



## วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

### การพัฒนาโรงเรือนปลูกพืชและระบบตรวจวัดสำหรับโรงเรือนปลูกพืชด้วย IoT

#### Development of greenhouse and monitoring system using IoT

บงกช สุขอนันต์ มงคล ปุษยตานนท์\* จิตติมา คำหาร ณ์ภูษชา พิสุราช อภิลิทธิ ชาวไทย  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Bongkoj Sookananta Mongkol Pusayatanont\* Tithima Camharn Natacha Pisurach Aphisit Chaothai  
Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190

\* Corresponding author.

E-mail: mongkol.p@ubu.ac.th; Telephone: 0 4535 3329

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาโครงสร้าง และระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมของโรงเรือนเกษตรแบบปิดในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งสร้างในรูปแบบโรงเรือนหลังคาโค้ง พร้อมพัฒนาระบบอากาศภายในโรงเรือน ระบบเก็บกักน้ำและจ่ายน้ำให้แก่พืช โดยเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อพืชประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน พลังงานไฟฟ้าได้มาจากพลังงานทดแทนประเภทเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งพลังงานจากการไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ถูกเก็บรวบรวมในฐานข้อมูลและรายงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย มีการนำเสนอความยุ่งยากซับซ้อนและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบ ข้อมูลจากการตรวจวัดแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในโรงเรือน และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนในการปลูกและการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนซึ่งปัจจัยสำคัญในการผลิตภายในโรงเรือนแบบปิดได้

#### คำสำคัญ

โรงเรือนปลูกพืช ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น พลังงานทดแทนในการเกษตร ระบบตรวจวัดโดยใช้ IoT

#### Abstract

This paper presents the development of infrastructure and monitoring system of greenhouse in Ubon Ratchathani University. The greenhouse is built in Arc-tunnel style and comprises an electric fan for ventilation, electric pumps for water storage and plant watering system. The basic planting condition sensors consist of soil humidity, air temperature and humidity. The electric power is supplied from hybrid PV renewable energy and grid electrical power system for increase of reliability. The data measured using sensors are collected in the data base and reports on the internet. Complications and solutions to problem found in the development are presented. The monitoring data shows the significant difference between the inside and the outside of greenhouse and can be used in the planning phase for annual planting and the future development of the environment control.

#### Keywords

greenhouse; temperature and humidity data; renewable energy in agriculture; monitoring system using IoT

## 1. คำนำ

เนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศที่มีการทำเกษตรเป็นหลักตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตาม สภาพทางสังคมได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มจำนวนการอพยพย้ายถิ่นฐาน การเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมของประชากรในวัยทำงาน อัตราการเกิดของประชากรมีแนวโน้มลดลง [1] ทำให้จำนวนประชากรวัยทำงานมีสัดส่วนลดลง ในขณะที่ประชากรสูงอายุมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น

ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของสังคมในช่วงต้น ทำให้แรงงานในภาคการเกษตรลดจำนวนลง และค่าจ้างแรงงานมีอัตราสูง ทำให้มีความต้องการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการผ่อนแรง และเพิ่มความถูกต้องในการทำงานมากขึ้น รวมถึงประชากรส่วนหนึ่งที่มีความต้องการใช้เวลาหลังเกษียณอายุจากงานประจำสร้างรายได้หรือทำงานอดิเรกด้วยการปลูกพืช หันมาให้ความสนใจในการปลูกพืชในโรงเรือนปิดเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งคนในสังคมยุคใหม่ หันมาใส่ใจสุขภาพ และบริโภคอาหารปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เป็นปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรนิยมการปลูกพืชแบบปราณีตในโรงเรือนมากขึ้น เนื่องจากโรงเรือนปิด ช่วยทำให้สามารถลดและควบคุมศัตรูพืชได้ง่ายมากขึ้น

ลักษณะของโรงเรือนมีหลายแบบ ได้แก่ quonset, arc-tunnel, even-span และ uneven-span อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของขนาดโรงเรือน มีผลต่อความสม่ำเสมอของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน โดยควรมีอัตราส่วนไม่เกิน 0.5 [2]

ในการปลูกพืช เกษตรกรมักสนใจสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปลูกพืช ซึ่งการวัด หรือสังเกตโดยเกษตรกร ทำให้ต้องใช้กำลังคนมาก และทำได้ไม่ต่อเนื่อง รวมถึงอาจเกิดความผิดพลาดได้เสมอ ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีในการวัดและรายงานผลจึงเป็นที่นิยม โดยเฉพาะการดูข้อมูลการวัดผ่านทางอินเทอร์เน็ต [3], [4] โดยมีวิธีการกรองและปรับปรุงข้อมูลที่วัดได้ หลายวิธี เช่น extended Kalman filter (EKF), moving average (MA) และ unscented Kalman filter (UKF) [5]

งานวิจัยชิ้นนี้ นำเสนอการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างโรงเรือน ทั้งทางด้านโครงสร้าง เซ็นเซอร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการรายงานผลผ่านระบบ IoT ในการส่งสัญญาณระหว่างเซ็นเซอร์และบอร์ด ได้มีการพิจารณาใช้การสื่อสารไร้สายโดยใช้ zigbee [6] ซึ่งมีข้อดีคือการส่งสัญญาณได้ไกล อย่างไรก็ตาม

ตาม จากจำนวนเซ็นเซอร์และระยะระหว่างบอร์ดกับเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน เบื้องต้นพบว่าหากใช้การสื่อสารไร้สายต้องเสียค่าใช้จ่ายมากกว่า และมีปัญหาเรื่องความเสถียรในการส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กลาง จึงเลือกใช้การสายสัญญาณ และได้นำเสนอปัญหาที่เกิดจากการเลือกใช้งานดังกล่าวในพื้นที่จริง รวมถึงนำเสนอตัวอย่างผลที่ได้จากการวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน เพื่อแสดงความสามารถในการวัดของระบบ และความแตกต่างของสภาพแวดล้อมระหว่างภายในและภายนอกโรงเรือน

## 2. องค์ประกอบของโรงเรือน

เนื่องจากสถานที่ทดลองตั้งอยู่ในจังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย ในปี 2561 ที่ผ่านมามีพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีมีบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 30.6 – 36.4 องศาเซลเซียส ความชื้นเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 62 – 82% และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือน อยู่ในช่วง 1 – 303.3 มิลลิเมตร [7] เห็นได้ว่ามีปริมาณน้ำฝนและความชื้นแตกต่างกันมากในช่วงปี ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการปลูกพืชอายุสั้นประเภทต่างๆ ที่มีความต้องการความชื้นที่เหมาะสมในช่วงแคบๆ รวมไปถึงแมลงศัตรูพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่สามารถเข้าทำลายพืชที่ปลูกได้ง่าย ดังนั้นการสร้างโรงเรือนในระบบปิดจะสามารถช่วยความคุมปัจจัยต่างๆ จากภายนอก และเป็นการป้องกันแมลงศัตรูพืชจากภายนอกได้เป็นอย่างดี

โรงเรือนปลูกพืชในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นโรงเรือนในระบบปิดประกอบไปด้วย ตัวโรงเรือน ระบบจ่ายน้ำ และระบบระบายอากาศ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1 ตัวโรงเรือน

โรงเรือนปลูกพืชระบบปิดมีขนาด กว้าง 6 ม. ยาว 20 ม. ความสูง 4.5 ม. (จากพื้นดินถึงจั่วหลังคา) อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวคิดเป็น 0.3 ลักษณะของโรงเรือนเป็นแบบ arc-tunnel หลังคาโค้งเพื่อป้องกันน้ำขังในฤดูฝน คลุมด้วยพลาสติกใสที่มีความหนาขนาด 20 ไมครอน ป้องกันรังสี UV ด้านข้างโรงเรือนล้อมด้วยผ้าตาข่ายกันแมลงสีขาขนาด 32 ช่องต่อตารางนิ้ว โครงสร้างโรงเรือนทำด้วยเหล็กชุบกัลวาไนซ์ที่สามารถทนสนิมได้เป็นเวลานาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โรงเรือนปลูกพืช

## 2.2 ระบบจ่ายน้ำภายในโรงเรือน

น้ำที่ใช้ปลูกพืชในโรงเรือนเป็นน้ำใต้ดิน ถูกสูบขึ้นเก็บไว้ในถังสำรองน้ำขนาด 3,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง โดยใช้ปั้มน้ำขนาด 1 นิ้ว แบบเจ็ทคู่ self-priming กำลังไฟฟ้า 1 แรงม้า มีระยะส่งสูงสุด (maximum head) ที่ 40 เมตร ขนาดท่อด้านขาออก 1 1/4 นิ้ว สูบขึ้นด้วยอัตราการไหลสูงสุด 3 ลบ.ม./ชั่วโมง หรือ 50 ลิตรต่อนาที ปริมาตรของน้ำที่ปั้มน้ำได้คำนวณจาก

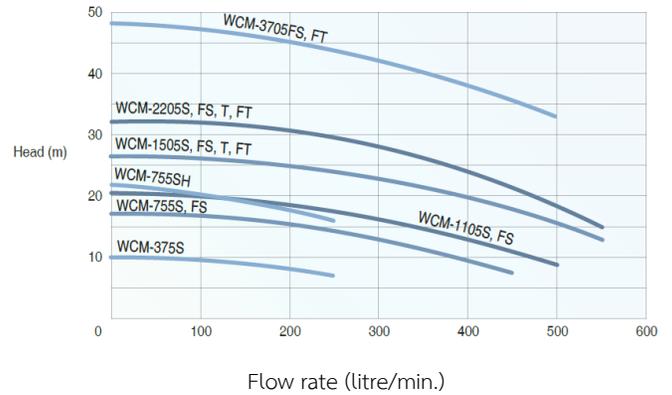
$$V_P = Q_P t \quad (1)$$

เมื่อ  $V_P$  เป็นปริมาตรน้ำ (ลิตร)

$Q_P$  เป็นอัตราการไหล (ลิตร/นาที)

$t$  เป็นระยะเวลาในการสูบน้ำ (นาที)

ดังนั้น จาก (1) จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงในการเติมน้ำให้เต็มถังพักปริมาณรวม 6,000 ลิตร โดยไม่มีการจ่ายน้ำออก ในขณะที่ระบบจ่ายน้ำให้พืชในโรงเรือน ประกอบด้วยใช้ปั้มน้ำ (Centrifugal pump) รุ่น WCM2205T 3 เฟส กำลังไฟฟ้า 2 แรงม้า จำนวน 1 ตัว มีขนาดท่อดูดและท่อส่งขนาด 50 มม หรือ 2 นิ้ว จากกราฟคุณสมบัติของปั้มน้ำ [8] ดังรูปที่ 2 ปั้มน้ำมีอัตราการไหลสูงสุดที่ 550 ลิตรต่อนาที หรือ 33 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 2 คุณสมบัติของปั้มน้ำ

ติดตั้งท่อจ่ายน้ำขนาด 2 นิ้วไปยังโรงเรือนทดสอบและแยกสายจ่ายน้ำขนาด 1 นิ้วออกจากท่อจ่ายหลักเพื่อจ่ายน้ำให้แก่พืชผ่านหัวสปริงเกอร์หมุนแบบโรตารีขนาด 1/2 นิ้ว มีอัตราการจ่ายน้ำประมาณ 500 ลิตร/ชั่วโมง รัศมีการกระจายน้ำประมาณ 4-5 เมตร ที่ความดันน้ำประมาณ 2 บาร์ ทำการติดตั้งจำนวน 3 ตัวต่อโรงเรือน ปริมาณน้ำที่จ่ายให้แก่พืชภายในโรงเรือน สามารถควบคุมได้โดยใช้อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับปั้มน้ำ สำหรับการจ่ายน้ำใน 1 โรงเรือนสำหรับสปริงเกอร์จำนวน 3 ตัว เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดภายในโรงเรือน หากคำนวณอัตราการจ่ายน้ำสูงสุดของสปริงเกอร์แต่ละตัวที่ 500 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้สามารถคำนวณเวลาการจ่ายน้ำในถังสำรองน้ำให้แก่พืชจนหมดถัง ต้องใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ดังนั้นหากมีเพิ่มจำนวนสปริงเกอร์ขึ้น (จำนวนโรงเรือนเพิ่มขึ้น) จะทำให้เวลาที่ใช้ในการจ่ายน้ำจนหมดถังลดลง ดังสมการต่อไปนี้

$$t_W = \frac{V_W}{N_S Q_S} \quad (2)$$

เมื่อ  $t_W$  เป็นระยะเวลาจ่ายน้ำ (นาที)

$V_W$  เป็นความจุถังน้ำรวม (ลิตร)

$N_S$  เป็นจำนวนสปริงเกอร์

$Q_S$  เป็นอัตราการจ่ายน้ำของสปริงเกอร์ (ลิตร/นาที)

ระบบท่อที่ใช้จ่ายน้ำเข้าโรงเรือนใช้ท่อแบบพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) ที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง มีอุปกรณ์ประกอบ เช่น ข้อต่อ วาล์ว สปริงเกอร์ ฯลฯ ที่ติดตั้งได้รวดเร็วและสามารถหาซื้อได้ง่าย การควบคุมการจ่ายน้ำ

นอกจากควบคุมอัตราการจ่ายน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์และยังสามารถควบคุมตำแหน่งในการจ่ายน้ำได้จากการ ปิด-เปิดน้ำผ่านโซลินอยด์วาล์วผ่านการสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถเลือกเลือกตั้งเวลาหรือข้อมูลของสถานะแวดล้อมที่วัดได้จากเซ็นเซอร์เป็นตัวกำหนดเงื่อนไข

### 2.3 ระบบระบายอากาศ

การระบายอากาศในโรงเรือนมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากโรงเรือนในระบบปิดจะมีความร้อนและความชื้นสะสมอยู่ภายในโรงเรือนสูง และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อราชนิดต่างๆ ได้ง่าย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการทดลองนี้ใช้พัดลมอุตสาหกรรมขนาด 24 นิ้วพร้อมมอเตอร์ 3 เฟส กำลังไฟฟ้า 1 แรงม้า ดังรูปที่ 3 ที่สามารถปรับความเร็วใบพัดผ่านอินเวอร์เตอร์ได้ สำหรับการระบายความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ภายในโรงเรือนออกสู่ภายนอกได้



รูปที่ 3 พัดลมระบายอากาศ

### 3. ระบบพลังงานจ่ายพลังงาน

บริเวณพื้นที่ตั้งของโรงเรือนปลูกพืชได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีกำลังไฟรวมสูงสุดที่ 5.76 kW ใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อเป็นการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและเป็นกรณีศึกษาให้กับพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึงแปลงเกษตรหรือโรงเรือนปลูกพืชในลักษณะเดียวกันด้วย

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเป็นแบบ poly crystalline silicon ขนาด 320W ต่อแผง มีอัตราการเปลี่ยนรูปพลังงานสูงสุดที่แสง (Irradiance Condition) 1,000 W/m<sup>2</sup> ที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 องศาเซลเซียส จ่ายแรงดันกระแสตรง 36 V

กระแสสูงสุด 8.5 A ในพื้นที่ทดลองได้แบ่งการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 2 ชุด ดังรูปที่ 4 ชุดแรกมีเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 10 แผง (3.2 kW) สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ชุดควบคุม อินเวอร์เตอร์ และปั้มน้ำ และชุดที่สองมีเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 8 แผง (2.56 kW) สำหรับจ่ายพลังงานให้แก่ชุดควบคุม อินเวอร์เตอร์ และพัดลมระบายอากาศ

โดยพิจารณาจากกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่จ่ายได้สำหรับภาระโหลดที่ต่ออยู่กับระบบ เช่น ในชุดที่ 1 สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ปั้มน้ำที่ทำงานพร้อมกันทั้ง 2 ตัว ต้องการกำลังไฟฟ้าประมาณ 2.2 kW คิดเป็น 70% ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้ ในชุดที่ 2 สำหรับจ่ายพลังงานให้พัดลมระบายอากาศ 2 ตัว หากทำงานพร้อมกัน ต้องการกำลังไฟฟ้าประมาณ 1.5 kW คิดเป็นประมาณ 60% ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้

อย่างไรก็ดี ในการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้านี้ได้ออกแบบให้สามารถใช้งานร่วมกันระหว่างพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และระบบไฟฟ้าหลักจากการไฟฟ้า โดยเลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบผสม (Hybrid inverter) ที่สามารถเปลี่ยนแหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (จากเซลล์แสงอาทิตย์) ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (จากการไฟฟ้า) ได้แบบอัตโนมัติ ทำให้ระบบต่างๆ สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

### 4 ระบบวัดและรายงานผลสภาพแวดล้อม

ในบทความฉบับนี้ เลือกใช้เซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจำนวน ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (SHT15) และวัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน (SHT10)



รูปที่ 5 บอร์ด Arduino Mega2560



รูปที่ 6 โมดูล DS3231 RTC

การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศใช้อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์เบอร์ SHT15 และการวัดความชื้นในดินใช้อิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์เบอร์ SHT10 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนแผงวงจร (Surface mounted) ซึ่งสามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ รวมทั้งสามารถประมวลผลแบบดิจิทัลได้ โดยการวัดความชื้นสัมพัทธ์ใช้วิธีการวัดแบบ capacitive sensor และ การวัดอุณหภูมิใช้ band-gap sensor ผลที่ได้จากการวัดถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจร A/D ภายในขนาด 14 บิต และเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกด้วยมาตรฐาน I2C โดยเซ็นเซอร์ชนิด SHT15 มีความถูกต้องในการวัดความชื้นสัมพัทธ์  $\pm 2\%RH$  และความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ  $\pm 0.3\text{ C}$



รูปที่ 7 เซ็นเซอร์ SHT15

การตรวจวัดความชื้นของดิน ใช้เซ็นเซอร์ SHT10 ติดอยู่บนแผงวงจร และสอดอยู่ภายในแท่งโลหะขนาดยาวประมาณ 6cm ที่มีรูพรุนแบบละเอียดที่ความชื้นสามารถผ่านเข้าไปได้ และสามารถป้องกันฝุ่นละออง หรือเศษดินขนาดใหญ่เข้าไปสัมผัสเซ็นเซอร์ได้โดยตรง โดยเซ็นเซอร์ชนิด SHT10 มีความถูก

ต้องในการวัดความชื้นสัมพัทธ์  $\pm 4.5\%RH$  และความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิ  $\pm 0.5\text{ C}$



รูปที่ 8 เซ็นเซอร์ SHT10

การเก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ทั้งสองชนิด ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega2560 ด้วยการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน I2C ดังรูปที่ 5 ดดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับโมดูลนาฬิกาจริง (real time clock, RTC) DS3231 ดังรูปที่ 6 เพื่อบันทึกข้อมูลด้านเวลา (วัน เดือน ปี เวลา วินาที นาฬิกา ชั่วโมง) ที่เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยละเอียด

การแสดงผลข้อมูลที่วัดได้ในสถานที่ติดตั้งเซ็นเซอร์สามารถแสดงผลผ่านใช้จอ LCD ขนาดเล็ก Nextion 4.3 inch HMI TFT LCD (NX4827T043) และการออกแบบหน้าจอแสดงผลร่วมกับโปรแกรม Nextion editor [10] ดังรูปที่ 9 จอแสดงผลติดตั้งไว้ด้านหลังของกล่องเก็บอุปกรณ์ระบบวัดสภาพแวดล้อม

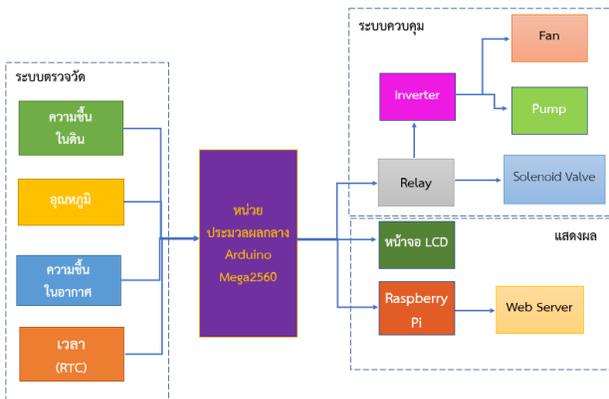


รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผล Nextion 4.3 นิ้ว



รูปที่ 10 บอร์ด raspberry pi

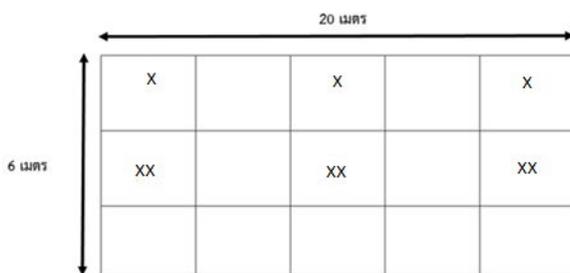
การแสดงผลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ในระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อบอร์ด Raspberry Pi เข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 ดังรูปที่ 10 ผ่านการสื่อสารแบบ Serial Communication (USB) ในขณะที่บอร์ด Raspberry Pi ต้องเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านสาย LAN หรือ WiFi โดยกำหนดให้บอร์ด Raspberry Pi รับข้อมูลจากบอร์ด Arduino Mega 2560 และส่งข้อมูลขึ้นแสดงผลบน Webserver การสร้าง Webserver สามารถเขียนโปรแกรมภาษา PHP และ Node.js และใช้โปรแกรม MYSQL สำหรับสร้างฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านหน้าเว็บไซต์ได้อย่างสะดวก โดยแผนภาพรวมของการเชื่อมต่อ แสดงได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในส่วนการวัดและรายงานผล

#### 4.1 ปัญหาการทำงานของระบบตรวจวัด

ภายในโรงเรือน มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ชนิดละ 3 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 12 โดย X แสดงตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (SHT10) และ XX แสดงตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (SHT15) และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ทั้งสองชนิดอีก 2 ตำแหน่งภายนอกโรงเรือน



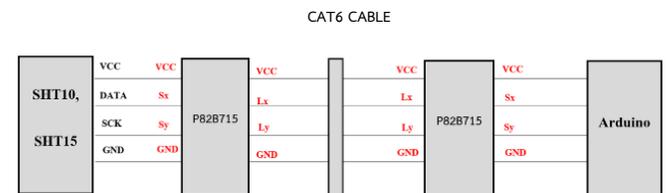
รูปที่ 12 ตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน

สัญญาณจากเซ็นเซอร์ถูกส่งเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการต่อผ่านสาย CAT6 มาตรฐาน I<sup>2</sup>C ซึ่งมีข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่งสัญญาณได้ไม่เกิน 5 เมตร

แต่เนื่องจากตำแหน่งระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเซ็นเซอร์มีระยะทางไกลมากกว่า 20 เมตร ดังนั้นจึงพบว่าสัญญาณที่วัดจากเซ็นเซอร์ผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ควรจะเป็นจริง ซึ่งมีสาเหตุมาจากค่าความเก็บประจุแฝง (Stray capacitance) ที่อยู่ในสายสัญญาณ

#### 4.2 การแก้ไขปัญหาการทำงานของระบบตรวจวัด

วิธีการแก้ปัญหาค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ผิดเพี้ยนจากสาเหตุในข้างต้น สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีเบอร์ P82B715 [9] I2C bus extender ที่ทำหน้าที่เป็นตัวอินเทอร์เฟซบัสเฟอ์และตัวทวนสัญญาณสำหรับ I2C บัส การใช้งาน IC P82B715 ร่วมกับ SHT10 และ SHT15 ต่อใช้งานที่ปลายสายทั้งสองข้างของสายเคเบิล ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การต่อ IC P82B715 ร่วมกับ SHT10

การติดตั้งเซ็นเซอร์ (SHT15) สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ติดตั้งตามแนวคานของโรงเรือนที่อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 3 เมตร เพื่อให้พ้นจากระยะกระจายน้ำจากสปริงเกอร์ ส่วนการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ทำการฝังหัวเซ็นเซอร์ลงในดิน ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การติดตั้งเซ็นเซอร์ SHT10

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละชนิด จำนวน 5 ตำแหน่ง (ภายในโรงเรือน 3 ตำแหน่ง ภายนอกโรงเรือน 2 ตำแหน่ง) ค่าที่ได้วัดจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงสำหรับการแสดงผล

ข้อมูลนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน ผ่านการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ พัดลมระบายอากาศ ได้อีกด้วย

การแสดงผลข้อมูลที่วัดได้ แสดงควบคู่กับวันเวลาที่วัดค่า และแสดงในรูปแบบกราฟเส้น ซึ่งข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิ มีลักษณะเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ข้อมูลที่วัดได้มีความต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันมีข้อมูลบ้างชุดมีความผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้อาจเกิดจากความผิดพลาดในการวัด การประมวลผล หรือการส่งข้อมูล ดังนั้นเพื่อปรับแก้ข้อมูลที่เกิดจากผิดพลาดดังกล่าว ในบทความนี้เลือกใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) [11] ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และให้ผลข้อมูลที่มีความถูกต้องเพียงพอต่อการใช้งาน โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากค่าเดิม 2 จุดที่ผ่านมารวมกับค่าที่วัดได้ในปัจจุบัน สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$y = \frac{1}{n} \sum y_i \quad (3)$$

เมื่อ  $y$  เป็นค่าเฉลี่ย ใช้แทนค่าข้อมูลปัจจุบันที่ได้จากการวัด

$n$  เป็นจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการเฉลี่ย

$y_i$  เป็นข้อมูลค่าที่  $i$

$i$  มีค่าเท่ากับ 0, -1, ..., -n และ  $y_0$  เป็นข้อมูลค่าปัจจุบันที่ได้จากการวัด

## 5. โรงเรือนปลูกพืชและข้อมูลสภาพแวดล้อม

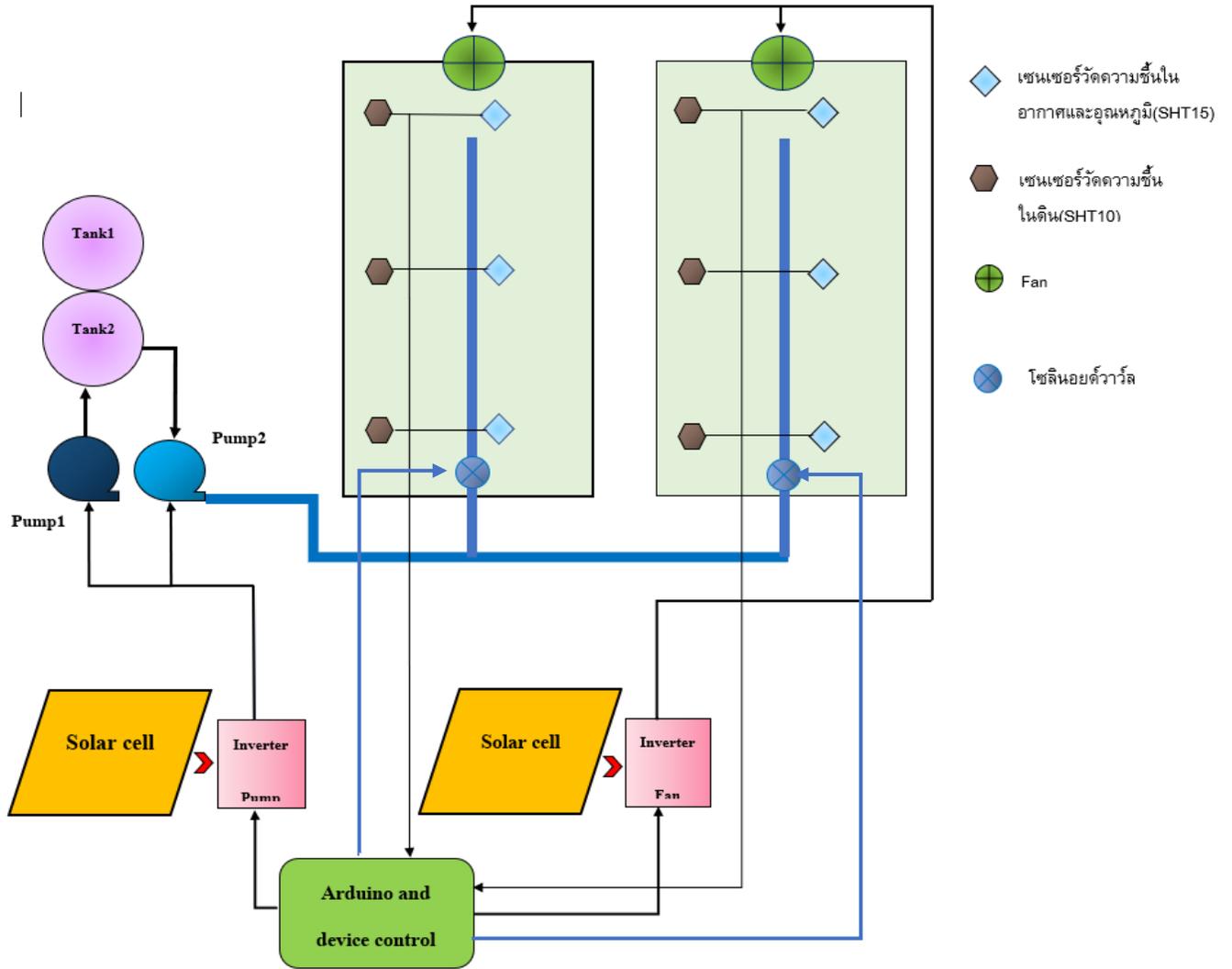
ผังของโรงเรือนปลูกพืชแสดงได้ดังรูปที่ 15 ประกอบไปด้วย 2 โรงเรือน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชุด ชุดที่ 1 จ่ายพลังงานให้กับปั๊ม ซึ่งมี 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ดูดน้ำใต้ดินเข้าถังเก็บจำนวน 2 ถัง และอีกตัวทำหน้าที่จ่ายน้ำให้กับโรงเรือนปลูกพืช เซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 2 จ่ายพลังงานให้กับพัดลมของทั้งสองโรงเรือน

ตำแหน่งถังและปั๊มอยู่ด้านข้างโรงเรือนเพื่อสะดวกกับการทำงาน อยู่ใกล้กับโรงเรือนทำให้จ่ายน้ำผ่านระบบท่อใน

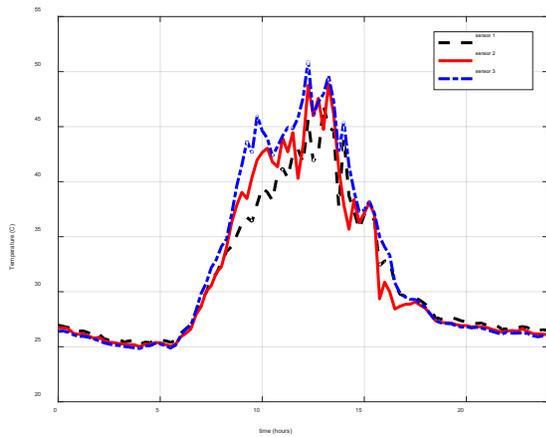
ระยะทางและความดันที่เพียงพอ ซึ่งยังสามารถจ่ายเพิ่มได้ในกรณีสร้างโรงเรือนเพิ่มเติมในบริเวณใกล้เคียง และชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งหน้าโรงเรือนซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีเงาจากต้นไม้หรืออาคารตกพาดถึง

การวางอุปกรณ์ตามผังดังกล่าว เน้นให้มีการใช้พลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่าการใช้พลังงานจากระบบไฟฟ้าหลัก เนื่องจากการรดน้ำพืชและระบายอากาศด้วยการใช้พัดลมมักทำในเวลากลางวัน โดยการรดน้ำพืชมักทำในตอนเช้าและการใช้พัดลมอาจเพื่อลดความชื้นหรือลดอุณหภูมิซึ่งทำในตอนกลางวันเช่นกัน มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสปริงเกอร์ด้วยระยะห่างสม่ำเสมอเพื่อให้น้ำกระจายทั่วถึงทั้งโรงเรือน โดยระบบออกแบบให้รองรับการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่วัดค่าสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจะถูกส่งมายังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในขั้นตอนประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มจ่ายและพัดลม ผ่านอินเวอร์เตอร์ โดยการควบคุมการให้น้ำต้องทำผ่านทั้งอินเวอร์เตอร์และโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งรายละเอียดในการควบคุมไม่ได้นำเสนอในบทความนี้ด้วย

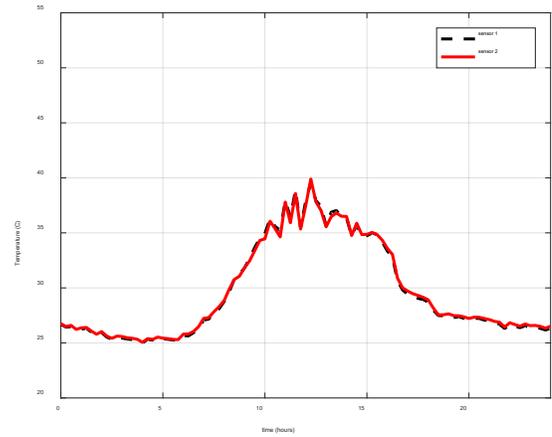
ข้อมูลที่วัดได้เป็นข้อมูลของอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และ ความชื้นในดินภายในโรงเรือน ที่ได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ชนิดละ 3 ตำแหน่งในโรงเรือน และภายนอกโรงเรือน 2 ตำแหน่งโดย ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง (ตั้งแต่เวลา 0.00 – 23.45 น) แสดงในรูปที่ 16 – 21 ตามลำดับ จากหัวจ่ายน้ำทั้ง 3 จุด ทำให้บริเวณดังกล่าวได้รับน้ำมากกว่าบริเวณอื่น ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าตำแหน่งอื่นมาก ในขณะที่เซ็นเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งหัวและท้ายโรงเรือน ทำให้ค่าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 จากผลที่วัดได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับตำแหน่งและเวลาการจ่ายน้ำให้เหมาะสมแก่ความต้องการแก่พืชได้ เนื่องจากค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังนั้นการบทความชื้นนี้จึงเลือกใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) อย่างง่าย เพื่อลดผลกระทบที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยภายนอกต่างๆ เพื่อให้สามารถนำค่าที่วัดไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมต่อไป ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 22 – 27



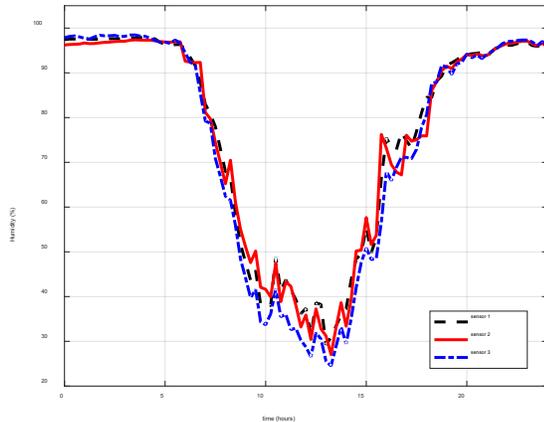
รูปที่ 15 ผังของโรงเรียนปลูกพืช



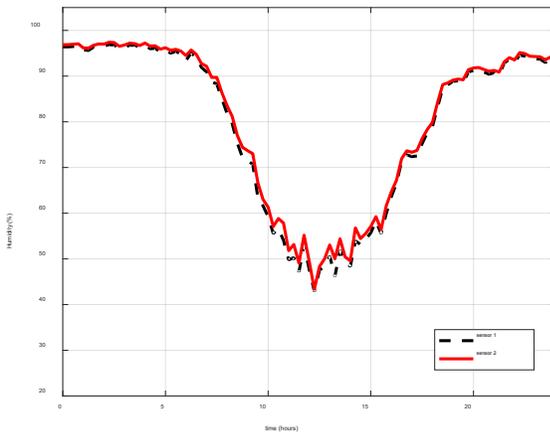
รูปที่ 16 อุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรียน



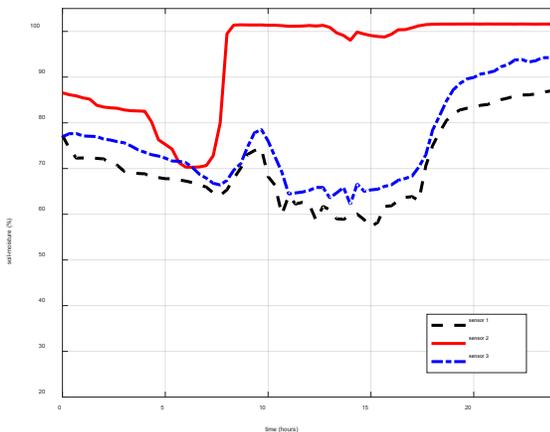
รูปที่ 17 อุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงเรียน



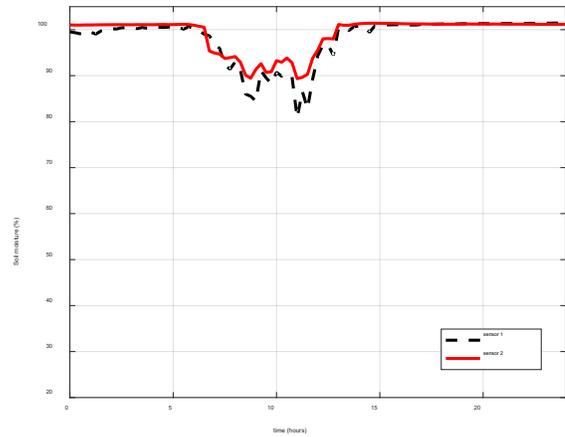
รูปที่ 18 ความชื้นในอากาศภายในโรงเรียน



รูปที่ 19 ความชื้นในอากาศภายนอกโรงเรียน



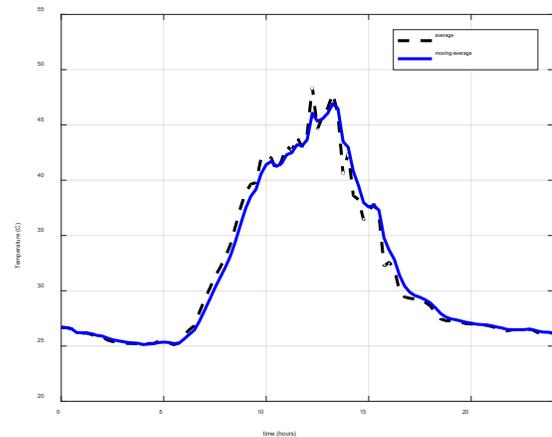
รูปที่ 20 ความชื้นในดินภายในโรงเรียน



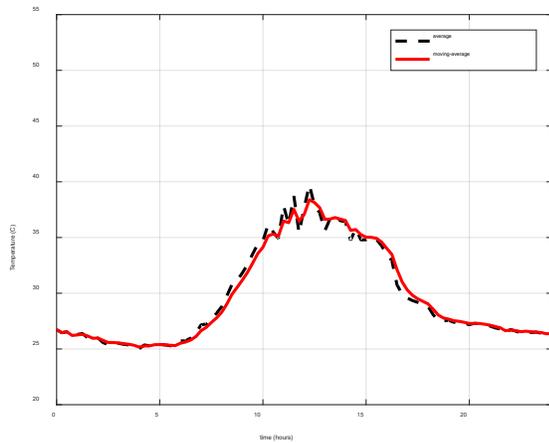
รูปที่ 21 ความชื้นในดินภายนอกโรงเรียน

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่วัดจากเซ็นเซอร์แต่ละชนิดที่ตำแหน่งต่างๆ จากรูปที่ 16 – 19 เห็นว่าค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายนอกและที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงเรียน โดยเฉพาะอุณหภูมิที่วัดได้ภายในโรงเรียนจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรียนในช่วงเวลากลางวัน ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรียนมีค่าต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเล็กน้อยในช่วงเวลากลางวัน

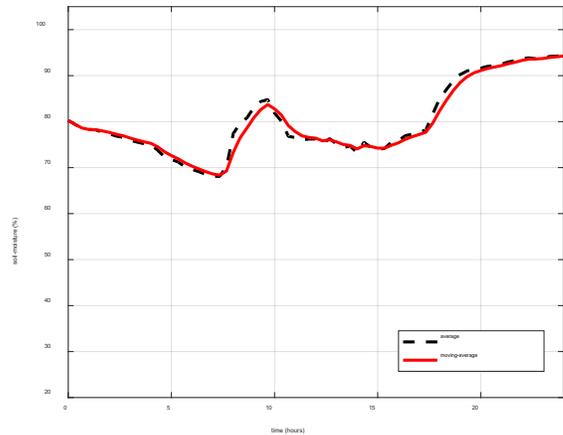
จากรูปที่ 20 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากมีการจ่ายน้ำผ่านสปริงเกอร์ในช่วงเวลาประมาณ 9.00 – 10.00 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวมีความแตกต่างกันมาก โดยเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 ติดตั้งอยู่ตำแหน่งกลางโรงเรียน ได้รับน้ำ



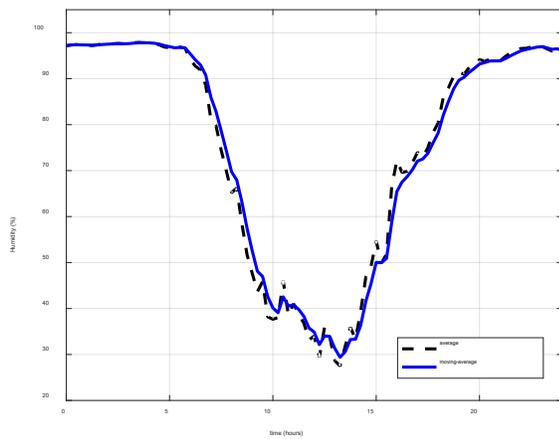
รูปที่ 22 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในโรงเรียน



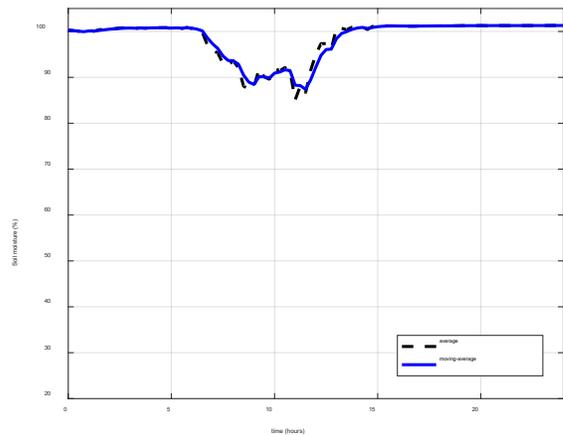
รูปที่ 23 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน



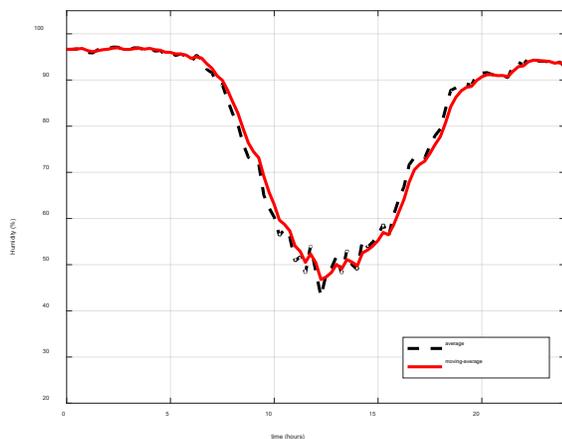
รูปที่ 26 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของดินภายในโรงเรือน



รูปที่ 24 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยความชื้นภายในโรงเรือน



รูปที่ 27 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยความชื้นของดินภายนอกโรงเรือน



รูปที่ 25 เส้นค่าเฉลี่ยและ moving average ของเส้นค่าเฉลี่ยความชื้นในอากาศภายนอกโรงเรือน

ทั้งนี้จากรูปที่ 22 และ 23 จะเห็นว่า อุณหภูมิภายในโรงเรือนในช่วงเวลากลางวันมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน 5 – 10 องศาเซลเซียส และเนื่องจากการมีอุณหภูมิสูง เป็นผลทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนในช่วงเวลากลางวัน ต่ำกว่าความชื้นภายนอก 10 – 15% ดังรูปที่ 24 และ 25 ส่วนความชื้นในดินภายนอกโรงเรือนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามความชื้นในอากาศ และไม่สัมพันธ์กับความชื้นภายในโรงเรือน ดังรูปที่ 26 – 27 เนื่องจากภายนอกโรงเรือนเปิดสู่บรรยากาศโดยรอบและไม่มีการให้น้ำเพิ่ม

## 5.1 การแสดงผลสภาพแวดล้อม

ตัวอย่างการแสดงผลค่าจากเซ็นเซอร์ที่วัดและผ่านการคำนวณปรับค่าแล้ว ด้วยจอแสดงผลขนาดเล็ก รวมถึงสามารถเรียกดูสถานะการทำงานของอุปกรณ์ได้ที่จุดติดตั้ง ดังรูปที่ 28 โดยหน้าจอจะแสดงผลค่าที่เก็บไว้ล่าสุด ณ เวลาที่เรียกดู



รูปที่ 28 หน้าจอแสดงค่าที่วัดได้ในโรงเรือน 1



รูปที่ 29 หน้าจอแสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์โรงเรือน 1

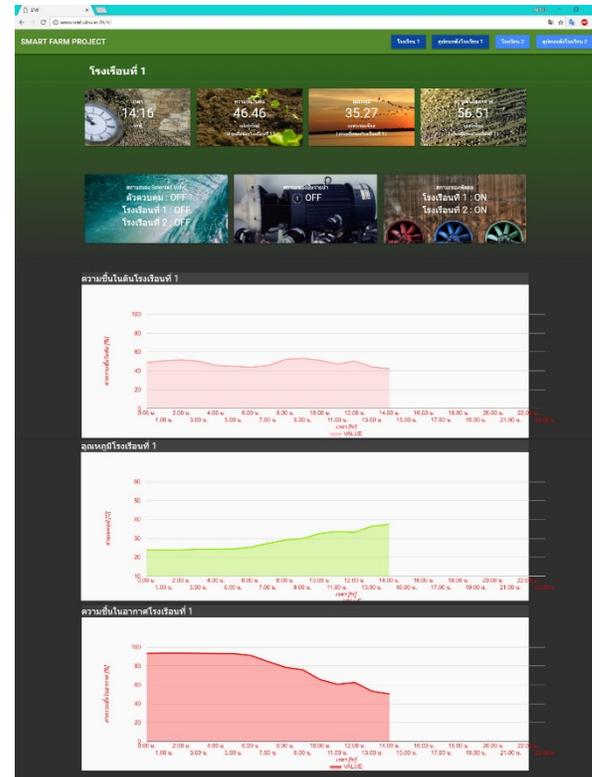
ข้อมูลสภาพแวดล้อมและสถานะการทำงานของอุปกรณ์ถูกส่งผ่านระบบไอโอที เข้าสู่ web server และแสดงผลบนหน้า webpage โดยระบบจะแสดงผลเป็นกราฟและค่าที่วัดได้ล่าสุด (ภายในเวลาไม่เกิน 15 นาที) ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้

## 6. อภิปรายผล

จากการพัฒนาและติดตั้งใช้งานระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมในโรงเรือนในพื้นที่จริง ในโรงเรือนซึ่งมีขนาดใหญ่ ทำให้พบปัญหาในการส่งข้อมูล ซึ่งนอกจากสาเหตุในการสื่อสารซึ่งได้นำเสนอวิธีแก้ไขไว้แล้วนั้น ก็มีสาเหตุมาจากการวางสายด้วย ควรมีการร้อยท่อฝังเพื่อป้องกันผลกระทบจากการทำงานขณะปลูกพืช แต่ในขณะเดียวกัน ควรเป็น

โครงสร้างที่มีการรื้อถอนได้ง่ายสำหรับในส่วนเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ที่มีความจำเป็นต้องทำพื้นที่ให้ว่างในรอบการเตรียมดินปลูกแต่ละครั้ง

ในการเลือกใช้บอร์ด mega 2560 เพื่อรองรับการควบคุมอุปกรณ์ในอนาคต หากใช้ระบบตรวจวัดอย่างเดียว สามารถใช้เฉพาะ Raspberry pi หรือใช้บอร์ดที่มีขนาดเล็กลงมา เช่น บอร์ดอาร์ดูโนนาโน เป็นต้น



รูปที่ 30 หน้าจอแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ต

เมื่อพิจารณาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนปิด สามารถลดปัญหาเรื่องแมลงได้ แต่ต้องมีการควบคุมการเปิดประตูเข้าออก และจากข้อมูลการวัดพบว่า อุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกมากในเวลากลางวัน จึงมีความจำเป็นต้องเลือกพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีสามารถทนอุณหภูมิได้สูง 45 – 50 องศาเซลเซียส

ในการพัฒนาและการศึกษาต่อไป ได้รวมการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนไว้ด้วย โดยให้หัวพ่นหมอก หรือมินิสปริงเกอร์ แทนสปริงเกอร์หัวใหญ่ ร่วมกับพัดลมระบายอากาศ หรือพิจารณาการใช้ระบบ evaporating โดยการใช้น้ำระเหยระบายความร้อน ซึ่งเหมาะในการใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มักให้พลังงานสูงสุดตอนช่วงกลางวันที่มีแสงจ้า

## 7. สรุป

การใช้เทคโนโลยีในภาคการเกษตร ในส่วนของการปลูกพืชในโรงเรือน องค์ประกอบของระบบในส่วนการวางอุปกรณ์เก็บกักน้ำ ขนาดของถังน้ำและปั๊มที่ใช้งาน ควรมีการคำนวณรองรับการออกแบบดังที่ได้แนะนำไว้ในบทความนี้ เพื่อให้มีน้ำใช้อย่างเพียงพอและสามารถจ่ายน้ำไปได้ทั่วบริเวณ และในส่วนของการใช้ระบบตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์หลายจุดในโรงเรือนที่ทำให้ระยะระหว่างเซ็นเซอร์และบอร์ดรับข้อมูลห่างกันมากกว่า 5 เมตร และสัญญาณระหว่างเซ็นเซอร์และบอร์ดส่งถึงกันไม่ได้ สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ไอซีเพื่อทวนสัญญาณ จากนั้นส่งค่าที่วัดได้รายงานผลทางอินเทอร์เน็ตผ่านบอร์ด IoT ตามวิธีการที่นำเสนอ จากข้อมูลการวัดจะเห็นว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกได้มากถึงสิบองศาเซลเซียส และทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งในอากาศและในดินต่ำ ดังนั้นหากไม่มีกลไกการลดอุณหภูมิ เกษตรกรควรเลือกพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง และอาจให้น้ำมากกว่าวันละหนึ่งครั้ง เพื่อเพิ่มความชื้นเพียงพอ

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย [อินเทอร์เน็ต]. จาก <http://social.nesdb.go.th> [เข้าถึงวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2561]
- [2] Saud G, Foteini B, Esmail Mohamed AAE, Seifelislam Mahmoud AG, Mohammed MR, Ayman MA and Salman MI. 2019. Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments – A review, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 2019;12: 48 – 70.
- [3] Mei-Hui L, Yao-Feng H, Li-Jun C, Shang-Feng D. Greenhouse environment dynamic monitoring system based on Wi-Fi, *International Federation of Automatic Control, IFAC Papers On Line*. 2018; 51-17: 736 – 740.
- [4] Bontsema J, Ooteghem RV, Hemming J, Henten EV, Ooster A, Janssen H. On-line monitoring of the energy and moisture flows in greenhouses. *IFAC Proceedings Volumes*. 2010;43(26): 262 – 267.
- [5] Mourika S, Beverena PJM, López- Cruzb I, Hentena EJ. Improving climate monitoring in greenhouse cultivation via model based filtering. *Bio systems engineering*. 2019; 181: 40 – 51.
- [6] Chavan CH, Karande PV. Wireless Monitoring of Soil Moisture, Temperature & humidity using zigbee in agriculture. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2014;11: 493 – 497.
- [7] Ubon Ratchathani, Thailand – Detailed climate information and monthly weather forecast [internet], [cited 2019 Feb 4] Available from: [www.weather-th.com/en/thailand/ubon-ratchathani-climate](http://www.weather-th.com/en/thailand/ubon-ratchathani-climate)
- [8] Mitsubishi WCM Series, Product description [internet], [cited 2019 Feb 4] Available from: [www.mechanika.co.th](http://www.mechanika.co.th)
- [9] Texas Instruments, 2016. P82B715 I<sup>2</sup>C Bus Extender, Product datasheet.
- [10] NEXTION Editor [internet], [cited 2019 Feb 4] Available from: <https://nextion.itead.cc/resources/download/nextion-editor/>
- [11] บงกช สุขอนันต์ มงคล ปุษยตานนท์ และกฤษณ์ ศรีวีร มาศ. 2555. การปรับแก้และนำเสนอข้อมูลระดับน้ำที่ถูกต้องตามเวลาจริงสำหรับระบบเฝ้าระวังอุทกภัย, *วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.* 2555; 5(1): 40-47.