ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยใช้เครือข่าย LORA

AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING LORAWAN

ขนิษฐา คุณแสน
ศิริณญา แก้วคำหา
หิรัญญา วรางคณารัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยใช้เครือข่าย LORA

AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING LORAWAN

ขนิษฐา คุณแสน
ศิริณญา แก้วคำหา
หิรัญญา วรางคณารัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปี การศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยใช้เครือข่าย LORA

AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING LORAWAN

ผู้จัดทำ

1. นางสาวขนิษฐา คุณแสน รหัสนักศึกษา 58010130
2. นางสาวศิริณญา แก้วคำหา รหัสนักศึกษา 58011214
3. นางสาวหิรัญญา วรางคณารัตน์ รหัสนักศึกษา 58011386

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม)

_____อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยใช้เครือข่าย LoRa

นางสาวขนิษฐา คุณแสน 58010130
นางสาวศิริณญา แก้วคำหา 58011214
นางสาวหิรัญญา วรางคณารัตน์ 58011386
อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา ออกแบบ และอุปกรณ์สำหรับวัดคุณภาพอากาศในเมือง โดยใช้เทคโนโลยี LoRaWAN ที่ใช้พลังงานต่ำและสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะที่ไกลหลายกิโลเมตร โดยอุปกรณ์สามารถวัดคุณภาพอากาศต่างๆได้ โดยการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันอากาศ และก๊าซที่เป็นอันตรายต่างๆ ซึ่งก๊าซที่ทำการวัดค่าคือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ก๊าซโอโซน(O_3), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2), ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ตลอดยังมีการทำ Platform IoT สำหรับการจัดการ User, เพิ่ม End-Device และGateway ภายในเครือข่าย LoRaWANได้ รวมถึงมีการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และทำนายคุณภาพอากาศและแสดงผลผ่าน Web Application อีกทั้งยังมีการแจ้งเตือนผ่านLine Application เมื่อคุณภาพอากาศมีค่าเกินมาตรฐาน อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Air Quality Monitoring System Using LoRaWAN

Ms.Khanittha	Khunsaen	58010130
Ms.Sirinya	Keawcomha	58011214
Ms.Hiranya	Warangkhanarat	58011386
Mr.Sorayut	Glomglome	Advisor
Dr.Watchara	Chatwiriya	Co-Advisor

Academic Year 2018

ABSTRACT

This project aims to study, design and implement devices for measuring urban air quality by using LoRaWAN technology, which consumes low energy and can transmit the data up to several kilometers. The devices can measure the air quality by measuring the temperature, relative humidity, air pressure and various gases. The various gases are Carbon monoxide (CO), Sulfur dioxide (SO_2), Ozone (O_3), Nitrogen dioxide (NO_2), below 2.5 microns dust and below 10 microns. Additional of IoT platform for user management, end – devices and gateway in LoRaWAN. Including implement the web application to display the prediction of air quality. There is also a notification via the Line application when the air quality exceeds the standard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายในทางตรงและทางอ้อม ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากปราศจากความช่วยเหลือจากบุคคลเหล่านี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คือ ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ เป็นผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือตลอดการทำโครงงาน ซึ่งทำให้การทำงานต่างๆเป็นไปได้อย่างราบรื่นและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรต่างๆในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำมาโดยตลอด รวมถึงห้องแลป HCRL(The Hybrid Computing Research Laboratory)ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและพัฒนาโครงงานนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแบ่งปันความรู้ร่วมกัน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้เลี้ยงดู สั่งสอน ให้คำแนะนำ และให้การสนับสนุนในทุกด้าน ตลอดจนให้โอกาสในการศึกษาและกำลังใจเสมอมา

ขนิษฐา คุณแสน
ศิริณญา แก้วคำหา
หิรัญญา วรางคณารัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.4 ขอบเขตของโครงงาน 4
1.5 ข้อจำกัดของโครงงาน 5
1.6 ตารางการดำเนินงาน 6

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 End-Device 8
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมที่ใช้ 23
2.3 MQTT 29
2.4 Amazon Web Server 31
2.5 Node-RED 32
2.6 LINE API 33
2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 34
2.8 กฎหมายหรือกฎข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง 42
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44

บทที่ 3 การออบแบบ และพัฒนา 47
3.1 โครงสร้างของระบบ 47
3.2 Architecture Diagram 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 Wiring Diagram 50
3.4 Use case Diagram 51
3.5 Sequence Diagram 57
3.6 Embedded Data Models 66
3.7 การออกแบบโมเดล Machine Learning 66
3.8 การออกแบบ Line bot 67
3.9 Web Application Sitemap 69

บทที่ 4 การทดลอง 71
4.1 การตั้งค่าในส่วนของ End-Device 71
4.2 Configuration ของ LoRa Server และ Web Application 80
4.3 การตั้งค่าที่ LoRa Server ใน LoRa Application Server 82
4.4 การทดลองส่งข้อมูลของตัว LoRa board ไปยัง Application Server 89
4.5 การทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทำนายคุณภาพอากาศ 94
4.6 การทดลองการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application 97

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ 99
5.1 บทสรุป 99
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 100
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตาราง 1.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป....3
ตาราง 2.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อ Pin ต่างๆของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 9
ตาราง 2.2 การเชื่อมต่อขา Pin ของเซนเซอร์ Grove-Multichannel Gas Sensor กับขา Pin ของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8....12
ตาราง 2.3 แสดงข้อมูลขา Pin ต่างๆ ของ LPSM-O3 และการเชื่อมต่อขา Pin ของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8....14
ตาราง 2.4 ข้อมูลขา Pin ต่างๆ ของ ULPSM-SO2 16
ตาราง 2.5 การเชื่อมต่อขา Pin กับ Sensirion SPS30 กับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 18
ตาราง 2.6 แสดงเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย 36
ตาราง 2.7 แสดงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ....37
ตาราง 2.8 มาตรฐาน AS923-925....42
ตาราง 2.9 Data Rate....43
ตาราง 2.10 AS923 Maximum payload size....43
ตาราง 2.11 Duty Cycle ที่สามารถใช้งานได้ 44
ตาราง 3.1 Use case เข้าสู่ระบบ....52
ตาราง 3.2 Use case ดูข้อมูลแบบ Real time 52
ตาราง 3.3 Use case ดูข้อมูล Analytic....52
ตาราง 3.4 Use case ดูข้อมูลย้อนหลัง 53
ตาราง 3.5 Use case เพิ่ม/ลบ Device-profile....53
ตาราง 3.6 Use case เพิ่ม/ลบ Gateway....54
ตาราง 3.7 Use case เพิ่ม/ลบ user ใน organization....54
ตาราง 3.8 Use case สร้าง Service 55
ตาราง 3.9 Use case สร้าง Application 55
ตาราง 3.10 Use case เพิ่มและลบ Device ใน Application 56
ตาราง 3.11 Use case Subscribe และ Unsubscribe การแจ้งเตือน ใน LINE BOT 56
ตาราง 4.1 การตั้งค่าขาPin ของบอร์ด LoRa Nucleo L053R8....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง **หน้า**

ตาราง 4.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commisioning.h 76
ตาราง 4.3 ADC Command 78
ตาราง 4.4 I2C Command 78
ตาราง 4.5 UART Command 79
ตาราง 4.6 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Lora Server 81
ตาราง 4.7 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Lora App Server 81
ตาราง 4.8 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Network-servers 82
ตาราง 4.9 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Gateway-profiles 83
ตาราง 4.10 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Organizations 83
ตาราง 4.11 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Service-profiles 84
ตาราง 4.12 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Device-profile 85
ตาราง 4.13 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Gateway 86
ตาราง 4.14 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Application 87
ตาราง 4.15 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Device ในApplicationนั้นๆ 88
ตาราง 4.16 Confusion Matrix ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า 95
ตาราง 4.17 Confusion Matrix ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า 96
ตาราง 4.18 ค่า Precision และ Recall ของแต่ละระดับของคุณภาพอากาศของโมเดลที่ทำนาย
คุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า 97
ตาราง 4.19 ค่า Precision และ Recall ของแต่ละระดับของคุณภาพอากาศของโมเดลที่ทำนาย
คุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

รูป 1.1 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของ PM2.5 ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ณ สถานีวัดคุณภาพอากาศ แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 1

รูป 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 6

รูป 1.3 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 7

รูป 2.1 บอร์ด LoRa NUCLEO-L053R8 development board 8

รูป 2.2 LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board 10

รูป 2.3 เป็นชิพ ST HTS221และ ST LPS22HB บนบอร์ด LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board 11

รูป 2.4 เซนเซอร์ MICS-6814 11

รูป 2.5 เซนเซอร์ LPSM-O3 12

รูป 2.6 ลำดับขา Pin ของ LPSM-O3 14

รูป 2.7 เซนเซอร์ LPSM-SO2 15

รูป 2.8 ลำดับขา Pin ของ LPSM-SO2 16

รูป 2.9 Sensirion SPS30 17

รูป 2.10 ภาพลำดับขา Pin ของ Sensirion SPS30 17

รูป 2.11 การเชื่อมต่อวงจรระหว่าง SPS30 ด้วย UART 18

รูป 2.12 ส่วนประกอบของ STMCube 19

รูป 2.13 Keil uVision5 Logo 20

รูป 2.14 Product Component 20

รูป 2.15 Folder Structure Overview ที่ใช้ใน LoRa Nucleo-L053R8 21

รูป 2.16 LoRa Gateway NUCLEO-F746ZG development board 22

รูป 2.17 LoRa HF band(868/915MHz) Gateway shield 23

รูป 2.18 ความสัมพันธ์ของค่า Data Rate (DR) , Spreading Factor (SF) , Bandwidth(BW) (kHz) , Bitrate(BR) (bps) และ Receive Sensitivity (dBm) 24

รูป 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Bit Rate และพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล 24

รูป 2.20 LoRaWAN Network Topology 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

รูป 2.21 การ Activate ข้อมูลจากอุปกรณ์ไปยัง Network Server ผ่าน LoRaWAN....26
รูป 2.22 LoRaWAN Protocol Stack....27
รูป 2.23 LoRa Server Architecture....28
รูป 2.24 การรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber....30
รูป 2.25 หน้าUIของNode-RED....33
รูป 2.26 แสดงการใช้งาน Messaging API....34
รูป 2.27 neural networks architecture....38
รูป 2.28 RNN Architecture....39
รูป 2.29 LSTM architecture....40
รูป 2.30 กราฟแสดงจำนวนการสูญเสียแพคเกตรายวัน....46
รูป 3.1 System Diagram....47
รูป 3.2 Architectureของระบบ....49
รูป 3.3 การเชื่อมต่อขาต่างๆของเซนเซอร์กับบอร์ด Nucleo-L053R8....50
รูป 3.4 Use case Diagram ของ user, OrganizeUser และ SystemAdmin....51
รูป 3.5 การเข้าสู่ระบบ....57
รูป 3.6 การดูข้อมูลแบบReal-time....57
รูป 3.7 การดูข้อมูลแบบAnalytic....58
รูป 3.8 การดูข้อมูลแบบย้อนหลัง....58
รูป 3.9การสร้าง Device-profile....59
รูป 3.10 การลบ Device-profile....59
รูป 3.11 การสร้าง Gateway....60
รูป 3.12 การลบ Gateway....60
รูป 3.13 การสร้างผู้ใช้งานในองค์กร....61
รูป 3.14 การลบผู้ใช้งานในองค์กร....61
รูป 3.15 การสร้างService....62
รูป 3.16 การสร้าง Application....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

รูป 3.17 การสร้างDeviceในApplication 63
รูป 3.18 การลบDeviceในApplication....63
รูป 3.19 Subscribe และเปลี่ยนระดับการแจ้งเตือน....64
รูป 3.20 Unsubscribe พื้นที่การแจ้งเตือน 65
รูป 3.21 การแจ้งเตือนค่า AQI 65
รูป 3.22 ความสัมพันธ์ของข้อมูล 66
รูป 3.23 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม....67
รูป 3.24 การทำงานของ Line bot....67
รูป 3.25 แสดงขั้นตอนการ subscribe 68
รูป 3.26 แสดงขั้นตอนการ unsubscribe 68
รูป 3.27 แสดงแผนผังการใช้งาน Web Application 69
รูป 3.28 แสดงแผนผังการใช้งาน LoRa Application Server....70
รูป 4.1 การเลือกสถาปัตกรรม STM32L053R6Tx....71
รูป 4.2 การตั้งค่าขา Pin ในโปรแกรม STM32CubeMX สำหรับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 72
รูป 4.3 Gennerate Code....73
รูป 4.4 การตั้งค่า Project....73
รูป 4.5 โค้ดที่ได้จากโปรแกรม STM32Cube เมื่อเปิดในฌปรแกรม Keil....74
รูป 4.6 การสร้างโปรเดอร์ใหม่ 74
รูป 4.7 การเพิ่มไฟล์ภายนอก 75
รูป 4.8 การตั้งค่า Duty cycle และ LoRa Main call back 75
รูป 4.9 โค้ดส่วนการตั้งค่า Payload....76
รูป 4.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commissioning.h (1)....77
รูป 4.11 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commissioning.h (2)....77
รูป 4.12 MOSI and MISO frames structure 79
รูป 4.13 ลำดับของการตั้งค่า LoRa Serever 80
รูป 4.14 หน้าเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการเข้าไปตั้งค่า LoRa Server 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

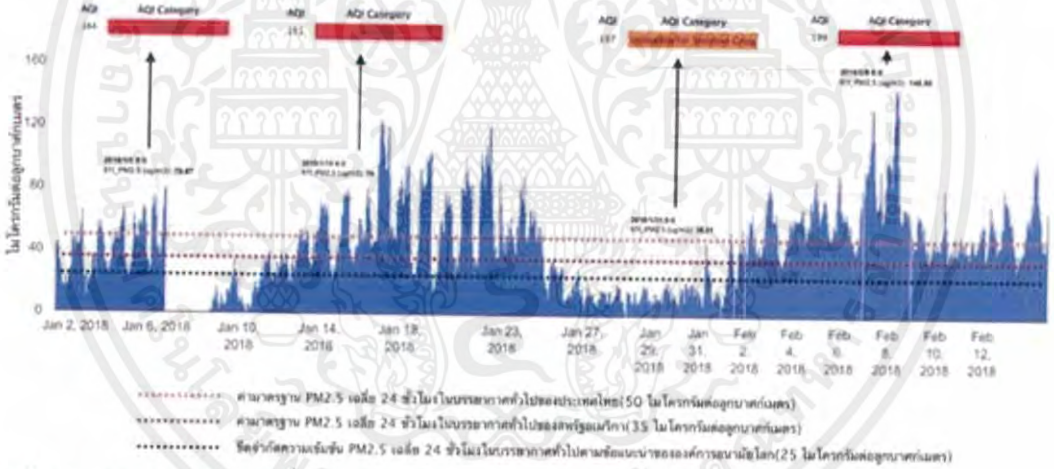
รูป 4.15 การตั้งค่าของNetwork-servers....82
รูป 4.16 การตั้งค่าของGateway-profiles....83
รูป 4.17 การตั้งค่า Organizationsของระบบ....83
รูป 4.18 การตั้งค่า Service-profiles....84
รูป 4.19 การตั้งค่า Device-profile....85
รูป 4.21 การตั้งค่า Application....87
รูป 4.22 การตั้งค่าของDevice ในApplicationนั้นๆ....88
รูป 4.23 การส่งข้อมูลไป Gateway....89
รูป 4.24 การConfiguration Gateway....90
รูป 4.25 การส่งเข้าของข้อมูลได้ ผ่าน Live LoRaWAN Frames....91
รูป 4.26 ข้อมูล Forward มาจากGateway....92
รูป 4.27 Node-RED ดึงข้อมูลโดยใช้MQTT เพื่อนำไปให้ส่วนของWeb Application แสดงผล....93
รูป 4.28 หน้า Dashboard แสดงภาพรวมของทุกพื้นที่....93
รูป 4.29 หน้าแสดงข้อมูลของแต่ละพื้นที่....93
รูป 4.31 แสดงค่า AQI ของแต่ละช่วงเวลา....98
รูป 4.32 แสดงการแจ้งเตือนผ่าน Line Application....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากรายงานข่าวของกรีนพีซ พบว่า 14 จังหวัดทั่วประเทศไทย มีการพบฝุ่นละอองขนาดเล็ก ไม่เกิน2.5 ไมครอน (PM 2.5) ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก เมื่อกรมควบคุมมลพิษตรวจสอบข้อมูลและประมวลผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เฉลี่ย 1 ปี ตั้งแต่กรกฎาคม 2559 - มิถุนายน 2560 พบจังหวัดที่มีค่าเกินมาตรฐาน 6 อยู่ทั้งหมดจังหวัด ซึ่งค่าที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 19-39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร ทำให้กรีนพีซเรียกร้อง ให้กรมควบคุมมลพิษทำการปรับปรุงดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย โดยนำค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) มาใช้ในการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ



รูป 1.1 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของ PM2.5 ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ณ สถานีวัดคุณภาพอากาศ แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ [1]

จากรูป1.1 เส้นประสีต่างๆ เป็นการเปรียบเทียบค่ามารตฐาน PM2.5 ในบรรยากาศทั่วไป ส่วนในกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงค่าความเข้มข้นของ PM2.5 ในเวลาชั่วโมงและวันต่างๆ และทำการนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index - AQI) ซึ่งการรายงานคุณภาพอากาศ (Air Quality Reporting) เกี่ยวข้องกับดัชนีคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย โดย

[1] http://www.greenpeace.org/seasia/th/news/blog1/pm25/blog/61156/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของรัฐบาลต่างๆทั่วโลกใช้เพื่อสื่อสารกับประชาชนถึงคุณภาพอากาศรายวันเป็นการรายงานคุณภาพอากาศที่ทำให้เราทราบว่าอากาศดี หรือแย่เพียงใด และถ้าคุณภาพของอากาศไม่ดีจะส่งผลกระทบสุขภาพต่อกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้าง

เมื่อพิจารณาวิกฤตการณ์คุณภาพอากาศของผู้คนในกรุงเทพฯและพื้นที่ต่างๆที่กำลังเผชิญกับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ประเทศไทยใช้อยู่ในขณะนี้ซึ่งยังไม่รวม PM2.5เข้าไปในการคำนวณทำให้ข้อมูลที่ได้รับมานั้นไม่เพียงพอที่จะสามารถรายงานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและระบุผลกระทบต่อสุขภาพของคนกลุ่มต่างๆได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ท่ามกลางวิกฤตการณ์ของมลพิษทางอากาศที่กำลังจะกลายเป็นวิกฤตการณ์ด้านสาธารณสุข การตรวจวัด PM2.5 ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ และยังไม่มีการรายงานคุณภาพอากาศที่ทันสมัย

จากรายงานข่าวเบื้องต้นทางผู้จัดทำจึงทำเครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ เพื่อที่ให้ประชาชนนำค่าที่ได้มาไปทำการคำนวณคุณภาพอากาศให้ดีขึ้นและรวม PM2.5 เข้าไปในการคำนวณเพื่อที่จะได้ค่าที่แม่นยำเพียงพอที่จะเผยแพร่ให้ผู้คนสามารถป้องกันสุขภาพได้ และในปัจจุบันประเทศไทยกำลังจะก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัล 4.0 อย่างเต็มตัวในอนาคตอันใกล้นี้ ดังนั้นสิ่งที่ อยู่รอบตัวเราก็ต้องพัฒนาให้ทันสมัยและอำนวยความสะดวกมากขึ้น การพัฒนา IoT ก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิด Smart City หรือชุมชนแห่งอัจฉริยะ ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกใช้ IoT เพื่อเป็น แนวทางในการทำอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยการใช้ LoRaWAN ซึ่งตอนนี้กำลังได้รับ ความนิยมเพราะมีจุดเด่น คือ กินกำลังไฟต่ำ สามารถทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ได้หลายปี และยังส่งข้อมูลได้ไกลหลายกิโลเมตร

โดยที่อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เราได้ทำขึ้นนั้นเราจะทำการเชื่อมต่อเซนเซอร์ที่สามารถวัดค่ามลพิษทางอากาศ 5 ชนิดคือ ก๊าซโอโซน(O_3) , ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ซึ่งเราจะทำการนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์ไปทำการคำนวณตามมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษของประเทศไทย ใช้ดัชนีคุณภาพอากาศที่คำนวณจากความเข้มข้นสารมลพิษ ทางอากาศ 5 ชนิด ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O_3)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซน์ (SO_2)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm. (0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm. (0.78 มก./ลบ.ม.)
5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

จากตาราง 1.1 มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.)กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect) มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย

ซึ่งเซนเซอร์เหล่านี้สามารถวัดค่าได้ครอบคลุมทั้งชุมชน โดยค่าของเซนเซอร์จะทำการส่งไปยังเกตเวย์ด้วยสัญญาณ LoRa RF และเกตเวย์จะทำการส่งต่อไปยัง Network Sever ผ่าน protocol IP ซึ่ง Network Server มีหน้าที่ทำการเลือก packet ที่ซ้ำกันมาเพียง 1 packet โดยทำการทิ้งตัวที่มี ความแรงของสัญญาณน้อยกว่า และส่งต่อตัวที่มีความแรงของสัญญาณที่ดีกว่าต่อไปยัง Application Server เพื่อถอดรหัสข้อมูลและนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆตามต้องการ โดยผู้จัดทำนำผลลัพธ์ที่ได้มาไปแสดงผลบนหน้า Dashboard ที่เราได้ทำการสร้างไว้ ซึ่งการแสดงผลข้อมูลนั้นมีการแสดงข้อมูลแบบปัจจุบันหรือแสดงข้อมูลย้อนหลังได้ และยังสามารถแสดงผลการทำนายสภาพอากาศล่วงหน้าผ่านทางหน้าWeb Application และ Moblie Application ได้ นอกจากนี้ผู้จัดทำได้ทำ Platform IoT สำหรับเครือข่าย LoRaWAN ที่สามารถเพิ่มอุปกรณ์จำพวก End-Device และ Gateway ได้ รวมถึงสามารถจัดการกับ Userที่เป็นผู้ดูแลอุปกรณ์นั้นๆได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาวิธีการใช้งาน IoT Platform บน Private Server
2) เพื่อศึกษาวิธีการสร้างและการตั้งค่าสำหรับ LoRa Network
3) เพื่อสร้างระบบที่สามารถทำนายคุณภาพอากาศที่ไม่ปลอดภัยในอนาคตเพื่อแจ้งเตือน
4) เพื่อศึกษาวิธีการสร้าง Web Application

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ระบบที่เป็น Platform IoT ที่เป็น Private
2) ระบบที่สามารถตรวจสอบคุณภาพอากาศในชุมชนแบบ Real time ได้
3) ระบบที่สามารถทราบคุณภาพอากาศในชุมชนแบบย้อนหลังได้
4) ระบบที่สามารถทำนายคุณภาพอากาศในอนาคตได้
5) เข้าใจโครงสร้างการทำงานและตั้งค่าอุปกรณ์ของ LoRaWAN

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยสร้างอุปกรณ์จาก MCU (Microcontroller), เซ็นเซอร์ตรวจวัดก๊าซโอโซน(O_3), ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ซึ่งเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยังแพลตฟอร์มเพื่อเก็บข้อมูลผ่าน เครือข่าย LoRaWAN ซึ่งใช้พลังงานต่ำ และสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะที่ไกล และพัฒนาแพลต ฟอร์มสำหรับเพิ่ม End-Device และGatewayสำหรับเครือข่าย LoRa อีกทั้งเก็บข้อมูลได้รับจากเซนเซอร์เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และแสดงผลผ่าน Web Application และมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application เมื่อคุณภาพอากาศมีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งมีการทำงานดังนี้

1.4.1. การทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ

1) รับค่า sensor แต่ละตัวและส่งข้อมูลไปยัง GatewayของLoRaWAN เพื่อที่ จะส่งไปที่ Cloud Service บน Amazon Web Service (AWS)

1.4.2. การทำงานของเครือข่าย LoRa

1) สร้างและตั้งค่า LoRa Gateway เพื่อจัดการส่งข้อมูลที่ได้จาก LoRa Gateway ไปที่ Network Server

2) สร้างและตั้งค่า Network Server เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Application Server ที่รันอยู่ที่ Cloud Service บน Amazon Web Service (AWS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สร้างและตั้งค่า Storage Server สำหรับการเก็บข้อมูลให้สามารถดึงข้อมูลจาก Application Server

1.4.3. วิเคราะห์ข้อมูล

1) นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อทำนายคุณภาพอากาศในอนาคต

1.4.4. Web Application

1) ดูข้อมูลแบบ real time
2) ดูข้อมูลย้อนหลังตามช่วงเวลา
3) ดูการทำนายคุณภาพอากาศในอนาคต
4) ทำ Platform สำหรับจัดการ User ที่ทำการดูแลอุปกรณ์นั้นๆ และสามารถเพิ่ม End-Device และ Gateway สำหรับเครือข่าย LoRa

1.4.5. LINE BOT

1) User ต้องทำการ Add Friend LINE BOT
2) ทำการเลือกพื้นที่และระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการให้แจ้งเตือน
3) LINE BOT จะทำการแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพอากาศในปัจจุบันและอนาคตมีค่าเกินมาตรฐานตามที่ User ได้ทำการเลือก

1.5 ข้อจำกัดของโครงงาน

1) ระบบทุกอย่างต้องทำการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต
2) ไม่ได้ทำ Calibration ค่าที่ได้เป็นค่าที่ Sensor ทำการวัดได้จริงๆ
3) เนื่องจากใช้ Indoor gateway ในการส่งข้อมูลทำให้ระยะการส่งข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 1.5 กม.

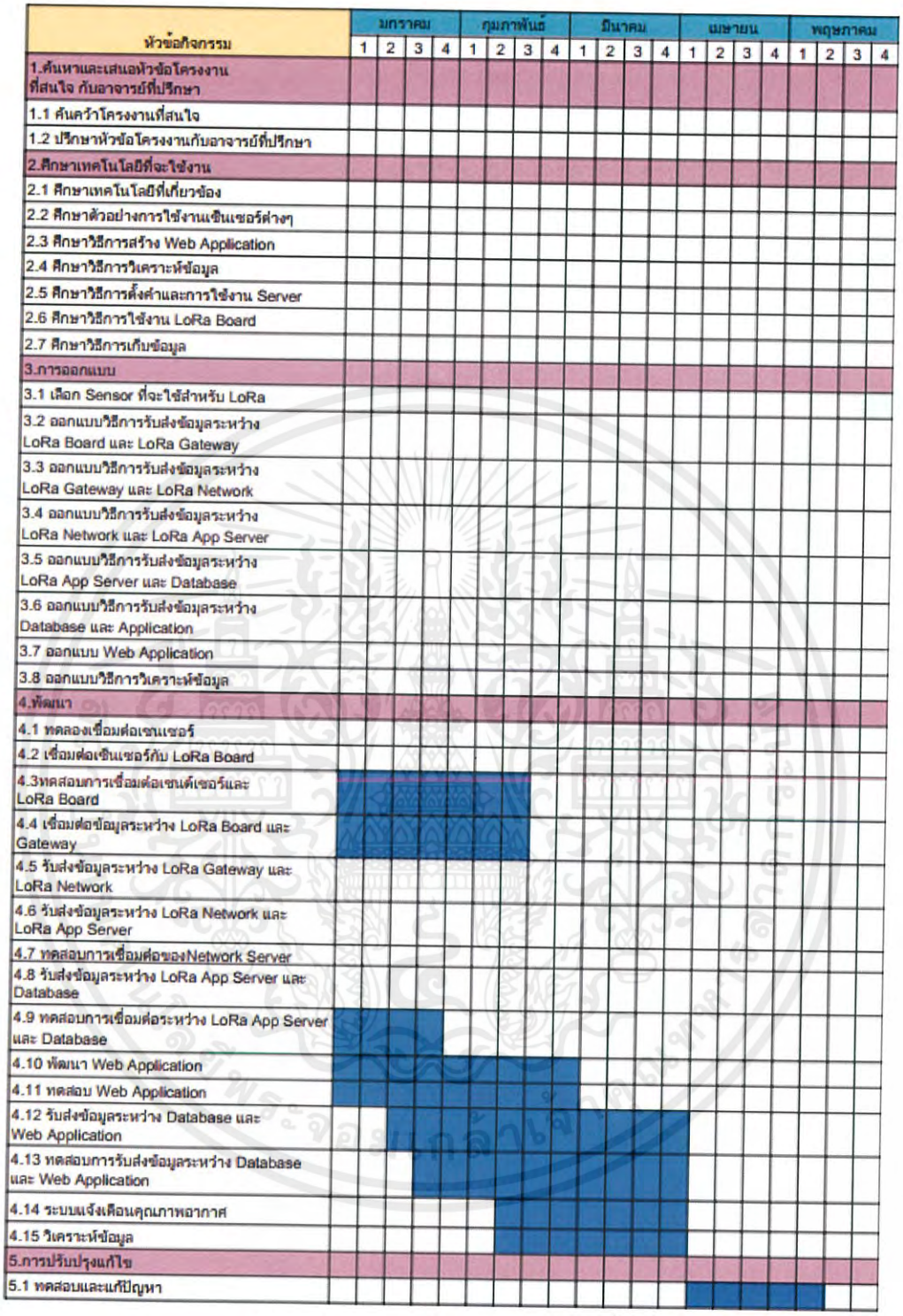
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ตารางการดำเนินงาน

หัวข้อกิจกรรม	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤษจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ค้นหาและเสนอหัวข้อโครงงานที่สนใจ กับอาจารย์ที่ปรึกษา																				
1.1 ค้นคว้าโครงงานที่สนใจ																				
1.2 ปรึกษาหัวข้อโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา																				
2.ศึกษาเทคโนโลยีที่จะใช้งาน																				
2.1 ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง																				
2.2 ศึกษาตัวอย่างการใช้งานเซ็นเซอร์ต่างๆ																				
2.3 ศึกษาวิธีการสร้าง Web Application																				
2.4 ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล																				
2.5 ศึกษาวิธีการตั้งค่าและการใช้งาน Server																				
2.6 ศึกษาวิธีการใช้งาน LoRa Board																				
2.7 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูล																				
3.การออกแบบ																				
3.1 เลือก Sensor ที่จะใช้สำหรับ LoRa																				
3.2 ออกแบบวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa Board และ LoRa Gateway																				
3.3 ออกแบบวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa Gateway และ LoRa Network																				
3.4 ออกแบบวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa Network และ LoRa App Server																				
3.5 ออกแบบวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa App Server และ Database																				
3.6 ออกแบบวิธีการรับส่งข้อมูลระหว่าง Database และ Application																				
3.7 ออกแบบ Web Application																				
3.8 ออกแบบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล																				
4.พัฒนา																				
4.1 ทดลองเชื่อมต่อเซนเซอร์																				
4.2 เชื่อมต่อเซ็นเซอร์กับ LoRa Board																				
4.3ทดสอบการเชื่อมต่อเซนเต์เซอร์และ LoRa Board																				
4.4 เชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง LoRa Board และ Gateway																				
4.5 รับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa Gateway และ LoRa Network																				
4.6 รับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa Network และ LoRa App Server																				
4.7 ทดสอบการเชื่อมต่อของNetwork Server																				
4.8 รับส่งข้อมูลระหว่าง LoRa App Server และ Database																				
4.9 ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง LoRa App Server และ Database																				
4.10 พัฒนา Web Application																				
4.11 ทดสอบ Web Application																				
4.12 รับส่งข้อมูลระหว่าง Database และ Web Application																				
4.13 ทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่าง Database และ Web Application																				
4.14 ระบบแจ้งเตือนคุณภาพอากาศ																				
4.15 วิเคราะห์ข้อมูล																				
5.การปรับปรุงแก้ไข																				
5.1 ทดสอบและแก้ปัญหา																				

รูป 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.3 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

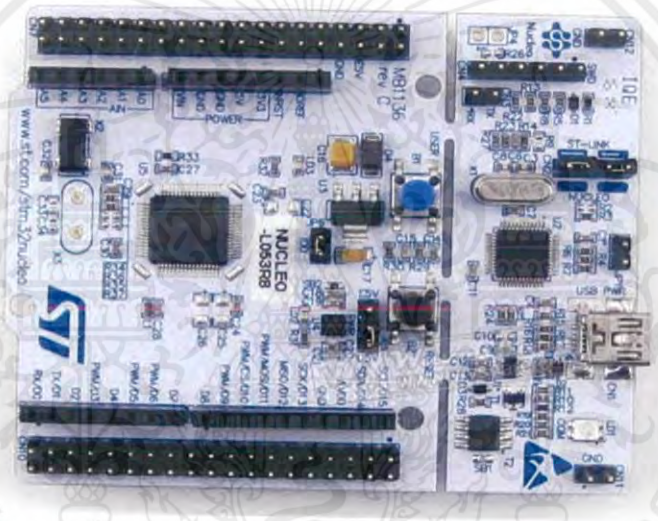
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 End-Device

End-Device ประกอบด้วย 2 ส่วน หลัก ๆ คือ Microcontroller และ Sensor โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 Microcontroller

2.1.1.1 LoRa NUCLEO-L053R8



รูป 2.1 บอร์ด LoRa NUCLEO-L053R8 development board [2]

จากรูป 2.1 แสดงรูปร่างลักษณะของบอร์ด LoRa NUCLEO-L053R8 ที่ใช้ใช้ชิพ STM32L053R8T6 ที่ใช้พลังงานที่ต่ำ โดยใช้ CPU ของ ARM Cortex –M0+ มีความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 32 MHz. หน่วยความจำหลัก 64 KB Flash memory มีแรมขนาด 8 KB มีการจ่ายพลังงาน 1.65 V. ถึง 3.6 V มีโมดูลต่างๆ ดังนี้

- GPIO 51 ขา
- ADC 16 ช่องสัญญาณ
- DAC 1 ช่องสัญญาณ

---

[2] https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-L053R8/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RTC
- โมดูลสัญญาณนาฬิกาพื้นฐาน 5 โมดูล
- I2C 2 โมดูล
- USART 3 โมดูล
- SPI 2 โมดูล
- USB 2.0 1 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อ Arduino Uno Revision 3 connectivity

โดยมีการใช้ขาPinทั้งหมด 13 Pin ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อ Pin ต่างๆของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8

No.	Pin	รายละเอียดการเชื่อมต่อ
1	PB_8	I2C data ต่อกับขา SCL ของ Grove Multichannel Gas Sensor
2	PB_9	I2C clock ต่อกับขา SDA ของ Grove Multichannel Gas Sensor
3	PA_1	Analog In ต่อกับขา V_{gas} ของ LPSM-O3
4	PA_4	Analog In ต่อกับขา V_{ref} ของ LPSM-O3
5	PB_0	Analog In ต่อกับขา V_{temp} ของ LPSM-O3
6	PC_3	Analog In ต่อกับขา V_{gas} ของ LPSM-SO2
7	PC_2	Analog In ต่อกับขา V_{ref} ของ LPSM-SO2
8	PC_1	Analog In ต่อกับขา V_{temp} ของ LPSM-SO2
9	PA_9	UART Tx ต่อกับขา Rx ของ Sensirion SPS30
10	PA_10	UART Rx ต่อกับขา Tx ของ Sensirion SPS30
11	3V3	ต่อกับขา V^+ของ LPSM-O3 ทั้ง 2 ขา ต่อกับขา V^+ของ LPSM-SO2 ทั้ง 2 ขา ต่อกับขา Vcc ของ Grove-Multichannel Sensor
12	5V	ต่อกับขา Vcc ของ Sensirion SPS30
13	GND	ต่อกับขา Ground ของทุก Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board

รูป 2.2 LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board[3]

LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board ดังรูป2.2 เป็น Shield ที่สามารถใช้วัดอุณหภูมิ ความชื้น ความดัน และสามารถให้งานคลื่นความถี่แบบกว้างในช่วงคลื่น 868/915 ได้ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ร่วมกับบอร์ด LoRa NUCLEO-L053R8

2.1.2 Sensor

2.1.2.1 ST HTS221\ST LPS22HB

ใช้ชิพ ST HTS221 ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และใช้ชิพ ST LPS22HB ในการววัดความดันอากาศ ที่สามารถใช้งานได้เลยบน Shield โดยไม่ต้องตั้งค่าขา GPIO เพิ่ม

---

[3] https://www.st.com/en/ecosystems/x-nucleo-iks01a2.html

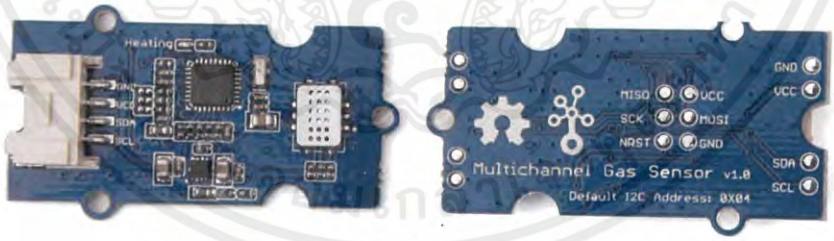
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.3 เป็นชิพ ST HTS221และ ST LPS22HB บนบอร์ด LoRa HF band(868/915MHz) RF and sensor expansion board [4]

จากรูป 2.3 หมายเลข1 เป็นชิพ ST HTS221 ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และหมายเลข2 เป็นชิพ ST LPS22HB ใช้ในการวัดความดันอากาศ

2.1.2.2 Grove-Multichannel Gas Sensor

ใช้เซนเซอร์ Grove-Multichannel Gas Sensor ที่ใช้ชิพ MICS-6814 ในการวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) โดยใช้ไฟเลี้ยง 3.3 V. ถึง 5 V. ให้สัญญาณเป็น ADC ขนาด 10 บิต โดยสามารถวัดก๊าซได้หลายชนิด เช่น CO_2, NO_2, H_2, NH_3 และCH_4 เป็นต้น โดยเซนเซอร์มีลักษณะรูปร่างดังรูป 2.4



รูป 2.4 เซนเซอร์ MICS-6814 [5]

โดยสามารถวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปริมาณตั้งแต่ 1-1000 ppm. มีค่าตรวจจับความต้านทานในอากาศ 100-1500 kΩ และมีค่า Sensitivity factor 1.2-50 และ สามารถ

---

[4] https://www.st.com/en/ecosystems/x-nucleo-iks01a2.html

[5] http://wiki.seeedstudio.com/Grove-Multichannel_Gas_Sensor/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ปริมาณตั้งแต่ 0.05 ถึง 10 ppm. มีค่าตรวจจับความต้านทานในอากาศ 0.8 ถึง 20 kΩ และมีค่า Sensitivity factor 2

โดยการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์ Grove-Multichannel Gas Sensor กับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 มีการเชื่อมต่อขา Pin ต่างๆตามตาราง2.2 และเซนเซอร์ นี้ใช้ไฟเลี้ยงที่ 3.3 ถึง 5 V. เราจึงเลือกที่จะจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ที่ 5V.

ตาราง 2.2 การเชื่อมต่อขา Pin ของเซนเซอร์ Grove-Multichannel Gas Sensor กับขา Pin ของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8

Pin Label	คำอธิบาย
GND	เชื่อมต่อกับขา Ground
VCC	เชื่อมต่อกับขา 5V Pin
SDA	I2C data เชื่อมต่อกับขา PB_14 (CN10)
SCL	I2C clock เชื่อมต่อกับขา PB_13 (CN10)

2.1.2.3 LPSM-O3

ใช้ LPSM-O3 ในการวัดก๊าซโอโซน (O_3) โดยใช้ไฟเลี้ยง 3.3 ถึง 5 V. ใช้กระแสไฟประมาณ 5 ถึง 15 μA . ใช้พลังงานประมาณ 15 ถึง 45 μW. ให้สัญญาณเป็น ADC ขนาด 10 บิต โดยเซนเซอร์มีลักษณะรูปร่างดังรูป 2.5

รูป 2.5 เซนเซอร์ LPSM-O3[6]

โดยสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงก๊าซตั้งแต่ 0ถึง 20 ppm. ปริมาณต่ำสุดที่ สามารถวัดได้น้อยกว่า 0.1 ppm. มีค่าความแม่นยำ ± 2% ความเร็วในการอ่านค่าน้อยกว่า 30

[6] http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-O3-968-046_8-25-17.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินาที ใช้เวลาเปิดปิดเครื่องประมาณ 60 นาที เพื่อความแม่นยำในการวัด มีค่า TIA Gain 499 kV/A. มีสมการคำนวณค่าต่างๆดังนี้

โดยกำหนดค่าให้

V^+ = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเซนเซอร์

V_{gas} = แรงดันไฟฟ้าของก๊าซที่สนใจ

V_{ref} = แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงมีค่าประมาณ ½ ของ V+ มีค่าเข้าใกล้ 0 หากตรงกับก๊าซที่สนใจ

V_{temp} = แรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิ

สมการคำนวณความเข้มข้นของก๊าซ (ppm)

$$C_x = \frac{1}{M} \cdot (V_{gas} = V_{gas_0}) \tag{2.1}$$

สมการคำนวณ Sensor calibration factor ($\frac{V}{ppm}$)

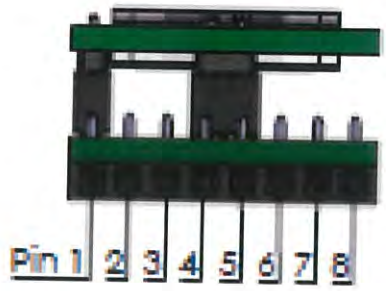
$$M\left(\frac{V}{ppm}\right) = \text{Sensitivity Code}\left(\frac{nA}{ppm}\right) \times \text{TIA Gain}\left(\frac{kV}{A}\right) \times 10^3 \left(\frac{V}{kV}\right) \tag{2.2}$$

สมการคำนวนค่า V_{gas_0}

$$V_{gas_0} = V_{ref} + V_{offset} \tag{2.3}$$

โดยค่า V_{ref} เท่ากับ $\frac{V^+}{2}$ V. มีค่าV_{gas_0} ตั้งแต่ $\frac{V^+}{2}$ = 0.0005 V. ถึง $\frac{V^+}{2}$ + 0.005 V. มีค่า $V_{gas\ span}$ (M) ตั้งแต่ -15 ถึง -45 mV/ppm. โดยมีลำดับขาการเชื่อมต่อ ดังรูป 2.6 และตาราง 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 ลำดับขา Pin ของ LPSM-O3[7]

ตาราง 2.3 แสดงข้อมูลขา Pin ต่างๆ ของ LPSM-O3 และการเชื่อมต่อขา Pin ของบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8

No.	Pin	รายละเอียดการเชื่อมต่อ
1	V_{gas}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PA_1
2	V_{ref}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PA_4
3	V_{temp}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PB_0
4	N/C	
5	N/C	
6	GND	เชื่อมต่อกับขา Ground
7	V^+	เชื่อมต่อกับขา 3V3 Pin
8	V^+	เชื่อมต่อกับขา 3V3 Pin

2.1.2.4 Ultra Low Power Sensor Module with SO_2 Sensor Mounted

ใช้ Ultra Low Power Sensor Module with SO_2 Sensor Mounted ดังรูป 2.7 ในการวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โดยใช้ไฟเลี้ยง 3.3 ถึง 5 V. ใช้กระแสไฟประมาณ 5 ถึง 15 μA . ใช้พลังงานประมาณ 15 ถึง 45 μW. ให้สัญญาณเป็น ADC ขนาด 10 บิต

[7] http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-SO2-968-006.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.7 เซนเซอร์ LPSM-SO2[8]

โดยสามารถวัดก๊าซที่ปริมาณ 0 ถึง 20 ppm. ปริมาณต่ำสุดที่ สามารถวัด ได้น้อยกว่า 0.3 ppm. มีค่าความแม่นยำ ±2% ความเร็ว ในการอ่าน ค่าน้อยกว่า 30 วินาที ใช้เวลาเปิดปิดเครื่อง ประมาณ 60 นาที เพื่อความแม่นยำในการวัด มีค่า TIA Gain 100 kV/A. มีสมการคำนวณค่าดังนี้

โดยกำหนดค่าให้

V^+ = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเซนเซอร์

V_{gas} = แรงดันไฟฟ้าของก๊าซที่สนใจ

V_{ref} = แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงมีค่าประมาณ ½ ของ V+ มีค่าเข้าใกล้ 0 หากตรงกับก๊าซที่สนใจ

V_{temp} = แรงดันไฟฟ้าของอุณหภูมิ

สมการคำนวนความเข้มข้นของก๊าซ (ppm)

$$C_x = \frac{1}{M} \cdot (V_{gas} = V_{gas_0}) \qquad (2.4)$$

สมการคำนวณ Sensor calibration factor ($\frac{V}{ppm}$)

$$M\left(\frac{V}{ppm}\right) = \text{Sensitivity Code}\left(\frac{nA}{ppm}\right) \times \text{TIA Gain}\left(\frac{kV}{A}\right) \times 10^3 \left(\frac{V}{kV}\right) \qquad (2.5)$$

[8] http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-SO2-968-006.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการคำนวนค่า V_{gas_0}

$$V_{gas_0} = V_{ref} + V_{offset} \quad (2.6)$$

โดยค่า V_{ref} เท่ากับ $\frac{V^+}{2}$ + 0.1 V มีค่า V_{gas_0} ตั้งแต่ถึง $\frac{V^+}{2}$ + 0.1 = 0.0005 V ถึง $\frac{V^+}{2}$+0.1+ 0.005 V. มีค่า $V_{gas\ span}$ (M) ตั้งแต่ 2.5 ถึง 3.5 mV/ppm. โดยมีลำดับขาการเชื่อมต่อดังรูป 2.8 และตาราง 2.4

รูป 2.8 ลำดับขา Pin ของ LPSM-SO2[9]

ตาราง 2.4 ข้อมูลขา Pin ต่างๆ ของ ULPSM-SO2

No.	Pin	รายละเอียดการเชื่อมต่อ
1	V_{gas}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PC_3
2	V_{ref}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PC_2
3	V_{temp}	Analog Out เชื่อมต่อกับขา PC_1
4	N/C	
5	N/C	
6	GND	เชื่อมต่อกับขา Ground
7	V^+	เชื่อมต่อกับขา 3V3 Pin
8	V^+	เชื่อมต่อกับขา 3V3 Pin

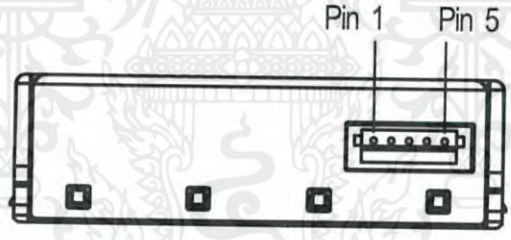
[9] http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-SO2-968-006.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 Sensirion SPS30

รูป 2.9 Sensirion SPS30[10]

จากรูป 2.9 แสดงภาพเซนเซอร์ Sensirion SPS30 ในการตรวจวัดฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน โดยใช้ไฟเลี้ยง 4.5 ถึง 5.5 V. อุณหภูมิของระบบ -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส สามารถอ่านข้อมูลได้ทั้ง I2C และ UART โดยมีลำดับการเชื่อมต่อของเซ็นเซอร์ตามรูป 2.10 , 2.11 และตาราง 2.5



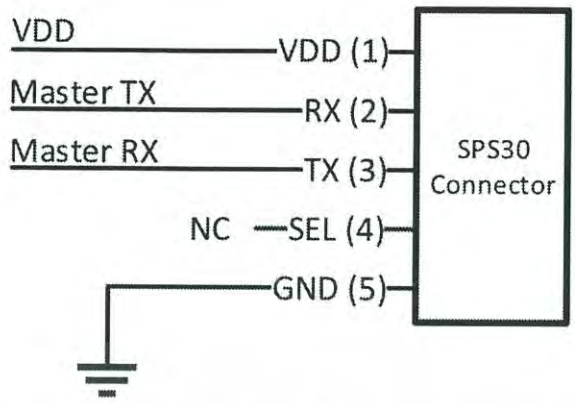
รูป 2.10 ภาพลำดับขา Pin ของ Sensirion SPS30 [11]

---

[10] https://www.sensirion.com/environmental-sensors/particulate-matter-sensors-pm25/

[11] https://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/0_Datasheets/Particulate_Matter/Sensirion_PM_Sensors_SPS30_Datasheet.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.11 การเชื่อมต่อวงจรระหว่าง SPS30 ด้วย UART [12]

รูป 2.11 ภาพวงจรการต่อขา Pin ของเซนเซอร์กับ Microcontoller โดยมีการต่อตัวต้านทาน 150 Ω ระหว่างขาที่ 1 และขา Vcc และมีการต่อ Capacitor ระหว่างขาที่ 1 และขาที่ 2 และมีรายละเอียดการเชื่อมต่อขา Pin กับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 ตามตาราง 2.5

ตาราง 2.5 การเชื่อมต่อขา Pin กับ Sensirion SPS30 กับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8

No.	Pin	รายละเอียดการเชื่อมต่อ
1	V_{DD}	ขาไฟเลี้ยง เชื่อมต่อกับขา 5V
2	Rx	เชื่อมต่อกับขา PA_9 (CN10)
3	Tx	เชื่อมต่อกับขา PA_10 (CN10)
4	SEL	N/C
5	GND	เชื่อมต่อกับขา GND

โดยการใช้ UART มีการใช้ Baud rate 115200 bit/s. โดยเป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 8 bits. ซึ่งไม่มีการใช้ Parity bit. และ Stop bit เท่ากับ 1

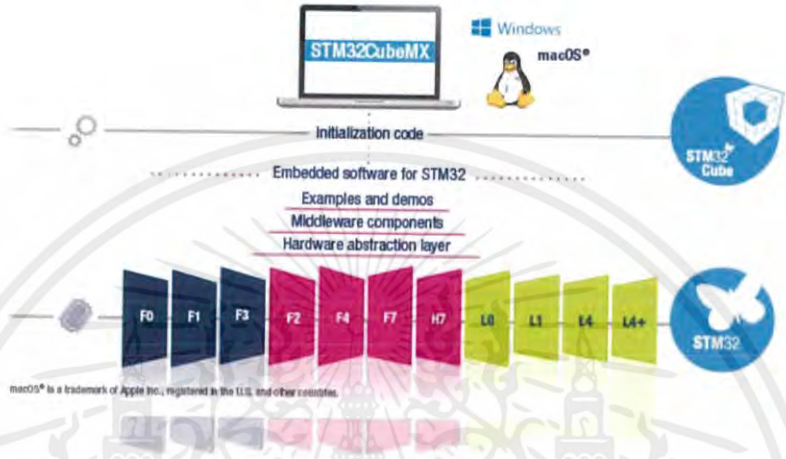
[12] https://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/0_Datasheets/Particulate_Matter/Sensirion_PM_Sensors_SPS30_Datasheet.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 โปรแกรมที่ใช้เขียน Microcontroller

2.1.3.1 STMCube

STMCube ถูกพัฒนาโดย STMicroelectronics ที่ช่วยให้สามารถพัฒนาซอฟแวร์ได้ง่ายและถูกขึ้น โดยครอบคลุม STM32 portfolio ทั้งหมด



รูป 2.12 ส่วนประกอบของ STMCube[13]

จากรูป 2.12 STM32Cube ประกอบด้วย

1) STM32CubeMX ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดค่าซอฟแวร์กราฟฟิกที่สามารถสร้างโค้ดเริ่มต้นของภาษา C โดยใช้ Graphical wizards

2) STMCubeL0 MCU package ประกอบด้วย STM32Cube hardware abstraction layer (HAL) และ low-layer (LL) APIs รวมถึงชุดส่วนประกอบของ middleware, component (RTOS, USB, FAT และการตรวจจับการสัมผัส STM32) และ Embedded software utilities **ตัวอย่าง**เต็มรูปแบบทั้งหมดที่สามารถใช้งานบนบอร์ด STMicroelectronics ได้

- STM32CubeHALเป็น Software layer ที่ฝังอยู่ใน STM32 ซึ่งสามารถเข้าถึง STM32 portfolio ได้ทั้งหมด
- API แบบ LL สร้างขึ้นมาให้ใช้งานได้ง่าย ขนาดไฟล์เล็ก และมีความใกล้เคียงกับฮาร์ดแวร์มากกว่า HAL

---

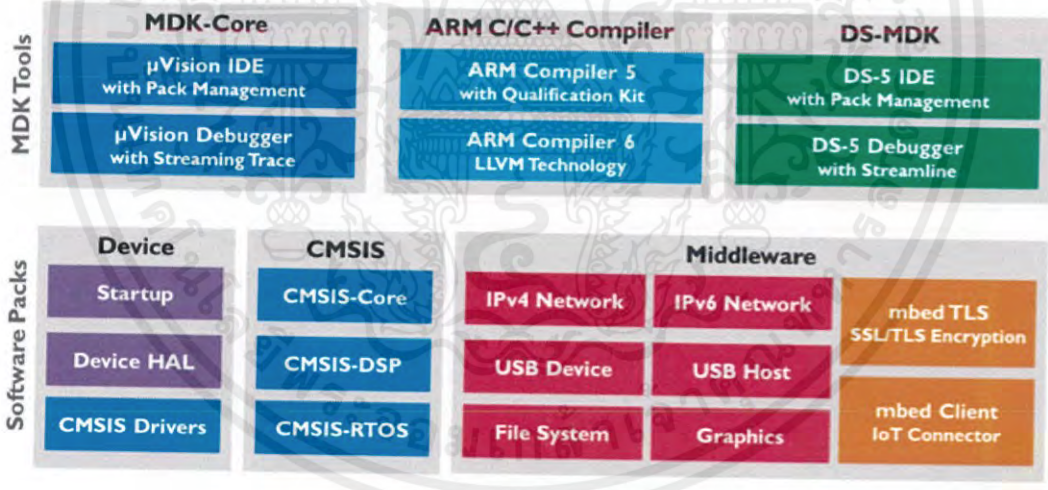
[13] https://www.st.com/en/embedded-software/stm32cubel0.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 Keil uVision5

รูป 2.13 Keil uVision5 Logo14

Keil เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรล เลอร์โดยใช้ภาษาซี โดยในโครงงานจะใช้ Keil MDK ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งมีโซลูชั่นที่ครอบคลุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ARM และส่วนประกอบที่ต้องการมากที่สุด



รูป 2.14 Product Component[15]

---

[14] http://www2.keil.com/mdk5/

[15] http://www2.keil.com/mdk5/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.14 MDK มีคอมไพเลอร์ 2 ชนิดคือ ภาษา C/C++ ที่มี Assembler, linker และไลบารีรันไทม์ที่เพิ่มประสิทธิภาพให้กับโค้ดได้อย่างเหมาะสมโดย ส่วนประกอบของ Keil MDK ประกอบไปด้วย

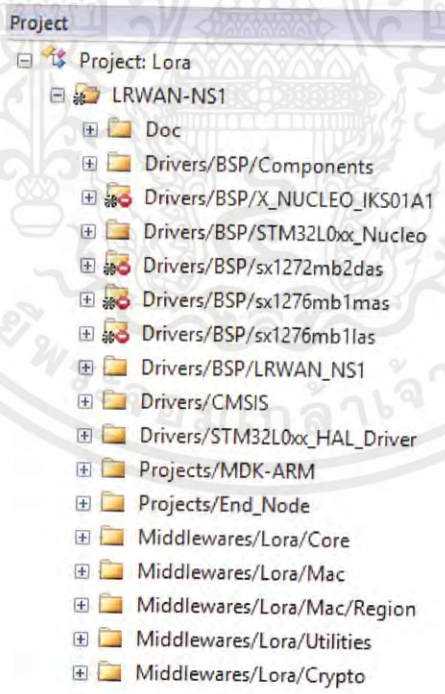
- MKD-Core ใช้สำหรับสนับสนุนอุปกรณ์ Cortex-M และสถาปัตยกรรมม Armv8M
- DS-MDK ประกอบด้วย IDE/Debugger DS-5 และโปรเซสเซอร์ Arm Cortex-A และ Arm Cortex-M

โดยอาจเพิ่ม software package เข้าไปใน MDK-Core หรือ DS-MDK ได้ตลอดเวลาเพื่อเพิ่มความสามารถให้กับอุปกรณ์ได้จาก toolchain รองรับการใช้งาน CMSIS libraries, middleware board support, code templates และตัวอย่างโปรเจ็ค

รองรับการติดต่อสื่อสารแบบ IPv4/IPv6 โดย Arm mbed เพื่อให้สามารถใช้งาน IoT ได้

2.1.3.3 Firmware

บอร์ด LoRa Nucleo-L053R8 ใช้ Firmware Package ดังรูป 2.15 นี้



รูป 2.15 Folder Structure Overview ที่ใช้ใน LoRa Nucleo-L053R8[16]

[16] https://www.st.com/en/embedded-software/stm32cubel0.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1) Drivers: เก็บไฟล์ BSP, CMSIS และไฟล์ STM32L0 HAL Drivers ซึ่งเป็นไฟล์พื้นฐานต่างๆที่ใช้บนบอร์ดและ shield

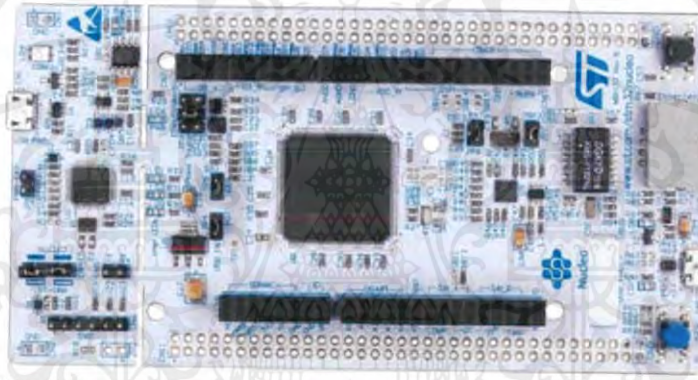
2) Middleware: เก็บไฟล์โปรแกรมที่ใช้สำหรับติดต่อกับบุคคลที่ 3

3) Inc: เก็บ Header file

4) Src: เก็บ Source file

5) Project: เก็บไฟล์ต่างๆที่ใช้ toolchain ในโครงงานการเชื่อมต่อโปรแกรมต่างๆ การตั้งค่าโปรแกรมโครงงานทั้งหมด

2.1.4 Gateway

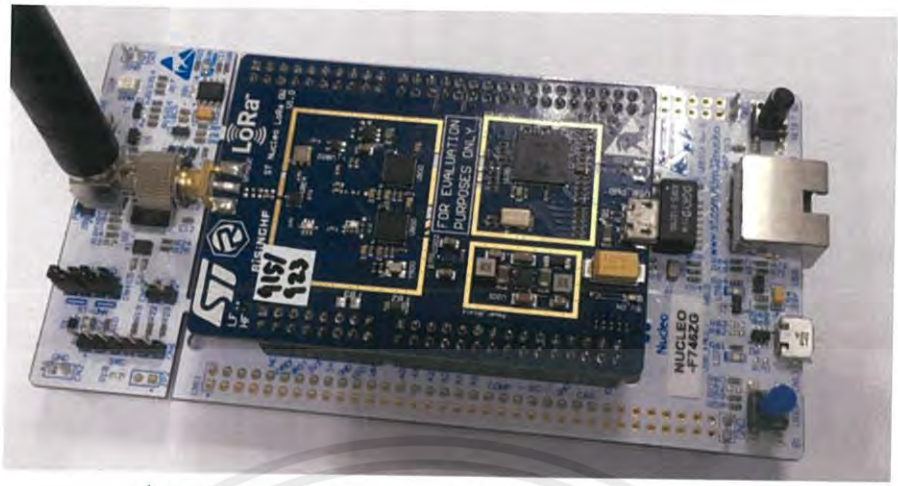


รูป 2.16 LoRa Gateway NUCLEO-F746ZG development board [17]

จากรูป 2.16 แสดงภาพของ LoRa Gateway NUCLEO-F746ZG development board เป็น Microcontroller สำหรับ Gateway ที่มีชิพ STM32F746ZG MCU ที่ใช้ CPU ของ ARM Cortex M7 ที่มีสัญญาณนาฬิกาความเร็ว 216 MHz มีหน่วยความจำหลัก 1 MB Flash memory มีแรมขนาด 320 KB ใช้ไฟเลี้ยง 5 V. (USB Type-A to Micro-B) โดยมี Gateway Shield เพื่อใช้ทำหน้าที่ Gateway ต่อกับ Connector Arduino Uno V3

[17] https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f746zg.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.17 LoRa HF band(868/915MHz) Gateway shield[18]

จากรูป 2.17 แสดงภาพของ Gateway shield ที่ใช้ชิพ SX1301 HF Baseband data concentrator ในการรับข้อมูลจาก Device แต่ละตัว และส่งข้อมูลไปที่ Network server ต่อไป

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมที่ใช้

Microcontroller จะใช้ SX1276 Low Power Long Range Transceiver ในการส่งข้อมูลไปที่ Gateway เป็นการส่งข้อมูลทางเดียวโดยการใช้UDPในการส่งข้อมูลเพื่อความรวดเร็วและประหยัดพลังงาน

2.2.1 Low Power Wide Area Network

Low Power Wide Area Network (LPWAN) หรือเครือข่ายสื่อสารแบบกว้างที่เน้นใช้พลังงานต่ำ เป็นเทคโนโลยีที่เป็นที่นิยมสำหรับงานด้าน IoT (Internet of Things) เช่น NB-IoT, SigFox และ LoRa ซึ่งเทคโนโลยีที่เราเลือกใช้คือ LoRa

จุดเด่น

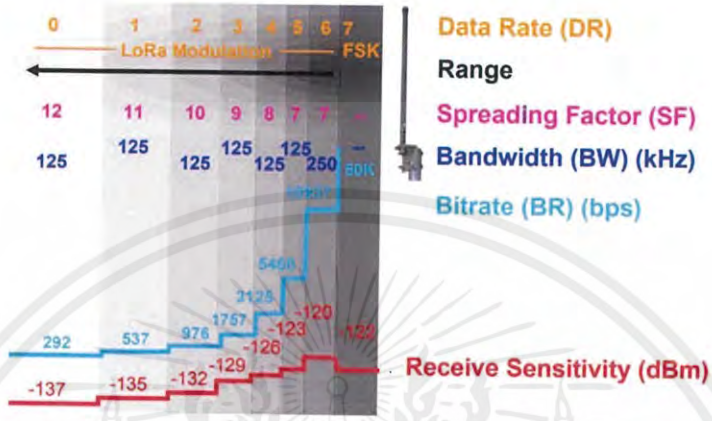
- ความปลอดภัย โดยใช้การสื่อสารทางตรงแบบคู่
- ไม่จำเป็นต้องมี Network ที่ซับซ้อนเช่น Mesh หรือ Repeater
- ใช้ data rate สำหรับการส่งน้อย
- ราคาถูก
- ประหยัดแบตเตอรี่ ใช้พลังงานต่ำ

[18] https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f746zg.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

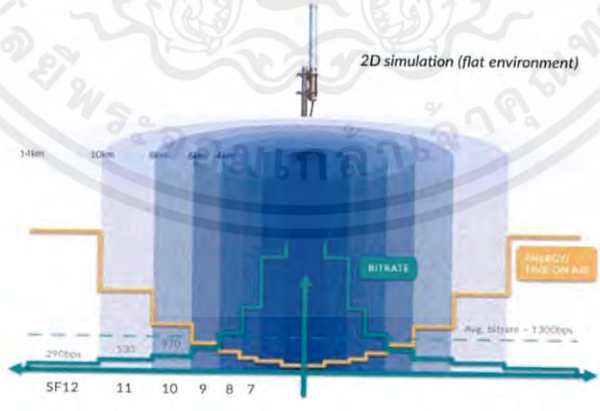
2.2.2 Long Rang

Long Range (LoRa) เป็นเทคโนโลยีสัญญาณการสื่อสาร โดยใช้เทคนิค Proprietary Spead Spectrum technology ซึ่งถูกพัฒนาโดย Semtech Coporation



รูป 2.18 ความสัมพันธ์ของค่า Data Rate (DR) , Spreading Factor (SF) , Bandwidth(BW) (kHz) , Bitrate(BR) (bps) และ Receive Sensitivity (dBm)[19]

จากรูป 2.18 จะเห็นว่าอุปกรณ์จะส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดเมื่อ Data Rate เป็น 0 โดยสามารถส่งข้อมูลด้วย Bit Rate ที่ต่ำที่สุดได้จากการกำหนดค่า Data Rate และ Spreading Factor โดยสามารถปรับ Bandwidth , Channel และค่า SF ได้ตาม Frequency Plan ของโซน โดยประเทศไทยใช้ AS923



รูป 2.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Bit Rate และพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล [20]

---

[19] https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า-98d20055a4ca

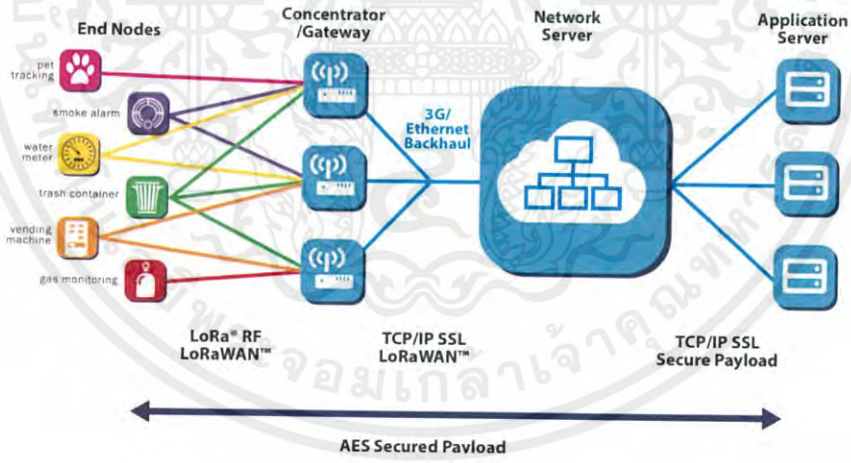
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.19 จะเห็นว่าเมื่ออุปกรณ์เข้าใกล้ Gateway มากก็จะสามารถส่งข้อมูล ด้วย Bit Rate ที่สูงขึ้นได้ และส่งข้อมูลได้เร็วขึ้นด้วย พลังงานที่ใช้ส่งก็ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่อยู่ไกล Gateway อีกด้วย

LoRaWAN จะมีโหมด ADR (Adaptive Data Rate) ที่สามารถตั้งค่าแพคเกตการส่งข้อมูลเพื่อให้การเชื่อมต่อระหว่าง Gateway และ Device สามารถปรับ Spreading Factor แบบอัตโนมัติ เพื่อประสิทธิภาพในการส่งโดยดูจากระยะการเชื่อมต่อระหว่าง Gateway และ Device โดยสามารถเลือกได้ว่าจะปรับเพื่อส่งข้อมูลได้เร็วที่สุดหรือปรับเพื่ออายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ยาวนานที่สุด เป็นต้น

2.2.3 LoRaWAN

LoRaWAN (Long Rang Wide Area Network) เป็นโปรโตคอลไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ มีจุดประสงค์เพื่อใช้สร้างเครือข่าย IoT โดยอุปกรณ์ IoT หรือในที่นี้จะเรียกว่า โหนด (Node) จะส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ (Gateway) ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ไกลหลายกิโลเมตร ผ่าน LoRaWAN โดยเกตเวย์จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยัง Network Server เพื่อตรวจสอบแพคเกตและส่งต่อไปยัง Application Server ดังรูป 2.20



รูป 2.20 LoRaWAN Network Topology [21]

---

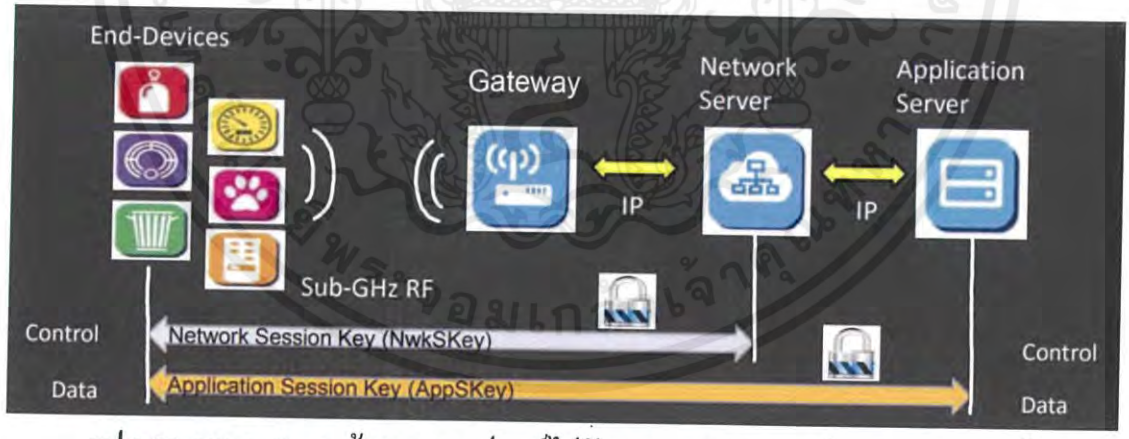
[20] https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า- 98d20055a4ca

[21] https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า- 98d20055a4ca

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดแข็งของ LoRaWAN

- ระยะทางไกล
  - ใช้ย่านความถี่ไม่สูงมาก จึงมีความทนต่อสิ่งกีดขวางได้(ไกลสุด15 กม.)
  - สัญญาณต่ำสุดของที่อุปกรณ์สามารถใช้งานได้คือ -137 dB
  - กระจายสัญญาณเข้าไปในอาคารได้สูงสุด 20 dB
- ประหยัดพลังงาน
  - อุปกรณ์ใช้พลังงานแบตเตอรี่น้อยทำให้สามารถใช้งานได้หลายปี
  - ใช้พลังงานในการส่งต่ำเนื่องจากใช้ความถี่ต่ำ ทนต่อสัญญาณรบกวน
- รองรับปริมาณอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อได้เยอะ
  - ใช้ LoRa Modulation แบบ CSS (Chirp Spread Spectrum)
  - 125 kHz Channel Bandwidth
- ราคาถูก
  - ย่านความถี่เป็น Light-License ทำให้ต้นทุนต่ำ
  - ระบบเครือข่ายให้บริการไม่ซับซ้อน
  - อุปกรณ์รับสัญญาณมีราคาถูก
  - 1 สถานีรับสัญญาณ สามารถให้บริการได้ในพื้นที่กว้าง



รูป 2.21 การ Activate ข้อมูลจากอุปกรณ์ไปยัง Network Server ผ่าน LoRaWAN [22]

จากรูป 2.21 ทำให้เห็นทราบว่ากระบวนการ Activated จาก Network จำเป็นต้องใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

---

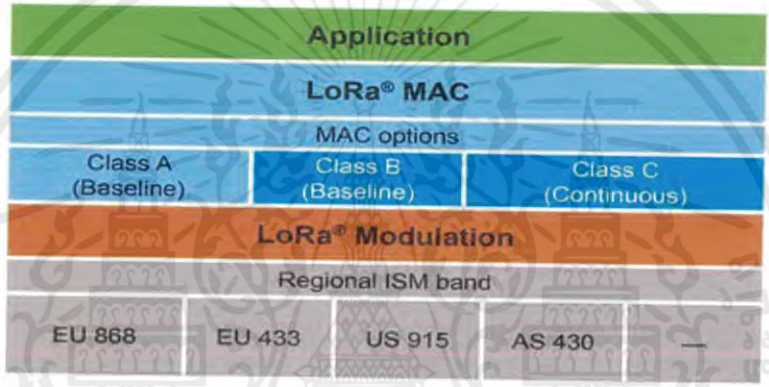
[22] https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า- 98d20055a4ca

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Device Address (DevAddr) มีขนาด 32 Bit เป็นค่าที่ไม่ซ้ำใครใน Network โดยเลข Device Address จะอยู่ในทุกๆเฟรมข้อมูล โดยสามารถเห็นได้จาก End-Device, Network Server และ Application Server

- Network Session Key (NwkSKey) ใช้บอก Network Server ว่าต่อเข้าระบบ Network กลุ่มใด เป็น 128 Bit AES encryption Key จะเห็นได้เฉพาะ End-Device และ Network Server

- Application Session Key (AppSKey) ใช้สำหรับเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลส่วน Application Data จะเห็นได้เฉพาะ End-Device และ Application Server



รูป 2.22 LoRaWAN Protocol Stack [23]

จากรูป 2.22 ทำให้เห็นว่า LoRaWAN ในชั้น Application ใช้ LoRa MAC ในการรับส่งข้อมูลแบ่งลักษณะการส่งข้อมูลของ End Device เป็น 3 Class ดังนี้

- Class A (Battery Powered)

เป็นการสื่อสารแบบสองทิศทางระหว่างอุปกรณ์ และเกตเวย์ เมื่ออุปกรณ์ ส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ (Uplink) จะมีการตั้งเวลาสำหรับการหยุดการทำงานชั่วคราวและการเริ่มทำงานอีกครั้งเพื่อรับส่งข้อมูล หาก Application Server ต้องการส่งค่า ไปยังอุปกรณ์ (Downlink) ต้องรออุปกรณ์เริ่มทำงานอีกครั้งก่อนถึงจะส่งข้อมูลได้ ใช้พลังงานต่ำที่สุด

- Class B (Low Latency)

สามารถกำหนดความเร็วและรอบในการส่งข้อมูลจากฝั่ง Server ได้ (Downlink) โดยการใช้ Periodic beacon จากเกตเวย์ ทำให้การส่งข้อมูลดีขึ้น

---

[23] https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า- 98d20055a4ca

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Class C (No Latency)

อุปกรณ์ (End-Device) ไม่มีการหยุดการทำงานชั่วคราวเพื่อรอรับส่งข้อมูล จากเกตเวย์ตลอดเวลา และ เซิร์ฟเวอร์สามารถส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์ได้ตลอดเวลา เหมาะสำหรับ งานที่ต้องการความเสถียร และใช้พลังงานสูงที่สุด

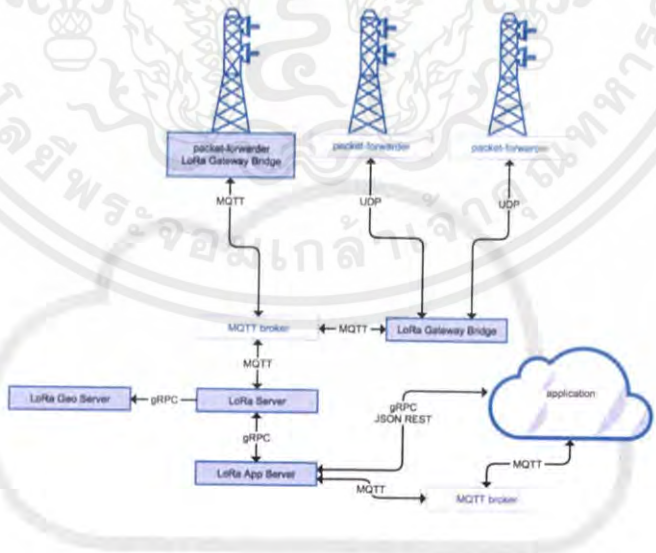
กระบวนการเชื่อมต่อ Network Server

- Over the Air Activation (OTAA) มีการshare key End-Device Identifier(DevEUI) ,Application Identifier(AppEUI) และApplication Key(AppKey) ผ่านกระบวน การ Hand shaking ในระหว่างการเชื่อมต่อ เพื่อขอ Session Key จาก Server กระบวนการในขั้น ตอนแรกจึงยุ่งยากกว่าแบบ ABP

- Activation By Rationalization (ABP) มี ก า ร share key End -Device Address (DevAdd), Network Session keys (NwSKey) และ Application Session keys (AppSKey) ล ง ไ ป ที่อุปกรณ์เลย ทำให้สะดวกในการเชื่อมต่อเข้าระบบเน็ตเวิร์ค เพราะ End-Device สามารถเชื่อมต่อเข้าระบบได้เลยโดยไม่ต้อง hand shaking เพื่อเชื่อมต่อ

2.2.4 LoRa Network(LoRa Gateway)

เกตเวย์จะรับข้อมูลจากอุปกรณ์จากสัญญาณวิทยุ และทำการpacket-forwarder ข้อมูลที่ได้รับมาไปยัง LoRa Server ผ่าน protocol IP โดย packet-forwarder เป็นโปรแกรมที่รันอยู่บนเกตเวย์ทำหน้าที่รับผิดชอบการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์



รูป 2.23 LoRa Server Architecture [24]

[24] https://www.loraserver.io/overview/architecture/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.23 แสดงการทำงานของ LoRa Server ซึ่งการทำงานจะเริ่มจากการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ผ่านทาง Gateway และ Gateway ทำการ packet-forwarder ผ่านมายัง LoRa Gateway Bridge และทำการส่งผ่าน MQTT Broker เพื่อส่งต่อไปยัง LoRa Server และLoRa Server ทำการส่งต่อไปยัง LoRa App Server เพื่อที่จะนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้า Dashboard ที่ได้สร้างขึ้น

2.2.5 LoRa Gateway Bridge

LoRa Gateway Bridge มีหน้าที่สื่อสารกับเกตเวย์ และจะทำการ publish packet UDP ไปเป็น JSON ผ่าน MQTT โดยข้อดีของการใช้ MQTT

- มันทำให้การดีบักง่ายขึ้น
- การส่งข้อมูล Downlink ต้องมี MQTT ของ Gateway ที่ตรงกัน
- ทำให้การเชื่อมต่อระหว่าง Gateway และ Network ปลอดภัย (ใช้MQTTผ่านTLS)

2.2.6 LoRa Server

LoRa Server รับผิดชอบในการจัดการสถานะของ Network และมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้งานในเครือข่ายและสามารถจัดการกับการร้องขอเมื่ออุปกรณ์ต้องการเข้าร่วม Network

เมื่อข้อมูลที่ได้รับจากหลายจาก Gateway โดย LoRa Server นำข้อมูล ทั้ง timestamp และ ความแรงของสัญญาณ เพื่อหา packet ที่ซ้ำกัน และทิ้งตัวที่มีความแรงของสัญญาณน้อย กว่า และ เลือกที่จะส่งต่อตัวที่มีความแรงของสัญญาณที่ดีกว่าต่อไปยัง LoRaWAN App Server เมื่อ LoRaWAN App Server ต้องส่งข้อมูลกลับไปที่อุปกรณ์ของเรา LoRa Server จะเก็บทำข้อมูลเหล่านี้ในคิวก่อนจนกว่าจะสามารถส่งหนึ่งของเกตเวย์

2.2.7 LoRa App Server

LoRa App Server เป็น LoRaWAN Application Server ที่ใช้งานร่วมกับ LoRa Server ได้ โดย Web-interface และ api สำหรับจัดการ users, organizations, applications, gateways and devices ในการรับข้อมูลจาก Application ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่ง สามารถใช้กลวิธีใด ก็ได้ที่ LoRa App Server มีให้ เช่น MQTT, HTTP หรือเขียนลงฐานข้อมูล InfluxDB โดยตรง

2.3 MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เป็น Protocol สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ (machine-to-machine) ซึ่งเป็น protocol ที่สนับสนุน Internet of Things เนื่องจากโปรโตคอลตัวนี้มีน้ำหนักเบา ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก การรับส่งข้อมูลที่มี Bandwidth ต่ำ โดยใช้หลักการแบบ publisher / subscriber โดยตัวกลางการสื่อสารของ MQTT เรียกว่า Broker

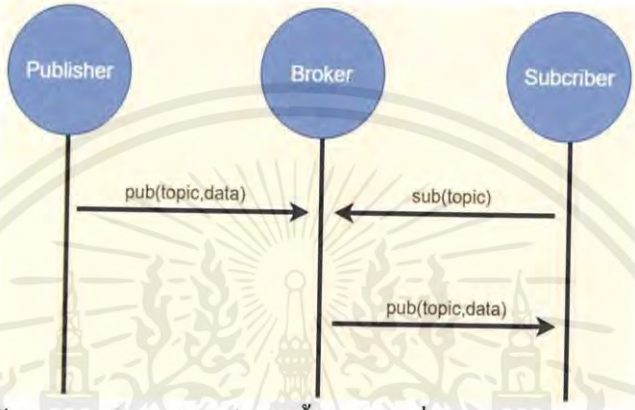
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 MQTT Protocol จะมีองค์ประกอบอยู่ 3ส่วนคือ

2.3.1.1 Broker เป็นตัวคอยจัดการกับ Topic ที่ถูก publish

2.3.1.2 Publisher จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Topic

2.3.1.3 Subscriber จะคอยดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบน Topic ที่เราไปทำการไป Subscribeไว้



รูป 2.24 การรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber [25]

จากรูป 2.24 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่จะ Publisher ได้ทำการ publish ข้อมูลบนtopic ไปยัง Broker และฝั่ง Subscriber ก็จะคอยดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบน topic ทุกครั้งที่ข้อมูลบน topic มีการเปลี่ยนแปลง เราจะทำการเรียกข้อมูลนั้นมาเรียกดู

2.3.2 คุณภาพข้อมูล (QoS)

แบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- QoS0 ส่งข้อมูลเพียงครั้งเดียวไม่มีกลไกในการตรวจสอบว่าข้อความผู้ได้รับอย่างถูกต้องหรือไม่ เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปจะทำการลบออกจากคิวของผู้ส่ง
- QoS1 ผู้ส่งจะส่งข้อความและรอการตอบรับ (PUBACK) ถ้าได้รับการตอบรับแล้วจะทำการลบข้อมูลออกจากคิวของผู้ส่ง
- QoS2 เป็นการส่งที่ยืนยันว่าฝั่งรับได้รับข้อมูลแน่นอน ผู้ส่งจะส่งข้อความ และรอการตอบรับ (PUBREC) เมื่อฝั่งรับได้ข้อมูลส่ง PUBREC ถ้าผู้ส่งได้รับ PUBREC จะส่ง PUBREL กลับไปให้ผู้รับ ถ้าผู้รับได้รับจะทำการส่ง PUBCOMP กลับมาให้ผู้ส่ง ถ้าผู้ส่งได้รับ จะทำการลบข้อมูลนั้นออกจากคิว

---

[25] https://medium.com/@tanakornpiamsin/ติดตั้ง-mqtt-server-d31bcae85d0d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Amazon Web Server

Amazon Web Services (AWS) เป็นบริษัทในเครือของ Amazon.com ที่ให้บริการแพลตฟอร์ม Cloud computing แก่บุคคลทั่วไป,บริษัทและรัฐบาล โดยการสมัครมีให้ใช้บริการฟรี 12 เดือน เทคโนโลยีช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้คอมพิวเตอร์เสมือนจริงได้ตลอดเวลาผ่านทางอินเทอร์เน็ต AWS จำลองคุณลักษณะส่วนใหญ่ของคอมพิวเตอร์จริงรวมถึงฮาร์ดแวร์ (CPU(s) & GPU(s) for processing, local/RAM memory, hard-disk/SSD storage)

เทคโนโลยี AWS มีการใช้งานที่เซิร์ฟเวอร์ฟาร์มทั่วโลกและดูแลโดย บริษัท ในเครือของ Amazon ค่าธรรมเนียมจะขึ้นอยู่กับการรวมกันของการใช้งาน, ฮาร์ดแวร์ / ระบบปฏิบัติการ / ซอฟต์แวร์ / คุณสมบัติระบบเครือข่ายที่เลือกโดยสมาชิก, ความพร้อมใช้งาน, ความซ้ำซ้อน, ความปลอดภัยและการบริการอื่นๆได้

ในพ.ศ.2560 AWS ประกอบบริการมากกว่า 90 บริการ ครอบคลุมทั้งคอมพิวเตอร์, การจัดเก็บ, เครือข่าย, ฐานข้อมูล, การวิเคราะห์, บริการโปรแกรม, การใช้งาน, การจัดการ, มือถือ, เครื่องมือสำหรับนักพัฒนา และเครื่องมือสำหรับอินเทอร์เน็ตของสิ่งความนิยมมากที่สุด ได้แก่ Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) และAmazon Simple Storage Service (S3)บริการส่วน ใหญ่ ไม่ได้ถูกเปิดเผยโดยตรงกับผู้ใช้ แต่ให้ฟังก์ชันการทำงานผ่าน APIs แทนสำหรับนักพัฒนา ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในแอปพลิเคชันของตน Amazon Web Services มีการเข้าถึงผ่านทาง HTTP โดยใช้ REST และโปรโตคอล SOAP

2.4.1 Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)

เป็นบริการเว็บที่ให้พื้นที่การประมวลผลที่ปลอดภัยและปรับเปลี่ยนขนาดได้ในระบบ คลาวด์ บริการเว็บนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยให้ Developer ประมวลระบบคลาวด์สำหรับ Web-Scale ได้ง่ายขึ้นอินเทอร์เฟซบริการเว็บของ Amazon EC2 ที่ใช้งานง่ายนี้ให้คุณสามารถรับและกำหนดค่าความจุได้โดยมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด โดยจะให้คุณควบคุมทรัพยากร การประมวลผลได้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งให้คุณรันด้วยการเชื่อมต่อสภาพแวดล้อมการ ประมวลผลที่ผ่านการรับรองของ Amazon Amazon EC2 ลดเวลาที่ใช้ในการรับและบู๊ตอินสแตนซ์ เซิร์ฟเวอร์ใหม่ให้เหลือภายในไม่กี่นาที ทำให้คุณสามารถขยายความจุให้มากขึ้นหรือน้อยลง ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขคอมพิวเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงได้ Amazon EC2 เปลี่ยนมุมมอง ด้านความคุ้มค่าของการประมวลผลโดยให้คุณจ่ายค่าบริการตามความสามารถที่ใช้จริงเท่านั้น Amazon EC2 มอบเครื่องมือให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชัน ที่สามารถกู้คืนได้หลังจากเกิด ข้อผิดพลาด และแยกออกจากสถานการณ์ข้อผิดพลาดทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์

1) เพิ่มหรือลดความจุได้รวดเร็ว

2) สามารถสร้าง VM ขึ้นมาใช้งานได้อย่างรวดเร็วภายในไม่กี่นาที

3) ผู้ใช้เลือกชนิดของ OS ที่ต้องการได้เอง ไม่ว่าจะเป็น Windows หรือ Linux

4) คุณสามารถควบคุมอินสแตนซ์ได้อย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วยการเข้าถึงรูท และความสามารถในการโต้ตอบกับอินสแตนซ์ได้ตาม ต้องการจากทุกอุปกรณ์ และอินสแตนซ์สามารถรีบู๊ตได้ในระยะไกลโดยใช้ API บริการเว็บ และคุณสามารถเข้าถึงเอาต์พุตแผงควบคุมได้

5) สามารถเลือกการกำหนดค่าหน่วยความจำ, CPU, พื้นที่จัดเก็บอินสแตนซ์ได้อย่างง่ายดาย

6) สามารถต่อยอดในการทำระบบ Backup หรือ Disaster Recover ได้อย่างง่ายดายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ

2.5 Node-RED

Node-RED เป็นเครื่องมือสำหรับการช่วยเรื่องการต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เข้ากับAPI อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อservice ต่างๆที่น่าสนใจได้อีกด้วย ซึ่ง Node-RED เป็น Flow-Based Programming ที่สามารถลากสายเข้าด้วยกันทำให้ไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดหลายบรรทัดให้ลำบาก ซึ่งสายเหล่านี้เป็นเส้นทางที่เป็นตัวบ่งบอกถึงการไหลของข้อมูล โดยFlowที่เราได้ทำการเชื่อมต่อสามารถทำงานได้ทันทีเพียงแค่กดปุ่ม Deployed นอกจากนี้ Node-RED ยังสามารถสร้างฟังก์ชันJavaScript ได้โดยใช้Text Editor ที่มีอยู่ในตัวได้อีกด้วย และยังสามารถทำ sub-flow เพื่อที่จะบันทึก Templates, Functionและ Flows ที่เราได้ทำมาก่อนแล้วไปใช้งานอื่นได้โดยที่ไม่ต้องจำเป็นสร้างใหม่ ซึ่ง Node-RED ทำงานอยู่บนNode.js ทำให้เหมาะสำหรับการทำงานที่ขอบของเครือข่ายบนฮาร์ดแวร์ ต้นทุนต่ำเช่น Raspberry Pi รวมทั้งในระบบคลาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.25 หน้าUIของNode-RED[26]

จากรูป 2.25 หน้า UI ของในส่วนที่ 1 เป็นNode ที่เราสามารถนำมาลากวางที่ work space ซึ่ง Node เราสามารถ install เพิ่มได้ ส่วนที่ 2 เป็น work space เป็นพื้นที่การทำงาน โดยใน Node-RED จะเรียกwork space ว่า Flow สามารถเพิ่ม Flow ด้วยกดเครื่องหมาย + บน tab ส่วนที่3 info จะเป็นการบอกข้อมูลและวิธีการใช้ของNode ที่เราทำการเลือก

2.6 LINE API

2.6.1 การทำงานของ Messaging API (LINE API)

Messaging API ทำการเชื่อมต่อระหว่าง user ผ่านทาง LINE official account หรือ LINE@ account ซึ่งด้วย Messaging API นี้เราจะสามารถ accept friend รวมถึงส่ง message หา user คนอื่นๆ ที่ add account เราเป็นเพื่อน โดยผ่านหน้า LINE@ Manager ที่เราตั้งไว้ หรือ ส่งออกจากจาก server ของเราก็ได้ในรูปแบบ interactive โต้ตอบ

[26] https://nodered.org/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.26 แสดงการใช้งาน Messaging API[27]

จากรูป 2.26 การใช้งาน Messaging API ทำให้คุณสามารถส่งข้อมูลระหว่าง server ของเรา ไปยัง user LINE ผ่านทาง LINE Platform ซึ่ง Request ที่ใช้ส่งข้อมูลต้องอยู่ในรูป JSON format โดยตัว server เราจะต้องเชื่อมต่อกับ LINE Platform และเมื่อ มี user เพิ่ม account LINE เราเป็นเพื่อน หรือ ส่งข่อความมาหาเรา ทาง LINE Platform จะทำการส่ง request มายัง server ที่เราลงทะเบียนผูกไว้กับ LINE account นั้นทันที วิธีนี้เรียกว่า Webhook ซึ่งมันทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกเหมือนกับว่าได้โต้ตอบกับคนจริงๆ

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.7.1 ดัชนีคุณภาพอากาศ

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศ ในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ดัชนีคุณภาพอากาศ 1 ค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความ เข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ได้แก่

- **ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)** เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์ กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวน การอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบ

[27] https://saixiii.com/chapter2-line-api-official/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเดินหายใจ และโรคปอดต่างๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสม ในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การ ทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด

• **ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)** เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการ อุตสาหกรรม การบด การโม่ หรือการทำให้เป็นผงจากการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากเมื่อหายใจ เข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ

• **ก๊าซโอโซน (O_3)** เป็นก๊าซที่ไม่มีสีหรือมีสีฟ้าอ่อน มีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้ เล็กน้อย เกิดขึ้นได้ทั้งในระดับบรรยากาศชั้นที่สูงจากผิวโลก และระดับชั้นบรรยากาศผิวโลก ที่ใกล้พื้นดิน ก๊าซโอโซนที่เป็นสารมลพิษทางอากาศคือก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศผิวโลก เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองตา และระคายเคืองต่อระบบทาง เดินหายใจและเยื่อบุต่างๆ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง

• **ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)** เป็นก๊าซที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ก๊าซนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้ โดยจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200-250 เท่า เมื่อหายใจเข้าไปทำให้ก๊าซชนิดนี้จะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือดเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (CoHb) ทำให้การลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกายลดน้อยลง ส่งผลให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลีย และหัวใจทำงานหนักขึ้น

• **ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)** เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้เล็กน้อย มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ อุตสาหกรรมบางชนิด เป็นต้น ก๊าซนี้มีผลต่อระบบการมองเห็น และผู้ที่มีอาการหอบหืดหรือ โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

ประเทศไทยเป็นดัชนีคุณภาพอากาศเป็น 5 ระดับ ดังตาราง 2.6 โดยจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์ เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่า มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศ มีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่า เกินมาตรฐานและ คุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.6 แสดงเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	ข้อความแจ้งเตือน
0-25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและ การท่องเที่ยว
26-50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว ได้ตามปกติ
51-100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป: สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ: หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรม กลางแจ้ง
101-200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป: ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรม กลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : ควรลดระยะเวลาการทำ กิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ ป้องกันตนเองหากมี ความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็น ปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งทุก หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มี มลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำ เป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

- **การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษชนิดต่างๆ**

คำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยมีระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่า ดัชนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพ อากาศที่ระดับต่างๆ ดังตาราง2.6 การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศภายในช่วง ระดับเป็นสมการ เส้นตรงดังนี้

กำหนดให้

$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} \times (X - X_i) + I_i \qquad (2.7)$$

I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนีสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น

ตาราง 2.7 แสดงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM2.5 (มคก./ลบ.ม.)	PM10 (มคก./ลบ.ม.)	O_3 (ppb)	CO (ppm)	NO_2 (ppb)	SO_2 (ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	
0-25	0-25	0-50	0-35	0-4.4	0-60	0-100
26-50	26-37	51-80	36-50	4.5-6.4	61-106	101-200
51-100	38-50	81-120	51-70	6.5-9.0	107-170	201-300
101-200	51-90	121-180	71-120	9.1-30.0	171-340	301-400
201ขึ้นไป	91ขึ้นไป	181ขึ้นไป	121ขึ้นไป	30.1ขึ้นไป	341ขึ้นไป	401ขึ้นไป

ช่วงเวลาเฉลี่ย และหน่วยสารมลพิษทางอากาศที่ใช้ในการคำนวณ

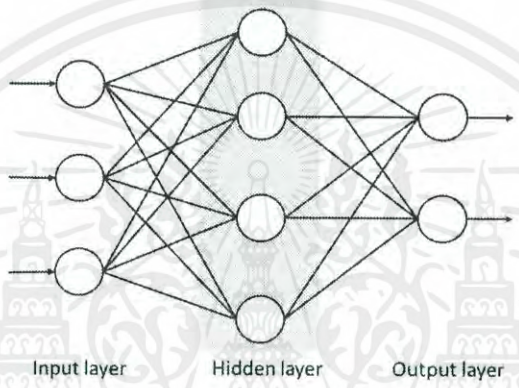
- PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ µg./m3
- PM10 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก./ลบ.ม. หรือ µg./m3
- O_3 เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- CO เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm หรือ 1/1,000,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- NO_2 เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- SO_2 เฉลี่ย 1 ชั่วโมง : ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

2.7.2 โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Networks - ANN)

เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) และการสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์



รูป 2.27 neural networks architecture[28]

จากรูป 2.27 คือโครงสร้างหลักๆของ neural network จะมีสามส่วน ได้แก่ ชั้นขาเข้า (Input layer), ชั้นซ่อน (Hidden layer) และชั้นขาออก (Output layer)

2.7.2.1 การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

ชั้นขาเข้าจะทำการรับข้อมูลเข้ามาซึ่งอาจมีหลายข้อมูลได้ และชั้นซ่อนจะทำการเอาข้อมูลนั้นมาคูณกับค่าน้ำหนักของแต่ละขาและนำผลลัพธ์ที่ได้จากทุกๆข้อมูลมารวมกันแล้วเอามาเทียบกับค่า threshold ที่กำหนดไว้ ถ้าผลลัพธ์เกินค่า threshold ก็จะทำการส่งผลลัพธ์ ออกไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า threshold ก็จะไม่เกิดผลลัพธ์ ซึ่งค่าน้ำหนักจะเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าได้เองโดยการสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จัก pattern ของสิ่งที่เราต้องการให้คอมพิวเตอร์รู้ เรียกว่า "back propagation" ซึ่งจะมีการใช้อัลกอริทึม back-propagation เพื่อใช้ในการปรับปรุงน้ำหนัก หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกให้ใน แต่ละครั้งแล้ว ค่าที่ได้รับ (output) จากเครือข่ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่คาดหวัง แล้วทำการคำนวณหาค่าความ

---

[28] https://medium.com/@tongkornkitt/ml-lstms-แบบ-เกือบ-ละเอียดยิบ-ๆ-a3a55cd37883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาด ซึ่งค่าความผิดพลาดนี้จะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่าย เพื่อใช้แก้ไขค่าน้ำหนักต่อไป เมื่อปรับค่าน้ำหนักแล้วจะทำให้มีความแม่นยำมากขึ้น

2.7.2.2 การเรียนรู้สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม

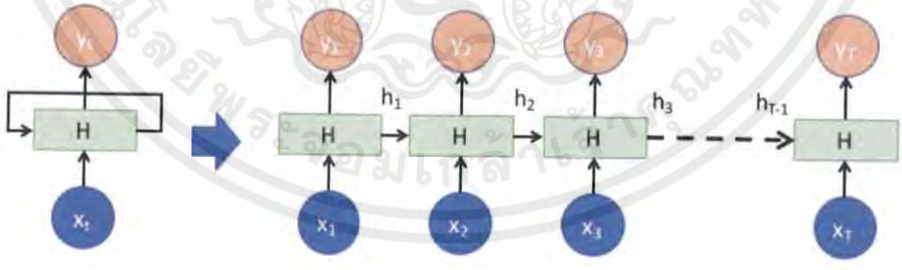
2.7.2.2.1 Supervised Learning คือการเรียนแบบมีการสอน เป็นการ เรียนแบบที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมปรับตัว ชุดข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่าย ประสาทเทียมจะมีคำตอบไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก โครงข่ายประสาทเทียมก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น

2.7.2.2.2 Unsupervised Learning เป็นการเรียนแบบไม่มีผู้แนะนำ ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด โครงข่ายประสาทเทียมจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตาม ลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ โครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้

2.7.3 Long Short Term Memory (LSTM)

LSTM เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบมาสำหรับการประมวลผลแบบมีลำดับ(sequence) และเป็นรูปแบบหนึ่งของ Recurrent Neural Network (RNN)

Recurrent Neural Network (RNN) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่ง ที่เหมาะกับการใช้งานกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นลำดับ (sequence) ซึ่งมันคือการเอาผลลัพธ์ที่ได้ จากการคำนวณย้อนกลับมาใช้เป็นข้อมูลขาเข้าอีกครั้ง ดังรูป 2.28 ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในข้อมูล ที่มีความต่อเนื่อง เช่น time series ข้อมูลเสียง ข้อความ เป็นต้น ดังนั้น 2 ส่วนที่สำคัญของ RNN ก็คือ Hidden state ก่อนหน้า และ input data ณ ตอนนั้น



รูป 2.28 RNN Architecture [29]

- H = Hidden layer
- yt = Output จาก RNN ที่เวลา t

[29] https://medium.com/@sinart.t/long-short-term-memory-lstm-e6cb23b494c6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

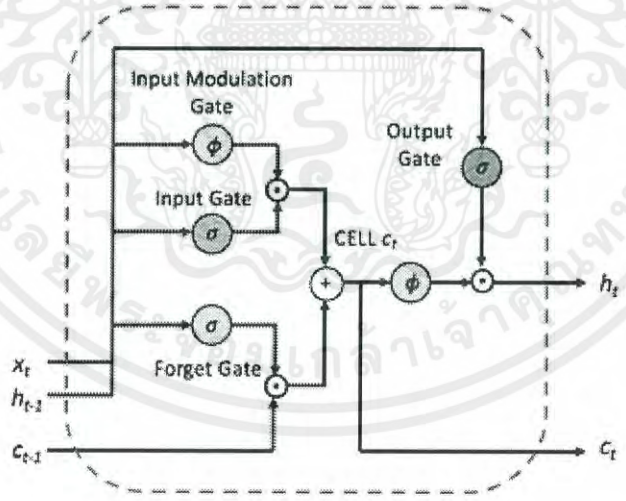
- xt = Input data ที่เวลา
- ht = Hidden state ที่เวลา t

ในแต่ละ node ของ RNN จะมีข้อมูลขาเข้าสองอย่างอันได้แก่ input ณ node นั้น ๆ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณใน node ก่อนหน้า ซึ่งทั้งสองข้อมูลจะถูกนำมารวมเข้าด้วย กันและออกผลลัพธ์มาเป็นสองทางคือ ผลลัพธ์ที่ออก ณ node นั้น ๆ และออกเพื่อไปเข้าเป็นข้อมูล ขาเข้าใน node ถัดไป

ข้อดีของ RNN คือ มันมีการใช้ข้อมูลก่อนหน้าในการทำนายสิ่งที่อาจจะเกิด ขึ้นในอนาคต นั่นหมายถึง อะไรที่เคยเกิดขึ้นในอดีตย่อมส่งผลต่อเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ด้วยแต่แม้ RNN จะมีข้อดีในการทำงานของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง หนึ่งในข้อเสียของ RNN คือ มันสามารถดูย้อนกลับได้แค่เพียงในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น

Long Short-Term Memory ได้มีการเปลี่ยนตัวฟังก์ชันด้านในให้มีความ เสถียรและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีหน่วยความจำเข้ามาเกี่ยวข้องที่ไว้คอยจัดการจำสิ่งที่เกิดขึ้นและใช้ในการตัดสินใจในเวลาถัดไป โดยในหน่วยความจำนี้จะต้องถูกปรับไปเรื่อยๆการที่มีหน่วย ความจำเข้ามาเกี่ยวข้องนั้นทำให้แก้ปัญหาของ RNNได้คือสามารถดูข้อมูลย้อนกลับได้ระยะที่ยาว มากขึ้น

การทำงานของ LSTM



รูป 2.29 LSTM architecture [30]

[30] https://medium.com/@sinart.t/long-short-term-memory-lstm-e6cb23b494c6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.29 คือลักษณะการทำงานของ LSTM โดย Cell state เป็นตัวเก็บ state ของ memory cell ใน LSTM และGate เป็นตัวที่ควบคุมการไหลของข้อมูล ซึ่งก็คือค่า analog ที่คอยควบคุมว่าเมื่อไหร่ควรจะ read, write หรือ forget ซึ่งมันก็เหมือนกับประตูที่จะดูว่า เมื่อไหร่ ควรเปิดให้ข้อมูลไหลเข้า ไหลออก หรือไหลหายไปเลย (forget)

2.7.3.1 Forget gate

การ Forget คือการลบ cell state ออกไปและเตรียมพื้นที่รับ ข้อมูลใหม่ โดยมี Forget gate เป็นตัวตัดสินใจ ถ้า Forget gate ให้ค่าเป็น 0 ก็ลบ cell state ออกไป แต่ถ้า Forget gate ให้ค่าเป็น 1 ก็จะยังเก็บ cell state เดิมต่อไป ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการ ตัดสินใจนั้นมาจาก input data ที่เข้ามาใหม่ ประกอบกับ hidden state ก่อนหน้า โดยจะใช้ sigmoid function เป็นตัวตัดสิน

2.7.3.2 Input gate

เป็นตัวที่ตัดสินว่าจะอนุญาตให้อัพเดท cell state หรือ ไม่เมื่อมี input data ใหม่เข้ามา การคำนวณนี้ใช้ค่า input data ที่เข้ามา กับ hidden state ก่อนหน้านั้น

2.7.3.3 Input modulation gate

เป็นตัวที่ตัดสินใจว่าถ้ามีการอัพเดท cell state จะอัพเดท ด้วยค่าอะไร ซึ่งการอัพเดท cell state คือการนำข้อมูลจาก Forget Gate, Input Gate และ Input modulation Gate มารวมเข้าด้วยกัน ดังนี้

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t \qquad (2.8)$$

กำหนดให้

c_t คือ ค่าของ cell state

f_t คือ ค่าของ forget gate

c_{t-1} คือ ค่าของ cell state ณ เวลาก่อนหน้า

i_t คือ ค่า input gate

g_t คือ ค่าที่จะอัพเดท

เริ่มจากส่วนแรกของสมการ ถ้า f_t เป็น 0 ก็จะไม่เอา c_{t-1} มาพิจารณาในการอัพเดท cell state ถ้า f_t เป็น 1 จะยังคงค่า c_{t-1} เอาไว้ประกอบการพิจารณาการ อัพเดท ส่วนหลังของสมการ ส่วนนี้จะเป็นส่วนของการอัพเดท cell state จากข้อมูลใหม่ ซึ่งตอนนี้ มีค่าที่จะอัพเดทจาก g_t แล้ว และจะใช้ i_t มาเป็นตัวตัดสินในการอัพเดท ถ้าเป็น 1 ก็อัพเดทได้เลย แต่ถ้าเป็น 0 ก็จะไม่มีการอัพเดท จากค่าทั้งหมดทำให้ได้ค่า c_t ตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.4 Output gate

สิ่งที่เราต้องผลิตออกไปก็คือ hidden state ณ เวลาที่ t หรือ ht ซึ่งเมื่อตอนที่เวลา t+1 ตัว LSTM จะเอาค่า ht นี้ไปคำนวณด้วย ซึ่งการส่งค่า ht ออกไปนั้น จะมีตัว Output Gateเป็นตัวตัดสินใจ และจะนำค่า output ไปเป็นค่า ht (Input) สำหรับ sequence ถัดไป จะเห็นได้ว่า LSTM จะเหมาะกับข้อมูลที่เข้ามาเป็นลำดับและสามารถนำข้อมูลเก่ามาคำนวณ ซึ่งอาจจะมีผลต่อในอนาคตได้ โมเดลนี้จึงเหมาะที่จะนำมาทำนายคุณภาพอากาศใน อนาคตเนื่อง จากข้อมูลที่เข้ามาเป็นข้อมูลที่เป็นลำดับและมีความต่อเนื่อง

2.7.4 TensorFlow

เป็นเฟรมเวิร์คที่ใช้ในการพัฒนาโมเดล Machine Learning เพราะ เป็นหนึ่งในเฟรมเวิร์คที่นิยมมากในการพัฒนาโมเดล Machine Learning เนื่องจากมีประสิทธิภาพ ในเรื่องของความเร็วในการคำนวณอย่างเหมาะสมเมื่อเทียบกับความยากในการเขียน และ TensorFlow ถูกพัฒนาโดยบริษัท Googleทำให้มีการอัพเดทเรื่องของประสิทธิภาพของเฟรมเวิร์คนี้ อย่างสม่ำเสมอ

2.8 กฎหมายหรือกฎข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานทางเทคนิคของโทรคมนาคมและอุปกรณ์ กสทช. มท. 1033 – 2560 เกี่ยวกับ เครื่องวิทยุคมนาคม ที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้ย่านความถี่ 920 – 925 MHz อนุญาตให้ใช้ย่านความถี่ 920 – 925 MHz ตามมาตรฐาน AS923 (APAC Cluster) โดยใช้ Transceiver module ของ Semtech SX1276-1279 และ Semtech SX1272-1273 โดยใช้Frequency plan เป็น LoRa Regional Parameters v. 1.0.2 ระยะการส่ง 7-15 กิโลเมตร แอพพลิเคชั่นที่สามารถใช้ได้ ได้แก่

- Automated Meter Reading
- Building Automation
- Wireless Alarm and Security Systems
- Industrial Monitoring and control
- Long range precision farming

ตาราง 2.8 มาตรฐาน AS923-925

Channel	Frequency	Channel	Frequency
1	923.2	9	920.4
2	923.4	10	920.6
3	922.0	11	920.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	922.2	12	921.0
5	922.4	13	921.2
6	922.6	14	921.4
7	922.8	15	921.6
8	923.0	16	921.8

ตาราง 2.9 Data Rate

Spreading Factor (at 125 kHz)	Bitrate	Range	Time on Air (ms)
SF7	5470 bps.	2 km.	56 ms.
SF8	3125 bps.	4 km.	100 ms.
SF9	1760 bps.	6 km.	200 ms.
SF10	980 bps.	8 km.	370 ms.
SF11	440 bps.	11 km.	740 ms.
SF12	290 bps.	14 km.	1400 ms.

ตาราง 2.10 AS923 Maximum payload size

Data Rate	Uplink MAC Payload Size (M)		Downlink MAC Payload Size (M)	
	Uplink DwellTime = 0	Uplink DwellTime = 1	Downlink DwellTime = 0	Downlink DwellTime = 1
0	59	N/A	59	N/A
1	59	N/A	59	N/A
2	59	19	59	19
3	123	61	123	61
4	230	133	230	133
5	230	250	230	250
6	230	250	230	250
7	230	250	230	250
8:15	RFU		RFU	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.11 Duty Cycle ที่สามารถใช้งานได้

กำลังส่งสูงสุด (Maximum power)	ร้อยละของเวลาครอบครองคลื่นความถี่ (Percentage of cumulative duration of transmission)
น้อยกว่า 50 mW	1
มากกว่า 50 mW แต่ไม่เกิน 4 W	10

โดยโครงงานนี้ใช้ค่า Duty cycle = 30 วินาที

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 Sensing platform development for air quality measurements and analysis

งานวิจัยชิ้นนี้ทำเกี่ยวกับแพลตฟอร์มตรวจวัดคุณภาพอากาศที่สามารถใช้สำหรับการตรวจจับก๊าซต่างๆ ที่เป็นมลพิษทางอากาศ ซึ่งจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือการใช้แพลตฟอร์ม นี้ตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบreal time

ส่วนประกอบหลักของแพลตฟอร์มนี้คือ Arduino Board (Arduino Uno) และAir Dust Sensor Shinyei PPD42

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาและใช้แพลตฟอร์มตรวจจับในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้วัดคุณภาพอากาศและสามารถให้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ได้ และแพลตฟอร์มนี้จะสามารถแจ้งพลเมืองเกี่ยวกับคุณภาพอากาศได้เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับสารที่มีผลต่อคุณภาพอากาศและเพื่อระบุปัญหาที่แท้จริง สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์ SHINEY PPD42 ซึ่งใช้วัดฝุ่นละอองที่ มีขนาด 10 ไมครอน (PM10)

องค์ประกอบของแพลตฟอร์มนี้ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

2.9.1.1 Arduino Board (Arduino Uno)

- สำหรับการเชื่อมต่อเซนเซอร์เพื่อคำนวณคุณภาพอากาศ
- สำหรับเชื่อมต่อจอแสดงผล
- สำหรับการเชื่อมต่อตัวบ่งบอกระดับของคุณภาพอากาศ

2.9.1.2 Air Dust Sensor SHINYEI PPD42

- Sensor ที่ใช้วัดมลพิษทางอากาศ

2.9.1.3 Breadboard

- อุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์กับจอ LCD (Liquid Crystal Display)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.4 16×2 LCD

- แสดงผลที่ได้รับมาจากเซนเซอร์

2.9.1.5 LED lights

- ใช้เป็นตัวบ่งบอกระดับคุณภาพอากาศ

ส่วนของการวิเคราะห์คุณภาพอากาศ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมหนึ่งชื่อ "Algorithm for index calculation" จุดมุ่งหมายของอัลกอริทึมนี้คือการคำนวณคุณภาพอากาศ ตามค่ามาตรฐาน AQI และเพื่อแสดงผลในรูปแบบพื้นฐานใน LCD

แพลตฟอร์มการตรวจวัดคุณภาพอากาศนี้สามารถนำมาเป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อสาธารณะได้เนื่องจากสามารถควบคุมมลพิษได้และมีส่วนร่วมในการลดมลพิษทางอากาศ แต่งานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลได้เฉพาะแบบ real time ยังไม่สามารถทำนายคุณภาพอากาศล่วงหน้าได้

2.9.2 Long-Term Performance Studies of a LoRaWAN Based PM2.5 Application on Campus

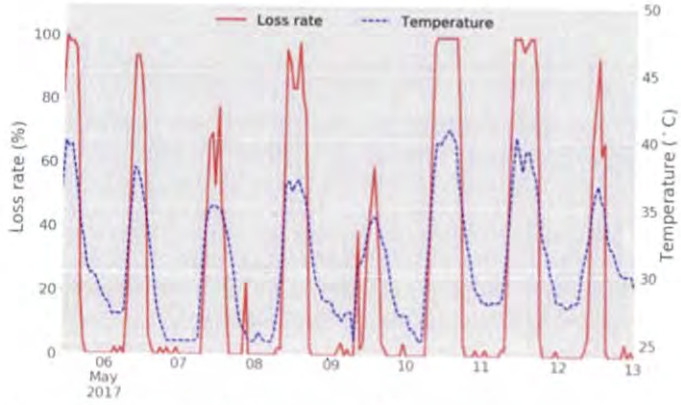
จากงานวิจัยนี้ได้มีการใช้เทคโนโลยี LoRaWAN ในการพัฒนาระบบ Internet-of-Things (IoT) สำหรับการใช้งาน IoT smart campus ใน National Chiao Tung University (NCTU) ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ PM2.5 ในระยะยาว โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 21 ตัว ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2017 โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ชั้นดาดฟ้าของอาคารหรือบนเสาโคมตั้งแต่นั้นมา โดยมีการส่งข้อมูลไปที่เกตเวย์ ทุกๆ 72 วินาที โดยถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลโดยใช้ข้อมูล SNR / RSSI เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของอัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตในระยะยาวของ LoRaWANในวิทยาเขต

โดยใช้แบนด์วิดธ์ 250 MHz และ SF ที่ 10 โดยมีการตั้งค่าขนาดแพคเกตที่ต่างกัน โดยสังเกตได้ว่าช่วงการสื่อสารสูงสุดสามารถใช้ได้มากว่า 15 กิโลเมตรบนพื้นดิน และใกล้กับน้ำ 30 กิโลเมตร โดยหากมีการเชื่อมต่อโมดูล LoRa กับ Sensor ต่างๆ กับ Arduino หรือ Rasberry Pi อาจทำให้การสูญเสียแพคเกต LoRaWan รายชั่วโมงเพิ่มขึ้น

การทำงานกลางแจ้งของ LoRaWAN แต่ละโมดูลในโหมดการทำงาน Class A แถบความถี่ 915 MHz ค่ากระจายค่าสัมประสิทธิ์ (SF) 9 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการทดลองแล้วให้ผลที่ดีที่สุด

มีอุปสรรคการทดลอง คือ อัตราการสูญเสียแพคเกตที่ผิดปกติ ในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน การค้นพบนี้ทำให้ทราบว่าข้อมูลช่วงแรกนั้นจะเกิดความผิดพลาดของการสูญเสียแพคเกตที่มาก ทำให้ไม่ควรใช้ข้อมูลที่ได้ในช่วงแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.30 กราฟแสดงจำนวนการสูญเสียแพคเกตรายวัน [31]

จากรูป 2.30 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการสูญเสียแพคเกตก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้น ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ในที่กลางแจ้งหรือหรือสถานที่ที่อุณหภูมิสูงมาก

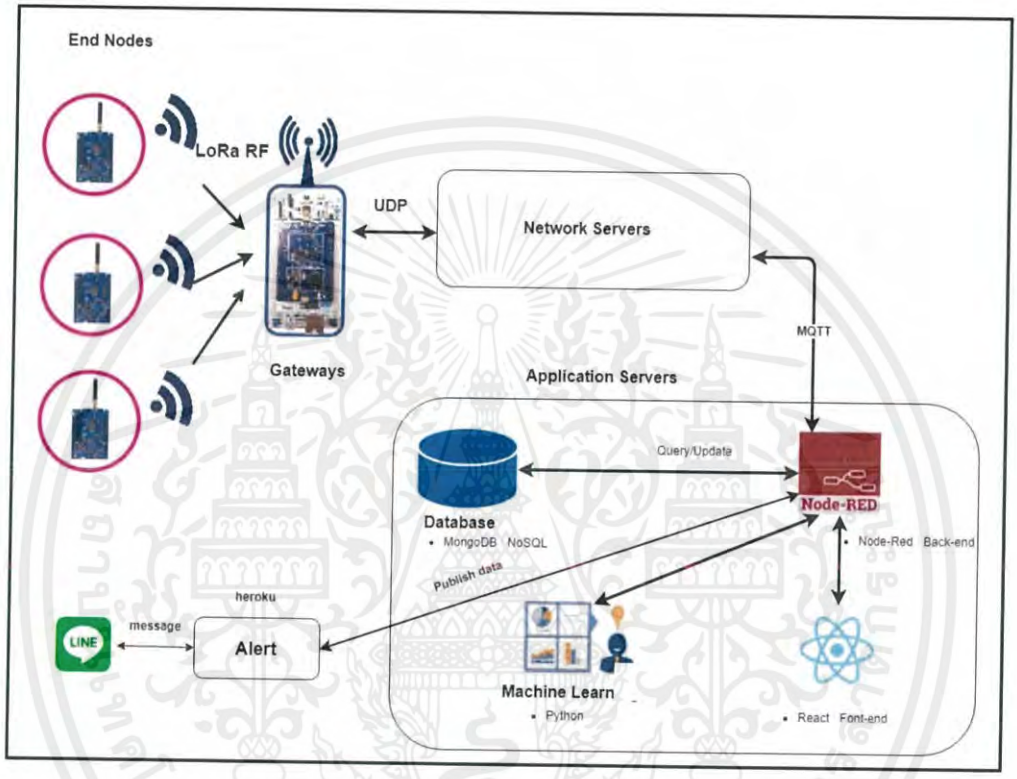
จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่า ในช่วงแรกของการรับส่งข้อมูล ข้อมูลในช่วงแรกสามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากมีปริมาณการสูญเสียแพคเกตที่มาก ทำให้ข้อมูลที่ได้ในช่วงแรกอาจมีความผิดพลาดสูง และไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ในที่กลางแจ้งที่อุณหภูมิสูงมาก อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลสูงสุดได้มากกว่า 15 กิโลเมตร

[31] https://ieeexplore.ieee.org/document/8417489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนา

3.1 โครงสร้างของระบบ



รูป 3.1 System Diagram

จากรูป System Diagram เป็นการส่งข้อมูลจาก End Nodes ไปยัง Gateways โดยผ่าน LoRa RF จากนั้น Gateways จะทำการส่งต่อไปยัง Network Servers ซึ่ง Network Servers จะทำการ publish ข้อมูลไปยัง Mosquitto จากนั้น Node-RED จะทำการ Subscribe และนำข้อมูลไปเก็บลง Database เพื่อที่จะเก็บข้อมูลสำหรับแสดงผลบน Web Application และนำข้อมูลวิเคราะห์ต่อไป และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จ มีการนำข้อมูลที่วิเคราะห์เก็บลงDatabase และเมื่อคุณภาพอากาศมีค่าเกินกำหนดจะมีการแจ้งเตือนผ่านไปยัง LINE Application ให้กับ user ที่ทำการกด subcribe พื้นที่ดังกล่าวไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 Specification

3.1.1.1 การรับ-ส่งข้อมูล

1. ทำการรับค่าข้อมูลอุณหภูมิ,ความดัน,ความกดอากาศ,ก๊าซโอโซน (O_3) , ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) จาก sensor ส่งต่อไปยังGatewayด้วยสัญญาณวิทยุ

2. Gateway ทำการส่งต่อข้อมูลไปยังNetwork Server ด้วยprotocol IP

3. Network Server จะทำการหาpacketที่ซ้ำกัน และทำกันเลือกเพียง 1ตัว เพื่อส่งต่อไปยัง Application Serverเพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในส่วนอื่นๆ

3.1.1.2 การจัดการข้อมูล

1. สามารถเก็บค่าของเซนเซอร์แต่ละตัว, DeviceID, วัน/เวลา, สถานที่ของGateway,battery ลงในฐานข้อมูลได้

2. สามารถรับส่งข้อมูลระหว่าง react และ Node-RED ผ่านทางMQTT และRest APIได้

3.1.1.3 การติดต่อผู้ใช้งาน

1. พัฒนา Web Application บนแพลตฟอร์มของReact

2. ผู้ที่สนใจสามารถดู Dashboard ที่มีข้อมูลคุณภาพอากาศแบบ real-tine,ย้อนหลัง หรือการทำนายคุณภาพอากาศได้

3. สามารถเลือกพื้นที่ที่ต้องการจะดูข้อมูลคุณภาพอากาศได้

4. OrganizeAdminและSystemAdminสามารถเพิ่ม/ลบDeviceได้

5. OrganizeAdminและSystemAdminสามารถเพิ่ม/ลบGateway

6. OrganizeAdminและSystemAdminของระบบสามารถเพิ่ม/ลบ OrganizeUserได้

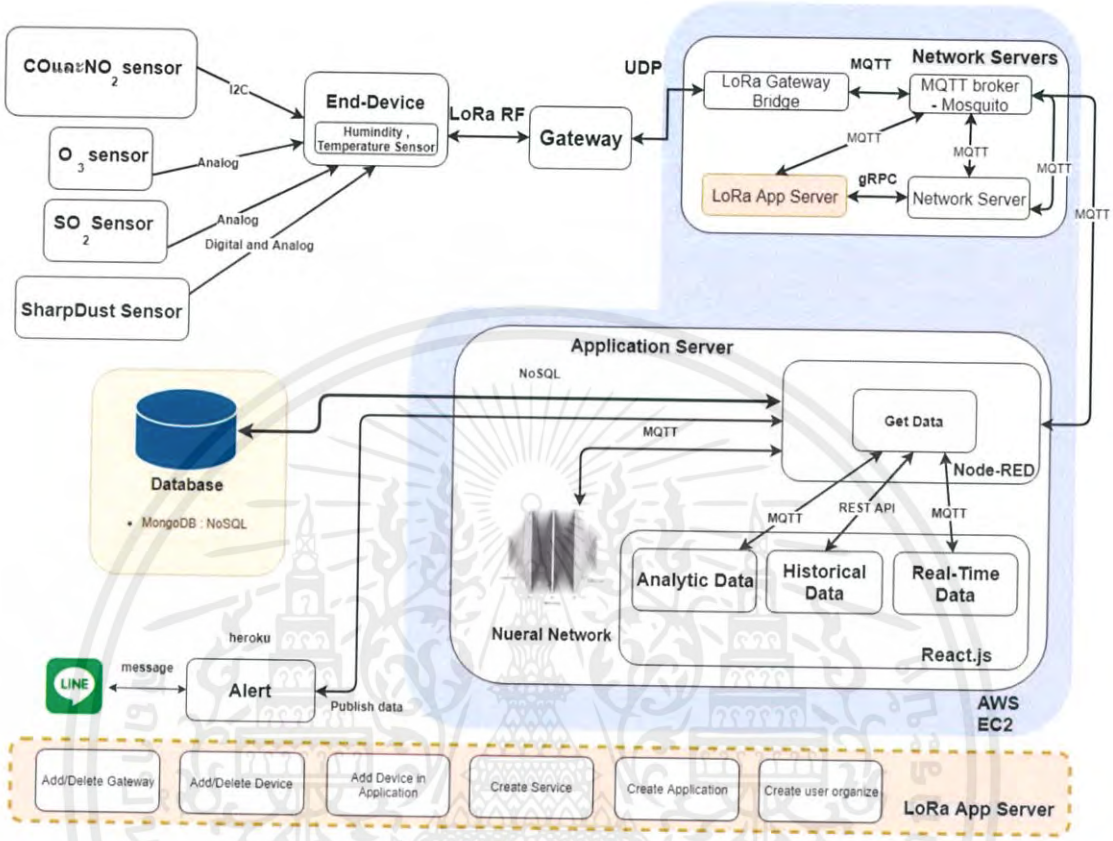
3.1.1.4 การประมวลผลและแสดงผล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากเซนเซอร์แต่ละตัวไปเข้า model Machine Learning ซึ่งเราใช้เป็น Neural Network เพื่อที่จะทำการทำนายคุณภาพอากาศล่วงหน้า

2. ในส่วนของแสดงผลหน้า Dashboard มีข้อมูลของค่าเซนเซอร์แต่ละตัวมาแสดงผลทั้งในรูปแบบของข้อมูลreal time,ข้อมูลย้อนหลัง และ ข้อมูลคุณภาพอากาศแบบล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

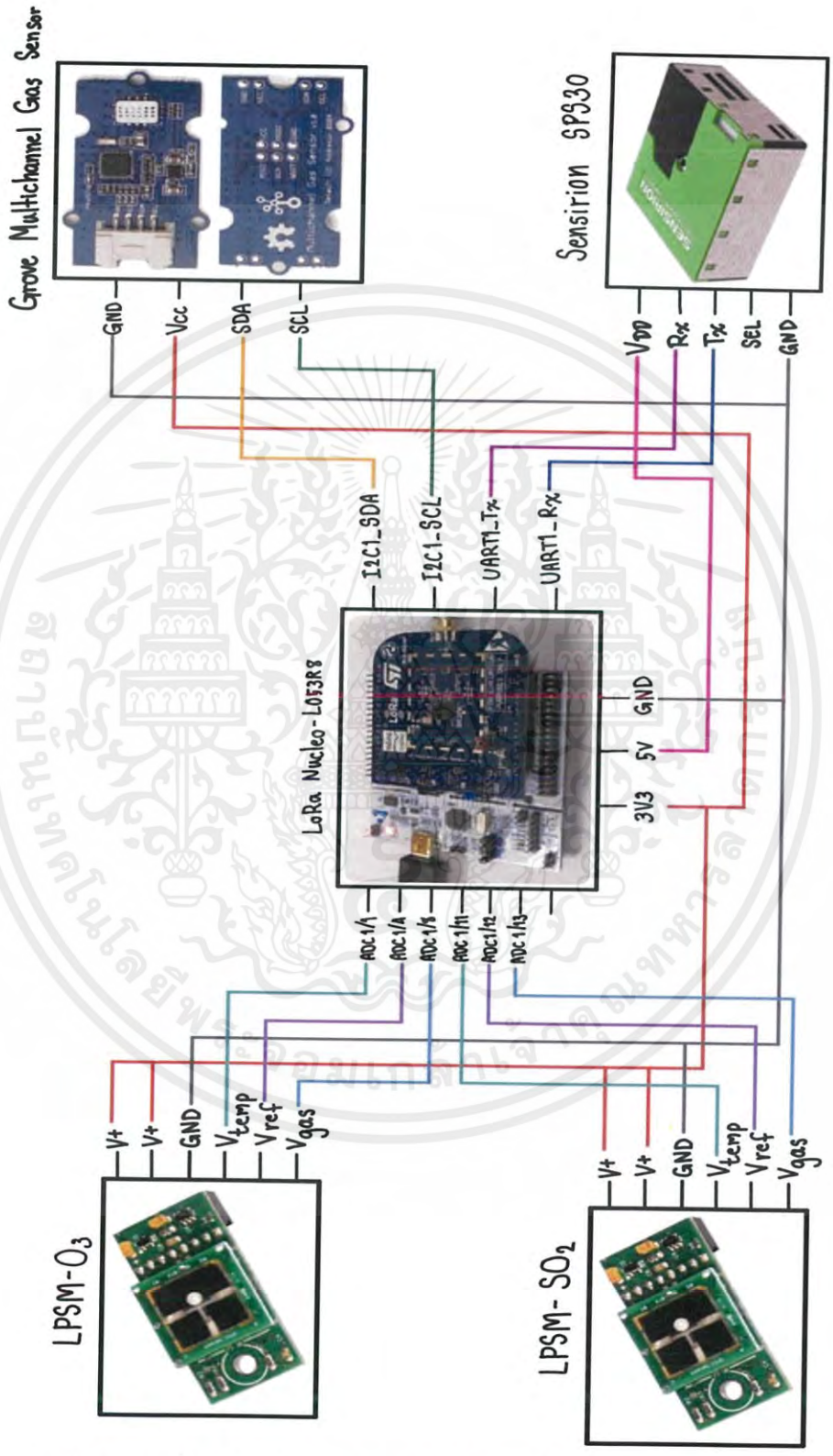
3.2 Architecture Diagram



รูป 3.2 Architectureของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

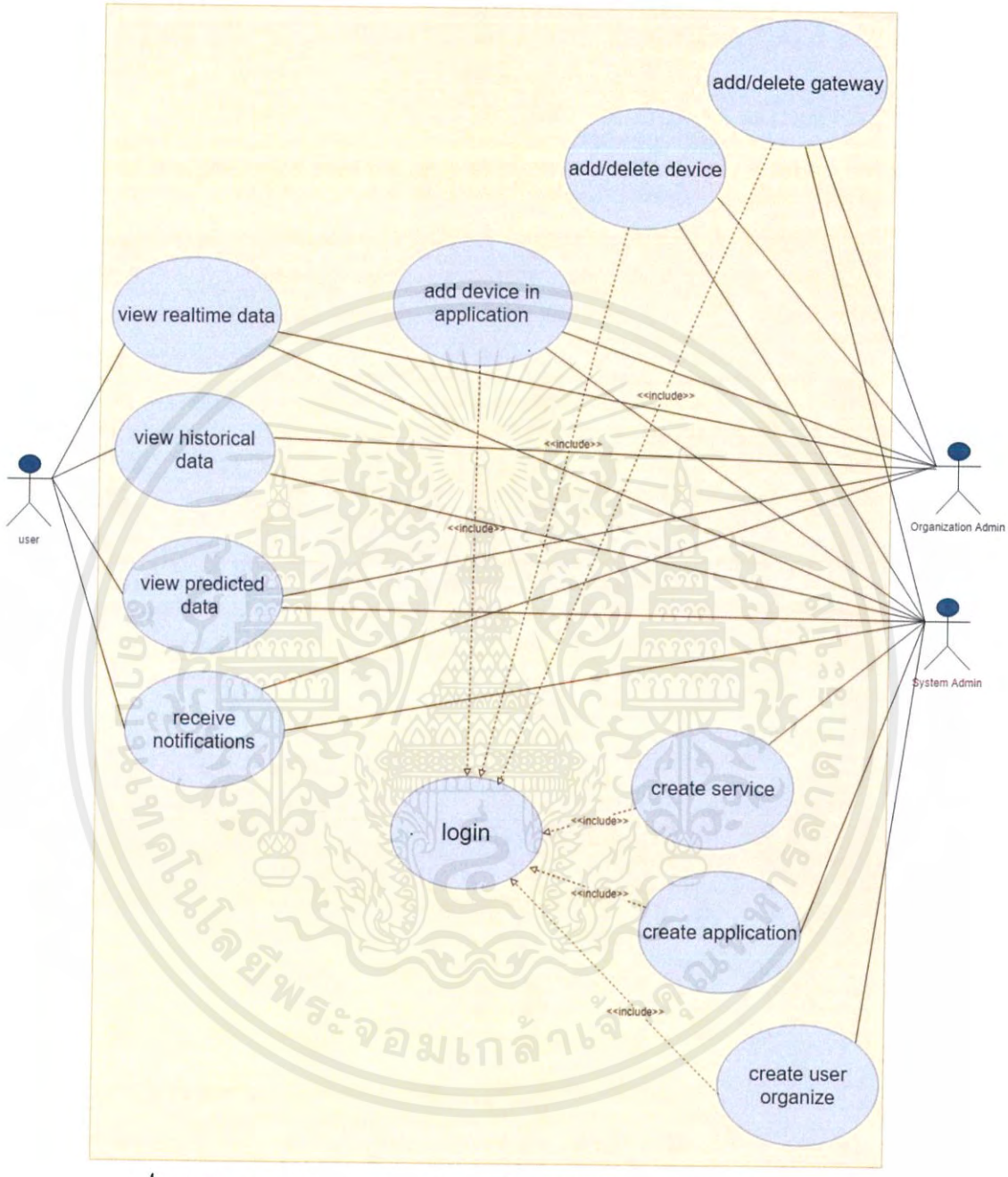
3.3 Wiring Diagram



รูป 3.3 การเชื่อมต่อขาต่างๆของเซนเซอร์กับบอร์ด Nucleo-L053R8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 Use case Diagram



รูป 3.4 Use case Diagram ของ user, OrganizeUser และ SystemAdmin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 Use case เข้าสู่ระบบ

ID	UC1
Use case name	เข้าสู่ระบบ
Description	เข้าสู่ระบบได้
Actor(s)	OrganizeAdmin, SystemAdmin
Pre-conditions	เปิด Web Application
Post-conditions	เข้าสู่ระบบได้สำเร็จ
Main success scenario	1.คลิกปุ่ม Login 2.กรอก username และ password 3.กดปุ่ม Submit

ตาราง 3.2 Use case ดูข้อมูลแบบ Real time

ID	UC2
Use case name	ดูข้อมูลแบบ real time
Description	สามารถดูข้อมูลปัจจุบันได้
Actor(s)	All user
Pre-conditions	-
Post-conditions	ดูข้อมูลได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเป็น User** 1.เข้าWeb Application 2.กดเลือกเมนู Dashboard

ตาราง 3.3 Use case ดูข้อมูล Analytic

ID	UC3
Use case name	ดูข้อมูล Analytic
Description	สามารถดูข้อมูล Analytic ได้
Actor(s)	All user
Pre-conditions	-
Post-conditions	ดูข้อมูลได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเป็น User** 1.เข้าWeb Application 2.กดเลือกเมนู Predicted

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.4 Use case ดูข้อมูลย้อนหลัง

ID	UC4
Use case name	ดูข้อมูลย้อนหลัง
Description	สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้
Actor(s)	All user
Pre-conditions	-
Post-conditions	ดูข้อมูลย้อนหลังได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเป็น User** 1.เข้าWeb Application 2.กดเลือกเมนู Historical data

ตาราง 3.5 Use case เพิ่ม/ลบ Device-profile

ID	UC5
Use case name	เพิ่ม/ลบ Device-profile
Description	สามารถเพิ่ม Device-profile ได้
Actor(s)	Organize Admin, System Admin
Pre-conditions	Organize Admin, System Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	เพิ่ม/ลดDevice ได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเพิ่ม Device** 1.เลือกเมนู Device-profile 2.กด Create 3.กรอกรายละเอียดข้อมูลของ Device 4.กดปุ่ม Create Device-profile **กรณีลบ Device** 1.เลือกเมนู Device-profile 2.กดเลือก Deviceที่ต้องการลบ 3.กดปุ่ม Delete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.6 Use case เพิ่ม/ลบ Gateway

ID	UC6
Use case name	เพิ่ม/ลบ Gateway
Description	สามารถเพิ่ม Gateway ได้
Actor(s)	Organize Admin, System Admin
Pre-conditions	Organize Admin, System Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	เพิ่มGatewayได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเพิ่ม Gateway** 1.เลือกเมนู Gateway 2.กด Create 3.กรอกรายละเอียดข้อมูลของ Gateway 4.กดปุ่ม Create Gateway **กรณีลบ Gateway** 1.เลือกเมนู Gateway 2.กดเลือก Gateway ที่ต้องการลบ 3.กดปุ่ม Delete

ตาราง 3.7 Use case เพิ่ม/ลบ user ใน organization

ID	UC7
Use case name	สร้าง/ลบ user ใน organization
Description	สามารถเพิ่ม user ได้
Actor(s)	Organize Admin, System Admin
Pre-conditions	Organize Admin, System Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	เพิ่ม user ใน organizationสำเร็จ
Main success scenario	**กรณีสร้าง user ในorganization** 1.เลือกเมนูOrg.users 2.กดปุ่มAdd 3. เลือก Create and assign user 3.1 กรอกข้อมูลของuser 3.2 กดปุ่ม create user **กรณีลบ user ในorganization** 1.เลือกเมนู Org.users 2.เลือก user ที่ต้องการลบ 3.กดปุ่ม Delete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.8 Use case สร้าง Service

ID	UC8
Use case name	สร้าง Service
Description	สร้าง Service ได้
Actor(s)	Admin
Pre-conditions	Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	สร้าง service ได้สำเร็จ
Main success scenario	1.เลือกเมนู Service-profiles 2.กดปุ่ม Create 3.กรอข้อมูลให้ครบถ้วน 4.กดปุ่ม Create service-profiles

ตาราง 3.9 Use case สร้าง Application

ID	UC9
Use case name	สร้าง Application
Description	สร้าง Application ได้
Actor(s)	Admin
Pre-conditions	Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	สร้าง user สำหรับ organize ได้สำเร็จ
Main success scenario	1.เลือกเมนูApplications 2.กดปุ่ม Create 3.กรอกข้อมูลให้ครบถ้วน 4.กดปุ่ม Create application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.10 Use case เพิ่มและลบ Device ใน Application

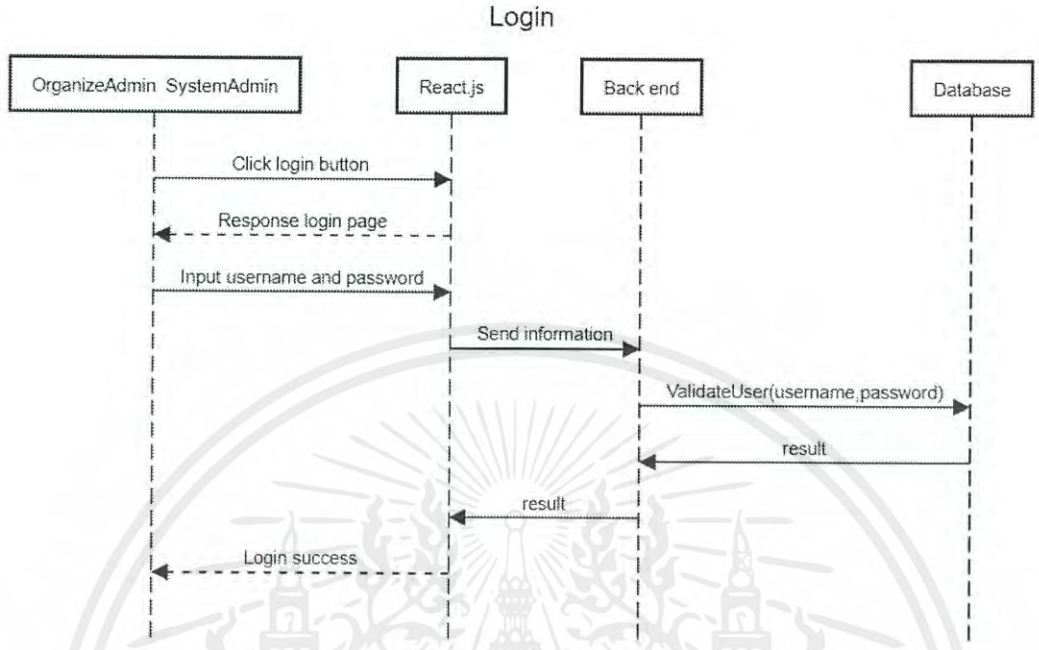
ID	UC10
Use case name	เพิ่ม/ลบ Device ใน Application
Description	เพิ่มและลบ Device ใน Application ได้
Actor(s)	Organize Admin, System Admin
Pre-conditions	Organize Admin, System Admin เข้าสู่ระบบ
Post-conditions	เพิ่ม Device ใน Application ได้สำเร็จ
Main success scenario	**กรณีเพิ่มDevice ใน Application** 1.เลือกเมนูApplications 2.ทำการกดเลือกที่ชื่อApplicationที่ต้องการเพิ่มDevice 3.ทำการกดปุ่มcreate 4.กรอกข้อมูลให้ครบถ้วนและกดปุ่ม Create Device **กรณีลบ Device ใน Application** 1.เลือกเมนู Applications 2.ทำการกดเลือกที่ชื่อ Applicationที่ต้องการลบ Device 3.ทำการกดปุ่ม Delete

ตาราง 3.11 Use case Subscribe และ Unsubscribe การแจ้งเตือน ใน LINE BOT

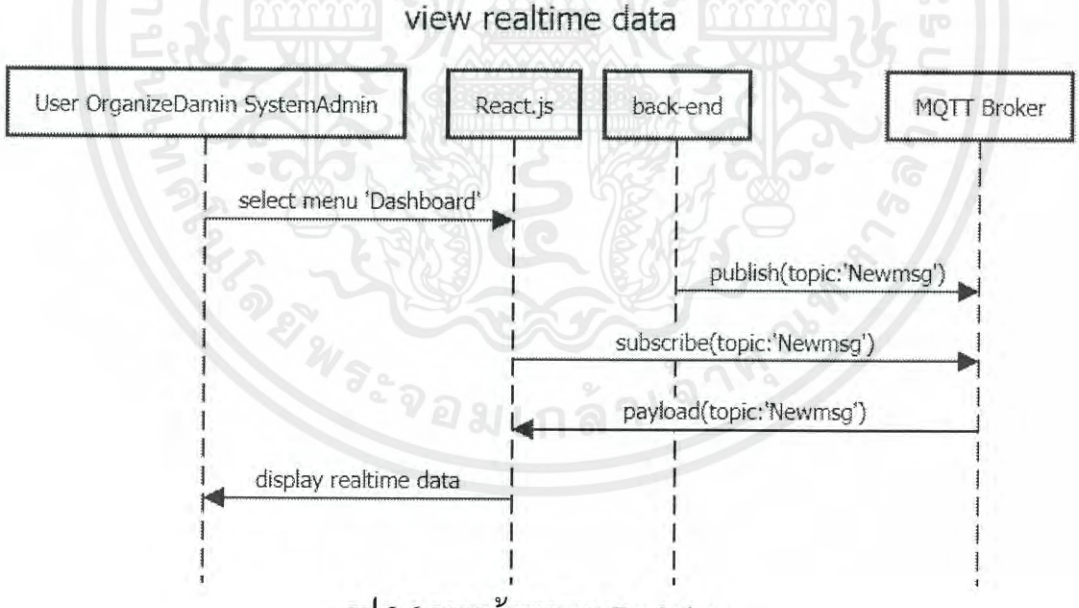
ID	UC10
Use case name	Subscribe, เปลี่ยนระดับ และ Unsubscribe การแจ้งเตือน
Description	Subscribe และ Unsubscribe การแจ้งเตือนได้
Actor(s)	All user
Pre-conditions	Add friend LINE BOT
Post-conditions	Subscribe และ Unsubscribe การแจ้งเตือนสำเร็จ
Main success scenario	**กรณี Subscribe และการเปลี่ยนระดับ การแจ้งเตือน** 1.กดที่ Menu 2.ทำการกดเลือก Subcribe 3.ทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการให้แจ้งเตือน 4.ทำการกดเลือกระดับการแจ้งเตือน **กรณี Unsubscribe การแจ้งเตือน** 1.เลือกเมนู Menu 2.ทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการยกเลิกการแจ้งเตือน 3.กดปุ่ม Unsubscribe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Sequence Diagram

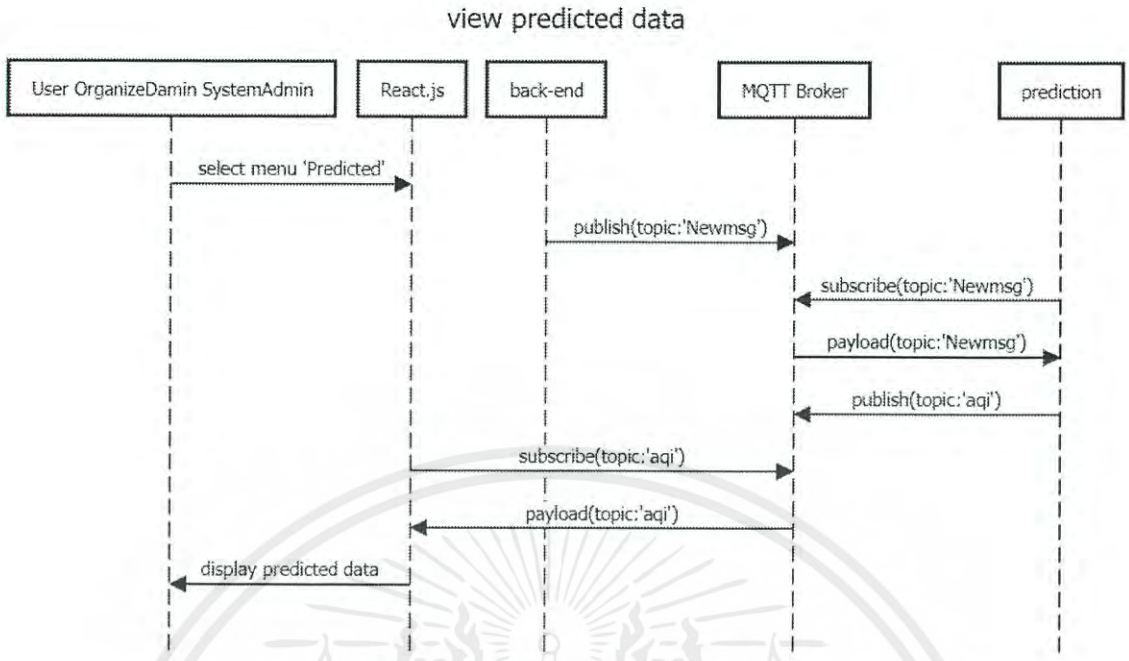


รูป 3.5 การเข้าสู่ระบบ

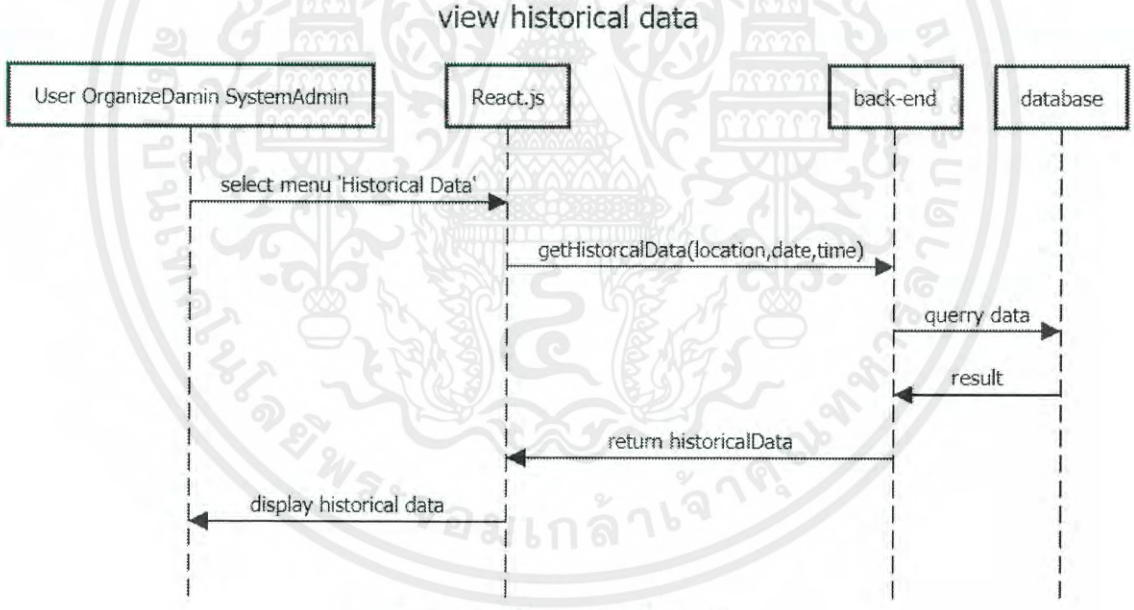


รูป 3.6 การดูข้อมูลแบบReal-time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

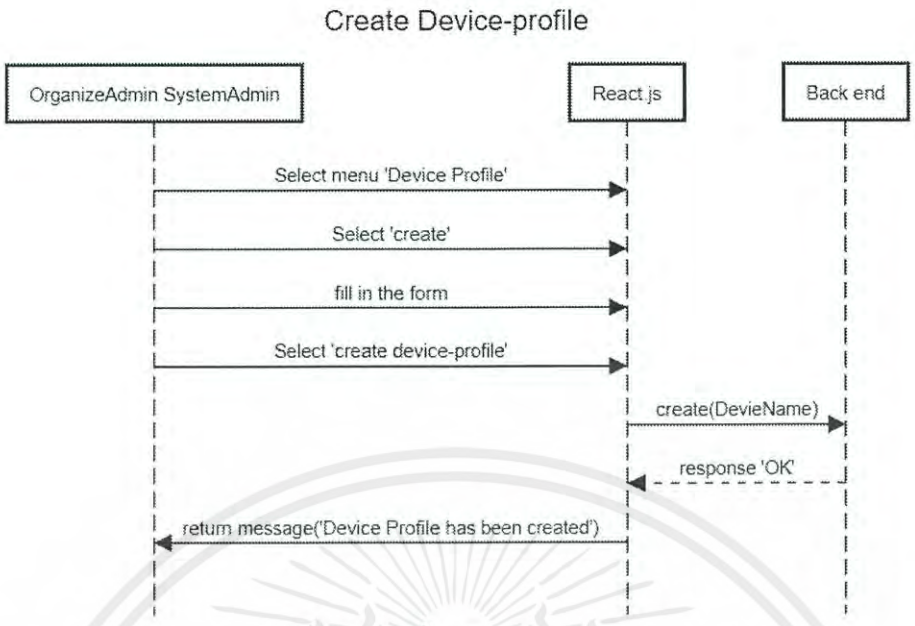


รูป 3.7 การดูข้อมูลแบบAnalytic

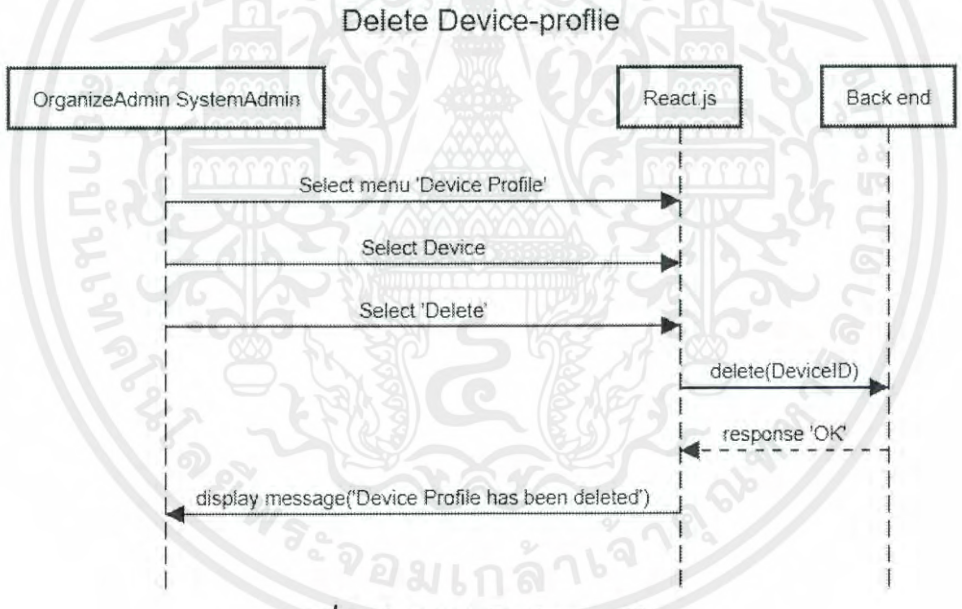


รูป 3.8 การดูข้อมูลแบบย้อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

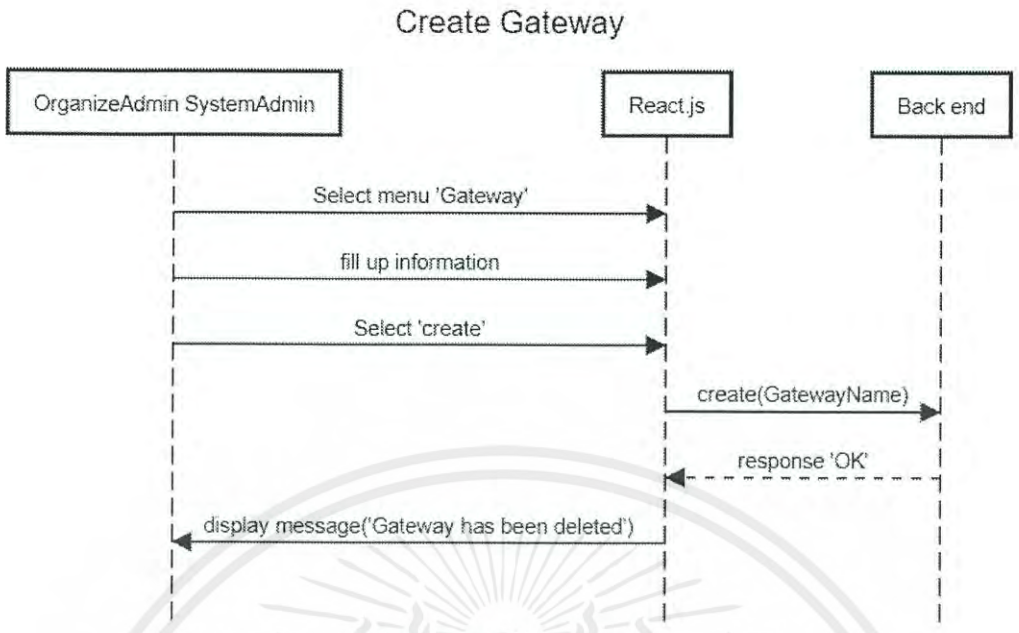


รูป 3.9การสร้าง Device-profile

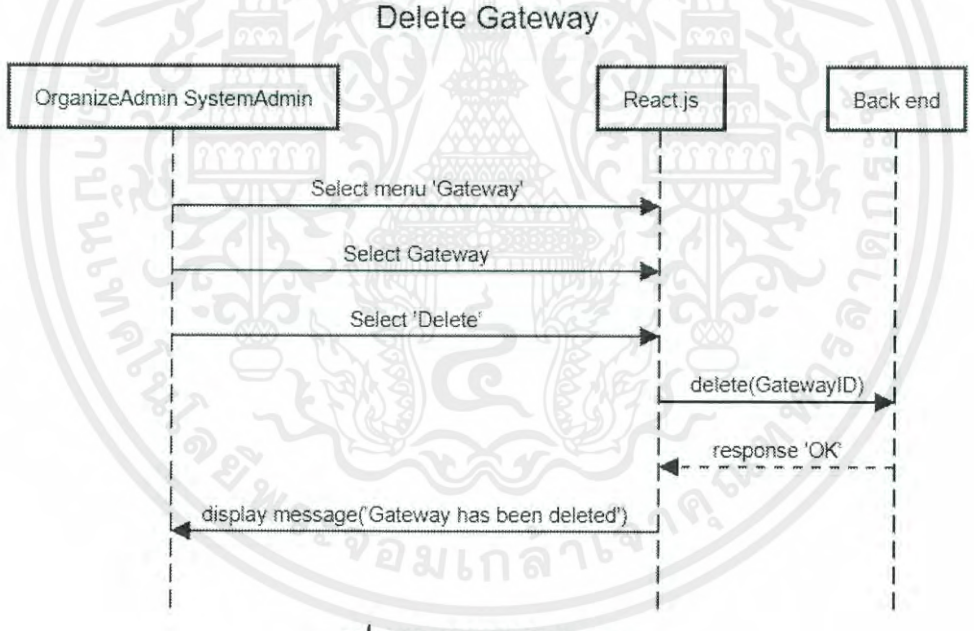


รูป 3.10 การลบ Device-profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

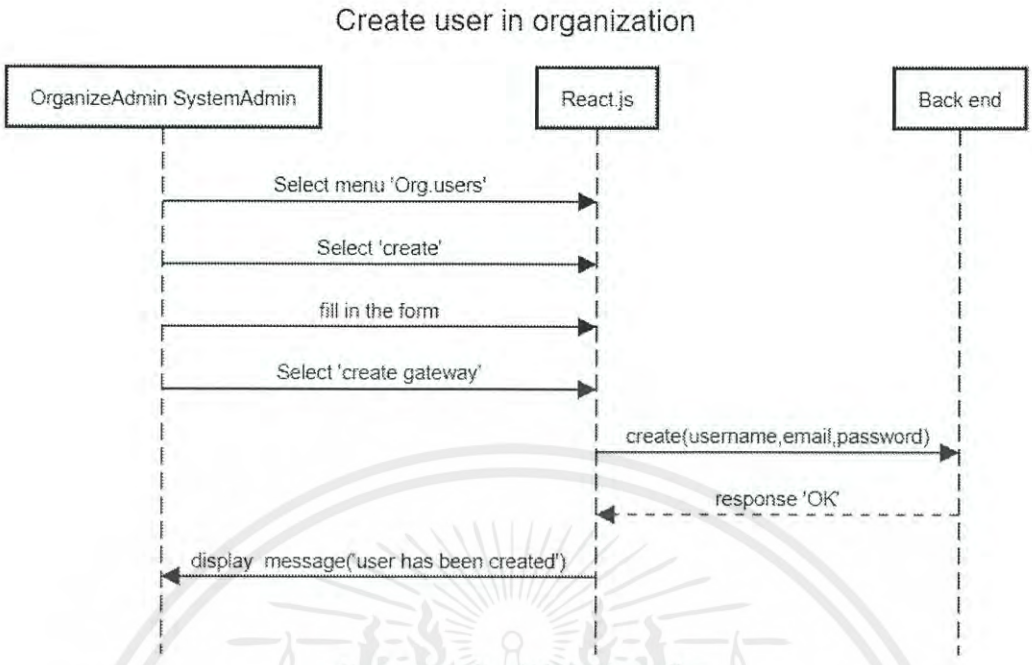


รูป 3.11 การสร้าง Gateway

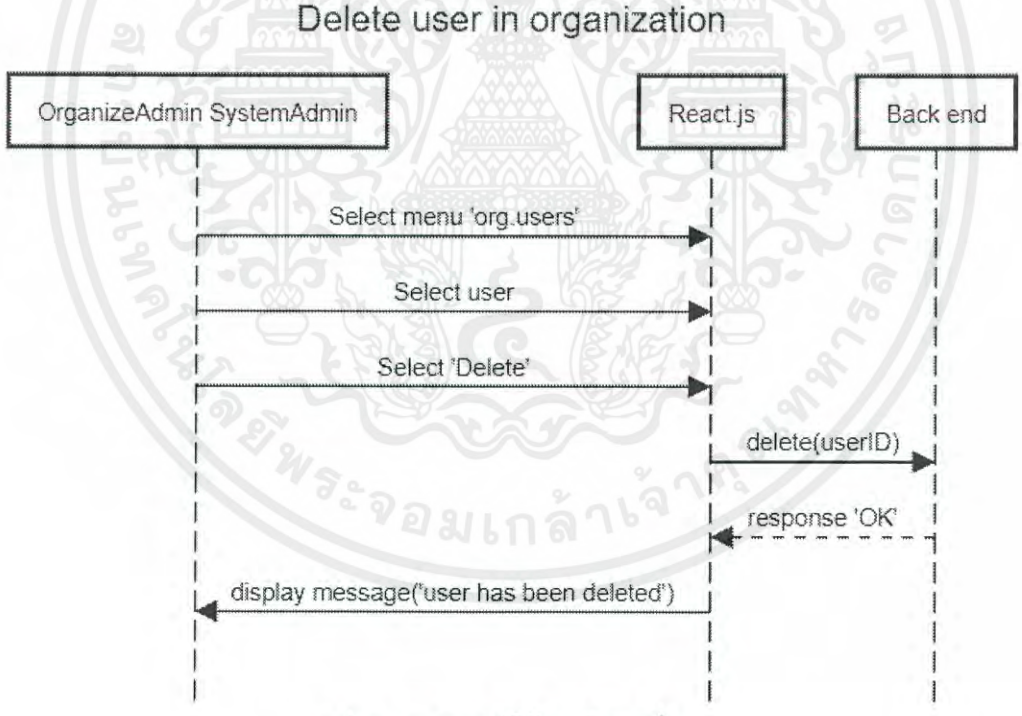


รูป 3.12 การลบ Gateway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

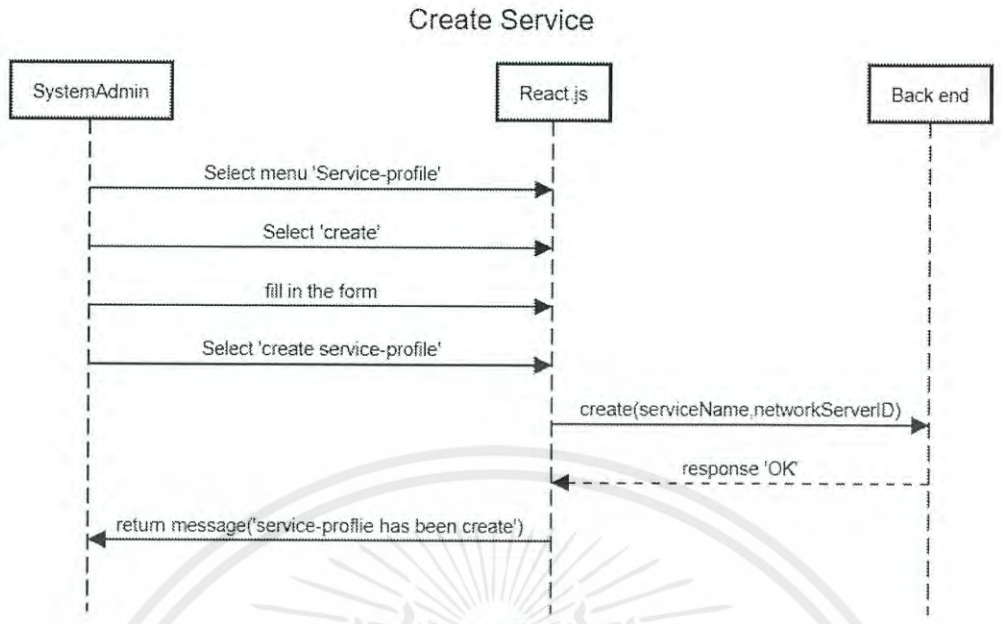


รูป 3.13 การสร้างผู้ใช้งานในองค์กร

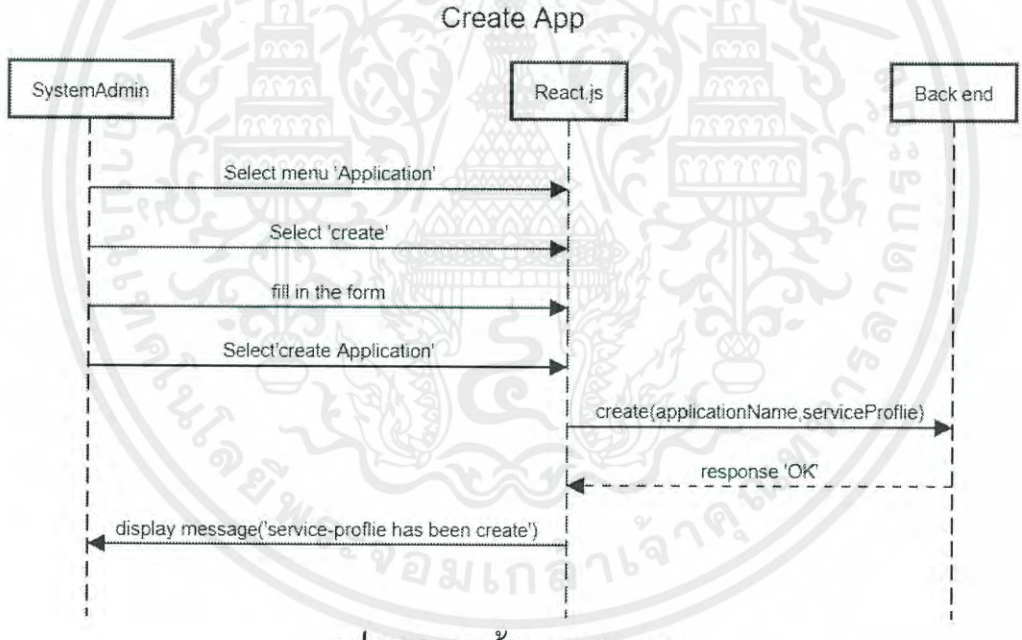


รูป 3.14 การลบผู้ใช้งานในองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

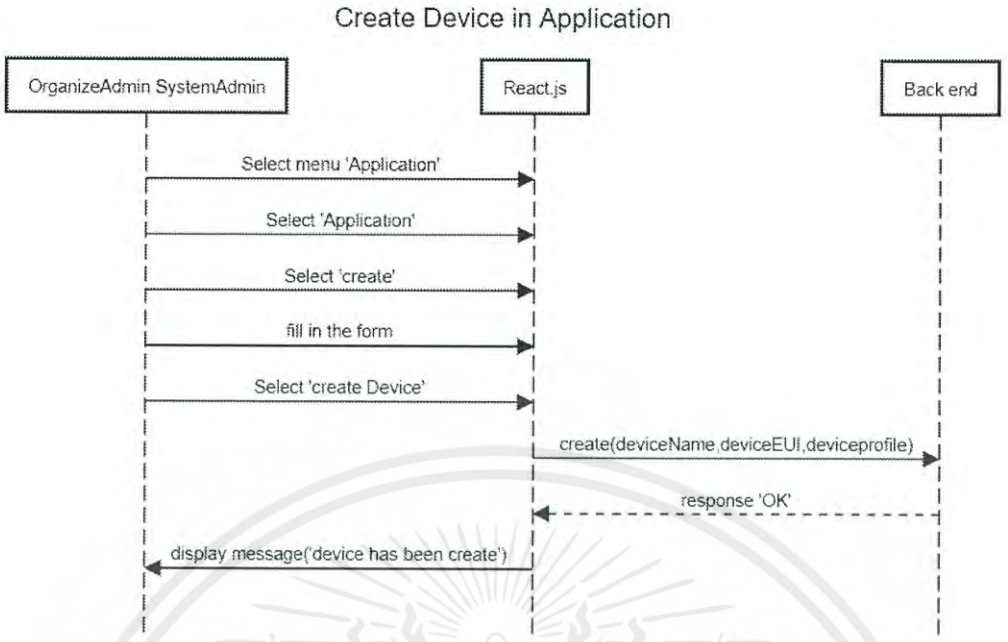


รูป 3.15 การสร้างService

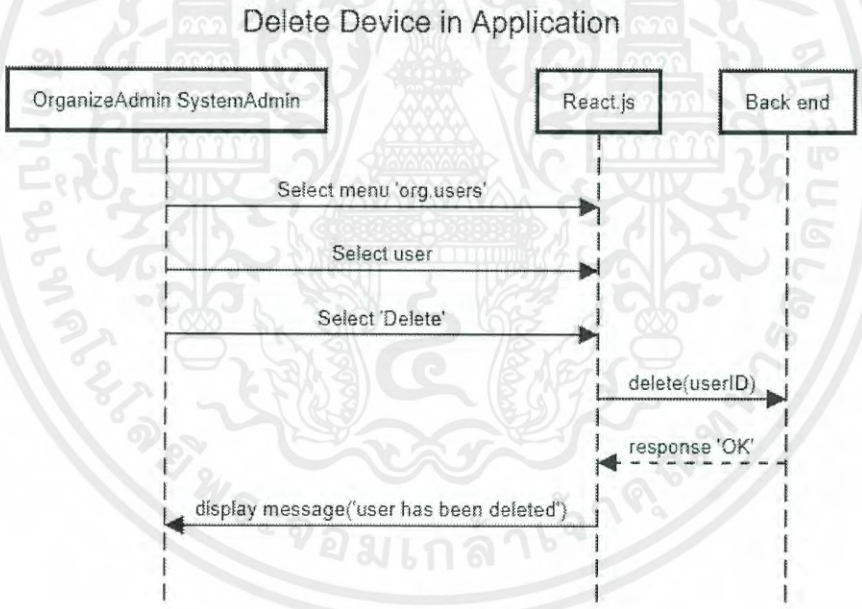


รูป 3.16 การสร้าง Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

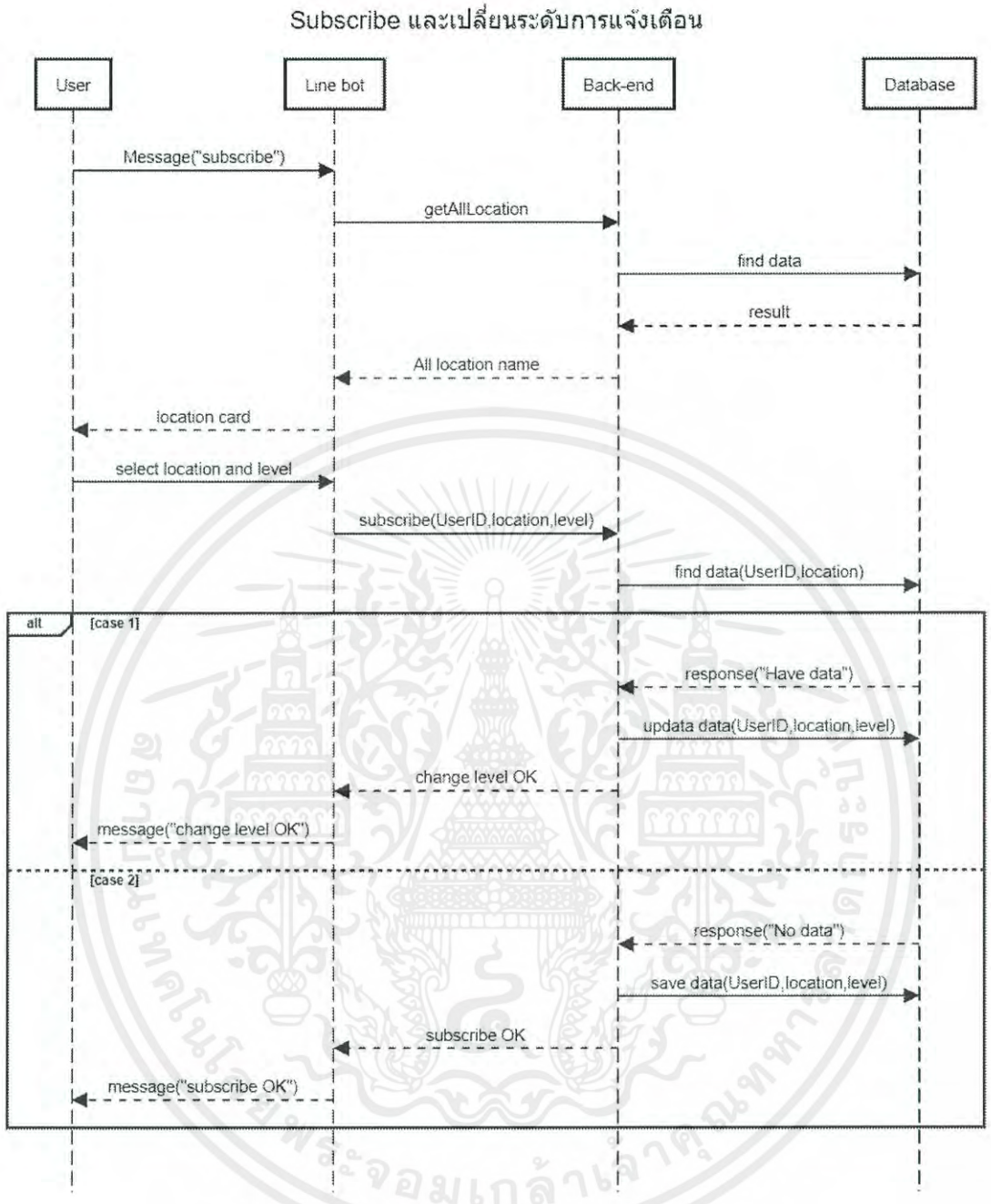


รูป 3.17 การสร้างDeviceในApplication



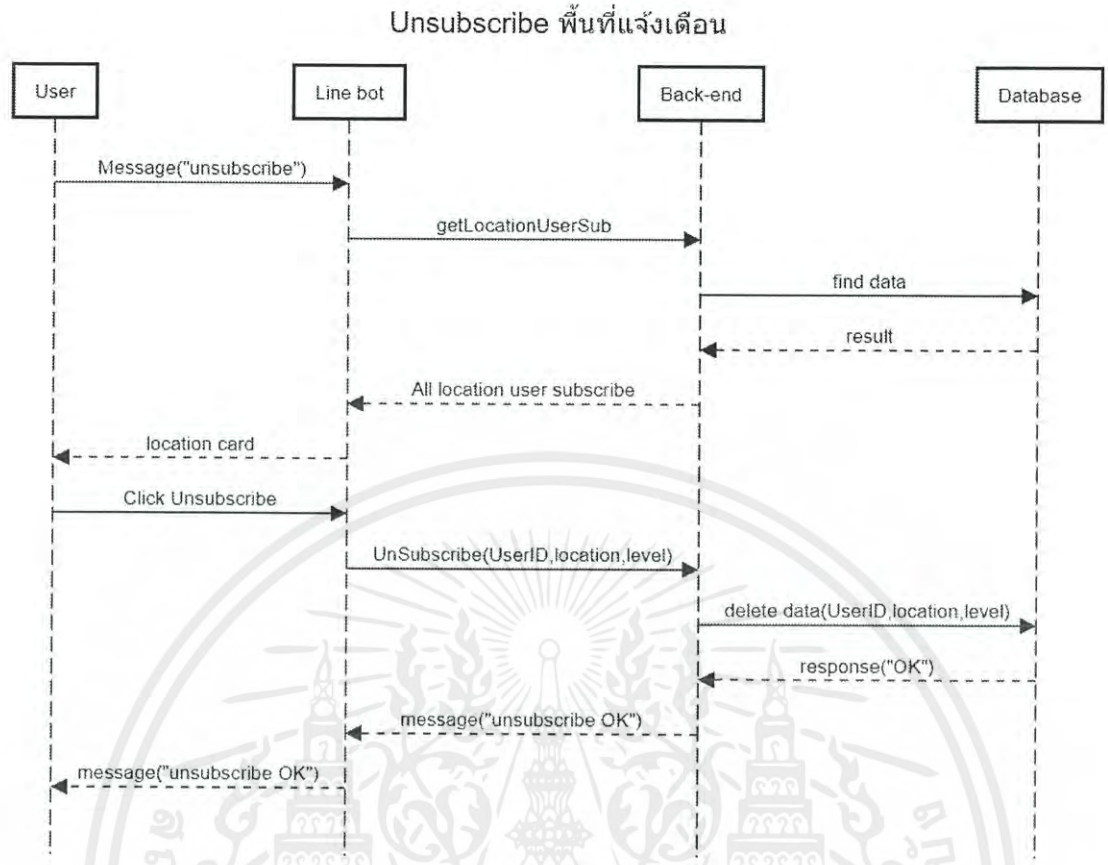
รูป 3.18 การลบDeviceในApplication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

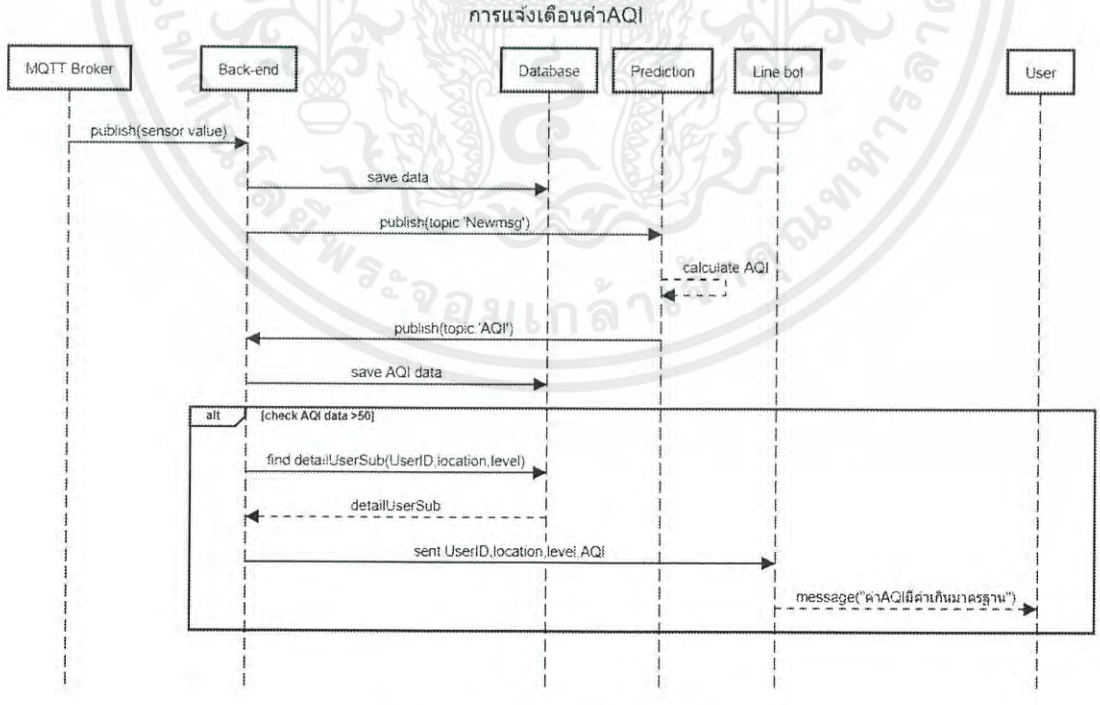


รูป 3.19 Subscribe และเปลี่ยนระดับการแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



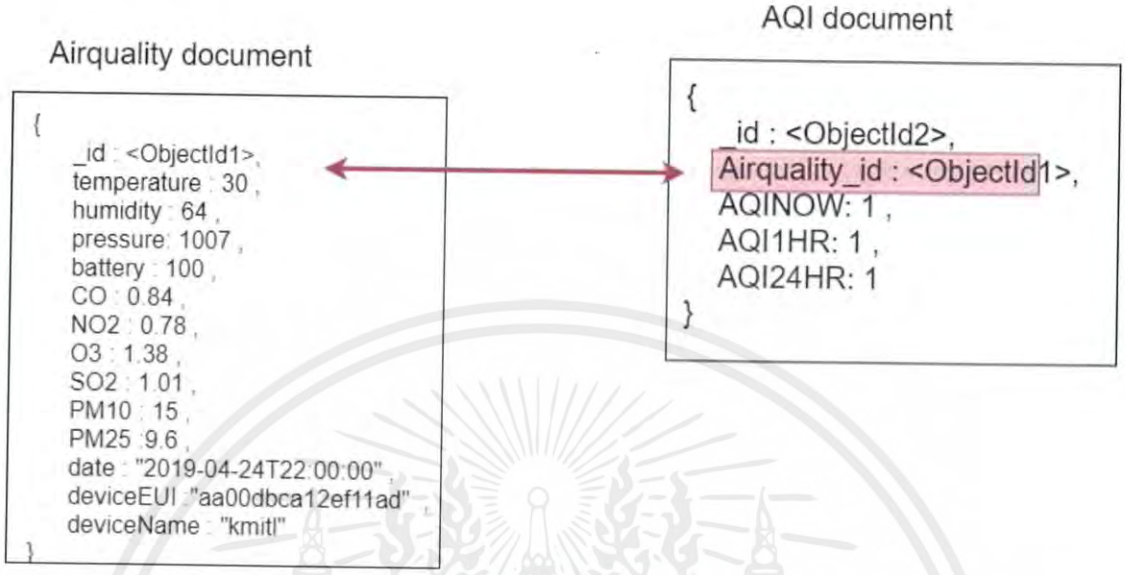
รูป 3.20 Unsubscribe พื้นที่การแจ้งเตือน



รูป 3.21 การแจ้งเตือนค่า AQI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Embedded Data Models



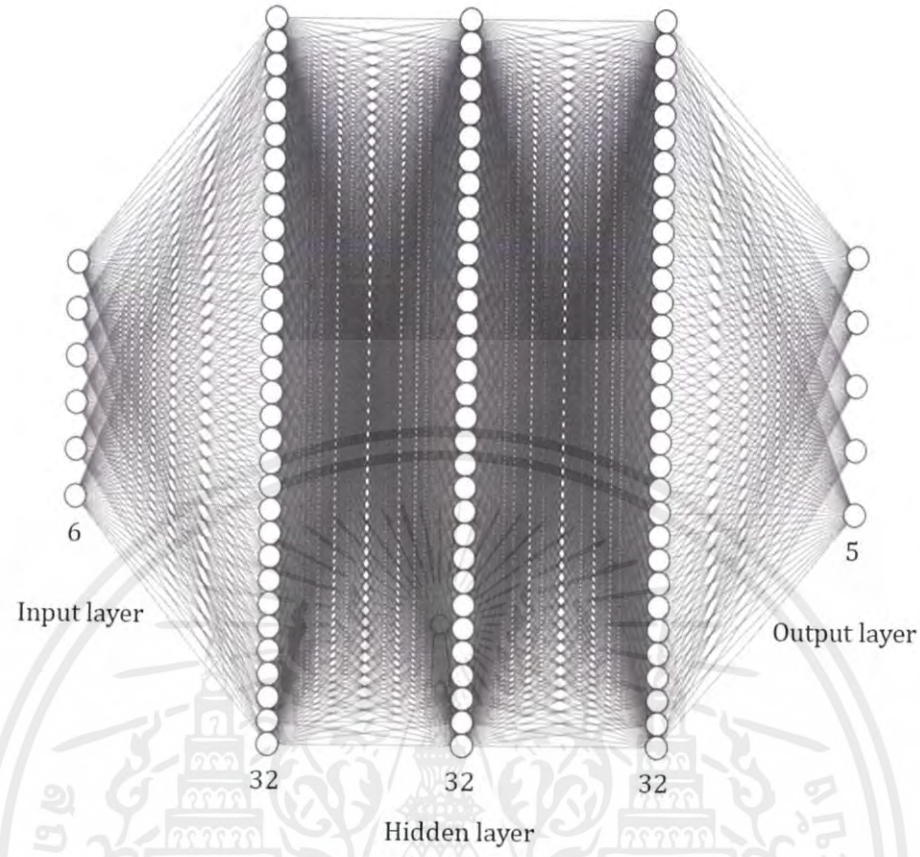
รูป 3.22 ความสัมพันธ์ของข้อมูล

3.7 การออกแบบโมเดล Machine Learning

โมเดลที่ใช้ในการทำนายคุณภาพอากาศเลือกเป็นโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และใช้การเรียนแบบมีการสอน (Supervised Learning) ซึ่งคือการเรียนที่มีการตรวจคำตอบเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมปรับตัวเองเพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น

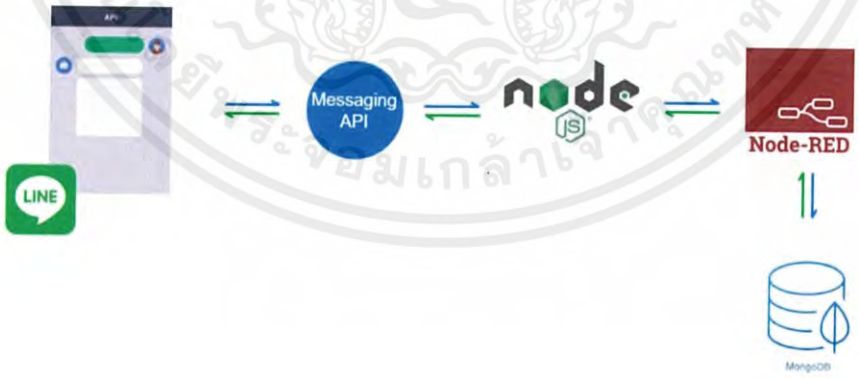
โดยโมเดลในการฝึกใช้เป็นโมเดล Long Short Term Memory เพราะข้อมูลที่เข้ามาเป็นลำดับและมีความต่อเนื่อง ซึ่งจะใช้ Library ของ keras ในการสร้างโมเดล โดยมีคุณลักษณะ (Feature) ทั้งหมด 6 คุณลักษณะ ประกอบไปด้วยค่าเซนเซอร์วัดก๊าซทั้ง6ตัวคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ , คาร์บอนมอนอกไซด์ , โอโซน , ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน และมีลำดับค่าของเซนเซอร์ทั้ง 6 ตัวที่เข้ามาทั้งหมด 24 ครั้ง (Timestep) ส่วนของชั้นขาเข้าเป็นอาเรย์ลักษณะ (24,6) 24 คือจำนวนครั้งของลำดับ ส่วน 6 ก็คือคุณลักษณะทั้งหมด ชั้นซ่อนใช้เป็น 32 ชั้น ทั้งหมด 3 เลเยอร์ และชั้นขาออกเป็นระดับของคุณภาพอากาศ มีทั้งหมด 5 ชั้น ดังรูป 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.23 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม

3.8 การออกแบบ Line bot



รูป 3.24 การทำงานของ Line bot

จากรูป 3.24 เมื่อมีการสนทนากับ Line bot เกิดขึ้น Messaging API จะส่งข้อความไปยัง Webhook ซึ่งทำการเขียนโดยใช้ node.js ที่มีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจาก user และส่งข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับไปหา user อีกทั้งยังสามารถติดต่อสื่อสารกับ Node-RED ที่เป็นตัวควบคุมการแจ้งเตือนคุณภาพอากาศ โดย Line bot ทำการรันอยู่บน heroku

3.8.1 ระบบการทำงานของระบบ

3.8.1.1 subscribe

รูป 3.25 แสดงขั้นตอนการ subscribe

เมื่อ user ได้ทำการกดปุ่ม subscribe หรือ ส่งข้อความ “subscribe” ดังรูป 3.25 หมายเลข 1 โดย webhook จะทำการไปเรียกใช้ API device ของ Node-RED เพื่อดึงข้อมูล device ทั้งหมดที่มีใน database มาสร้างเป็นการ์ด เพื่อที่จะให้ user ทำการเลือกพื้นที่และระดับการแจ้งเตือน และเมื่อ user ทำการเลือกพื้นที่และระดับการแจ้งเตือน ดังรูป 3.25หมายเลข 2 webhook จะนำข้อมูลส่งต่อไปให้ Node-RED เพื่อให้ Node-RED ทำการส่งข้อมูล user ID ไปเก็บใน database ตามพื้นที่และระดับที่ต้องการ

3.8.1.2 unsubscribe

รูป 3.26 แสดงขั้นตอนการ unsubscribe

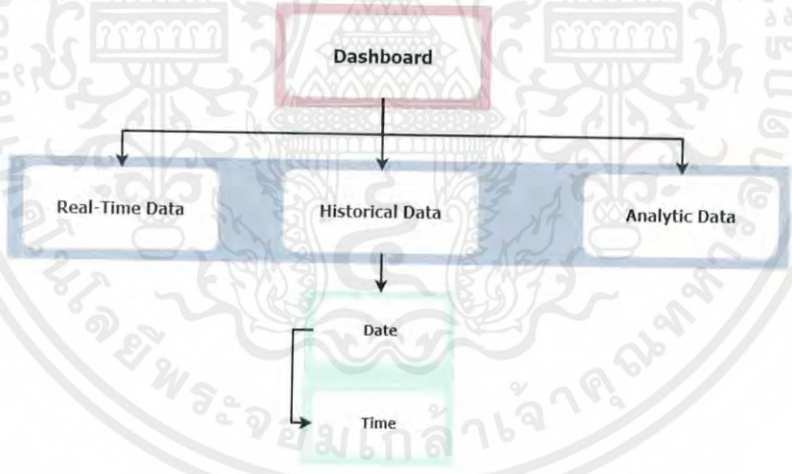
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ user ได้ทำการกดปุ่ม unsubscribe หรือ ส่งข้อความ “unsubscribe” ดังรูป 3.26 หมายเลข 1 โดย webhook จะทำการไปเรียกใช้ API usersub ของ Node-RED เพื่อดึงข้อมูล device ทั้งหมดที่ user คนนั้นได้ทำการ subscribe ไว้ มาสร้างเป็นการ์ด เพื่อที่จะให้ user ทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการยกเลิกการแจ้งเตือน และเมื่อ user ทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการ unsubscribe ดังรูป 3.26 หมายเลข 2 แล้ว webhook จะนำข้อมูลส่งต่อไปให้ Node-RED เพื่อให้ Node-RED ทำการลบข้อมูลของ user ที่ทำการ subcribe พื้นที่นั้นไว้ใน database

3.8.1.3 การแจ้งเตือน

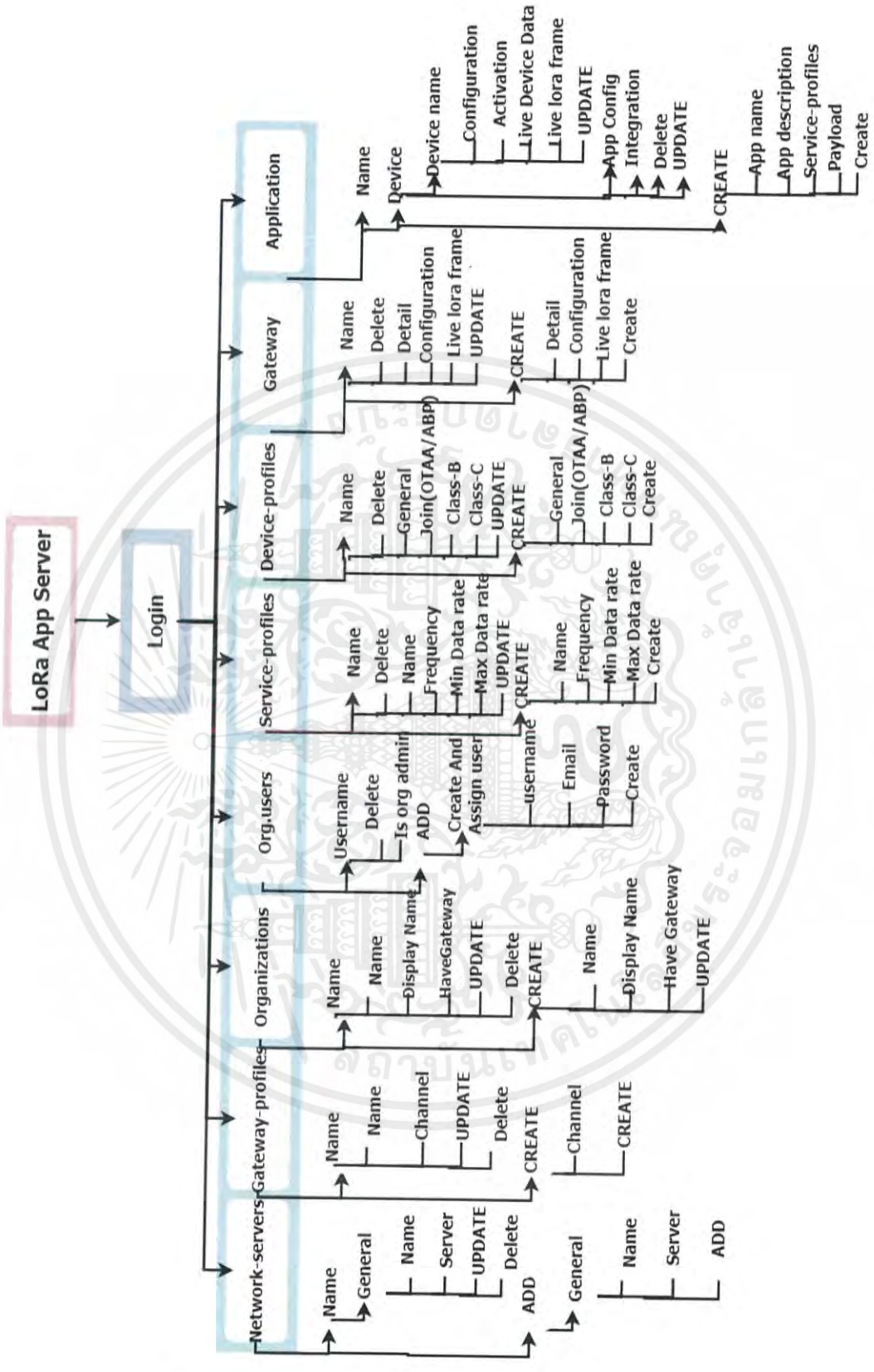
เมื่อค่า AQI ในปัจจุบัน , 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงข้างหน้า ของแต่ละพื้นที่มีค่าเกินมาตรฐาน Node-RED จะทำการไป query ข้อมูลของ user ที่ต้องการได้รับการแจ้งเตือน หลังจากนั้นจะส่ง userID ของทุก user ไปให้ webhook เพื่อให้ webhook ทำการส่งข้อมูลเพื่อแจ้งเตือนให้กับ user แต่ละคน ผ่าน Messaging API

3.9 Web Application Sitemap



รูป 3.27 แสดงแผนผังการใช้งาน Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.28 แสดงแผนผังการใช้งาน LoRa Application Server

บทที่ 4
การทดลอง

การทดลองในบทนี้จะเป็นการทดลองระบบหลักของโครงงาน โดย Front end ใช้ React ในการออกแบบ ส่วน Back end ใช้ Node-RED ในการดึงข้อมูลจาก LoRa Applilcation Server มาประมวลผล เพื่อให้ front end สามารถนำข้อมูลไปใช้งานต่อไปได้ ซึ่งจะประกอบไปด้วย 6 การทดลองคือ

1. การตั้งค่าในส่วนของ End-Device
2. Configuration ของ LoRa Server และ Web Application
3. การตั้งค่าที่ LoRa Server ใน LoRa Application Server
4. การสร้าง Line bot
5. การส่งข้อมูลของตัว LoRa board ไปยัง LoRa Application Server
6. การทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทำนายคุณภาพอากาศ
7. การทดลองการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application

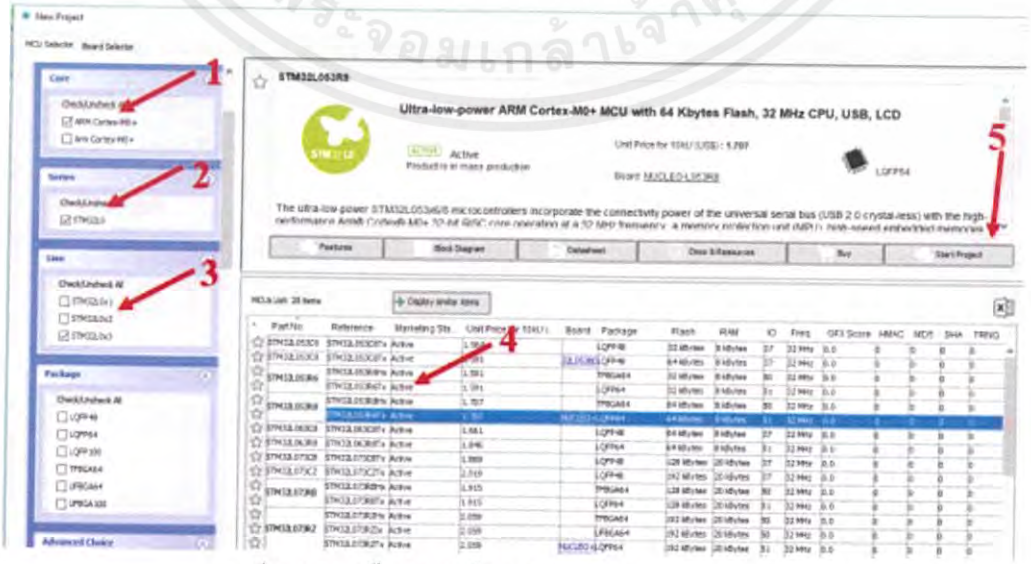
4.1 การตั้งค่าในส่วนของ End-Device

4.1.1 การตั้งค่า Pin ใน STM32CubeMX

1) เปิดโปรแกรม STM32CubeMX

2) สร้าง New Project

3) เลือกรุ่นบอร์ดที่ต้องการเขียนโปรแกรมตาม รูป 4.1



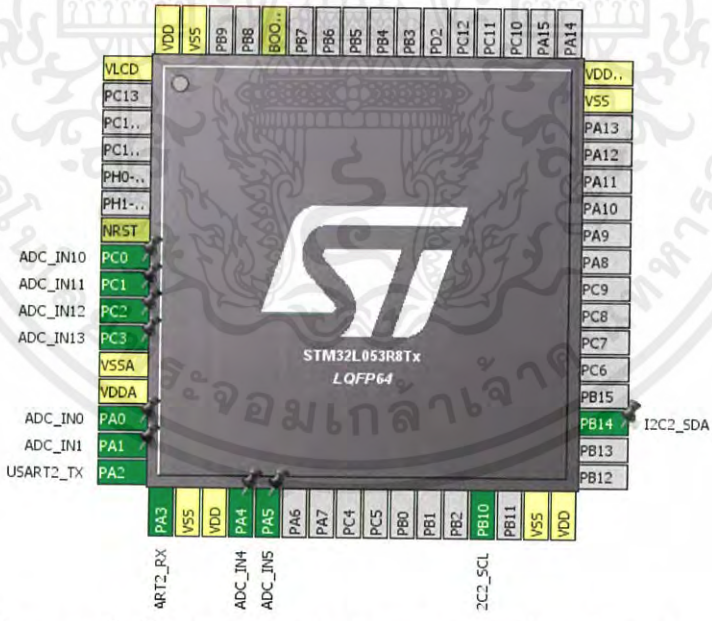
รูป 4.1 การเลือกสถาปัตกรรม STM32L053R6Tx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เลือก Pin ตามที่ออกแบบไว้ตามตาราง 4.1 และรูป 4.2

ตาราง 4.1 การตั้งค่าขาPin ของบอร์ด LoRa Nucleo L053R8

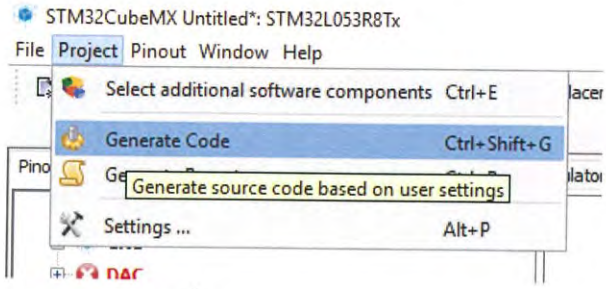
No.	Pin	รายละเอียดการตั้งค่า
1	PB9	I2C1_SDA
2	PB10	I2C1_SCL
3	PA1	ADC_IN1
4	PA4	ADC_IN4
5	PB0	ADC_IN8
6	PC3	ADC_IN13
7	PC2	ADC_IN12
8	PC1	ADC_IN11
9	PA9	UART1_TX
10	PA10	UART1_RX



รูป 4.2 การตั้งค่าขา Pin ในโปรแกรม STM32CubeMX สำหรับบอร์ด LoRa Nucleo-L053R8

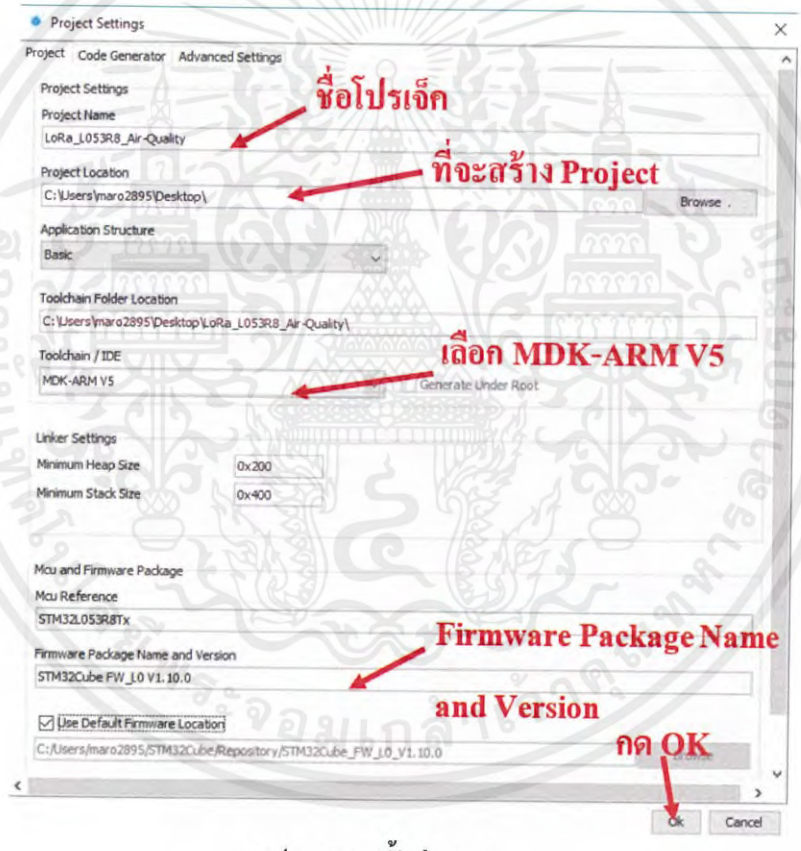
5) กด Project -> Gennerate Code ดังรูป 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 Gennerate Code

6) ตั้งชื่อโปรเจ็ค -> เลือกLocation สำหรับสร้างโปรเจ็ค -> เลือก Toolchain/IDE : MDK-ARM V5 -> กด OK -> กด Open Project ดังรูป 4.4



รูป 4.4 การตั้งค่า Project

7) จะได้โค้ดการตั้งค่าขา Pin ดังรูป 4.5 เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมต่อไป

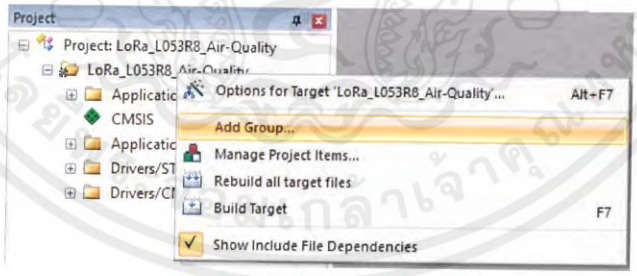
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
main.c
55  /* USER CODE BEGIN PD */
56
57  /* USER CODE END PD */
58
59  /* Private macro -------------------------
60  /* USER CODE BEGIN PM */
61
62  /* USER CODE END PM */
63
64  /* Private variables ---------------------
65  ADC_HandleTypeDef hadc;
66
67  I2C_HandleTypeDef hi2c1;
68
69  UART_HandleTypeDef huart1;
70
71  /* USER CODE BEGIN PV */
72
73  /* USER CODE END PV */
74
75  /* Private function prototypes -----------
76  void SystemClock_Config(void);
77  static void MX_GPIO_Init(void);
78  static void MX_ADC_Init(void);
79  static void MX_I2C1_Init(void);
80  static void MX_USART1_UART_Init(void);
81  /* USER CODE BEGIN PFP */
82
83  /* USER CODE END PFP */
84
85  /* Private user code ---------------------
86  /* USER CODE BEGIN 0 */
```

รูป 4.5 โค้ดที่ได้จากโปรแกรม STM32Cube เมื่อเปิดในฌปรแกรม Keil

4.1.2 การตั้งค่าการรับส่งข้อมูลใน Keil

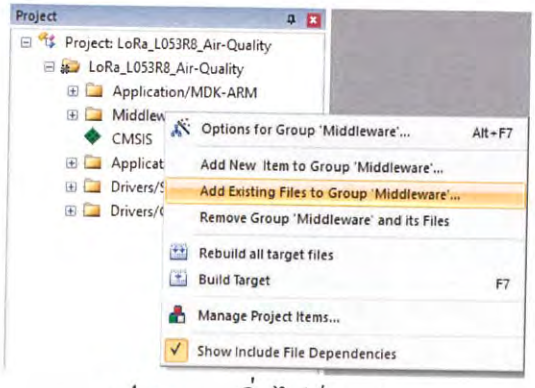
1) เพิ่มโฟลเดอร์ใหม่ คลิกขวาที่โฟลเดอร์โปรเจ็ค แล้วกด Add Group ดังรูป 4.6



รูป 4.6 การสร้างโปรเดอร์ใหม่

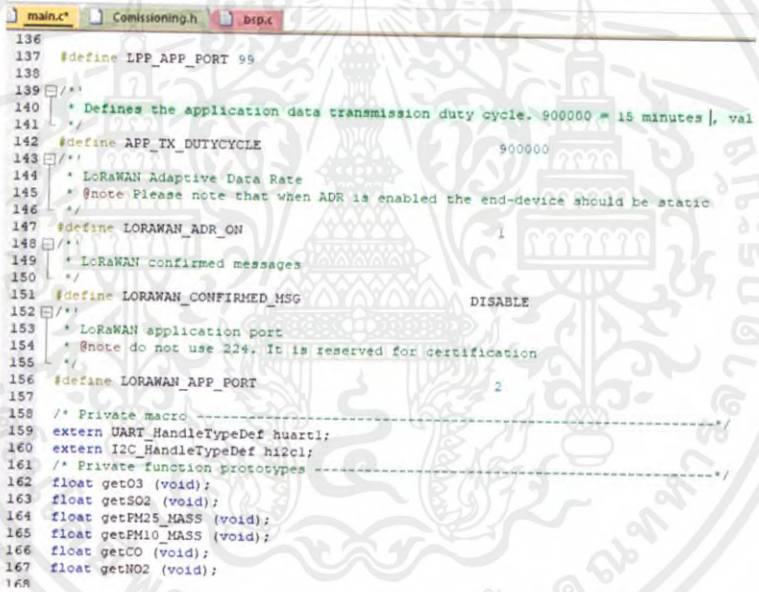
2) เพิ่มไฟล์โปรแกรมที่เคยเขียนเอาไว้หรือไฟล์แพคเกตเสริมที่ ST Support สามารถเข้าไปโหลดได้ที่ www.ST.com คลิกขวาที่โฟลเดอร์ที่สร้างใหม่ แล้วกด Add Exiting File to Group… เพื่อเพิ่มไฟล์ ดังรูป 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.7 การเพิ่มไฟล์ภายนอก

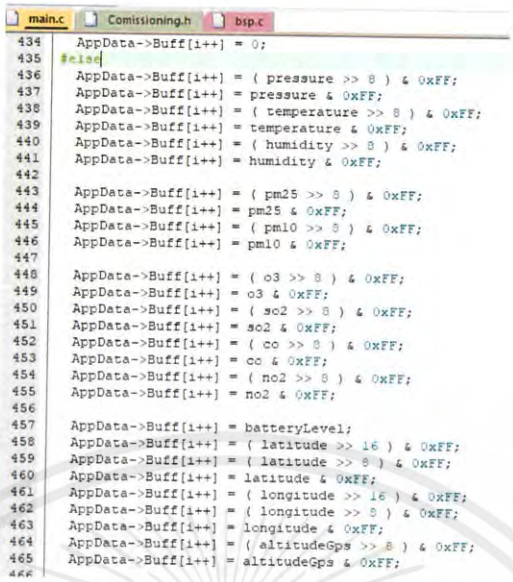
3) การตั้งค่า Duty Cycle ให้ส่งข้อมูลทุก 15 วินาที และการตั้งค่าการรับส่งข้อมูลในส่วน Call back ดังรูป 4.8



รูป 4.8 การตั้งค่า Duty cycle และ LoRa Main call back

4) การตั้งค่า Payload ที่ต้องการส่ง ดังรูป 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
main.c | Comissioning.h | bsp.c
434     AppData->Buff[i++] = 0;
435   #else
436     AppData->Buff[i++] = ( pressure >> 8 ) & 0xFF;
437     AppData->Buff[i++] = pressure & 0xFF;
438     AppData->Buff[i++] = ( temperature >> 8 ) & 0xFF;
439     AppData->Buff[i++] = temperature & 0xFF;
440     AppData->Buff[i++] = ( humidity >> 8 ) & 0xFF;
441     AppData->Buff[i++] = humidity & 0xFF;
442
443     AppData->Buff[i++] = ( pm25 >> 8 ) & 0xFF;
444     AppData->Buff[i++] = pm25 & 0xFF;
445     AppData->Buff[i++] = ( pm10 >> 8 ) & 0xFF;
446     AppData->Buff[i++] = pm10 & 0xFF;
447
448     AppData->Buff[i++] = ( o3 >> 8 ) & 0xFF;
449     AppData->Buff[i++] = o3 & 0xFF;
450     AppData->Buff[i++] = ( so2 >> 8 ) & 0xFF;
451     AppData->Buff[i++] = so2 & 0xFF;
452     AppData->Buff[i++] = ( co >> 8 ) & 0xFF;
453     AppData->Buff[i++] = co & 0xFF;
454     AppData->Buff[i++] = ( no2 >> 8 ) & 0xFF;
455     AppData->Buff[i++] = no2 & 0xFF;
456
457     AppData->Buff[i++] = batteryLevel;
458     AppData->Buff[i++] = ( latitude >> 16 ) & 0xFF;
459     AppData->Buff[i++] = ( latitude >> 8 ) & 0xFF;
460     AppData->Buff[i++] = latitude & 0xFF;
461     AppData->Buff[i++] = ( longitude >> 16 ) & 0xFF;
462     AppData->Buff[i++] = ( longitude >> 8 ) & 0xFF;
463     AppData->Buff[i++] = longitude & 0xFF;
464     AppData->Buff[i++] = ( altitudeGps >> 8 ) & 0xFF;
465     AppData->Buff[i++] = altitudeGps & 0xFF;
```

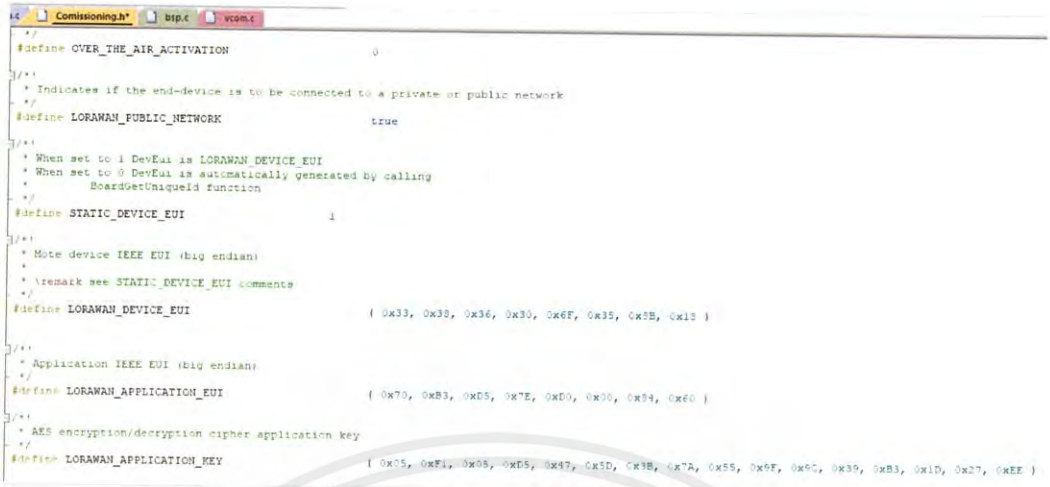
รูป 4.9 โค้ดส่วนการตั้งค่า Payload

5) การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commissioning.h ดังตาราง 4.2 โค้ดดังรูป 4.10 และ 4.11

ตาราง 4.2 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commisioning.h

Parameter	Value
OVER_THE_AIR_ACTIVATION	0 = ABP 1 = OTAA
LORAWAN_PUBLIC_NETWORK	True = ส่งแบบ Public Network False = ส่งแบบ Private Network
STATIC_DEVICE_EUI	0 = ค่า Device Eui Default 1 = ตั้งค่า Device Eui เอง
LORAWAN_DEVICE_EUI	เลข Device Eui หากต้องการตั้งค่าเอง (ฐาน 16 ขนาด 32 บิต)
LORAWAN_APPLICATION_EUI	เลข Application Eui (ฐาน 16 ขนาด 32 บิต)
LORAWAN_APPLICATION_KEY	เลข Application Key (ฐาน 16 ขนาด 64 บิต)
STATIC_DEVICE_ADDRESS	0 = เลข Device Address Default 1 = กำหนด เลข Device Address เอง (ฐาน 16 ขนาด 32 บิต)
LORAWAN_NWKSKEY	เลข Network Session Key (ฐาน 16 ขนาด 64 บิต)
LORAWAN_APPSKEY	เลข Application Session Key (ฐาน 16 ขนาด 64 บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.10 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commissioning.h (1)

รูป 4.11 การตั้งค่าการส่งข้อมูลในไฟล์ Commissioning.h (2)

6) การ Build Project สามารถคลิกที่ Icon หรือ กด F7

7) การ Load Program เพื่อติดตั้งบนบอร์ด สามารถกดที่ icon หรือ กด F8

4.1.3 การตั้งค่าการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ใน Keil

1) การอ่านข้อมูล ADC หลายข้อมูล

ใช้วิธีการอ่านข้อมูลผ่าน ADC Channel โดยเซ็นเซอร์ที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ ADC ได้แก่ LPSM-SO2 และ LPSM-O3 โดยมีการตั้งค่าและอ่านข้อมูลแต่และเซ็นเซอร์ตามตาราง 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ADC Command

Pin	ADC Channel	รายละเอียด
PA1	ADC_CHANNEL_1	ค่า Analog input ของก๊าซ $O_{3_{gas}}$
PA4	ADC_CHANNEL_4	ค่า Analog input ของก๊าซ $O_{3_{ref}}$
PB0	ADC_CHANNEL_8	ค่า Analog input ของก๊าซ $O_{3_{temp}}$
PC3	ADC_CHANNEL_13	ค่า Analog input ของก๊าซ $SO_{2_{gas}}$
PC2	ADC_CHANNEL_12	ค่า Analog input ของก๊าซ $SO_{2_{ref}}$
PC1	ADC_CHANNEL_11	ค่า Analog input ของก๊าซ $SO_{2_{temp}}$

โดยมีฟังก์ชั่นการอ่านข้อมูล Analog คือ HW_AdcReadChannel(ADC Channel); โดยนำค่าที่อ่านได้มาคำนวนเป็นค่าปริมาณของก๊าซต่อไป

2) การอ่านข้อมูล I^2C

แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ SDA ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ และ SCL ใช้เป็น Clock ในการรับส่งข้อมูล โดยเซ็นเซอร์ที่มีการใช้โปรโตคอลการรับส่งข้อมูลแบบ I^2C คือ Grove Multichannel sensor ซึ่งใช้วัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยมี I^2C Command ดังตาราง 4.4

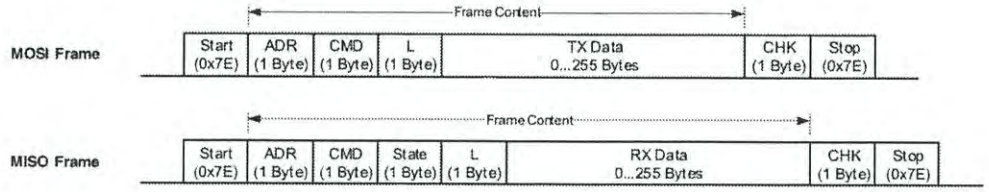
ตาราง 4.4 I^2C Command

Address Pointer	Command Name	Transfer Type
0x02	Read Measured CO Value	Set Pointer & Read Data
0x03	Read Measured NO_2 Value	Set Pointer & Read Data
0x12	Read Measured Initial CO Value	Set Pointer & Read Data
0x13	Read Measured Initial NO_2 Value	Set Pointer & Read Data
0x0610	Read Address CO Value	Set Pointer & Read Data
0x0612	Read Address NO_2 Value	Set Pointer & Read Data

3) การอ่านข้อมูล UART

แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ MOSI ใช้ในการส่งข้อมูลเพื่อควบคุมหรืออ่านค่าต่างๆจากเซ็นเซอร์ และ MISO ใช้ในการรับข้อมูลที่ตอบกลับจากเซ็นเซอร์ โดยเซ็นเซอร์ที่มีการใช้โปรโตคอลการรับส่งข้อมูลแบบ UART คือ Sensirion SPS30 ซึ่งใช้วัดฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมครอน มี Frame Layer ดังรูป 4.12 และ มี UART Command ดังตาราง 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.12 MOSI and MISO frames structure[32]

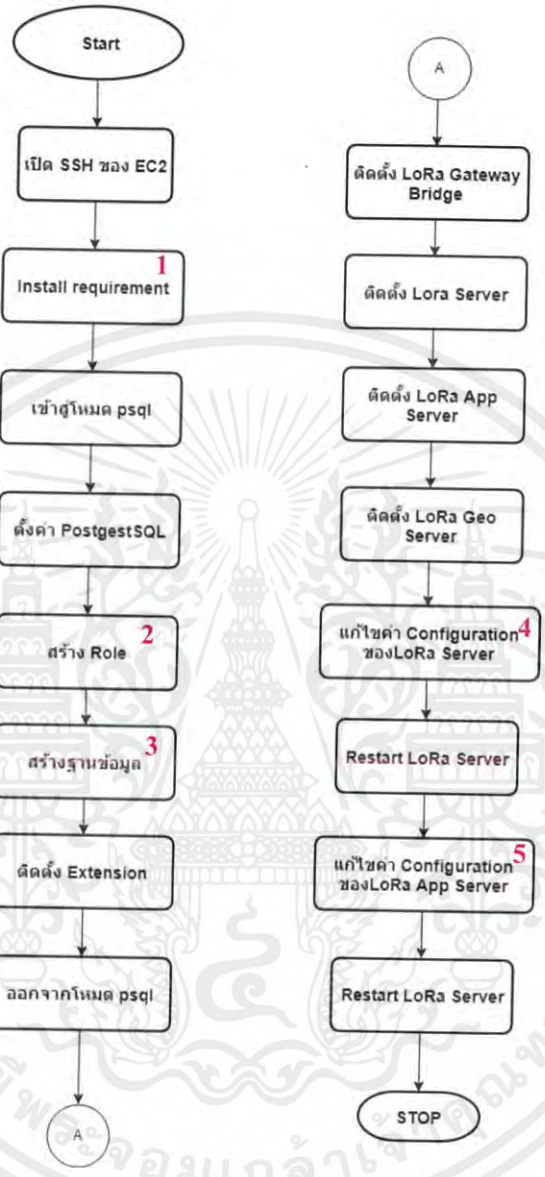
ตาราง 4.5 UART Command

CMD	Command	Read/Write/Execute
0x00	Start Measurement	Execute
0x01	Stop Measurement	Execute
0x03	Read Measured Value	Read
0x80	Read / Write Auto Cleaning Interval	Read / Write
0x56	Start Fan Cleaning	Execute
0xD0	Device Information	Read
0xD3	Reset	Execute

[32]https://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/0_Datasheets/Particulate_Matter/Sensirion_PM_Sensors_SPS30_Datasheet.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Configuration ของ LoRa Server และ Web Application



รูป 4.13 ลำดับของการตั้งค่า LoRa Serever

4.2.1 การ Install requirements

- mosquitto
- mosquitto-clients
- redis-server
- redis-tools
- postgresql

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สร้าง Role (login) สำหรับ Lora Server (ในที่นี้ Login คือ loraserver_as รหัสผ่านคือ loradbpassword)

- create role loraserver_as with login password 'loradbpassword';

4.2.3 สร้างฐานข้อมูล

- create database loraserver_as with owner loraserver_as;
- create database loraserver_ns with owner loraserver_as;

4.2.4 ทำการตั้งค่า Lora Server โดยแก้ไข configuration file ใน /etc/loraserver/loraserver.toml

ตาราง 4.6 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Lora Server

Parameter	Value
dsn	postgres://loraserver_as:loradbpassword@127.0.0.1/loraserver_ns?sslmode=disable
net_id	123123
name	AS_923
timezone	Asia/Bangkok

4.2.5 ทำการตั้งค่า Lora App Server ดังตาราง 4.6 โดยแก้ไข configuration file ใน /etc/lora-app-server/lora-app-server.toml

ตาราง 4.7 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Lora App Server

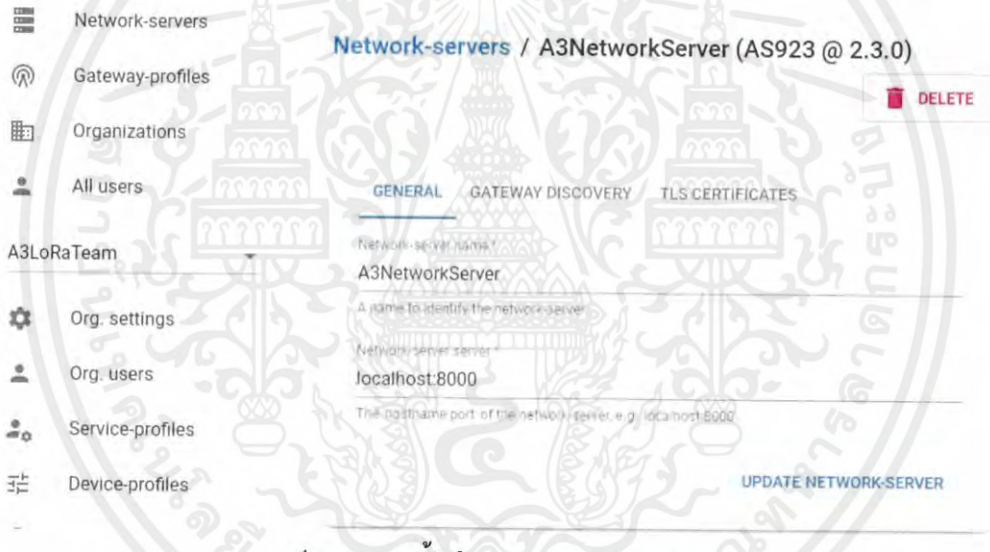
Parameter	Value
dsn	postgres://loraserver_as:loradbpassword@127.0.0.1/loraserver_as?sslmode=disable
jwt_secret	MyTopSecret

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การตั้งค่าที่ LoRa Server ใน LoRa Application Server

เข้าผ่าน Web Browser โดยใส่ url ดังนี้ https://54.169.105.27:8080 ซึ่ง server ตั้งอยู่บน EC2 ของ AWS และ Login username คือ admin และ password คือ admin

รูป 4.14 หน้าเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการเข้าไปตั้งค่า LoRa Server



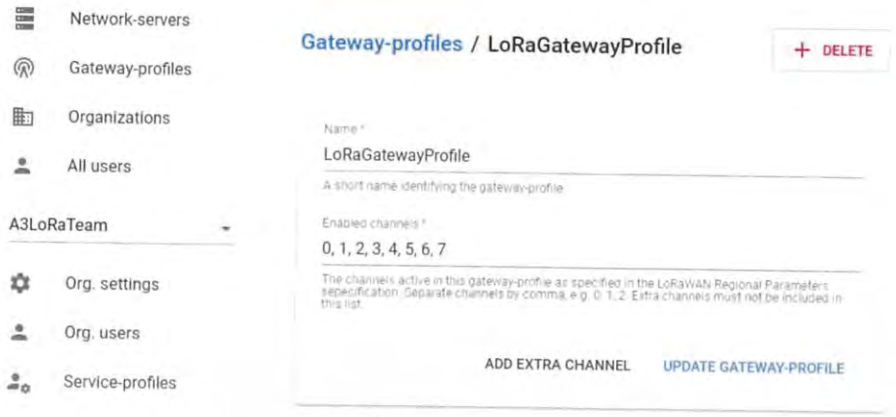
รูป 4.15 การตั้งค่าของNetwork-servers

จากรูป 4.15 ตั้งค่าชื่อ และPath ที่จะเชื่อมต่อไปยัง Network Server

ตาราง 4.8 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Network-servers

Parameter	Value
Network-server name	A3NetworkServer
Network-server server	localhost:8000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.16 การตั้งค่าของGateway-profiles

จากรูป 4.16 ตั้งค่า Channel ของ Gateway ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

ตาราง 4.9 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Gateway-profiles

Parameter	Value
Name	LoRaGatewayProfile
Enabled channels	0,1,2,3,4,5,6,7

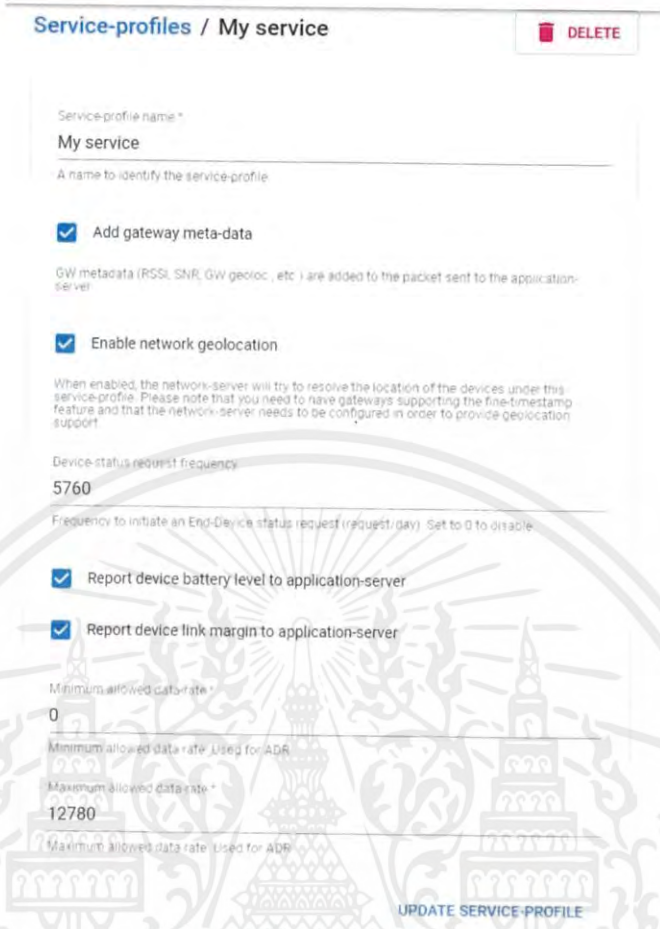
รูป 4.17 การตั้งค่า Organizationsของระบบ

จากรูป 4.17 ตั้งค่า Organizations เพื่อจัดการ Device และ Gateway

ตาราง 4.10 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Organizations

Parameter	Value
Organization name	A3LoRaTeam
Display name	A3Team

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



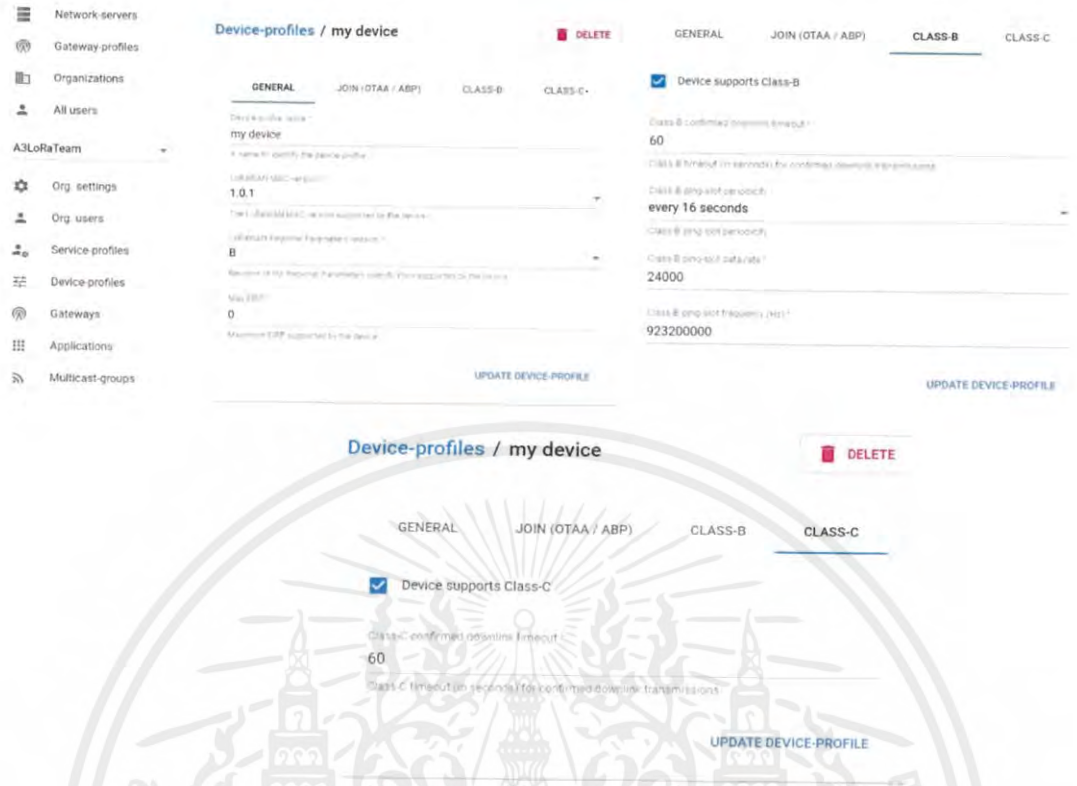
รูป 4.18 การตั้งค่า Service-profiles

จากรูป 4.18 การตั้งค่า Service-profiles เพื่อเลือกใช้บริการจาก LoRa Server

ตาราง 4.11 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Service-profiles

Parameter	Value
Service-profile name	My service
Device-status request frequency	5760
Minimun allowed data-rate	0
Miximun allowed data-rate	12780

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



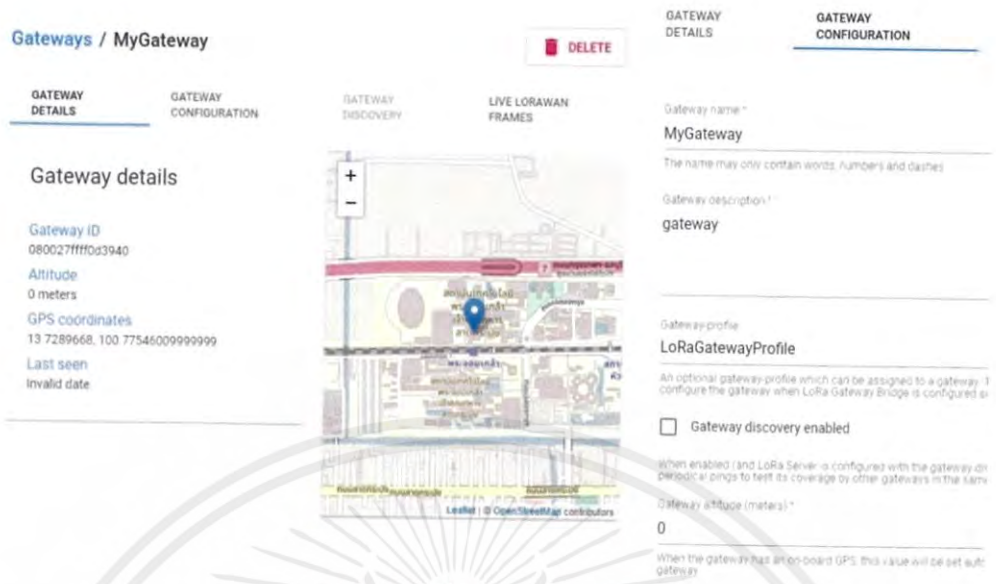
รูป 4.19 การตั้งค่า Device-profile

จากรูป 4.19 การตั้งค่า Device-profile ตั้งค่าพื้นฐานของการรับ-ส่งข้อมูล ของDevice

ตาราง 4.12 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Device-profile

Parameter	Value
Device-profile name	My device
LoRaWAN MAC version	1.0.1
LoRaWAN Regional Parameters revision	0
Class-B confirmed downlink timeout	60
Class-B ping-slot periodicity	Every 16 seconds
Class-B ping-slot data-rate	24000
Class-B ping-slot frequency (Hz)	923200000
Class-C confirmed downlink timeout	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



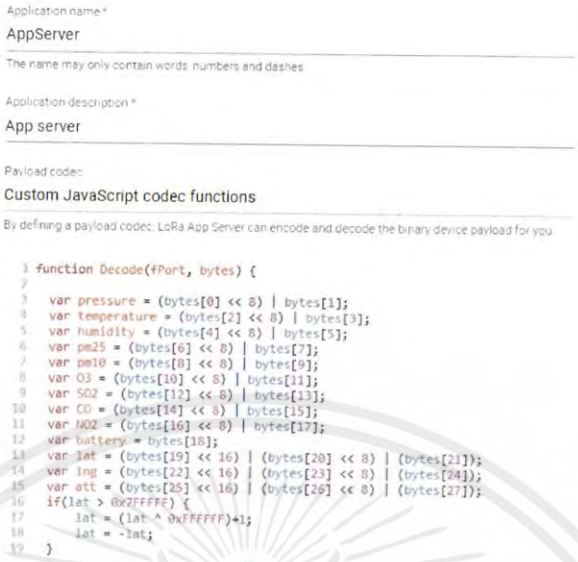
รูป 4.20 การตั้งค่าของ Gateway

จากรูป 4.20 การตั้งค่า Gateway ที่จะใช้ในการรับ-ส่งระหว่าง Device และ LoRa Server

ตาราง 4.13 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Gateway

Parameter	Value
Gateway name	MyGateway
Gateway ID	080027ffff0d3940
Network-server	A3NetworkServer
Gateway-profile	LoRaGatewayProfile
Gateway altitude (meters)	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

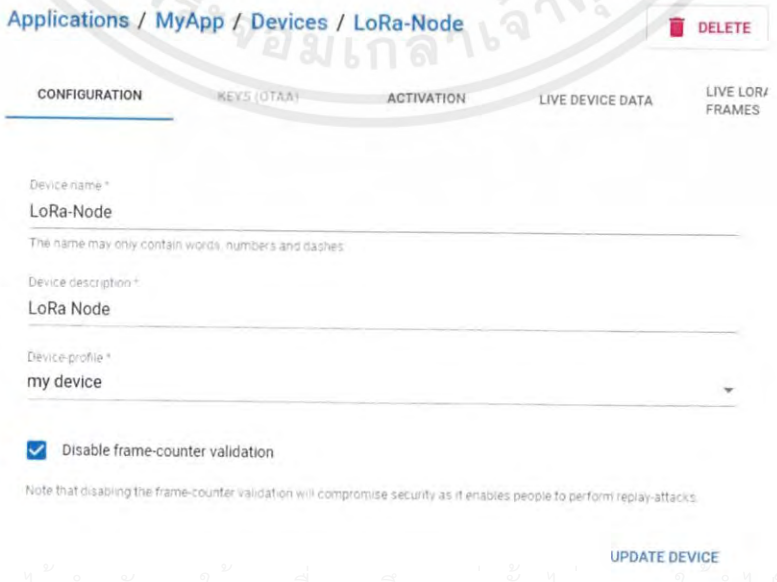


รูป 4.21 การตั้งค่า Application

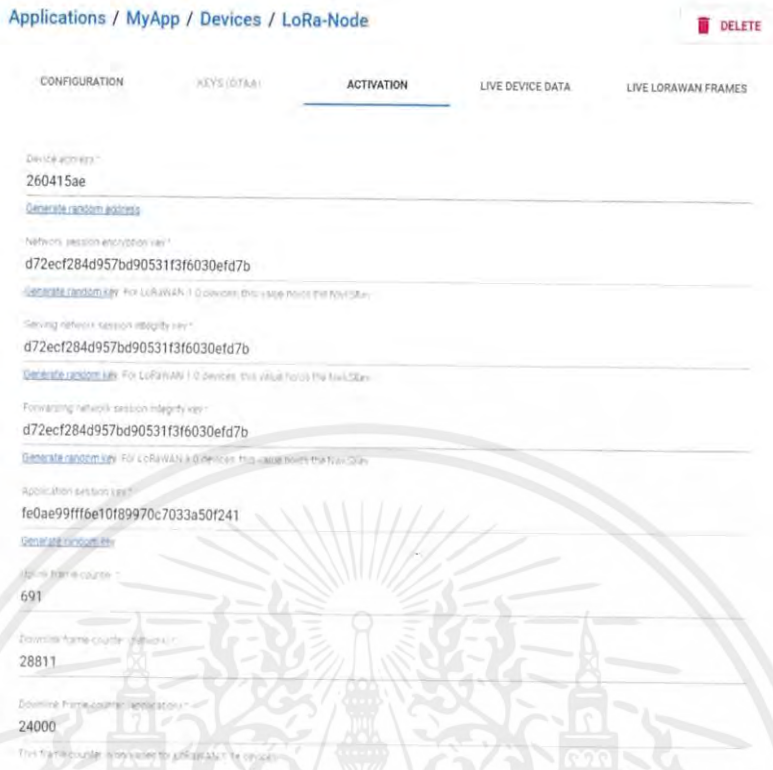
จากรูป 4.21 ตั้งค่า Application เพื่อนำข้อมูลจาก Device ไปประยุกต์ใช้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ

ตาราง 4.14 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Application

Parameter	Value
Application name	MyApp
Payload	Custom JavaScript codec functions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.22 การตั้งค่าของDevice ในApplicationนั้นๆ

จากรูป 4.22 การตั้งค่า Device ใน Application สำหรับให้ Device สามารถสื่อสารผ่าน LoRaWANได้

ตาราง 4.15 ตัวอย่างข้อมูลการตั้งค่า Device ในApplicationนั้นๆ

Parameter	Value
Device name	Lora-Node
Device-profile	My device
Device address	260415ae
Network session encryption key	fe0ae99fff6e10f89970c7033a50f241
Serving network session integrity key	fe0ae99fff6e10f89970c7033a50f241
Forwarding network session integrity key	fe0ae99fff6e10f89970c7033a50f241
Application session key	fe0ae99fff6e10f89970c7033a50f241
Uplink frame-counter	6001
Downlink frame-counter (network)	35167
Downlink frame-counter (application)	24000

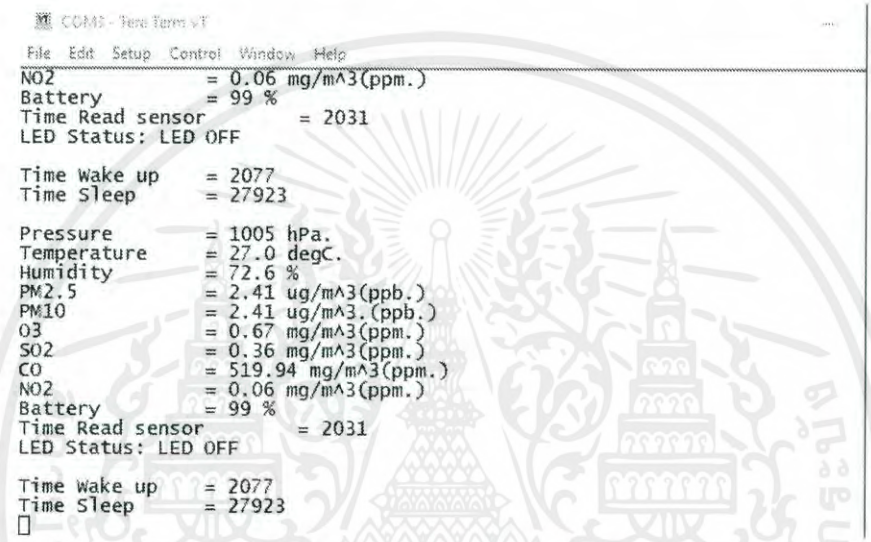
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองส่งข้อมูลของตัว LoRa board ไปยัง Application Server

4.4.1 LoRa board ไปยัง LoRa Gateway

วิธีการทดลอง

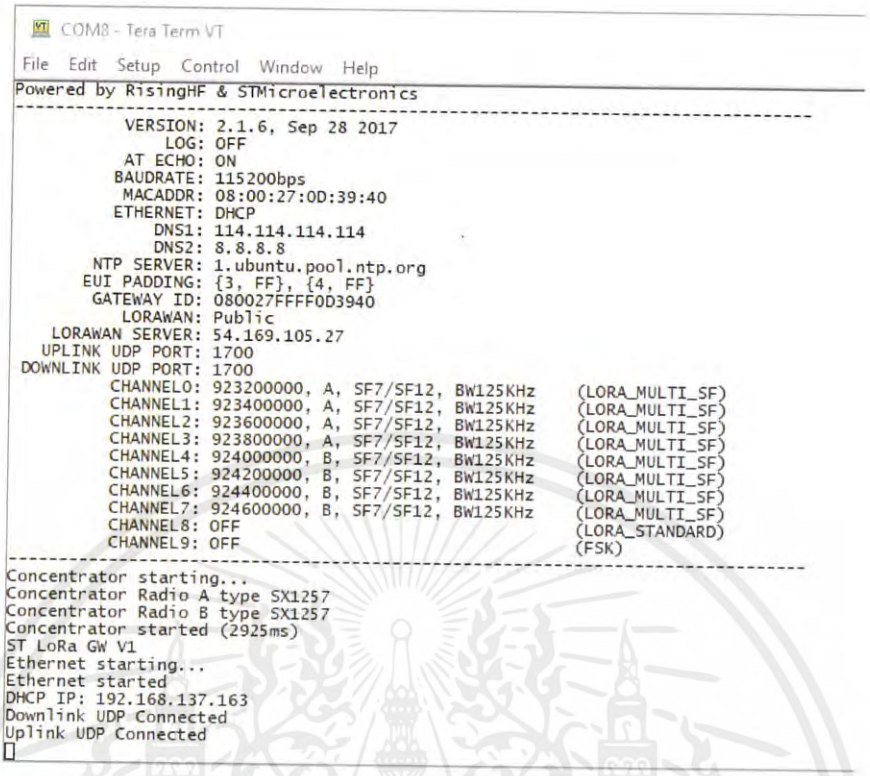
อัพโหลด code STM32 ลง End-Device เพื่อทำการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่าย LoRa โดยใน code จะมีข้อมูลของ sensor ต่างๆ คอยตรวจจับและส่งข้อมูลมายัง Server ผ่านตัว Gateway โดยใช้คลื่นวิทยุ



รูป 4.23 การส่งข้อมูลไป Gateway

ที่ตัว Gateway มีการ configuration ค่าต่างๆ เช่น ย่านคลื่นความถี่ที่รับ (AS923), Channel ที่เปิด, แอดเดรส ของ LoRa Server เพื่อเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่าง End-Device รวมไปถึงการ authentication ของตัว End-Device เข้าสู่ LoRa Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.24 การConfiguration Gateway

ที่ตัว LoRa Server มีการกรอกข้อมูลตั้งค่า Gateway , ข้อมูลของ End-Device เช่น GatewayMac, Appkey, Nwkey,DevAddr เป็นต้น และเลือกวิธีการ authentication ให้ตรงกับตัว End-Device ซึ่งในที่นี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบ ABP

การกำหนดการตั้งค่า LoRa Server ให้เข้าผ่าน Web Browser โดยใส่ url ดังนี้ https://54.169.105.27:8080 ซึ่ง server ตั้งอยู่บน EC2 ของ AWS

ผลการทดลอง

ในการอ่านค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และการส่งข้อมูล พบว่า อุปกรณ์ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทุกตัวรวมกันต่อครั้งประมาณ 2.03 – 2.06 วินาที ส่งข้อมูลทุก 15 นาที ใช้ไฟฟ้า 90-110 mA/h. ดังนั้น 1 วัน อุปกรณ์จะใช้ไฟฟ้าประมาณ 2100-2640 mA. ระยะการส่งของ End-Device และ Indoor Gatway อยู่ที่ประมาณ 1.5 กม. และการตรวจสอบข้อมูลที่ Gateway สามารถรับได้สามารถดูได้ผ่าน Gateway bridge log หรือ Live LoRaWan Frames ผ่านหน้าเว็บในส่วนของ ข้อมูล Gateway ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.25 การส่งเข้าของข้อมูลได้ ผ่าน Live LoRaWAN Frames

4.4.2 การส่งข้อมูลจาก LoRa Gateway ไปยัง LoRa Application Server

วิธีการทดลอง

เมื่อสามารถรับข้อมูลจาก End-Device มายัง Gateway ได้แล้ว ตัว Gateway จะทำการ packet forwarder ไปยัง LoRa Server และส่งต่อไปยัง LoRa Application Server เพื่อนำข้อมูลไปถอดรหัส (Custom JavaScript codec functions) และนำไปแสดงข้อมูลบน Application ที่ได้สร้างไว้ โดยที่มี End-Device ผูกติดกับตัว Application นั้น

ผลการทดลอง

เมื่อเข้า Web Browser ไปดูในส่วนของ Application หัวข้อ Live Device Data จะพบว่ามีข้อมูล uplink จาก Gateway ที่ถูก forward มาและถอดรหัสแล้ว แสดงข้อมูลของ sensor ต่างๆ รวมถึง ข้อมูลอื่นๆ ที่แนบมาด้วย เช่น ข้อมูลของEnd-Device, ข้อมูลความแรงสัญญาณ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

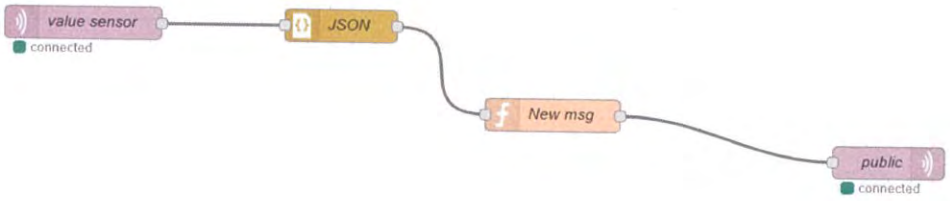
รูป 4.26 ข้อมูล Forward มาจากGateway

4.4.3 การดึงข้อมูลจาก Node-RED Application Server ไปยัง React.js

วิธีการทดลอง

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจาก LoRa Application Server นั้นมีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ได้นำมาใช้งานจริง จึงมีการใช้ Node-RED ดึงข้อมูลโดยการใช้ Protocol MQTT มา Subscribe topic ตัวข้อมูลใน Application ที่ถูก publish ไปยัง mosquito server ที่ได้กำหนดขึ้นมา และนำข้อมูลที่ได้นั้นมากรองข้อมูลเฉพาะในส่วนที่จำเป็นเท่านั้นและ publish กลับขึ้นไปในอีกชื่อหัวข้อหนึ่ง (application/Newmsg) จากนั้นสร้าง Front end ด้วย react.js และใช้ MQTT subscribe ข้อมูลจาก topic ใหม่ที่ได้ publish ขึ้นไป มาประมวลผล โดยข้อมูลที่ได้จะเป็น Json และนำค่าของ Sensor ไปแสดงผล

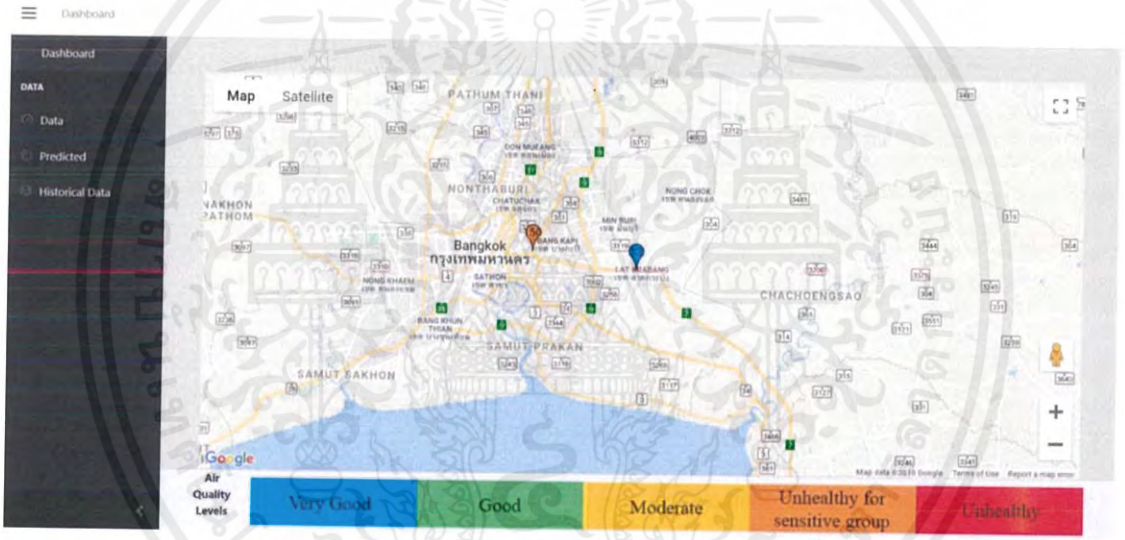
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



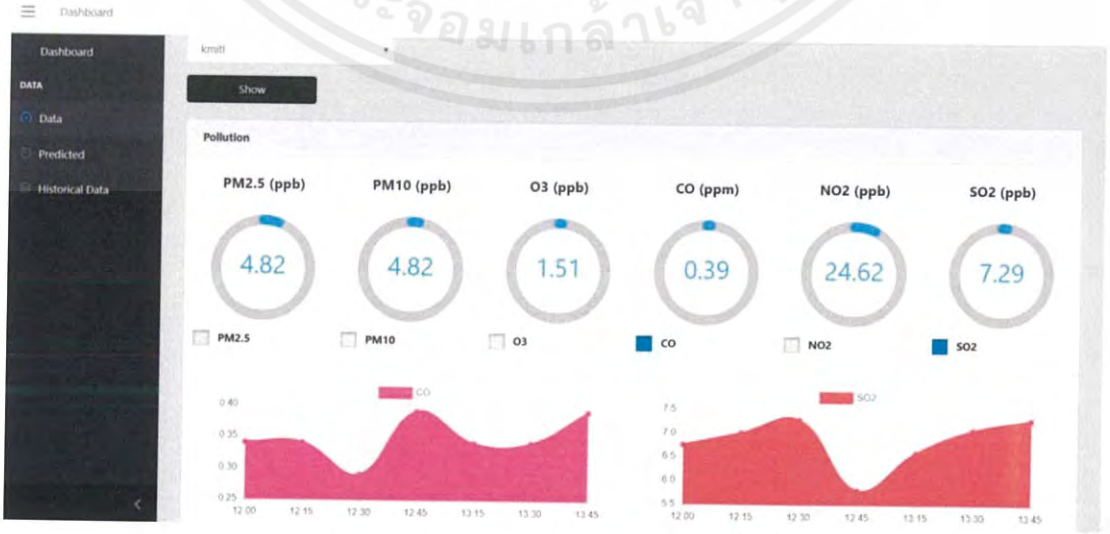
รูป 4.27 Node-RED ดึงข้อมูลโดยใช้MQTT เพื่อนำไปให้ส่วนของWeb Application แสดงผล

ผลการทดลอง

ค่าที่ได้รับมาจะถูกแสดงผลบน Web Application



รูป 4.28 หน้า Dashboard แสดงภาพรวมของทุกพื้นที่



รูป 4.29 หน้าแสดงข้อมูลของแต่ละพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทำนายคุณภาพอากาศ

4.5.1 ฝึกโมเดล

4.5.1.1 โมเดลทำนายคุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า

วิธีการทดลอง

อ่านค่าชุดข้อมูล (dataset) และทำการแบ่งข้อมูลเป็นลำดับของเวลา โดยแบ่งข้อมูลเป็น 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง โดยชุดข้อมูลนั้นประกอบไปด้วยค่าของก๊าซทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ , คาร์บอนมอนอกไซด์ , โอโซน , ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน และผลลัพธ์คือระดับคุณภาพอากาศของชั่วโมงถัดไป เพื่อวิเคราะห์ระดับของคุณภาพอากาศในหนึ่งชั่วโมงข้างหน้า

4.5.1.2 โมเดลทำนายคุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า

วิธีการทดลอง

อ่านค่าชุดข้อมูล (dataset) และทำการแบ่งข้อมูลเป็นลำดับของเวลา โดยแบ่งข้อมูลเป็น 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง โดยชุดข้อมูลนั้นประกอบไปด้วยค่าของก๊าซทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ , คาร์บอนมอนอกไซด์ , โอโซน , ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน และผลลัพธ์คือระดับคุณภาพอากาศของ24ชั่วโมงข้างหน้า เพื่อวิเคราะห์ระดับของคุณภาพอากาศใน 24 ชั่วโมงข้างหน้า

ในการทดลองทั้งสองโมเดลนี้มีการใช้ Dropout ในการปรับเพื่อไม่ให้โมเดลฟิตจนเกินไป และจำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึกคือ 100 ครั้ง โดยชุดข้อมูลที่นำมาทดลองนั้นนำมาจากกรมควบคุมมลพิษ

ผลการทดลอง

โมเดลที่ได้มีความแม่นยำ แต่จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลจำนวนมากเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในทุกๆกรณีที่จะเกิด

4.5.2 ทดสอบความแม่นยำ

วิธีการทดลอง

นำชุดข้อมูลมาทำการทำนายคุณภาพอากาศในหนึ่งชั่วโมงข้างหน้าและ24ชั่วโมงข้างหน้าและนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง

ผลการทดลอง

1. Confusion Matrix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.16 Confusion Matrix ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า

Pred./True	คุณภาพอากาศระดับที่1	คุณภาพอากาศระดับที่2	คุณภาพอากาศระดับที่3	คุณภาพอากาศระดับที่4	คุณภาพอากาศระดับที่5
คุณภาพอากาศระดับที่1	961	10	0	0	0
คุณภาพอากาศระดับที่2	44	713	7	0	0
คุณภาพอากาศระดับที่3	0	6	542	11	0
คุณภาพอากาศระดับที่4	0	0	17	354	0
คุณภาพอากาศระดับที่5	0	0	0	10	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.17 Confusion Matrix ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า

Pred./True	คุณภาพอากาศระดับที่1	คุณภาพอากาศระดับที่2	คุณภาพอากาศระดับที่3	คุณภาพอากาศระดับที่4	คุณภาพอากาศระดับที่5
คุณภาพอากาศระดับที่1	110	42	8	0	0
คุณภาพอากาศระดับที่2	9	410	33	1	0
คุณภาพอากาศระดับที่3	0	5	264	3	2
คุณภาพอากาศระดับที่4	0	0	5	431	17
คุณภาพอากาศระดับที่5	0	0	0	1	323

2. Accuracy

1) Accuracy ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า คิดเป็น 97 %

2) Accuracy ของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า คิดเป็น 92%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Precision และ Recall

ตาราง 4.18 ค่า Precision และ Recall ของแต่ละระดับของคุณภาพอากาศของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน1ชั่วโมงข้างหน้า

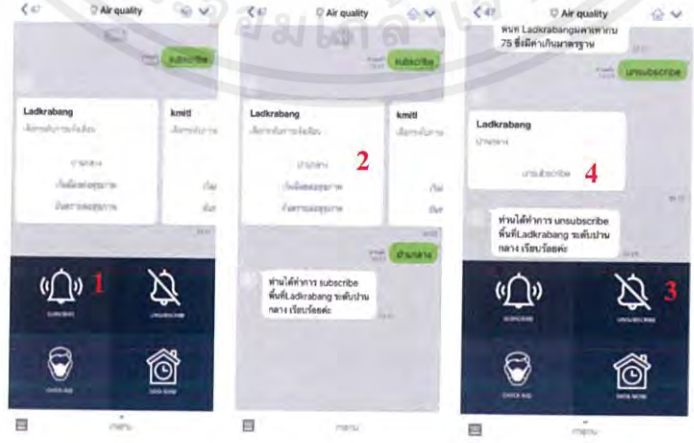
	คุณภาพอากาศระดับที่ 1	คุณภาพอากาศระดับที่ 2	คุณภาพอากาศระดับที่ 3	คุณภาพอากาศระดับที่ 4	คุณภาพอากาศระดับที่ 5
Precision	0.99	0.93	0.97	0.95	0.90
Recall	0.96	0.98	0.96	0.94	1

ตาราง 4.19 ค่า Precision และ Recall ของแต่ละระดับของคุณภาพอากาศของโมเดลที่ทำนายคุณภาพอากาศใน24ชั่วโมงข้างหน้า

	คุณภาพอากาศระดับที่ 1	คุณภาพอากาศระดับที่ 2	คุณภาพอากาศระดับที่ 3	คุณภาพอากาศระดับที่ 4	คุณภาพอากาศระดับที่ 5
Precision	0.69	0.91	0.96	0.95	0.99
Recall	0.92	0.89	0.85	0.99	0.94

4.6 การทดลองการแจ้งเตือนผ่าน LINE Application

วิธีการทดลอง



ก) ข) ค)

รูป 4.30 แสดงการใช้งานLINE BOT

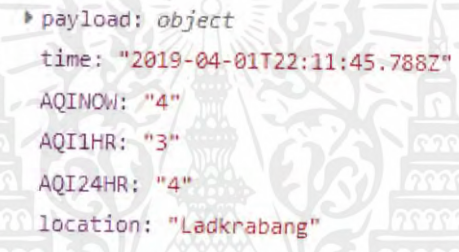
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) เป็นรูปที่แสดงขั้ ตอนการ Subscribe พื้นที่ที่ต้องการรับการแจ้งเตือน

ข) เป็นรูปที่แสดงขั้นตอนการ เลือกระดับที่ต้องการรับการแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพอากาศมีค่าเกินมาตรฐาน

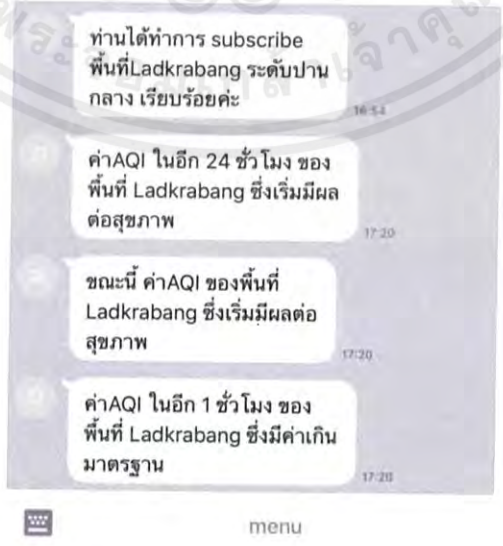
ค) เป็นรูปที่แสดงขั้นตอนการ Unsubscribe พื้นที่ที่ต้องการยกเลิกการแจ้งเตือน

ผลการทดลอง



รูป 4.31 แสดงค่า AQI ของแต่ละช่วงเวลา

จากรูป 4.31 คุณภาพอากาศปัจจุบันอยู่ในระดับที่ 4 , คุณภาพอากาศอีก 1 ชั่วโมงข้างหน้าอยู่ในระดับที่ 3 และคุณภาพอากาศอีก 24 ชั่วโมงข้างหน้าอยู่ในระดับที่ 4 จะมีการแจ้งเตือนผ่าน Line Application ดังรูป 4.32



รูป 4.32 แสดงการแจ้งเตือนผ่าน Line Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ภายในโครงงานมีการทำงานหลักอยู่ 5 ส่วน คือ การทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ, การทำงานของ Network Server, การวิเคราะห์ข้อมูล, Web Application และการแจ้งเตือนผ่าน Line Application

5.1.1 การทำงานของอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ

1) อุปกรณ์สามารถรับค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์และความดันได้
2) อุปกรณ์สามารถวัดค่าฝุ่นละอองที่มีขนาดน้อยกว่า 2.5 และ 10 ไมครอนได้
3) อุปกรณ์สามารถวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้
4) อุปกรณ์สามารถวันก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้
5) อุปกรณ์สามารถวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้
6) อุปกรณ์สามารถวัดก๊าซโอโซนได้
7) อุปกรณ์สามารถอ่านค่าแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ได้
8) อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลไปยัง Gateway ได้
9) สามารถตั้งค่า Payload ของข้อมูลที่ต้องการส่งได้
10) สามารถตั้งเวลาให้ส่งข้อมูลทุกๆ 15 นาทีหรือทุกๆเวลาอื่นๆได้

5.1.2 การทำงานของเครือข่าย LoRaWAN

1) สร้างและตั้งค่า LoRa Gateway ส่งข้อมูลที่ได้จาก LoRa Gateway ไปที่ Network Serverได้

2) สร้างและตั้งค่า Network Server ส่งข้อมูลไปยัง Application Server ที่รันอยู่ที่Clound Service บน Amazon Web Service (AWS)

3) สามารถสร้าง Storage Server สำหรับการเก็บข้อมูล และดึงข้อมูลจาก Application Serverได้แสดงผลบนหน้าWeb Application ได้

5.1.3 วิเคราะห์ข้อมูล

1) นำ Dataset หลายๆที่จากกรมควบคุมมลพิษมาทำการวิเคราะห์เพื่อทำนายคุณภาพอากาศในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 Web Application

1) สามารถดูข้อมูลแบบ real time

2) ดูข้อมูลย้อนหลังตามช่วงเวลา

3) สามารถดูข้อมูลที่ทำนายคุณภาพอากาศในอนาคตได้

5.1.5 LINE BOT

1) User สามารถเลือกพื้นที่และระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการรับการแจ้งเตือน

2) LINE BOT สามารถแจ้งเตือนเมื่อคุณภาพอากาศแต่ละพื้นที่ในเวลาปัจจุบันและอนาคตมีค่าเกินมาตรฐานตามที่ User ได้ทำการเลือกพื้นที่และระดับดังกล่าวไว้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) เนื่องจากใช้ Indoor gateway ในการส่งข้อมูลทำให้ระยะการส่งข้อมูลไม่ได้ไกลมาก ประมาณ 1.5กม.

2) ไม่สามารถวัดความถูกต้องของข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆได้เนื่องๆจากไม่มีอุปกรณ์สำหรับเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูล

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1) พัฒนา Mobile Application สำหรับดูข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ

2) เปลี่ยนไปใช้ Gateway ที่มีระยะการรับส่งข้อมูลที่ไกลขึ้น หรืออาจจะใช้บริการGateway จากผู้ให้บริการ CAT

3) พัฒนาให้ค่าเซ็นเซอร์มีค่าแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Mbed.2018. **Nucleo-L053R8**.

[Online]. Available: https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-L053R8/

Mbed.2018. **DISCO-L072CZ-LRWAN1**.

[Online]. Available: https://os.mbed.com/platforms/ST-Discovery-LRWAN1/

Kritsada Arjchariyaphat.2018. **LoRa, LoRaWAN คืออะไร มารู้จักกันดีกว่า.**

[Online]. Available: https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า - 98d20055a4ca

Prashant Ram.2018. **LPWAN, LoRa, LoRaWAN and the Internet of Things**.

[Online]. Available: https://medium.com/coinmonks/lpwan-lora-lorawan-and-the-internet -of-things-aed7d5975d5d

ST. 2018. **X-Nucleo-IKS01A2.**

[Online]. Available: https://www.st.com/en/ecosystems/x-nucleo-iks01a2.html

Seeedstudio. 2018. **Grove-Multichannel Gas Sensor.**

[Online]. Available: http://wiki.seeedstudio.com/Grove-Multichannel_Gas_Sensor/

Spec Sensor. 2017. **ULPSM-O3 968-046.**

[Online]. Available: http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-O3-968-046_8-25-17.pdf

Spec Sensor. 2016. **ULPSM-SO2 968-006.**

[Online]. Available: http://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/10/ULPSM-SO2-968-006.pdf

Ardinodev. 2012. **Standalone: Sharp Dust Sensor.**

[Online]. Available: http://arduinodev.woofex.net/2012/12/01/standalone-sharp-dust-sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ST. 2018. **Nucleo-F746ZG.**

[Online]. Available: https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f746zg.html

ST (2018), **STM32CubeL0**

[Online]. Available: https://www.st.com/en/embedded-software/stm32cubel0.html

Keil (2018), **MDK Microcontroller Development Kit**

[Online]. Available: http://www2.keil.com/mdk5/

System architecture.

[Online]. Available: https://www.loraserver.io/overview/

Rodger Lea. Node-RED: Lecture 3 – Basic nodes and flows

[Online]. Available: http://noderedguide.com/node-red-lecture-3-basic-nodes-and-flows/

Steve. Using MQTT Over WebSockets with Mosquitto

[Online]. Available: http://www.steves-internet-guide.com/mqtt-websockets/

Arianit Maraj, Shpat Berzati, Iris Efendiu, Altin Shala, Jeton Dermaku and Engin Melekoglu.

Sensing platform development for air quality measurements and analysis.

[Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org, November, 2017

Long Short Term Memory.

[Online]. Available: http://colah.github.io , August 27, 2015

Air Quality Index.

[Online]. Available: http://www.air4thai.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้