# ระบบเครือข่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงานอัจฉริยะสำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด

## Smart Sensor and Smart Activator Network for Closed Plant Production Unit

นายชัยชาญ มณฑา

นายณัฐนนท์ คำจันดา

นายทิพาพร ทองโพธิ์

**โครงร่างปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**

**ปีการศึกษา 2563**

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | |
|---|---|
| ชื่อหัวข้อโครงงาน | ระบบเครือข่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงานอัจฉริยะสำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด |
| ผู้ดำเนินโครงงาน | นายชัยชาญ มณฑา รหัสนิสิต 60361002 |
| | นายณัฐนนท์ คำจันดา รหัสนิสิต 60361347 |
| | นายทิพาพร ทองโพธิ์ รหัสนิสิต 60361729 |
| ที่ปรึกษาโครงงาน | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ไกรทอง |
| ที่ปรึกษาโครงงานร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องกล |
| ภาควิชา | วิศวกรรมเครื่องกล |
| ปีการศึกษา | 2563 |

---

.......................................................ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง)

.......................................................ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

(ผศ. ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

.......................................................กรรมการ

(รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)

.......................................................กรรมการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

| | |
|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | ระบบเครือข่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงานอัจฉริยะสำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายชัยชาญ มณฑา รหัสนิสิต 60361002 |
| | นายณัฐนนท์ คำจันดา รหัสนิสิต 60361347 |
| | นายทิพาพร ทองโพธิ์ รหัสนิสิต 60361729 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ไกรทอง |
| **ที่ปรึกษาโครงงานร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมเครื่องกล |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมเครื่องกล |
| **ปีการศึกษา** | 2563 |


## บทคัดย่อ


โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบเครือข่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงานอัจฉริยะสำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด เพื่อใช้ในการเก็บค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นของอากาศ โดยมีระบบเซนเซอร์ที่ทำการติดตั้งไว้ที่บริเวณต่าง ๆของชุดปลูกพืชเพื่อทำตรวจวัดค่าในรูปแบบเรียลไทม์ และมีการรับสงข้อมูลผานตัวกลาง Cloud MQTT โดยโครงงานนี้ระบบเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้นถูกดำเนินการทดสอบเก็บค่าสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยระบบเซนเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ตรวจวัดค่าความเข้มแสง ตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำ และแสดงค่าสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัดได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทางไกล

จากการทดสอบการทำงานของระบบพบว่า ระบบเซนเซอร์สามารถช่วยในการจัดการการปลูกพืชโดยแสดงค่าการตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ และสามารถแสดงค่าผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่ซึ่งเลือกดูค่าต่าง ๆ ได้ผ่านโทรศัพท์หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์

| | |
|---|---|
| **Project title** | Smart Sensor and Smart Activator Network for Closed Plant Production Unit |
| **Name** | Mr. Chaichan Montha ID. 60361002 |
| | Mr. Natthanon Khamchanda ID. 60361347 |
| | Mr. Thipapon Thongpho ID. 60361729 |
| **Project advisor** | Asst. Prof. Dr. Kwanchai Kraitong |
| **Co-advisor** | Asst. Prof. Choopong Chuaypen |
| **Major** | Mechanical Engineering |
| **Department** | Mechanical Engineering |
| **Academic year** | 2020 |

.....................................................................................................................................................


## Abstract

The purpose of this study is to develop a smart sensor and smart activator network for a closed plant production unit in order to collect various environmental parameters which are necessary for plant growth such as temperature and air humidity. This smart sensor system consists of a group of sensors mounted on various positions of the crop unit for measuring the parameter values in real time and transmitting data through the Cloud MQTT. In this project, the developed smart system was tested with the collection of essential environmental data for plant growth by using the sensor system measuring humidity, air temperature and water flow rate. The system further displayed all measured environmental data on the mobile computer through long-distance internet network.

The results of this study showed that the application of a developed smart sensor system for plant management could display accurate measured environmental parameters on smartphone or computer via the internet network.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของผู้ดำเนินโครงงานได้นั้น ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย ไกรทอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด และชี้แนะความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงาน ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี รองศาสตราจารย์ ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณบิดามารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดูและคอยสนับสนุนให้กำลังใจเป็นอย่างดีในการทำโครงงานในครั้งนี้จนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน จนทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ดำเนินงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายชัยชาญ มณฑา
นายณัฐนนท์ คำจันดา
นายทิพาพร ทองโพธิ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | ก |
| Abstract | ข |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ค |
| **สารบัญ** | ง |
| **สารบัญตาราง** | ฉ |
| **สารบัญรูป** | ช |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 แผนการดำเนินงาน | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน | 4 |
| 1.6 งบประมาณที่ใช้ | 4 |
| **บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง** | 5 |
| 2.1 องค์ประกอบของ Plant Factory | 5 |
| 2.2 ไมโครคอลโทรเลอร์ และ Arduino platform | 5 |
| 2.3 บอร์ดควบคุม Node MCU V3 รุ่น ESP8266 | 6 |
| 2.4 เซนเซอร์และอุปกรณ์ที่เลือกนำมาใช้ในชุดปลูกพืชระบบปิด | 7 |
| 2.5 แหล่งจ่ายไฟ และตัวแปลงไฟ | 11 |
| 2.6 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมดของชุดปลูก | 12 |
| 2.7 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) | 13 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 14 |
| **บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน** | 15 |
| 3.1 การพัฒนาระบบเซนเซอร์สำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด | 15 |
| 3.2 การดำเนินงานโครงงาน | 16 |
| 3.3 หลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ | 21 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.4 การแสดงค่าของระบบเซนเซอร์ ผ่าน MQTT | 22 |
| **บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล** | 27 |
| 4.1 การทดสอบแสดงค่าสภาพแวดล้อมของระบบเซนเซอร์ที่ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT BOX | 27 |
| 4.2 การแสดงค่าสถานะ เปิด/ปิด ของอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ ในชุดปลูกพืชระบบปิด | 31 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน** | 33 |
| 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน | 33 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 34 |
| **แหล่งอ้างอิง** | 36 |


มหาวิทยาลัยนเรศวร

# สารบัญตาราง

**ตาราง** **หน้า**


**1.1** แผนการดำเนินงาน 3

**1.2** งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน 4

# สารบัญรูป


| รูป | | หน้า |
|---|---|---|
| **2.1** | บอร์ดควบคุม Node MCU V3 | 6 |
| **2.2** | ส่วนประกอบของบอร์ดควบคุม Node MCU V3 | 7 |
| **2.3** | GY-SHT3X | 8 |
| **2.4** | DS18B20 | 8 |
| **2.5** | YF-S201 | 9 |
| **2.6** | LDR | 9 |
| **2.7** | การเปรียบเทียบค่าความดันตกคร่อมกับค่าความเข้มแสง | 10 |
| **2.8** | Switching Power supply | 11 |
| **2.9** | Switching Regulator Module 5 Volt | 11 |
| **2.10** | ตำแหน่งการติดตั้งระบบเซนเซอร์ทั้งหมดในชุดปลูกพืชระบบปิด | 12 |
| **2.11** | Broker, Publisher และ Subscriber | 13 |
| **3.1** | แผนผังการดำเนินโครงงาน | 16 |
| **3.2** | เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน | 18 |
| **3.3** | แผ่น PCB สำหรับติดตั้งบอร์ดควบคุม | 18 |
| **3.4** | เคสสำหรับจัดเก็บแผ่น PCB และบอร์ดควบคุม | 19 |
| **3.5** | การแสดงไฟบอกสถานะการทำงานของระบบเซนเซอร์ | 20 |
| **3.6** | หลักการรับ/ส่งข้อมูล MQTT | 21 |
| **3.7** | แผนการทำงานของระบบเซนเซอร์ | 22 |
| **3.8** | การเลือก WIFI ของระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ | 23 |
| **3.9** | หน้าเว็บ Configure WIFI สำหรับ ME_WIFI_LDR4 | 23 |
| **3.10** | การเชื่อมต่อ WIFI เข้ากับระบบเซนเซอร์ | 24 |
| **3.11** | MQTT Box | 25 |
| **3.12** | การตั้งค่า Host ของ MQTT Server | 25 |
| **3.13** | ตั้งค่า topic | 26 |

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูป** หน้า


**4.1** ค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศแสดงผ่าน MQTT BOX 22

**4.2** ค่าอุณหภูมิของน้ำแสดงผ่าน MQTT BOX 28

**4.3** ค่าอัตราการไหลของน้ำแสดงผ่าน MQTT BOX 29

**4.4** ค่าของแสงแสดงผ่าน MQTT BOX 30

**4.5** การแสดงค่าสถานะ เปิด/ปิดของอุปกรณ์ผ่าน MQTT BOX 32

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

Plant Factory คือ โรงงานผลิตพืช เป็นระบบการปลูกพืชที่ควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น และสารละลายธาตุ เป็นต้น ช่วยให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ได้ผลผลิตสม่ำเสมอ Plant Factory มีการใช้เทคนิค Soilless Culture ในการปลูกพืช เช่น ระบบไฮโดรโพนิกส์ คือการปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลผ่านในรางปลูกพืช โดยใช้ปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางมาที่รากพืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ข้อแตกต่างระหว่าง Plant Factory กับ ระบบไฮโดรโพนิกส์ คือ ระบบ Plant Factory สามารถปลูกพืชในแนวตั้งได้หลายชั้น อาจมากถึง 10 ชั้น ซึ่งเป็นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เหมาะกับสถานที่ที่มีพื้นจำกัด โดยชนิดพืชที่เหมาะสมในการปลูกด้วยระบบ Plant Factory ได้แก่ กลุ่มพืชอาหารหลัก เช่น ข้าว ข้าวสาลี มันฝรั่ง และอ้อย กลุ่มพืชเพื่อสุขภาพ เช่น พืชผัก และพืชสมุนไพร รวมถึงไม้ดอก [1]

ในโครงงานนี้ได้มีการเปลี่ยนชุดปลูกพืชระบบปิดแบบธรรมดาให้เป็น Plant Factory ซึ่งจะมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ และมีการใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่าที่อื่น โดยทำการออกแบบและติดตั้งเซนเซอร์เข้ากับชุดปลูกพืช เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นของอากาศ ในปัจจุบันเริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่ยังติดปัญหาในด้านราคา และการใช้งานอย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการติดตั้งเซนเซอร์ต่าง ๆ ลงในชุดปลูกระบบปิด มีดังนี้

1) มีการติดตามข้อมูลค่าสภาพแวดล้อมในชุดปลูกพืชระบบปิด
2) สามารถบันทึกค่าที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ด้วยระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ
3) สามารถแสดงค่าที่ตรวจวัดได้จากเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (โปรแกรม MQTT Box)

โครงงานนี้ได้ดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับใช้บันทึกข้อมูลในการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม ในชุดปลูกพืชระบบปิด โดยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ชุดปลูกที่แตกต่างกัน เป็นอุปกรณ์หลักในการเก็บค่าสภาพแวดล้อม โดยเซนเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางควบคุมเครือข่ายไร้สาย และได้ใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในการตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยการกำหนดหน้าต่างแสดงค่าขึ้นมาเองตามที่ผู้จัดทำต้องการ ทำให้สะดวกต่อการจัดการข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น ข้อมูลค่าอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ ค่าความเข้มของแสงที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และระบบเครือข่ายเซนเซอร์ดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารการจัดการโรงเรือนเพาะปลูกในรูปแบบของระบบโรงเรือนอัจฉริยะได้อีกด้วย

ดังนั้นในภาพรวมดังกล่าวนี้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิต และช่วยลดต้นทุนในการปลูกพืชได้ เช่น กรณีการควบคุมการให้น้ำแก่พืชในชุดปลูกแต่ละชั้น สามารถใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะได้จากการตรวจวัดโดยเซนเซอร์ที่ติดตั้งในชุดปลูกมาประกอบการตัดสินใจในการควบคุมการจ่ายน้ำให้ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ระบบฮาร์ดแวร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบขึ้น จะสามารถต่อเพิ่มเซนเซอร์ที่ใช้งานทางการเกษตรได้อีกหลากหลายรูปแบบ เช่น เซนเซอร์วัดค่าความเข้มข้นสารละลายเซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซออกซิเจน เป็นต้น ด้วยความหลากหลายของเซนเซอร์ที่จะสามารถทำการเชื่อมต่อใช้งานได้ในระบบ ประกอบกับมีการทำงานเป็นเครือข่ายจึงทำให้สามารถนำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ทำการออกแบบนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย เช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมเครื่องหนัง เป็นต้น

## 1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำ สามารถบันทึกค่า ตรวจวัดค่าได้ โดยเชื่อมต่อกับคลาวด์ได้ (Cloud) รวมถึงสามารถติดตั้งกับชุดปลูกพืชระบบปิดได้ง่าย

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ออกแบบและติดตั้งระบบเซนเซอร์สำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด เพื่อตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ค่าความเข้มแสง อุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำ โดยระบบเซนเซอร์ทั้งหมดจะมีการควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2) ระบบเซนเซอร์สามารถใช้บันทึกค่าและอ่านค่าได้
3) สร้างตัวอย่างระบบเซนเซอร์ เพื่อทดสอบการใช้งานจริงกับชุดปลูกพืชระบบปิด
4) เซนเซอร์ทั้งหมดสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบคลาวด์ได้ (Cloud)

## 1.4 แผนการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** แผนการดำเนินงาน

| กิจกรรม | 2562 | 2563 | | | | | | | | | | 2564 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
| ศึกษาทฤษฎีรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | | | | | | |
| เลือกอุกรณ์และดำเนินการสั่งซื้อ | | | | | | | | | | | | | | | |
| ออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์ | | | | | | | | | | | | | | | |
| ทดสอบประสิทธิภาพของระบบเซนเซอร์ | | | | | | | | | | | | | | | |
| วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ | | | | | | | | | | | | | | | |
| จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงงาน | | | | | | | | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

ระบบเซนเซอร์ที่มีราคาถูก โดยเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์ได้ (Cloud) และสามารถตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้ และสามารถบันทึกค่าที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงนำไปติดตั้งที่บริเวณของชุดปลูกพืชได้ง่าย

## 1.6 งบประมาณที่ใช้

**ตารางที่ 1.2** งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน

| เซนเซอร์/บอร์ดควบคุม | รุ่น | ราคา(บาท) | จำนวน(ชิ้น) | ราคารวม(บาท) |
|---|---|---|---|---|
| 1. อุณหภูมิและความชื้นอากาศ | GY-SHT3X | 300 | 3 | 900 |
| 2. อุณหภูมิน้ำ | DS18B20 | 75 | 1 | 75 |
| 3. อัตราการไหลของน้ำ | YF-S201 | 160 | 1 | 160 |
| 4. ความเข้มแสง | LDR | 4 | 6 | 24 |
| 5. Node MCU V3 | ESP8266 | 120 | 12 | 1440 |
| 6. สายไฟเชื่อมต่อ | - | 2 | 40 | 80 |
| 7. แผ่น PCB | - | 100 | 3 | 300 |
| 8. เทอร์มินอล 2 ช่อง | - | 4 | 40 | 160 |
| 9. Power supply | - | 365 | 1 | 360 |
| 10. Switching | BD9C601 | 410 | 3 | 1230 |
| 11. ไมโครสวิทช์ | - | 3 | 11 | 33 |
| 12. หลอดไฟ LED | - | 2 | 33 | 66 |
| 13. ตัวต้านทานขนาดต่าง ๆ | - | 150 | - | 150 |
| ราคารวมโดยประมาณ 4978 บาท | | | | |

# บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 องค์ประกอบของ Plant Factory

Plant Factory คือ โรงผลิตพืชที่ทำการปลูกพืชในพื้นที่ปิด และได้นำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการดูแลพืชอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบแสงเทียม เพื่อช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืช และสามารถตรวจสอบค่าความเข้มแสงได้ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง โดยการควบคุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น โรงผลิตพืชระบบปิดยังสามารถติดเครื่องปรับอากาศ เพื่อที่จะสามารถความคุมอุณหภูมิภายในชุดปลูกให้คงที่ และยังช่วยในเรื่องการป้องกันแมลง หรือศัตรูพืชที่จะเข้ามากัดกินผลผลิต โดยองค์ประกอบของ Plant Factory ประกอบด้วยระบบดังต่อไปนี้

1) ห้องสำหรับใช้ปลูกพืช
2) โครงสร้างชั้นวางรางปลูกพืช
3) ระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น ระบบแสงเทียม ระบบให้น้ำและธาตุอาหารแก่พืช
4) ระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อใช้ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นและอุณหภูมิอากาศ และเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ เป็นต้น

## 2.2 ไมโครคอลโทรเลอร์ และ Arduino platfrom

Arduino คือโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบรารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ Integrated Development Environment ( IDE ) ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นที่นิยมมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี และตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแปลน ทำให้ผู้ผลิตจีนนำไปผลิต และขายออกตลาดมาในราคาที่ถูกมาก ๆ โดยบอร์ดที่ถูกที่สุดในตอนนี้คือบอร์ด Arduino ที่มีราคาเพียง 120 – 150 บาทเท่านั้น Arduino นั้นได้ใช้ชิป AVR เป็นหลักใน Arduino แทบทุกรุ่น สาเหตุมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตะกูล AVR นั้นมีความทันสมัย ในชิปบางตัวสามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี และในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า Bootloader อยู่ในระดับล่างกว่า

ส่วนโปรแกรมปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนโปรแกรมที่จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้สามารถเขียนสั่งให้ทำงานใด ๆ ก็ได้ ก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้ Arduino นั้นอาศัยส่วนโปรแกรมพิเศษนี้ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมลงไปในชิปใช้เพียง USB to UART ก็เพียงพอแล้ว แต่การโปรแกรมด้วยการใช้โปรโตคอล UART ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลาในการบูทเข้าโปรแกรมปกติประมาณ 1 – 2 วินาที [2]

## 2.3 บอร์ดควบคุม Node MCU V3 รุ่น ESP8266

ในโครงงานนี้เลือกใช้บอร์ดควบคุมชนิด Node MCU V3 รุ่น ESP8266 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.1 เป็นบอร์ดที่สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้, สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE ได้เช่นเดียวกับ Arduino จึงเหมาะแก่ผู้ที่คิดจะเริ่มต้นศึกษา หรือทดลองใช้งานเกี่ยวกับ Arduino, IoT, อิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้แต่การนำไปใช้จริงในโปรเจคต่าง ๆ ก็ตาม

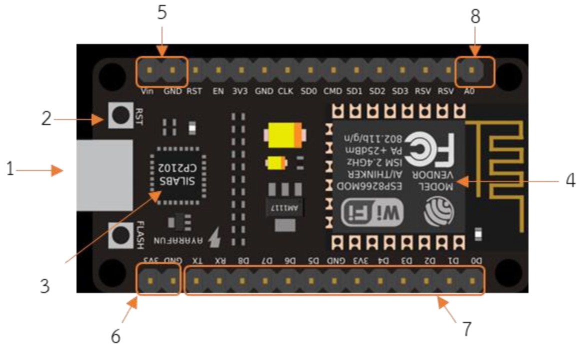
ภายในบอร์ดบอร์ดควบคุมแบบ (ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้) พร้อมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น พอร์ต micro USB สำหรับจ่ายไฟ/อัพโหลดโปรแกรม, ชิพสำหรับอัพโหลดโปรแกรมผ่านสาย USB, ชิพแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก เป็นต้น

รูปที่ 2.1 บอร์ดควบคุม Node MCU V3 [3]

รายละเอียด

- สามารถเชื่อมต่อกับ WiFi ได้โดยไม่ต้องติดตั้งโมดูล WiFi เพิ่มเติม
- ราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับบอร์ดที่มี WiFi ในตัวรุ่นอื่น ๆ
- สามารถเขียน และอัพโหลดโปรแกรมลงบอร์ดด้วยโปรแกรม Arduino IDE ผ่านสาย USB แบบเดียวกับที่ใช้ชาร์จโทรศัพท์ได้
- สามารถอัพโหลดโปรแกรมผ่าน WiFi ได้

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Node MCU V3 รุ่น ESP8266 แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของบอร์ดควบคุม Node MCU V3

1) USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า Node MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2) Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ Node MCU เริ่มการทำงานใหม่
3) ชิปไดร์เวอร์ CP210x ของบอร์ดที่ใช้ในการเชื่อมต่อบอร์ดกับคอมพิวเตอร์
4) ชิปไวไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
5) Power : รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 5-9 V
6) Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
7) I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D8 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial
8) I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก

## 2.4 เซนเซอร์และอุปกรณ์ที่เลือกนำมาใช้ในชุดปลูกพืชระบบปิด

เซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เลือกนำมาใช้ในโครงการนี้ ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ และความชื้นอากาศ เซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ และเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มของแสง โดยรายละเอียดของเซนเซอร์ดังกล่าว แสดงได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศรุ่น GY-SHT3X

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ GY-SHT3X แสดงดังรูปที่ 2.3 เป็นโมดูลเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในตัวเดียว มีความแม่นยำสูง มีตัวต้านทาน Pull up มาแล้วสามารถต่อขาทดลองได้เลย ไม่ต้องต่อเพิ่ม

รูปที่ 2.3 GY-SHT3X [4]

รายละเอียด

- กำลังไฟที่ต้องการ 3.3 โวลต์
- ช่วงความชื้นที่สามารถวัดค่าได้อยู่ที่ 0 ถึง100 % RH
- ช่วงอุณหภูมิที่สามรถวัดค่าได้อยู่ที่ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส
- ค่าความคลาดเคลื่อน +/- 2% RH และ +/- 0.3 องศาเซลเซียส

2.4.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ รุ่น DS18B20

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ รุ่น DS18B20 แสดงดังรูปที่ 2.4 กันน้ำกันความชื้นและป้องกันสนิมด้วยท่อเหล็กกล้าไร้สนิมคุณภาพสูง

รูปที่ 2.4 DS18B20 [5]

รายละเอียด

- กำลังไฟที่ต้องการ: 3.0 - 5.5 โวลต์
- ช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้ : -55℃ ถึง 125℃
- สายไฟยาว : 300 cm
- วัสดุส่วนปลายเซนเซอร์คือ เหล็กไร้สนิม (Stainless Steel Tube)

2.4.3 เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S201

เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S201 แสดงดังรูปที่ 2.5

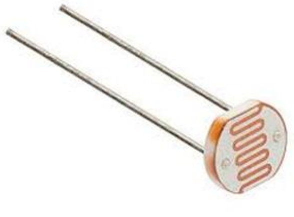
รูปที่ 2.5 YF-S201 [6]

รายละเอียด

- กำลังไฟที่ต้องการ 5 โวลต์
- อัตราการไหลที่สามารถวัดได้ 1 ถึง 30 ลิตรต่อนาที

2.4.4 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง ชนิด Light Dependent Resistor ( LDR )

เซนเซอร์วัดความเข้มแสง Light Dependent Resistor ( LDR ) แสดงดังรูปที่ 2.6 ใช้วัดความเข้มของแสงได้ทั้งจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง หรือจากการสะท้อนจากวัตถุ



รูปที่ 2.6 LDR [7]

รายละเอียด

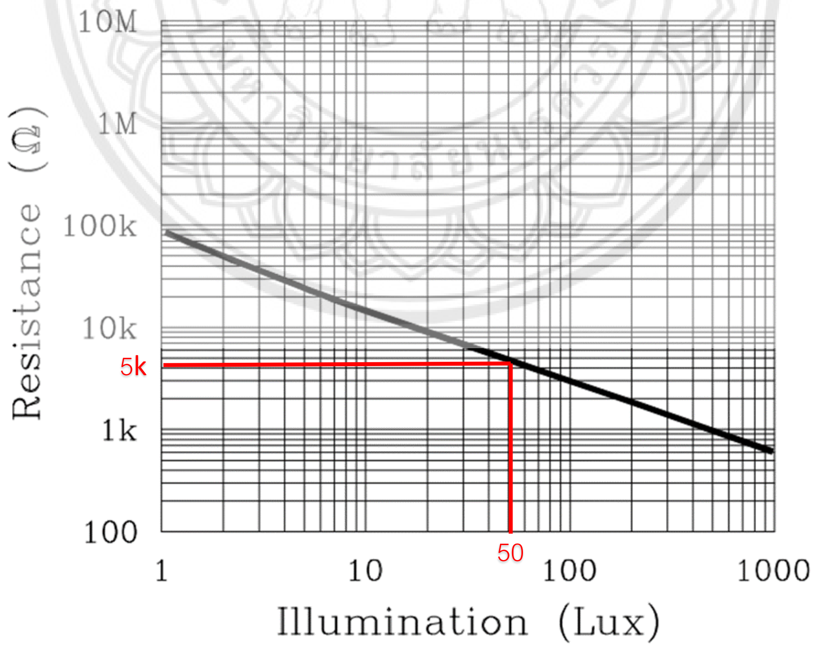
- กำลังไฟที่ต้องการ 5 โวลต์
- ตัวต้านทานปรับค่าได้ตามแสง
- ความกว้างพื้นที่ผิวรับแสง 5 mm
- ความเร็วตอบสนอง  0.03 วินาที

<u>หมายเหตุ</u>

ค่าของ LDR จะเป็นการแสดงค่าสัญญาณดิจิตอลที่ออกมาจากบอร์ด ESP8266 มีแรงดันไฟในช่วง 0-3.3v เป็นค่าที่อยู่ในช่วง 0-1256 หน่วยของ LDR และหากเราต้องที่จะค่าในหน่วยมาตรฐานของแสงจะต้องทำการวัดค่าความดันตกคร่อมและค่าวัดของ LDR มาเปรียบเทียบกันให้เป็นหน่วยมาตร เช่น LUX แสดงดังรูปที่ 2.7

<u>ตัวอย่าง</u>

ทำการตรวจวัดค่า LDR ได้ 700 หน่วยมีค่าความดันตกคร่อมประมาณ 5 กิโลโอห์ม ดังนั้นจะได้ค่าความเข็มของแสงเท่ากับ 50 lux




รูปที่ 2.7 การเปรียบเทียบค่าความดันตกคร่อมกับค่าความเข้มแสง [8]

## 2.5 แหล่งจ่ายไฟ และตัวแปลงไฟ

Switching Power Supply คือแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง มีระบบตัดไฟอัตโนมัติ เมื่อมีการช๊อตวงจร แสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 Switching Power supply [9]

รายละเอียด

- แรงดันอินพุต :100-240 VAC
- แรงดันเอาต์พุต: 12 Vdc
- กระแสเอาต์พุต: 10 A
- กำลังเอาต์พุต : 120 W
- ขนาด 160*100*42 mm

Switching Regulator Module 5 Volt (3 Amp) เป็นชุด Power Supply ใช้ IC เบอร์ BD9C601 เป็น IC Voltage Switching Regulators แบบ Step Down วงจรออกแบบให้มี Output 5VDC ที่กระแสไฟฟ้าสูงสุด 3 Amp โดยสามารถรับ Input 9 - 16 VDC และไม่มี HEAT SINK ทำให้โมดูลมีขนาดเล็ก แสดงดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 Switching Regulator Module 5 Volt [10]

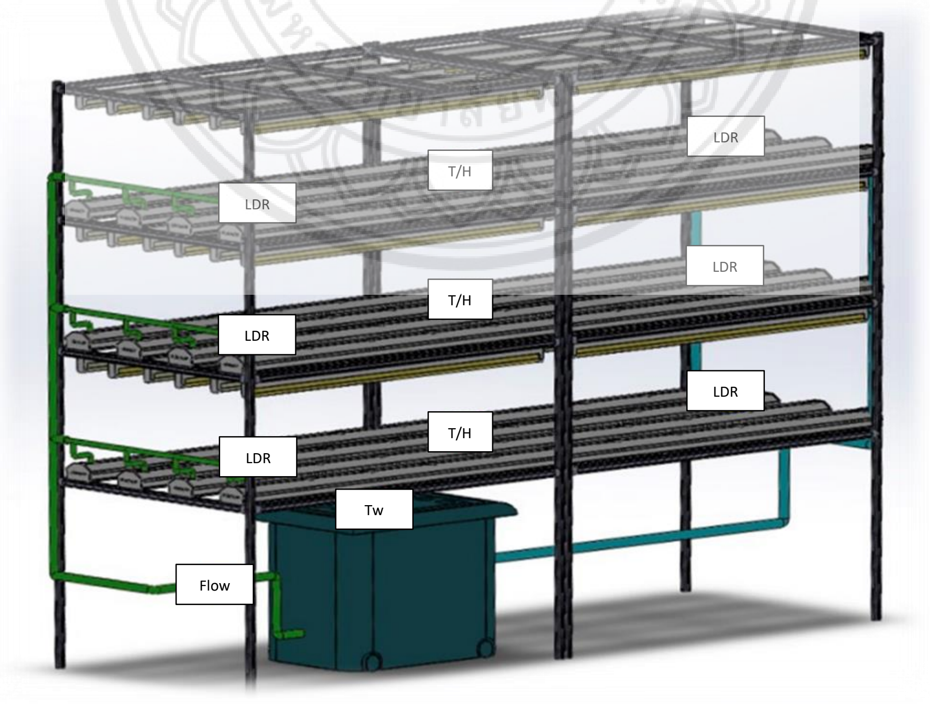
รายละเอียด

- Current: Typical 2.5A, Maximum 3A
- Voltage Output 5VDC: Error ±2%
- ขั้ว Input แบบ TERMINAL 2 PIN และ แบบ DC Jack (ในบวก / นอกลบ)
- ขั้ว OUTPUT แบบ TERMINAL 2 PIN, Pin header 2 ขา ลบ/บวก (-/+) และ USB-A Receptacle
- ไม่มี HEAT SINK ทำให้โมดูลมีขนาดเล็ก (W x L x D ) : 3.8 x 4.8 x 1.5 cm

## 2.6 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมดของชุดปลูก

ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมดของชุดปลูก แสดงดังรูปที่ 2.10

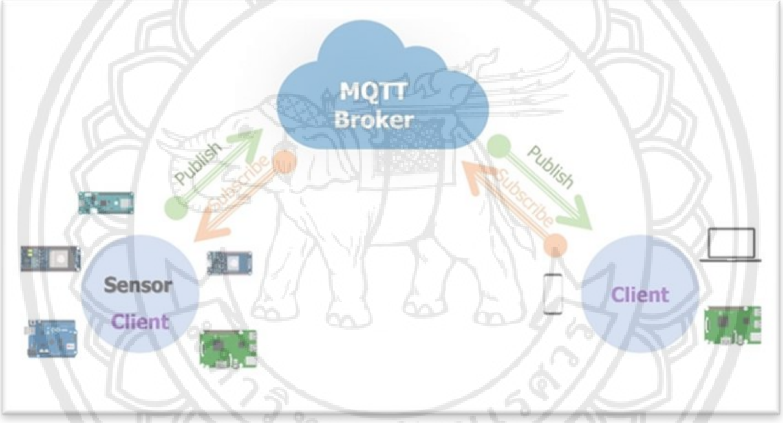
- Humidity and air temperature (T/H) คือ เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศติดตั้งที่บริเวณตรงกลางชุดปลูกทุกชั้น
- Light Dependent Resistor (LDR) คือ เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงติดตั้งที่บริเวณด้านข้างชุดปลูกทั้งสองฝั่งของทุกชั้น
- Water temperature (Tw) คือ เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำติดตั้งที่บริเวณด้านบนถังเก็บน้ำ
- Water Flow (WF) คือ เซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำติดตั้งที่บริเวณท่อทางออกถังเก็บน้ำ




รูปที่ 2.10 ตำแหน่งการติดตั้งระบบเซนเซอร์ทั้งหมดในชุดปลูกพืชระบบปิด

## 2.7 Message Queuing Telemetry Transport ( MQTT )

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เป็น Protocol ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (machine-to-machine) คืออุปกรณ์กับอุปกรณ์ สนับสนุนเทคโนโลยี iot (Internet of Things) คือเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เข้ากับอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้มนุษย์สามารถ ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากที่อื่นได้ เช่น การสั่งปิดเปิดไฟในบ้านจากที่อื่น ๆ โปรโตคอลตัวนี้มีน้ำหนักเบา ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายที่มีขนาดเล็ก แบนด์วิชท์ต่ำ ใช้หลักการแบบ publisher/subscriber คล้ายกับหลักการที่ใช้ใน Web Service ที่ต้องใช้ Web Server เป็นตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ แต่ MQTT จะใช้ตัวกลางที่เรียกว่า Broker เพื่อทำหน้าที่ จัดการคิว รับ - ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber




รูปที่ 2.11 Broker, Publisher และ Subscriber

จากภาพจะเห็นได้ว่า topic จะเป็นตัวอ้างอิงหลัก ข้อมูลที่จะ Publisher ออกไปยัง Broker จะต้องมี topic กำกับไว้เสมอ ทางฝ่าย subscriber ก็จะอ้างถึง topic เพื่อเรียกข้อมูลที่ต้องการ เหมือนกับการสมัครเป็นสมาชิกของหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง ชื่อของหนังสือก็เปรียบเหมือน topic และผู้ผลิตก็คือ publisher เมื่อถึงเวลาที่หนังสือเสร็จ ผู้ส่ง Broker จะนำหนังสือพิมพ์มาส่งให้ผู้รับ เช่น แอพพลิเคชั่นที่ใช้งานคือ Facebook Messenger

MQTT Protocol ประกอบไปด้วย Broker, Publisher และ Subscriber แต่ละอย่างก็จะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปโดย Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางคอยจัดการกับข้อความโดยอ้างอิงจาก topic Publisher จะทำหน้าที่คอยส่งข้อมูลไปยังหัวข้อนั้น ๆ Subscriber จะทำหน้าที่คอยดูการเปลี่ยนแปลงของ message ที่อ้างอิงด้วย topic เช่น ถ้ามีหัวข้อน่าสนใจและมีการเปลี่ยนแปลงก็จะทำการดึงข้อมูลนั้น ๆ มาใช้งาน [11]

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 ระบบเกษตรแบบอัจฉริยะ (Smart Farm)

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ ได้วิจัยการเปลี่ยนไร่นา และฟาร์มเกษตรธรรมดาให้เป็นฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) ซึ่งเป็นฟาร์มอัจฉริยะที่ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ มีการจัดสรรเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม มีใช้เซนเซอร์ ต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในการทำการเกษตร เช่น การติดตามข้อมูลในโรงเรือน บันทึกค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช [12]

2.8.2 ระบบเซนเซอร์ (Sensor)

พินิจ เขื่อนสุวงศ์ และคณะ ได้วิจัยระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม เพื่อเสริมศักยภาพด้านการผลิตทางการเกษตรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลรับส่งข้อมูลไร้สาย โดยทดลองใช้ระบบในการผลิตกาแฟ ณ โครงการพัฒนาดอยตุง ระบบสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงได้ มีการเชื่อมต่อโครงข่ายอุปกรณ์ตรวจวัดผ่าน เครือข่ายไร้สาย ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเลือกรูปแบบการบันทึกค่าที่วัดได้จากฐานข้อมูล 3 รูปแบบ ได้แก่ Text, PDF และ Excel [13]

Sebastian Michel และคณะ ได้วิจัยระบบเครือข่ายเซนเซอร์ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลแก่ผู้ใช้งาน ระบบหลักประกอบด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องการศึกษา โดยมีโปรแกรม Sensor Map ของบริษัทไมโครซอฟท์ และโปรแกรมเชื่อมต่อโปรแกรม Sensor Map เข้ากับเครือข่ายเซนเซอร์ที่ต้องการศึกษา มาช่วยตรวจสอบข้อมูลสิ่งแวดล้อม ส่วนข้อมูลที่ตรวจสอบได้จะแสดงบนแผนที่ดิจิตอล ความละเอียดสูง นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถเรียกดูข้อมูลในอดีตได้อีกด้วย [14]

Siddeswara Mayura Gur และคณะ ได้วิจัยระบบเฝ้าระวังและพยากรณ์ระบบน้ำโดยจัดทำ เป็นโครงการนำร่อง ระบบนี้ได้นำเทคโนโลยี Sensor Web มาใช้ที่ลุ่มน้ำ Esk River ทางตะวันออกเฉียงเหนือ ของรัฐ Tasmania ในประเทศออสเตรเลีย โครงการดังกล่าวทำให้สามารถ ประเมินความเหมาะสมในการนำเอามาตรฐาน Sensor Web Enablement (SWE) ที่กำหนดโดย Open Geospatial Consortium มาใช้งานในการบริหารจัดการน้ำ และพยากรณ์การไหลของน้ำในแม่น้ำได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ [15]

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

## 3.1 การพัฒนาระบบเซนเซอร์สำหรับชุดปลูกพืชระบบปิด

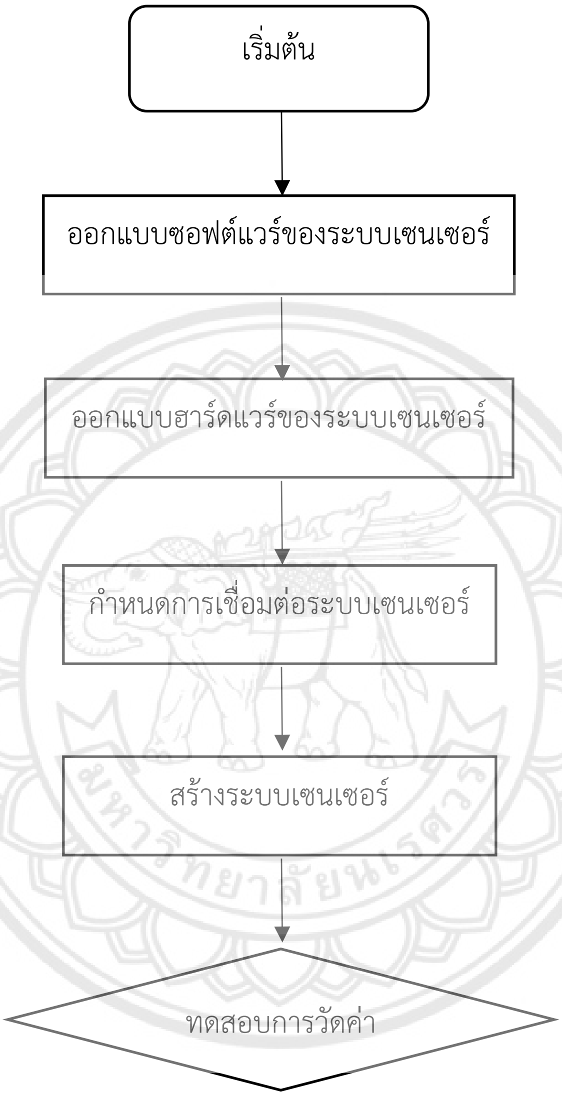
ลักษณะตัวโปรแกรม เป็นการใชโปรแกรม Arduino ในการเขียนโค้ดขึ้นมาเพื่อสั่งการให้ตัวบอร์ด ESP8266 ทำงาน เพื่อไปสั่งการให้ตัวเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ที่ชุดปลูกพืชระบบปิดบริเวณต่าง ๆ สามารถทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม แล้วส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปยัง MQTT Server และสามารถเรียกดูค่าที่ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT Client เพื่อที่จะสามารถนำค่าสภาพแวดล้อมไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.1.1 เครื่องมือในการดำเนินโครงงาน

1. Node MCU V3 - ESP8266 (รูปที่ 2.1)
2. **เซนเซอร์**ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ GY-SHT3X (รูปที่ 2.3)
3. **เซนเซอร์**ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ DS18B20 (รูปที่ 2.4)
4. **เซนเซอร์**ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ YF-S201 (รูปที่ 2.5)
5. **เซนเซอร์**ตรวจวัดความเข้มแสง LDR (รูปที่ 2.6)
6. Power Supply (รูปที่ 2.8)
7. BD9C601 – Switching (รูปที่ 2.9)

## 3.2 การดำเนินงานโครงงาน

3.2.1 แผนผังการดำเนินโครงงาน




รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินโครงงาน

3.2.2 ออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบเซนเซอร์

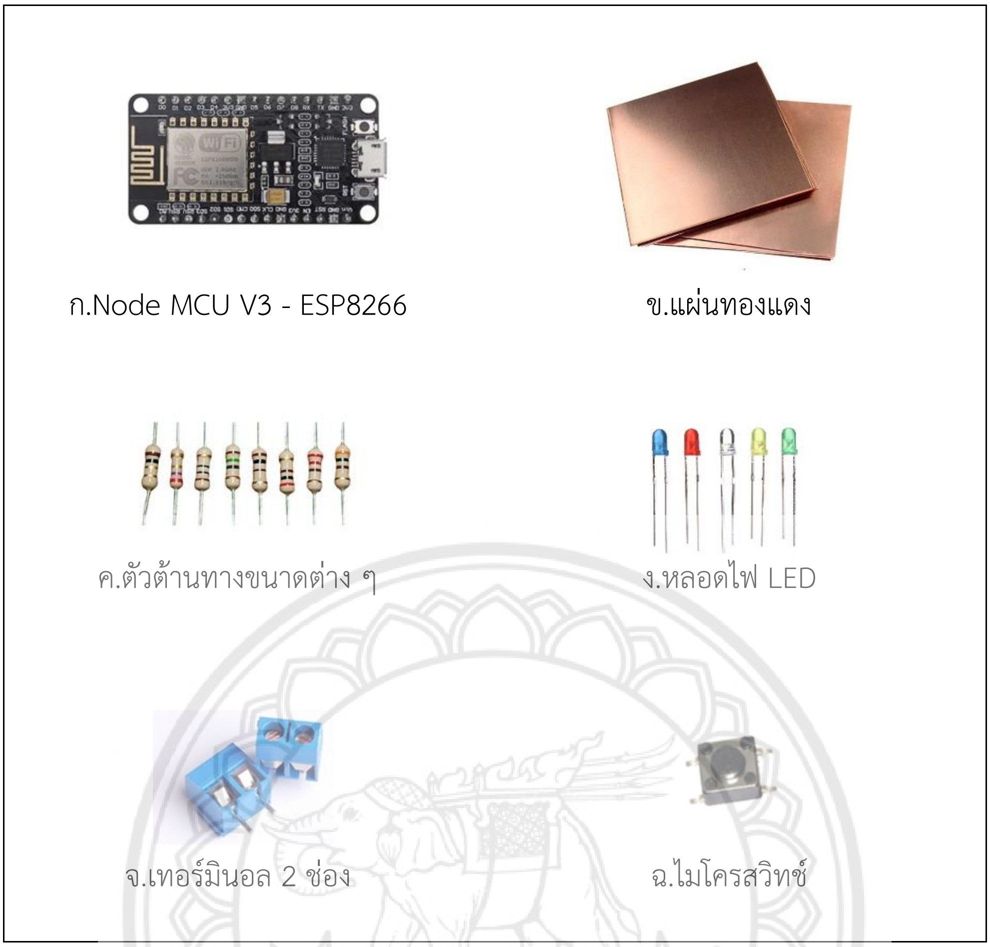
ในโครงการนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Arduino เข้ามาช่วยในการเขียนโค้ด เพื่อสั่งการให้ตัวบอร์ด ESP8266 ทำงาน และสั่งให้เซนเซอร์ได้ติดไว้ที่ชุดปลูกพืชระบบปิดบริเวณต่าง ๆ สามารถตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม แล้วส่งค่าที่ตรวจวัดได้จากตัวเซนเซอร์ไปยัง Cloud MQTT โดยมี MQTT Broker เป็นตัวกลาง ในการรับส่งมูล และสามารถเรียกดูค่าที่ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT Client และในส่วนของบอร์ด ESP-32 แต่จะเป็นการเขียนคำสั่งให้ตรวจสอบสถานะการทำงาน ว่าอุปกรณ์ตัวใด เปิด/ปิด อยู่ในตอนนั้น

3.2.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในชุดปลูกพืชระบบปิด

ในโครงการนี้ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์ เพื่อใช้สำหรับชุดปลูกระบบปิดขึ้นมาเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

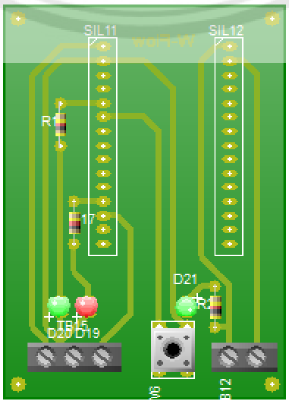
การออกแบบแผ่น PCB สำหรับติดตั้งบอร์ดควบคุม โดยใช้เครื่องมือประกอบด้วยดังต่อไปนี้

1) Node MCU V3 - ESP8266 (รูปที่ 3.2 ก.)
2) แผ่นทองแดง (รูปที่ 3.2 ข.)
3) ตัวต้านทานขนาดต่าง ๆ (รูปที่ 3.2 ค.)
4) หลอดไฟ LED (รูปที่ 3.2 ง.)
5) เทอร์มินอล 2 ช่อง (รูปที่ 3.2 จ.)
6) ไมโครสวิทช์ (รูปที่ 3.2 ฉ.)




รูปที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

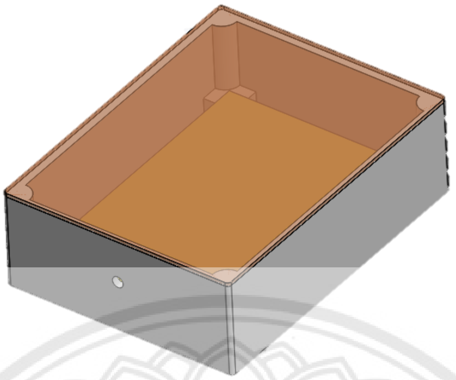
ในโครงการนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม PCBWiz – Shortcut ในการออกแบบระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่จะนำมาติดตั้งในชุดปลูกพืชระบบปิด โดยให้ขนาดเท่ากับ 75mm X 87 mm ตัวอย่างการออกแบบระบบเซนเซอร์แสดงดังรูปที่ 3.3




รูปที่ 3.3 แผ่น PCB สำหรับติดตั้งบอร์ดควบคุม

การออกแบบเคสสำหรับจัดเก็บแผ่น PCB และบอร์ดควบคุม

ในโครงการนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ในการออกแบบเคสของบอร์ดควบคุม ตัวเคสจะมีส่วนประกอบ 2 ชิ้น มีตัวเคสขนาดเท่ากับ 66mm X 91.5mm x 25mm กับ ฝาปิดเคสหนา 1mm ตัวอย่างการออกแบบเคสแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เคสสำหรับจัดเก็บแผ่น PCB และบอร์ดควบคุม

3.2.4 การเชื่อมต่อพอร์ทของเซนเซอร์ กับบอร์ดควบคุม

ในส่วนของเซนเซอร์ที่นำมาเชื่อมต่อกับบอร์ด จะมีด้วยกันทั้งหมด 4 ชนิด

1) เซนเซอร์วัดความชื้น และอุณหภูมิของอากาศ รุ่น GY-SHT3X
2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ รุ่น DS18B20
3) เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S201
4) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง ชนิด Light Dependent Resistor ( LDR )

3.2.5 การเชื่อมต่อบอร์ดควบคุมกับเซนเซอร์

ในการเชื่อมต่อบอร์ดควบคุมกับเซนเซอร์ชนิดที่ 1-3 จะเป็นการเชื่อมต่อบอร์ด ESP82666 Port Digital I/O รับคำสั่งเก็บค่าแบบ Digital เป็นการรับค่าสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง

ส่วนเซนเซอร์ชนิดที่ 4 จะเป็นการเชื่อมต่อ Port Analog A/O แต่จะเป็นการแสดงค่าสัญญาณดิจิตอลที่แปลงแรงดันไฟในช่วง 0-3.3v เป็นค่าที่อยู่ในช่วง 0-1256 หน่วย

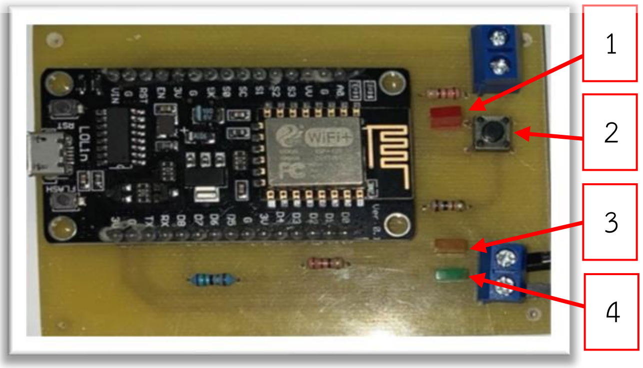
สัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสารแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิตอล [15] โดยสัญญาณอนาลอก (Analog Signal) หมายถึงสัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuouse Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป มีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป โดยการส่งสัญญาณแบบอนาล็อกจะถูกรบกวนให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง(Discrete Data) ที่มีขนาดแน่นอนซึ่งขนาดดังกล่าวอาจกระโดดไปมาระหว่างค่าสองค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ซึ่งสัญญาณดิจิตอลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกันเป็นค่าของเลขลงตัว โดยปกติมักแทนด้วย ระดับแรงดันที่แสดงสถานะเป็น "0" และ "1" หรืออาจจะมีหลายสถานะซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องระบบสื่อสารดิจิตอล มีค่าที่ตั้งไว้ (threshold) เป็นค่าบอกสถานะ ถ้าสูงเกินค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น "1" ถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ สถานะเป็น "0" ซึ่งมีข้อดีในการท่าให้เกิดความผิดพลาดน้อยลง [16]

3.2.6 ลักษณะการทำงานของระบบเซนเซอร์

การทำงานของระบบเซนเซอร์ จะมีการตรวจวัดค่าจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่ติดไว้กับชุดปลูกระบบปิด จากนั้นเซนเซอร์จะส่งค่ามาที่ตัวบอร์ดควบคุม เมื่อตัวบอร์ดมีการรับค่า หรือเริ่มทำงานจะสังเกตได้จากหลอดไฟบอกสถานะดังต่อไปนี้ แสดงดังรูปที่ 3.5

1) หลอดไฟสีแดง คือสถานะเมื่อมีกระแสไฟเข้ามาเพื่อให้ตัวบอร์ดทำงาน โดยหลอดไฟสีแดงจะสว่างขึ้น
2) ปุ่มสำหรับกดรีเซ็ตการตั้งค่า WIFI (ในการรีเซทไวไฟ หรือการเลือกไวไฟที่ต้องการเชื่อมต่อใหม่ โดยการกดปุ่มรีเซทค้างไว้จนไฟแสดงสถานะสว่างขึ้นและดับลง เป็นการรีเซทไวไฟและเริ่มระบบใหม่)
3) หลอดไฟสีส้ม คือสถานะการทำงานการส่งค่าต่าง ๆ ที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้ ไฟแสดงสถานะจะกระพริบ โดยการกระพริบ 1 ครั้งจะเป็นการส่งค่า 1 ค่า (ช่วงเวลาในการกระพริบอยู่ที่ 2 วินาที/ครั้ง)
4) หลอดไฟสีเขียว คือสถานการณ์รีเซท WIFI ในการรีเซท หรือ การเลือกเพื่อต้องการเชื่อมต่อใหม่ โดยการกดปุ่มรีเซทค้างไว้จนกว่าหลอดไฟจะสว่างขึ้น และดับลง แสดงว่าได้ทำการรีเซท WIFI และเริ่มการเชื่อมต่อใหม่สำเร็จ

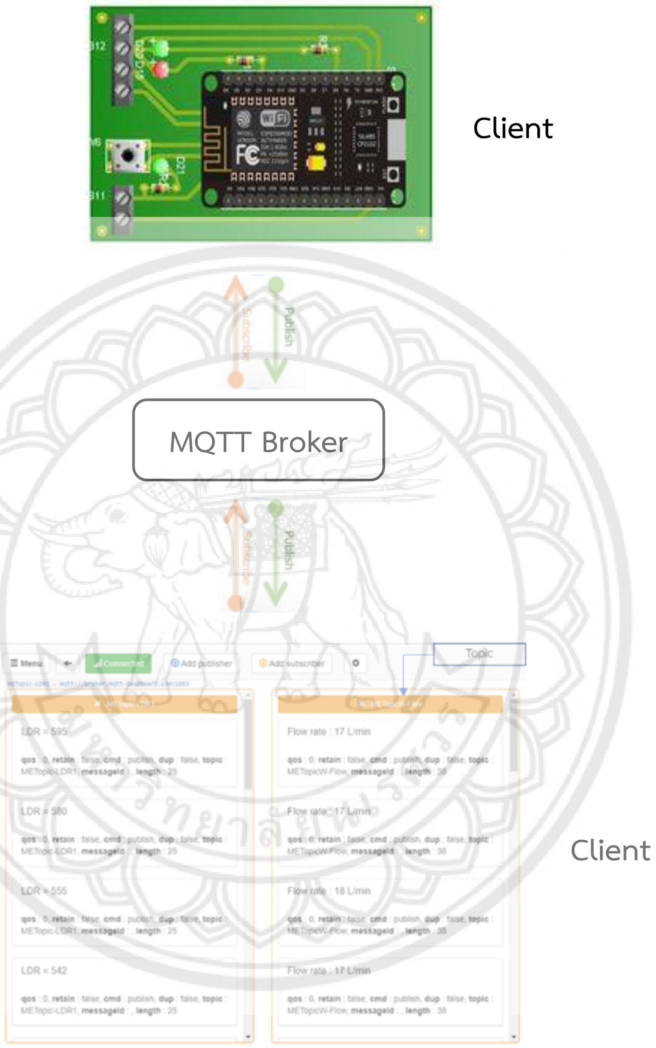



รูปที่ 3.5 การแสดงไฟบอกสถานะการทำงานของระบบเซนเซอร์

## 3.3 หลักการทำงานของระบบเซนเซอร์

3.3.1 การรับ/ส่งข้อมูล

ใช้หลักการแบบ Publisher/Subscriber ผ่านตัวกลางคือ MQTT Server หรือ MQTT Broker ซึ่งเป็นตัวกลางในการแรกเปลี่ยนข้อมูลที่จะรับมาหรือส่งออกไป แสดงดังรูปที่ 3.6

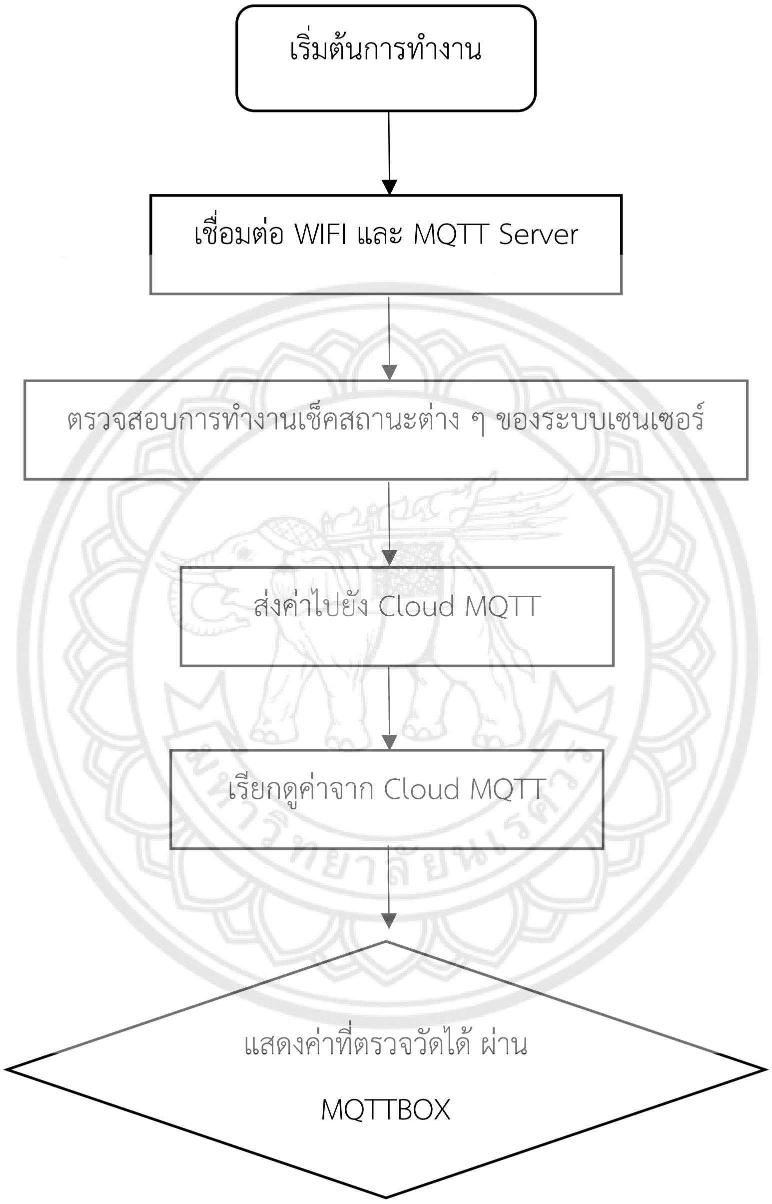



รูปที่ 3.6 หลักการรับ/ส่งข้อมูล MQTT

ค่าที่รับมา คือ Client ที่เป็นบอร์ดอ่านค่าจากเซนเซอร์ จะส่งค่าที่อ่านได้โดยการ publisher Cloud MQTT ที่เป็นแหล่งเก็บข้อมูลของ MQTT Server และ Client ที่เป็นตัวเรียกดูข้อมูล subscriber Cloud MQTT เพื่อเรียกดูข้อมูล โดยตัว topic จะเป็นตัวอ้างอิงหลัก ข้อมูลที่จะ Publisher ออกไปยัง Broker จะต้องมี topic กำกับไว้เสมอ ทางฝ่าย subscriber ก็จะอ้างถึง topic เพื่อเรียกข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งการรับ/ส่งค่าจะเป็นแบบเรียวไทม์ ซึ่งจะบอกค่าในเวลา ณ ขณะนั้น

## 3.4 การแสดงค่าของระบบเซนเซอร์ ผ่าน MQTT

3.4.1 แผนการทำงานการของบอร์ดควบคุม ผ่าน MQTT แสดงดังรูปที่ 3.7



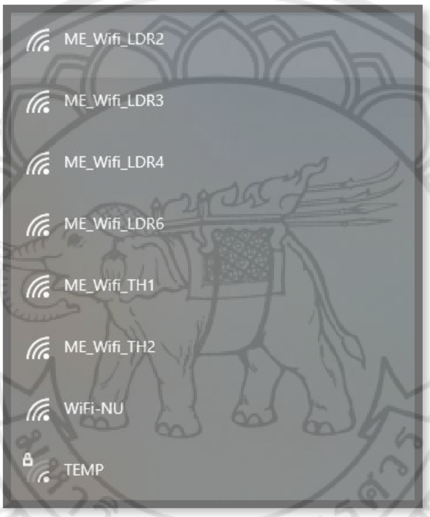

รูปที่ 3.7 แผนการทำงานของระบบเซนเซอร์

3.4.2 เชื่อมต่อ WIFI และ MQTT Server

ขั้นตอนการเชื่อมต่อไวไฟ แสดงดังรูปที่ 3.8

1. เปิดการค้นหา WIFI จากอุปกรณ์โทรศัพท์ หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์
2. เลือก WIFI ของระบบเซนเซอร์ที่ได้ทำการกำหนดไว้ และทำการกดเชื่อมต่อ WIFI โดยได้กำหนดชื่อ WIFI ไว้ทั้งดังนี้

- ME_WIFI_W-Flow คือ ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ
- ME_WIFI_LDR (1-6) คือ ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงตัวที่ 1-6
- ME_WIFI_TH (1-3) คือ ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศตัวที่ 1-3
- ME_WIFI_TW คือ ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำ

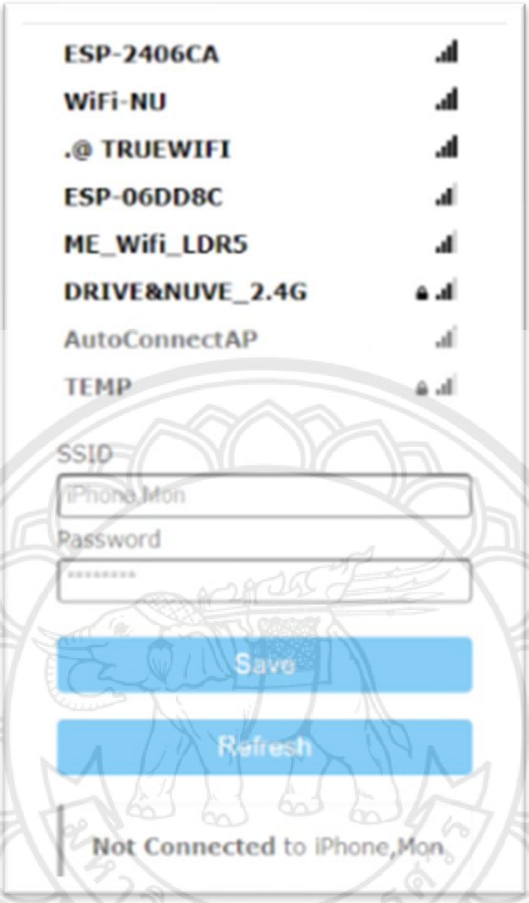



รูปที่ 3.8 การเลือก WIFI ของระบบเซนเซอร์ต่าง ๆ

3. เมื่อกดเชื่อมต่อ WIFI ของบอร์ดแล้ว หน้าเว็บที่จะ Configure WIFI จะเด่งขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 3.9 ในตัวอย่างนี้คือ ME_WIFI_LDR4 คือ ทำการเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสงตัวที่ 4

รูปที่ 3.9 หน้าเว็บ Configure WIFI สำหรับ ME_WIFI_LDR4

4. เมื่อเชื่อมต่อ ME_WIFI_LDR4 แล้วจะต้องทำการเลือก WIFI ที่ต้องการเชื่อมต่อทำการใส่รหัส และกด Save แสดงดังรูปที่ 3.10




รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อ WIFI เข้ากับระบบเซนเซอร์

3.4.3 การเช็คสถานะการทำงานของระบบเซนเซอร์

เมื่อทำการ Configure WIFI สำเร็จตัวระบบเซนเซอร์จะเริ่มทำงาน และมีไฟแสดงสถานะทำงาน 2 จุดหลัก ๆ คือ หลอดไฟสีแดง และสีส้ม แสดงดังรูปที่ 3.5

1. หลอดไฟสีแดง คือแสดงสถานะไฟเข้าบอร์ด (เมื่อไฟเข้าระบบ ไฟแสดงสถานะจะสว่างตลอด)

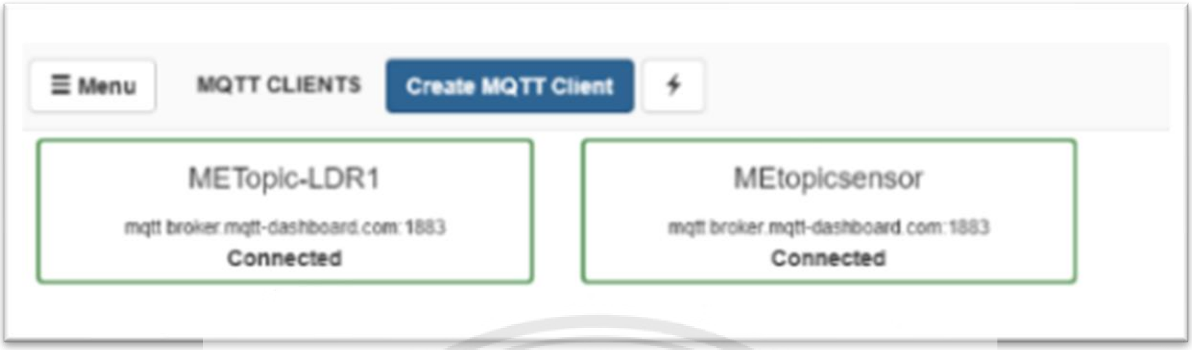
2. หลอดไฟสีส้ม คือแสดงสถานะการส่งค่าต่าง ๆ เมื่อระบบเซนเซอร์เริ่มทำงานไฟแสดงสถานะจะสว่างขึ้น และกระพริบเป็นจังหวะ

3.4.4 ส่งค่าที่ระบบเซนเซอร์ตรวดวัดได้ไปยัง Cloud MQTT

เมื่อเชื่อมต่อ WIFI และ MQTT Server ระบบเซนเซอร์จะทำการประมวลผลข้อมูล ในการ publisher เพื่อส่งค่าต่าง ๆ ที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้นั้นขึ้นไปที่ Cloud MQT

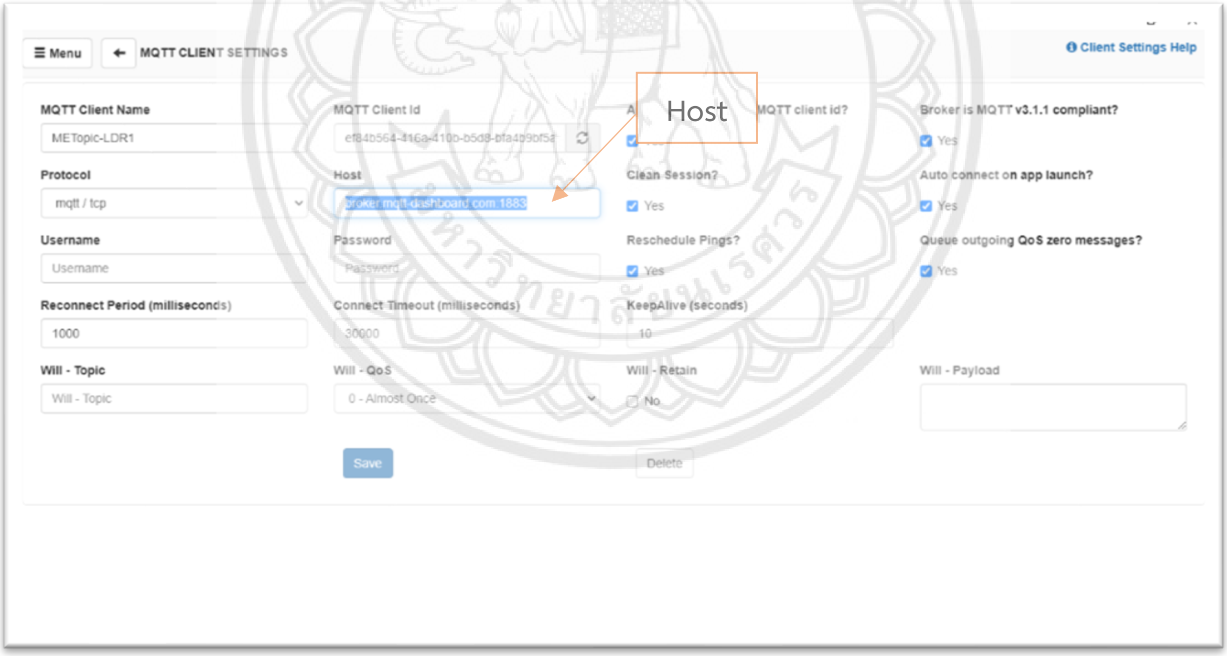
3.4.5 การเรียกดูค่าที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT Server

ในการเรียกดูค่าของเซนเซอร์ที่ตรวจวัดได้นั้น จะใช้ Client MQTT Box ในการเชื่อมต่อกับ Cloud MQTT เพื่อเรียกดูค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้ แสดงดังรูปที่ 3.11 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



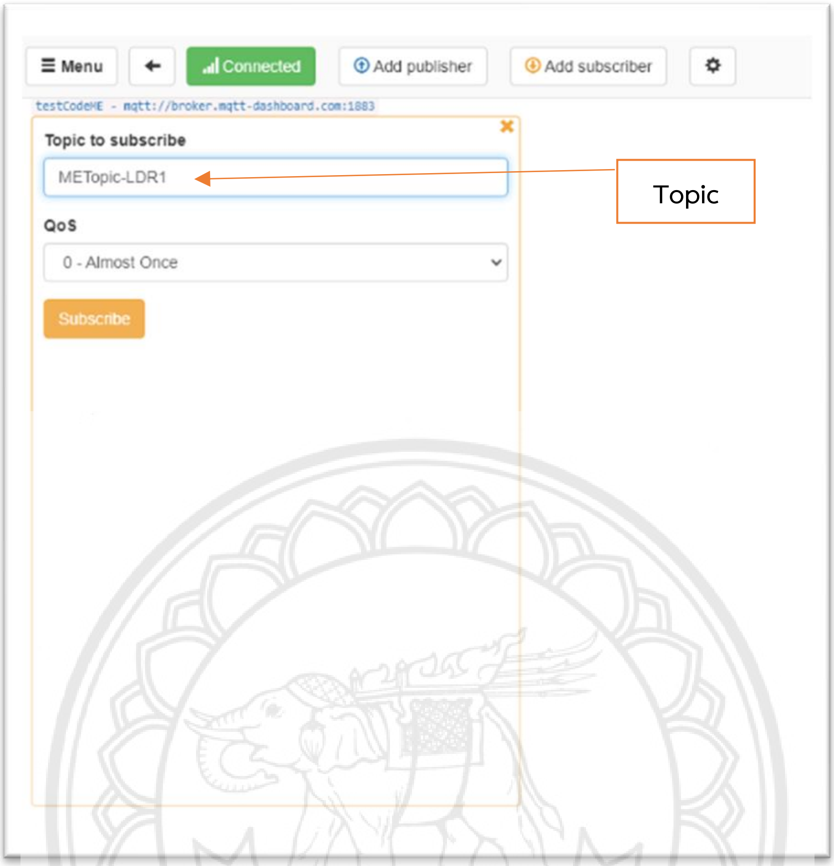

รูปที่ 3.11 MQTT Box

1. เลือก Create ตั้งค่า Host ของ MQTT Server และกำหนดชื่อของระบบเซนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 3.12




รูปที่ 3.12 การตั้งค่า Host ของ MQTT Server

2. ตั้งค่า topic ที่กำหนดไว้ของระบบเซนเซอร์ เพื่อ Subscriber เพื่อทำการเรียกดูค่า แสดงดังรูปที่ 3.13




รูปที่ 3.13 ตั้งค่า topic

# บทที่ 4

# ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

จากที่ผู้ดำเนินโครงงานได้ดำเนินโครงงานตามหัวข้อที่ได้กำหนดในแผนการดำเนินโครงงานสามารถแสดงผลการดำเนินงานโครงงานและรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 4.1 การทดสอบแสดงค่าสภาพแวดล้อมของระบบเซนเซอร์ที่ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT BOX

4.1.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ

ค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้มีหน่วยคือ %RH (ค่าความชื้น) และอุณหภูมิของอากาศคือ °C (องศาเซลเซียส) และในการตรวจวัดของระบบเซนเซอร์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ +/- 2 %RH และ +/- 0.3 ℃ โดยตัวอย่างการแสดงค่าสภาพแวดล้อม แสดงได้ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศแสดงผ่าน MQTT BOX

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ค่าว่า ตัวเลขที่แสดงให้เห็นผ่าน MQTT BOX คือ 34.1 // 66.4 หมายความว่า สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้เท่ากับ 34.1 °C และอุณหภูมิของอากาศได้เท่ากับ 66.4 %RH ที่ทำการแสดงเฉพาะตัวเลขดังกล่าว เพราะช่วยให้การนำค่าตัวเลขที่ได้ไปใช้งานสะดวก ในกระบวนการอื่นต่อไป

4.1.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ

ค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้มีหน่วยคือ °C (องศาเซลเซียส) และ°F (ฟาเรนไฮต์) จะมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ +/- 0.2 °C โดยตัวอย่างการแสดงค่าสภาพแวดล้อม แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิของน้ำแสดงผ่าน MQTT BOX

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ค่าว่า ตัวเลขที่แสดงให้เห็นผ่าน MQTT BOX คือ 31.00 // 87.80 หมายความว่า สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำได้เท่ากับ 31.00 ℃ และ 87.80 ℉ ที่ทำการแสดงเฉพาะตัวเลขดังกล่าว เพราะช่วยให้การนำค่าตัวเลขที่ได้ไปใช้งานสะดวก ในกระบวนการอื่นต่อไป

4.1.3 เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ

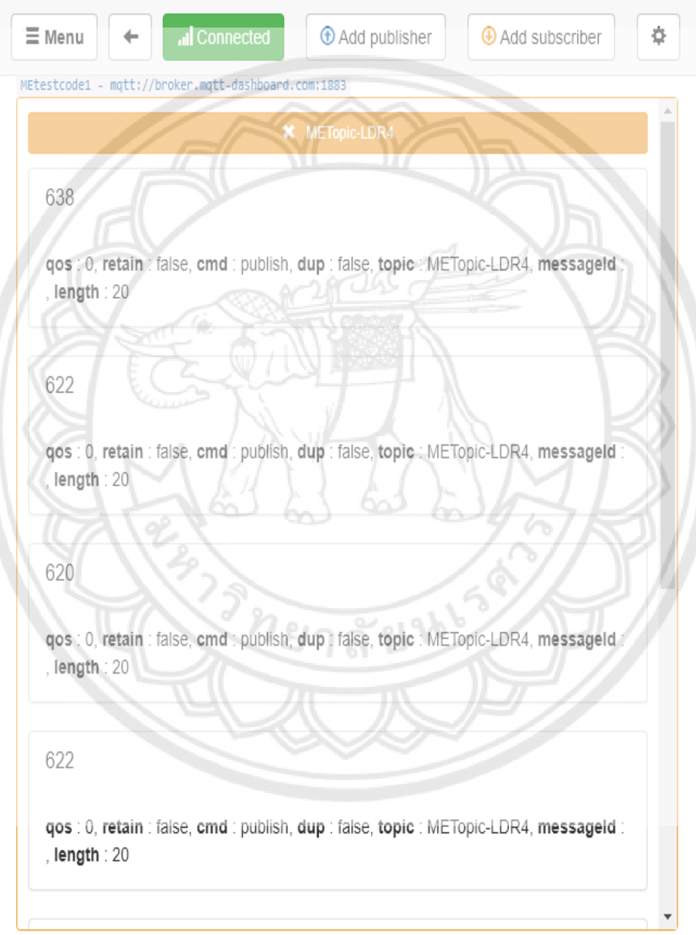
ค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้มีหน่วยคือ L/min (ลิตรต่อนาที) จะมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ +/-5% โดยตัวอย่างการแสดงค่าสภาพแวดล้อม แสดงได้ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ค่าอัตราการไหลของน้ำแสดงผ่าน MQTT BOX

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ค่าว่า ตัวเลขที่แสดงให้เห็นผ่าน MQTT BOX คือ 6 หมายความว่า สามารถตรวจวัดค่าอัตราการไหลของน้ำได้เท่ากับ 6 L/min ที่ทำการแสดงเฉพาะตัวเลขดังกล่าว เพราะช่วยให้การนำค่าตัวเลขที่ได้ไปใช้งานสะดวก ในกระบวนการอื่นต่อไป

4.1.4 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

ค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้มีหน่วยคือ Lux (ช่วงของแสงที่สามารถทำการตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0–60,000 Lux) โดยตัวอย่างการแสดงค่าสภาพแวดล้อม แสดงได้ดังรูปที่ 4.4




รูปที่ 4.4 ค่าของแสงแสดงผ่าน MQTT BOX

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ค่าว่า ตัวเลขที่แสดงให้เห็นผ่าน MQTT BOX คือ 638 หมายความว่า สามารถตรวจวัดค่าของแสงได้เท่ากับ 638 Lux ที่ทำการแสดงเฉพาะตัวเลขดังกล่าว เพราะช่วยให้การนำค่าตัวเลขที่ได้ไปใช้งานสะดวก ในกระบวนการอื่นต่อไป

## 4.2 การแสดงค่าสถานะ เปิด/ปิด ของอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ ในชุดปลูกพืชระบบปิด

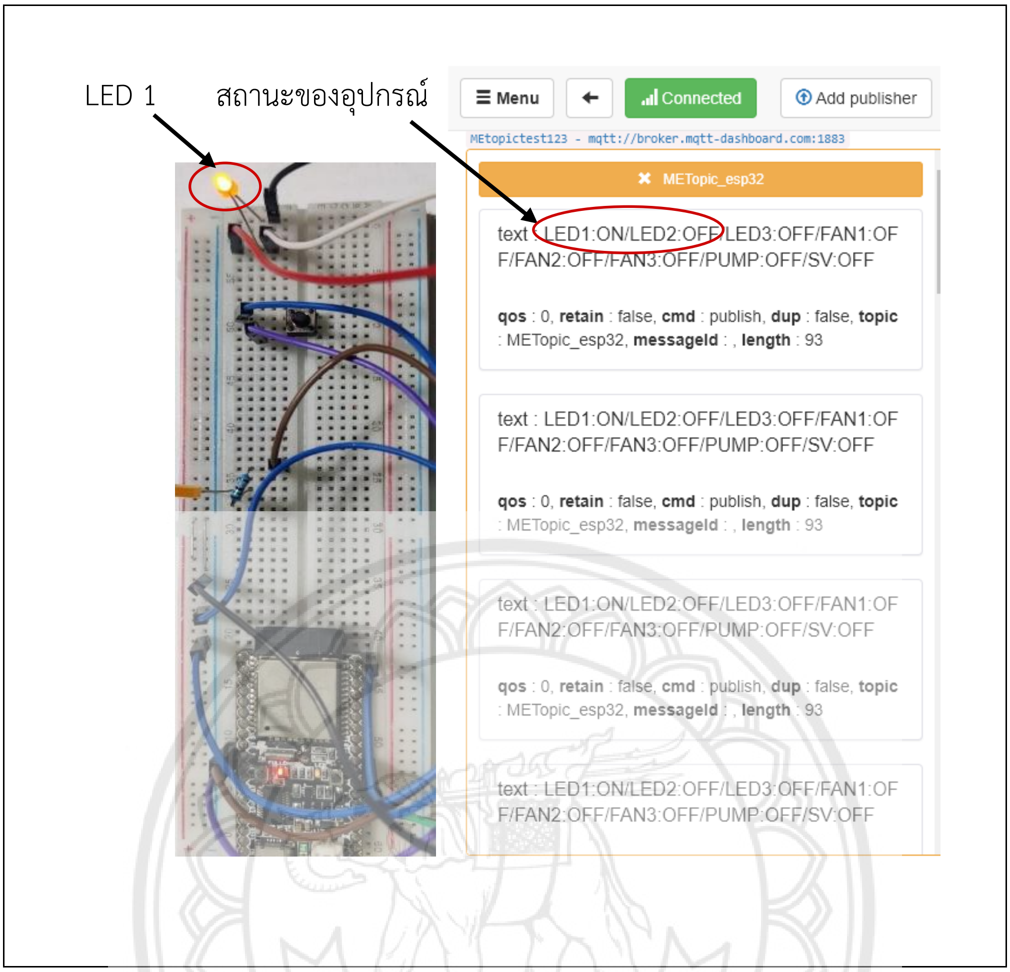
4.2.1 อุปกรณ์ทำงานที่ติดตั้งในชุดปลูกพืชระบบปิดที่มีการสั่ง เปิด/ปิด ระบบมีทั้งหมดดังต่อไปนี้

1) หลอดไฟ LED มีการติดตั้งที่บริเวณชุดปลูกพืชระบบปิดทั้งหมด 3 ชั้น
2) พัดลมมีการติดตั้งที่บริเวณชุดปลูกพืชระบบปิดทั้งหมด 3 ชั้น
3) ปั๊มน้ำมีการติดตั้งที่บริเวณชุดปลูกพืชระบบปิดจำนวณ 1 ตัว
4) โซลินอยวาล์วมีการติดตั้งที่บริเวณชุดปลูกพืชระบบปิดจำนวณ 1 ตัว

4.2.2 ระบบทั้งหมด สามารถแสดงค่าสถานะของระบบได้ว่าช่วงเวลานั้น ๆ อุปกรณ์ทำงานแต่ละระบบเปิดหรือปิดอยู่ โดยกำหนดให้การแสดงค่าสถานะต่าง ๆ มีการใช้ตัวแปลดังต่อไปนี้

1) LED 1-3 คือการแสดงค่าสถานะระบบการทำงานของหลอดไฟ LED ชั้นที่ 1-3
2) FAN 1-3 คือการแสดงค่าสถานะระบบการทำงานของพัดลม ชั้นที่ 1-3
3) Pump คือการแสดงค่าสถานะระบบการทำงานของปั๊มน้ำ
4) SV คือการแสดงค่าสถานะระบบการทำงานของโซลินอยวาล์ว

การทดสอบแสดงค่าสถานะการเปิด/ปิดของหลอดไฟ LED 1 (หลอดไฟ LED ชั้นที่ 1) โดยทำการทดสอบกำหนดให้หลอด LED หลอดเล็ก 1 หลอดแทนระบบหลอดไฟ LED 1 ที่ติดตั้งกับชุดปลูกพืชระบบปิด จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อตัวอุปกรณ์เปิดใช้งานอยู่ค่าสถานะที่แสดงใน MQTTBOX จะขึ้นเป็น ON (เปิด) และอุปกรณ์ที่ไม่ได้เปิดใช้งานจะขึ้นเป็น OFF (ปิด) แสดงได้ดังรูปที่ 4.5




รูปที่ 4.5 การแสดงค่าสถานะ เปิด/ปิดของอุปกรณ์ผ่าน MQTT BOX

# บทที่ 5

# สรุปผลการดำเนินงาน

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นระบบเครือข่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงานอัจฉริยะ เพื่อใช้ในการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับใช้ในชุดปลูกพืชระบบปิด ทดสอบการรับส่งข้อมูลต่าง ๆ โดยมีการรับส่งข้อมูลผ่านตัวกลาง Cloud MQTT

2. ในโครงการนี้ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบเซนเซอร์ โดยใช้โปรแกรม Arduino เข้ามาช่วยในการเขียนโค้ด เพื่อสั่งการให้ระบบเซนเซอร์ทำงาน สามารถตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม แล้วส่งค่าที่ตรวจวัดได้ไปยัง Cloud MQTT และสามารถเรียกดูค่าที่ตรวจวัดได้ผ่าน MQTT Client

3. โครงงานนี้ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ตรวจวัดค่าความเข้มแสง ตรวจวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำ และแสดงค่าสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัดได้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทางไกล

4. ในการทดสอบการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม โดยดำเนินการทดสอบเก็บค่าสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้ระบบเซนเซอร์ดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมด พบว่าค่าสภาพแวดล้อมที่ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดได้นั้น มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเมื่อนำเซนเซอร์ชนิดเดียวกันมาเทียบกันซึ่งเซนเซอร์ที่ได้ทำการติดตั้งลงในชุดปลูกพืชระบบปิดทั้งหมดได้ระบุค่าความคลาดเคลื่อนในสเปกของเซนเซอร์แต่ละชนิด และคาสภาพแวดล้อมที่ตรวจวัดได้ของเซนเซอร์อาจจะไม่ใช้ค่าที่แท้จริงที่ตรวจวัดได้ในชุดปลูกพืชระบบปิด ดังนั้นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจึงไม่ใชความผิดพลาดของระบบเซนเซอร์ แต่อาจเกิดการตำแหน่งการติดตั้งระบบที่ไม่เท่ากันหากต้องการค่าสภาพแวดล้อมที่แท้จริงจะต้องทำการสอบเทียบกับค่าของเซนเซอร์ที่ได้มาตรฐาน

5. การเชื่อมต่อ Cloud MQTT ที่ใช้ WIFI ในการรับส่งข้อมูลอาจจะมีบางช่วงเวลาที่ไม่ได้รับข้อมูลเพราะการขาดหายของสัญญาณ WIFI ทำให่เกิดการลาช้าในการรับสงข้อมูลจึงทำให่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของค่าที่ตรวจวัดได้เพิ่มขึ้น และเนื่องจาก Cloud MQTT เป็น Cloud ของต่างประเทศซึ่งมีการใชงานจำนวนมากจึงทำใหการเกิดการลาช้าในการรับและการสงข้อมูลจะมีข้อมูลเพียงเล็กน้อยเทานั้นที่ทำการรับและสงข้อมูลในเวลาเดียวกันได่อย่างตรงกัน ซึ่งการทำงานของ Cloud MQTT จะทำงานโดยการรับข่อมูลมาทีละคาแบบเรียงลำดับ

6. การทดสอบการแสดงค่าสถานะของอุปกรณ์ทำงาน ๆ ในชุดปลูกพืชระบบปิด โดยผู้จัดทำได้การออกแบบให้มีระบบการแสดงค่าสถานะของอุปกรณ์ผ่าน MQTT BOX สามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ ว่าเปิดหรือปิดอยู่ ทำให้รู้ว่าระบบดังกล่าว สามารถช่วยอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้งานได้ เมื่อผู้ใช้งานไม่ได้อยู่ที่สถานี่ทำงานก็สามารถตรวจสอบได้ว่าช่วงเวลานั้น ๆ อุปกรณ์ทำงานแต่ละระบบ เปิดหรือปิดอยู่

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. มีการเปลี่ยน MQTT Server อื่นในการเชื่อมต่อและการรับส่งข้อมูล เพื่อความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูล
2. มีการเพิ่มระบบการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตด้วยสายแลน เพื่อความเสถียรของระบบเซนเซอร์มากขึ้น
3. เนื่องด้วยตัววัสดุที่ใช้ในการออกแบบตัวอุปกรณ์ (เคส) เป็นพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการปริ้น 3 มิติ จึงทำให้ไม่สามารถนำไปใช้งานในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงได้ เพราะอาจทำให้ตัวเคสเกิดความเสียหายได้ และฝาปิดเคสทำจากแผ่นอะคริลิค ในการเชื่อมสองชิ้นเข้าด้วยกันทำให้เกิดช่องว่างเล็กน้อย จึงทำให้ตัวเคสไม่สามารถป้องกันน้ำได้ จึงควรพิจารณาใช้วัสดุอื่นทดแทน เช่น แผ่นโลหะบาง
4. ออกแบบเคสเซนเซอร์ให้มีขนาดที่เล็กลง ป้องกันอุปกรณ์ที่จัดเก็บภายในได้ดี สวยงามยิ่งขึ้น ง่ายต่อการติดตั้ง และสะดวกต่อการนำไปใช้งาน
5. พัฒนาระบบเซนเซอร์เป็นแบบ On Bord ไร้สาย โดยเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ต่อเข้าบอร์ดโดยตรงเป็นการใช้แบตเตอรี่ในตัวเพื่อให้มีความสดวกในการใช้งาน และสามารถนำไปติดตั้งได้อย่างอิสระ
6. ควรมีการสอบเทียบกับค่าที่เซนเซอร์ตรวจได้ตามมาตรฐาน

# แหล่งอ้างอิง

1) Plant Factory สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2563.
เข้าถึงได้จาก: https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_141084

2) ThaiEasyElec. (2560). ไมโครคอลโทรเลอร์ และ arduino platfrom. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2563
เข้าถึงได้จาก : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/what-is-arduino-ch1.html

3) บอร์ดควบคุม รุ่น ESP8266. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2563
เข้าถึงได้จาก : https://www.myarduino.net/p/499

4) เซนเซอร์วัดความชื้น และอุณหภูมิแบบ รุ่น GY-SHT3X. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2563
เข้าถึงได้จาก : https://www.arduitronics.com/p/1471

5) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ รุ่น DS18B20. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2563
เข้าถึงได้จาก : http://www.arduino.codemobiles.com/b/34

6) เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-DN40. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2563
เข้าถึงได้จาก : www.myarduino.net/product/618/

7) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (LDR). สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2563
เข้าถึงได้จาก : https://www.arduinoall.com/p/98

8) คุณสมบัติทางแสงของ LDR สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน 2564.
เข้าถึงได้จาก: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7232/2/Fulltext.pdf

9) Power Supply สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2563.
เข้าถึงได้จาก: https://www.myarduino.net/p/560

10) Switching Regulator สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2563.
เข้าถึงได้จาก:https://www.thaieasyelec.com/p/1087

11) Embedded Laboratory. Getting Started with MQTT using Mosquitto. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2563.เข้าถึงได้จาก: http://embeddedlaboratory.blogspot.com/2018/01/getting-started-with-mqtt-using.html.

12) ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2558). เกษตรอัจฉริยะ. (15 กันยายน 2558). สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2563 เข้าถึงได้จาก : http://www.thansettakij.com/2015/09/15/11202

13) พินิจ เขื่อนสุวงศ์, จักรกฤษ วรางกูร, ชัชวาล ไชยเจริญ, ชลกานต์ ต.วิเชียร และ ดนุชา ประเสริฐสม. (2555). "ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม เพื่อเสริมศักยภาพด้านการผลิตทางการเกษตร" ในการประชุมทางวิชาการของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่ง ประเทศไทย. เชียงใหม่

14) Sebastian Michel, Ali Salehi, Liqian Luo, Nicholas Dawes, Karl Aberer, Guillermo Barrenetxea, Mathias Bavay, Aman Kansal, K Ashwin Kumar, Suman Nath, Marc Parlange, Stewart Tansley, Catharine van Ingen, Feng Zhao, and Yongluan Zhou, Environmental Monitoring 2.0 (Demonstration), in 25th International Conference on Data Engineering (ICDE), Association for Computing Machinery, Inc., 2009

15) Siddeswara Mayura Guru, Peter Taylor, Holger Neuhaus, Yanfeng Shu, Daniel Smith and Andrew Terhorst. 2008. Hydrological Sensor Web for the South Esk Catchment in the Tasmanian state of Australia. ESCIENCE '08 Proceedings of the 2008 Fourth IEEE International Conference on eScience, Pages 432-433.

16) สัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิตอล สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2563. เข้าถึงได้จาก : https://www.scimath.org/article/item/4819-analog-digital