อินเทอร์เน็ตออฟติงการรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน

สกุล คำนวนชัย[1], ชม กิ้มปาน[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน ให้สามารถนำไปใช้งานกับเกษตรกรได้จริง โดยระบบมีขั้นตอนทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) การกำหนดเวลาการทำงานในสภาพอากาศปกติ ระบบมีตารางการทำงานวันละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งทำงานได้ตั้งแต่ 1-60 นาที 2) การส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเกษตรกร โดยระบบสามารถกำหนดเครื่องปลายทางที่ต้องรับข้อความได้หนึ่งบัญชีสมาชิก Line โดยระบบของ Line Notify ด้วยข้อความในการสื่อสารโดยใช้ข้อความแจ้งเตือนว่า “IOT ผักชี: ตามด้วยข้อความสถานะการทำงานของการรดน้ำผักชี” และในสภาพอากาศที่มีฝนตกมีอุปกรณ์ตรวจจับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าตั้งแต่ 90% ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ว่ามีฝนตก ระบบมีโปรแกรมควบคุมเวลาในการรดน้ำหลังจากฝนตก 30 นาที ให้มีการรดน้ำเพิ่มเติมอีก 20 นาที เพื่อล้างน้ำฝนที่ค้างใบผักชีออก เป็นการลดความเสียหายของใบผักชีจากใบด่างและเน่า

ผลจากการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบในการสั่งงานทั้งในสภาพอากาศที่ไม่มีฝนตกและมีฝนตก และการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์แอปพลิเคชันจำนวน 20 วันๆ ละ 3 ครั้ง รวมเป็นจำนวน 60 ครั้ง ระบบมีความถูกต้องในการทำงานคิดเป็นร้อยละ 96.66

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ต ออฟ ติง, ไลน์แอปพลิเคชัน, ผักชี

Internet of Things system for watering of coriander Notification by Line Application

Skul Kamnuanchai[1], Chom Kimpan[2]

[1]Department of Information and Communication Engineering, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

[2]The Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

Abstract

This paper Internet of Things System for Watering of Coriander Notification by Line Application is an automatic watering presentation on coriander conversion by setting the working time. And send a notification message to the farmer via the application line. The process of the paper is divided into 2 parts: 1) The work schedule of the project is set to work three times a day, each running from 1-60 minutes 2) Farmer can assign one destination to receive a message. In this project named “IOT ผักชี: in LINE Notify”. And in rainy weather there is a relative humidity sensor with a value of 90% or more, which is the relative humidity that rains. The system has a timer to water the water. After 30 minutes of rain, there is an additional 20 minutes of watering to clear the coriander leaves. Reduce the damage of coriander leaves from rotten leaves.

The experimental results from the actual data collection in order to run the system 20 times a day, three times a total of 60 times. The system accuracy was 96.66%.

Keywords : Internet of Things, Line Application, Coriander

.

1.บทนำ

จากพิมพ์เขียว Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน [1] ในกลุ่มที่ 4 ดิจิทัล และอินเทอร์เน็ตออฟติง ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Digital & IoT- Embedded Technology) มีวิสัยทัศน์กลุ่มนี้ว่า ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟติง เพื่อพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการเกษตร สุขภาพ และการท่องเที่ยว ในทวีปเอเชียอย่างยั่งยืน โดยมีกลไกขับเคลื่อนด้วยคลัสเตอร์เทคโนโลยีโดยเทคโนโลยีหลัก 4 ด้าน ซึ่งหนึ่งในสี่ด้านคืออินเทอร์เน็ตออฟติง และปัจจัยที่จะต้องเติมให้เต็มคือ มหาวิทยาลัย

กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2563 [2] กรอบ ก-1 การพัฒนาและประยุกต์ ICT เพื่อสนับสนุนการเพิ่มความเข็มแข็งให้กับภาคเกษตรของไทย โดยมีกลยุทธ์และมาตรการ เพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต และเพิ่มศักยภาพของสินค้าเกษตรโดยการสร้างนวัตกรรม ในประเด็น ส่งเสริมการใช้ระบบอัตโนมัติ และเกษตรอิเล็กทรอนิกส์ในกระบวนการผลิต ที่สามารถทำงานร่วมกับระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ เช่น ระบบควบคุมการให้น้ำ ระบบควบคุมโรงเรือน โดยรัฐอาจสนับสนุนสถาบันการศึกษาในท้องถิ่นให้เป็นศูนย์กลางในการพัฒนา ประยุกต์ และส่งเสริมการใช้ ภายใต้ความร่วมมือกับสาหกิจเพื่อสังคม วิสาหกิจชุมชน หรือกลุ่มเกษตรกร/สหกรณ์ เป็นต้น

ปัจจุบันผักชีไทยเป็นที่นิยมข้ามประเทศไปยังญี่ปุ่นอย่างมากกลายเป็นกระแส “ผักชีฟีเวอร์” หลังจากสำนักข่าว NHK ได้ทำรายงานถึงสรรพคุณต่าง ๆ ของผักชีที่มีต่อร่างกาย และรายการทีวีเชิญชวนให้คนญี่ปุ่นรับประทานผักชีทั้งในรูปใบสด ผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เครื่องดื่มสารสกัดผักชี จนนำมาทำเป็น mask พอกหน้า [3]

นายอริยะ พนมยงค์ กรรมการผู้จัดการ ไลน์ ประเทศไทย [4] เปิดเผยในงานแถลงข่าย “2016 Line Beyond Chat” ว่า เมื่อสิ้นปี 2558 ยอดผู้ใช้งานไลน์ในประเทศไทยมีอยู่ทั้งสิ้น 33 ล้านคน นับเป็นอันดับที่ 2 ของโลก รองจากประเทศญี่ปุ่น ส่วนในเชิงสถิติ พบว่า ในส่วนของสถิติคาดการณ์ ในปี 2559 คนไทยจะใช้เวลาอยู่กับสมาร์ทโฟน 5.7 ชั่วโมงต่อวัน ใช้งานไลน์ 83.7 นาทีต่อวัน ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยการใช้งานไลน์ทั่วโลก ประเทศไทย จะมียอดการใช้งานส่งข้อความ หรือ แชท มากกว่าค่าเฉลี่ย 52%, ส่งรูปภาพ มากกว่าค่าเฉลี่ย 114%, ส่งวีดิโอ มากกว่าค่าเฉลี่ย 85% และ ส่งสติ๊กเกอร์ มากกว่าค่าเฉลี่ย 52%

ข้อปฏิบัติการดูแลรักษา [5] ผักชีให้มีผลผลิตที่ดีต้องให้ความสำคัญกับการให้น้ำแปลงผักชี ด้วยผักชีเป็นพืชชนิดที่ต้องการน้ำมากแต่ไม่ชอบน้ำขัง ดังนั้น ต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น โดยการให้นำต้องไม่ให้น้ำมากจนโชกเกินไป เพราะผักชีถ้ารดน้ำมากเกินจะทำให้ผักชีเน่าเสียหายได้ รวมทั้งเมื่อผักชีโดยน้ำฝนมากๆ เกษตรกร ต้องทำการรดน้ำผักชีซ้ำอีกเป็นการล้างใบผักชีไม่ให้เกิดเน่าเสีย

จากงานวิจัยเรื่อง การหาประสิทธิภาพของระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการจ่ายน้ำทางการเกษตร [6] ผลการวิจัยพบว่า จากการทดลองระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการจ่ายน้ำมีผลต่อการการเจริญเติบโตของพืช ช่วยทำให้พืชเจริญเติบโตดีกว่าระบบดั้งเดิม

และงานวิจัย ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [7] เป็นระบบรดน้ำอัตโนมัติที่ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถทำงานผ่านสิ่งกีดขวางได้ ในระยะ 20-120 เมตร แต่ในระยะ 140-200 เมตร ระบบไม่สามารถทำงานได้ และผลทดลองด้านการวัดความชื้นของดินสามารถทำงานได้ในระดับความชื้นที่ 10-80 แต่ถ้าความชื้นที่ 90 ขึ้นไป เซ็นเซอร์ไม่สามารถทำงานได้

จากข้อมูลและงานวิจัยดังที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาระบบการควบคุมการรดน้ำผักชีให้ถูกต้องแม่นยำ และสามารถทราบสถานะการทำงานของระบบว่ามีการทำงานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ จากสถานที่จริงตลอดเวลา (Real time) เพื่อให้เกษตรกรสามารถทำแปลงผักชีได้มากกว่าหนึ่งแห่งในเวลาเดียวกันได้

ในบทความวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันโดยมีขอบเขตงานวิจัยดังนี้ แปลงผักชีมีขนาดประมาณไม่เกิน 100 ตารางวาพื้นที่ในการทำวิจัยต้องมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต เพื่อให้งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรได้จริง ตามนโยบาย

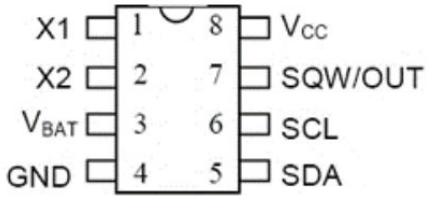
Thailand 4.0 ในการขับเคลื่อนประเทศไทยให้เกษตรกรมีต้นแบบในการดำเนินการระบบ Smart Farm และเป็นจุดเริ่มต้นของ Smart Farmer ที่สามารถนำไปสร้างความมั่นคั่ง แบบยังยืนได้

2. ทฤษฎีและหลักการ

การจัดทำงานวิจัยระบบ อินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งส่วนประกอบของงานเป็นงานทางด้านฮาร์ดแวร์ และด้านซอฟต์แวร์ โดยมีการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ ดังนี้

2.1โมดูลนาฬิกา RTC (Real Time Clock) DS1307

โมดูลนาฬิกา RTC (Real Time Clock) DS1307 [8] ระบบฐานเวลาเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย ภายในไมโครคอนโทรเลอร์มีไทเมอร์เพื่อใช้ในการจับเวลาDS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดได้ทั้งรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ภายในมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตซ์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และยังสามารถทำงานต่อได้ โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 1 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่1ตำแหน่งขาไอซี RTC DS1307

(ที่มา : http://www.mind-tek.net/ds1307.php)

การทำงานของแต่ละขา ดังนี้

Vcc :ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

Gnd :ใช้ต่อกราวด์

Vbat :ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงานในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย

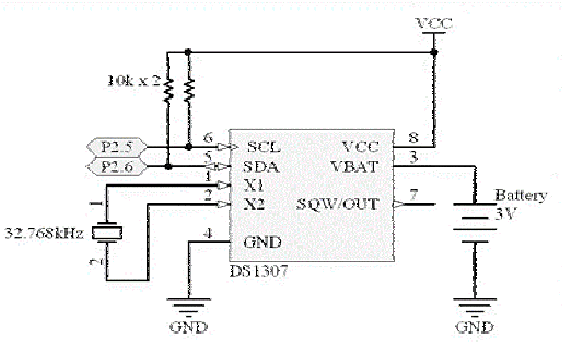
SDA : ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

SCL : ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

SQW/OUT: ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave สามารถเลือกความถี่ได้

X1, X2: ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC

ในการต่อ DS1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 โดยใช้พอร์ต P2.5 และ P2.6 ของไมโครคอนโทรเลอร์เป็นบัส I2C ต่อกับ SCL และ SDA ของ DS1307 ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนขาสัญญาณ SQW/OUT ทำหน้าที่ใช้การวนลูปคอยตรวจสอบค่าภายในรีจิสเตอร์ของ DS1307



รูปที่ 2 วงจรใช้งาน DS1307 ที่ใช้ในงานวิจัย

(ที่มา:http://www.mind-tek.net/ds1307.php)

ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรม และแสดงผล ได้ใช้โปรแกรม HyperTerminal เป็นโปรแกรมติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมด้วยอัตราข้อมูล 9600 bps ดังแสดงในรูปที่ 3

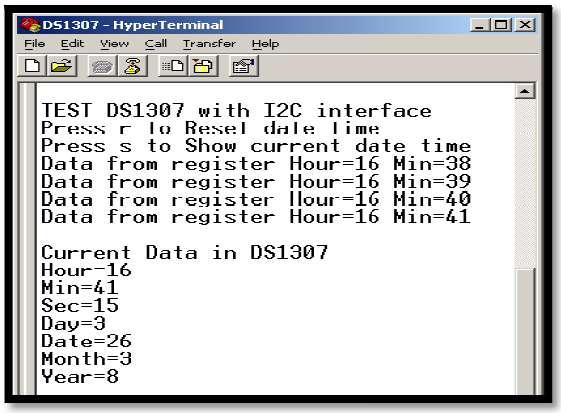
การต่อใช้งาน โมดูลนาฬิกา DS1307 กับบอร์ดอาดูโน (arduino) โมดูลนาฬิกา RTC DS1307 มีอินเตอร์เฟสการใช้งานแบบ I2C ต่อสายใช้งานดังนี้

Vcc -> 5V

Gnd ->Gnd

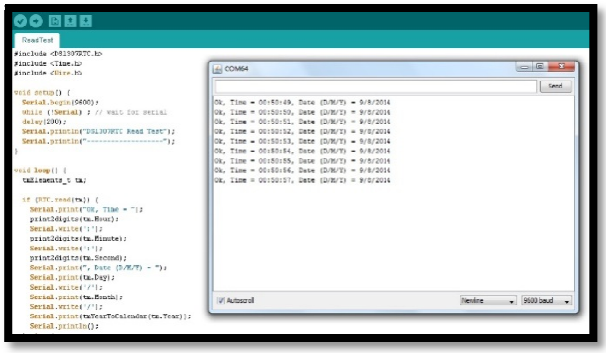
SCL -> A5

SDA -> A4



รูปที่ 3 การทดสอบการใช้งาน DS1307 ผ่านบัส I2C
(ที่มา : http://www.mind-tek.net/ds1307.php)

การแสดงตัวอย่างการทำงานของ Tiny RTC I2Cmodules 24C32 memory DS1307 clock for Arduino [9] ดังรูปที่ 4



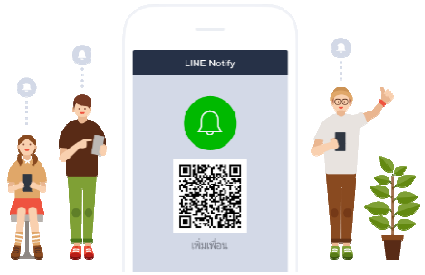
รูปที่ 4 ตัวอย่างการทำงานของ Tiny RTC I2C modules
(ที่มา : https://www.arduinoall.com/product/158/)

2.2 ESP8266 / ESP8285 กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า LINE

2.2.1 LINE Notify

LINE Notify [10] เป็นบริการของทาง LINE เป็นบริการและช่องทางที่สามารถส่งข้อความการแจ้งเตือนต่าง ๆ ไปยังบัญชีของผู้ใช้งานได้ ผ่านการใช้ API ซึ่งเรียกผ่าน HTTP POST โดยLINE Notify สามารถส่งแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้ หรือกลุ่มที่ผู้ขอใช้เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถส่งข้อความเข้าห้องสนทนาของเพื่อน ๆ ได้ หากต้องการให้สามารถส่งข้อความหาใครก็ได้ ต้องใช้ LINE Bot API แทน

2.2.2 เพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนก่อนที่จะใช้งาน API และส่งการแจ้งเตือนต้องเพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนก่อน โดยสแกน QR Code ดังรูปที่ 5



รูปที่5 เพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อน
(ที่มา : http://www.ioxhop.com/article/47/esp8266-esp8285-กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า-line)

2.2.3 การขอ Access Token

ในการใช้งาน API ในทุก ๆ บริการ จะมีสิ่งที่เรียกว่า Access Token ไว้สำหรับเป็นรหัสที่ใช้ตอนจะเข้าใช้งาน API โดยรหัสนี้จะเป็นข้อความแทนจดหมายอิเล็กทรอนิกส์และรหัสผ่านของผู้ใช้ ดังนั้นหาก Access Token ถูกเปิดเผย ใช้งานได้ปกติ ด้วยการเข้าไปที่หน้าเว็บ https://notify-bot.line.me/my/ จากนั้นระบบจะให้ผู้ใช้ล็อกอินด้วยบัญชีผู้ใช้งาน LINE โดยกรอกอีเมล์ และรหัสผ่านที่ได้ตั้งไว้

เมื่อผู้ใช้ส่งข้อความไปแล้ว ระบบจะส่งข้อความในรูปแบบ [ชื่อ Token]: [ข้อความ] ดังนั้นที่กรอกข้อความที่ต้องการให้แสดงเมื่อส่งข้อความ เช่น หากกรอกว่าESP8266 เมื่อใช้ API ส่งข้อความว่า "สวัสดี" ข้อความจะขึ้นว่า "ESP8266:สวัสดี" ในช่องถัดมาจะให้เลือกว่าจะส่งข้อความเข้าไปในกลุ่มไหน หรือส่งให้ตัวผู้ใช้เท่านั้น

2.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11 Digital Temperature และ Humidity Sensor DHT11

ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น [11] การใช้งาน Module เล็กๆ สีฟ้า DHT11 (DHT11 Humitdity and Temperature Sensor กับบอร์ด Ardiono) ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิกับความชื้นในอากาศดังรูปที่ 6 โดยคุณลักษณะของ DHT11 มีดังนี้

• ย่านวัดความชื้น 20-95% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +-5% RH ความละเอียดในการวัด 1% แสดงผลแบบ 8 บิต

• ย่านวัดอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +-2 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 1 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต

• มีPIN 4 ขารายละเอียดดังรูปที่ 6

• กินกระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3-5.5 VDC

• อ่านค่าสัญญาณ (Sample Rate) ทุก 1 วินาที การออกแบบวงจรดิฟเฟอร์เรนชิเอเตอร์ที่ไม่มีการสูญเสียอุปกรณ์แอคทีฟ DDCC1 วงจร ตัวเก็บประจุ 1 ตัวต่อลงกราวนด์ และตัวต้านทาน 1 ตัว

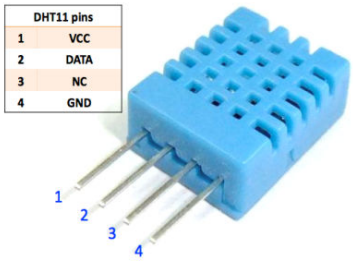
ในการต่อแบบปกติ คือ ระยะห่างระหว่าง Sensor กับตัวบอร์ดอาดูโนมีระยะห่างไม่เกิน 20 เมตร และจะต้องใช้ Pull up resistor ขนาด 5KΩ (ต่อ R 5kΩไว้กับแหล่งจ่ายแรงดันและต่อเข้าไปที่ขา DATA)

Pin 1 ต่อกับVDD

Pin 2 ต่อเป็นขาDATA

Pin 3 ไม่ได้ใช้

Pin 4 ลงกราวด์

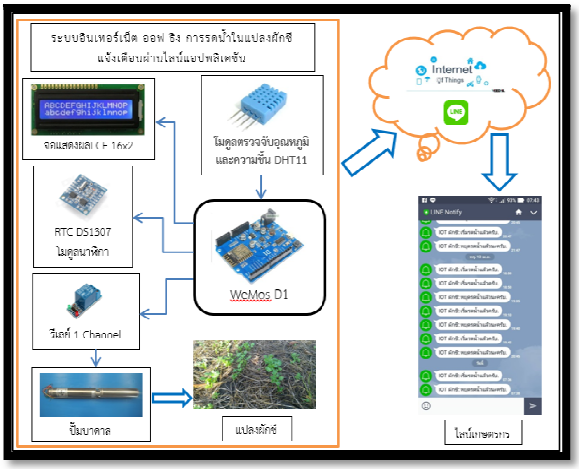


รูปที่ 6 DHT11 Digital Temperature และ Humidity Sensor DHT11

3. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน

ระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนประกอบเป็นดังนี้1) ระบบการทำงาน 2) แปลงผักชี 3) การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.1 ระบบการทำงาน



รูปที่ 7 ไดอะแกรมฮาร์ดแวร์

จากรูปที่ 7 แสดงบล็อกไดอะแกรมฮาร์ดแวร์ของระบบประกอบด้วยบอร์ด WeMos D1WiFinodemcu Arduino Wifi UNO board ESP8266Arduino IDEเป็นตัวประมวลผลหลัก แรงดันสัญญาณอินพุตตั้งแต่ 3.3 – 5 โวลต์ และสัญญาณเอาพุตที่ 5 โวลต์โมดูลนาฬิกา RTC DS1307 ภายในโมดูลจะประกอบไปด้วย DS1307 และ AT24C32 ซึ่งเป็น E2PROM ต่อใช้งานร่วมกับ Arduino ด้วยบัส I2C โมดูลนาฬิกาจะมีตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในที่ความถี่ 32.768 kHz ทำให้การนับเวลามีความแม่นยำสูง ส่วนโมดูลตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11โมดูลตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11 จะเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ผ่านตัวต้านทานขนาด 4.7 กิโลโอห์ม โดยจะต่อแบบ Pull up resistor เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ในการเชื่อมต่อขาหนึ่งของตัวต้านทานจะต่อเข้ากับแรงดันไฟ 5 โวลต์ และอีกขาหนึ่งจะต่อเข้ากับขาดาต้าที่เชื่อมต่อระหว่างโมดูลตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11 กับบอร์ด Arduino และแสดงผลการทำงานผ่านจอแสดงผล LCD 16x2การติดต่อสั่งงานและควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นคือ SDA และSCL การเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่านทางไวไฟ (WiFi) ซึ่งมีการเขียนคำสั่งควบคุมบนบอร์ดอาดูโนโดยใช้ฟังก์ชั่น Line_Notify รีเลย์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อการ

ทำงานบอร์ดอาดูโนกับแมกเนติกเพื่อเปิด-ปิดปั๊มบาดาลให้เป็นไปตามกระบวนการทำงานของระบบโดยบอร์ดอาดูโนจ่ายแรงดันสัญญาณเอาต์พุต 3.3 โวลต์ ไปยังทรานซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะทำให้แรงดันไฟ 5 โวลต์ที่ผ่านทรานซิสเตอร์ทำให้วงจรรีเลย์ทำงาน เมื่อรีเลย์ทำงานจะเป็นสะพานไฟให้แรงดันไฟ 220 โวลต์ ไหลผ่านไปเข้าแมกเนติกทำการเปิดปั๊มบาดาลส่วนการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันในการดำเนินงานการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานไปยังไลน์แอพพลิเคชันของเกษตรกรโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.2 แปลงผักชี

แปลงผักชีที่จัดทำขึ้นมีขนาดประมาณ 100 ตารางวา โดยมีส่วนประกอบและรายละเอียดขั้นตอนการทำดังนี้บ่อน้ำบาดาลที่ใช้นำน้ำขึ้นมาทำการรดน้ำในแปลงผักชีโดยใช้ปั๊มบาดาลขนาด 2 แรงม้าขนาดความกว้างท่อ 5 นิ้ว และลึก 40 เมตร ในการปั๊มน้ำขึ้นมากทำการรดน้ำในแปลงผักชีดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 บ่อน้ำบาดาล

การหว่านเมล็ดพันธุ์ผักชี ปริมาณในการหว่านจะใช้เมล็ดพันธุ์ผักชี 7-8 ถุง(บรรจุ 300 กรัม)ต่อ 1 ไร่ พื้นที่ 100 ตารางวาก็จะใช้เมล็ดพันธุ์ผักชี 2 ถุงดังรูปที่9

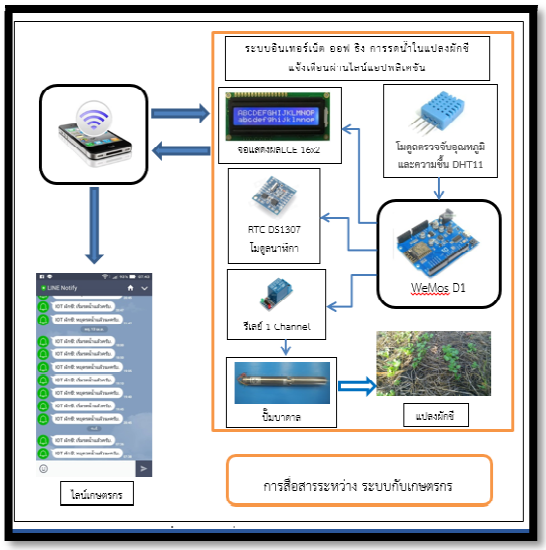
รูปที่ 9 เมล็ดพันธุ์ผักชีที่หว่านลงในแปลง

การวางท่อรดน้ำแปลงผักชีทำการวางให้มีระยะห่างระหว่างแต่ละเส้นประมาณ 2-2.5 เมตร เพื่อให้เวลารดน้ำจะได้ครอบคลุมทั่วถึงทั้งแปลงดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 การวางสายน้ำพุ่งในแปลง

3.3 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

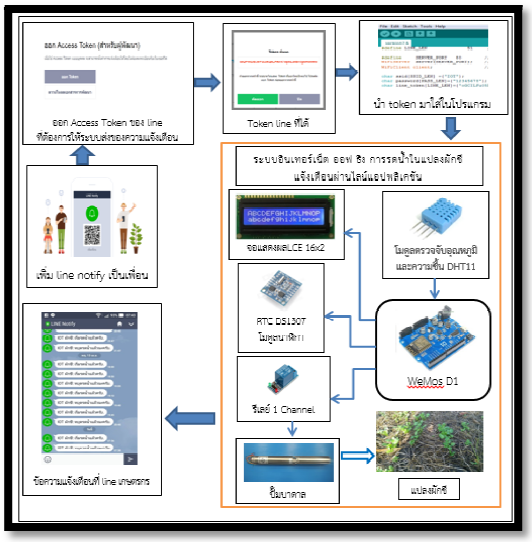
3.3.1 การสื่อสารระหว่างระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีผ่านไลน์แอปพลิเคชันกับเกษตรกรดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การสื่อสารระหว่างระบบกับเกษตรกร

จากรูปที่ 11 ระบบจะทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านไวไฟ ใช้เป็นการปล่อยสัญญาณฮอตสปอตจากโทรศัพท์มือถือเพื่อทำการส่งข้อความแจ้งสถานะการทำงานไปยังไลน์แอปพลิเคชันของเกษตรกร

3.3.2 การสื่อสารระหว่าง ระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีผ่านไลน์แอปพลิเคชัน กับเกษตรกรในครั้งแรกดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 การกำหนดค่าเริ่มต้นการสื่อสารระหว่างระบบ

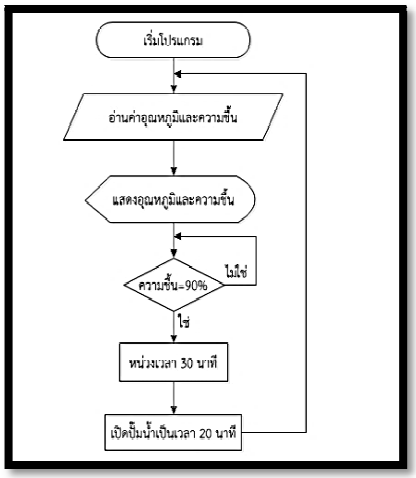
จากรูปที่ 12 ในการสื่อสารระหว่าง ระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีผ่านไลน์แอปพลิเคชัน กับเกษตรกรในครั้งแรก จะต้องทำการเพิ่ม line notify เป็นเพื่อนก่อน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบนำโทรศัพท์เคลื่อนที่หมายเลข 0895307637 มาเป็น Line notify ของระบบไลน์แอปพลิเคชัน ซึ่งจะทำการสร้าง Access Token ได้เป็น tnCIlufoLk2onBT1OL4AUaglud2ZxqD42oD1Bcd8DVD ขั้นตอนต่อมาให้นำ Token line ที่ได้มาเขียนโปรแกรม หลังจากนั้นระบบก็จะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันเกษตรกรได้ตามที่กำหนด Token line กำหนด ถ้าต้องการเปลี่ยนบัญชีสมาชิก Line ใหม่ต้องดำเนินการขั้นตอนนี้ใหม่ทุกครั้ง

3.3.3 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.3.3.1 ผังงานควบคุมการทำงานของโมดูลตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11 ดังรูปที่13

อัลกอรึทึมของการตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้น

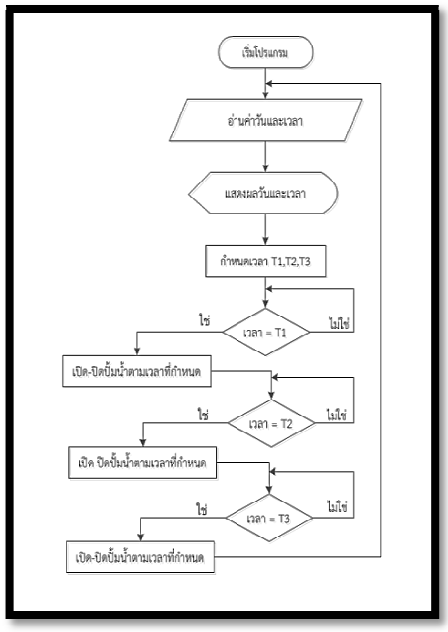
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นโปรแกรม
ขั้นตอนที่ 2 อ่านค่าวัดอุณหภูมิ และความชื้น
ขั้นตอนที่ 3 แสดงผลอุณหภูมิ และความชื้น
ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบว่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 90%
ถ้าใช่หน่วงเวลา 30 นาที
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 4



รูปที่ 13 ผังงานควบคุมการทำงานของโมดูลตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11

ขั้นตอนที่ 5 หน่วงเวลา 30 นาที
ขั้นตอนที่ 6 เปิดปั๊มน้ำเป็นเวลา 20 นาที
ขั้นตอนที่ 7 กลับไปขั้นตอนที่ 2

3.3.3.2 ผังงานควบคุมการรดน้ำด้วยการตั้งเวลาดังรูปที่ 14



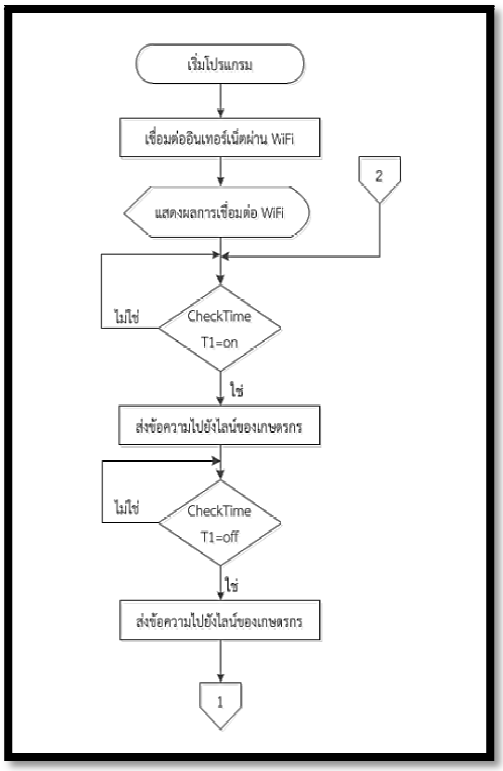
รูปที่ 14 ผังงานควบคุมการรดน้ำ

อัลกอรึทึมของการรดน้ำด้วยการตั้งเวลา

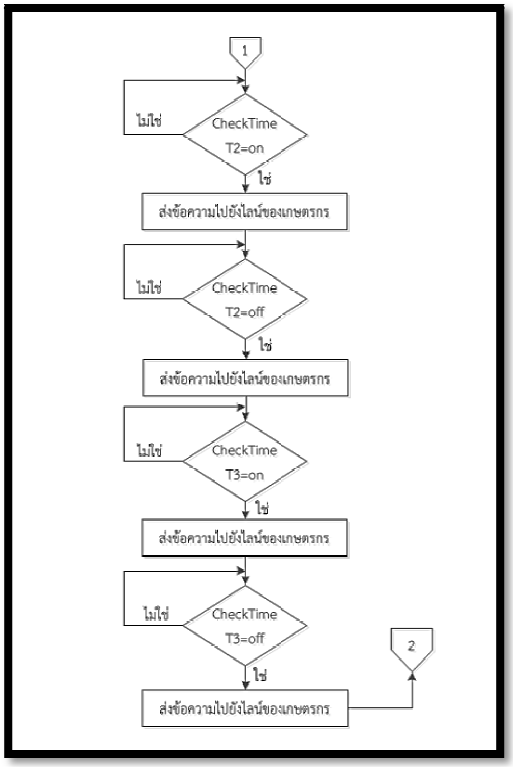
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นโปรแกรม
ขั้นตอนที่ 2 อ่านค่าวัน เวลา

ขั้นตอนที่ 3 แสดงผลวัน และเวลา
ขั้นตอนที่ 4 กำหนดเวลาการรดน้ำจำนวน 3 เวลา
ขั้นตอนที่ 4.1 เวลาที่ 1 (T1) : _ (ON) : _นาที
ขั้นตอนที่ 4.2 เวลาที่ 2 (T2) : _ (ON) : _นาที
ขั้นตอนที่ 4.3 เวลาที่ 3 (T3) : _ (ON) : _นาที
ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบว่าถึงเวลาที่กำหนดไว้ครั้งที่ 1
ถ้าใช่เปิดปั้มน้ำตามเวลาที่กำหนดไว้ส่งข้อความแจ้งไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"เริ่มรดน้ำแล้วคับ"
ปิดปั้มน้ำเมื่อครบเวลาที่กำหนด
ส่งข้อความแจ้งไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"หยุดรดน้ำแล้วนะครับ"
ถ้าไม่ใช่ กลับไปทำขั้นตอนที่ 5
ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่าถึงเวลาที่กำหนดไว้ครั้งที่ 2
ถ้าใช่ เปิดปั้มน้ำตามเวลาที่กำหนดไว้ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"เริ่มรดน้ำแล้วครับ"
ปิดปั้มน้ำเมื่อครบเวลาที่กำหนด
ส่งข้อความแจ้งไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"หยุดรดน้ำแล้วนะครับ"
ถ้าไม่ใช่ กลับไปทำขั้นตอนที่ 6
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบว่าถึงเวลาที่กำหนดไว้ครั้งที่ 3
ถ้าใช่ เปิดปั้มน้ำตามเวลาที่กำหนดไว้ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"เริ่มรดน้ำแล้วครับ"
ปิดปั้มน้ำเมื่อครบเวลาที่กำหนด
ส่งข้อความแจ้งไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า
"หยุดรดน้ำแล้วนะครับ"
ถ้าไม่ใช่ กลับไปทำขั้นตอนที่ 7
ขั้นตอนที่ 8 กลับไปขั้นตอนที่ 2

3.3.3.3 ผังงานควบคุมการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันดังรูปที่ 15 และรูปที่ 16



รูปที่ 15 ผังงานควบคุมการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน



รูปที่ 16 ผังงานควบคุมการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน (ต่อ)

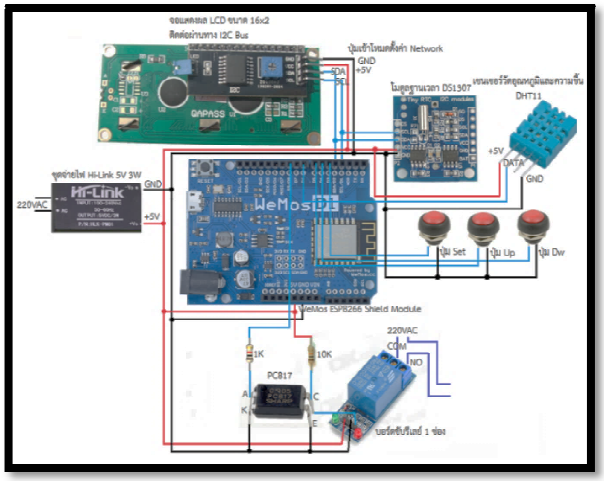
อัลกอริทึมของการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชั่น

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นโปรแกรม
ขั้นตอนที่ 2 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านไวไฟ
ขั้นตอนที่ 3 แสดงผลการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านไวไฟ
ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบว่าถึงเวลาเริ่มรดน้ำครั้งที่ 1
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “เริ่มรดน้ำแล้วคับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 4
ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบว่าถึงเวลาหยุดรดน้ำครั้งที่ 1
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “หยุดรดน้ำแล้วนะครับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 5
ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่าถึงเวลาเริ่มรดน้ำครั้งที่ 2
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “เริ่มรดน้ำแล้วคับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 6
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบว่าถึงเวลาหยุดรดน้ำครั้งที่ 2
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “หยุดรดน้ำแล้วนะครับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 7
ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบว่าถึงเวลาเริ่มรดน้ำครั้งที่ 3
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “เริ่มรดน้ำแล้วคับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 8
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบว่าถึงเวลาหยุดรดน้ำครั้งที่ 3
ถ้าใช่ ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชันว่า “หยุดรดน้ำแล้วนะครับ”
ถ้าไม่ใช่กลับไปทำขั้นตอนที่ 9
ขั้นตอนที่ 10 กลับไปขั้นตอนที่ 4

4. ผลการทำงาน

4.1 ระบบ อินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน

มีการเชื่อมต่อตัวอุปกรณ์เข้าด้วยกัน หลักๆ คือ 1) บอร์ด WeMos D1WiFiNodeMCU Arduino WiFi UNO board ESP8266 Arduino IDE, 2) จอแสดงผล LCD 16x2 With 12C Interface, 3) Relay 1 Channel, 4) โมดูลเวลา RTC DS1307, 5) ชุดจ่ายไฟ Hi-Link 5V 3W, และ 6) ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11 ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 การเชื่อมต่อบอร์ดระบบใช้งานจริง

4.2 ผลทดสอบการทำงานของตัวระบบ

การทำงานในด้านการส่งข้อความไปยังเกษตรกรผู้วิจัยได้กำหนดข้อความว่า IOT ผักชี ใน LINE Notify ขณะที่เริ่มทำงานระบบจะส่งข้อความไปยังผู้ใช้คือ IOT ผักชี : เริ่มรดน้ำแล้วครับ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดให้ทำงานเสร็จจะแสดงข้อความ IOT ผักชี : หยุดรดน้ำแล้วนะครับ ดังรูปที่ 18 ตัวอย่างการทดสอบระบบและตารางที่ 1 - 4

รูปที่ 18 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างระบบใช้งานจริงกับแปลงผักชีของนางสาวหนูนิด เอี่ยมประไพ ครั้งที่ 1 ในระหว่างวันที่ 4 - 7 เมษายน 2560 ได้ตั้งเวลาในการสั่งให้รดน้ำผักชีไว้ดังนี้ คือ

T.1 = 05.45 on = 20 m

T.2 = 11.30 on = 30 m

T.3 = 18.45 on = 20 m

ได้ผลการเก็บข้อมูลดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเก็บข้อมูลการใช้งานจริงของระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีครั้งที่ 1

วันที่	การทำงานของอุปกรณ์						การส่งข้อความไปยังผู้ใช้					
	ความถูกต้อง			ความผิดพลาด			ความถูกต้อง			ความผิดพลาด		
	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3
4	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
5	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
6	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
7	✓	✓	✓				✓	✓	✓			

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูล ครั้งที่ 2 ในระหว่างวันที่ 8 - 13 เมษายน 2560 ได้กำหนดเวลาในการสั่งให้รดน้ำผักชีไว้ดังนี้ คือ

T.1 = 05.30 on = 30 m

T.2 = 11.15 on = 40 m

T.3 = 18.30 on = 20 m

ได้ผลการเก็บข้อมูลดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเก็บข้อมูลการใช้งานจริงของระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีครั้งที่ 2

วันที่	การทำงานของอุปกรณ์						การส่งข้อความไปยังผู้ใช้					
	ความถูกต้อง			ความผิดพลาด			ความถูกต้อง			ความผิดพลาด		
	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3
8	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
9	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
10	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
11	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
12*	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
13	✓	✓	✓				✓	✓	✓			

* วันที่ 12เมษายน 2560 ในการระหว่างการเก็บข้อมูลได้มีฝนตก ผลการทำงานของระบบการตรวจจับความชื้นสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูล ครั้งที่ 3 ในระหว่างวันที่ 14 - 18 เมษายน 2560 ได้กำหนดเวลาในการสั่งให้รดน้ำผักชีไว้ดังนี้ คือ

T.1 = 05.20 on = 40 m

T.2 = 11.35 on = 30 m

T.3 = 18.25 on = 15 m

ได้ผลการเก็บข้อมูลดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเก็บข้อมูลการใช้งานจริงของระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีครั้งที่ 3

วันที่	การทำงานของอุปกรณ์						การส่งข้อความไปยังผู้ใช้					
	ความถูกต้อง			ความผิดพลาด			ความถูกต้อง			ความผิดพลาด		
	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3
14	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
15	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
16	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
17	✓		✓		✓		✓	✓	✓			
18	✓	✓	✓				✓	✓	✓			

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูล ครั้งที่ 4 ในระหว่างวันที่ 19 - 23 เมษายน 2560 ได้กำหนดเวลาในการสั่งให้รดน้ำผักชีไว้ดังนี้ คือ

T.1 = 05.40 on = 25 m

T.2 = 11.45 on = 45 m

T.3 = 18.50 on = 30 m

ได้ผลการเก็บข้อมูลดังแสดงใน ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเก็บข้อมูลการใช้งานจริงของระบบอินเทอร์เน็ต ออฟ ติง การรดน้ำในแปลงผักชีครั้งที่ 4

วันที่	การทำงานของอุปกรณ์						การส่งข้อความไปยังผู้ใช้					
	ความถูกต้อง			ความผิดพลาด			ความถูกต้อง			ความผิดพลาด		
	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3	T.1	T.2	T.3
19	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
20	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
21		✓	✓	✓			✓	✓	✓			
22	✓	✓	✓				✓	✓	✓			
23	✓	✓	✓				✓	✓	✓			

5. สรุปผลและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 ถึง 4เป็นผลการทดลองการรดน้ำในแปลงผักชีจากสถานที่จริง จำนวน 20 วันๆละ 3 ครั้ง รวมทั้งหมดเท่ากับ 60 ครั้ง เกิดข้อผิดพลาด 2 ครั้ง เนื่องจาก 1) น้ำในบ่อบาดาลซึมขึ้นไม่ทันทำให้ปั๊มบาดาลร้อนจัดจึงเกิดการโอเวอร์โหลด ในวันที่ 17 เมษายน 2560 ช่วงเวลา 12.00 และ 2) ระบบปั๊มเกิดการโอเวอร์โหลด เนื่องจากกระแสไฟฟ้าตก ในวันที่ 21 เมษายน 2560 ช่วงเวลา 05.45 และในวันที่ 12 เมษายน 2560 ได้มีฝนตกลงมาในแปลงผักชี ส่งผลให้การทำงานของระบบ ในส่วนเซนเซอร์วัดความชื้นได้ตรวจจับความชื้นมีค่าเกิน 90 ระบบจึงสั่งให้รดน้ำหลังจากฝนตกแล้ว 30 นาที เป็นเวลา 20 นาทีได้ตามที่ระบบกำหนดไว้ ดังนั้นผลการทดสอบระบบจึงมีความถูกต้องแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 96.66

จากผลการทดลองของระบบอินเทอร์เน็ตออฟติงการรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันนี้ พบว่าเป็นงานวิจัยที่มีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการหาประสิทธิภาพของระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการจ่ายน้ำทางการเกษตร ทั้งในด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำ มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพทั้งตัวระบบวงจรและต่อการจ่ายน้ำให้พืชในแปลงเกษตร ส่วนงานวิจัย ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนั้นผลการทดลองในระบบการสื่อสารไร้สายใช้ได้ดีเฉพาะการทำงานผ่านสิ่งกีดขวางในระยะ 20-120 เมตร แต่ในระยะ 140-200 เมตร ระบบไม่สามารถทำงานได้ และผลการทดลองด้านการวัดความชื้นของดินสามารถทำงานได้ในระดับความชื้นที่ 10-80 แต่ถ้าความชื้นที่ 90 ขึ้นไป เซ็นเซอร์ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งงานวิจัยเรื่อง อินเทอร์เน็ตออฟติงการรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชันนี้ มีจุดเด่นในด้านการสื่อสารได้ดีมีประสิทธิภาพไม่พบปัญหารวมทั้งตัวเซนเซอร์วัดความชื้นเป็นลักษณะตรวจจับในอากาศไม่ต้องติดตั้งลงในดินแปลงเกษตร ซึ่งผลการทำงานของตัวเซนเซอร์วัดความชื้นในงานวิจัยนี้ใช้ได้ดีไม่พบปัญหาแต่อย่างใด

6. แนวทางในการพัฒนาต่อ

เพิ่มเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) เพื่อใช้ในการวัดความชื้นในดิน ช่วยให้ระบบสามารถทำงานตามความชื้นในดินได้มากขึ้น นอกเหนือจากการวัดในอากาศและพัฒนาระบบให้สามารถควบคุมระบบสั่งงานผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในด้านต่างๆ ให้กับเกษตรกร สะดวกมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุลวงได้ด้วยดี ด้วยเพราะได้รับความร่วมมืออย่างดีจากนางสาวหนูนิด เอี่ยมประไพ เป็นเจ้าของแปลงผักชี ที่ได้ร่วมทำการทดลองการใช้งานระบบของงานวิจัย พร้อมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างดียิ่ง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานประสานงานการขับเคลื่อน Thailand 4.0, “พิมพ์เขียวและแผนปฏิบัติการขับเคลื่อนThailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคงและยั่งยืน”, ธันวาคม 2559, pp. 49-51.

[2] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, “กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระยะ พ.ศ.2554-2563 ICT 2020”, พฤษภาคม 2554, pp. 46.

[3] นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, “ผักชีของไทย..ดังไกลถึงญี่ปุ่น..แล้วประโยชน์คืออะไร”, ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/336, มีนาคม2560.

[4] มติชนออนไลน์, “ไลน์เผยปี59 คนไทยใช้งานทะลุ 50 ล้าน เผยเตรียมสร้างไลน์ให้เป็นมากกว่าแอพ,” https://www.matichon.co.th/news/33885, กุมภาพันธ์2560.

[5] OKnationBlock, “การปลูกผักชี” http://oknation.nationtv.tv/blog/horti-asia/2012/10/29/entry-1,มีนาคม2560.

[6] จิราภรณ์ ขมเล็ก ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และสมชาย หมื่นสายญาติ, “การหาประสิทธิภาพของระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการจ่ายน้ำการเกษตร” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พฤษภาคม 2557.

[7] นราธิป ทองปาน และธนาพัฒน์ เที่ยงภักดิ์ “ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย” การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2 ,มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มีนาคม 2559.

[8] Mindtek, “การใช้งาน RTC (Real Time Clock) ด้วย DS1307”, http://www.mind-tek.net/ds1307.php, พฤษภาคม 2560.

[9] ArduinoAll, “Tiny RTC I2C modules 24C32 memory DS1307 clock for arduinoพร้อมแบตเตอรี่”https://www.arduinoall.com/product/158/tiny-rtc-i2c-modules-24c32-memory-ds1307-clock-for-arduino-พร้อมแบตเตอรี่, มีนาคม2560.

[10] LINE Notify, “ESP8266 / ESP8285 กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า LINE”, http://www.ioxhop.com/article/47/esp8266-esp8285-กับการส่งการแจ้งเตือนเข้าline, มีนาคม 2560.

[11] Arduitronics “ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น DHT11”,https://www.arduitronics.com/article/13/การใช้งาน-dht11-humitdity-and-temperature-sensor-กับบอร์ด-arduino, มีนาคม 2560.