



การพัฒนาระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีการต่อเชื่อม

ของสรรพสิ่งและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์

The Development of Smart Hydroponics System Using

Internet of Things and Computer Vision

ปัญญาพล พุ่มพวง

Punchapon Pumpuang

ภัคธีมา นพสุวรรณชัย

Pakteema Nopsuwanchai

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2561



การพัฒนาระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีการต่อเชื่อม

ของสรรพสิ่งและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์

The Development of Smart Hydroponics System Using

Internet of Things and Computer Vision

ปัญจพล พุ่มพวง

Punchapon Pumpuang

ภาคีมา นพสุวรรณชัย

Pakteema Nopsuwanchai

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2561



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อหัวข้อโครงการ	การพัฒนาระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิิกส์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี การต่อเชื่อมของสรรพสิ่งและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ The Development of Smart Hydroponics System Using Internet of Things and Computer Vision.
นิสิต	นายปัญญาพล พุ่มพวง รหัสนิสิต 58102010812 นางสาวภคิมา นพสุวรรณชัย รหัสนิสิต 58102010818
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร.ศุภชัย ไทยเจริญ

ลงชื่อ.....

(ผศ.ดร.ศุภชัย ไทยเจริญ)

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์นั้นเป็นที่นิยมอย่างมาก ซึ่งการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์นี้มีหลากหลายรูปแบบและมีการประยุกต์ทำเป็นฟาร์มในรูปแบบต่างๆมากมาย โดยคณะผู้จัดทำสนใจเกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในรูปแบบ Nutrient Film Technique (NFT) และการทำฟาร์มในรูปแบบสมาร์ทฟาร์ม โดยมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง (Internet of Things) มาทำให้ฟาร์มมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นการวัดการเจริญเติบโตของผักด้วยเซ็นเซอร์ Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 และการใช้เซ็นเซอร์ DHT22 ในการตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในฟาร์มเพื่อควบคุมพัดลมระบายอากาศหรือการวัดค่าความสว่างเพื่อควบคุมไฟภายในฟาร์มโดยใช้เซ็นเซอร์ LDR ซึ่งการทำงานทั้งหมดนี้จะช่วยปรับสมดุลภายในฟาร์มให้มีสภาวะที่เหมาะสมแก่การปลูกผักโดยจะแสดงผลและสามารถควบคุมระบบต่างๆได้ผ่านรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการส่งข้อมูลจาก Xbee ทำให้สะดวกสบาย สามารถดูแลฟาร์มได้ตลอดเวลา รวมถึงประหยัดต้นทุนและเวลา นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้หลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ซึ่งนำมาใช้ในการตรวจสอบสุขภาพของผักที่ปลูกในฟาร์ม โดยผักที่ปลูกจะถูกถ่ายภาพจากกล้อง Pi Camera และถูกส่งไปยัง Raspberry Pi เพื่อวิเคราะห์ว่าผักที่ปลูกนั้นป่วยเป็นโรคหรือไม่โดยการใช้หลักการ Deep Learning เพื่อที่จะทำการคัดกรองผักที่ป่วยเป็นโรคออก เพื่อให้ฟาร์มที่ปลูกนั้นมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและทำให้ได้ผลผลิตที่ดีตามที่ต้องการ

Abstract

Information technology plays a vital role in agriculture for improving productivity and reducing costs. It is typically used for controlling and adjusting farming environments to be suitable for growing plants. In this paper, a smart hydroponics farming system that exploits Internet of Things (IoT) technology and machine-learning technique is presented. The system is divided into three main parts, wireless sensor module, camera module, and control module. The wireless sensor module consists of an arduino board, a set of sensors and electric devices such as DHT22 temperature and humidity sensor, LDR light sensor, Ultrasonic module HC-SR04 growth sensor, light bulb, and electric fan. The camera module is composed of a Raspberry Pi and a Pi camera. This module is responsible for monitoring plant's health through the use of computer vision and machine-learning techniques. Finally, the control module utilizes the Raspberry Pi as a server for receiving data from sensors module, for processing and for displaying data on the Internet, and sending signals back to target sensor module to control devices. The communications between modules are carried out by Xbee. The result of this smart hydroponics farming system will show on Web Application it can control environment in the farm and can check the plant health.

ประกาศขอบคุณ

การพัฒนาระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่งและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (The Development of Smart Hydroponics System Using Internet of Things and Computer Vision) สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีจาก ผศ.ดร.ศุภชัย ไทยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลา เพื่อให้คำปรึกษาเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหา และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนเป็นกำลังใจ ผู้จัดทำกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ได้ให้ความรู้ที่ทำให้คณะผู้จัดทำสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินโครงการในครั้งนี้ รวมทั้งให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงโครงการให้ดีขึ้นและโครงการสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ได้ให้โอกาสเข้ามาศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการและให้ประสบการณ์ในการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและดำเนินชีวิตต่อไป ขอขอบคุณเพื่อนๆของผู้จัดทำที่คอยให้การช่วยเหลือ แนะนำสิ่งต่างๆ และให้คำปรึกษาแก่ผู้จัดทำตลอดจนให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาเสมอสุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้จัดทำที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนมาโดยตลอด รวมทั้งให้ความห่วงใยและเป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำโครงการเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของโครงการฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แก่ผู้ที่สนใจศึกษาพัฒนาต่อไป และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ทำให้โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

นายปัญจพล พุ่มพวง

นางสาวภักธีมา นพสุวรรณชัย

สารบัญ

เนื้อหา

บทคัดย่อ	ก
Abstract.....	ข
ประกาศคุณูปการ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 ชื่อเรื่อง : Smart Hydroponic Lettuce Farm using Internet of Things [1].....	4
2.1.2 ชื่อเรื่อง : Hommons: Hydroponic Management and Monitoring System for an IOT Based NFT Farm Using Web Technology [2].....	4
2.1.3 ชื่อเรื่อง : Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino [3].....	5
2.1.4 ชื่อเรื่อง : Early Detection and Continuous Quantization of Plant Disease Using Template Matching and Support Vector Machine Algorithms [4] ...	5

2.1.5 ชื่อเรื่อง : Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image Classification [5]	6
บทที่ 3 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงการ.....	7
3.1 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน [6] [7]	7
3.2 Smart Farm [8]	12
3.3 Machine-to-Machine (M2M) [9] [10]	13
3.4 Wireless Sensor Network [11] [12] [13] [14]	14
3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [15]	21
3.7 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) [16].....	22
3.8 Deep Learning [17]	24
3.9 Convolutional Neural Network [18]	24
3.10 โรคพืชต่าง ๆ ในระบบไฮโดรโปนิกส์ [19] [20]	25
3.11 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในโครงการ	27
3.11.1 Hardware	27
3.11.2 Software	41
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน	46
4.1 วิธีดำเนินงาน	46
4.1.1 ส่วนของฟาร์มจำลอง.....	46
4.1.2 ส่วนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สาย.....	50
4.1.3 ส่วนของการพัฒนาระบบที่ใช้ภายในฟาร์มจำลอง.....	52
4.1.4 ส่วนของการติดตั้งฟาร์มจำลองและติดตั้งระบบ.....	59
4.2 วิธีการประเมินผล.....	62
บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน.....	63

5.1	ในส่วนของระบบภายในฟาร์มจำลอง	63
5.2	ในส่วนของ User Interface	65
บทที่ 6	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
6.1	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	66
6.2	ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	66
บรรณานุกรม		67
ภาคผนวก		72



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1-1: ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 3-1: Features ของ Arduino UNO R3.....	28
ตารางที่ 3-2: Features ของ Raspberry Pi Model 3 B.....	31
ตารางที่ 3-3: Features ของ LDR Photoresistor Sensor Module	36
ตารางที่ 3-4: Specifications ของ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor	37
ตารางที่ 3-5: Features ของ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor.....	38



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 3-1: รูปภาพแสดงระบบ NFT (Nutrient Film Technique)	8
รูปที่ 3-2: รูปภาพตัวอย่างสมาร์ทฟาร์มจำลอง	13
รูปที่ 3-3: รูปภาพแสดงการติดต่อสื่อสารในอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยี M2M	14
รูปที่ 3-4: รูปภาพแสดงโครงข่ายการติดต่อสื่อสารของเทคโนโลยี M2M.....	14
รูปที่ 3-5: รูปภาพกราฟแสดงข้อแตกต่างของ Zigbee กับมาตรฐานไร้สายอื่น	15
รูปที่ 3-6: รูปภาพแสดงสัญญาณความถี่ ZigBee.....	16
รูปที่ 3-7: รูปภาพแสดง ZigBee Stack.....	16
รูปที่ 3-8: รูปภาพแสดงการเชื่อมโยงของเครือข่าย Xbee	17
รูปที่ 3-9: รูปภาพแสดง Star Topology	19
รูปที่ 3-10: รูปภาพแสดง Tree Topology.....	20
รูปที่ 3-11: รูปภาพแสดง Mesh Topology	21
รูปที่ 3-12: รูปภาพแสดงประเภทหลักๆของ Machine Learning	23
รูปที่ 3-13: รูปภาพแสดงการทำงานของ Deep Learning.....	24
รูปที่ 3-14 รูปภาพแสดง Convolution Neural Network	24
รูปที่ 3-15: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคราแป้ง.....	25
รูปที่ 3- 16 รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคราน้ำค้าง.....	25
รูปที่ 3-17: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคใบจุด.....	26
รูปที่ 3-18: รูปภาพรากและใบของต้นที่เป็นโรครากเน่า	26
รูปที่ 3-19: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคเหี่ยวเฉียว	27
รูปที่ 3- 20: รูปภาพ Arduino UNO R3.....	28
รูปที่ 3-21: รูปภาพขาต่างๆของ Arduino UNO R3	29

รูปที่ 3- 22รูปภาพของ Raspberry Pi 3 Model B	30
รูปที่ 3-23: รูปภาพขาต่างๆของ Raspberry Pi 3 Model B.....	31
รูปที่ 3-24: รูปภาพของ Raspberry Pi camera.....	32
รูปที่ 3-25: รูปภาพ XBee ZigBee Through-Hole (RPSMA Antenna) Series 2 (S2C).....	33
รูปที่ 3-26: รูปภาพเสาอากาศ 2.4GHz Duck Antenna 3 dBi with RP-SMA (Male)	33
รูปที่ 3- 27 รูปภาพแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ให้หมุนขวา	35
รูปที่ 3- 28 รูปภาพแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ให้หมุนซ้าย.....	35
รูปที่ 3-29: รูปภาพ 4 Channel Relay Module 5V	35
รูปที่ 3-30: รูปภาพ LDR Photoresistor Sensor	36
รูปที่ 3-31: รูปภาพ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor.....	37
รูปที่ 3-32: รูปภาพ Ultrasonic Ranging Module HC-SR04.....	38
รูปที่ 3-33: รูปภาพแสดงหลักการทำงานของรีเลย์และวัดระยะห่างระหว่างวัตถุด้วยคลื่นเสียง	39
รูปที่ 3- 34 รูปภาพ หลอดไฟ LED PAR30 E27	39
รูปที่ 3-35: รูปภาพพัดลม 12 V	40
รูปที่ 3- 36 รูปภาพรางถ่าน 12V.....	40
รูปที่ 3-37: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Arduino IDE.....	41
รูปที่ 3-38: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Raspbian.....	42
รูปที่ 3-39: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Node-RED.....	43
รูปที่ 3-40: รูปภาพของหน้าการทำงานของโปรแกรม Node-RED	43
รูปที่ 3-41: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม XCTU.....	44
รูปที่ 3-42: รูปภาพสัญลักษณ์โปรแกรม OpenCV	45
รูปที่ 4-1: ออกแบบรางปลุกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT	46

รูปที่ 4-2: ออกแบบโครงข่ายไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT	47
รูปที่ 4-3: ออกแบบโครงข่ายไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT	47
รูปที่ 4-4: รูปภาพของต้นกล้าที่มีอายุประมาณ 7 วัน	49
รูปที่ 4-5: รูปภาพของผักที่ลงในรางปลูก.....	49
รูปที่ 4-6: ภาพรวมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ	50
รูปที่ 4-7: รูปการตั้งค่า Xbee เป็น End Deviceในโปรแกรม XCTU.....	51
รูปที่ 4-8: รูปการตั้งค่า Xbee เป็น Coordinator ในโปรแกรม XCTU	51
รูปที่ 4-9: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ DHT22	53
รูปที่ 4-10: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ LDR.....	54
รูปที่ 4-11: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04	55
รูปที่ 4-12: รูปภาพการเชื่อมต่อ Relay เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า และ Arduino UNO.....	56
รูปที่ 4- 13 รูปภาพการเชื่อมต่อ Zigbee เข้ากับ Arduino UNO	57
รูปที่ 4- 14รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Arduino UNO	57
รูปที่ 4-15: รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Raspberry Pi.....	58
รูปที่ 4- 16 รูปภาพร่างสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์	60
รูปที่ 4- 17 รูปภาพฟาร์มจำลอง.....	60
รูปที่ 4 18 รูปภาพแสดงภาพรวมของการส่งค่าผ่าน Xbee	61
รูปที่ 4- 19 รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมด	62
รูปที่ 5-1: รูปภาพฟาร์มจำลองแบบสำเร็จ.....	63
รูปที่ 5-2: รูปภาพแสดงระบบที่ใช้ภายในฟาร์ม	64
รูปที่ 5-3: รูปภาพการติดตั้งกล่องที่ใช้ภายในฟาร์ม.....	64
รูปที่ 5-4: รูปภาพแสดง User Interface ของ Web Application	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเพราะง่ายต่อการปลูก ไม่ต้องใช้พื้นที่มากมายและยังสะดวกเนื่องจากไม่ต้องใช้ดินในการปลูก แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการควบคุมน้ำ, ปริมาณแสงแดด, ความชื้นและอุณหภูมิ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้อาจจะส่งผลให้ผักที่ปลูกไว้เกิดการป่วยหรือตายได้ โดยการที่จะแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ทำได้โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย ซึ่งยุคสมัยนี้มีเทคโนโลยีมากมายที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของเรา หนึ่งในนั้นก็คือเทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่งหรือ IoT เป็นเทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่งที่มีการสื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอุปกรณ์แบบไร้สาย และ หลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์หรือ Computer vision เป็นเทคโนโลยีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจทัศนียภาพหรือแยกแยะวัตถุต่างๆได้

โดยคณะผู้จัดทำได้ศึกษาเทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง (IoT) และหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) ทำให้พบว่าเทคโนโลยีทั้งสองนี้สามารถที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และลดความเสี่ยงของข้อผิดพลาดที่เกิดจากการปลูกพืช โดยเทคโนโลยีเทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง (IoT) จะนำมาช่วยปรับสภาพแวดล้อมในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์มและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) จะช่วยในการตรวจจับโรคของผักเพื่อลดอัตราการตายของผักไฮโดรโปนิคส์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการทำงานของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์ม
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้กับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์ม
- 1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องควบคุมปริมาณแสงแดดและอุณหภูมิของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์ม
- 1.2.4 เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Computer vision) มาใช้กับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์ม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สามารถพัฒนาฟาร์มจำลองสำหรับใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น
- 1.3.2 สามารถควบคุมไฟและพัดลมในฟาร์มผ่านระบบอัตโนมัติโดยการใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับปริมาณแสงและอุณหภูมิ
- 1.3.3 สามารถแสดงผลปริมาณแสงและอุณหภูมิของการปลูกผักในฟาร์มผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
- 1.3.4 สามารถควบคุมไฟและพัดลมในฟาร์มผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
- 1.3.5 สามารถวัดการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์และแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
- 1.3.6 สามารถพัฒนากล้องให้ตรวจจับใบของผักไฮโดรโปนิคส์ที่ปลูกในรูปแบบสมาร์ตฟาร์มเพื่อตรวจสอบสุขภาพผักได้

1.4 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินการตั้งแต่เดือนกันยายน 2561 ถึงเดือนพฤษภาคม 2562 รวมเวลาทั้งสิ้น 9 เดือน โดยมีแผนการดำเนินงานแสดงดังตารางที่

[illegible]

ศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับการทำงาน ของหลักการคอมพิวเตอร์วิ ทัศน์									
ติดตั้งระบบต่างๆในสมาร์ต ฟาร์ม									
นำข้อมูลและภาพที่ได้มา ประมวลผล									
สร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับ แสดงผล									
หาข้อผิดพลาดและแก้ไข ปรับปรุง									
สรุปและเผยแพร่งานวิจัย									

ตารางที่ 1-1: ตารางแสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง โดยเฉพาะการปลูกผัก Hydroponic ในระบบ NFT และการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยี Wireless Sensor Network

2.1.1 ชื่อเรื่อง : Smart Hydroponic Lettuce Farm using Internet of Things [1]

ผู้แต่ง : Tanabut Changmai, Sethavidh Gertphol and Pariyanuj Chulaka

ปีที่พิมพ์ : 2018

บทความนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการทำฟาร์มในรูปแบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่ง (IoT) เพื่อการปลูกพืชอย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดแรงงานและสิ่งแวดล้อม มีการควบคุมที่ละเอียดมากขึ้น ในเรื่องการรดน้ำ การปฏิสนธิของพืช และการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการเกี่ยวกับการเพาะปลูก ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ในรูปแบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้ IoT เพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบกับฟาร์มปกติ โดยใช้ผักกาดหอมในการทดสอบ สมาร์ทฟาร์มนี้สามารถติดตามการเติบโตของพืชได้ ปรับสารละลายของสารอาหาร อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ตามสถานการณ์แบบอัตโนมัติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผักกาดหอมจากสมาร์ทฟาร์มมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 36.59% ใบใหญ่ 17.2% และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นขนาดใหญ่ 13.9% กว่าฟาร์มปกติปริมาณไนเตรทของผักกาดหอมในสมาร์ทฟาร์มก็ยิ่งดีกว่าฟาร์มปกติถึง 8.24%

2.1.2 ชื่อเรื่อง : Hommons: Hydroponic Management and Monitoring System for an IOT Based NFT Farm Using Web Technology [2]

ผู้แต่ง : Padma Nyoman Crisnapati, I Nyoman Kusuma Wardana, I Komang Agus Ady Aryanto and Agus Hermawan

ปีที่พิมพ์ : 2017

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับเทคนิคหนึ่งของไฮโดรโปนิคส์คือ Nutrient film technique (NFT) ระบบนี้ให้ความสนใจเป็นพิเศษในเรื่องพารามิเตอร์ต่างๆเช่นอุณหภูมิของน้ำ, ระดับน้ำ, ความเป็นกรด (pH) และความเข้มข้นของสารอาหาร ก่อนอื่นจะตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลจากฟาร์มไฮโดรโปนิคส์ของเกษตรกรแล้วประเมินและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นอย่างเป็นระบบแต่การควบคุมโดยใช้วิธีธรรมดา(มนุษย์) เช่นในการควบคุมความเข้มข้นของสารอาหารต้องทำอย่างน้อยวันละครั้งเป็นเวลามาก ในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้จึงได้สร้างระบบติดตามฟาร์มไฮโดรโปนิคส์ และระบบอัตโนมัติที่สามารถตรวจสอบโดยใช้เซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno, โมดูล Wi-Fi ESP8266 และRaspberry Pi 2 โมเด็ม B เป็นเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่มีแนวคิดIoT ซึ่งในแต่ละบล็อกไฮโดรโปนิคส์ ฟาร์มสามารถสื่อสารกับเว็บ

เชิร์ฟเวอร์ ใช้เป็นส่วนติดต่อของระบบที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้และควบคุมการเกษตร ฟาร์มไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT เว็บระบบการจัดการส่วนติดต่อโดยใช้เว็บที่ตอบสนองเช่น Bootstrap สำหรับส่วนหน้า, JQuery และไลบรารี JavaScript ผลปรากฏว่าระบบนี้ช่วยให้เกษตรกรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการตรวจสอบและการควบคุมฟาร์มไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT

2.1.3 ชื่อเรื่อง : Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino [3]

ผู้แต่ง : Siwakorn Jindarat and Pongpisitt Wuttidittachotti

ปีที่พิมพ์ : 2015

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานประกอบการโดยใช้ระบบอัจฉริยะที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวและโทรศัพท์มือถือเพื่อการจัดการเลี้ยงไก่และการแก้ปัญหาโดยใช้ Raspberry Pi และ Arduino Uno การทดลองและการวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบอัจฉริยะถูกใช้ในฟาร์มไก่

ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถตรวจสอบสถานะอากาศโดยรอบได้เช่นความชื้น อุณหภูมิและคุณภาพอากาศรวมถึงการควบคุมสวิตช์พัดลมกรองในฟาร์มไก่ ระบบนี้พบว่าเกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะสามารถควบคุมฟาร์มได้ทุกที่ทุกเวลาส่งผลให้ลดต้นทุนการประหยัดสินทรัพย์และการจัดการผลผลิตในฟาร์มไก่

2.1.4 ชื่อเรื่อง : Early Detection and Continuous Quantization of Plant Disease Using Template Matching and Support Vector Machine Algorithms [4]

ผู้แต่ง : Rong Zhou, Shun'ichi Kaneko, Fumio Tanaka, Miyuki Kayamori, Motoshige Shimizu

ปีที่พิมพ์ : 2013

บทความนี้ได้นำเสนอแนวทางในการตรวจหาโรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อ Cercospora ในผักกาดฝรั่ง ที่มีประสิทธิภาพจากการใช้การผสมผสานอัลกอริทึมระหว่าง Template Matching และ Support Vector Machine โดยวิธี Template Matching ที่เรียกว่า Orientation Code Matching (OCM) จะทำให้สามารถค้นหาพื้นที่ของวัตถุที่เป็นใบไม้ได้อย่างชัดเจน และเห็นถึงจุดในใบที่เป็นโรคอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความส่องสว่าง หลังจากนั้นใช้ Support Vector Machine (SVM) สำหรับการจำแนกโรคโดยใช้คุณลักษณะของ 2D xy-color histogram ซึ่งมีความสามารถในการจำแนกได้อย่างดีในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสง

ผลการทดสอบ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการตรวจหาโรคในระยะเริ่มต้น ภายใต้แสงธรรมชาติที่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

2.1.5 ชื่อเรื่อง : Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image Classification [5]

ผู้แต่ง : Srdjan Sladojevic, Marko Arsenovic, Andras Anderla, Dubravko
Culibrk and Darko Stefanovic

ปีที่พิมพ์ : 2016

บทความนี้ได้นำเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบการรับรู้โรคพืช ที่พิจารณาจากการทำ Image Classification ในพืช โดยการใช้ Deep Convolutional Networks (CNNs) วิธีการเทรนข้อมูลและวิธีการที่ใช้จะช่วยให้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็วและง่ายในทางปฏิบัติ โมเดลที่ถูกพัฒนาแล้วสามารถจำแนกชนิดของโรคในพืชได้ถึง 13 ชนิด ออกจากใบที่มีสุขภาพที่ดี และยังสามารถในการแยกแยะใบออกจากบริเวณรอบได้ เฟรมเวิร์ค Deep Learning ชื่อ Caffe ที่พัฒนาขึ้นโดย Berkley Vision ถูกนำมาใช้ในการเทรน CNNs ผลการทดลองจากโมเดล CaffeNet มีค่าความแม่นยำระหว่าง 91% - 98% หรือมีค่าความแม่นยำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 96.3%

บทที่ 3

ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงการ

3.1 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน [6] [7]

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินหรือการปลูกพืชไร้ดิน (Soiless culture) คือการปลูกพืชบนน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารพืชและการปลูกพืชในวัสดุที่ไม่ใช้ดิน การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินเป็นระบบที่ได้ผลผลิตที่มีความปลอดภัยและให้ผลผลิตสูง ผลผลิตมีคุณภาพในปริมาณที่แน่นอน การทำลายจากโรคและแมลงมีน้อยมาก ผลผลิตมีความปลอดภัยจากสารพิษ ให้ผลผลิตเร็วกว่าการปลูกลงดิน สามารถผลิตพืชผักในช่วงที่การปลูกลงดินทำได้ค่อนข้างยาก เช่น ในช่วงหน้าฝน การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินเป็นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้พอเพียงต่อความต้องการอาหารที่เพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มของประชากร

ข้อดีของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

1. สามารถทำการเพาะปลูกพืชในบริเวณพื้นที่ที่ดินไม่ดีหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกและใช้พื้นที่ค่อนข้างน้อย
2. ประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน และการกำจัดวัชพืช ทำให้สามารถปลูกพืชอย่างกันต่อเนื่องได้ตลอดปี ในพื้นที่เดียว
3. สามารถตัดปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืชที่เกิดจากดินและควบคุมสภาพแวดล้อมในการปลูกได้ง่าย
4. เป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที และมีการสูญเสียมีน้อยมาก
5. เพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้แรงงาน โดยเฉพาะในด้านการจัดการดูแลรักษา ได้แก่ กำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ยต่างๆและการจัดการแมลงศัตรูพืช
6. พืชที่ปลูกมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง

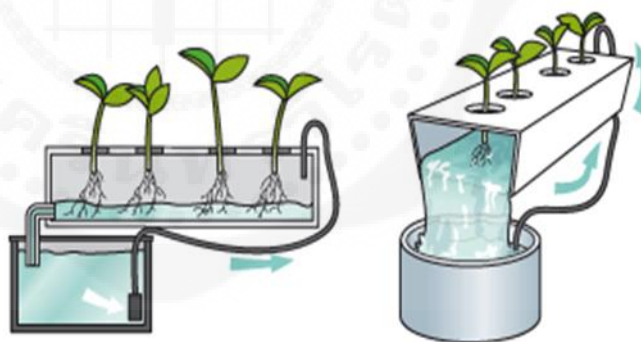
ข้อเสียของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

1. เป็นระบบที่มีราคาแพงมาก เนื่องจากประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆมากมาย และมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง
2. จะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ และประสบการณ์มากพอสมควร ในการควบคุมดูแล และต้องมีความรู้พื้นฐานทางปุ๋ยเคมีน้ำและสรีรวิทยาของพืช และเทคนิคการออกแบบเครื่องมือ
3. มีโอกาสเกิดโรคที่มาจากน้ำได้ง่ายและยากต่อการควบคุม
4. พืชจะได้รับผลกระทบได้ง่ายและรวดเร็ว หากปลูกในสภาพที่ไม่เหมาะสม
5. วัสดุบางชนิดเน่าเปื่อยหรือสลายตัวค่อนข้างช้า
6. ชนิดพืชที่เหมาะสมมีไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นผัก และไม้ดอกไม้ประดับ ส่วนไม้ผลนิยมใช้ไม้ผลขนาดเล็กเช่น สตรอเบอร์รี่

ประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก

1. **ประเภทการปลูกในน้ำ (Water culture) หรือ การปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics)** จากคำว่า "ไฮโดรโปนิคส์" หรือ Hydroponics เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (nonsubstrate หรือ water culture) กล่าวคือ จะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง (Water culture) คำว่า Hydroponics มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือ คำว่า "Hydro" หมายถึง "น้ำ" และ "Ponos" หมายถึง "งาน" ซึ่งเมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน ความหมายก็คือ "Water-working" หรือหมายถึง "การทำงานของน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืช" ผู้ที่จะทำการปลูกตามลักษณะ "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" จากคำว่า "Hydroponics" หรือ "ไฮโดรโปนิคส์" นี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชให้ดี โดยประเภทของการปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์มีดังนี้

- o ระบบ NFT (Nutrient Film Technique) การปลูกแบบนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นเหมือนแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืช การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้โดยทั่วไป สารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที่/ราง โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมาถังเก็บสารละลาย ดังแสดงในภาพที่ 3-1



รูปที่ 3-1: รูปภาพแสดงระบบ NFT (Nutrient Film Technique)

ที่มา : [ออนไลน์] <http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/11/blog-post.html>

- o ระบบ DFT (Deep Flow Technique) เป็นระบบที่ใช้ท่อ PVC มาปลูกผัก โดยมีหลักการเดียวกับระบบ NFT โดยที่น้ำไหลผ่านท่อ ความหนาของน้ำจะสูงกว่าระบบ NFT โดยที่ระดับสารละลายในภาชนะปลูกจะลึกประมาณ 15-20 ซม. เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในไทยเนื่องจากต้นทุนถูก

- ระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ DFT และมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับประเทศไทย โดยการเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช เป็นการปลูกพืชแบบน้ำเยอะ โดยระดับน้ำที่ไหลผ่านรากนั้นจะมีความลึกอยู่ที่ประมาณ 1-10 ซม. ส่วนมากนิยมปลูกกันในถาดโฟม เหมาะสำหรับปลูกผักไทย
- ระบบ DWT (Deep Water Technique) เป็นการปลูกพืชในภาชนะที่บรรจุน้ำที่มีความลึก ตั้งแต่ 15 ซม. ขึ้นไป ขึ้นกับขนาดของต้นพืชและรากที่ปลูก รากพืชต้องแช่ตลอดเวลาอยู่ในน้ำสารละลายที่ไม่มีการหมุนเวียน วิธีการปลูกแบบนี้จึงต้องมีการเติมอากาศให้กับน้ำตลอดเวลา โดยใช้ปั๊มลม ขนาดของปั๊มอากาศขึ้นกับขนาดของภาชนะและปริมาณน้ำที่ใช้ โดยทั่วไปแล้วควรต้องเติมอากาศให้น้ำสารละลายมีปริมาณออกซิเจนอยู่ไม่น้อยกว่า 6-8 มก./ลิตร จึงจะเหมาะสมสำหรับกับความต้องการของรากพืช

2. **ประเภทการปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture)** เป็นวิธีการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ ทราย กรวด ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว รือควูล์ ฟีท ฯลฯ การปลูกพืชระบบนี้นิยมกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง การปลูกพืชในวัสดุปลูกส่วนใหญ่จะแตกต่างกันทางด้านของเทคนิคการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารพืช (ความถี่และปริมาณสารละลายที่ให้แต่ละครั้งและองค์ประกอบของ-สารละลาย) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้ ซึ่งจะต้องมีการทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม
3. **ประเภทการปลูกในอากาศ (Aeroponics)** เป็นระบบที่ทำให้รากพืชอิมมัวอย่างต่อเนื่องด้วยการพ่นสารละลายที่มีธาตุอาหารพืชเป็นระยะคล้ายๆ แผลงพ่นหมอก ระบบนี้รากพืชไม่ได้จุ่มอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสารละลายธาตุอาหารพืช แต่จะมีความชื้นอิมมัวอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้รากคงความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับ 95-100% โดยวิธีการนี้พืชได้อาหารครบถ้วนและพอเพียง ระบบนี้รากจะลอยอยู่ในอากาศในระบบปิดที่กันแสง แต่การปลูกด้วยระบบแอโรโพนิกส์ต้องใช้ระบบควบคุมการฉีดพ่นธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ วิธีการนี้ใช้น้ำน้อยมาก การปลูกพืชในระบบแอโรโพนิกส์นี้ ความชื้นจากการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารจะไปกระตุ้นให้รากพืชเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ภายใน 10 วัน และต้นพืชโดยเฉพาะพืชผักสามารถเจริญเติบโตเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลาเพียง 30 วันเท่านั้น โดยรูปแบบการปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศนี้ จะนิยมสำหรับพืชหัวที่ไม่สามารถแช่อยู่ในน้ำหรืออยู่ในดินที่จะเสี่ยงต่อโรคทางดิน เมื่อมีระยะการปลูกลานเกิน 2 เดือน

โดยคณะผู้จัดเลือกการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ระบบ NFT สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ผักที่เหมาะสมกับการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์มีดังนี้

1. กรีนโอ๊ค (Green Oak) เป็นผักตระกูลสลัดต่างประเทศ มีลักษณะเป็นผักใบหยักสีเขียวอ่อน รูปทรงสวยเป็นพุ่ม รสชาติหวานกรอบคล้ายผักกาดหอม ผักมีอายุประมาณ 40-45 วัน หลังจากลงแปลงปลูก นิยมทานสดเพราะมีคุณค่าทางสารอาหาร ช่วยในการสร้างเม็ดเลือด บำรุงสายตา บำรุงเส้นผม บำรุงประสาทและกล้ามเนื้อ
2. เรดโอ๊ค (Red Oak) เป็นผักตระกูลสลัดต่างประเทศ มีลักษณะเป็นผักใบสีแดงเข้มและเขียวเข้ม ใบซ้อนกันเป็นชั้น ปลายใบหยิกแฉกเป็นแฉก เป็นพุ่มหยักสีเขียวงาม นอกจากนี้ยังมีกากใยอาหารมาก ซึ่งช่วยในเรื่องระบบการย่อย บำรุงสายตา บำรุงกล้ามเนื้อ ป้องกันโรคปากนกกระจอก ช่วยล้างผนังลำไส้ กำจัดพวกไขมัน มีธาตุเหล็กและวิตามินซีสูง
3. เรดคอรัล (Red Coral) มีลักษณะเป็นพุ่ม ไม่ห่อหุ้ม ปลายใบหยัก ใบมีสีแดงอมม่วง รสชาติหวานและกรอบกว่าเรดโอ๊ค เหมาะสำหรับนำไปเพิ่มสีสันในงานสลัดหรือกินเป็นเครื่องเคียง มีสรรพคุณช่วยสร้างเม็ดเลือด มีวิตามินซีสูง ช่วยป้องกันโรค

โลหิตจาง ป้องกันโรคปากนกกระจอก มีเส้นใยอาหารสูงช่วยระบบขับถ่ายได้ดี กากใยเหล่านี้จะช่วยล้างผนังลำไส้ กำจัดพวกไขมันและอนุมูลอิสระที่เกาะตามผนังลำไส้ อันเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งลำไส้

4. บัตเตอร์เฮด (Butter Head) เป็นผักที่มีลักษณะใบอ่อนนุ่มเป็นมัน เรียงซ้อนกัน คล้ายดอกกุหลาบ เป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็นจึงจะเจริญเติบโตได้ดี อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-24 องศาเซลเซียส ในสภาพอุณหภูมิสูงการเจริญเติบโตทางใบจะลดลง พืชจะสร้างสารคลอโรฟิลล์หรือน้ำตาลออกมา รวมทั้งมีปริมาณเส้นใยสูงและเหนียว ทำให้มีรสขม ส่วนใหญ่นิยมปลูกในโรงเรือน มีอายุเก็บเกี่ยว 50 วัน นิยมรับประทานสดทำเป็นเมนูสลัดหรือเครื่องจิ้มคู่กับน้ำพริก มีสรรพคุณช่วยบำรุงเส้นผม บำรุงผิว ลดคอเรสเตอรอล บำรุงประสาท และป้องกันโลหิตจาง
5. ร็อกเก็ตสลัด (Rocket Salad) ลักษณะใบกลมโค้งมน มีกลิ่นหอมคล้ายน้ำมันงา รสชาติเผ็ดเล็กน้อย จัดเป็นผักที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ช่วยป้องกันโรคหวัด เสริมสร้างคอลลาเจน ให้โพแทสเซียม
6. ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก (Frisly Iceberg) มีลักษณะเป็นทรงพุ่ม ใบเป็นฝอยหยิกคล้ายเกล็ดน้ำแข็ง มีสีเขียว ห่อหุ้ม กาบใบห่อเข้าหากันเป็นชั้นๆ ปลายใบหยิกเป็นฝอย ใบแข็งกรอบ ฉ่ำน้ำ มีรสหวาน นิยมบริโภคสดเป็นสลัดหรือใช้เป็นเครื่องเคียงในอาหารประเภทยำที่มีรสจัด มีสรรพคุณช่วยในการสร้างเม็ดเลือด มีวิตามินซีสูง สามารถป้องกันโรคหวัดและเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายได้
7. กรีนคอส (Green Cos) สลัดคอสหรือผักกาดหวาน ลักษณะใบตั้งขึ้น มีสีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา มีเส้นนูนเด่นในใบปลายโค้งเข้า มีทั้งพันธุ์สีเขียวและแดง (Red Romaine) มีสรรพคุณช่วยบำรุงสายตา บำรุงผม บำรุงกล้ามเนื้อ บำรุงผิว และลดคอเรสเตอรอล

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ระบบ NFT

- ถังน้ำ ใช้สำหรับใส่น้ำสารอาหาร (น้ำปุ๋ย) เพื่อวนน้ำสารอาหารเข้าไปในรางปลูก
- ปั๊มน้ำ ใช้สำหรับปั๊มให้น้ำที่อยู่ในถังน้ำสามารถวนขึ้นไปในรางปลูกได้
- ปุ๋ย A และ ปุ๋ย B โดย ปุ๋ย A จะประกอบด้วย แคลเซียมไนเตรท เหล็ก ดีพี (Fe-DP) และเหล็ก โล (Fe-Lo) และ ปุ๋ย B จะประกอบด้วย โปแตสเซียมไนเตรท แมกนีเซียม โมโนโปแตสเซียมและ จุลธาตุ เสริมต่างๆ โดยปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้จะนำไปผสมกับน้ำตามสัดส่วน เพื่อใช้เป็นน้ำสารอาหารสำหรับปลูกผัก

- พองน้ำเพาะ ใช้สำหรับเพาะเมล็ดในช่วงแรกก่อนที่จะนำไปใส่ในกระถางปลูกผัก
- กระถางปลูกผัก ใช้สำหรับใส่พองน้ำที่เพาะเมล็ดจนโตพอที่จะมีรากแล้ว ก่อนนำมาใส่ในรางปลูก

3.2 Smart Farm [8]

สมาร์ทฟาร์มหรือเกษตรอัจฉริยะ เป็นการทำเกษตรสมัยใหม่ด้วยการใช้เทคโนโลยีหรือหุ่นยนต์ เครื่องจักร ฯลฯ ที่มีความแม่นยำสูงเข้ามาช่วยในการทำงาน โดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด ในยุคที่แรงงานในภาคเกษตรลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภาคการเกษตรเริ่มมีการปรับตัวโดยนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับปรุงและประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมากขึ้น

แนวคิดของการทำเกษตรอัจฉริยะ คือการเกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture หรือ Precision Farming) โดยเป็นการทำการเกษตรให้เข้ากับสภาพพื้นที่ เน้นพื้นที่ที่ไม่ใช้พื้นที่เกษตรขนาดใหญ่ เน้นประสิทธิภาพในการเพาะปลูก ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์จนถึงกระบวนการปลูกที่นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจวัดทั้งเรื่องของสภาพดิน ความชื้นในดิน แร่ธาตุในดิน ความเป็นกรดต่าง สภาพปริมาณแสงธรรมชาติ รวมถึงเรื่องศัตรูพืชต่างๆ บางประเทศมีการควบคุมสิ่งแวดล้อมผ่านการปลูกในโรงเรือน เพื่อป้องกันศัตรูพืชและสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้เข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ฟาร์มอัจฉริยะมีความต้องการและมีความแตกต่างจากการทำเกษตรแบบปกติเป็นอย่างมาก โดยมีวัตถุประสงค์อีกข้อคือไม่ใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง

ดังนั้นความแม่นยำในการเสริมปัจจัยต่างๆ ให้ตรงกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด จึงเป็นกุญแจสำคัญในการทำเกษตรอัจฉริยะที่ได้ประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ฟาร์มอัจฉริยะมีประสิทธิภาพ มี 3 ด้าน

1. การระบุตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูก
2. การแปรวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรงกับระยะเวลาของการเพาะปลูกพืช
3. การบริหารจัดการพื้นที่โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร และต้องเข้ากับการเพาะปลูกพืชในชนิดนั้นๆ

การทำฟาร์มอัจฉริยะเป็นเรื่องของความแม่นยำเพื่อนำไปสู่การเพาะปลูกพืชที่เข้ากับพื้นที่บริเวณนั้น ผ่านการตัดสินใจบนข้อมูลที่ถูกต้อง โดยช่วยลดต้นทุนกระบวนการผลิต เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ สร้างมาตรฐานการผลิต ควบคุมคุณภาพผลผลิตได้ตามที่ลูกค้าต้องการ ผลผลิตจึงได้ราคาสูงกว่าฟาร์มทั่วไป

ปัจจุบันความรู้ทางการเกษตรอัจฉริยะมีมากขึ้นในอินเทอร์เน็ต เพราะเป็นแนวโน้มที่สำคัญของการทำการเกษตรในศตวรรษที่ 21 หลายฟาร์มเริ่มมีการนำเอาเทคโนโลยี Precision Farming เพื่อควบคุมความแม่นยำทั้งการให้น้ำที่ถูกต้องทั้งปริมาณ ระยะเวลา ผ่านสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์ของฟาร์มเอง มีการนำเอาเซ็นเซอร์มาควบคุมเพื่อวัดอุณหภูมิร่วมกับการปล่อยน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิ รวมไปถึงการให้ปุ๋ยผ่านการให้น้ำ โดยจะแสดงภาพรวมการทำงานของสมาร์ทฟาร์มในปัจจุบันดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2: รูปภาพตัวอย่างสมาร์ทฟาร์มจำลอง

ที่มา : [ออนไลน์] <http://yousense.info/6174616d7074/atampt-the-internet-of-things-iot-and-sustainable-farming.html>

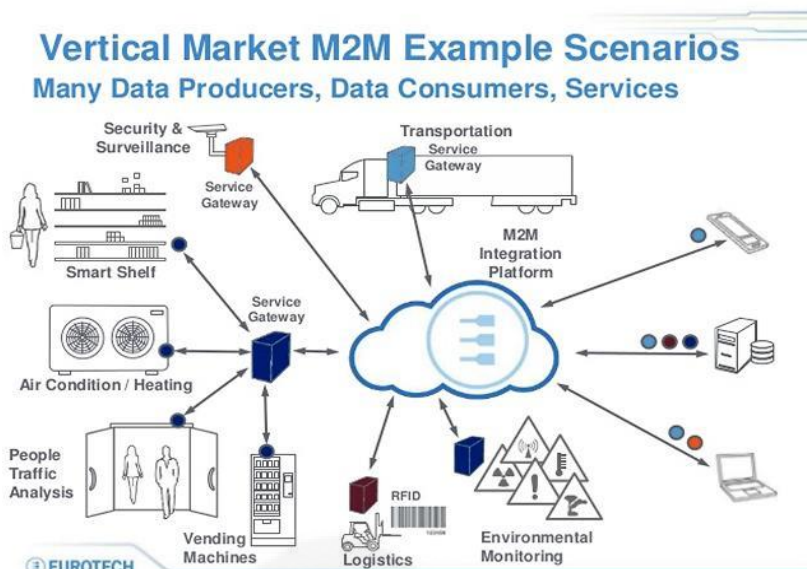
3.3 Machine-to-Machine (M2M) [9] [10]

คือเทคโนโลยีหนึ่งที่ก้าวหน้าไปพร้อมกับเทคโนโลยี IoT และเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นสลับเซตกันอยู่ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกับเครื่องจักร ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งแบบชนิดมีสาย (Wired) และแบบไร้สาย (Wireless)

Machine-to-Machine เป็นระบบที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (M2M Ecosystem) โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องหรือสั่งการและดำเนินการตัดสินใจใดๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่มนุษย์กำหนดไว้กลไกการทำงานของ M2M นั้นเริ่มจากเครื่องที่มีตัววัดเซ็นเซอร์หรือมิเตอร์ที่ใช้วัดค่าบางอย่าง

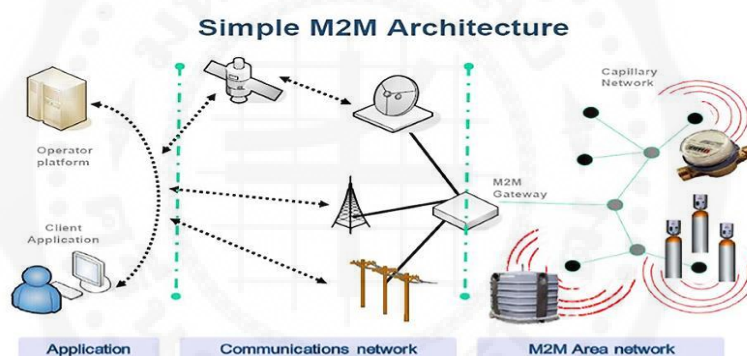
ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายโดยเครือข่ายอาจจะเป็นเครือข่ายไร้สายหรือเครือข่ายมีสายหรือผสมกันได้ โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันซึ่งทำหน้าที่แปลงข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลที่มีความหมายและใช้ในการตัดสินใจ การทำงานด้วยกลไกช่วยลดความยุ่งยากและต้นทุนในกระบวนการเก็บข้อมูลที่ ต้องทำอย่างสม่ำเสมอได้อย่างมหาศาล และยังทำให้สามารถสร้างระบบที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างทันท่วงที ตัวอย่างหนึ่งการใช้งาน M2M คือระบบ Smart Grid ซึ่งเป็นระบบวัดค่าการใช้งานไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยี M2M ในการส่งค่าที่วัดได้ดังกล่าวมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนกลางเพื่อประมวลผล เทคโนโลยี M2M ทำให้ สามารถวัดค่าได้อย่างต่อเนื่องโดยมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอย่างมากและก่อให้เกิดประโยชน์ในหลายๆทาง

อุปกรณ์เหล่านี้สามารถส่งข้อมูลได้อย่างอิสระในการใช้เซ็นเซอร์และอุปกรณ์การสื่อสารเป็นจุดปลายทางของแอปพลิเคชัน M2M โดยทั่วไปอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับเครือข่ายของผู้ให้บริการหรือเชื่อมต่อกันโดยใช้เทคโนโลยี WPAN เช่น ZigBee และ Wifi โดยภาพรวมการทำงานของเทคโนโลยี M2M จะแสดงในรูปที่ 3-3 และรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-3: รูปภาพแสดงการติดต่อสื่อสารในอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยี M2M

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.mmthailand.com/machine-to-machine-communication>



รูปที่ 3-4: รูปภาพแสดงโครงข่ายการติดต่อสื่อสารของเทคโนโลยี M2M

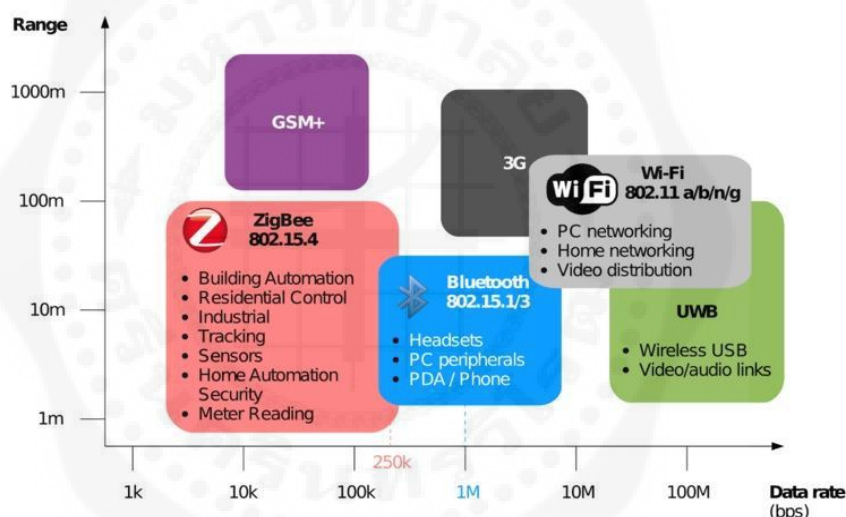
ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.mmthailand.com/machine-to-machine-communication>

3.4 Wireless Sensor Network [11] [12] [13] [14]

ปัจจุบันระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายหรือ Wireless Sensor Network (WSN) ได้มีการกล่าวถึงในวงการวิจัยมากขึ้น อีกทั้งยังมีการนำเอา WSN มาประยุกต์ใช้งานจริงในภาคส่วนต่างๆ เช่น ทางด้านการทหาร ได้มีการนำใช้ตรวจจับการสั่นสะเทือนเมื่อมีการโจมตีด้วยอาวุธหนักภายในอาณาเขตที่ได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้หรือตรวจจับการเคลื่อนพลของฝ่ายตรงข้ามที่ผ่านเข้ามาในบริเวณที่กำหนดไว้ ทางด้านธรณีวิทยา ได้มีการนำมาใช้ในการติดตั้งตัวเซ็นเซอร์ไว้ที่ปากปล่องภูเขาไฟ เพื่อตรวจสอบการสั่นสะเทือน ก่อนที่จะเกิดการระเบิดของภูเขาไฟ แม้กระทั่งทางการสำรวจมหาสมุทร ก็ได้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจสอบตัวแปรทางด้านฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ที่ระดับความลึกต่างๆ ซึ่งทั้งหมดนี้เพื่อนำเอาข้อมูลทางฟิสิกส์ต่างๆ ที่ได้จากการตรวจจับ หรือตรวจวัด จากเครือข่ายเซ็นเซอร์มาประมวลผลวิเคราะห์ที่ส่วนกลาง หรือใช้เป็นข้อมูลทางสถิติเพื่อแบ่งปันให้กับผู้ที่สนใจ

ดังนั้น จากตัวอย่างที่ยกมาจะเห็นได้ว่า บริเวณต่างๆ ที่มีการติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์นั้น จะเป็นพื้นที่ ที่มีสภาพภูมิศาสตร์ไม่เหมาะกับการเดินสายไฟเพื่อสื่อสารกันระหว่างตัวเซ็นเซอร์ หรือตัวเซ็นเซอร์กับ ศูนย์กลางการเก็บข้อมูล ดังนั้น WSN จึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้งานเหล่านี้

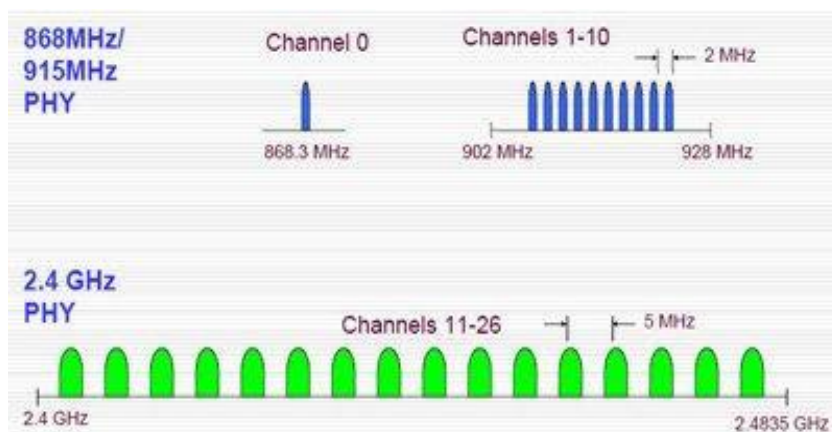
ZigBee เป็นมาตรฐานสากลในการสื่อสารแบบไร้สายสำหรับงานประเภท Wireless Personal Area Networks กำหนดโดย ZigBee Alliance เป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ที่มีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลต่ำ อัตราการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 250 kbit/s ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่สูงมาก แต่มีจุดเด่นที่ประหยัดพลังงาน และมีระยะรับ-ส่งที่ไม่ไกล ซึ่งระบบนี้จะสามารถทำงานในร่ม กลางแจ้ง หนแดด ฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก (เช่นถ่าน AA 2 ก้อน) เป็นระยะเวลานาน เหมาะสมใช้งานกับพวก monitoring ต่าง ๆ โดยในรูปที่ 3-5 จะแสดงภาพรวมของการส่งสัญญาณไร้สายโดยเปรียบเทียบกันระหว่างอัตราความเร็วและระยะทาง ซึ่งจะแสดงข้อแตกต่างระหว่าง Zigbee กับการส่งสัญญาณไร้สายอื่นๆ



รูปที่ 3-5: รูปภาพกราฟแสดงข้อแตกต่างของ Zigbee กับมาตรฐานไร้สายอื่น

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html>

ZigBee กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่คือ ย่าน 2.4 GHz ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps 40 Kbps และ 0 Kbps ตามลำดับเช่นกัน โดยจะแสดงสัญญาณความถี่ Zigbee ในรูปที่ 3-6



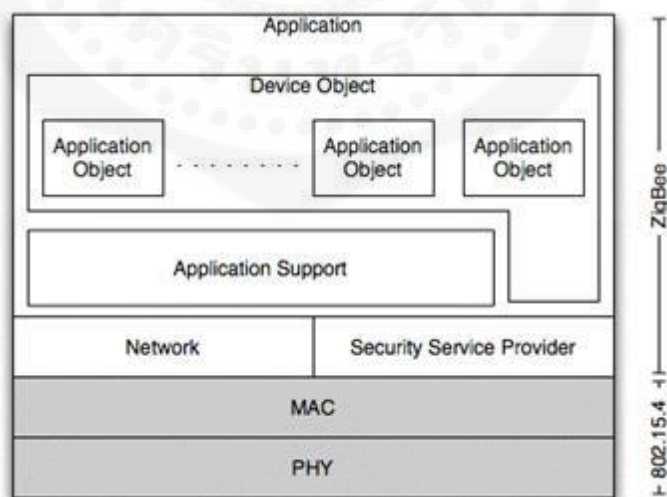
รูปที่ 3-6: รูปภาพแสดงสัญญาณความถี่ ZigBee

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html>

สรุปสัญญาณความถี่ ZigBee จากรูปที่ 3-6

1. ย่านความถี่ 2.4 Ghz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps
2. ย่านความถี่ 915 Ghz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps
3. ย่านความถี่ 868 Ghz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps

ZigBee นำ Physical Layer และ MAC Layer ของ IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนด การสื่อสารไร้สายแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) มาทำงานใน 2 Layer ล่างสุดในเรื่องของ ระดับกำลังสัญญาณ Link Quality Access Control Security แต่ใน Layer ถัดขึ้นไปจะเป็นรูปแบบของ ZigBee ดังแสดงในรูปที่ 3-7



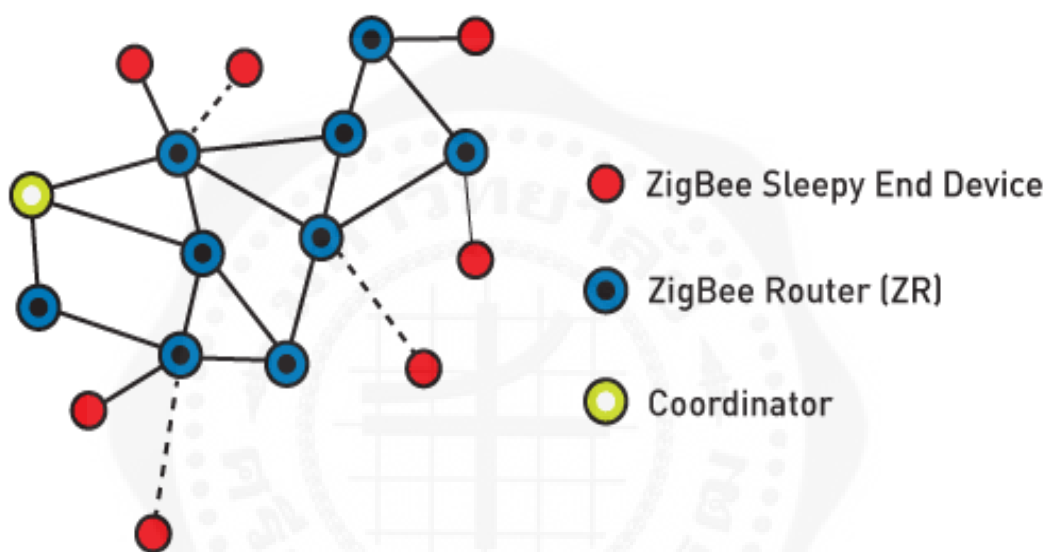
รูปที่ 3-7: รูปภาพแสดง ZigBee Stack

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html>

Zigbee จึงเป็นโปรโตคอลที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีคุณสมบัติดังนี้

1. มีความน่าเชื่อถือสูง
2. ประหยัดพลังงาน
3. สามารถใช้กับอุปกรณ์ต้นทุนต่ำได้
4. มีความปลอดภัย
5. เป็นโปรโตคอลที่ง่าย การทำงานไม่ซับซ้อน

Xbee เป็นโมดูลที่ใช้โปรโตคอลหรือมาตรฐานการสื่อสารแบบ Zigbee เป็นหลัก ซึ่งในการใช้โปรโตคอล Zigbee นั้น ตัวโมดูล Xbee แต่ละโมดูลจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดหน้าที่หรือบทบาทของแต่ละอุปกรณ์ในเครือข่ายขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8: รูปภาพแสดงการเชื่อมโยงของเครือข่าย Xbee

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduino.codemobiles.com/article/13/ พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part1-เริ่มต้นกับ-xbee-2

1. Coordinator

- o เป็นผู้เริ่มต้นและจัดการเครือข่าย ภายในหนึ่งเครือข่ายจะมี coordinator เพียงตัวเดียวเสมอ
- o กำหนด Channel และ PAN ID ของเครือข่าย อนุญาตให้ Router และ End device สามารถเข้ามา join เครือข่ายได้ อีกทั้งยังเป็นตัวจัดหาเส้นทางถ่ายโอนข้อมูล และสามารถเป็นที่พักข้อมูลที่รับส่งกันภายในเครือข่าย สำหรับกรณีที่มีโหนดลูกข่ายใดๆ อยู่ใน sleep mode
- o Coordinator ไม่สามารถเข้าสู่โหมด sleep mode ได้ จะต้องพร้อมทำงานอยู่เสมอ

2. End Device

- ทำหน้าที่เป็นลูกข่าย สามารถเข้าร่วมกับเครือข่ายใดๆที่มีอยู่ได้แต่ไม่อนุญาตให้โมดูลอื่นๆ เข้ามา join เป็นลูกข่ายของตัวเองได้
- รับ-ส่ง ข้อมูลได้แต่ไม่สามารถเป็นตัวถ่ายทอดข้อมูลไปยังโหนดอื่นๆได้
- สามารถใช้งาน sleep mode เพื่อประหยัดพลังงานได้
- จำเป็นที่จะต้องมียุติ parent คอยดูแลอยู่เสมอ ในกรณีที่ตัวเองเข้าสู่ sleep mode เพื่อประหยัดพลังงาน จะไม่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ โหนด parent จึงทำการพักข้อมูลเอาไว้ให้ (parent สามารถเป็นได้ทั้ง Coordinator หรือ Router)

3. Router

- ทำหน้าที่เป็นลูกข่ายสามารถเข้าร่วมกับเครือข่ายใดๆที่มีอยู่ได้
- รับ-ส่งและถ่ายทอดข้อมูลจากที่อยู่ต้นทางไปปลายทางได้
- อนุญาตให้ Router อื่นๆ และ End device เข้า join กับตัวเองได้
- สามารถทำหน้าที่พักข้อมูลให้กับโหนดลูกข่ายใดๆที่อยู่ใน sleep mode ได้
- เครือข่ายหนึ่งๆ สามารถมี Router ได้หลายๆตัวได้

การสร้างเครือข่าย Xbee สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนที่จะกำหนดบทบาทหน้าที่การทำงานให้แก่โหนดหรือโมดูล คือ การวางรูปแบบการเชื่อมโยงของเครือข่ายหรือที่เรียกว่า Topology

Topology นั้นมีหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบ Star, Mesh, Tree และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นล้วนแล้วแต่มีข้อดีข้อเสียที่ต่างกัน โดย Topology รูปแบบ Star, Mesh และ Tree เป็น Topology ที่มาตรฐาน Zigbee รองรับ

1. Star Topology รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Star เป็น Topology ที่ง่ายที่สุด ตัวเครือข่ายจะประกอบไปด้วย ตัว Hub ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย เชื่อมต่อกับลูกข่ายหลายๆตัว ในกรณีของโมดูล Xbee ตัว Coordinator จะมารับหน้าที่ในการเป็น Hub ของเครือข่าย ส่วนลูกข่ายอาจจะเป็น Router หรือ End device ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสมของงาน โดยรูปแบบ Star Topology แสดงในรูปที่ 3-9

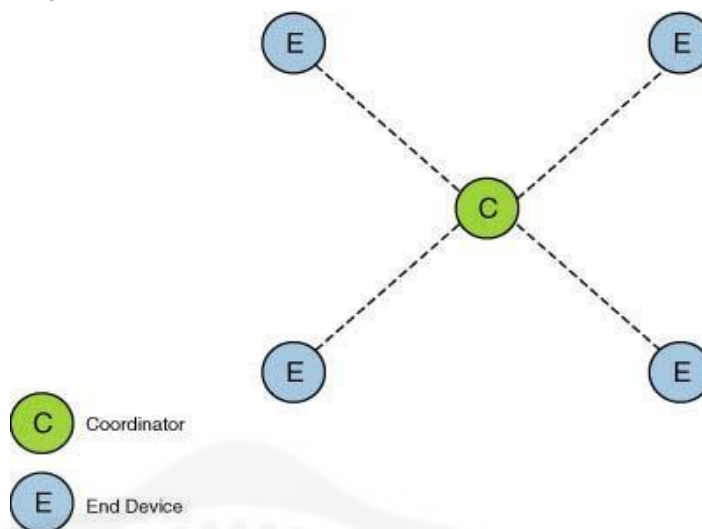
ข้อดีของ Star Topology

- เป็น Topology ที่จัดการง่ายไม่ซับซ้อน
- ติดตั้งและแก้ไขระบบได้ง่าย
- ถ้ามีโหนดใดโหนดหนึ่งเสียหาย จะไม่ส่งผลกระทบต่อเครือข่ายทั้งหมด
- ตัว Hub หรือ Coordinator นั้นจะสามารถควบคุมทุก packet ข้อมูลที่รับส่งกันภายในเครือข่ายได้ การ hop ของข้อมูลสั้น

ข้อเสียของ Star Topology

- ถ้าโหนด Hub เสียหาย หรือใช้การไม่ได้ เครือข่ายทั้งหมดจะไม่สามารถใช้งานได้
- ถ้าหากลูกข่ายแต่ละโหนดต้องการพูดคุยกันเอง เพราะตัว Hub หรือ Coordinator เป็นช่องทางการรับส่งข้อมูลช่องทางเดียว ถ้าหากมีการรับส่งข้อมูลมากๆ ช่องทาง

สื่อสารของตัว Hub จะกลายเป็นลักษณะคอขวด ทำให้ Traffic ในการเดินทางของข้อมูลมีปัญหา



รูปที่ 3-9: รูปภาพแสดง Star Topology

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduino.codemobiles.com/article/14/พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part2-topology

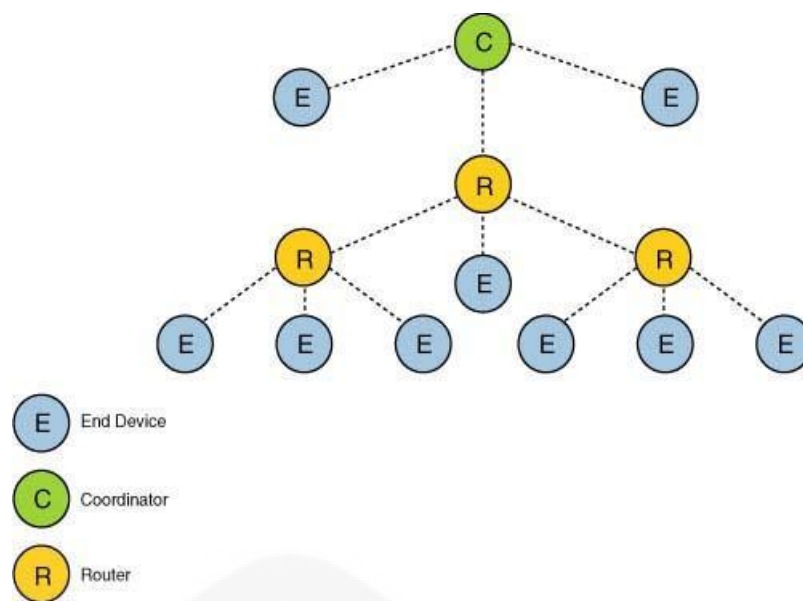
2. Tree Topology เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อของเครือข่ายในลักษณะของแฉกรากที่แตกกิ่งก้านสาขาออกไป โดยที่ แฉกรากของเครือข่าย หรือ Root นั้นประกอบไปด้วย Coordinator, Router และ End device แต่กิ่งก้านที่แตกออกไปจากตัวราก นั้นจะเรียกว่า children ซึ่งมีเฉพาะโหนด Coordinator กับ Router เท่านั้นที่จะสามารถมี children เพิ่มเติมได้ อีกทั้ง children แต่ละตัวจะสามารถสื่อสารได้กับ parent ของตัวเองเท่านั้น โดยรูปแบบ Tree Topology แสดงในรูปที่ 3-10

ข้อดีของ Tree Topology

- o จากแนวคิด Parent-children node ทำให้สามารถจัดกลุ่มการสื่อสารได้เป็นหมวดหมู่มากขึ้น
- o ถ้าหากโหนดใดโหนดหนึ่งเสียหาย จะไม่ส่งผลกระทบต่อเครือข่ายทั้งหมด

ข้อเสียของ Tree Topology

- o ถ้า Parent โหนดใดเสียหาย children ของ Parent นั้นๆทั้งหมดก็จะไม่สามารถพูดคุยกับเครือข่ายได้
- o ถ้าหาก children ต้องการพูดคุยกันเอง แม้เป็นโหนดใกล้เคียงกัน ก็ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ ต้องผ่าน Parent ก่อนเสมอ ซึ่งทำให้การ hop ของข้อมูลนั้นมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น



รูปที่ 3-10: รูปภาพแสดง Tree Topology

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduino.codemobiles.com/article/14/พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part2-topology

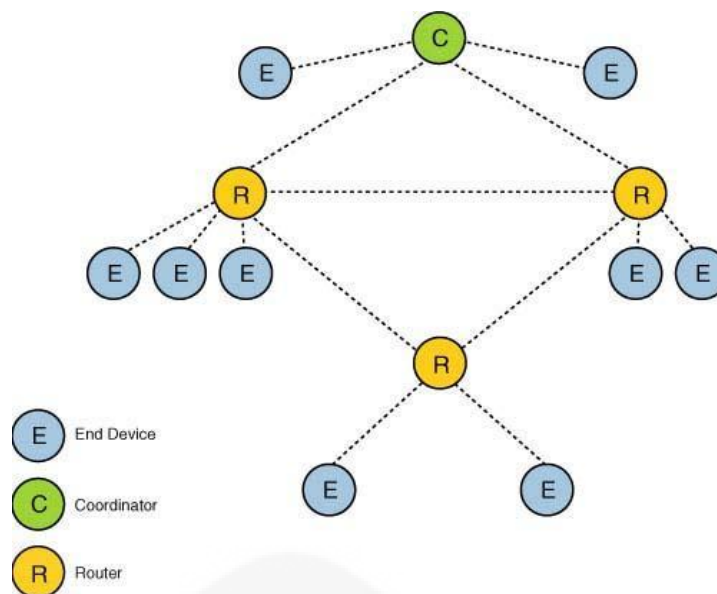
3. Mesh Topology เป็นรูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพ และนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ในเครือข่ายจะประกอบไปด้วยตัว Coordinator, Router และ End device หลายๆตัว การรับ-ส่งแต่ละ packet ข้อมูลนั้นจะกระทำในลักษณะของ multihop คือข้อมูลจะ hop ไปเรื่อยๆจนกว่าจะถึงปลายทางที่ต้องการ โดยรูปแบบ Mesh Topology แสดงในรูปที่ 3-11

ข้อดีของ Mesh Topology

- ขอบเขตของเครือข่ายสามารถแผ่ขยายออกไปได้เรื่อยๆ ตามจำนวนการเชื่อมต่ออุปกรณ์
- มีความสามารถในการ self-healing ถ้าหากโหนดใดโหนดหนึ่งล่ม ทำให้เส้นทางการเชื่อมต่อขาดออกจากกัน ระบบจะทำการค้นหาเส้นทางการส่งข้อมูลใหม่เองโดยอัตโนมัติ
- เพิ่ม-ลด โหนดภายในเครือข่ายได้อย่างอิสระ
- แต่ละโหนดสามารถพูดคุยกันเองได้ ไม่จำเป็นต้องมี parent ควบคุม

ข้อเสียของ Mesh Topology

- มีความซับซ้อนมากกว่าเมื่อเทียบกับโทโพโลยีข้างต้น



รูปที่ 3-11: รูปภาพแสดง Mesh Topology

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduino.codemobiles.com/article/14/พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part2-topology

3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช [15]

1. **แสง (radiant energy)** แสงเป็นแหล่งพลังงานสำหรับพืชในกระบวนการสังเคราะห์แสง แสงที่พืชได้รับส่วนใหญ่เป็นแสงซึ่งมาจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงสีขาว ประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ ได้แก่ ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง ซึ่งเราเรียกว่า สเปกตรัม (spectrum) ชนิดของแสงสีต่าง ๆ อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชแตกต่างกัน เช่น แสงสีแดง น้ำเงิน เขียวและเหลืองเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงหรือเหมาะสมสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง แสงสีม่วงจะมีประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสงต่ำมาก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในสภาวะที่พืชเจริญเติบโตตามธรรมชาติชนิดของแสงสีจะไม่ค่อยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากนักเนื่องจาก พืชแต่ละชนิดมีความต้องการความเข้มของแสงแตกต่างกันไป พืชที่ชอบร่มเงา (shade plant) ถ้าได้รับความเข้มของแสงมากอาจเป็นโทษ ทำให้ใบเหลือง แคระแกรน พืชที่ชอบแสง (sun plant) เช่น พืชไร่ พืชสวนทั่วไปจะต้องการความเข้มของแสงมาก
2. **น้ำ (water)** มีความสำคัญต่อพืชเนื่องจากเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ในพืชทำให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ ดำเนินไปได้ น้ำยังเป็นองค์ประกอบของสารประกอบในพืช ในพืชสดจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 75-92 เพราะน้ำจำเป็นสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ในพืช เช่น กระบวนการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ (cell division and cell elongation) นอกจากนี้น้ำยังทำให้เซลล์พืชเต่งตัวช่วยในการเคลื่อนย้ายสารต่าง ๆ ภายในพืช และยังเป็นตัวการสำคัญในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ภายในพืช

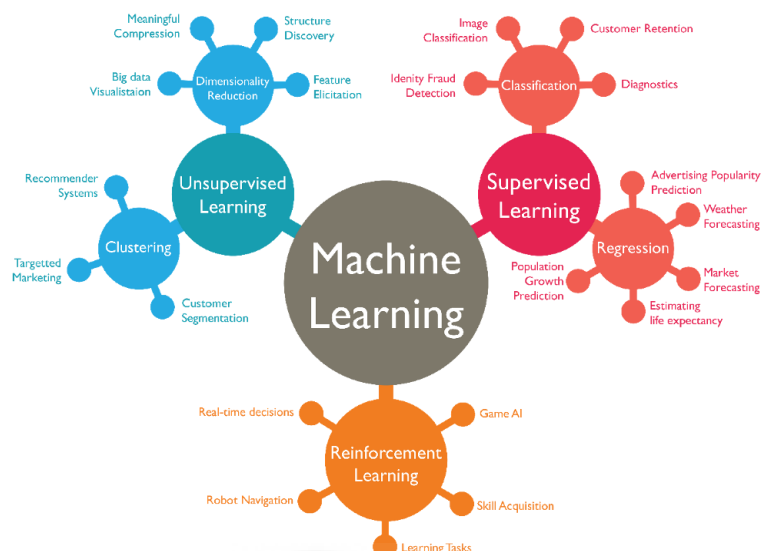
3. **สภาพแวดล้อม (environment)** มีการถ่ายเทอากาศที่ดี ถ้าความชื้นต่ำพืชจะคายน้ำมากเกินไปพืชจะเหี่ยวเฉา ช่วงที่มีอากาศร้อนควรจะพรางแสง หรือให้น้ำทางใบโดยใช้สเปรย์น้ำฉีดก็จะช่วยไม่ให้ใบเหี่ยวได้ ฝน ในระยะต้นอ่อนฝนจะชะวัสดุปลูกทำความเสียหายกับรากพืชได้ควรมีที่กันฝนในระยะนี้ ฝน จะจับใบทำให้การสังเคราะห์แสงแลคายน้ำได้ไม่ดีและใบไม่สวย
4. **อุณหภูมิ (temperature)** อุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการหายใจของพืช พืชจะหายใจช้าเมื่ออุณหภูมิต่ำและหายใจเร็วเมื่ออุณหภูมิสูง ในกรณีที่อุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะหายใจเร็วซึ่งจะเป็นผลให้พืชมีการใช้อาหารมากกว่าการสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้พืชเจริญเติบโตช้าหรืออาจตายได้ โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ 15-40 °C
5. **สารละลายธาตุอาหารพืช** ธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต มีทั้งหมด 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ และอีก 13 ธาตุ ได้จากการดูดกินผ่านทางราก ทั้ง 13 ธาตุแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากและธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย
6. **ค่าความเป็นกรดต่างในสารละลาย (pH)** จะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ ปกติแล้วควรรักษาค่าความเป็นกรดต่างที่ 5.8-7.0 เพราะเป็นค่าหรือช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้ดีค่าความเป็นกรดต่างในสารละลายธาตุอาหารพืชเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร แล้วพืชปลดปล่อยไฮโดรเจน (H+) และไฮดรอกไซด์ (OH-) จากรากสู่สารละลายธาตุอาหารพืชทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไป

3.6 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) [16]

Machine Learning คือการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้และทำการสร้างโมเดลได้จากชุดข้อมูล แล้วนำโมเดลไปตอบคำถามที่ต้องการโดยไม่ต้องบอกคอมพิวเตอร์ตรงว่าจะแก้ปัญหานั้นอย่างไร

Machine Learning แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 3-12

1. Supervised Learning คือการเรียนรู้แบบมีผู้สอน คือการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ด้วยตัวเอง หลังจากเรียนรู้จากชุดข้อมูลตัวอย่างไปแล้วระยะหนึ่ง
2. Unsupervised Learning คือการเรียนรู้โดยไม่มีแบบทดสอบ
3. Reinforcement Learning คือการเรียนรู้และเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อม



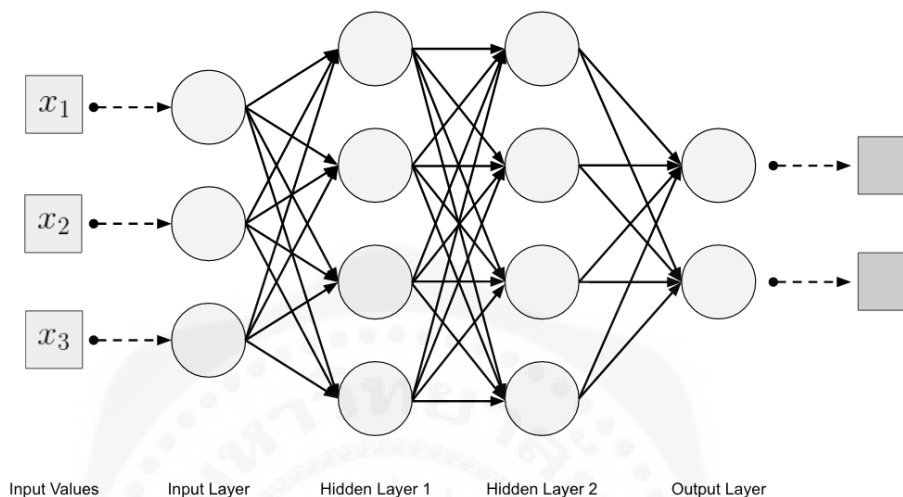
รูปที่ 3-12: รูปภาพแสดงประเภทหลักๆของ Machine Learning

ที่มา : [ออนไลน์] <http://codeonthehill.com/machine-learning-1-why-machine-learning/Chatchawan Niyomthum>

3.8 Deep Learning [17]

Deep Learning เป็นการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งใน Machine Learning

ซึ่งเรียนรู้ข้อมูลโดยอาศัยความเข้าใจเป็นลำดับขั้น ทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนได้ สามารถทำได้โดยใช้ Neural Network ที่มี Hidden layer จำนวนมาก ๆ ในการสร้างโมเดล ดังแสดงในรูปที่ 3-13



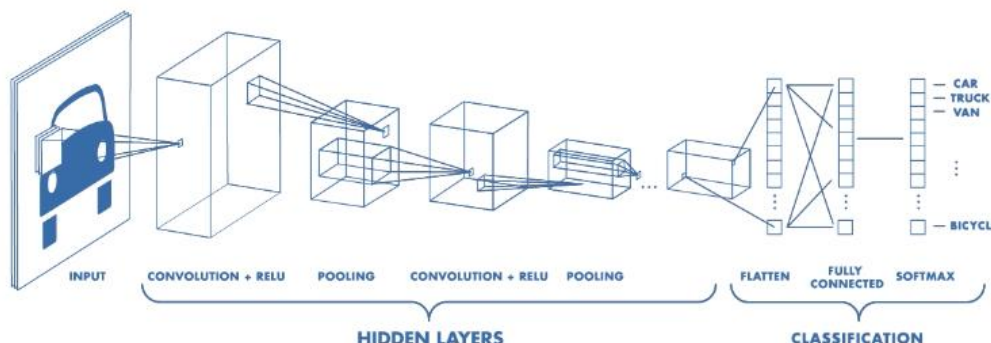
รูปที่ 3-13: รูปภาพแสดงการทำงานของ Deep Learning

ที่มา : [ออนไลน์] <http://codeonthehill.com/machine-learning-3-deep-learning>

3.8 Convolutional Neural Network [18]

Convolutional Neural Network (CNN) คือ โมเดลที่ใช้พื้นฐานความเข้าใจในเรื่อง Deep Learning ซึ่งเป็น Neural Network ที่ประกอบด้วยชั้น Convolution

โดยชั้น Convolution จะเป็นการตรวจจับ local feature ที่อยู่บนภาพ ซึ่งก็คือ convolution kernel บน layer มี local feature เป็นส่วนหนึ่งของ Neural Network ซึ่งจะถูกปรับไปพร้อมกับ ส่วนของการสร้าง classifier ในส่วนของการเทรนโมเดล จะได้ feature ที่เหมาะสม



รูปที่ 3-14 รูปภาพแสดง Convolution Neural Network

ที่มา : [ออนไลน์] <https://medium.com/@sanparithmarukatat/สนุกกับ-neural-network-657fa293c4d1>

3.9 โรคพืชต่าง ๆ ในระบบไฮโดรโปนิคส์ [19] [20]

โดยทั่วไปโรคสำหรับผักจะทำความเสียหายให้กับผัก เมื่อพบอาการของโรคในระยะเริ่มแรกจะได้รีบป้องกันได้ทันท่วงที โรคบางโรคเมื่อเป็นแล้วจะเป็นติดต่อไปในฤดูปลูกอื่นได้ โรคพืชในกลุ่มผักไฮโดรโปนิคส์แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ

1. โรคที่เกิดกับใบ (Foliar diseases)

- โรคราแป้ง (Powdery mildew) [21] เป็นกลุ่มสีขาวถึงสีเทาบนผิวพืช หรือกลุ่มพืชทั้งใบ ปกติอยู่ด้านบนของใบ แต่อาจพบที่ด้านใต้ใบ ตา ดอก ผล และกิ่งก้านได้ โดยจะแสดงในรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-16: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคราแป้ง

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.allkaset.com/mobile/diseases/โรคราแป้ง.php>

- โรคราน้ำค้าง (Downy mildew) [22] พบในแหล่งปลูกที่มีความชื้นสูง เป็นโรคที่ระบาด ทำความเสียหายได้มาก โรคเกิดได้ทั้งที่ใบ ผล กิ่งก้านต่างๆ ทำให้เซลล์ตาย ใบร่วง ผลผลิตคุณภาพต่ำ ต้นอ่อนแอและแคระแกรน ต้นอ่อนอาจตายได้ หากสภาพแวดล้อมเหมาะสม พืชอาจได้รับความเสียหาย 50-75 % โดยจะแสดงในรูปที่ 3-16



รูปที่ 3- 17 รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคราน้ำค้าง

ที่มา : [ออนไลน์] <http://www.thaikasetsart.com/โรคราน้ำค้างในผัก>

- โรคใบจุด (Leaf Spot) [23] เกิดจากเชื้อ Alternaria (Alternaria leaf spot) จัดเป็นเชื้อรา ที่ระบาดแพร่หลายมาก ก่อให้เกิดโรคกับพืช อาการของโรคจะเกิดขึ้นได้กับทุกส่วนของต้นผัก และทุกระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ต้นอ่อนที่เริ่มงอกจากเมล็ดจนโต ลักษณะจะเป็นจุดสีน้ำตาล กลหรือเหลืองก็ได้ ขอบแผลมีสีเหลือง ขนาดแผลมีทั้งเล็กและใหญ่ สามารถลุกลามทำให้ใบแห้งตายได้ทั้งใบ ขอบแผลเป็นจุดนูนสีดำ บริเวณแผลมีลักษณะเป็นขุยสีขาวหรือดำ โดยจะแสดงในรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-18: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคใบจุด

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.svggroup.co.th/โรคใบจุด>

2. โรคที่เกิดกับราก (Root diseases)

- โรครากเน่า โคนเน่า [24] ทำลายระบบรากฝอย รากแขนง และตามโคนต้น ทำให้พืชไม่สามารถลำเลียงน้ำและสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืชได้ ลักษณะใบจะมีสีเหลืองซีด โดยเริ่มที่เส้นกลางใบก่อนแล้วลุกลามไปเรื่อยๆ จากโคนใบไปถึงยอด และใบจะม้วนงอ เมื่อโดนแดดจัด ๆ ในตอนกลางวัน หรือใบเหี่ยวคล้ายขาดน้ำ ใบจะร่วง กิ่งแห้ง ผลมีสีเหลืองร่วงหล่นง่าย หากโรคลุกลามจะทำให้พืชยืนต้นตาย



รูปที่ 3-19: รูปภาพรากและใบของต้นที่เป็นโรครากเน่าที่มาจาก : [ออนไลน์]

<http://www.h2ohydrogarden.com/ความรู้เบื้องต้น/สาเหตุสำคัญของโรคที่เกิดกับราก.html>

- โรคเหี่ยวเฉียว (Wilt) [25] ลักษณะใบจะลู่ลงเหมือนมีอาการขาดน้ำ หลังจากนั้น 2-3 วัน ใบยอดเหี่ยวอย่างเห็นได้ชัด ระบบรากถูกทำลายเป็นสีน้ำตาล ถ้าตัดลำต้น ออกตามขวางแช่น้ำใสภายใน 5-10 นาที พบเมือกสีขาวขุ่น ไหลออกมาตามรอย ตัดเป็นสายปนกับน้ำออกมา โดยจะแสดงในรูปที่ 3-19



รูปที่ 3-20: รูปภาพใบของต้นที่เป็นโรคเหี่ยวเฉียว

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=5383&s=tblplant>

3.10 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในโครงงาน

3.11.1 Hardware

- **Arduino UNO R3** [26] คือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-source บนแพลตฟอร์ม Arduino ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย เป็นบอร์ดที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาสนับสนุนจะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก มี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ และในกรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino UNO R3 ใช้ชิพ ATmega328P รั้นที่ความถี่ 16 MHz หน่วยความจำแฟลช 32 KB แรม 2 KB บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 V (TTL) มี Digital Input / Output 14 ขา (เป็น PWM ได้ 6 ขา) มี Analog Input 6 ขา Serial UART 1 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบนซอฟต์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์หรือแม้แต่ว่าผู้ที่ไม่เคยเรียนรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์มาก่อนก็สามารถนำมาสร้างต้นแบบที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ได้ โดย Arduino UNO R3 จะแสดงในรูปที่ 3-20 และฟีเจอร์ต่างๆของ Arduino UNO R3 จะแสดงในตารางที่ 3-1



รูปที่ 3- 21: รูปภาพ Arduino UNO R3

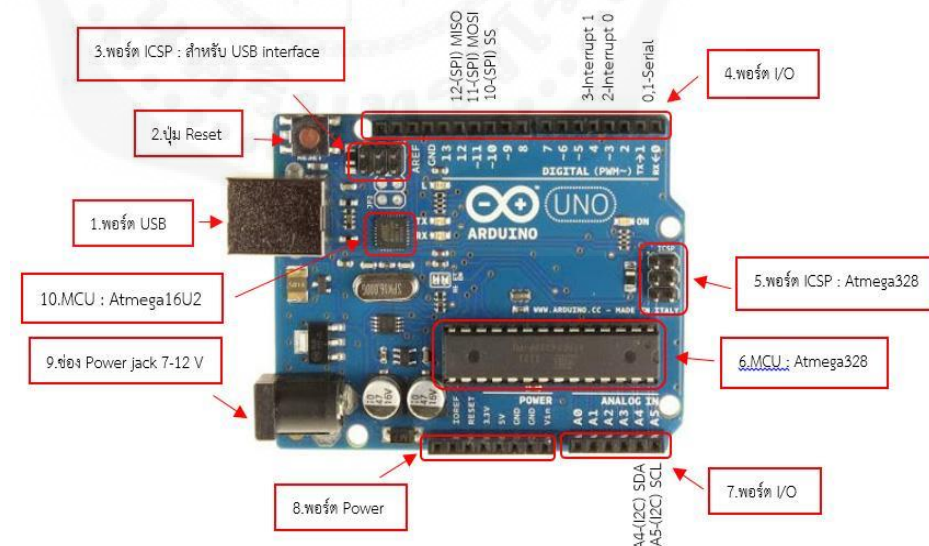
ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.myarduino.net/article/4/บทความ-arduino-คืออะไร-ตอนที่2-แนะนำ-arduino-รุ่นต่างๆกัน>

Features
o Microcontroller: ATmega328
o Operating Voltage: 5V
o Input Voltage (recommended): 7-12V
o Input Voltage (limits): 6-20V
o Digital I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)
o Analog Input Pins: 6
o DC Current per I/O Pin: 40 mA
o DC Current for 3.3V Pin: 50 mA
o Flash Memory: 32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
o SRAM: 2 KB (ATmega328)
o EEPROM: 1 KB (ATmega328)
o Clock Speed: 16 MHz

ตารางที่ 3-1: Features ของ Arduino UNO R3

ขาต่างๆของ Arduino UNO R3 ดังแสดงในรูปที่ 3-21

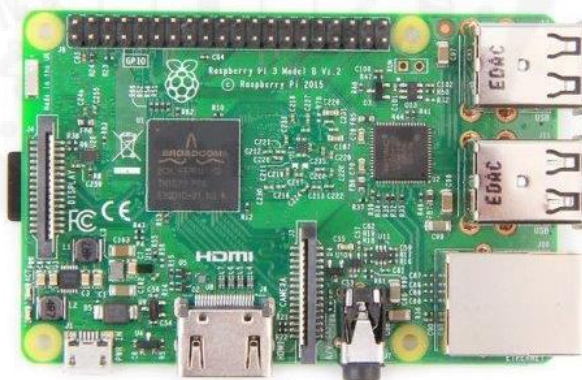
1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2: เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port Digital I/O: ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port ของ Atmega328: เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port นอกจาก Digital I/O: นอกจากเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2



รูปที่ 3-22: รูปภาพขาต่างๆของ Arduino UNO R3

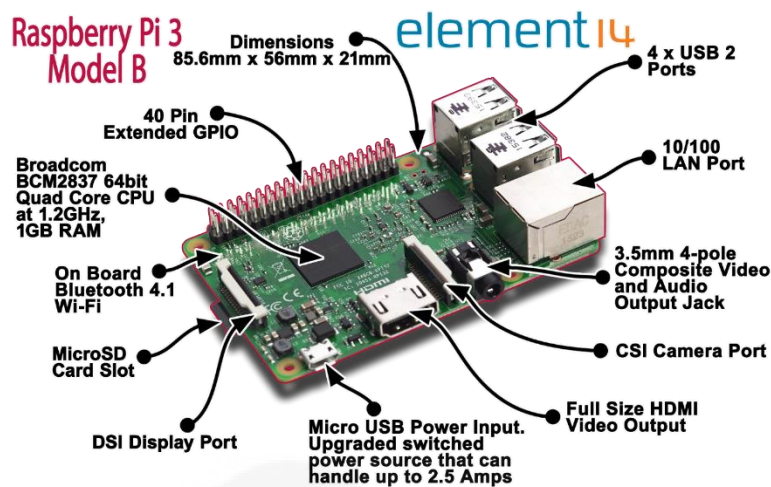
ที่มา : [ออนไลน์] www.myarduino.net/article/3/บทความ-arduino-คืออะไร-ตอนที่1-แนะนำ-arduino

- **Raspberry Pi 3 Model B [27] [28]** คือคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจาก Arduino โดยที่ Arduino เป็นเพียงไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งที่สามารถสั่งให้ Arduino ทำงานต่างๆ ผ่านคอมพิวเตอร์ ส่วน Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งที่มี CPU (หน่วยประมวลผลกลาง), RAM (หน่วยความจำหลัก), ROM (หน่วยความจำรอง), มี OS (ระบบปฏิบัติการ) สามารถต่อจอ ต่อคีย์บอร์ด ต่อเมาส์ ใช้งานได้เหมือน PC ทั่วไป เพราะใช้ สถาปัตยกรรม ARM เหมือนกัน โดย Raspberry Pi มีระบบปฏิบัติการที่เป็นที่นิยมคือ Rasbian ที่พัฒนาต่อมาจาก Debian เป็น Distro ตัวหนึ่งของ Linux OS และมี Python IDE สำหรับพัฒนาโปรแกรมภาษา Python และมี Liber Office ติดตั้งมาใน Raspberry Pi เช่นกัน เนื่องด้วยประสิทธิภาพที่สูงเมื่อเทียบกับขนาด จึงเป็นที่นิยมในวงการพัฒนาหุ่นยนต์และความสามารถที่เหมือน PC แต่มีขนาดเล็ก จึงนิยมนำไปเป็น Web Server, Database Server Raspberry Pi 3 Model B เปิดตัวในเดือนกุมภาพันธ์ปี 2017 ใช้ซีพียู Broadcom BCM2837 64-bit Quad-Core ARM Cortex-A53 ARMv8 ความเร็ว 1.2 GHz มีหน่วยความจำ LPDDR 2 SDRAM ขนาด 1 GB ชิพ Broadcom BCM43438 เป็น Wi-Fi 802.11 b/g/n และ Bluetooth 4.1 (Classic and Low-Energy) พร้อมสายอากาศแบบ Chip Antenna บนบอร์ด ดังแสดงในรูปที่ 3-22 และขาต่างๆของ Raspberry Pi 3 Model B จะแสดงในรูปที่ 3-23 และพีเจอร์ต่างๆของ Raspberry Pi 3 Model B จะแสดงในตารางที่ 3-2



รูปที่ 3- 23รูปภาพของ Raspberry Pi 3 Model B

ที่มา : [ออนไลน์] www.myarduino.net/product/851/raspberry-pi-3-model-b-1gb



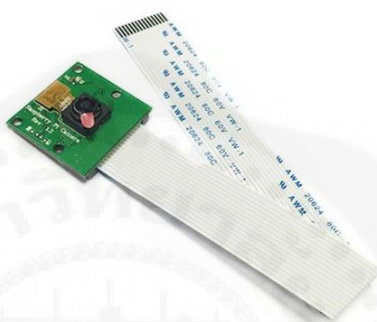
รูปที่ 3-24: รูปภาพขาต่างๆของ Raspberry Pi 3 Model B

ที่มา : [ออนไลน์] www.myarduino.net/product/851/raspberry-pi-3-model-b-1gb

Features
o Broadcom BCM2837 chipset running at 1.2 GHz
o 64-bit quad-core ARM Cortex-A53
o 802.11 b/g/n Wireless LAN
o Bluetooth 4.1 (Classic & Low Energy)
o Dual core Videocore IV® Multimedia co-processor
o 1 GB LPDDR2 memory
o Supports all the latest ARM GNU/Linux distributions and Windows 10 IoT
o microUSB connector for 2.5 A power supply
o 1 x 10/100 Ethernet port
o 1 x HDMI video/audio connector
o 1 x RCA video/audio connector
o 4 x USB 2.0 ports
o 40 GPIO pins
o Chip antenna
o DSI display connector
o microSD card slot
o Dimensions: 85 x 56 x 17 mm

ตารางที่ 3-2: Features ของ Raspberry Pi Model 3 B

- **Raspberry Pi Camera [29]** เป็นโมดูลกล้องสำหรับต่อใช้งานร่วมกับบอร์ด Raspberry Pi ขนาดความละเอียด 5 ล้าน pixel สามารถถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียด 1080p, 720p และ 640x480 ด้วยอัตราแสดงผล 30 (1080p), 60 (720p และ 640x480) และ 90 (640x480) เฟรมต่อวินาที ข้อสังเกตและข้อควรระวังในการใช้งาน การเสียบหรือถอดกล้องควรทำตอนที่ RaspberryPi ปิดอยู่ ป้องกันการช็อตของการทำงานต้องอยู่ในสภาพแสงที่ดี หากมืดเกินไปจะทำให้กล้องพยายามเร่งชดเชยแสงและทำให้เกิด Noise กล้องทำงานได้ดีที่ระยะห่างประมาณ 1.5 เมตรขึ้นไป ซึ่งรูปภาพของ Raspberry Pi camera จะแสดงในรูปที่ 3-24



รูปที่ 3-25: รูปภาพของ Raspberry

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.myarduino.net/product/857/raspberry-pi-camera-rev-1-3-non-official>

- **Xbee [30]** เป็นโมดูลสื่อสารไร้สายชนิดหนึ่ง ซึ่งรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ ผลิตโดยบริษัท Digi International® Inc. รับส่งสัญญาณแบบ Half Duplex ความถี่ย่าน 2.4 GHz หรือในแถบ ISM Band (Industrial, Scientific and Medical radio band) ซึ่งเป็นย่านความถี่สากล ที่ได้รับความนิยมในการใช้งานสูง เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่ายมีความสามารถเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดย่อมๆ เนื่องจากมี GPIO pin สามารถสั่งการควบคุมอุปกรณ์อื่นๆได้ โดยตัวโมดูล Xbee ถูกออกแบบมาให้สามารถปรับแต่งตั้งค่าการทำงาน และรองรับการใช้งานกับหลากหลายโปรโตคอลสื่อสารได้ ทำให้ในการใช้งานจริง โมดูล Xbee อาจจะทำหน้าที่เป็นโมดูลสื่อสาร ที่สามารถเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เองได้แบบ stand alone หรืออาจจะต่อพ่วงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอกก็ได้เช่นเดียวกัน โดยเมื่อเซต XBees ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย ZigBee แล้วจะเรียก XBees แต่ละตัวว่าเป็น Node XBees สามารถใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee ได้ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย ZigBee เลย เพราะทางผู้ผลิตได้จัดทำเฟิร์มแวร์ที่โหลดเข้าไปในตัว XBees

ให้สามารถเซตพารามิเตอร์ผ่าน Software Interface ที่เรียกว่าโปรแกรม X-CTU ผ่านทาง AT command (เหมือนกับการควบคุม GSM Module)

XBee ZigBee Through-Hole (RPSMA Antenna) Series 2 (S2C)

เป็นโมดูลสื่อสารไร้สายย่าน ISM Band ความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน ZigBee ใช้ชิพเซ็ต Silicon Labs EM357 SoC ความเร็วสูงสุดในภาคการสื่อสารคลื่นวิทยุ 250 Kbps แรงดันไฟเลี้ยงช่วง 2.1 ถึง 3.6 โวลต์ มาพร้อมคอนเน็คเตอร์สายอากาศแบบ RPSMA Antenna สำหรับต่อสายอากาศภายนอกเพิ่ม โดยรูปของโมดูล Xbee จะแสดงในรูปที่ 3-25 และเสาอากาศจะแสดงในรูปที่ 3-26



รูปที่ 3-26: รูปภาพ XBee ZigBee Through-Hole (RPSMA Antenna) Series 2 (S2C)

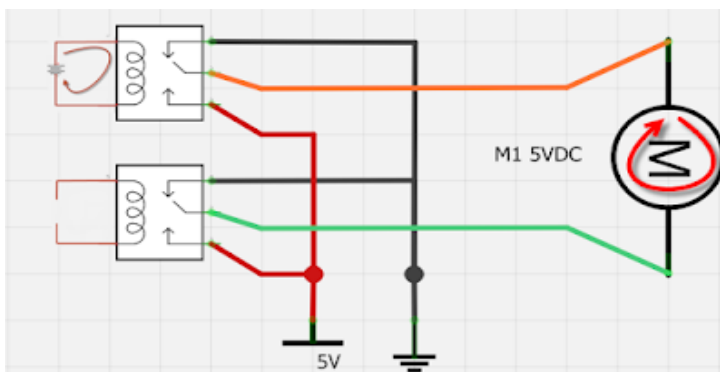
ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.thaieasyelec.com/xbee-zigbee-th-rpsma-antenna-series-2-s2c.html>



รูปที่ 3-27: รูปภาพเสาอากาศ 2.4GHz Duck Antenna 3 dBi with RP-SMA (Male)

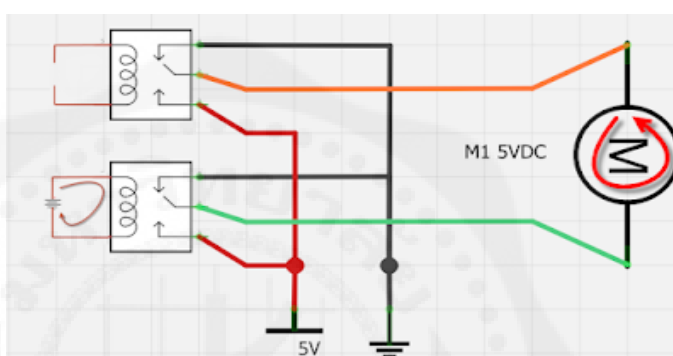
ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.thaieasyelec.com/xbee-zigbee-th-rpsma-antenna-series-2-s2c.html>

- **Relay [31] [32]** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับ สวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาด เล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการ นำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้ หลากหลายรูปแบบ ภายใน Relay จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัส
 - หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติ หน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอยหรือไม่สัมผัสกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด
 - หน้าสัมผัส NO (Normally Open) เป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด โดยในสภาวะปกติ จะลอยอยู่ ไม่ถูกต่อกับขา COM (Common) แต่จะเชื่อมต่อกันเมื่อมีกระแสไฟ ไหลผ่านขดลวด
 - ขา COM (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่ กับว่า ขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ หน้าสัมผัสใน Relay 1 ตัว อาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและลักษณะของงานที่ถูกนำไปใช้
- จำนวนหน้าสัมผัสถูกแบ่งออกดังนี้
- สวิตช์จะถูกแยกประเภทตามจำนวน Pole และจำนวน Throw ซึ่งจำนวน Pole (SP-Single Pole, DP-Double Pole, 3P-Triple Pole, etc.) จะบอกถึง จำนวนวงจรที่ทำการเปิด-ปิด หรือ จำนวนของขา COM และจำนวน Throw (ST, DT) จะบอกถึงจำนวนของตัวเลือกของ Pole เช่น SPST- Single Pole Single Throw สวิตช์จะสามารถเลือกได้เพียงอย่างเดียวโดยจะเป็นปกติเปิด (NO-Normally Open) หรือปกติปิด (NC-Normally Close) แต่ถ้าเป็น SPDT- Single Pole Double Throw สวิตช์จะมีหนึ่งคู่เป็นปกติเปิด (NO) และอีกหนึ่งคู่เป็นปกติปิดเสมอ (NC) ดังแสดงในรูปที่ 3-27 และรูปที่ 3-28



รูปที่ 3- 28 รูปภาพแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ให้หมุนขวา

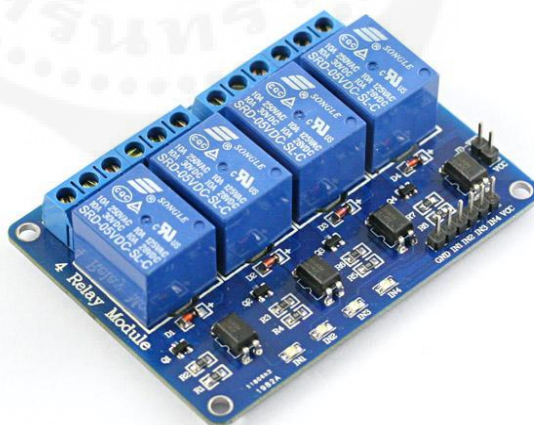
ที่มา : [ออนไลน์] <http://phongthep2.blogspot.com/2017/02/arduino-relay-module.html>



รูปที่ 3- 29 รูปภาพแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ให้หมุนซ้าย

ที่มา : [ออนไลน์] <http://phongthep2.blogspot.com/2017/02/arduino-relay-module.html>

โดย Relay ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ 4 Channel Relay Module 5V เนื่องจากเป็นขนาดที่พเหมาะสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะใช้ภายในฟาร์ม ดังแสดงในรูปที่ 3-29

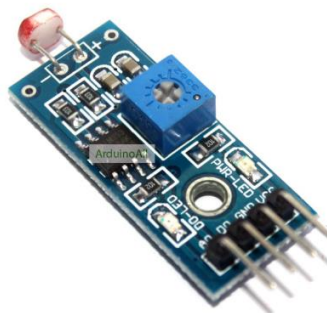


รูปที่ 3-30: รูปภาพ 4 Channel Relay Module 5V

ที่มา : [ออนไลน์] <http://phongthep2.blogspot.com/2017/02/arduino-relay-module.html>

- **LDR Photoresistor Sensor Module [33]** โมดูลวัดแสง ให้สัญญาณเอาต์พุตได้ทั้งแบบอนาล็อกค่าระหว่าง 0-1024 และแบบ ดิจิตอลค่า 0 กับ 1

สามารถปรับความไวได้ที่โวลุ่มบนบอร์ด ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-5 โวลต์ โดยรูปของโมดูลวัดแสง LDR จะแสดงในรูปที่ 3-30 และพีเจอร์ต่างๆของ โมดูลวัดแสง LDR จะแสดงในตารางที่ 3-3



รูปที่ 3-31: รูปภาพ LDR Photoresistor Sensor

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduinoall.com/product/922/ldr-photoresistor-sensor-module-โมดูลวัดแสง

Features
using sensitive type photosensitive resistance sensor
the comparator output signal clean, good waveform, driving ability, more than 15mA.
with adjustable potentiometer detects the light intensity can be adjusted
a fixed bolt hole for easy installation
the small PCB board size: 3.2 cm x 1.4cm
using a wide voltage LM393 comparator

ตารางที่ 3-3: Features ของ LDR Photoresistor Sensor Module

- DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor Module [34]** เป็นโมดูลวัดอุณหภูมิ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) โดยใช้ชิพ DHT22 ให้ Output ออกมาเป็นแบบดิจิตอลเอาต์พุตใช้ไฟ DC ขนาด 3.3-6 โวลต์ สามารถต่อกับบอร์ด Arduino ใช้งานได้ทันที โดยรูปของโมดูลวัดอุณหภูมิและ

ความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 จะแสดงในรูปที่ 3-30 และและข้อมูลจำเพาะต่างๆของ
โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 จะแสดงในตารางที่ 3-3



รูปที่ 3-32: รูปภาพ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor

ที่มา : [ออนไลน์] <https://www.myarduino.net/product/697/dht22-am2302-module-โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น-temperature-and-humidity-sensor-module-พร้อมสายไฟ>

Specifications
o Accuracy humidity : $\pm 2\%RH$ (Max $\pm 5\%RH$); temperature $\pm 0.2Celsius$
o Resolution or sensitivity humidity : $0.1\%RH$; temperature $0.1Celsius$
o Repeatability humidity : $\pm 1\%RH$; temperature $\pm 0.2Celsius$
o Humidity hysteresis : $\pm 0.3\%RH$
o Long-term Stability : $\pm 0.5\%RH/year$
o Sensing period Average : 2s
o Interchangeability : fully interchangeable

ตารางที่ 3-4: Specifications ของ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor

Features
o 1-1.5mA measuring current
o 40-50 uA standby current
o Humidity from 0-100% RH
o -40 - 80 degrees C temperature range
o +-2% RH accuracy
o +-0.5 degrees C

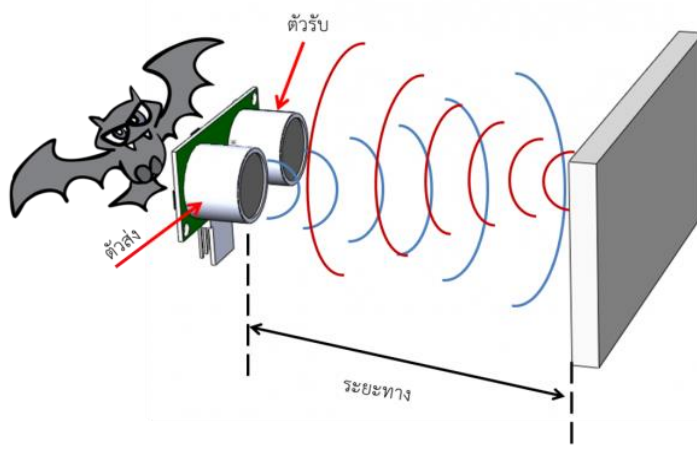
ตารางที่ 3-5: Features ของ DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor

- o **Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 [35]** เป็นเซ็นเซอร์โมดูลสำหรับตรวจจับวัตถุและวัดระยะทางแบบไม่สัมผัส โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงเกินกว่าการได้ยินของมนุษย์วัดระยะได้ตั้งแต่ 2-400 เซนติเมตร หรือ 1-156 นิ้ว สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่าย ใช้พลังงานต่ำ เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ หรืองานด้านหุ่นยนต์ หลักการทำงาน จะเหมือนกันกับการตรวจจับวัตถุด้วยเสียงของคังคาว โดยจะประกอบไปด้วยตัว รับ-ส่ง อัลตราโซนิก ตัวส่งจะส่งคลื่นความถี่ 40 kHz ออกไปในอากาศด้วยความเร็วประมาณ 346 เมตรต่อวินาที และตัวรับจะคอยรับสัญญาณที่สะท้อนกลับจากวัตถุ เมื่อทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่น, เวลาที่ใช้ในการเดินทางไป-กลับ (t) จะสามารถคำนวณหาระยะห่างของวัตถุ (S) ได้จาก $S = 346 \times 0.5t$ โดยรูปของเซ็นเซอร์โมดูลตรวจจับวัตถุ Ultrasonic จะแสดงในรูปที่ 3-32 และหลักการทำงานของเซ็นเซอร์โมดูลตรวจจับวัตถุ Ultrasonic จะแสดงในรูปที่ 3-33



รูปที่ 3-33: รูปภาพ Ultrasonic Ranging Module HC-SR04

ที่มา : [ออนไลน์] aimagin.com/blog/อัลตราโซนิก-hc-sr04/?lang=th



รูปที่ 3-34: รูปภาพแสดงหลักการตรวจจับและวัดระยะห่างระหว่างวัตถุด้วยคลื่นเสียง

ที่มา : [ออนไลน์] aimagin.com/blog/อัลตราโซนิก-hc-sr04/?lang=th

- **หลอดไฟ LED PAR30 E27 [36]** ไฟ LED นี้ เป็นไฟสำหรับเพดาน พืชรับรู้แสงสีต่างๆ ได้ไวกว่าตาของมนุษย์ ไฟเพดาน LED มีแถบแสงที่ให้สีโทนน้ำเงินและแดงได้มากกว่าหลอดไฟปกติ ซึ่งแสงสีโทนนี้ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี หลอดไฟเพดานเป็นปัจจัยครบถ้วนที่ทำให้พืชเจริญเติบโตและแข็งแรง โดยไฟเพดานนี้จะทำให้สามารถปลูกพืชผักในบ้านได้ตลอดปี แม้แสงจากธรรมชาติจะน้อย มีอุณหภูมิสี 4000 เคลวิน ปริมาณแสง 800 ลูเมนและกำลังไฟ 10 วัตต์ โดยรูปหลอดไฟ LED สำหรับเพดานจะแสดงในรูปที่ 3-34



รูปที่ 3- 35 รูปภาพ หลอดไฟ LED PAR30 E27

ที่มา : [ออนไลน์] www.ikea.com/th/th/catalog/products/40373682

- **พัดลม 12 V [37]** พัดลมระบายอากาศ มีขนาด 12 โวลต์ ใช้สำหรับระบายอากาศภายในฟาร์ม โดยจะมาพร้อมสายไฟ 2 เส้น สามารถนำไปต่อเชื่อมกับ Relay และรางถ่านที่มีกำลังไฟเท่ากันเพื่อให้พลังงานแก่พัดลมระบายอากาศ โดยรูปพัดลมระบายอากาศจะแสดงในรูปที่3-35



รูปที่ 3-36: รูปภาพพัดลม 12 V

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduinoall.com/product/1577/พัดลม-12v-ขนาด-8x8cm-สายไฟ-2-เส้น

- **รางถ่าน 12V [38]** รางถ่าน AA บรรจุถ่านได้ทั้งหมด 8 ก้อน มีขนาดรวม 12 โวลต์ ใช้สำหรับให้พลังงานแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยจะต่อเชื่อมอยู่กับ Relay โดยรูปรางถ่านจะแสดงในรูปที่3-36



รูปที่ 3- 37 รูปภาพรางถ่าน 12V

ที่มา : [ออนไลน์] www.arduinoall.com/product/992/รางถ่าน-aa-8-ก้อน-12v

3.11.2 Software

- **Arduino IDE [39]** คือโปรแกรมที่ใช้เขียนโปรแกรม คอมไพล์ และอัปโหลด โปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP8266 modules, NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น

แนวคิดการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

1. เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ สำหรับ Arduino
2. คอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์และบันทึกเป็น Intel Hex File
3. อัปโหลด Intel Hex File ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่บนบอร์ด Arduino ผ่านสาย USB หรือผ่าน Programmer -Jupyter Notebook

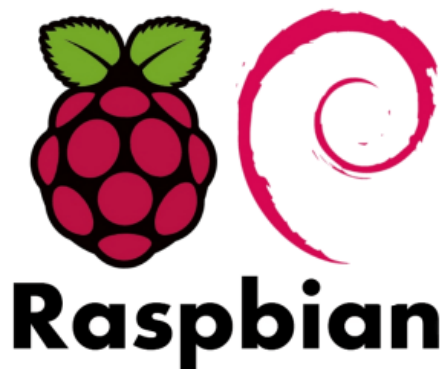
ในส่วนของวิธีการทำงาน Arduino IDE ฟังก์ชัน setup จะเริ่มทำงานเป็นอันดับแรกเมื่อ Arduino เริ่มทำงาน และคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปนั้น จะทำงานเพียงครั้งเดียวเท่านั้นและฟังก์ชัน loop จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อฟังก์ชัน setup ทำงานเสร็จและคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปนั้น จะทำงานตั้งแต่คำสั่งแรกไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้าย แล้วกลับมาที่คำสั่งแรกไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้าย วนซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ตลอดการทำงานของ Arduino โดยรูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Arduino IDE จะแสดงในรูปที่ 3-37



รูปที่ 3-38: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Arduino IDE

ที่มา : [ออนไลน์] <https://poundxi.com/วิธีใช้งานโปรแกรม-arduino-ide-เบื้องต้น>

- **Raspbian[40]** เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับติดตั้งใช้งานบนบอร์ดขนาดเล็กนาม Raspberry Pi พัฒนามาจากระบบ Debian Linux เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำแล็ป และงานวิจัยเกี่ยวกับระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded System) โดยที่ Raspbian มีแพ็คเกจให้ใช้งานกว่า 35,000 แพ็คเกจ สามารถติดตั้งแพ็คเกจที่ใช้งานใน Debian Linux และ Ubuntu Linux ได้เกือบทุกแพ็คเกจ โดยรูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Raspbian จะแสดงในรูปที่ 3-38



รูปที่ 3-39: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Raspbian

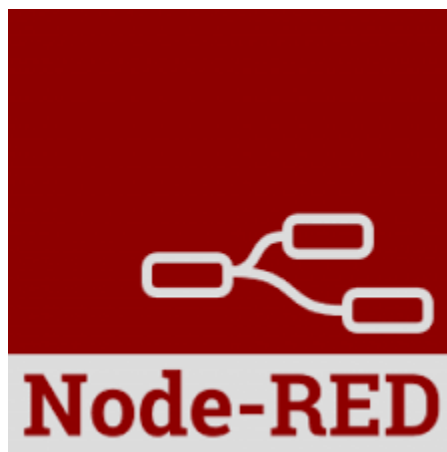
ที่มา : [ออนไลน์] <https://medium.com/@choonewza/การติดตั้งและตั้งค่าระบบ-raspberry-pi-3-model-b-fadd88dbfac0>

- o **Node-RED[41]** เป็น Open Source ช่วยให้พัฒนา Internet of Things ได้ง่ายขึ้น ซึ่งมีเครื่องมือสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับ APIs (Application Programming Interface) ซึ่งเป็นการพัฒนาโปรแกรมแบบ Flow-Based Programming ที่มีหน้า UI สำหรับนักพัฒนาให้ใช้งานผ่าน Web Browser โดยการเลือก node มาวางแล้วก็กำหนดค่าการทำงาน จากนั้นก็ลากสาย (wiring) เชื่อมโยงกันเพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ

Node-RED สร้างบน Node.js ทำให้สามารถเชื่อมโยงกับโมดูล ที่กำเนิดบนโครงสร้างเดียวกันได้มากมาย ซึ่งสามารถเพิ่มโมดูล Arduino โดยอาศัย Firmata ติดต่อกับฐานข้อมูลแบบ NoSQL อย่าง MongoDB และยังเหมาะสำหรับการใช้งานกับ Raspberry Pi เนื่องจากใช้ทรัพยากรน้อย ขนาดไฟล์ไม่ใหญ่และ Node.js ยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ Raspberry Pi สามารถติดต่อกับ Web Browser และอุปกรณ์อื่นๆ ได้

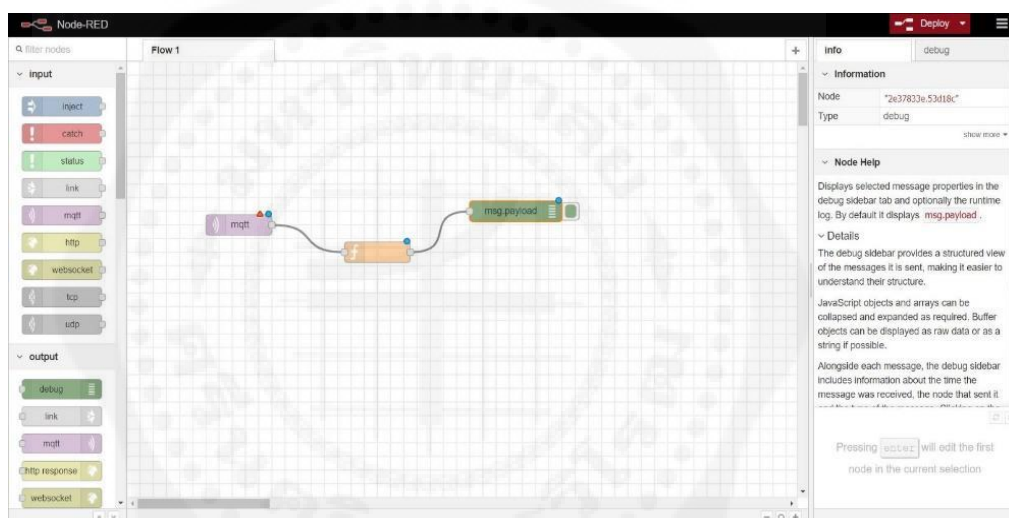
Sub flow เป็นการสร้าง node ขึ้นมาและภายใน node นั้นจะเป็นพื้นที่ Flow ว่างๆให้ใส่ node ต่างๆ ใช้ในกรณีที่งานนั้นเริ่มมีความยุ่งยาก มีจำนวน node เยอะ หรือ ในกรณีที่มี Useful function ไว้ใช้งาน (Useful function) คือฟังก์ชันที่สร้างขึ้นหรือนำมาจากนักพัฒนาคนอื่น โดยสามารถเก็บฟังก์ชันนั้นไว้ใช้ประโยชน์ได้ในหลายๆงานโดยไม่ต้องเขียนใหม่ เช่นฟังก์ชัน timeconvert ที่เปลี่ยนค่า timestamp ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

Node-RED UI จะเป็นส่วนเสริมของโปรแกรม Node-RED เพื่อให้โปรแกรม Node-RED สามารถสร้าง UI ไว้สำหรับการแสดงผลผ่าน UI ได้ โดยรูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Node-RED จะแสดงในรูปที่ 3-39 และหน้าการทำงานของโปรแกรมจะแสดงในรูปที่ 3-40



รูปที่ 3-40: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม Node-RED

ที่มา : [ออนไลน์] www.medium.com/mmp-li/เริ่มต้นใช้งาน-node-red-ฉบับปี-2018-3fca5ed140f9



รูปที่ 3-41: รูปภาพของหน้าการทำงานของโปรแกรม Node-RED

ที่มา : [ออนไลน์] www.medium.com/mmp-li/เริ่มต้นใช้งาน-node-red-ฉบับปี-2018-3fca5ed140f9

- o XCTU [42] เป็นซอฟต์แวร์แอปพลิเคชัน Open Source พัฒนาโดย Digi (ผู้ผลิต Xbee) ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถจัดการโมดูลความถี่วิทยุ (Xbee) ผ่าน Interface ที่ใช้งานง่าย แอปพลิเคชันประกอบด้วยเครื่องมือฝังตัวที่ช่วยให้ตั้งค่ากำหนดและทดสอบโมดูล Xbee ได้ง่ายคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่
 1. ใช้งานบนหลายแพลตฟอร์มได้แก่ Microsoft Windows, Mac OS และ Linux
 2. ค้นหาโมดูลความถี่วิทยุในระยะไกลโดยอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับ PC โดยไม่ต้องคำนึงถึงการเชื่อมต่อ Port หรือการตั้งค่าใดๆ

3. ใช้จัดการและกำหนดค่าของอุปกรณ์จำนวนมากรวมถึงอุปกรณ์ระยะไกลที่สื่อสารแบบไร้สายกับ X-CTU
4. ใช้สื่อสารโมดูลด้วยกันเองโดยใช้ Console คำสั่ง API และ AT เพื่อสื่อสารระหว่างโมดูลและสามารถบันทึกช่วงของ Console ได้ตลอดเวลา
5. แสดงภาพโครงสร้างของเครือข่าย โดยแสดงโหนดเครือข่ายทั้งหมดพร้อมการเชื่อมต่อแบบกราฟิก
6. เข้าถึงเครื่องมือหลายประเภทตั้งแต่การกู้คืนโมดูลจนถึงการทดสอบช่วงระยะ
7. อัปเดตแอปพลิเคชันรวมถึง Library Firmware โดยไม่ต้องดาวน์โหลดไฟล์ใดๆเพิ่มเติม

โดยรูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม XCTU จะแสดงในรูปที่ 3-41



รูปที่ 3-42: รูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม XCTU

ที่มา : [ออนไลน์] www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/step-by-step-to-use-xbee-from-digi.html

- **OpenCV [43]** คือ Open Source ที่เก็บไลบรารีที่ใช้สำหรับการทำประมวลผลรูปภาพ (Image Processing) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ภายใต้เงื่อนไข BSD-licensed ไลบรารีของ OpenCV สามารถทำงานข้ามระบบ (Cross-Platform) ที่รองรับการทำงานบน Window, UNIX, Linux, OSX หรือระบบปฏิบัติการเคลื่อนที่ เช่น Android OS, iOS ซึ่งการใช้ไลบรารีของ Open CV บนระบบปฏิบัติการ iOS ถูกเรียกผ่าน Framework ที่ชื่อว่า opencv2.framework ซึ่งประกอบด้วย
 1. การประมวลผลรูปภาพ (Image Processing)
 2. การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)
 3. การจดจำใบหน้า (Face Recognition)
 4. การตรวจสอบความเคลื่อนไหว (Motion Detection)
 5. การตรวจสอบลักษณะวัตถุจากภาพหรือวิดีโอ (Object Identification)

โดยรูปสัญลักษณ์ของโปรแกรม OpenCV จะแสดงในรูปที่ 3-42



รูปที่ 3-43: รูปภาพสัญลักษณ์โปรแกรม OpenCV

ที่มา : [ออนไลน์] www.medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414



บทที่ 4

วิธีการดำเนินงาน

4.1 วิธีดำเนินงาน

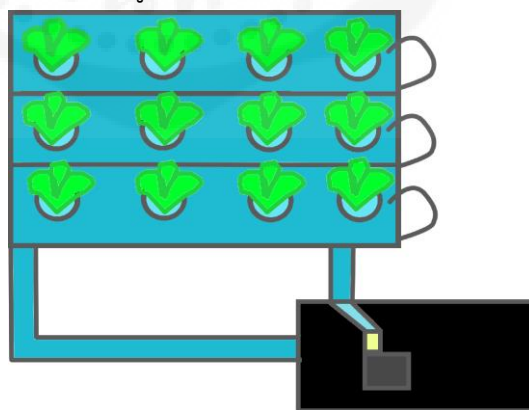
4.1.1 ส่วนของฟาร์มจำลอง

ศึกษางานวิจัยต่างๆเกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ และเลือกรูปแบบระบบของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่เหมาะสมกับงานวิจัย โดยระบบที่เลือกนั้นคือระบบ NFT หลังจากนั้นจึงเลือกหาขนาดและรูปแบบของรางที่เหมาะสมกับการปลูกผักในระบบ NFT เมื่อได้รางที่เหมาะสมกับการปลูกผักแล้วจึงออกแบบโครงสร้างของฟาร์มภายนอกเพื่อใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆเพื่อสร้างเป็นระบบสมาร์ตฟาร์ม โดยฟาร์มจำลองนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT ส่วนของระบบที่ใช้ควบคุมภายในฟาร์มซึ่งจะประกอบไปด้วยบอร์ด Arduino เซ็นเซอร์ต่างๆ อุปกรณ์ไฟฟ้า รวมไปถึง Raspberry Pi และส่วนของการถ่ายภาพผักเพื่อนำไปใช้ตรวจสอบสุขภาพผัก

โดยการทำงานนั้นจะควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยพัฒนาบน Node-RED ของ Raspberry Pi

4.1.1.1 ออกแบบระบบของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และฟาร์มจำลอง

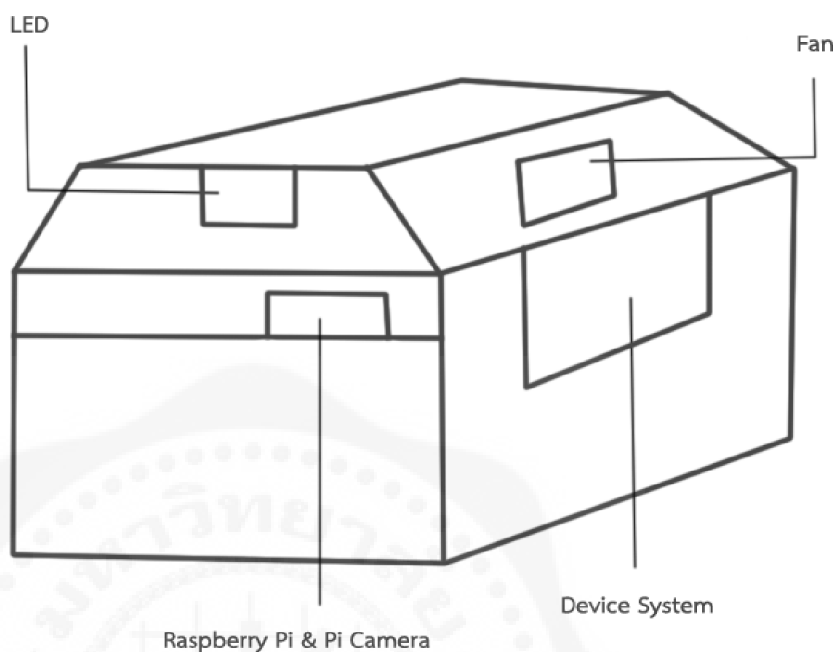
รางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT ที่คณะผู้จัดได้เลือกใช้นั้นเป็นรางปลูกผักขนาดเล็ก เหมาะสำหรับปลูกผักสลัด มีช่องสำหรับปลูกทั้งหมด 12 ต้น มีระบบหมุนเวียนน้ำผ่านรางด้วยปั้มน้ำ โดยจะไหลผ่านรากของผักทุกต้นในรางและหมุนเวียนกลับลงไปในรางปลูก รางทำจากท่อพีวีซีต่อกับสายยางขนาดเล็กช่วยในการลำเลียงน้ำสารอาหาร รางมีขนาดความสูง ความกว้าง และความยาวเท่ากับ 60cm x 60cm x 60cm ซึ่งการออกแบบรางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT จะแสดงในรูปที่ 4-1



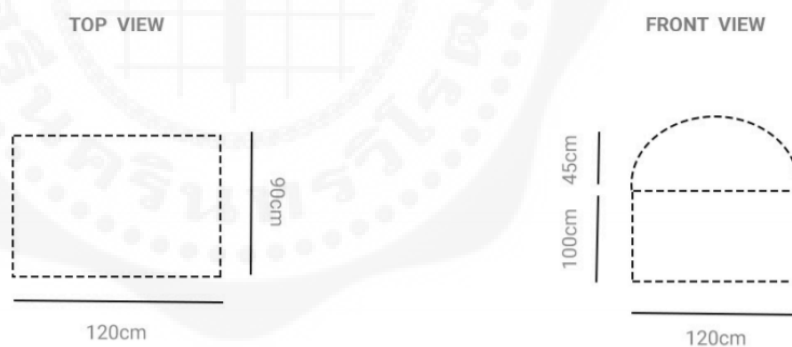
รูปที่ 4-1: ออกแบบรางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT

ในส่วนของฟาร์มจำลองนั้นจะมีขนาดใหญ่กว่ารางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT เพื่อให้ครอบคลุมการทำงานทั้งหมดภายในฟาร์ม มีส่วนที่ใช้สำหรับติดตั้งระบบที่ใช้ควบคุมภายในฟาร์ม ติดตั้งพัดลม และไฟ LED รวมไปถึงติดตั้งกล้องสำหรับ

การถ่ายภาพผักเพื่อใช้ในการตรวจสอบสุขภาพผัก โดยฟาร์มจำลองนี้มีขนาดความสูง ความกว้าง และความยาวเท่ากับ 145cm x 120cm x 70cm ซึ่งการออกแบบโครงผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT จะแสดงในรูปที่ 4-2 และ รูปที่ 4-3



รูปที่ 4-2: ออกแบบโครงผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT



รูปที่ 4-3: ออกแบบโครงผักไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT

4.1.1.2 ศึกษาชนิดของผักที่จะผักที่จะใช้ทดสอบและเริ่มปลูกผัก

ผักที่จะใช้ทดสอบนั้นต้องมีขนาดใหญ่และมองเห็นได้ชัดเพื่อให้เหมาะกับการถ่ายภาพในการนำไปตรวจสุขภาพผักเพื่อตรวจสอบว่าผักที่ปลูกลักษณะเป็นโรคหรือไม่และผักที่เหมาะสมกับการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์คือผักสลัด โดยตัวอย่างที่ทำการปลูกลักษณะประกอบไปด้วยผักกรีนคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮดและร็อกเก็ตสลัด

ในส่วนของการปลูกผัก จะมีขั้นตอนดังนี้

1. นำฟองน้ำที่จะใช้ในการปลูกเรียงในถาดเพาะแล้วเติมน้ำสะอาดให้เต็มถาดอนุบาล (น้ำที่ใช้เป็นน้ำดื่มสะอาดห้ามใช้น้ำประปาที่มีคลอรีนโดยเด็ดขาด เนื่องจากคลอรีนในประปาจะทำให้รากเน่าได้) จากนั้นใช้มีดกดก้อนฟองน้ำเพื่อไล่อากาศจากก้อนฟองน้ำและให้น้ำดูดซับน้ำเข้าไปแทนแล้วเทน้ำลงไป ในถาดเพิ่มใช้มีดกดก้อนฟองน้ำอีกครั้งเพื่อให้ก้อนฟองน้ำอมน้ำแล้วเทน้ำใส่ให้อยู่ในระดับครึ่งของฟองน้ำ (ควรทำในเวลาเย็น)
2. เจาะฟองน้ำให้เป็นช่องเล็กๆและนำเมล็ดใส่ลงไปช่องของฟองน้ำหลุมละ 1 เมล็ดใส่ลงไปแค่ผิวๆไม่ลึกมากโดยให้เมล็ดนอนระนาบไปกับฟองน้ำ
3. หลังจากนั้นนำทิชชูมาคลุมไว้และพรมน้ำจนชุ่มแล้วนำไปเก็บไว้ในที่ๆมีแสงน้อยและชื้นเป็นเวลา 2 วัน ต้องคอยระวังไม่ให้กระดาษทิชชูแห้งคอยหมั่นพรมน้ำลงไปอย่างสม่ำเสมอ
4. เปิดกระดาษคลุมออกถ้าเมล็ดเริ่มงอกแล้ว ให้นำถาดเพาะมาวางรับแสงแดด ควรเป็นแสงแดดตอนเช้าไม่ต้องเก็บเข้าออกให้วางทิ้งไว้เลยไม่ต้องเคลื่อนย้าย (ระวังอย่าให้โดนฝน) หลังจากใบเลี้ยง 2 ใบผักสลัดจะมีใบจริงค่อยๆงอกออกมาอีก 2 ใบ
5. เมื่อดันกล้ามีอายุประมาณ 7 วันหรือมีใบจริงงอกออกมา ดังแสดงในรูปที่ 4-4 ให้เปลี่ยนจากการเติมน้ำเปล่ามาเป็นการเติมปุ๋ย A + B ที่ผสมอย่างละ 3CC กับน้ำเปล่า 1 ลิตร โดยให้เทน้ำปุ๋ยอยู่ที่ขอบฟองน้ำและจะมีรากไหลออกมาจากก้อนฟองน้ำเล็กน้อยให้และหมั่นตรวจสอบระดับน้ำอยู่เสมอระวังอย่าให้น้ำแห้ง
6. เมื่อดันกล้ามีอายุประมาณ 14 วันหรือมี 4 ใบนับจากวันเพาะเมล็ดหรือมีรากไหลออกมาจากฟองน้ำมากขึ้นจึงสามารถย้ายลงรางปลูกได้ (ควรทำเวลาเย็น) ดังแสดงในรูปที่ 4-5 การลงกระถางควรสอดต้นและฟองน้ำเข้าด้านกันของกระถางให้ฟองน้ำไหลออกมาจากกระถางประมาณครึ่งหนึ่ง

7. ในส่วนของน้ำที่จะเตรียมสำหรับปลูกผักในรางปลูก ให้เตรียมน้ำเปล่า 15 ลิตร ปุ๋ย A และ ปุ๋ย B อย่างละ 3 ซีซี ต่อน้ำ 1 ลิตร เมื่อเตรียมน้ำแล้ว จึงนำผักมาลงในรางปลูกได้
8. ผักจะโตเต็มที่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำการวิจัยเมื่ออายุประมาณ 37 วัน



รูปที่ 4-4: รูปภาพของต้นกล้าที่มีอายุประมาณ 7 วัน



รูปที่ 4-5: รูปภาพของผักที่ลงในรางปลูก

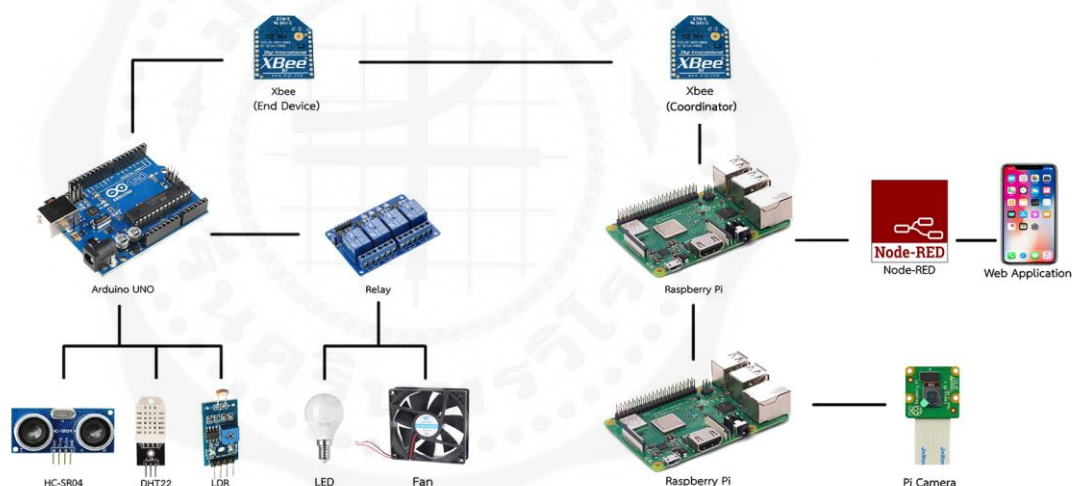
4.1.2 ส่วนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สาย

อุปกรณ์ไร้สายที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้คือ Xbee โดยจะใช้ Xbee รุ่น Xbee ZigBee Through-Hole (RPSMA Antenna) Series 2 (S2C) โดยใช้ทั้งหมด 2 ตัว ตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็น End Device และตัวที่สองจะทำหน้าที่เป็น Coordinator

4.1.2.1 ออกแบบภาพรวมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ

1. End Device จะทำการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO เพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์ และส่งค่าไปให้ยัง Coordinator และรับค่าจาก Coordinator กลับมาอีกครั้ง
2. Coordinator จะทำการเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi ตัวกลางที่ทำหน้าที่เป็น Server เพื่อรับค่าจาก End Device ที่เชื่อมต่อกับ Arduino UNO และส่งค่ากลับไปยัง End Device

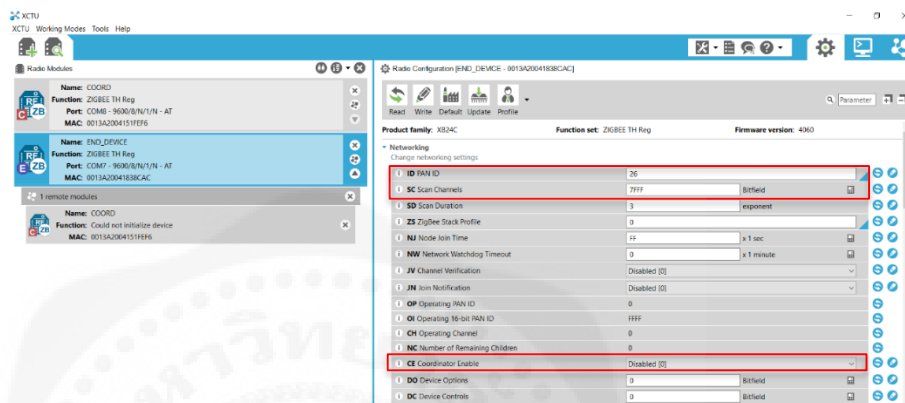
โดยภาพรวมภาพรวมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณจะแสดงในรูปที่ 4-6



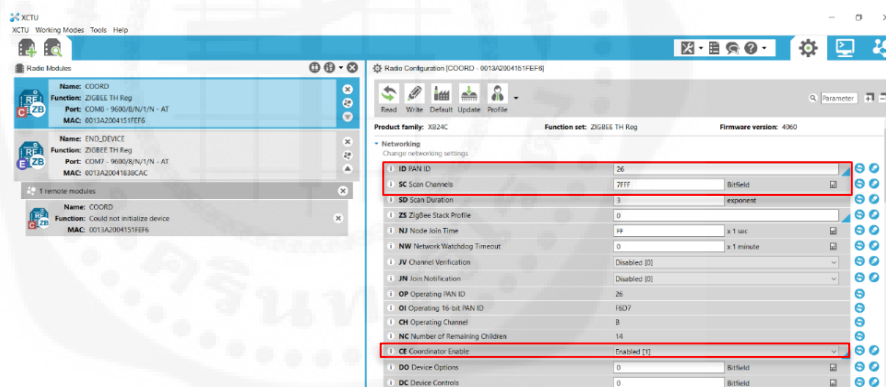
รูปที่ 4-6: ภาพรวมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ

4.1.2.2 การตั้งค่าอุปกรณ์ไร้สาย

ทำการเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับ PC ด้วยสาย USB และติดตั้งเฟิร์มแวร์ของ Xbee ในโปรแกรม XCTU โดยตั้งค่าให้แต่ละตัวทำหน้าที่เป็นโหนดตามที่ต้องการ เช่น End Device และ Coordinator โดยรูปการตั้งค่า Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม XCTU จะแสดงในรูปที่ 4-7 และ รูปการตั้งค่า Xbee เป็น Coordinator ในโปรแกรม XCTU จะแสดงในรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-7: รูปการตั้งค่า Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม XCTU



รูปที่ 4-

รูปที่ 4-8: รูปการตั้งค่า Xbee เป็น Coordinator ในโปรแกรม XCTU

4.1.3 ส่วนของการพัฒนาระบบที่ใช้ภายในฟาร์มจำลอง

ในส่วนของระบบการทำงานที่ใช้ภายในฟาร์มจำลองนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- Arduino UNO 1 ตัว
- เซ็นเซอร์ DHT22 1 ตัว
- เซ็นเซอร์ LDR 1 ตัว
- เซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 1 ตัว
- สายจัมป์ (Jumping Wires)
- Breadboard
- Relay 4 Channel ขนาด 5 โวลต์ 1 ตัว
- พัดลมระบายอากาศ 1 ตัว
- รางถ่าน 8 ก้อนสำหรับให้พลังงาน 12 V
- ไฟ LED 1 ตัว
- Raspberry Pi Model 3 B ทั้งหมด 2 ตัว
- Pi camera 1 ตัว
- Xbee ทั้งหมด 2 ตัว

ประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์ไลบรารีดังนี้

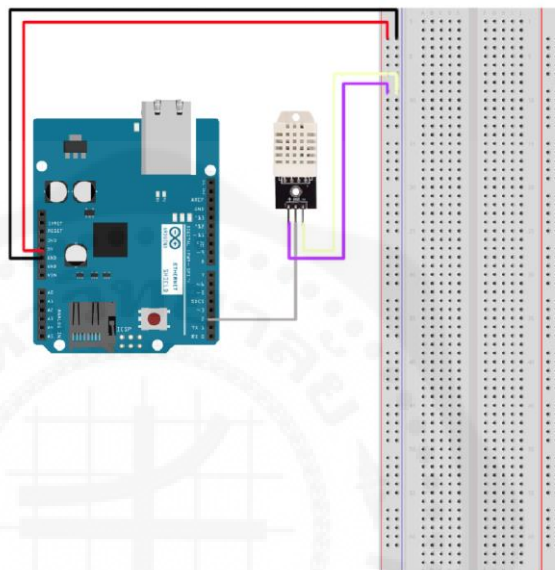
- Node-RED
- Node.js
- node-red-contrib-dashboard
- node-red-contrib-serialport
- X-CTU
- Arduino IDE

โดยจะอธิบายการทำงาน แบ่งเป็นการทำงานของฝั่ง Arduino โดยจะแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Arduino UNO ในรูปที่ 4-14 และการทำงานของฝั่ง Raspberry Pi โดยจะแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Raspberry Pi ในรูปที่ 4-15 เริ่มจากการติดตั้งต่างๆ

4.1.3.1 ศึกษาการทำงานของ Arduino เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้า

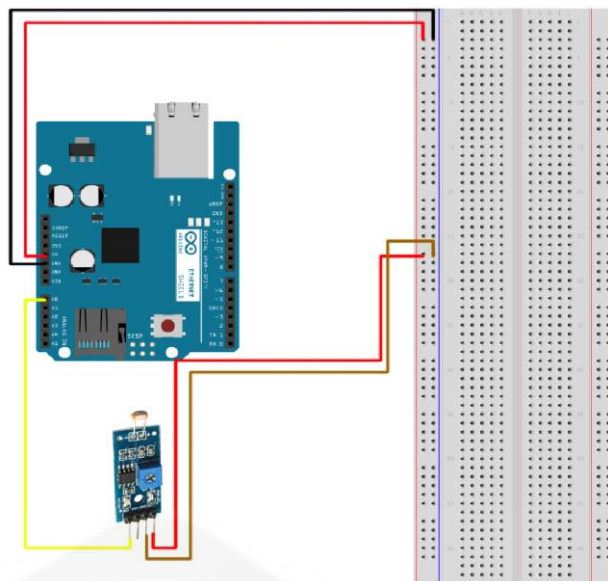
เริ่มต้นด้วยการเชื่อมต่อ Arduino UNO เข้ากับเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว เริ่มจากต่อสายจาก Arduino UNO ช่อง 5V ไปยัง Breadboard ขั้วบวกและต่อสายจัมป์จาก Arduino UNO ช่อง GND ไปยัง Breadboard ขั้วลบ หลังจากนั้นจึงเริ่มต่อเซ็นเซอร์ รีเลย์ และ Xbee ตามลำดับ

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ DHT22 กับ Arduino UNO นำสายต่อจากขาบวกของเซ็นเซอร์ DHT22 ไปยัง Breadboard ขั้วบวก และนำสายต่อจากขาลบของเซ็นเซอร์ DHT22 ไปยัง Breadboard ขั้วลบ ต่อมานำสายต่อจากขา out ของเซ็นเซอร์ DHT22 ไปยัง ช่องเบอร์ 2 ของ Arduino UNO ดังแสดงในรูปที่ 4-9 โดยเซ็นเซอร์ DHT22 จะใช้ในการรับค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์นี้จะส่งผลต่อการเปิด-ปิด พัดลมระบายอากาศภายในฟาร์ม



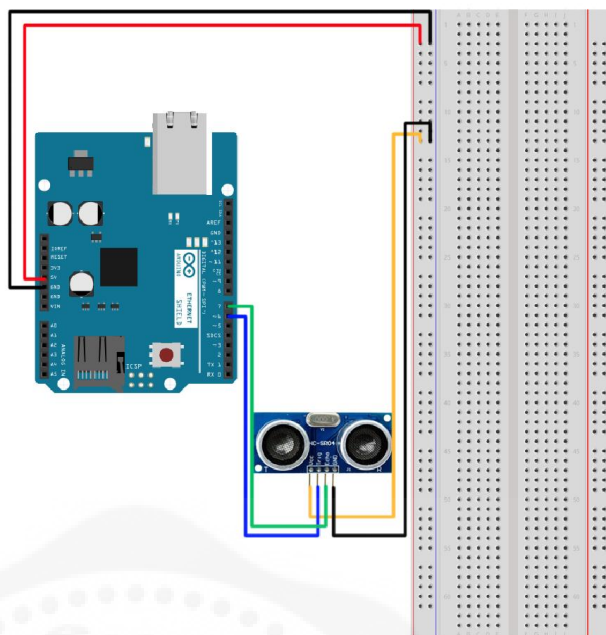
รูปที่ 4-9: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ DHT22

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ LDR กับ Arduino UNO นำสายต่อจากขา VCC ของเซ็นเซอร์ LDR ไปยัง Breadboard ขั้วบวก และนำสายต่อจากขา GND ของเซ็นเซอร์ LDR ไปยัง Breadboard ขั้วลบ ต่อมานำสายต่อจากขา A0 ของเซ็นเซอร์ LDR ไปยัง ช่อง A0 ของ Arduino UNO ดังแสดงในรูปที่ 4-10 โดยเซ็นเซอร์ LDR จะใช้ในการรับค่าแสง ถ้ามีปริมาณแสงมากจะแสดงค่ามาก แต่ถ้ามีปริมาณแสงน้อยจะแสดงค่าน้อยตามไปด้วย โดยค่าแสงนี้จะส่งผลต่อการเปิด-ปิด ไฟ LED ภายในฟาร์ม



รูปที่ 4-10: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ LDR

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 กับ Arduino UNO นำสายต่อจากขา VCC ของเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 ไปยัง Breadboard ขั้วบวก และนำสายต่อจากขา GND ของเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 ไปยัง Breadboard ขั้วลบ ต่อกับนำสายต่อจากขา Trig ของเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 ไปยัง ช่องเบอร์ 6 ของ Arduino UNO สุดท้ายจึง นำสายต่อจากขา Echo ของเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 ไปยัง ช่องเบอร์ 7 ของ Arduino UNO ดังแสดงในรูปที่ 4-11 โดยเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 จะใช้ในการรับค่าเพื่อใช้ในการวัดระยะ โดยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์นี้จะรับค่าเป็นระยะห่างของเซ็นเซอร์กับวัตถุ ซึ่งคณะผู้จัดจะนำเซ็นเซอร์นี้มาใช้สำหรับวัดการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกเมื่อผักมีการเจริญเติบโตมากขึ้น (ต้นสูงขึ้น) ก็จะทำให้ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์กับผักมีค่าน้อยลง ค่าที่แสดงออกมาก็จะเป็นค่าที่น้อย

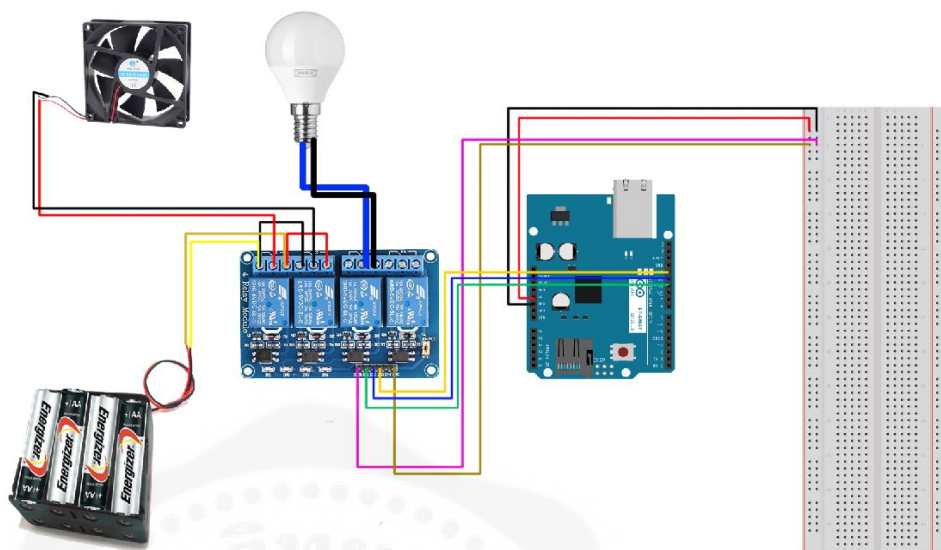


รูปที่ 4-11: รูปภาพการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ เซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04

การเชื่อมต่อ Relay เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า และ Arduino UNO เริ่มด้วยการต่อสายจากรางถ่านข้าวบวก (สายสีดำ) ไปที่ช่องซ้ายสุดของ Relay Channel ที่ 1 ช่องกลางต่อเข้ากับพัดลมที่รับไฟ 12 โวลต์ ส่วนช่องขวาสุดต่อกับสายของรางถ่านข้าวลบ (สายสีแดง) Relay Channel ที่ 2 (เรียงจากซ้ายไปขวา) ช่องขวาสุดต่อเข้ากับ Relay Channel ที่ 1 ช่องขวาสุด Relay Channel ที่ 2 ช่องกลางต่อกับพัดลมที่รับไฟ 12 โวลต์ และ ช่องซ้ายสุดต่อกับ Relay Channel ที่ 1 ช่องซ้ายสุดเช่นกัน (อุปกรณ์ไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้ Relay 2 Channel) Relay Channel ที่ 3 เป็น Channel ที่บังคับอุปกรณ์ที่แรงดันไฟฟ้า 220V จึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างสูง ต้องตัดสายไฟ AC ออกให้เห็นสายด้านใน แล้ว ตัดสายไหนก็ได้ (เพราะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ) จากนั้นช่องกลางของ Relay Channel ที่ 3 ต่อเข้ากับ AC ฝั่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนช่องขวาสุดของ Relay Channel ที่ 3 ต่อเข้ากับ AC ฝั่งที่จ่ายไฟหรือส่วนปลั๊กไฟ นำสายไฟที่เชื่อมต่อหลอดไฟและตัดต่อด้านที่นำทางเชื่อมต่อหลอดไฟไปยังขั้ว NO ของ Relay และด้านที่ต่อเข้ากับเต้าเสียบ ส่วนตัวต้านทานของวงจรถูกตั้งค่าเป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า ในส่วนการเชื่อมต่อ Relay กับ Arduino UNO นำสายต่อจากขา VCC ของ Relay ไปยัง Breadboard ขั้วบวก

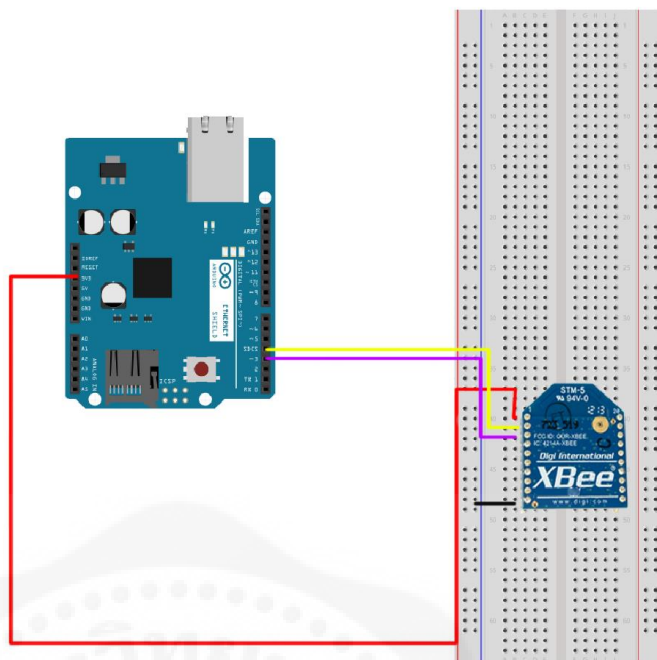
และนำสายต่อจากขา GND ของ Relay ไปยัง Breadboard ขั้วลบต่อมานำสายต่อจากขา IN1 ไปยังช่องเบอร์ 13 ของ Arduino UNO ต่อจากขา IN2

ไปยังช่องเบอร์ 12 ของ Arduino UNO และต่อจากขา IN3 ไปยังช่องเบอร์ 1 ของ Arduino UNO ดังแสดงในรูปที่ 4-12

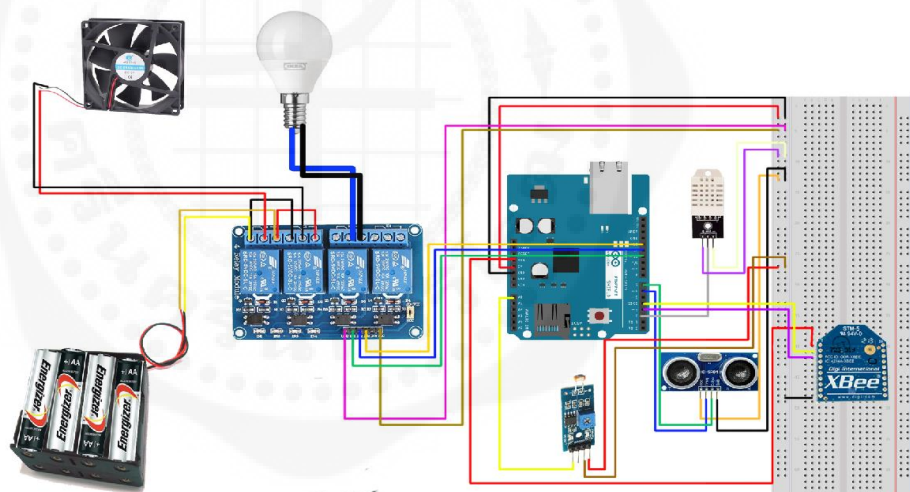


รูปที่ 4-12: รูปภาพการเชื่อมต่อ Relay เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า และ Arduino UNO

การเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับ Arduino UNO เริ่มด้วยการต่อสายจาก Arduino UNO ช่อง 3.3V จากไปที่ช่องรับไฟของ Xbee นำสายต่อจากขา GND ของ Xbee ไปยัง Breadboard ขั้วลบ ต่อมาต่อสายจาก DIN (Input) ไปยังช่องเบอร์ 3 ของ Arduino UNO และ ต่อสายจาก DOUT (Output) ไปยังช่องเบอร์ 4 ของ Arduino UNO ดังแสดงในรูปที่ 4-13



รูปที่ 4- 13 รูปภาพการเชื่อมต่อ Zigbee เข้ากับ Arduino UNO



รูปที่ 4- 14รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Arduino UNO

หลังจากต่อทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วจึงทำการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE เพื่อสั่งการให้เซ็นเซอร์สามารถรับค่าได้ตามที่ต้องการและสามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน Relay

4.1.3.2 ศึกษาการทำงานของ Raspberry Pi 3 Model B และ Pi Camera

ในส่วนของ Raspberry Pi นั้นจะใช้ Raspberry Pi ทั้งหมด 2 ตัว โดยตัวแรกจะทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์หลักที่เชื่อมอยู่กับ Xbee ที่มีโหมดเป็น Coordinator และอีกตัวจะเชื่อมต่อกับ Pi Camera

โดย Raspberry Pi ตัวแรกที่เป็นเซิร์ฟเวอร์หลักนั้นจะทำหน้าที่ในการรับและส่งค่ากลับไป โดยจะรับ-ส่งค่าให้กับทั้งทางฝั่ง Arduino UNO ละ Raspberry Pi อีกตัว โดยจะรับ-ส่งค่าจาก Arduino UNO ผ่านทาง Xbee และรับ-ส่งค่าจาก Raspberry Pi ผ่าน WIFI โดยเมื่อได้รับค่ามาแล้วจะนำไปแสดงผลผ่าน Node-RED ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันและเมื่อสั่งการจากเว็บแอปพลิเคชันค่าก็จะถูกส่งกลับยัง Arduino UNO

Raspberry Pi ตัวที่สอง จะเชื่อมต่ออยู่กับ Pi Camera เพื่อใช้ในการถ่ายภาพใบของผักเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบสุขภาพผัก โดยเมื่อสั่งการบนเว็บแอปพลิเคชันให้ถ่ายภาพ Pi camera ก็จะถ่ายภาพใบของผักและนำไปประมวลผลต่อใน Raspberry Pi เพื่อวิเคราะห์ว่าใบของผักนั้นป่วยเป็นโรคหรือไม่ เมื่อ Raspberry Pi ทำการวิเคราะห์แล้วก็จะส่งค่าไปยัง Raspberry Pi ตัวแรกที่เป็นเซิร์ฟเวอร์หลักและนำไปแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันต่อไป



รูปที่ 4-15: รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Raspberry Pi

4.1.3.3 ส่วนของ Dataset เพื่อใช้ในการตรวจโรค

ได้นำมาทดลองใช้ 10,000 ภาพ โดยแบ่งเป็น Training set 80% (8,000 ภาพ) Test set 20% (2,000 ภาพ) และแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 คลาส โดยแบ่งเป็น Healthy และ Unhealthy

ซึ่งนำ Dataset มาจาก <https://github.com/spMohanty/PlantVillage-Dataset>

4.1.3.4 ศึกษาและติดตั้งโมเดลที่เพื่อนำไปตรวจสอบสุขภาพผัก

ในส่วนของโมเดล ทดสอบโมเดลโดยใช้อัลกอริทึม mAlexnet ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 98.92% สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสุขภาพผักได้ โดยวิเคราะห์ว่าใบของผักภายในฟาร์มที่ถูกถ่ายภาพมานั้น ป่วยเป็นโรคหรือไม่ โดยนำภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบกับโมเดล

4.1.4 ส่วนของการติดตั้งฟาร์มจำลองและติดตั้งระบบ

ในส่วนของการติดตั้งฟาร์มจำลอง เมื่อได้รางปลูกผักและระบบที่สมบูรณ์ตามที่ต้องการแล้ว จึงนำทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยแบ่งเป็นส่วนของการติดตั้งดังนี้

4.1.4.1 ติดตั้งรางสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และติดตั้งฟาร์มจำลอง

เมื่อผสมน้ำและน้ำสารอาหารตามสัดส่วนที่ถูกต้องแล้ว ลงผักในรางปลูกให้ครบทุกช่องโดยให้กระถางแนบสนิทกับช่องเพื่อให้รากของผักโดนน้ำสารอาหาร วางรางให้อยู่บนพื้นราบที่มีฐานที่มั่นคงและไม่เอียงเพื่อให้น้ำสารอาหารไหลผ่านผักทุกต้นอย่างทั่วถึง ตรวจสอบเช็คท่อ PVC ทุกท่อให้ต่อกันสนิทเพื่อป้องกันการรั่วซึม หลังจากนั้นจึงทำการเสียบปลั๊กปั้มน้ำเพื่อให้เกิดการวนของน้ำสารอาหารในรางปลูก นำฟิวเจอร์บอร์ดสีขาวตัดเป็นช่องกลมๆให้พอดีกับช่องบนราง เพื่อวางซ้อนบนรางทำให้เวลาถ่ายภาพใบของผักมีความชัดเจนมากขึ้น โดยรางสำหรับการปลูกผักจะแสดงในรูปที่ 4-16 ต่อมานำโครงของฟาร์มจำลองมาครอบบริเวณรางปลูก โดยให้ครอบคลุมทุกส่วนของรางปลูก ซึ่งฟาร์มจำลองจะมีลักษณะเป็นโครงเหล็กและครอบด้วยแผ่นพลาสติกขุ่นเพื่อให้แสงสามารถส่องเข้าไปถึงรางปลูกผักได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-17

นำฟิวเจอร์บอร์ดขนาดเล็กจำนวน 2 แผ่น วางพาดระหว่างด้านหน้าฟาร์มไปด้านหลัง ฟาร์มเพื่อใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ



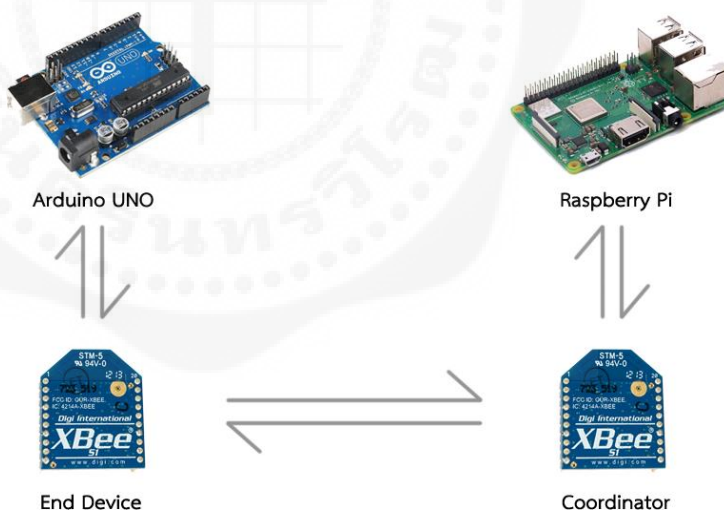
รูปที่ 4-16: รูปภาพรางสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์



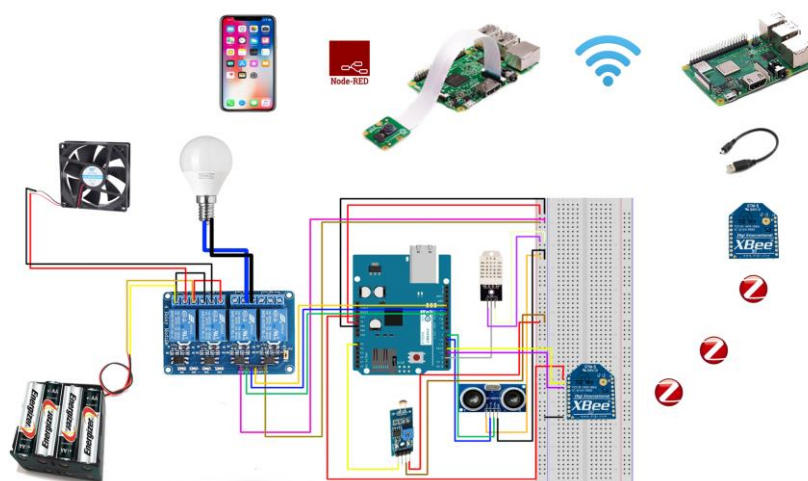
รูปที่ 4-17: รูปภาพฟาร์มจำลอง

4.1.4.2 นาระบบทั้งหมดที่ใช้ภายในฟาร์มจำลองเข้าไปติดตั้งในส่วนต่างๆของฟาร์มจำลอง

เมื่อได้โครงของฟาร์มจำลองแล้ว นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาติดตั้ง โดยนำไฟ LED มาแขวนไว้บริเวณด้านบนของฟาร์มเพื่อให้แสงไฟกระจายไปยังผักทุกต้นอย่างทั่วถึง และติดตั้งพัดลมไว้ด้านหลังส่วนบนของฟาร์มจำลองเพื่อระบายอากาศภายในฟาร์ม นำกล่องที่ติดตั้งระบบทั้งหมดแขวนไว้ด้านหลังของฟาร์ม โดยในกล่องนี้จะประกอบไปด้วย Arduino UNO ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ทุกตัว Relay และ Xbee แล้ว รวมถึงมี Raspberry Pi ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมอยู่กับ Xbee จะนำมาอยู่ในกล่องนี้ด้วยเช่นกัน หลังจากนั้น นำเซ็นเซอร์ DHT22 และเซ็นเซอร์ LDR เข้าไปติดตั้งภายในฟาร์มจำลอง แล้วนำกล่องของ Raspberry Pi วางไว้บนฟิวเจอร์บอร์ดบริเวณด้านบนเหนือต้นของผักเพื่อใช้ในการติดตั้ง Pi Camera บริเวณใต้ฟิวเจอร์บอร์ดเพื่อให้กล้องฉายเข้าหาผักพอดี เมื่อถ่ายภาพจากด้านบนจะทำให้เห็นรายละเอียดของใบผักได้อย่างชัดเจนและติดตั้งเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 บริเวณใต้ฟิวเจอร์บอร์ดอีกด้านเหนือต้นของผัก เพราะตำแหน่งที่เหมาะสมกับการวัดการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกนั้นจะถูกต้องและแม่นยำจะต้องอยู่บริเวณด้านบน โดยภาพรวมของการส่งค่าผ่าน Xbee ในระบบฟาร์มจะแสดงในรูปที่ 4-18 และภาพรวมของระบบทั้งหมดจะแสดงในรูปที่ 4-19



รูปที่ 4-18: รูปภาพแสดงภาพรวมของการส่งค่าผ่าน Xbee



รูปที่ 4-19: รูปภาพแสดงภาพรวมของระบบทั้งหมด

4.2 วิธีการประเมินผล

แสดงค่าที่เซ็นเซอร์รับมาได้จากในฟาร์มจำลอง โดยแสดงบนโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันแบบ Real-time ซึ่งจะแสดงค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ และแสดงการเจริญเติบโตของผักผ่านกราฟ มีส่วนของการควบคุมไฟและพัดลมทั้งแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมด้วยตนเอง สามารถถ่ายภาพผักผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชันและจะแสดงค่าออกมาว่าผักต้นนี้ป่วยหรือสุขภาพดี โดยจะขึ้นคำว่า Unhealthy และ Healthy ระบบทั้งหมดจะสามารถทำงานได้เมื่อมีการต่ออินเทอร์เน็ตที่ Local Network เดียวกัน

บทที่ 5

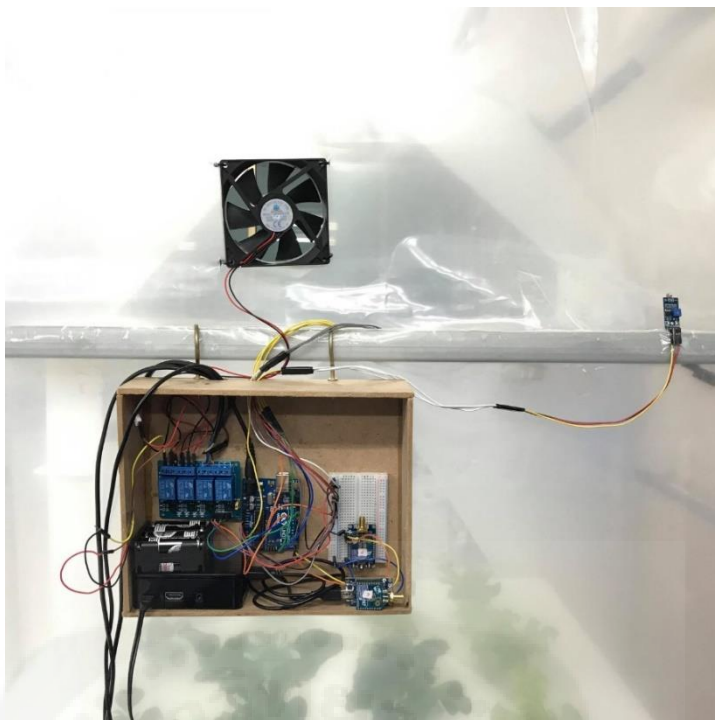
ผลการดำเนินงาน

5.1 ในส่วนของระบบภายในฟาร์มจำลอง

ผลการดำเนินงานในส่วนของระบบภายในฟาร์มจำลอง เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งภายในฟาร์ม ตัวแรกคือเซ็นเซอร์ DHT22 สามารถรับค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ โดยค่าอุณหภูมินี้จะมีผลต่อการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศภายในฟาร์ม โดยปกติพัดลมระบายอากาศนั้นจะถูกปิดอยู่และจะเปิดเมื่อสภาวะอากาศภายในฟาร์มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวต่อมาคือเซ็นเซอร์ LDR สามารถรับค่าแสงภายในฟาร์มจำลองได้ โดยค่าแสงที่ได้นี้จะมีผลกับการควบคุมไฟ LED โดยถ้าค่าแสงที่รับมามีปริมาณมากแปลว่าแสงนั้นสว่าง (อยู่ในช่วงเวลากลางวัน) จะส่งผลให้ไฟ LED ปิด ถ้าค่าแสงมีปริมาณน้อยแปลว่ามีปริมาณแสงน้อย (อยู่ในความมืดหรือช่วงเวลากลางคืน) จะส่งผลให้ไฟ LED เปิด และเซ็นเซอร์ Ultrasonic HC-SR04 สามารถรับค่าระยะห่างของวัตถุได้ ดังนั้นจึงสามารถวัดการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกได้ โดยค่าทั้งหมดที่รับมานี้จะส่งไปให้ Raspberry Pi โดยจะถูกส่งผ่าน Xbee ตัวที่ 1 ที่มีโหมดเป็น End Device และจะส่งไปยัง Xbee ตัวที่ 2 ที่มีโหมดเป็น Coordinator โดยค่าที่ได้จะถูกนำไปแสดงผลผ่านรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันซึ่งผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะภายในฟาร์มได้ผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยรูปของฟาร์มจำลองจะแสดงในรูปที่ 5-1 รูปแสดงระบบภายในฟาร์มจะแสดงในรูปที่ 5-2 และรูปการติดตั้งกล่องจะแสดงในรูปที่ 5-3



รูปที่ 5-1: รูปภาพฟาร์มจำลองแบบสำเร็จ



รูปที่ 5-2: รูปภาพแสดงระบบที่ใช้ภายในฟาร์ม

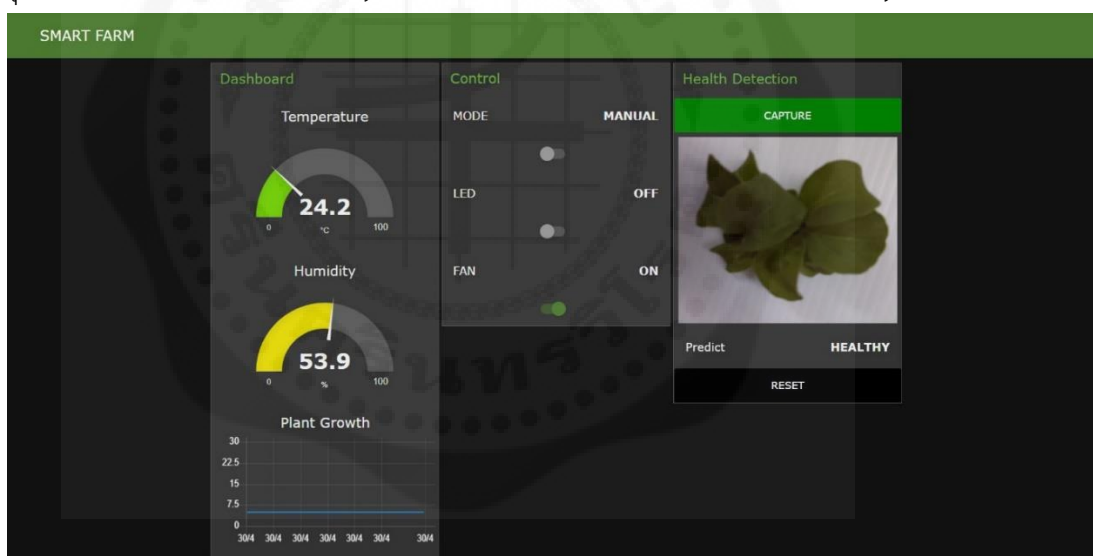


รูปที่ 5-3: รูปภาพการติดตั้งกล้องที่ใช้ภายในฟาร์ม

5.2 ในส่วนของ User Interface

User Interface จะแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันผ่าน Node-red โดย Raspberry Pi ที่เป็น Server ค่าที่แสดงนั้นจะเป็นค่าที่รับมาจากเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับ Arduino และ Pi Camera ที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi ผ่าน Xbee และ Wifi

โดยหน้านี้จะแสดงเป็น 3 คอลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 5-4 คอลัมน์แรกจะเป็นคอลัมน์การแสดงผลค่าจากเซ็นเซอร์ โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิในหน่วยเป็นเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ผ่านกราฟครึ่งวงกลมแสดงปริมาณและส่วนสุดท้ายของคอลัมน์แรกจะแสดงค่าการเจริญเติบโตของผักผ่านกราฟเส้นแสดงปริมาณ โดยให้หน่วยเป็นเซนติเมตร คอลัมน์ที่สองจะเป็นคอลัมน์ของการควบคุม โดยสามารถเลือกได้ว่าเราจะควบคุมระบบฟาร์มจำลองนี้ด้วยระบบอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยตนเอง โดยจะมีให้เลือกเปิด-ปิดที่คำว่า “MODE” ถ้าปิดคือการควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ถ้าเปิดคือการควบคุมด้วยตนเอง การควบคุมด้วยตนเองจะสามารถเลือกเปิด-ปิด ที่คำว่า “LED” และ “FAN” ได้ คอลัมน์สุดท้ายจะแสดงการตรวจโรคของผัก โดยจะมีปุ่มให้กดถ่ายภาพและจะแสดงภาพผักที่ถ่ายได้จากฟาร์มจากนั้นจะประมวลผลออกมาว่าผักนั้นมีสุขภาพดีหรือไม่ ถ้าผักสุขภาพดีจะแสดงคำว่า “Healthy” ถ้าผักนั้นเป็นโรคจะแสดงคำว่า “Unhealthy”



รูปที่ 5-4: รูปภาพแสดง User Interface ของเว็บแอปพลิเคชัน

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

จากการสร้างและพัฒนาระบบฟาร์มปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการต่อเชื่อมของสรรพสิ่งและหลักการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ทำให้ได้ระบบที่สามารถตรวจวัดการเจริญเติบโตของผักที่ปลูกรวมไปถึงตรวจดูอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในฟาร์มได้อีกทั้งยังสามารถควบคุมการปรับสมดุลภายในฟาร์มผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยให้ได้ผลผลิตที่ดีตามที่ต้องการรวมไปถึงการทดสอบโมเดลโดยใช้อัลกอริทึม mAlexnet ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 98.92% ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพผักได้ โดยบอกได้ว่าผักที่ปลูกนั้นสุกพอดีหรือป่วยเป็นโรค เพื่อที่จะแก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผักเหล่านั้นหรือใช้ในการคัดกรองผลผลิตที่ไม่ดีออกจากฟาร์ม ซึ่งจะช่วยให้ฟาร์มมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

6.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. รางปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มีปัญหาเล็กน้อยในช่วงเริ่มการติดตั้ง
2. ใช้ระยะเวลาอย่างมากในการรันโมเดลและทำการทดสอบโรคในผัก
3. เกิดน้ำรั่วซึมเล็กน้อยบริเวณรางปลูกผัก
4. ผักที่ปลูกในรอบที่ 2 ไม่สามารถปลูกให้โตได้ทันกับระยะเวลาของการทำงานวิจัย

บรรณานุกรม

- [1] Tanabut Changmai, Sethavidh Gertphol, Pariyanuj Chulaka. (2018). **Smart Hydroponic Lettuce Farm using Internet of Things**. 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST). Retrieved Nov 22, 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8426141>
- [2] Padma Nyoman Crisnapati, I Nyoman Kusuma Wardana, I Komang Agus Ady Aryanto ,Agus Hermawan. (2017). **Hommons: Hydroponic management and monitoring system for an IOT based NFT farm using web technology**. 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM) Retrieved Nov 22, 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8089268>
- [3] Siwakorn Jindarat, Pongpisitt Wuttidittachotti. (2015). **Smart Farm Monitoring Using Raspberry Pi and Arduino**. 2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT) Retrieved Nov 22, 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7219582>
- [4] Rong Zhou, Shun'ichi Kaneko, Fumio Tanaka, Miyuki Kayamori, Motoshige Shimizu. (2013). **Early Detection and Continuous Quantization of Plant Disease Using Template Matching and Support Vector Machine Algorithms**. 2013 First International Symposium on Computing and Networking. Retrieved Nov 22, 2018, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6726914>
- [5] Srdjan Sladojevic, Marko Arsenovic, Andras Anderla, Dubravko Culibrk,Darko Stefanovic. (2016).**Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image Classification**.Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2016. Retrieved Nov 22, 2018, <https://www.hindawi.com/journals/cin/2016/3289801/abs/>
- [6] H2ohydrogarden. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. Retrieved Nov 22, 2018, www.h2ohydrogarden.com/ความรู้เบื้องต้น/ระบบการปลูกผักไฮโดร.html
- [7] Fitfarm. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. Retrieved May 15, 2018, <https://www.coachnong.com/archives/604>
- [8] Smart Farm เกษตรอัจฉริยะ ทางเลือกเกษตรกรยุคไอที.สมาร์ทฟาร์ม. Retrieved Mar 30, 2019, www.mitrpholmodernfarm.com/news/2018/05/smart-farm-เกษตรอัจฉริยะ-ทางเลือกเกษตรกรยุคไอที

- [9] Modern Manufacturing thailand.**Machine-to-Machine**. Retrieved Nov 22, 2018, <https://www.mmthailand.com/machine-to-machine-communication>
- [10] hydroponicscool.**Machine-to-Machine**. Retrieved Nov 22, 2018, https://www.hydroponicscool.blogspot.com/2012/05/hydroponics_4901.html
- [11] ThaiEasyElec.**Learning XBee With XBee Series 2 Starter Kit**. Retrieved Apr 15, 2019, www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html
- [12] arduino.codemobiles.**พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล Xbee (Part1) เริ่มต้นกับ Xbee**. Retrieved Apr 15, 2019, www.arduino.codemobiles.com/article/13/พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part1-เริ่มต้นกับ-xbee-2
- [13] arduino.codemobiles.**พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล Xbee (Part2) Topology**. Retrieved Apr 15, 2019, www.arduino.codemobiles.com/article/14/พื้นฐานการสื่อสารด้วยโมดูล-xbee-part2-topology
- [14] ThaiEasyElec.**Zigbee and Xbee BASIC ตอน Zigbee คืออะไร**. Retrieved Apr 15, 2019, <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html>
- [15] karplukphak.**ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช**. Retrieved Nov 22, 2018, <https://ites.google.com/site/karplukphak7862/bth-thi5>
- [16] Code on the Hill.**Machine Learning**. Retrieved Apr 25, 2019, [http://codeonthehill.com/machine-learning-1-why-machine-learning/Chatchawan Niyomthum. \(2019\).](http://codeonthehill.com/machine-learning-1-why-machine-learning/Chatchawan Niyomthum. (2019).)
- [17] Code on the Hill.**Deep Learning**. Retrieved Apr 25, 2019, <http://codeonthehill.com/machine-learning-3-deep-learning/>
- [18] Sanparith Marukatat.**Convolutional Neural Network** Retrieved Apr 25, 2019, <https://medium.com/@sanparithmarukatat/สนุกกับ-neural-network-657fa293c4d1>
- [19] Thaikasetsart.**โรคผัก:การป้องกันและกำจัด**. Retrieved Nov 22, 2018, <http://www.thaikasetsart.com/โรคผักการป้องกันและกำจัด/>
- [20] H2O Hydro Garden.**โรคพืชต่าง ๆ ในระบบไฮโดรโปนิกส์**. Retrieved Nov 22, 2018, <http://www.h2ohydrogarden.com/ความรู้เบื้องต้น/โรคพืชต่างๆในระบบไฮโดรโปนิกส์และการป้องกัน.html>

- [21] ALLKASET.โรคราแป้ง. Retrieved Nov 22, 2018,
<https://www.allkaset.com/mobile/diseases/โรคราแป้ง.php>
- [22] ไทยเกษตรศาสตร์.โรคราน้ำค้างในผัก. Retrieved Nov 22, 2018,
<http://www.thaikasetsart.com/โรคราน้ำค้างในผัก>
- [23] SVGROUP. โรคใบจุดจากเชื้อรา. Retrieved Nov 22, 2018,
<https://www.svgroup.co.th/โรคใบจุด>
- [24] H2O Hydro Garden.สาเหตุสำคัญของโรคที่เกิดกับราก. Retrieved Nov 22, 2018,
<http://www.h2ohydrogarden.com/ความรู้เบื้องต้น/สาเหตุสำคัญของโรคที่เกิดกับราก.html>
- [25] รักบ้านเกิด.โรคเหี่ยวเหี่ยว. Retrieved Nov 22, 2018,
<https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=5383&s=tblplant>
- [26] My arduino.Arduino คืออะไร? ตอนที่1 (แนะนำ Arduino). Retrieved Apr 17, 2019,
<https://www.myarduino.net/article/3/บทความ-arduino-คืออะไร-ตอนที่1-แนะนำ-arduino>
- [27] Arduinos Pro.Raspberry Pi Tutorial [EP1] : Raspberry Pi คืออะไร ?. Retrieved Apr 25, 2019,
<https://www.arduinopro.com/article/51/raspberry-pi-tutorial-ep1-raspberry-pi-คืออะไร>
- [28] My arduino.Raspberry Pi 3 Model B 1GB. Retrieved Apr 25, 2019,
www.myarduino.net/product/851/raspberry-pi-3-model-b-1gb
- [29] My arduino.Raspberry Pi Camera. Retrieved Apr 17, 2019,
<https://www.myarduino.net/product/857/raspberry-pi-camera-rev-1-3-non-official>
- [30] Thaieasyelec.XBee ZigBee TH (RPSMA Antenna) Series 2 (S2C). Retrieved Apr 17, 2019,
<https://www.thaieasyelec.com/xbec-zigbee-th-rpsma-antenna-series-2-s2c.html>
- [31] phongthep2.การใช้งาน Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า. Retrieved Apr 17, 2019,
<http://phongthep2.blogspot.com/2017/02/arduino-relay-module.html>
- [32] Arduinoall.Relay Retrieved Apr 17, 2019,
<http://phongthep2.blogspot.com/2017/02/arduino-relay-module.html>
- [33] Arduinoall.LDR Retrieved Apr 17, 2019,
www.arduinoall.com/product/922/ldr-photoresistor-sensor-module-โมดูลวัดแสง

- [34] Myarduino.**DHT22**. Retrieved Apr 17, 2019,
<https://www.myarduino.net/product/697/dht22-am2302-module-โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น-temperature-and-humidity-sensor-module-พร้อมสายไฟ>
- [35] Aimagian.**Ultrasonic HC-SR04**. Retrieved Apr 17, 2019,
aimagin.com/blog/อัลตราโซนิก-hc-sr04/?lang=th
- [36] IKEA.**LED PAR30 E27**. Retrieved Apr 17, 2019,
www.ikea.com/th/th/catalog/products/40373682
- [37] Arduinoall.**พัดลม 12V** Retrieved Apr 28, 2019,
www.arduinoall.com/product/1577/พัดลม-12v-ขนาด-8x8cm-สายไฟ-2-เส้น
- [38] Arduinoall.**รางถ่าน AA 8 ก้อน 12V**. Retrieved Apr 28, 2019,
www.arduinoall.com/product/992/รางถ่าน-aa-8-ก้อน-12v
- [39] poundxi.**ArduinoIDE**. Retrieved Apr 28, 2019,
<https://poundxi.com/วิธีใช้งานโปรแกรม-arduino-ide-เบื้องต้น>
- [40] Choonewza.**การติดตั้งและตั้งค่าระบบ Raspberry Pi 3 Model B+**. Retrieved Apr 27, 2019,
<https://medium.com/@choonewza/การติดตั้งและตั้งค่าระบบ-raspberry-pi-3-model-b-fadd88dbfac0>
- [41] Mr.P L.**Node-RED** Retrieved Apr 27, 2019,
www.medium.com/mmp-li/เริ่มต้นใช้งาน-node-red-ฉบับปี-2018-3fca5ed140f9
- [42] Thaieasyelec.**XCTU** Retrieved Apr 27, 2019,
www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/step-by-step-to-use-xbee-from-digi.html
- [43] Nuttakan Chuntra.**OpenCV** Retrieved Apr 27, 2019,
www.medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414

ภาคผนวก



ภาคผนวก

1. ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

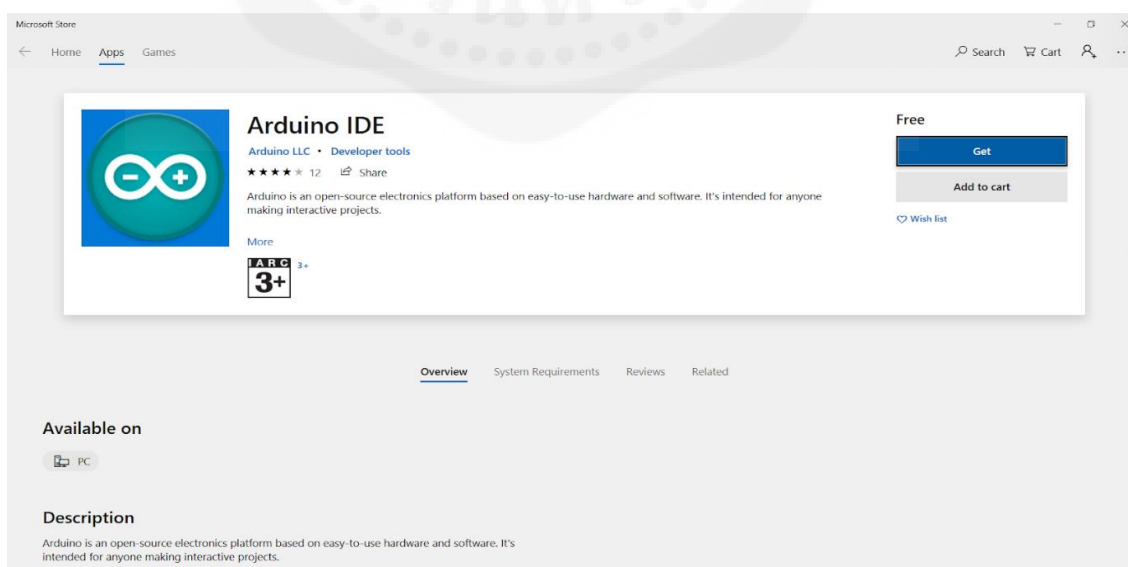
1.1 เข้าที่เว็บไซต์ <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

เลือกที่ “ Windows app Requires Win 8.1 or 10” และกด Just Download

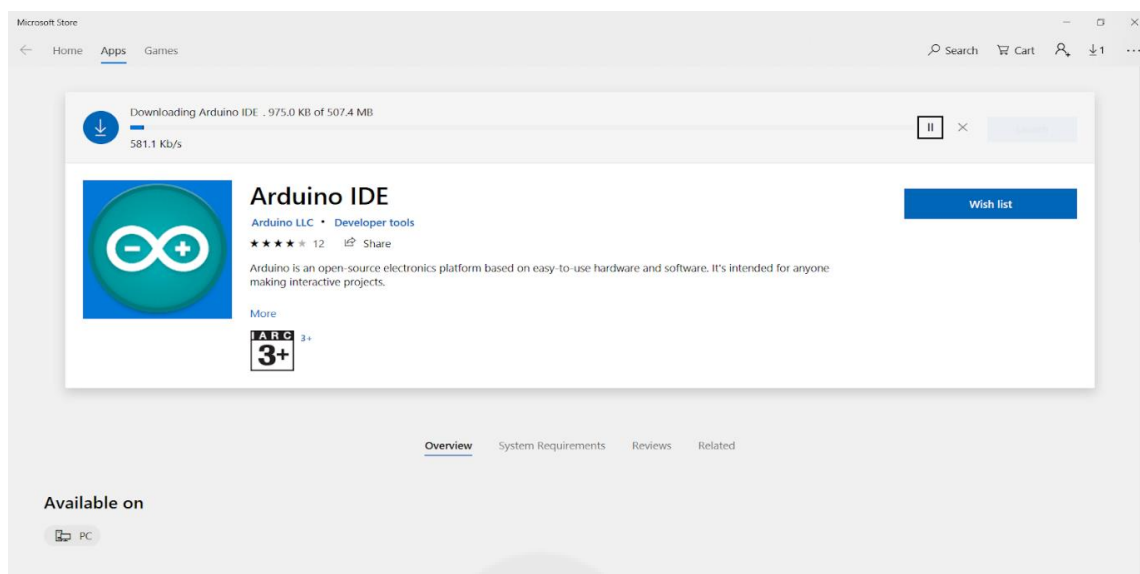


รูปที่ 1: รูปภาพการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

1.2 หลังจากกด Just Download แล้วจะขึ้นหน้า Application ของ Microsoft ขึ้นมาให้กดที่รับ (Get) และกดติดตั้ง (Install) โปรแกรมจะเริ่ม Download

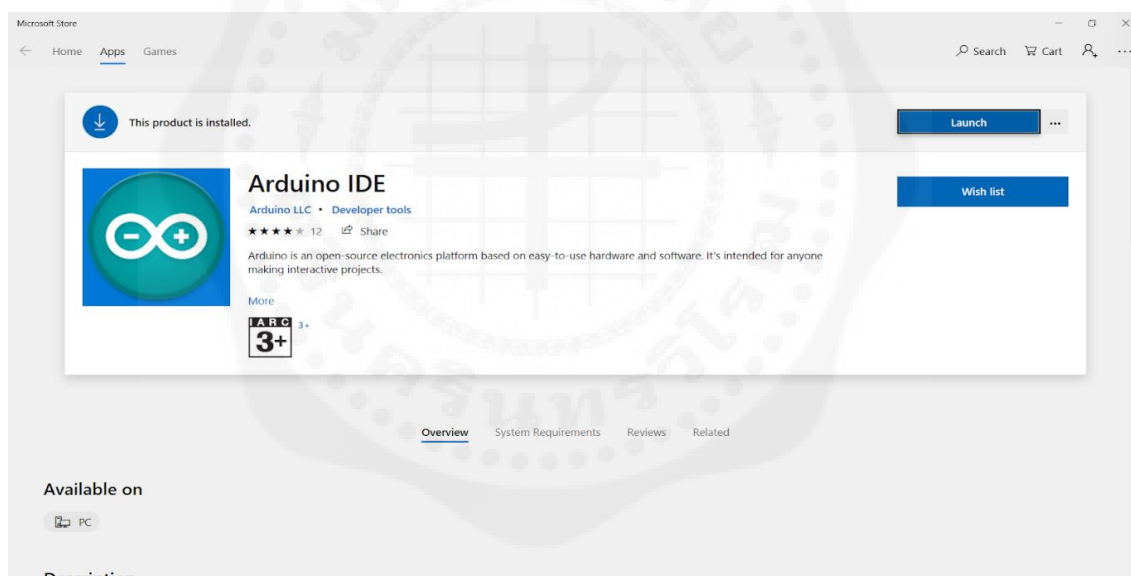


รูปที่ 2: รูปภาพการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE



รูปที่ 3: รูปภาพการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

1.3 หลังจากติดตั้งเสร็จแล้ว (Installed) ให้กดที่ Launch



รูปที่ 4: รูปภาพการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

1.4 หน้าโปรแกรมจะแสดงขึ้นมา พร้อมใช้งาน



รูปที่ 5: รูปภาพโปรแกรม Arduino IDE

2. ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Raspbian

2.1 Download NOOBS เครื่องมือที่ในการช่วยติดตั้งระบบปฏิบัติการให้ Raspberry Pi ที่เว็บไซต์ <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/>

2.2 Format Micro SD Card โดยมี File System เป็น FAT32

2.3 แยก Zip ไฟล์ไปที่ Micro SD Card ที่จะใช้ลง OS

2.4 นำ Micro SD Card มาใส่เครื่อง Raspberry Pi 3 Model B

2.5 เปิดเครื่อง Raspberry Pi จะพบหน้าจอการติดตั้ง ให้เลือกระบบปฏิบัติการ Raspbian แล้วกด Install

2.6 เมื่อติดตั้งเสร็จระบบจะมี Default คือ Username คือ pi และ Password คือ raspberry

2.7 หลังจากนั้นจะได้ Raspberry Pi ที่พร้อมใช้งาน

3. ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Node-red

3.1 เปิดเครื่อง Raspberry Pi

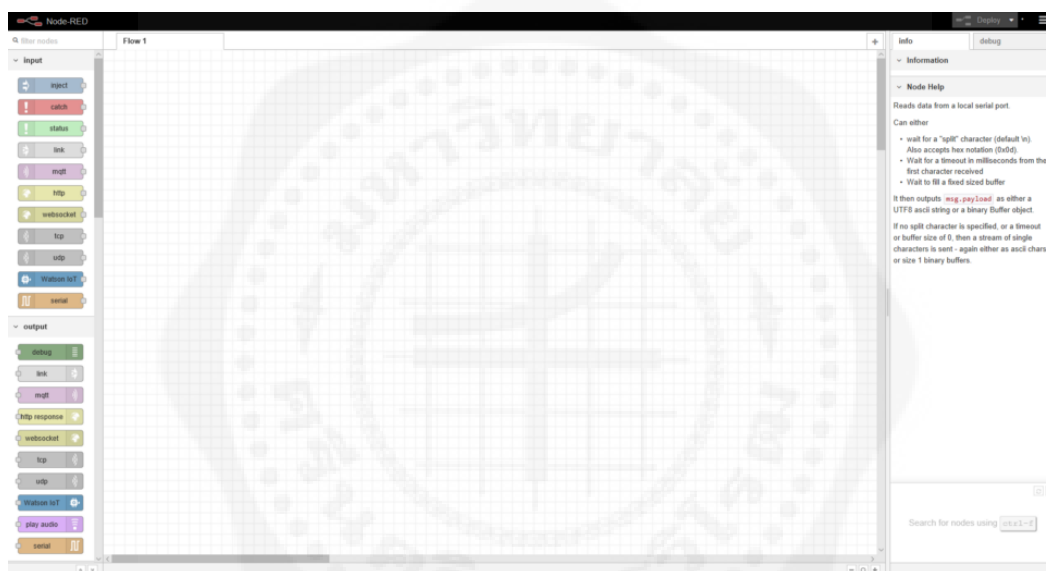
3.2 ติดตั้ง NodeJS ที่เว็บไซต์ <https://nodejs.org/en/download/>

3.3 เปิดหน้าต่าง CMD แล้วพิมพ์ชุดคำสั่ง `sudo npm install -g --unsafe-perm node-red`

3.4 รันคำสั่ง `node-red` ในหน้าต่าง CMD

3.5 เข้าหน้าเว็บไซต์ตาม url ที่แสดงในหน้าต่าง CMD

3.6 ได้ Node-RED ที่พร้อมใช้งาน

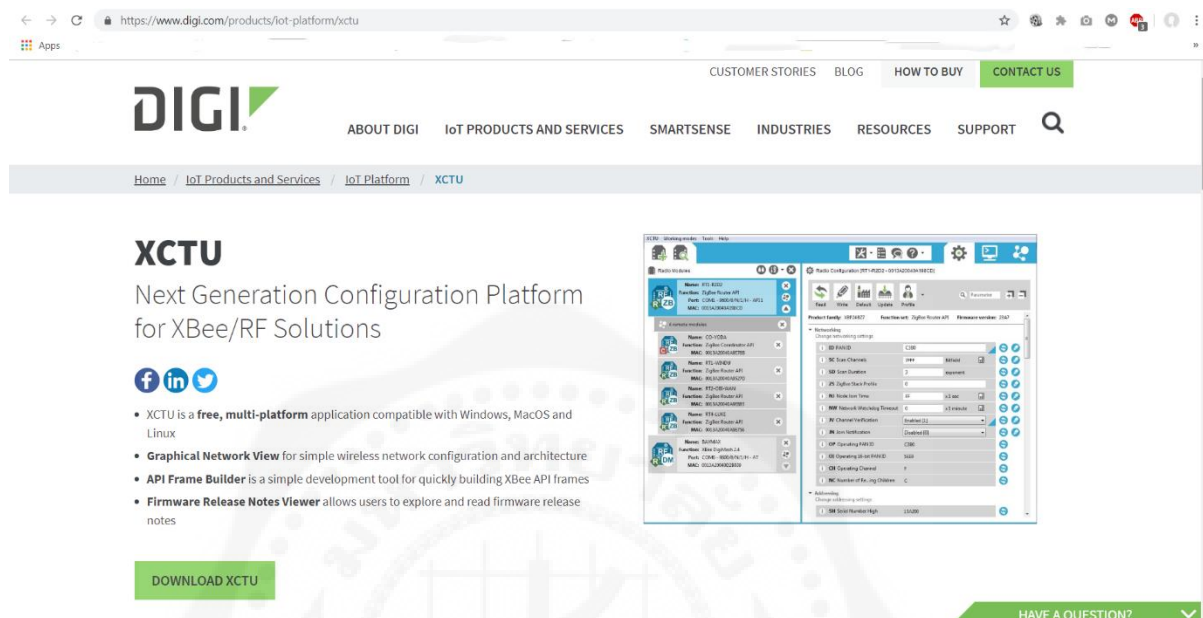


รูปที่ 6: รูปหน้าจอของ Node-red

4. ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม X-CTU

4.1 เข้าที่เว็บไซต์ <http://www.digi.com/xctu>

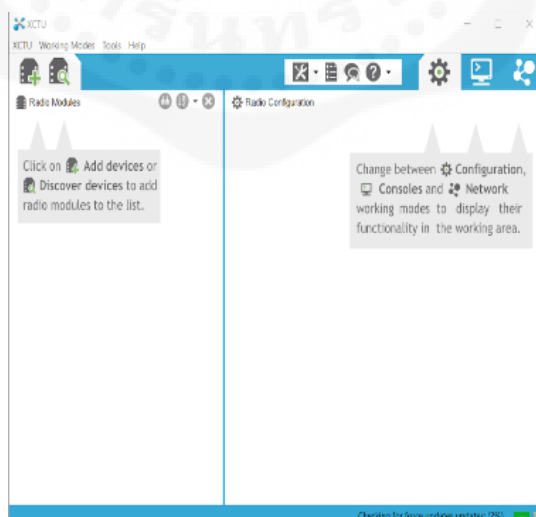
4.2 กด Download XCTU และเลือก XCTU v. 6.4.3 Windows x86/x64



รูปที่ 7: รูปภาพการติดตั้งโปรแกรม X-CTU

4.3 เมื่อDownloadเสร็จแล้วให้กด Install

4.4 จะได้โปรแกรม X-CTU ที่พร้อมใช้งาน



รูปที่ 8: รูปภาพโปรแกรม X-CTU