



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำ

และการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที

AUTOMATIC WATER LEVEL INDICATOR USING ULTRASONIC SENSOR
AND IOT MONITORING SYSTEM

กรณีศึกษาของ บริษัท เอ็น.ที.เอส.สติลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

นายสาธิต สังข์ทอง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายสาธิต สังข์ทอง
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ดร.พลชัย โชติปรายนกุล
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายทัตเทพ พบครุฐ
สถานประกอบการ	บริษัท เอ็น.ที.เอส.สติลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที เป็นการศึกษาเพื่อลดความสูญเสียไปเนื่องจากรอคอยในกระบวนการผลิตเหล็กที่นำไปสู่การหยุดชะงักของการผลิต เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อการผลิต

โดยผู้วิจัยใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางด้าน IoT มาช่วยในการแก้ไขปัญหา ภายในระบบจะประกอบไปด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์สำหรับวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ IoT เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลของ NETPIE ผ่านการสื่อสารแบบไร้สาย ผลของการตรวจวัดสามารถแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และแอปพลิเคชันบนมือถือแบบ Real-time อีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบของ Feed ซึ่งทำหน้าที่เสมือนถึงเก็บข้อมูลประเภท Time-Stamp-Series ระบบมีการแจ้งเตือนเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดได้ว่าค่าระดับความสูงของน้ำมีความผิดปกติข้อความแจ้งเตือน (Push Notification) จะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันของผู้ดูแลระบบ ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานบนสมาร์ตโฟน ทำให้นักงานสามารถเข้าถึงระบบข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้จะอยู่ห่างไกลจากสถานที่ปฏิบัติงาน

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง, NodeMCU, NETPIE

Cooperative Title: Automatic Water Level Indicator Using Ultrasonic Sensor And IoT Monitoring System : A Case Study of N.T.S. Steel Group Public Company Limited.

Student intern name: Mr. Sathit Sungthong

Faculty: Engineering

Department: Industrial Engineering

Advisor name: Dr. Pholchai Chotiprayanakul

Mentor name: Mr. Tattep Pobkrut

Company: N.T.S. Steel Group Public Company Limited.

ABSTRACT

This thesis presents the development of a wireless sensor network prototype for water level measurement and real-time online monitoring via IoT. This study will reduce chance of breakdown steel production line because of the shortage of cooling water.

The researcher uses the knowledge of engineering and information technology especially in IoT to help solving the problem. The water level measurement system consists of an ultrasonic sensor to detect water level parameters and a microcontroller circuit board to send the parameter information to Cloud Network. The IoT device will communicate and connect via the wireless communication protocol to the cloud database server as NETPIE. Data and information can be monitored through a web browser and mobile application in real-time. Data can be also store and stream in the form of a Time-Stamp-Feed like a data storage tank. When the sensor measures the water level and the system notices an abnormal situation, the microcontroller will contact the NETPIE server to send push notification to administrator's mobile device or smartphone. The administrator will address the problem quickly and efficiently, even if they are on remote worksite.

Keywords: Internet of Things (IoT), NodeMCU, NETPIE

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษา “การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที วิทยาลัยศึกษาของ บริษัท เอ็น.ที.เอส.สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)” สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง จนโครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ นายทัตเทพ พบครุฑ วิศวกรไฟฟ้าประจำแผนกช่างานุกรการซ่อมบำรุง บริษัท เอ็น.ที.เอส.สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ที่แนะนำแนวทาง ให้ข้อมูลที่จำเป็นและตรวจสอบความถูกต้อง ระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาในการเสนอแนะ และแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ ทำให้โครงการฉบับนี้มีความถูกต้องมากขึ้น และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท เอ็น.ที.เอส.สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษา และดำเนินงานวิจัยในทุกกระบวนการผลิต รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการศึกษาวิจัย และ ขอขอบพระคุณ พนักงานฝ่ายช่างานุกรการซ่อมบำรุงและพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุงทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาเป็นอย่างดี จนกระทั่งการศึกษาวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สาธิต สังข์ทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการศึกษางานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	4
1.6 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า	6
2.2 กระบวนการผลิตน้ำเหล็กกล้าและเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง	8
2.3 Internet of Thing (IoT)	12
2.4 การประยุกต์ใช้งาน IoT	13
2.5 NETPIE	16
2.6 FREEBOARD	19
2.7 NodeMCU	19
2.8 Arduino	21
2.9 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ (Ultrasonic Sensor)	22
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	25
3.1 ประวัติของบริษัททรรณศึกษา	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ผลกระทบของบริษัทการศึกษา	26
3.3 กระบวนการผลิตของบริษัทการศึกษา	29
3.4 การออกแบบระบบ IoT	32
3.5 การติดตั้ง NodeMCU/ESP8266 Library	37
3.6 การติดตั้ง NETPIE Library	41
3.7 เน็ตพาย (NETPIE)	43
3.8 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	52
3.9 โค้ดโปรแกรมส่งข้อมูลแสดงผลบน NETPIE	52
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	55
4.1 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE	55
4.2 การแสดงผลและการบันทึกข้อมูลบนเว็บ NETPIE	57
4.3 การทดสอบการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling tower quality 2	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการวิจัย	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	64
ประวัติผู้วิจัย	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
1.1	ระยะเวลาการดำเนินงาน	4
1.2	นิยามศัพท์	5
2.1	อัตราค่าบริการ	16
2.2	รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของบอร์ด Arduino UNO	22
3.1	ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา	28
3.2	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้การสร้างโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำอัตโนมัติ	35
4.1	การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE (17 กันยายน 2562)	56
4.2	การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE (8 พฤศจิกายน 2562)	59

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่	
1.1	แผนผังการบริหารจัดการน้ำ Cooling Water Quality 2	3
2.1	ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า	9
2.2	กระบวนการผลิตเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง	11
2.3	NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2	20
2.4	ลักษณะโดยทั่วไปของบอร์ด Arduino UNO	21
2.5	ลักษณะโดยทั่วไปและหลักการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์	23
3.1	กระบวนการผลิตเหล็กแท่ง	30
3.2	แผนผังกระบวนการรีดแปรรูปร้อน (Hot Rolling) สายการผลิต A	31
3.3	แผนผังกระบวนการรีดแปรรูปร้อน (Hot Rolling) สายการผลิต B	32
3.4	แผนผังแสดงองค์ประกอบและกระบวนการทำงานของระบบ	33
3.5	Schematic diagram	36
3.6	หน้าต่างเลือกระบบปฏิบัติการ Windows Installer	36
3.7	หน้าต่าง Download โปรแกรม Arduino IDE	37
3.8	โปรแกรม Arduino IDE	37
3.9	การเข้าสู่เมนู File เพื่อติดตั้ง NodeMCU Library	38
3.10	การเพิ่ม Boards Manager URLs	38
3.11	การตั้งค่า Boards Manager	39
3.12	การติดตั้ง NodeMCU Library	39
3.13	การตรวจสอบ USB Ports ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU	40
3.14	คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU สำเร็จ	40
3.15	การติดตั้ง Driver ให้กับ Ports USB	40
3.16	โปรแกรม Arduino IDE	41
3.17	การดาวน์โหลด Microgear Library	41
3.18	การเพิ่ม Microgear Library File	42
3.19	การตั้งค่าและการจัดการ Library	42
3.20	การติดตั้ง Microgear Library	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่	
3.21	หน้าลงทะเบียนผู้ใช้งานเน็ตพาย (NETPIE)	44
3.22	หน้าจัดการแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานเน็ตพาย (NETPIE)	44
3.23	Popup การกำหนดชื่อแอปพลิเคชัน (Application ID หรือ APPID)	46
3.24	หน้าต่างการทำงานของ NETPIE FREEBOARD	46
3.25	การเพิ่ม Data Source	47
3.26	หน้าต่างการตั้งค่า Datasource	48
3.27	หน้าต่างการเพิ่ม Widget ประเภท Gauge เพื่อแสดงระดับน้ำ	48
3.28	ตัวอย่าง Feed ที่สร้างขึ้นด้วย 1 Field	49
3.29	การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึง FEED โดยใช้ API Key	50
3.30	การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling tower quality 2	52
4.1	Widget การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์บน NETPIE Freeboard	57
4.2	กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบนคลาวด์ (Cloud Computing) ผ่าน NETPIE	57
4.3	การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์และตัวอย่างระบบแจ้งเตือนบน Application NETPIE	58
4.4	กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบน Application NETPIE	58
4.5	การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling tower quality 2	59
4.6	การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์บน Application NETPIE	61
5.1	ภายใน Cooling tower quality 2	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า” ของไทยเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญ ในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศเป็นจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้ามีหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ ต่าง ๆ การถลุงเหล็ก การผลิตเหล็กกล้า การหล่อ การแปรรูป เช่น การรีด การตีขึ้นรูป และการตกแต่งขั้นสุดท้าย เช่น การเคลือบผิว การอบชุบความร้อน เป็นต้น จนกระทั่งได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กกล้า

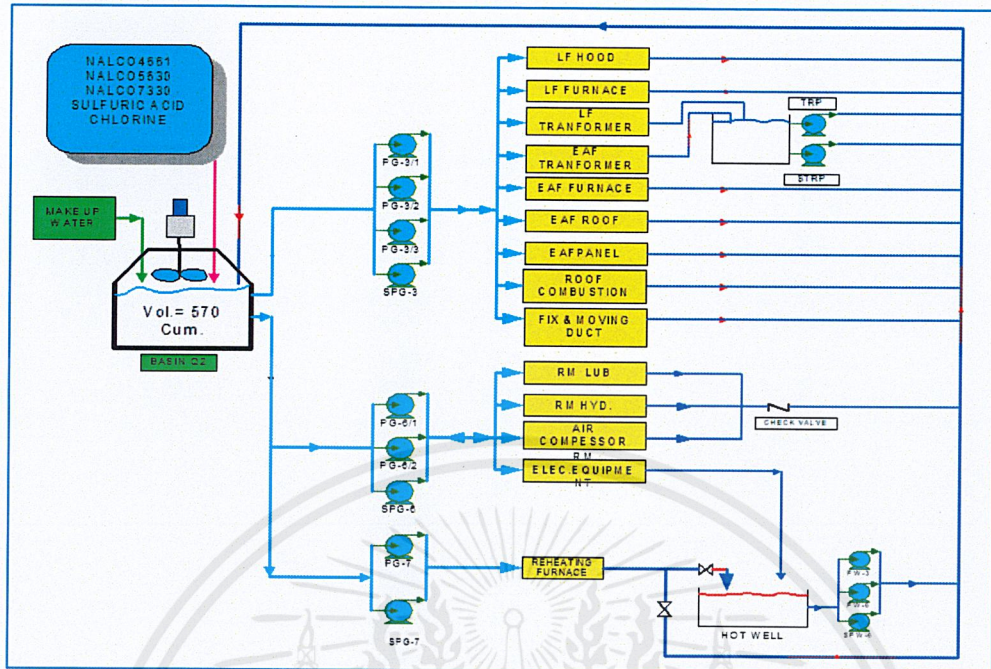
กลุ่มบริษัท ทาทา สตีล ก่อตั้งขึ้นในปี 2450 เป็นผู้ผลิตเหล็ก แห่งแรกของภูมิภาคเอเชีย และเป็นหนึ่งในผู้ผลิตเหล็กเอกชนรายใหญ่ที่สุดในประเทศอินเดีย ที่ได้เข้ามาลงทุนใน เมื่อปี 2549 ในชื่อบริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ถือเป็นกลุ่มบริษัทผู้ผลิตเหล็กทรงยาวที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ผลิตสินค้าภายใต้แบรนด์ TATA TISCON โดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่กรุงเทพมหานคร ผลิตภัณฑ์ของบริษัท ได้แก่ เหล็กเส้นข้อย้อย เหล็กเส้นกลม เหล็กปลอกสำเร็จรูป เหล็กเพลาดำ เป็นต้น โดยมีกำลังการผลิตสินค้าเหล็กรวมกว่า 1.7 ล้านตันต่อปี จาก 3 โรงงานในเครือ ได้แก่ บริษัท เหล็กก่อสร้างสยาม จำกัด บริษัท เหล็กสยาม (2001) จำกัด และ บริษัท เอ็น.ที.เอส. สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

การเข้ามาของเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรือ “อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง” ที่หมายถึง การที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกอย่างทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถส่งการ ควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการแพทย์ เครื่องจักรในโรงงาน อุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือนเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตัวแปรสำคัญสำหรับ Internet of Things ที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่เพียงแต่ Internet network เพียงเท่านั้นแต่ยังมี ตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องอีกนั่นคือ Sensor Node ที่ต่อเชื่อมโยงในจำนวนมากทำให้เกิดลักษณะของ Wireless Sensor Network (WSN) ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อเข้ามายัง WSNs สามารถตรวจจับ

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Physical Phenomena) ในเครือข่ายได้ด้วย ยกตัวอย่าง เช่น แสง อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อส่งค่าไปยังอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานหรือสั่งงานอื่น ๆ ต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในกระบวนการผลิตเหล็กรีดร้อน พบว่าในส่วนงานของ Water Plant ซึ่งมีหน้าที่ในการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อการใช้ในกระบวนการผลิตดังรูปที่ 1.1 ประสบปัญหาด้านการตรวจวัดระดับน้ำที่บ่อ Cooling Water Quality 2 ซึ่งส่งผลให้สายการผลิตอาจต้องหยุดหรือชะลอเมื่อระดับน้ำหล่อเย็นระบบไม่เพียงพอ เนื่องจากชุดอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดและตัวแสดงผลไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งในปัจจุบันทางโรงงานแก้ไขปัญหามาโดยการให้พนักงานเข้าไปตรวจสอบที่บริเวณบ่อโดยตรง ส่งผลให้การตรวจวัดระดับน้ำนั้นมีความยากลำบากเพราะระดับน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและในบางครั้งทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิตเพราะระดับน้ำต่ำเกินไปทำให้กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงักและเกิดความสูญเสียเปล่าเนื่องมาจากการรอคอยระดับน้ำให้ขึ้นสูงมากพอจะเดินกระบวนการผลิต

ดังนั้น โครงการสหกิจศึกษานี้จะมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาระบบการแสดงผลและแจ้งเตือนระดับความสูงของน้ำแบบออนไลน์ โดยการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา เช่น การนำเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางอย่าง Ultrasonic Sensor มาใช้ในการตรวจวัดระดับความสูงของน้ำภายในบ่อ และ การนำเอาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ IoT มาช่วยในการส่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ตัวเซนเซอร์วัดได้เข้าสู่คลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE ผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะช่วยลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพิ่มความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล เพิ่มความปลอดภัยในการทำงานและเพิ่มผลผลิตให้กับกระบวนการผลิต



รูปที่ 1.1 แผนผังการบริหารจัดการน้ำ Cooling Water Quality 2

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อทำเทคโนโลยีทางด้าน IoT มาประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมและกระบวนการผลิต
- 2) เพื่อสร้าง Dashboard ที่ช่วยควบคุมและแสดงผลข้อมูลแบบออนไลน์ผ่าน NETPIE
- 3) เพื่อสร้างระบบการแจ้งเตือน เมื่อระดับน้ำมีความผิดปกติ

1.3 ขอบเขตการศึกษางานวิจัย

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดค่าระดับความสูงของน้ำ
- 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ตรวจวัดได้เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลผ่านอุปกรณ์ IoT เพื่อแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 3) เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดได้ว่าระดับความสูงของน้ำมีความผิดปกติไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการ ติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลเพื่อทำการแก้ไขปัญหา
- 4) โรงงานกรณีศึกษา แผนกซ่อมบำรุง บริษัท เอ็น.ที.เอส.สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

- ปรับปรุงรูปแบบการทำงานให้ดียิ่งขึ้นและลดความสูญเปล่า
- เพิ่มความสะดวกสบายแก่พนักงาน ในการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
- เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำได้ดียิ่งขึ้น

2) ประโยชน์ต่อผู้วิจัย

- เพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้ จากการทำงานในสถานประกอบการจริง
- ฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
- ฝึกทักษะทางด้านภาษาอังกฤษในการทำงาน
- สามารถนำเอาความรู้และเทคโนโลยี IoT มาปรับประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม

3) ประโยชน์ต่อสถานศึกษา

- เป็นแนวทางในการทำสหกิจศึกษาหรือโครงการของนักศึกษาปีการศึกษาถัดไป

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	รายการ	บทที่	2562															
			ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา	1	■	■														
2	ศึกษาทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	2	■	■	■													
3	ศึกษาสภาพปัจจุบัน	3					■											
4	ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์วัดระดับน้ำอัตโนมัติ	4						■	■	■	■							
5	ทดสอบการทำงานของระบบ	5										■	■	■				
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	6													■	■	■	

1.6 นิยามศัพท์

นิยามคำศัพท์ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 นิยามศัพท์

คำศัพท์	ชื่อเต็ม	ความหมาย
IoT	Internet of Things	อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย
NETPIE	Network Platform for Internet of Everything	NETPIE เป็นแพลตฟอร์มให้บริการสำหรับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ Internet of Things ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้
MEG	Maintenance Expert Group	กลุ่มซ่อมบำรุงชำนาญการ
EAF	Electric Arc Furnace	เตาอาร์คไฟฟ้า

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงการสหกิจศึกษา เรื่อง การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอทีกรณีศึกษา บริษัท เอ็น ที เอส สตีล กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ผู้วิจัยได้กล่าวถึงองค์ความรู้ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ นำมาประยุกต์ใช้ ทำให้โครงการสามารถสำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า
- 2.2 กระบวนการผลิตน้ำเหล็กกล้าและเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง
- 2.3 Internet of Thing (IoT)
- 2.4 NETPIE
- 2.5 การประยุกต์ใช้งาน IoT
- 2.6 FREEBOARD
- 2.7 NodeMCU
- 2.8 Arduino
- 2.9 Ultrasonic Sensor
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้ามีหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ ต่าง ๆ การถลุงเหล็ก การผลิตเหล็กกล้า การหล่อ การแปรรูป เช่น การรีด การตีขึ้นรูป และการ ตกแต่งขั้นสุดท้าย เช่น การเคลือบผิว การอบชุบความร้อน เป็นต้น จนกระทั่งได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กกล้า ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ การผลิตเหล็กขั้นต้น การผลิตเหล็กขั้นกลาง และการผลิตเหล็กขั้นปลาย

2.1.1 อุตสาหกรรมผลิตเหล็กต้นน้ำหรือการถลุงหรือการผลิตเหล็ก (Iron Making)

เป็นการนำสินแร่เหล็ก (Iron Ore) มาถลุงเพื่อแยกสินแร่ที่อยู่ในรูปเหล็กออกไซด์ให้กลายเป็นธาตุ เหล็ก (Ferrous : Fe) โดยมีวัตถุดิบเพิ่มเติม เช่น ถ่านหิน (Coal) ถ่านโค้ก (Coke) ก๊าซธรรมชาติ

(Natural Gas) เป็นตัวลดออกซิเจน (Reducing) ในแร่และเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการถลุง และใช้ หินปูน (Limestone) เพื่อจับสิ่งสกปรกออกมาเป็นตะกรัน (Slag) ผลผลิตที่ได้อาจอยู่ในรูปของเหลวที่ เรียกว่า น้ำเหล็ก หลอมเหลว (Molten Iron) หรืออยู่ในรูปของแข็งที่เรียกว่า เหล็กถลุง (Pig Iron) หรือ เหล็กฟรูน (Sponge Iron) ซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการผลิตเหล็ก (Iron) และเหล็กกล้า (Steel) เหล็กที่ ได้จากการถลุงจะประกอบไปด้วยคาร์บอน (Carbon) ประมาณร้อยละ 4.5 และสารเจือปนอื่น ๆ (Impurities) ต่าง ๆ ซึ่งทำให้เหล็กมีความเปราะ (Brittleness) เกินไป ไม่สามารถนำไปใช้งานในทาง วิศวกรรมได้ จึงจำเป็นต้องมีการปรุงส่วนผสม ต่าง ๆ ในขั้นตอนการผลิตเหล็กชั้นกลาง เพื่อให้ได้เหล็กที่มี สมบัติทางวิศวกรรมตามที่ต้องการ ในการผลิตเหล็ก ชั้นต้นนั้นต้องใช้การลงทุนสูง ใช้พลังงานในการถลุง เหล็กมากและต้องการวัตถุดิบทั้งในรูปของสินแร่ เชื้อเพลิง โดยเฉพาะถ่านโค้ก ตลอดจนต้องมีระบบ สาธารณูปโภคและโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้ออำนวยต่อการผลิต เช่น ทำเรื่อน้ำลึกลงและระบบถนนเป็นต้น

2.1.2 อุตสาหกรรมผลิตเหล็กกลางน้ำหรือการผลิตเหล็กกล้า (Steel Making)

จากขั้นตอนการผลิตเหล็กชั้นต้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลว รวมถึงเศษเหล็ก (Scrap) นำมาหลอมรวมกัน และจะมีขั้นตอนของการผสมน้ำเหล็กกล้า (Molten Steel) เพื่อปรับเปลี่ยน คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำเหล็กกล้าโดยการปรับส่วนผสมทางเคมีอุณหภูมิและความสะอาดให้เที่ยงตรงและ ดียิ่งขึ้น เพื่อให้เหมาะในการผลิตให้ได้เป็นเหล็กกล้า (Steel Making) ทั้งนี้การผลิตเหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ (1) การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาออกซิเจน (Basic Oxygen Furnace: BOF) เป็นการนำน้ำเหล็ก หลอมเหลว หรือเหล็กถลุง มาผสมกับเศษเหล็ก และลดปริมาณคาร์บอนให้เหลือร้อยละ 0-1.5 โดยการ เป่าก๊าซออกซิเจน (Oxygen) ผ่านโลหะในเตา Converter เพื่อให้กลายเป็นเหล็กกล้าหลอมเหลว (Liquid Steel) (2) การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์คไฟฟ้า (Electric Arc Furnace: EAF) วิธีนี้ถูกเอามาใช้สำหรับ การหลอมเศษเหล็ก โดยเศษเหล็กที่ถูกหมุนเวียนมาใช้ใหม่จะถูกหลอมด้วยและเปลี่ยนแปลงไปเป็น เหล็กกล้าคุณภาพด้วยการอาร์คไฟฟ้ากำลังสูง เหล็กกล้าหลอมเหลวที่ได้จะถูกนำไปสู่กระบวนการหล่อ แบบต่อเนื่อง ได้เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กกล้ากึ่งสำเร็จรูป (Semi-Finished Steel Product) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภท คือ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งแบน (Slab) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom หรือ Beam blank) และอินกอต (Ingot) โดยเหล็กแท่งเล็กจะใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเหล็กเส้นหรือเหล็กทรงยาว (Long Product) รวมทั้งเหล็กหลอดและเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน สำหรับการผลิตเหล็กแท่งแบน หรือ Slab จะต้องใช้ระดับเทคโนโลยีสูงกว่า การผลิต Billet และจะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กแผ่นรีด ร้อนเท่านั้น ส่วนเหล็กแท่งใหญ่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนขนาดใหญ่

2.1.3 อุตสาหกรรมผลิตเหล็กปลายน้ำหรือการขึ้นรูปเหล็กกล้า (Steel Forming)

เป็นการนำผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าที่สำเร็จรูปไปผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งมีหลายกระบวนการ ทั้งการรีดร้อน (Hot Rolling) การรีดเย็น (Cold Rolling) การเคลือบผิว (Coating) การอบชุบความร้อน (Heat Treatment) การทุบขึ้นรูป (Hot Forging) การทุบขึ้นรูปเย็น (Cold Forging) การกลึงไสตัดเจาะ (Machining) การเชื่อม (Welding) การผลิตท่อเหล็ก การตีขึ้นรูป รวมถึงการหล่อเหล็ก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) เหล็กทรงยาว (Long Product) ได้แก่ เหล็กเส้น เหล็กหลอด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน 2) เหล็กทรงแบน (Flat Product) ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กขึ้นรูปเย็น โดยทั่วไปการขึ้นรูปเหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ (1) การขึ้นรูปขั้นปฐมภูมิ (Primary Forming) เป็นวิธีที่ถูกประยุกต์ใช้กับเหล็กแท่งแบน (Slab) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) และเหล็กแท่งยาว (Billet) ที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting: Con-Cast) มา ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยทำให้เกิดการลดหรือเปลี่ยนแปลงรูปทรง เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในเนื้อโลหะ ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้ ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน เหล็กเส้นสำหรับเสริมคอนกรีต เหล็กหลอด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เป็นต้น (2) การขึ้นรูปขั้นทุติยภูมิ (Secondary Forming) กระบวนการในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การผลิตการแปรรูปและการตกแต่งงานขั้นสุดท้าย (Manufacturing, Fabrication & Finishing) เพื่อให้ชิ้นส่วนเหล็กกล้า ขั้นสุดท้าย มีรูปทรงและคุณสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งแบ่งย่อยเป็นกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนรูปทรง (Shaping) เช่น การรีดเย็น (Cold Rolling) การกลึงแปรรูป (Machining) การเจาะ (Drilling) การต่อประสาน (Joining) การเชื่อม (Welding) การเคลือบผิว (Coating) การชุบสังกะสี (Galvanizing) การทำกรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) การทำเทมเปอร์ริง (Tempering) และการทำกรรมวิธี ปรับปรุงผิว (Surface Treatment) การทำคาร์บูไรซิง (Carburizing) เป็นต้น [1]

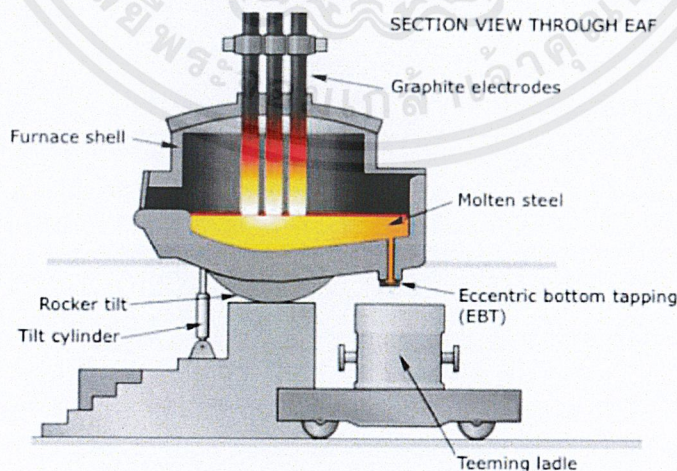
2.2 กระบวนการผลิตน้ำเหล็กกล้าและเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง

กระบวนการผลิตน้ำเหล็กกล้าในเอกสารนี้จะให้รายละเอียดเฉพาะการผลิตน้ำเหล็กกล้าโดยใช้เตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า ซึ่งเป็นกระบวนการที่นิยมใช้ในประเทศไทย โดยกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย การหลอมเหล็กกล้าด้วยเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า การปรุงส่วนประกอบทางเคมีของน้ำเหล็กกล้า และ กระบวนการผลิตเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง

2.2.1 กระบวนการหลอมเหล็กกล้าด้วยเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า

การหลอมเหล็กกล้าด้วยเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า (Electrical Arc Furnace) จะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักในการอาร์คให้ความร้อน เพื่อให้เหล็กหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,600°C กระบวนการทำงานจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การบรรจุวัตถุดิบ การหลอม และการเทน้ำเหล็ก ข้อดีของเตาหลอมอาร์คไฟฟ้าข้อหนึ่งคือสามารถใช้ เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบในการหลอมเพื่อใช้งานใหม่ได้ นอกจากนี้ เตาหลอมอาร์คไฟฟ้ายังเหมาะสำหรับการผลิตเหล็กกล้าธาตุผสมสูง เนื่องจากสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่าย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ เหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณไม่มาก โดยขนาดการหลอมแต่ละรอบ (Batch) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 50–150 ตัน เตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้าที่ใช้งานแพร่หลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-8 เมตร โดยระยะเวลาในการหลอม (Tap-to-Tap Time) ประมาณ 50 นาทีต่อการหลอมแต่ละรอบ ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า ดังนี้

- 1) แท่งอิเล็กโทรด 3 แท่ง ซึ่งทำจากกราไฟต์สำหรับให้พลังงานในการหลอม
- 2) รูเท้านล่างโดยการเอียงเตา (Eccentric Bottom Tapping) สำหรับเทน้ำเหล็กกล้าโดยหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากสแลก (Slag) ที่อยู่ด้านบนผิวหน้าเหล็กกล้า
- 3) ประตูสำหรับเทสแลก (Slag)
- 4) ช่องสำหรับเติมเศษเหล็กและวัสดุอื่นๆ ได้แก่ ปูนขาว (Lime, CaO) โดโลไมต์ (Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) เป็นต้น
- 5) ท่อทางเข้าของออกซิเจนและคาร์บอน สำหรับใช้ในปฏิกิริยาออกเดชั่น
- 6) ฉนวนเตาและหลังคาที่หล่อเย็นด้วยน้ำ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้า

2.2.2 กระบวนการปรุงส่วนประกอบทางเคมีของน้ำเหล็กกล้า

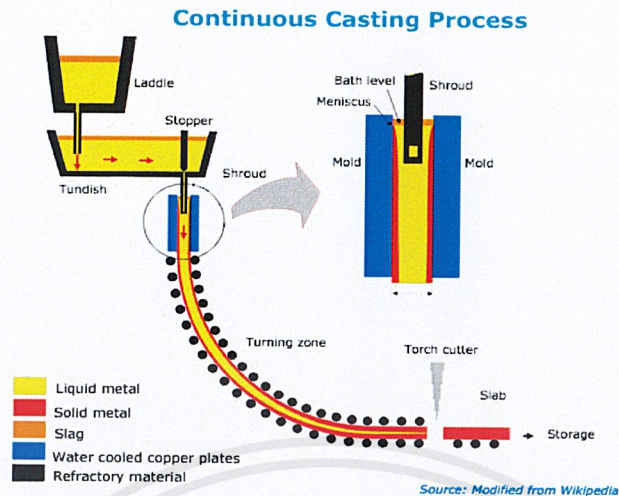
หลังจากการหลอมและปรุงส่วนประกอบทางเคมีขั้นแรกที่เตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้าแล้ว ในการผลิต เหล็กกล้าปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกรดใหม่ ๆ ตลอดจนมีความต้องการผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าที่มีช่วงส่วนประกอบทางเคมีที่แคบเพื่อควบคุมคุณสมบัติทางกลที่แน่นอนยิ่งขึ้น การปรับละเอียดส่วนประกอบทางเคมี ของน้ำเหล็กกล้าหรือที่รู้จักกันในชื่อโลหะวิทยาขั้นที่สอง (Secondary Metallurgy) จะเป็นขั้นตอนที่อยู่ระหว่างเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้าและโรงหล่อโดยครอบคลุมตั้งแต่การป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเหล็กกล้า จากสแลกในระหว่างการเทน้ำเหล็กกล้าจนกระทั่งได้น้ำเหล็กกล้าที่เป็นไปตามข้อกำหนดของโรงหล่อ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการดำเนินการหลัก ๆ ดังนี้

- การปรับแต่งส่วนประกอบทางเคมีโดยการเพิ่มหรือลดธาตุต่าง ๆ ตลอดจนการควบคุมปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำเหล็กกล้าให้อยู่ในระดับที่ต้องการ
- การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม (โดยการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ) ก่อนจะส่งน้ำเหล็กกล้าสู่โรงหล่อ
- การผสมให้ส่วนประกอบทางเคมีและอุณหภูมิของน้ำเหล็กกล้ามีความสม่ำเสมอ
- การปรับปรุงรูปร่างของสารฝังใน (Inclusion) ที่เหลืออยู่ในน้ำเหล็กกล้าให้มีลักษณะกลม

2.2.3 กระบวนการผลิตเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง

การหล่อเหล็ก คือ การนำน้ำเหล็กที่ได้ปรุงส่วนประกอบทางเคมีแล้วเทลงในแบบเพื่อให้เกิดการแข็งตัวตามรูปร่างที่ต้องการ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- 1) การหล่อแบบที่ละแท่ง (Ingot Casting) คือ การหล่อแบบที่นำเหล็กกล้าถูกเทลงสู่แบบหล่งที่ไม่เคลื่อนไหว เพื่อหล่อเป็นแท่งโลหะ (Ingot) ปัจจุบันการหล่อแบบนี้ ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับงานตีขึ้นรูปร้อน
- 2) การหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting) คือ การที่นำน้ำเหล็กหลอมเหลวได้ไหลผ่านแบบหล่อ (Die) อย่างต่อเนื่องและแข็งตัวเป็น “ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จ” คือ เหล็กแท่งเล็กหรือเหล็กแท่งทั่วไป (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) หรือเหล็กแท่งแบน (Slab) ซึ่งสามารถตัดแบ่งและนำไปผ่าน กระบวนการแปรรูปขั้นต่อไป ปัจจุบันในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าในประเทศนั้น จะนิยมใช้การหล่อแบบต่อเนื่อง เนื่องจากช่วยเพิ่มผลผลิตที่ได้รับปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หล่อให้มีความสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตเหล็กแท่งหล่อแบบต่อเนื่อง

เครื่องจักรที่สำคัญในกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine)

- เ้ารับน้ำโลหะ (Ladle) ทำหน้าที่ส่งและพักน้ำเหล็ก รวมถึงช่วยในด้านการกำจัดสิ่งเจือปน
- แท่นหมุน (Turret) ใช้รองรับเ้ารับน้ำโลหะได้ 2 เ้า และสามารถหมุนสลับเ้ารับน้ำโลหะเพื่อให้สามารถทำการหล่อได้อย่างต่อเนื่อง
- อุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสของน้ำโลหะที่ถ่ายจากเ้ารับน้ำโลหะสู่อ่างพักจากอากาศภายนอกโดยสามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำโลหะ (Shroud System with Stopper Rod)
- อ่างพัก (Tundish) ทำหน้าที่ถ่ายน้ำเหล็กสู่แบบหล่อ (Mold) โดยรักษาน้ำ โลหะที่ไหลจากเ้ารับน้ำโลหะให้อยู่ตัวไหลอย่างเสถียร อุณหภูมิสม่ำเสมอ และให้สารประกอบออกไซด์ลอยตัวขึ้นมา
- อุปกรณ์ป้องกันการสัมผัสของน้ำโลหะที่ถ่ายจากอ่างพักสู่แบบหล่อจากอากาศภายนอก (Submerged Entry Nozzle/Tundish Shroud)
- แบบหล่อทองแดง (Copper Mold) ซึ่งหล่อเย็นด้วยน้ำ เพื่อเร่งให้น้ำโลหะเย็นตัว โดยจะสร้างเปลือกที่แข็งตัวของแท่งโลหะที่หล่อ
- อุปกรณ์ให้ความเย็นขั้นที่ 2 (Secondary Cooling) โดยทำการหล่อเย็นด้วยละอองน้ำจนกระทั่งเหล็กแท่งหล่อแข็งตัวทั้งหมดและถูกตัดให้ตรง
- ส่วนรองรับและลูกกลิ้งเพื่อการตัดเหล็กแท่งหล่อ (Bending Zone Support and Bending Rolls)
- ส่วนที่ทำให้เหล็กแท่งหล่อตรง (Straightening Zone)
- เครื่องตัดเหล็กแท่ง

น้ำเหล็กกล้าที่ผลิตจากเตาหลอมเหล็กอาร์คไฟฟ้าจะเข้าสู่เบ้ารับน้ำโลหะ และผ่านกระบวนการปรับปรุง ส่วนประกอบทางเคมีขั้นที่สอง เช่น ที่เบ้ารับโลหะที่ให้ความร้อนได้ (Ladle Furnace) จากนั้นจะถูกลำเลียง มาที่ด้านบนของเครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง จากนั้น จึงปล่อยน้ำเหล็กกล้าผ่านหัวฉีด (Nozzle) ทางด้านล่างลงสู่ อ่างพัก (Tundish) เหล็กกล้าหลอมเหลวจะไหลจากอ่างพักสู่แบบหล่อทองแดงที่มีน้ำหล่อเย็น โดยเหล็กกล้าหลอมเหลว จะค่อย ๆ แข็งตัวจากผิวด้านนอกที่สัมผัสกับแบบหล่อสู่แกนกลางระหว่างเคลื่อนที่ลงผ่านแบบหล่อ (ดังนั้น ส่วนของน้ำเหล็กกล้าที่ยังไม่แข็งตัวจะมีลักษณะคล้ายกรวย) ขณะที่น้ำโลหะไหลเข้าแบบหล่อในครั้งแรกจะถูกกั้นด้านล่างของแบบหล่อไว้ด้วยดัมมี่บาร์หรือแม่แบบหยาบ (Dummy Bar) เมื่อออกจากแบบหล่อแล้ว แท่งโลหะหล่อจะมีชั้นที่แข็งตัวเกิดขึ้นจะถูกดึงให้เคลื่อนที่ออกมาด้วยลูกกรีดดึง (Pinch Roll) ถ้าแรงเสียดทานระหว่าง ผิวน้ำภายในแบบหล่อกับแท่งโลหะหล่อสูงกว่า ความแข็งแรงของชั้นเปลือกที่แข็งตัว ชั้นเปลือกที่แข็งตัวจะถูกดึงขาด ทำให้เหล็กกล้าหลอมเหลวที่ยังไม่แข็งตัวไหลออกมาเรียกว่า การทะลัก (Breakout) ดังนั้นระหว่างการหล่อ จะมีการใช้สารหล่อลื่น และมีระบบทำให้ตัวแบบหล่อมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงเป็นจังหวะสม่ำเสมอเพื่อรักษาคุณภาพผิวของแท่งโลหะหล่อ

เหล็กแท่งหล่อที่ผ่านการให้ความเย็นจากแบบหล่อมาแล้ว จะเข้าสู่ช่วงบริเวณการให้ความเย็นขั้นที่สอง โดยอุปกรณ์ประกอบด้วยโครงแนวกันประคองแท่งโลหะหล่อและชุดสเปรย์ ซึ่งจะให้ความเย็นด้วยการฉีดน้ำให้เป็นละออง แท่งโลหะหล่อจะถูกลำเลียงผ่านชุดลูกกรีดประคอง จากนั้นจะผ่านเครื่องปรับตรง (Straightener) ที่เป็นชุดกลุ่มลูกกรีดที่ใช้ปรับแก้แท่งโลหะหล่อที่โค้งงอให้กลับมาตรงในเครื่องหล่อชนิดโค้ง เมื่อแท่งโลหะแข็งตัวแล้ว จึงทำการตัดตามความยาวที่กำหนดต่อไป ทั้งนี้ ในการหล่อแบบต่อเนื่อง จะควบคุม ตัวแปรทางกระบวนการ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ โดยผ่านกลไกและปฏิกิริยาสำคัญ ได้แก่ การควบคุมความสะอาดของเหล็กกล้า การหลีกเลี่ยงการรื้อออกซิเดชัน การหลีกเลี่ยงการรีไซเคิลเฟอโรเซชั่น การลดการแยกตัวของธาตุผสม [2]

2.3 Internet of Thing (IoT)

Internet of Things หรือ IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการกล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อ

เชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังต่อไปนี้

2.3.1 การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น (Short-Range Devices)

เป็นรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระยะสั้นมากโดยใช้กำลังส่งต่ำมาก เหมาะสำหรับการสื่อสารในพื้นที่ครอบคลุมขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (Peer-to-peer) หรือ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายก็ได้ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave และ ZigBee เป็นต้น

2.3.2 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

เป็นรูปแบบการให้บริการที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้าง โดยอาศัยการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องลูกข่าย IoT เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่แล้ว ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น เทคโนโลยี NB-IoT และ LTE-M เป็นต้น

2.3.3 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN

เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายกำลังส่งต่ำบริเวณกว้าง Low Power Wide Area Network (LPWAN) โดยเน้นใช้งานในลักษณะการสื่อสารแบบ Narrow Band หรือ UltraNarrow Band ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำมาก ประหยัดพลังงานมาก และมีราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยที่ต่ำ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น LoRaWAN, SigFox และ Ingenu เป็นต้น

2.3.4 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารดาวเทียม

เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อที่เหมาะสมกับการใช้งานที่มีพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการที่กว้างมาก แต่การเชื่อมต่อดังกล่าวจะมีระยะเวลาการตอบสนอง (Latency) ช้ากว่าการเชื่อมต่อรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางไป-กลับ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นโลกและดาวเทียม

2.4 การประยุกต์ใช้งาน IoT

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี IoT ในช่วงแรกจะเป็นการพัฒนาต่อยอดระบบที่ทำงานเป็นอิสระ (Stand Alone) ไม่เชื่อมกับระบบอื่นหรือเป็นระบบโครงข่ายภายในที่ไม่เชื่อมกับระบบอินเทอร์เน็ต ผู้เชี่ยวชาญเรียกระบบเหล่านี้ว่า Intranet of Things อย่างไรก็ตามการพัฒนาเทคโนโลยีโครงข่าย ในรูปแบบใหม่ส่งผลให้ระบบวัตถุและอุปกรณ์ทั้งหลายที่เคยทำงานแยกกันสามารถเชื่อมต่อถึงกันสื่อสารกัน และสร้างช่องทางให้มนุษย์สามารถเข้าถึงควบคุมเก็บข้อมูลและใช้งานได้โดยรูปแบบการสื่อสารของแนวคิด IoT นั้นเป็นผลพวงของการพัฒนาต่อยอดระบบอินเทอร์เน็ตที่มีอยู่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเอื้อให้เกิดการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบใหม่ในประเทศไทยดังต่อไปนี้

2.4.1 อุตสาหกรรมและการผลิต

ระบบควบคุมเครื่องจักรกลการผลิตโดยอัตโนมัติ และการใช้หุ่นยนต์เป็นเครื่องสำคัญของวงการอุตสาหกรรมของประเทศไทยในปัจจุบันหัวใจของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในอุตสาหกรรม คือการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนจากการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) โดยใช้ข้อมูลและผลของการวัดที่เก็บผ่านโครงข่ายของเซนเซอร์ร่วมกับการทำงานของระบบการตัดสินใจโดยอัตโนมัติการทำงานในลักษณะที่เครื่องจักรหุ่นยนต์และเซนเซอร์ทุกตัวสามารถสื่อสารกันได้จะเพิ่มความแม่นยำและช่วยให้ระบบทำงานได้สอดคล้องกันอย่างเป็นอัตโนมัติ

2.4.2 ระบบจัดการเกษตรอัจฉริยะการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming)

อาศัยการทำงานร่วมกันของระบบเซนเซอร์ที่วัดความชื้น ปริมาณแสงแดดอุณหภูมิ ระบบฐานข้อมูลพืชและระบบให้น้ำ ปรับปริมาณแสงและระบบปรับอุณหภูมิที่ทำงานสอดคล้องกันเพื่อสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุดระบบดังกล่าวยังช่วยให้เกษตรกรสามารถประมาณการช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและปริมาณพืชผล ที่จะได้อีกด้วย

2.4.3 ระบบคมนาคมและการจัดการโลจิสติกส์

หนึ่งในภาคส่วนที่คาดว่าจะเกิดความเปลี่ยนแปลงจากเทคโนโลยี IoT คือระบบคมนาคมและการจัดการโลจิสติกส์ โดยเฉพาะแนวคิดการคมนาคมขนส่งอัจฉริยะหรือ Intelligent Transport System (ITS) ซึ่งระบบดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการสื่อสารระหว่างพาหนะต่อพาหนะด้วยกัน หรือระหว่างพาหนะและระบบควบคุม การจราจรอื่น เช่น ระบบสัญญาณการจราจรระบบข้อมูลสภาพจราจร หรือการนำเอาระบบดังกล่าวมาใช้กับระบบขนส่งมวลชนที่จะช่วยให้การบริหารความปลอดภัยสะดวกและตรง

เวลามากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ การนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการขนส่งสินค้าจะทำให้สามารถทราบตำแหน่งยานพาหนะทราบสถานการณ์ รับ-ส่งสินค้า ส่งผลให้การจัดการสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.4.4 ระบบข้อมูลสุขภาพและการแพทย์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสวมใส่ได้ (Wearable Devices) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้อมูลทางสุขภาพและพฤติกรรมมนุษย์สามารถถูกวัดและรวบรวมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สุขภาพได้ อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถตรวจวัดวงจรการนอนการเต้นของหัวใจความดันโลหิตและเก็บข้อมูลกิจกรรมระหว่างวัน เช่น การเดินและวิ่งนอกจากนี้อุปกรณ์การแพทย์ระดับผู้บริโภค เช่น เครื่องวัดน้ำตาลในเลือดเครื่องวัดความดันโลหิตเครื่องวัดสายตา เมื่อถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบฐานข้อมูลส่วนบุคคล จะช่วยให้ผู้อื่นบริโภคหรือคนใช้ตรวจสอบข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของตนหรือเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ทีมงานแพทย์ได้ข้อมูลประกอบการวินิจฉัยโรคได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

2.4.5 ระบบการจัดการพลังงานและสาธารณูปโภค

ระบบการจัดการพลังงานและสาธารณูปโภคที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการตรวจวัดที่แม่นยำการประมวลผลในภาพรวมและการประมาณการที่มีความเชื่อถือได้ระบบ IoT จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในลักษณะการตรวจวัดระยะไกล (Telemetry) เช่น ระบบ Smart Meter ซึ่ง มีความสามารถในการวัดปริมาณการใช้สาธารณูปโภคหรือวัดคุณภาพสาธารณูปโภคก่อนจะส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังหน่วยประมวลผลกลางเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาพรวมต่อไป ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานประเภทนี้คือ การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) ที่ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณการใช้งานพลังงานไฟฟ้าและรวบรวมข้อมูลเพื่อประมาณการค่าอุปสงค์ (Demand Forecast) การใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าการวางแผนสร้างโรงไฟฟ้าจัดการแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและการคิดราคาไฟฟ้าแบบสอดคล้องกับค่า อุปสงค์-อุปทาน ซึ่งในประเทศไทยระบบดังกล่าวกำลังได้รับการบุกเบิกพัฒนาภายใต้ ความร่วมมือระหว่างหน่วยงานรัฐกรไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยการไฟฟ้าภูมิภาคการไฟฟ้านครหลวงและมหาวิทยาลัย แนวคิดที่คล้ายคลึงกันสามารถนำมาประยุกต์ ใช้กับการจัดการสาธารณูปโภคชนิดอื่นเช่นระบบส่งน้ำอัจฉริยะ (Smart Water) และชลประทานอัจฉริยะ (Smart Irrigation) เป็นต้น [3]

2.5 NETPIE

NETPIE เป็น IoT (Internet of Things) Cloud Platform ที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 2558 โดยทีมงานวิจัยและเปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานโดยมี Web Portal ที่ให้สามารถลงทะเบียนและจัดการตัวตนและสิทธิ์ของแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ได้ที่เว็บไซต์ <https://netpie.io> NETPIE เป็น Middleware ที่มีหัวใจหลักเป็น Distributed MQTT Brokers ซึ่งเป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่าง ๆ (Things) มาติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ Publish/Subscribe NETPIE มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบคลาวด์ ทำให้สามารถขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (Auto-scale) สามารถดูแลและซ่อมแซมตัวเองได้อัตโนมัติเมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดในระบบมีปัญหา (Self-healing, Self-recovery) โดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลระบบ การบริหารจัดการระบบเป็นแบบ Plug-and-Play ไม่ต้อง Configure หรือปรับแต่งในฝั่งอุปกรณ์ NETPIE มี Client Library หรือที่เรียกว่า Microgear ซึ่งทำหน้าที่สร้างและดูแลช่องทางสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE รวมไปถึงรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูล Microgear เป็น Open Source และสามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://github.com/netpieio> โดย ณ ปัจจุบันมี Microgear สำหรับ OS และ Embedded Board หลัก ๆ ที่เป็นที่ยอมรับในหมู่นักพัฒนาเกือบทุกชนิด

จุดเด่นของเทคโนโลยี (Innovation Statement)

- (1) ออกแบบเพื่อรองรับการขยายตัวของระบบได้อย่างไร้ขีดจำกัด
- (2) ทุกองค์ประกอบของแพลตฟอร์มมีการสำรองทำให้ระบบมีความพร้อมใช้สูง
- (3) มีระบบบริหารจัดการ Identity ของอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่น

คุณสมบัติและอัตราค่าบริการ

- (1) รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ Plug-and-Play
- (2) รองรับการเชื่อมต่อสื่อสารได้ทุกที่ ทุกเวลา
- (3) รองรับการสื่อสารของอุปกรณ์จำนวนมาก
- (4) รองรับการจัดการสิทธิ์และการยืนยันตัวตนของอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่น
- (5) มี Open-source Library ที่รองรับระบบปฏิบัติการและฮาร์ดแวร์ที่หลากหลาย

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าบริการ

	ฟรี	กิจการ
อุปกรณ์ (Devices)	100	มากกว่า 100
แอปไอดี (AppID)	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
ข้อความ (Message)	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
อัตรา (Rate)	1 ข้อความต่อวินาที	20 ข้อความต่อวินาที
ราคา (Price)	0 บาท ตลอดอายุการใช้งาน (ลงทะเบียน)	ติดต่อ

2.5.1 MICROGEAR

Microgear คือซอฟต์แวร์ไลบรารีของ NETPIE ที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อสื่อสารผ่านคลาวด์ของ NETPIE Microgear เปรียบเสมือนตัวกลางและผู้ช่วยในการสร้างและดูแลการเชื่อมต่อให้มีความเสถียร ปลอดภัย ให้การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เป็นไปอย่างราบรื่น บทบาทหน้าที่ของ Microgear สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ

1) ด้านการสื่อสาร (Communication)

Microgear จะเป็นผู้ช่วยในการสร้างการเชื่อมต่อ (Connection) ไปยังคลาวด์ของ NETPIE และคอยตรวจสอบสถานะของการเชื่อมต่อ หากการเชื่อมต่อมีปัญหา Microgear สามารถช่วยเชื่อมต่อให้ใหม่เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ Microgear ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างช่องทางการสื่อสารแบบเข้ารหัสในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการ ส่วนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Microgear และคลาวด์ของ NETPIE จะใช้โพรโทคอล MQTT ในการสื่อสาร

2) ด้านการยืนยันตัวตน (Authentication)

ในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ Microgear จะช่วยยืนยันตัวตนของอุปกรณ์กับคลาวด์ของ NETPIE โดยการพิสูจน์ตัวตน (Identity) ของอุปกรณ์จะใช้ข้อมูลประกอบกันสามส่วนคือ App ID, App Key และ Token

3) ด้านการขออนุญาตสิทธิ์ (Authorization)

การขออนุญาตสิทธิ์ในการสื่อสารจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ ควบคู่กับการยืนยันตัวตน คลาวด์ของ NETPIE จะเป็นผู้ออกใบอนุญาต (Token) ที่ระบุว่าอุปกรณ์ตัวนี้ สามารถสื่อสารได้กับอุปกรณ์ตัวใดบ้าง ในกรณีปกติอุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้กลุ่ม AppID เดียวกันเท่านั้น จึงจะมีสิทธิ์สื่อสารกันได้ (ยกเว้นในกรณีการใช้ Freeboard Microgear ที่อนุญาตให้สื่อสารข้าม Apple ID ได้)

4) ด้านการประสานงาน (Coordination)

Microgear มีฟังก์ชันที่ช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในกลุ่ม AppID เดียวกันทราบสถานะของกันและกัน เช่น ทราบว่ามีอุปกรณ์ใดออนไลน์เข้ามาใหม่ในกลุ่ม หรือมีอุปกรณ์ใดออกไปจากกลุ่ม รวมถึงทราบการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ที่สนใจติดตาม จากข้อมูลดังกล่าวผู้ใช้สามารถกำหนดบทบาทหน้าที่ให้อุปกรณ์ในกลุ่มตามสถานะของอุปกรณ์อื่นๆ ในกลุ่ม เช่น หากเป็นอุปกรณ์ตัวแรกในกลุ่ม ให้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่ม เป็นต้น

2.5.2 MQTT (MQ TELEMETRY TRANSPORT)

MQTT เป็นโพรโทคอลสื่อสารชั้นแอปพลิเคชันที่รันบน TCP/IP ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1999 โดย IBM และ Eurotech สำหรับการมอนิเตอร์สถานะท่อส่งน้ำมันส่วนที่วางผ่านเขตทะเลทราย ด้วยการออกแบบให้เป็นการรับส่งข้อความที่มีน้ำหนักเบาและเป็นโพรโทคอลเปิด ทำให้ในปัจจุบัน MQTT ถูกนำมาใช้แพร่หลายในการสื่อสารแบบ M2M หรือ IoT เพราะเหมาะสมกับอุปกรณ์ปลายทางที่มีขนาดเล็ก/พลังงานจำกัด หรือในการสื่อสารระยะไกลที่ต้องการการใช้งานแบนด์วิดธ์อย่างมีประสิทธิภาพโมเดลการสื่อสารของโพรโทคอลแสดงดังรูปที่ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือไคลเอนต์ และ โบรกเกอร์

1) โบรกเกอร์

เป็นจุดศูนย์กลางในการรับส่งข้อความระหว่างไคลเอนต์ วิธีการกำหนดเส้นทาง (Routing) กระทำผ่านหัวข้อ (Topic) โดยไคลเอนต์ Subscribe ในหัวข้อที่ตนต้องการ จากนั้นโบรกเกอร์จะส่งข้อความทั้งหมดที่ถูก Publish ในหัวข้อนั้นๆ ไปให้ ดังนั้นไคลเอนต์จึงสื่อสารกันได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้จักกัน ช่วยลดความเกี่ยวพันระหว่างผู้สร้างข้อมูลและผู้ใช้ข้อมูล ส่งผลให้การขยายตัวของเครือข่ายทำได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ หน้าที่ที่สำคัญอีกประการของโบรกเกอร์คือการรักษาความปลอดภัยของไคลเอนต์ (Authorization, Authentication) ซึ่งในส่วนนี้ สามารถขยายเพิ่มเติม หรือนำไปเชื่อมกับกลไกความปลอดภัยของระบบหลังบ้านที่มีอยู่แล้วได้ ช่วยให้นำโบรกเกอร์เข้าไปใช้งานเป็นส่วนหนึ่งของระบบอื่นๆ ได้ ส่วน Authorization ของ NETPIE ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ก็ถือเป็นตัวอย่างหนึ่งของการขยายเพิ่มเติมการรักษาความปลอดภัยของโบรกเกอร์ใน MQTT ปัจจุบันมีโบรกเกอร์ MQTT ที่เปิดให้ดาวน์โหลดไปใช้หรือดัดแปลงอยู่หลายราย ได้แก่ Mosquitto, RabbitMQ, Erlang, VerneMQ ฯลฯ

2) ไคลเอนต์

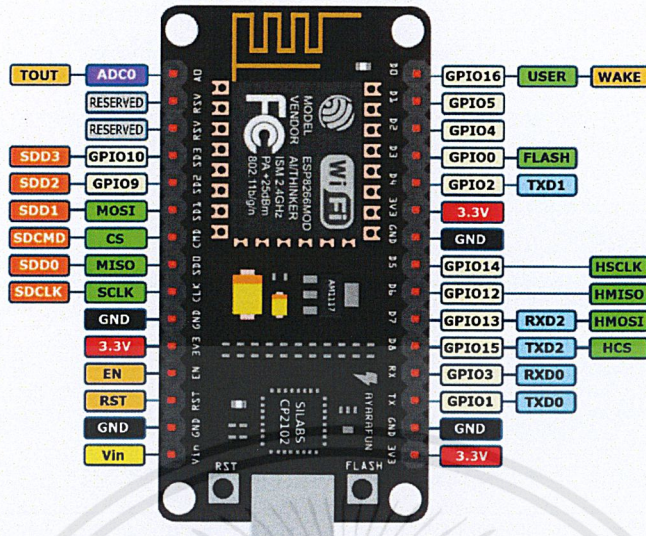
จะเป็นได้ทั้ง Publisher หรือ Subscriber หรือ Publisher/Subscriber พร้อมๆ กัน และจะเป็นอุปกรณ์ใดๆ ก็ได้ที่สามารถรัน MQTT Client Library บน TCP/IP Stack การที่ MQTT ใช้โมเดล Publish/Subscribe ตรรกะส่วนใหญ่จึงไปตกอยู่ในฝั่งโบรกเกอร์ ทำให้ Library มีขนาดเล็กติดตั้งได้ง่ายใช้งานได้กับอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด ไคลเอนต์จำเป็นต้องเปิดการเชื่อมต่อ TCP ไว้ตลอดเวลาเพื่อที่โบรกเกอร์จะสามารถผลักข้อความไปให้ได้ หากการเชื่อมต่อถูกตัดขาด โบรกเกอร์จะเก็บข้อความทั้งหมดที่เข้ามาไว้จนกว่าไคลเอนต์จะกลับมาออนไลน์อีกครั้ง

2.6 FREEBOARD

Freeboard เป็น Web Application ที่สามารถสร้าง Dashboard เพื่อแสดงผลสำหรับ IoT แอปพลิเคชันโดยสามารถใช้เป็นกระดานส่วนตัว สามารถวางปุ่มกดสวิตช์ไว้ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์หรือวางหน้าปัดเพื่อแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากอุปกรณ์ เช่น เซนเซอร์ในระบบ IoT นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลเป็นกราฟได้ ส่วนหน้ากระดานหรือ Dashboard นั้น สามารถปรับแต่งได้โดยง่าย เพียงแค่ป้อนข้อมูลเข้าหรือกำหนดคำสั่งก็สามารถทำงานได้แล้ว โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเขียน HTML Web Page เองและที่สำคัญคือข้อมูลนั้นมีการอัปเดตแบบ Real-time มีความเสถียรและเชื่อถือได้ และเป็น Open-Source ซึ่งทำให้นักพัฒนาสามารถต่อยอดให้ดียิ่งขึ้นได้อีกด้วย NETPIE Freeboard คือ Freeboard สำหรับการควบคุมและการแสดงผล (Visualization) ข้อมูลที่ดึงมาจากอุปกรณ์ที่ต่อกับ NETPIE ที่ทีมงานได้พัฒนา Widget Plugins ขึ้นมาให้ผู้ใช้งานสามารถทำตามความต้องการได้หลากหลาย เช่น สามารถสร้างปุ่มควบคุมและใส่คำสั่ง Javascript สำหรับ Action ต่างๆได้ การใช้งาน NETPIE Freeboard นั้นสามารถใช้ Browser เปิดไฟล์ index.html ที่ได้จากการติดตั้ง NETPIE Freeboard หรือสามารถใช้ Freeboard ผ่านทางหน้าเว็บของ NETPIE [4]

2.7 NodeMCU

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open Source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบัน มีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็จะเป็น ESP-12 แต่ใน version 2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้น มีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้มีการพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ NodeMCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ทำให้เราสามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็กการควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่น ๆ อีกมากมาย



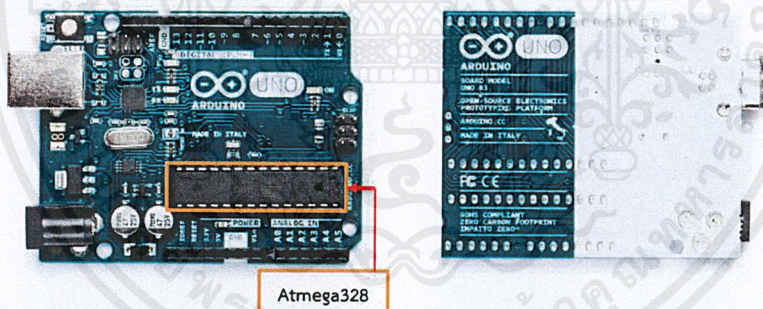
รูปที่ 2.3 NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2

ข้อมูลสำคัญเชิงเทคนิคของบอร์ด NodeMCU

- ใช้ไมโคร ESP-12E (ESP8266 SoC chip) ของบริษัท Ai Thinker (ในขณะที่ NodeMCU v1 ใช้ไมโคร ESP12) มีขาเพิ่มมาอีก 6 ขา เมื่อเปรียบเทียบกับ ESP-12
- ใช้ชิป Flash ความจุ 32Mbits (4MBytes)
- มีขนาดแคบกว่า NodeMCU v1 ดังนั้นเมื่อเสียบขาลงบนเบรดบอร์ด จะมีช่องเหลือด้านข้าง ทำให้สะดวกในการต่อวงจรบนเบรดบอร์ด
- มีวงจรควบคุมแรงดัน 3.3V 800mA บนบอร์ด
- ใช้ชิป CP2102 ของ Silabs ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อ USB-to-Serial (NodeMCU v1 ใช้ CH340G)
- มีขาสำหรับ SPI สำหรับต่อกับการ์ด SD (เพิ่มจากเดิมที่มีขาสำหรับ HSPI)
- มีขา GPIO3/RXD0 และ GPIO1/TXD0 ที่ต่อกับขา TXD และ RXD ของชิป CP2102 ตามลำดับ
- มีขา GPIO13/RXD2 และ GPIO15/TXD2 (ใช้เป็นพอร์ต Serial เพิ่มอีกหนึ่งชุด)
- ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง (VUSB) เท่ากับ +5V
- สามารถจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง +5V จากภายนอกได้ (ต่อเข้าที่ขา VDD5V)
- มีปุ่มกด RST (รีเซ็ตการทำงาน) และ Flash (สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ใหม่) 13
- มีขา A0 รับอินพุตแรงดันแบบแอนะล็อกสำหรับวงจร ADC (ขนาด 10 บิต) ที่อยู่ภายในชิป ผ่านวงจรแบ่งแรงดันด้วยตัวต้านทาน 100k / 220k (ลดแรงดันอินพุตจาก 0..3.3V ลงมาให้อยู่ในช่วง 0V-1V)

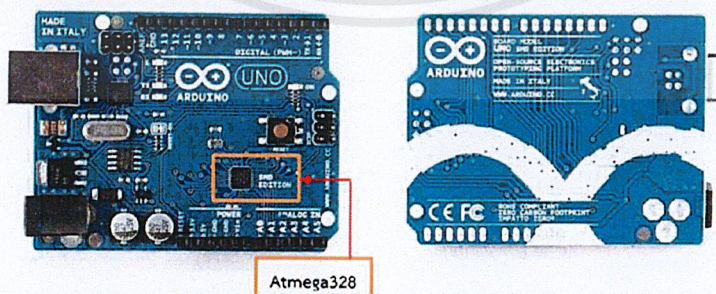
2.8 Arduino

แผงวงจรหรือบอร์ด Arduino ที่ออกแบบและพัฒนามาใช้งานมีด้วยกันหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น Arduino UNO, Arduino LEONARDO, Arduino ESPLORA, Arduino MICRO, Arduino NANO, Arduino MINI, Arduino MEGA, Arduino DUE เป็นต้น แต่ละรุ่นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันบอร์ด Arduino UNO ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega328 เป็นตัวประมวลผล คำว่า UNO ในภาษาอิตาลีแปลว่า หนึ่ง ซึ่งเป็นบอร์ด Arduino บอร์ดแรกที่ออกแบบและพัฒนามาใช้งาน และเป็นบอร์ดที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ และมีแผงวงจรหรือบอร์ดต่อพ่วงสำเร็จรูปที่เรียกว่า ชิลด์ (Shields or Arduino Shileds) ให้เลือกใช้งานหลายแบบ บอร์ด Arduino UNO ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องมาปัจจุบันเป็นรุ่น Arduino UNO R3 รูปที่ 2.4 ก-ข แสดงด้านหน้าและด้านหลังบอร์ด Arduino UNO รุ่นมาตรฐานที่ใช้ไอซีเบอร์ ATmega328 ตัวถังแบบ DIP 28 Pin และ รูปที่ 2.4 ค-ง แสดงด้านหน้าและด้านหลังบอร์ด Arduino UNO รุ่นที่มีการผลิตใช้งานอีกรุ่นจะใช้ไอซี ATmega328 ตัวถังแบบ QFP หรือเรียกกันทั่วไปว่าแบบ SMD และรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิค (Technic Specifications) ของบอร์ด Arduino UNO แสดงดังตารางที่ 2.2 [5]



(ก) ด้านหน้าบอร์ด Arduino UNO

(ข) ด้านหลังบอร์ด Arduino UNO



(ค) ด้านหน้าบอร์ด Arduino UNO

(ง) ด้านหลังบอร์ด Arduino UNO

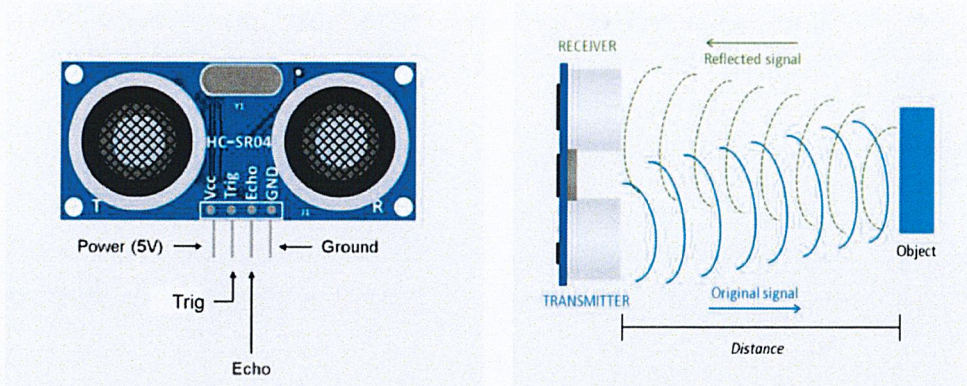
รูปที่ 2.4 ลักษณะโดยทั่วไปของบอร์ด Arduino UNO

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของบอร์ด Arduino UNO

คุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิค (Specifications)	
ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	USB PORT
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต	3.3V 50 mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	- 32 KB พื้นที่โปรแกรม - 500B ใช้โดย Boot Loader
พื้นที่แรม	2 KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1 KB
ความถี่คริสตัล	16 MHz
ขนาด	68.6 x 53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

2.9 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ (Ultrasonic Sensor)

เป็นเซนเซอร์ (sensor) ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต (kHz) ซึ่งเป็นคลื่นในย่านที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียง เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิกทำงานโดยอาศัยการกระจายหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวของตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงจะแทรกผ่านเข้าไปในตัวกลางนั้น และส่วนใหญ่ของคลื่นความถี่สูงนี้จะสะท้อน กลับเรียกว่า “Echo” ซึ่งสามารถนำมาคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุได้ สามารถใช้งานกับวัตถุทั้งชนิดโลหะและอโลหะทุกชนิด โปรงใส โปรงแสงหรือทึบแสง ตรวจสอบวัตถุได้หลายขนาด ไม่เหมาะกับวัตถุที่มีคุณสมบัติการยืดหยุ่น



รูปที่ 2.5 ลักษณะโดยทั่วไปและหลักการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

จุดการเชื่อมต่อมี 4 ขาคือ

- ขาไฟเลี้ยง (+5V) สำหรับต่อไฟเลี้ยงแรงดัน 5V
- ขา Trig เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ความกว้าง 10 ไมโครวินาทีเพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40KHz ออกสู่อากาศจากตัวส่ง
- ขา Echo เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจากโมดูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับความกว้างของสัญญาณพัลส์และคำนวณเป็นระยะทาง
- ขา Ground สำหรับต่อจุดกราวด์ร่วมแรงดันและสัญญาณ

ซึ่งหลักการวัดระยะทางของเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก มีประโยชน์เป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถนำไปตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภท เหมาะสำหรับการวัดระยะสิ่งของที่อยู่ระยะไกลมาก ๆ ในสภาวะอากาศที่เลวร้าย มีความสกปรกมากหรือมีฝุ่นมากและยังสามารถใช้กับวัตถุที่เป็นของเหลววัตถุที่มีพื้นผิววัตถุเป็นแบบมันวาว โปร่งแสงหรือโปร่งใส ซึ่งเซนเซอร์ชนิดอื่นจะทำได้ไม่ดีเทียบเท่ากับอัลตราโซนิกเซนเซอร์ เนื่องจากการใช้คลื่นเสียงในการทำงาน ทำให้ไม่ถูกรบกวนด้วยสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น แต่ก็มีวัตถุบางประเภทที่ไม่เหมาะจะนำอัลตราโซนิกเซนเซอร์ไปใช้จับระยะทาง เช่น 1. วัตถุที่สามารถดูดซับเสียงได้เช่น ผ้า หรือโฟมต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติสามารถดูดซับเสียงได้เป็นอย่างดี 2. ไม่เหมาะกับการนำไปใช้กับวัตถุขนาดเล็กมากจนเกินไปเนื่องจากหน้าสัมผัสของวัตถุที่มีน้อย จึงสะท้อนคลื่นเสียงกลับมาได้น้อย ทำให้การคำนวณระยะทางหรือตำแหน่งอาจจะไม่แม่นยำเท่าที่ควร ซึ่งวัตถุที่มีขนาดเล็กนั้นแนะนำให้ใช้โฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ (Photoelectric Sensors) [6]

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐธิดา มากสังข์ และจินดารัตน์ วรรณคุณ (2556) ได้ทำการศึกษาระบบตรวจสอบอุณหภูมิด้วยสมาร์ตโฟนผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นโครงการที่เกี่ยวกับแอปพลิเคชันตรวจสอบอุณหภูมิ โดยมีการส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย ซึ่งประกอบไปด้วยตัวตรวจรู้สำหรับวัดอุณหภูมิ และส่งค่าของอุณหภูมิมาทำการประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA1280 หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลมาให้กับบอร์ดอาร์ดูโนไวไฟเพื่อทำการส่งข้อมูลที่รับมาด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย หลังจากนั้นแอปพลิเคชันที่เขียนโดยโปรแกรมอีคิปส์ จะทำการประมวลผลค่าที่ได้รับมาแล้วนำมาแสดงผลทางหน้าจอสมาร์ตโฟน โดยค่าของอุณหภูมิจะอยู่ในหน่วยองศาเซลเซียส อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าขอบเขตของอุณหภูมิเพื่อให้มีการเตือนสำหรับงานที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ จากการออกแบบแอปพลิเคชันด้วยภาษาจาวา จะแบ่งช่วงของอุณหภูมิได้ทั้งหมด 3 แบบ คือ อุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ สูงกว่าที่ตั้งไว้ และอุณหภูมิปกติ คือ อยู่ในขอบเขตที่เรากำหนดไว้ โดยแอปพลิเคชันจะมีการทำงานโดยแจ้งเตือนด้วยข้อความปรากฏที่หน้าจอสมาร์ตโฟน พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนด้วยเสียงหากอุณหภูมิที่กำลังวัดอยู่นั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยค่าที่ได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลรุ่น WT-1

กฤษฎี วิทิตานต์ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาต้นแบบระบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการทำเกษตรแม่นยำในเรือนเพาะปลูก ภายในระบบประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ต่างๆสำหรับใช้วัดค่าพารามิเตอร์มาเป็นตัวแปรในการควบคุมอุปกรณ์ปรับสภาพแวดล้อม โดยระบบนี้ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและการควบคุมที่ใช้โดยทั่วไปรวมถึงการออกแบบให้เหมาะสมแก่การใช้งานภายในเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมปัจจัยหรือค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ง่ายกว่าพื้นที่เพาะปลูกแบบเปิด ส่วนต่างๆของระบบสามารถสื่อสารกันได้โดยมี Raspberry pi เป็นเกตเวย์และเป็นส่วนประมวลผลหลักซึ่งใช้การสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นด้วย UDP โพรโทคอลผ่านการเชื่อมต่อแบบ Wi-Fi ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านเข้ามาซึ่งเก็บได้จากเซ็นเซอร์จะนำไปเก็บไว้บนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ระบบมีการนำกระบวนการตัดสินใจแบบ Fuzzy logic เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ปรับสภาพให้พื้นที่เพาะปลูกอยู่ในภาวะเหมาะสม ระบบนี้สามารถเฝ้าดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์บนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ความได้เปรียบด้านการใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi คือความมีบทบาทอย่างกว้างขวางในปัจจุบันและอุปกรณ์ที่ออกมารองรับมากขึ้นเรื่อยๆ จึงมีโอกาสต่อยอดได้ง่าย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา กระบวนการผลิต การวิเคราะห์ ความล่าช้าของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ตลอดจนวิธีการดำเนินการวิจัย โดยประกอบด้วยหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 3.1 ประวัติของบริษัทกรณีศึกษา
- 3.2 ผลิตภัณ์ของบริษัทกรณีศึกษา
- 3.3 กระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา
- 3.4 การออกแบบระบบ IoT
- 3.5 การติดตั้ง NodeMCU/ESP8266 Library
- 3.6 การติดตั้ง NETPIE Library
- 3.7 เน็ตพาย (NETPIE)
- 3.8 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 3.9 โค้ดโปรแกรมส่งข้อมูลแสดงผลบน NETPIE

3.1 ประวัติของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เดิมชื่อบริษัท มิลเลนเนียมสตีล จำกัด (มหาชน) จัดตั้งขึ้นตามโครงสร้างการควรวรรวมกิจการระหว่าง บมจ. เอ็น. ที. เอส. สตีลกรุ๊ป (N.T.S.) ซึ่งถือหุ้นโดยกลุ่ม หอรุ่งเรือง และ บจก. เหล็กสยาม (2001) (SISCO) และ บจก. เหล็กก่อสร้างสยาม (SCSC) ซึ่งถือหุ้นโดย บริษัท ชิเมนต์ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ในปี พ.ศ. 2549 Tata Steel Limited (TSL) ถือหุ้นผ่านบริษัท Tata Steel Global Holdings Pte. Ltd. (TSGH) ได้เข้าถือหุ้นใหญ่ใน บริษัท มิลเลนเนียมสตีล จำกัด (มหาชน) และบริษัทได้เปลี่ยนชื่อ เป็น บริษัททาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (TSTH) โดยมีผู้ถือหุ้นรายใหญ่ของบริษัทคือ Tata Steel Global Holdings Pte. Ltd. (TSGH) เป็นบริษัทย่อยที่ TSL ถือหุ้นอยู่ในสัดส่วนเต็มร้อย ดำเนินธุรกิจเป็นบริษัทลงทุนมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ในประเทศสิงคโปร์ ทั้งนี้ TSL เป็นบริษัทจดทะเบียนที่จัดตั้งขึ้นภายใต้กฎหมายอินเดีย และเป็นบริษัทผลิตเหล็กที่หลากหลายในสามอันดับแรกของประเทศอินเดีย แม้ว่า TSL ทำการผลิตในประเทศอินเดีย อยู่ในธุรกิจเดียวกันกับบริษัทที่ตั้งอยู่ในประเทศไทย แต่มีผลิตภัณ์ที่หลากหลายและสามารถตอบสนองความ

ต้องการของกลุ่มลูกค้าได้อย่างกว้างขวางกว่า จึงสามารถให้การสนับสนุนช่วยเหลือบริษัทอย่างเต็มที่ในเรื่องการดำเนินงานทางธุรกิจ ทั้งทางด้านเทคโนโลยี Knowhow ความรู้ด้านการเงิน การฝึกอบรม ความปลอดภัย IT และการขายระหว่างประเทศ โดยผ่านทางสำนักงานเครือข่ายด้วยการบริหารงานที่ประเทศสิงคโปร์ TSL ขับเคลื่อนกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ทรงยาว ในลักษณะผสมผสานในประเทศอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ปัจจุบันบริษัทประกอบธุรกิจโดยมีรายได้จากการถือหุ้นในบริษัทอื่น (Holding Company) มีบริษัทย่อยคือ N.T.S. SISCO และ SCSC ซึ่งทั้งสามบริษัทเป็นผู้ผลิตเหล็กเส้นก่อสร้าง เหล็กลวด เหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก และเหล็กเพลลา บริหารงานโดยทีมผู้บริหารที่มีความเชี่ยวชาญด้านธุรกิจเหล็กการดำเนินงานของบริษัทเป็นการดำเนินงานในภาพรวมของกลุ่มบริษัทโดยมีบริษัทเป็นผู้กำหนดนโยบายการบริหารระดับสูงสุดและบริษัทย่อยทั้งสามจะดูแลด้านการดำเนินงานให้เป็นไปตามนโยบายการบริหารที่บริษัทกำหนดไว้ทั้งด้านการตลาด การวางแผนการผลิต การจัดหาวัตถุดิบ การเงิน การบริหารทรัพยากรบุคคล และการบริหารงานด้านอื่น ๆ

3.2 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทการศึกษา

3.2.1 เหล็กเส้นก่อสร้าง

- 1) เหล็กเส้นกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6-25 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 20-2559 ชั้นคุณภาพ SR24
- 2) เหล็กข้ออ้อยมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 10-40 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 24-2559 ชั้นคุณภาพ SD40 และ SD50

3.2.2 เหล็กลวด

- 1) เหล็กลวดคาร์บอนต่ำชั้นคุณภาพ SWRM6-22 มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5.5-17 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 348-2540 สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิต เช่น ลวดผูกเหล็ก ตะปู ลวดตาข่าย ลวดซูปสังกะสี ลวดหนาม ลวดเบอร์ และโซ่ เป็นต้น
- 2) เหล็กลวดคาร์บอนสำหรับงานย้าหัวและงานทุบขึ้นรูปเย็น SWRCH6A-22A มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 5.5-17 มม.ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 2243-2548 สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิต เช่น ลวดขอบยางรถยนต์น๊อต สลักและสกรู เป็นต้น

- 3) เหล็กลวดสำหรับทำแกนลวดเชื่อมแบบพอกหุ้ม SWRY11 มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5.5-17 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ E2244-2548 สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิต เช่น ลวดเชื่อม เป็นต้น
- 4) เหล็กลวดคาร์บอนสูงชั้นคุณภาพ SWRH27-82 มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5.5-17 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 349-2548 สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิต เช่น ลวดเหล็กแรงดึงสูง ลวดเหล็กตีเกลียวสปริงรับแรงกด สปริงรับแรงยึด สปริงรับแรงบิด และลวดสลิง เป็นต้น

3.2.3 เหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก

ประกอบด้วยเหล็กฉาก และเหล็กรางน้ำ ชั้นคุณภาพ SM400-540 และ SS400-540 โดยผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 1227-2539 ภายใต้อาคารหมายเลขการค้า บกส สำหรับใช้ในการก่อสร้างงาน โครงสร้างต่างๆ เช่น ป้ายโฆษณา โครงหลังคา เสาส่งไฟฟ้า เป็นต้น

3.2.4 เหล็กเพลลา

เป็นเหล็กเพลลาชั้นคุณภาพ SS400-540 มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 19-40 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ JIS G3101 (1995) สำหรับการใช้งานทั่วไป และชั้นคุณภาพ S10C-S50C มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 19-40 มม. ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ JIS G4051 (1979) สำหรับการใช้งานด้านยานยนต์ และวิศวกรรม

3.2.5 เหล็กตัดและตัดสำเร็จรูป

เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นก่อสร้างสำเร็จรูปที่พร้อมใช้งานตามผู้ใช้งานออกแบบโดยใช้เหล็กเส้นก่อสร้างที่เป็นเส้นตรง หรือม้วนเป็นวัตถุดิบและสั่งให้บริษัทดำเนินการตัด และหรือตัดตามรูปแบบที่ต้องการ ที่สถานที่ก่อสร้าง ซึ่งส่งผลดีในหลายด้าน เช่น ค่าเหล็กที่เหลือจากการตัด ประหยัดพื้นที่ในการตัด การใช้คนที่มีทักษะในการตัด เหล็กตัดและตัด ผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยที่โรงงานและขนส่งทันเวลาสู่สถานที่ก่อสร้าง จากข้อจำกัดในการวางอุปกรณ์การตัดและการกองเก็บ และความพร้อมของแรงงานที่มีทักษะ ส่งผลให้สัดส่วนของเหล็กตัดและตัดสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น [7]

ตารางที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

ลำดับ	รูปผลิตภัณฑ์	ชื่อผลิตภัณฑ์
1.		High Carbon Wire Rods
2.		Low Carbon Wire Rods
3.		Deformed Bars
4.		Round Bars
5.		SBQ
6.		Cut & Bend

3.3 กระบวนการผลิตของบริษัทการศึกษา

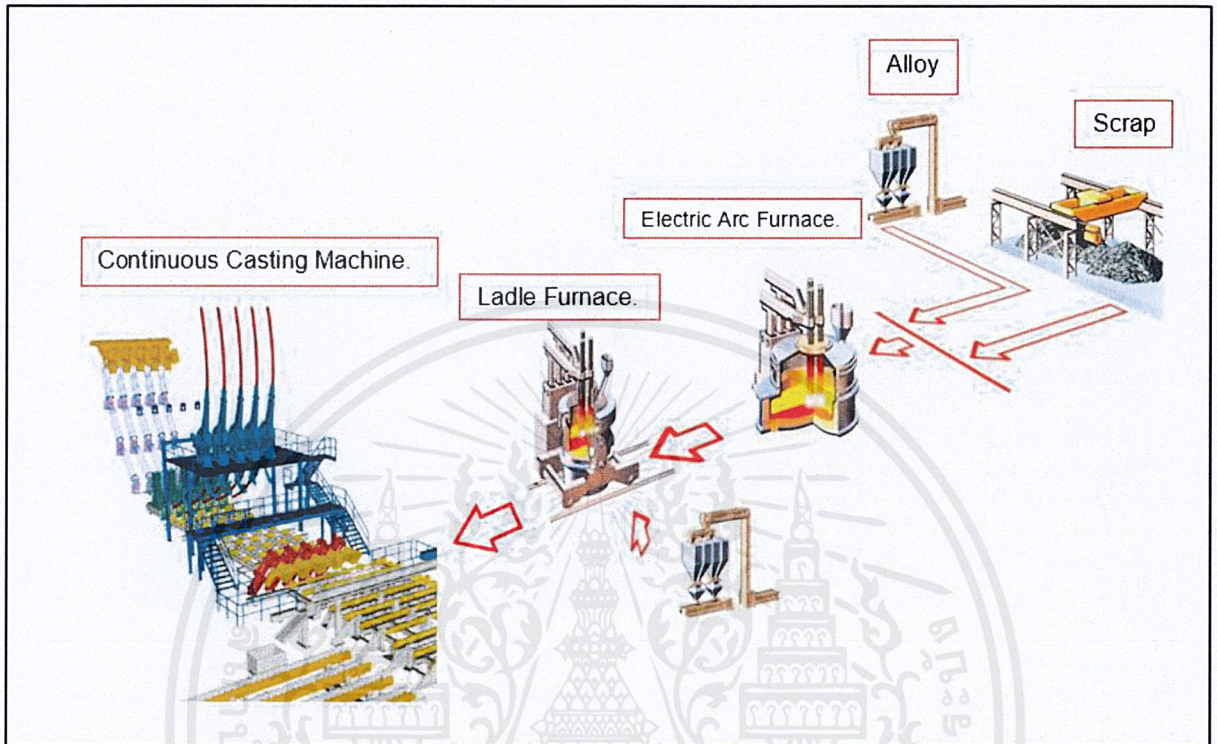
กระบวนการผลิตภายในบริษัท เอ็น.ที.เอส.สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน) สามารถจำแนกออกเป็น 2 สายการผลิตได้แก่ ส่วนการผลิตเหล็กแท่ง (Steel Plant) และ ส่วนการผลิตเหล็กรีด (Rolling Mill)

3.3.1 ส่วนการผลิตเหล็กแท่ง (Steel Plant)

เริ่มจากการนำเศษโลหะหรือ Scrap ใส่ลงในตระกร้า (Basket) ที่วางอยู่ด้านบน Scrap car เพื่อป้อนเข้าไปในเตาอาร์คไฟฟ้า (Electric Arc Furnace, EAF) การหลอมแต่ละครั้งจะเรียกว่า 1 Heat ซึ่งจะใช้เศษเหล็กประมาณ 4 Basket ด้านบนของเตาจะมีแท่งอิเล็กโทรด (Electrode) ทำมาจากแกรไฟต์ที่มีกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงจำนวนสามแท่งสอดลงมาทางด้านบนของเตา แท่งอิเล็กโทรดจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กับผิวของเศษเหล็ก เมื่อความต่างศักย์ระหว่างแท่งอิเล็กโทรดและเศษเหล็กมีค่าสูงขึ้นจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำจนเกิดการอาร์ค ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เศษเหล็ก หลอมเหลว เมื่อเศษเหล็กหลอมเหลวกลายเป็นน้ำเหล็กจนเต็มเตา จะมีการพ่นออกซิเจนและแก๊สธรรมชาติ เข้าไปในเตาโดยใช้ระบบ Refining Combined Burner (RCB) ทำให้สิ่งเจือปน (Impurities) กลายเป็นฟองตะกรัน (Slag Foaming) ลอยขึ้นมาปกคลุมบนผิวน้ำเหล็ก ซึ่งฟองตะกรันเป็นส่วนที่ต้องแยกออกจากน้ำเหล็ก ส่งผลให้ได้น้ำเหล็กที่บริสุทธิ์สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่เรียกว่า เหล็กแท่ง (Billet) ซึ่งเหล็กแท่งนี้จะถูกนำไปผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้แก่ เหล็กหลอด (Wire Rod) และเหล็กเส้น น้ำเหล็กที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และปรุงแต่งส่วนผสมจนได้คุณภาพตามต้องการ น้ำเหล็กจะถูกลำเลียงมาที่ด้านบนของเครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Process) จากนั้นจึงปล่อยน้ำเหล็กกล้าผ่านหัวฉีด (Nozzle) ทางด้านล่างลงสู่ อ่างพัก (Tundish) เหล็กกล้าหลอมเหลวจะไหลจากอ่างพักสู่แบบหล่อทองแดงที่มีน้ำหล่อเย็น โดยเหล็กกล้าหลอมเหลว จะค่อย ๆ แข็งตัวจากผิวด้านนอกที่สัมผัสกับแบบหล่อสู่แกนกลางระหว่างเคลื่อนที่ลงผ่านแบบหล่อ (ดังนั้นส่วนของน้ำเหล็กกล้าที่ยังไม่แข็งตัวจะมีลักษณะคล้ายกรวย) ขณะที่น้ำโลหะไหลเข้าแบบหล่อในครั้งแรกจะกัน ด้านล่างของแบบหล่อไว้ด้วยดัมมี่บาร์หรือแม่แบบหยาบ (Dummy Bar) เมื่อออกจากแบบหล่อแล้ว แท่งโลหะหล่อจะมีชั้นที่แข็งตัวเกิดขึ้นจะถูกดึงให้เคลื่อนที่ออกมาด้วยลูกรีดดึง (Pinch Roll) ถ้าแรงเสียดทานระหว่าง ผันภายในแบบหล่อกับแท่งโลหะหล่อสูงกว่าความแข็งแรงของชั้นเปลือกที่แข็งตัว ชั้นเปลือกที่แข็งตัวจะถูกดึงขาด ทำให้เหล็กกล้าหลอมเหลวที่ยังไม่แข็งตัวไหลออกมาเรียกว่า การทะลัก (Breakout)

ดังนั้นระหว่างการหล่อจะมีการใช้สารหล่อลื่น และมีระบบทำให้ตัวแบบหล่อมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง เป็นจังหวะสม่ำเสมอเพื่อรักษาคุณภาพผิวของแท่งโลหะหล่อจากนั้นจะผ่านเครื่องปรับตรง

(Straightener) ที่เป็นชุดกลุ่มลูกรีดที่ใช้ปรับแก้แท่งโลหะหล่อที่โค้งงอให้กลับมาตรงในเครื่องหล่อชนิดโค้ง เมื่อแท่งโลหะแข็งตัวแล้ว จึงทำการตัดตามความยาวที่กำหนดต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.1



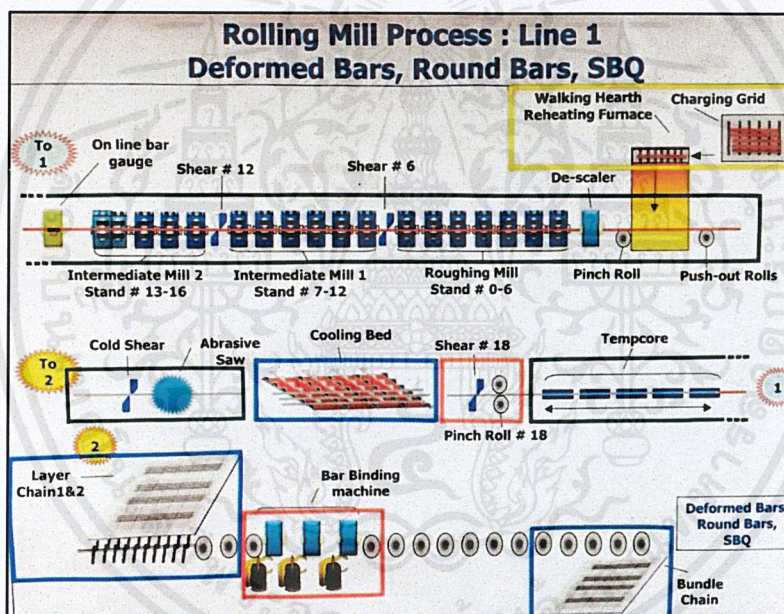
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตเหล็กแท่ง

3.3.2 ส่วนผลิตเหล็กรีด (Rolling Mill)

ส่วนผลิตรีดเหล็กเป็นกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของบริษัท โดยแบ่ง ออกเป็น 2 สายการผลิต สายการผลิต A : ผลิตภัณฑ์เหล็กข้ออ้อย เหล็กเส้นกลมและเหล็กเพลลา และ สายการผลิต B : ผลิตภัณฑ์เหล็กหลอด

สายการผลิต A : จะเริ่มจากการนำเหล็กแท่ง (Billet) มาวางไว้บน Charging Grid เพื่อป้อนเข้าสู่เตาอบ (Reheating Furnace) เพื่ออุ่นเหล็กให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำการรีดแปรรูปแบบร้อน (Hot Rolling) เหล็กที่ผ่านกระบวนการอบเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงออกทางช่อง Discharge เข้าสู่แท่นรีด (Rolling Stand) โดยมีลูกรีดตึง (Pinch Roll) เป็นตัวจับเหล็กเข้าสู่แท่นรีด ในการให้ความร้อนแก่แท่งเหล็กให้มีอุณหภูมิสูงเหนืออุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ ทำให้ผิวของเหล็กที่ร้อนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศได้โดยง่ายจนเกิดผิวที่เป็นเหล็กออกไซด์ หรืออาจเรียกว่าเป็นสเกล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำจัดออกจากผิว ทั้งนี้วิธีที่นิยมใช้คือการพ่นน้ำแรงดันสูงในระหว่างการรีด (Descaling) แล้ว

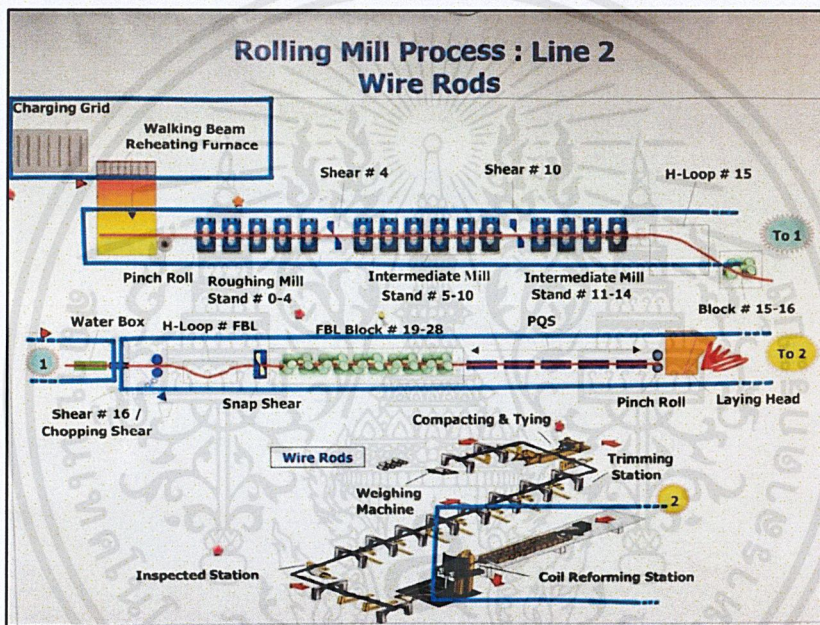
จึงป้อนเข้าสู่กระบวนการรีดที่ประกอบไปด้วยแท่นรีด (Rolling Stand) จำนวน 3 ชุด ได้แก่ แท่นรีดชนิดหยาบ (Roughing Mill) แท่นรีดชั้นกลาง (Intermediate Mill) และ แท่นรีดชนิดละเอียด (Finishing Mill) เพื่อทำการรีดให้ได้ลักษณะหน้าตัดและขนาดตามที่ต้องการ ในขั้นตอนต่อมาเหล็กเส้นถูกทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching) โดยระบบฉีดน้ำพิเศษ (Tempcore) ทำให้ที่ผิวของเหล็กเส้นเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟสมาร์เทนไซต์ (Martensite phase) ในขณะที่แกนกลางของเหล็กเส้นยังเป็นเฟสออสเทนไนต์ (Austenite phase) อุณหภูมิที่แกนกลางของเหล็กจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิวทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากแกนกลางสู่ผิวนอก หรือเรียกว่า การอบคืนตัวด้วยตัวเอง (Self tempering) จากนั้นจะปล่อยให้เหล็กเส้นเย็นตัวในอากาศที่ลดอุณหภูมิ (Cooling bed) เหล็กจะถูกลำเลียงไปเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ก่อนเก็บเข้าคลังสินค้าเพื่อรอการจำหน่ายหรือส่งให้ลูกค้า ในลำดับถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังกระบวนการรีดแปรรูปร้อน (Hot Rolling) สายการผลิต A

สายการผลิต B : จะเริ่มจากการนำเหล็กแท่ง (Billet) มาวางไว้บน Charging Grid เพื่อป้อนเข้าสู่เตาอบ (Reheating Furnace) เพื่ออุ่นเหล็กให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำการรีดแปรรูปแบบร้อน (Hot Rolling) เหล็กที่ผ่านกระบวนการอบเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงออกจากช่อง Discharge เข้าสู่แท่นรีด (Rolling Stand) โดยมีลูกรีดตึง (Pinch Roll) เป็นตัวจับเหล็กเข้าสู่แท่นรีด แล้วจึงป้อนเข้าสู่กระบวนการรีดที่ประกอบไปด้วยแท่นรีด (Rolling Stand) จำนวน 3 ชุด เช่นเดียวกับการผลิตเหล็กข้ออ้อย เหล็กเส้นกลมและเหล็กเพลลาเพื่อทำการรีดให้ได้ลักษณะหน้าตัดและขนาดตามที่ต้องการ เมื่อเหล็ก

ลำเลียงผ่านแท่นรีดชุดสุดท้าย เหล็กจะถูกส่งผ่านไปยังชุดหล่อเย็น (Water Box) และเครื่อง Laying Head เพื่อม้วนเหล็กให้เป็นขดลวด (Coil) ขดลวดจะถูกลำเลียงผ่านสายพานระบายความร้อน (Cooling Conveyor) เพื่อลดอุณหภูมิไม่ให้เกิดความร้อนสะสมเมื่อซ้อนทับกันจนเกิดการหลอมละลายอีกครั้งขณะที่ตัวผ่าน Coil Reforming Station จากนั้นม้วนเหล็กจะถูกยกโดยตะขอเหล็กรูปตัวซี (C-hook) ส่งผ่านไปยังเครื่องอัด (Compacting Machine) และเครื่องมัดเหล็ก (Tying Machine) ตามลำดับ ม้วนเหล็กขดลวดที่ถูกมัดแล้วจะถูกนำไปซึ่งน้ำหนักและเก็บเข้าคลังสินค้าเพื่อรอการจำหน่ายหรือส่งให้ลูกค้าในลำดับถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 3.3

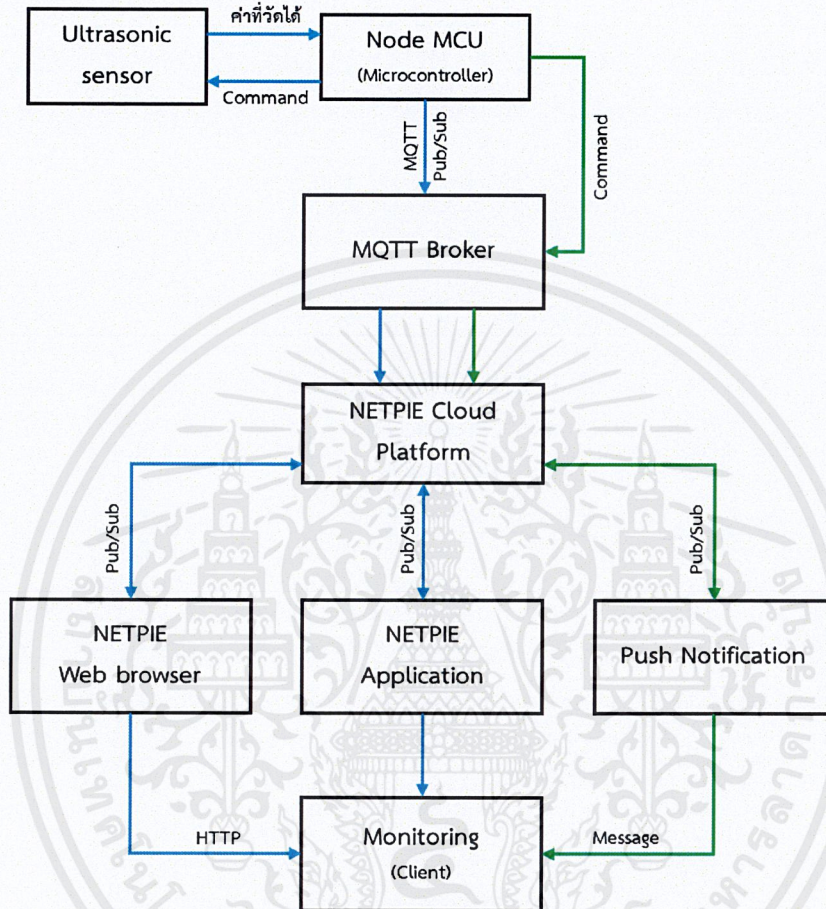


รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการรีดแปรรูปร้อน (Hot Rolling) สายการผลิต B

3.4 การออกแบบระบบ IoT

การออกแบบระบบวัดระดับน้ำและแสดงผลอัตโนมัติโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางด้าน IoT นั้น จะออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ตรวจวัดได้เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ฐาน ข้อมูลผ่านอุปกรณ์ IoT ที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารแบบไร้สาย เพื่อแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และแอปพลิเคชันบนมือถือแบบ Real-time อีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบของ Feed ซึ่งทำหน้าที่เสมือนถังเก็บข้อมูลประเภท Time-Series กล่าวคือเป็นการเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปร ณ เวลาต่างๆ เช่น ค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ ของวัน เป็นต้น เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดได้ว่าค่าระดับความสูงของน้ำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบันมีความผิดปกติไมโครคอนโทรลเลอร์

จะทำการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือน (Push Notification) ไปยังแอปพลิเคชันที่ติดตั้งอยู่บนสมาร์ตโฟนของผู้ดูแลเพื่อทำการแก้ไขปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงองค์ประกอบและกระบวนการทำงานของระบบ

3.4.1.1 ส่วนของเซนเซอร์ (Ultrasonic Sensor)

เซนเซอร์จะทำการตรวจวัดระยะทางระหว่างเซนเซอร์กับระดับน้ำ โดยอาศัยหลักการของคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต (kHz) ซึ่งเป็นย่านความถี่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน ตัวเซนเซอร์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ตัวส่ง (Sending) จะทำการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกออกมา โดยคลื่นอัลตราโซนิกจะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ไปกระทบกับผิวน้ำ คลื่นจะสะท้อนกลับไปยังตัวรับ (Receive) ซึ่งตัวรับจะทำหน้าที่ในการบันทึกเวลาที่ปล่อยคลื่นออกไปกับเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมายังตัวรับ ทำให้เราสามารถคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์และระดับน้ำได้

3.4.1.2 ส่วนควบคุมและประมวลผล (Micro-Controller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ ตั้งแต่สั่งให้เซนเซอร์ทำการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกออกมา บันทึกเวลาที่ปล่อยคลื่นออกไปกับเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมายังตัวรับ (Receive) และทำการคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์และระดับน้ำจากค่าเวลาที่บันทึกได้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งค่าระยะทางหรือความสูงของระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ผ่านโปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) อาศัยหลักการส่งข้อมูลแบบ Publisher / Subscriber ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-Machine) ทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.4.1.3 ส่วนตัวกลางการรับส่งข้อมูล (MQTT Broker)

MQTT Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Client และ รักษาความปลอดภัยของเครือข่าย โดยมีวิธีการสร้างเส้นทาง (Routing) ด้วยหัวข้อ (Topic) โดยที่ Client ต้องทำการ Subscribe ใน Topic ที่ตัวเองต้องการ จากนั้น Broker ก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดที่ถูก Publish ใน Topic นั้นไปยัง Subscriber

3.4.1.4 ส่วนของเซิร์ฟเวอร์ (NETPIE Cloud Platform)

Cloud Platform คือ ส่วนที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นสื่อกลาง ที่ทำให้สิ่งต่างๆ เชื่อมโยงกันได้ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยสิ่งเหล่านั้นก็คือ IOT หรือ Internet of Things ซึ่งหมายถึงการที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงเข้าสู่โลกเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.4.1.5 ส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ (NETPIE Web Application)

ส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ หรือ Web Application คือส่วนที่ใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลที่ดึงมาจากอุปกรณ์ IoT ที่ต่อเข้ากับ NETPIE เช่น ค่าที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ในระบบ IoT นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟได้ ส่วนหน้ากระดาน หรือ Dashboard นั้นสามารถปรับแต่งได้ง่าย โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเขียน HTML Web Page เอง และที่สำคัญคือข้อมูลนั้นมีการอัปเดตแบบ Real-Time มีความเสถียรและเชื่อถือได้และเป็น Open-Source สามารถใช้งานได้ฟรี

3.4.1.6 ส่วนของแอปพลิเคชัน (NETPIE Application)

ส่วนของแอปพลิเคชันคือส่วนที่เข้าถึงเว็บไซต์เบราว์เซอร์สำหรับการเฝ้าดูผ่านแอปพลิเคชัน สำหรับใช้งานบนสมาร์ตโฟน โดยจะดึงข้อมูลต่าง ๆ มาจากตัวเซิร์ฟเวอร์และแสดงสถานะต่าง ๆ บนแอปพลิเคชัน อีกทั้งยังมีระบบการแจ้งเตือนแบบ (Push Notification) เมื่อระดับน้ำความผิดปกติ เช่น

ระดับสูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด เป็นต้น ซึ่งทำให้เหมาะสมกับการใช้งานบนสมาร์ตโฟนเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพแม้จะอยู่ห่างไกลจากสถานที่ปฏิบัติงาน

3.4.2 วัสดุอุปกรณ์

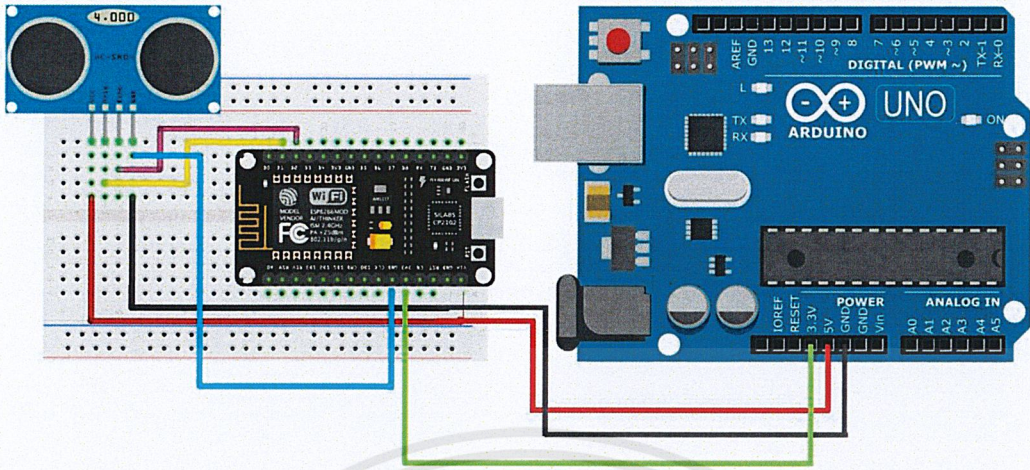
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโครงงานสหกิจเรื่อง การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้การสร้างโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำอัตโนมัติ

ลำดับ	ประเภทอุปกรณ์	ราคา
1	Arduino UNO	250
2	Waterproof Ultrasonic sensor JSN-SR04T	300
3	Node MCU esp8266 v2	210
4	Breadboard	80
5	Switching power supply 220V to 5V	65
6	Jumper wire	60
	รวม	965

3.4.3 การสร้างและการติดตั้งส่วนของเซ็นเซอร์โนด

จากการออกแบบระบบวัดระดับน้ำและแสดงผลอัตโนมัติในหัวข้อที่ 3.4.1 ผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดระยะทาง (Ultrasonic Sensor) เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ บอร์ด Arduino UNO โดยการต่อขา Trig ของเซ็นเซอร์เข้ากับ Pin D1 และ ต่อขา Echo ของเซ็นเซอร์เข้ากับ Pin D2 ของบอร์ด NodeMCU ESP8266 และทำการต่อ GND ร่วมกันทั้งในส่วนของเซ็นเซอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองตัว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Schematic Diagram

3.4.4 เครื่องมือพัฒนา (Developer Application)

เครื่องมือสำหรับการพัฒนาประกอบไปด้วย การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE โดย โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการเขียนโปรแกรมสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด (ESP8266) ดาวน์โหลด Arduino IDE โดยไปที่ <https://www.arduino.cc> และไปที่ click ที่ Download เพื่อเข้าสู่ Download Page แล้วเลือกระบบปฏิบัติการที่ต้องการติดตั้งจากหัวข้อต่อไปนี้

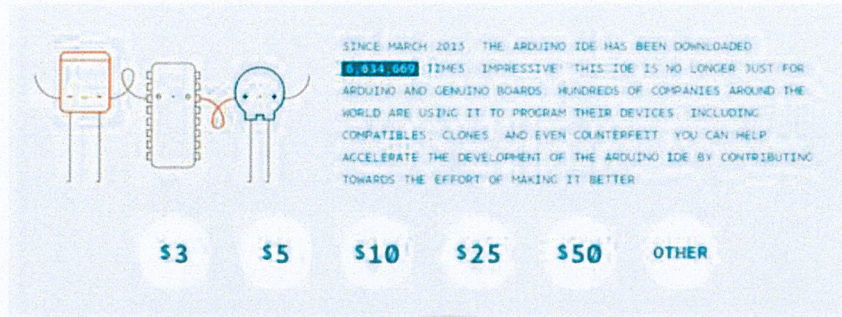
1. Windows Installer
2. Windows ZIP File for non admin Install
3. Mac OS X 10.7 Lion or Newer
4. Linux 32 Bits
5. Linux 64 Bits
6. Linux ARM (Experimental)



รูปที่ 3.6 หน้าต่างเลือกระบบปฏิบัติการ Windows Installer

Support the Arduino Software

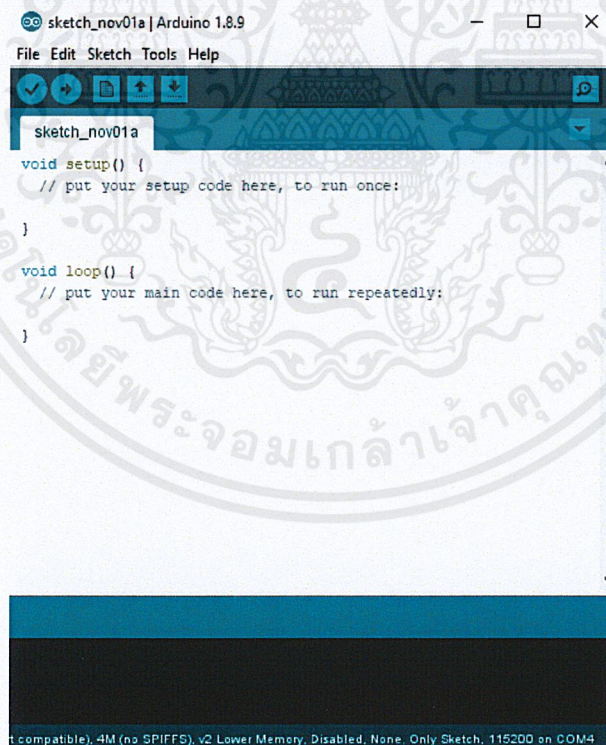
Consider supporting the Arduino Software by contributing to its development. (US tax payers, please note this contribution is not tax deductible). [Learn more on how your contribution will be used.](#)



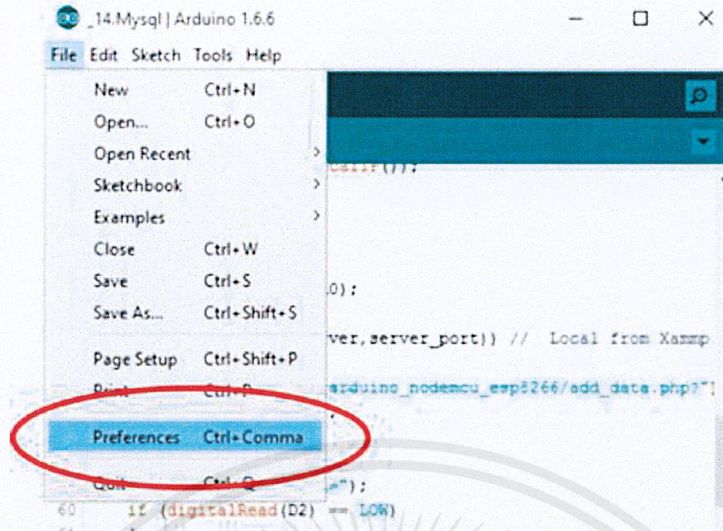
รูปที่ 3.7 หน้าต่าง Download โปรแกรม Arduino IDE

3.5 การติดตั้ง NodeMCU/ESP8266 Library

ภายในโปรแกรม Arduino IDE คลิกไปที่เมนู File -> Preferences เพื่อติดตั้งบอร์ด NodeMCU/ESP8266 แบบออนไลน์



รูปที่ 3.8 โปรแกรม Arduino IDE



รูปที่ 3.9 การเข้าสู่เมนู File เพื่อติดตั้ง NodeMCU Library

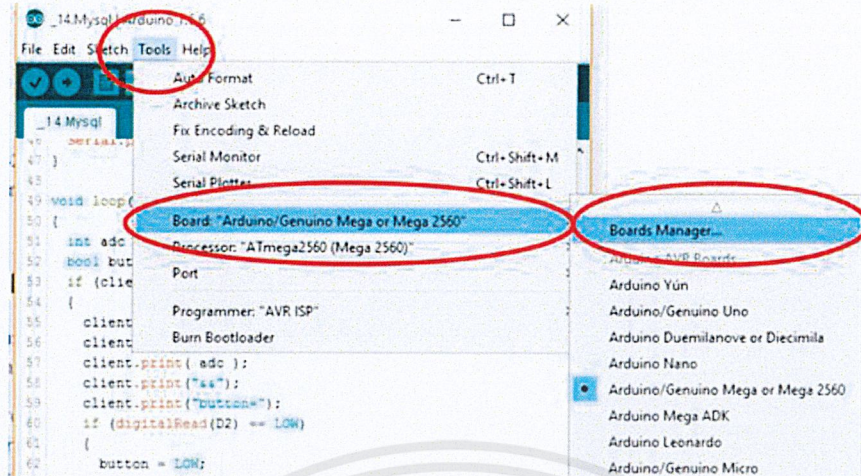
ให้เพิ่ม http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json ลงในช่อง Additional Boards Manager URLs



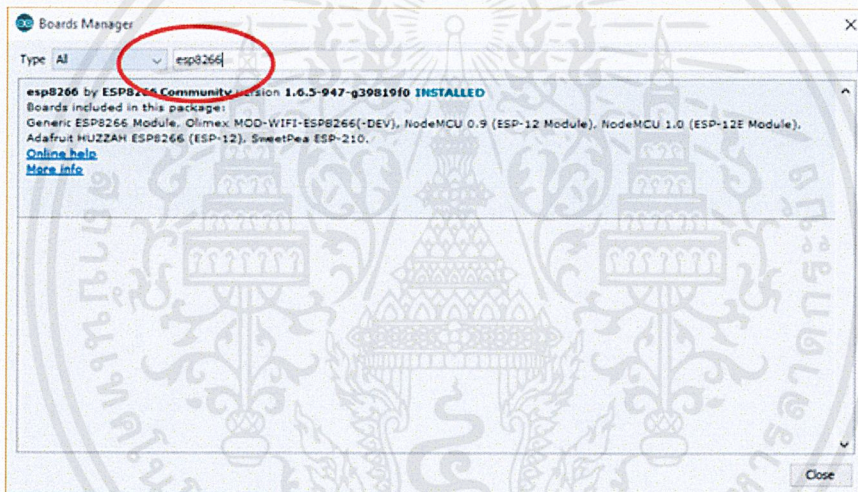
รูปที่ 3.10 การเพิ่ม Boards Manager URLs

หลังจากนั้นให้คลิกไปที่เมนู Tools -> Board -> Board Manager แล้วพิมพ์คำว่า ESP8266

ลงในช่อง และเริ่มต้นติดตั้ง

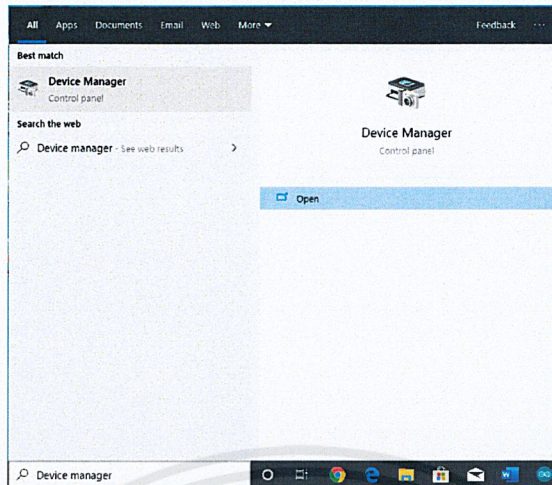


รูปที่ 3.11 การตั้งค่า Boards Manager

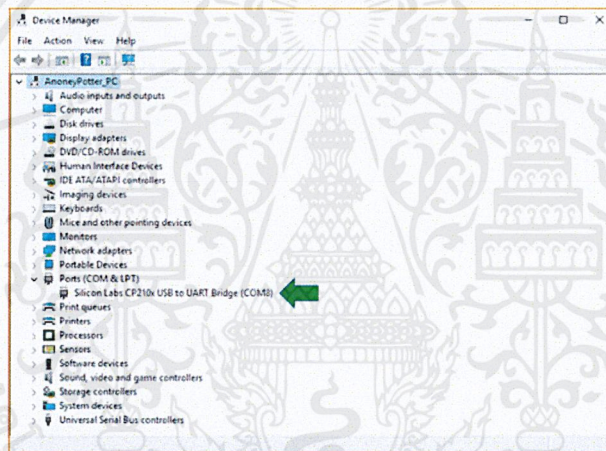


รูปที่ 3.12 การติดตั้ง NodeMCU Library

เสียบบอร์ด NodeMCU/ESP8266 เข้ากับคอมพิวเตอร์ จากนั้นไปที่ Device Manager (หากเป็น Window ให้คลิกขวาที่ไอคอน บน Toolbars) เพื่อตรวจสอบว่าคอมพิวเตอร์ตรวจพบ NodeMCU/ESP8266 หรือไม่ โดยเปิด Device Manager ในคอมพิวเตอร์แล้วคลิกที่ Ports หากปรากฏดังภาพหมายความว่า NodeMCU/ESP8266 ติดต่อและพร้อมใช้งานกับคอมพิวเตอร์แล้ว



รูปที่ 3.13 การตรวจสอบ USB Ports ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU



รูปที่ 3.14 คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับบอร์ด NodeMCU สำเร็จ

แต่ถ้าหากไม่พบบอร์ดใน Ports ให้ไปดาวน์โหลด Driver มาติดตั้งด้วยตนเองจาก

<https://www.silabs.com/products/mcu/Pages/USBtoUARTBridgeVCPDrivers.aspx>

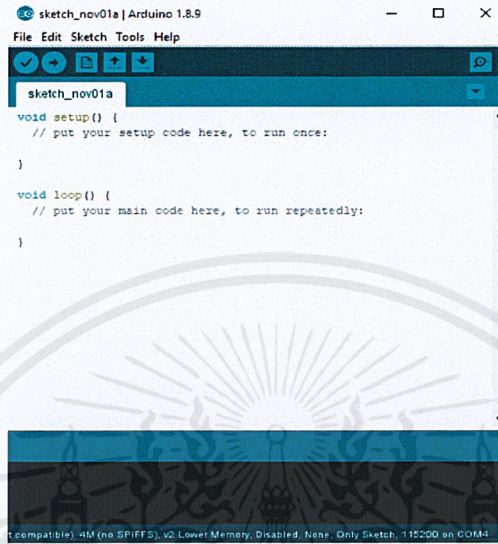
Name	Date modified	Type	Size
CP210x_Windows_Drivers.zip	20/5/2016 13:35	WinRAR ZIP archive	3,767 KB
Linux_3.x.x_VCP_Driver_Source.zip	20/5/2016 13:35	WinRAR ZIP archive	38 KB
Mac_OSX_VCP_Driver.zip	20/5/2016 13:35	WinRAR ZIP archive	387 KB

รูปที่ 3.15 การติดตั้ง Driver ให้กับ Ports USB

3.6 การติดตั้ง NETPIE Library

การติดตั้ง NETPIE Library ทำตามขั้นตอนดังนี้

- 1) เปิดโปรแกรม Arduino IDE



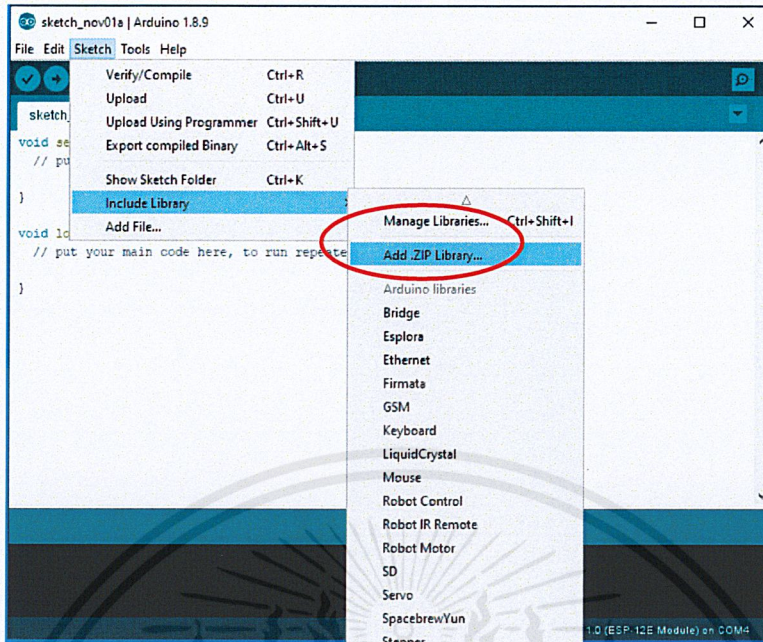
รูปที่ 3.16 โปรแกรม Arduino IDE

- 2) ดาวน์โหลด Microgear จาก GitHub
(<https://github.com/netpieio/microgear-esp8266-arduino>)



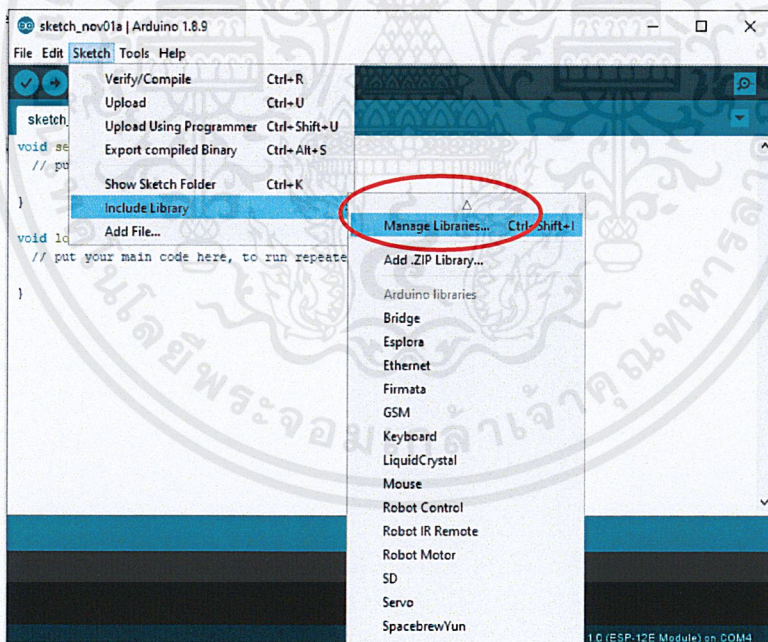
รูปที่ 3.17 การดาวน์โหลด Microgear Library

- 3) คลิกเมนู Sketch --> Include Library --> Add .ZIP Library... เลือก Zip File ที่ดาวน์โหลดมา



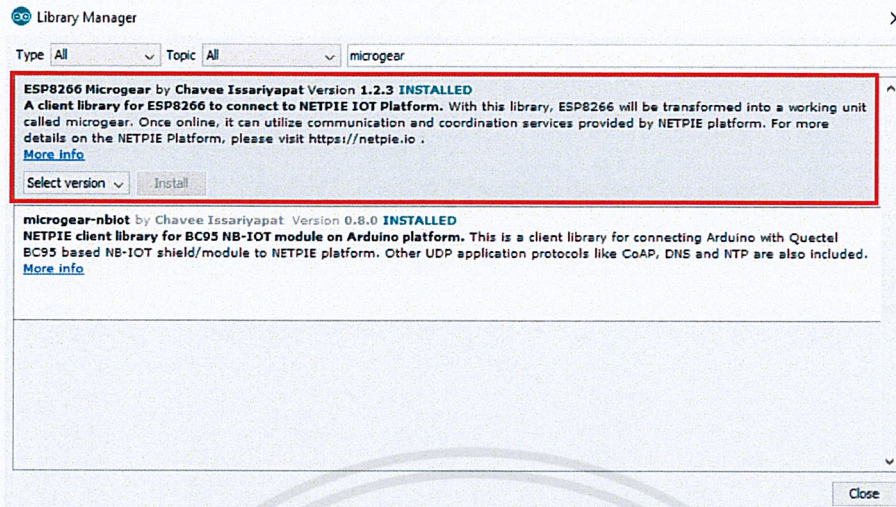
รูปที่ 3.18 การเพิ่ม Microgear Library File

4) คลิกเมนู Sketch --> Include Library -->Manage Libraries...



รูปที่ 3.19 การตั้งค่าและการจัดการ Library

5) พิมพ์คำว่า Microgear ลงในช่องและทำการติดตั้ง Microgear Library

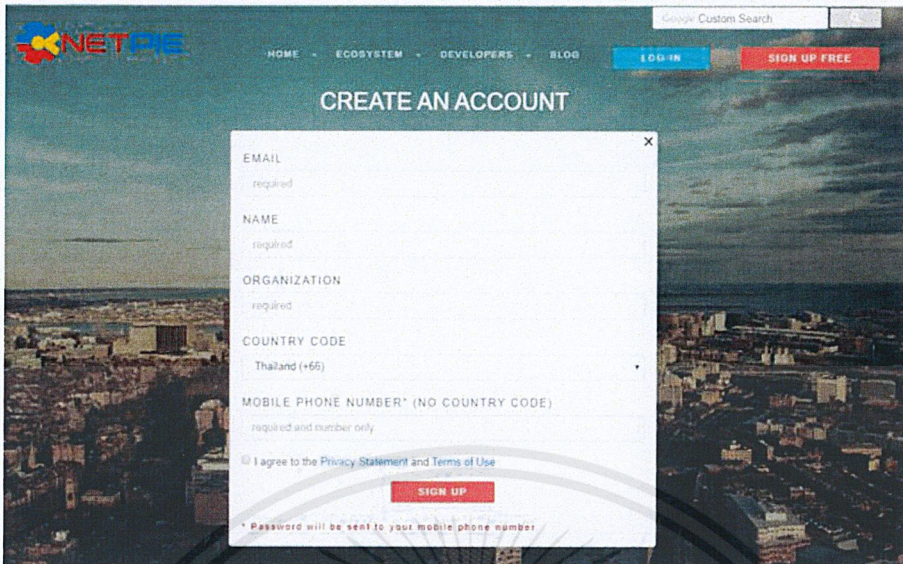


รูปที่ 3.20 การติดตั้ง Microgear Library

3.7 เน็ตพาย (NETPIE)

3.7.1 ขั้นตอนการสมัครสมาชิก

- ไปที่เว็บไซต์ <https://netpie.io/signup> จะปรากฏหน้าเว็บดังรูปที่ 3.21 กรอกข้อมูลให้เรียบร้อย จากนั้นคลิกที่ปุ่ม SIGN UP เพื่อยืนยันการลงทะเบียน
- รอรับ SMS จากทาง NETPIE ซึ่งส่งไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ลงทะเบียนไว้ ตัวอย่าง SMS: Your one-time password for NETPIE is 255906201550
- คลิกที่เมนู LOG IN เพื่อเข้าสู่ระบบนำอีเมลที่ลงทะเบียนไว้ในช่อง USERNAME OR EMAIL ADDRESS และนำรหัสผ่านที่ได้รับจาก SMS ใส่ในช่อง PASSWORD แล้วคลิกปุ่ม LOG IN
- ตั้งรหัสผ่านใหม่โดยใส่รหัสผ่านใหม่ในช่อง NEW PASSWORD และ CONFIRM PASSWORD
- สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้ที่เมนู CHANGE PASSWORD
- หลังจากสมัครสมาชิกและล็อกอินเรียบร้อยแล้ว สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้โดย เลือกที่เมนู APPLICATIONS เพื่อเข้าไปที่หน้า APPLICATION MANAGEMENT ซึ่งแสดงแอปพลิเคชันทั้งหมดที่ผู้ใช้งานมีอยู่ การสร้างแอปพลิเคชันใหม่ทำได้โดยการคลิกที่ปุ่ม + ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 หน้าลงทะเบียนผู้ใช้งานเน็ตพาย (NETPIE)



รูปที่ 3.22 หน้าจัดการแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานเน็ตพาย (NETPIE)

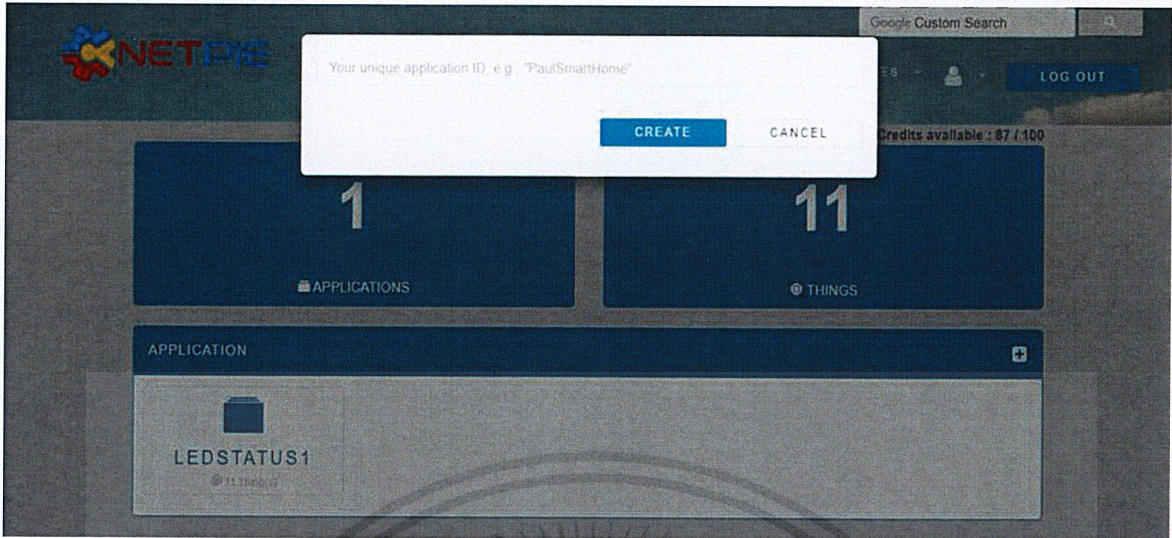
3.7.2 การสร้างแอปพลิเคชัน

NETPIE รองรับอุปกรณ์ที่หลากหลาย นอกจากอุปกรณ์กายภาพ เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่างๆ แล้ว ยังรองรับอุปกรณ์เสมือน เช่น แอปพลิเคชันต่างๆ ซึ่ง รวมไปถึงแอปพลิเคชันที่เขียนด้วย HTML5 ที่สามารถรันได้บนเบราว์เซอร์ ในกรณีเช่นนี้ การเชื่อมต่อไม่สามารถเป็นแบบ Persistent ได้ เนื่องจากต้อง มีการปิดเปิดเบราว์เซอร์ตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อให้การจัดการ Key และ Token มีประสิทธิภาพ หลีกเลี่ยงการสร้าง Token ทิ้งไว้โดยไม่ได้ใช้งาน NETPIE จึงออกแบบให้มี Key อยู่ 2 ชนิด คือ

- 1) Device Key คือ Key ที่ใช้กับอุปกรณ์ประเภทกายภาพ โดย Device Key ของอุปกรณ์นั้น จะถูกจดจำไปตลอดถึงแม้ว่าอุปกรณ์จะไม่ได้เชื่อมต่อกับ NETPIE แล้ว แต่เมื่อมีการเชื่อมต่อใหม่จะถูกมองว่าเป็นอุปกรณ์ตัวเดิมประโยชน์คือเราจะสามารถจดจำอ้างอิงถึงอุปกรณ์ตัวนั้นได้
- 2) Session Key คือ Key ที่ใช้กับอุปกรณ์ที่มีการใช้งานไม่ถาวร เช่น เบรราวเซอร์ เมื่อยกเลิก การเชื่อมต่อหรือปิดเบรราวเซอร์ไปตัวตนของอุปกรณ์นั้นจะถูกลบทิ้ง เมื่อมีการเชื่อมต่ออีกครั้ง ระบบจะสร้างบัตรผ่านใหม่จาก Key ตัวเดิมให้ โดย NETPIE จะไม่ถือว่าอุปกรณ์ที่ Online แต่ละครั้งมีตัวตนเดียวกัน แตกต่างจากกรณี Device Key

3.7.3 ขั้นตอนการสร้างแอปพลิเคชัน

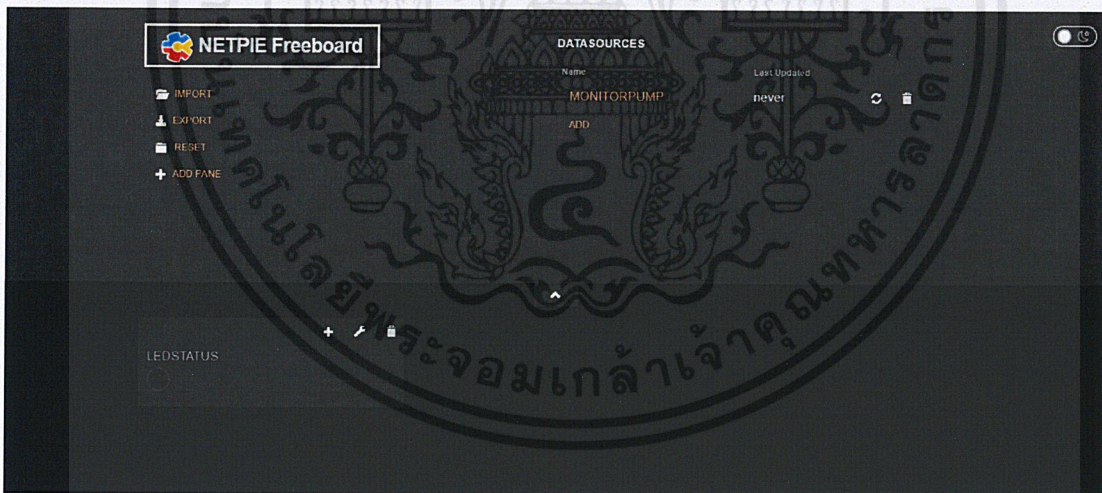
- 1) หลังจากสมัครสมาชิกและล็อกอินเรียบร้อยแล้ว สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้โดยเลือกที่เมนู APPLICATIONS จากเมนู Resources เพื่อเข้าไปที่หน้า APPLICATION MANAGEMENT ซึ่งแสดงแอปพลิเคชันทั้งหมดที่ผู้ใช้งานมีอยู่ การสร้างแอปพลิเคชันใหม่ทำได้โดยการคลิกที่ปุ่ม +
- 2) ใน Pop up ให้กำหนดชื่อแอปพลิเคชัน (Application ID หรือ APPID) ที่ต้องการ จากนั้นคลิกปุ่ม CREAT การตั้งชื่อ AppID จะต้องไม่ซ้ำกับผู้อื่น ดังนั้น ควรเลือกชื่อที่มีความเฉพาะตัวเพื่อให้จำได้ เนื่องจาก AppID นี้จะถูกพัฒนาโปรแกรมต่อไป
- 3) หากสร้างแอปพลิเคชันใหม่ได้สำเร็จ ที่หน้าต่าง APPLICATION ในหน้า APPLICATION MANAGEMENT จะปรากฏช่องของชื่อ AppID ที่เรากำหนดไว้ หากชื่อซ้ำหรือมีข้อผิดพลาดจะมีข้อความแจ้งเตือนขึ้นมาว่า This AppID is already in use. Please select another AppID หลังจากสร้างเสร็จจะเปลี่ยนไปที่หน้าของแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นใหม่นี้โดยอัตโนมัติ
- 4) สร้าง Application Key โดนคลิกที่ปุ่ม + และกำหนดชื่อของ Application Key ตามต้องการ และเลือกชนิดของ Key ใน Drop-down box ให้เป็น Device Key เมื่อสร้างเสร็จ จะมีชื่อ TEST ปรากฏในหน้าต่าง APPLICATION KEY



รูปที่ 3.23 Popup การกำหนดชื่อแอปพลิเคชัน (Application ID หรือ APPID)

3.7.4 การสร้าง FREEBOARD

- 1) เข้าสู่ระบบ NETPIE Account แล้วไปที่เมนู RESOURCES --> FREEBOARDS
- 2) คลิกเครื่องหมาย + เพื่อสร้าง Freeboard ขึ้นมาใหม่
- 3) ตั้งชื่อ Freeboard แล้วกดปุ่ม CREATE



รูปที่ 3.24 หน้าต่างการทำงานของ NETPIE FREEBOARD

3.7.5 การตั้งค่าและการจัดการ NETPIE FREEBOARD

- 1) Main Menu
 - IMPORT เป็นเมนูสำหรับอัปโหลดไฟล์ Configuration ของหน้า Freeboard ที่บันทึกเก็บไว้

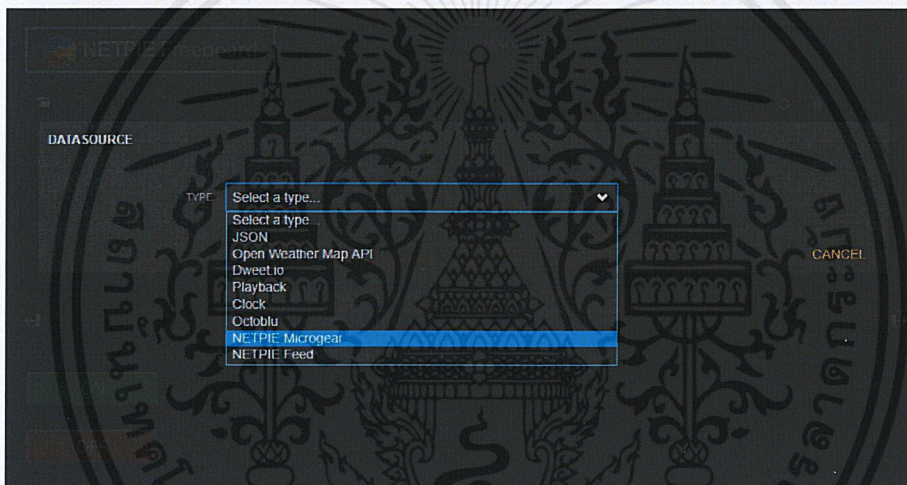
- EXPORT เป็นเมนูสำหรับนำไฟล์ Configuration ออก (Export)
- RESET เป็นเมนูสำหรับล้าง Datasource และ Widget ที่สร้างไว้
- ADD PANE เป็นเมนูสำหรับเพิ่ม Panel ในการจัดวาง Widget

2) Data sources Menu

- ADD เป็นเมนูสำหรับเพิ่ม Datasource ที่เป็นแหล่งข้อมูลที่จะเชื่อมต่อเพื่อดึงออกมาแสดง

3.7.6 การเพิ่ม DataSource

- 1) คลิกที่ ADD จะปรากฏ DataSource Type ชนิดต่างๆ ให้เลือกเป็น NETPIE Microgear

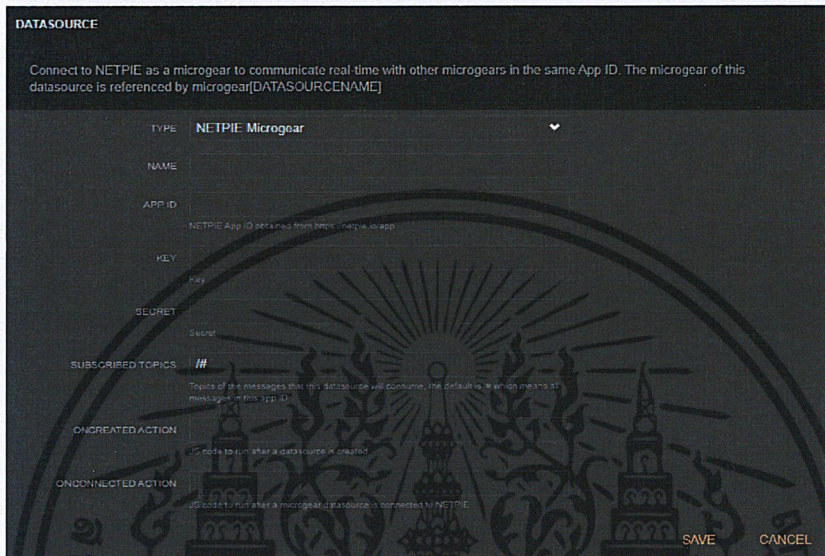


รูปที่ 3.25 การเพิ่ม Data Source

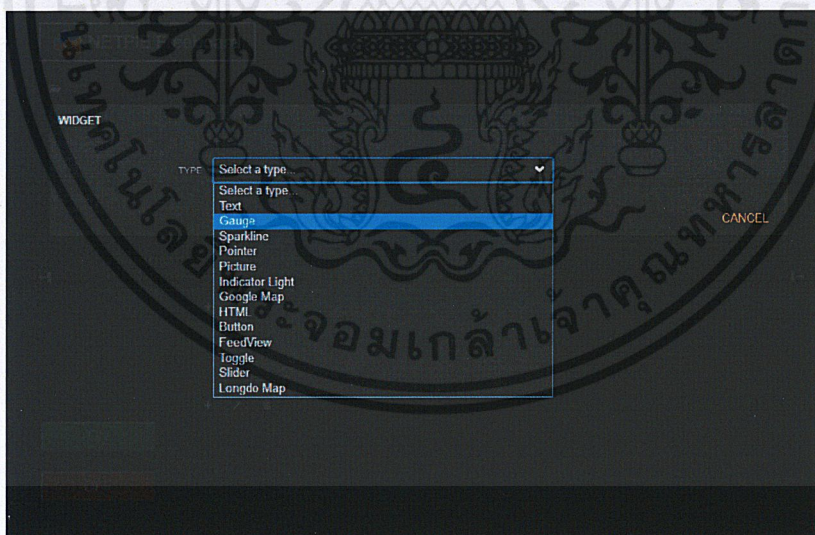
- 2) ใส่ข้อมูลสำหรับ Datasource ซึ่งประกอบด้วย

- NAME คือ ชื่อเรียก Datasource ที่ใช้อ้างอิง (ไม่เกิน 16 ตัวอักษร)
- APP ID คือ App ID ที่ได้สร้างผ่านหน้าเว็บ <https://netpie.io/app>
- KEY คือ Key ที่ได้จากการสร้าง App Key บนเว็บ NETPIE
- SECRET คือ Secret ของ Key บนเว็บ NETPIE
- SUBSCRIBED TOPIC คือ Topic ที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลที่อยู่ภายใน APPID นั้นๆ กรณีนี้ใช้เป็น /# มีความหมายว่า รับข้อความจากทุก Topic เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จกด SAVE

- 3) เพิ่ม Panel สำหรับสร้าง Widget ด้วยการคลิกที่ ADD PANE จะปรากฏ Panel เพิ่มขึ้นมาด้านล่าง
- 4) เพิ่ม Widget บน Panel ที่สร้างขึ้นใหม่โดยคลิกที่เครื่องหมาย + และเลือกชนิดของ Widget เช่น Gauge ดังรูปที่ 3.27 เป็นต้น



รูปที่ 3.26 หน้าต่างการตั้งค่า DataSource



รูปที่ 3.27 หน้าต่างการเพิ่ม Widget ประเภท Gauge เพื่อแสดงระดับน้ำ

- 5) กรอกข้อความลงไปดังนี้แล้วกด Save
 - TITLE ตั้งชื่อให้ Widget นี้

- VALUE ให้คลิกที่ + DATASOURCE จะขึ้นรายชื่อของ Datasource ที่ได้สร้างไว้ และสามารถเลือกชื่อที่มีอยู่และพิมพ์เพิ่มเติมตาม Format เบื้องต้นดังนี้

```
datasources["YourDatasourceName"]["/YourAppID/YourSubscribeTopic"]
```

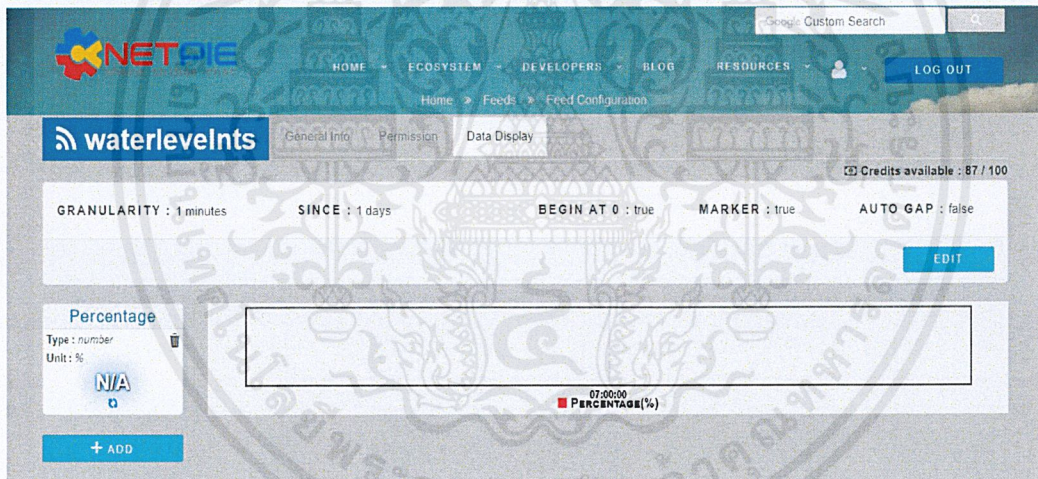
การแก้ไข Format

```
datasources["MynodeMCU"]["/NTSWATERLEVEL/WaterLevel"].split(",")[0]
```

Note การใช้งาน `.split(",")[0]` คือการแบ่งค่า โดยเมื่อแบ่งจะได้ข้อมูล เป็น list ออกมา เช่น 'A B' เมื่อเราทำมา `.split(',')` ออกมาจะได้ออกมา 2 ตัวคือ `[0] = 'A'` , `[1] = 'B'`

- UNITS สามารถใส่หน่วยวัดที่ต้องการหรือเว้นว่างไว้ก็ได้

3.7.7 การสร้าง FEEDBOARD



รูปที่ 3.28 ตัวอย่าง Feed ที่สร้างขึ้นด้วย 1 Field

- 1) เลือก FEEDS จากเมนู RESOURCES
- 2) สร้าง Feed ใหม่ หรือเพิ่ม Feed ด้วยการคลิกที่เครื่องหมาย + ที่มุมบนของ Feed
- 3) ตั้งชื่อ Feed โดยที่ชื่อนี้จะต้องไม่ซ้ำกับที่เคยมีมาก่อนและห้ามซ้ำกับของผู้ใช้อื่น เมื่อตั้งชื่อแล้วให้ คลิก CREATE เพื่อสร้าง Feed
- 4) เนื่องจาก Feed ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังไม่สามารถรับค่าใดๆ เข้ามาได้ จึงต้องสร้าง Field ขึ้นมา รับ ข้อมูล ให้กดปุ่ม + ADD จะปรากฏหน้าต่างให้ตั้งค่าต่างๆ หากมีหน่วยที่ระบุไว้เพื่อการ

แสดงผลต่อไป โดย ณ ขณะนี้ยังรองรับเฉพาะข้อมูลชนิดตัวเลข (Number) เท่านั้น โดยในอนาคตมีอาจมีการพัฒนาเพิ่มเติมให้รองรับข้อมูลชนิดอื่นๆ

5) คลิก SAVE จะได้ Feed ที่พร้อมรับค่ารายละเอียดการปรับแต่งอยู่ในลำดับถัดไป

3.7.8 การกำหนดสิทธิในการเข้าถึง FEED

เนื่องจาก Feed แต่ละอันที่สร้างขึ้นมานั้นเป็น Resource อีกระยะที่ไม่ขึ้นกับ AppID ดังนั้นในการนำไปใช้งานจำเป็นต้องมีเรื่องของการกำหนดสิทธิ การให้สิทธิ์กับอุปกรณ์ที่จะเข้ามาอ่านหรือเขียน Feed มีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่

1) การใช้ API Key ที่ปรากฏอยู่ในแท็บ Permission วิธีนี้จะอนุญาตให้ Client ที่มี API key สามารถอ่านเขียน Feed นี้ได้



รูปที่ 3.29 การกำหนดสิทธิในการเข้าถึง FEED โดยใช้ API Key

2) การให้สิทธิ์กับ AppID ใช้ได้กับเฉพาะ AppID ของเจ้าของ Feed เท่านั้นวิธีนี้มีไว้เพื่ออำนวยความสะดวกในขั้นตอนการพัฒนาเนื่องจากการให้สิทธิ์กันผ่านเว็บ จึงไม่ต้องเข้าไปแก้โค้ด โปรแกรมการให้สิทธิ์กับ AppID จะทำให้ทุกอุปกรณ์ใน AppID นั้นมีสิทธิ์อ่านหรือเขียน Feed นี้ เหมือนกันหมด การตั้งค่าทำได้โดยคลิกที่แท็บ Permission และคลิกที่ EDIT

- 3) จากนั้นพิมพ์ AppID ที่ต้องการให้สิทธิ์ หรือเลือกจากเมนู Drop-Down และคลิก SAVE ดังนั้นทุกอุปกรณ์ภายใต้ AppID นี้จะสามารถอ่าน เขียน Feed ได้โดยอัตโนมัติ การอนุญาตแบบนี้จะเป็นการแจกสิทธิ์ในรูปแบบเดียวกับการนำ Default API key ของ Feed ไปใช้

3.7.9 การเขียนข้อมูลลง FEED ผ่าน Microgear Function

สำหรับอุปกรณ์ที่ต่อ NETPIE ผ่าน Microgear Library อยู่แล้ว สามารถส่งค่าเข้าไปใน Feed ผ่าน Real-time Message ได้เลยโดยใช้ฟังก์ชัน `microgear.writeFeed()` ซึ่งจะมีใน Library ปัจจุบันทุกภาษาของ NETPIE อยู่แล้ว (หากไม่มีโปรดอัปเดตให้เป็นเวอร์ชันล่าสุด) การเขียน Feed ด้วย Microgear นี้ ในกรณีที่เราได้ให้สิทธิ์กับ AppID ไว้แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใส่ API Key ลงไป รูปแบบการใช้ฟังก์ชันมีดังนี้

```
microgear.writeFeed("<FEEDID>","<DATA>")
```

โดยที่ DATA เป็น String ที่มีลักษณะเดียวกับ REST API ดังตัวอย่างนี้

```
microgear.writeFeed("mysensor","temp:25.2,humid:62.5")
```

ส่วนของ DATA นอกจากรองรับ String รูปแบบดังกล่าวแล้ว เรายังสามารถส่ง String ที่แปลงมาจากไฟล์นามสกุล .json ได้ด้วย เช่น “{”temp”:25.2,}” หรือ หากเป็น Node.js หรือ Javascript เรายัง สามารถส่งตัวแปรที่มี Type เป็น Object ได้เลยโดยไม่ต้องแปลงเป็น String ก่อน

ในกรณีที่เรายังไม่ได้ให้สิทธิ์กับ AppID ฟังก์ชันข้างต้นจะได้รับข้อความ Error ว่าไม่มีสิทธิ์เขียน Feed จึงต้องใส่ API Key ลงไปในฟังก์ชันด้วยซึ่งจะเหมาะกับกรณีที่ต้องการให้มีเฉพาะอุปกรณ์เพียงบางตัวเท่านั้นที่สามารถเขียน Feed ได้ รูปแบบการเรียกจะเป็นตามนี้

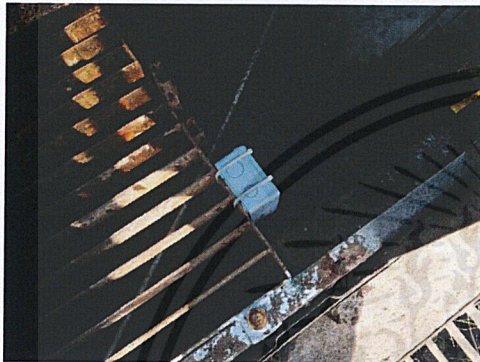
```
microgear.writeFeed("<FEEDID>","<DATA>","<APIKEY>")
```

ซึ่งตัวอย่างการใช้จริงจะอยู่ในรูปแบบดังนี้

```
microgear.writeFeed("mysensor","temp:25.2,humid:62.5","5DunZ38nKP5dGC0h4Bj7mXyeMURdoXOo")
```

3.8 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในพื้นที่ Cooling Tower Quality 2 เพื่อตรวจวัดค่าสภาวะระดับน้ำปัจจุบัน ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปยังโนดประมวลผลหลักเพื่อบันทึกผลการตรวจวัดได้จะส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ตรวจวัดได้เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลผ่านอุปกรณ์ IoT ที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารแบบไร้สายเพื่อแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์และแอปพลิเคชันบนมือถือแบบ Real-Time ดังรูปที่ 3.30



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.30 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling tower quality 2

(ก) อัลตราโซนิกเซนเซอร์ (ข) ตู้อุปกรณ์เซนเซอร์โนด

3.9 โค้ดโปรแกรมส่งข้อมูลแสดงผลบน NETPIE

โปรแกรมสำหรับ Arduino ที่ใส่ลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับโมดูลเซนเซอร์และ WIFI ทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นแล้ว โปรแกรมจะทำให้ชุดควบคุมสามารถเชื่อมโยงเข้ากับ Internet ผ่านไปยัง NETPIE สำหรับส่งข้อมูลไปยัง Cloud เพื่อรอผู้ใช้งานเรียกดูข้อมูลต่อไป

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MicroGear.h>
//-----
const char* ssid = "WIFI";
const char* password = "toowiee234";
//-----
#define APPID "NTSWATERLEVEL"
#define KEY "8e4waw2BVnVbp6H"
#define SECRET "Dq3ly4jFoPoCfkdXovRqMwyZK"
#define ALIAS "MynodeMCU"
#define FEEDID "waterlevelnts"
#define API key "2nbGKJSxBo8FN2wQthDMSEmZJmTNQLwL"
#define ESP_AP_NAME "ESP8266 Config AP"
//-----
const int TRIGGER_PIN = D1;
const int ECHO_PIN = D2;
```

```

WiFiClient client;
int timer = 0;
char str[32];

MicroGear microgear(client);
void onMsghandler(char *topic, uint8_t* msg, unsigned int msglen)
{
    Serial.print("Incoming message -->");
    msg[msglen] = '\0';
    Serial.println((char *)msg);
}
void onConnected(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int
msglen)
{
    Serial.println("Connected to NETPIE...");
    microgear.setAlias(ALIAS);
}

void setup() {
    pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
    pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);
    Serial.begin(115200);
    //MynodeMCU();
    microgear.on(MESSAGE, onMsghandler);
    microgear.on(CONNECTED, onConnected);
    Serial.println("Starting...");

    if (WiFi.begin(ssid, password)) {
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            delay(500);
            Serial.print(".");
        }
    }

    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    microgear.init(KEY, SECRET, ALIAS);
    microgear.connect(APPID);
}

void loop() {
    long duration;
    float distance;
    float Truelevel;
    int Percentage;
    //-----

    digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(TRIGGER_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIGGER_PIN, LOW);
    duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
    distance = (duration) / 29.1 / 200 ; //m
    if (distance != 0)

```

```

{
  Truelevel = (4.00 - distance);
  Percentage = (Truelevel / 3) * 100;
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" m");
  Serial.print(Truelevel);
  Serial.println(" m");
  Serial.print(Percentage);
  Serial.println(" %");
  delay(200);
  //-----
  String data2feed = "{\"Percentage\":\" + (String)Percentage +
}";
  microgear.writeFeed(FEEDID, data2feed);
  //-----
  //Notification Low
  if (Percentage >= 49 && Percentage <= 50)
  {
    microgear.publish("/@push/owner", "WARNING LOW ALARM 50%");
    delay(1000);
  }
  //-----
  //Notification High
  if (Percentage >= 89 && Percentage <= 90)
  {
    microgear.publish("/@push/owner", "WARNING HIGH ALARM 90%");
    delay(1000);
  }
  //-----
  if (microgear.connected()) {
    Serial.println("connected");
    microgear.loop();

    if (timer >= 100) {
      sprintf(str, "%d,%.2f", Percentage, Truelevel);
      Serial.println(str);
      Serial.print("Sending -->");
      microgear.publish("/WaterLevel", str);
      timer = 0;
    }
    else timer += 100;
  }
  else {
    Serial.println("connection lost, reconnect...");
    if (timer >= 100) {
      microgear.connect(APPID);
      timer = 0;
    }
    else timer += 100;
  }
  delay(200);
}
}

```

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้เป็นผลการทดลองการพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอทีและการบันทึกข้อมูลระดับน้ำ ณ ช่วงเวลาต่างๆ อีกทั้งนำเสนอการมอนิเตอร์ค่าระดับน้ำปัจจุบันแบบ Real time ผ่านเว็บพริบอर्डของเน็ตพายหรือจากแอปพลิเคชันของเน็ตพายบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และ IOS

4.1 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE

วัตถุประสงค์การทดสอบ

ต้องการทดสอบการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์และทดสอบการส่งข้อมูลไปแสดงบน NETPIE Freeboard

เครื่องมือในการทดสอบ

อุปกรณ์ส่วนเซ็นเซอร์เน็ต (อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, NodeMCU)
คอมพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรม Arduino IDE
WiFi Router เพื่อเชื่อม NodeMCU กับ NETPIE
สาย USB เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

วิธีการทดสอบ

อัปโหลดโค้ดโปรแกรมลงใน NodeMCU โดยการเชื่อมต่อ NodeMCU เข้ากับคอมพิวเตอร์ ผ่าน USB

ตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ส่วนเซ็นเซอร์เน็ต

เริ่มเปิดระบบให้เซ็นเซอร์เน็ตส่งข้อมูลไปยัง NETPIE

เคลื่อนย้ายหัวของเซ็นเซอร์ไปยังจุดที่ต้องการวัดและสังเกตการทำงาน

เปรียบเทียบค่าที่วัดผ่านเว็บพริบอर्डของเน็ตพายหรือจากแอปพลิเคชันของเน็ตพายได้กับเครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด หรือ ตลับเมตร

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE (17 กันยายน 2562)

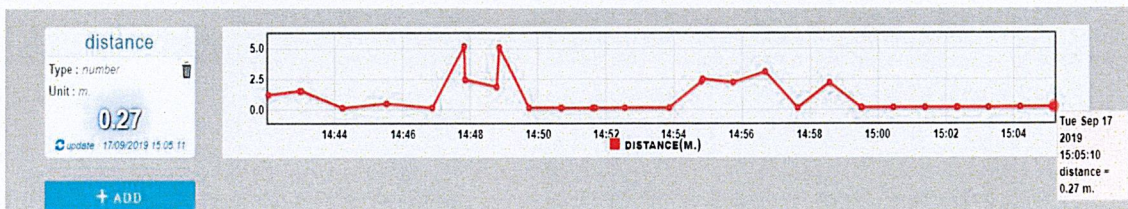
ลำดับ	เวลา	ค่าที่วัดได้ (เมตร)
1	14:24	1.00
2	14:24	1.00
3	14:25	1.00
4	14:26	3.13
5	14:27	1.16
6	14:27	1.16
7	14:27	4.88
8	14:28	1.12
9	14:28	1.12
10	14:29	0.21
11	14:29	1.48
12	14:30	0.21
13	14:31	0.37
14	14:31	0.37
15	14:31	3.65
16	14:32	5.32
17	14:33	0.55
18	14:34	0.23
19	14:35	0.20
20	14:35	0.20
21	14:36	0.20
22	14:37	3.42
23	14:38	0.20
24	14:38	0.20
25	14:39	1.15
26	14:40	5.15
27	14:41	2.60
28	14:42	1.27
29	14:42	1.59
30	14:44	0.20
31	14:45	0.55
32	14:46	0.20
33	14:47	5.24
34	14:48	5.15
35	14:49	0.21
36	14:50	0.21
37	14:50	0.20
38	14:51	0.20
39	14:51	0.20
40	14:52	0.21
41	14:53	0.21
42	14:54	2.57
43	14:55	2.29
44	14:56	3.17
45	14:57	0.21
46	14:58	2.27
47	14:59	0.23
48	14:59	0.23

4.2 การแสดงผลและการบันทึกข้อมูลบนเว็บ NETPIE

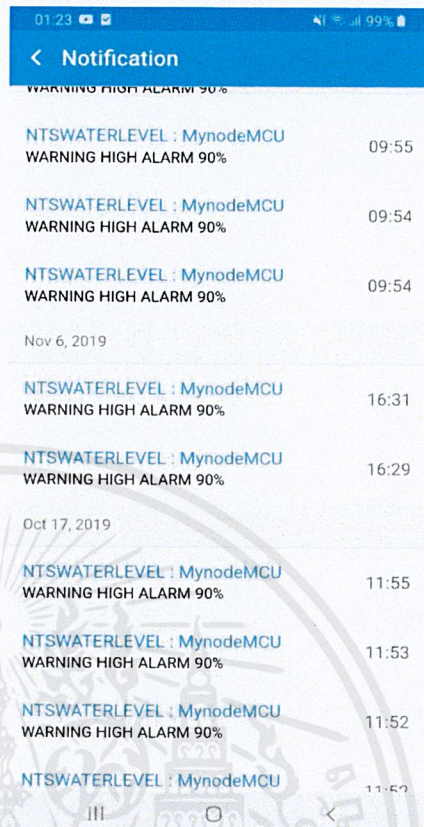
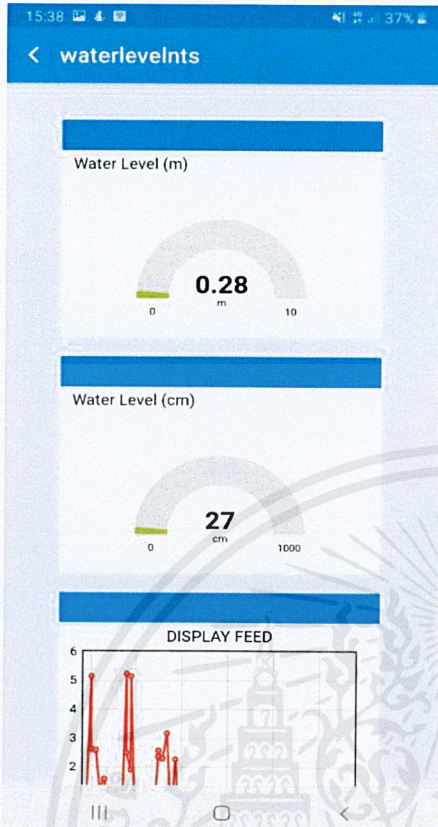
ในหน้าพริบอร์ดจะมีการแสดง Widget สำหรับการพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที จะประกอบด้วย 3 Widget โดย Widget ที่ 1 มีชื่อว่า Water Level (cm) สามารถแสดงผลได้ตั้งแต่ 0-1000 เซนติเมตร ใช้สำหรับบอกระดับน้ำที่วัดได้ในหน่วยเซนติเมตร Widget ที่ 2 มีชื่อว่า Water Level (m) สามารถแสดงผลได้ตั้งแต่ 0-10 เมตร ใช้สำหรับบอกระดับน้ำที่วัดได้ในหน่วยเมตร และ Widget ที่ 3 ใช้สำหรับในการดูค่าย้อนหลังได้ในลักษณะเส้นกราฟ โดยแกน X คือช่วงเวลาที่ทำการบันทึก และ แกน Y คือค่าระดับน้ำที่วัดได้ในหน่วยเมตร ดังรูปที่ 4.1 นอกจากนี้ NETPIE ยังมีบริการในด้านการเก็บข้อมูลที่เรียกว่า Feed ทำให้ข้อมูลที่เกิดจากการอ่านค่าของอุปกรณ์เซ็นเซอร์จะถูกเก็บบันทึกอย่างต่อเนื่องและสามารถเรียกออกมาดูในช่วงเวลาใดก็ได้ ดังรูปที่ 4.2



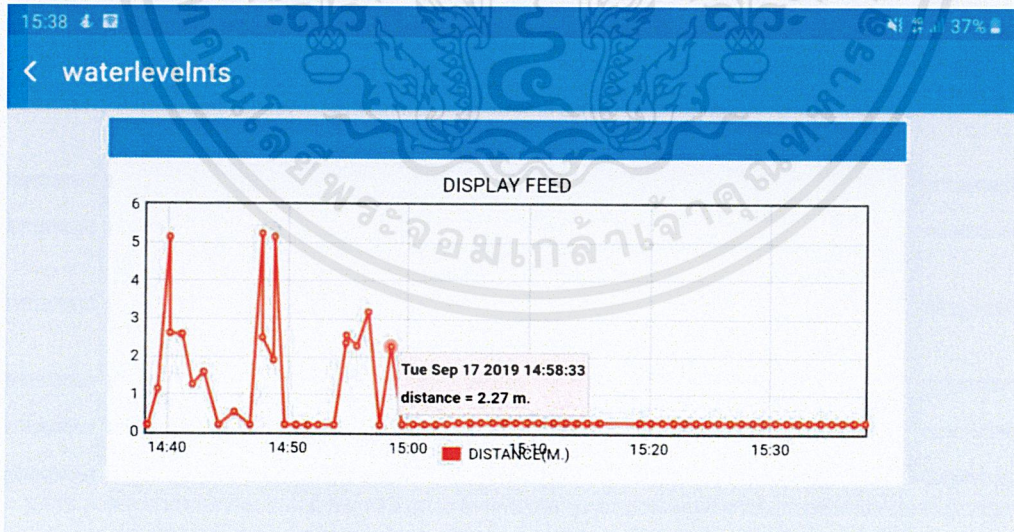
รูปที่ 4.1 Widget การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์บน NETPIE Freeboard



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบนคลาวด์ (Cloud Computing) ผ่าน NETPIE



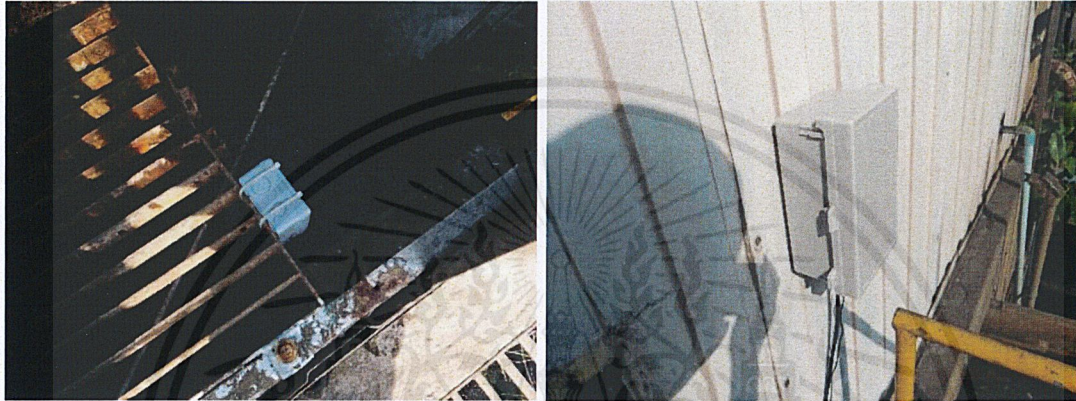
รูปที่ 4.3 การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์และตัวอย่างระบบแจ้งเตือนบน Application NETPIE



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบน Application NETPIE

4.3 การทดสอบการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling Tower Quality 2

ทำการติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling Tower Quality 2 ดังรูปที่ 4.5 อัฟโพลด์โค้ดโปรแกรมลงใน NodeMCU โดยการเชื่อมต่อ NodeMCU เข้ากับคอมพิวเตอร์ ผ่าน USB ตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ส่วนเซ็นเซอร์โนด แล้วเริ่มเปิดระบบให้เซ็นเซอร์โนดส่งข้อมูลไปยัง NETPIE และสังเกตการทำงานของระบบ



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.5 การติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบริเวณ Cooling tower quality 2

(ก) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (ข) ตัวอุปกรณ์เซ็นเซอร์โนด

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และการแสดงผลบน NETPIE (8 พฤศจิกายน 2562)

ลำดับ	เวลา	ค่าที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)
1	8:31	100.25
2	8:32	99.25
3	8:33	103.00
4	8:34	100.67
5	8:35	99.50
6	8:36	100.75
7	8:37	101.75
8	8:38	104.20
9	8:39	99.75
10	8:40	101.75
11	8:41	99.00
12	8:42	102.50
13	8:43	98.50
14	8:44	98.00
15	8:45	99.75
16	8:46	98.75

ลำดับ	เวลา	ค่าที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)
17	8:47	98.00
18	8:48	100.00
19	8:49	98.75
20	8:50	99.50
21	8:51	95.67
22	8:52	97.33
23	8:53	96.00
24	8:54	95.75
25	8:55	97.17
26	8:56	97.00
27	8:57	97.00
28	8:58	104.00
29	8:59	99.20
30	9:00	96.60
31	9:01	97.25
32	9:02	97.00
33	9:03	95.50
34	9:04	103.00
35	9:05	99.00
36	9:06	96.25
37	9:07	95.50
38	9:08	102.00
39	9:09	97.75
40	9:10	98.50
41	9:11	96.50
42	9:12	98.50
43	9:13	96.00
44	9:14	95.00
45	9:15	96.71
46	9:16	96.80
47	9:17	95.50
48	9:18	101.25
49	9:19	94.75
50	9:20	94.25
51	9:21	99.50
52	9:22	97.75
53	9:23	94.00
54	9:24	96.75
55	9:25	100.00
56	9:26	100.75
57	9:27	93.75
58	9:28	96.00

ลำดับ	เวลา	ค่าที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)
59	9:29	94.75
60	9:30	92.50
61	9:31	95.63
62	9:32	93.00
63	9:33	98.75
64	9:34	93.75
65	9:35	94.50
66	9:36	101.00
67	9:37	95.50
68	9:38	97.25
69	9:39	94.00
70	9:40	93.00
71	9:41	94.50
72	9:42	94.50
73	9:43	94.50
74	9:44	96.25
75	9:45	92.00
76	9:46	92.75
77	9:47	94.75
78	9:48	97.00
79	9:49	98.75
80	9:50	95.40
81	9:51	95.14
82	9:52	98.75
83	9:53	95.00
84	9:54	93.75



รูปที่ 4.6 การแสดงผลระดับน้ำออนไลน์บน Application และ กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลระดับน้ำบนคลาวด์ (Cloud Computing) ผ่าน NETPIE Website

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงการสหกิจในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที เมื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำแนวทางเหล่านั้นไปใช้ดำเนินการสามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

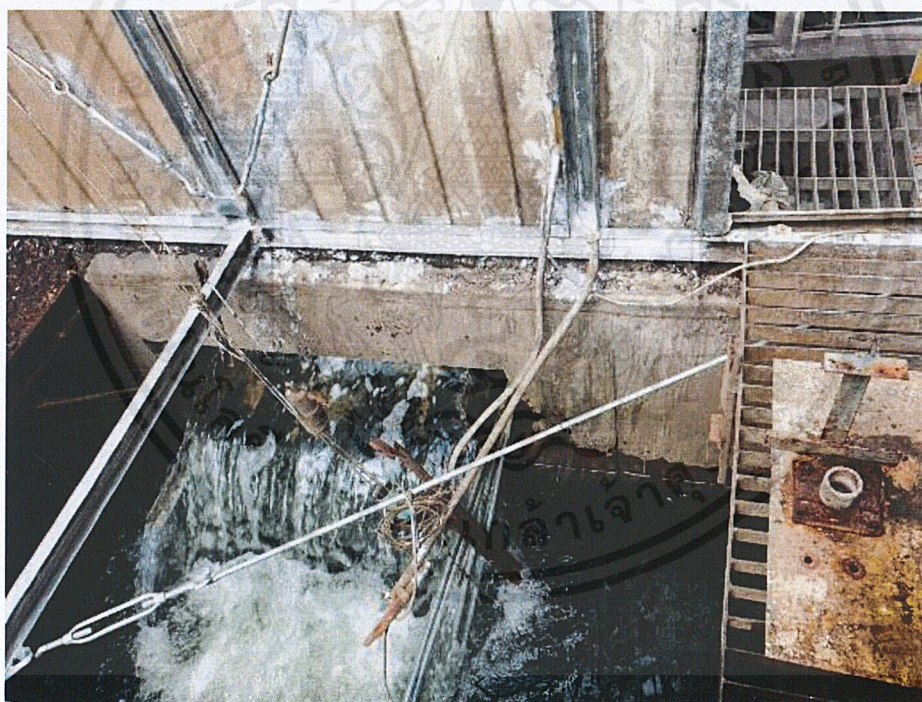
การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที เป็นการศึกษาเพื่อลดความสูญเสียเนื่องจากโรคภัย ในกระบวนการผลิตเหล็กที่นำไปสู่การหยุดชะงักของการผลิต ซึ่งจะมีผลให้ต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนการผลิตโดยรวมสูงขึ้น

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำและการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติระบบวัดระดับน้ำ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย Wi-Fi ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำคัญในการเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกัน ภายในระบบจะประกอบไปด้วย ส่วนของเซนเซอร์ตรวจวัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) ประกอบเข้ากับส่วนควบคุมและประมวลผล (Microcontroller) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ ตั้งแต่สั่งให้เซนเซอร์ทำการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกออกมา บันทึกเวลาที่ปล่อยคลื่นออกไปกับเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมายังตัวรับและทำการคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์และระดับน้ำจากค่าเวลาที่บันทึกได้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งค่าระยะทางหรือความสูงของระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ผ่านโปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) อาศัยหลักการส่งข้อมูลแบบ Publisher/Subscriber ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-Machine) ทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดย MQTT Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Client และ รักษาความปลอดภัยของเครือข่าย โดยมีวิธีการสร้างเส้นทาง (Routing) ด้วยหัวข้อ (Topic) โดยที่ Client ต้องทำการ Subscribe ใน Topic ที่ตัวเองต้องการ จากนั้น Broker ก็จะส่งข้อมูลทั้งหมดที่ถูก Publish ใน Topic นั้นไปยัง Subscriber และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนของเว็บเบราว์เซอร์ (NETPIE Web Application) ที่ใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลบนคอมพิวเตอร์บนเครือข่าย และ แอปพลิเคชันบนโมบายดีไวส์ (NETPIE Application) สำหรับใช้งานบนสมาร์ตโฟน โดยทั้งคู่เป็นโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันสำหรับดึงข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบ IoT จากตัวเซิร์ฟเวอร์ NETPIE แบบ Real-Time และนำมาแสดง

สถานะบนแอปพลิเคชัน สามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟบนหน้ากระดานของเว็บไซต์ (Website Dashboard) และมีระบบการแจ้งเตือน (Push Notification) เมื่อค่าระดับน้ำความผิดปกติ สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด บนสมาร์ตโฟนของผู้ดูแลให้สามารถเข้าถึงระบบและสั่งการแก้ไขได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพแม้จะอยู่ห่างไกลจากสถานที่ปฏิบัติงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

โครงการสหกิจในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาต้นแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการวัดระดับน้ำ และการแสดงผลออนไลน์อัตโนมัติผ่านระบบไอโอที การวัดค่าระดับน้ำยังเกิดความคลาดเคลื่อนในบางครั้ง เนื่องจากผิวน้ำมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 5.1 ทำให้ส่งผลต่อการทำงานของเซ็นเซอร์ เนื่องจากเซ็นเซอร์อาศัยคลื่นเสียงในการทำงาน เมื่อคลื่นเสียงไปตกกระทบพื้นผิวของวัตถุที่ไม่เรียบ หรือไม่สม่ำเสมอ ก็จะทำให้ความแม่นยำในการทำงานลดลง ดังนั้น จึงควรมองหาอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดียิ่งขึ้น เพื่อตอบสนองการใช้งานภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าว



รูปที่ 5.1 ภายใน Cooling Tower Quality 2

บรรณานุกรม

- [1] (2557). โครงการการศึกษาห่วงโซ่อุปทานสินค้ารายสาขาที่ได้รับผลกระทบจากการเปิดเสรี (สินค้าอุตสาหกรรม). ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2562.
http://www.thaifita.com/trade/study/supplychain57_chap2.pdf
- [2] กิตติพงษ์ รัตนาพิศุทธิกุล. (2561). คู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอุตสาหกรรมเหล็ก สำหรับโรงหลอมเหล็ก โรงรีดร้อน และการทำ Hot Charge ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2562.
http://www.ecct-th.org/acf/kittipong_r_hotcharge.pdf
- [3] กสทช. (2560). เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0 ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2562.
<http://www.nbt.go.th/getattachment/Services/quarter2560.pdf.aspx>
- [4] NECTEC. (2560). คู่มือการใช้งาน NETPIE An Official Guide to NETPIE. ค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562.
http://203.159.154.241/innogoth/wp-content/uploads/2017/09/NETPIE-WS_v23.pdf
- [5] บุญเกิด สนธิพันธ์. (2560). เอกสารประกอบการเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (2105-2105). ค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2562.
http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_9.pdf
- [6] สาธิต ยาทอม. (2559). เซนเซอร์แจ้งเตือนระยะปลอดภัยสำหรับสายตาในการทำงานกับคอมพิวเตอร์. ค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2562.
<http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7128/2/Fulltext.pdf>
- [7] บริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). (2561). แบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี 56-1 ประจำปี 2560-2561. ค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2562.
<https://www.tatasteelthailand.com/media/fileDownload/pdf>

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล : นายสาธิต สังข์ทอง

รหัสนักศึกษา : 59011388

วัน เดือน ปีเกิด : 10 เมษายน 2541

การติดต่อ : Too.sathit1@gmail.com

การศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนรุ่งนิตวิทยา

มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนบ้านชีวิทยา

ปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง