

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา มิเตอร์น้ำอัจฉริยะ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายชลัมพล ชัยจันทร์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายวัชรพล โนจากร

สถานประกอบการ บริษัท มูราตะอิเล็กทรอนิกส์(ประเทศไทย)จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เป็นโครงการพัฒนาระบบการใช้น้ำกลั่นโดยการใช้เทคโนโลยีด้านIoTช่วยในการส่งข้อมูลจากมิเตอร์น้ำ เริ่มจากการศึกษาหลักการทำงาน การนำเทคโนโลยีNB-IOTไปประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพื่อพัฒนาระบบการใช้น้ำกลั่น จากนั้นทำการศึกษาหลักการถดถอย

โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารที่อธิบายถึงวัตถุประสงค์ ความเป็นมา และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการดำเนินงาน การทดลอง สรุปผลการทดลอง ปัญหา และข้อเสนอแนะ ของโครงการ มิเตอร์น้ำอัจฉริยะ ซึ่งเนื้อหาในโครงการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการการวิเคราะห์การถดถอยและผู้ที่สนใจเทคโนโลยีNB-IOT

คำสำคัญ : เทคโนโลยีNB-IOT หลักการถดถอย

Cooperative Title: smart water meter

Student intern name: Mr.Chalumpon Chaijan

Faculty: Engineering

Department: Electronics

Advisor name: Assistant Professor Kriangkrai sooksood

Mentor name: Mr. Watcharapon Nojakon

Company: Murata Electronics (Thailand), Ltd.

ABSTRACT

This project is developing DI water system. To show real time water usage data. Narrowband Internet of Things is is a Low Power Wide Area Network (LPWAN) radio technology standard developed by 3GPP to enable a wide range of cellular devices and services. They are most often used to send data with low power

This research is maked for explain Objective , about NB-IOT and Linear Regression

Keywords: NB-IOT Regression

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจนี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือที่ดีของทั้งสถาบันและสถานประกอบการที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆทั้งด้านอุปกรณ์และสถานที่ การให้โอกาสทางผู้จัดทำได้เรียนรู้การทำงานวิธีการแก้ปัญหาและการให้คำปรึกษาที่สำคัญซึ่งทำให้โครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้เพื่อที่สามารถนำมาใช้ทำโครงการและการนำไปใช้ในภายภาคหน้า

ชลัมพล ชัยจันทร์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบสัญญาณ4-20mA	3
2.2 เทคโนโลยีNB-IOT	5
2.3 ค่าสหสัมพันธ์	6
2.4 การวิเคราะห์การถดถอย	7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	8
3.1 ศึกษาปัญหาของโรงงาน	8
3.2 ศึกษาระบบน้ำDI water	8
3.3 ศึกษาการทำงานของมิเตอร์	9
3.4 ศึกษาเทคโนโลยีNB-IOT	9
3.5 ติดตั้งฮาร์ดแวร์	10
3.6 เก็บข้อมูลที่ได้และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้	11
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	12
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	13
บรรณานุกรม	16
ภาคผนวก	17

สารบัญ (ต่อ)



สารบัญรูปภาพ

ภาพ	หน้า
2-1การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 2-wire	3
2-2การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 3-wire	4
2-3การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 4-wire	4
2-4สมการที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าต่างๆ	6
2-5ตัวอย่างของข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าต่างๆ	6
2-6สมการความสัมพันธ์	7
2-7ตัวอย่างการสร้างสมการความสัมพันธ์	7
3-1 มิเตอร์ที่บอกค่าปริมาณการใช้น้ำ	8
3-2 แผนผังการทำงานของระบบDI water	8
3-3พอร์ตสีของมิเตอร์	9
3-4AIS NB-IOT	9
3-5dashboardสำเร็จของAIS	10
3-6 ARDUINO UNO R3	10
3-7วงจรสมมูลของวงจรที่ใช้เปลี่ยนจาก4-20mAเป็น1-5V	11
3-8กระบวนการเปรียบเทียบข้อมูล	11
3-9กระบวนการนำlinear regressionมาใช้	12
4-1การติดตั้งโมดูลภายในโรงงาน	13
4-2หน้าdash board	13

บทที่ 1 บทนำ

1.1ความเป็นมาและความสำคัญ

ในโรงงานของบริษัทมีการใช้ระบบDI water ในการผลิตชิ้นงานซึ่งในปัจจุบันระบบน้ำดังกล่าวยังมีเพียงมิเตอร์น้ำที่บอกค่าการใช้ ณ เวลานั้นๆโดยการที่จะทราบค่าในแต่ละครั้งต้องให้พนักงานไปจดบันทึกค่าในแต่ละเดือนซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรของบริษัท และไม่สามารถทราบข้อมูลได้ตลอดเวลาส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหนึ่งชิ้นงานได้อย่างถูกต้องและการบันทึกข้อมูลก็ทำได้อย่างยุ่งยาก

การวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้เทคโนโลยีNB-IOTให้สามารถเข้าถึงปริมาณการใช้น้ำ ณ เวลาต่างๆโดยไม่ต้องใช้ทรัพยากรบุคคลและสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.2วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1เพื่อศึกษาการใช้เทคโนโลยีNB-IOT
- 1.2.2เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต
- 1.2.3เพื่อการศึกษาการใช้หลักการของdata analyticในการจัดการกับข้อมูลผิดพลาดของข้อมูล
- 1.2.4เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้จากหลักสูตร

1.3ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1สามารถอ่านค่าปริมาณการใช้น้ำได้อย่างถูกต้อง
- 1.3.2ทำความเข้าใจเทคโนโลยีNB-IOTได้
- 1.3.3ใช้หลักการdata analyticในการลดค่าความผิดพลาดของข้อมูล

1.4วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.4.1ศึกษาปัญหาของโรงงาน
- 1.4.2ศึกษาระบบน้ำDI water
- 1.4.3ศึกษาการทำงานของมิเตอร์
- 1.4.4ศึกษาเทคโนโลยีNB-IOT
- 1.4.5ติดตั้งฮาร์ดแวร์

1.4.6 เก็บข้อมูลที่ได้และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

1.4.7 สรุปผลจากงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจเทคโนโลยี NB-IOT

1.5.2 ลดการใช้ทรัพยากรบุคคล

1.5.3 ทราบปริมาณการใช้น้ำต่อชิ้นงานและสามารถนำไปคำนวณต้นทุนได้



บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบสัญญาณ 4-20mA

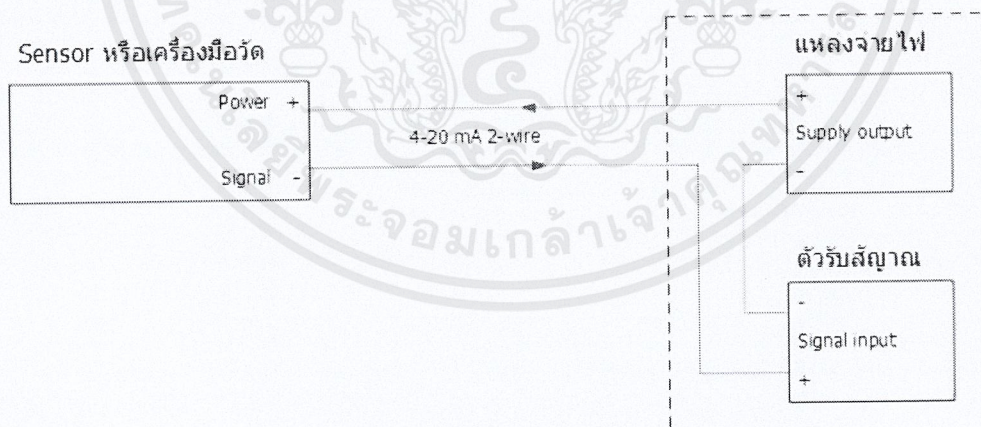
สัญญาณ 4-20mA คือสัญญาณกระแสไฟที่ถูกใช้เป็นมาตรฐานสำหรับส่งสัญญาณของเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นที่นิยมและแพร่หลายในปัจจุบัน โดยสัญญาณ 4-20mA ได้ถือกำเนิดขึ้นในช่วงยุคปี ค.ศ. 1950 (พ.ศ. 2493) หลังจากการประสบความสำเร็จอย่างมากของ มาตรฐานสัญญาณควบคุมนิวมเมติก 3-15 psi ต่อมาเมื่ออิเล็กทรอนิกส์กลายเป็นของราคาถูกลงและนำเชื่อถือเพียงพอ การเปลี่ยนผ่านได้เป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไปจนมาถึงศตวรรษที่ 21 จนทำให้สัญญาณ 4-20mA เป็นที่นิยมสำหรับการส่งข้อมูลของเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม

การทำงานนั้นสัญญาณจะถูกส่งเป็นแบบ Linear ยกตัวอย่างเช่น เครื่องมือวัดที่มีช่วงการวัด 0-100 % ที่ 0 % เครื่องมือวัดจะส่งสัญญาณออกไป 4 mA และที่ 100 % เครื่องมือวัดจะส่งสัญญาณออกไป 20 mA

การเชื่อมต่อสัญญาณ 4-20 mA นั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 2-wire

การต่อลักษณะนี้ถูกออกแบบมาเพื่อลดต้นทุนของการเดินสายไฟโดยสามารถส่งทั้งสัญญาณ Output และไฟเลี้ยงเครื่องมือวัดไปด้วยกันโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้น



ภาพที่ 2-1 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 2-wire

2.1.2 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 3-wire

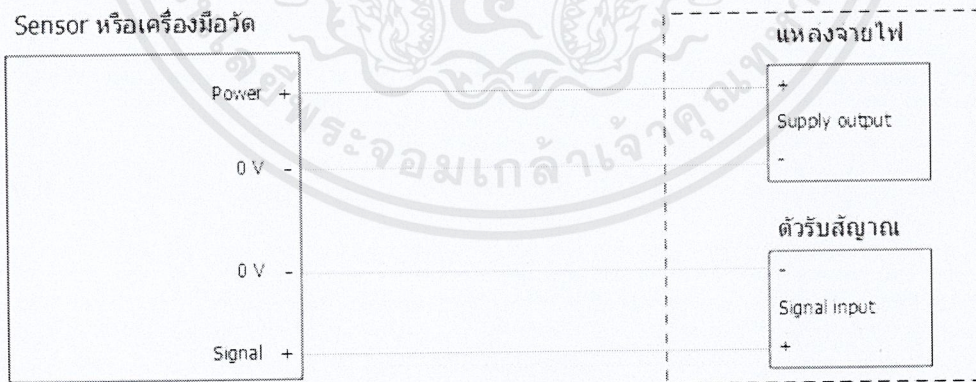
การต่อลักษณะนี้เป็นการต่อโดยใช้สาย Ground ร่วมกันระหว่างไฟเลี้ยงและสัญญาณ Output โดยจะใช้สายไฟในการต่อ 3 เส้น



ภาพที่ 2-2 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 3-wire

2.1.3 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 4-wire

การต่อลักษณะนี้จะเป็นการต่อที่ผู้ใช้ทั่วไปคุ้นชินและง่ายที่สุด เพราะสัญญาณ Output และไฟเลี้ยงจะถูกแยกออกจากกันอย่างชัดเจน



ภาพที่ 2-3 การต่อสัญญาณ 4-20mA แบบ 4-wire

2.2 เทคโนโลยี NB-IoT

Narrowband Internet of Things หรือที่เรียกย่อๆว่า NB-IoT คือเทคโนโลยีเครือข่ายพลังงานต่ำ หรือ Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆได้ทุกที่ทุกเวลา ด้วยความสามารถนี้ NB-IoT จึงถูกนำมาติดตั้งภายในพื้นที่ควบคุมหรือพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึงในระยะไกลจากสถานีปล่อยสัญญาณโทรศัพท์มือถือ หรือภายในพื้นที่ที่หนาแน่นซึ่งสัญญาณนั้นยากที่จะทะลุผ่าน เช่น ในตึกสูงหรือใต้ดิน

เมื่อมีสิ่งป้องกันสัญญาณตามสถานการณ์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ความสามารถในการส่งสัญญาณก็จะต่ำลง และ จำเป็นต้องพึ่งพาอุปกรณ์เครื่องส่งสัญญาณเพื่อทำงานร่วมกับระบบโครงข่ายที่ใช้พลังงานสูง และมีอัตราสิ้นเปลืองแบตเตอรี่สูง นอกเหนือจากนั้น เครือข่ายโทรศัพท์มือถือนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมสำหรับแอปพลิเคชันต่างๆที่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้อย่างบางเบาและบ่อยครั้ง และนอกเหนือจากนี้แล้ว มาตรฐานของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ Cellular ที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันเช่น 3G, 4G หรือ 5G ในอนาคตนั้น ไม่สามารถรองรับอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานได้ อย่างที่ NB-IoT สามารถทำได้ จึงทำให้มาตรฐาน cellular ดังกล่าวไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีราคาถูก เนื่องจากจำเป็นต้องมีแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานได้หลายปี

NB-IoT สามารถที่จะใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเข้ากับอุปกรณ์จำนวนมากได้ และทำให้แอปพลิเคชันใหม่ๆสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับการใช้งานแอปพลิเคชันที่ต้องใช้งานผ่านการสื่อสารด้วยสัญญาณข้อมูลขนาดเล็กในระยะเวลานาน เนื่องจาก NB-IoT นั้นใช้งานผ่านย่านความถี่ที่ได้รับการอนุญาตแล้ว เราจึงมั่นใจได้ว่าเราจะได้รับทั้งความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ พร้อมกับได้รับประกันคุณภาพการบริการ

การใช้งานคลื่นสัญญาณโทรศัพท์มือถือสำหรับแอปพลิเคชัน NB-IoT ทั่วไปจะมีราคาแพงเกินไป อีกทั้ง แอปพลิเคชัน NB-IoT ยังไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่ประสิทธิภาพ แอปพลิเคชัน NB-IoT จะเน้นไปที่การถ่ายโอนข้อมูลที่อัดแน่นด้วยความเร็วที่ช้า ซึ่งจะเหมาะสมกับระดับขีดความสามารถของอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและมีอายุการใช้งานยาวนานนั้นจะสามารถตัดค่าใช้จ่ายการดำเนินงานและลดความเสี่ยงต่อการถูกลักขโมยได้

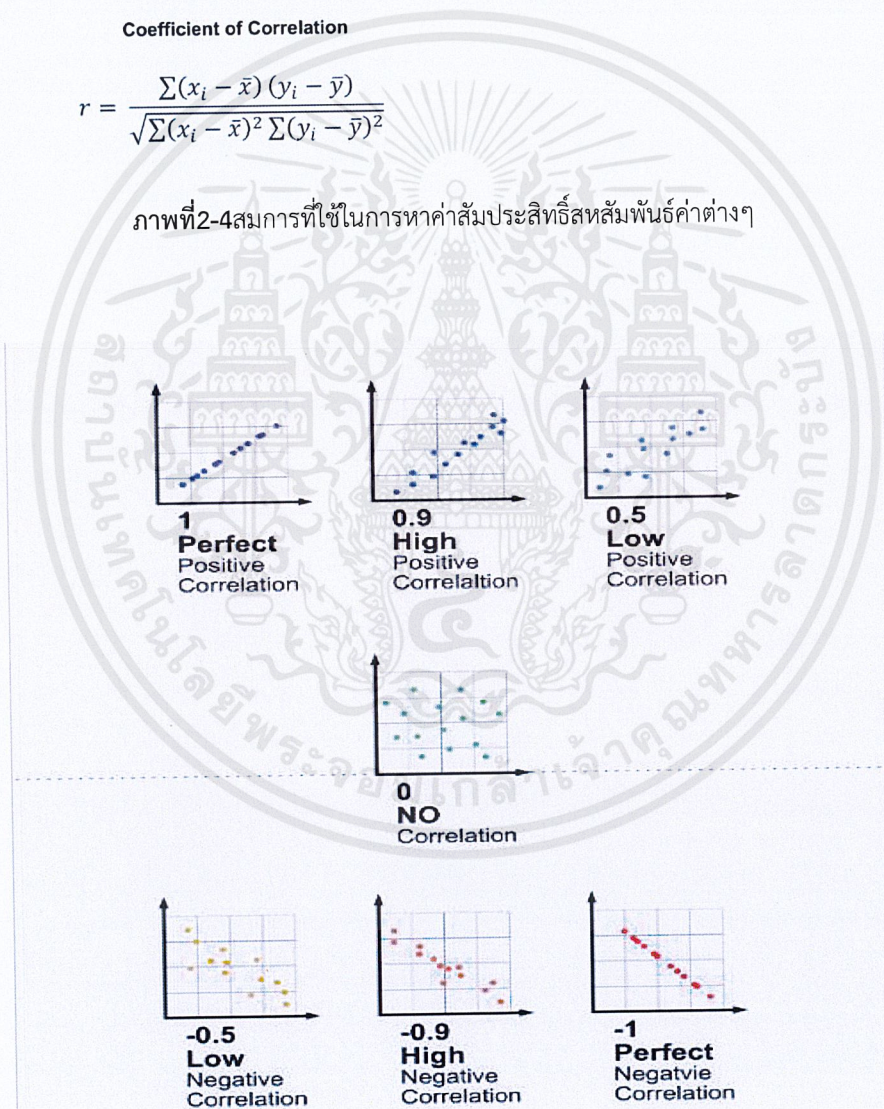
2.3 Correlation หรือ ค่าสหสัมพันธ์

เป็นการดูทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยมี Correlation Coefficient (r) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์นี้ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้จะมีความอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ -1.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ +1.0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และหากมีค่าเป็น 0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

Coefficient of Correlation

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

ภาพที่ 2-4 สมการที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าต่างๆ



ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างของข้อมูลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าต่างๆ

2.4 Linear Regression หรือ การวิเคราะห์การถดถอย

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ซึ่งได้แก่ตัว ประมาณการ (Predictor, X) และตัวตอบสนอง (Response, y) โดยเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear) ทั้งนี้ในขั้นตอนการทำ Regression ต้องมีการเก็บจำนวน Sample space จำนวนมากพอ นั่นคือ มี x และ y ที่มีความสัมพันธ์กันหลายๆ ครั้ง เพื่อนำมาหาสมการความสัมพันธ์

$$Y = a + bX$$

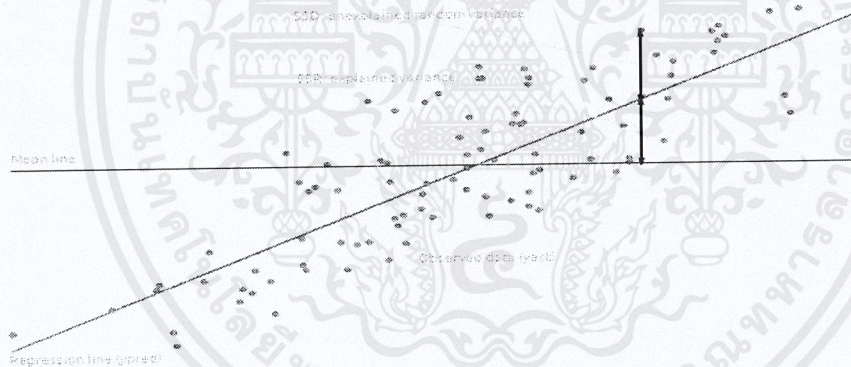
where slope of trend line is calculated as:

$$b_1 = \frac{\sum (x - \bar{x}) * (y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

and the intercept is computed as:

$$b_0 = \bar{y} - (b_1 * \bar{x})$$

ภาพที่2-6สมการความสัมพันธ์

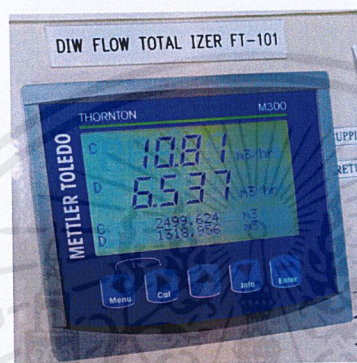


ภาพที่2-7ตัวอย่างการสร้างสมการความสัมพันธ์

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1ศึกษาปัญหาของโรงงาน

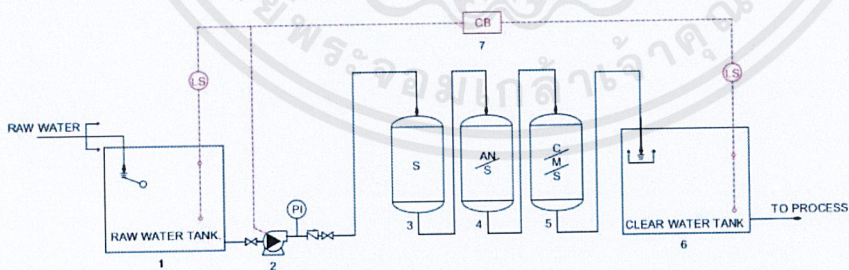
การที่โรงงานต้องการทราบค่าปริมาณการใช้น้ำจะต้องอ่านค่าจากมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้ในส่วนด้านหลังของโรงงาน ซึ่งตัวมิเตอร์ไม่มีระบบการส่งออกข้อมูลแบบไร้สายทำให้ต้องใช้พนักงานไปจดบันทึกค่าในแต่ละเดือน



รูปภาพที่3-1 มิเตอร์ที่บอกค่าปริมาณการใช้น้ำ

3.2ศึกษาระบบน้ำDI water

ระบบที่ใช้จะเป็นการหมุนเวียนน้ำในกระบวนการผลิตโดยจะทำการส่งน้ำไปให้โรงงานและหากโรงงานไม่มีการใช้น้ำจะหมุนเวียนกลับมาที่เดิมโดยปริมาณการใช้น้ำสามารถหาได้จากการเอาปริมาณน้ำออกหักลบปริมาณน้ำเข้า

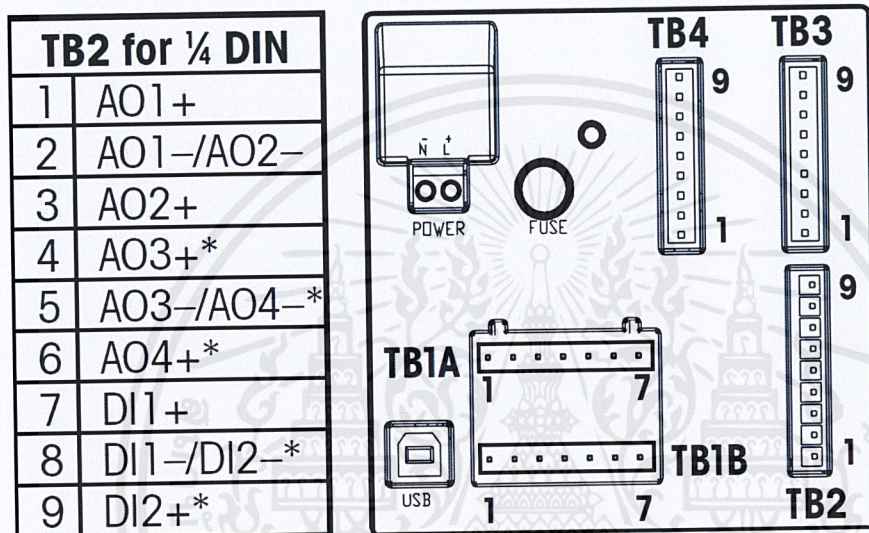


รูปภาพที่3-2 แผนผังการทำงานของระบบDI water

3.3 ศึกษาการทำงานของมิเตอร์น้ำ

เนื่องจากเราต้องการเอาข้อมูลจากมิเตอร์น้ำที่ติดตั้งอยู่จึงต้องทำการศึกษาคู่มือของมิเตอร์น้ำจากการศึกษาพบว่าในตัวมิเตอร์มีระบบการสื่อสารแบบ4-20mAกระแสวนรูป

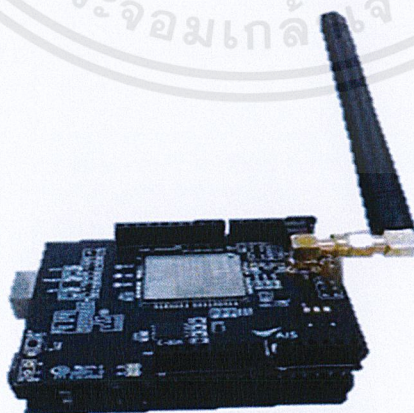
จึงเลือกใช้ระบบนี้เพราะว่าการสื่อสารในระบบนี้ง่ายต่อการใช้ฮาร์ดแวร์ภายนอกและสามารถซ่อมบำรุงในอนาคตได้



รูปภาพที่3-3พอร์ตสื่อของมิเตอร์

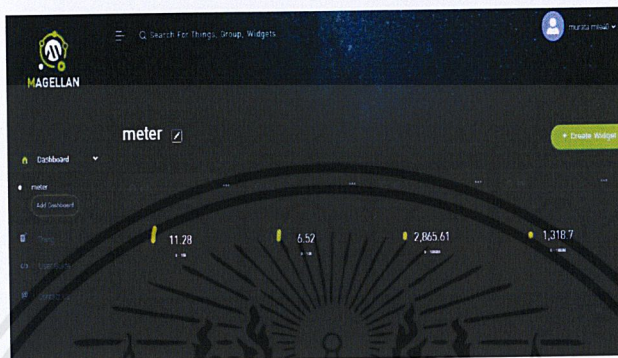
3.4 ศึกษาเทคโนโลยีNB-IOT

เนื่องจากข้อจำกัดของการใช้ระบบWiFiจึงเลือกใช้เทคโนโลยีNB-IOTซึ่งตัวเทคโนโลยีนี้มีจุดเด่นคือการใช้พลังงานต่ำและสามารถส่งข้อมูลได้ไกลและไม่จำเป็นต้องติดตั้งWiFiเพิ่มเติม



รูปภาพที่3-4AIS NB-IOT

ซึ่งผู้ให้บริการด้านNB-IOTในประเทศไทยมี2ค่ายหลักๆคือของTRUEและAISจากการพิจารณาจากค่าบริการและการมีdashboardสำเร็จให้บริการจึงเลือกใช้ของAIS



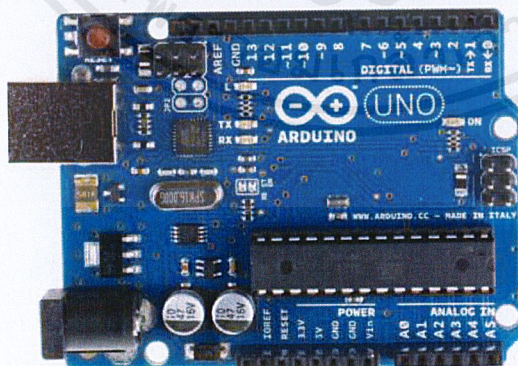
รูปภาพที่3-5dashboardสำเร็จของAIS

3.5ติดตั้งฮาร์ดแวร์

หลังจากศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจึงเริ่มสร้างชิ้นงานโดยชิ้นงานมีส่วนสำคัญสองส่วนหลักๆ คือส่วนการอ่านข้อมูลและการส่งข้อมูล

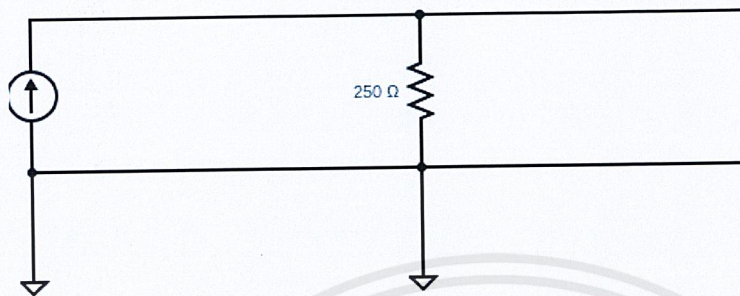
3.5.1การออกแบบฮาร์ดแวร์

เริ่มจากการการอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ที่ใช้ระบบ4-20mAจึงเลือกใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์ ARDUINO UNO R3 ที่มีพอร์ตA/DในตัวและสามารถทำงานกับNB-IOTได้โดยไม่ต้องใส่อุปกรณ์เสริม



รูปภาพที่3-6 ARDUINO UNO R3

เนื่องจาก ARDUINO UNO R3 ใช้ไฟที่ 1-5v จึงต้องสร้าง PCB เพื่อแปลงกระแสเป็นแรงดันไฟโดยใช้ตัวต้านทาน 250ohm ขนานกับกระแส output ของมิเตอร์น้ำ



รูปภาพที่ 3-7 วงจรสมมูลของวงจรที่ใช้เปลี่ยนจาก 4-20mA เป็น 1-5V

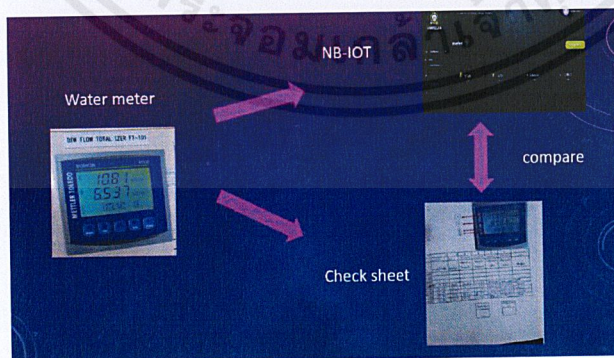
3.5.1 การออกแบบซอฟต์แวร์

ส่วนของคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมแบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ

1. ส่วนการอ่านข้อมูล ใช้ ARDUINO IDE ในการเขียนคำสั่งการอ่านค่าจากเซนเซอร์ทุกๆ 1 นาที และทำการส่งค่าผ่าน NB-IOT ทุกๆ 10 นาที
2. ส่วนการจัดเก็บข้อมูล จะทำการใช้ NODE-RED ในการดึงข้อมูลจาก dashboard ของ NB-IOT ทุกๆ 10 นาที มาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลของบริษัท

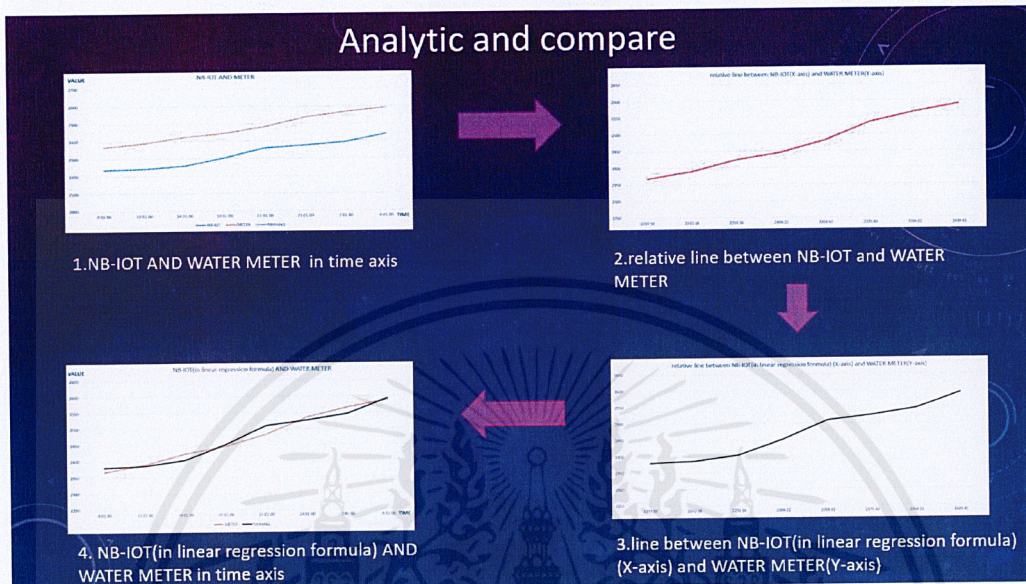
3.6 เก็บข้อมูลที่ได้และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

ได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 แบบ คือ ปริมาณการใช้น้ำจริงๆ ที่อ่านได้จากมิเตอร์ โดยให้พนักงานทำการจดทุกๆ 3 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกลงใน check sheet เพื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จาก NB-IOT



รูปภาพที่ 3-8 กระบวนการเปรียบเทียบข้อมูล

ซึ่งพบว่าข้อมูลที่ได้ยังมีการคลาดเคลื่อนอยู่ประมาณร้อยละ5-8%จึงได้ใช้หลักการ Linear Regression มาลดค่าความคลาดเคลื่อน



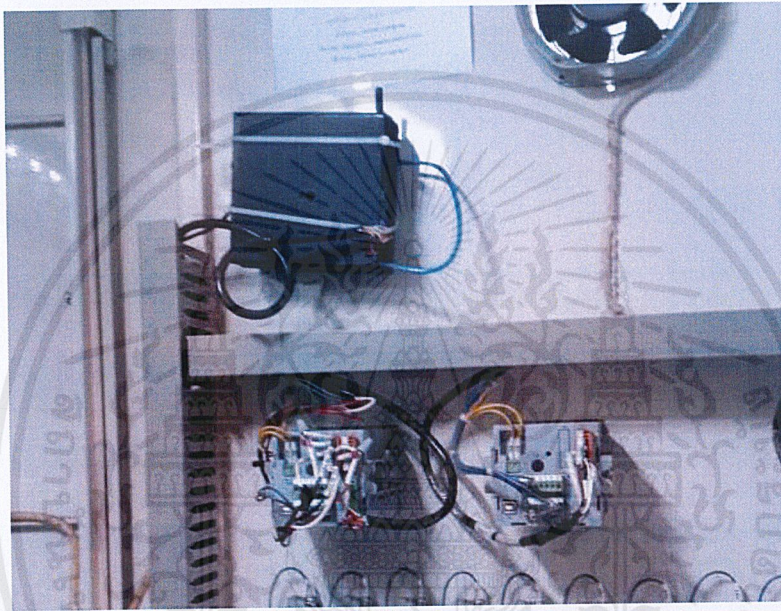
รูปภาพที่3-9กระบวนการนำlinear regressionมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

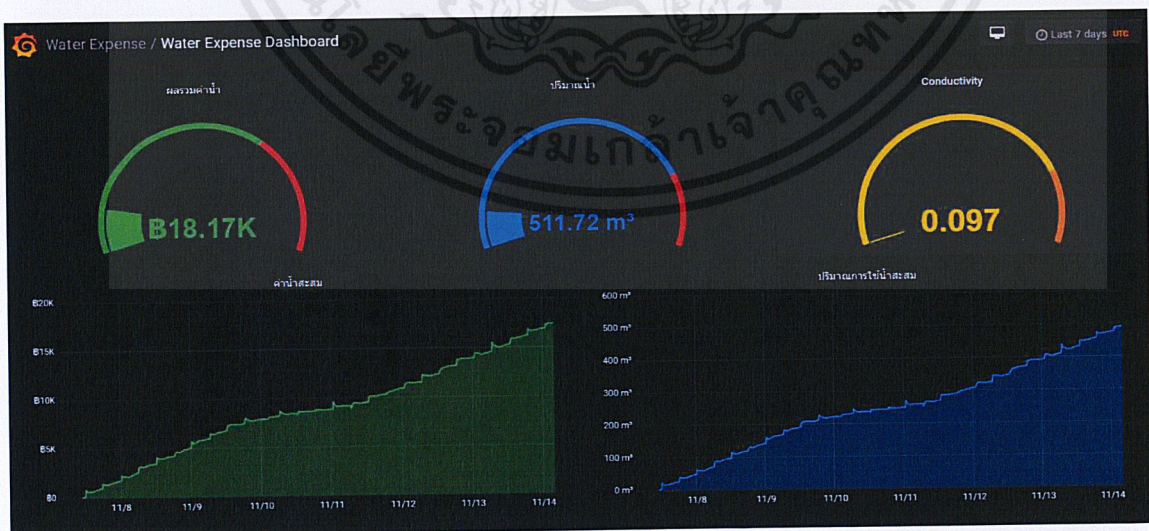
บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากผลของการดำเนินการวิจัยทำให้มีการติดตั้งโมดูลกับมิเตอร์น้ำ2ที่ในโรงงานเพื่อทำการส่งข้อมูลทำงานโดยใช้โมดูลติดตั้งตั้งเข้ากับส่วนการสื่อสาร

สามารถนำข้อมูลจากมิเตอร์น้ำมาแสดงผลแบบreal-timeได้ทำให้สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตขึ้นงานได้ถูกต้องมากขึ้น



รูปภาพที่4-1การติดตั้งโมดูลภายในโรงงาน



รูปภาพที่4-2หน้าdash board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สามารถจัดทำโมเดลสำเร็จเพื่อติดตั้งที่มีเตอร์น้ำทำให้สามารถทราบปริมาณการใช้น้ำ ณ เวลาต่างๆได้ และสามารถบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลของบริษัทได้ทันที

ซึ่งทำให้สามารถลดการใช้ทรัพยากรบุคคลของบริษัทและยังสามารถสรุปงบประมาณการผลิตชิ้นงานได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

โดยค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจะมีค่าไม่เกินร้อยละ 1%

5.2 ข้อเสนอแนะ

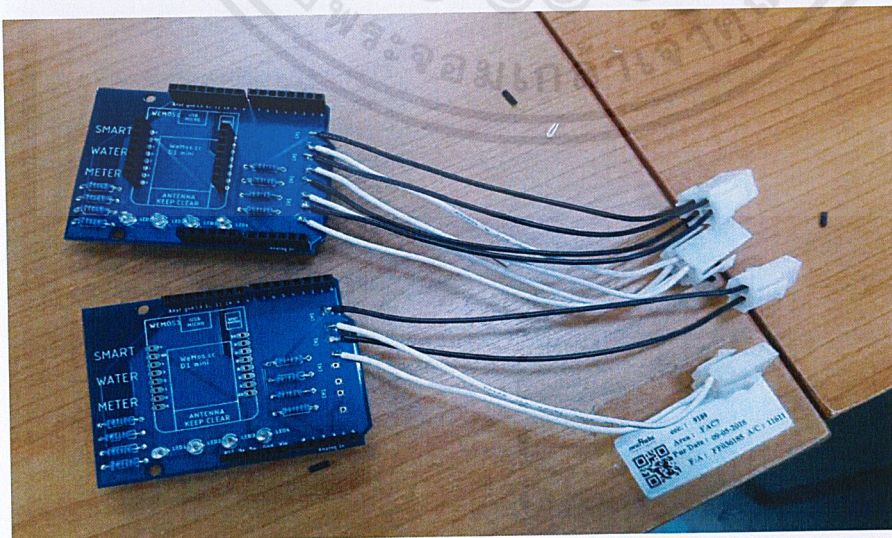
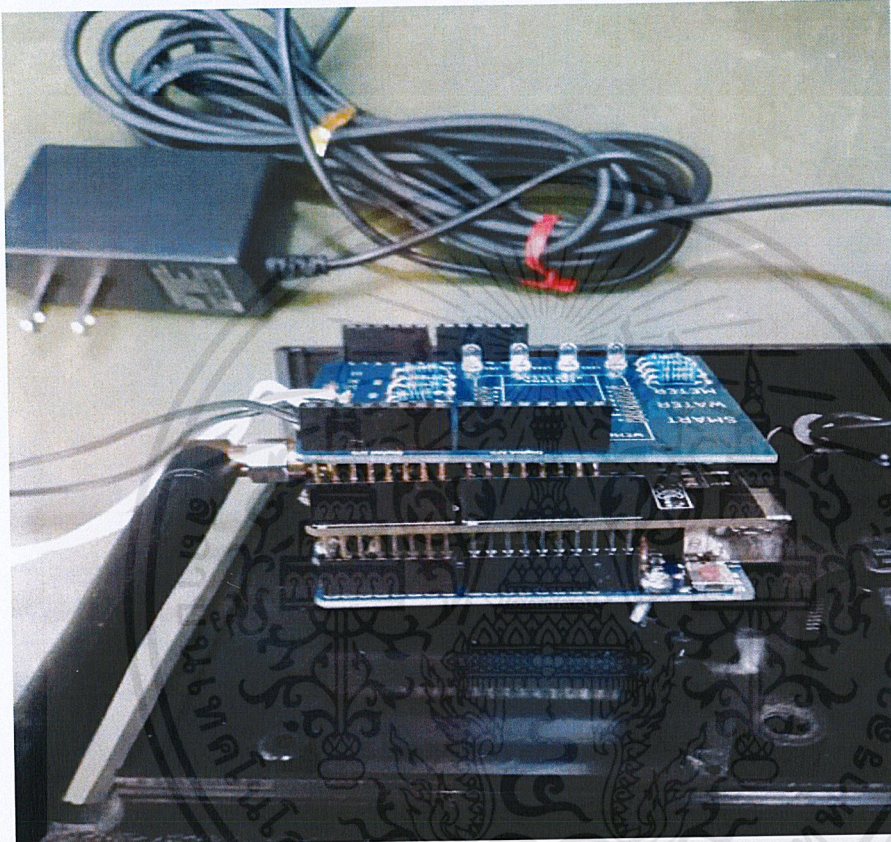
เทคโนโลยี NB-IOT มีความสามารถในการส่งข้อมูลได้เป็นอย่างดีและไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบเพิ่มเติมมากมายแต่ยังมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ เพราะฉะนั้นจึงควรพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Andrew Bruce. Practical Statistics for Data Scientists: 50 Essential Concepts. O'Reilly Media.2017
2. EMC Education Services. Data Science and Big Data Analytics: Discovering, Analyzing, Visualizing and Presenting Data. Wiley.2015
3. Viktor Mayer-Schnberger. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think. John Murray Publishers
4. Simon Monk. Practical Electronics for Inventors. McGraw-Hill Education TAB.2016
5. Michael Margolis. Arduino Cookbook. O'Reilly Media.2011
6. Andy Cooper. Practical Electronics: A Complete Introduction. Teach Yourself.2016
7. Hossam Fattah. 5G LTE Narrowband Internet of Things (NB-IoT).O'Reilly Media.2018

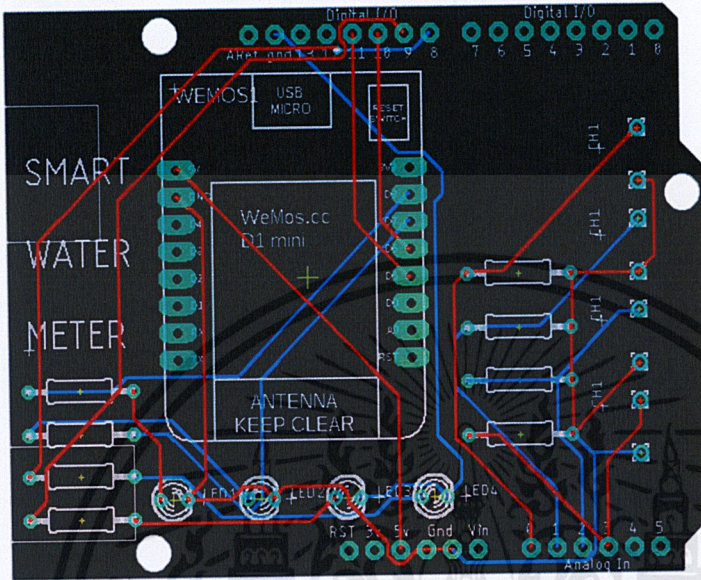
ภาคผนวก

โมดูลสำเร็จที่นำไปติดตั้ง

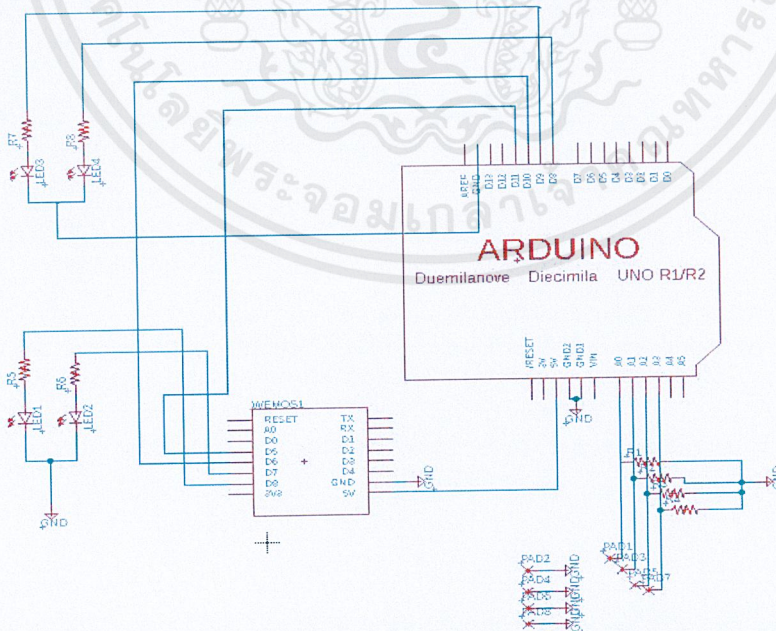


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCBของโมดูล

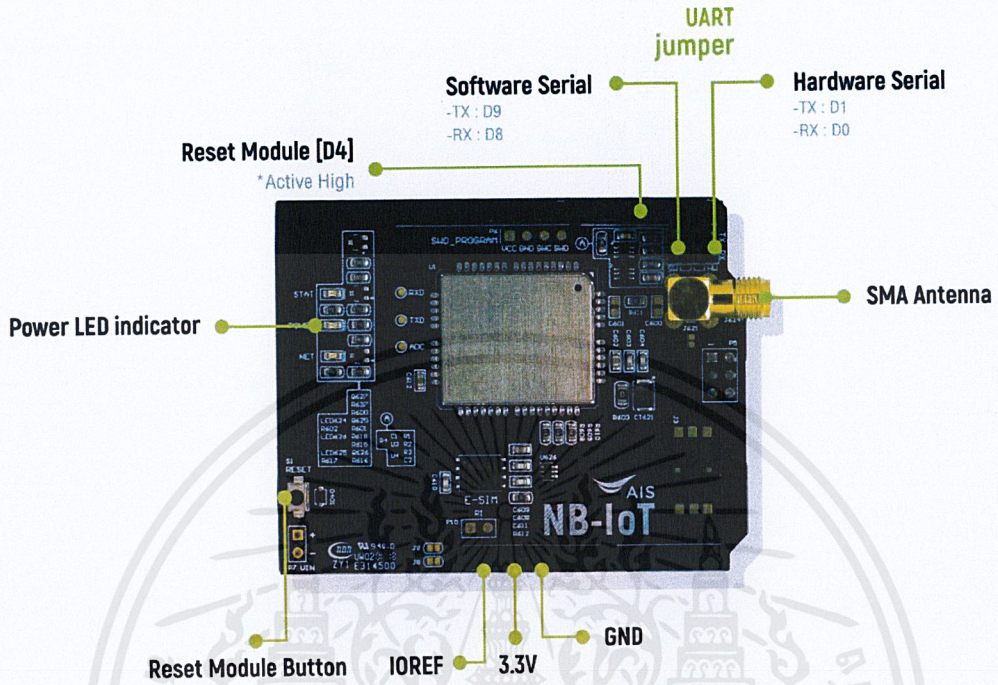


SCHMATICของโมดูล

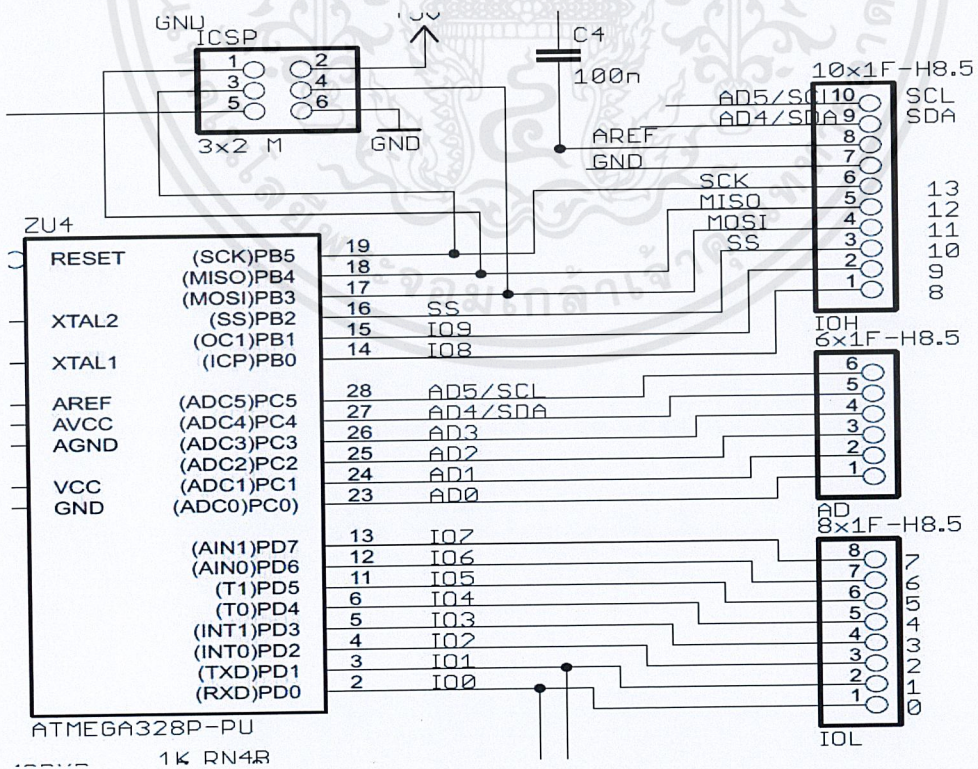


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AIS NB-IOT pinout



ARDUINO UNO schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source code: Arduino IDE

```
#include "Magellan.h"
#include <avr/wdt.h>
Magellan magel;
char auth[] =
    "dd4f0820-cae0-11e9-96dd-9fb5d8a71344";
void softwareReset( uint8_t prescaler) {
    wdt_enable( prescaler);
    Serial.println("Restart.....");
    while (1) {}
}
unsigned long rebootTime = 0;
long sendTime = 0;
long av_time = 0;
String payload;
int ga = A0;
int gb = A1;
int gc = A2;
int gd = A3;
int QW = 12;
int n = 0;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(12, OUTPUT);
    digitalWrite(12, HIGH);
    magel.begin(auth);
    pinMode(ga, INPUT);
    pinMode(gb, INPUT);
    pinMode(gc, INPUT);
    pinMode(gd, INPUT);
    digitalWrite(12, LOW);
    rebootTime = millis();
    sendTime = millis();
    av_time = millis();
}

float CC = 0.000;
float DD = 0.000;
```

```

void loop() {
    long A_t = millis();
    if (A_t - av_time > 60000) {
av_time = A_t;
n++;
float c = analogRead(gc);
float d = analogRead(gd);
float voltageC = voltage(c);
float voltageD = voltage(d);
float C = mapfloat(voltageC, 1.000, 5.000, 0.000, 20000.000);
float D = mapfloat(voltageD, 1.000, 5.000, 0.000, 20000.000);
CC = CC + C;
DD = DD + D;
}

```

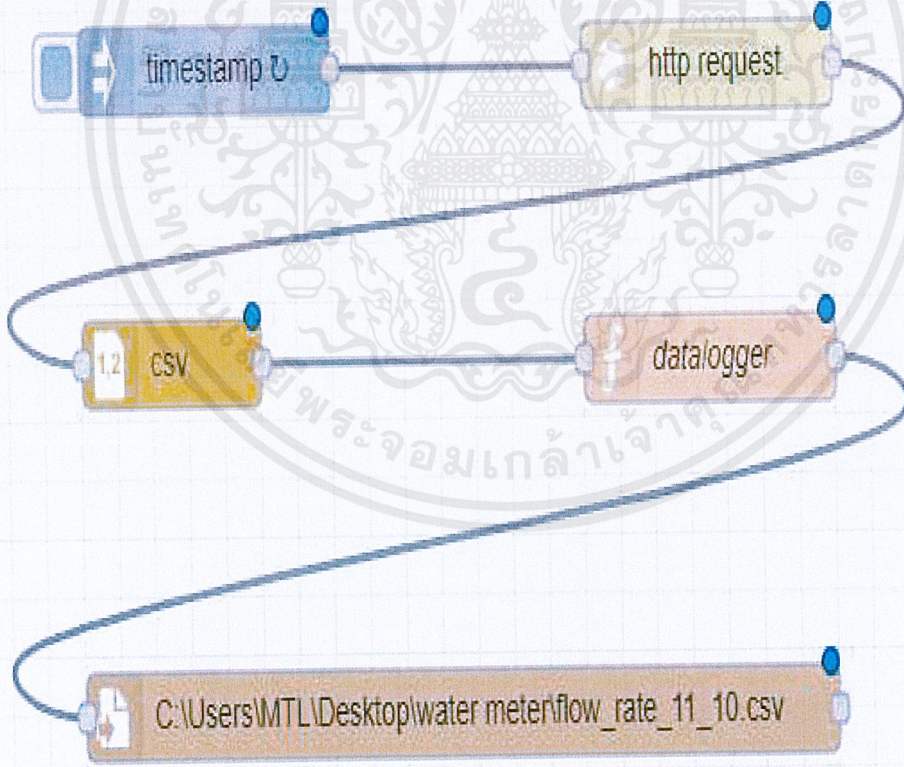
```

long rt = millis();
Serial.println(rt - sendTime);
if (rt - sendTime > 630000) {
    sendTime = rt;
    float a = analogRead(ga);
    float b = analogRead(gb);
    float voltageA = voltage(a);
    float voltageB = voltage(b);
    float AA = mapfloat(voltageA, 1.000, 5.000, 0.000, 100.000);
    float BB = mapfloat(voltageB, 1.000, 5.000, 0.000, 100.000);
    String INanalog1 = String(AA);
    String INanalog2 = String(BB);
    String INanalog3 = String(CC / n);
    String INanalog4 = String(DD / n);
    payload = "{\"IN1\":" + INanalog1 + "\",\"IN2\":" + INanalog2 + "\",\"IN3\":" + INanalog3 + "\",\"IN4\":" + INanalog4 + "\"}";
    Serial.println(payload);
    magel.post(payload);
    digitalWrite(12, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(12, LOW);
    delay(500); }

```

```
unsigned long now = millis();
if (now - rebootTime > 21600000) {
  rebootTime = now;
  softwareReset(WDTO_60MS);
}
}
float voltage (float v)
{
  return v * (5.000 / 1024.000);
}
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
```

Source code: Node-Red



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties

✉ Payload

▼ timestamp

☰ Topic

Inject once after 0.1 seconds, then

🔄 Repeat

interval between times ▼

every 30 minutes

between 00:00 and 01:00 ▼

on Monday Tuesday Wednesday
 Thursday Friday Saturday
 Sunday

☰ Columns

IN1,IN2,IN3,IN4

🔗 Separator

comma ▼

📌 Name

Name

☰ Method

GET ▼

🌐 URL

https://www.aismagellan.io/api/things/pull/dd4f082

Append msg.payload as query string parameters

Enable secure (SSL/TLS) connection

Use authentication

Use proxy

← Return

a parsed JSON object ▼

Filename

C:\Users\MTL\Desktop\water meter\flow_rate_11_

Action

append to file

Add newline (\n) to each payload?

Create directory if it doesn't exist?

Encoding

utf8

Name

datalogger

Function

```
1 var val = msg.payload;
2 var d = new Date();
3 var date = d.toISOString().substring(2,10);
4 var yyyy = "20"+d.toISOString().substring(2,4);
5 var mm = d.toISOString().substring(5,7);
6 var dd = d.toISOString().substring(8,10);
7 var tstring = dd + "/" + mm + "/" + yyyy;
8 tstring += " ";
9 tstring += ('0'+((d.getHours()%12 | 1)).slice(2));
10 tstring += ('0'+d.getMinutes()).slice(-2) + ((d.getHours() >= 12)? ' PM':' AM');
11 var str = tstring+" "+val;
12 msg.payload = str;
13 return msg;
```

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายชลัมพล ชัยจันทร์

วันเดือนปีเกิด 6 มิถุนายน 2541

ที่อยู่ 4/19 ถนนพัฒนานางูวงศ์ ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

อีเมลล์ schlumpon292@gmail.com

เบอร์โทรศัพท์ 0887364107

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล

ระดับมหาวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรม

อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก MTE40

บริษัท Murata Electronics (Thailand), Ltd.