รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย Raspberry Pi บนพื้นฐานไอโอที
IOT-Based Data Acquisition of Electrical Energy Consumption on Using Raspberry Pi

นางสาว จนิศร์ตา พุทธรักษ์

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ
ภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย Raspberry Pi บนพื้นฐานไอโอที
IOT-Based Data Acquisition of Electrical Energy Consumption on Using Raspberry Pi

นางสาว จนิศร์ตา พุทธรักษ์

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

ภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย Raspberry Pi บนพื้นฐานไอโอที

ชื่อ – สกุล นักศึกษา นางสาว จนิศร์ตา พุทธรักษ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **สาขาวิชา** วิศวกรรมอัตโนมัติ

ชื่อ – สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี

ชื่อ – สกุล ผู้นิเทศงาน นายเกษมศักดิ์ คุณพิชิตชัย

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท เอ็นไลท์เท็นเทคโนโลยี จำกัด

บทคัดย่อ

เนื่องจากการประหยัดพลังงานโดยใช้ข้อมูลจากประวัติการใช้งานพลังงานไฟฟ้า จำเป็นต้องมีระบบจัดเก็บข้อมูลค่าที่ต้องการ โครงงานนี้จึงมีการใช้เทคนิคด้วยแนวคิดของระบบไอโอที (Internet of Things: IoT) เพื่อจัดเก็บข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้า ระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วย Raspberry Pi 3 Model B สำหรับการส่งข้อมูลค่าการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากพาวเวอร์มิเตอร์รุ่น Lovato Electric DMG610 ซึ่งมี Data server ที่ใช้โปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เพื่อจัดเก็บข้อมูลค่าที่วัดได้ทั้งหมด และคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม Microsoft SQL Server เพื่อแสดงผลข้อมูลที่สนใจบน Web browser ผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นว่าระบบการจัดเก็บข้อมูลที่นำเสนอสามารถนำมาใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลที่วัดได้ในแบบเวลาจริง (Real time Monitoring) และสามารถแสดงค่าย้อนหลังในช่วงเวลาที่กำหนด

คำสำคัญ: ระบบไอโอที, Raspberry Pi, พาวเวอร์มิเตอร์, Data server , โปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) , Microsoft SQL Server, Web browser ,Real time Monitoring

Cooperative Title: IOT-Based Data Acquisition of Electrical Energy Consumption on Using Raspberry Pi
Student intern name: Ms. Janista Puttarak
Faculty: Engineering **Department:** Automation Engineering
Advisor name: Assoc.Prof.Dr. Amphawan Julsereewong
Asst.Prof.Dr. Teerawat Thepmanee
Mentor name: Mr. Kasemsak Khunpichitchai
Company: Enlighten Technology Co.,Ltd

ABSTRACT

Due to provide energy saving base on historian data of power consumption, an data acquisition for collecting the related parameters is required. This project present a technique based on Internet of Things (IoT) for creating the data acquisition of electrical energy consumption. The proposed system consists of a Raspberry PI 3 model B for sending the measured parameters of a power meter modeled Lovato Electric DMG610, a data server running Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol for collecting all measured values, and a computer running Microsoft SQL Server program for monitoring the interested data on web browser. The experimental result show that the proposed data acquisition system can be used to display the measured parameters in real-time as well as to show the historian values in specific time period.

Keyword: Internet of Things (IoT), Raspberry Pi, Power meter , Data server, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), Microsoft SQL Server, Real time

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากผู้จัดทำได้รับความสนับสนุนจากบริษัท เอ็นไลท์ เท็นเทคโนโลยี จำกัด ที่ได้เปิดโอกาสให้ผู้จัดทำได้เข้าร่วมโครงงานสหกิจศึกษา เพื่อเป็นการศึกษาและเรียนรู้การทำงานในสถานประกอบการจริง และขอขอบพระคุณโดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณ เกษม ศักดิ์ คุณพิชิตชัย ผู้นิเทศงาน และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และข้อมูลต่าง ๆ ทั้งในด้านซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้จัดทำเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ และผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี ที่ได้ให้ความเมตตาและคำแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ ทั้งทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการทำงานในสถานประกอบการจริงได้เป็นอย่างมาก

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

จนิศร์ตา พุทธรักษ์

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูปภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 วิธีดำเนินการโครงงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1.1 ระบบบริหารจัดการพลังงาน Energy Management System (EMS) 3
2.1.2 อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง Internet of Things (IoT) 9
2.2 หลักการของฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง 13
2.2.1 พาวเวอร์มิเตอร์ (Power Meter) 13
2.2.2 Raspberry Pi 18
2.3 หลักการของซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง 19
2.3.1 โปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) 19
2.3.2 โปรแกรม Node-Red 21
2.3.3 โปรแกรม InTouch Machine Edition (ITME) 22
2.3.4 Ngrok 24
2.3.5 โปรแกรม Modsim64 25
2.3.6 โปรแกรม Microsoft SQL Server 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 27
3.1 กล่าวนำ 27
3.2 ระบบการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น 27
3.2.1 โครงสร้างของระบบโดยภาพรวม 27
3.3 ส่วนของฮาร์ดแวร์ 28
3.3.1 การตั้งค่าโหมด Wiring พาวเวอร์มิเตอร์ 28
3.3.2 การตั้งค่าการเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์ 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi 31
3.4 ส่วนการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ 31
3.4.1 การเชื่อมต่อโปรแกรมจำลอง 31
3.4.2 การกำหนดให้ค่าให้ Address 32
3.5 ส่วนของการเซตอัพอุปกรณ์ในระบบ 33
3.5.1 การสร้างโปรเจค 34
3.5.2 การสร้าง Tag 35
3.5.3 การกำหนด MODBUS TCP Driver และ MQTT Driver 35
3.5.4 การดาวน์โหลดโปรเจคลง Raspberry Pi 37
3.6 ส่วนแสดงผล 39
3.6.1 การเปิดการใช้งาน Node-Red 39
3.6.2 การเชื่อมต่อ Inject Node 41
3.6.3 การเชื่อมต่อ MQTT Node 43
3.6.4 การเชื่อมต่อ Microsoft SQL Server เพื่อทำการบันทึกข้อมูล 45
3.6.5 การใช้คำสั่ง Select เพื่อสืบค้นข้อมูล 48
3.6.6 การเชื่อมต่อ MSSQL Node กับ Microsoft SQL Server 50
3.6.7 การใช้งาน MSSQL Node 52
3.6.8 การ Forward port ของ Node-red บน Ngrok 55
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 57
4.1 กล่าวนำ 57
4.2 ผลการทดลองส่วนฮาร์ดแวร์ 57
4.3 ผลการทดลองส่วนการดึงข้อมูล 57
4.4 ผลการทดสอบส่วนการแสดงผล 58
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 61
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา 61
5.2.1 ปัญหาที่พบ 61
5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา 61
5.3 ข้อเสนอแนะ 61
เอกสารอ้างอิง 62

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน....2
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการส่งข้อมูลแบบต่างๆ....13

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน (ดัดแปลงจากรูปภาพของ GE) 4
ภาพที่ 2.2 แสดงประโยชน์ของเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน HEMS 5
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลการใช้พลังงานในบ้านในรูปแบบต่างๆ 5
ภาพที่ 2.4 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคารดัดแปลงจากรูปภาพของ NEC 6
ภาพที่ 2.5 แสดงประโยชน์ของเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (BEMS) 7
ภาพที่ 2.6 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม 8
ภาพที่ 2.7 อธิบาย Wireless Sensor Network 11
ภาพที่ 2.8 Diagram อธิบายการเชื่อมต่อ Gateway หลายๆตัวเข้ากับ local network 12
ภาพที่ 2.9 แสดง WSN Nodes 12
ภาพที่ 2.10 อธิบายแต่ละ Network Layers ของ Internet of Things โดย IBM 13
ภาพที่ 2.11 Analog Power Meter และ Digital Power Meter 14
ภาพที่ 2.13 Digital Power Meter 15
ภาพที่ 2.14 การนำข้อมูลจาก Power Meter เข้าสู่ระบบซอฟท์แวร์ 16
ภาพที่ 2.15 กราฟ Demand 17
ภาพที่ 2.16 การแสดงข้อมูลตัวเลขแบบ Real Time ในรูปแบบตาราง 17
ภาพที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของ Raspberry Pi 18
ภาพที่ 2.18 สเปค Raspberry Pi 3 Model B 19
ภาพที่ 2.19 การรับส่งข้อมูล แบบ Publisher / Subscriber 20
ภาพที่ 2.20 แสดงการเชื่อมต่อเส้นทางการไหลของข้อมูลใน Node-Red 22
ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้งาน Node-Red 22
ภาพที่ 2.22 โปรแกรม InTouch Machine Edition (ITME) 23
ภาพที่ 2.23 การเก็บข้อมูลโดยใช้ โดยใช้ Wonderware Online InSight. 24
ภาพที่ 2.24 การใช้งาน Ngrok 24
ภาพที่ 2.26 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Modsim64 25
ภาพที่ 2.27 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Microsoft SQL Server 26
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของระบบไอไอโอที 27
ภาพที่ 3.2 แสดงการเข้าหน้า Settings 28
ภาพที่ 3.3 การเข้าสู่หน้า General Settings 28
ภาพที่ 3.4 การตั้งค่าโหมด Wiring 28
ภาพที่ 3.5 แสดงการเข้าหน้า Settings 29
ภาพที่ 3.6 การเข้าสู่หน้า Communication Settings 29
ภาพที่ 3.7 การกำหนด Serial node address 29
ภาพที่ 3.8 การกำหนด Serial speed 30
ภาพที่ 3.9 การกำหนด Data format 30

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 3.10 การกำหนด Stop bits 30
ภาพที่ 3.11 การกำหนด Protocol 31
ภาพที่ 3.12 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi 31
ภาพที่ 3.13 การเชื่อมต่อ Modsim64 32
ภาพที่ 3.14 การกำหนด Modbus/TCP Service Port 32
ภาพที่ 3.15 การเลือก Address 32
ภาพที่ 3.16 การกำหนดค่าให้ Address 33
ภาพที่ 3.17 การกำหนดค่าให้ Address เป็น Auto Simulation 33
ภาพที่ 3.18 การสร้างโปรเจคใหม่ 34
ภาพที่ 3.19 การกำหนดชื่อโปรเจคและ Product Type 34
ภาพที่ 3.20 การสร้าง Tag 35
ภาพที่ 3.21 Tags Database Worksheet 35
ภาพที่ 3.22 การเพิ่ม Drivers 36
ภาพที่ 3.23 การ Communication Drivers 36
ภาพที่ 3.24 การเปิด MAIN DRIVER SHEET 37
ภาพที่ 3.25 การเพิ่ม Tag ใน MAIN DRIVER SHEET 37
ภาพที่ 3.26 การดาวน์โหลดโปรเจค 38
ภาพที่ 3.27 การกำหนด IP เพื่อเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi 38
ภาพที่ 3.28 การเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi สำเร็จ 38
ภาพที่ 3.29 การดาวน์โหลดโปรเจคและ Run โปรเจคบน Raspberry Pi ผ่านโปรแกรม 39
ภาพที่ 3.30 การเปิดการใช้งาน Node-Red 40
ภาพที่ 3.31 Node-Red พร้อมใช้งาน 40
ภาพที่ 3.32 หน้าต่างใช้งาน Node-Red 41
ภาพที่ 3.33 การใช้งาน Inject Node 41
ภาพที่ 3.34 การตั้งค่า Inject Node 42
ภาพที่ 3.35 การใช้งาน Debug Node 42
ภาพที่ 3.36 การ Deploy 43
ภาพที่ 3.37 การแสดงผลโดยใช้ Debug Node 43
ภาพที่ 3.38 การใช้งาน MQTT Node 44
ภาพที่ 3.39 แสดงการตั้งค่า MQTT Node 44
ภาพที่ 3.40 การตั้งค่า Server MQTT 45
ภาพที่ 3.41 การตั้งค่า Topic ใน MQTT Node 45
ภาพที่ 3.42 การเชื่อมต่อ Server Microsoft SQL Server 46
ภาพที่ 3.43 หน้าต่างการใช้งาน Microsoft SQL Server 46

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 3.44 การสร้าง Database 47
ภาพที่ 3.45 การตั้งค่า Database 47
ภาพที่ 3.46 การสร้าง Tables 48
ภาพที่ 3.47 การตั้งค่า Tables 48
ภาพที่ 3.48 การกำหนดชื่อ Tables 48
ภาพที่ 3.49 การ Select ข้อมูล 49
ภาพที่ 3.50 การใช้คำสั่ง Order by 49
ภาพที่ 3.51 การกด Debug 49
ภาพที่ 3.52 การใช้งานการสืบค้นข้อมูล 50
ภาพที่ 3.53 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลใน Microsoft SQL Server 50
ภาพที่ 3.54 การใช้งาน MSSQL Node 51
ภาพที่ 3.55 แสดงการตั้งค่า MSSQL Node 51
ภาพที่ 3.56 การตั้งค่า Server MSSQL 52
ภาพที่ 3.57 การใช้งาน MSSQL Node 52
ภาพที่ 3.58 แสดงการตั้งค่า Inject Node 53
ภาพที่ 3.59 แสดงการตั้งค่า Inject Node 54
ภาพที่ 3.60 แสดงการตั้งค่า Template Node 55
ภาพที่ 3.61 หน้าต่างโปรแกรม Ngrok 55
ภาพที่ 3.62 การใช้งาน Ngrok 56
ภาพที่ 3.63 การ Forward port 56
ภาพที่ 3.64 ตัวอย่างการใช้งาน Node-Red ผ่าน Ngrok 56
ภาพที่ 4.1 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi 57
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน Modsim64 58
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ITME 58
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red 59
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red ในหน้า History 59
ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red ในหน้า History 60
ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red บนสมาร์ทโฟน 60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยพลังงานไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ มีขีดความสามารถในระดับหนึ่ง ทำให้ในอนาคตมีความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน การประหยัดพลังงานโดยการใช้งานที่คุ้มค่า และลดการใช้ที่สิ้นเปลืองจึงเป็นแนวทางที่จะช่วยลดผลกระทบจากปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าได้ การจัดทำระบบที่สามารถจัดเก็บข้อมูลประวัติการใช้งานพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการการใช้งานพลังงานไฟฟ้า [1] เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้เกิดการใช้งานพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารมีความก้าวหน้ามากขึ้น โดยวิธีการสื่อสารได้ถูกนำมาใช้งานหลากหลายรูปแบบ การสื่อสารด้วยระบบอินเตอร์เน็ต (Internet) เป็นแนวทางหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย จึงมีการนำแนวคิดระบบไอโอที (Internet of Things: IoT) [2] เพื่อสร้างเครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตเพื่อการจัดเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลกลาง โดยระบบไอโอทีเป็นระบบที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเตอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งการนำระบบไอโอทีมาใช้จะเพิ่มฟังก์ชันในการใช้งานของระบบพลังงานและระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพลังงาน ได้อีกแนวทางหนึ่ง และยังเป็นการปรับปรุงกระบวนการดำเนินการหลัก ๆ ได้อีกด้วย

การจัดเก็บข้อมูลที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้เป็นระบบที่มีส่วนการดึงข้อมูลและส่วนแสดงผลที่สามารถติดต่อกับผู้ใช้งานได้ โดยในส่วนการดึงข้อมูลจะใช้ Raspberry Pi [3] ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) เพื่อส่งต่อข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าไปยัง Data Server และในส่วนการแสดงผล จะใช้เทคโนโลยีทางด้าน Web Page ในการสร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยนำข้อมูลที่จัดเก็บจาก Data Server มาแสดงผลแบบเวลาจริง (Real time Monitoring) และสามารถเรียกดูย้อนหลังได้ นอกจากนี้ ยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และวางแผนในการใช้งานพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. การจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อแสดงผลแบบเวลาจริง และจัดทำเอกสารที่สามารถเรียกดูข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้ โดยการประยุกต์ใช้ Raspberry Pi เป็นตัวดึงข้อมูลจากพาวเวอร์มิเตอร์เพื่อส่งต่อไปเก็บยัง Data Server
2. สร้างส่วนแสดงผลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีทางด้าน Web Page

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ระบบที่จัดสร้างขึ้นเป็นระบบที่ใช้ Raspberry Pi รุ่น 3 Model B เพื่อดึงข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้า เช่น ค่ากระแส ค่าแรงดัน ค่ากำลังไฟฟ้า จากพาวเวอร์มิเตอร์ รุ่น Lovato Electric DMG610 ที่ใช้สัญญาณ RS-485 และส่งต่อข้อมูลให้กับ Data Server ที่เป็นโปรโตคอล MQTT โดยสามารถแสดงข้อมูล Data Server ผ่าน Web Browser ที่ชื่อว่า Node-Red ซึ่งจะใช้ Flow-Based Programming ในการสร้างส่วนแสดงผลแบบเวลาจริง และจัดทำเอกสารที่สามารถเรียกดูข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้

2. ในการดึงข้อมูลจากโปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์บน Raspberry Pi โดยใช้โปรแกรม InTouch Machine Edition (ITME)

3. ในการจัดเก็บข้อมูลจาก Data Server เพื่อเรียกดูประวัติการใช้งานพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server

1.4 วิธีดำเนินการโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียดการดำเนินงาน	7-ส.ค.-60	14-ส.ค.-60	21-ส.ค.-60	28-ส.ค.-60	4-ก.ย.-60	11-ก.ย.-60	18-ก.ย.-60	25-ก.ย.-60	2-ต.ค.-60	9-ต.ค.-60	16-ต.ค.-60	23-ต.ค.-60	30-ต.ค.-60	6-พ.ย.-60	13-พ.ย.-60	20-พ.ย.-60
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาข้อมูลและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง	←	—	→													
ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลของซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง			←	—	→											
ศึกษาการใช้งาน Raspberry Pi					←	—	—	→								
ศึกษาการใช้งาน Node-Red								←	—	—	→					
ตรวจสอบและทดลองการทำงานของระบบ											←	—	—	→		
จัดทำรูปเล่มสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์														←	—	→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาแนวทางการลดและการควบคุมการใช้งานพลังงานไฟฟ้า

2. เพื่อเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานในการติดตามและจัดเก็บข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบบริหารจัดการพลังงาน Energy Management System (EMS)

โดยทั่วไปแล้ว ระบบบริหารจัดการพลังงาน Energy Management System (EMS) หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในการควบคุมให้การผลิต การส่งพลังงาน รวมถึงให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ความหมายของระบบบริหารจัดการพลังงานนั้นค่อนข้างกว้างโดยมิได้หมายถึงเฉพาะเพียงพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นแต่ยังครอบคลุมถึงพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ด้วย เช่น พลังงานความร้อน เป็นต้น ระบบบริหารจัดการพลังงานจะอาศัยการทำงานประสานกันระหว่าง อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) สมาร์ทมิเตอร์ (Smart meter) และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (Actuator หรือ Controller) บนโครงสร้างของระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ Information technology (IT) โดยอาจมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์) และระบบกักเก็บพลังงานร่วมด้วยเพื่อให้บริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด ระบบบริหารจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพจะมีกระบวนการวางแผนให้เกิดการผลิต การใช้พลังงานและการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในบางกรณีอาจจะรวมถึงการงดใช้พลังงานหรือการลดการใช้พลังงานให้เหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้ จะต้องไม่ทำให้ความสามารถในการทำงานหรือผลิตภาพ (Productivity) ลดลง รวมถึงต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียทางสุขภาพใดๆ กับผู้ที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในพื้นที่นั้นๆ

สำหรับระบบบริหารจัดการพลังงานในที่นี้ได้อ้างอิงตามแผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าสมาร์ทกริด พ.ศ. 2558 – 2579 ซึ่งจะเน้นระบบบริหารจัดการพลังงานด้านผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากเป็นที่ทราบกันชัดเจนว่ามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดผลสัมฤทธิ์มากที่สุด คือ การบริหารจัดการพลังงานในด้านของผู้ใช้ไฟฟ้า นั่นคือ กล่าวถึงเฉพาะระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน ระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร และระบบบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก

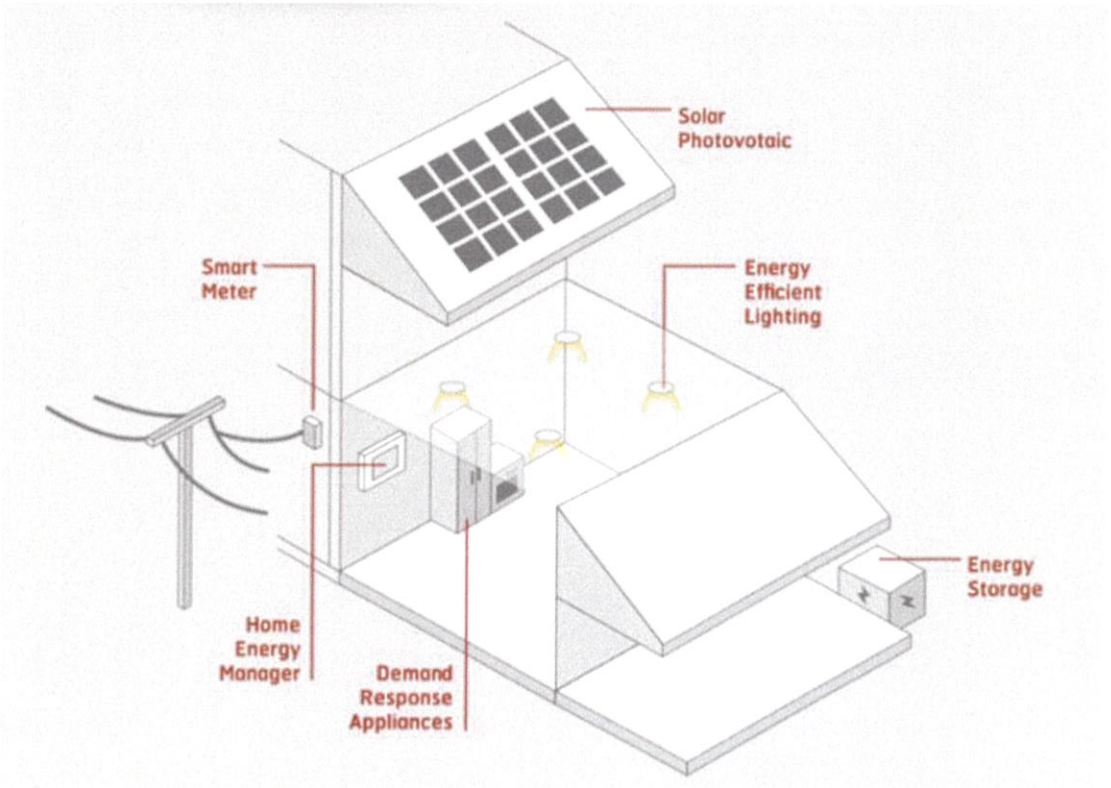
สามารถแบ่งระบบบริหารจัดการพลังงานได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน

ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน Home Energy Management System (HEMS) ดังภาพที่ 2.1 เป็นระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเข้าด้วยกัน โดยสามารถแสดงสถานการณ์ใช้ไฟฟ้า เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือบริเวณต่างๆ ในบ้านในช่วงเวลานั้น เป็นต้น นอกจากนี้ HEMS ที่มีขีดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นจะสามารถนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงนั้นๆ เป็นต้น มาประมวลผล พร้อมทั้งเสนอแนะต่อผู้ใช้ไฟฟ้าถึงวิธีลดการใช้พลังงาน หรือควบคุมการใช้พลังงานอย่างอัตโนมัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

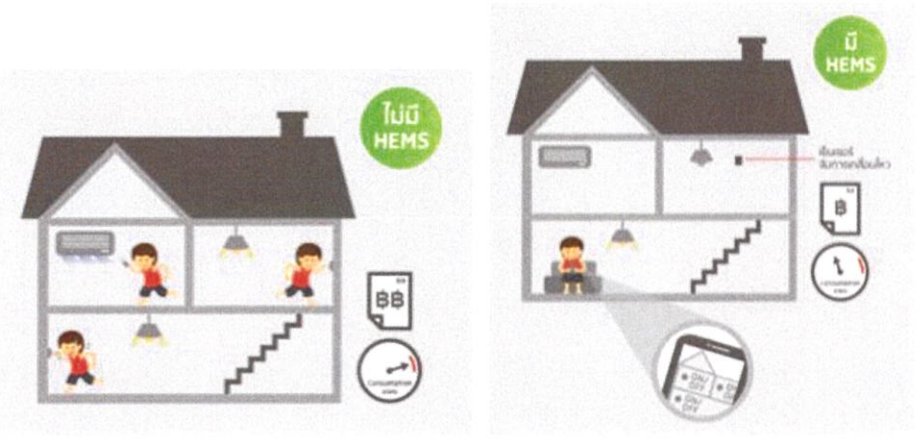
ในอนาคต หากมีการติดตั้งอุปกรณ์ด้านพลังงานใหม่ๆ เพิ่มเติมในบ้านเรือน เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา แบตเตอรี่ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสามารถในการดำเนินการตอบสนองด้านโหลด เป็นต้น HEMS จะสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน

เพื่อให้การบริหารการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างเช่น ในช่วงเวลาเที่ยงวันเมื่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ณ ขณะนั้น HEMS สามารถสั่งให้แบตเตอรี่ชาร์จไฟเพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ ในอนาคตหากมีการนำกลไกค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลามาใช้งาน HEMS เมื่อทราบว่าช่วงเวลานั้นมีราคาค่าไฟฟ้าสูงสามารถสั่งให้แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบไฟฟ้าในบ้าน เพื่อลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายหลักซึ่งมีราคาสูง เป็นการช่วยให้เกิดการประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.1 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน (ดัดแปลงจากรูปภาพของ GE)

นอกจากนั้น HEMS ยังสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรงจากนอกบ้าน รวมถึงสามารถกำหนดการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ หากไม่มี HEMS ผู้ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ แยกกัน เช่น การเปิดปิดไฟที่สวิตช์แต่ละจุดในบ้านโดยตรง เป็นต้น เมื่อมีการติดตั้ง HEMS ในบ้าน ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น นอกจากนี้ อุปกรณ์อัตโนมัติบางส่วนสามารถติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้ทำงานร่วมกับ HEMS ได้ เช่น เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหว เพื่อปิดไฟส่องสว่างในบริเวณบ้านที่ไม่มีคนอยู่ เป็นต้น การที่ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในส่วนต่างๆ โดยละเอียด รวมถึงสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างสะดวกมากขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองลงโดยลดการไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นลง อันจะส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนลดลง รวมถึงลดค่าไฟฟ้าลงได้ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงประโยชน์ของเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน *HEMS*

สำหรับบ้านเรือนโดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องครัว เป็นต้น ดังนั้นโดยทั่วไปแล้ว HEMS จะประกอบไปด้วย สมาร์ทมิเตอร์ อุปกรณ์กักเก็บพลังงาน รวมถึงระบบควบคุมและสั่งการ HEMS ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลการใช้พลังงานในบ้านในรูปแบบต่างๆ

หน้าจอแสดงข้อมูลพลังงานในบ้าน (In-Home Energy Display) ในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ หน้าจอแสดงผลแบบง่าย การแสดงผลทางเว็บไซต์ แอปพลิเคชั่นอุปกรณ์พกพา ตัวอย่างเช่น The Energy Detective (TED) ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ง่าย มีราคาถูก แต่สามารถแสดงข้อมูลได้น้อย สามารถดูข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก และไม่จำเป็นต้องเสียค่าติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม การจะเข้าถึงข้อมูลได้นั้นต้องผ่านหลายขั้นตอน (เช่น การล็อกอิน เป็นต้น) สามารถดูข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก ไม่ต้องเสียค่าติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลเพิ่มเติม สามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากทุกแห่งที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องใช้สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต ในการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งอาจมีหน้าจอขนาดเล็กไม่สามารถดูข้อมูลได้สะดวก และต้องมีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตที่เสถียรเพียงพอ

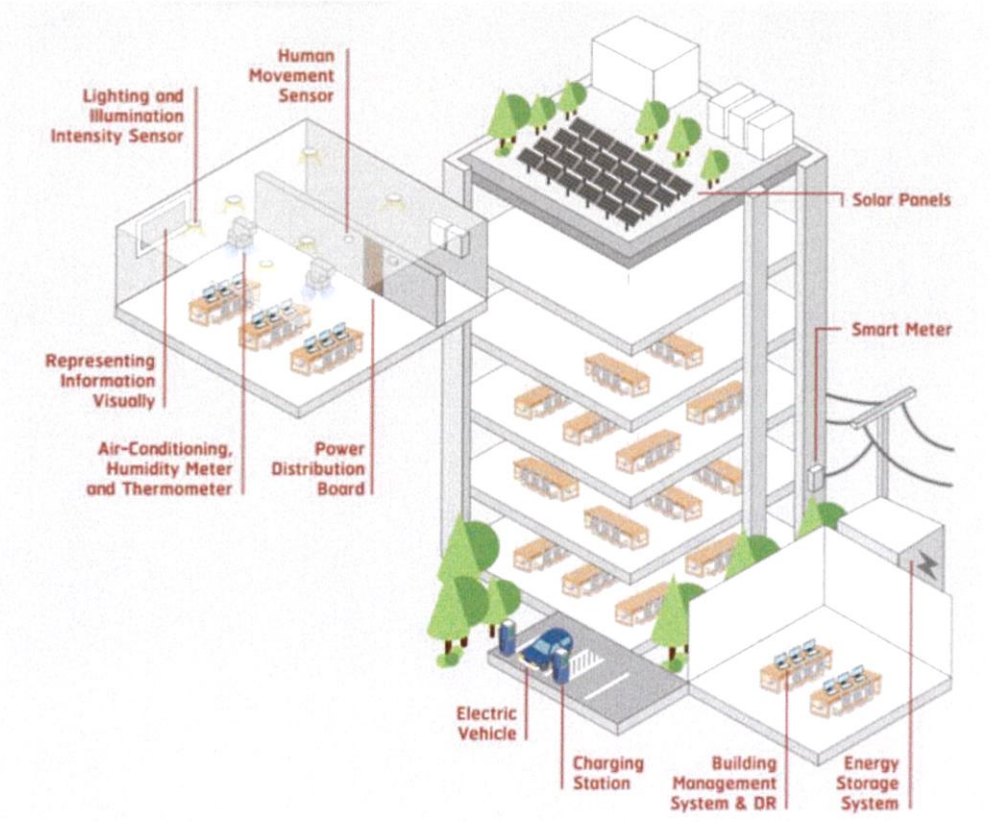
2. ระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร

ระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร Building Energy Management System (BEMS) ดังภาพที่ 2.4 เป็นระบบที่ช่วยในการจัดการ ควบคุม และติดตามระบบพลังงานต่างๆ ภายในอาคาร (เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง เป็นต้น) โดยจะรวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดในส่วนต่างๆ

ประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็น ให้ผู้ควบคุมระบบของอาคารเข้าใจถึงการลักษณะการใช้พลังงานในอาคาร อันจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารต่อไป เนื่องจากอาคารประกอบด้วยระบบต่างๆ เพิ่มเติมขึ้นมาจากบ้านเรือนทั่วไป ระบบ BEMS จึงมีความซับซ้อนมากกว่า HEMS

โดยทั่วไปแล้ว อาคารพาณิชย์ในประเทศไทยนั้นจะใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนมากไปกับระบบปรับอากาศ BEMS จึงมักจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้ การควบคุมระบบปรับอากาศ ระบบทำความร้อนและระบายอากาศ (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC) ระบบควบคุมแสงสว่างในอาคาร การรวบรวมข้อมูลจากสมาร์ทมิเตอร์ การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานในอาคาร เป็นต้น นอกจากนี้ ในอนาคตอาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าไว้ในอาคาร เพื่อรองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าของผู้ที่อาศัยหรือทำงานอยู่ภายในอาคาร ดังนั้น BEMS บางระบบจึงต้องสามารถควบคุมการทำงานของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าได้ด้วย

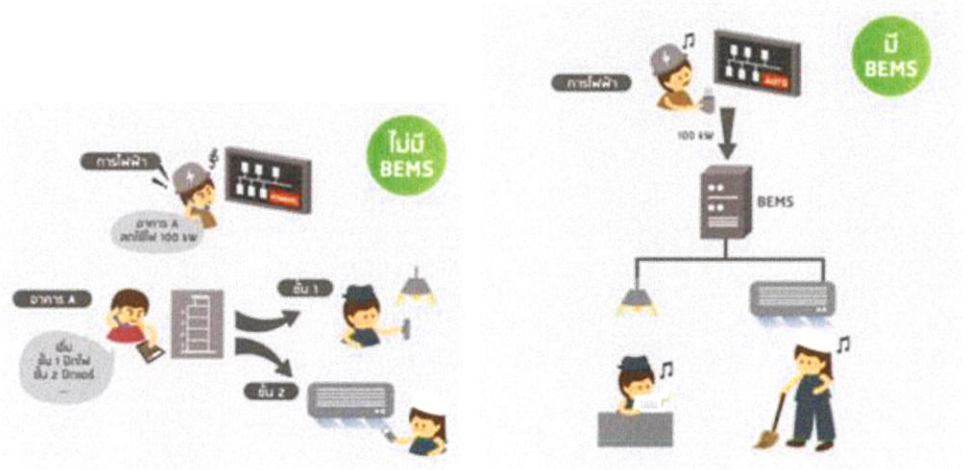
อาคารพาณิชย์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ห้างสรรพสินค้า หรือสำนักงานใหญ่ เป็นต้น มีศักยภาพในการดำเนินการตอบสนองด้านโหลด BEMS เป็นระบบที่สามารถนำมาใช้เพื่อรองรับการตอบสนองด้านโหลดแบบอัตโนมัติได้



ภาพที่ 2.4 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคารดัดแปลงจากรูปภาพของ NEC

การตอบสนองด้านโหลดในรูปแบบที่ไม่อัตโนมัติ (Manual Demand Response) สามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หรือระบบต่างๆ แต่อาศัยการสื่อสาร

ระหว่างบุคคลแทน ตัวอย่างเช่น เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานด้านการไฟฟ้าติดต่อผู้ดูแลอาคารต่างๆ เพื่อสั่งให้อาคารที่เข้าร่วมโครงการลดการใช้ไฟฟ้าลง ผู้ดูแลอาคารก็ไปสั่งการต่อให้บุคคลากรในอาคารในพื้นที่ต่างๆ ปิดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การนำ BEMS เข้ามาประยุกต์ใช้ในอาคารจะเพิ่มขีดความสามารถให้การดำเนินการตอบสนองด้านโหลดสามารถเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นผ่านการตอบสนองด้านโหลดแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automated Demand Response) หรืออัตโนมัติ (Full-automated Demand Response) ตัวอย่างเช่น หน่วยงานด้านการไฟฟ้าสั่งการให้มีการดำเนินการตอบสนองด้านโหลดผ่านทางระบบควบคุมการตอบสนองด้านโหลดแบบอัตโนมัติ ระบบดังกล่าวจะสั่งงานโดยตรงไปยัง BEMS ของอาคาร โดย BEMS จะประเมินความสามารถในการตอบสนองด้านโหลดของอาคารว่ามีมากน้อยเพียงใดและสื่อสารกลับไปยังระบบควบคุมการตอบสนองด้านโหลดของการไฟฟ้า BEMS ซึ่งรวบรวมการสั่งการระบบต่างๆ ในอาคารไว้จะสื่อสารต่อไปยังระบบต่างๆ ให้ลดหรือปิดการใช้งานต่อไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในระบบ ดังนั้น ระบบ BEMS จะลดความเกี่ยวข้องของบุคคลในกระบวนการตอบสนองด้านโหลดไปได้เป็นอย่างมาก ส่งผลให้การสั่งการการตอบสนองด้านโหลดสามารถทำได้ในกรอบเวลาที่สั้นลง ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงประโยชน์ของเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร (*BEMS*)

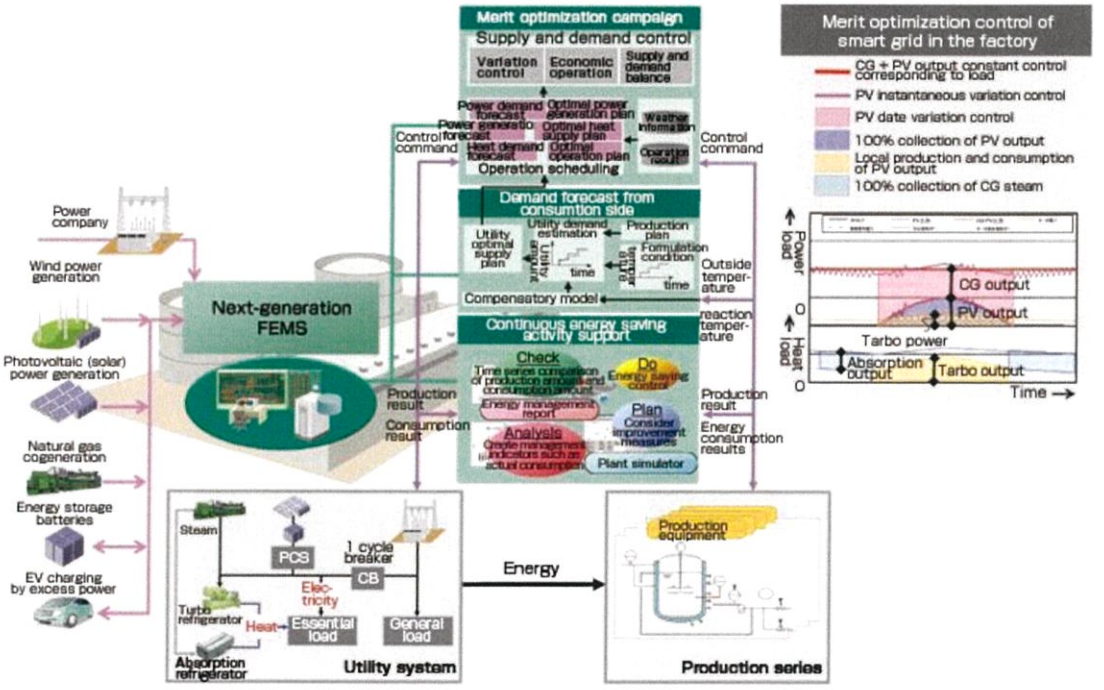
3. ระบบบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม Factory Energy Management System (FEMS) ดังภาพที่ 2.6 เป็นระบบการจัดการพลังงานในอนาคตที่จะจัดการและควบคุมพลังงานที่ใช้ในการกระบวนการผลิตของโรงงาน FEMS เป็นระบบที่มีความซับซ้อนมากที่สุดหากเปรียบเทียบกับ HEMS หรือ BEMS ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานต่างๆ แตกต่างกันออกไปตามลักษณะกระบวนการผลิตของโรงงานนั้นๆ ซึ่งจะต่างออกไปในกรณีของ BEMS ซึ่งแม้อาคารต่างๆ จะมีการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไปในรายละเอียด แต่หน้าที่หลักของ BEMS มักจะอยู่ที่การควบคุมระบบปรับอากาศ ระบบทำความร้อน หรือระบบแสงสว่างเป็นหลัก

สำหรับการออกแบบ FEMS สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จำเป็นที่จะต้องศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานนั้นๆ ในรายละเอียดเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจอันจำเป็นต่อการวาง

เงื่อนไขและกลไกการตอบสนองอย่างอัตโนมัติ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพได้ ถึงแม้การออกแบบและติดตั้ง FEMS จะมีความซับซ้อนมาก แต่ภาคอุตสาหกรรมเป็นถือเป็นภาคส่วนที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ดังนั้นจึงเป็นภาคส่วนที่มีศักยภาพในการดำเนินการสูง

โดยทั่วไปแล้ว FEMS จะประกอบด้วย ระบบติดตามการใช้ไฟฟ้า ระบบจัดการการเดินเครื่องจักรรวมถึงการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ระบบควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพลังงานที่ผลิตขึ้นภายในโรงงานและการกักเก็บพลังงาน ระบบควบคุมการตอบสนองด้านโหลด ระบบควบคุมการทำความร้อน การปรับอากาศ และการระบายอากาศภายในโรงงาน (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: HVAC) ระบบไฟแสงสว่าง การรวบรวมและประมวลผลข้อมูลจากมิเตอร์อัจฉริยะ เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 แสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ประโยชน์ของระบบบริหารจัดการพลังงาน

ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นในภาคบ้านเรือน อาคาร หรือโรงงานอุตสาหกรรมสามารถทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้ในแต่ละช่วงเวลาโดยละเอียด และสามารถรับรู้ได้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับอุปกรณ์ต่างๆ มากน้อยเพียงใด ในอดีตผู้ใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะในภาคบ้านเรือนทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของตนเองย้อนหลังในภาพรวมเท่านั้น โดยดูจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าในเดือนนั้นๆ หรือดูจากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบดั้งเดิมประเภทจานหมุนทั่วไป การนำเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานเข้ามาประยุกต์ใช้งานจะสามารถเพิ่มการรับรู้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของตนเองมากขึ้น เช่น ทราบว่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาใด มีการใช้งานอุปกรณ์ตัวไหนหรือในระบบใดมากที่สุด เป็นต้น การตระหนักรู้ดังกล่าวสามารถนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ รวมถึงอาจจะกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากนี้ ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งเพิ่มเข้ามาในฝั่งของผู้ใช้งานในอนาคต เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) หรือระบบกักเก็บพลังงาน เป็นต้น ให้สามารถทำงานสอดประสานงานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถใช้งานร่วมกับระบบอำนวยความสะดวกอื่นๆ ซึ่งอาจจะไม่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงานโดยตรง เช่น ระบบอัตโนมัติในบ้าน ระบบอัตโนมัติในอาคาร หรือระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.1.2 อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง Internet of Things (IoT)

แนวคิด Internet of Things ถูกคิดค้นขึ้นโดย Kevin Ashton ในปี 1999 ซึ่งเริ่มต้นจากโครงการ “Auto-ID Center” ในมหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology จากเทคโนโลยี RFID ที่ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิด ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ต่อมาในยุคหลังปี 2000 เทคโนโลยีต่างๆ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เริ่มมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาเป็นจำนวนมาก และยังมีการใช้คำว่า Smart เกิดขึ้นเช่น Smart grid, Smart home, Smart device, Smart network เป็นต้น สิ่งเหล่านี้สามารถเชื่อมต่อกับโลกอินเตอร์เน็ตได้ ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยอาศัยตัว Sensor ในการสื่อสารถึงกัน โดย Kevin ได้ให้นิยามไว้ว่า “Internet-like” ต่อมามีคำว่า “Things” เข้ามาแทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรือ Internet of Everything (IoE) หรือ “อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง” หมายถึง การที่สิ่งต่างๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ ควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น หรือ Internet of Things อาจจะหมายถึงสภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโปรโตคอลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่างๆ มีวิธีการระบุตัวตนได้ รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้ และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้

โดยเทคโนโลยีนี้จะเป็นทั้งประโยชน์อย่างมหาศาล และความเสี่ยงไปพร้อมๆ กัน เพราะหากระบบรักษาความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ดีพอ จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามากระทำการที่ไม่พึงประสงค์ต่ออุปกรณ์ข้อมูลสารสนเทศหรือความเป็นส่วนตัวของบุคคลได้ ดังนั้น การพัฒนาไปสู่ Internet of Things จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนามาตรการและเทคนิคในการรักษาความปลอดภัยไอทีควบคู่กันไปด้วย

หรือบางแห่งเรียก M2M ย่อมาจาก Machine to Machine คือ เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์กับเครื่องมือต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยการเชื่อมโยงช่วยให้สื่อสารกันได้ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต จากการคาดการณ์ ในปี ค.ศ. 2020 สิ่งต่างๆ กว่าแสนล้านชิ้นจะสามารถเชื่อมต่อกันได้ด้วยระบบ Internet of Things ซึ่งจะ

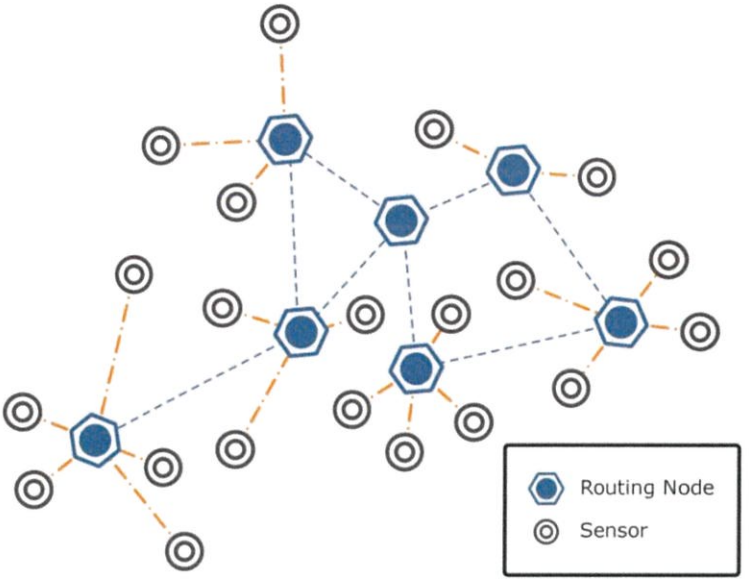
ส่งผลให้ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขา สามารถควบคุมสิ่งของต่างๆ ทั้งจากในบ้านและสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ทั้งนั้น

ในหลายๆ ประเทศ เริ่มติดตั้งป้ายทะเบียนรถ หรือป้ายจ่ายค่าทางด่วนเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ ประเทศไทยก็เช่นกันซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบทะเบียนรถที่วิ่งผ่าน รวมถึงยังสามารถติดตามรถสูญหายได้รวดเร็วขึ้น เพราะมีสัญญาณบอกตำแหน่งที่ตั้งของรถได้ การรักษาความปลอดภัยด้าน IT จะเน้นไปทาง "การรักษาความปลอดภัยดิจิตอล" เพื่อรองรับกับความท้าทายใหม่ๆ เช่น Internet of Things เนื่องจากแนวโน้มเช่น "Bring Your Own Device" สำหรับพนักงานที่มี สมาร์ทโฟน หรือ แท็บเล็ต และ Internet of Things ที่ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งสินค้าอุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภคบริโภคต่างก็จะเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายในรูปแบบที่ไม่เป็นที่รู้จักมาก่อน ดังนั้นกลยุทธ์การรักษาความปลอดภัยด้านไอทีที่เคยถูกกำหนดหรือจัดทำไว้แต่เดิม จะต้องมีการปรับเปลี่ยนขยายตัว โดยการขยายตัวนี้นักวิเคราะห์ของ Gartner แจ้งว่าจะนำไปสู่งานที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น จะมีการเพิ่มตำแหน่งงาน "เจ้าหน้าที่ประเมินความเสี่ยงดิจิตอล" ที่จะต้องมีหน้าที่คิดและกำหนดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับ "นวัตกรรมดิจิตอล" ทุกชนิดที่ธุรกิจนำมาใช้เพิ่มขึ้นมา

นอกจากนี้ Internet of Things จะเปลี่ยนรูปแบบและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมไปสู่ยุคใหม่ หรือที่เรียกว่า Industry 4.0 ที่จะอาศัยการเชื่อมต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักร มนุษย์ และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง โดยที่ข้อมูลทั้งหลายที่เก็บจากเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดตัวอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมจะถูกนำมาวิเคราะห์ ให้ได้ผลลัพธ์เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างทันที นอกจากการข้ามขีดจำกัดเรื่องเวลาแล้ว ระบบควบคุมหรือระบบวิเคราะห์ข้อมูล อาจไม่ได้อยู่ในที่เดียวกันกับเครื่องจักร แต่สามารถควบคุมสั่งการได้โดยไร้ขีดจำกัดเรื่องสถานที่

2.1.2.1 A wireless sensor network (WSN)

ตัวแปลสำคัญสำหรับ Internet of Things ที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่เพียงแต่ Internet network เพียงเท่านั้นแต่ยังมีตัวแปลอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องอีกนั่นคือ Sensor node ต่างๆ จำนวนมากที่ทำให้เกิด wireless sensor network (WSN) ให้กับอุปกรณ์ต่างๆสามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ ซึ่ง WSNs สามารถตรวจจับปรากฏการณ์ต่างๆ (physical phenomena) ในเครือข่ายได้ด้วย ยกตัวอย่างเช่น แสง อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อส่งค่าไปยังอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานหรือสั่งงานอื่นๆต่อไป ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 อธิบาย Wireless Sensor Network

2.1.2.2 Access Technology

การพัฒนา Internet of Things นั้น นอกจากจะพัฒนาเทคโนโลยีในฝั่ง Hardware ได้แก่ processors, radios และ sensors แล้วยังรวมไปถึงการรวมเข้าด้วยกันที่เรียกว่า a single chip หรือ system on a chip (SoC) แล้วก็ยังพัฒนา WSN ไปพร้อมๆกันด้วย และเมื่อพูดถึงการเชื่อมต่อปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่อสำหรับ Internet of Things หรือ Access technology มีอยู่ 3 ตัวได้แก่

- Bluetooth 4.0
- IEEE 802.15.4e
- WLAN IEEE 802.11™ (Wi-Fi)

โดยในแต่ละ Access technologies นั้นมีการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันดังตารางที่ 1.2 นี้

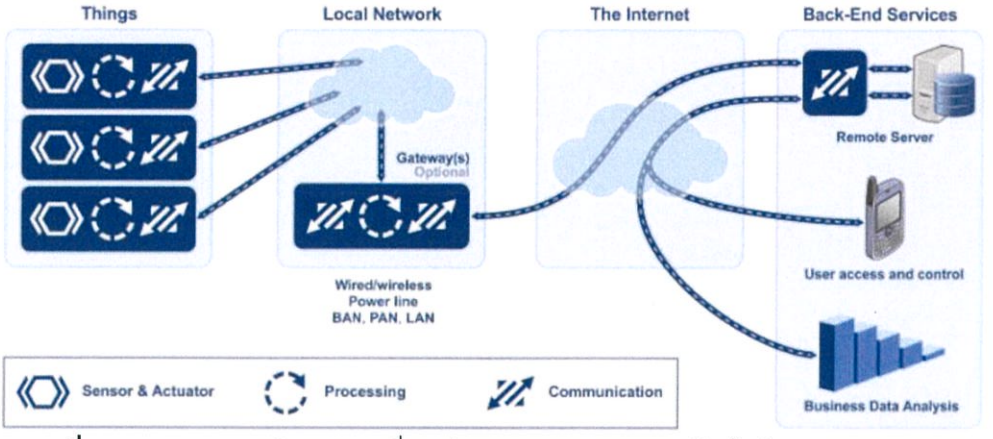
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการส่งข้อมูลแบบต่างๆ

	IEEE 802.15.4e	Bluetooth	WLAN IEEE 802.11
Frequency	868/915 MHz 2.4 GHz	2.4 GHz	2.4, 5.8 GHz
Data rate	250 Kbps	723 Kbps	11 – 105 Mbps
Power	Very low	Low	High

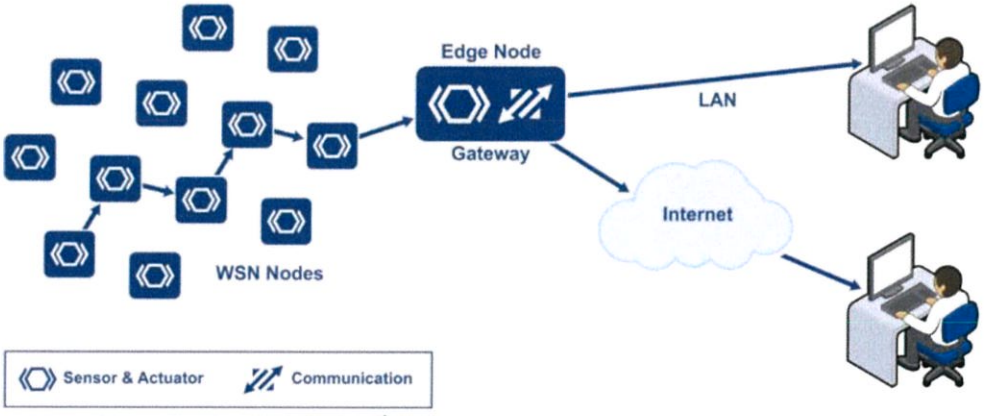
2.1.2.3 Gateway Sensor Nodes

เมื่อมีโครงข่าย Sensor nodes แล้วก็จำเป็นจะต้องมี Gateway Sensor Nodes เพื่อจะเชื่อมต่อไปยังโลกอินเตอร์เน็ตด้วย โดยตัว Gateway นี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง

เครือข่าย Internet ให้อุปกรณ์ทั้งหมดในโครงข่าย Sensor nodes ทั้งหมดส่งข้อมูลเข้าสู่อินเตอร์เน็ตได้ และ Gateway ก็จะอยู่ภายใต้ Local network ซึ่งจะมีการกำหนดกันว่า Gateway ภายใต้ Local network นั้น จะให้เชื่อมต่อไปยังอินเตอร์เน็ตได้ด้วยหรือไม่ ถ้าไม่ได้อุปกรณ์ที่เชื่อมเข้ามาใน Gateway ก็อาจจะสื่อสารกันได้เฉพาะภายใน Local network เท่านั้น ดังภาพที่ 2.8 และภาพที่ 2.9 จะแสดงโครงข่ายของ wireless sensor network (WSN)



ภาพที่ 2.8 *Diagram* อธิบายการเชื่อมต่อ *Gateway* หลายๆตัวเข้ากับ *local network*



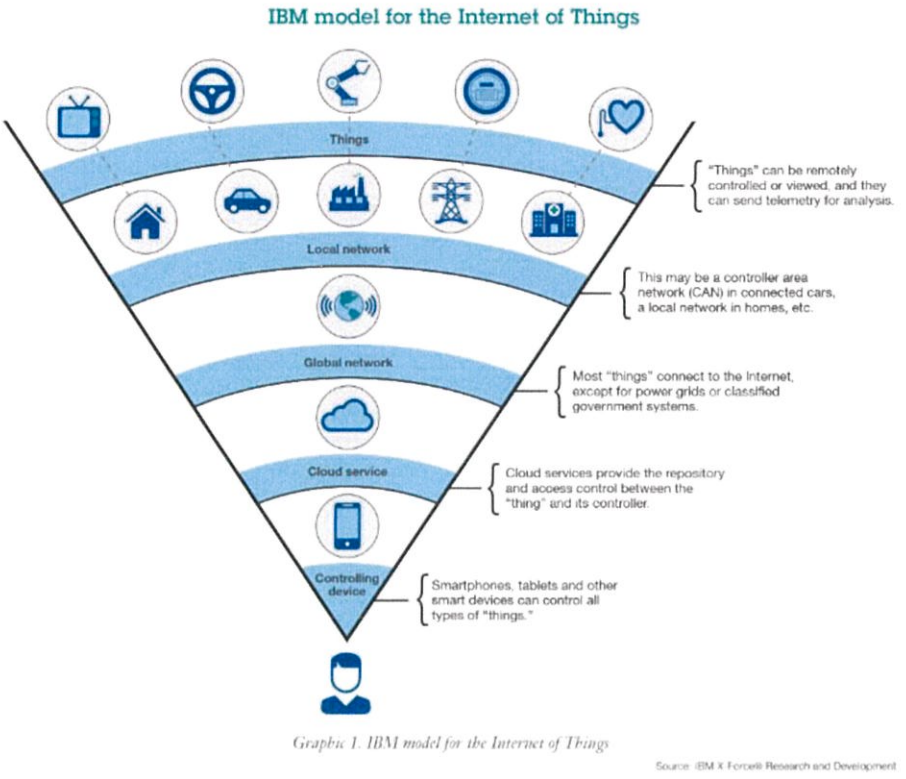
ภาพที่ 2.9 แสดง WSN Nodes

2.1.2.4 ประเภทของ Internet of Things

จากภาพที่ 2.10 เป็นการอธิบายแต่ละ Network Layers ของ Internet of Things โดย IBM ซึ่งในปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่ม Internet of Things ออกตามตลาดการใช้งานเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. **Commercial IoT**
   แบ่งจาก local network ที่มีหลายเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในโครงข่าย Sensor nodes โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP network เพื่อเข้าสู่อินเตอร์เน็ต
2. **Industrial IoT**
   แบ่งจาก local communication ที่เป็น Bluetooth หรือ Ethernet (wired or wireless)

โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะสื่อสารภายในกลุ่ม Sensor nodes เดียวกันเท่านั้น หรือเป็นแบบ local devices เพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้เชื่อมสู่อินเตอร์เน็ต



ภาพที่ 2.10 อธิบายแต่ละ Network Layers ของ Internet of Things โดย IBM

2.1.2.5 IP Address version 6

ตัวอุปกรณ์ IoT devices ต่างๆนั้นจำเป็นจะต้องมีหมายเลขระบุเพื่อให้ใช้ในการสื่อสารเปรียบเสมือนที่อยู่ของบ้าน และการที่จะใช้งานอุปกรณ์เหล่านั้นที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก รวมถึงอนาคตที่จะผลิตกันออกมานั้น จำเป็นจะต้องใช้ IP Address version 6 หรือ IPv6 มากำกับ เพื่อให้ได้หมายเลขที่ไม่ซ้ำกันและต้องใช้ได้ทั้งใน IOT network และ Internet network (protocols)

- IoT network ที่เป็น LAN, PAN, และ BAN: Body Area Network หรือการสื่อสารของตัว Sensor กับร่างกายมนุษย์
- Internet network (protocols) ที่เป็น IP, UDP, TCP, SSL, HTTP, HTTPS, และอื่นๆ

2.2 หลักการของฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 พาวเวอร์มิเตอร์ (Power Meter)

เป็นอุปกรณ์แสดงค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส กำลังงานไฟฟ้าจริง กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยส่วนใหญ่แล้วในภาคอุตสาหกรรม จะนำ Power

Meter ไปใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ Analog Power Meter (แบบเข็ม) และ Digital Power Meter (แบบหน้าจอดิจิตอล) ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 Analog Power Meter และ Digital Power Meter

1. Analog Power Meter

เป็นมิเตอร์ที่ใช้การประมวลผลจากหลักการของสนามแม่เหล็กไปขับกลไกทางแมคคานิค ที่อยู่ภายในตัวมิเตอร์ ดังตัวอย่างที่อยู่ในภาพที่ 2.12 ดังนั้นหากใช้งานไประยะเวลาหนึ่งค่าความแม่นยำก็จะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ฝุ่นละออง ความชื้น เป็นต้น สำหรับ Analog Power Meter หากต้องการวัดค่าทางพื้นฐานหลายๆ ค่า จำเป็นต้องใช้ Analog Power Meter หลายตัวตามจำนวนค่าทางไฟฟ้าที่ต้องการ

ภาพที่ 2.12 Analog Power Meter

2. Digital Power Meter

เป็นมิเตอร์ที่ใช้การประมวลผลแบบไมโครโปรเซสเซอร์ จึงทำให้มีความแม่นยำมากกว่าแบบเข็ม (โดยทั่วไป Accuracy ของ Active Energy คือ Class 0.5s ตาม IEC 62053-22) Digital Power Meter สามารถแสดงค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ได้ภายใน Meter ตัวเดียว ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลทางไฟฟ้าได้หลายค่า และนำไปใช้งานได้ทันที ดังภาพที่ 2.13

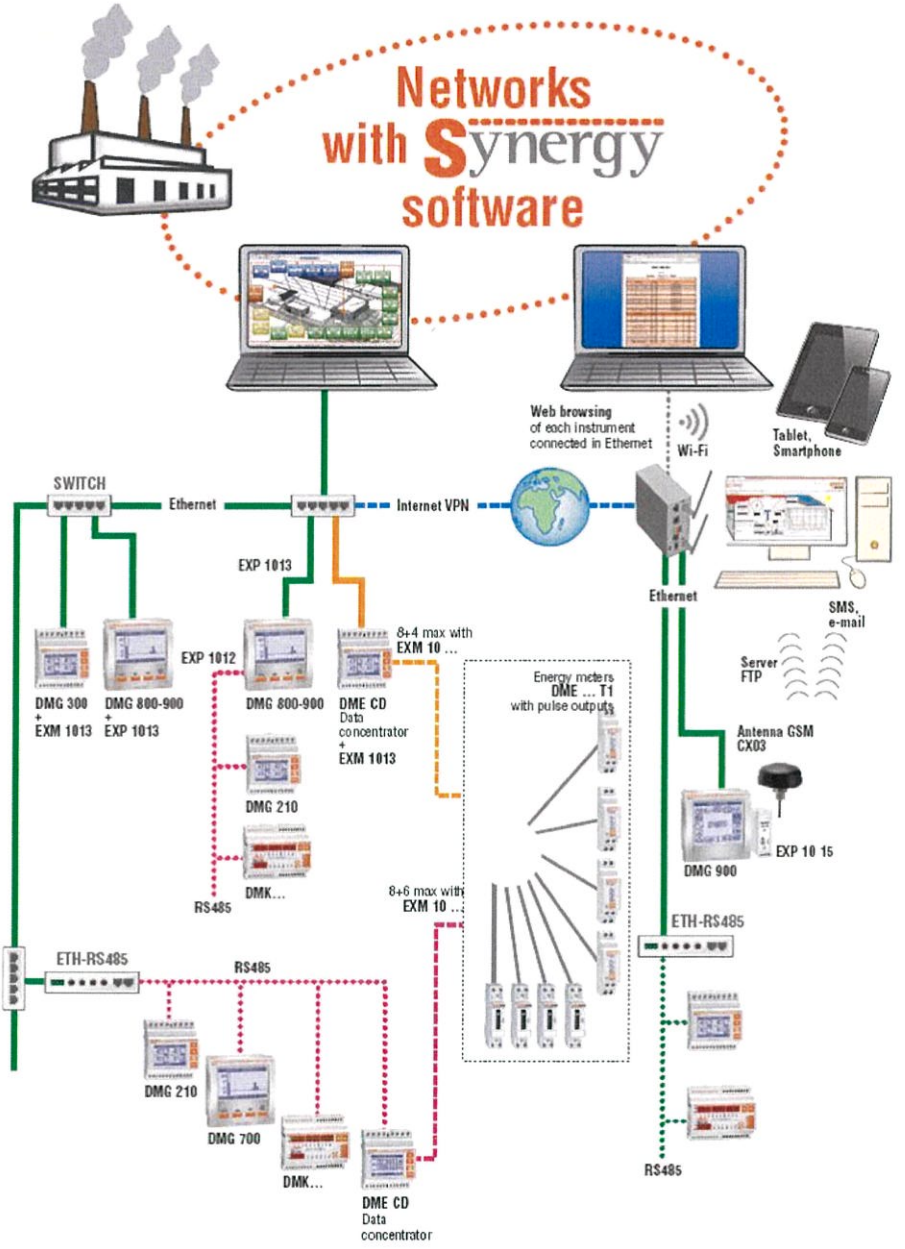
ภาพที่ 2.13 Digital Power Meter

จากข้อมูลของทั้ง 2 ประเภทนั้น จะเห็นได้ว่า Digital Power Meter สามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับ Analog Power Meter แต่จะสามารถวัด ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ได้ภายใน Meter ตัวเดียว จึงทำให้ Digital Power Meter เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน

2.2.1.1 การนำ Power Meter ไปประยุกต์ใช้

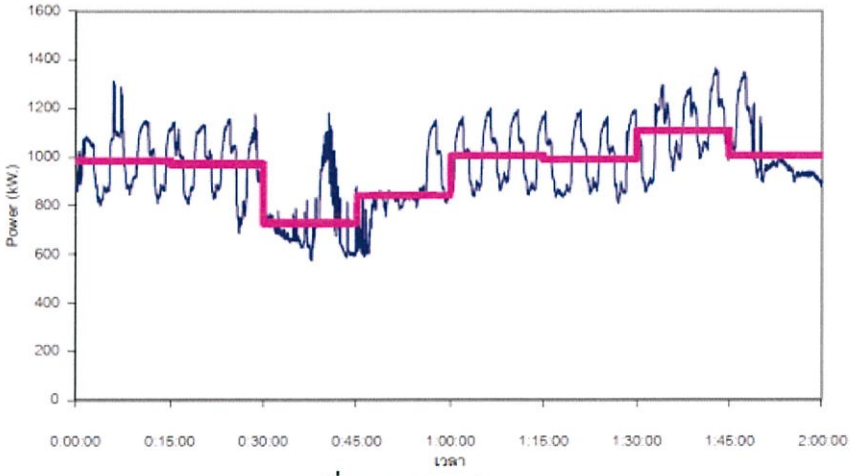
ปัจจุบัน อุตสาหกรรมในประเทศไทยได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วจึงส่งผลให้มีการใช้ พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการบริหาจัดการพลังงานมาให้เพียงพอและเหมาะสม การจัดการพลังงานก็มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การปรับปรุงค่าตัวประกอบทางไฟฟ้า Power Factor , การจัดการและบริหารการใช้ไฟฟ้า (Demand Controller) มีต้นทุนที่ต่ำสุดจึงเป็นที่นิยมมากที่สุด , การเปลี่ยนไปใช้ Frequency Converter สำหรับงานลักษณะการควบคุมการไหลของของเหลว , การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ทำงานมากขึ้นแต่กินไฟฟ้าน้อยลง) เป็นต้น ซึ่งการจัดการและบริหารไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าการควบคุม Demand เป็นวิธีการที่มีต้นทุนที่ต่ำจึงเป็นที่นิยมมากที่สุดโดยเราสามารถนำ Power Meter มาช่วยในการจัดการได้ดังนี้

1. การนำไปใช้ในการบริหารจัดการพลังงาน โดยผ่านระบบซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ การนำข้อมูลจาก Power Meter เข้าสู่ระบบซอฟท์แวร์ของคอมพิวเตอร์มีหลากหลายวิธี ซึ่งจะเห็นได้จากภาพที่ 2.14



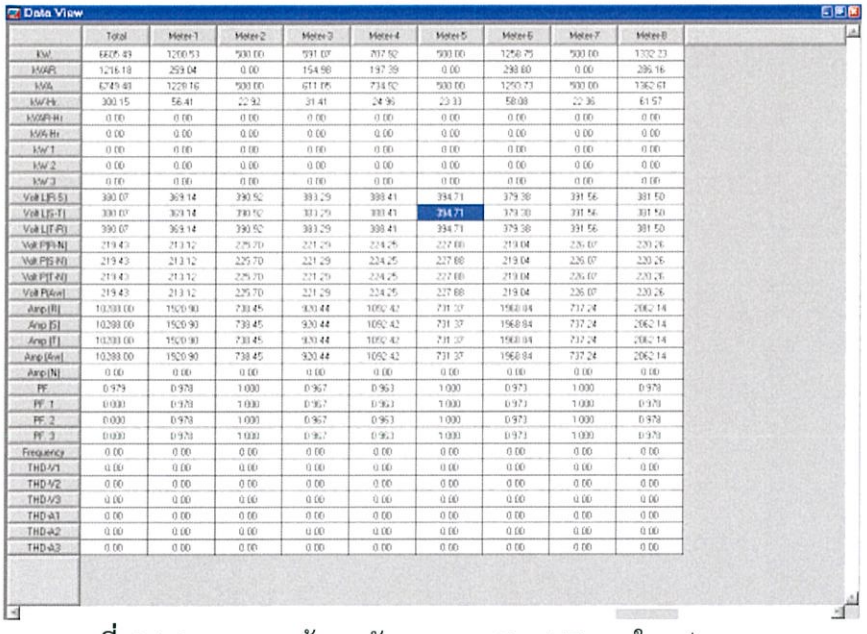
ภาพที่ 2.14 การนำข้อมูลจาก Power Meter เข้าสู่ระบบซอฟท์แวร์

2. ควบคุมค่า Demand อัตโนมัติ คือการนำค่าเฉลี่ยที่สูงสุดในรอบเดือนมาใช้เป็นค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ดังภาพที่ 2.15 ดังนั้นถ้าค่า Demand มีแนวโน้มที่สูงเกินไปควรที่จะเลื่อนการทำงานบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกไปก่อนหรือ ตัด Load หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถหยุดได้ก่อน อาทิเช่น เครื่องปั๊มน้ำ เครื่องทำความเย็น ระบบปรับอากาศ หรือเครื่องจักรที่สามารถหยุดได้ชั่วขณะเป็นต้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเสียค่าไฟสูงในเดือนนั้นๆ



ภาพที่ 2.15 กราฟ Demand

3. ตรวจเช็คค่าต่างๆและคุณภาพของระบบไฟฟ้า สามารถใช้ในการเรียกดูข้อมูลเป็นตัวเลขแบบ Real Time ในรูปแบบตารางพร้อมกันทุกๆมิเตอร์ในระบบ ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 การแสดงข้อมูลตัวเลขแบบ Real Time ในรูปแบบตาราง

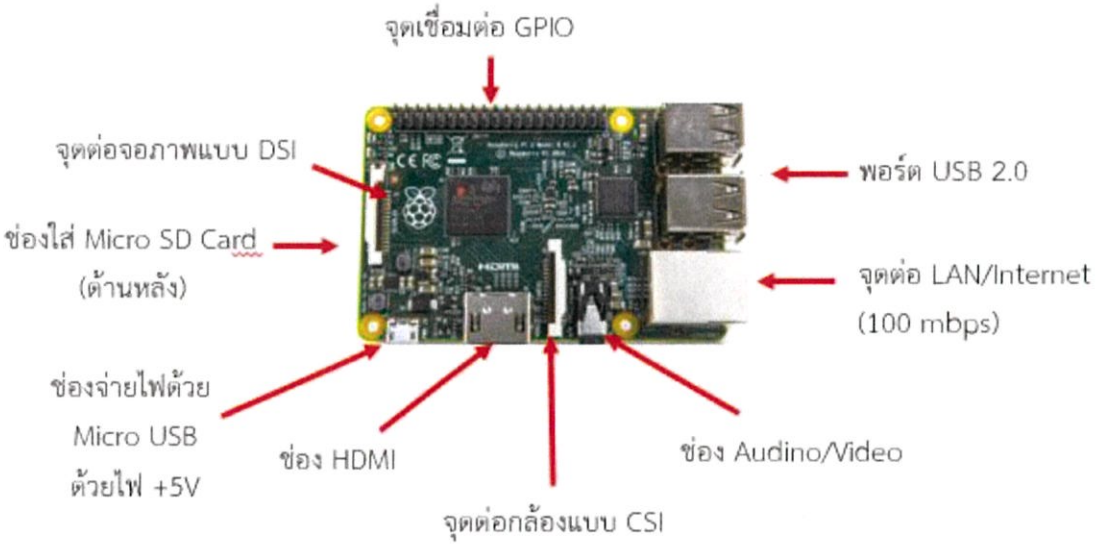
4. คิด Billing ค่าไฟฟ้าแยกส่วนต่างๆเช่น ในห้องพักโรงแรม/รีสอร์ท ร้านค้าเช่าส่วนจัดแสดงสินค้าหรือบูธ รวมไปถึงสถานที่ จัดงานที่คิดค่าไฟชั่วคราว เป็นต้น

5. สามารถนำไปใช้งานในฟังก์ชันอื่นๆเพิ่มเติม เช่น การทำ Alarm Control , การรับ-ส่งสัญญาณ Digital/Analog เป็นต้น

2.2.2 Raspberry Pi

เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่มีขนาดเพียงเท่ากับบัตรเครดิต ที่สามารถใช้งานได้กับทีวีหรือหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถต่อ Raspberry Pi นี้เข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่รองรับ HDMI และสามารถดูส่วนประกอบของ Raspberry Pi ได้จากภาพที่ 2.17

เกิดขึ้นในปี 2549 ที่มหาวิทยาลัย เคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ โดยผู้สร้างทั้งสี่คนคือ อีเบน อัพตั้น, ร๊อบ มูลลิ่นส์, แจ๊ค แลง และ อลัน มายครอฟท์ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์ราคาย่อมเยาที่ใครๆ ก็สามารถหามาครอบครองได้ และสามารถศึกษาการทำงานของคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมง่ายๆ ได้ทันที การที่ Raspberry Pi เป็นบอร์ดวงจรรวมที่เปลือยเปล่า สามารถเห็นชิ้นส่วนทั้งหมดที่เป็นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์มากขึ้น



ภาพที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของ Raspberry Pi

2.2.2.1 สเปค Raspberry Pi 3 Model B

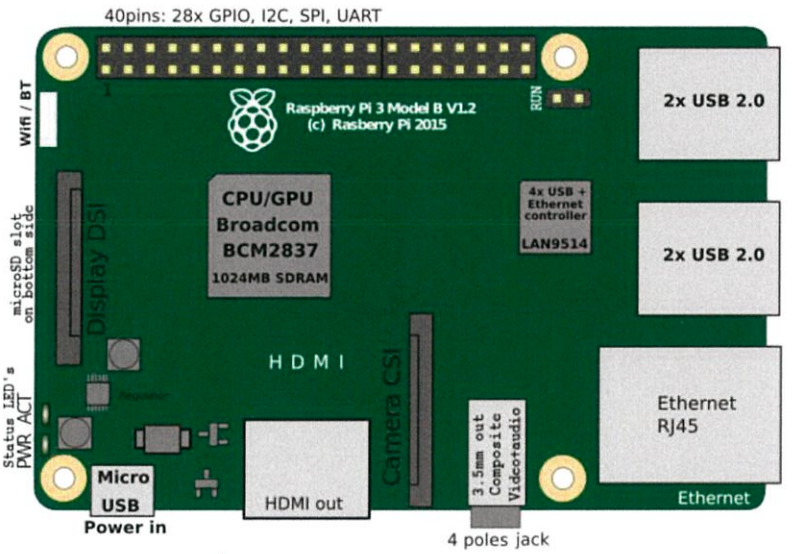
Raspberry Pi 3 ถือเป็นรุ่นที่ 3 แล้วสำหรับ Raspberry Pi ทางผู้ผลิตได้ผลิตมาแทน Raspberry Pi 2 Model B ที่ออกวางจำหน่ายช่วงกุมภาพันธ์ ค.ศ. 2016 จากภาพที่ 2.18 จะแสดงสเปค Raspberry Pi 3 Model B ซึ่งมีความแตกต่างจาก Raspberry Pi 2 Model B ดังนี้

- A 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
- 802.11n Wireless LAN
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth Low Energy (BLE)

ส่วนที่ยังเหมือนเดิมมีดังนี้

- 1GB RAM
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins

- Full HDMI port
- Ethernet port
- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push)
- VideoCore IV 3D graphics core



ภาพที่ 2.18 สเปค Raspberry Pi 3 Model B

2.3 หลักการของซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง

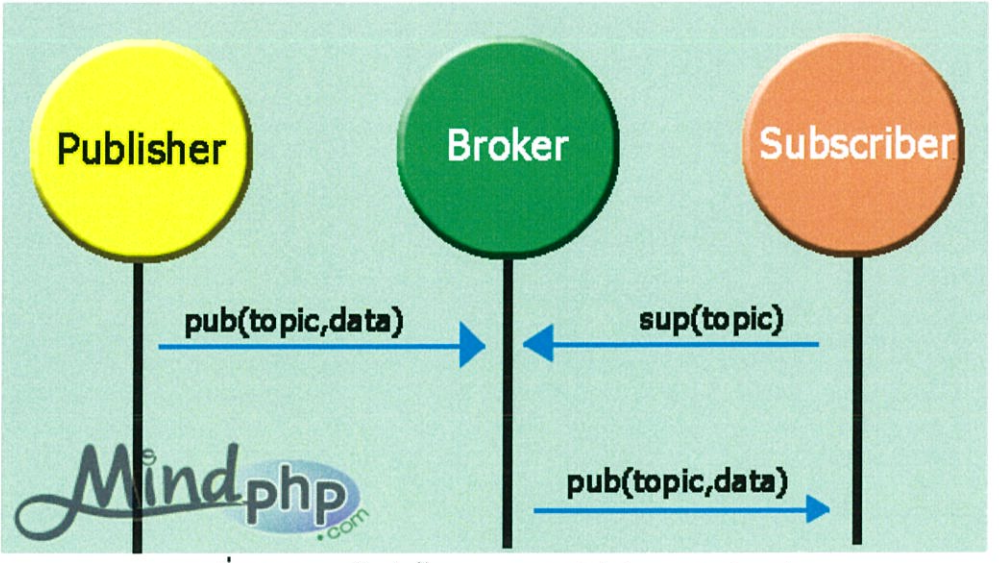
2.3.1 โปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

เป็นโปรโตคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบ Machine to Machine (M2M) คือการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ ซึ่งเป็นโปรโตคอลประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP เป็นรากฐาน โดยถือกำเนิดจากวิศวกรจาก IBM และ Eurotech ในปี 1999 เพื่อนำไปใช้ในระบบ Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) สำหรับเชื่อมต่อท่อส่งน้ำมันบนเครือข่ายที่ไม่มีความเสถียรอย่างอินเตอร์เน็ตดาวเทียม ก่อนที่จะถูกบริจาคกลายเป็น Open Standard ในปี 2014

เป็นโปรโตคอลที่สนับสนุนเทคโนโลยี Internet of Things คือเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เข้ากับอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้มนุษย์สามารถ ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากที่อื่นได้ เช่น การสั่งปิดเปิดไฟในบ้านจากที่อื่น ๆ

เนื่องจากโปรโตคอลตัวนี้มีน้ำหนักเบา ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายที่มีขนาดเล็ก แบนร์วิธต่ำ ใช้หลักการแบบ Publisher / Subscriber คล้ายกับหลักการที่ใช้ใน Web Service ที่ต้องใช้ Web Service เป็น

ตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ แต่ MQTT จะใช้ตัวกลางที่เรียกว่า Broker เพื่อทำหน้าที่จัดการคิว รับ - ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 การรับส่งข้อมูล แบบ Publisher / Subscriber

จากภาพที่ 2.19 จะเห็นได้ว่า Topic จะเป็นตัวอ้างอิงหลัก ข้อมูลที่จะ Publisher ออกไปยัง Broker จะต้องมี Topic กำกับไว้เสมอ ทางฝ่าย Subscriber ก็จะอ้างถึง Topic เพื่อเรียกข้อมูลที่ต้องการ เหมือนกับการสมัครเป็นสมาชิกของหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง ชื่อของหนังสือก็เปรียบเหมือน Topic และผู้ผลิตก็คือ Publisher เมื่อถึงเวลาที่หนังสือเสร็จ ผู้ส่ง Broker ก็จะนำหนังสือพิมพ์มาส่งให้ ตัวอย่าง แอพพลิเคชั่นที่ใช้งานคือ Facebook Mesenger

จุดหลักที่ MQTT ต่างจาก Web Service ถึงแม้จะใช้ TCP/IP เหมือนกัน คือ MQTT สามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็กหรือ Embeded system ได้ เพราะใช้ทรัพยากรและพลังงานน้อยกว่า สามารถใช้งานได้กับระบบโทรมาตร (Telesensing) หรือระบบที่ไม่ต้องการคนดูแล (Unattended) เช่น ระบบการแพทย์ฉุกเฉินที่ทีมแพทย์สามารถรับรู้ข้อมูลผู้ป่วยในขณะที่ผู้ป่วย ยังอยู่ระหว่างการเดินทาง ระบบการดูแลผู้ป่วยทางไกลหรือผู้สูงอายุที่ไม่มีคนดูแลตลอดเวลา ระบบการจัดส่งสินค้าที่ผู้รับสามารถรับรู้การเดินทางของสินค้าที่สั่งซื้อได้ ระบบจัดการคลังสินค้าที่เรารู้ว่าสินค้าเข้า-ออก อย่างไร ระบบการป้องกันภัยพิบัติที่ประชาชนทราบข้อมูลจริงจากการวัดจริงไม่ใช่จากข่าวลือ ฯลฯ

ลักษณะการใช้งาน MQTT อาจจะเปรียบเสมือนได้กับการใช้งานห้องสนทนา สำหรับอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีชื่อเป็นของตนเอง มี Username Password เป็นของตัวเอง และอาจจะมีห้องลับเฉพาะของตนเอง ดังนั้นการใช้งาน MQTT ผู้เขียนจึงจะขอยกตัวอย่างของ MQTT เทียบกับห้องสนทนาได้ดังนี้

1. **กลุ่มผู้ใช้ (User)**

   ใน MQTT จะแบ่งกลุ่มของผู้ใช้งานออกเป็น 2 ระดับ คือ

- ระดับสูงสุด – สามารถที่จะรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ หรือช่องทางใด ๆ ก็ได้ในระบบ หรือเปรียบได้กับผู้ควบคุมที่สามารถเข้าไปดูข้อความได้ทุกห้องแม้จะเป็นห้องลับก็ตาม
- ระดับทั่วไป – สามารถรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์หรือช่องทางที่กำหนดไว้เฉพาะเท่านั้น เปรียบได้กับผู้ใช้งาน Line ที่สามารถสนทนาในห้องที่ตัวเองสร้างได้ หรือเป็นสมาชิกในห้อง แต่ไม่สามารถเข้าไปสนทนาในห้องที่ไม่ได้เป็นสมาชิก

ในการใช้งานจริง ในอุปกรณ์ต่าง ๆ ควรจะใช้งานในระดับทั่วไป เพื่อความปลอดภัยกรณีอุปกรณ์เหล่านั้นถูกขโมยแล้วไม่สร้างความเสียหายไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ในช่องทางเฉพาะของแต่ละอุปกรณ์

2. **เส้นทาง (Topic)**

เส้นทางเปรียบเหมือนกับหัวข้อ หรือห้องสนทนาที่ต้องการจะคุย และการคุยกันจะมีเฉพาะอุปกรณ์ที่อยู่ในห้องนั้น ๆ (Subscribe) ถึงจะสามารถได้รับข้อมูลที่มีการส่งไปในห้องนั้น ๆ ที่ถูกเรียกว่าเส้นทางเนื่องจากการใช้งานส่งข้อมูลและรับข้อมูลจะเหมือนกับเส้นทางในระบบไฟล์ เช่น /Room1/LED ซึ่งระบบเส้นทางนี้นอกจากอุปกรณ์จะสามารถรอการสนทนาในห้องตามเส้นทาง /Room1/LED ได้แล้ว ยังสามารถรอสนทนาเส้นทาง /Room1 ได้ด้วย หากเป็นการรอฟังในเส้นทาง (Subscribe) /Room1 จะหมายถึงการส่งข้อมูลใด ๆ ที่นำหน้าด้วย /Room1 เช่น /Room1/LED , /Room1/Value ผู้ที่รอฟัง (Subscribe) /Room1 อยู่จะได้รับข้อมูลเหล่านั้นด้วย

3. **คุณภาพข้อมูล (QoS)**

แบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- QoS0 – ส่งข้อมูลเพียงครั้งเดียว ไม่สนใจว่าผู้รับจะได้รับหรือไม่
- QoS1 – ส่งข้อมูลเพียงครั้งเดียว ไม่สนใจว่าผู้รับจะได้รับหรือไม่ แต่ให้จำค่าที่ส่งล่าสุดไว้ เมื่อมีการเชื่อมต่อใหม่จะได้รับข้อมูลครั้งล่าสุดอีกครั้ง
- QoS2 – ส่งข้อมูลหลาย ๆ ครั้งจนกว่าปลายทางจะได้รับข้อมูล มีข้อเสียที่สามารถทำงานได้ช้ากว่า QoS0 และ QoS1

4. **การส่งข้อมูล (Publish)**

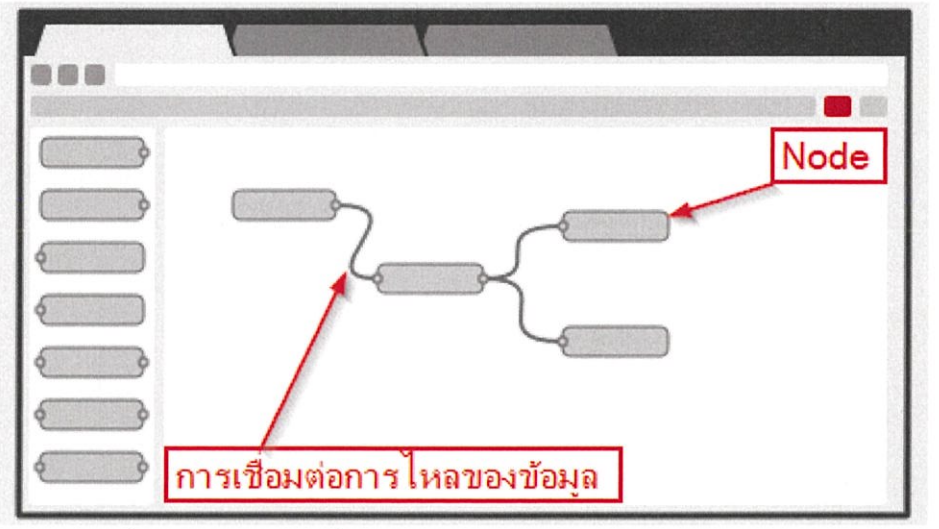
การส่งข้อมลในแต่ละครั้งจะต้องประกอบไปด้วยเส้นทาง (Topic) ข้อมูล และคุณภาพข้อมูล ซึ่งการส่งข้อมูลจะเรียกว่า Publish

5. **การรับข้อมูล (Subscribe)**

การรับข้อมูลในระบบ MQTT จะรับข้อมูลได้เฉพาะเมื่อมีการเรียกใช้การ Subscribe ไปยัง Topic ที่กำหนด อาจเปรียบได้กับการ Subscribe คือการเข้าไปนั่งรอเพื่อนในกลุ่ม ส่งการสนทนามาหา เมื่อมีการส่งข้อมูลเข้ามาจะเกิดสิ่งที่เรียกว่าเหตุการณ์ (Event) ให้กดเข้าไปดูข้อความที่ส่งเข้ามา

2.3.2 โปรแกรม Node-Red

เป็นเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมแบบ Flow-Based Programming ที่มีหน้า UI สำหรับนักพัฒนาให้ใช้งานผ่าน Web Browser ทำให้การเชื่อมต่อเส้นทางการไหลของข้อมูลนั้นเป็นเรื่องง่าย ดังภาพที่ 2.20

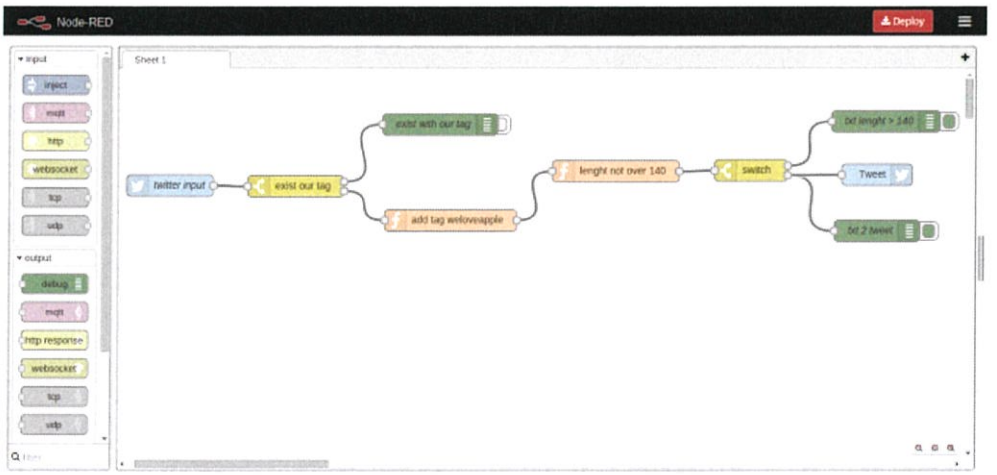


ภาพที่ 2.20 แสดงการเชื่อมต่อเส้นทางการไหลของข้อมูลใน Node-Red

จากภาพที่ 2.21 จะเห็นว่า Node-RED เป็น Flow-Based Programming ทำให้ลดการเขียน Code ในการพัฒนาโปรแกรม แค่เพียงเลือก Node มาวางแล้วเชื่อมต่อก็สามารถควบคุม I/O ได้ โดย Node-RED จะมี Node ให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย

สามารถสร้างฟังก์ชัน JavaScript ได้โดยใช้ Text Editor ที่มีอยู่ใน Node-RED และยังสามารถบันทึก Function, Templates, Flows เพื่อไปใช้งานกับงานอื่นต่อไป

Node-RED นั้นทำงานบน Node.js ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานกับ Raspberry Pi เนื่องจากใช้ทรัพยากรน้อย ขนาดไฟล์ไม่ใหญ่และ Node.js ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ Raspberry Pi สามารถติดต่อกับ Web Browser และอุปกรณ์อื่นๆ ได้



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้งาน Node-Red

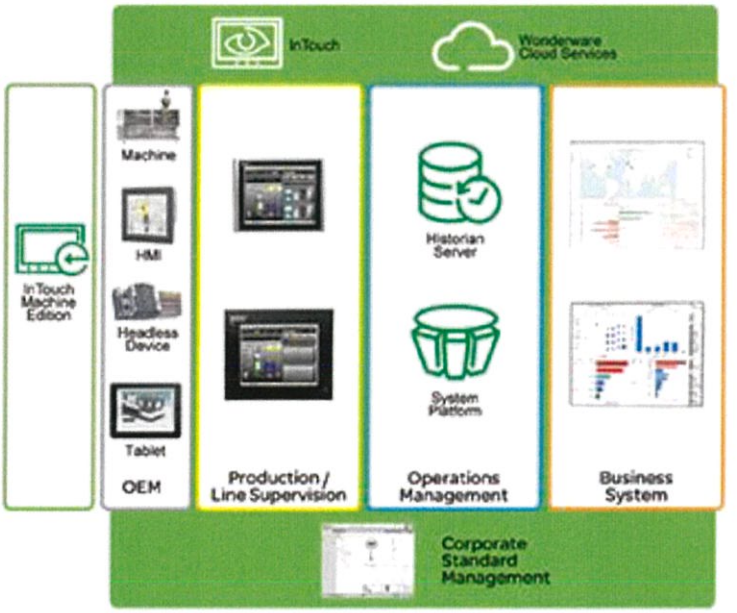
2.3.3 โปรแกรม InTouch Machine Edition (ITME)

เป็นโปรแกรม Human Machine Interface (HMI) ที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้กับทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่หรือ Embedded devices ขนาดเล็ก

เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีขนาดเล็กจึงเหมาะที่จะใช้ในงาน The Industrial Internet of Things (IIoT) เพราะสามารถใช้งานได้ในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

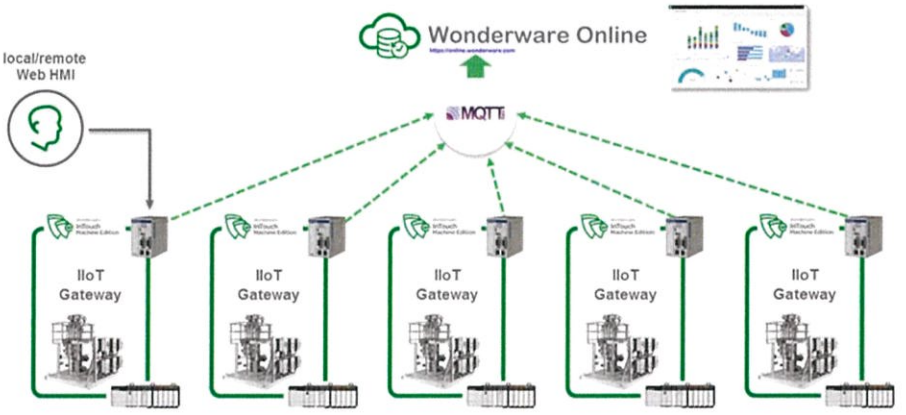
ช่วยให้ผู้สร้างและผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงการดำเนินงานและการจัดการได้มากและง่ายขึ้นเนื่องจากผู้ใช้สามารถเข้าใจการควบคุมของการปฏิบัติงานได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีระบบปฏิบัติการณ์ที่ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้รวดเร็ว ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และยังเป็นโปรแกรมที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ

เป็นโปรแกรมทีมีชุดเครื่องมือการออกแบบ Human Machine Interface ที่สมบูรณ์แบบที่ช่วยให้สามารถเชื่อมต่อกับตัวควบคุมพีแอลซี Programmable Logic Controller (PLC) หรือ Controller ได้เกือบทุกชนิด และยังสามารถสร้าง แอพพลิเคชั่น Human Machine Interface ที่สามารถควบคุมได้ในระยะไกลจาก Web Browser บนโทรศัพท์มือถือ หรือบนแท็บเล็ต ดังภาพที่ 2.22 ที่อธิบายรูปแบบการใช้งานโปรแกรมได้ทั้งหมด



ภาพที่ 2.22 โปรแกรม InTouch Machine Edition (ITME)

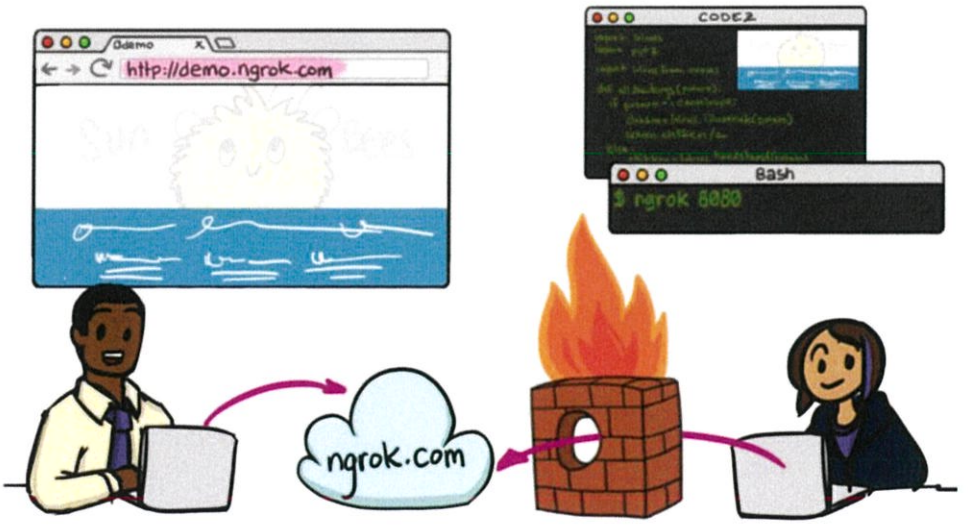
สามารถปลดล็อคและควบคุมข้อมูลบนเครื่องจักรผ่านทาง Embedded devices โดยการติดตั้ง InTouch Machine Edition ลงบนอุปกรณ์นั้น และสามารถนำเสนอผ่านทาง System Platform ที่มีอยู่ หรือจะเก็บข้อมูลไว้บน Cloud-Based โดยใช้ Wonderware Online InSight ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 การเก็บข้อมูลโดยใช้ โดยใช้ Wonderware Online InSight.

2.3.4 Ngrok

เป็นเครื่องมือที่ทำให้เว็บ หรือ Api ที่มีการทำงานบน localhost ให้มีการเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ต สามารถทำงานแบบออนไลน์ได้หรือสามารถเข้าถึงได้จากภายนอก ซึ่งสามารถใช้งานทั้ง Http และ Tcp โดยจะทำการ Mapping port กับ Ngrok และสร้าง URL ที่สามารถเข้าถึงได้จากภายนอก โดยจะออกมาในรูปแบบของ randomvalue.ngrok.io ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เพื่อ Demo website หรือเพื่อทดสอบ Api รวมถึงการใช้งาน webhook เช่น Facebook Messaging Platform ได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเช่า Web hosting หรือ Vps ดังภาพที่ 2.24

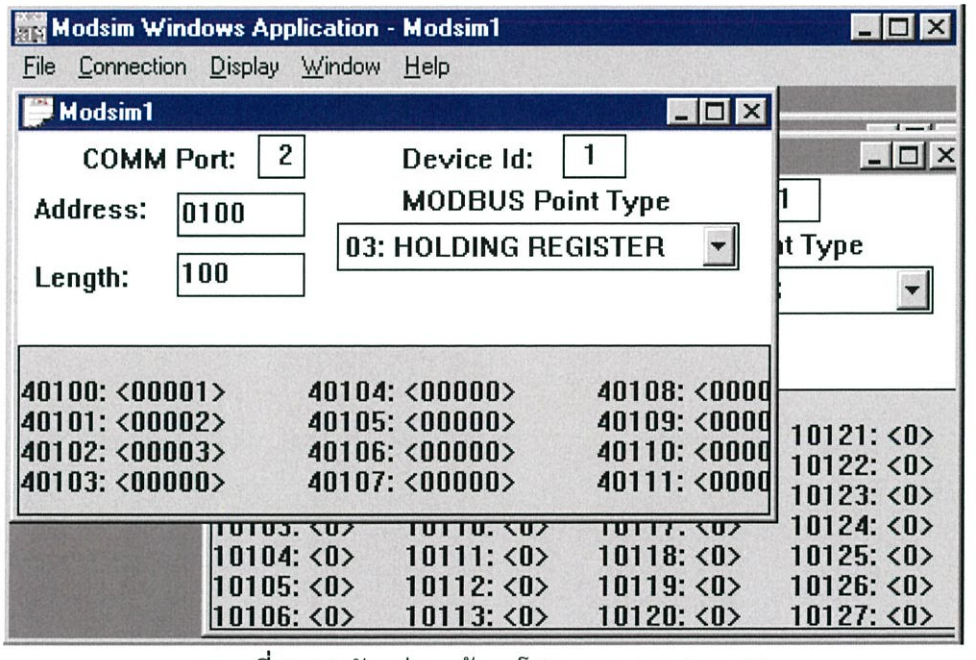


ภาพที่ 2.24 การใช้งาน Ngrok

2.3.5 โปรแกรม Modsim64

Modsim64 ดังภาพที่ 2.5 ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานร่วมกับ Modbus Slaves ได้หลายตัว ซึ่งการ Simulating จะได้ข้อมูลมาจาก Modbus Master และมีการเชื่อมต่อแบบ Direct serial ไปยังตัว Master อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อเป็นแบบ Network Server ที่ส่งข้อมูลได้หลายทางไปยังตัว Client โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่าน Modbus TCP

เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบ การทำงานที่ถูกต้องของ Protocolใหม่หรือที่มีอยู่แล้วในระบบ และยังจะรองรับ Multiple-Document (MDI) เป็น User Interface กับตัว Document โดยจะแสดงชุดข้อมูลของ I/O point ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่เป็น Modbus Slave ข้อมูลและ Document ต่างๆ Master สามารถเข้าถึงได้



ภาพที่ 2.26 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Modsim64

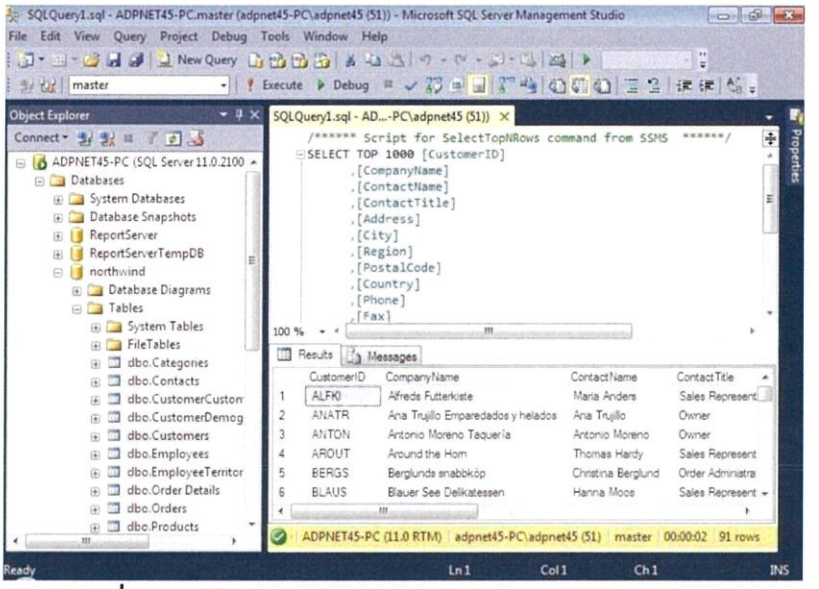
2.3.6 โปรแกรม Microsoft SQL Server

เครื่องมือจัดการฐานข้อมูลตัวหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft ซึ่ง SQL Server สามารถจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมาก และจัดการข้อมูลได้อย่างเป็นระเบียบ ตามความต้องการของเรา ดังภาพที่ 2.27

SQL Server เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database management system หรือ RDBMS) จาก Microsoft ที่ได้รับการออกแบบสำหรับสภาพแวดล้อมวิสาหกิจ SQL Server เรียกใช้บน T-SQL (Transact -SQL) ชุดของส่วนขยายโปรแกรมจาก Sybase และ Microsoft ที่เพิ่มหลายส่วนการทำงานจาก SQL มาตรฐาน รวมถึงการควบคุมทรานแซคชัน, exception และการควบคุมความผิดพลาด, การประมวลผลแถว และการประกาศตัวแปร

โดยต้นกำเนิดคำสั่ง SQL Server ได้รับการพัฒนาโดย Sybase ในปลายทศวรรษ 1980 Microsoft, Sybase และ Ashton-Tate ร่วมมือในการผลิตเวอร์ชันแรกของผลิตภัณฑ์นี้เวอร์ชันแรก

SQL Server 4.2 สำหรับ OS/2 นอกจากนี้ ทั้ง Sybase และ Microsoft เสนอผลิตภัณฑ์ SQL Server โดย Sybase เปลี่ยนชื่อผลิตภัณฑ์ของพวกเขาเป็น Adaptive Server Enterprise



ภาพที่ 2.27 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม Microsoft SQL Server

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

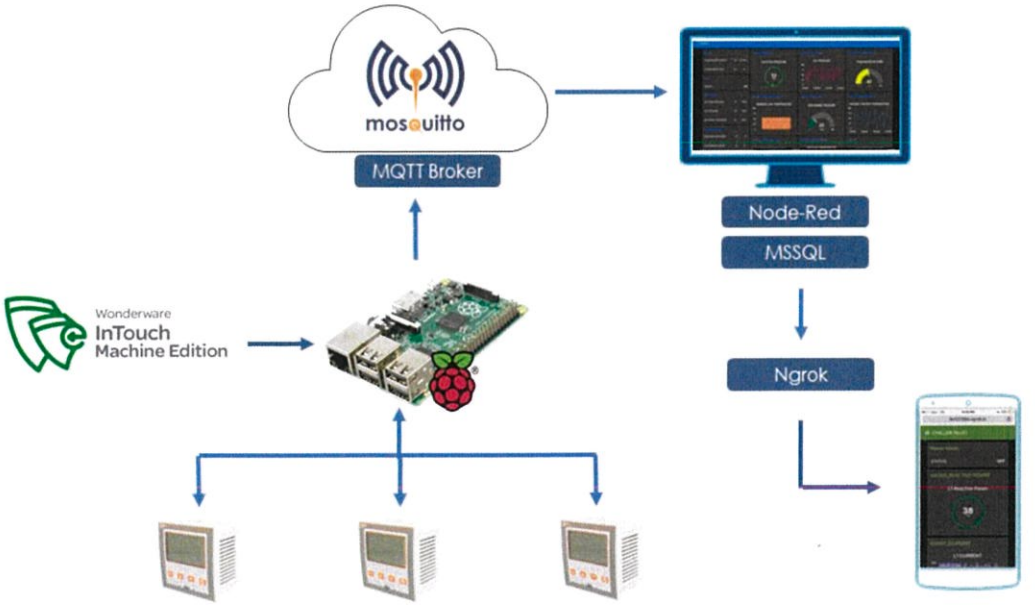
3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบระบบการจัดการการใช้งานพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนของฮาร์ดแวร์ ส่วนการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ ส่วนของการเซตอัพอุปกรณ์ในระบบ และส่วนแสดงผล ทั้งนี้จำเป็นต้องศึกษากระบวนการทำงานของซอฟต์แวร์ รวมถึงฟังก์ชันการทำงานของแต่ละโปรแกรมว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกันอย่างไร ลำดับขั้นตอนในการเซตอัพและการกำหนดค่าต่าง ๆ ก่อนจะเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์และส่วนแสดงผล ศึกษาฟังก์ชันการทำงานของฮาร์ดแวร์ว่าการทำงานอย่างไร เพื่อให้การทำงานของระบบนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดในส่วนที่สำคัญดังนี้

3.2 ระบบการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

3.2.1 โครงสร้างของระบบโดยภาพรวม

ในการออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบจำเป็นต้องศึกษาจากกระบวนการที่ต้องการติดตามผล ว่ามีขั้นตอนการดึงข้อมูลอย่างไร มีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันของอุปกรณ์อื่น ๆ อย่างไร มีลำดับในการทำงานอย่างไร มีค่า Parameter อะไรบ้างที่สามารถนำมาใช้งานได้ และจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดของตัวอุปกรณ์ในระบบว่าสามารถส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลได้อย่างไร เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้ผลิต ซึ่งมีโครงสร้างของระบบ ดังภาพที่ 3.1



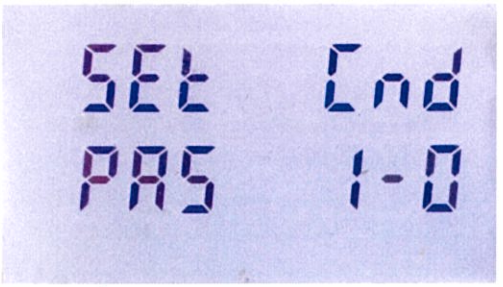
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของระบบไอไอโอที

3.3 ส่วนของฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นมีการนำพาวเวอร์มิเตอร์รุ่น Lovato Electric DMG610 มาใช้เป็นตัวส่งข้อมูล

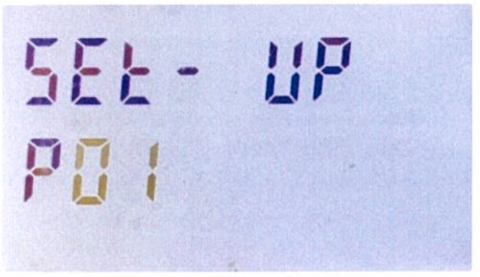
3.3.1 การตั้งค่าโหมด Wiring พาวเวอร์มิเตอร์

1. กดที่ปุ่ม MENU และเลือก SET ดังภาพที่ 3.2 จากนั้นกดปุ่ม ↻ เพื่อเข้าสู่หน้า Settings Menu



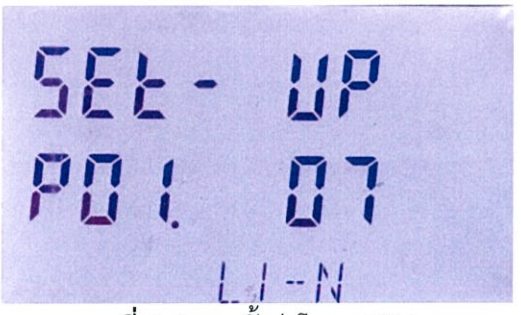
ภาพที่ 3.2 แสดงการเข้าหน้า Settings

2. เลือก P01 และกด ↻ เพื่อเข้าสู่หน้า General Settings ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การเข้าสู่หน้า General Settings

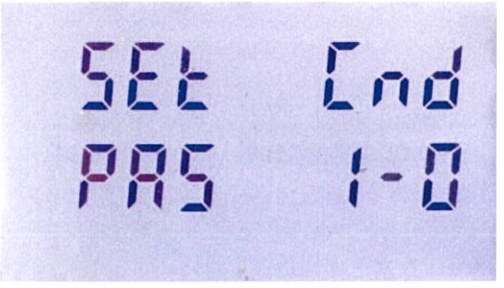
3. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 07 และกำหนดเป็น L1-N ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การตั้งค่าโหมด Wiring

3.3.2 การตั้งค่าการเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์

1. กดที่ปุ่ม MENU และเลือก SET ดังภาพที่ 3.5 จากนั้นกดปุ่ม ↻ เพื่อเข้าสู่หน้า Settings Menu



ภาพที่ 3.5 แสดงการเข้าหน้า Settings

2. เลือก P07.1 และกด ↻ เพื่อเข้าสู่หน้า Communication Settings ดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 การเข้าสู่หน้า Communication Settings

3. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 01 และกำหนดค่าเป็น 1 เพื่อกำหนดค่า Serial node address ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 การกำหนด Serial node address

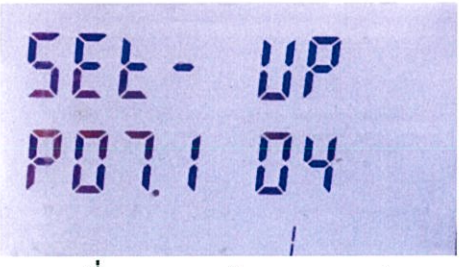
4. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 02 และกำหนดค่าเป็น 9600 เพื่อกำหนดค่า Serial speed ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 การกำหนด Serial speed

5. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 03 และกำหนดค่าเป็น 8 bit – n เพื่อกำหนดค่า Data format ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 การกำหนด Data format

6. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 04 และกำหนดค่าเป็น 1 เพื่อกำหนดค่า Stop bits ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การกำหนด Stop bits

7. กดปุ่ม▼ เลือกรหัส 04 และกำหนดค่าเป็น Modbus RTU เพื่อกำหนดค่า Protocol ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 การกำหนด Protocol

3.3.3 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi

ในการเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi จำเป็นต้องมี Converter ที่แปลง RS-485 เป็น Ethernet ซึ่ง Converter ที่ใช้คือรุ่น Moxa MGate MB3170 ดังภาพที่ 3.12

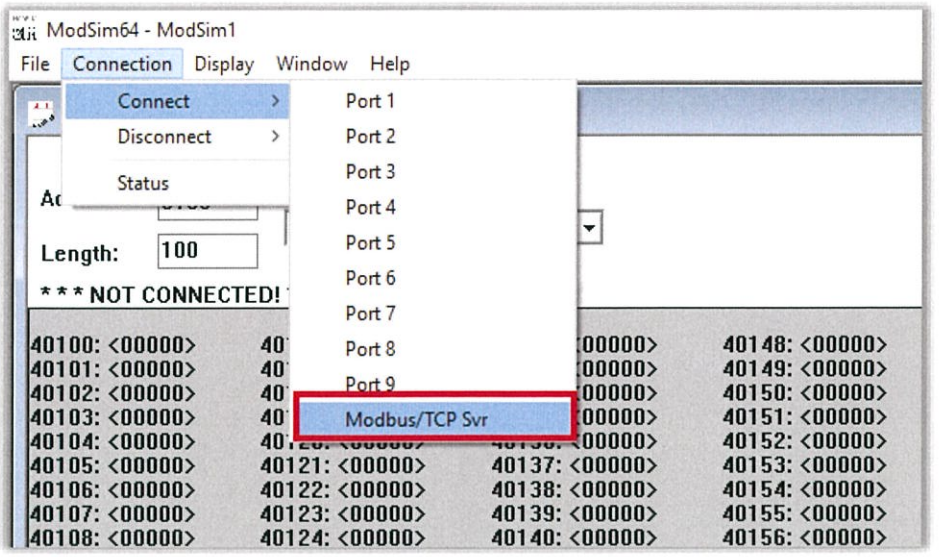
ภาพที่ 3.12 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi

3.4 ส่วนการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์

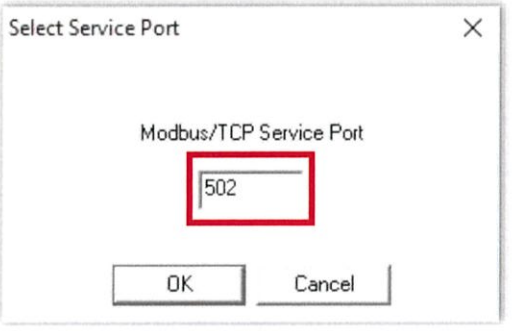
ในโครงงานนี้จะใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยโปรแกรมที่ใช้จำลองคือ โปรแกรม Modsim64 ซึ่งมีขั้นตอนการเชื่อมต่อดังนี้

3.4.1 การเชื่อมต่อโปรแกรมจำลอง

โดยการเปิดโปรแกรม Modsim64 แล้วคลิกที่ Connect และเลือก Modbus/TCP Svr ดังภาพที่ 3.13 จากนั้นใส่ Port ที่ต้องการในหน้าต่างที่ขึ้นมา แล้วกด OK เพื่อเชื่อมต่อการจำลองค่า ดังภาพที่ 3.14



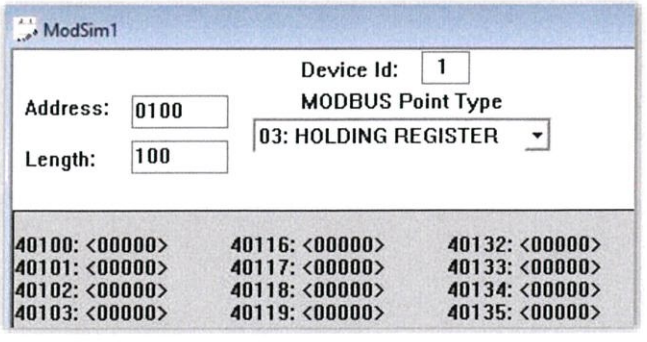
ภาพที่ 3.13 การเชื่อมต่อ Modsim64



ภาพที่ 3.14 การกำหนด Modbus/TCP Service Port

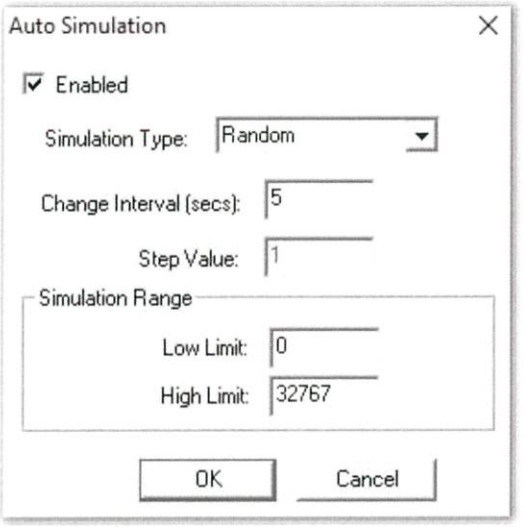
3.4.2 การกำหนดให้ค่าให้ Address

ทำได้โดยการกดที่ค่าของ Address ตัวนั้น ดังภาพที่ 3.15 จากนั้นทำการคลิกที่ Auto Simulation ดังภาพที่ 3.16 แล้วเลือกที่ Enabled เพื่อเปิดการใช้งานโหมด Auto Simulation และทำการตั้งค่าตามภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.15 การเลือก Address

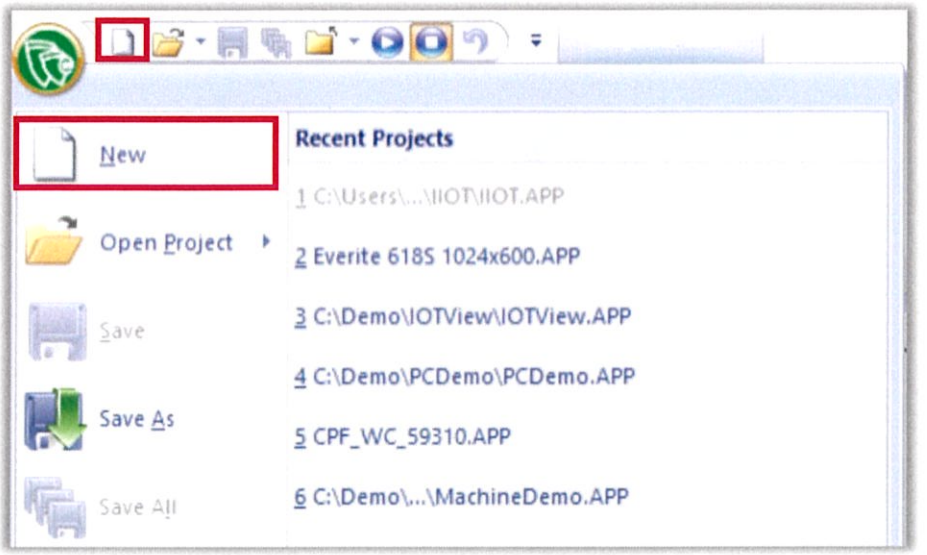
ภาพที่ 3.16 การกำหนดค่าให้ Address



ภาพที่ 3.17 การกำหนดค่าให้ Address เป็น Auto Simulation

3.5 ส่วนของการเซตอัพอุปกรณ์ในระบบ

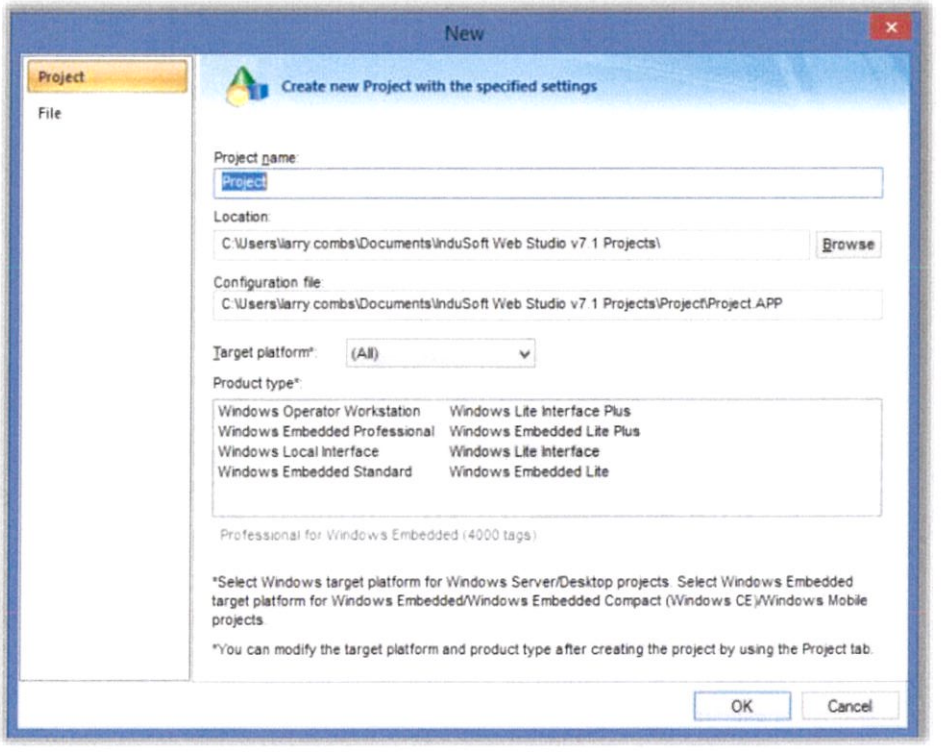
เมื่อทราบรายการ Address ของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบที่ต้องการดึงข้อมูล ให้ทำการสร้าง Tag โดยใช้โปรแกรม InTouch Machine Edition ในการสร้าง และจัดการดึงข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.18 การสร้างโปรเจคใหม่

3.5.1 การสร้างโปรเจค

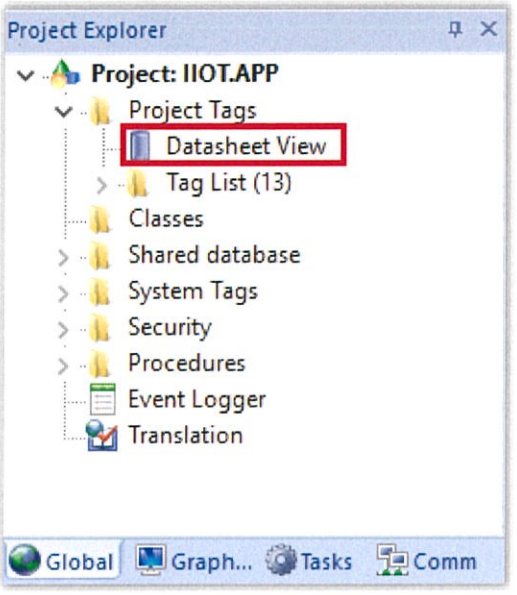
โดยการเปิดโปรแกรม InTouch Machine Edition แล้วเลือก New ดังภาพที่ 3.18 จากนั้นกำหนดชื่อของโปรเจคและเลือก Product Type ดังภาพที่ 3.19 และคลิก OK เพื่อทำการสร้างโปรเจค



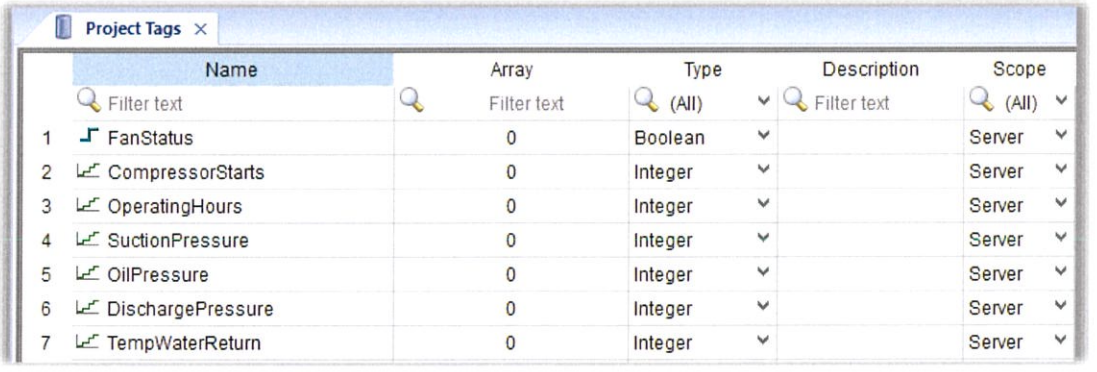
ภาพที่ 3.19 การกำหนดชื่อโปรเจคและ Product Type

3.5.2 การสร้าง Tag

ทำได้โดยการดับเบิ้ลคลิกที่โฟลเดอร์ Project Tags ในแถบ Global และทำการดับเบิ้ลคลิกที่ Datasheet View ดังภาพที่ 3.20 จากนั้น Create Tag ลงในแถบ Tags Database Worksheet ที่ขึ้นมาใหม่ ดังภาพที่ 3.21



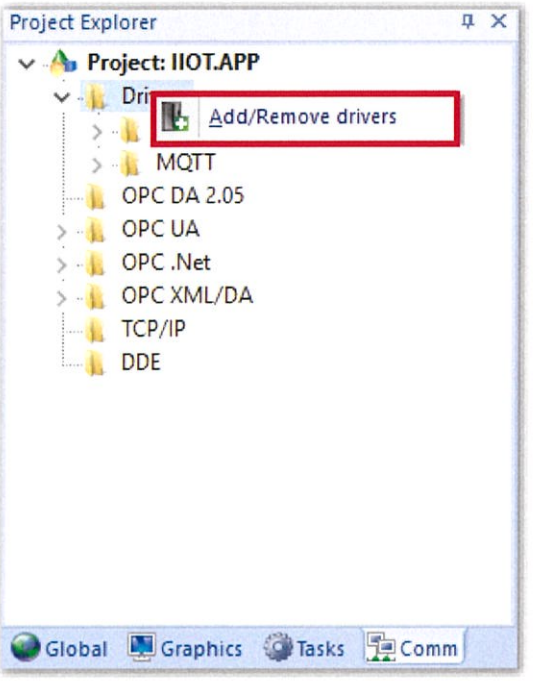
ภาพที่ 3.20 การสร้าง Tag



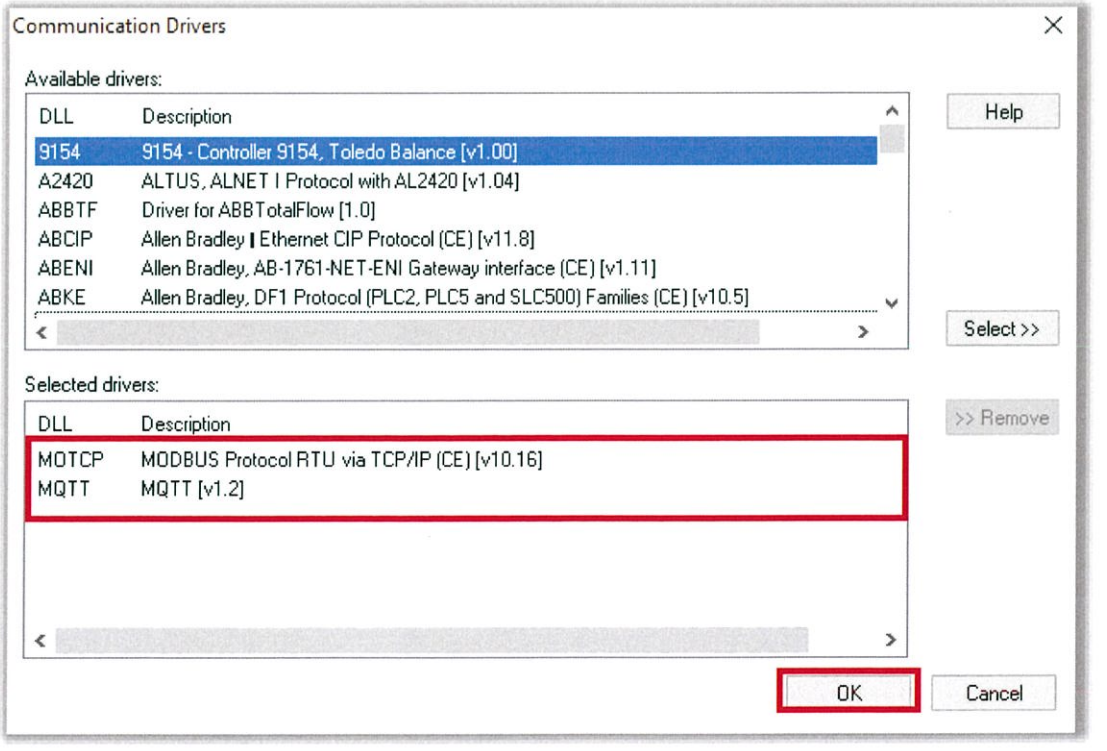
ภาพที่ 3.21 Tags Database Worksheet

3.5.3 การกำหนด MODBUS TCP Driver และ MQTT Driver

1. การเพิ่ม Driver ทำได้โดยการคลิกขวาที่โฟลเดอร์ Drivers ในแถบ Communication แล้วเลือก Add/Remove Drivers ดังภาพที่ 3.22 และทำการดับเบิ้ลคลิก MOTCP Driver และ MQTT Driver จากหน้าต่าง Communication Driver และกด OK เพื่อเป็นการเลือก Driver ที่ต้องการใช้งาน ดังภาพที่ 3.23



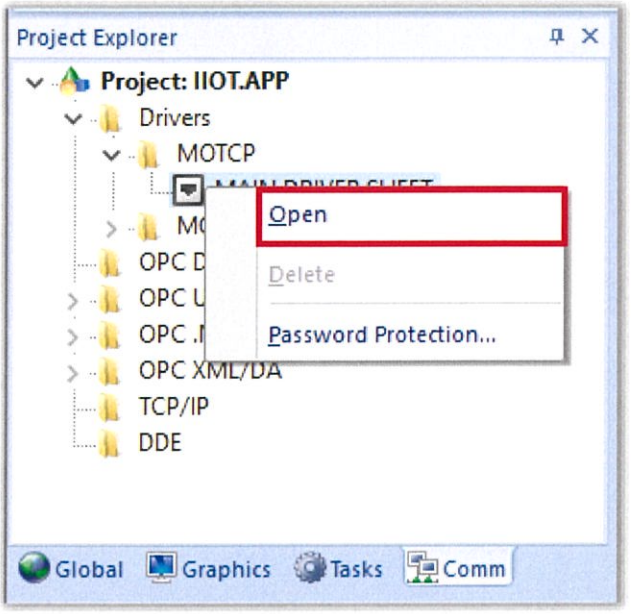
ภาพที่ 3.22 การเพิ่ม Drivers



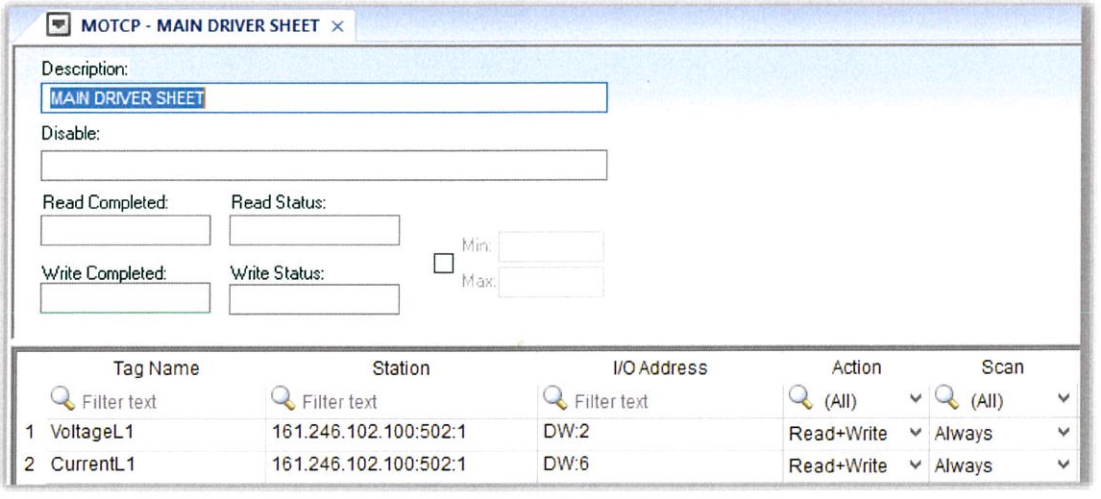
ภาพที่ 3.23 การ Communication Drivers

2. การเพิ่ม Tag ใน MAIN DRIVER SHEET ทำได้โดยการดับเบิ้ลคลิกที่โฟลเดอร์ MOTCP หรือโฟลเดอร์ MQTT ในแถบ Communication และทำการคลิกขวาที่ MAIN DRIVER

SHEET แล้วเลือก Open ดังภาพที่ 3.24 จากนั้น Create Tag ลงในหน้าต่าง MAIN DRIVER SHEET ที่ขึ้นมาใหม่ ดังภาพที่ 3.25



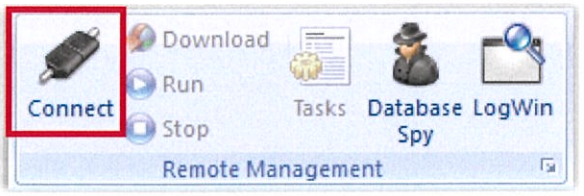
ภาพที่ 3.24 การเปิด MAIN DRIVER SHEET



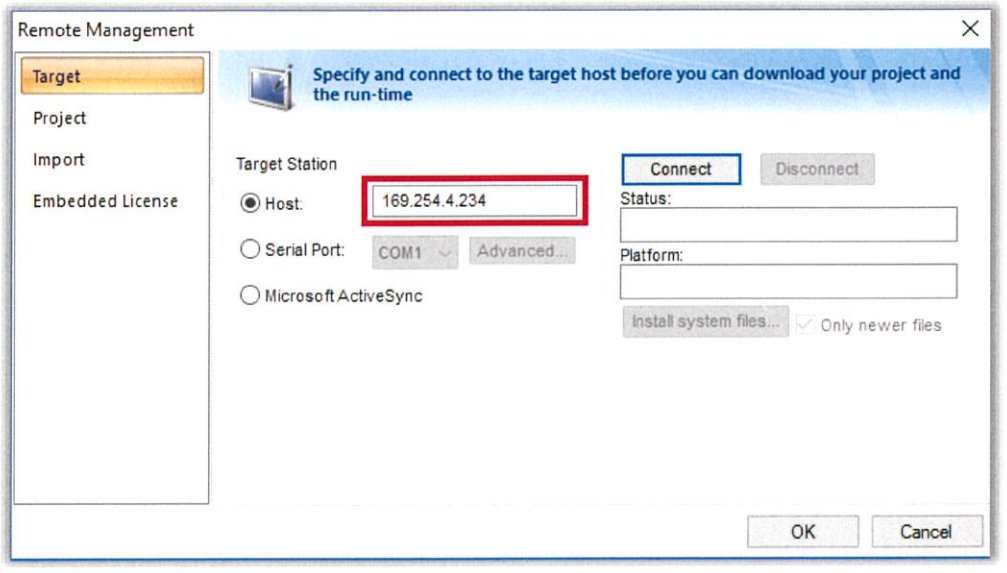
ภาพที่ 3.25 การเพิ่ม Tag ใน MAIN DRIVER SHEET

3.5.4 การดาวน์โหลดโปรเจคลง Raspberry Pi

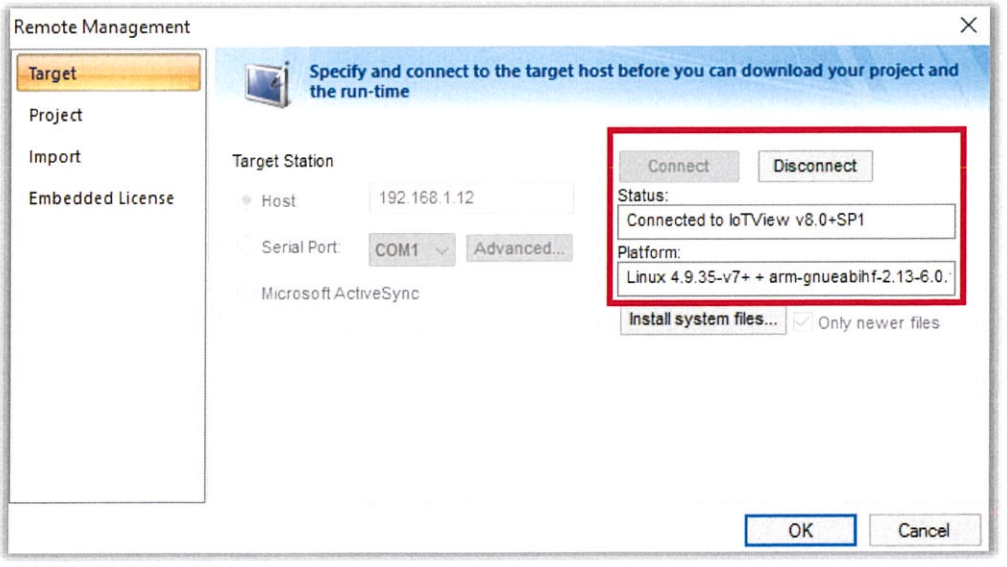
ทำได้โดยการกด Connect ในแถบ Remote Management ดังภาพที่ 3.26 และทำการใส่ IP ของ Raspberry Pi ลงในช่องของ Host แล้วกด Connect ดังภาพที่ 3.27 เมื่อการเชื่อมต่อสำเร็จจะแสดงดังภาพที่ 3.28 จากนั้นให้เลือกแถบ Project ทางด้านซ้ายมือ และเลือกโปรเจคที่ต้องการ แล้วกด Download เพื่อทำการดาวน์โหลด เมื่อดาวน์โหลดเสร็จสิ้นให้ทำการกด Run ดังภาพที่ 3.29



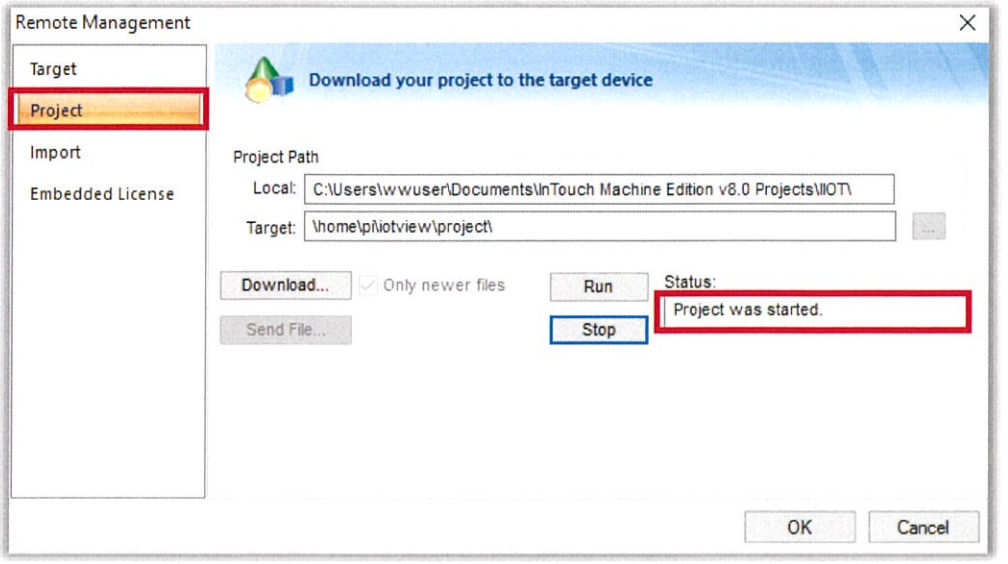
ภาพที่ 3.26 การดาวน์โหลดโปรเจค



ภาพที่ 3.27 การกำหนด IP เพื่อเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi



ภาพที่ 3.28 การเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi สำเร็จ



ภาพที่ 3.29 การดาวน์โหลดโปรเจคและ Run โปรเจคบน Raspberry Pi ผ่านโปรแกรม

3.6 ส่วนแสดงผล

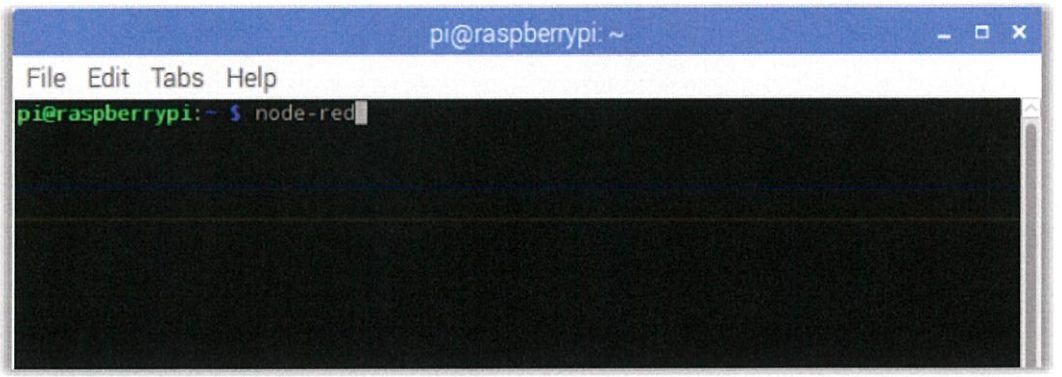
ในการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อใช้สำหรับการแสดงข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้า และเพื่อเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง โดยใช้โปรแกรม Node-Red ในการจัดการส่วนแสดงผลต่าง ๆ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานแบบ Flow-Based Programming และเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้งานได้สะดวก และรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีการใช้งานที่ง่าย โดยมีการออกแบบหน้าแสดงผลเป็นดังนี้

1. หน้าหลัก (Main) จะแสดงค่าการใช้งานพลังงานไฟฟ้าแบบเวลาจริงที่ได้รับค่ามาจากพาวเวอร์มิเตอร์ โดยสามารถแสดงต่าง ๆ เช่น ค่ากระแส ค่าแรงดัน ค่ากำลังไฟฟ้า ผ่านทาง Text (ตัวอักษร) ,Chart (กราฟ) และ Gauge (เกจ)

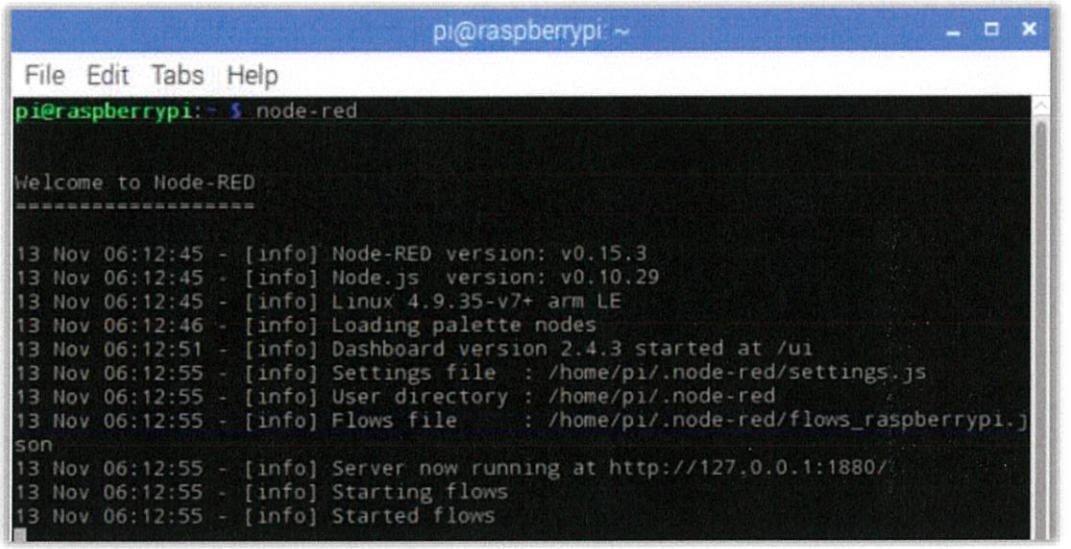
2. หน้า History สามารถแสดงค่าการใช้งานพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังได้ ซึ่งภายในหน้านี้จะเป็นการดึงข้อมูลที่จัดเก็บไว้มาจากโปรแกรม Microsoft SQL Server เพื่อมาแสดงค่า

3.6.1 การเปิดการใช้งาน Node-Red

1. เปิด Command Prompt จากนั้นพิมพ์คำว่า Node-Red ดังภาพที่ 3.30 และคลิก Enter จะมีการเริ่มทำงาน Node-Red ดังภาพที่ 3.31

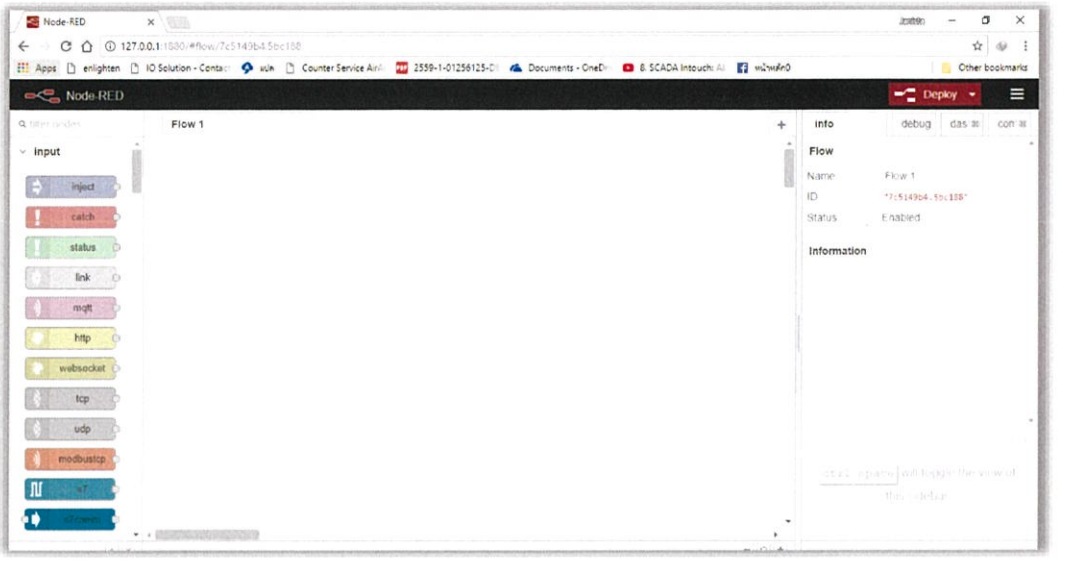


ภาพที่ 3.30 การเปิดการใช้งาน Node-Red



ภาพที่ 3.31 Node-Red พร้อมใช้งาน

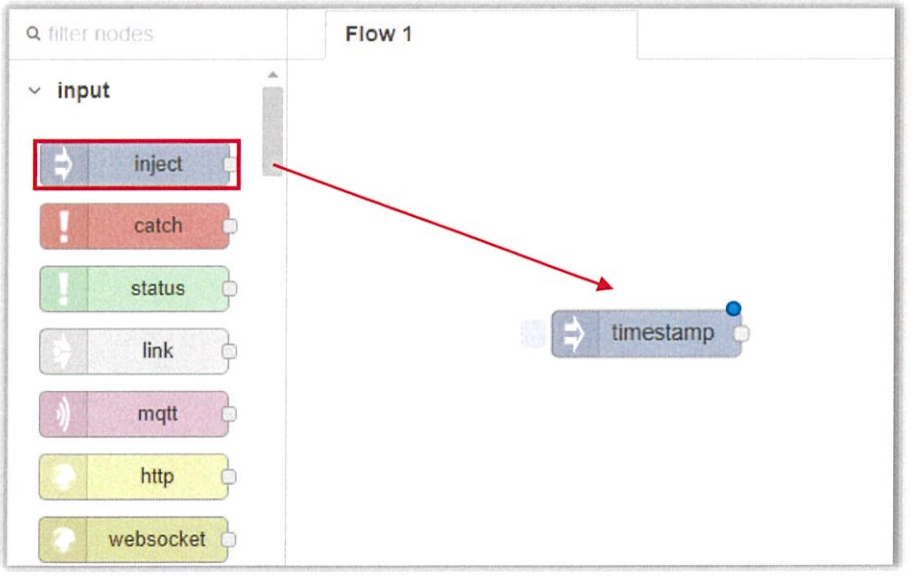
2. เปิดบราวเซอร์ไปที่ http://127.0.0.1:1880/ เพื่อเข้าสู่หน้าการใช้งาน Node-Red ดังภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 หน้าต่างใช้งาน Node-Red

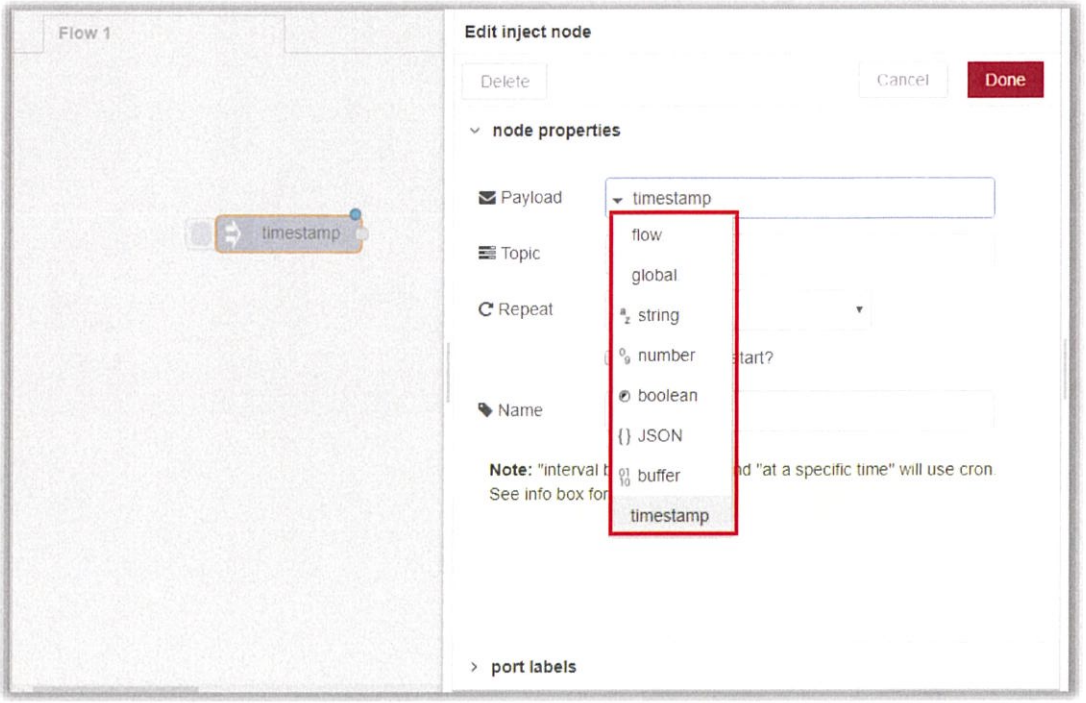
3.6.2 การเชื่อมต่อ Inject Node

1. ให้เลือก Inject Node แล้วลากมาวางบน Flow ดังภาพที่ 3.33



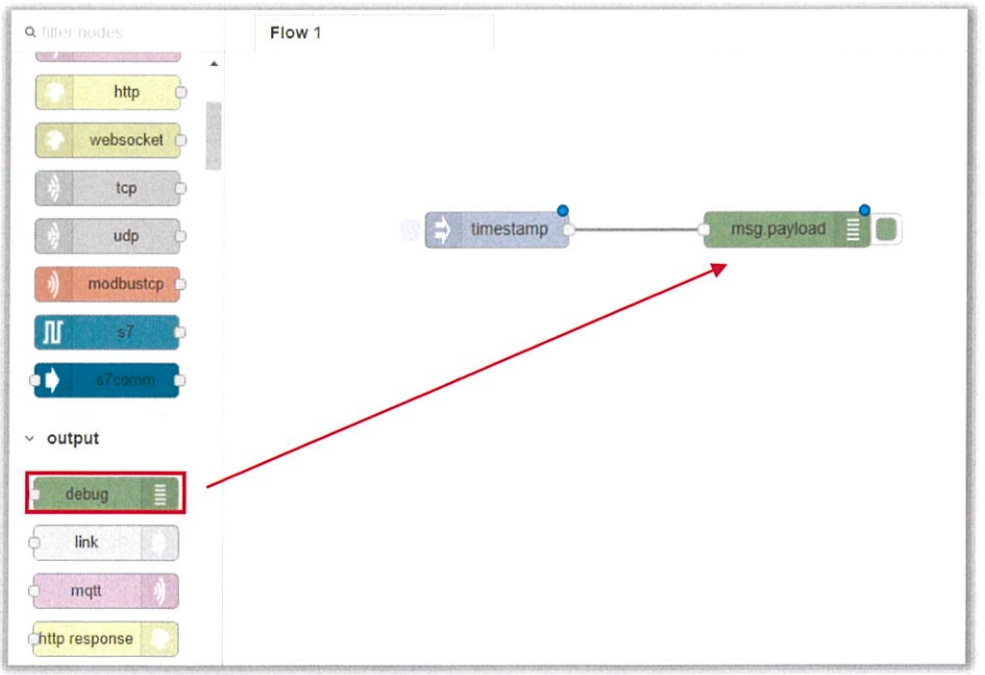
ภาพที่ 3.33 การใช้งาน Inject Node

2. การตั้งค่า Inject Node โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ Inject Node ซึ่งในการตั้งค่าสามารถเลือกชนิดของ Payload ได้ ดังภาพที่ 3.34



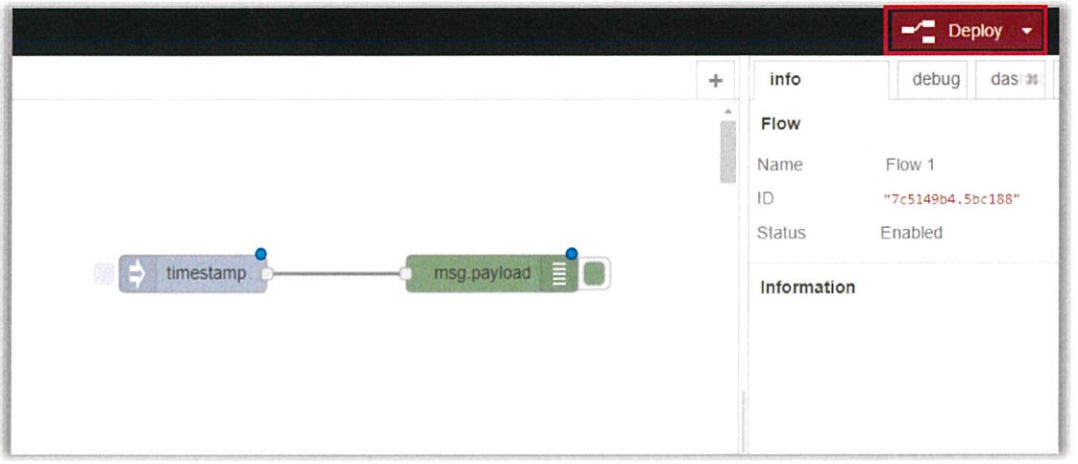
ภาพที่ 3.34 การตั้งค่า Inject Node

3. ทำการทดสอบ Timestamp Node โดยการลาก Debug Node มาใช้ในการแสดงผล และลากเส้นระหว่าง Node ทั้งสอง เพื่อให้ Node ทั้งสองเชื่อมต่อกัน ดังภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 การใช้งาน Debug Node

4. จากนั้นทำการคลิก Deploy ซึ่งจะเป็นการ Compile และ Update คำสั่งให้พร้อมใช้งาน ดังภาพที่ 3.36



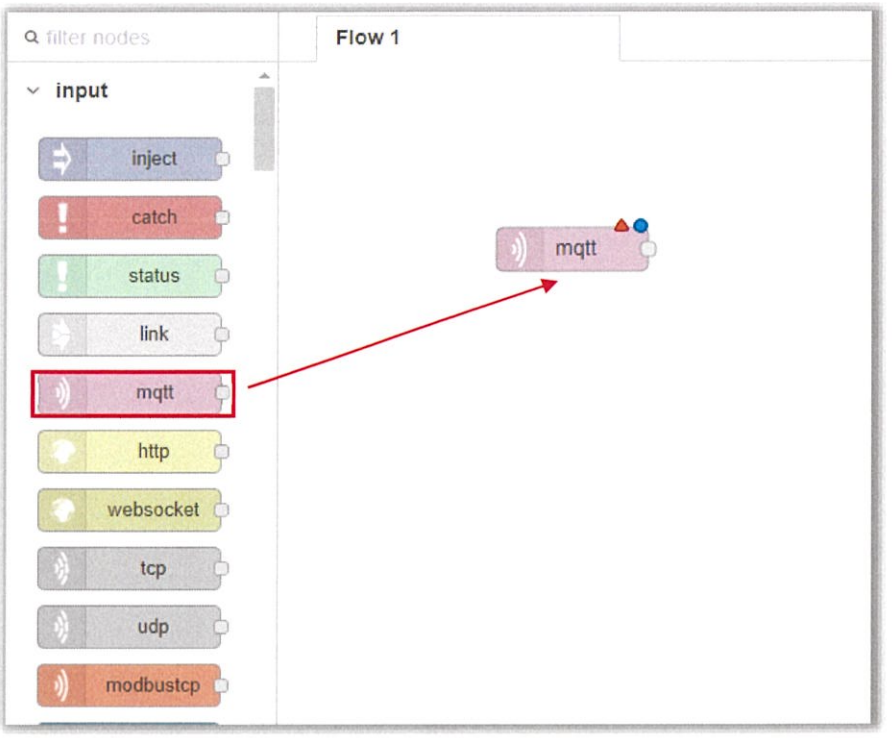
ภาพที่ 3.36 การ Deploy

5. จากนั้นให้คลิก Timestamp Node เพื่อส่งค่าแล้วสังเกตผลการที่ Tab Debug ดังภาพที่ 3.37 (ค่า Timestamp Node จะมีค่าเริ่มต้นเป็นค่าปัจจุบันมีหน่วยเป็นมิลลิวินาทีซึ่งเริ่มตั้งแต่ปี 1970)

ภาพที่ 3.37 การแสดงผลโดยใช้ Debug Node

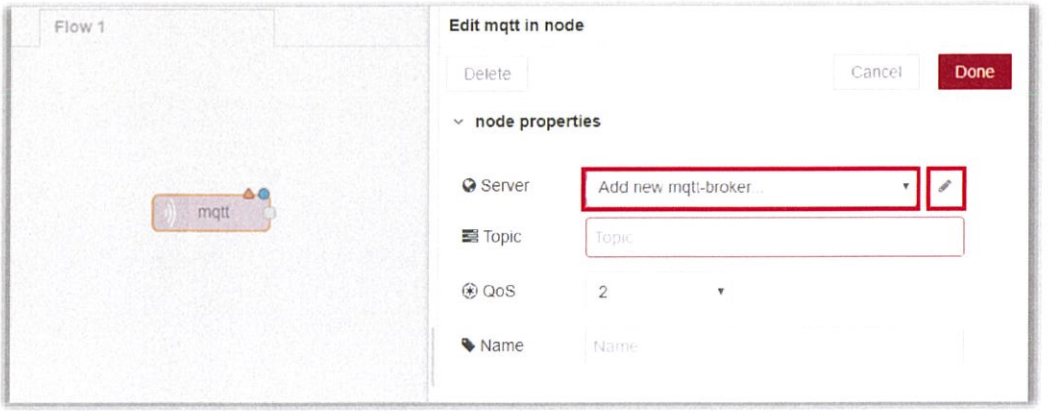
3.6.3 การเชื่อมต่อ MQTT Node

1. ให้เลือก MQTT Node แล้วลากมาวางบน Flow ดังภาพที่ 3.38

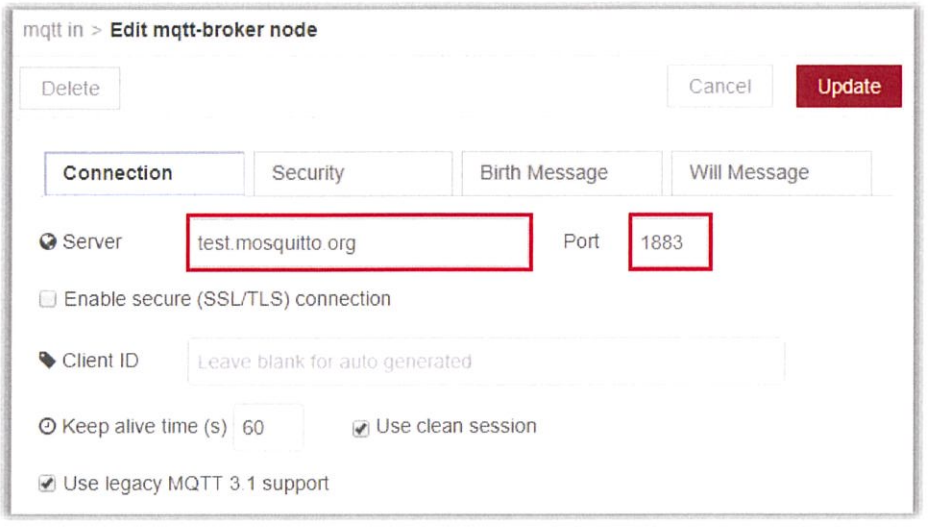


ภาพที่ 3.38 การใช้งาน MQTT Node

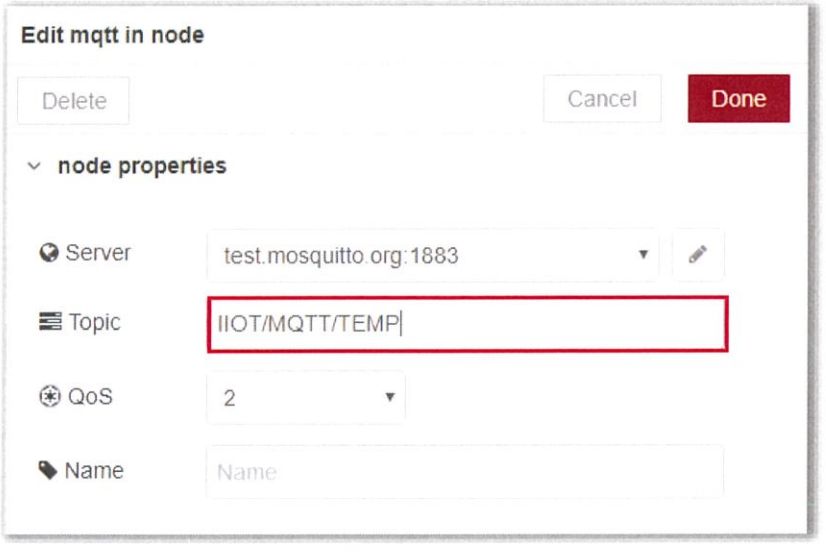
2. การตั้งค่า Server ของ MQTT Node โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ MQTT Node และแก้ไข Server ของ MQTT ดังภาพที่ 3.39 และภาพที่ 3.40 จากนั้นใส่ชื่อ Topic และ QoS ดังภาพที่ 3.41



ภาพที่ 3.39 แสดงการตั้งค่า MQTT Node



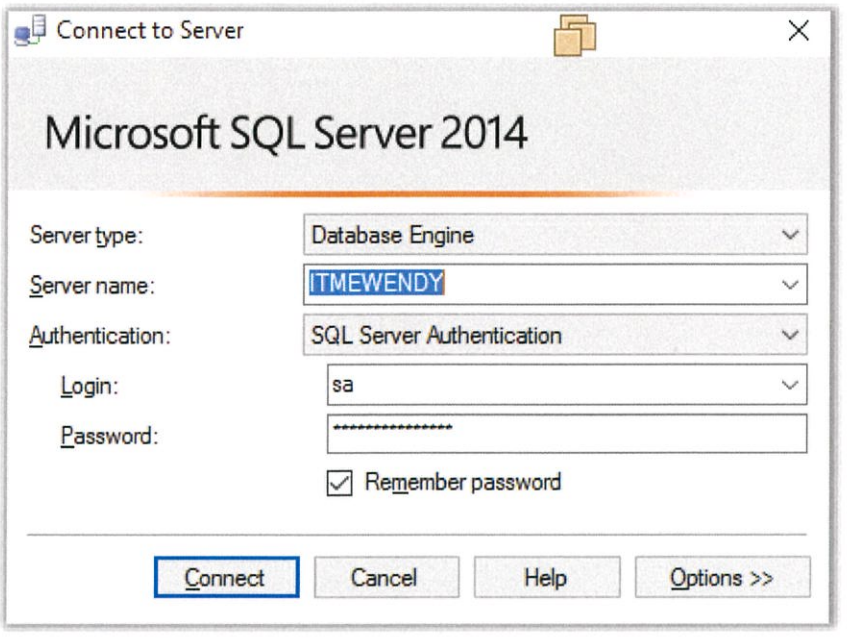
ภาพที่ 3.40 การตั้งค่า Server MQTT



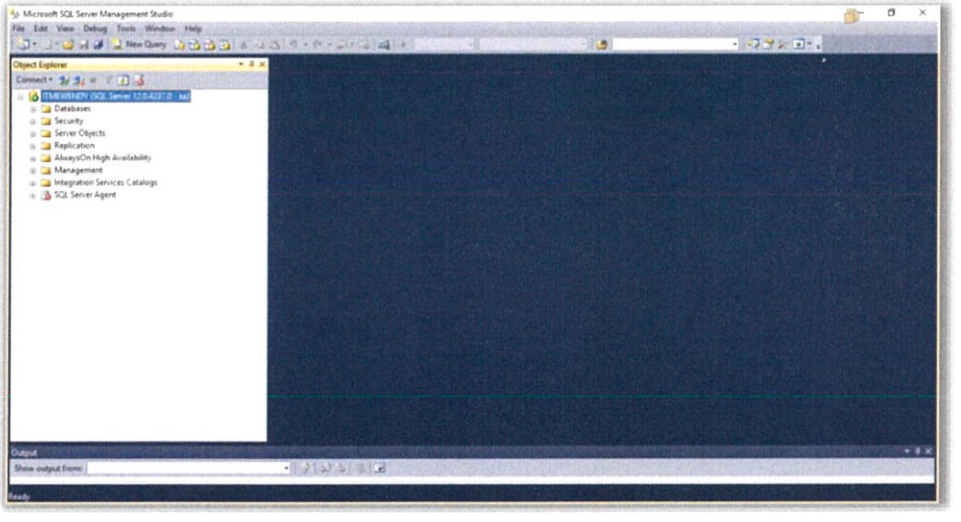
ภาพที่ 3.41 การตั้งค่า Topic ใน MQTT Node

3.6.4 การเชื่อมต่อ Microsoft SQL Server เพื่อทำการบันทึกข้อมูล

1. เปิดโปรแกรม Microsoft SQL Server และทำการเชื่อมต่อ Server ดังภาพที่ 3.42 จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างดังภาพที่ 3.43

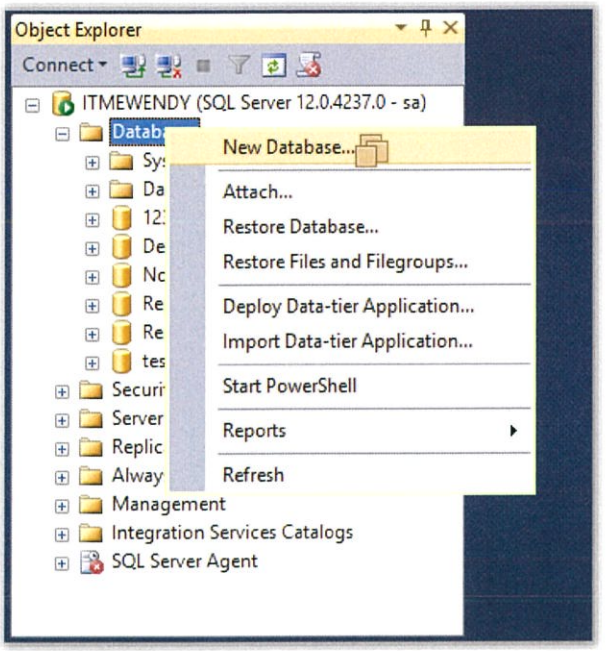


ภาพที่ 3.42 การเชื่อมต่อ Server Microsoft SQL Server

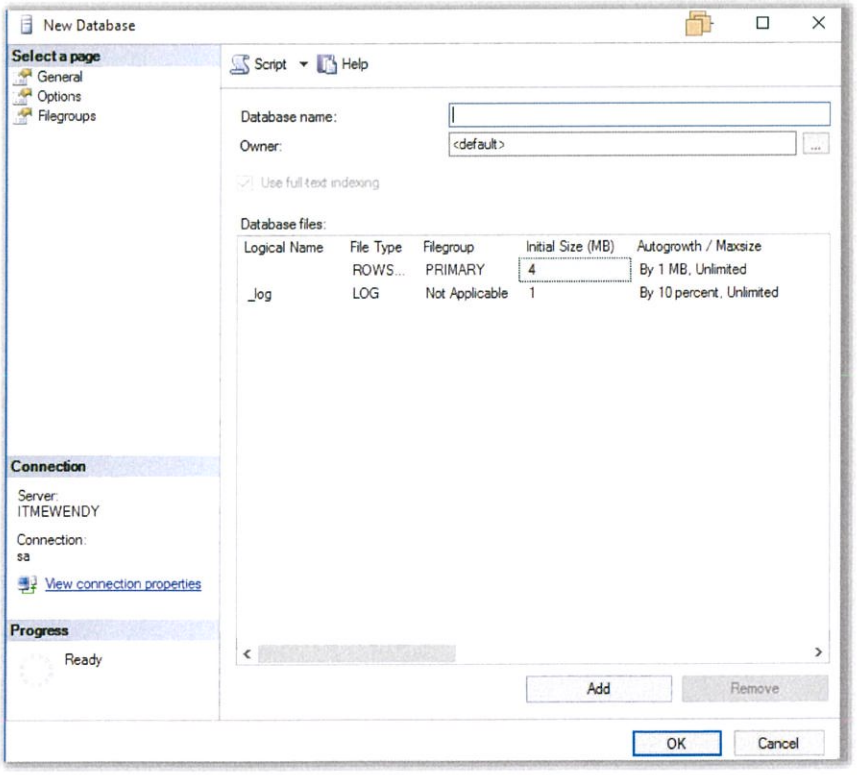


ภาพที่ 3.43 หน้าต่างการใช้งาน Microsoft SQL Server

2. การสร้าง Database โดยการคลิกขวาที่โฟลเดอร์ Database ในแถบ Object Explorer แล้วเลือก New Database ดังภาพที่ 3.44 แล้วตั้งค่าและกำหนดชื่อ Database ดังภาพที่ 3.45

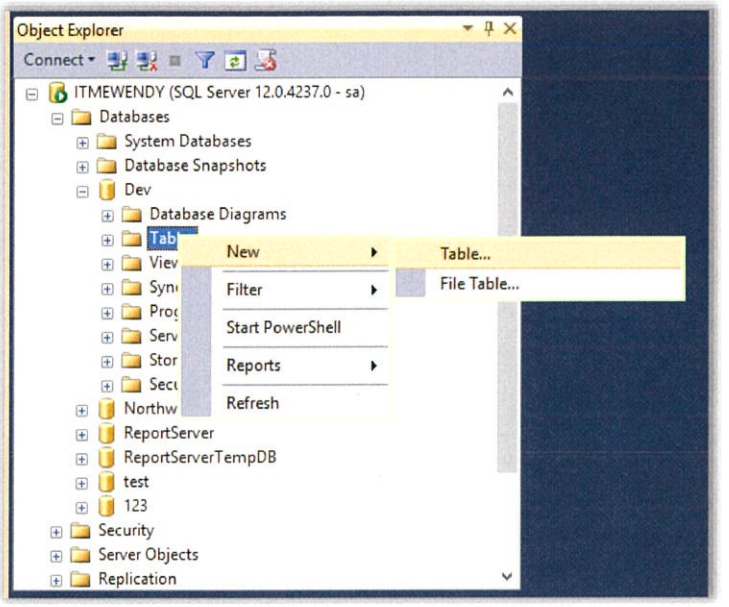


ภาพที่ 3.44 การสร้าง Database

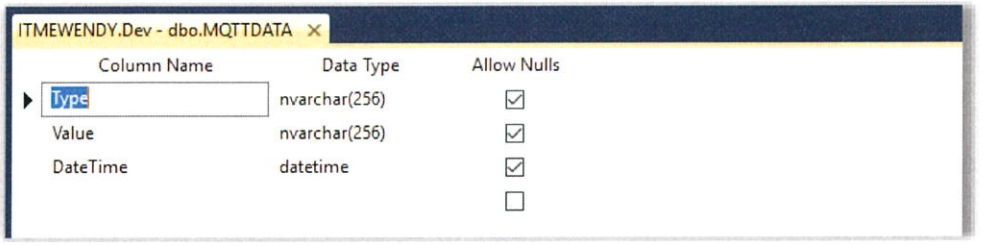


ภาพที่ 3.45 การตั้งค่า Database

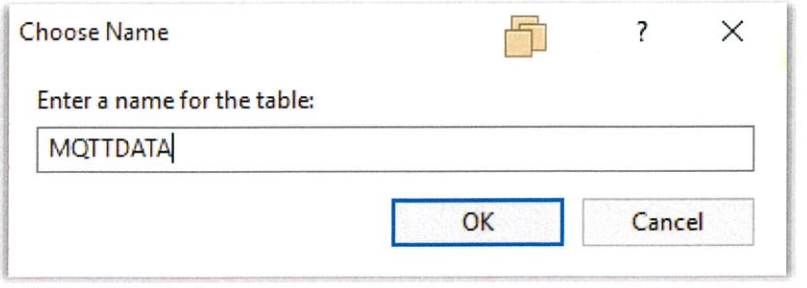
3. การสร้าง Tables โดยการคลิกขวาที่โฟลเดอร์ Tables ในแถบ Object Explorer แล้วเลือก New ดังภาพที่ 3.46 แล้วกำหนด Column Name และ Data Type ดังภาพที่ 3.47 จากนั้นกดเซฟเพื่อนกำหนดชื่อ Tables ดังภาพที่ 3.48



ภาพที่ 3.46 การสร้าง Tables



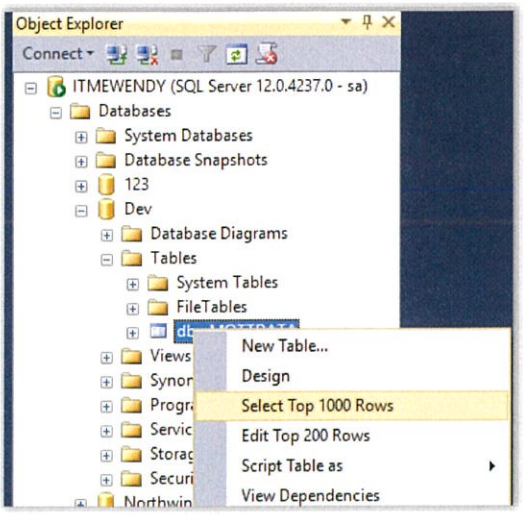
ภาพที่ 3.47 การตั้งค่า Tables



ภาพที่ 3.48 การกำหนดชื่อ Tables

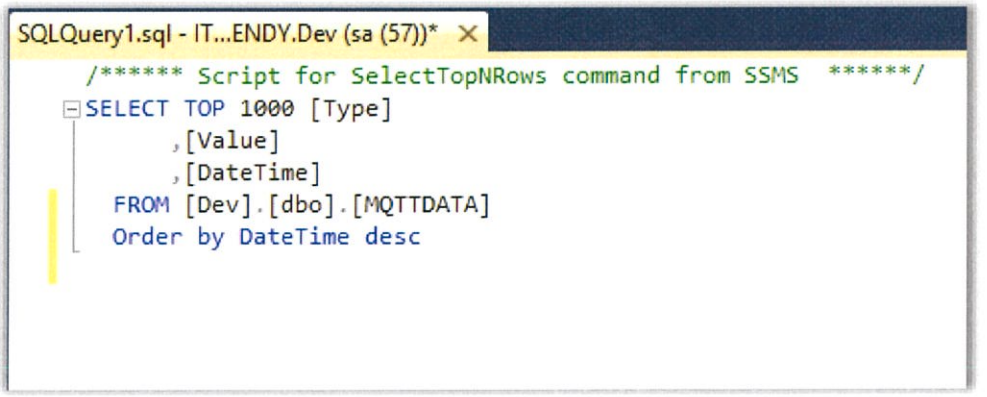
3.6.5 การใช้คำสั่ง Select เพื่อสืบค้นข้อมูล

1. คลิกขวาที่ dbo.MQTTDATA ในแถบ Object Explorer แล้วเลือก Select Top 1000 Rows ดังภาพที่ 3.49 เพื่อทำการเลือกข้อมูล 1000 ข้อมูลแรก

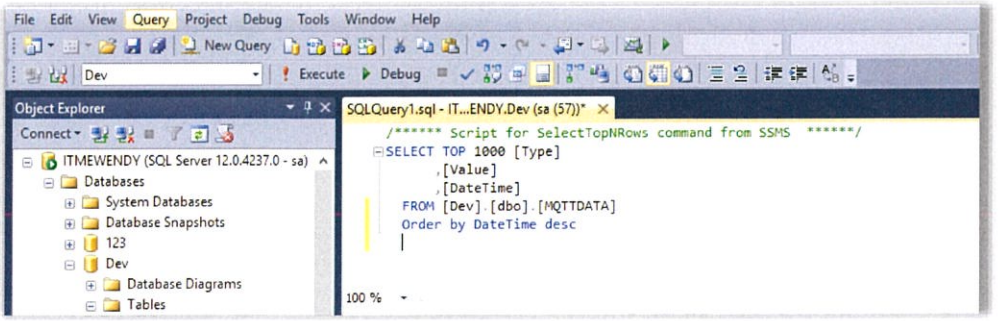


ภาพที่ 3.49 การ Select ข้อมูล

2. การใช้คำสั่ง Order by เป็นคำสั่งที่ใช้จัดเรียงข้อมูล โดยการเพิ่มคำสั่ง Order by DataTime Desc ดังภาพที่ 3.50 เพื่อจัดเรียงข้อมูลจากวันที่และเวลา จากนั้นทำการกด ▶ Debug ดังภาพที่ 3.51

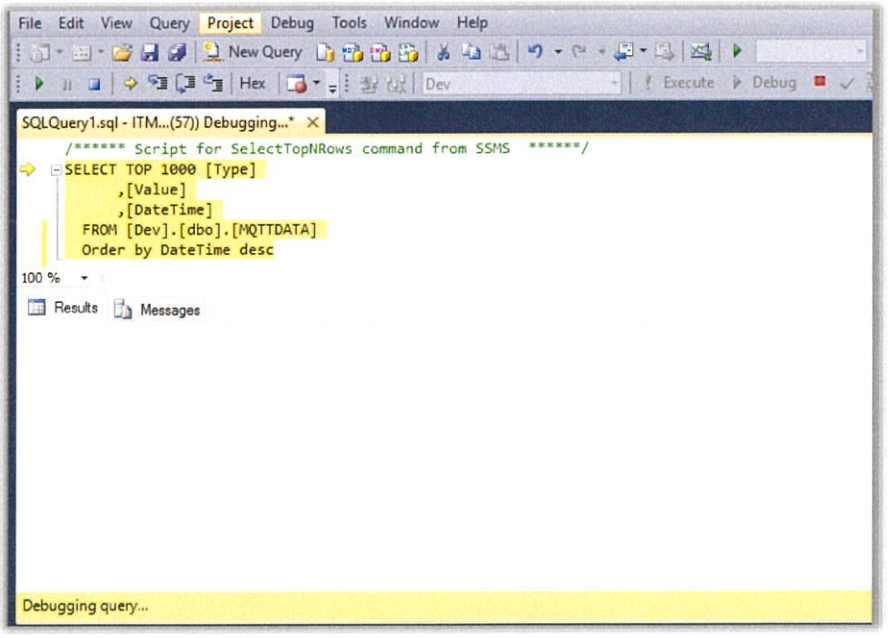


ภาพที่ 3.50 การใช้คำสั่ง Order by

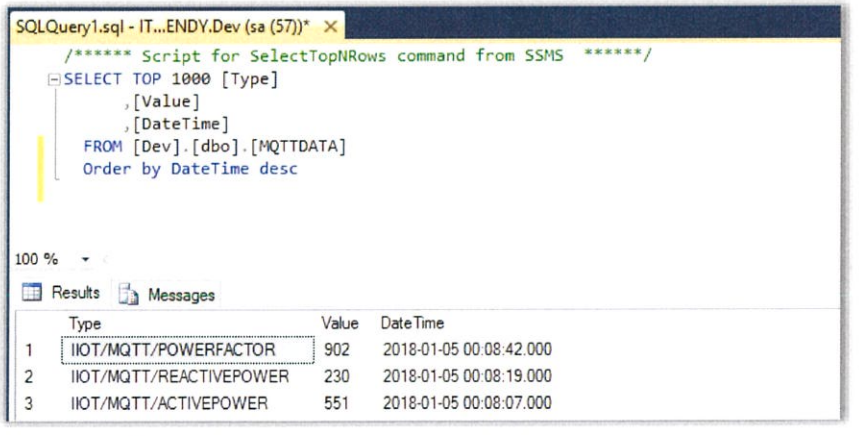


ภาพที่ 3.51 การกด Debug

3. การเริ่มสืบค้นข้อมูล ทำได้โดยการกด ▶ ดังภาพที่ 3.52 จากนั้นข้อมูลจะแสดงขึ้นดังภาพที่ 3.53



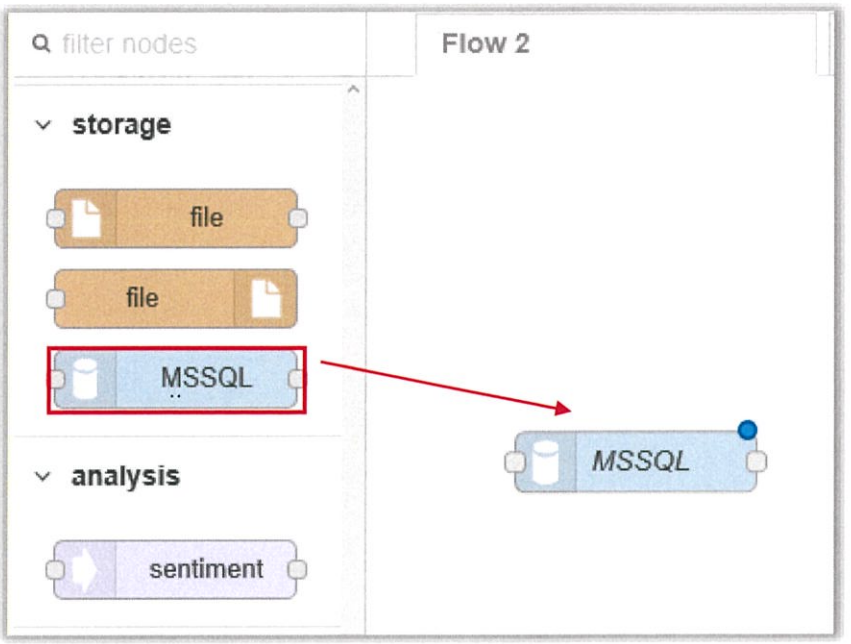
ภาพที่ 3.52 การใช้งานการสืบค้นข้อมูล



ภาพที่ 3.53 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลใน Microsoft SQL Server

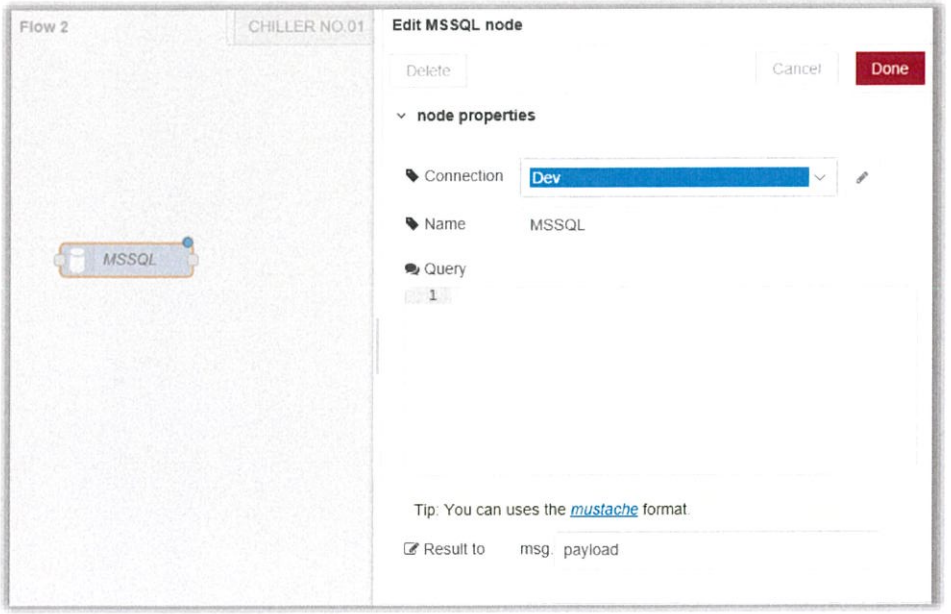
3.6.6 การเชื่อมต่อ MSSQL Node กับ Microsoft SQL Server

1. ให้เลือก MSSQL Node แล้วลากมาวางบน Flow ดังภาพที่ 3.54

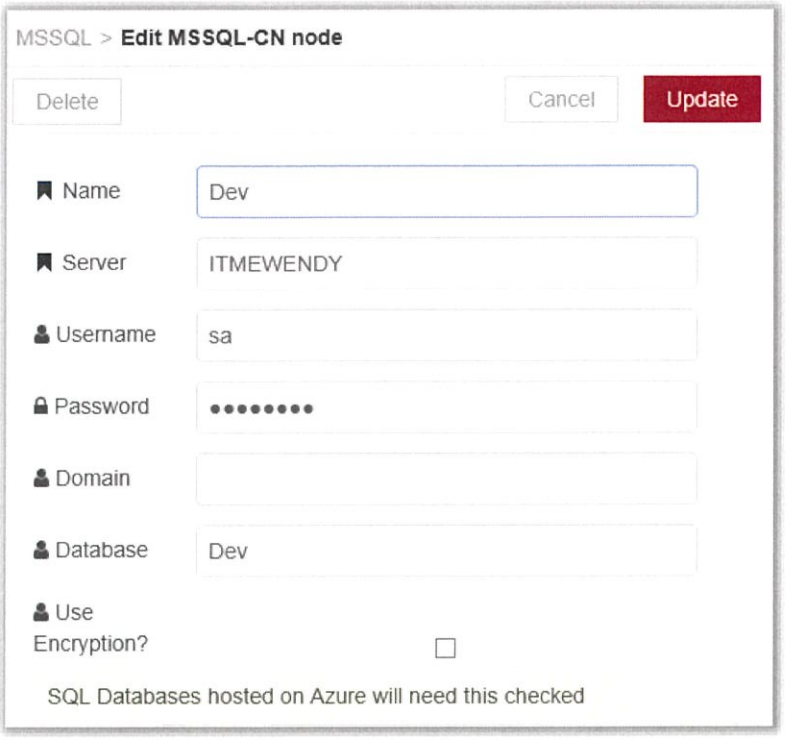


ภาพที่ 3.54 การใช้งาน MSSQL Node

2. การตั้งค่า Server ของ MSSQL Node โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ MSSQL Node และแก้ไข Server ของ MSSQL ดังภาพที่ 3.55 และภาพที่ 3.56



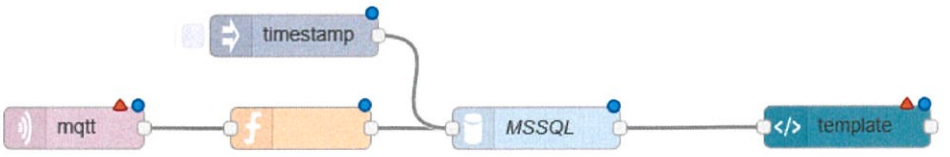
ภาพที่ 3.55 แสดงการตั้งค่า MSSQL Node



ภาพที่ 3.56 การตั้งค่า Server MSSQL

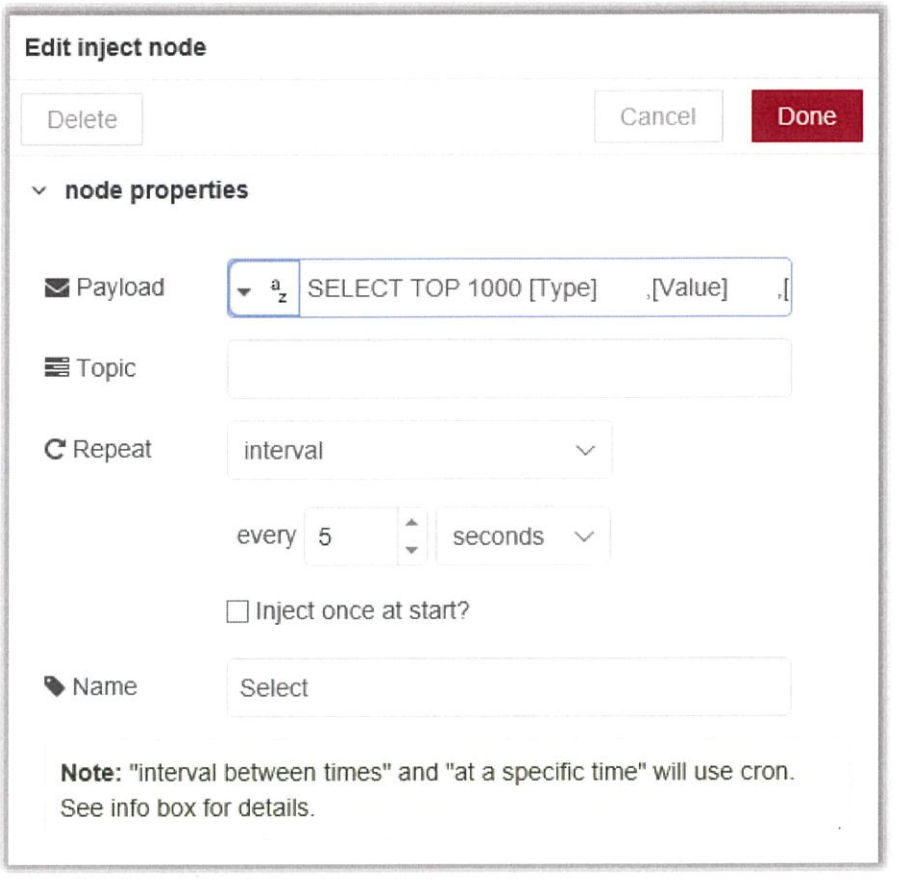
3.6.7 การใช้งาน MSSQL Node

1. ให้เลือก MSSQL Node, Inject Node, Function Node, Template Node และ MQTT Node แล้วลากมาวางและเชื่อมต่อ Node บน Flow ดังภาพที่ 3.57



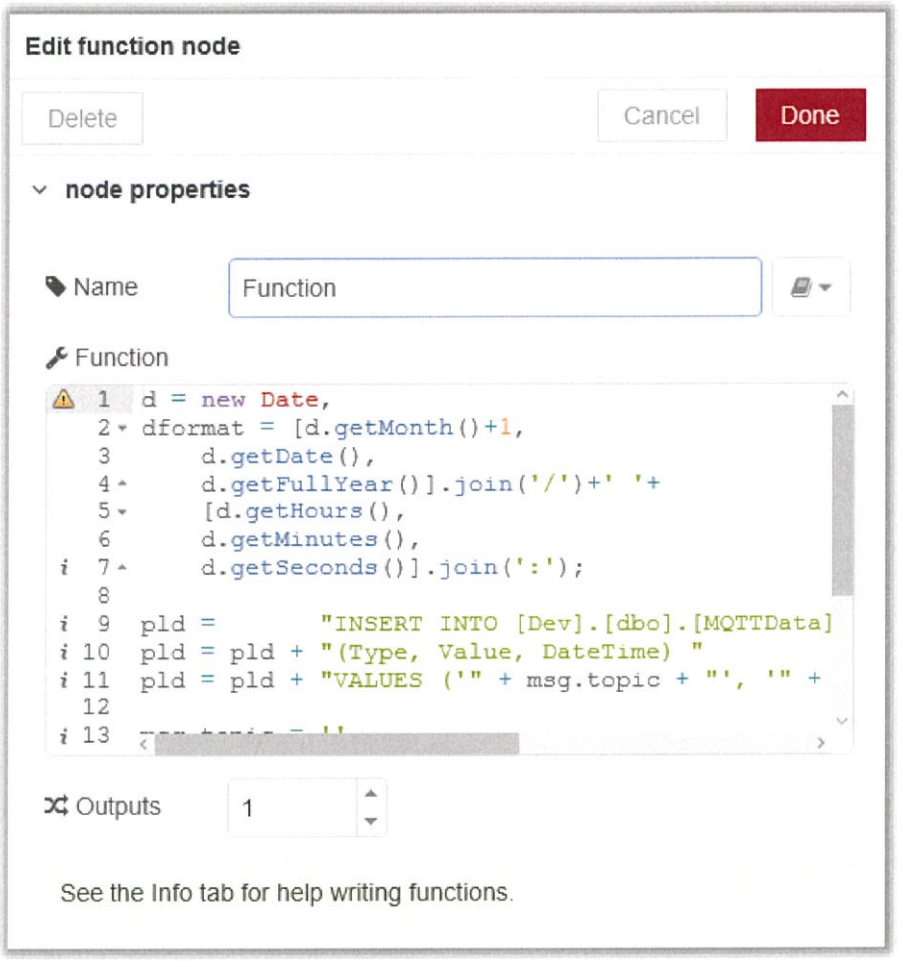
ภาพที่ 3.57 การใช้งาน MSSQL Node

2. การตั้งค่า Inject Node เพื่อทำการดึงข้อมูลจาก Microsoft SQL Server โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ Inject Node และแก้ไข Payload ดังภาพที่ 3.58



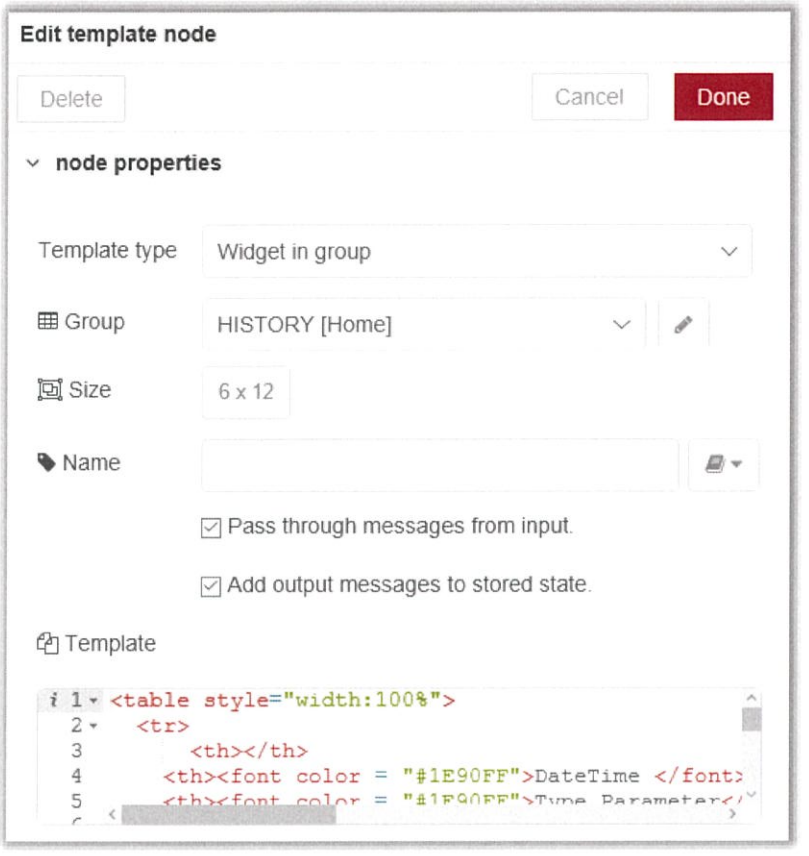
ภาพที่ 3.58 แสดงการตั้งค่า Inject Node

3. การตั้งค่า Function Node เพื่อทำการเก็บข้อมูลจาก MQTT Node โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ Function Node และเพิ่ม Function ดังภาพที่ 3.59



ภาพที่ 3.59 แสดงการตั้งค่า Inject Node

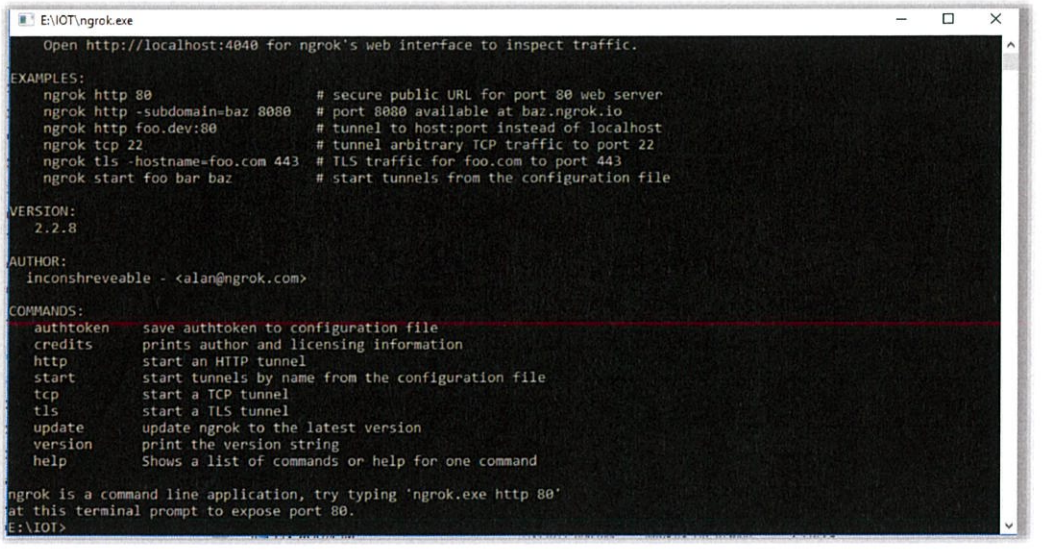
4. การตั้งค่า Template Node เพื่อแสดงข้อมูลที่เก็บใน Microsoft SQL Server ซึ่งมีการตาราง โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ Template Node และเพิ่ม Template ดังภาพที่ 3.60



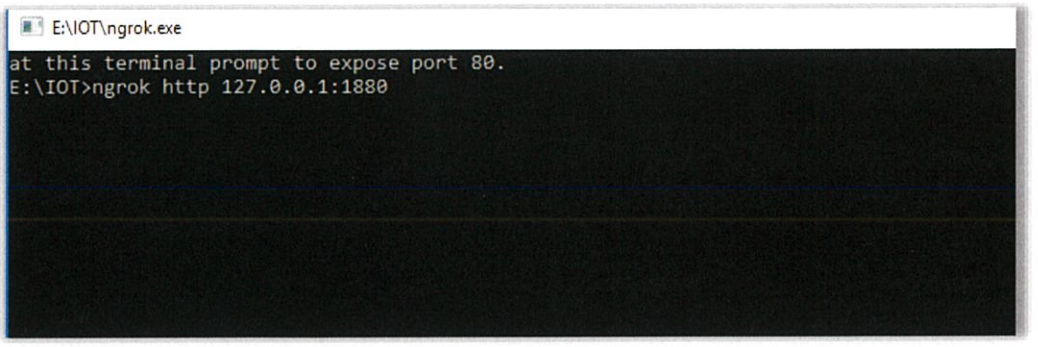
ภาพที่ 3.60 แสดงการตั้งค่า Template Node

3.6.8 การ Forward port ของ Node-red บน Ngrok

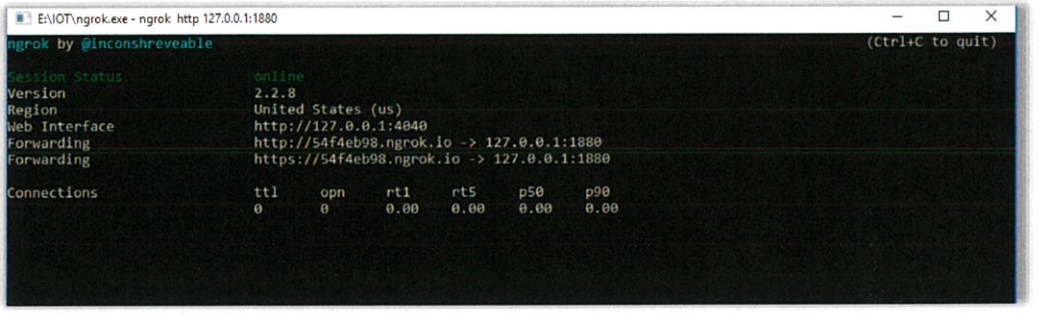
ทำได้โดยการเปิดโปรแกรม Ngrok ดังภาพที่ 3.61 และพิมพ์คำว่า ngrok http 127.0.0.1:1880 ดังภาพที่ 3.62 จากนั้นโปรแกรมจะทำการ forward port จากนั้นเปิดบราวเซอร์และใส่ URL ใหม่ที่ได้มา ก็จะสามารถใช้งาน Node-Red ได้ทันที ดังภาที่ 3.63 และ ภาพที่ 3.64



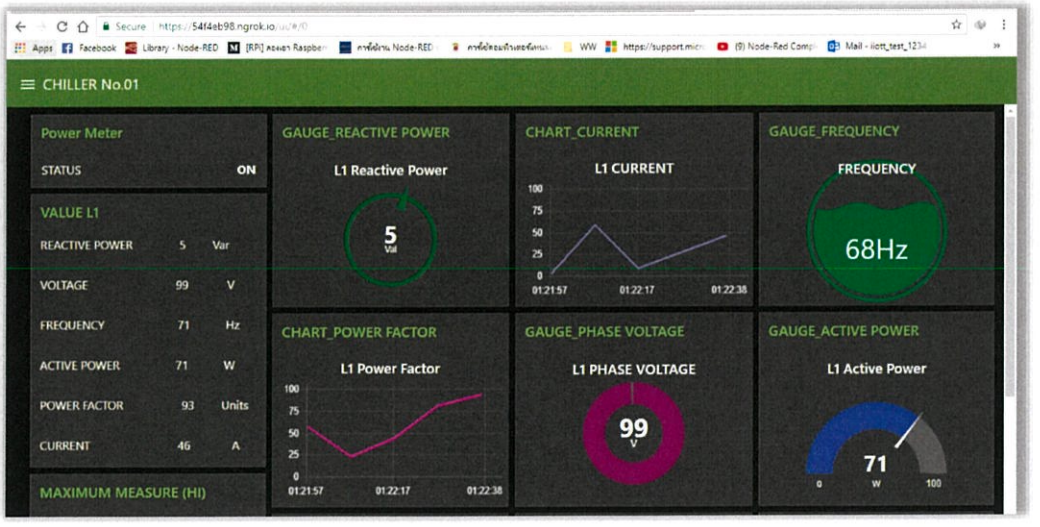
ภาพที่ 3.61 หน้าต่างโปรแกรม Ngrok



ภาพที่ 3.62 การใช้งาน Ngrok



ภาพที่ 3.63 การ Forward port



ภาพที่ 3.64 ตัวอย่างการใช้งาน Node-Red ผ่าน Ngrok

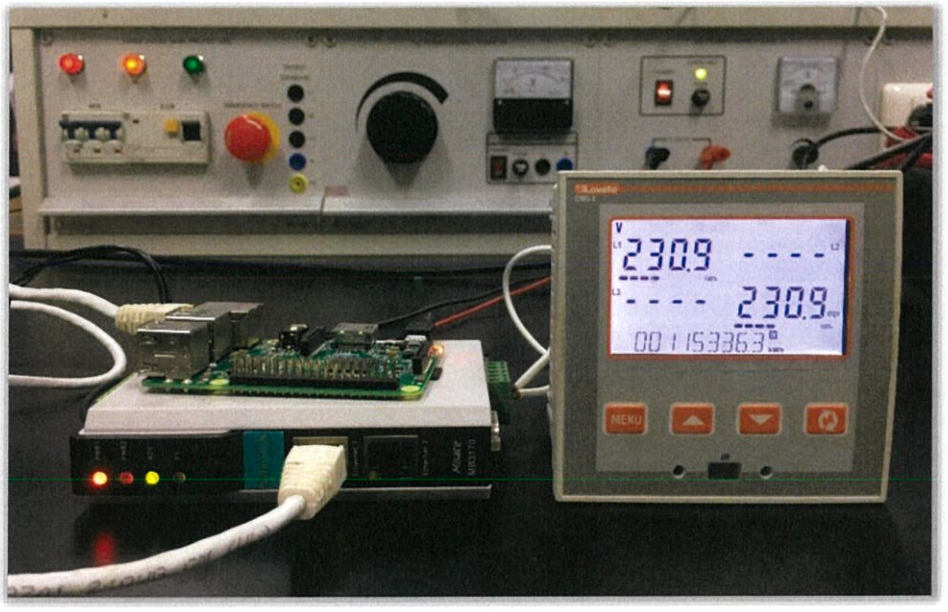
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ได้มีการกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อทำการสร้างระบบติดตามข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผ่านระบบไอไอโอที สำหรับบทนี้นั้นจะกล่าวถึงผลของการดำเนินงานต่าง ๆ ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ ส่วนของการดึงข้อมูล และส่วนของหน้าจอแสดงผล ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกัน โดยมีรายละเอียดในส่วนที่สำคัญดังนี้

4.2 ผลการทดลองส่วนฮาร์ดแวร์

จากการทดลองเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi ดังภาพที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นว่ามีการส่งข้อมูลการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากพาวเวอร์มิเตอร์ผ่านสายสัญญาณ RS-485 ไปยัง Moxa เพื่อทำการแปลงสายสัญญาณ RS-485 ให้เป็น Ethernet และทำการส่งข้อมูลผ่านสาย Ethernet เข้าสู่ Raspberry Pi เพื่อนำข้อมูลที่ได้ส่งให้กับโปรแกรม ITME

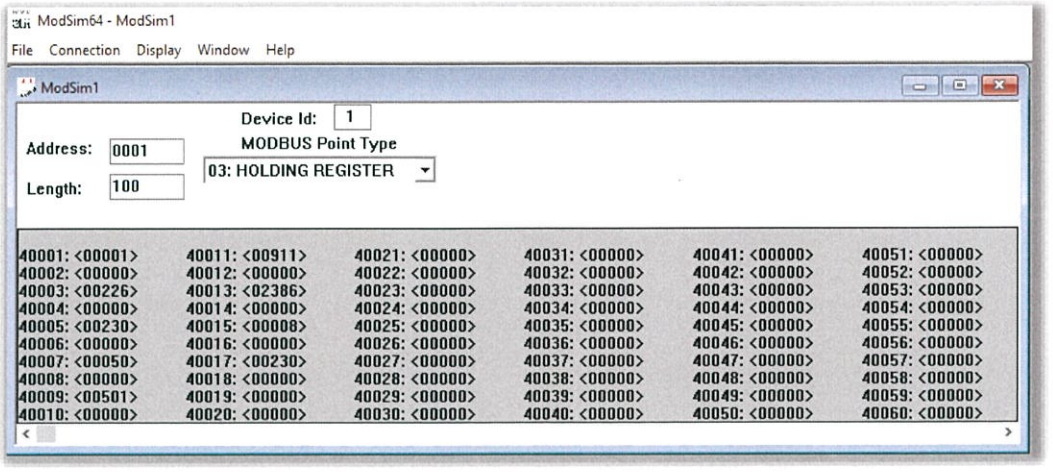


ภาพที่ 4.1 การเชื่อมต่อพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi

จากภาพที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างพาวเวอร์มิเตอร์กับ Raspberry Pi ผ่าน Moxa โดยจะมีไฟ PWR1 แสดงสถานะของไฟเลี้ยงจาก V1 และไฟ RDY แสดงสถานะ การพร้อมใช้งานของ Moxa ส่วนไฟ P1 จะแสดงสถานการณ์รับและส่งข้อมูล RS-485

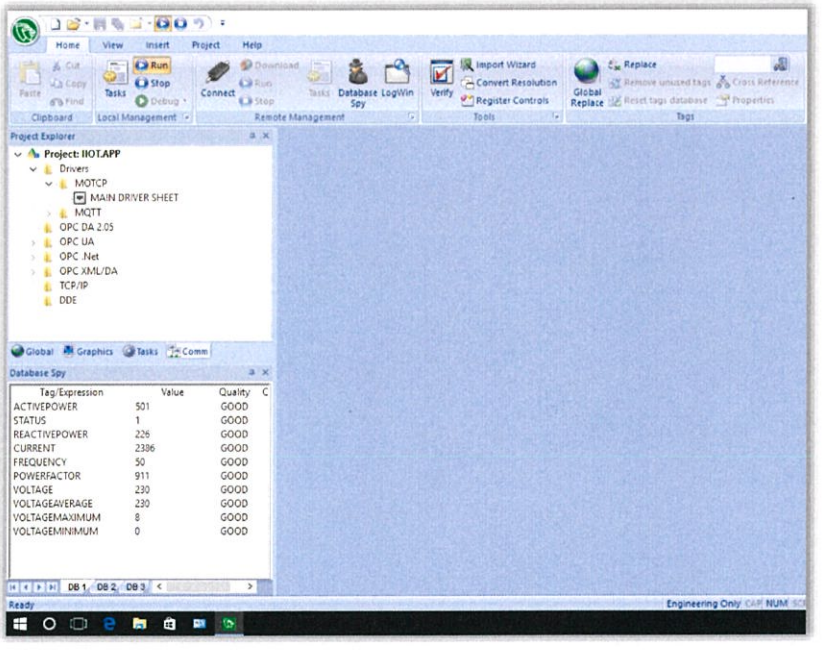
4.3 ผลการทดลองส่วนการดึงข้อมูล

จากการทดลองใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ จะแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi และสามารถส่งค่าไปที่โปรแกรม ITME ได้ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน Modsim64

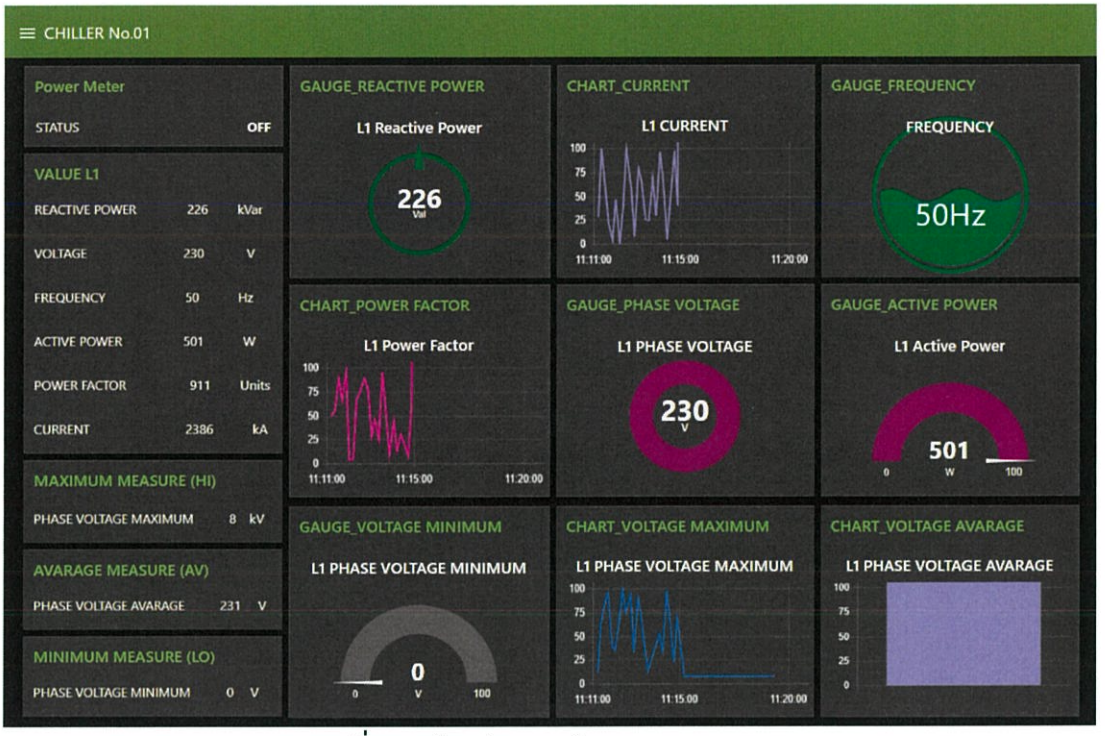
ผลการทดลองใช้งานโปรแกรม ITME จะเห็นว่าค่าที่ได้จากโปรแกรม Modsim64 มีความตรงกันกับผลการทำงานของโปรแกรม ITME ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ITME

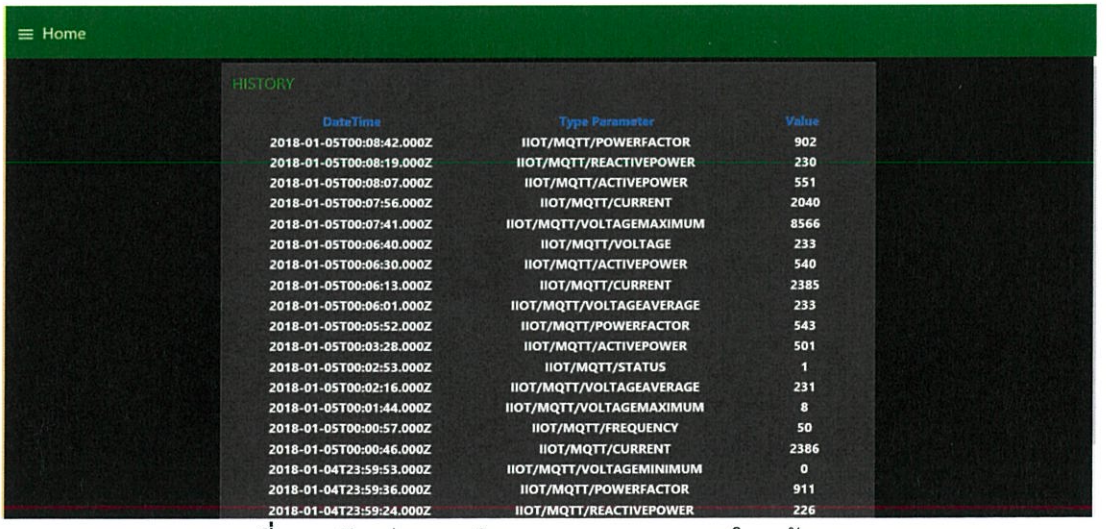
4.4 ผลการทดสอบส่วนการแสดงผล

เมื่อทำการเปิดโปรแกรม Node-Red ขึ้นมาเพื่อทำการตรวจเช็คการทำงาน มีผลการทดสอบว่าสามารถแสดงผลการใช้งานไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ติดตั้งผ่านระบบไอไอโอที เป็นไปตามกราฟิคที่มีการสร้างขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับโปรแกรม Modsim64 จะเห็นว่ามีผลการใช้งานที่ตรงกันทุก Address



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red

จากภาพที่ 4.4 จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของ โปรแกรม Node-Red ที่สามารถแสดงค่าการใช้งานพลังงานไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ต้องการติดตามข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ โดยสามารถแสดงค่าเป็น Text (ตัวอักษร) ,Chart (กราฟ) และ Gauge (เกจ)



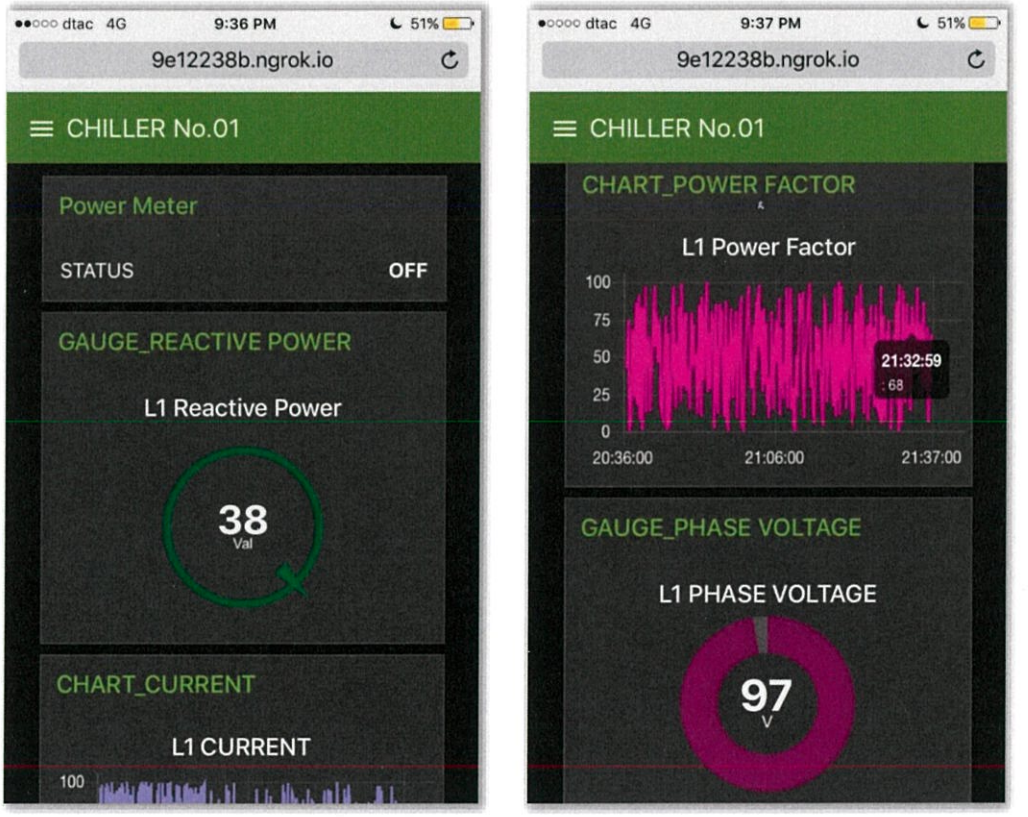
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red ในหน้า History

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 จะแสดงหน้าต่าง History ที่เป็นประวัติการใช้งานพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถดูย้อนหลัง 3 วัน หลังจากวันที่เก็บข้อมูล โดยสามารถแบ่งคอลัมน์ได้เป็น

1. คอลัมน์วันที่และเวลา ที่จัดเก็บข้อมูลตามเวลาจริง
2. คอลัมน์ Topic หรือชื่อ Parameter ที่รับค่ามาจากพาวเวอร์มิเตอร์

3. คอลัมน์ที่แสดงค่า Value ต่าง ๆ ที่เป็นค่าการใช้งานพลังงานไฟฟ้า ณ เวลาจริง

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red ในหน้า History



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการทำงานของ Node-Red บนสมาร์ทโฟน

จากภาพที่ 4.7 จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของ Node-Red บนสมาร์ทโฟนที่เป็นการ Forward port ของ Node-Red กับ Ngrok และสร้าง URL ขึ้นมาใหม่ ซึ่งเป็น URL ที่สามารถเข้าถึงได้จากภายนอกจากทุก ๆ ที่ที่มีอินเตอร์เน็ต

บทที่ 5
สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในเรื่องของการสร้างระบบไอไอโอทีนี้ ผู้ปฏิบัติงานสามารถติดตามผล และวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ ผ่านหน้าจอแสดงของโปรแกรม Node-Red ได้จากทุกสถานที่ที่มีอินเตอร์เน็ต โดยภายในหน้าจอแสดงผลจะมีค่าทั้งหมดของระบบ เช่น ค่ากระแส ค่าแรงดัน ค่ากำลังไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากการติดตามผลผู้ปฏิบัติงานยังสามารถนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้ นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนบนหน้าจอแสดงผล เมื่อการใช้งานในระบบเกินค่าที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ได้อย่างรวดเร็ว

โครงการนี้ได้ทำการสร้างส่วนการดึงข้อมูล และส่วนแสดงผลของกระบวนการ โดยได้ทดสอบฟังก์ชันต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม Node-Red โดยหลังจากนี้สามารถนำส่วนการดึงข้อมูล และส่วนแสดงผลไปทดสอบกับระบบจริงที่ต้องการจะติดตามผล และวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ในการใช้งานพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำปรับปรุงให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. ไม่มีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ให้ทำการทดลอง
2. Raspberry Pi ไม่ค่อยเสถียร

5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. ใช้วิธีการโปรแกรม Simulator ที่ชื่อว่า Modscan64
2. ใช้วิธีการสำรองข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบระบบโครงสร้างของส่วนการดึงข้อมูล และส่วนแสดงผลนั้น ต้องง่ายต่อการใช้งานและง่ายต่อการจัดการ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Software และเครือข่าย ต่างๆ ที่ใช้ในการทำงาน และการปฏิบัติงานโดยที่ไม่มีความรู้พื้นฐานทำให้ยากต่อการปฏิบัติงานจริง ซึ่งในส่วนนี้ควรศึกษาจากคู่มือการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] **ระบบบริหารจัดการพลังงาน** แหล่งที่มา: http://www.thai-smartgrid.com/ระบบบริหารจัดการพลังงา/

[2] **อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง Internet of Things (IoT)** แหล่งที่มา: http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/

[3] **Raspberry Pi** แหล่งที่มา: http://www.homeofmaker.com/?p=891

[4] **พาวเวอร์มิเตอร์ คืออะไร** แหล่งที่มา: http://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-power-meter/

[5] **MQTT** แหล่งที่มา: http://www.adslthailand.com/post/mqtt-coap-comparison-iot-protocol

[6] **Node-Red** แหล่งที่มา: http://www.eduthaieasyelec.com/16623242/การใช้งาน-node-red-บน-raspberry-pi

[7] **InTouch Machine Edition (ITME)** แหล่งที่มา: http://www. wonderware.fi/pdf/Wonderware_InTouch_Machine_Edition_en_0814.pdf

[6] **Ngrok** แหล่งที่มา: http:// blog.sathit.me/ทำให้-localhost-ของเรา-online-ได้ง่ายๆ-ด้วย-ngrok-51d364564214