

ระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอราเพื่อการติดตามคุณภาพน้ำ

ENVIRONMENTAL SENSOR SYSTEM USING LORA TECHNOLOGY
FOR WATER QUALITY MONITORING

อัจฉริยา	มะธิมะตา
พัสวีย์	มีสีพ่อง
รินทรนภา	ฤทธิรงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2561

ระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอราเพื่อการติดตามคุณภาพน้ำ
ENVIRONMENTAL SENSOR SYSTEM USING LORA TECHNOLOGY
FOR WATER QUALITY MONITORING

อัจฉริยา	มะธิมะตา
พัสวีย์	มีสีผ่อง
รินทรนภา	ฤทธิ์รงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2561

ENVIRONMENTAL SENSOR SYSTEM USING LORA TECHNOLOGY
FOR WATER QUALITY MONITORING

ATCHARIYA	MATIMATA
PASSAWEE	MEESEEPONG
RINNAPA	RITTHIRONG

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
BURAPHA UNIVERSITY 2018

ปริญญานิพนธ์	ระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอราเพื่อการติดตาม
โดย	คุณภาพน้ำ นางสาวอัจฉริยา มะธิมะตา นางสาวพัสวีย์ มีสีผ่อง นางสาวรินทร์นภา ฤทธิรงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สัณชัย เอียดปราบ
จำนวนหน้า	81 หน้า
ปีการศึกษา	2561

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(ดร.ภาณุวัฒน์ ด้านกลาง)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา ปัญญาวรรณ)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สัณชัย เอียดปราบ)

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
(ดร.ณัฐพันธ์ ถนอมสัตย์)

บทคัดย่อ

การวัดคุณภาพน้ำโดยทั่วไปแล้วจะต้องทำการวัดค่า ณ จุดที่ต้องการทดสอบ หากพื้นที่ที่ต้องการวัดทดสอบมีขนาดใหญ่ก็จะต้องเพิ่มจุดทดสอบหลายจุด และถ้าเป็นการวัดซ้ำ ๆ เพื่อติดตามคุณภาพน้ำด้วยแล้วยิ่งทำให้เกิดความยุ่งยาก และใช้เวลานาน โครงการนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้ออกแบบระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอราเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำ เป็นการวัดและเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตามพื้นที่ที่ต้องการซ้ำ ๆ ตามเวลาที่กำหนด ซึ่งค่าที่ทำการวัดนั้น ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์ หลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ คือ ข้อมูลจากเซนเซอร์จะส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอราโดยมีการใช้โปรโตคอลลอราที่ออกแบบแพ็กเก็ตสำหรับในการส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ลอรา ใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลมาที่ฐานข้อมูล Firebase และแสดงผลผ่านเว็บไซต์โดยใช้ภาษา HTML JavaScript และ CSS ในการทดสอบใช้งานพบว่าในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางเทคโนโลยีลอราสามารถรับส่งข้อมูลถึงกันในระยะ 0-4.47 กิโลเมตร มีระดับความไวในการรับส่งสัญญาณอยู่ที่ -8 dBm ถึง -119 dBm เมื่อระยะทางไกลขึ้นสัญญาณการรับส่งผ่านเทคโนโลยีลอราเริ่มอ่อนลง คือมีระดับความไวในการรับสัญญาณอยู่ที่ -120 dBm เนื่องจากมุมอับสัญญาณและค่าความถูกต้องของการวัดค่าคุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เซนเซอร์ และเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งพบว่าอุปกรณ์บางตัวทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการเก็บรักษาหัววัดเป็นสิ่งสำคัญ

คำสำคัญ: การวัดคุณภาพน้ำ ระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีลอรา

Abstract

In general, the water quality measurements must be measured at the point of testing. If the area that needs to be tested is very large, there will need to add several test points. If there are repeated measurements to track the water quality, it will be complicated and it will take a long time. This project give precedence to the above problems and design the environmental sensors using LoRa technology to track the water quality. It is a measurement and data collection of water quality according to the area that requires repeated testing at the specified time. The values for the measurement are temperature, Potential of Hydrogen ion, Dissolved Oxygen and Oxidation Reduction Potential. The working principle of the sensor system is that the data from the sensor will be sent via the LoRa technology, using the LoRa protocol that designed a package for sending data to the LoRa gateway. The internet network is the medium for sending data to the Firebase database and is displayed via the website using HTML, JavaScript and CSS. In the test of usage, it was found that the areas with LoRa technological obstacles can receive and send data at a distance of 0-4.47 kilometers. The level of received signal strength indicator is will be at -8 dBm to -119 dBm. If the distance is longer, the signal of transmitting through the Laura technology will begin to weaken. The received signal strength indicator will be at -120 dBm because the airless and accuracy of the water quality measurement depends on the tolerance of the sensor device. When used for a while, it was found that some devices do not work efficiently because keeping the measure is important.

Keywords: Water quality measurement, Environmental sensor system, LoRa technology

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร. สัญชัย เอียดปราบ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ คอยให้แนวคิด คำปรึกษาคำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำปริญญาานิพนธ์มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ผู้ดำเนินโครงการ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ อีกทั้งขอขอบพระคุณที่สนับสนุนโครงการในครั้งนี้ ซึ่งทำให้โครงการในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญาานิพนธ์นี้ ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ ให้ความสะดวกสบาย รวมทั้งเป็นผู้ให้กำลังใจ และให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง ผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้ การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ จนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ii
Abstract	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูปภาพ	vii
สารบัญตาราง	x
บทที่ 1 บทนำ	2
1.1 บทนำ	2
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ	3
1.4 แผนการดำเนินการ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ	5
2.1.1 อุณหภูมิ	5
2.1.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง	6
2.1.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	7
2.1.4 ความสามารถในการออกซิไดซ์	8
2.2 เทคโนโลยีลอรา	9
2.2.1 ความถี่ของลอรา	10
2.2.2 ลอรา กับสถาปัตยกรรมเครือข่าย	10
2.2.3 ลักษณะของการสื่อสารระหว่าง LoRa-Wan และอุปกรณ์ลอรา	11
2.2.3.1 Class A (all)	11
2.2.3.2 Class B (beacon)	11
2.2.3.3 Class C (continuous)	12
2.2.4 ค่าความไวในการรับสัญญาณ	13
2.2.5 ข้อดีของเทคโนโลยีลอรา	13
2.2.6 รูปแบบการใช้งานเทคโนโลยีลอรา	15
2.3 เทคโนโลยีการระบุตำแหน่ง	16
2.3.1 การทำงานของ GPS	16
2.4 พื้นฐาน ESP32	17

2.4.1 บอร์ดพัฒนา ESP32 จากค่าย TTGO.....	18
2.4.1.1 TTGO V8.....	18
2.4.1.2 TTGO T-Beam.....	19
2.4.1.3 TTGO WiFi.....	19
2.4.2 การเลือกใช้ชุดซอฟต์แวร์พัฒนา.....	19
2.5 ฐานข้อมูล.....	20
2.5.1 พื้นฐาน Google Firebase	20
2.5.2 การให้บริการ	21
2.6 เว็บเพจ.....	21
2.6.1 ภาษาที่ใช้ในการสร้างเว็บ	22
2.6.1.1 HTML (ย่อมาจาก Hyper Text Markup Language)	22
2.6.1.2 CSS (ย่อมาจาก Cascading Style Sheets).....	23
2.6.1.3 JavaScript	24
2.7 XAMPP	25
2.8 Sublime Text	26
บทที่ 3 แนวคิดและการออกแบบ.....	28
3.1 การเลือกใช้เซนเซอร์สำหรับวัดคุณภาพน้ำ.....	28
3.1.1 อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ	29
3.1.2 อุปกรณ์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง.....	30
3.1.3 อุปกรณ์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์	32
3.1.4 อุปกรณ์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ	33
3.2 การออกแบบวงจรสำหรับการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลora	36
3.3 การออกแบบการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลora	38
3.4 การออกแบบข้อมูลแบบแพ็กเก็ต.....	43
3.5 ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง.....	45
3.6 ออกแบบเว็บไซต์สำหรับการแสดงผลแบบเวลาจริง	51
บทที่ 4 ผลการดำเนินการโครงการ	59
4.1 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำ.....	59
4.2 การทดสอบระยะทางที่สามารถรับส่งข้อมูลของเทคโนโลยีลora	62
4.3 ทดสอบการวัดคุณภาพน้ำ.....	65
4.4 ทดสอบการลอยตัวอยู่บนผิวน้ำของโครงสร้าง.....	68
4.5 ทดสอบการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล	70
4.6 ทดสอบการแสดงผลและวิเคราะห์ผลบนหน้าเว็บไซต์	70

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ และข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	73
5.2 ปัญหา และอุปสรรคที่พบ	74
5.3 ข้อเสนอแนะ	74
5.4 สิ่งที่ได้จากการทดลอง	74
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	78

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 สถานะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7
รูปที่ 2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม	7
รูปที่ 2.3 แนวโน้มของชนิดสารเคมีเพื่อรับอิเล็กทรอนิกส์และให้อิเล็กตรอน ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม	8
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์เทคโนโลยีลอร์รา	9
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของเครือข่ายลอร์รา	10
รูปที่ 2.6 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอร์รา Class A.....	11
รูปที่ 2.7 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอร์รา Class B.....	12
รูปที่ 2.8 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอร์รา Class C.....	12
รูปที่ 2.9 IoT Pricing Vs. Quality of Service (QoS).....	14
รูปที่ 2.10 รูปแบบการใช้งานของเทคโนโลยีลอร์รา.....	15
รูปที่ 2.11 เปรียบเทียบการส่งข้อมูลของ WiFi Bluetooth และ LoRa แบบระหว่างจุด	15
รูปที่ 2.12 ชิปไอซี ESP32 ในรูปตัวถัง QFN-32	18
รูปที่ 2.13 บอร์ด TTGO V8.....	18
รูปที่ 2.14 บอร์ดTTGO T-Beam.....	19
รูปที่ 2.15 บอร์ด TTGO WiFi.....	19
รูปที่ 2.16 การพัฒนามาเป็น Google Firebase 2.0.....	20
รูปที่ 2.17 โครงสร้างภาษา HTML	22
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการใช้ CSS ตกแต่งเอกสารเว็บเพจ	23
รูปที่ 2.19 การแสดงผลบนเอกสารเว็บเพจ	24
รูปที่ 2.20 การใช้งาน JavaScript.....	25
รูปที่ 2.21 โปรแกรม XAMPP	26
รูปที่ 2.22 โปรแกรม Sublime Text.....	27
รูปที่ 3.1 แบบจำลองระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอร์รา.....	28
รูปที่ 3.2 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ	29
รูปที่ 3.3 โมดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดอุณหภูมิ	29
รูปที่ 3.4 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง.....	30
รูปที่ 3.5 โมดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความเป็นกรดเป็นด่าง	30
รูปที่ 3.6 สารสอบเทียบมาตรฐาน	31
รูปที่ 3.7 การต่อโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างกับโมดูลและจอแสดงผล.....	31
รูปที่ 3.8 การต่อโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างกับโมดูลและจอแสดงผล	32
รูปที่ 3.9 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์	32

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 มอดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความสามารถในการออกซิไดซ์.....	32
รูปที่ 3.11 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ	33
รูปที่ 3.12 บอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ.....	33
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการใช้สารละลายโซดาไฟ 0.5 โมลต่อลิตรกับโพรบเซนเซอร์	34
รูปที่ 3.14 การต่อเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำเข้ากับบอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ.....	34
รูปที่ 3.15 แสดงผลที่ได้จากการพิมพ์ Calibration	35
รูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการพิมพ์ SATCAL	35
รูปที่ 3.17 ผลที่ได้จากการพิมพ์ EXIT	36
รูปที่ 3.18 การต่อวงจรสำหรับการส่งข้อมูลด้วย TTGO ESP32 LoRa 923 MHz	37
รูปที่ 3.19 การทำงานของเทคโนโลยีลอราสำหรับภาคส่ง.....	39
รูปที่ 3.20 หน้าต่างไลบรารีสำหรับการใช้งานลอรา.....	40
รูปที่ 3.21 ขั้นตอนการเปิดไฟล์ LoRaSender.ino.....	40
รูปที่ 3.22 การออกแบบการส่งข้อมูลโดยใช้คำสั่งเทคโนโลยีลอรา	41
รูปที่ 3.23 การส่งข้อมูลแบบแฟ้มเกิด.....	42
รูปที่ 3.24 การรับข้อมูลแบบแฟ้มเกิด	43
รูปที่ 3.25 การออกแบบข้อมูลแบบแฟ้มเกิด	44
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบแฟ้มเกิด	44
รูปที่ 3.27 การเริ่มต้นใช้งาน.....	45
รูปที่ 3.28 การเพิ่มโครงการ	46
รูปที่ 3.29 การสร้างโครงการ.....	46
รูปที่ 3.30 การตั้งค่าโครงการ.....	47
รูปที่ 3.31 การตั้งค่าบัญชีบริการ.....	47
รูปที่ 3.32 การคัดลอก Token Firebase.....	48
รูปที่ 3.33 การสร้างฐานข้อมูล	48
รูปที่ 3.34 การเปิดใช้โหมดทดสอบสำหรับฐานข้อมูลแบบเวลาจริง	49
รูปที่ 3.35 การคัดลอก URL Firebase	49
รูปที่ 3.36 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง.....	50
รูปที่ 3.37 เว็บเพจหน้า HOME ที่ได้ทำการออกแบบ.....	51
รูปที่ 3.38 เว็บเพจหน้า DATA ที่ได้ทำการออกแบบ	52
รูปที่ 3.39 เว็บเพจหน้า DATA ที่ได้ทำการออกแบบ	52
รูปที่ 3.40 เว็บเพจหน้า LOCATION ที่ได้ทำการออกแบบ	53

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.41 เว็บเพจหน้า CONTACT ที่ได้ทำการออกแบบ	53
รูปที่ 3.42 แผนผังการเข้าถึงข้อมูลจากฐานข้อมูล	54
รูปที่ 3.43 ข้อมูลที่ได้ทำการเข้าถึงจากฐานข้อมูล	55
รูปที่ 3.44 แผนผังการเข้าถึงข้อมูลจากฐานข้อมูล	55
รูปที่ 3.45 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิ	56
รูปที่ 3.46 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของความเป็นกรดเป็นด่าง	57
รูปที่ 3.47 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของออกซิเจนที่ละลายน้ำ	58
รูปที่ 4.1 ระยะเวลาที่สามารถรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา	62
รูปที่ 4.2 ข้อมูลทางเทคโนโลยีลอราภาคส่ง	63
รูปที่ 4.3 ข้อมูลแบบแพ็กเก็ต	63
รูปที่ 4.4 ตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ	65
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ	66
รูปที่ 4.6 ตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ	66
รูปที่ 4.7 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระ	67
รูปที่ 4.8 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระ	67
รูปที่ 4.9 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระ	67
รูปที่ 4.10 การทดสอบการลอยตัวอยู่บนผิวน้ำของโครงสร้าง	68
รูปที่ 4.11 ฟันลอยน้ำเมื่อปล่อยทิ้งไว้มากกว่า 5 วัน	69
รูปที่ 4.12 อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำที่มีคราบของตะไคร่น้ำติดบริเวณตัวอุปกรณ์	69
รูปที่ 4.13 อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำที่มีคราบของตะไคร่น้ำติดบริเวณหน้าผิวสัมผัสของอุปกรณ์	69
รูปที่ 4.14 การเก็บข้อมูลในลักษณะชุดข้อมูล ณ เวลานั้น ๆ	70
รูปที่ 4.15 ข้อมูลที่ทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูล	70
รูปที่ 4.16 ข้อมูลและการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำในรูปแบบตาราง	71
รูปที่ 4.17 ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปแบบกราฟ	71

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ	3
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำ.....	59
ตารางที่ 4.2 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่าง.....	59
ตารางที่ 4.3 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิ	60
ตารางที่ 4.4 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์	61
ตารางที่ 4.5 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนละลายน้ำ	61
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของระยะทาง และสัญญาณในการรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีบลูทูธ	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

การเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำเป็นการวัด และเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำตามพื้นที่ที่ต้องการซ้ำ ๆ ตามเวลาที่กำหนด โดยอาจจะทำการวัดทุกหนึ่งนาทียหรือทุกหนึ่งชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งค่าที่ทำการวัดนั้น ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความเป็นกรดเป็นด่าง (Potential of Hydrogen ion: pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) และความสามารถในการออกซิไดซ์ (Oxidation Reduction Potential: ORP) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถานภาพของน้ำหรือคาดการณ์ปัญหาที่จะเกิดขึ้น และสามารถหาทางแก้ไขได้ทันเวลา แต่การวัดคุณภาพน้ำโดยทั่วไปแล้วจะได้ค่าที่บริเวณที่ทำการวัดเท่านั้น หากพื้นที่ที่ต้องการวัดทดสอบมีขนาดใหญ่ก็ต้องเพิ่มจุดทดสอบหลายจุด และถ้าเป็นการวัดซ้ำ ๆ เพื่อติดตามคุณภาพน้ำด้วยแล้วยิ่งทำให้เกิดความยุ่งยาก และใช้เวลานาน จึงจำเป็นต้องใช้ระบบเครือข่ายในการรับ-ส่ง และเก็บข้อมูลของอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำทั้งหมด

เทคโนโลยีลอรา (LoRa) เป็นเทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบไร้สายในระยะไกล ใช้พลังงานต่ำ มีย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 923 MHz โดยที่ไม่ต้องขออนุญาต โดยโครงงานนี้ใช้อุปกรณ์พื้นฐานเป็นบอร์ด TTGO T-Beam ESP32 LoRa 923 MHz 2 ตัว เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย ดังนั้นโครงงานนี้ จึงนำเสนอการนำเทคโนโลยีลอรามาประยุกต์ใช้กับการเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำ โดยจะสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งหมด 4 ตัว เซนเซอร์แต่ละตัวจะสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยระบบเซนเซอร์ที่นำมาใช้ในการวัดคุณภาพน้ำ จะถูกติดตั้งไว้ที่บอร์ดฝั่งส่งข้อมูล เพื่อส่งข้อมูลไปยังฝั่งรับ แล้วทำการรวบรวมข้อมูลที่วัดได้ส่งต่อไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อแสดงผลคุณภาพน้ำและทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบบเวลาจริงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการวัดคุณภาพน้ำโดยใช้เซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 4 ตัว ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง เซนเซอร์วัดออกปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และเซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์
- 2) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา และการเลือกใช้โปรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูลให้เหมาะสม
- 3) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการระบุตำแหน่งอุปกรณ์โดยใช้หลักการการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)
- 4) เพื่อออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา
- 5) เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง

1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

- 1) ออกแบบ และสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา โดยสามารถวัดค่า อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยใช้แบตเตอรี่ที่ชาร์จพลังงาน
- 2) ใช้บอร์ด TTGO T-Beam ESP32 LoRa 923 MHz เป็นตัวควบคุมเซนเซอร์ และส่งข้อมูลผ่าน เทคโนโลยีลอรา
- 3) สร้างฐานข้อมูลโดยใช้ Firebase Realtime Database
- 4) สร้างหน้าเว็บสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำและแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริงโดยใช้ภาษา HTML JavaScript และ CSS
- 5) พื้นที่ในการทดสอบคือแหล่งน้ำสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา

1.4 แผนการดำเนินการ

- 1) จัดทำ และเสนอหัวข้อโครงการ
- 2) ศึกษารูปแบบ และหลักการทำงานของเซนเซอร์เซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม
- 3) ศึกษาหลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม
- 4) ออกแบบ และสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา
- 5) ศึกษาการเลือกใช้โปรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูล
- 6) วิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
- 7) ทดสอบระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา
- 8) ออกแบบ และสร้างฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ
- 9) ออกแบบ และสร้างหน้าเว็บไซต์สำหรับวิเคราะห์และแสดงผลคุณภาพน้ำ
- 10) ประเมินผลการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง
- 11) จัดทำเอกสารโครงการฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนที่	โครงการวิศวกรรม 1																				โครงการวิศวกรรม 2																			
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1																																								
2																																								
3																																								
4																																								
5																																								
6																																								
7																																								
8																																								
9																																								
10																																								
11																																								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ความรู้เกี่ยวกับการวัดคุณภาพน้ำโดยใช้เซนเซอร์
- 2) ได้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา และการเลือกใช้โปรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูลให้เหมาะสม
- 3) สามารถออกแบบ และสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา
- 4) สามารถนำระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอราไปประยุกต์ใช้จริง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำโครงการสร้างระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา เพื่อการติดตามคุณภาพน้ำ จำเป็นต้องศึกษาความรู้ทางด้านทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้อง โดยการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งต่างๆ สามารถสรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

2.1 ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ

ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ เป็นตัวชี้วัดบอกว่าคุณภาพน้ำดี หรือ ไม่ดี โดยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารที่สนใจวัดค่า การวัดประเมินค่าคุณภาพน้ำนั้นจะมีการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารที่เกิดขึ้น กับสภาพตามธรรมชาติ สภาพอ้างอิง หรือสภาพเดิม ตามเงื่อนไขที่จะปกป้องสุขภาพของมนุษย์ หรือนิเวศวิทยาเป็นหลัก ตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้ในการวัดคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ ได้แก่

- 1) อุณหภูมิ (Temperature)
- 2) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (Potential of Hydrogen ion: pH)
- 3) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)
- 4) ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ (Oxidation Reduction Potential: ORP)

2.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือการวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาค ในสารใด ๆ เกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัวหรือแต่ละโมเลกุลของสาร เมื่อใส่พลังงานความร้อนให้กับสาร อะตอมของสารจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อทำการลดพลังงานความร้อน อะตอมของสารจะเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งหากต้มน้ำด้วยถ้วยและหม้อบนเตาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำในถ้วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่า แต่จะมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าในหม้อ เนื่องจากปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสารนั้น ในการศึกษาฟิสิกส์เชิงสถิติ สามารถตีความค่านิยามอุณหภูมิในอุณหพลศาสตร์ว่า เป็นการวัดพลังงานเฉลี่ยของอนุภาคในแต่ละองศาอิสระในระบบอุณหพลศาสตร์ โดยที่อุณหภูมินั้นสามารถมองเป็นคุณสมบัติเชิงสถิติ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2561)

ความสัมพันธ์ของค่าความเป็นกรดเป็นด่างกับอุณหภูมิ สำหรับตัวเลขที่แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ถ้าพิจารณาอย่างง่ายที่อุณหภูมิห้อง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 7 แสดงว่าสารนั้นเป็นกลางไม่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่าง เช่น น้ำบริสุทธิ์ ถ้ามีค่าน้อยกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด และถ้ามากกว่า 7 แสดงว่าเป็นด่าง (Chananchida Phoking, 2553)

ความสัมพันธ์ของปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำกับอุณหภูมิ เป็นเครื่องบ่งบอกการชี้บอกคุณภาพของน้ำในแหล่งนั้น ถ้าหากปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำน้อยผิดปกติ แสดงว่าน้ำเสีย ทำให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อยู่ไม่ได้ ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ มาจากอากาศเป็นแหล่งสำคัญ ปริมาณการละลายของ

ออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันอากาศ หากอุณหภูมิของน้ำต่ำ ทำให้กาซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงในน้ำได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำมีค่ามาก และในทางกลับกัน หากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ทำให้กาซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงในน้ำได้น้อยลง ทำให้ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำมีค่าน้อย แต่ถ้าความดันอากาศสูงขึ้นจะละลายได้มากขึ้น อยู่ที่ปริมาณธาตุอาหารมากน้อยในแหล่งน้ำนั้นด้วย น้ำโสโครกจากชุมชนทำให้น้ำในแหล่งน้ำเน่าเสียเพราะสิ่งโสโครกมักมีสารอินทรีย์ซึ่งจะมีการย่อยสลายโดยแบคทีเรียจุลินทรีย์เหล่านั้นต้องการออกซิเจนในการย่อยสลาย สารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง มลพิษทางน้ำอาจเกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำจากเกษตรกรรมด้วย ปลาหายใจในน้ำ เนื่องจากปลาใช้ออกซิเจนจากน้ำ ไม่ใช่จากอากาศ น้ำผ่านช่องปาก แล้วผ่านไปเข้าช่องเหงือกเหงือกจะรับเอาออกซิเจนไว้ แล้วถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับน้ำที่ผ่านเข้าไป (กฤษณา ชูติมา, 2541)

สำหรับการวัดอุณหภูมิของน้ำนั้นจะหมายถึงการวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำรับไว้ รวมทั้งดินและอากาศที่อยู่บริเวณโดยรอบด้วย ถ้าน้ำรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากก็จะทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ น้ำจากโรงงานก็อาจทำให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำสูงขึ้นได้อีกทางหนึ่ง การระเหยของน้ำที่ผิวโลกสามารถช่วยลดอุณหภูมิของน้ำในบริเวณผิวน้ำที่ไม่ลึกนัก การวัดอุณหภูมิของน้ำทำให้เข้าใจถึงรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบปี ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลสูงต่อปริมาณและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

2.1.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นตัววัดปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย หากค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำจะมีไฮโดรเจนไอออนอิสระอยู่ในน้ำจำนวนมากในขณะที่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงมีไฮโดรเจนไอออนอิสระอยู่ในน้ำเพียงเล็กน้อย ในทางเทคนิคค่าความเป็นกรดเป็นด่างเป็นลอการิทึมเชิงลบของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย และยังสามารถอธิบายความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของสารละลาย หากค่ามีต่ำ แสดงถึงสภาวะความเป็นกรดและหากมีค่าสูงแสดงถึงสภาวะความเป็นด่าง ดังนั้น ความเป็นกรดเป็นด่างจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากและใช้ในการตรวจสอบความปลอดภัยของสภาพน้ำ สัตว์หลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 9 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อาจบ่งบอกถึงมลภาวะทางน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีหรือฝนกรด

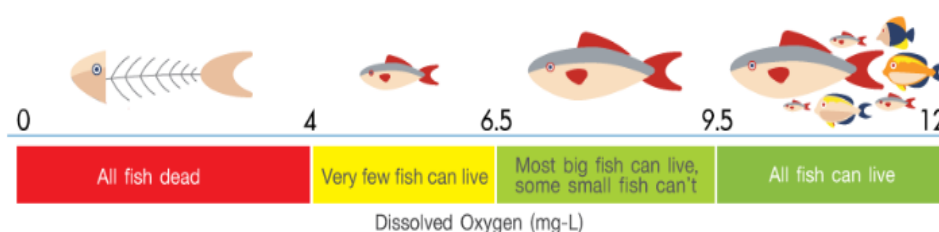
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง สามารถวัดได้โดยถูกวัดออกมาเป็นปริมาณค่าโดยมีค่าจาก 0 ถึง 14 โดยหากมีค่าเป็น 7 คือ ค่าที่เป็นกลาง ค่าที่ต่ำกว่า 7 เป็นกรด ค่าที่มากกว่า 7 เป็นด่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่น้อยกว่าแสดงถึงจำนวนไฮโดรเจนไอออนที่มากกว่า และค่าความเป็นกรดเป็นด่างแต่ละหน่วยแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน 10 เท่าและปริมาณความเป็นกรดตัวอย่างเช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง 6 มีไฮโดรเจนไอออนอิสระมากกว่า ความเป็นกรดเป็นด่าง 7 จำนวน 10 เท่า และมีไฮโดรเจนไอออนอิสระมากกว่า ความเป็นกรดเป็นด่าง 8 จำนวน 100 เท่า (บริษัท จัสท์ คอนเน็ก จำกัด, 2561)



รูปที่ 2.1 สถานะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ที่มา: Warunya (2561)

2.1.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำต้องการปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตในน้ำต้องการออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอย่างน้อยที่สุด 6 mg/L เพื่อการเติบโตและการพัฒนาการของชีวิต อุณหภูมิของน้ำและระดับความสูงของพื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่สามารถละลายได้ในน้ำ หรือเรียกว่า ค่าสมดุล บ่งบอกการขับเคลื่อนคุณภาพของน้ำในแหล่งนั้น ถ้าหากปริมาณออกซิเจนน้อยผิดปกติ แสดงว่า น้ำเสีย ทำให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อยู่ไม่ได้ ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปแล้วพบว่าน้ำที่อุ่นกว่าไม่สามารถดึงหรือละลายออกซิเจนไว้ได้มากเท่ากับน้ำที่เย็นกว่า ในทำนองเดียวกันน้ำที่พบในระดับที่มีความสูงกว่าไม่สามารถดึงหรือละลายออกซิเจนไว้ได้มากเท่ากับน้ำที่พบในพื้นที่ระดับที่ต่ำกว่า ในส่วนของปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ตรวจวัดได้นั้น อาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าสมดุลได้ เนื่องจากแบคทีเรียในแหล่งน้ำจะใช้ออกซิเจนในขณะที่กำลังย่อยสลายเศษซากพืช ซากสัตว์ในแหล่งน้ำนั้น ซึ่งอาจทำให้ระดับของออกซิเจนที่ละลายน้ำในแหล่งน้ำนั้นลดลง ในทางกลับกันพบว่าสาหร่ายในน้ำจะสร้างออกซิเจนในขณะที่ทำการสังเคราะห์แสง ซึ่งทำให้ในบางครั้งพบว่า ในช่วงฤดูร้อน ระดับของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะสูงกว่าในฤดูอื่น ในการตรวจวัดออกซิเจนละลายน้ำสามารถทำได้โดยวิธีการไตเตรต ซึ่งอาจเก็บน้ำตัวอย่างมาตรวจวัดทันทีในห้องปฏิบัติการ หรืออาจตรวจวัดในภาคสนามโดยชุดตรวจวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งจะมีคู่มือแสดงขั้นตอนการตรวจวัดอย่างชัดเจน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

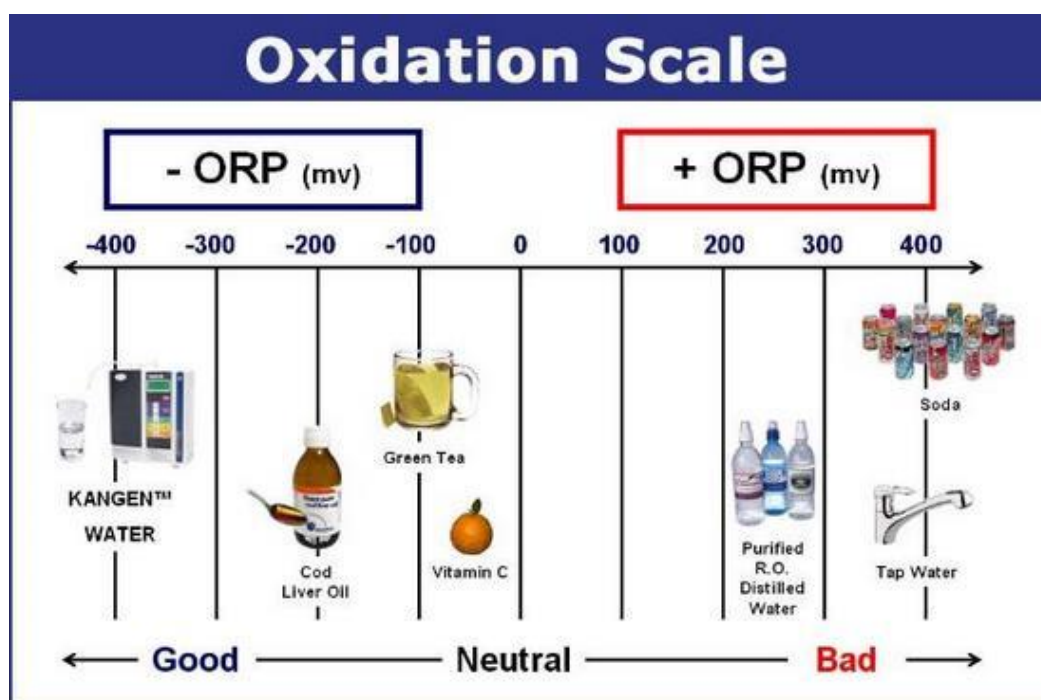


รูปที่ 2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม
ที่มา: บริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (2559)

2.1.4 ความสามารถในการออกซิไดซ์

ความสามารถในการเกิดออกซิเดชัน และการเกิดรีดักชัน หากความสามารถในการรีดักชันมีค่าสูง จะให้ค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์ ลดลง (เป็นลบ) แต่หากความสามารถในการออกซิเดชันมีค่าสูง จะให้ค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์สูงขึ้น (เป็นบวก) โดยทั่วไปแล้ว ความสามารถในการออกซิไดซ์ จะวัดในหน่วย mV ตัวชี้วัดค่าความสามารถในการออกซิไดซ์จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างแสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำ เช่น น้ำที่มีประจุบวก เหมาะสำหรับฆ่าเชื้อโรค (ความสามารถในการออกซิไดซ์เป็นบวก ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าต่ำกว่า 7) น้ำดื่มที่มีอิเล็กตรอนประจุลบเหมาะสำหรับบริโภค (ความสามารถในการออกซิไดซ์เป็นลบ ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่ามากกว่า 7)

น้ำโดยทั่วไปเช่นน้ำประปา น้ำบาดาล น้ำพุ และน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ต่างก็มีค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์ ที่สูงถึง 300 มิลลิโวลต์ สามารถเห็นจากแผนภูมิได้ว่า น้ำประปาโดยทั่วไปแล้วจะมีค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์ สูงสุดที่ 354 มิลลิโวลต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลนี้แล้ว อวัยวะแต่ละอวัยวะในระบบย่อยอาหาร มีระดับค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ที่เฉพาะเจาะจงตั้งแต่ -10 มิลลิโวลต์ ถึง -250 มิลลิโวลต์ และสำหรับ น้ำดื่มควรมีค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์ เป็นลบเพื่อสุขภาพของตน แต่หากค่าความสามารถในการออกซิไดซ์เป็นบวกนั้นเท่ากับว่าในน้ำมีตัวออกซิไดซ์อยู่เป็นจำนวนมาก และเมื่อกล่าวถึงตัวออกซิไดซ์ ตัวออกซิไดซ์หมายถึงสาร เช่นคลอรีน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโบรมีน ซึ่งเรียกสารเหล่านี้ว่าสิ่งปนเปื้อน ดังนั้น การดื่มน้ำที่มีค่า ความสามารถในการออกซิไดซ์ เป็นลบ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับร่างกาย (บริษัท เลกะคอร์ปอเรชั่น จำกัด)



รูปที่ 2.3 แนวโน้มของชนิดสารเคมีเพื่อรับอิเล็กตรอนและให้อิเล็กตรอน ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Kangenwater (2561)

2.2 เทคโนโลยีลอรา

เทคโนโลยีลอรา คือชื่อเรียกของเทคโนโลยีการมอดูเลชัน เพื่อเข้ารหัสข้อมูลกับสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งออกในรูปแบบของคลื่นความถี่วิทยุ คำว่า LoRa เป็นชื่อที่เรียกย่อมาจาก Long Range Low Power Wireless Platform โดยนำสองตัวอักษรด้านหน้าของสองคำแรกมาใช้ เป็นชื่อที่ใช้เรียกอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารแบบลอรา ซึ่งสามารถสร้างการสื่อสารแบบนี้ได้โดยใช้ชิพ Semtech LoRa Chip และเทคนิคการมอดูเลชันแบบ chirp spread spectrum modulation (Chirp Spread Spectrum Modulation) โดยใช้สัญญาณ chirp ความถี่คงที่ (Constant Ramp Chirp Signal) ในการเพิ่มประสิทธิภาพการรับสัญญาณให้มีค่าความไว ที่ดีขึ้นกว่า กระบวนการมอดูเลชันชนิดอื่น ๆ โดยความแตกต่างของความถี่ระหว่างตัวรับและตัวส่งของสัญญาณ chirp ความถี่คงที่มีลักษณะคล้ายกับ ความแตกต่างของเวลา ซึ่งง่ายต่อการจัดการ และส่งผลให้วงจรรับและวงจรส่งสามารถใช้อุปกรณ์กำเนิดความถี่ที่มีราคาไม่สูงได้ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์กำเนิดความถี่ที่มีความแม่นยำสูง (Ausustin, 2559) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่างกันของตัวรับและตัวส่งอาจมีความแตกต่างมากถึงร้อยละ 20 โดยค่าความไวของการรับจากการมอดูเลชันนี้สามารถทำให้รับได้ที่ระดับสัญญาณต่ำกว่า -140 dBm ซึ่งถือว่าต่ำมากเมื่อเทียบกับการมอดูเลชันชนิดอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในชิปและไวไฟ ที่อยู่ในระดับ -100 dBm ถึง -110 dBm เท่านั้น อีกหนึ่งประสิทธิภาพที่โดดเด่นของลอราคือ ความสามารถในการตีมอดูเลตหลายสัญญาณที่ถูกส่งมาพร้อมกันที่ความถี่เดียวกันได้ โดยสัญญาณที่ถูกส่งมาพร้อมกันจะต้องมีอัตรา chirp ที่แตกต่างกันโดยใช้ค่า spread factor ที่แตกต่างกัน ผลของการตีมอดูเลตหลายสัญญาณพร้อมกันที่ความถี่เดียว ทำให้ลอราสามารถรองรับจำนวนอุปกรณ์ไอโอทีได้จำนวนมาก

จากที่กล่าวมา ลอราเป็นกระบวนการในชั้นกายภาพ และมีการจัดเฟรมข้อมูลด้วยรูปแบบเฉพาะในชั้นเส้นทางเชื่อมโยงข้อมูล การนำลอรามาใช้งานไอโอทีจำเป็นต้องส่งต่อข้อมูลจากอุปกรณ์ลอราเข้าสู่อินเทอร์เน็ตผ่านลอราเกตเวย์ ไปยัง LoRa-Wan ซึ่งมีโพรโทคอลในการส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่อินเทอร์เน็ตได้ ช่วยให้สามารถสื่อสารข้อมูลในปริมาณน้อยหรือแบนด์วิดท์ต่ำ ได้ในระยะไกล มีความสามารถในการป้องกันสัญญาณรบกวน และใช้พลังงานต่ำ (ปรีชา ก่อเจริญ, 2560)



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์เทคโนโลยีลอรา

ที่มา: Maker.io (2559)

2.2.1 ความถี่ของลอรา

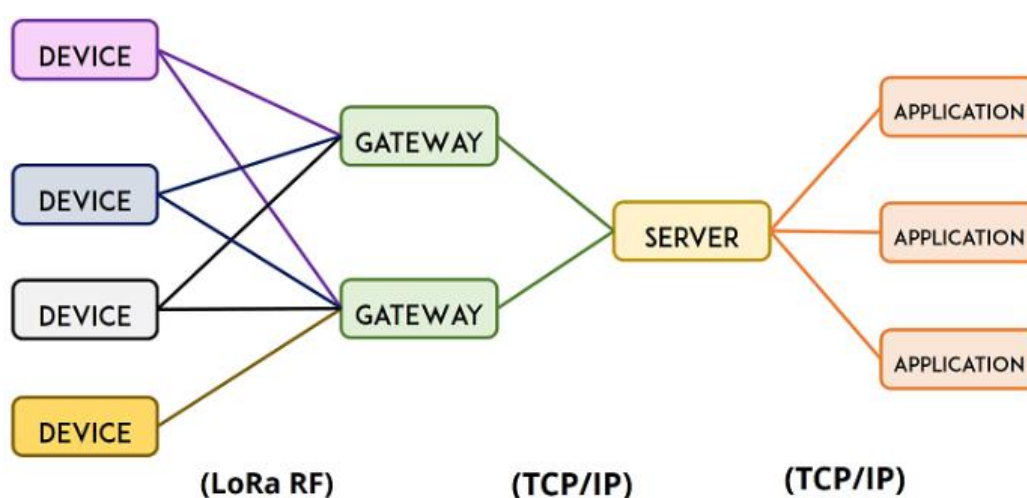
เทคโนโลยีลอราใช้ความถี่ที่ไม่มีลิขสิทธิ์ ซึ่งแต่ละที่จะมีช่องความถี่ที่อนุญาตไทย ล่าสุด กสทช. ได้อนุญาตให้ใช้งานลอรา ในช่วงความถี่ 920-925 MHz กำลังส่งสูงสุดถึง 4 วัตต์ (ปรีชา ก่อเจริญ, 2560) ให้ใช้งาน แตกต่างกันไป 868 MHz สำหรับยุโรป 923 MHz สำหรับอเมริกาเหนือ 433 MHz สำหรับเอเชีย สำหรับในประเทศไทยสามารถใช้ได้ในช่วง 433 MHz และ 923 MHz โดยเอกสารข้อกำหนด IoT ในประเทศ

2.2.2 ลอรา กับ สถาปัตยกรรมเครือข่าย

ในส่วนของลอราบนชั้นอินเทอร์เน็ตจะอยู่ในสถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบ LoRa-Wan (LoRa Alliance, 2558) ที่ใช้ทอพอโลยีแบบสตาร์ มีการใช้งานเกตเวย์ในการรีเลย์ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไอโอทีลอรา ปลายทางมายังเซิร์ฟเวอร์ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ลอรา มีการส่งคลื่นที่แถบความถี่และตัวประกอบการแพร่กระจายที่แตกต่างกันได้ ลอราเกตเวย์จำเป็นต้องรองรับการส่งสัญญาณในลักษณะดังกล่าว และจากการที่ใช้ค่าตัวประกอบการแพร่กระจายที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถมีปริมาณจำนวนอุปกรณ์ไอโอทีในเครือข่ายลอราได้จำนวนมากบนความเร็วของการสื่อสารที่แตกต่างกันระหว่าง 0.3-50 kbps แปรผันตามค่าตัวประกอบการแพร่กระจายที่ใช้ในการมอดูเลต LoRa-Wan มีกระบวนการในการจัดการพลังงานของอุปกรณ์ลอราแต่ละตัวให้มีระยะเวลาการใช้งานได้นานที่สุดด้วยการปรับค่าอัตราความเร็วของการสื่อสารและค่ากำลังส่งแบบอัตโนมัติ (ปรีชา ก่อเจริญ, 2560)

ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

- 1) Device: อุปกรณ์หรือเซนเซอร์ ส่งสัญญาณแบบลอรา
- 2) Gateways: อุปกรณ์รับข้อมูลแบบลอรา
- 3) Network server: สำหรับส่งข้อมูลขึ้นบน เซิร์ฟเวอร์
- 4) Application: สำหรับประมวลผลหรือแสดงผลข้อมูล



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของเครือข่ายลอรา

ที่มา: Arduinoall (2562)

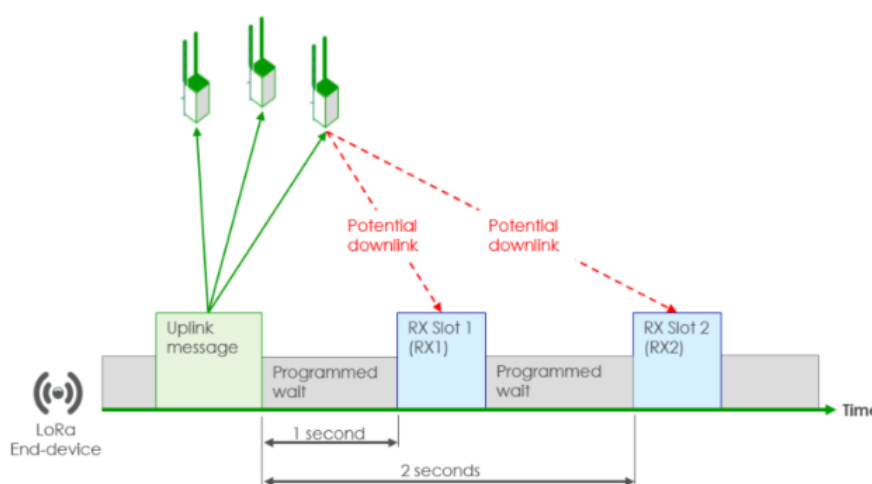
2.2.3 ลักษณะของการสื่อสารระหว่าง LoRa-Wan และอุปกรณ์ลอรา

ประเภทของอุปกรณ์ มี 3 ประเภท โดยอุปกรณ์ทั้งหมดต้องดำเนินการอยู่บน Class A เป็นพื้นฐาน ในขณะที่ Class B และ Class C เป็นส่วนขยายสำหรับข้อกำหนดของอุปกรณ์ Class A

- Uplink Message คือ ข้อความจากอุปกรณ์ ไปที่แอปพลิเคชัน
- downlink Message คือ ข้อความจากแอปพลิเคชัน ไปที่อุปกรณ์

2.2.3.1 Class A (all)

ตัวอุปกรณ์จะรองรับการสื่อสารแบบสองทิศทางระหว่างอุปกรณ์กับเกตเวย์ การส่งข้อความจาก อุปกรณ์ ไปที่เซิร์ฟเวอร์ สามารถทำได้ตลอดเวลาแบบสุ่ม โดยตัว อุปกรณ์ จะทำการเปิด 2 หน้าต่างรับข้อมูล ในเวลาที่กำหนด อุปกรณ์จะอยู่ในโหมดสลีป และแบตเตอรี่จะถูกเก็บไว้ หมายความว่าเครือข่ายไม่สามารถส่ง downlink ได้จนกว่าอุปกรณ์จะปลุก หลังจากส่งข้อความไปแล้ว ถ้าเซิร์ฟเวอร์ไม่มีการตอบสนอง ต่อหน้าต่างรับข้อมูลทั้งสองของอุปกรณ์ โอกาสต่อไปที่เซิร์ฟเวอร์จะทำการ downlink message ลงมาได้คือ เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อความจากอุปกรณ์ไปที่เซิร์ฟเวอร์ครั้งต่อไป เซิร์ฟเวอร์สามารถตอบสนองได้ทั้งหน้าต่างรับข้อมูลตัวที่ 1 หรือหน้าต่างรับข้อมูลตัวที่ 2 แต่ไม่ควรใช้ทั้งสองหน้าต่าง

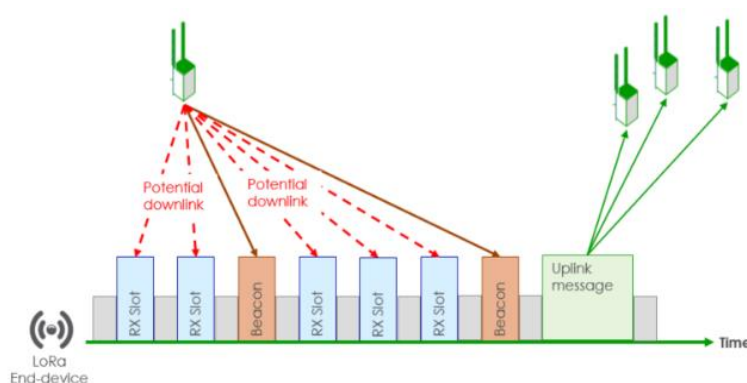


รูปที่ 2.6 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอรา Class A

ที่มา: Lennart Nordin (2562)

2.2.3.2 Class B (beacon)

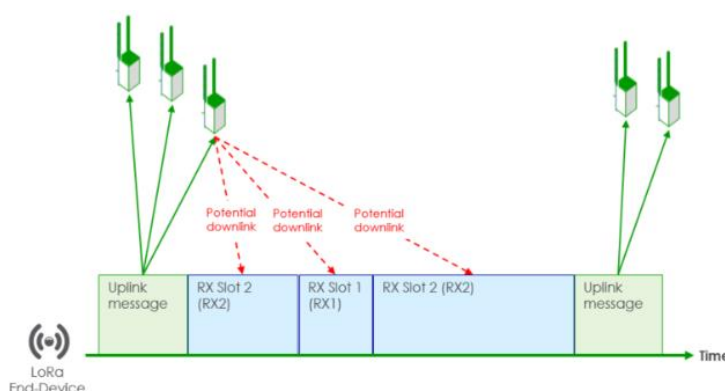
อุปกรณ์ของ Class B เป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลเป็นเวลาจะขยายเพิ่มเติมจาก Class A ตรงจะมีหน้าต่างรับข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วเพิ่มขึ้นมาจาก Class A เพื่อรับข้อความจากเซิร์ฟเวอร์ มีรูปแบบการส่งแบบ beacons ซึ่งให้จังหวะเวลาทั้งสองทางที่ติดต่อกันจากเกตเวย์และตัวอุปกรณ์ จะทำการเปิดหน้าต่างรับข้อมูลเป็นระยะ



รูปที่ 2.7 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอรา Class B
ที่มา: Lennart Nordin (2562)

2.2.3.3 Class C (continuous)

อุปกรณ์ Class C เป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลแบบเวลาจริง จะเพิ่มเติมจาก Class A ตรงที่หน้าต่างรับข้อมูล จะเปิดค้างไว้จนกว่าตัว อุปกรณ์ จะทำการส่งข้อมูลอีกครั้ง ซึ่งช่วยให้การสื่อสารมีความหน่วงต่ำ แต่จะใช้พลังงานมากกว่าอุปกรณ์ Class A โดยการสื่อสารของอุปกรณ์ลอราทำงานใน Class C เนื่องจากอุปกรณ์ Class C เป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลแบบเวลาจริง จะเพิ่มเติมจาก Class A ตรงที่หน้าต่างรับ จะเปิดค้างไว้จนกว่าตัว อุปกรณ์ จะทำการส่งข้อมูลอีกครั้ง ซึ่งช่วยให้การสื่อสารมีความหน่วงต่ำ แต่จะใช้พลังงานมากกว่า อุปกรณ์ Class A โดยมีความสัมพันธ์กันกับ QOS คือ การจัดการบริหารแบนด์วิธหรือช่องทางของระบบเครือข่าย ระบบ QOS มีวัตถุประสงค์สำหรับการจัดสรรเส้นทางแบนด์วิธในระบบเครือข่ายที่มีอยู่อย่างจำกัด การตั้งค่า QOS จึงได้เข้ามามีบทบาทในเรื่องของการลดความเร็วของผู้ใช้งาน หรือ จะปิดกั้นการใช้งานในช่องทางที่ถูกกำหนดไว้ โดยในการตั้งค่าระบบ QoS จะสามารถกำหนดช่วงของไอพีของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการจำกัดตัว QoS โดยจะมีการตั้งค่าความเร็วในการดาวน์โหลด และอัปโหลดข้อมูล (Micro4you, 2560)



รูปที่ 2.8 การสื่อสารของอุปกรณ์ลอรา Class C
ที่มา: Lennart Nordin (2562)

2.2.4 ค่าความไวในการรับสัญญาณ

ค่าความไวในการรับสัญญาณ หรือ RSSI ย่อมาจาก Receive Signal Strength Indicator เป็นค่าที่ใช้บอกความแรงของสัญญาณวิทยุที่ได้รับในเทอมของพลังงาน โดยค่า RSSI จะแปรผันกับความแรงของสัญญาณ นั่นคือถ้าค่า RSSI มีค่ามากแสดงว่าสัญญาณที่ได้รับมีความแรงสูง นั่นคือตัวส่ง และตัวรับอยู่ใกล้กัน และในทางกลับกันหากค่า RSSI มีค่าน้อยแสดงว่าสัญญาณที่ได้รับ มีความแรงต่ำ ตัวส่งและตัวรับอยู่ไกลกัน (วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์, 2558) โดยที่ระดับความแรงของสัญญาณวิทยุจะมีหน่วยที่ใช้กันส่วนใหญ่คือ dBm แต่ใช้งานอ้างอิงกันที่ระดับ มิลลิวัตต์ ตัวอย่างเช่น 0 dBm จะมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิวัตต์ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 (Krok, 2561)

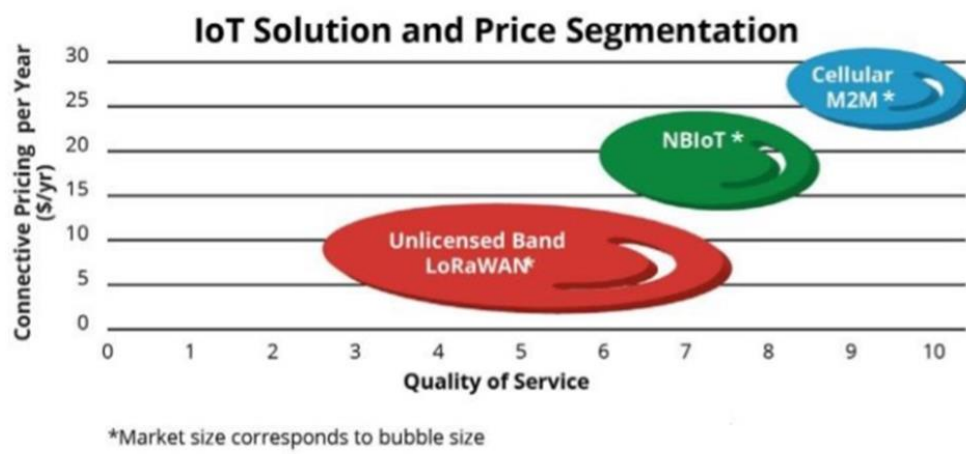
$$x = 10 \log_{10} \frac{P}{1\text{mW}} \quad (2.1)$$

$$P = 1\text{mW} \bullet 10^{\frac{x}{10}} \quad (2.2)$$

โดยที่ x คือระดับ RSSI มีหน่วยเป็น dBm และ P คือกำลัง มีหน่วยเป็นวัตต์

2.2.5 ข้อดีของเทคโนโลยีลอรา

ข้อดีของเทคโนโลยีลอรา โดยทั่วไปแล้วแอปพลิเคชันไอโอที ประกอบด้วย ต้นทุนโหนด ต้นทุนของเครือข่าย ระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ อัตราการรับส่งข้อมูล เวลาแฝง การเคลื่อนที่ได้ง่าย ระยะทางในการสื่อสาร การครอบคลุม และรูปแบบการนำไปใช้งาน ยังไม่มีเทคโนโลยีอื่นไหนที่จะสามารถแก้ปัญหาตัวประกอบทั้งหมดตามที่กล่าวมาได้ในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เทคโนโลยีลอรามีคุณสมบัติด้านเทคนิคและด้านธุรกิจที่ต่างกัน ที่จะให้บริการเช่นเดียวกับ Wi-Fi กับบลูทูธ ลอราใช้ความถี่ที่ไม่ต้องมีใบอนุญาตที่ย่านความถี่ต่ำกว่า 1 GHz และในประเทศไทยใช้ย่านความถี่ 920-925 MHz ในขณะที่ NB-IoT และการสื่อสารเซลลูลาร์ใช้ย่านความถี่ที่ต้องมีใบอนุญาต ในย่านความถี่ที่ต่ำกว่า 1 GHz เพราะฉะนั้นในแถบความถี่ที่ต่ำกว่า 1 GHz ระหว่าง 500 MHz ถึง 1 GHz เหมาะสมสำหรับการสื่อสารระยะไกล และมีประสิทธิภาพด้านเทคนิคสายอากาศ และ LoRa-Wan ใช้สเปกตรัมแบบที่ไม่ต้องขออนุญาตและใช้โปรโตคอลเป็นแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเหมาะสมที่สุดในด้านระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ และด้านต้นทุน โปรโตคอลของลอราและ LoRa-Wan ถูกออกแบบให้รองรับการใช้งานที่มีการซ้อนทับของคลื่น การทับซ้อนของเครือข่าย และมีความสามารถในการเพิ่มลดได้ในปริมาณที่สูงมาก ซึ่งจากการที่มี QoS และมีต้นทุน สเปกตรัมที่สูง แอปพลิเคชันที่มีค่าสูงที่ต้องการรับประกันในเรื่อง QoS จึงเหมาะกับเซลลูลาร์ในขณะที่หากต้องการต้นทุนต่ำจะเหมาะกับลอรา (อดิสร ขาวสังข์, 2559)



รูปที่ 2.9 IoT Pricing Vs. Quality of Service (QoS)

ที่มา: อติสร ขาวสังข์ (2559)

สองลักษณะที่สำคัญในการพิจารณาเรื่องระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่คือ การใช้กระแสของ end-device และการช่วยเหลือของโปรโตคอลโดยลอราแวน เป็นอะซิงโครนัสที่ใช้โปรโตคอล ALOHA-based ซึ่งมีวิธีการที่ end-device สามารถพักในระยะเวลาสั้นหรือยาวได้ตามความต้องการ ในขณะที่ระบบที่เป็นอะซิงโครนัสที่ใช้โปรโตคอล cellular-based เป็นอุปกรณ์ end-device จะต้องมีการซิงโครนัสกับเครือข่ายทุกช่วงเวลา ซึ่งโทรศัพท์มือถือปัจจุบันนี้เฉลี่ยแล้วจะมีการซิงโครนัสกับเครือข่ายทุกๆ 1.5 วินาที การซิงโครนัสของระบบ NB-IoT เกิดขึ้นไม่บ่อยนักแต่ก็เป็นประจำ ทำให้ยังต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อยู่ในส่วนของการมอดูเลชันที่ระบบเซลลูลาร์ใช้นั้น มีประสิทธิภาพที่สุดต่อการใช้สเปคตรัม แต่ไม่มีประสิทธิภาพในมุมมองจาก end-device โดยการมอดูเลชันในระบบเซลลูลาร์ที่เป็น OFDM หรือ FDMA ต้องการเครื่องส่งแบบ linear ในการสร้างมอดูเลชัน ซึ่งเครื่องส่งแบบ linear ต้องการขนาดของกระแสสูงสุดมากกว่าการมอดูเลชันแบบ non-linear ที่ LoRa ใช้กระแสสูงสุดดังกล่าวนี้ไหลออกจากแบตเตอรี่เร็วกว่าและต้องสิ้นเปลืองแบบเตอร์ที่ต่อมาสับสนุน ดังนั้นแอปพลิเคชันที่ต้องการในเรื่องของระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ ลอราถือเป็นทางเลือกที่ดีกว่า (อติสร ขาวสังข์, 2559)

โดยรวมแล้วลอราเป็นมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สายแบบหนึ่ง โดยการใช้สื่อสารแบบ LoRa-Wan สามารถที่จะทำให้อุปกรณ์ในระบบของ NB-IoT สามารถที่จะสื่อสารกันได้ด้วยระยะทางไกลและใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย และมีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้ (kaebmoo, 2561)

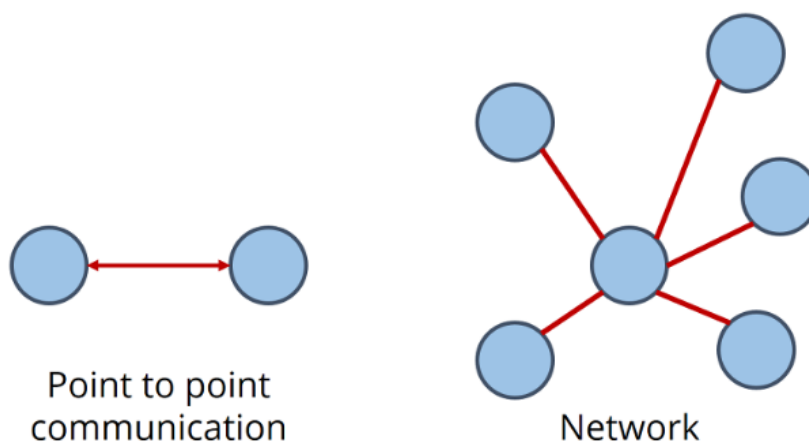
- 1) ใช้ได้ระยะทางไกล (> 5 กิโลเมตร, > 10 กิโลเมตร, > 80 กิโลเมตร)
- 2) ประหยัดพลังงาน (แบตเตอรี่ อาจใช้ได้มากถึง 1 ปีหรือมากกว่า)
- 3) ราคาไม่สูง
- 4) อัตราการส่งข้อมูลต่ำ (< 50 กิโลบิตต่อวินาที)
- 5) ใช้งานความถี่ที่ไม่ต้องขออนุญาต
- 6) ส่งและรับข้อมูลได้

ข้อเสียของเทคโนโลยีลอรา

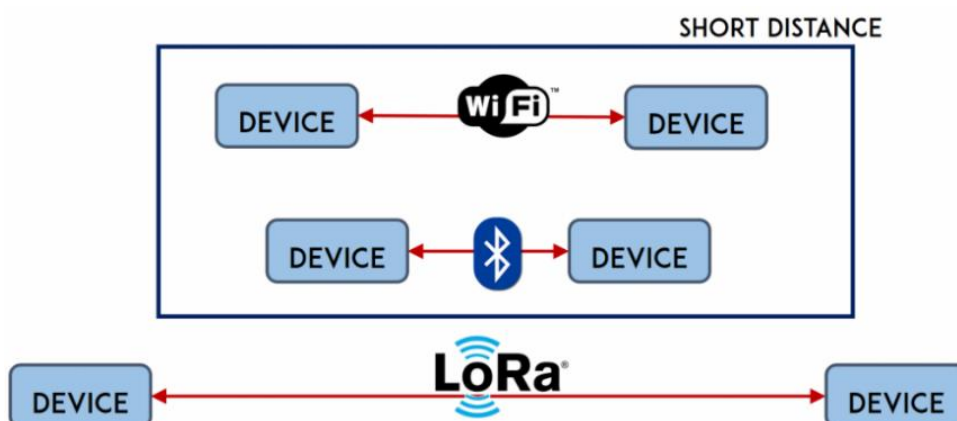
- 1) ไม่เหมาะสำหรับความต้องการส่งข้อมูลจำนวนมาก
- 2) มีการส่งข้อมูลบ่อย ๆ
- 3) เชื่อมต่อกับเครือข่ายสื่อสารจำนวนมาก

2.2.6 รูปแบบการใช้งานเทคโนโลยีลอรา

การสื่อสารแบบเครือข่ายลอราจะใช้ LoRa-Wan เป็นโปรโตคอลที่มีข้อกำหนดด้านเครือข่ายพลังงานต่ำที่ได้จากเทคโนโลยีลอราที่ได้รับการรับรองโดย LoRa Alliance แต่หากสำหรับการสื่อสารแบบระหว่างจุดของเทคโนโลยีลอราที่แสดงในรูปที่ 2.9 จะสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า Wi-Fi หรือ บลูทูธ การส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi โดยทั่วไปได้ระยะประมาณ 100-200 เมตร ในขณะที่ลอราสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่า 30 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รูปแบบการใช้งานของเทคโนโลยีลอรา
ที่มา: Arduinoall (2562)



รูปที่ 2.11 เปรียบเทียบการส่งข้อมูลของ WiFi บลูทูธ และลอรา แบบระหว่างจุด
ที่มา: Arduinoall (2562)

2.3 เทคโนโลยีการระบุตำแหน่ง

เทคโนโลยีการระบุตำแหน่ง หรือ GPS คือระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ย่อมาจากคำว่า Global Positioning System ซึ่งระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- 1) ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย ยุโรป
- 2) ส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base ประเทศอเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก
- 3) ส่วนผู้ใช้งาน ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแพร่หส่งจากดาวเทียมเพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ (Global5 Co., Ltd., 2561)

2.3.1 การทำงานของ GPS

ดาวเทียม GPS ประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง โดยแบ่งเป็น 6 รอบวงโคจร การจรวจจะเอียงทำมุมเอียง 55 องศา กับเส้นศูนย์สูตร ในลักษณะสานกันคล้าย ลูกตะกร้อแต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง รัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กิโลเมตร หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้ เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง GPS ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง โดยสัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่งและเวลาขณะส่งสัญญาณ ตัวเครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบันเพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งได้ระบุมีตำแหน่งของมันมากับสัญญาณดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม ต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก ซึ่งระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 กับเครื่อง GPS (ที่จุดสีแดง) จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้ หากพื้นโลกอยู่ในแนวระนาบ แต่ในความเป็นจริงพื้นโลกมีความโค้งเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลม ดังนั้นดาวเทียมดวงที่ 4 จะทำให้สามารถคำนวณเรื่องความสูงเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง กล่าวคือถ้าระยะห่างระหว่างดาวเทียมที่ใช้งานอยู่ห่างกันยอมให้ค่าที่แม่นยำกว่าที่อยู่ใกล้กัน และยังมีจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งให้ความแม่นยำมากขึ้น ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่นที่แปรปรวนตลอดเวลา เมื่อคลื่นตกกระทบกับวัตถุต่าง ๆ จะเกิดการหักเหทำให้สัญญาณที่ได้อ่อนลงและสิ่งแวดลอมในบริเวณรับสัญญาณ จะมีผลต่อค่าความถูกต้องของความแม่นยำ เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จากเครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป สุดท้ายก็คือประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณว่ามีความไวในการรับสัญญาณแค่ไหน และความเร็วในการประมวลผลด้วย องค์ประกอบสุดท้ายก็คือตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในขณะที่ยื่นส่งสัญญาณมาว่าอยู่ที่ใด มายังเครื่องรับ GPS โดยวงโคจรของดาวเทียมได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วเมื่อถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ สถานีควบคุมจะคอยตรวจสอบการโคจรของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลาเพื่อทวนสอบความถูกต้อง (Global5 Co., Ltd., 2561)

2.4 พื้นฐาน ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ บลูทูธ 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้ (IOXhop, 2561)

- 1) ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240 MHz มีแรมในตัว 512 KB
- 2) รองรับการเชื่อมต่อรวมภายนอกสูงสุด 16 MB
- 3) มี WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- 4) มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- 5) ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6 โวลต์ ถึง 3 โวลต์
- 6) ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซนเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1) วงจรรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- 2) เซนเซอร์แม่เหล็ก
- 3) เซนเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- 4) รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768 kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
- 5) ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 โดยมี GPIO จำนวน 32 ช่อง รองรับการเชื่อมต่อบัสดังต่อไปนี้
 - รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
 - รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
 - รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
 - รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
 - รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
 - รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง
 - รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
 - รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้

- 1) รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise
- 2) มีวงจรเข้ารหัส AES/SHA2/Elliptical Curve Cryptograph/RSA-4096

ในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดีโดย

- 1) รับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b
- 2) เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 135 Mbps

3) ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5 uA

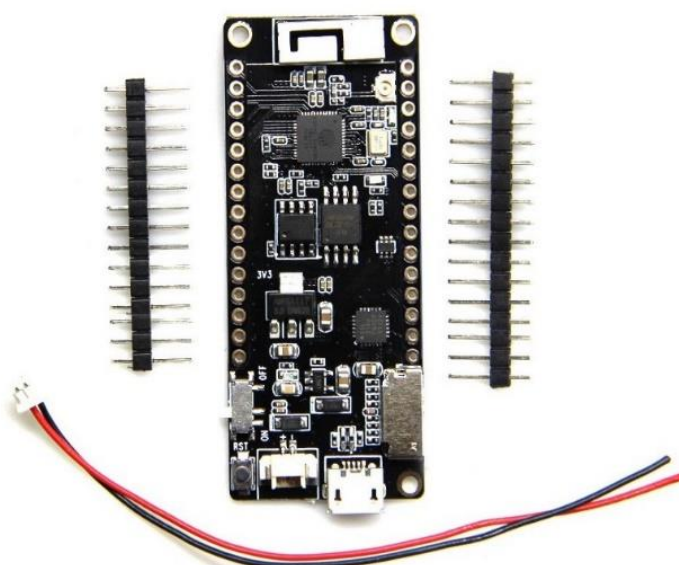


รูปที่ 2.12 ชิปไอซี ESP32 ในรูปตัวถัง QFN-32
ที่มา: IOXhop (2561)

2.4.1 บอร์ดพัฒนา ESP32 จากค่าย TTGO

2.4.1.1 TTGO V8

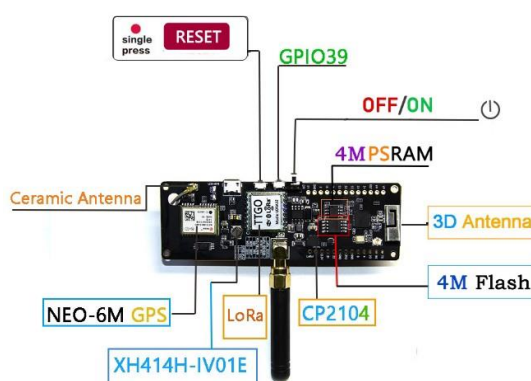
TTGO V8 มีจุดเด่น คืออ่าน SD Card ได้ ทำให้สามารถจะอ่านเขียนไฟล์ใหญ่ ๆ ได้ มีเสาอากาศแบบ 3D มีวงจรชาร์จในตัว และต่อเสานอกได้



รูปที่ 2.13 บอร์ด TTGO V8
ที่มา: IOXhop (2561)

2.4.1.2 TTGO T-Beam

TTGO T-Beam มีคุณสมบัติ คือมี PSRAM เพิ่มมาให้อีก 4 MB มีเสาอากาศแบบ 3D มีลอรา มาให้ในตัว พร้อมเสา (มีให้เลือกความถี่ได้ 433, 868, 923 แต่ละบอร์ด) มี GPS มีเสาแบบเซรามิกแยก อีกตัวหนึ่งและใส่ถ่าน 18650 ได้ข้างหลัง

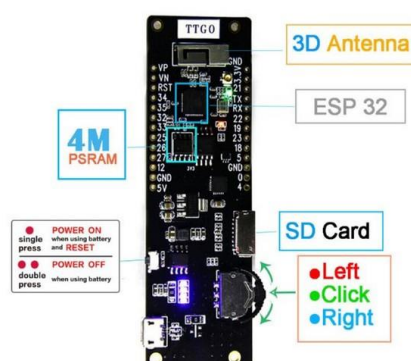


รูปที่ 2.14 บอร์ด TTGO T-Beam

ที่มา: IOXhop (2561)

2.4.1.3 TTGO WiFi

TTGO WiFi มีคุณสมบัติพิเศษ คือมี PSRAM เพิ่มมาให้อีก 4 MB มีเสาอากาศแบบ 3D ต่อ SD Card ได้ มีปุ่มให้ใช้งาน มี OLED ในตัว และมีถ่าน 18650 ด้านหลัง



รูปที่ 2.15 บอร์ด TTGO WiFi

ที่มา: IOXhop (2561)

2.4.2 การเลือกใช้ชุดซอฟต์แวร์พัฒนา

การเลือกใช้ แนะนำให้เลือกใช้ชุดพัฒนา Arduino core สำหรับ ESP32 WiFi chip จะดีกว่า เนื่องจากการเขียนโปรแกรมแบบ Arduino มีฟังก์ชันการใช้งานต่าง ๆ ที่ค่อนข้างง่าย และมีเว็บ arduino.cc เป็นเว็บรวมตัวอย่างโค้ดต่าง ๆ และเอกสารการใช้งานแต่ละฟังก์ชันอยู่มาก รวมทั้งเว็บไซต์ส่วน

ใหญ่ที่รวมวิธีการประยุกต์ใช้ ESP32 ยังนิยมใช้โค้ดโปรแกรมสำหรับชุดพัฒนา Arduino core สำหรับ ESP32 WiFi chip อีกด้วย (IOXhop, 2561)

2.5 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล คือ กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่า ข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลาย ๆ แฟ้มข้อมูล ระบบฐานข้อมูล คือ ระบบ ที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็น ระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านั้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมี ซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้ และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Data Base Management System) มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือ การตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล (วรินดา นวนกัน, 2561)

2.5.1 พื้นฐาน Google Firebase

Firebase คือ บริการ backend และแพลตฟอร์ม ครบวงจร Firebase เป็นฐานข้อมูลเวลาจริงซึ่งมี API ที่ช่วยให้นักพัฒนาในการจัดเก็บ และซิงค์ข้อมูล โดย Google Firebase 2.0 มีการพัฒนาให้สามารถ จาก บริการ backend เก็บข้อมูลอย่างเดียว มาเป็น แพลตฟอร์ม ครบวงจรสำหรับนักพัฒนา รองรับบริการแทบทุกอย่างที่ต้องการใช้งาน



รูปที่ 2.16 การพัฒนาเป็น Google Firebase 2.0

ที่มา: Firebase คืออะไร (2560)

2.5.2 การให้บริการ

- 1) Firebase Analytics บริการวิเคราะห์ข้อมูล ดึงเทคโนโลยีมาจาก Google Analytics แคมยังเปิดให้ใช้ฟรีแบบไม่จำกัดปริมาณข้อมูลใด ๆ
- 2) ระบบส่งข้อความแจ้งเตือน Google Cloud Messaging (GCM) เปลี่ยนชื่อมาเป็น Firebase Cloud Messaging (FCM) ใช้งานฟรีไม่จำกัดปริมาณข้อความ ตอนนี้ FCM ให้บริการข้อความแจ้งเตือน 1.7 แสนล้านข้อความต่อวัน
- 3) Firebase Storage บริการพื้นที่เก็บข้อมูล เอาไว้เก็บภาพ วิดีโอ หรือไฟล์ขนาดใหญ่จากแอปของผู้ใช้ สร้างอยู่บน Google Cloud Storage
- 4) Firebase Remote Config ตัวช่วยอัปเดตการแก้ไขของแอป สำหรับปรับแต่งค่าต่าง ๆ ในแอปจากระยะไกล เช่น เกมที่อยากปรับสมดุลของเกมตลอดเวลา สามารถใช้ร่วมกับ Firebase Analytics เพื่อกำหนดผู้ใช้งานแยกเป็นกลุ่ม ๆ ได้
- 5) Firebase Crash Reporting ตัวรายงานการแครชของแอป รองรับทั้ง iOS และ Android บริการทดสอบแอปบนฮาร์ดแวร์จริง Cloud Test Lab เปลี่ยนชื่อมาเป็น Firebase Test Lab for Android
- 6) Firebase Notifications เป็นคอนโซลสำหรับนักพัฒนา เพื่อยิงข้อความผ่าน FCM ไปยังผู้ใช้สำหรับโปรโมทหรือกระตุ้นให้ผู้ใช้กลับมาใช้งาน
- 7) Firebase Dynamic Links บริการ URL กลางที่สามารถชี้ทางไปยังเพจต่าง ๆ แปรผันตามอุปกรณ์หรือคุณสมบัติของผู้ใช้
- 8) Firebase Invites ระบบเชิญเพื่อนมาใช้แอป มีฟีเจอร์ referral คนชวนได้สิทธิประโยชน์
- 9) Firebase App Indexing เปลี่ยนชื่อมาจาก Google App Indexing ที่ช่วยให้ Google Search ค้นเจอเนื้อหาภายในแอป (Firebase, 2560)

2.6 เว็บไซต์

เว็บไซต์ (Web page) หมายถึง เอกสารที่สร้างขึ้นโดยในรูปแบบของ HTML หรือโปรแกรมการสร้างเว็บโดยเฉพาะ จะแสดงผลได้เฉพาะโปรแกรมเบราว์เซอร์ และต้องติดตั้งในเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อเข้าไปอ่านข้อมูลได้ โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์จะมี 2 ลักษณะใหญ่ คือ

- 1) เว็บไซต์แบบหน้าเดียว (Single page) หรือแบบสั้น (Short page) หมายถึง เว็บไซต์ที่แสดงผลข้อมูลหรือเนื้อหาเพียงหน้าเดียวมีขนาดเท่ากับหน้าจอคอมพิวเตอร์พอดี หรือมีแถบเลื่อนลงมาด้านล่างสั้น ๆ หรือมีรูปแบบเป็นกรอบพอดีหน้าจอภาพ
- 2) เว็บไซต์แบบแถบเลื่อน (Scroll page) หรือแบบยาว (Long page) หมายถึง เว็บไซต์ที่แสดงผลข้อมูลหรือเนื้อหาเป็นแนวยาวจากด้านบนลงมายังด้านล่างของหน้าจอภาพ โดยมีแถบเลื่อนอยู่ด้านข้างสำหรับเลื่อนหน้าจอภาพ เพื่อดูข้อมูลที่แสดงผลหน้าจอภาพ (จิรัฏฐ์ พงษ์ทองเมือง, 2552)

2.6.1 ภาษาที่ใช้ในการสร้างเว็บ

2.6.1.1 HTML (ย่อมาจาก Hyper Text Markup Language)

เป็นภาษาที่ใช้สำหรับสร้างเว็บเพจ มีโครงสร้างประกอบไปด้วย tag และ attribute ต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลของข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุอื่น ๆ ภาษา HTML นั้นเป็นภาษาประเภท Markup ไม่จัดเป็นภาษาประเภท Programming สามารถที่จะเรียนรู้ได้ง่าย โดยโครงสร้างพื้นฐานของ HTML จะประกอบไปด้วยส่วนของคำสั่ง 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น ส่วนหัว (Head) และส่วนที่เป็นเนื้อหา (Body) โดยมีรูปแบบคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โครงสร้างภาษา HTML

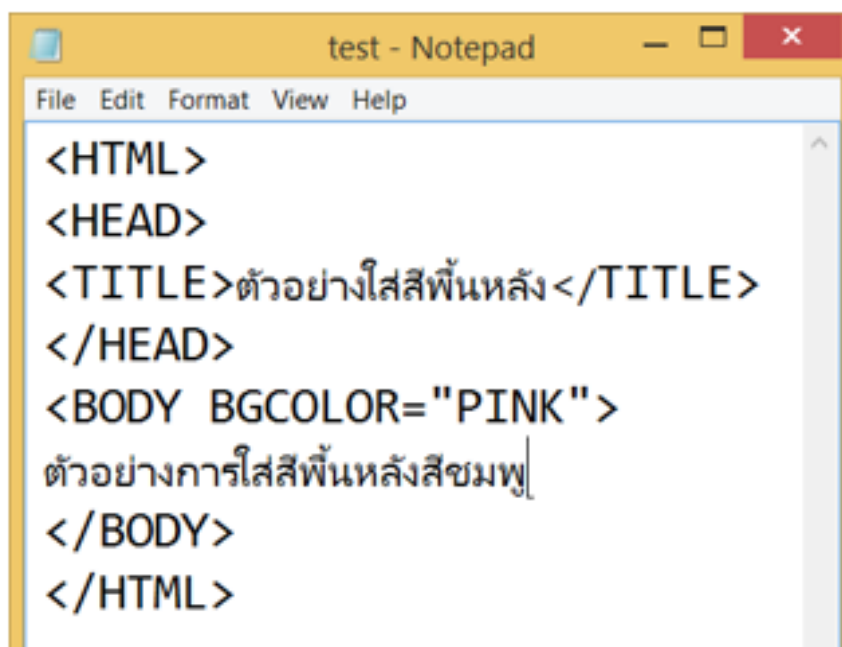
ที่มา: อนาคต หลอดแก้ว (2561)

การจัดโครงสร้างแฟ้มเอกสารในความง่ายของภาษา HTML นั้นเพราะภาษานี้ไม่มีโครงสร้างใด ๆ มากำหนดนอก จากโครงสร้างพื้นฐานเท่านั้น หรือ แม้แต่จะไม่มีโครงสร้าง พื้นฐานอยู่ โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานั้นก็ยังสามารถทำงานได้เสมือนมี โครงสร้างทั้งนี้ก็เป็นเพราะ ว่าตัวโปรแกรม เว็บเบราว์เซอร์ จะมองเห็นทุกสิ่งทุกอย่างในโปรแกรม HTML เป็นส่วนเนื้อหาทั้งสิ้น ยกเว้นใน ส่วนหัว ที่ต้อง มีการกำหนด แยกออกไปให้เห็นชัดเท่านั้น จะเขียน คำสั่ง หรือ ข้อความที่ ต้องการ ให้แสดง อย่างไรก็ได้ เป็นเสมือนพิมพ์งานเอกสารทั่วไป เพียงแต่ทำตำแหน่งใดมีการทำตำแหน่งพิเศษขึ้นมา เว็บเบราว์เซอร์ถึงจะแสดงผลออกมาตามที่ถูกกำหนด โดยใช้คำสั่งให้ตรงกับ รหัสที่กำหนดเท่านั้น หลังจากมีการพิมพ์โปรแกรมนี้เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .htm หรือ .html จากนั้นให้เรียกโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ขึ้นมาทำการทดสอบ ข้อมูลที่สร้างจะถูก นำมาที่ออกมาแสดงที่จอภาพ ถ้าไม่เขียนอะไรผิด บนจอภาพก็จะแสดงผลตามนั้น ถ้ามีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลในโปรแกรมเดิม ให้อยู่ในรูปของ โปรแกรมใหม่ ก็จำ เป็นต้องโหลดโปรแกรมขึ้นมาใหม่ เพียงแต่เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่ปุ่ม Refresh โปรแกรมก็จะทำการ ประมวลผลและแสดงผลออกมาใหม่ ในคำสั่ง HTML ส่วนใหญ่ใช้ตัวเปิด เป็นเครื่องหมายน้อยกว่า ตามด้วยคำสั่ง และปิดท้ายด้วยเครื่องหมายมากกว่า และมีตัวปิดที่มีรูปแบบเหมือนตัวเปิดเสมอ เพียงแต่จะมีเครื่องหมาย / อยู่หน้าคำสั่งนั้น ๆ เมื่อใดที่ผู้เขียนลืมหรือพิมพ์คำสั่งผิด จะส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมผิดพลาดทันที (klumtee10, 2562)

2.6.1.2 CSS (ย่อมาจาก Cascading Style Sheets)

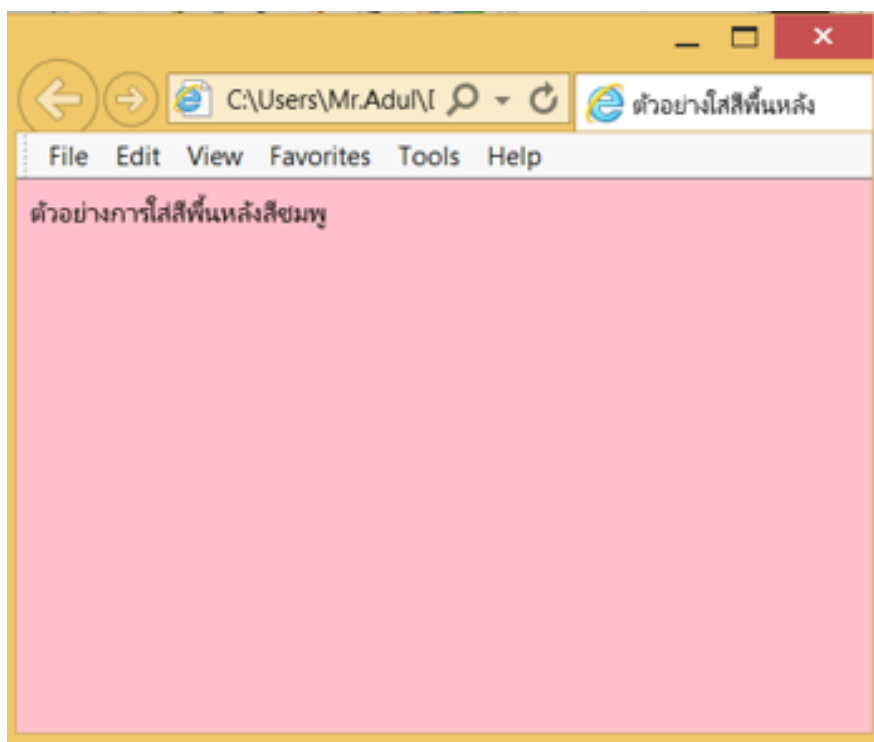
เป็นภาษาที่มีรูปแบบการเขียน Syntax ที่เฉพาะ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เสริมภาษา HTML ให้สามารถจัดรูปแบบการแสดงผลให้กับเอกสาร HTML ได้สมบูรณ์แบบมากขึ้น ประโยชน์ของ CSS มีดังนี้

- 1) CSS ช่วยในการจัดรูปแบบการแสดงผล และการตกแต่งเอกสารเว็บเพจ ช่วยลดการใช้ HTML ให้เหลือเพียงส่วนเนื้อหาทำให้เข้าใจง่ายขึ้น และการแก้ไขเอกสารทำได้สะดวก รวดเร็ว
- 2) สามารถโหลดแฟ้ม HTML ได้เร็วขึ้น เนื่องจากแฟ้มมีขนาดเล็กลงเพราะ attribute ที่ใช้กำหนดรูปร่างหน้าตา ถูกแยกไปเก็บแยกต่างหากในแฟ้ม CSS
- 3) สามารถปรับปรุงหรือแก้ไขได้ง่าย เนื่องจากการกำหนดรูปแบบการแสดงผล ควบคุมโดยคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกัน การแก้ไขทำให้แฟ้ม CSS เพียงแฟ้มเดียว แต่จะมีผลกับเอกสาร HTML ทุกหน้า โดยไม่ต้องตามแก้ที่แท็ก HTML ทั้งเว็บไซต์
- 4) สามารถควบคุมการแสดงผลในเว็บเบราว์เซอร์ของทุก ๆ ค่า ทำให้มีลักษณะเหมือน หรือใกล้เคียงกันได้
- 5) สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลให้เหมาะกับอุปกรณ์ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ บนมือถือ หรือบน PDA
- 6) ทำให้เว็บไซต์มีมาตรฐาน สามารถทำงานร่วมกับเว็บเบราว์เซอร์บนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอนาคตได้ (Enjoyday. 2550)



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการใช้ CSS ตกแต่งเอกสารเว็บเพจ

ที่มา: Adul (2561)



รูปที่ 2.19 การแสดงผลบนเอกสารเว็บเพจ
ที่มา: Adul (2561)

2.6.1.3 JavaScript

JavaScript เป็นภาษายุคใหม่สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ตที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง สามารถเขียน โปรแกรม JavaScript เพิ่มเข้าไปในเว็บเพจเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับงานด้านต่าง ๆ ทั้งการคำนวณ การแสดงผล การรับส่งข้อมูล และที่สำคัญคือ สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างทันทีทันใด นอกจากนี้ยังมีความสามารถด้านอื่น ๆ อีกหลายประการที่ช่วยสร้างความน่าสนใจให้กับเว็บเพจของได้ดี

JavaScript เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ หรือเรียกว่า อ็อบเจกต์โอเรียนเตด (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการ ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้เขียนเอกสารด้วยภาษา HTML สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ทำงานร่วมกับ ภาษา HTML และภาษาจาวาได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (Client) และ ทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

- 1) Navigator JavaScript เป็น Client-Side JavaScript ซึ่งหมายถึง JavaScript ที่ถูกแปลทางฝั่งไคลเอนต์ (หมายถึงฝั่งเครื่อง คอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพีซี เครื่องแมคคินทอช หรือ อื่น ๆ จึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไปเป็นส่วนใหญ่)
- 2) LiveWire JavaScript เป็น Server-Side JavaScript ซึ่งหมายถึง JavaScript ที่ถูกแปลทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (หมายถึงฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการเว็บเพจ) สามารถใช้ได้เฉพาะกับ LiveWire ของเน็ตสเคป (เป็นเว็บเบราว์เซอร์ของค่าย AOL) โดยตรง

การเขียน JavaScript อาจเขียนรวมอยู่ในไฟล์เดียวกันกับ HTML ได้ ซึ่งแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมภาษา Java ที่ต้อง เขียนแยกออกเป็นไฟล์ต่างหาก ไม่สามารถเขียนรวมอยู่ในไฟล์เดียวกับ HTML ได้ วิธีการเขียน JavaScript เพื่อสั่งให้เว็บเพจทำงาน มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ดังนี้ เขียนด้วยชุดคำสั่งและฟังก์ชันของ JavaScript เอง หรือเขียนตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามการใช้งานจากชุดคำสั่งของ HTML เมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรมบราวเซอร์ จะอ่านข้อมูลจากส่วนบนของเพจ HTML และทำงานไปตามลำดับจาก บนลงล่าง โดยเริ่มที่ส่วน < HEAD >...< /HEAD > ก่อนจากนั้นจึงทำงานในส่วน < BODY >...< /BODY > เป็นลำดับต่อมา การทำงานของ JavaScript ดูไม่แตกต่างไปจาก HTML เท่าใดนัก แต่ HTML จะวางเลย์เอาต์โครงสร้างของอ็อบเจ็กต์ภายใน และส่วนเชื่อมโยงกับเว็บเพจเท่านั้น ในขณะที่ JavaScript สามารถเพิ่มเติมส่วนของการเขียนโปรแกรมและลอจิกเข้าไป (สุนทร นิศากร, 2562)

```

1  <!DOCTYPE html>
2  <html>
3  <body>
4
5  <h2>JavaScript in Body</h2>
6
7  <p id="demo"></p>
8
9  <script>
10 document.getElementById("demo").innerHTML = "My First JavaScript";
11 </script>
12
13 </body>
14 </html>
15

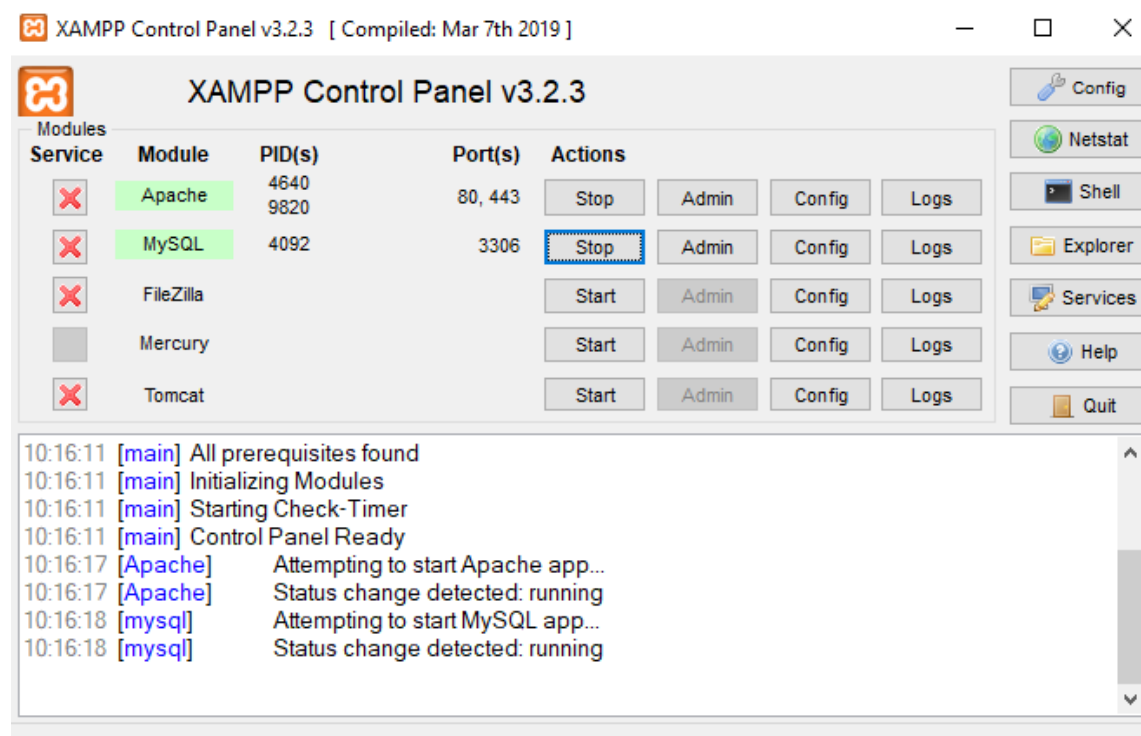
```

รูปที่ 2.20 การใช้งาน JavaScript

2.7 XAMPP

XAMPP คือโปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ ให้ทำงานในลักษณะของเว็บเซิร์ฟเวอร์ นั่นคือเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถเปิดตัวเองให้เป็นอินเทอร์เนตในการเปิดเว็บไซต์ที่ถูกจัดทำขึ้นมาในเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เนตภายนอก ก็สามารถทดสอบเว็บไซต์ที่สร้างขึ้น ได้ ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมจากผู้ใช้งาน CMS ในการสร้างเว็บไซต์ โดย XAMPP ประกอบด้วย Apache, PHP, MySQL, PHP MyAdmin, Perl ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่รองรับการทำงาน การทำเว็บไซต์ไม่ว่าจะในรูปแบบที่เป็น HTML ธรรมดา หรือแบบที่เป็น Database รวมถึงการเลือกใช้ CMS (Content Management System) เป็นระบบที่นำมาช่วยในการสร้างและบริหารเว็บไซต์แบบสำเร็จรูป ซึ่งเป็นชุดโปรแกรม สำหรับออกแบบเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยม เช่น Joomla, WordPress เป็นต้น และ XAMPP ยังเป็นโปรแกรมที่ต้องเรียกใช้งาน ซึ่งจะมี Control Panel ในการเรียกใช้งาน หลังจากเปิดใช้งานแล้ว คอมพิวเตอร์ถึงจะสามารถ

เรียกหน้าเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นผ่าน URL ที่ขึ้นต้นด้วย localhost หรือ ที่เป็น IP ก็คือ 127.0.0.1 (ณัฐพงศ์ สุวรรณรัตน์, 2560)



รูปที่ 2.21 โปรแกรม XAMPP

2.8 Sublime Text

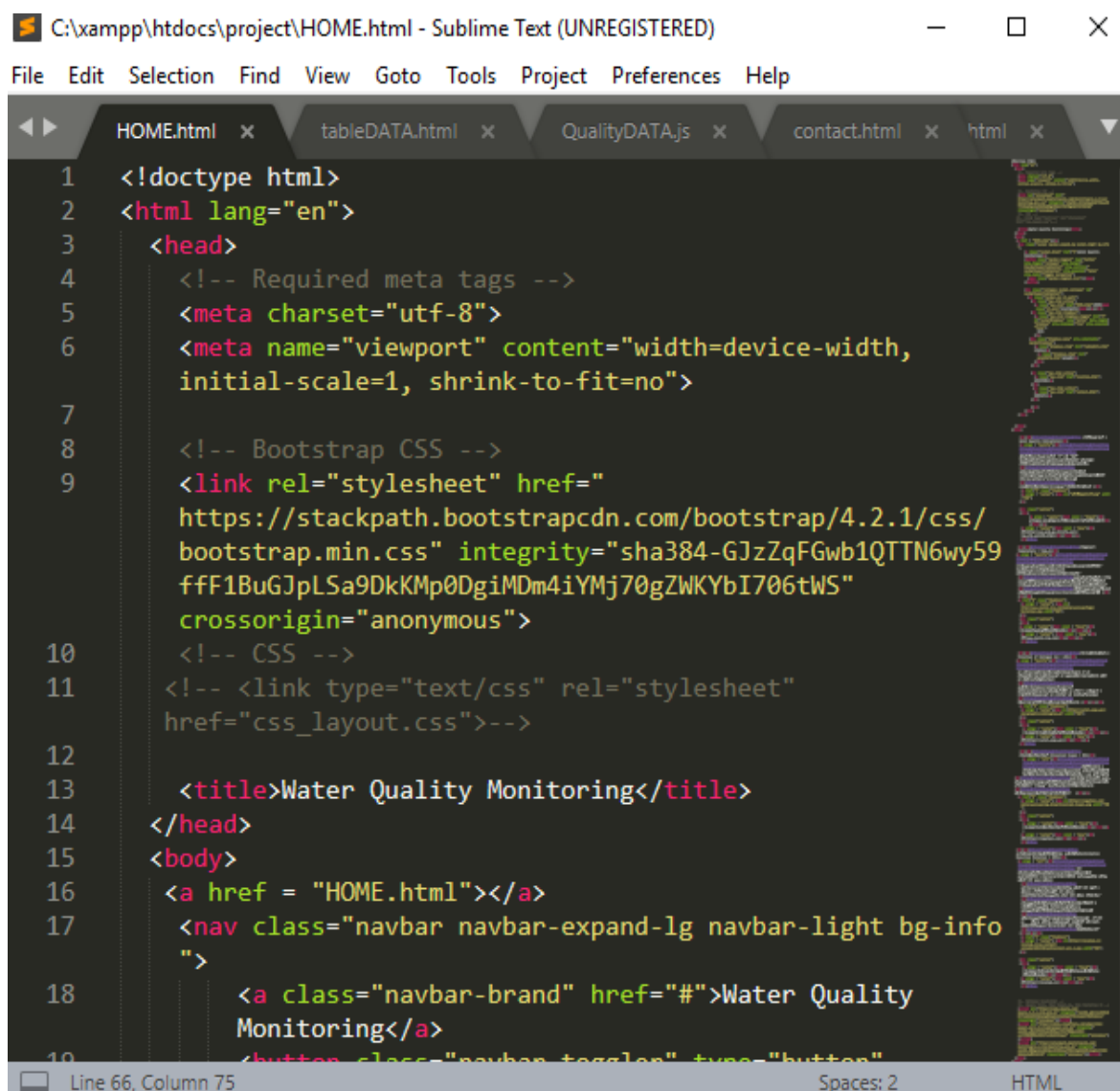
โปรแกรม Sublime Text เป็นโปรแกรมแก้ไขข้อความ และ เขียนโค้ด สำหรับโปรแกรมเมอร์ และ นักพัฒนา ที่มีขนาดเล็ก เพียงแค่ 7MB เท่านั้น แต่ยังคงประสิทธิภาพและฟังก์ชันไว้มากมาย ใช้งานง่ายและทำงานได้อย่างรวดเร็ว รองรับการใช้งานหลากหลายภาษา ไม่ว่าจะเป็น ภาษาหลักๆ อย่าง C, C++, C# เขียนเว็บไซต์ HTML, PHP โค้ด CSS เขียนภาษา JAVA, Python หรืออื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยหน้าต่างที่ใช้งานเขียนส่วนโค้ดแบ่งแต่ละส่วนอย่างชัดเจน สามารถแก้ไขข้อความหลาย ๆ บรรทัดพร้อมกันได้ ค้นหา Text แต่ละส่วนได้ อีกทั้งยังมีแถบ แสดงโค้ดทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.22

สำหรับ โปรแกรมเขียนโค้ด Sublime Text เป็นโปรแกรมเขียน แก้ไขโค้ด ที่มีประสิทธิภาพสูง ด้วยประสิทธิภาพจาก Python API ที่ช่วยให้สามารถติดตั้งปลั๊กอินเสริมต่าง ๆ และ Package ให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น ช่วยให้งานเขียนโค้ดทำได้อย่างรวดเร็วและประหยัดเวลา สามารถสลับการทำงานบน Project ที่ทำอยู่ได้อย่างรวดเร็ว โปรแกรมนี้รองรับการใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows Linux และ macOS ได้เป็นอย่างดี (thaiware, 2560)

คุณสมบัติและความสามารถของโปรแกรม

- 1) เขียนโค้ด แก้ไขข้อความ Code Markup ต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย

- 2) โปรแกรมมีขนาดเล็ก เพียงแค่ 7 MB แต่คงประสิทธิภาพไว้มากมาย
- 3) หน้าตาออกแบบมาให้ใช้งานง่าย เขียนและค้นหาข้อมูล ได้เร็ว
- 4) สามารถสลับการทำงานแต่ละ Project ได้เร็วเหมือนเปิดใหม่ ๆ
- 5) รองรับการทำงาน เขียนโค้ด ได้หลายภาษา
- 6) รองรับระบบปฏิบัติการ Windows/Mac OS/Linux
- 7) พร้อมฟังก์ชันพิเศษอื่นๆ ให้เลือกใช้งานมากมาย



```

C:\xampp\htdocs\project\HOME.html - Sublime Text (UNREGISTERED)
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help

HOME.html x tableDATA.html x QualityDATA.js x contact.html x html x
1 <!doctype html>
2 <html lang="en">
3   <head>
4     <!-- Required meta tags -->
5     <meta charset="utf-8">
6     <meta name="viewport" content="width=device-width,
7       initial-scale=1, shrink-to-fit=no">
8     <!-- Bootstrap CSS -->
9     <link rel="stylesheet" href="
10      https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.2.1/css/
11      bootstrap.min.css" integrity="sha384-GJzQFGwb1QTTN6wy59
12      fff1BuGJpLSa9DkKmp0DgiMDm4iYMj70gZWKYbI706tWS"
13      crossorigin="anonymous">
14     <!-- CSS -->
15     <!-- <link type="text/css" rel="stylesheet"
16      href="css_layout.css">-->
17     <title>Water Quality Monitoring</title>
18   </head>
19   <body>
20     <a href = "HOME.html"></a>
21     <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-info
22       ">
23       <a class="navbar-brand" href="#">Water Quality
24       Monitoring</a>
25       <button class="navbar-toggler" type="button"

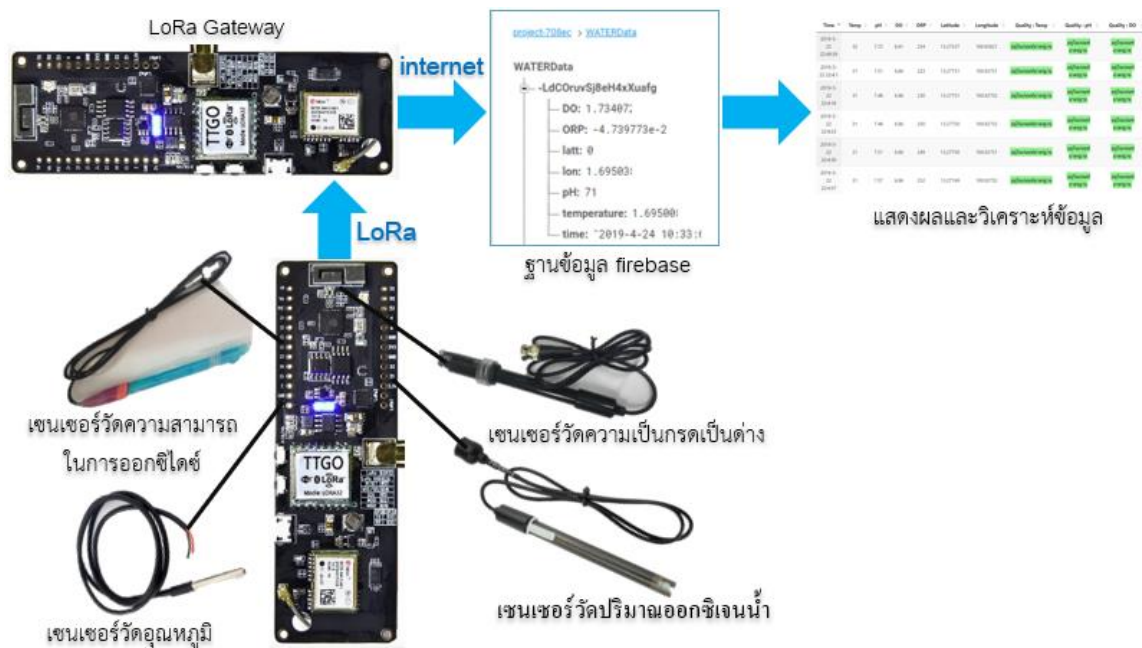
```

รูปที่ 2.22 โปรแกรม Sublime Text

บทที่ 3

แนวคิดและการออกแบบ

ระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีลอราเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูล ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ 4 ตัว อันได้แก่ เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำ เซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง เซนเซอร์สำหรับวัดค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ และเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยเซนเซอร์แต่ละตัวจะมีโมดูลต่อเข้ากับบอร์ดที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูล ซึ่งมีการใช้บอร์ด 2 ตัวที่มีความถี่ 923 MHz เดียวกันในการรับส่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้ง 4 ตัว จะมีการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอราโดยมีการใช้โปรโตคอลลอราแบบสร้างแพ็กเก็ตเองในการส่งข้อมูลไปยังลอราเกตเวย์ และใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลมาที่ฐานข้อมูล และแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีลอรา

3.1 การเลือกใช้เซนเซอร์สำหรับวัดคุณภาพน้ำ

เซนเซอร์วัดค่าที่ใช้งานทางด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 4 ตัว ได้แก่ โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิเป็นการรับรู้หรือตรวจจับสนามอุณหภูมิ โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างเป็นการวัดสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์เป็นการวัดแนวโน้มของชนิดสารเคมีเพื่อรับอิเล็กตรอน (ตัวออกซิไดซ์) และให้อิเล็กตรอน (ตัวรีดิวซ์) โพรบ

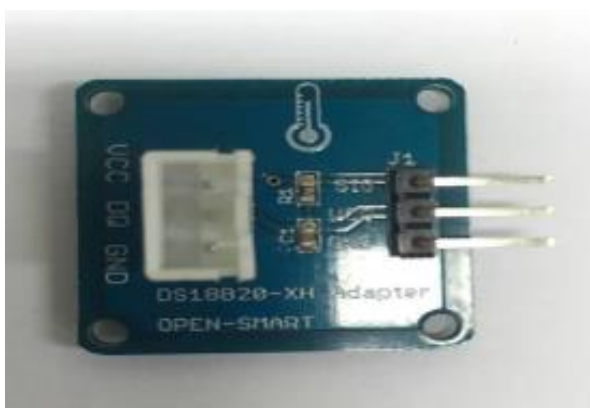
เซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ ใช้งานคู่กับบอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

3.1.1 อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ

การเลือกใช้โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลสูงต่อปริมาณและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น โดยโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิที่เลือกวัดอุณหภูมิ จะมีมอดูลที่ใช้งานร่วมกันกับโพรบวัดอุณหภูมิ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียส จนถึง 125 องศาเซลเซียส หรือ -67 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 257 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 3 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์



รูปที่ 3.2 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.3 มอดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดอุณหภูมิ

3.1.2 อุปกรณ์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

การเลือกใช้โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างเนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อแหล่งน้ำและจำเป็นต่อการตรวจสอบความปลอดภัยของสภาพน้ำ สัตว์หลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 9 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าจากช่วงค่าปกติของน้ำอาจบ่งบอกถึงมลภาวะทางน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีหรือฝนกรด โดยโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างที่เลือก จะมีมอดูลที่ใช้งานร่วมกันกับโพรบวัดความเป็นกรดเป็นด่างสำหรับการตรวจสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง สามารถวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้ตั้งแต่ 0 จนถึง 14 ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 5 โวลต์



รูปที่ 3.4 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง



รูปที่ 3.5 มอดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

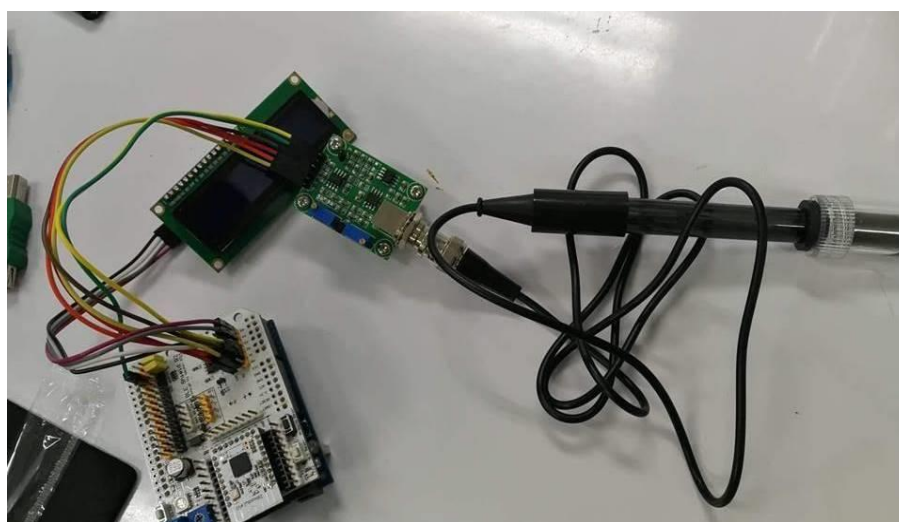
เนื่องจากค่าที่อ่านของโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างจะอยู่ในรูปของแรงดันสัญญาณ แอนะล็อกจึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบอุปกรณ์เพื่อให้ผลการวัดที่เกิดขึ้นเป็นที่เชื่อถือได้ คือการใช้เครื่องมือวัด ที่มีความถูกต้องและแม่นยำดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. เตรียมน้ำกลั่นขนาด 250 ml
2. ผสมสารสอบเทียบมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 กับน้ำกลั่น (สาร 1 ค่า ต่อน้ำ 250 ml) ให้เข้ากัน



รูปที่ 3.6 สารสอบเทียบมาตรฐาน

3. นำสารละลายความเข้มข้น 250 ml ที่ได้ทำการเตรียมไว้ข้างต้น ไปใช้ในการเปรียบเทียบ หรือ สอบเทียบค่าได้
4. ต่อโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างกับโมดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความเป็นกรดเป็นด่าง และจอแสดงผล ดังแสดงตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างกับโมดูลและจอแสดงผล

5. ทำการสอบเทียบค่าโดยใช้โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่าง จุ่มลงไปในการละลายความเข้มข้น 250 ml ดังแสดงในรูปที่ 3.8 สอบเทียบตามค่าที่เตรียมไว้ จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 9.18 6.86 และ 4.01



รูปที่ 3.8 การต่อโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความเป็นกรดเป็นด่างกับโมดูลและแสดงผล

6. ทำซ้ำเก็บข้อมูลค่าที่ได้เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละค่า

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์

การเลือกใช้โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ใช้งานคู่กับโมดูลมอดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ สามารถวัดค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ได้ตั้งแต่ -2000 มิลลิโวลต์ ถึง 2000 มิลลิโวลต์ ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 5 โวลต์



รูปที่ 3.9 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์



รูปที่ 3.10 โมดูลที่ใช้งานคู่กับโพรบวัดความสามารถในการออกซิไดซ์

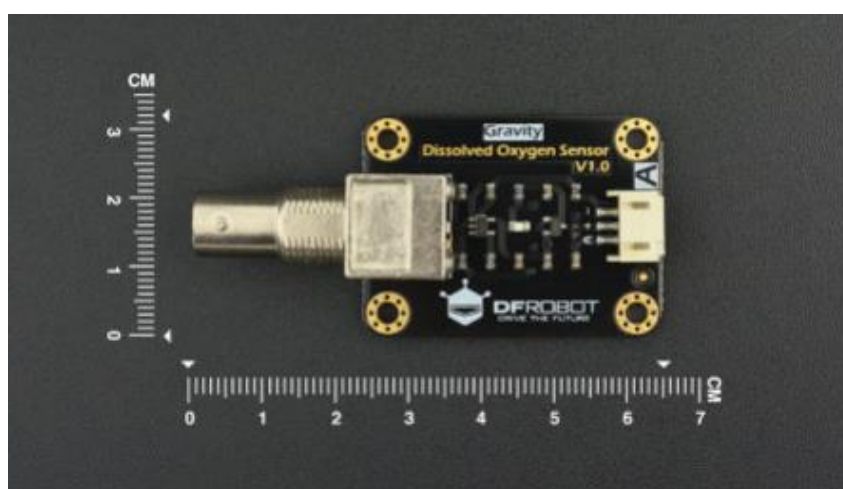
หมายเหตุ เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ จะอยู่ในรูปของแรงดันสัญญาณแอนะล็อกจึงจำเป็นต้องมีการแปลงแรงดันก่อนเสมอ

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ

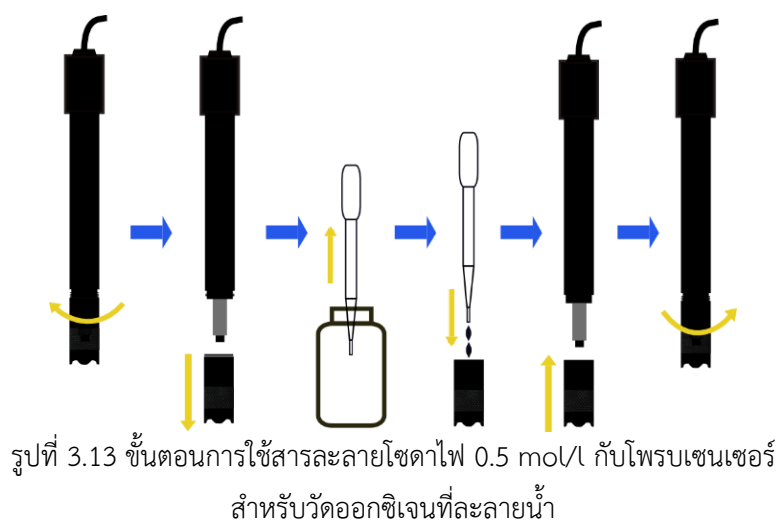
การเลือกใช้โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำเนื่องจากสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในน้ำต้องการปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแล้วสิ่งมีชีวิตในน้ำต้องการออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอย่างน้อยที่สุด 6 mg/l เพื่อการเติบโต และการพัฒนาการของชีวิต โดยโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เลือกใช้งานคู่กับบอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ สามารถวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้ตั้งแต่ 0 mg/l ถึง 20 mg/l ใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 3.3 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์



รูปที่ 3.11 โพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ

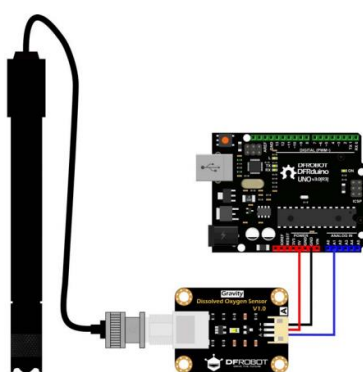


รูปที่ 3.12 บอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ



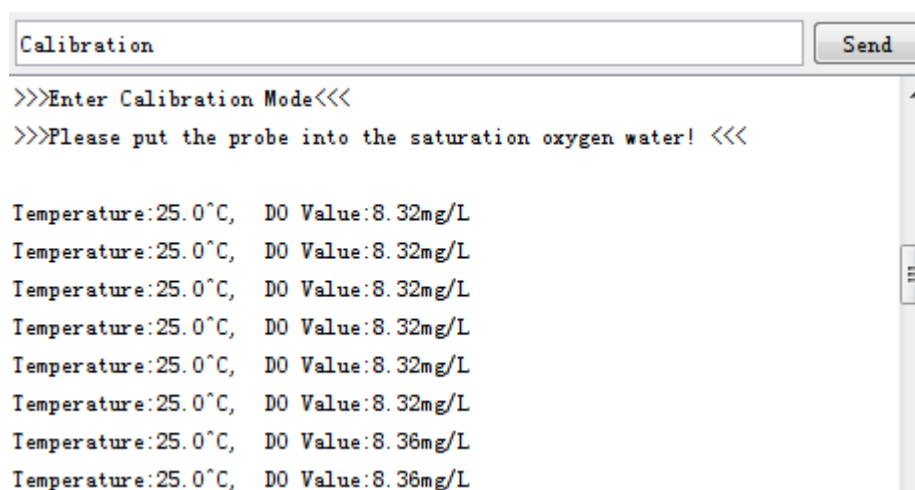
จากรูปที่ 3.13 แสดงถึงขั้นตอนการใช้สารละลาย โครมาไฟ ขนาด 0.5 mol/L กับโพรบเซนเซอร์ สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยขั้นตอนการสอบเทียบโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำให้พร้อมใช้งานมีดังนี้

1. ติดตั้งคำสั่งสำหรับสอบเทียบ
2. หมุนฝาบริเวณหัวโพรบเซนเซอร์ออก
3. นำสารละลายโครมาไฟ 0.5 mol/L หยดลงในฝาหัวเซนเซอร์จำนวน 2 ใน 3 ส่วนของฝา
4. หมุนปิดฝาโพรบเซนเซอร์ให้สนิท
5. ทำการติดตั้งโพรบเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำเข้ากับบอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



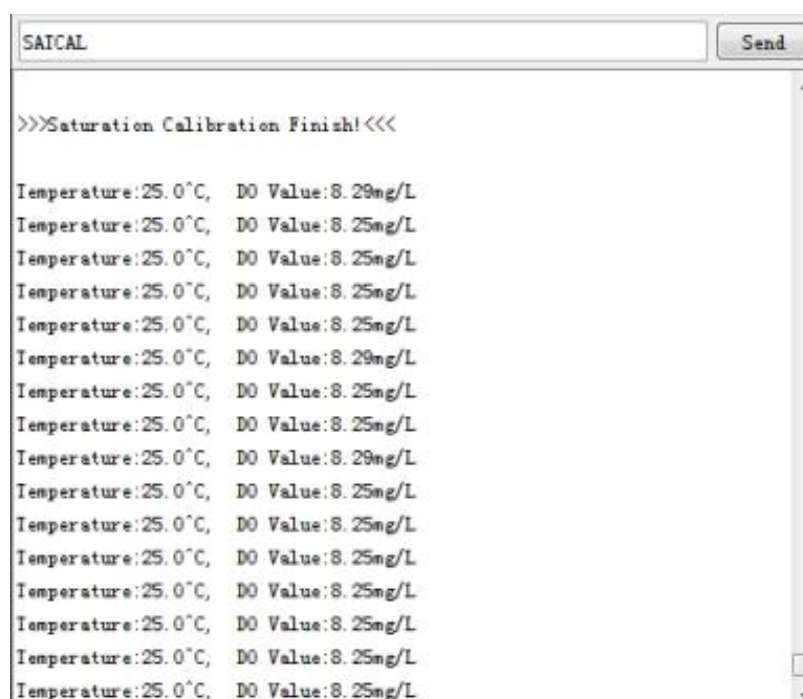
รูปที่ 3.14 การต่อเซนเซอร์สำหรับวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำเข้ากับบอร์ดสำหรับแปลงสัญญาณ

6. ทำการสอบเทียบค่ากับคำสั่งที่ตั้งไว้โดยเริ่มต้นทำการติดตั้งคำสั่งสำหรับสอบเทียบ
7. เรียกใช้งานคำสั่ง โดยพิมพ์คำว่า Calibration จอมอนิเตอร์จะแสดงค่าของอุณหภูมิและค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ดังแสดงในรูป 3.15



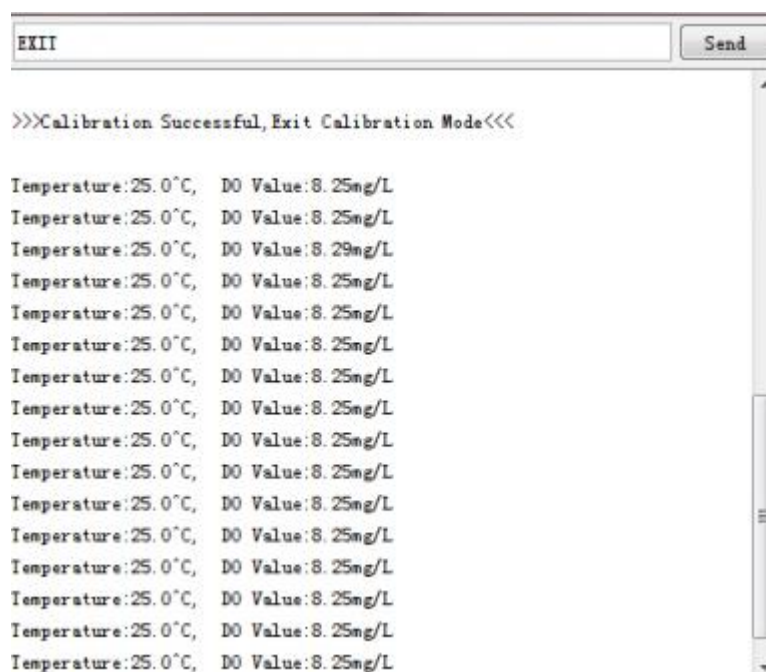
รูปที่ 3.15 แสดงผลที่ได้จากการพิมพ์ Calibration

8. เมื่อจอมอนิเตอร์แสดงคำว่า Saturation Calibration Finish ให้พิมพ์คำว่า SATCAL จอมอนิเตอร์จะแสดงค่าของอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการพิมพ์ SATCAL

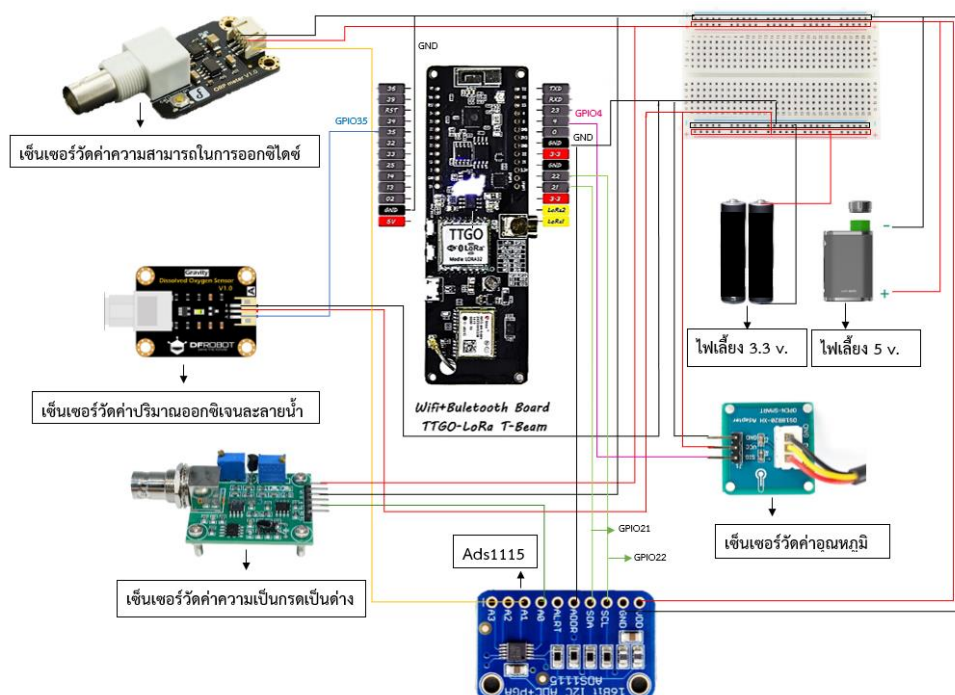
9. เมื่อจอมอนิเตอร์แสดงคำว่า Calibration Successful Exit Calibration Mode ให้พิมพ์คำว่า EXIT เพื่อเป็นการออกจากขั้นตอนการสอบเทียบ จอมอนิเตอร์จะแสดงค่าของอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ถือเป็นการสิ้นสุดการสอบเทียบ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ผลที่ได้จากการพิมพ์ EXIT

3.2 การออกแบบวงจรสำหรับการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา

ทำการออกแบบการรับ-ส่งเทคโนโลยีลอราเลือกใช้ TTGO ESP32 LoRa 923 MHz จำนวน 2 ตัว และตัวส่งข้อมูลมีการต่อร่วมกับโมดูลในแต่ละตัวของโพรเบเซนเซอร์ โดยบอร์ด TTGO ESP32 LoRa ถูกต่อขาของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ หรือ GPIO4 และ GPIO35 ตามลำดับ และขา VCC ของเซนเซอร์ทั้งสองต่อเข้ากับไฟเลี้ยงที่เป็นถ่าน 3.3 โวลต์ และขา GND ของเซนเซอร์กับบอร์ด ESP32 ต่อกับ GND ร่วมกับไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ขาลบ ส่วนขาแอนะล็อกของเซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง และเซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์ ต่อขา A0 และ A1 ตามลำดับ ของโมดูล ADS 1115 ซึ่งโมดูล ADS1115 สำหรับรับ และแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลความละเอียด 16 บิต ส่งงานผ่านบัส I2C เปลี่ยนแอตเตสเชื่อมต่อกันได้สูงสุด 4 โมดูลในบัสเดียว จึงเหมาะสำหรับบอร์ดที่ใช้งานขาไม่เพียงพอ หรือในกรณีขาของบอร์ดมีปัญหา นอกจากนี้ยังปรับอัตราขยายได้สูงสุดถึง 16 เท่า รองรับแรงดันถึง 5 โวลต์ เหมาะสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่มี ADC หรือต้องการ ADC ความละเอียดสูงขึ้น และเนื่องจากบอร์ด ESP32 เป็นการใช้งานแบบ ADC สำหรับบอร์ด ESP32 มีระดับแรงดันสูงสุดเพียง 3.3 โวลต์ แต่อุปกรณ์เซนเซอร์ต้องการไฟเลี้ยง 5 โวลต์ จึงไม่เพียงพอต่อการใช้งานจึงต้องใช้งานโมดูล ADS1115 เพื่อเพิ่มขาที่มีแรงดัน 5 โวลต์ ในการใช้งาน ส่วนขา VCC GND SCL SDA และADDR ต่อเข้ากับไฟเลี้ยง 5 โวลต์ GND ของไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ขา GPIO22 และ GPIO21 ของบอร์ด ESP32 และGND ร่วมของไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การต่อวงจรสำหรับการส่งข้อมูลด้วย TTGO ESP32 LoRa 923 MHz

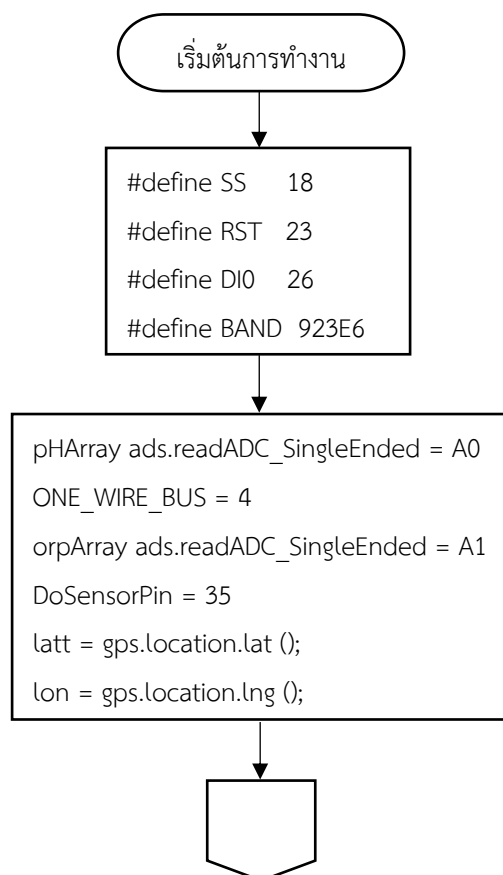
ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อขา GPIO

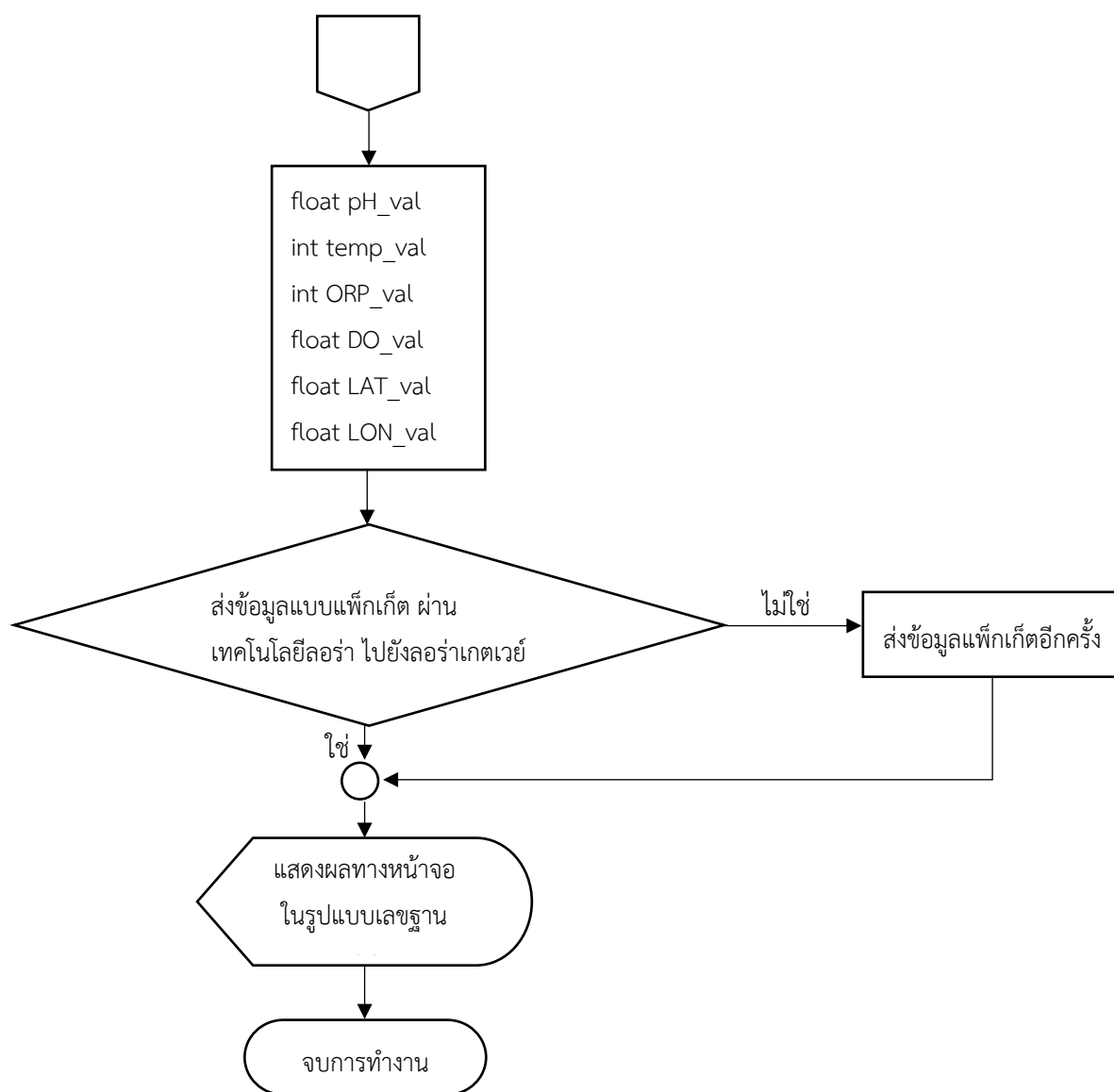
GPIO	การเชื่อมต่อ
สำหรับบอร์ด TTGO ESP32 LoRa	
GND 3.3 v.	กราวนด์อ้างอิงร่วมกับบอร์ด ESP32 สำหรับไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์
GND 5 v.	กราวนด์อ้างอิงร่วมกับบอร์ด ESP32 สำหรับไฟเลี้ยง 5 โวลต์
GPIO21	ขา SDA ของโมดูล ADS1115
GPIO22	ขา SCL ของโมดูล ADS1115
GPIO4	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
GPIO35	เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ
สำหรับโมดูล ADS1115	
VCC 5 v.	ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ขาวบวก
GND	ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ขาลบ
ADDR	กราวนด์ร่วมของไฟเลี้ยงขาลบ 5 โวลต์
A0	เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง
A1	เซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์
SDA	GPIO21 ของบอร์ด TTGO ESP32 LoRa
SCL	GPIO22 ของบอร์ด TTGO ESP32 LoRa

หมายเหตุ ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ใช้ต่อร่วมกับขา VCC ของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ใช้ต่อร่วมกับขา VCC ของเซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง และเซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์

3.3 การออกแบบการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา

ทำการออกแบบการรับ-ส่งเทคโนโลยีลอราเลือกใช้ TTGO ESP32 LoRa 923 MHz จำนวน 2 ตัว และตัวส่งข้อมูลมีการต่อร่วมกับโมดูลในแต่ละตัวของโพรเบเซนเซอร์หลังจากได้ทำการวัดค่าต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์มาที่ TTGO ESP32 LoRa โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่ง โดยผ่าน GPIO ที่กำหนดดังตารางที่ 3.1 และข้อมูลที่ได้จาก TTGO ESP32 LoRa ฝั่งส่ง จะส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา ไปที่ TTGO ESP32 LoRa ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ สำหรับการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีในครั้งนี้เป็นการส่งข้อมูลแบบเวลาจริง ทำให้การสื่อสารของอุปกรณ์ลอราทำงานใน Class C เนื่องจากอุปกรณ์ Class C เป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลแบบเวลาจริง โดยขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีลอราสำหรับภาคส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.19





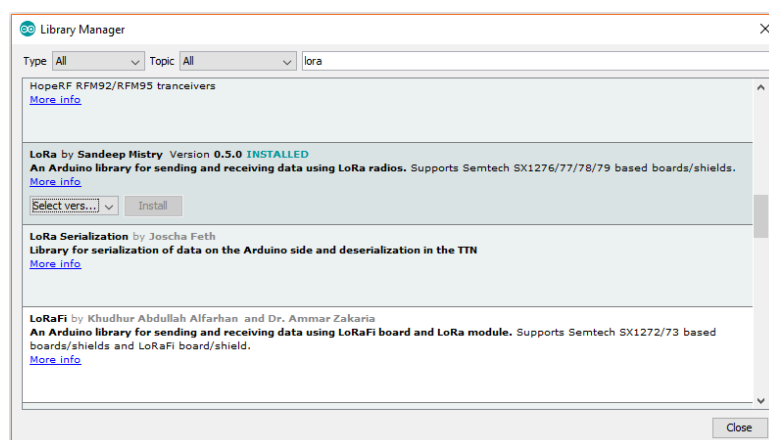
รูปที่ 3.19 การทำงานของเทคโนโลยีลอราสำหรับภาคส่ง

จากรูปที่ 3.19 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ตัวแปร SS ใช้ขา 18 RST ใช้ขา 23 DIO ใช้ขา 26 และ BAND ใช้ความถี่ 923E6 เป็นการกำหนดขาในส่วนของลอรา และความถี่ที่ใช้งานในบอร์ด TTGO EPS32 LoRa 923 MHz ตัวแปร ONE_WIRE_BUS 4 เป็นการกำหนดขาของเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิโดยใช้ขา 4 ตัวแปร pHArray ads.readADC_SingleEnded (0) เป็นการกำหนดขาของเซนเซอร์สำหรับวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างโดยใช้ขา A0 ตัวแปร orpArray ads.readADC_SingleEnded (1) เป็นการกำหนดขาของเซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์โดยใช้ขา A1 และตัวแปร DoSensorPin 35 เป็นการกำหนดขาของเซนเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้ขา 35 ตัวแปร latt = gps.location.lat (); สำหรับพิกัดระบุตำแหน่งละติจูด และ latt = gps.location.lng (); สำหรับการระบุตำแหน่งลองจิจูด ส่วน ตัวแปร float pH_val

ตัวแปร int temp_val ตัวแปร int ORP_val ตัวแปร float DO_val ตัวแปร float LAT_val และตัวแปร float LON_val ใช้ในการเข้ารหัสแบบแปลงเลขฐาน จากเลขฐาน 10 เป็นเลขฐาน 16 เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล โดยทำการกำหนดจำนวนไบต์ของข้อมูลวัตถุดิบคุณภาพน้ำ

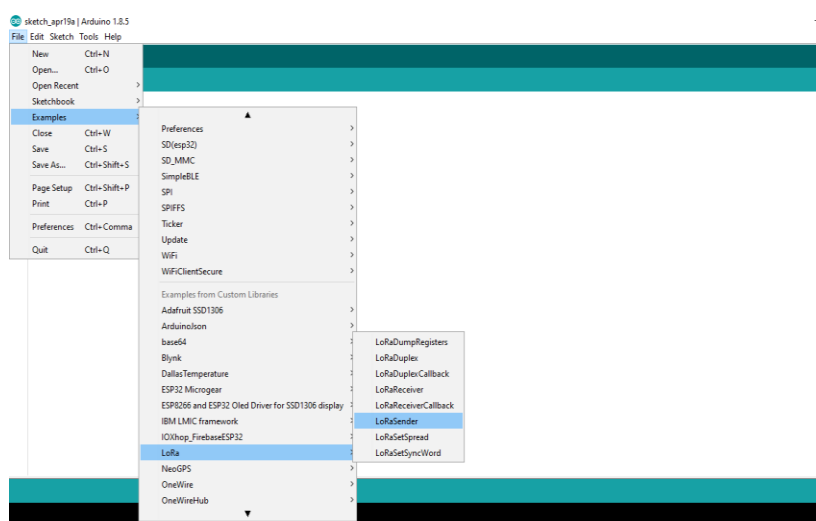
การทำงานของเทคโนโลยีลอราสำหรับภาคส่ง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการติดตั้ง Library of TTGO-T-Beam ESP32 923 MHz จาก <https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam> ในโปรแกรม Arduino
2. ดาวน์โหลดไลบรารีสำหรับการใช้งานลอรา และออกแบบให้ใช้งานแบบ Class C การทำงานสองทิศทาง เพื่อให้รับส่งข้อมูลกันแบบเวลาจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 หน้าต่างไลบรารีสำหรับการใช้งานลอรา

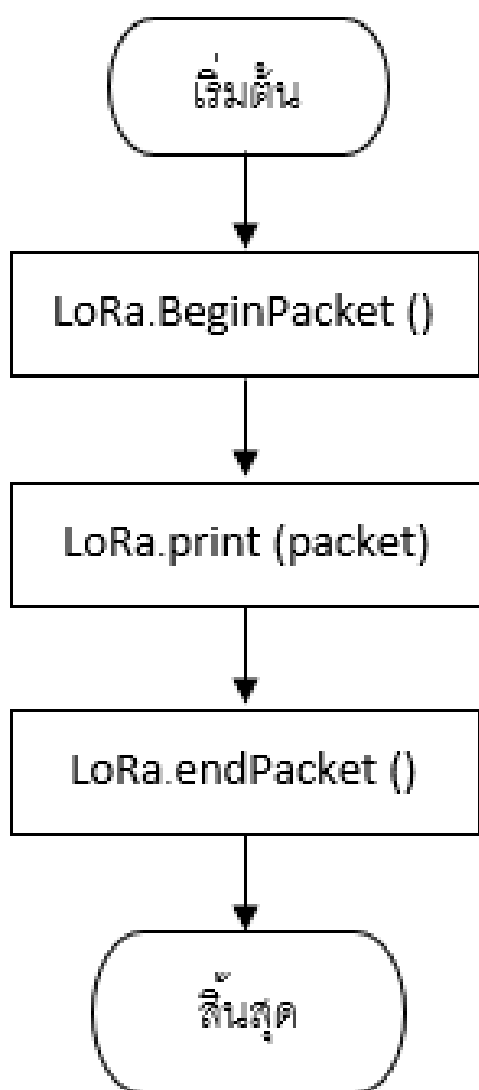
3. เปิดไฟล์ LoRaSender.ino สำหรับให้บอร์ด TTGO-T-Beam ESP32 923 MHz ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ขั้นตอนการเปิดไฟล์ LoRaSender.ino

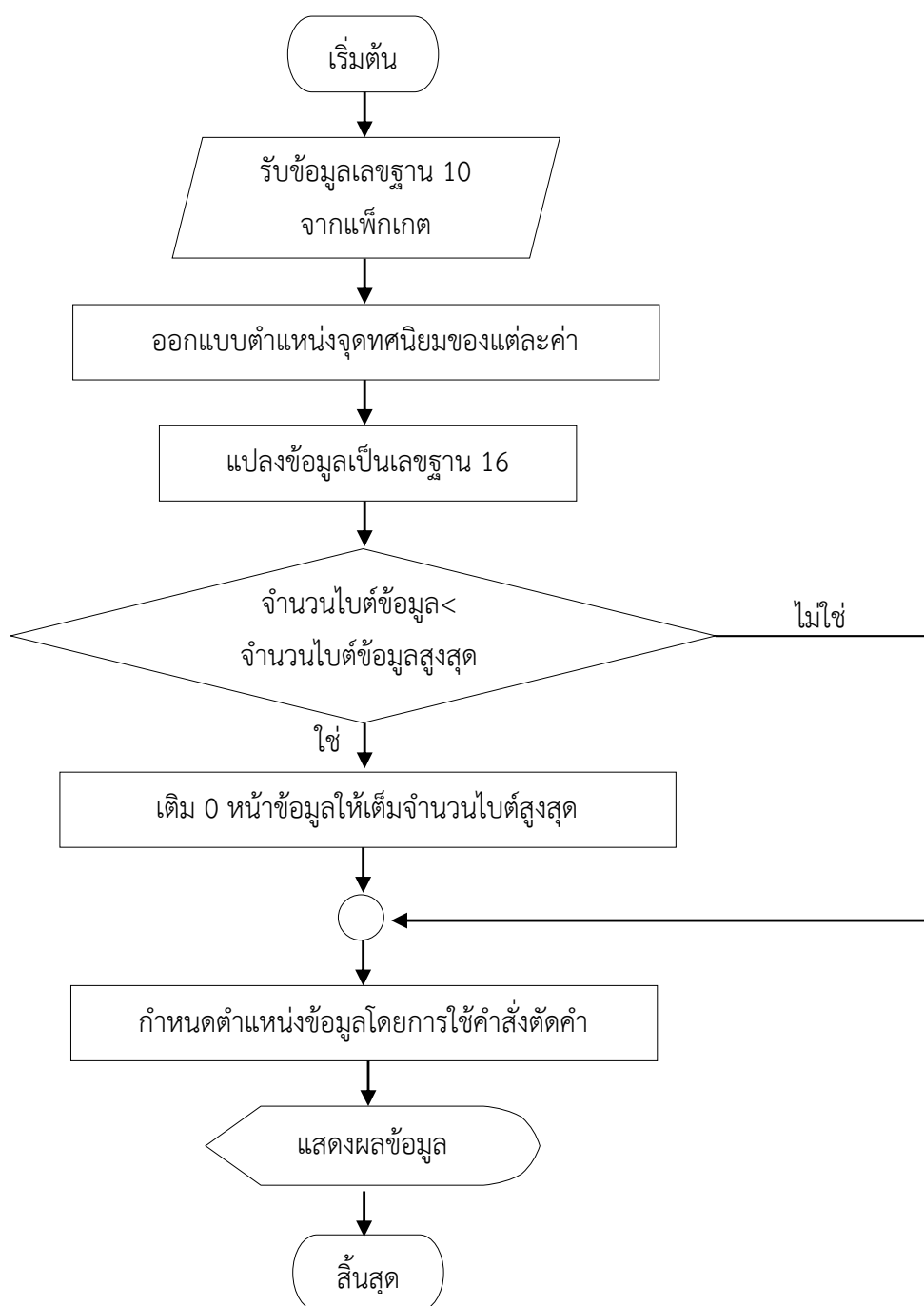
4. ทำการเพิ่มคำสั่ง และกำหนดค่าในส่วนของลอรา และเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ เซนเซอร์สำหรับวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เซนเซอร์สำหรับวัดความสามารถในการออกซิไดซ์เซนเซอร์วัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และพิกัดระบุตำแหน่งจากดาวเทียม
5. ออกแบบการส่งข้อมูลแบบแฟกเก็ต สำหรับส่งข้อมูลที่เป็นข้อมูลจำนวนมาก ๆ
6. ใช้คำสั่งในการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา

โดยใช้คำสั่ง `LoRa.Beginpacket()` เพื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลในความถี่เดียวกันไปพร้อมกัน และเมื่อเชื่อมกับลอราได้แล้วจะใช้ฟังก์ชัน `LoRa.print(packet)` ในการส่งข้อมูล และแสดงผลข้อมูลแฟกเก็ตเพื่อเป็นการตรวจสอบข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลได้เรียบร้อยแล้วหากข้อมูลใน 1 packet ส่งครบทุกตัวโดยไม่มีข้อผิดพลาดแล้วจะใช้คำสั่ง `LoRa.endpacket ()` เพื่อจบการส่งข้อมูลนั้นแล้วทำการส่งข้อมูลในแฟกเก็ตใหม่ต่อไป

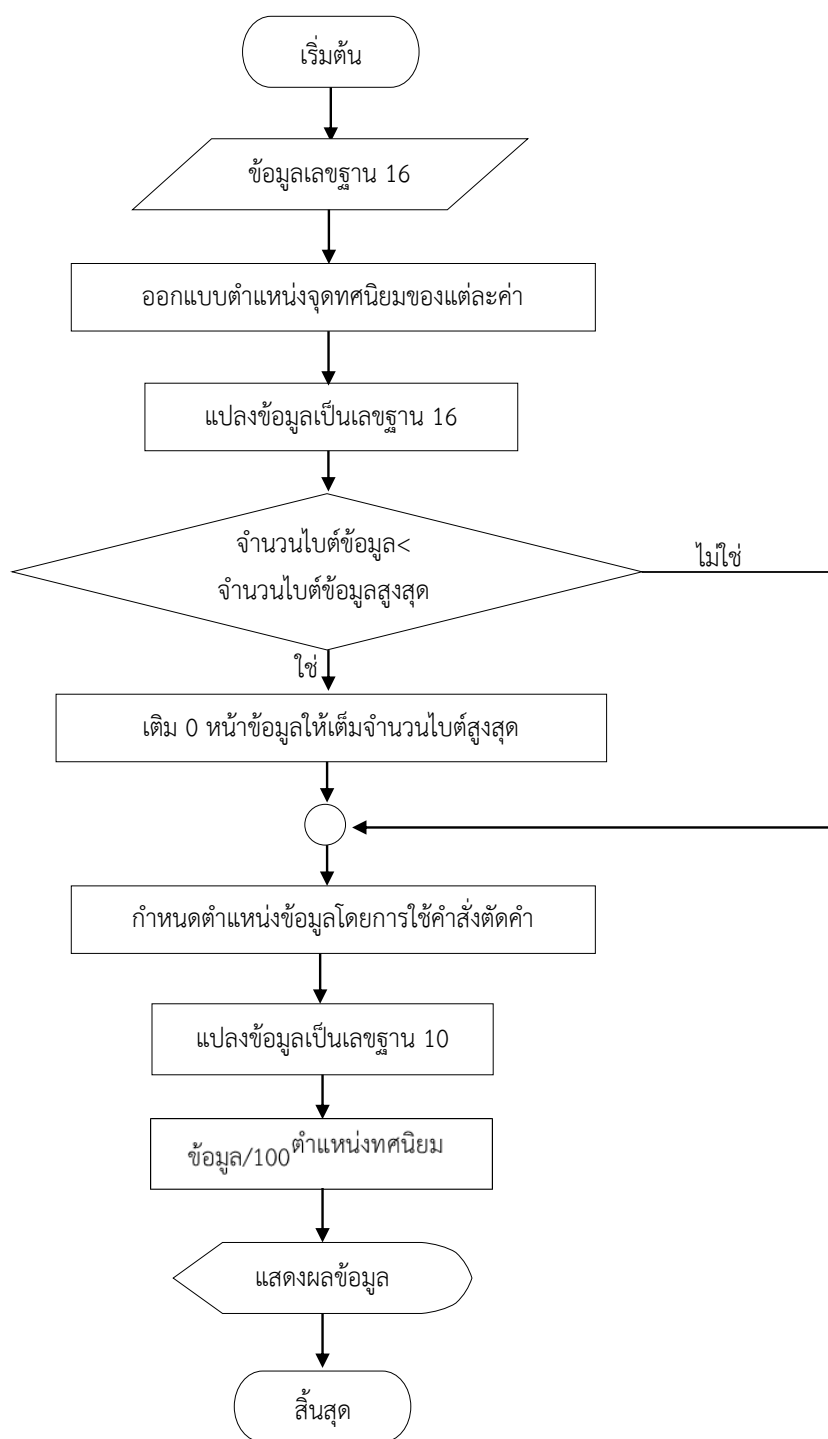


รูปที่ 3.22 การออกแบบการส่งข้อมูลโดยใช้คำสั่งเทคโนโลยีลอรา

7. ทำการส่งข้อมูลแบบแฟ็กเก็ต ผ่านเทคโนโลยีลอร่า ไปยังตัวรับโดยทำการเข้ารหัสแบบแปลงเลขฐาน จากเลขฐานสิบ เป็นเลขฐานสิบหก เพื่อความปลอดภัยของข้อมูลโดยทำการกำหนดจำนวน ไบต์ของข้อมูลวัตถุดิบภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 และทำการแกะข้อมูลแบบแปลงเลขฐานกลับ จากเลขฐานสิบหก เป็นเลขฐานสิบ ที่ตัวรับ ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การส่งข้อมูลแบบแฟ็กเก็ต



รูปที่ 3.24 การรับข้อมูลแบบแพ็กเก็ต

3.4 การออกแบบข้อมูลแบบแพ็กเก็ต

Packet คือ หน่วยย่อยของข้อมูล ซึ่งเป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย ๆ ช่วยให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตนั้นเร็วขึ้น เพราะการแบ่งข้อมูลเป็นส่วนย่อยนี้ แต่ละส่วนย่อยจะถูกส่งไปยัง

จุดหมายพร้อมๆกัน ซึ่งแต่ละอันจะจำหน้าถึงผู้รับเดียวกัน แทนการส่งแบบที่ส่งข้อมูลไปทั้งหมดทั้งก้อนซึ่งทำให้ส่งได้ช้า โดยการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอร์รา

- เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่ามาตรฐานตั้งแต่ 0.00 ถึง 14.00 กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 3 ไบต์
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิมีค่ามาตรฐานตั้งแต่ 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 2 ไบต์
- เซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์มีค่ามาตรฐานตั้งแต่ -1999 ถึง 1999 มิลลิโวลต์ กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 4 ไบต์
- เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่ามาตรฐานตั้งแต่ 0.00 ถึง 20.00 กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 4 ไบต์
- การระบุตำแหน่งทางดาวเทียม กำหนดให้ Latitude มีค่ามาตรฐานตั้งแต่ 0.00000 ถึง 90.00000 กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 4 ไบต์ และ Longitude มีค่ามาตรฐานตั้งแต่ 0.00000 ถึง 180.00000 กำหนดให้เป็นข้อมูลขนาด 4 ไบต์ มีข้อมูลขนาด 6 ไบต์

0	14	0	50	-1999	1999	0	20	0	90	0	180
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ค่าอุณหภูมิ	ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์	ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	Latitude	Longitude						
3 ไบต์	2 ไบต์	4 ไบต์	3 ไบต์	6 ไบต์	6 ไบต์						

รูปที่ 3.25 การออกแบบข้อมูลแบบแพ็กเก็ต

DO Value : 6.53 mg/L

pH : 7.90

Temp (*C) = 31 Temp (*F) = 88.70

ORP : 242 mV

Latitude : 13.27749

Longitude : 100.92753

3161f10f228d1442849a00d1|

Send '3161f10f228d1442849a00d1'

รูปที่ 3.26 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบแพ็กเก็ต

จากรูปที่ 3.26 เป็นตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบแฟกเกตข้อมูลที่นำมาแปลงจะไม่สนใจจุดทศนิยม ทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบหกเพื่อเป็นการเข้ารหัสฐานข้อมูล และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบแฟกเกต ดังต่อไปนี้

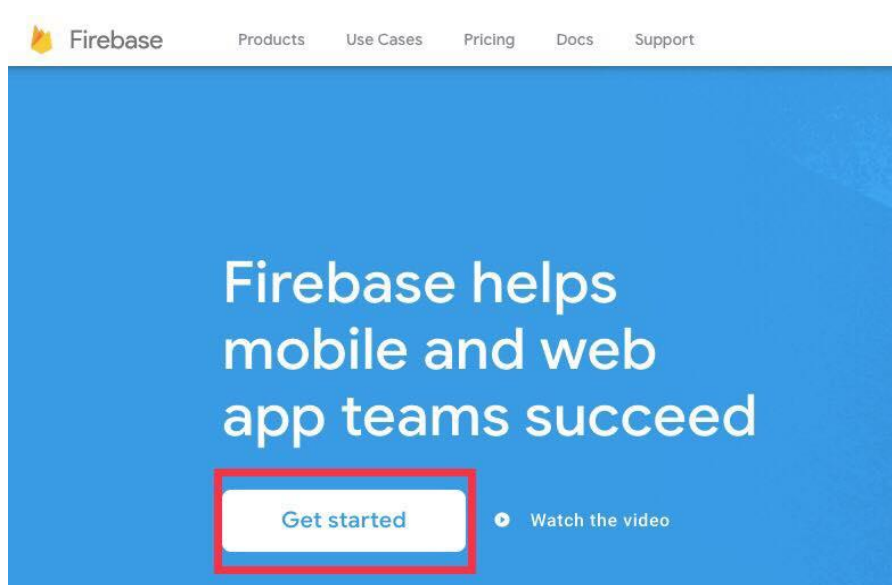
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 790 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 316
- ค่าอุณหภูมิ ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 31 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 1f
- ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 242 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 10f2
- ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 653 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 28d
- การระบุตำแหน่งทางดาวเทียม Latitude ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 1327749 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 144284
- การระบุตำแหน่งทางดาวเทียม Longitude ข้อมูลที่นำมาแปลงคือ 1327749 แปลงเป็นเลขฐานสิบหก ได้เป็น 9a00d1

จะได้ว่าข้อมูลที่ทำกรส่งออกมาในข้อมูลแบบแฟกเกตคือ 3161f10f228d1442849a00d1

3.5 ออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง

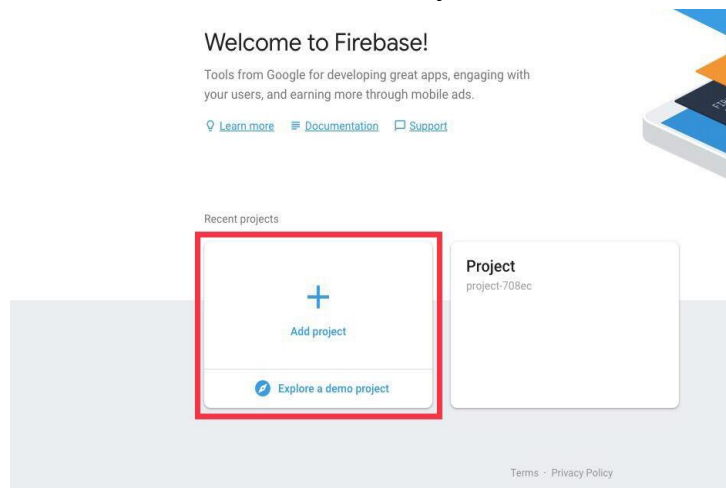
สำหรับฐานข้อมูลที่เลือกใช้ในการเก็บข้อมูลคือ Firebase Realtime Database เนื่องจากฐานข้อมูลแบบ NoSQL cloud database ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON และมีการซิงค์ข้อมูลแบบเวลาจริงกับทุกอุปกรณ์ ที่เชื่อมต่อแบบอัตโนมัติในเวลาเพียงไม่กี่วินาที รองรับการทำงานเมื่อทำงานแบบออฟไลน์ รวมถึงสามารถออกแบบเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลทั้งการอ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว และการเขียนได้ โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1. ทำการลงทะเบียนใช้งาน Google Firebase
2. เริ่มต้นใช้งาน Firebase โดยไปที่ Get started ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การเริ่มต้นใช้งาน

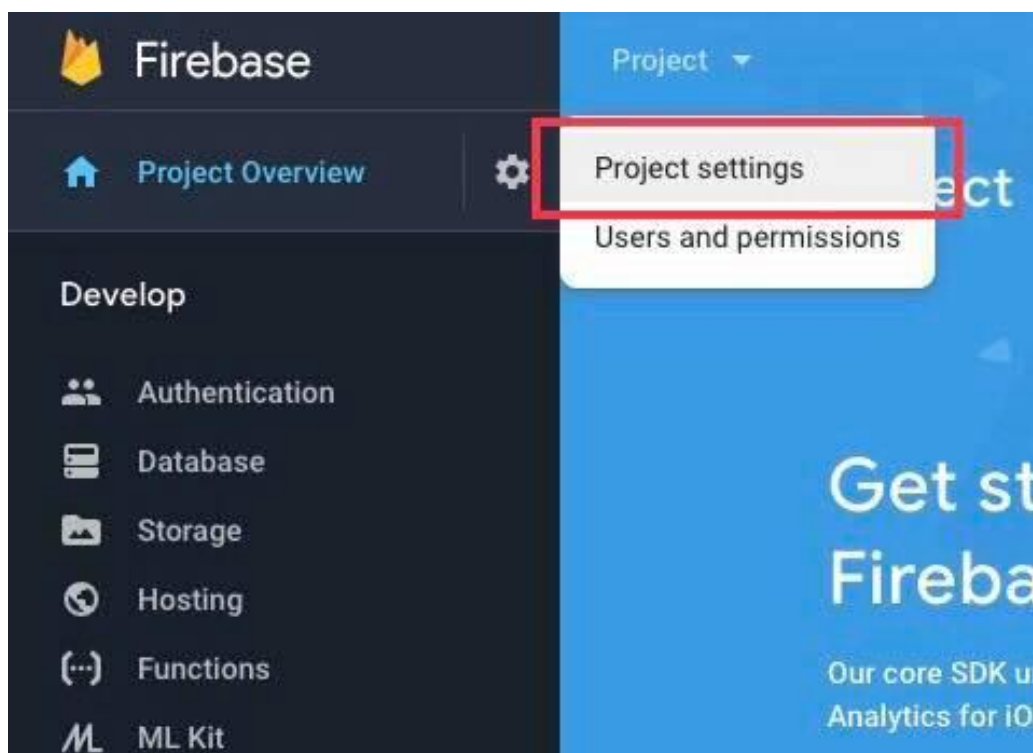
3. ทำการเพิ่มโครงการ โดยไปที่ Add project ดังแสดงในรูปที่ 3.28 และทำการสร้างโครงการ โดยกรอกชื่อโครงการ และสถานที่ จากนั้นทำการอ่านและยอมรับเงื่อนไข กด Create project ถือเป็นการเสร็จสิ้นการสร้างโครงการ ดังแสดงในรูป 3.29



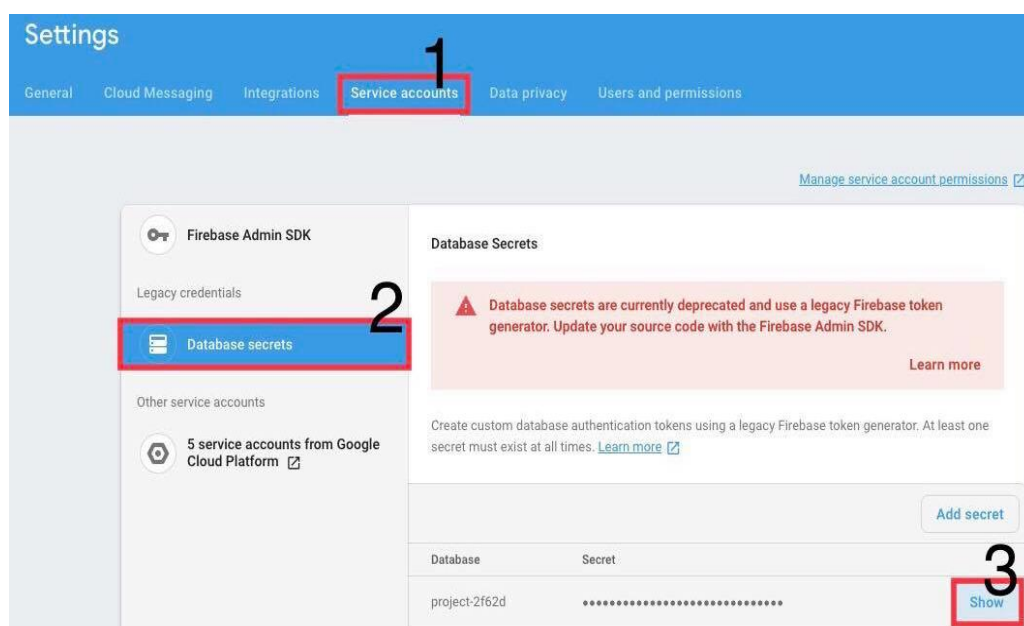
รูปที่ 3.28 การเพิ่มโครงการ

รูปที่ 3.29 การสร้างโครงการ

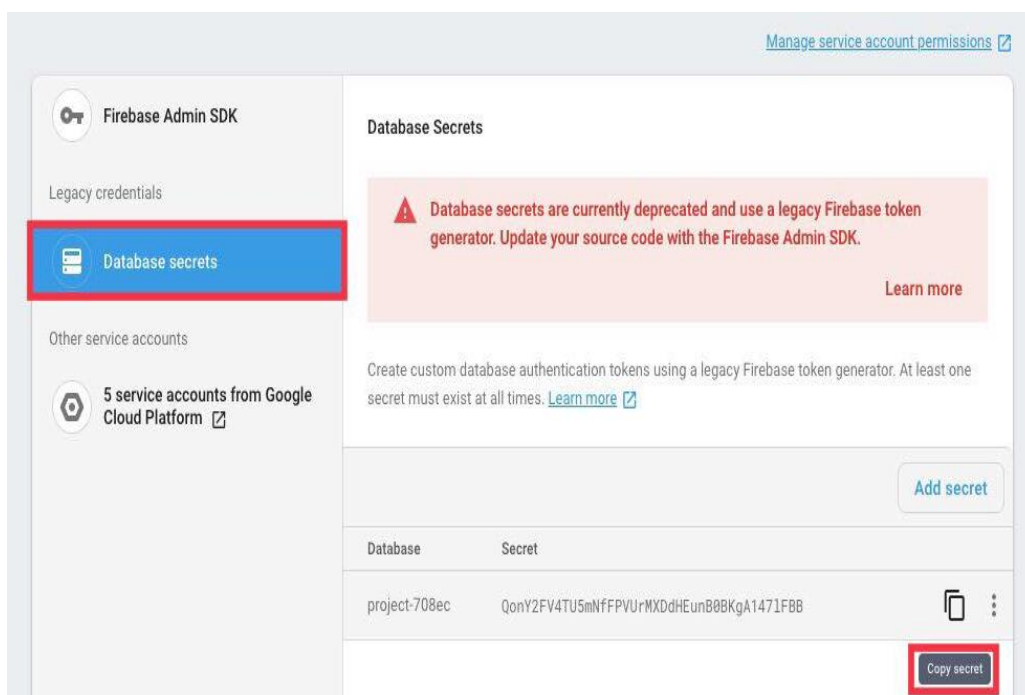
4. ทำการตั้งค่าโครงการ โดยไปที่ Project Overview และเลือก Project setting ดังแสดงในรูปที่ 3.30 จากนั้นทำการตั้งค่าบัญชีบริการตามขั้นตอนการตั้งค่าบัญชีบริการ ดังแสดงในรูปที่ 3.31 จากนั้นทำการคัดลอก Token Firebase โดยไปที่ Copy secret ดังแสดงในรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.30 การตั้งค่าโครงการ

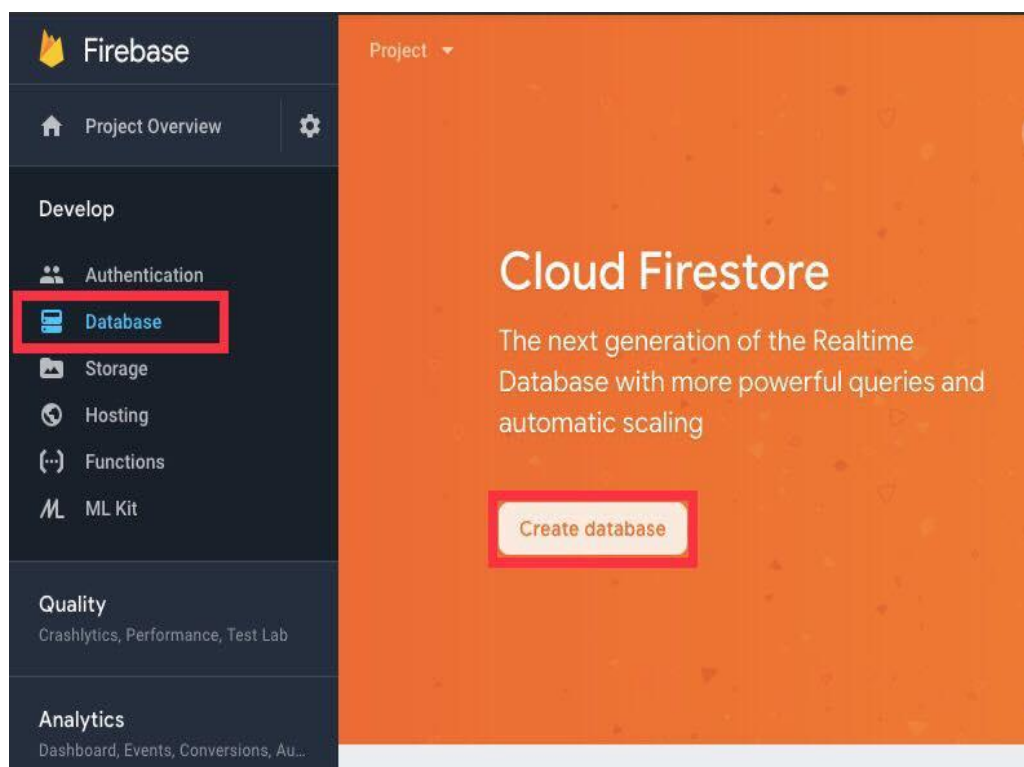


รูปที่ 3.31 การตั้งค่าบัญชีบริการ



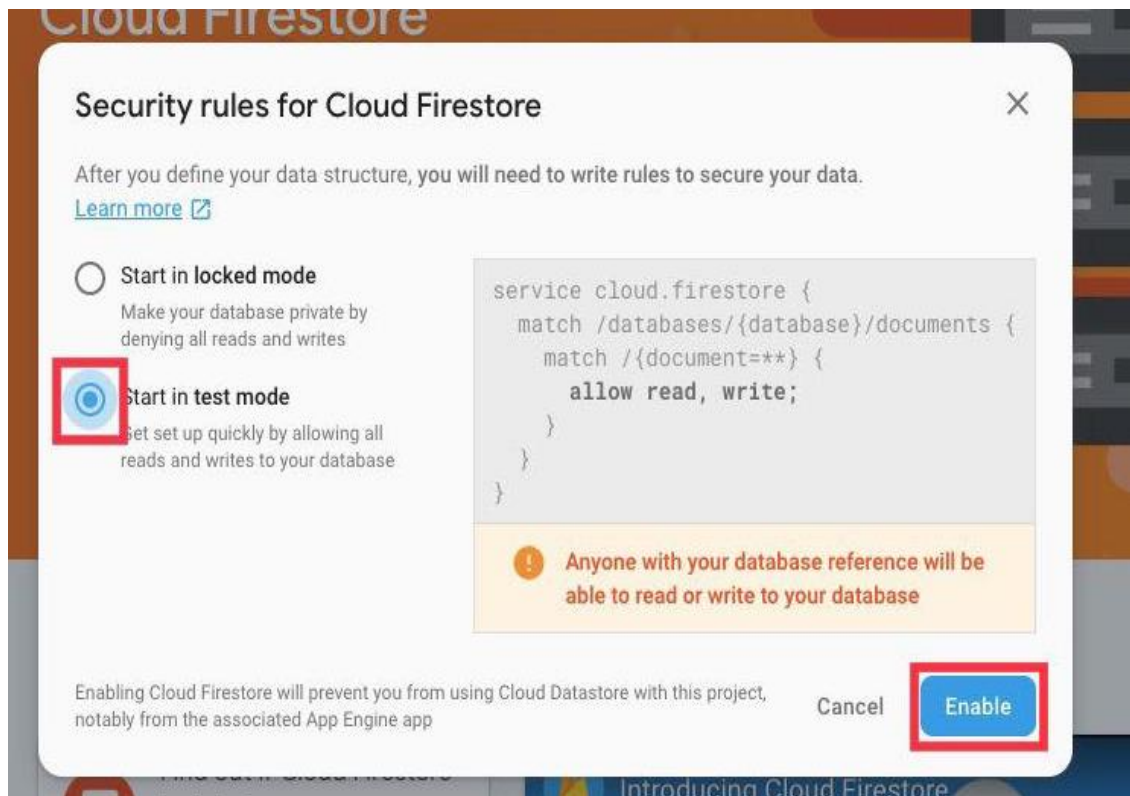
รูปที่ 3.32 การคัดลอก Token Firebase

5. สร้างฐานข้อมูล โดยไปที่ Database ดังแสดงในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การสร้างฐานข้อมูล

- เปิดใช้โหมดทดสอบสำหรับฐานข้อมูลแบบเวลาจริง โดยเลือก Start in test mode ดังแสดงในรูปที่ 3.34



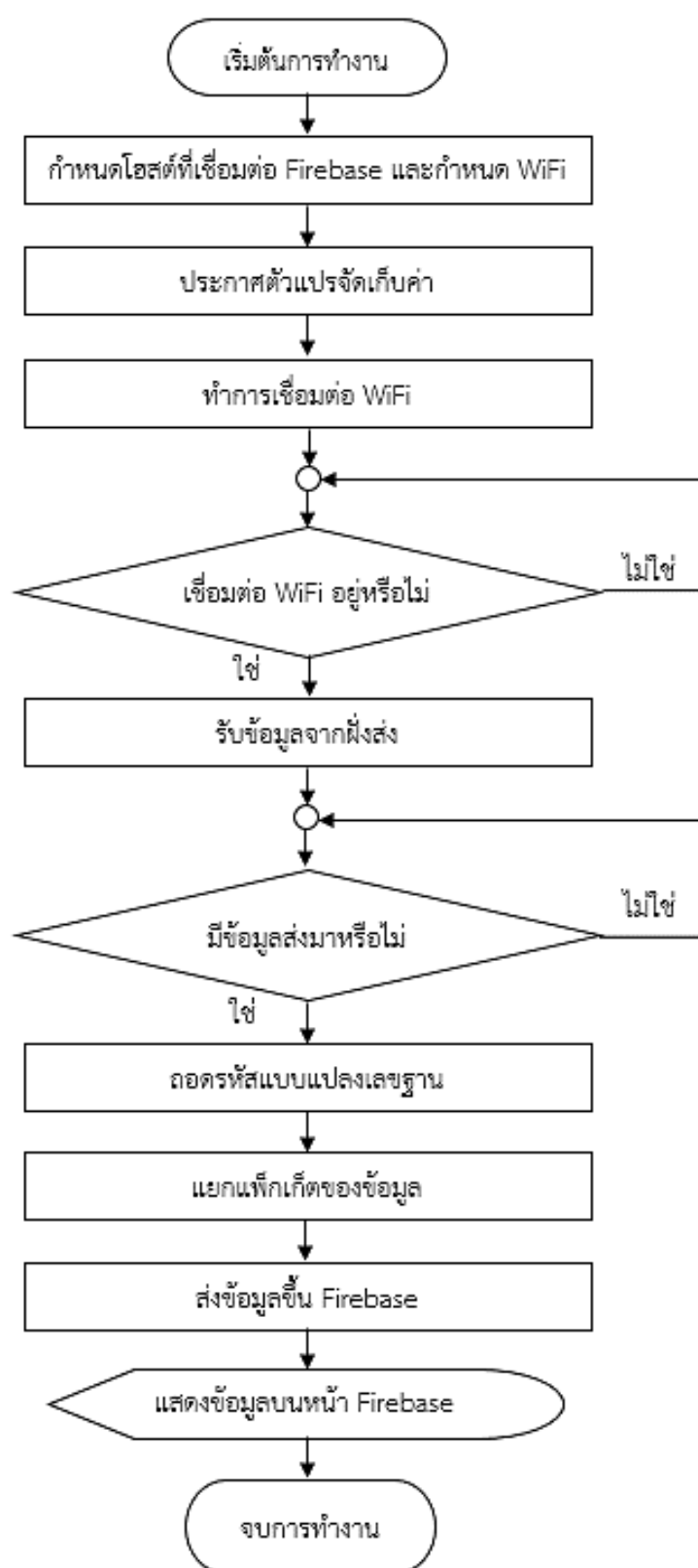
รูปที่ 3.34 การเปิดใช้โหมดทดสอบสำหรับฐานข้อมูลแบบเวลาจริง

- ทำการคัดลอก URL Firebase โดยไปที่ Data ดังแสดงในรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 การคัดลอก URL Firebase

- ดาวน์โหลดไลบรารี Firebase สำหรับ Arduino
- เพิ่มไลบรารี Firebase ใน Arduino
- เชื่อมต่อ ESP32 เข้ากับฐานข้อมูลออนไลน์ Google Firebase แบบเวลาจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.36 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง

จากรูปที่ 3.36 เป็นการเชื่อมต่อฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง โดยการกำหนดโฮสต์ที่เชื่อมต่อกับ Firebase และเลือก WiFi ที่จะใช้เชื่อมต่อ เมื่อได้รับข้อมูลจากฝั่งส่งจะทำการถอดรหัส และแยกแพ็กเก็ตของข้อมูล จากนั้นข้อมูลที่ได้อาจแสดงผลบนหน้า Firebase

3.6 ออกแบบเว็บไซต์สำหรับการแสดงผลแบบเวลาจริง

ทำการออกแบบเว็บไซต์โดยข้อมูลที่ต้องการแสดงได้แก่ค่า เวลาอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ตำแหน่งละติจูด และตำแหน่งลองจิจูด โดยทำการแสดงให้อยู่ในรูปแบบตารางแสดงผล และกราฟแสดงผล โดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. วางแผนจัดทำเว็บไซต์
2. การกำหนดโครงสร้างของเว็บ
3. ออกแบบหน้าเว็บเพจแต่ละหน้า หน้าเว็บเพจที่ทำการออกแบบได้แก่ HOME DATA LOCATION และ CONTACT ดังแสดงในรูปที่ 3.37-3.41

Water Quality Monitoring HOME DATA ▾ LOCATION CONTACT

ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ (Water Quality Indicators)

เป็นตัวชี้วัดบอกว่าคุณภาพน้ำนั้น "ดี" หรือ "ไม่ดี" โดยขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารที่สนใจวัดค่า ตัวอย่างเช่น น้ำที่มีความเข้มข้นของปริมาณโลหะสูงอาจจะไม่เหมาะกับบริโภค แต่เหมาะสมเพียงพอสำหรับใช้งานในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น การวัดประเมินค่าคุณภาพน้ำจะมีการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารที่เกิดขึ้น กับสภาพตามธรรมชาติ สภาพอ้างอิง หรือสภาพเดิมตามเงื่อนไขที่จะปกป้องสุขภาพของมนุษย์ หรือนิเวศวิทยาเป็นหลัก

ลำดับ	ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ	หน่วย	ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม	หมายเหตุ
1.	อุณหภูมิ (Temperature)	°C	23-32	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน
2.	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		5-9	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในเขตรange ไม่ต่ำกว่า 2.0 หน่วย
3.	ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.	ต่ำสุด 3	-
4.	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)	มก./ล.	สูงสุด 30	และมีออกซิเจนละลายอยู่อย่างเพียงพอ
5.	ความขุ่น (Turbidity) - ความโปร่งใส (Transparency) - สารแขวนลอย (Suspended solids)	ขม.	30 - 60 สูงสุด 25	วิธีด้วย Secchi disc

ตารางแสดง เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์

ที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water06.html

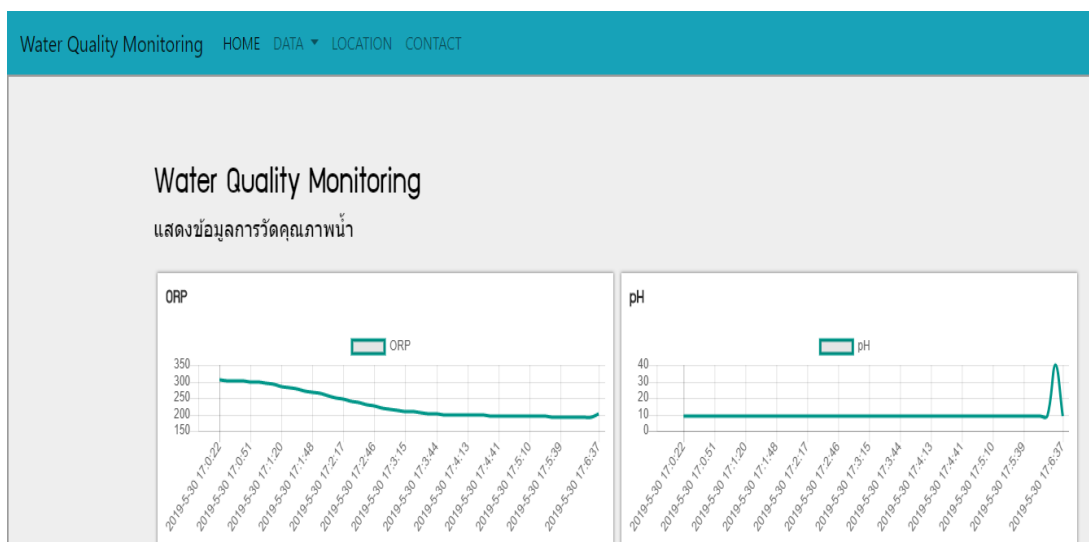
รูปที่ 3.37 เว็บเพจหน้า HOME ที่ได้ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.37 แสดงถึงเว็บเพจหน้า HOME โดยข้อมูลที่แสดงในหน้านี้ จะกล่าวถึงความหมายของตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์

Water Quality Monitoring HOME DATA LOCATION CONTACT									
ตารางแสดงผลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ									
Show	10	entries		Search:					
Time	Temp	pH	DO	ORP	Latitude	Longitude	Quality : Temp	Quality : pH	Quality : DO
2019-4-2 10:33:6	9	8	1.734072	-4.739773e-26	0	1.695038	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
2019-4-24 10:33:13	1.695008	71	1.734072	-4.739773e-26	0	0.000488	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	pH Error	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
2019-4-24 10:33:21	1.695008	71	1.734072	-4.739773e-26	0	0.000488	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	pH Error	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
2019-4-24 10:33:28	1.695008	71	1.734072	-4.739773e-26	0	0.000488	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	pH Error	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
2019-4-24 10:33:35	1.695008	71	1.731451	-4.739773e-26	0	1.695038	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน	pH Error	ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

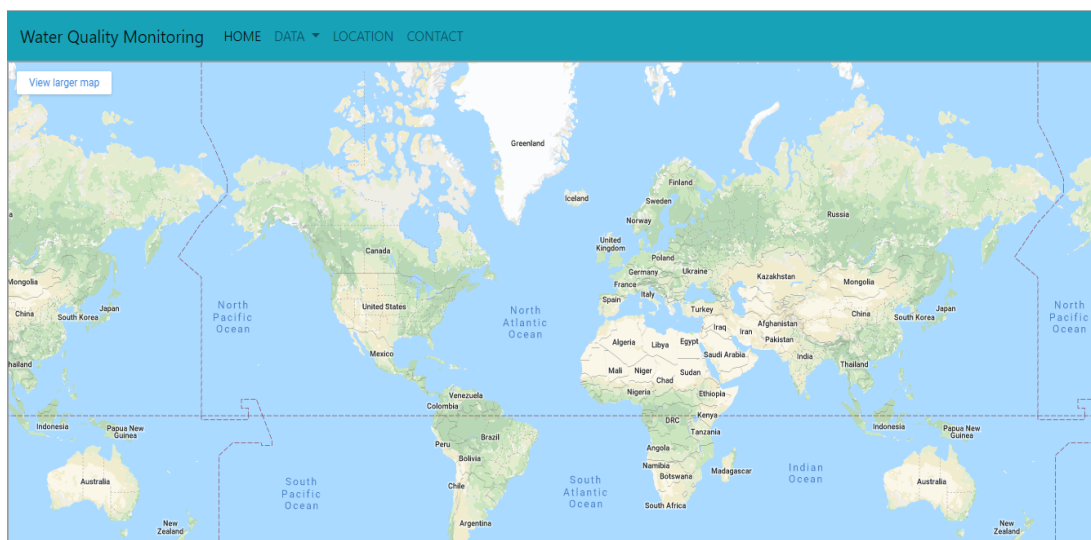
รูปที่ 3.38 เว็บเพจหน้า DATA ที่ได้ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.38 แสดงถึงเว็บเพจหน้า DATA โดยข้อมูลที่แสดงในหน้านี้ ออกแบบให้อยู่ในรูปแบบของตาราง เป็นการแสดงให้เห็นถึงข้อมูลของตัวชี้วัดคุณภาพน้ำและวิเคราะห์ผลแบบเวลาจริง ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์ มีการออกแบบให้สามารถเลือกแสดงข้อมูลได้ที่ 10 25 50 หรือ 100 ข้อมูลพร้อมกัน และมีการออกแบบให้สามารถค้นหาข้อมูลได้จากช่องค้นหา



รูปที่ 3.39 เว็บเพจหน้า DATA ที่ได้ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.39 แสดงถึงเว็บเพจหน้า DATA โดยข้อมูลที่แสดงในหน้านี้ออกแบบให้ในรูปแบบของกราฟ เป็นการแสดงให้เห็นถึงข้อมูลของตัวชี้วัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริง ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์



รูปที่ 3.40 เว็บเพจหน้า LOCATION ที่ได้ทำการออกแบบ

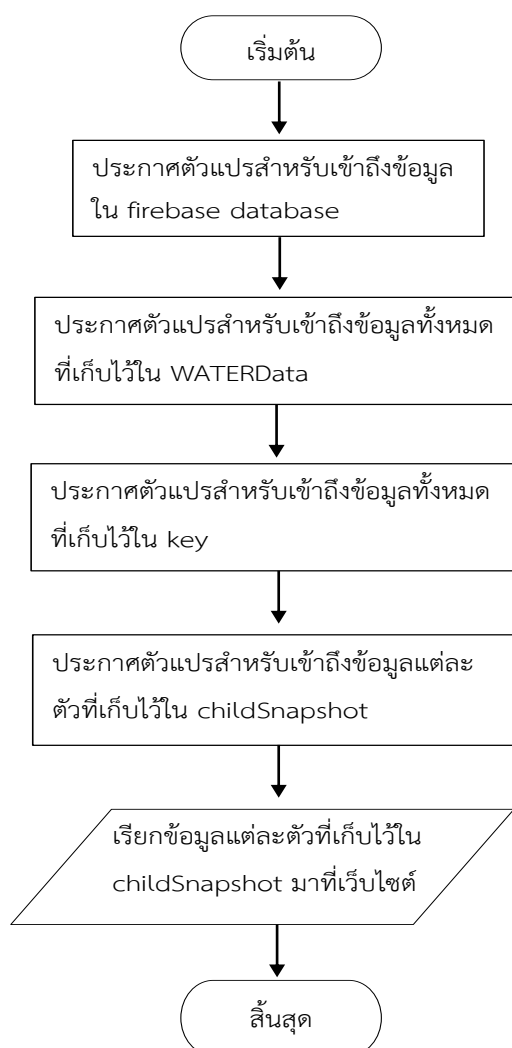
จากรูปที่ 3.40 แสดงถึงเว็บเพจหน้า LOCATION ซึ่งเป็นการเรียกไฟล์จาก Google Maps มาไว้ที่หน้าเพจนี้เพื่อนำข้อมูลละติจูด ลองจิจูด ที่ทราบมาค้นหาตำแหน่งพิกัด



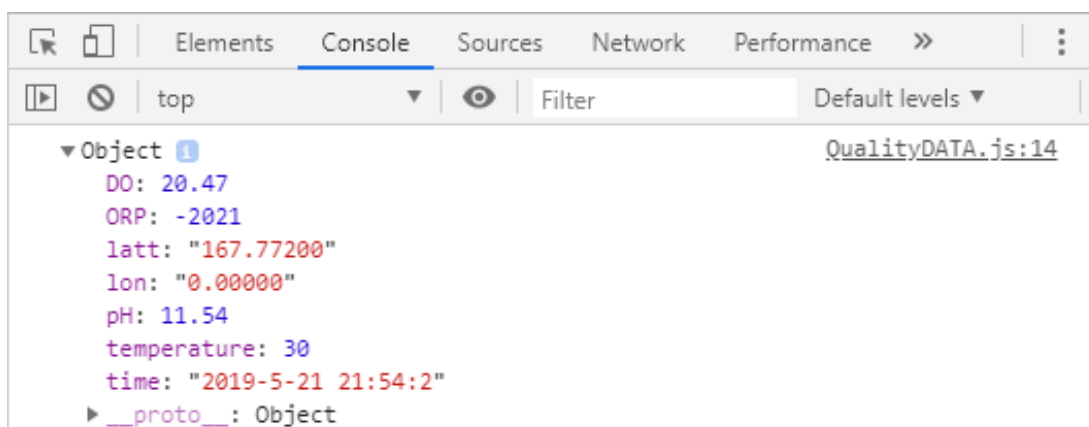
รูปที่ 3.41 เว็บเพจหน้า CONTACT ที่ได้ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.41 แสดงถึงเว็บเพจหน้า CONTACT โดยข้อมูลที่แสดงในหน้านี้ จะกล่าวถึงประวัติส่วนตัวของอาจารย์ที่ปรึกษา และประวัติส่วนตัวของผู้จัดทำปริญญานิพนธ์นี้ โดยข้อมูลส่วนตัวที่กล่าวถึงได้แก่ ชื่อ นามสกุล ตำแหน่ง และช่องทางการติดต่อ

4. กำหนดการเชื่อมระหว่างเพจ
5. สร้างเว็บเพจในแต่ละหน้าตามที่ยกแบบไว้ด้วยโปรแกรม sublime text 3 ใช้ชุดคำสั่ง HTML และ CSS ในการเขียน
6. ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล fire base มาที่เว็บไซต์ ใช้ชุดคำสั่ง JavaScript และเนื่องจากข้อมูลที่เก็บไว้ใน fire base อยู่ในตัวแปรที่ชื่อว่า childSnapshot ซึ่งตัวแปรนี้เป็นข้อมูลที่เก็บไว้ในตัวแปรอื่นอีกที จึงจำเป็นต้องทำการประกาศตัวที่ละชั้นเพื่อเข้าถึงข้อมูลใน childSnapshot ตัวแปรที่ต้องเข้าถึงได้แก่ WATERData key และchildSnapshot ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.42



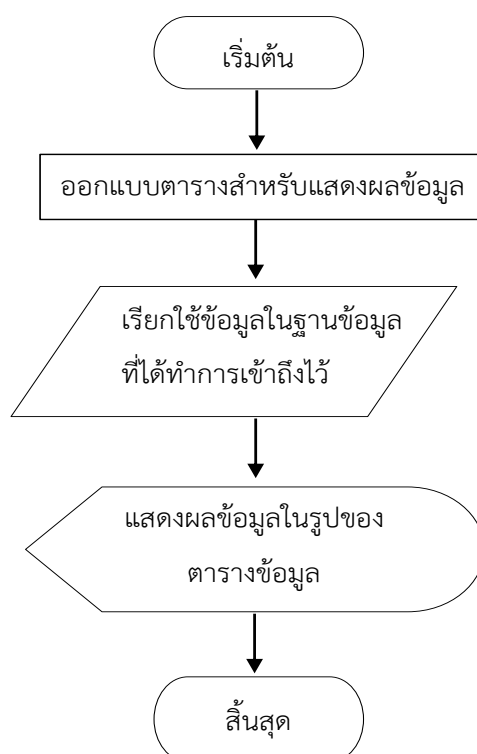
รูปที่ 3.42 แผนผังการเข้าถึงข้อมูลจากฐานข้อมูล



รูปที่ 3.43 ข้อมูลที่ได้ทำการเข้าถึงจากฐานข้อมูล

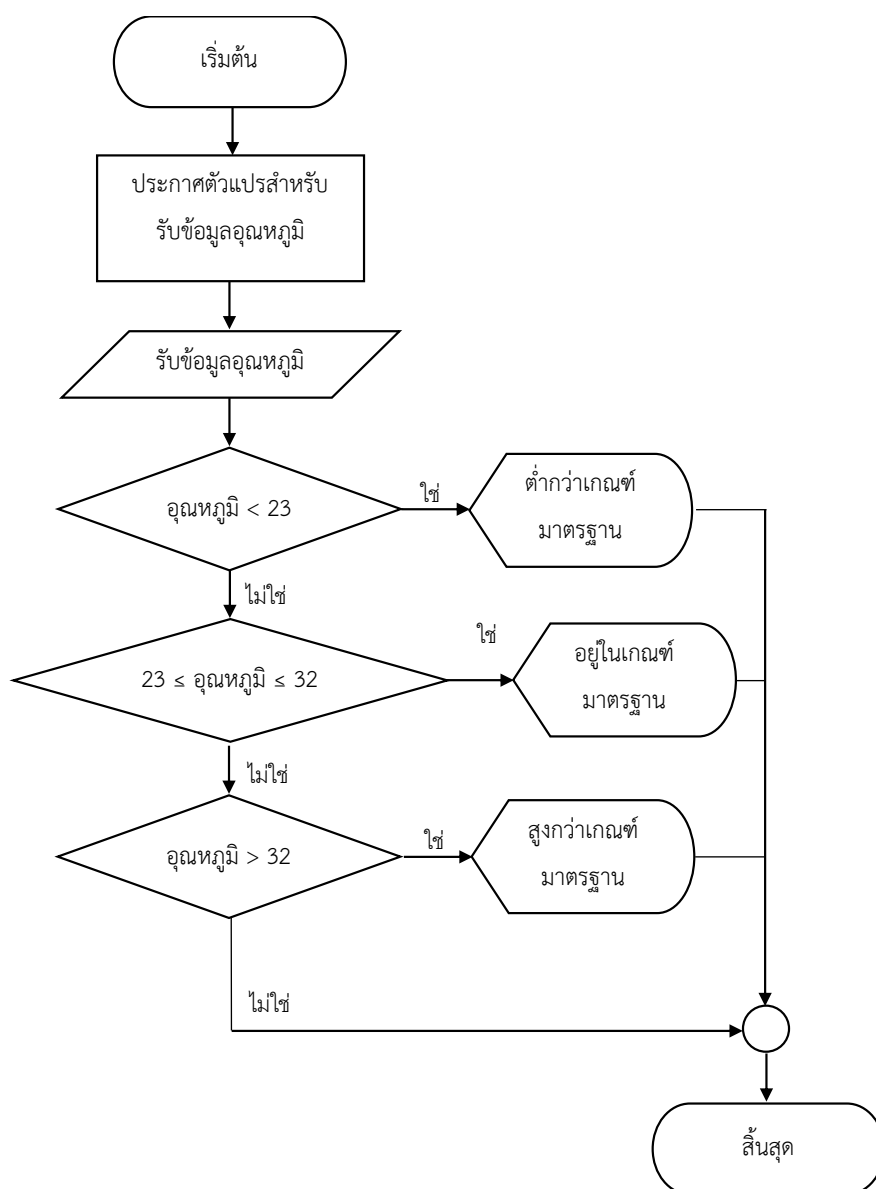
จาก รูปที่ 3.43 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่ได้เข้าถึงในส่วนของ childSnapshot ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งหมดที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล firebase โดยจะนำมาข้อมูลตรงนี้มาแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบตารางในขั้นตอนต่อไป

7. เขียนคำสั่งจัดแจงข้อมูลใส่ตารางโดยแสดงผลแบบตารางข้อมูลโดยแสดงการทำงานดังรูปที่ 3.44



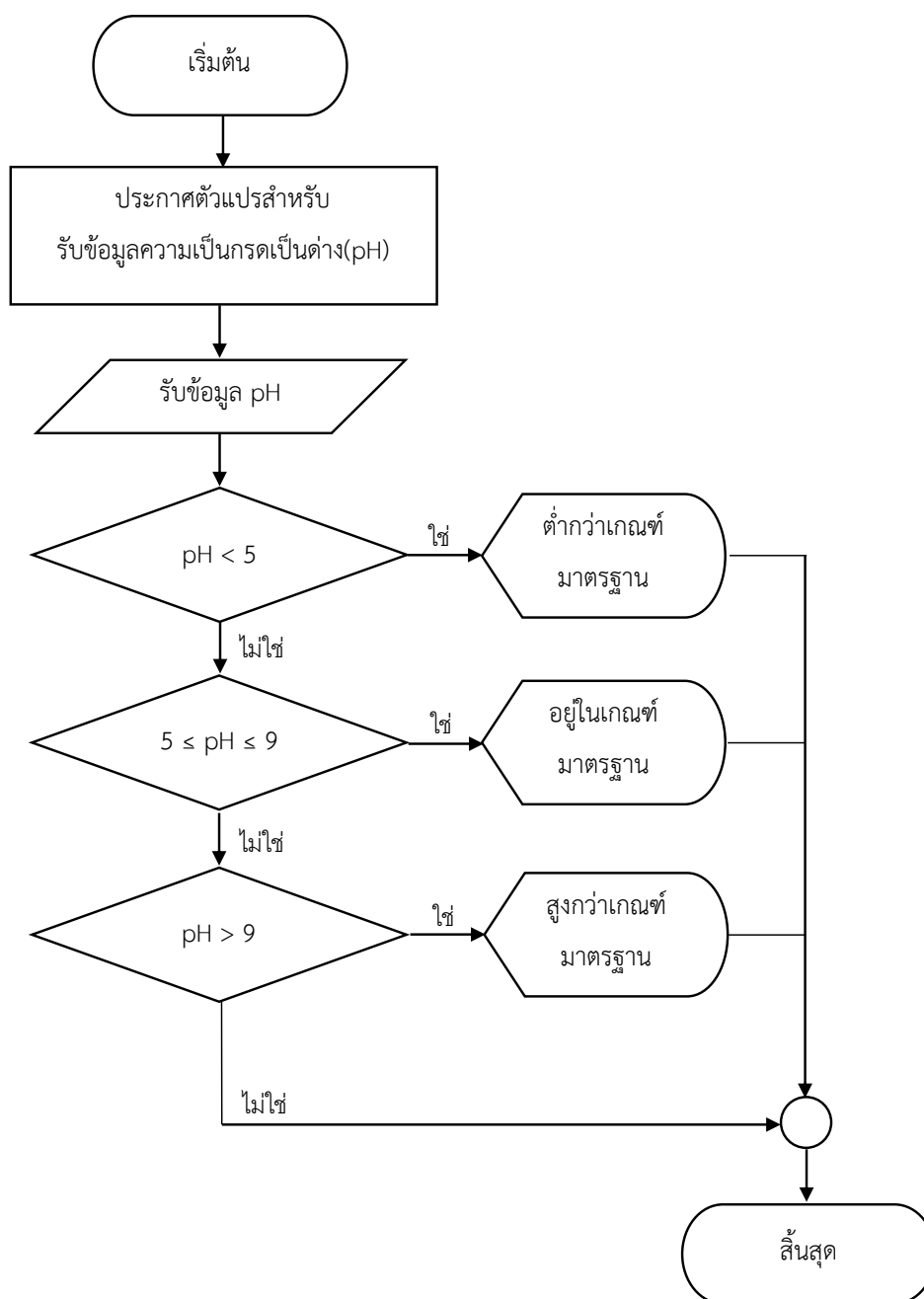
รูปที่ 3.44 แผนผังการเข้าถึงข้อมูลจากฐานข้อมูล

8. เขียนคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการแสดงผลให้เห็นถึงสถานะของคุณภาพน้ำ โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์คือค่าของอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยอิงข้อมูลตามเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ดังแสดง ดังรูปที่ 3.45–3.47



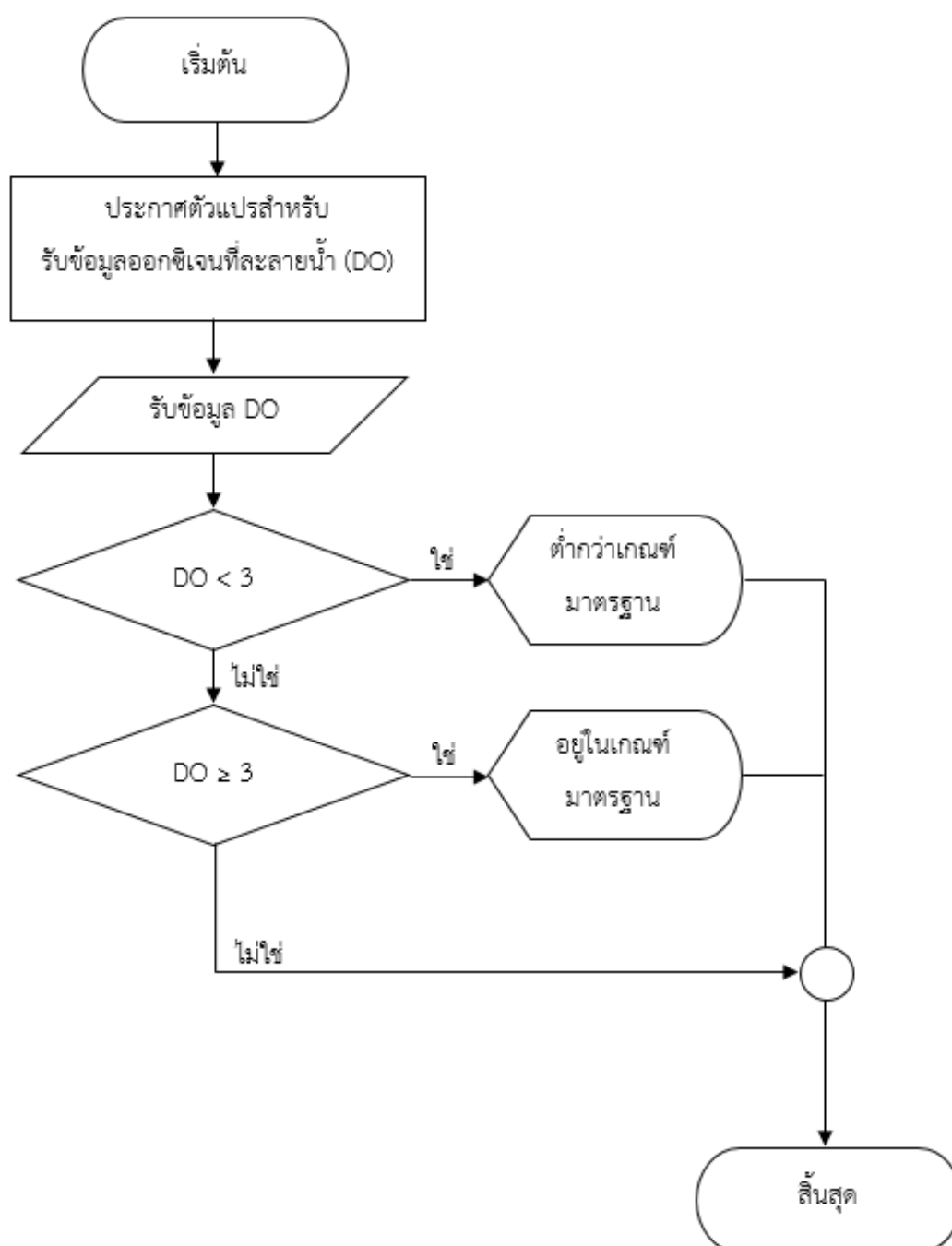
รูปที่ 3.45 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.45 จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิมีน้อยกว่า 23 องศาเซลเซียส หน้าจอจะแสดงผลว่าต่ำกว่ามาตรฐาน อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส หน้าจอจะแสดงผลว่าอยู่ในมาตรฐาน และถ้าหากอุณหภูมิมีย่านมากกว่า 32 องศาเซลเซียส หน้าจอจะแสดงผลว่าสูงกว่ามาตรฐาน



รูปที่ 3.46 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของความเป็นกรดเป็นด่าง

จากรูปที่ 3.46 จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าน้อยกว่า 5 หน้าจอจะแสดงผลว่าต่ำกว่ามาตรฐาน ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 5-9 หน้าจอจะแสดงผลว่าอยู่ในมาตรฐาน และถ้าหากอุณหภูมิมีค่ามากกว่า 9 หน้าจอจะแสดงผลว่าสูงกว่ามาตรฐาน



รูปที่ 3.47 แผนผังการวิเคราะห์ข้อมูลของออกซิเจนที่ละลายน้ำ

จากรูปที่ 3.47 จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของออกซิเจนที่ละลายน้ำ เมื่อออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าน้อยกว่า 3 mg/l หน้าจอจะแสดงผลว่าต่ำกว่ามาตรฐาน และถ้าหากออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าตั้งแต่ 3 mg/l ขึ้นไป หน้าจอจะแสดงผลว่าอยู่ในมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการดำเนินการโครงการ

4.1 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำ

ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำ โดยอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่าง อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนละลายน้ำ โดยอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีจำเพาะดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำ

อุปกรณ์	พิสัย	แรงดัน
วัดความเป็นกรดเป็นด่าง	1 ถึง 14	5.0 โวลต์
วัดอุณหภูมิ	0 ถึง 45 องศาเซลเซียส	3.3 โวลต์
วัดความสามารถในการออกซิไดซ์	-1999 ถึง +1999 มิลลิโวลต์	5.0 โวลต์
วัดออกซิเจนละลายน้ำ	0 ถึง 20 mg/L	3.3 โวลต์

ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทำการทดสอบกับสารสอบเทียบมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกันไปจำนวน 3 ค่า ทำการทดสอบแต่ละค่าจำนวน 10 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบแต่ละค่า ซึ่งสารสอบเทียบมาตรฐาน จำนวน 3 ค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่ามาตรฐาน	ค่าที่วัดได้	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
4.01	3.71	7.48
6.86	6.65	3.06
9.18	9.02	1.74

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่าง สรุปได้ว่า เมื่อทำการทดสอบกับสารสอบเทียบมาตรฐานที่มีค่า 4.01 อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 7.48 ทดสอบกับสารสอบเทียบมาตรฐานที่มีค่า 6.86 อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 3.06 และ

ทดสอบกับสารสอบเทียบมาตรฐานที่มีค่า 9.18 อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.74 ดังนั้น อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.74-7.48

ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิ โดยทำการทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิแตกต่างกันไปจำนวน 5 ค่า ทำการทดสอบแต่ละค่าจำนวน 10 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบแต่ละค่า ซึ่งอุณหภูมิของน้ำประปาที่ทำการทดสอบ จำนวน 5 ค่า ได้แก่ 5 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส 35 องศาเซลเซียส 50 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)	เซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
5	4.40	12
25	24.70	1.2
35	34.50	1.429
50	50.20	2
80	79.30	0.875

ตารางที่ 4.3 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิ สรุปได้ว่า เมื่อทำการทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 12 ทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.2 ทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.429 ทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 2 และทดสอบกับน้ำประปาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0.875 ดังนั้นอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดอุณหภูมิมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0.875-12

ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยทำการทดสอบกับประเภทของน้ำที่แตกต่างกันไปจำนวน 2 ประเภท ทำการทดสอบกับน้ำแต่ละประเภทจำนวน 10 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบแต่ละค่า น้ำ 2 ประเภทที่ทำการทดสอบ ได้แก่ น้ำดื่ม และน้ำประปา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์

ประเภทของน้ำ	ค่ามาตรฐาน (มิลลิโวลต์)	ค่าที่วัดได้ (มิลลิโวลต์)
น้ำดื่ม	200-300	318
น้ำประปา	400	402

ตารางที่ 4.4 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์ สรุปได้ว่า เมื่อทำการทดสอบกับน้ำประเภทน้ำดื่มค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ที่วัดได้คือ 318 มิลลิโวลต์ และเมื่อทดสอบกับน้ำประเภทน้ำประปาค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ที่วัดได้คือ 402 มิลลิโวลต์ แสดงให้เห็นว่าค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ที่วัดได้นั้นมีค่าแตกต่างจากค่ามาตรฐานของน้ำในแต่ละประเภท ดังนั้น อุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดความสามารถในการออกซิไดซ์มีค่าความคลาดเคลื่อน

ทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยทำการทดสอบกับประเภทของน้ำที่แตกต่างกันไปจำนวน 3 ประเภท ทำการทดสอบกับน้ำแต่ละประเภทจำนวน 10 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบแต่ละค่า น้ำ 3 ประเภทที่ทำการทดสอบ ได้แก่ โซดาไฟ น้ำดื่ม และน้ำประปา ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนละลายน้ำ

ประเภทของน้ำ	ค่ามาตรฐาน (mg/L)	ค่าที่วัดได้ (mg/L)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
โซดาไฟ	8.32	8.20	1.44
น้ำดื่ม	-	5.12	-
น้ำประปา	-	4.23	-

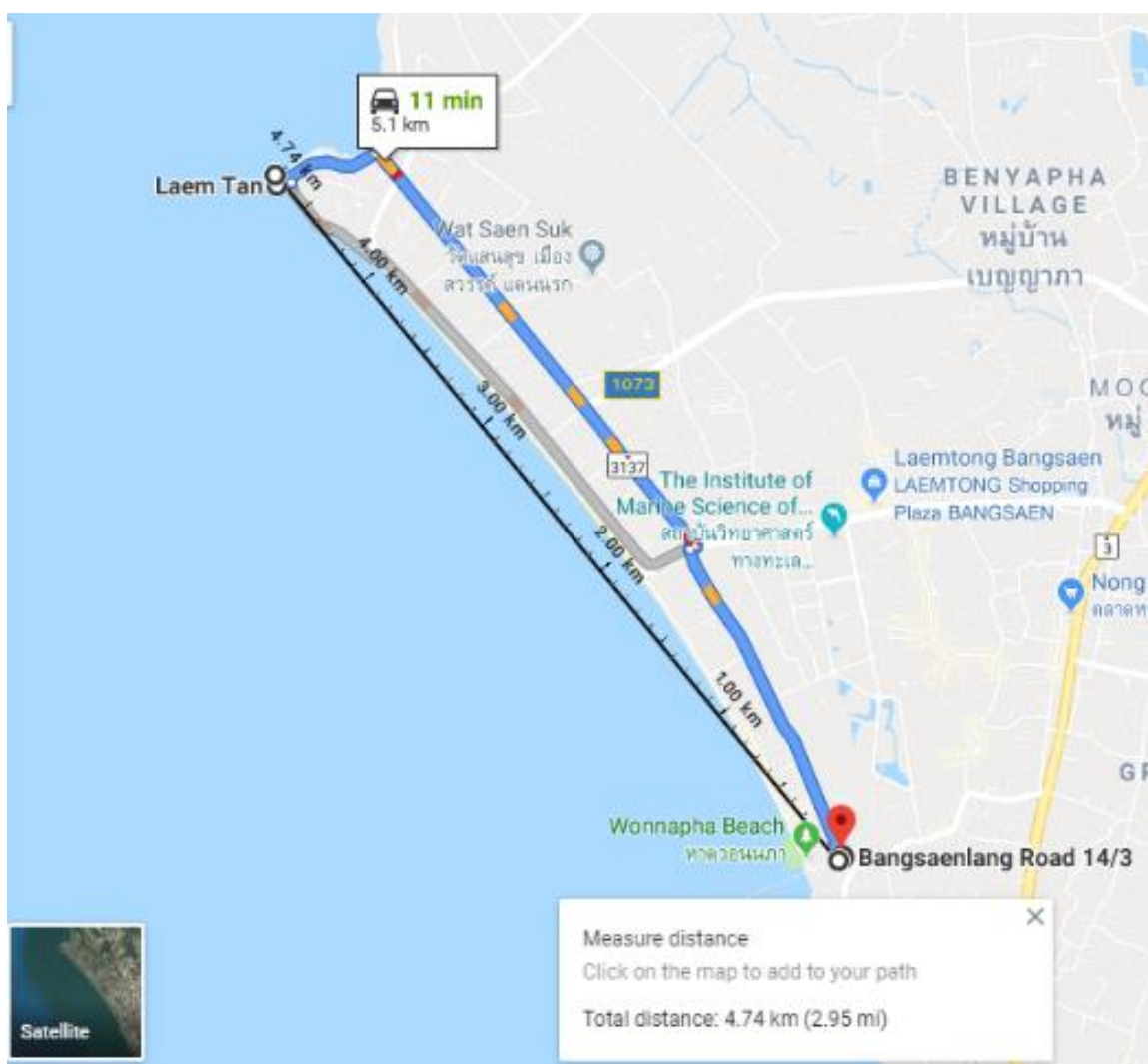
ตารางที่ 4.5 ผลจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนละลายน้ำ สรุปได้ว่า เมื่อทำการทดสอบกับน้ำประเภทโซดาไฟ อุปกรณ์จะมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.44 ทดสอบกับน้ำประเภทน้ำดื่มค่าออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้คือ 5.12 mg/L ทดสอบกับน้ำประเภทน้ำประปาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่วัดได้คือ 4.23 mg/L แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำชนิดวัดออกซิเจนละลายน้ำสามารถวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละประเภทของน้ำได้ค่าที่แตกต่างกันออกไป

จากผลการสอบเทียบของอุปกรณ์ตรวจจับคุณภาพน้ำแต่ละชนิดจะเห็นว่าอุปกรณ์มีค่าความผิดพลาด และจากการใช้งานไปสักระยะหนึ่ง มีปัญหาเกิดขึ้นไม่สามารถวัดค่าได้ หรืออุปกรณ์บางตัวทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากการเก็บรักษาหัววัดเป็นสิ่งสำคัญ ก่อนการเก็บอุปกรณ์ควรมีการทำความสะอาด

และเช็คให้แห้งทุกครั้งหลังใช้งาน โดยไม่ปล่อยให้หั่ววัดแห้ง ควรใช้น้ำยารักษาหั่ววัดเพื่อป้องกันการแห้งของหั่ววัด เพื่อยืดเวลาในการใช้งานให้มากขึ้น

4.2 การทดสอบระยะทางที่สามารถรับส่งข้อมูลของเทคโนโลยีลอรา

จากการทดสอบระยะทางที่สามารถรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอราส่งข้อมูลโดยการเคลื่อนที่บอร์ดลอราสำหรับภาคส่ง และให้บอร์ดลอราภาครับอยู่ ณ สวนสาธารณะหาดวอนนภา โดยไม่มีการเคลื่อนที่ ผลที่ได้คือ เทคโนโลยีลอราสามารถรับส่งข้อมูลแบบแพ็กเก็ตที่มีค่าวัดความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าอุณหภูมิ ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ และค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำถึงกัน ในระยะ 4.47 กิโลเมตร ในพื้นที่ ภูมิ สังกัดขวาง ณ สถานที่ จากสวนสาธารณะหาดวอนนภา ไปจนถึงถนนคนเดินบางแสน จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 4.1 ระยะทางที่สามารถรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา

จากการออกแบบข้อมูลแบบแฟ็กเก็ตเพื่อทำการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา สามารถส่งข้อมูลทั้งหมด 6 ค่า ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และความสามารถในการออกซิไดซ์ ละติจูด และลองจิจูด ดังแสดงในรูปที่ 4.2

```
DO Value: 8.25mg/L
pH : 6.95
Temp (^C)= 30 Temp (^F)= 86.56
ORP: -1024mV
Latitude : 13.27513
Longitude : 100.92524
2b61e040033914419999ffec
Send '2b61e040033914419999ffec'
```

รูปที่ 4.2 ข้อมูลทางเทคโนโลยีลอราภาคส่ง

Send '2b61e040033914419999ffec'

รูปที่ 4.3 ข้อมูลแบบแฟ็กเก็ต

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงการส่งข้อมูลแบบแฟ็กเก็ตในรูปแบบเลขฐานสิบหก โดยข้อมูลชุดแรกค่าที่ได้ ค่า 2b6 แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 7.02 เป็นข้อมูลของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ข้อมูลชุดที่ 2 ค่า 1e แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 14 เป็นข้อมูลของค่าอุณหภูมิ ข้อมูลชุดที่ 3 ค่า 0 เท่ากับค่าลบ คือ ค่าบวกหรือลบของข้อมูลความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยกำหนดให้ 0 เป็นค่าลบ และ 1 เป็นค่าบวก ข้อมูลชุดที่ 4 ค่า 400

แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 1024 เป็นข้อมูลของค่าความสามารถในการออกซีไดซ์ ข้อมูลชุดที่ 5 ค่า 339 แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 8.25 เป็นข้อมูลของค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ข้อมูลชุดที่ 6 ค่า 144199 แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 13.27513 เป็นข้อมูลของค่าละติจูด และข้อมูลชุดสุดท้าย ค่า 99ffec แปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 100.92524 เป็นข้อมูลของค่าลองจิจูด

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของระยะทาง และสัญญาณในการรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา

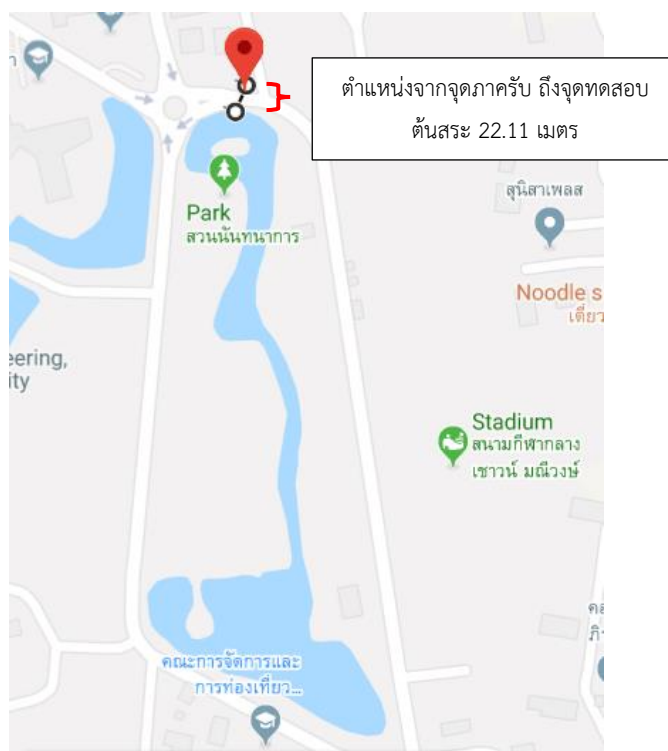
ระยะทาง (km)	ความไวในการ รับสัญญาณ (dBm)	สรุปผล
เริ่มต้น	-8	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่ดีเยี่ยม
0.5	-75	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่ดี
1	-91	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่พอใช้
1.5	-98	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวของสัญญาณที่พอใช้
2	-103	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวในการรับส่งที่ปานกลาง
2.5	-110	รับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเนื่องจากมีความไวในการรับส่งที่ปานกลาง
3	-115	รับส่งเริ่มช้าลงเนื่องจากสถานที่อับสัญญาณ และความไวของสัญญาณลดลง
3.5	-117	รับส่งข้อมูลเริ่มช้าลง และค่าเริ่มผิดพลาด เนื่องจากความไวของสัญญาณลดลง
4	-119	รับส่งข้อมูลเริ่มช้าลง และค่าเริ่มผิดพลาด เนื่องจากความไวของสัญญาณลดลง
4.5	-120	รับส่งข้อมูลเริ่มช้าลง และค่าเริ่มผิดพลาด เนื่องจากความไวของสัญญาณลดลง
5	-120	หยุดการส่งข้อมูล

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของระยะทาง และสัญญาณในการรับส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา ณ สวนสาธารณะหาดวนนภา ถึง ถนนคนเดินบางแสน โดยทั่วไปแล้วค่าความไวในการรับสัญญาณจะมีค่าต่ำกว่าศูนย์ซึ่งจะมีค่าเป็นค่าลบ ดังนั้นค่าที่ -8 dBm จะมีความไวในการรับสัญญาณมากกว่า -120 dBm ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะทางไกลขึ้นสัญญาณการรับส่งผ่านเทคโนโลยีลอราเริ่มอ่อนลง เนื่องจากมี

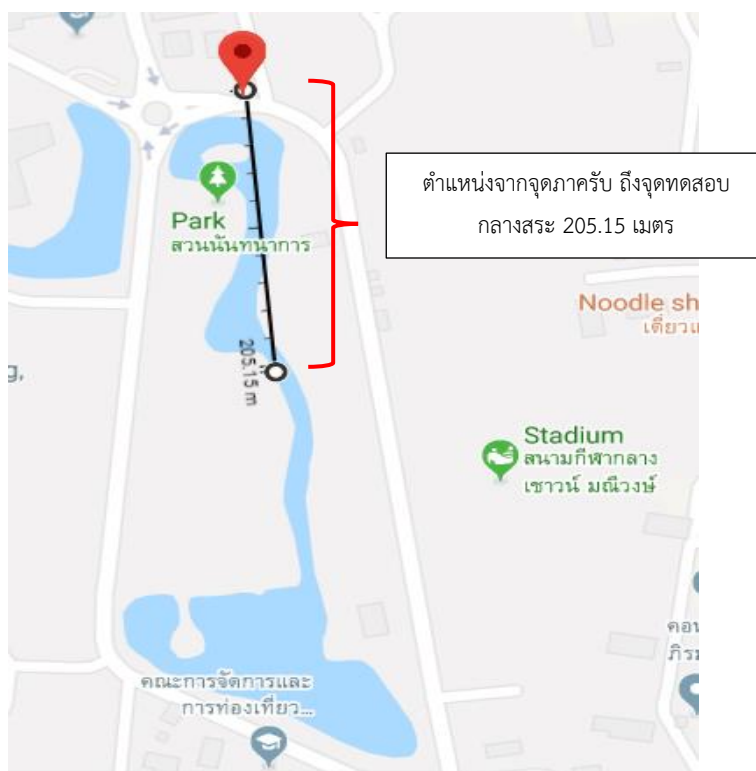
สิ่งกีดขวางที่ไม่สามารถเลี้ยวได้ ณ สถานที่นั้น จึงทำให้ผลในการรับส่งไม่เสถียร จึงเล็งเห็นว่าหากต้องการส่งข้อมูลที่ระยะไกลกว่านี้ควรทดลองในที่ที่มีพื้นที่โล่งแจ้งไม่มีสิ่งกีดขวาง จึงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการส่งข้อมูลระยะไกลที่ดี แต่เนื่องจากการส่งข้อมูลในพื้นที่ไม่มีสิ่งกีดขวางนั้นเป็นไปได้ยากด้วยสภาพแวดล้อมของสถานที่นั้น ๆ และได้ผลสรุปสำหรับการส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอว์ที่บริเวณระหว่างสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีระยะทาง 475.95 เมตร ที่วัดจากการระบุพิกัดตำแหน่งในระยะทางแบบการกระจัด โดยมีค่าความไวในการรับสัญญาณ อยู่ที่ - 110 dBm ถือว่าเป็นค่าที่ยังอยู่ในระยะการรับ-ส่งข้อมูล

4.3 ทดสอบการวัดคุณภาพน้ำ

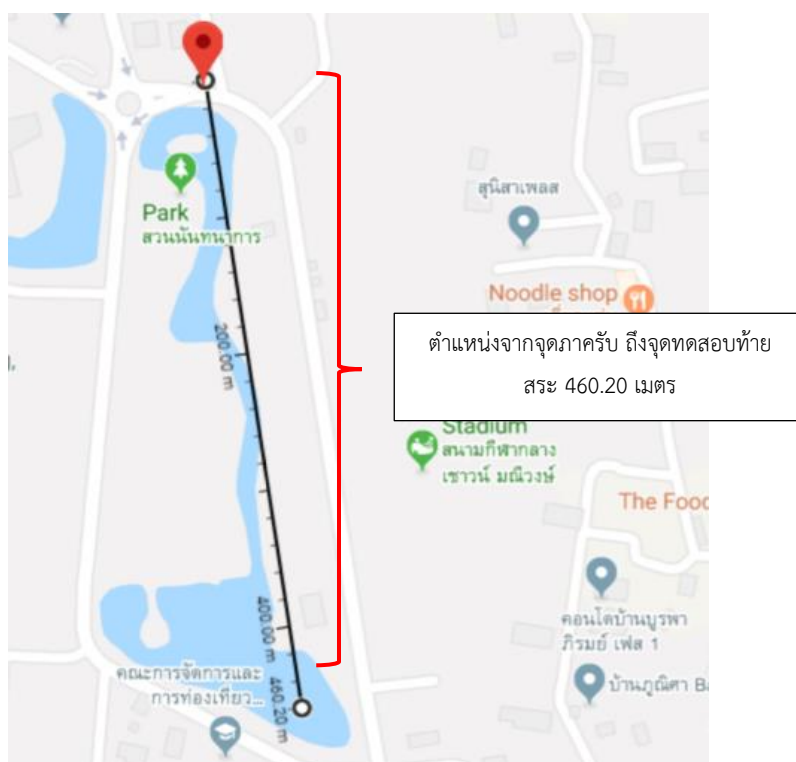
ทำการทดสอบการวัดคุณภาพน้ำทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณตอนต้นของสระ กลางสระ และท้ายสระของสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยสภาพแวดล้อมของต้นสระมีต้นไม้กีดขวางในการส่งข้อมูล แต่เนื่องจากภาครับอยู่ใกล้กับต้นสระเพียง 22.11 เมตร จึงสามารถส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพที่วัดจากความแรงของสัญญาณ ส่วนสภาพแวดล้อมของกลางสระมีต้นไม้สูง และตึกกีดขวางการส่งข้อมูล และเนื่องจากกลางสระเริ่มมีระยะทางที่ไกลขึ้น คือ 205.15 เมตร ทำให้ความแรงในการส่งข้อมูลลดลงจากภาครับ และสุดท้ายสภาพแวดล้อมของท้ายสระมีต้นไม้สูงมากมาย และตึกที่บดบังการส่งข้อมูล และเนื่องจากท้ายสระเริ่มมีระยะทางที่ไกลขึ้น คือ 460.20 เมตร ทำให้ความแรงในการส่งข้อมูลลดลงจากภาครับไปมาก การส่งข้อมูลเริ่มมีประสิทธิภาพที่ไม่ดี ดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.6 พบว่าค่าคุณภาพน้ำทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 4.7-4.9



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระที่ทำการทดสอบวัดคุณภาพน้ำ

Time ▲	Temp ♦	pH ♦	DO ♦	ORP ♦	Latitude ♦	Longitude ♦	Quality : Temp ♦	Quality : pH ♦	Quality : DO ♦
2019-5-22 22:2:20	31	7.53	6.2	216	13.27751	100.92753	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:2:28	31	7.49	6.12	220	13.27750	100.92754	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:2:35	31	7.46	6.2	206	13.27749	100.92754	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:2:42	31	7.48	6.2	215	13.27749	100.92754	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:2:49	31	7.47	6.24	225	13.27749	100.92754	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:2:57	31	7.46	6.2	208	13.27749	100.92754	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

รูปที่ 4.7 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระ

Time ▲	Temp ♦	pH ♦	DO ♦	ORP ♦	Latitude ♦	Longitude ♦	Quality : Temp ♦	Quality : pH ♦	Quality : DO ♦
2019-5-22 22:30:34	29	7.71	6.77	136	13.27564	100.92787	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:30:41	29	7.75	6.77	144	13.27554	100.92793	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:30:49	29	7.7	6.77	137	13.27548	100.92793	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:30:5	29	7.69	6.94	148	13.27584	100.92776	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:30:56	29	7.73	6.73	143	13.27539	100.92793	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

รูปที่ 4.8 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระ

Time ▲	Temp ♦	pH ♦	DO ♦	ORP ♦	Latitude ♦	Longitude ♦	Quality : Temp ♦	Quality : pH ♦	Quality : DO ♦
2019-5-22 22:49:11	32	7.7	6.77	271	13.27334	100.92820	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:49:32	32	7.7	6.61	242	13.27336	100.92821	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:49:39	32	7.72	6.61	254	13.27337	100.92821	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

รูปที่ 4.9 คุณภาพน้ำตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระ

จากรูปที่ 4.7-4.9 แสดงให้เห็นถึงผลการวัดคุณภาพน้ำทั้ง 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระ ตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระ และ ตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระ มีค่าคุณภาพน้ำที่แตกต่างกันไป โดยตำแหน่งบริเวณตอนต้นของสระ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 31 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ที่ 7.48 ค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 6.19 mg/L และค่าความสามารถในการออกซิไดซ์เฉลี่ยอยู่ที่ 215 มิลลิโวลต์ ตำแหน่งบริเวณตอนกลางของสระ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 29 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ที่ 7.72 ค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 6.80 mg/L และค่าความสามารถในการออกซิไดซ์เฉลี่ยอยู่ที่ 141.6 มิลลิโวลต์ และตำแหน่งบริเวณตอนท้ายของสระ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ที่ 7.71 ค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 6.66 mg/L และค่าความสามารถในการออกซิไดซ์เฉลี่ยอยู่ที่ 255.67 มิลลิโวลต์ จะเห็นได้ว่าค่าคุณภาพน้ำ ณ ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ แต่ละตำแหน่งของสระจะมีค่าที่แตกต่างกันไป แต่โดยรวมคุณภาพน้ำแต่ละตำแหน่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

4.4 ทดสอบการลอยตัวของฝู้น้ำของโครงสร้าง

ทำการปล่อยหุ่นวัดคุณภาพน้ำให้ลอยน้ำในบริเวณสระน้ำของสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นเวลา 15 วัน จะเห็นว่าหุ่นวัดคุณภาพน้ำสามารถลอยตัวอยู่บนผิวน้ำใช้งานได้จริง ดังแสดงในรูปที่ 4.10 และเมื่อทำการปล่อยหุ่นวัดคุณภาพน้ำทิ้งไว้นานมากกว่า 5 วัน จะเห็นได้ว่าตัวหุ่นลอยน้ำเริ่มมีคราบของตะไคร่น้ำติดอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และตัวอุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำ มีคราบของตะไคร่น้ำติดอยู่บริเวณตัวอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และบริเวณหน้าผิวสัมผัสของอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



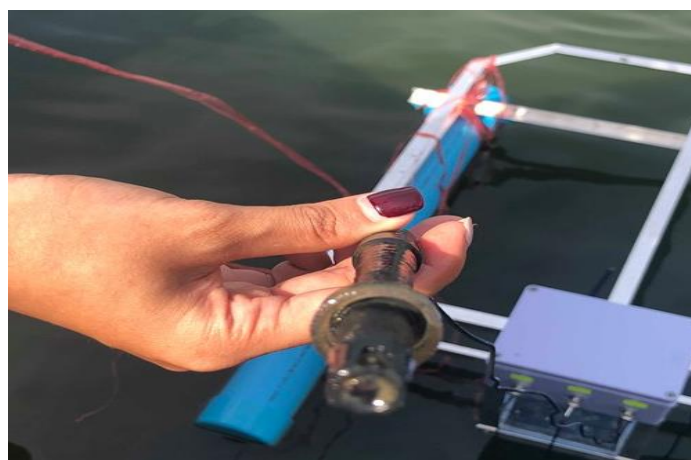
รูปที่ 4.10 การทดสอบการลอยตัวของฝู้น้ำของโครงสร้าง



รูปที่ 4.11 ฟันลอยน้ำเมื่อปล่อยทิ้งไว้มากกว่า 5 วัน



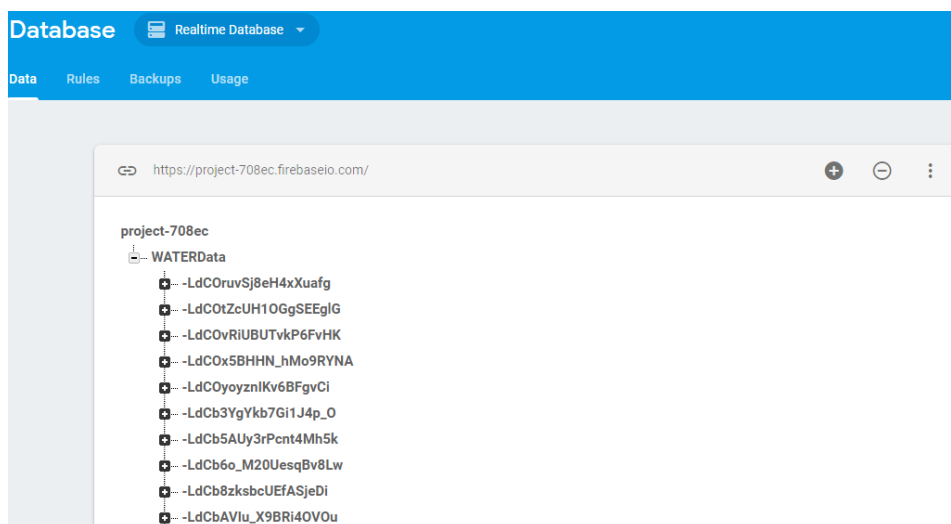
รูปที่ 4.12 อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำที่มีคราบของตะไคร่น้ำติดบริเวณตัวอุปกรณ์



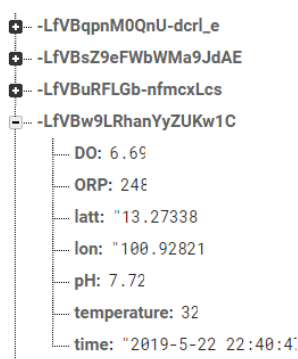
รูปที่ 4.13 อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำที่มีคราบของตะไคร่น้ำติดบริเวณหน้าผิวสัมผัสของอุปกรณ์

4.5 ทดสอบการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล

หลังจากการทดสอบข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล Firebase แบบเวลาจริง จะมีชุดข้อมูลที่ฝั่งส่งส่งมา ณ เวลานั้น ๆ ที่ทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.14 โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บจะอยู่ในรูปแบบของชุดข้อมูล ซึ่งภายในชุดข้อมูลจะมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความสามารถในการออกซิไดซ์ ละติจูด ลองจิจูด ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และวันเวลาที่รับข้อมูลจากฝั่งส่ง ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4. 14 การเก็บข้อมูลในลักษณะชุดข้อมูล ณ เวลานั้น ๆ



รูปที่ 4.15 ข้อมูลที่ทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูล

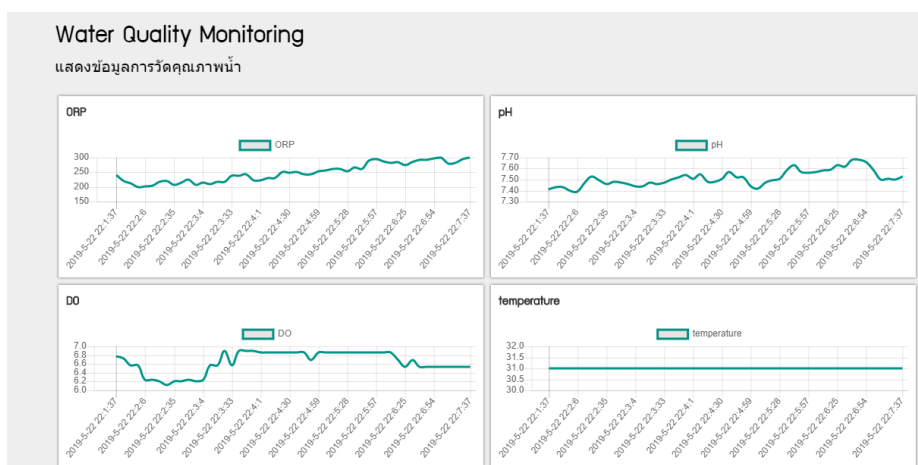
4.6 ทดสอบการแสดงผลและวิเคราะห์ผลบนหน้าเว็บไซต์

การแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์จะมีด้วยกัน 2 แบบ คือการแสดงผลในรูปแบบของตาราง และแสดงผลในรูปแบบของกราฟ ซึ่งการแสดงผลในรูปแบบของตารางจะมีการแสดงผลที่แนชัด เห็นได้ชัดเจน สามารถค้นหา และย้อนดูข้อมูลย้อนหลังได้ ทั้งยังมีการวิเคราะห์ผลข้อมูลของคุณภาพน้ำในแต่ละค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ส่วนการแสดงผลในรูปแบบของกราฟจะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของคุณภาพน้ำในแต่ละค่าในช่วงเวลานั้น ดังแสดงผลในรูปที่ 4.17

Time	Temp	pH	DO	ORP	Latitude	Longitude	Quality : Temp	Quality : pH	Quality : DO
2019-5-22 22:49:39	32	7.72	6.61	254	13.27337	100.92821	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:4:1	31	7.51	6.86	223	13.27751	100.92751	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:4:16	31	7.48	6.86	230	13.27751	100.92752	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:4:23	31	7.48	6.86	250	13.27750	100.92752	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:4:30	31	7.51	6.86	249	13.27750	100.92751	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2019-5-22 22:4:37	31	7.57	6.86	252	13.27749	100.92752	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

รูปที่ 4.16 ข้อมูลและการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำในรูปแบบตาราง

จากรูปที่ 4.16 เป็นการแสดงผลให้เห็นถึงข้อมูลคุณภาพน้ำที่อยู่ในรูปแบบของตาราง โดยข้อมูลที่แสดงได้แก่ วันและเวลาที่ทำการวัดคุณภาพน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความสามารถในการออกซิไดซ์ ค่าตำแหน่งละติจูด และค่าตำแหน่งลองจิจูด นอกจากนี้ยังมีการแสดงให้เห็นถึงผลการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิ ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และผลการวิเคราะห์ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งหากค่าคุณภาพน้ำแต่ละค่ามีผลการวิเคราะห์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์อ้างอิง จะแสดงข้อความว่า ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและมีพื้นหลังข้อความเป็นสีเหลือง หากค่าคุณภาพน้ำแต่ละค่ามีผลการวิเคราะห์ที่สูงกว่าเกณฑ์อ้างอิง จะแสดงข้อความว่า สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานและมีพื้นหลังข้อความเป็นสีแดง และหากค่าคุณภาพน้ำแต่ละค่ามีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์อ้างอิง จะแสดงข้อความว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีพื้นหลังข้อความเป็นสีเขียว ซึ่งคุณภาพน้ำที่บริเวณสระน้ำของสวนนันทนาการมหาวิทยาลัยบูรพา มีเกณฑ์คุณภาพน้ำในแต่ละค่าอยู่ในเกณฑ์อ้างอิง คืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเกณฑ์ที่เลือกใช้อิงตามเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ อ้างอิงจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4.17 ข้อมูลคุณภาพน้ำในรูปแบบกราฟ

จากรูปที่ 4.17 เป็นการแสดงผลให้เห็นถึงข้อมูลคุณภาพน้ำที่อยู่ในรูปแบบของกราฟ โดยแบ่งเป็นทั้งหมด 4 กราฟ ได้แก่ กราฟแสดงอุณหภูมิ กราฟแสดงความเป็นกรดเป็นด่าง กราฟแสดงออกซิเจนที่ละลาย กราฟแสดงความสามารถในการออกซิไดซ์ ซึ่งข้อมูลที่แสดงไว้ในกราฟได้แก่ วันและเวลาทำการวัดคุณภาพน้ำ จะแสดงอยู่ในแนวกแนวนอน ค่าคุณภาพน้ำจะแสดงอยู่ในแนวกแนวดิ่ง

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินโครงการ และข้อเสนอแนะ

การจัดทำโครงการเรื่องระบบเซนเซอร์สำหรับติดตามคุณภาพน้ำภาพโดยการใช้เทคโนโลยีลอรา มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการวัดคุณภาพน้ำโดยใช้เซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้เทคโนโลยีลอรา การเลือกใช้โปรโตคอลในการรับส่งข้อมูลให้เหมาะสม และการติดตามหรือระบุตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หลักการการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก เพื่อออกแบบและสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้เทคโนโลยีลอรา และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

โครงการนี้เป็นการสร้างระบบเซนเซอร์สำหรับติดตามคุณภาพน้ำภาพโดยการใช้เทคโนโลยีลอรา อุปกรณ์สำหรับการวัดคุณภาพน้ำโดยใช้เซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม 4 ตัว ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง เซนเซอร์วัดออกซิเจนละลายน้ำ และเซนเซอร์วัดความสามารถในการออกซิไดซ์ สำหรับแผนการดำเนินงานจะเริ่มตั้งแต่ศึกษากระบวนการทำงานของเทคโนโลยีลอรา การทำงานของฐานข้อมูล การทำงานของเว็บไซต์ และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับค่าดัชนีของคุณภาพน้ำที่จำเป็นต่อการใช้งาน เพื่อออกแบบระบบเซนเซอร์สำหรับติดตามคุณภาพน้ำภาพโดยการใช้เทคโนโลยีลอราให้เหมาะสมต่อการใช้งาน จากนั้นเริ่มทำการเขียนคำสั่งสำหรับ รับ-ส่งเทคโนโลยีลอรา โดยใช้โปรแกรม Arduino เป็นเครื่องมือส่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้ติดต่อสื่อสาร และใช้ Firebase ในการจัดการฐานข้อมูล รวมถึงออกแบบหน้าเว็บไซต์ที่ช่วยแสดงผลข้อมูลคุณภาพน้ำ และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้เหมาะสมตามมาตรฐานคุณภาพน้ำ เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จหมดเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดลองผลระบบเซนเซอร์สำหรับติดตามคุณภาพน้ำภาพโดยการใช้เทคโนโลยีลอรา เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมอย่างละเอียด เพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นแล้วทำการแก้ไขข้อผิดพลาด พร้อมทั้งตรวจสอบผลลัพธ์ต่าง ๆ ว่าถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นทุกกระบวนการสามารถทราบถึงค่าของคุณภาพน้ำและวิเคราะห์ข้อมูลได้จริง ซึ่งทำให้ประหยัดเวลา และสะดวกมากขึ้น

จากการทำการทดสอบคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการ มหาวิทยาลัยบูรพา ด้วยระบบเซนเซอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับติดตามคุณภาพน้ำภาพโดยการใช้เทคโนโลยีลอรา พบว่า ระยะการรับส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีลอรา จะอยู่ที่ ประมาณ 0-5 กิโลเมตร และความถูกต้องของข้อมูลคุณภาพน้ำจะขึ้นอยู่กับคุณภาพและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ทำการวัดคุณภาพน้ำ สำหรับค่าคุณภาพน้ำบริเวณสวนนันทนาการทั้ง 3 ตำแหน่ง มีค่าที่แตกต่างกันไป แต่โดยภาพรวมแล้วมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเกณฑ์ที่เลือกใช้อิงตามเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ อ้างอิงจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.2 ปัญหา และอุปสรรคที่พบ

- 1) ผลจากการรับข้อมูลที่ได้รับเกิดค่าความผิดพลาดเนื่องจากเกิดการลดทอนของสัญญาณ และค่าความแรงลดลง ที่ระยะทางที่ไกลขึ้นในพื้นที่ที่ไม่ใช่ที่โล่งแจ้ง
- 2) สายไฟหลวมทำให้อุปกรณ์ไม่มีความเสถียรในการทำงาน
- 3) อุปกรณ์วัดคุณภาพน้ำบางตัวเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง เกิดความเสียหายเนื่องจากการเก็บรักษาที่ผิดวิธี
- 4) เมื่อทำการปล่อยหุ่นวัดคุณภาพน้ำให้ลอยน้ำไว้เป็นเวลานานเกิน 5 วัน ตัวหุ่นและอุปกรณ์สำหรับวัดคุณภาพน้ำจะเกิดคราบตะไคร่น้ำ

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) ระยะการรับส่งข้อมูล ควรอยู่ในระยะ 0-3 กิโลเมตร เนื่องจากเป็นระยะการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็ว และเกิดความผิดพลาดของข้อมูลน้อย
- 2) เช็สายไฟ และทำการต่อสายไฟให้แน่นก่อนนำไปใช้จริง
- 3) หลังการใช้งานควรมีการทำความสะอาดอุปกรณ์ และเช็ดให้แห้งทุกครั้งหลังใช้งาน โดยไม่ปล่อยให้หวัตแห้ง ควรใส่น้ำยารักษาหวัตเพื่อป้องกันการแห้งของหวัต เพื่อยืดเวลาในการใช้งานให้มากขึ้น
- 4) ควรทดสอบเทียบอุปกรณ์ทุกชนิดก่อนใช้งาน และควรทำการสอบเทียบให้ถูกต้องถูกวิธี

5.4 สิ่งที่ได้จากการทดลอง

- 1) ได้เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีลอราสำหรับการรับ-ส่งข้อมูล
- 2) สามารถใช้โปรแกรม Arduino ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีลอรา
- 3) สามารถการจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ firebase
- 4) สามารถออกแบบ และพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบเวลาจริง
- 5) ได้เรียนรู้การทำงาน การวางแผนอย่างเป็นระบบ และการทำงานเป็นทีม
- 6) เรียนรู้ถึงปัญหา และข้อผิดพลาด และสามารถนำไปประยุกต์แก้ไขในงานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เกร็ดความรู้.net. (2559). Protocol คืออะไร มีกี่ประเภท ประโยชน์ของ Protocol มีอะไรบ้าง, 24 กันยายน 2561. <https://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.net/protocol/>
- จิรัฐ พงษ์ทองเมือง. (2558). หลักการสร้างเว็บ, 10 มกราคม 2562. <https://www.gotoknow.org/posts/190393>
- ชลเวท พัฒนาพรรณวงศ์. (2561). มาสร้าง Dashboard ด้วย Excel กันเถอะครับ เพื่อชีวิตที่ง่ายขึ้น, 26 พฤศจิกายน 2561. <https://www.9experttraining.com/about-us>
- ณัฐพงศ์ สุวรรณรัตน์. (2560). Web Server Xampp คืออะไร, 17 พฤษภาคม 2562. <https://sites.google.com/a/satunatc.ac.th/kar-srang-websit-sux-kar-sxn/bthkhwm/details/webserverxamppkhuxari>
- บริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. ORP คืออะไร และเหตุใด ORP จึงมีความสำคัญ, 15 มกราคม 2562. <https://legatool.com/wp/1835/>
- ปรีชา ก่อเจริญ. (2560). เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายสำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารราชการ กสทช. ประจำปี, 2560(1), 207-287.
- พลชัย พิทักษนันทกุล. (2561). ระบบฐานข้อมูล (Database System), 26 พฤศจิกายน 2561. <http://www.glurgeek.com/education/>
- วรินดา นวนกัน. (2561). ฐานข้อมูล (Database), 25 เมษายน 2562. <https://sites.google.com/site/thekhnologyisarsnthesit/xngkh-prakxb-khxng-thekhnologyi-sarsnthes/>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2561). อุณหภูมิ, 23 มกราคม 2562. <https://th.wikipedia.org/wiki/>
- สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก (GLOBE) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). การตรวจวัดพีเอชน้ำ(ความเป็นกรดเป็นด่าง), 24 กันยายน 2561. http://globethailand.ipst.ac.th/?page_id=3994
- สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก (GLOBE) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). การตรวจวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DISSOLVED OXYGEN: ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ), 24 กันยายน 2561. http://globethailand.ipst.ac.th/?page_id=3931
- สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก (GLOBE) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). การตรวจวัดอุณหภูมิ (TEMPERATURE) ของน้ำ, 24 กันยายน 2561. http://globethailand.ipst.ac.th/?page_id=3983
- สิทธิณี สิมลา. (2562). ภาษาสำหรับการสร้างเว็บไซต์, 10 มกราคม 2562. <https://sites.google.com/site/klumtee10/home/phasasahrab-kar-srang-web>
- อดิศร ขวสังข์. (2561). เทคโนโลยี NB-IoT กับ LoRa™ อันไหนดีกว่ากัน, 18 พฤษภาคม 2562. <http://sorn-mit.blogspot.com/2018/02/nb-iot-lora.html>

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Aphano. (2560). Internet of Things : LoRa LoRaWAN NB-IoT eMTC, 18 พฤษภาคม 2562. <http://www.electoday.com/index.php?topic=16159.0>
- Arduinoall. (2561). #1 LoRa Arduino ESP8266 ESP32 IoT อะไรคือ LoRa ใช้งาน LoRa อย่างไร, 26 พฤศจิกายน 2561. <https://www.arduinoall.com/article/136/>
- Chang. (2562). ESP32 และ Node32s, 10 มกราคม 2562. <http://www.ayarafun.com/2016/11/introduction-node32s/>
- Firebase. (2560). Add Firebase to your JavaScript project, 10 มกราคม 2562. <https://firebase.google.com/docs/web/setup?authuser=0>
- Github. (2560). TTGO-T-Beam, 10 มกราคม 2562. <https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam>.
- Global5 Co., Ltd. (2549). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ GPS, 26 พฤศจิกายน 2561. <https://www.global5thailand.com/thai/>
- IT manage office. (2558). ตั้งค่า QOS, 20 พฤษภาคม 2562. <https://itmanageoffice.wordpress.com/tag/qos-คืออะไร/>
- Jirawatee. (2559). Security Rules, 10 มกราคม 2562. <https://medium.com/firebasethailand/>
- Jirawatee. (2559). Firebase Realtime Database, 10 มกราคม 2562. <https://medium.com/firebase-thailand/>
- Kritsada Arjchariyaphat. (2561). LoRA, LoRaWAN, 26 พฤศจิกายน 2561. <https://medium.com/deaware/>
- Krok. (2562). RSSI, 18 พฤษภาคม 2562. <https://dict.drkrok.com/rssi/>
- Narupon Srisantitham. (2560). Const ใน Javascript, 10 มกราคม 2562. <https://konoosite.com/>
- PoundXI. (2560). Raspberry Pi คืออะไร, 26 พฤศจิกายน 2561. <https://poundxi.com/>
- Sakul Montha. (2560). Grafana คืออะไร, 10 มกราคม 2562. <https://medium.com/@iamgigue/>
- Sonntag. (2561). ESP32 TTGO, 10 มกราคม 2562. <http://esp32-ttgo.blogspot.com>
- SpryMedia Ltd. (2560). Responsive integration, 25 เมษายน 2562. <https://datatables.net/extensions/fixedheader/examples/integration/responsive-bootstrap.html>
- Techplayon. (2561). classes, 18 พฤษภาคม 2562. <http://www.techplayon.com/lora-long-range-end-อุปกรณ์-classifications-class-class-b-class-c/>
- Thaiall. (2560). Packet คืออะไร, 20 พฤษภาคม 2562. <https://www.mindความเป็นกรตเป็นต่างp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2284-packet-คืออะไร.html>
- W3. (2560). Bootstrap Tables, 25 เมษายน 2562. https://www.w3schools.com/bootstrap/bootstrap_tables.asp

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

W3. (2552). JavaScript if else and else if, 20 มกราคม 2562. https://www.w3schools.com/js/js_if_else.asp

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ข้อมูลเฉพาะของเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำ

Specification

- **Dissolved Oxygen Probe**
 - Type: Galvanic Probe
 - Detection Range: 0~20 mg/L
 - Temperature Range: 0~40 °C
 - Response Time: Up to 98% full response, within 90 seconds (25°C)
 - Pressure Range: 0~50 PSI
 - Electrode Service Life: 1 year (normal use)
 - Maintenance Period:
 - Membrane Cap Replacement Period:
 - 1~2 months (In muddy water);
 - 4~5 months (In clean water)
 - Filling Solution Replacement Period: Once every month
 - Cable Length: 2 meters
 - Probe Connector: BNC
- **Signal Converter Board**
 - Supply Voltage: 3.3~5.5V
 - Output Signal: 0~3.0V
 - Cable Connector: BNC
 - Signal Connector: Gravity Analog Interface (PH2.0-3P)
 - Dimension: 42mm × 32mm/1.65 × 1.26 inches

รูปที่ 1 ข้อมูลเฉพาะของเซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

Features:

Heating voltage: $5 \pm 0.2V$ (AC : DC)
 Working current: 5-10mA
 Detectable concentration range: PH0-14
 Detection Temperature range: 0-80 °
 Response time: ≤5S
 Settling Time: ≤60S
 Component Power: ≤0.5W
 Working temperature: -10 ~ 50 ° (nominal temperature 20 °)
 Humidity: 95% RH (nominal humidity 65% RH)
 Module Size: 42mm × 32mm × 20mm
 Output: analog voltage signal output
 With 4pcs M3 Mounting Holes

Package included:

1pcs Liquid PH0-14 Value Detect Test Sensor Module
 1pcs PH Electrode Probe Hydroponic Sensor BNC Interface

ข้อมูลเฉพาะของ Liquid PH Value Detection detect Sensor Module Monitoring Control For Arduino BNC Electrode Probe


รูปที่ 2 ข้อมูลเฉพาะของเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

SPECIFICATION

- Module Power: +5.00V
- Module Size: 40mmX27mm(1.57"x1.06")
- Measuring Range: -2000mV—2000mV
- Suitable Temperature: 5-70°C
- Accuracy: ±10mv (25 °C)
- Response Time: ≤20sec
- ORP Probe with BNC Connector
- PH2.0 Interface(3 foot patch)
- Zero calibration button
- Power Indicator LED

รูปที่ 3 ข้อมูลเฉพาะของเซนเซอร์วัดค่าความสามารถในการออกซิไดซ์

PRELIMINARY



DALLAS
SEMICONDUCTOR

DS18B20

Programmable Resolution

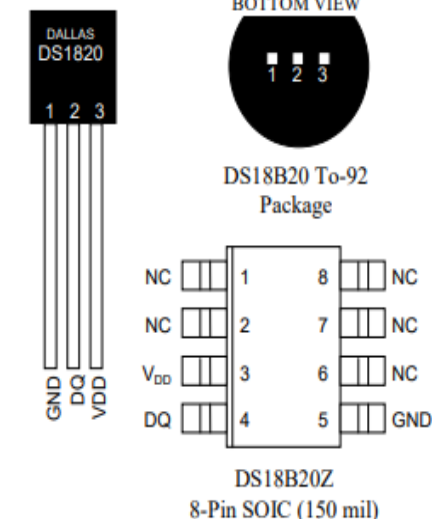
1-Wire® Digital Thermometer

www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



DS18B20Z
8-Pin SOIC (150 mil)

PIN DESCRIPTION

GND - Ground
 DQ - Data In/Out
 V_{DD} - Power Supply Voltage
 NC - No Connect

รูปที่ 4 ข้อมูลจำเพาะของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ

Working voltage:	1.8~3.7v
Acceptable current:	10~14mA
Transmit current:	120mA@+20dBm 90mA@+17dBm 29mA@+13dBm
Operating frequency:	868/915M(868MHz Version)433/470M(433MHz Version)
Transmit power:	+20dBm
Receive sensitivity :	-139dBm@LoRa&62.5Khz&SF=12&146 -136dBm@LoRa&125Khz&SF=12&293 -118dBm@LoRa&125Khz&SF=6&93801 -123dBm@FSK&5Khz&1.2Kbps
Frequency error:	+/-15KHz
FIFO space :	64Byte
Data rate :	1.2K~300Kbps@FSK 0.018K~37.5Kbps@LoRa
Modulation Mode :	FSK,GFSK,MSK,GMSK,LoRa TM, OQPSK
Interface form :	SPI
Sleep current :	0.2uA@SLEEP 1.5uA@IDLE
Operating temperature :	-40℃- +85℃

TTGO LORA32 V1.0 VS TTGO LORA32 V2.0							
	TTGO LORA32 V1.0	TTGO LORA32 V2.0					
ESPchip	ESP32-D0WDQ6	ESP32 PICO-D4					
Flash	4M bytes	4M bytes					
USB-TO-UART IC	CP2102	CP2104					
Antenna	3D Antenna	3D Antenna					
MicroSD Card Slot	NO	YES					
Battery powered switch	NO	YES					
LORA32 V2.0 Upper cover metal shield, better harmonic characteristics, anti-interference ability, and antistatic.							

รูปที่ 5 ข้อมูลจำเพาะของ TGO ESP32 LoRa