

การพัฒนาฟาร์มอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี LORA

DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS FARMING THROUGH LORA TECHNOLOGY

จตุพร ศักดิ์ชัยกุล¹

ดร.รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร²

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตร ตัวอย่างเช่นการปลูกมะพร้าวในสวน ด้วยเทคโนโลยีที่พร้อมใช้งานง่ายและมีต้นทุนต่ำ การนำเทคโนโลยีนี้มีประโยชน์อย่างมากในการส่งเสริมธุรกิจทางการเกษตร

รายงานนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบอัตโนมัติในด้านการเกษตร โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเทคโนโลยี LoRa ระบบที่พัฒนาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่นตรวจสอบความชื้นในดิน วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ มีการควบคุมจากศูนย์กลางแสดงผล และปรับแก้ไขการทำงานโดยอัตโนมัติผ่านเว็บไซต์

คำสำคัญ: การเกษตรอัตโนมัติ, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, เทคโนโลยี LoRa

ABSTRACT

Nowadays, technology is growing rapidly, and Internet of Things (IoT) technology has been applied to develop tools that increase efficiency in agriculture, such as growing coconuts in the farm. With easily available and low-cost technology, the adoption of this technology is very beneficial in promoting agricultural businesses.

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

² ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

This report presents the design and development of automation systems in agriculture using IoT and LoRa technology. The developed system uses a microcontroller to control functions such as monitoring soil moisture and measuring temperature and humidity in the air. These functions are centrally controlled, displayed, and automatically adjusted through a website.

Keywords: Automated Agriculture, IoT technology, LoRa technology

1. บทนำ

ภาคเกษตรกรรม มีการนำ IoT และเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการบริหารจัดการการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ รวมไปถึงกระบวนการดูแลและควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหาผลผลิตที่เกิดจากขาดการวิเคราะห์และจัดการกับข้อมูลเชิงลึก เช่น สภาพอากาศ สภาพดินสิ่งแวดล้อมที่มีความจำเป็น และสำคัญ ต่อการเจริญเติบโตของพืช/เลี้ยงสัตว์ โดย Internet of Things (Kumar et al., 2019) จะเป็นตัวช่วยในการบริหารจัดการข้อมูล ให้เป็นระบบ ระเบียบและวิเคราะห์ผลอย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ช่วยลดต้นทุน และความสามารถ ควบคุมความเสี่ยงได้ ซึ่งจะนำไปสู่การเป็น Smart Farmer และสามารถ แข่งขันในภาคเกษตรเชิงธุรกิจได้ โดยที่ Smart Agriculture หรือ Smart Farm คือ การเกษตรแบบใหม่ ที่เปลี่ยนวิธีการดำเนินงาน แบบดั้งเดิมที่สืบต่อกันมาใช้ข้อมูล และเทคโนโลยีในการบริหาร งานเกษตร เพื่อกันหาวิธีการทำงาน ให้เหมาะสมและสร้างผลผลิตทางการเกษตรที่ยั่งยืน ลดต้นทุนที่ไม่จำเป็น เพิ่มกำไรให้มากยิ่งขึ้น และแก้ปัญหาการจัดการเกษตรได้แบบเรียลไทม์ (Real-Time) พร้อมยังสามารถ แสดงผลข้อมูลที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและคาดการณ์ผลผลิตได้อย่างแม่นยำและใช้ทรัพยากรน้อยและต้นทุนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.1 แนวคิดในการทำวิจัย

การนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรกรรมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการเกษตร และลดความเสี่ยงในการดำเนินกิจกรรมเกษตร โครงการวิจัยนี้มุ่งสร้างระบบอัตโนมัติด้านการเกษตร โดยใช้ Raspberry Pi 400 เป็น Single Channel Gateway ที่เชื่อมต่อกับ โมดูล LoRa RFM95W และ Heltec LoRa 32 V3 เพื่อตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นในดิน, อุณหภูมิ, และความชื้นของอากาศ รวมถึงควบคุมเครื่องสูบน้ำและการวัดการไหลของน้ำที่รดให้แก่ต้นไม้ การใช้เทคโนโลยีในการเกษตรมีประโยชน์มาก เรา

ไม่เพียงที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร แต่ยังช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต โครงการนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบอัตโนมัติในการเกษตรที่มีประสิทธิภาพ โดยนำเทคโนโลยี LoRa มาใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการควบคุมและการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้ในการเกษตรไม่เพียงทำให้การผลิตเกษตรเป็นไปอย่างเป็นระบบและประสานงานได้ดีขึ้น แต่ยังช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการตัดสินใจ เช่น การปรับปรุงการเพาะปลูก, การจัดการทรัพยากร, และการควบคุมความเสี่ยง

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนา Smart Agriculture หรือ Smart Farm ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและควบคุมการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หวังว่าผลงานวิจัยนี้จะเป็นแรงบันดาลใจสำหรับการพัฒนาและนำเทคโนโลยีมาใช้ในภาคเกษตรกรรมในประเทศของเราอย่างมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษาค้นคว้าสร้างความเข้าใจเทคโนโลยี และรูปแบบการทำงานของเทคโนโลยี LoRa
- เพื่อพัฒนาระบบระบบอัตโนมัติด้านการเกษตรด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์ระยะไกล แบบไร้สาย
- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ สำหรับการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร
- เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบสำหรับระบบต้นทุนต่ำ เป็นองค์ความรู้ที่สามารถปรับใช้งานในภาคเกษตรได้ง่าย

2. การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความถี่วิทยุสื่อสารจำเป็นต้องศึกษากฎหมายในประเทศนั้น อนุญาตให้ใช้ความถี่สาธารณะในย่านใด โดยในกรณีนี้ผู้วิจัยทำการทดลองในประเทศไทยตามประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่อง โทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคม ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ข้อ 2.1.4 คลื่นความถี่ย่าน 920 - 925 MHz มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องวิทยุ

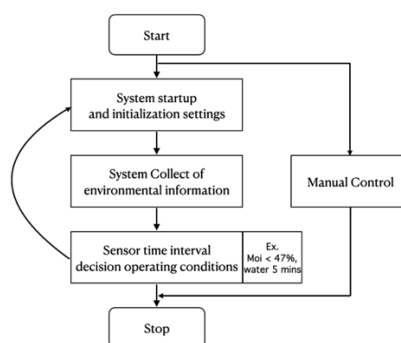
คมนาคม ที่ใช้งานคลื่นความถี่ย่าน 920 – 925 MHz ได้รับยกเว้นใบอนุญาตให้มี ใช้อยู่ หรือนำออกซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคม และสถานีวิทยุคมนาคมที่มีกำลังส่งต่ำกว่า 4W สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องขอใบอนุญาต (“ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ,” 2017)

การออกแบบและการพัฒนาระบบอัตโนมัติด้านการเกษตรที่กว้างขวางด้วยเทคโนโลยี LoRa กับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เริ่มต้นโดยการหาเทคโนโลยีต่างๆ ที่จะนำมาบูรณาการให้เป็นระบบ โดยเทคโนโลยี LoRa แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนออกแบบ

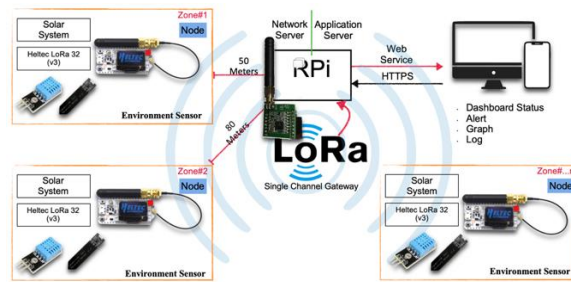
ดำเนินการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบในการติดต่อสื่อสารไร้สาย ระยะไกลด้วย LoRa ระหว่าง Micro Computer ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายหลักสร้างเป็น Single Channel Gateway ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) ให้ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจาก Node ต่างๆ หลายตัวด้วยสัญญาณความถี่เดียวกัน ในประเทศไทย ตามประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่อง โทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคม กับ Micro Controller ที่กระจายตามจุดต่างๆ ในพื้นที่ไกลออกไป พร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้งานตามแผนงาน

2.1.1 รูปแบบการทำงาน



ภาพที่ 1 แสดง Diagram การทำงานของระบบให้น้ำ

2.1.2 องค์ประกอบโดยภาพรวมของการติดต่อของอุปกรณ์



ภาพที่ 2 แสดงองค์ประกอบของอุปกรณ์

2.2 ขั้นตอนการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์

ออกแบบโปรแกรมเพื่อช่วยควบคุมและติดตามการรดน้ำ เข้าสู่ระบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยผู้ใช้งานหรือเกษตรกรสามารถตรวจสอบข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ (Real-Time) ผ่านอุปกรณ์ Smart Phone, Computer เพื่อติดตามการทำงานในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ด้วยความสะดวก และเก็บข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ลงในระบบ อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมากที่สุดต่อไป การพัฒนาโปรแกรมสำหรับเครื่องแม่ข่าย ใช้ Raspberry Pi400 ทำงานด้วยชุดคำสั่งภาษา Python ให้บริการ Web Service ด้วย Flask สำหรับรับคำสั่งไว้บนตัว Heltec LoRa 32 V3 โดยภาษาที่ใช้พัฒนานั้นจะเป็นภาษา C++ ใช้โปรแกรม Arduino IDE เป็นตัวคอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ Heltec LoRa 32 V3 สามารถอ่านค่าและทำงานตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้ ส่วนของการออกแบบแอปพลิเคชันผู้วิจัยออกแบบหน้าตาของแอปพลิเคชันให้แสดงผลความชื้น อุณหภูมิ ในสภาพอากาศ และผลของการให้น้ำแล้วเป็นเวลากี่นาที แสดงผลบน Dashboard ที่สื่อสารกับผู้ใช้งานได้ดีและมีความสวยงาม

2.2.1 การพัฒนา Web Server

โปรแกรมที่ถูกใช้ในการพัฒนา Web Server ได้แก่ Visual Studio Code เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาและแก้ไขซอร์สโค้ด และ GitHub เป็นแหล่งในการเลือกใช้ไลบรารี ที่เป็นส่วนติดต่อควบคุมการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

2.2.2 ฐานข้อมูล (Database Server)

ฐานข้อมูล (Database) ใช้สำหรับ บันทึก และกำหนดค่าต่างๆของ Web Application ที่อยู่บนออนไลน์ ซึ่งจัดการผ่าน phpMyAdmin เนื่องจากเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ส่งผ่านไฟล์ประเภท PHP เพื่อรับข้อมูลในรูปแบบ JSON ก่อนไปจัดเก็บที่ฐานข้อมูล

2.2.3 การพัฒนา Web Application

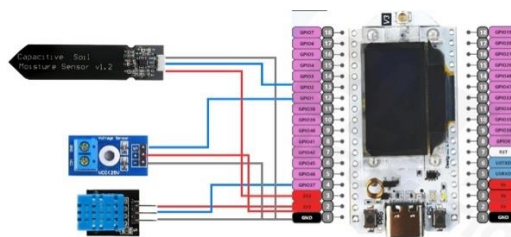
โครงสร้างเว็บไซต์พัฒนามบนไฟล์ตระกูล PHP เพื่อใช้ติดต่อกับ Database และส่วนของ Web Application พัฒนามบนไฟล์ตระกูล HTML พัฒนาในรูปแบบ Responsive Web Design ที่มีการตอบสนองต่อ

หน้าจอและอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นการแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน สามารถใช้งาน Web Application ได้บนทุกอุปกรณ์ โดยอ้างอิงโครงสร้างมาจาก Bootstrap ที่เป็น Front-End Framework ที่รวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น HTML, CSS และ Java Script เป็นต้น

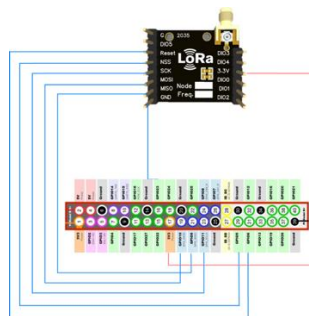
3. ผลการพัฒนาระบบ

3.1 ผลการพัฒนาระบบด้านฮาร์ดแวร์

ผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ยี่ห้อ Heltec รุ่น LoRa32 Version 3 และประกอบด้วย, DHT11, Soil Moisture Sensor เชื่อมต่อแบตเตอรี่ ระบบชาร์จโซล่าเซลล์ ประกอบลงกล่อง พร้อมเสาอลูมิเนียมปักดิน เพื่อวัดความชื้น และอุณหภูมิของอากาศ และในดิน และส่งค่าทางสถิติที่เก็บได้ ไปยังคลาวด์เกตเวย์ที่ใช้ Raspberry อีกทั้งยังควบคุมการเปิด-ปิดของรีเลย์ เพื่อส่งร่น้ำอัตโนมัติกรณีมีความชื้นต่ำ



ภาพที่ 3 แสดงวงจรการเชื่อมต่อ Node Sensor



ภาพที่ 4 แสดงวงจรการเชื่อมต่อ Raspberry Pi400 กับ LoRa Module



ภาพที่ 6 แสดง Raspberry Pi 400 ที่ติดตั้ง LoRa Module เพื่อเป็น LoRa Gateway



ภาพที่ 7 แสดงอุปกรณ์ Node หรือตัวอ่านข้อมูลและส่งสัญญาณ

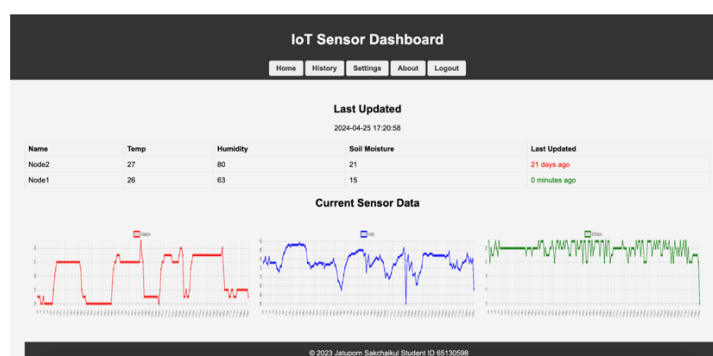
3.2 ผลการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์

NO.	Protocol Format
1	Header
2	Device ID
3	Temperature
4	Humidity
5	Soil Moisture
6	Watchdog
7	Percentage Battery

DATA TRANSFER PROTOCOL FORMAT

ภาพที่ 5 แสดง Protocol ในการรับ-ส่งข้อมูลที่กำหนดขึ้นเอง

จากภาพที่ 5 เป็นการกำหนด Protocol ในการรับ-ส่งข้อมูลที่กำหนดขึ้นเอง โดย Header เป็นตัวกำหนดความถูกต้องของข้อมูล และค่า Device ID คือหมายเลขของ Node ที่แสดงตัวในระบบที่เกจเวย์ได้รับ,ค่าอุณหภูมิ, ความชื้นในอากาศ, ความชื้นในดิน, วอชด็อก และเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ของ Node ตัวนั้นๆ



ภาพที่ 8 แสดงหน้า Dashboard สำหรับดูภาพรวม

Timestamp	Temperature	Humidity	Soil Moisture
2024-03-29 10:27:12	25	77	22
2024-03-29 09:57:06	25	78	22
2024-03-29 09:27:00	26	81	23
2024-03-29 08:56:54	26	79	21
2024-03-29 08:26:47	26	78	24

ภาพที่ 9 แสดงหน้าเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง และดาวน์โหลดไฟล์ .csv

Node ID	Alias	Status	Battery Level (%)	Actions
1	Node1	Online	86	Edit Delete Device Download Config
2	Node2	Offline	100	Edit Delete Device Download Config
3	Node3	Offline	null	Edit Delete Device Download Config
4	Node4	Offline	null	Edit Delete Device Download Config
6	Node6	Offline	null	Edit Delete Device Download Config

ภาพที่ 10 แสดงหน้าควบคุมอุปกรณ์ เพิ่ม, ลด และดาวน์โหลด config

3.3 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานของระบบ

3.3.1 ผลการทดสอบความแม่นยำของการอ่านค่าอุณหภูมิ ทดสอบจำนวน 1 โหนด โดยเปรียบเทียบกับระบบปรับอากาศแบบ Precision Air conditioner ในห้อง Data Center ทดสอบจำนวน 10 ครั้ง เวลาห่างกัน 30 นาที แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแม่นยำของการอ่านค่าอุณหภูมิ (°C)

ครั้งที่	ค่าจากห้อง Data Center	ค่าจาก Node	ผลต่าง
1	21.7	22.0	+0.3 °C
2	22.2	22.0	-0.2 °C
3	22.3	22.0	-0.3 °C
4	21.8	22.0	+0.2 °C
5	22.3	21.0	-1.3 °C
6	21.9	20.0	-1.9 °C
7	21.4	19.0	-2.4 °C
8	21.6	22.0	+0.4 °C
9	21.9	20.0	+0.1 °C

10	21.6	22.0	+0.4 °C
เฉลี่ย	22.07	21.2	-0.47 °C

3.3.2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการอ่านค่าความชื้น ทดสอบจำนวน 1 โหนด โดยเปรียบเทียบกับระบบปรับอากาศแบบ Precision Air conditioner ในห้อง Data Center ทดสอบจำนวน 10 ครั้ง เวลาห่างกัน 30 นาที แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแม่นยำของการอ่านค่าความชื้น(%)

ครั้งที่	ค่าจากห้อง Data Center	ค่าจาก Node	ผลต่าง
1	58	53	7%
2	60	55	-5%
3	60	55	-5%
4	59	53	-6%
5	50	54	+4%
6	58	69	+19%
7	60	65	+5%
8	58	61	-3%
9	59	73	+14%
10	58	63	+5%
เฉลี่ย	58	60.1	+2.1%

3.4 ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่า

ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการใช้อุปกรณ์ไอโอทีด้วยเทคโนโลยี LoRa ที่ใช้พลังงานต่ำ แทนการติดตั้งสายไฟฟ้าเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเซ็นเซอร์และเปิดปิดระบบให้น้ำ แสดงดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 ผลการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบหาความคุ้มค่าระหว่างการติดตั้งสายไฟฟ้ความยาว 100 เมตร 2 จุด กับใช้ลอรา โหนด 2 ชุด คนละทิศทาง ระหว่าง 2 แปลงเกษตร

รายการค่าใช้จ่าย	ใช้ระบบการเชื่อมต่อด้วยสาย	ใช้ LoRa	ผลต่าง (บาท)
ค่าสายไฟแบบใช้ภายนอกความยาว 100 เมตร จำนวน 2 ม้วน	4,000 x2	LoRa Gateway 2,000x1 LoRa Nodes 1,500x2	

ติดตั้งเสาปูนยึดสายไฟฟ้าทุกๆ 10 เมตร รวมค่าแรง จำนวน 2 แปลงเกษตร	9,000 x2	-	
รวม	26,000	5,000	21,000

4. สรุปผลการวิจัย

ดำเนินการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบในการติดต่อสื่อสารไร้สาย ระยะไกลด้วย LoRa ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายหลักสร้างเป็น Single Channel Gateway ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน ให้ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจาก Node ต่างๆ หลายตัวด้วยสัญญาณความถี่เดียวกัน ในประเทศไทย ตามประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่อง โทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคม กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กระจายตามจุดต่างๆ ในพื้นที่ไกลออกไป พร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้งานตามแผนงาน

ผลการทดสอบความสามารถของระบบ พบว่าระบบฟาร์มอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี LoRa มีความแม่นยำสูง สามารถให้น้ำกับต้นมะพร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความต้องการต่อการเจริญเติบโตของต้นมะพร้าว (กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ยืนต้น, n.d.)

5. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อกำหนดความชื้นที่ต้นมะพร้าวต้องการเท่านั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มการกำหนดค่าความชื้นกรณีปลูกพืชหลายชนิดจากการควบคุมส่วนกลางผ่านการกำหนดค่าบนเว็บไซต์ได้

อนึ่งการวิจัยเกี่ยวข้องกับสัญญาณและคลื่นความถี่วิทยุควรติดตามประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่อง โทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคม ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ข้อ 2.1.4 คลื่นความถี่ย่าน 920 - 925 MHz ก่อนดำเนินการวิจัยทุกครั้ง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. (2017). *ประกาศ*

คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ 8(7).

<https://doi.org/10.14456/JIST.2018.11>

กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ยืนต้น. (2023). *การปลูกดูแลรักษามะพร้าว โดยกรมส่งเสริม*

การเกษตร (n.d.). Retrieved December 2 from

http://www.agriman.doae.go.th/home/t.n/t.n1/3fruit_Requirement/07_coconut.pdf

ภาษาต่างประเทศ

Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2019). Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: A review. *Journal of Big Data*, 6(1), 111.

<https://doi.org/10.1186/s40537-019-0268-2>