผลลัพธ์ (gateway)
10	17:18:42.997	17:18:43.082	ได้รับข้อมูล
20	17:19:04.345	17:19:04.401	ได้รับข้อมูล
30	17:19:49.811	17:19:49.896	ได้รับข้อมูล
40	17:20:17.981	17:20:18.035	ได้รับข้อมูล
50	17:20:53.541	17:20:53.608	ได้รับข้อมูล
60	17:21:23.817	17:21:23.890	ได้รับข้อมูล
70	17:21:45.192	17:21:45.258	ได้รับข้อมูล
80	17:22:15.336	17:22:15.489	ได้รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90	17:22:36.678	17:22:36.757	ได้รับข้อมูล
100	17:23:01.680	17:23:03.380	ได้รับข้อมูล
110	17:23:33.405	17:23:33.460	ได้รับข้อมูล
120	17:24:14.310	17:24:14.366	ได้รับข้อมูล
130	17:24:53.315	17:24:53.385	ได้รับข้อมูล
140	17:25:32.366	17:25:32.424	ได้รับข้อมูล
150	17:26:10.847	17:26:12.508	ได้รับข้อมูล
160	17:26:52.389	17:26:52.457	ได้รับข้อมูล
170	17:27:13.421	17:27:13.470	ได้รับข้อมูล
180	17:27:36.052	17:27:36.141	ได้รับข้อมูล
190	17:28:01.281	17:28:01.418	ได้รับข้อมูล
200	17:28:26.506	17:28:26.594	ได้รับข้อมูล
210	17:28:50.843	17:28:50.916	ได้รับข้อมูล
220	17:29:17.621	17:29:21.006	ได้รับข้อมูล
230	17:29:51.994	17:29:52.078	ได้รับข้อมูล
240	17:30:13.101	17:30:13.199	ได้รับข้อมูล
250	17:30:33.191	17:30:34.971	ได้รับข้อมูล
260	17:32:21.188	17:32:25.931	ไม่ได้รับข้อมูล
270	17:32:55.698	17:32:60.415	ไม่ได้รับข้อมูล
280	17:33:00.916	17:33:04.301	ไม่ได้รับข้อมูล
290	17:34:50.516	17:34:55.260	ไม่ได้รับข้อมูล
300	17:35:09.607	17:35:14.366	ไม่ได้รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช

ในการทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช จะทำการทดลองโดยการวางตัวทวนสัญญาณไว้ระหว่างภาครับกับภาคส่ง โดยจากผลการทดลองตอนที่ 1 พบว่าเมื่อระยะห่างของภาครับกับภาคส่งมากกว่า 250 เมตร ภาครับจะไม่สามารถรับข้อมูลได้ ซึ่งในการทดลองนี้จะวางตัวทวนสัญญาณไว้ที่ระยะห่างจากภาคส่ง 250 เมตร ซึ่งทำให้ภาครับและภาคส่งมีระยะการส่งข้อมูลที่มากขึ้นและภาครับสามารถรับข้อมูลได้

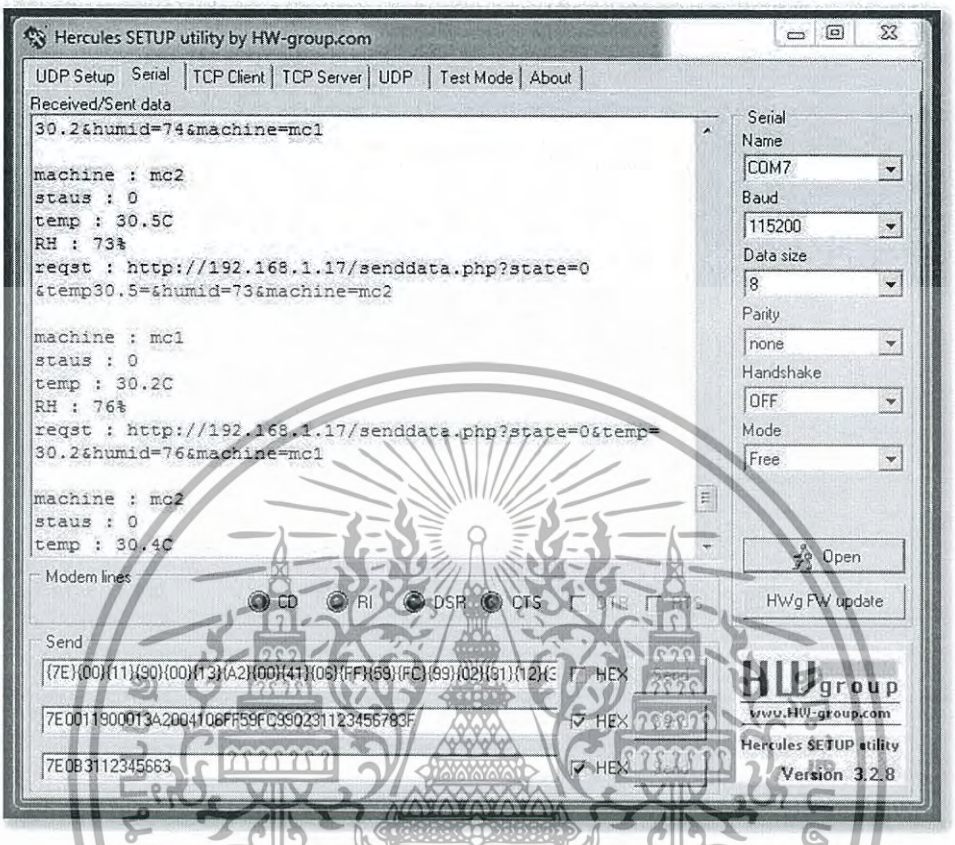
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการส่งสัญญาณแบบเมช

ระยะห่างของภาครับกับภาคส่ง (เมตร)	เวลาที่ส่ง	เวลาที่ได้ตอบกลับ	ผลลัพธ์ (gateway)
260	17:38:57.905	17:38:57.996	ได้รับข้อมูล
270	17:39:32.875	17:39:37.634	ได้รับข้อมูล
280	17:40:21.188	17:40:25.931	ได้รับข้อมูล
285	17:41:01.573	17:41:03.414	ได้รับข้อมูล
290	17:42:50.516	17:42:55.260	ไม่ได้รับข้อมูล
300	17:43:09.607	17:43:14.366	ไม่ได้รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองรับ-ส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) เข้าสู่ฐานข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าตัวเกทเวย์ (gateway) มีการส่งข้อมูลออกไปจริง



รูปที่ 4.1 การรับส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) เข้าสู่ฐานข้อมูล

4.2.4 ผลการทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ

ในการทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ จะทำการทดลองโดยการรับข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรจากเสาไฟสัญญาณ จากนั้นจะส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูลและนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ

วันที่	เวลา	สถานะการทำงานของเครื่องจักร
08-04-2018	15:00:00	RUN
08-04-2018	15:03:00	STOP
08-04-2018	15:06:00	ERROR
08-04-2018	15:09:00	IDLE
08-04-2018	15:12:00	RUN
08-04-2018	15:15:00	STOP
08-04-2018	15:18:00	ERROR
08-04-2018	15:21:00	IDLE
08-04-2018	15:24:00	RUN
08-04-2018	15:27:00	STOP
08-04-2018	15:30:00	ERROR
08-04-2018	15:33:00	IDLE
08-04-2018	15:36:00	RUN
08-04-2018	15:39:00	STOP
08-04-2018	15:42:00	ERROR
08-04-2018	15:45:00	IDLE
08-04-2018	15:48:00	RUN
08-04-2018	15:51:00	STOP
08-04-2018	15:54:00	ERROR
08-04-2018	15:57:00	IDLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น

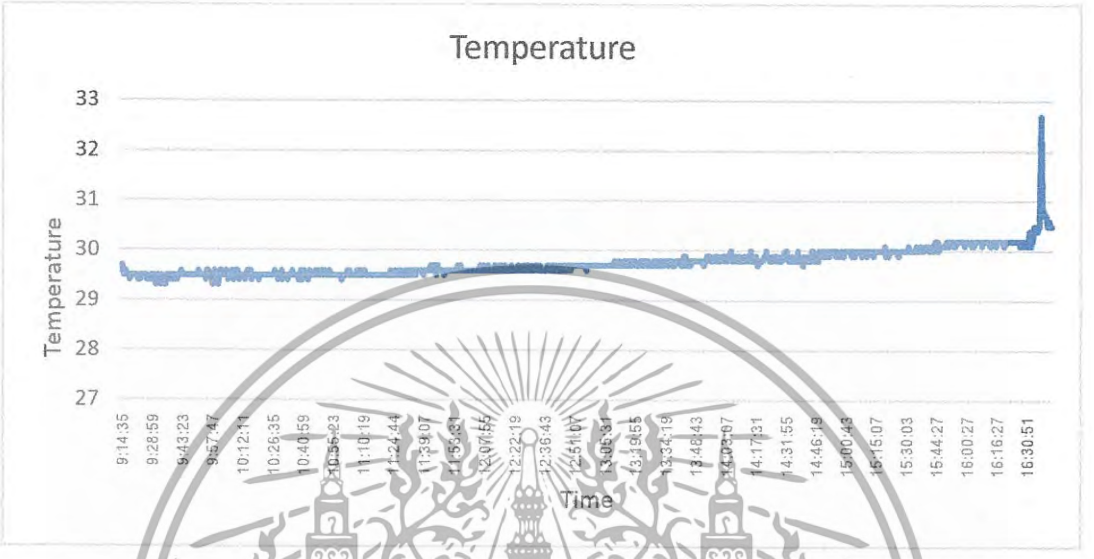
ในการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น จะทำการทดลองโดยการใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความชื้นเป็นตัววัด โดยในการวัดจะทำการวัดที่เวลาต่าง ๆ จากนั้นจะส่งค่าที่วัดได้เข้าฐานข้อมูลและนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น

เวลาที่ทำการวัด	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)	ความชื้นที่วัดได้ (%)
9:14:35	29.6	88
9:40:43	29.4	93
10:00:27	29.5	95
10:30:51	29.6	95
11:00:11	29.4	95
11:30:35	29.5	95
12:00:27	29.6	95
12:30:19	29.6	95
13:00:45	29.7	95
14:00:59	29.8	95
15:00:43	30	95
16:00:59	30.2	95
17:21:52	30.5	95
18:00:18	30.5	73
19:30:49	30.3	83
20:00:51	30.2	74
20:30:51	30.2	75
21:00:11	30.2	76
21:30:03	30.2	76
22:00:43	28.8	64
22:30:59	27.2	47
23:00:35	26.2	44
23:12:43	26.2	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

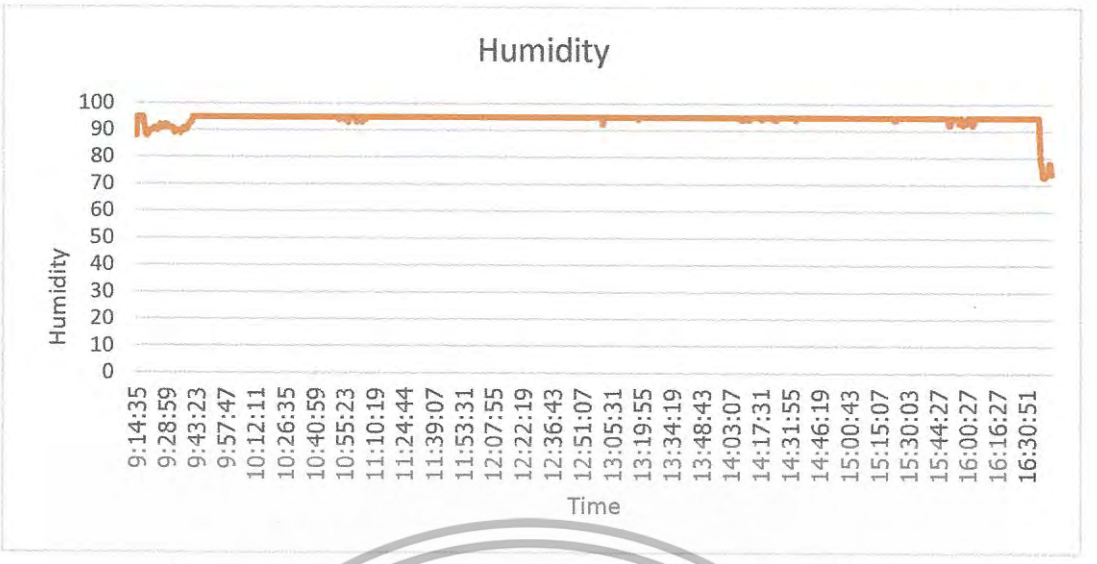
จากผลการทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น สามารถนำค่าที่วัดได้มาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด



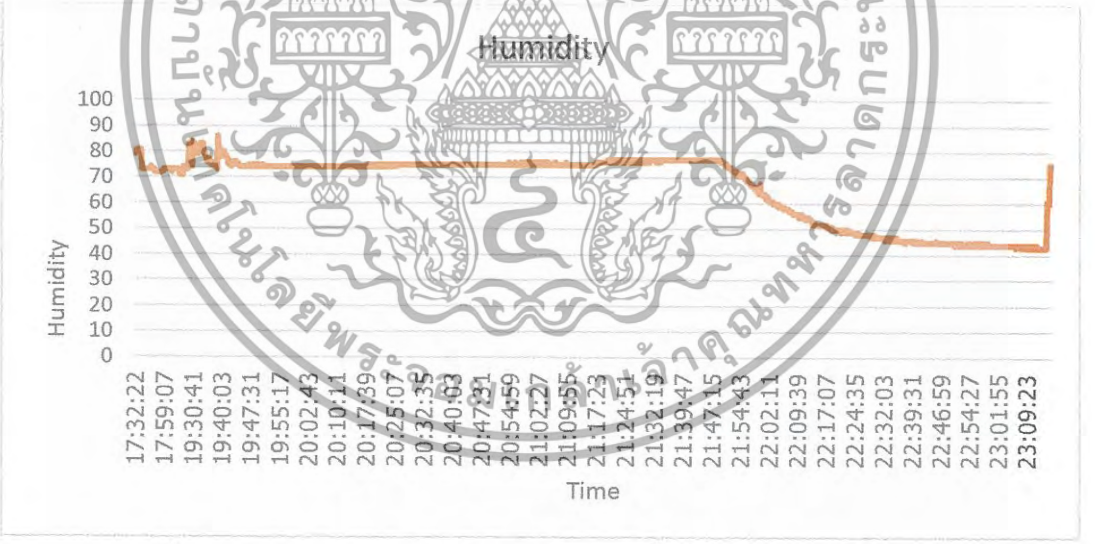
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



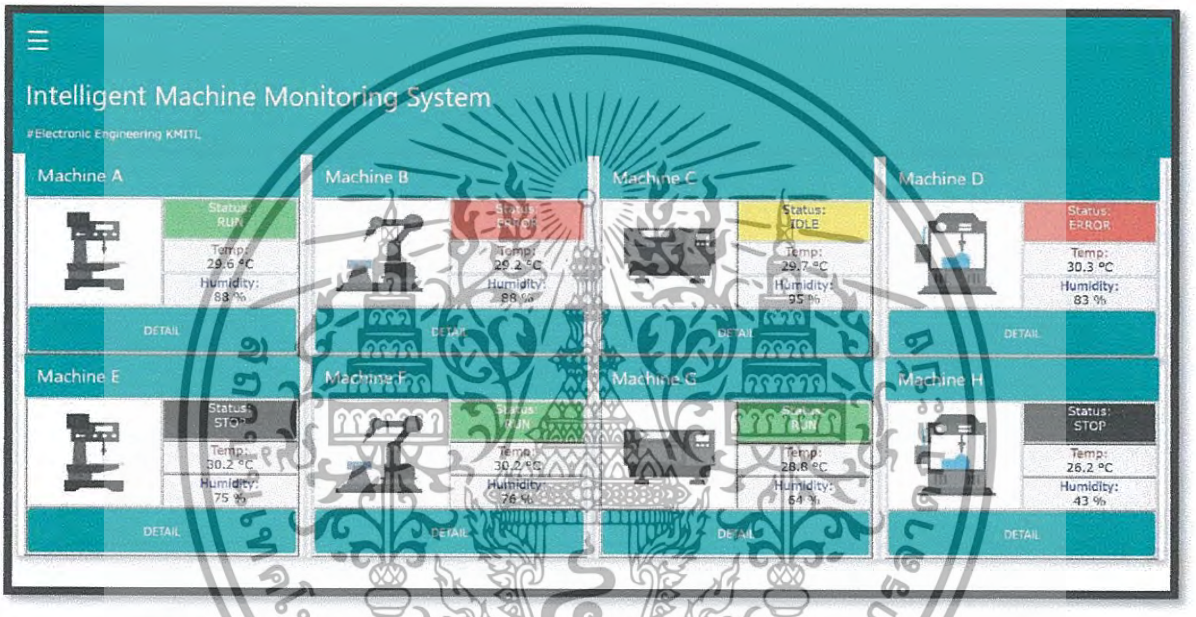
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่วัดได้กับเวลาที่ทำการวัด

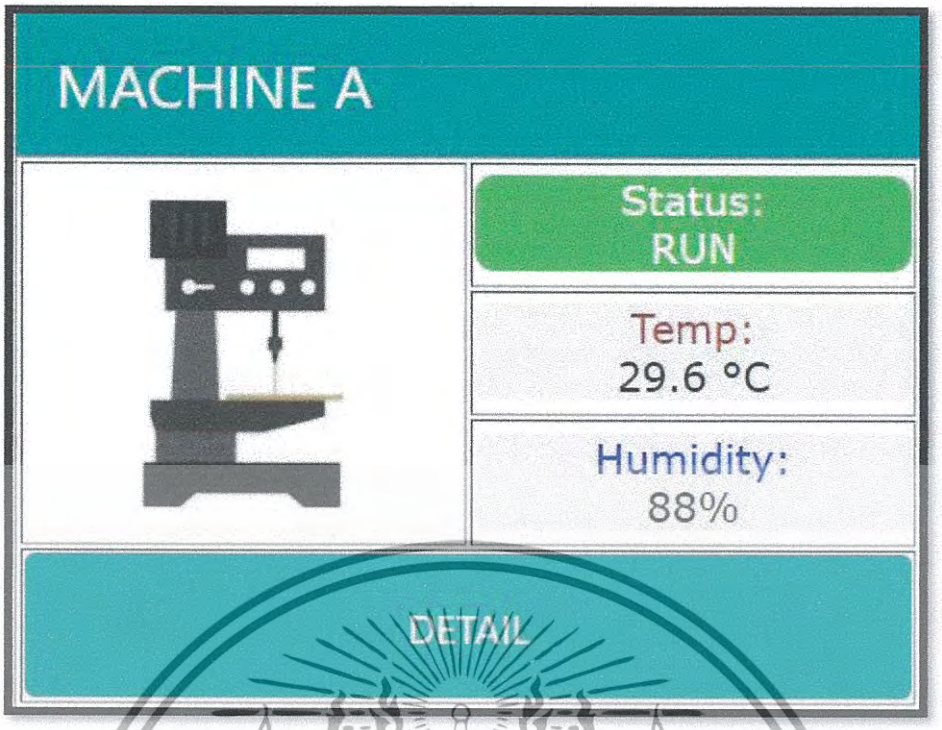
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองตอนที่ 4 การทดลองการตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ และการทดลองตอนที่ 5 การทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น จะนำข้อมูลที่ตรวจจับและวัดได้ส่งเข้าสู่ฐานข้อมูล จากนั้นจะนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ โดยสถานะการทำงานของเครื่องจักรจะมีสีแสดงสถานะอยู่ซึ่ง สีเขียวจะหมายถึงเครื่องจักรกำลังทำงาน (RUN), สีดำหมายถึงเครื่องจักรหยุดการทำงาน (STOP), สีแดงหมายถึงเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง (ERROR) และสีเหลืองหมายถึงเครื่องจักรกำลังรอคำสั่งการทำงาน (IDLE) โดยช่องแสดงอุณหภูมิและความชื้นจะแสดงอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ ณ เวลานั้น ๆ

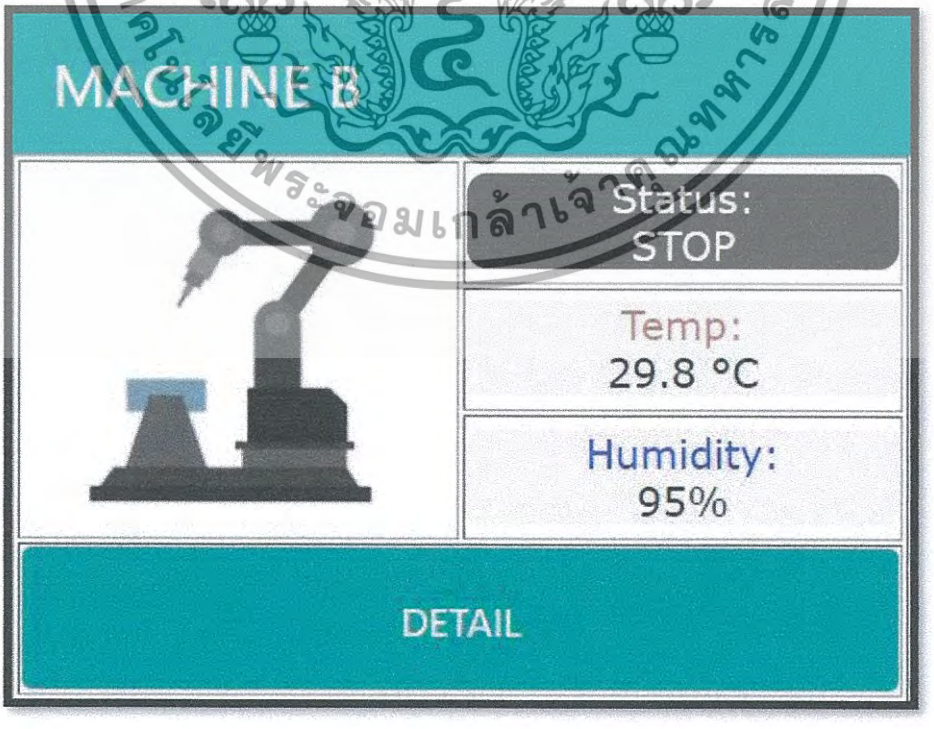


รูปที่ 4.6 หน้าแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

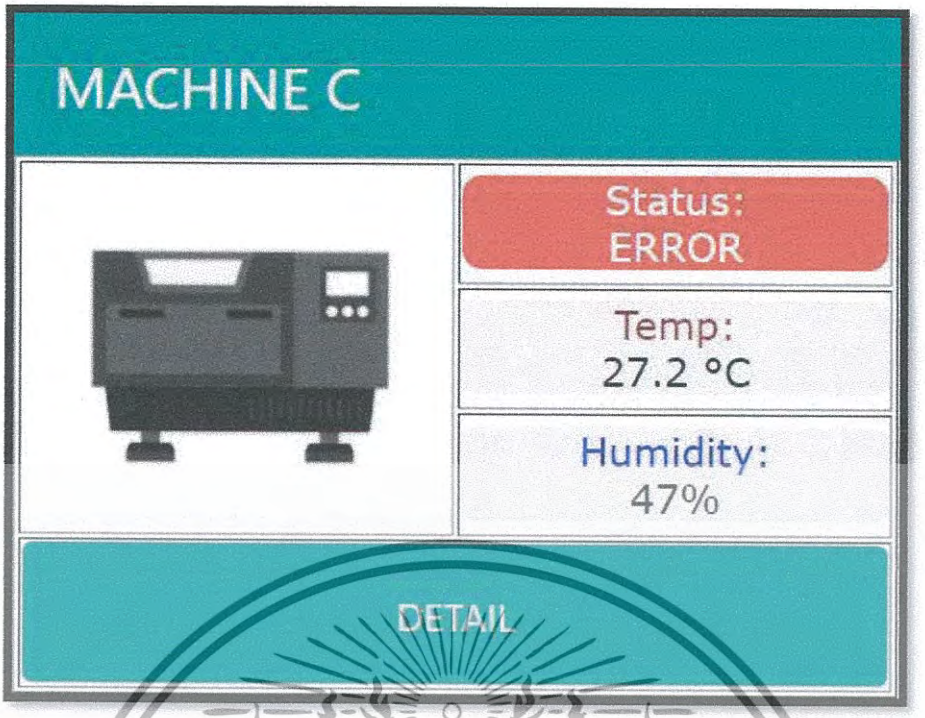


รูปที่ 4.7 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรกำลังทำงาน (RUN) อุณหภูมิและความชื้น

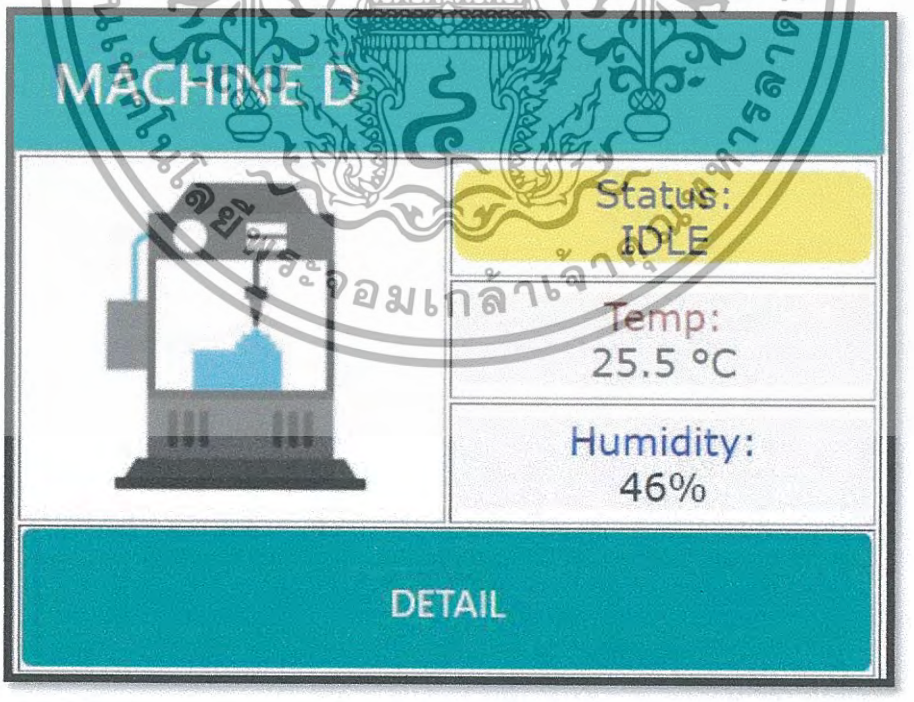


รูปที่ 4.8 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรหยุดการทำงาน (STOP) อุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



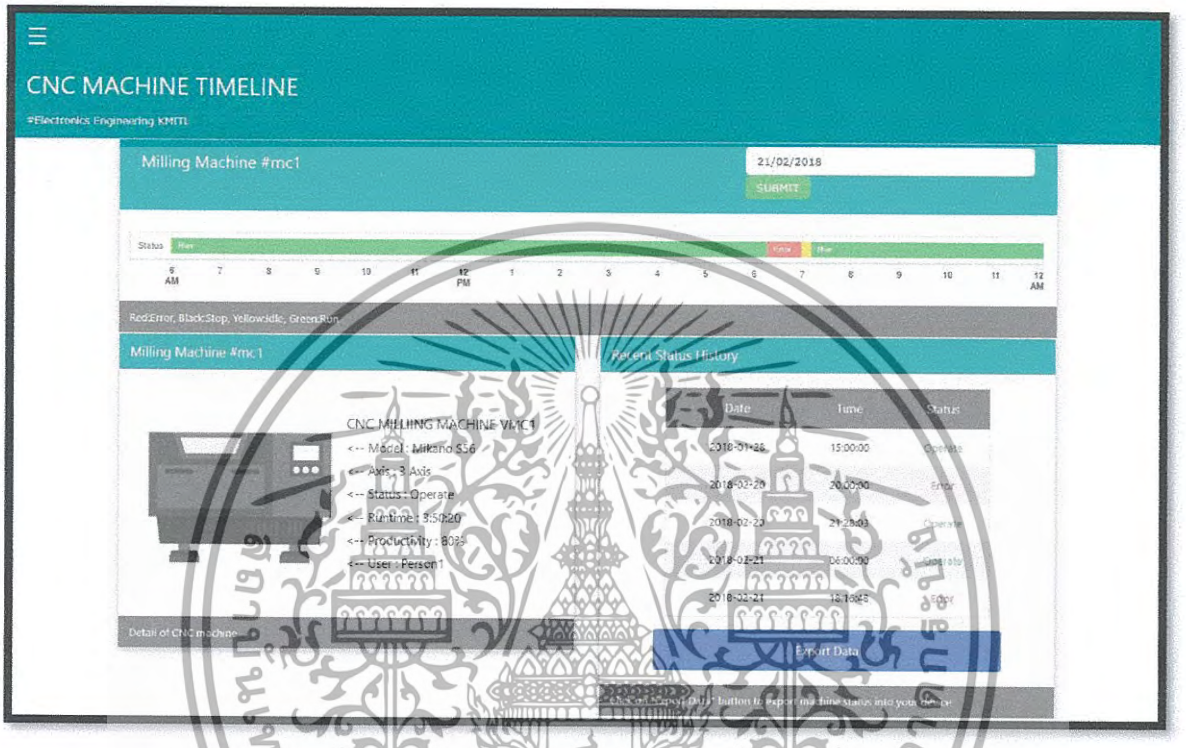
รูปที่ 4.9 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง (ERROR) อุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 4.10 หน้าแสดงผลสถานะเครื่องจักรกำลังรอคำสั่งการทำงาน (IDLE) อุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกดปุ่ม detail ที่หน้าแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร จะเข้ามาสู่หน้า timeline ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักร ประกอบไปด้วยกราฟแสดงข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรย้อนหลังโดยสามารถเลือกวันที่ ที่ต้องการทราบข้อมูลได้ และสามารถนำข้อมูลออกมาใช้เป็นไฟล์นามสกุล .xlsx ได้



รูปที่ 4.11 หน้า timeline แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงงานนี้ได้ทำการสร้างระบบติดตามสถานะการทำงานของเครื่องจักร โดยทำการตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักรซึ่งมาจากเสาไฟสัญญาณ (Tower Light) ที่ติดตั้งอยู่ที่เครื่องจักร และวัดอุณหภูมิรวมถึงความชื้น ณ เวลานั้น ๆ แล้วทำการส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายด้วยระบบ Zigbee เข้าสู่เกทเวย์ (Gateway) จากนั้นทำการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบ server ผ่าน internet โดยนำข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้นไปแสดงบนเว็บไซต์

จากการทดลองที่ 1 การส่งสัญญาณที่ระยะต่าง ๆ พบว่า ระยะห่างของภาครับกับภาคส่งที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ต้องมีระยะไม่เกิน 250 เมตร และเมื่อระยะห่างของภาครับกับภาคส่งมากกว่า 250 เมตร จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้

จากการทดลองที่ 2 การส่งสัญญาณแบบเมช พบว่า ระยะห่างของภาคส่งกับภาครับที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ โดยมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (repeater) วางไว้ระหว่างภาครับกับภาคส่งโดยวางไว้ห่างจากภาคส่ง 250 เมตร พบว่า สามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 285 เมตร และเมื่อระยะห่างมากกว่า 285 เมตร จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้

จากการทดลองที่ 3 การทดลองรับ-ส่งข้อมูลจากเกทเวย์ (gateway) เข้าสู่ฐานข้อมูล พบว่า เกทเวย์สามารถรับส่งข้อมูลจากเกทเวย์เข้าสู่ฐานข้อมูลได้

จากการทดลองที่ 4 การตรวจจับสัญญาณจากเสาไฟสัญญาณ พบว่า สามารถรับส่งข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรจากภาคส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลได้ และสามารถนำข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่องจักรจากฐานข้อมูลไปแสดงบนหน้าเว็บไซต์ได้ โดยจะแสดงเป็นสีต่าง ๆ ซึ่งสีเขียวจะหมายถึงเครื่องจักรกำลังทำงาน (RUN), สีดำหมายถึงเครื่องจักรหยุดการทำงาน (STOP), สีแดงหมายถึงเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง (ERROR) และสีเหลืองหมายถึงเครื่องจักรกำลังรอคำสั่งการทำงาน (IDLE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองที่ 5 การทดลองการวัดอุณหภูมิและความชื้น พบว่า สามารถรับส่งข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นที่วัด จากภาคส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลได้ และสามารถนำข้อมูลที่วัดได้จากฐานข้อมูลไปแสดงบนหน้าเว็บไซต์ โดยอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องมาจากความไม่แม่นยำของตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้วัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

- พัฒนาระบบการเชื่อมต่อสัญญาณให้มีมาตรฐานใกล้เคียงกับระบบ Protocol TCP/IP
- พัฒนาแอพพลิเคชั่นของระบบปฏิบัติการ IOS และ Android
- พัฒนาระบบความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูล
- พัฒนาการรับส่งข้อมูลให้มีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Ata Elahi Adam Gschwender "**ZigBee Wireless Sensor and Control Network**" Pearson Education

[2] Shahin Farahani "**Zigbee Wireless Networks and Transceivers**"

[3] Robert Faludi "**Building Wireless Sensor Networks:with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing**"

[4] Drew Gislason "Zigbee Wireless Networking"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โค้ดหน้าแสดงผลสถานะการทำงานของเครื่องจักร อุณหภูมิและความชื้น

```
<html>
<head>
        <title>SCADA SYSTEM</title>
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
        <?php require "db.php"; ?>
        <?php include('template/main-style.php'); ?>
        <script>
                function getDataFromCNC(table, statuslabel, tempLabel,
        humidityLabel) {
                        var data_tx = {table: table,value: 'status'};
                        var colorClass = ['w3-black', 'w3-green', 'w3-red', 'w3-yellow']

                $.ajax({
                        url:'server.php',
                        type:'post',
                        data:data_tx,
                        success:function(result) {
                                var status = document.getElementById(statuslabel);
                                var temp = document.getElementById(tempLabel);
                                var humidity =
document.getElementById(humidityLabel);

                                result = result.split(',')

                                colorClass.forEach(function(color) {
                                $(status.parentNode).removeClass(color)
                                })

                                switch (result[0]) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                case '0':
                    status.innerText = 'STOP'
                    break
                case '1':
                    status.innerText = 'RUN'
                    break
                case '2':
                    status.innerText = 'ERROR'
                    break
                default:
                    result[0] = 3;
                    status.innerText = 'IDLE'
                    break
            }
            temp.innerText = result[1]
            humidity.innerText = result[2]
$(status.parentNode).addClass(colorClass[parseInt(result[0])])
        }
    })
}

window.onload = function () {
    var cncPattern = []
    var machineStatusList =
document.getElementsByClassName('machine_status')
    for(var i = 0; i < machineStatusList.length; i++) {
        cncPattern.push({
    table: machineStatusList[i].getAttribute('machine-key'),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                label: machineStatusList[i].getAttribute('id'),
                tempLabel: 'temp_' + machineStatusList[i].getAttribute('machine-key'),
                humidityLabel: 'humidity_' +
machineStatusList[i].getAttribute('machine-key')
                        })
                }

        for (var i = 0 ; i < cncPattern.length ; i++) {
        getDataFromCNC(cncPattern[i].table, cncPattern[i].label,
cncPattern[i].tempLabel, cncPattern[i].humidityLabel);
        setInterval(getDataFromCNC, 1000, cncPattern[i].table, cncPattern[i].label,
cncPattern[i].tempLabel, cncPattern[i].humidityLabel);  // 1000 = 1 second
        }

        $(document).click(function(event) {
                if ($(event.target).attr('id') !== 'menu') {
                w3_close()
                }
        })
}
</script>
        <style>
                div.temp {
                        color: brown;
                }
                div.humidity {
                        color: blue;
                }
        </style>
</head>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<body>
        <?php include('template/sidebar-menu.php'); ?>
        <div class='main-container'>
        <div class="w3-teal">
        <button id="menu" class="w3-button w3-
xxlarge"onclick="w3_open()">&#9776;</button>
        <div class="w3-container">
                <h1>Intelligent Machine Monitoring System</h1>
                <p>#Electronic Engineering KMITL</p>
        </div>
        </div>

        <div class="w3-row-padding">
        <?php
                $sql = "SELECT * FROM machines";
                $result = mysqli_query($DBsource, $sql);
        ?>
        <?php while($row_arr = mysqli_fetch_array($result)): ?>
                <div class="w3-card-4 w3-col m4 l3">
                        <header class="w3-container w3-teal">
                                <h3 class="w3-text-white"><?php echo
$row_arr['name']; ?> </h3>
                        </header>

        <table border="1" width="100%">
                <tr >
                    <td rowspan="3" width="50%">
                        <div class="w3-container w3-white w3-center">
                        <div class="w3-col m12">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    <img width="100%" height="120px" src="images/<?php echo
$row_arr['machine_key']; ?>.jpg" onerror="this.src ='images/mc3.jpg'" alt="Mach"
class="w3-round">
                    </div>
                    </td>
                  <td>
                    <div class="machine-status w3-center">
                    <div>Status:</div>
                    <span class="machine_status" machine-key="<?php echo
$row_arr['machine_key']; ?>" id="status<?php echo $row_arr['id']; ?>"> No Status
</span>
                    </div>
                </td>
                </tr>
                <tr >
                  <td>
                      <div class="w3-light-grey w3-round w3-right w3-center"
style="width:100%">
                      <div class="temp">Temp:</div>
                      <span id="temp_<?php echo $row_arr['machine_key']; ?>">No
Temp
                      </span>
                      <span>°C</span>
                      </div>
                  </td>
                  </tr>
                  <tr >
                  <td>
                      <div class="w3-light-grey w3-round w3-right w3-center"
style="width:100%">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    <div class="humidity">Humidity:</div>
                    <span id="humidity_<?php echo $row_arr['machine_key'];
?>">No value
                    </span>
                    <span>%</span>
                    </div>
                  </td>
                  </tr>
                  <tr >
                  <td colspan="2">
                    <a href="timeline.php?machine=<?php echo
            $row_arr['machine_key']; ?>" class="w3-button w3-teal w3-round w3-
            right" style="width:100%">
                      <h6>DETAIL</h6>
                    </a>
                  </td>
                  </tr>
        </table>
        </div>
              <?php endwhile; ?>
        </div>
        </div>
</body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โค้ดหน้า timeline แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักร

```
<html>
<head>
        <title>SCADA SYSTEM</title>
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
        <?php include('template/main-style.php'); ?>
        <script type="text/javascript"
src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
        <script type="text/javascript">
                google.charts.load("current", {packages:["timeline"]});
                google.charts.setOnLoadCallback(drawChart);
                function drawChart() {
                        var container = document.getElementById('machine_timeline');
                        var chart = new google.visualization.Timeline(container);
                        var dataTable = new google.visualization.DataTable();
                        dataTable.addColumn({ type: 'string', id: 'Role' });
                        dataTable.addColumn({ type: 'string', id: 'Name' });
                        dataTable.addColumn({ type: 'date', id: 'Start' });
                        dataTable.addColumn({ type: 'date', id: 'End' });

                        $.get('get_timeline.php?machine=<?php echo $_GET['machine'];
?>&selected-date=<?php echo isset($_GET['selected-date']) ? $_GET['selected-date'] :
''; ?>', function(result) {
                                var machineResultData = JSON.parse(result)
                                if (machineResultData.length <= 0) {
                                        container.innerText = 'No operation on this date'
                                        return ;
                                }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                var today = new Date(machineResultData[0]['date'] + ' ' +
machineResultData[0]['time'])
                var machineData = [
                        [ 'Status', 'Stop', today, today ],
                        [ 'Status', 'Run', today, today ],
                        [ 'Status', 'Error', today, today ],
                        [ 'Status', 'Idle', today, today ]
                ]

        for (var i = 0 ; i < machineResultData.length; i++) {
                var operationCurrentDatetime = new
Date(machineResultData[i]['date'] + ' ' + machineResultData[i]['time'])
                var operationEndDatetime
        if (i === machineResultData.length -1) {
                var currentDate = new Date()
                var machineEndDate = newDate(machineResultData[i]['date'])
        if (currentDate.getDate() === machineEndDate.getDate() &&
        currentDate.getMonth() === machineEndDate.getMonth() &&
        currentDate.getFullYear() === machineEndDate.getFullYear()) {
        operationEndDatetime = new Date()
        } else {
        operationEndDatetime = new Date(machineResultData[i]['date'] + ' ' +
'24:00:00')
        }
        } else {
        operationEndDatetime =  new Date(machineResultData[i+1]['date'] + ' '
+ machineResultData[i+1]['time'])
        }
        var machineStatus = ''
        switch (machineResultData[i]['status']) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case '0':
            machineStatus = 'Stop'
            break
            case '1':
            machineStatus = 'Run'
            break
            case '2':
            machineStatus = 'Error'
            break
            case '3':
            machineStatus = 'Idle'
            break
            }
                machineData.push(['Status', machineStatus,
operationCurrentDatetime, operationEndDatetime])
            }
                dataTable.addRows(machineData)
                var options = {
                    colors: ['#000000', '#4caf50', '#f44336', '#ffeb3b'],
                    avoidOverlappingGridLines: false
                }
                chart.draw(dataTable, options)
            })
}
</script>

<!--Class Readdb-->
<?php
        require "db.php";
        function readdata($table)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
            global $DBsource;
            $sql = "SELECT * FROM status_machines WHERE
machine_key='$table'";
            $result = mysqli_query($DBsource, $sql);
            $row_num = mysqli_num_rows($result);
            return [
                "result" => $result,
                "row_num" => $row_num
            ];
        }
        function readHistorydata($table)
        {
            global $DBsource;
            $sql = "SELECT * FROM status_machines WHERE
machine_key='$table' ORDER BY id DESC LIMIT 5";
            $result = mysqli_query($DBsource, $sql);
            $row_num = mysqli_num_rows($result);
            echo "<table class='w3-table w3-striped w3-border w3-
centered w3-hoverable' style='width:75%' align='center'><caption></caption>";
            echo "<thead>
                <tr class='w3-dark-grey'>
                <th><h5 class='w3-text-white'>Date</h5></th>
                <th><h5 class='w3-text-white'>Time</h5></th>
                <th><h5 class='w3-text-white'>Status</h5></th>
                </tr>
            </thead>";
            for($i=0; $i<5; $i++)
            {
                $row_arr = mysqli_fetch_array($result);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    echo "<tr>";    //เริ่มแถวใหม่
                    echo "<td><h6 class='w3-text-
black'>{$row_arr['date']}</h6></td>
                        <td><h6 class='w3-
textblack'>{$row_arr['time']}</h6></td>";
                    if($row_arr['status'] == "0") {
                    echo "<td><h6 class='w3-text-black'>Stop</h6></td>";
                    } else if($row_arr['status'] == "1") {
                        echo "<td><h6 class='w3-text-
green'>Operate</h6></td>";
                    } else if($row_arr['status'] == "2") {
                        echo "<td><h6 class='w3-text-
red'>Error</h6></td>";
                    } else if($row_arr['status'] == "3") {
                        echo "<td><h6 class='w3-text-
yellow'>Idle</h6></td>";
                    }
                    echo "</tr>";
                }
                echo "</table>";
            }
        ?>
</head>
<body>
    <!-- Sidebar -->
    <?php include('template/sidebar-menu.php'); ?>

    <!-- Page content -->
    <div class="w3-teal">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            <button class="w3-button w3-xxlarge"
onclick="w3_open()">&#9776;</button>
            <div class="w3-container">
            <a href="main.php" style="text-decoration:none;"><h1>CNC MACHINE
TIMELINE</h1></a>
                    <p>#Electronics Engineering KMITL</p>
            </div>
        </div>
        <!-- SHOW TIMELINE -->
        <div style="overflow-x:auto;">
            <table width="82%" border="0" align="center">
                <tr>
                    <td colspan="2">
                    <div class="w3-card-4">
                    <header class="w3-container w3-teal">
                    <div class="w3-row-padding">
                    <div class="w3-col m8">
                    <h3 class="w3-text-white">Milling Machine #<?php
echo $_GET['machine']; ?></h3>
                    </div>
                    <div class="w3-col m4">
                    <form method="get">
                    <input class="w3-input w3-border w3-padding w3-
round-large" type="date" placeholder="Search for date.." name="selected-date"
value="<?php echo isset($_GET['selected-date']) ? $_GET['selected-date'] : date("Y-m-
d"); ?>">
                    <input type="hidden" name="machine" value="<?php
echo $_GET['machine']; ?>">
                    <button class="w3-button w3-green w3-round-
large">SUBMIT </button>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    </form>
                    </div>
                    </div>
                    </header>
                    <div class="w3-container w3-white w3-center">
                    <div id="machine_timeline">No operation on this
date</div>
                    </div>
                    <footer class="w3-container w3-dark-grey">
                    <h6 class="w3-text-white">Red:Error,    Black:Stop,
Yellow:Idle,    Green:Run</h6>
                    </footer>
                    </div>
                    </td>
                </tr>
            </table>
        </div>

        <!-- SHOW DETAIL -->
        <div style="overflow-x:auto;">
            <table width="84%" border="0" align="center">
                <tr>
                    <!-- LEFT COLLUMM -->
                    <td valign="top" align="center"
style="width:50%">
                    <div class="w3-card-4" style="width:95%">
                    <header class="w3-container w3-teal">
                    <h4 class="w3-text-white" align="left">Milling
Machine #<?php echo $_GET['machine']; ?></h4>
                    </header>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<br><div class="w3-container w3-white w3-
center">
<table>
<tr>
<td style="width:50%"><img
src="images/<?php echo $_GET['machine']; ?>.jpg" alt="Mach" style="width:100%"
class="w3-round"></td>
<td>
<h4>CNC MILLIING MACHINE VMC1</h4>
<h5> <-- Model : Mikano S56</h5>
<h5> <-- Axis : 3 Axis</h5>
<h5> <-- Status : Operate</h5>
<h5> <-- Runtime : 3:50:20</h5>
<h5> <-- Productivity : 80%</h5>
<h5> <-- User : Person1</h5>
</td>
<tr>
</table>
</div>
<br><footer class="w3-container w3-dark-grey">
<h6 class="w3-text-white" align="left">Detail of CNC
machine</h6>
</footer>
</div>
</td>
<!-- RIGHT COLLUMM -->
<td valign="top" align="center">
<div class="w3-card-4" style="width:95%">
<header class="w3-container w3-teal">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        <h4 class="w3-text-white"
align="left">Recent Status History</h4>
                                        </header>
                                        <br><div class="w3-container w3-white
w3-center">
                    <?php readHistorydata($_GET['machine']); ?><br>
                        <div>
                        <a href="export_excel.php?machine=<?php echo
$_GET['machine']; ?>" class="w3-button w3-indigo w3-round" style="width:80%"
download>
                        <h5>Export Data</h5>
                        </a>
                        </div>
                        </div>
                        <br>
                        <footer class="w3-container w3-dark-grey">
                        <h6 class="w3-text-white" align="left">Click on "Export
Data" button to export machine status into your device</h6>
                        </footer>
                        </div>
                        </td>
                    </tr>
                </table>
            </div>
</div>
</body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้