

เทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน The IoT Technology for Control the Earthworm Culture Environment

จิรศักดิ์ พุ่มเจริญ (Jeerasak Phumcharoen)^{1*} ลักษณันท์ พลอยวัฒนาวงศ์ (Luxsanan Ploywattanawong)**

(Received: June 21, 2020; Revised: August 24, 2020; Accepted: October 1, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเทคโนโลยีไอโอทีเข้ามามีส่วนช่วยสนับสนุน ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีวัตถุประสงค์พัฒนาเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือน เพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียและเพิ่มผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินแก่เกษตรกร โดยการออกแบบและพัฒนาโรงเรือน โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจร การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอที ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของระบบไอโอทีแต่ละส่วน ประกอบด้วย การทดสอบประสิทธิภาพของระบบการเชื่อมต่อวงจรควบคุมและอุปกรณ์การพ่นน้ำอัตโนมัติ มีความถูกต้อง ได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 30.65 องศา ความชื้น 57.9% อัตราการพ่นน้ำ 77.2% การทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่าย ได้ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ 31.53 องศา ความชื้น 54.7% อัตราการพ่นน้ำด้วยการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ดีมาก ค่าความถูกต้อง ดีมาก เกษตรกรผู้เลี้ยงไส้เดือนดินภายในจังหวัดสุพรรณบุรี เลือกแบบเจาะจงจำนวน 12 รายมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบในระดับมาก ได้คะแนนค่าเฉลี่ย 4.37 แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสามารถอำนวยความสะดวกในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินอย่างเหมาะสม

ABSTRACT

This research, using IoT technology to support temperature and humidity control for farmers. Objective to develop IoT technology for control the earthworm culture environment. The system can solve problems, reduce losses, and add earthworm manure to farmers. The research includes Greenhouse design and development, circuit connection structures, performance testing, and installation of equipment for cultivating earthworms with the IoT system. The performance test results of the IoT system are as follows: the performance test of the connection of the control circuit and the automatic spray device is accurate. An average temperature of 30.65 degrees, humidity 57.9%, spray rate of 77.2%. The network transmission efficiency test was as follows: an average temperature of 31.53 degrees, humidity 54.7%, the water spray rate by network transmission was very good, the accuracy was very good. The users are very satisfied with the use of the system was as follows: the mean score is 4.37. Show that, the IoT system can provide a solution and be effective in cultivating earthworms.

คำสำคัญ: ไอโอที เกษตรอัจฉริยะ ไส้เดือนดิน

Keywords: IoT, Smart farm, Earthworm

¹ Corresponding author: jeerasak.ph@rmutsb.ac.th

*อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

บทนำ

การเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยนิยมใช้สารเคมีเป็นส่วนมากเพื่อการกำจัดศัตรูพืช การบำรุงดิน การกำจัดโรค และเร่งการเจริญเติบโตของพืช ในอนาคตความต้องการด้านอาหารทั้งในประเทศและต่างประเทศมีความเพิ่มขึ้น เกษตรกรยังต้องใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีในการเพิ่มผลผลิต และต้านทานโรค หรือแมลงต่างๆ จากรายงานของสมาคมอารักขาพืชไทย ณ วันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ. 2559 พบว่าประเทศไทยนำเข้าสารเคมีในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น การใช้สารเคมีกับผลผลิตทางการเกษตรเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร และทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีบางประเภทที่สลายตัวยากกับผลผลิต ส่งผลเสียต่อร่างกายของผู้บริโภค และเกษตรกรที่ได้รับสารเคมีโดยตรง จากผลกระทบดังกล่าวส่งผลให้การเกษตรอินทรีย์กลายเป็นกระแสสำคัญที่กำลังได้รับความสนใจในระดับนานาชาติ การทำเกษตรอินทรีย์มีหลักปฏิบัติบางประการ เช่น แหล่งน้ำต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีสารปนเปื้อนในดินที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ปราศจากวัตถุอันตรายในการผลิตตามข้อบังคับของกรมวิชาการเกษตร การเก็บรักษาและขนย้ายต้องมีโรงเรือนที่ได้มาตรฐาน ปลอดภัยหลังเก็บเกี่ยว

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อให้ได้มูลมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการเพาะปลูกพืชอย่างปลอดภัยจากสารเคมีเป็นประเด็นที่เกษตรกรและภาครัฐให้การสนับสนุน แต่ด้วยกระบวนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจำเป็นต้องได้รับการสังเกตพฤติกรรมของไส้เดือนและการดูแลสภาพแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ ปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินประกอบด้วย ความชื้น อุณหภูมิ และความชื้นเป็นกรด-ด่าง ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 60-80% อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนอยู่ในช่วง 15 - 28 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อไส้เดือนในช่วง pH7 เป็นต้น ซึ่งพบปัญหาในสาเหตุอื่นที่ทำให้ไส้เดือนหนีออกจากที่อยู่อาศัย เช่น ถ้าหากไส้เดือนมีพฤติกรรมค่อย ๆ เลื้อยหนีจากการให้อาหาร แสดงว่ามีบางอย่างผิดปกติ ซึ่งเกิดจากอาหารที่ให้ไส้เดือนกินอาจจะมีปัญหา ดินที่เลี้ยงและมีความชื้นสูง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโรงเรือนต้นแบบด้วยเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อช่วยลดปัญหาการสูญเสีย สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและสภาพแวดล้อมของดินได้อย่างเหมาะสมแก่กลุ่มเกษตรกรในการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

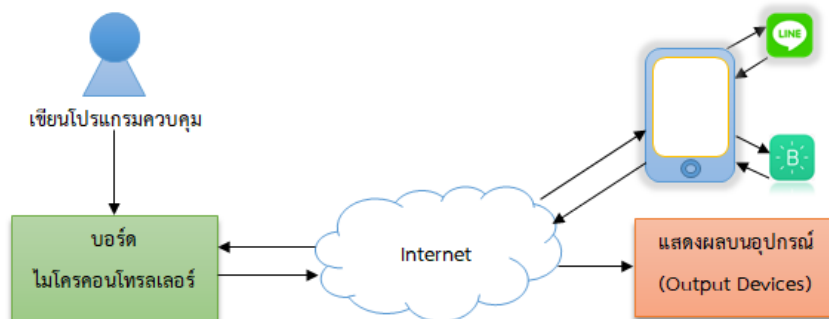
พัฒนาเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเกษตรที่ยั่งยืนเป็นประเด็นหนึ่งของประเทศไทย ที่ภาครัฐให้ความสำคัญในด้านการสนับสนุนและส่งเสริมด้วยนวัตกรรม Value-Based Economy พร้อมผลักดันนักวิจัยในการคิดค้นนวัตกรรม เพื่อช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจไปสู่ประเทศไทย 4.0 ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm) มีการวางเป้าหมายมุ่งเน้นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีมาประยุกต์การเกษตร ในการสนับสนุนงานของเกษตรกร ลดการทำลายธรรมชาติ ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม โดยเชื่อมโยงตั้งแต่ขั้นตอนของกระบวนการผลิต การบริหารจัดการ ใส่ใจธรรมชาติ และเทคโนโลยี

Internet of Things

เป็นเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่สามารถเชื่อมอุปกรณ์และเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์แสดงผล เครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ทำให้เป็นระบบที่เรียกว่า ไอโอที ซึ่งสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตทำให้มนุษย์สามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ ในบ้านและสำนักงานจากสถานที่ใดและเวลาใด ๆ [1] สำหรับความสามารถพื้นฐานของระบบไอโอที เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสง การเปิด-ปิดอุปกรณ์ จากแนวคิดนวัตกรรมไอโอทีทำให้นักวิจัยหลายสาขาได้นำมาประยุกต์กับการใช้งานบนระบบต่าง ๆ ทั้งวงการอุตสาหกรรม การแพทย์ ความปลอดภัย สถานที่สาธารณะ และระบบที่ฝังตัวในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โดยต้องอาศัยอินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐาน ระบบฝังตัวเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งพบว่าอุปกรณ์ปัจจุบันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อนำให้สามารถรองรับการนำไปใช้ต่อยอดสร้างชิ้นงานไอโอทีที่มีความสามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN หรือ Wi-Fi) แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ 1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับไอโอที สามารถควบคุม อินพุตและเอาต์พุตเชื่อมต่ออุปกรณ์ เพื่อตรวจจับหรือแสดงผลตามต้องการ 2) โมดูลสื่อสารไร้สายไอโอที 3) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับโมดูลสื่อสารไร้สาย ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดและทฤษฎีจากความสามารถของอุปกรณ์ในกลุ่มนี้มาประยุกต์โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับโมดูลสื่อสารไร้สาย เพื่อให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารรับส่งข้อมูลระหว่างกันได้ (ภาพที่ 1) โดยการนำเทคโนโลยีมาควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยใดที่นำเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อนำไปสู่การเกษตรอินทรีย์ที่ยั่งยืน นักวิจัยเขียนโปรแกรมการควบคุมอุปกรณ์ในการเปิด-ปิดระบบน้ำ เช่น เซอร์ควบคุมอุณหภูมิ การวัดความชื้น ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk พร้อมทั้งสามารถแสดงผลบนอุปกรณ์และแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชัน LINE แก่ผู้ใช้งาน



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีกับงานวิจัย

1. การควบคุมความชื้นในดิน (ตัววัดความชื้น) เช่น เซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดินหรือน้ำ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อินพุตอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot การนำมาประยุกต์ใช้งานในงานวิจัย ได้ทำการติดตั้งโดยเสียบแผ่นเซ็นเซอร์ลงดิน จากนั้นใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดิน [2] มีค่ามากกว่า จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา Do แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา Do และขา Ao เป็นขาที่ต่อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วัดความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่า

แรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปจะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผกผัน

2. การควบคุมอุณหภูมิ (ตัววัดอุณหภูมิ) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ DS18B20 เป็นโมดูลที่ใช้วัดอุณหภูมิในดินหรือน้ำ โมดูล DS18B20 มีหน่วยความจำแบบ SRAM ขนาดความจุ 9 ไบต์ (Byte 0 ถึง Byte 9) เรียกว่า Scratchpad ส่วนหน่วยความจำจะใช้สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิที่ได้จากการอ่านและแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลในแต่ละครั้ง (ใช้ 2 ไบต์ และเก็บไว้ใน Byte 0 และ Byte 1) และยังมีการคำนวณค่า CRC (checksum) ขนาดหนึ่งไบต์

เกษตรอัจฉริยะ

ระบบอัตโนมัติทางการเกษตร เริ่มด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการรวบรวมการเจริญเติบโตของพืชผล ซึ่งการรวบรวมข้อมูลต้องอาศัยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการวัดค่าเก็บข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม การเจริญเติบโตและส่งข้อมูลบันทึกบนเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล จากนั้นเกษตรกรจะได้ข้อมูลสำหรับใช้คาดการณ์วางแผนปรับสภาพแวดล้อมในการทำเกษตรกรรม [3] โครงการวิจัยทางด้านเกษตรอัจฉริยะหลากหลายโครงการได้ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของสภาพแวดล้อมหลายรูปแบบ เช่น สภาพแวดล้อมพื้นฐานเรือนกระจกโดยใช้ไอโอทีที่เข้ามาควบคุมพัดลม อุณหภูมิความร้อนและเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งโรงเรือน อย่างไรก็ตามระบบเกษตรอัจฉริยะส่วนใหญ่มักพบปัญหาในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมแบบใช้สาย เครือข่ายการสื่อสาร การตรวจจับสภาพแวดล้อม และการควบคุมจะถูกเชื่อมโยงภายในโรงเรือน ซึ่งพบว่าอินเทอร์เน็ตแบบใช้สายในการสื่อสารมีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางไกลและตำแหน่งการติดตั้งเพื่อรับสัญญาณ [4-5] จากปัญหาที่พบทำให้เกษตรกรไม่สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ฟาร์มระบบเปิดพื้นที่กว้าง ภูมิประเทศบนภูเขา หรือในทะเล [6] เช่น งานวิจัยที่ได้ศึกษามพบว่าได้มีการนำฟังก์ชันตรวจสอบและควบคุมเซ็นเซอร์เพื่อใช้พลังงานต่ำในการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธและ LPWAN มาใช้งาน เป็นวิธีการสื่อสารแบบใช้สายที่มีอยู่ตาม Arduino และใช้โปรโตคอลการสื่อสาร MQTT ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ผสานวิธีการที่มีอยู่กับเทคโนโลยีใหม่ [7] วิจัยด้านเกษตรกรรมมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบบรอดแบนด์ในการควบคุมการพ่นน้ำฟาร์มระบบปิด โดยใช้ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากเซ็นเซอร์ (เช่น อุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้น และความเข้มแสง) เปรียบเทียบกับพยากรณ์อากาศเพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจทางการเกษตร [2] ระบบการเกษตร (AgriSys) ใช้อุณหภูมิ, ค่า pH, เซ็นเซอร์ความชื้นบันทึกข้อมูลจากเซ็นเซอร์ [8] ระบบตรวจสอบข้อมูลเซ็นเซอร์บนจอแอลซีดีหรือจอคอมพิวเตอร์ อีกทั้งเทคโนโลยี ZigBee ซึ่งเป็นเครือข่ายไร้สายตรวจสอบช่วยควบคุมความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นในดิน ซึ่งระบบดำเนินการเป็นเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ [9-10] การตรวจสอบข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต เกษตรกรสามารถใช้โปรแกรมกราฟิกโดยมีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับใช้ตรวจวัดระดับความชื้นของดินอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ [11]

1. การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน สามารถพบได้ทั่วไปตามดินชุ่มชื้นร่วนซุย การขอนไชของไส้เดือนดินทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น ช่วยในการอุ้มน้ำของดิน เหมาะแก่การแพร่กระจายออกไปหาอาหารของพืช และผลจากกระบวนการกินอาหารของไส้เดือนยังช่วยพลิกกลับดิน มูลไส้เดือนมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน แคลเซียม และธาตุอาหารอื่นๆ ที่พืชต้องการในปริมาณมากและอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ดี นอกจากนั้นยังช่วยส่งเสริมในการละลายธาตุอาหารพืช ที่อยู่ในรูปอนินทรีย์สารที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ไปอยู่ในสภาพที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ไส้เดือนดินที่นักชีววิทยาค้นพบทั่วโลกมีประมาณ 4,400 ชนิด โดยแบ่งได้ตามลักษณะแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่ กลุ่มอาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน กลุ่มอาศัยในดินชั้นบนที่มีความลึกประมาณ 20 - 30 เซนติเมตร และกลุ่มอาศัยในดินชั้นล่างที่มีความลึกประมาณ 2 - 3 เมตร ส่วนไส้เดือนที่นิยมเลี้ยงนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดมีอยู่ 4 สายพันธุ์ คือ 1) ไส้เดือนสายพันธุ์ อายซิเนีย ฟูทิดา (Eisenia foetida) หรือ Tiger Worm 2) ไส้เดือนสายพันธุ์ เฟเรทิม่า ฟิควานา (Pheretima

peguana) หรือ ขี้ตาแร่ 3) ไล่เดือนสายพันธุ์ บลูเวิร์ม (Blue worm) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไล่เดือนพันธุ์ที่ 4) เป็นสายพันธุ์ แอฟริกัน ไนท์ ครอเลอ (African Night Crawler) หรือ AF เป็นไล่เดือนขนาดใหญ่ ลำตัวมีสีน้ำตาลแดงปนเทา สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว มีความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว เจริญเติบโตในเขตอากาศร้อน และนำมาผลิตเป็นโปรตีนเสริมสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีอัตราการแพร่พันธุ์ที่สูงมาก

2. การเพาะเลี้ยงแบบทั่วไป การเลี้ยงไล่เดือนดิน มีหลายแบบหลายวิธี ใช้กะละมัง หรือบ่อซีเมนต์หรือบ่อปูนกลม หากเลี้ยงในปริมาณมากเกษตรกรนิยมเลี้ยงในบ่อซีเมนต์หรือบ่อกลมกันเป็นส่วนใหญ่ อุปกรณ์ไม่ยุ่งยาก หาได้ง่าย และประหยัด

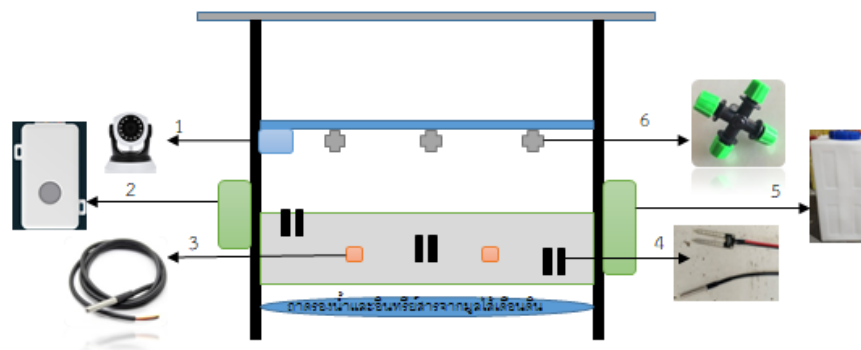
สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้พัฒนาระบบได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองโรงเรือนและพัฒนาโครงสร้างระบบงานโดยการนำเทคโนโลยีมาควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไล่เดือนดิน สร้างสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงและการดูแล วิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์เชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยีไอโอที

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาในแต่ละส่วนได้มีการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ และทดลองให้ได้ผลที่ถูกต้อง โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

การออกแบบโครงสร้างโรงเรือน

ปัจจัยพื้นฐานที่เหมาะสมของขี้วัว อุณหภูมิที่เหมาะสมของที่อยู่ไล่เดือนดิน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และระบบไอโอที สำหรับการติดตั้งโรงเรือนประกอบด้วย 1) ชุดกล้อง 2) ถังใส่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 3) ตัววัดอุณหภูมิ 4) ตัววัดความชื้น 5) ถังน้ำ 6) หัวพ่นน้ำ 7) ถาดรองน้ำใต้โรงเรือน (ภาพที่ 2)

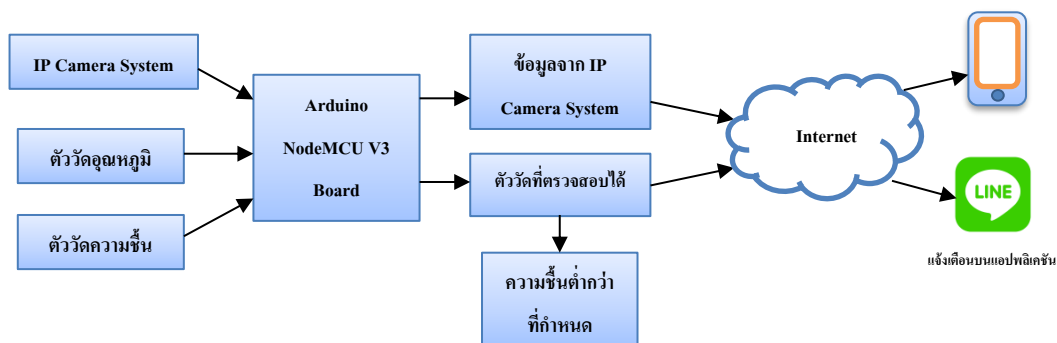


ภาพที่ 2 แบบโครงสร้างโรงเรือนจำลอง

การออกแบบโครงสร้างการเชื่อมต่อวงจร

การควบคุมอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น การออกแบบระบบเครือข่าย การออกแบบระบบแสดงผล อุปกรณ์ตรวจจับแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk และแจ้งเตือนค่าผ่านแอปพลิเคชัน LINE บนอุปกรณ์สื่อสาร จากการศึกษาและวางโครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรข้างต้น สามารถแบ่งงานออกแบบระบบเป็นส่วน ดังนี้ 1) ระบบการเชื่อมต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ 2) ระบบการเชื่อมต่อกล้องวงจรปิด และการวางระบบชุดกล้องวงจรปิด (IP Camera) ที่มีโครงสร้างและหน้าที่ในการรับส่งข้อมูล (ภาพที่ 3) ส่วนระบบกล้องเป็นอีกส่วนที่ส่งข้อมูลซึ่งจะส่งสัญญาณข้อมูลที่รับไปยังบอร์ดจากนั้นบอร์ด MCU V3 ทำการส่งค่าต่อไปเพื่อแสดงผลที่ Smart Phone ของผู้ใช้งาน

โครงสร้างระบบการเชื่อมต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ การออกแบบและพัฒนาโดยมีการจ่ายกระแสไฟฟ้า 5V จะเข้าไปเลี้ยงบอร์ด ตัววัดอุณหภูมิและตัววัดความชื้นจะทำงานตลอดเวลา สามารถตั้งค่าการส่งข้อมูลความชื้นได้ เช่น 30 นาที,



ภาพที่ 3 Block Diagram โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์

60 นาที เพื่อให้ระบบทำการส่งข้อมูลทุกนาที ตัววัดทั้งสองจะทำการส่งค่าไปยังบอร์ด จากนั้นระบบจะคำนวณค่าวัดที่ตรวจสอบได้เป็น ค่าความชื้นต่ำ เมื่อได้ค่าที่คำนวณถึคมาระบบส่งค่าผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังอุปกรณ์สมารท์โฟนเพื่อให้เกษตรกรสามารถสั่งงานควบคุมการเปิด-ปิดน้ำในการเพิ่มความชื้นในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน พร้อมกันนั้นระบบจะส่งค่าไปยังระบบการแจ้งเตือนค่าผ่านแอปพลิเคชัน LINE

การทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

การนำไส้เดือนดินเข้าไปเลี้ยงในโรงเรือนได้นั้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการปรับอุณหภูมิและความชื้น ในโรงเรือนให้ไส้เดือนดินสามารถเจริญเติบโตได้ เพราะมูลวัวที่จะนำมาเลี้ยงต้องมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไส้เดือนดิน ดังนั้นต้องทำการวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้ได้ตามลักษณะสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อระบบนิเวศและสอดคล้องกับการทำงานของเกษตรกรผู้ โดยมีขั้นตอนการเตรียมการดำเนินงานโครงการก่อนการทดลอง ดังนี้ การเตรียมมูลวัวและอนุบาลไส้เดือนดิน เตรียมบ่อปูนซีเมนต์ 1 บ่อ ไว้สำหรับแช่มูลวัวในน้ำ นำมูลวัวแช่น้ำบ่อปูนซีเมนต์ ทุกๆ 3 วัน เปลี่ยนน้ำในบ่อปูนซีเมนต์หนึ่งครั้งเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อแช่มูลวัวได้ตามที่กำหนด จากนั้นนำมูลวัวออกมาผึ่งลม เพื่อไม่ให้มีความชื้นในมูลวัวมากเกินไป ระยะเวลาผึ่งลม 1 – 2 วัน จากนั้นนำไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกา (AF) ประมาณ 3 จีด เพื่อนำมาใช้เพาะเลี้ยง จากนั้นได้ทดลองเลี้ยงไส้เดือนดินในสภาพแวดล้อม 2 รูปแบบเพื่อใช้เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ดังนี้ 1) การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกะละมังนั้น ต้องนำมูลวัวที่ผึ่งลมเหมาะสมแล้ว มาร่อนตะแกรงใส่กะละมังเพื่อให้ได้มูลวัวที่เนื้อละเอียด หรือก้อนขนาดเล็ก จากนั้นนำไส้เดือนดิน AF ใส่ลงไปกะละมังที่ร่อนมูลวัวไว้ ไส้เดือนดินจะค่อยๆ คลานลงในมูลวัว หากอุปกรณ์หรือวัสดุนำมาปิดบนหน้ากะละมัง เพื่อป้องกันศัตรูของไส้เดือนดิน ระหว่างการเพาะเลี้ยงผู้วิจัยได้ทำการพรมน้ำเพิ่มความชื้นให้กับไส้เดือนดิน 1 – 2 ครั้งต่อวัน 2) การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในโรงเรือนที่ควบคุมด้วยระบบไอโอทีในโครงการวิจัย ได้ทำการเตรียมมูลวัว ไส้เดือนดินสายพันธุ์เดียวกันและปริมาณ 3 จีดเท่ากันเพื่อใช้ในการทดลอง จากการนำไส้เดือนดินและมูลวัวใส่ในโรงเรือนต้นแบบที่เตรียมไว้

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกะละมัง (แบบปกติ) กับการเพาะเลี้ยงด้วยโรงเรือนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอที เพื่อศึกษาสภาพระบบนิเวศวิทยาการเจริญเติบโตของทั้งสองสภาพแวดล้อม และ หากนำระบบไอโอทีมาใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมของการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินอย่างเหมาะสมจะสามารถเพิ่มปริมาณไส้เดือนดินและปุ๋ยมูลไส้เดือนได้ร้อยละเท่าไร ผลการเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกะละมัง (แบบปกติ) กับการเพาะเลี้ยงด้วยโรงเรือนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอทีพบว่า การเพาะเลี้ยงด้วยทั้งสองรูปแบบมีสภาพการเจริญเติบโตแตกต่างกัน การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอทีภายในโรงเรือนมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในเชิงปริมาณทั้งจำนวนไส้เดือนดินและผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

กลุ่มเป้าหมาย

งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยเลือกแบบเจาะจง จำนวน 12 ราย ซึ่งเป็นเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและใช้ปุ๋ยไส้เดือนดินเพื่อทำการเพาะปลูกเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินนั้น ผู้วิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาโรงเรือนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอที และทดสอบประสิทธิภาพระบบไอโอที โครงสร้างการเชื่อมต่อวงจรการควบคุมเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินภายในโรงเรือนผ่านสมาร์ทโฟน ผลการวิจัยมีดังนี้

โรงเรือนการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยระบบไอโอที

การพัฒนาในส่วนโรงเรือนตามแบบโครงสร้างโรงเรือนจำลอง สามารถควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ ตามอุณหภูมิ ความชื้นที่ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับส่งข้อมูลบนระบบไอโอที สามารถควบคุม สั่งงานผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน และระบบการแจ้งเตือนส่งข้อมูลไปบนแอปพลิเคชัน LINE (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ลักษณะโรงเรือนที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น



ภาพที่ 5 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นและการพ่นน้ำอัตโนมัติ

ลักษณะการทำงานของโรงเรือน ตัววัดอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิในมูลวัวไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป ส่วนชุดวัดความชื้นจะวัดค่าความชื้นในมูลวัว หากมูลวัวมีค่าความชื้นต่ำกว่า 60% ระบบจะพ่นน้ำอัตโนมัติ โดยพ่นน้ำรูปแบบละอองหมอก สามารถควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน และสามารถเปิด-ปิดอย่างอัตโนมัติ (ภาพที่ 5) และหยุดการทำงานเมื่อความชื้น 70% เพื่อให้ความชื้นเหมาะสม และมีระบบแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน

ผลการทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

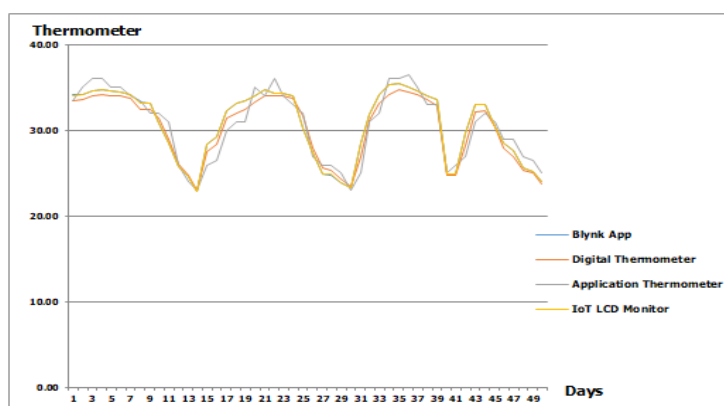
ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินภายในโรงเรือนจำลอง เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเพาะเลี้ยงแบบปกติ (ในกะละมัง) สถานที่ตั้งโรงเรือนจำลองและการเลี้ยงแบบปกติอยู่ภายในอาคารฟาร์ม ไม้โดนแสงแดด รับแสงสว่างและอากาศปกติ อาหารไส้เดือนดินหรือมูลวัวถูกเตรียมขึ้นจากชุดเดียวกันในการทดลอง การเพาะเลี้ยงในโรงเรือนจำลองใช้ปริมาณไส้เดือนน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ใช้อุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ของระบบไอโอทีเป็นตัวแจ้งเตือนสถานะความชื้น อุณหภูมิ ตรวจสอบผ่านกล้องวงจรปิด ส่วนการเพาะเลี้ยงแบบปกติใช้ปริมาณไส้เดือนน้ำหนัก 1 กิโลกรัมเช่นเดียวกัน การเพิ่มความชื้นด้วยวิธีการใช้หัวฉีดสเปรย์ฉีดพรมลงบนพื้นผิวหน้าดินในกะละมังวันละ 1 ครั้ง ปริมาณการฉีดพรมวัดจากก้นดินบนผิวกะละมังว่ามีความแห้งหรือไม่ว่านั้นใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงนาน 1 เดือน ผลปรากฏว่าการเลี้ยงในโรงเรือนจำลองให้ปริมาณปุ๋ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 30% เมื่อเทียบกับการเลี้ยงแบบปกติ และการนำระบบไอโอทีมาช่วยส่งผลดีทำให้กลิ่นเหม็น (กลิ่นเหม็นเกิดจากความชื้นมากเกินไปทำให้ไส้เดือนตายและเน่าในภาชนะเลี้ยง) และจำนวนไส้เดือนตายลดลงกว่าการเลี้ยงแบบปกติ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบไอโอที

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ แบ่งการทดสอบประสิทธิภาพออกเป็น 2 ส่วน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบเทคโนโลยีไอโอที ดังนี้

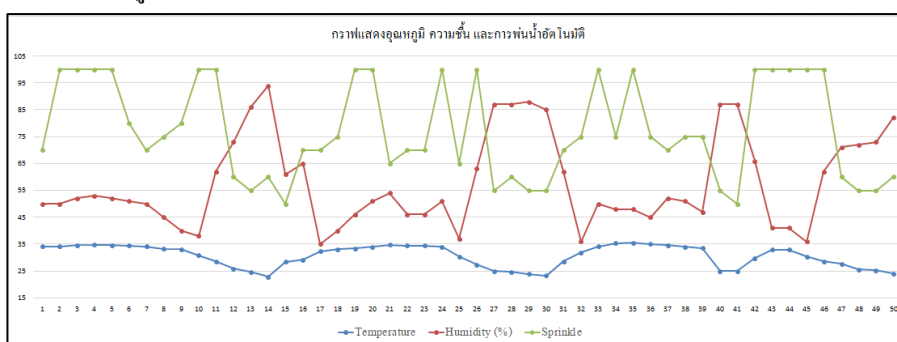
1. ประสิทธิภาพของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการส่งข้อมูล การวัดประสิทธิภาพของระบบการเชื่อมต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ โดยการทดสอบเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิในการสั่งงานการพ่นน้ำอัตโนมัติด้วยระบบไอโอที เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ ดังนี้

1.1 การเปรียบเทียบระหว่าง Blynk Application, Digital Thermometer, Application Thermometer, และ IoT LCD Monitor ได้ทำการทดสอบวัดค่าความถูกต้อง จากการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง ผลปรากฏว่า อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิทั้ง 4 ประเภทมีความใกล้เคียงกัน ค่าที่ได้อาจมีความต่างกันของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.5-3 องศาเซลเซียส ส่วนค่าอุณหภูมิระหว่าง Blynk Application กับ IoT LCD Monitor มีความถูกต้องตรงกัน (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 กราฟการทดสอบค่าความถูกต้องระหว่างอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพการสั่งงานการพ่นน้ำอัตโนมัติ อุณหภูมิที่ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไม้สูงกว่า 28 องศาเซลเซียส และความชื้นต้องอยู่ที่ 60 - 80% ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม จากการทดสอบค่าความถูกต้องในการพ่นน้ำอัตโนมัติของระบบไอโอที จากการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับค่าความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์ และทำการส่งค่าไปยังระบบไอโอที เพื่อทำการพ่นน้ำอัตโนมัติมีความถูกต้อง 100% เมื่อเซ็นเซอร์ทำการวัดความชื้นในมูลวัว หากมูลวัวมีความชื้นต่ำกว่า 60 % ระบบพรมน้ำจะพ่นน้ำแบบละอองหมอกแบบอัตโนมัติ และหยุดการทำงานเมื่อวัดได้ค่าความชื้นที่ 70% ผลการทดสอบวัดค่าความถูกต้องในการพ่นน้ำอัตโนมัติของระบบไอโอที ทำการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 30.65 องศา ความชื้น 57.9% อัตราการพ่นน้ำ 77.2% ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการสั่งงานการพ่นน้ำอัตโนมัติมีความถูกต้อง (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 อุณหภูมิ ความชื้น และการพ่นน้ำอัตโนมัติ

จากนั้นดำเนินการประกอบชุดอุปกรณ์ติดตั้งบนโรงเรือน ระบบทำงานได้ถูกต้อง โดยระบบวัดค่าความชื้นตลอดเวลาและระบบจะทำการวัดค่าความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 50 - 59% ระบบจะทำงานอัตโนมัติพร้อมการแจ้งเตือนเกษตรกร การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินระดับความชื้นไม่ควรต่ำกว่า 50% ค่าความชื้นที่ระบบวัดได้จะไม่ต่ำกว่าระดับ 50% และหากวัดได้ค่าความชื้นที่ 59% ระบบจะเริ่มทำการพ่นน้ำอัตโนมัติ เพื่อรักษาระดับความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

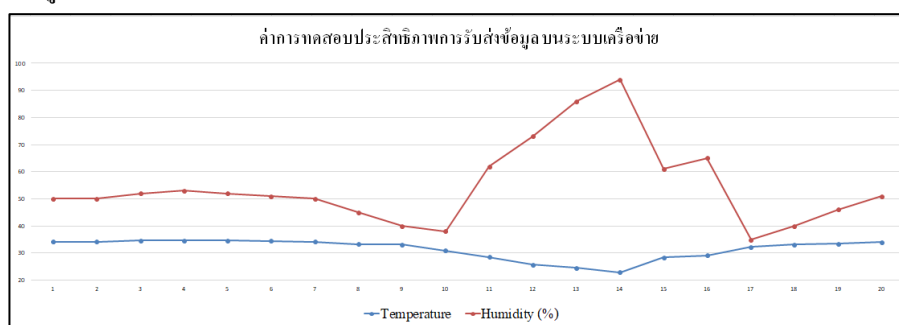
2. ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่าย

แอปพลิเคชันแสดงผลควบคุมการพ่นน้ำ คุณภาพการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน และการรับส่งข้อมูลผ่านสมาร์ตโฟน แสดงผล ระบบชุดกล้อง สามารถดูสถานการณ์ปัจจุบันของไส้เดือนดินในโรงเรือน ผ่านสมาร์ตโฟน เพื่อสังเกตพฤติกรรมของไส้เดือนดินและการทำงานของระบบไอโอทีในโรงเรือน หน้าต่างแอปพลิเคชัน จะมี Gauge ไว้สำหรับปรับตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้น มีปุ่ม Gauge ควบคุมการพ่นน้ำ และดูภาพสถานการณ์ปัจจุบันผ่านสมาร์ตโฟน

แอปพลิเคชันแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้น ประกอบด้วย 2 ส่วน 1) Gauge ที่หนึ่ง วัดค่าอุณหภูมิ ทำหน้าที่แสดงค่าอุณหภูมิที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ได้ส่งค่ามาที่สมาร์ตโฟน 2) Gauge ที่สอง วัดค่าความชื้น ทำหน้าที่แสดงค่าความชื้นที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นที่ได้ส่งค่ามาที่สมาร์ตโฟน

แอปพลิเคชันแสดงปุ่มพ่นน้ำและดูภาพผ่านสมาร์ตโฟน ประกอบด้วย 2 ส่วน 1) Gauge ที่สาม สามารถสั่งการเปิด-ปิด พ่นน้ำเองได้ โดยผ่านตัวรีเลย์จะสั่งการควบคุมเปิด-ปิด แทนสวิทช์ไฟ ค่าที่ได้ส่งค่ามาที่สมาร์ตโฟน 2) Gauge ที่สี่ ดูภาพผ่านสมาร์ตโฟน คือ ส่งค่าคลื่นสัญญาณที่ได้รับมาจากชุดกล้อง และส่งค่ามาที่สมาร์ตโฟน

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่าย ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพด้านความเร็ว และความถูกต้องในการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่ายไอโอทีของชุดอุปกรณ์ควบคุม โดยทดสอบเป็นช่วงเวลาเดียวกันจำนวน 20 ครั้ง ระบบไอโอทีจะทำการตรวจสอบค่าทุกช่วงเวลาของผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าเวลาในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งผลลัพธ์ได้ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ 31.53 องศา ความชื้น 54.7% อัตราการพ่นน้ำด้วยการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ดีมาก ค่าความถูกต้อง ดีมาก ทั้งนี้ความเร็วของการรับส่งขึ้นกับพื้นฐานโครงสร้างเครือข่ายที่มีความคล่องตัวในระดับ ปานกลาง-สูง (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูล บนระบบเครือข่าย

3. ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน จากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและใช้ปุ๋ยไส้เดือนดินจำนวน 12 ราย โดยเกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจแบ่งเป็น 5 ระดับ (มากที่สุด ค่าคะแนน 4.51-5.00, มาก ค่าคะแนน 3.51-4.50, ปานกลาง ค่าคะแนน 2.51-3.50, น้อย ค่าคะแนน 1.51-2.50, น้อยที่สุด ค่าคะแนน 1.00-1.50)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

ลำดับ	รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$	SD.	ความหมาย
1	ความรวดเร็วในการใช้งานระบบ	3.92	0.90	มาก
2	ความรวดเร็วในการประมวลผล	4.25	0.97	มาก
3	ความรวดเร็วในการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์แสดงผล	4.33	0.78	มาก
4	ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ	3.92	0.67	มาก
5	ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานระบบ	4.58	0.67	มากที่สุด
6	ความสะดวกและสอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนของ ผู้ใช้งาน	4.67	0.49	มากที่สุด
7	ความยาก-ง่ายในการใช้งานระบบ	3.92	0.79	มาก
8	ความถูกต้องในการแสดงผลข้อมูล	4.75	0.45	มากที่สุด
9	ความถูกต้องในการวิเคราะห์ผลข้อมูลของระบบ	4.58	0.51	มากที่สุด
10	ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ	4.75	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.37	0.19	มาก

ผลการสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานระบบเทคโนโลยีไอโอทีสำหรับการควบคุมสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ปรากฏว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานระบบระดับมาก คะแนนค่าเฉลี่ย 4.37 โดยมีความพึงพอใจระดับมากที่สุดในหัวข้อความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ ความถูกต้องในการแสดงผลข้อมูล ความสะดวกและสอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินของผู้ใช้งาน ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานระบบ ความถูกต้องในการวิเคราะห์ผลข้อมูลของระบบ คะแนนเฉลี่ย 4.75, 4.67, และ 4.58 ตามลำดับ โดยมีความพึงพอใจระดับมากในหัวข้อความรวดเร็วในการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์แสดงผล ความรวดเร็วในการประมวลผล ความยาก-ง่ายในการใช้งานระบบ ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ ความรวดเร็วในการใช้งานระบบ คะแนนเฉลี่ย 4.33, 4.25, และ 3.92 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองการเลี้ยงในแบบโรงเรือนด้วยระบบไอโอทีที่มีประสิทธิภาพที่สามารถเพิ่มจำนวนไส้เดือนดินและผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 การทดสอบประสิทธิภาพระบบไอโอทีที่มีการทดสอบ 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการส่งข้อมูลการวัดประสิทธิภาพของระบบการเชื่อมต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ 1) การเปรียบเทียบระหว่าง Blynk Application, Digital Thermometer, Application Thermometer, และ IoT LCD Monitor อุปกรณ์ทั้ง 4 ประเภทมีความใกล้เคียงกัน ค่าที่ได้อาจมีความต่างกันของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.5-3 องศาเซลเซียส ส่วนค่าอุณหภูมิระหว่าง Blynk Application กับ IoT LCD Monitor มีความถูกต้องตรงกัน 2) การทดสอบประสิทธิภาพการส่งงานการพ่นน้ำอัตโนมัติ ได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 30.65 องศา ความชื้น 57.9% อัตราการพ่นน้ำ 77.2% ผลลัพธ์ประสิทธิภาพการส่งงานการพ่นน้ำอัตโนมัติมีความถูกต้อง ส่วนที่สองประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลบนระบบเครือข่าย ได้ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ 31.53 องศา ความชื้น 54.7% อัตราการพ่นน้ำด้วยการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายดีมาก ค่าความถูกต้อง ดีมาก ทั้งนี้ความเร็วของการรับส่งขึ้นกับพื้นฐาน โครงสร้างเครือข่ายที่มีความคล่องตัวในระดับปานกลาง-สูง การทดลองเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินภายในโรงเรือนจำลอง ผลปรากฏว่าให้ปริมาณปุ๋ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 30% เมื่อ

เทียบกับการเลี้ยงแบบปกติ ซึ่งการนำระบบไอโอทีมาช่วยส่งผลดีทำให้กลิ่นเหม็นและจำนวนไส้เดือนตายลดลงกว่าการเลี้ยงแบบปกติเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และผลความพึงพอใจต่อการใช้งานของเกษตรกรต่อระบบ มีความพึงพอใจระดับมาก ได้คะแนนค่าเฉลี่ย 4.37 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ สามารถช่วยอำนวยความสะดวกและมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

เอกสารอ้างอิง

1. Ashton K. That internet of things' thing. RFID journal. 2009;22(7).
2. Putjaika N, Phusae S, Chen-Im A, Phunchongharn P, Akkarajitsakul K, editors. A control system in an intelligent farming by using arduino technology. 2016 Fifth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC); 2016: IEEE.
3. Aziz IA, Hasan MH, Ismail MJ, Mehat M, Haron NS. Remote monitoring in agricultural greenhouse using wireless sensor and short message service (SMS). International Journal of Engineering & Technology IJET. 2009;9(9):1-12.
4. Satyanarayana G, Mazaruddin S, editors. Wireless sensor based remote monitoring system for agriculture using ZigBee and GPS. Proceedings of the Conference on Advances in Communication and Control Systems-2013; 2013: Atlantis Press.
5. Dhivya A, Infanta J, Chakrapani K. Automated agricultural process using PLC and ZigBee. Journal of Artificial Intelligence. 2012;5(4):170.
6. Chi T, Chen M, Gao Q, editors. Implementation and study of a greenhouse environment surveillance system based on wireless sensor network. 2008 International Conference on Embedded Software and Systems Symposia; 2008: IEEE.
7. Aziz B, editor A formal model and analysis of the MQ telemetry transport protocol. 2014 Ninth International Conference on Availability, Reliability and Security; 2014: IEEE.
8. Abdullah A, Al Enazi S, Damaj I, editors. AgriSys: A smart and ubiquitous controlled-environment agriculture system. 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC); 2016: IEEE.
9. Chikankar PB, Mehetre D, Das S, editors. An automatic irrigation system using ZigBee in wireless sensor network. 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC); 2015: IEEE.
10. Gutiérrez J, Villa-Medina JF, Nieto-Garibay A, Porta-Gándara MÁ. Automated irrigation system using a wireless sensor network and GPRS module. IEEE transactions on instrumentation and measurement. 2013;63(1):166-176.
11. John J, Palaparthi VS, Sarik S, Baghini MS, Kasbekar GS, editors. Design and implementation of a soil moisture wireless sensor network. 2015 Twenty First National Conference on Communications (NCC); 2015: IEEE.