

โครงการเลขที่ วศ.คพ. P020-2/66/2566

เรื่อง

ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โดย

นายกิจพิสันต์ ทันงาน รหัส 630610716
นายชุมานนท์ พิทักษ์ รหัส 630610724

โครงการนี้

เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2566

PROJECT No. CPE P020-2/66/2566

**Occupancy monitoring system for Chiang Mai University transit electric
bus**

Chayanon Pitak 630610716

Kitpisan Tanngan 630610724

**A Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Bachelor of Engineering
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chiang Mai University
2023**

หัวข้อโครงการ : ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
: Occupancy monitoring system for Chiang Mai University transit electric bus

โดย : นายกิตติพิสันต์ ทันงาน รหัส 630610716
นายชฎาวนนท์ พิทักษ์ รหัส 630610724

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ภาสกร แซ่บประเสริฐ

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา : 2566

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กิจนุภร)

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. ภาสกร แซ่บประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร. กำพล วรดิษฐ์)

..... กรรมการ
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กิจนุภร)

หัวข้อโครงการ : ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
: Occupancy monitoring system for Chiang Mai University transit electric bus

โดย : นายกิจพิสันต์ ทันงาน รหัส 630610716
นายชฎานนท์ พิทักษ์ รหัส 630610724

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ภานุสกร แซ่บประเสริฐ

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา : 2566

บทคัดย่อ

ในระบบขนส่งมวลชนต่างๆ การมีข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้บริการขนส่งมวลชน จะช่วยให้ผู้ให้บริการ ขนส่งมวลชนนำข้อมูลที่มีเพื่อจัดการการให้บริการอย่างเหมาะสมและเพียงพอไปกับผู้ใช้บริการได้ โดยหนึ่งใน ข้อมูลที่จำเป็นต่อการให้บริการคือ ความหนาแน่นของผู้โดยสารระหว่างการให้บริการ เราจึงจัดทำ ระบบตรวจ สอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์และชุดอุปกรณ์ที่ตรวจ ผลข้อมูลที่ได้จากการวัด

Project Title : Occupancy monitoring system for Chiang Mai University transit electric bus

Name : Chayanon Pitak 630610716
Kitpisan Tanngan 630610724

Department : Computer Engineering

Project Advisor : Asst. Prof. Paskorn Champrasert, Ph.D.

Degree : Bachelor of Engineering

Program : Computer Engineering

Academic Year : 2023

ABSTRACT

In the public transportation system, having various data related to the use of public transportation services will help the service provider manage the service appropriately and satisfy the users. One of the necessary data for service provision is the occupancy during the service. We, therefore, developed a system to check the bus occupancy for the Chiang Mai University transit electric bus. The system is software and a set of devices that check the passenger on the bus at a specific time and communicate with the system developed by the project developer, to analyze and display the data obtained from the measurement.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบันรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาสกร แซ่บประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำพล วรดิษฐ์, และ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ พิทักษ์กิจนุภร คณะกรรมการที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้กรุณามอบคำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้ และการสนับสนุนอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา จนโครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ศูนย์บริหารจัดการเมืองอัจฉริยะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล การเดินรถของรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมถึงอนุเคราะห์ให้ติดตั้งชุดอุปกรณ์บันรถไฟฟ้า ของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ชั่วคราว

ขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัย OASYS ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาโครงการ

สุดท้ายนี้ ผู้พัฒนาโครงการหวังว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและ ผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

นายกิจพิสันต์ ทันงาน

นายชยุานนท์ พิทักษ์

25 มีนาคม 2567

สารบัญ

บทคัดย่อ	๑
Abstract	๒
กิตติกรรมประกาศ	๓
สารบัญ	๔
สารบัญรูป	๕
สารบัญตาราง	๖
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3.1 ขอบเขตด้านハードแวร์	1
1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้	2
1.5.1 เทคโนโลยีด้านハードแวร์	2
1.5.2 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ	3
1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม	4
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 รถรับส่งไฟฟ้าของuhn ส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	5
2.2 อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F	5
2.3 อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M	6
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32	6
2.5 โมเด็ม SIMCOM A7608	6
2.6 บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608	7
2.7 เครือข่าย LTE	7
2.8 Global Positioning System	8
2.9 โปรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP	8
2.10 โปรโตคอลการส่งข้อมูล MQTT	8
2.11 โปรโตคอลการส่งข้อมูล REST	8
2.12 โปรแกม MQTT Mosquitto	8
2.13 JavaScript	8
2.14 Node.js	9
2.15 InfluxDB	9
2.16 React.js	9
2.17 DigitalOcean Droplet	9
2.18 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ	9
2.19 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ	10

3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน	11
3.1 อุปกรณ์ตรวจวัดความหนาแน่น	11
3.1.1 โครงสร้างของอุปกรณ์	11
3.1.2 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด	11
3.1.3 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด	11
3.1.4 การส่งข้อมูล	13
3.1.5 รูปแบบการส่งข้อมูล	13
3.1.6 ระบบเขีอมต่อและแสดงผลข้อมูล	14
3.1.7 การเชื่อมต่อ (Back-end)	14
3.1.8 การแสดงผลข้อมูล (Front-end)	14
4 การทดลองและผลลัพธ์	17
4.1 ส่วนอุปกรณ์วัดความหนาแน่น	17
4.1.1 ความแม่นยำของข้อมูล	17
4.1.2 ความเสถียรของข้อมูล	19
4.2 การประเมินระบบแสดงผล	19
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	20
5.1 สรุปผล	20
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	20
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ	20
บรรณานุกรม	21
ก แบบวงจรของอุปกรณ์วัด	23
ข State Machine ของอุปกรณ์วัด	24
ช การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ	25
ช.1 ส่วนประมวลผล	25
ช.2 ส่วนอุปกรณ์วัดประตูผู้โดยสารกลาง	26
ช.3 ส่วนอุปกรณ์วัดประตูผู้โดยสารหลัง	27
ค คู่มือการใช้งานระบบ	28
ค.1 การติดตั้งโปรแกรมบนอุปกรณ์วัด	28
ค.2 การติดตั้งเซิฟเวอร์	28
ค.3 การติดตั้งเว็บไซต์	28
ประวัติผู้เขียน	29

สารบัญรูป

2.1 รถรับส่งไฟฟ้าของuhnส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	5
2.2 อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F	5
2.3 อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M	6
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32	6
2.5 โมเด็ม SIMCOM A7608	7
2.6 บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608	7
3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์	11
3.2 อุปกรณ์วัดต้นแบบ	12
3.3 State Machine ของอุปกรณ์วัด	12
3.4 การส่งข้อมูล	13
3.5 รูปแบบการส่งข้อมูล	14
3.6 Poem	15
3.7 การแลกเปลี่ยนข้อมูล	15
3.8 เว็บไซต์หน้า Home	15
3.9 เว็บไซต์หน้า Record	16
3.10 เว็บไซต์หน้า About	16
ก.1 แบบวางขอของอุปกรณ์วัด	23
ข.1 แบบวางขอของอุปกรณ์วัด	24
ข.1 การติดตั้งส่วนประมวลผล	25
ข.2 การติดตั้งส่วนอุปกรณ์วัดประตูผู้โดยสารกลาง	26
ข.3 การติดตั้งส่วนอุปกรณ์วัดประตูผู้โดยสารหลัง	27

ສາරບໍ່ຢູ່ທາງ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ในการให้บริการขนส่งมวลชนในปัจจุบัน ผู้ให้บริการจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับบริการที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งหนึ่งในข้อมูลนั้นคือข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสาร ณ เวลาหนึ่ง ซึ่งบริการรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ก็มีระบบวัดข้อมูลความหนาแน่น เช่นกัน โดยทำงานภายใต้พื้นฐานของการประมวลผลภาพจากกล้อง แต่ว่าข้อมูลที่ได้นั้นไม่แม่นยำมากพอ เนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ผู้จัดทำโครงการจึงต้องการจัดทำระบบใหม่เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการเก็บข้อมูลและแสดงผลความหนาแน่นของผู้โดยสารผ่าน โครงการนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาระบบวัดความหนาแน่นของระบบขนส่งมวลชนของรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ให้แม่นยำมากกว่าระบบที่มีอยู่เดิมและใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมจริง
2. พัฒนาระบบวัดความหนาแน่นของรถโดยสารที่มีความแม่นยำสูง และต้นทุนต่ำ
3. พัฒนาเว็บแอพพลิเคชันที่สามารถแสดงผลข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสารจากระบบที่พัฒนาขึ้น ต้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความหนาแน่นของผู้โดยสารนั้นจะพัฒนาและทดสอบการติดตั้งบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เท่านั้น ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าขนาด 16 ที่นั่ง (ไม่รวมที่นั่งคนขับ) และมีทางเข้าออกของผู้โดยสาร 2 ประตู
2. อุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่นจะวัดได้อย่างถูกเชิงพาณิชย์โดยสารของมนุษย์ ไม่รวมการโดยสารของสัตว์เลี้ยง หรือวัตถุใดๆ ที่ไม่ใช่มนุษย์
3. อุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่นจะวัดได้อย่างถูกต้องเฉพาะการเข้า-ออกโดยสารโดยสารผ่านประตูสำหรับผู้โดยสารเท่านั้น โดยต้องเข้า-ออกได้มากที่สุดประมาณ 1 คนต่อครั้ง
4. ระบบวัดความหนาแน่นที่พัฒนาขึ้นจะสามารถทำงานได้ถูกต้องในช่วงเวลาที่รถไฟฟ้าที่ถูกติดตั้งอยู่ในระหว่างการให้บริการ (07:00 น. - 22:00 น.)
5. พื้นที่อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทำงานอยู่จะต้องไม่ถูกรบกวนสัญญาณเซลลูลาร์มากเกินกว่า ระดับสิ่งแวดล้อมทั่วไป
6. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นจะไม่รบกวนการทำงานใดๆ ของรถโดยสารที่ถูกติดตั้งอยู่

1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. เว็บแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงผลข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสารจากระบบที่พัฒนาข้างต้นเท่านั้น
2. เว็บแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะแสดงผลได้อย่างถูกต้องบนเดสก์ท็อปเท่านั้น ไม่รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์พกพาที่ไม่ใช้แลปท็อป
3. เว็บแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องบนเบราว์เซอร์ที่รุ่นสูงกว่า หรือเทียบเท่ากับ Google Chrome รุ่น 45, Firefox รุ่น 34, Safari รุ่น 9, และ Microsoft Edge รุ่น 12 หรือเบราว์เซอร์อื่นๆ ที่การรองรับเทียบเท่ากับเบราว์เซอร์ที่กล่าวมา

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

สำหรับผู้ให้บริการรถโดยสาร

1. สามารถทราบความหนาแน่นของผู้โดยสารในแต่ละคัน, สถานี, สาย และช่วงเวลาได้อย่างแม่นยำโดยไม่ระบุตัวตนของผู้โดยสาร เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบโดยสารให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับผู้โดยสาร

1. สามารถทราบความหนาแน่นของผู้โดยสารในแต่ละคัน, สถานี และสาย ในปัจจุบันได้ เพื่อนำไปวางแผนการเดินทางตามข้อมูลความหนาแน่นที่ได้รับ

1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

1.5.1 เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์

1. บอร์ดสำหรับพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว LilyGo T-A7608E-H แบบไม่มี GNSS เป็นหน่วยประมวลผลหลักของอุปกรณ์วัด ซึ่งเป็นการรวมกันของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในโครงงานต่างๆ และโมเด็ม SIMCOM A7608E-H สำหรับเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์
2. อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F สำหรับวัดค่าความหนาแน่นของผู้โดยสาร
3. อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox NEO-7M สำหรับระบุตำแหน่งของรถโดยสาร
4. คอมพิวเตอร์ส่วนตัวสำหรับพัฒนาโปรแกรม

1.5.2 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์

1. PlatformIO สำหรับการพัฒนาโปรแกรมบนระบบสมองกลฝังตัว
2. Mosquitto สำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล MQTT
3. Node.js สำหรับการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างเบรกเกอร์ MQTT, ฐานข้อมูล และเว็บแอพพลิเคชัน

4. React.js สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน
5. คลาวด์ DigitalOcean สำหรับการให้บริการเว็บแอปพลิเคชัน ฐานข้อมูล โบรอกे�อร์ MQTT และระบบเชื่อมต่อ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ภาคการศึกษาที่ 2/2565

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ต.ค. 2565	พ.ย. 2565	ธ.ค. 2565	ม.ค. 2565	ก.พ. 2565	มี.ค. 2565
ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหัวข้อและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง						
ออกแบบอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น						
ออกแบบระบบเชื่อมต่อระหว่างระบบ						

ภาคการศึกษาที่ 2/2566

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ต.ค. 2566	พ.ย. 2566	ธ.ค. 2566	ม.ค. 2567	ก.พ. 2567	มี.ค. 2567
ออกแบบอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น						
จัดทำอุปกรณ์สำหรับทดสอบ						
ทดสอบวัดความหนาแน่นและการส่งข้อมูลบนสภาพแวดล้อมจำลอง						
ทดสอบและประเมินผลอุปกรณ์วัดความหนาแน่นและการส่งข้อมูลบนสภาพแวดล้อมจำลองจริง						
ออกแบบระบบเชื่อมต่อระหว่างระบบ						
ออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนติดต่อผู้ใช้						
พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน						
พัฒนาระบบท่างๆบนคลาวด์						
ประเมินผลเว็บแอปพลิเคชัน						
สรุปผลและจัดทำรายงาน						

1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ

นายกิจพิสันต์ ทันงาน รหัสนักศึกษา 630610716 รับผิดชอบในการพัฒนาระบบที่เชื่อมต่อระหว่างระบบ ฐานข้อมูล และเว็บแอปพลิเคชัน นายชญาณน์ พิทักษ์ รหัสนักศึกษา 630610724 รับผิดชอบในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น

1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม

หากโครงการนี้ประสบผลสำเร็จและมีการนำไปต่ออยอดแล้ว จะมีผลกระทบต่อการให้บริการรถโดยสารต่างๆ ที่ต้องการข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสาร เพื่อนำไปพัฒนาการให้บริการที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ ระบบโดยสารมากขึ้นได้ รวมไปถึงให้ผู้ใช้บริการสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 รถรับส่งไฟฟ้าของขนส์มวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รถรับส่งไฟฟ้าขนาด 16 ที่นั่ง (ไม่รวมคนขับ) 2 ประตู (ไม่รวมประตูผู้คนขับ) ที่ให้บริการนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการไปยังสถานที่ต่างๆ ระหว่างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปที่ 2.1: รถรับส่งไฟฟ้าของขนส์มวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.2 อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F

[6, อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F] เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดระยะห่างระหว่างตัวอุปกรณ์และวัตถุที่อยู่หน้าอุปกรณ์ ซึ่งการรวมกันของอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแสง หรือ Position Sensitive Detector (PSD), ไอโอดแบบเบล่งแสงอินฟราเรด และวงจรประมวลผลสัญญาณหรือ Signal Processing Unit โดยไอโอดแบบเบล่งแสงอินฟราเรด จะเบล่งแสงอินฟราเรดออกไป หากมีวัตถุมาช่วงทางของแสง และจะสะท้อนกลับมาอีกอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแสงแล้วส่งสัญญาณไปยังวงจรประมวลผลสัญญาณ โดยข้อมูลระยะทางจะส่งในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า ยิ่งวัตถุอยู่ใกล้ จะมีแรงดันไฟฟ้าสูง โดยอุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F จะสามารถวัดระยะห่างของวัตถุที่มีสีได้ตั้งแต่ 20 เซนติเมตร ไปจนถึง 150 เซนติเมตร



รูปที่ 2.2: อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F

2.3 อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M

[**10**, อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M] เป็นอุปกรณ์สำหรับรับ-ส่งข้อมูลตำแหน่งทาง GNSS (GPS, GLONASS, QZSS และ SBAS)



รูปที่ 2.3: อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

[**9**, ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32] เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไวไฟและบลูทูธได้ และมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้หลากหลาย โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สามารถ เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ผ่านทางอินเทอร์เฟชต่างๆ ได้ เช่น อินเทอร์เฟช UART, SPI, I2C, GPIO, ADC, DAC, PWM ฯลฯ รวมไปถึงสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมได้ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 มี ความสามารถในการทำงานต่างๆ ได้หลากหลาย



รูปที่ 2.4: ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

2.5 โมเด็ม SIMCOM A7608

โมเด็ม SIMCOM A7608 เป็นโมเด็มสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายทั้ง 4G และไวไฟ รวมไปถึงมี อินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมต่อกับโปรโตคอลต่างๆ ได้ อาทิ MQTT, HTTP ฯลฯ ทำให้สามารถใช้งานโมเด็ม SIMCOM A7608 ในการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้ผ่าน AT Command



รูปที่ 2.5: โมเด็ม SIMCOM A7608

2.6 บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608

บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608 เป็นบอร์ดสำหรับพัฒนาที่รวมเอาความหลากหลายในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายของ โมเด็ม SIMCOM A-7608 เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถใช้งานทั้งสองอุปกรณ์ในการทำงานร่วมกันได้ผ่าน Library ที่ผู้พัฒนาจัดเตรียมไว้ให้



รูปที่ 2.6: บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608

2.7 เครือข่าย LTE

[1, เครือข่าย LTE (Long Term Evolution)] เป็นเครือข่ายสื่อสารไร้สายที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไร้สาย โดยเครือข่าย LTE สามารถให้ความเร็วในการส่งข้อมูลได้สูงถึง 100 Mbps ในการส่งข้อมูล และ 50 Mbps ใน การรับข้อมูล ทำให้เครือข่าย LTE มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงกว่าเครือข่ายอื่นๆ ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไร้สาย รวมไปถึงในปัจจุบัน เครือข่าย LTE ครอบคลุมมากพอก็จะใช้งานในชีวิตประจำวัน รวมถึงในการพัฒนาโครงงานได้

2.8 Global Positioning System

Global Positioning System หรือ GPS เป็นระบบดาวเทียมนำร่องโลก เพื่อระบุข้อมูลของตำแหน่งและเวลาโดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากตำแหน่งของดาวเทียมต่างๆ ที่โคจรอยู่รอบโลกทำให้สามารถระบุตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลกและในทุกสภาพอากาศ รวมถึงสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ในการนำทางได้

2.9 โปรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP

[3, โปรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP] Hypertext transfer protocol (HTTP) เป็นโปรโตคอลหรือชุดของกฎการสื่อสารสำหรับการสื่อสารไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ เมื่อยื่มชมเว็บไซต์ เบรัวร์เชอร์จะส่งคำขอ HTTP ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ซึ่งตอบสนองด้วยการตอบสนองของ HTTP เว็บเซิร์ฟเวอร์และเบราว์เซอร์จะแลกเปลี่ยนข้อมูลเป็นข้อความธรรมดานะ

2.10 โปรโตคอลการส่งข้อความ MQTT

MQTT เป็นโปรโตคอลการส่งข้อความที่อิงตามมาตรฐาน หรือชุดของกฎที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างเครื่องต่อเครื่อง เช่นเซอร์วัสดุริยะ อุปกรณ์สมาร์ท และอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) อื่นๆ มักจะต้องส่งและรับข้อมูลผ่านเครือข่ายที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร ซึ่งมีแบบดิจิตท์จำกัด อุปกรณ์ IoT เหล่านี้ใช้ MQTT ในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากมันใช้งานง่ายและสามารถสื่อสารข้อมูล IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ MQTT รองรับการส่งข้อความจากอุปกรณ์ไปยังคลาวด์และจากคลาวด์ไปยังอุปกรณ์

2.11 โปรโตคอลการส่งข้อความ REST

Representational State Transfer (REST) เป็นสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่กำหนดเงื่อนไขว่า API ควรทำงานอย่างไร โดยแต่แรกเริ่มนั้น มีการสร้าง REST ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการสื่อสารบนเครือข่ายที่ซับซ้อน เช่น อินเทอร์เน็ต คุณสามารถใช้สถาปัตยกรรม REST เพื่อรองรับการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงและเชื่อถือได้ในทุกรายดับ คุณยังสามารถใช้และปรับเปลี่ยนสถาปัตยกรรมได้อย่างง่ายดาย โดยนำความสามารถในการมองเห็นและการเคลื่อนย้ายข้ามแพลตฟอร์มมาสู่ทุกระบบ API

2.12 โบรกเกอร์ MQTT Mosquitto

[5, โบรกเกอร์ MQTT Mosquitto] Eclipse Mosquitto เป็น open source (EPL/EDL licensed) ที่ใช้สำหรับทำเป็น Broker ในระบบ MQTT Protocol ซึ่งติดตั้งและใช้งานได้ง่าย

2.13 JavaScript

[7, JavaScript] JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาเว็บร่วมกับ HTML เพื่อให้เว็บมีลักษณะแบบไดนามิก หมายถึง เว็บสามารถตอบสนองกับผู้ใช้งานหรือแสดงเนื้อหาที่แตกต่างกันไปโดยจะอ้างอิงตามเว็บบราวเซอร์ที่ผู้เข้าชมเว็บใช้งานอยู่

2.14 Node.js

[8, Node.js] Node.js เป็นชุดเครื่องมือในการแปลงคำสั่งของ JavaScript และ เป็น JavaScript Runtime Environment กล่าวคือ สามารถนำ JavaScript ไปรันใน Windows , Mac , Linux ได้ โดยไม่เข้ากับ Web Browser ส่งผลให้สามารถรันโค้ด JavaScript ด้วย Nodejs ได้เลย

2.15 InfluxDB

[11, InfluxDB] Influxdb คือ Time series database ความหมายคือ การเก็บบันทึกข้อมูลโดยมีค่าของเวลาเป็นตัวอ้างอิง การเก็บข้อมูลไว้ใน Influxdb ส่งมาได้จากหลายแหล่ง รวมทั้งที่ส่งมาจาก Embedded device อย่าง ESP8266 ได้ เช่น กัน

2.16 React.js

[4, React.js] React เป็น JavaScript library ที่ใช้สำหรับสร้าง user interface ที่ให้เราสามารถเขียนโค้ดในการสร้าง UI ที่มีความซับซ้อนและเป็นส่วนเล็กๆ ออกจากกันได้ ซึ่งแต่ละส่วนสามารถแยกการทำงานออกจากกันได้อย่างอิสระ และทำให้สามารถนำชิ้นส่วน UI เหล่านั้นไปใช้ซ้ำได้อีก

2.17 DigitalOcean Droplet

[2, DigitalOcean] DigitalOcean เป็นผู้ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานระบบคลาวด์ชั้นนำที่นำเสนอแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่าย ยืดหยุ่น และปรับขนาดได้สำหรับนักพัฒนาในการปรับใช้ จัดการ และปรับขนาดแอปพลิเคชันโดยมุ่งเน้นที่การลดความซับซ้อนของโครงสร้างพื้นฐานเว็บและนำเสนอประสบการณ์ผู้ใช้ที่เป็นธรรมชาติ ชุดผลิตภัณฑ์หลักประกอบด้วยเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Droplets) Kubernetes ที่มีการจัดการ (DigitalOcean Kubernetes) ที่จัดเก็บวัตถุ (Spaces) และฐานข้อมูลที่มีการจัดการ (ฐานข้อมูลที่มีการจัดการ DigitalOcean) รวมถึงบริการอื่นๆ

2.18 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงงาน

- 261102 Computer Programming - พื้นฐานการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 261207 Basic Computer Engineering Laboratory - พื้นฐานการเขียนเว็บแอปพลิเคชันและการส่งข้อมูล
- 252281 Fundamental of Electronics Circuits for ISNE, 261210 Logic and Digital Circuits - การวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิทัล
- 261214 Microprocessor and Interfacing - การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
- 261342 Fundamentals of Database Systems - พื้นฐานการออกแบบและใช้งานฐานข้อมูล
- 261441 Internet of Things and Big Data - การส่งข้อมูลและรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งและเครือข่าย

2.19 ความรู้นักอุปกรณ์สูตรชีงคูณสำหรับใช้ในโครงการ

- การใช้งานบอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608
- การใช้งานอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M
- การออกแบบระบบบนคลาวด์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu รวมไปถึงการให้บริการระบบต่างๆบนคลาวด์
- การออกแบบและจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบ Time Series

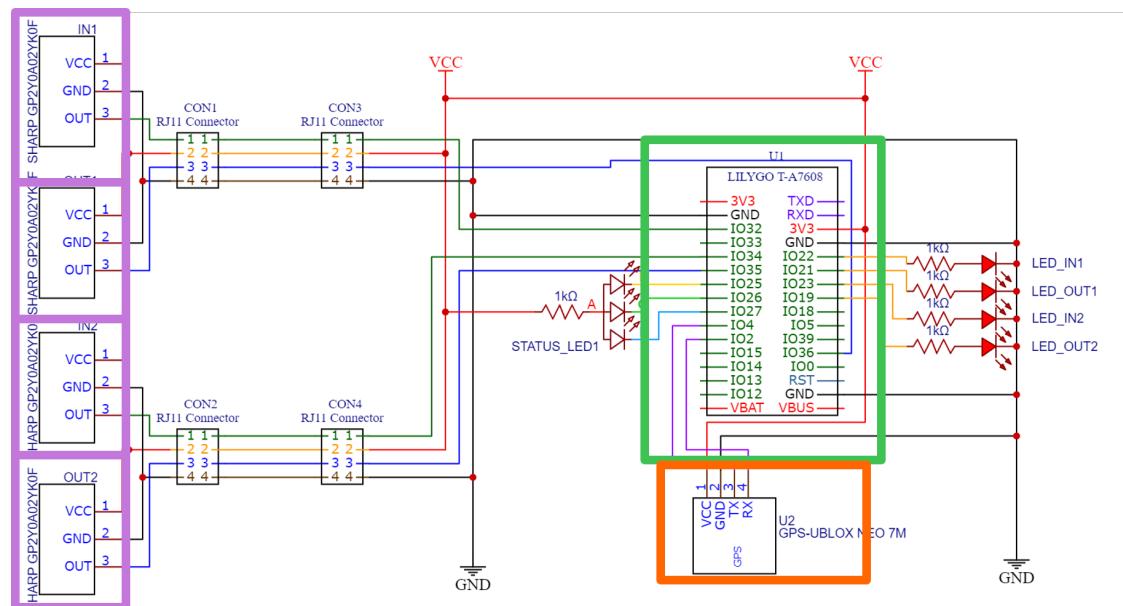
บทที่ 3

โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ และการออกแบบระบบ

3.1 อุปกรณ์ตรวจวัดความหนาแน่น

3.1.1 โครงสร้างของอุปกรณ์



รูปที่ 3.1: โครงสร้างวงจรของอุปกรณ์

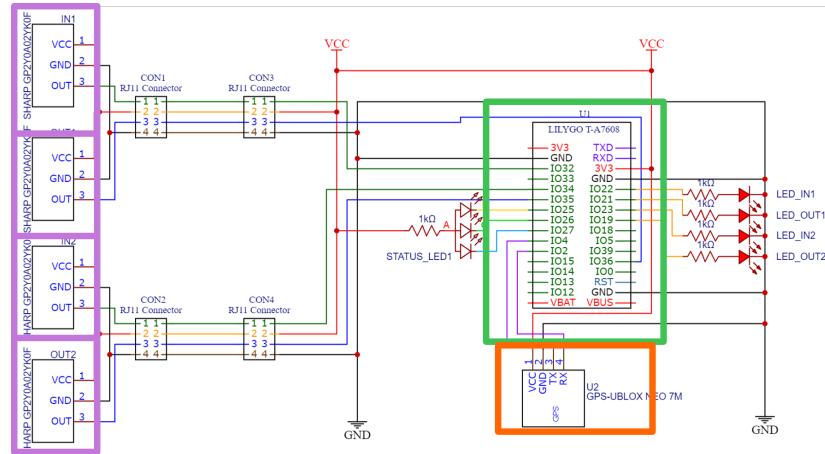
อุปกรณ์จะประกอบไปด้วย

- บอร์ดสำหรับพัฒนา LILYGO T-A7608 (สีเขียวดังภาพที่ 3.2) สำหรับประมวลผลข้อมูลที่ได้จาก อุปกรณ์วัดต่างๆ และรับ-ส่งข้อมูลกับระบบเชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล
- อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS u-blox Neo-7M (สีส้มดังภาพที่ 3.2) สำหรับ รับ-ส่งค่าตำแหน่งของ อุปกรณ์
- อุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F 4 ชิ้น โดยติดประคุล 2 ชิ้น ใกล้ กันในแนวระนาบ สำหรับวัดการ เข้า-ออก ของผู้โดยสาร

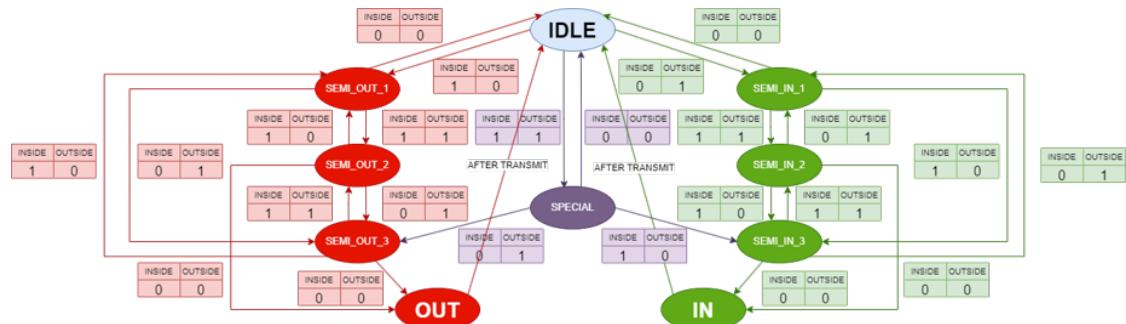
3.1.2 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด

3.1.3 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัด

อุปกรณ์จะวัดความหนาแน่นโดยดูจากการเข้า-ออกของผู้โดยที่ประตูผู้โดยสารที่ประตูผู้โดยสารที่ประตูผู้โดยสารดัง State Machine ที่ 3.3 โดยหากมีวัตถุอยู่หน้าอุปกรณ์วัดระยะห่างน้อยกว่าที่กำหนด จะนับว่าอุปกรณ์วัดนั้นมีค่าเป็น 1



รูปที่ 3.2: อุปกรณ์วัดต้นแบบ (บอร์ดพัฒนาและอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล GNSS อยู่ที่กล่องกลาง ส่วนอุปกรณ์วัดระยะห่างโดยใช้ชิ้นฟราเรด อยู่ที่กล่องซ้ายและขวา)



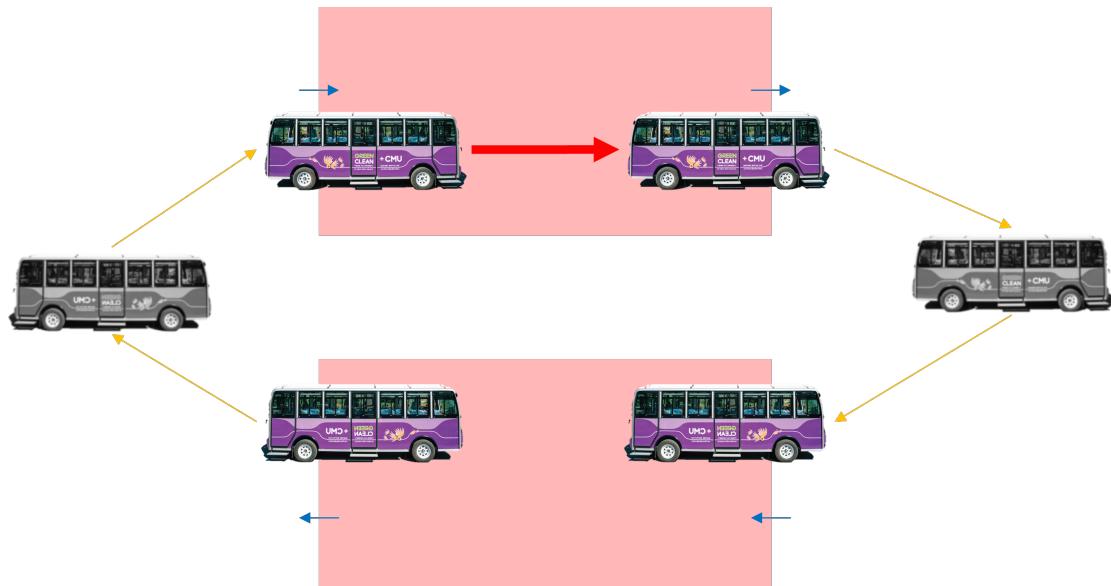
รูปที่ 3.3: State Machine ของอุปกรณ์วัด

และเป็น 0 ในทางตรงกันข้าม สำหรับอุปกรณ์วัดการเข้าออกจะเป็น 2 ชุด แต่ละชุดจะมี INSIDE สำหรับอุปกรณ์ผู้ให้กล้องผู้โดยสาร และ OUTSIDE สำหรับอุปกรณ์ผู้ให้กล้องผู้โดยสาร และจะส่งข้อมูลของแต่ละชุดไปยังอุปกรณ์พัฒนาเพื่อประมวลผลข้อมูล ที่มีสถานะดังนี้

- IDLE : สถานะเริ่มต้น
- SEMI_OUT_1: อุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE ตรวจพบวัตถุก่อน
- SEMI_OUT_2: อุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE และ OUTSIDE ตรวจพบวัตถุพร้อมกันหลัง SEMI_OUT_1
- SEMI_OUT_3: อุปกรณ์วัดระยะห่าง OUTSIDE ตรวจพบวัตถุหลังอุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE ไม่ตรวจพบวัตถุ
- OUT: ผู้โดยสารออกจากรถโดยสาร (นับผู้โดยสารลดลง 1)
- SEMI_IN_1: อุปกรณ์วัดระยะห่าง OUTSIDE ตรวจพบวัตถุก่อน
- SEMI_IN_2: อุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE และ OUTSIDE ตรวจพบวัตถุพร้อมกันหลัง SEMI_IN_1

- SEMI_IN_3: อุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE ตรวจพบวัตถุหลังอุปกรณ์วัดระยะห่าง OUTSIDE ไม่ตรวจพบวัตถุ
- IN: ผู้โดยสารเข้าสู่รถโดยสาร (นับผู้โดยสารเพิ่มขึ้น 1)
- SPECIAL: อุปกรณ์วัดระยะห่าง INSIDE และ OUTSIDE ตรวจพบวัตถุพร้อมกันหลัง IDLE

3.1.4 การส่งข้อมูล



รูปที่ 3.4: การส่งข้อมูล

อุปกรณ์จะรับข้อมูลพื้นที่สถานีจากระบบเชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล และส่งข้อมูลของตัวเองไปยังระบบ เชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล (ลูกศรสีน้ำเงินดังภาพที่ 3.4) โดยใช้ระบบ MQTT เมื่อรถโดยสารเข้าสู่สถานี และออกจากสถานี(กรอบสีแดงดังภาพที่ 3.4) รวมไปถึงหากไม่เข้า - ออกสถานีเกิน 5 นาที ก็จะส่งข้อมูลเช่น กัน การตรวจดูความหนาแน่นจะเกิดขึ้นเมื่อรถโดยสารอยู่ในเขตสถานีเท่านั้น

3.1.5 รูปแบบการส่งข้อมูล

อุปกรณ์จะส่งข้อมูลภาพรวมของความหนาแน่นทุกครั้งที่เข้า/ออกสถานี ดังนี้

- หมายเลขอุปกรณ์
- เวลาที่เข้า/ออกสถานี
- เวลาที่รีเซ็ตข้อมูล (โดยปกติจะเป็นเวลาเที่ยงคืน และ เวลาเปิดเครื่อง)
- ตำแหน่งของอุปกรณ์
- ข้อมูลความหนาแน่น (จำนวนคนเข้า/ออก จำนวนคนบนรถในปัจจุบัน)

```
{  
    id: string  
    time: string  
    lastReset: string  
    location:  
    {  
        latitude: float  
        longitude: float  
    }  
    data:  
    {  
        enter: int  
  
        exit: int  
  
        current: int  
    }  
}
```

รูปที่ 3.5: รูปแบบการส่งข้อมูล

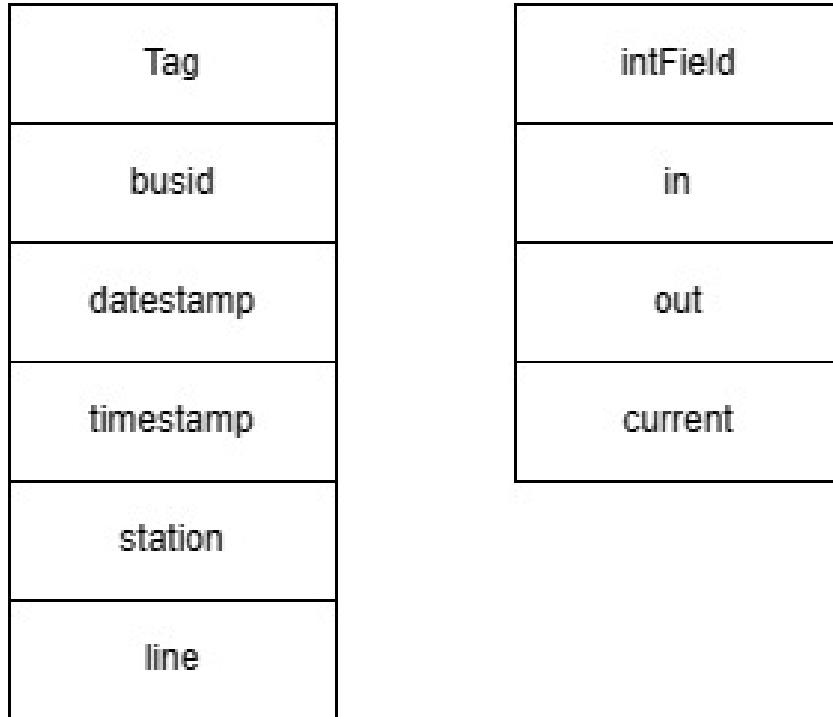
3.1.6 ระบบเชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล

3.1.7 การเชื่อมต่อ (Back-end)

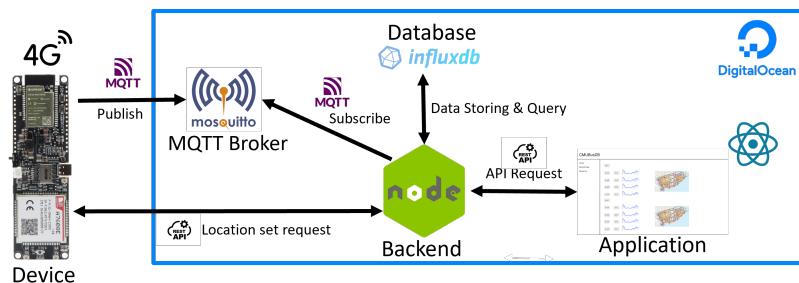
จะรับข้อมูลมาจากการอุปกรณ์ IoT โดยใช้ระบบ MQTT และนำมาประมวลผลโดยใช้ Node.js และนำข้อมูลส่งไปที่การแสดงผลโดยใช้ API ของ Express เพื่อนำข้อมูลส่งขึ้นไปการแสดงผล และนำข้อมูลไปเก็บไว้ใน Database ของ Influxdb

3.1.8 การแสดงผลข้อมูล (Front-end)

รับข้อมูลจาก Back-end จากการ Fetch ข้อมูลที่ส่งมาจาก API และนำมาแสดงผลโดยใช้ React.js โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลปัจจุบัน และสามารถเข้าถึงข้อมูลในอดีตได้



รูปที่ 3.6: Database Schema



รูปที่ 3.7: การแลกเปลี่ยนข้อมูล



รูปที่ 3.8: เว็บไซต์หน้า Home

CMUBus Database

เลือกค่า ▾

Home	bus no.	date	time	Route	station	in	out	current
Record	33	29/03/2024	03:40:43	3	สถานีขนส่งผู้โดยสารฯ เชียงใหม่	0	0	0
	33	29/03/2024	03:32:55	3	สถานีขนส่งผู้โดยสารเชียงใหม่ (อุบลารักษ์)	3	0	3
About	33	29/03/2024	03:34:13	3	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (เชียงใหม่)	0	1	2
	33	29/03/2024	03:04:18	3	ไปรษณีย์	0	0	0
	33	29/03/2024	03:36:29	3	ถนนสุขุมวิท	0	2	0
	33	29/03/2024	03:38:07	3	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	0	0	0
	33	29/03/2024	03:38:46	3	สถานี HBT ถนนสุขุมวิท	0	0	0
	33	29/03/2024	03:39:37	3	สำนักงานเขตฯ	0	0	0

เมื่อกำหนดเดือน
29/03/2024

Page 1

bus no.	date	time	Route	station	in	out	current	
33	27/02/2024	05:15:32	3	สถานีขนส่งผู้โดยสารเชียงใหม่ (อุบลารักษ์)	0	0	0	
	33	27/02/2024	05:15:36	3	สถานีขนส่งผู้โดยสารเชียงใหม่ (อุบลารักษ์)	0	0	0

รูปที่ 3.9: เว็บไซต์หน้า Record

CMUBus Database

ขออภัยในความไม่สะดวก
หน้า Home

ขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลทางานสำหรับวันนี้ แต่จะอัปเดตในวันถัดไป และมีร้านอาหารและสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจให้คุณได้สำรวจ

หน้า Record

หน้า Record จะแสดงผลลัพธ์ของการเดินทางของสายรถเมล์ด้วยเส้นสีตามเส้นทางที่กำหนด

ข้อมูลเดินทางจะถูกอัปเดตทุก 30 วินาที

หมายเหตุ: ข้อมูลเดินทางจะถูกอัปเดตทุก 30 วินาที

หน้า About

หน้า About จะแสดงข้อมูลเชิงเทคนิคเกี่ยวกับเว็บไซต์ เช่น ชื่อเว็บไซต์ ผู้ดูแล รายละเอียดของเว็บไซต์ ฯลฯ

หน้า Contact

หน้า Contact จะแสดงข้อมูลการติดต่อ เช่น อีเมล โทรศัพท์ ฯลฯ

หน้า FAQ

หน้า FAQ จะแสดงคำถามและคำตอบที่พบบ่อยที่สุด

หน้า Help

หน้า Help จะแสดงข้อมูลเชิงเทคนิคเกี่ยวกับการใช้งานเว็บไซต์

หน้า Privacy Policy

หน้า Privacy Policy จะแสดงนโยบายความเป็นส่วนตัวของเว็บไซต์

หน้า Terms of Service

หน้า Terms of Service จะแสดงเงื่อนไขการใช้งานของเว็บไซต์

หน้า Accessibility Statement

หน้า Accessibility Statement จะแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการเข้าถึงของผู้พิการ

หน้า Legal Notices

หน้า Legal Notices จะแสดงข้อมูลกฎหมายและข้อกำหนดทางกฎหมาย

หน้า Sitemap

หน้า Sitemap จะแสดงแผนผังของเว็บไซต์

หน้า Search

หน้า Search จะแสดงฟอร์มค้นหา

หน้า Footer

หน้า Footer จะแสดงข้อมูลเชิงเทคนิค เช่น ลิขสิทธิ์ แหล่งที่มา ฯลฯ

รูปที่ 3.10: เว็บไซต์หน้า About

บทที่ 4

การทดลองและผลลัพธ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากการวัดผลส่วนต่างๆของโครงงาน ดังนี้

4.1 ส่วนอุปกรณ์วัดความหนาแน่น

โดยได้ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบบนรถไฟฟ้าของตนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในช่วงวันที่ 25 มีนาคม 2567 ถึงวันที่ 29 มีนาคม 2567 โดยติดตั้งบนรถสายที่ 3 หมายเลข 33 มีเวลาให้บริการตั้งแต่ 09:10 น. ถึง 22:00 น.

4.1.1 ความแม่นยำของข้อมูล

เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบที่เทียบกับข้อมูลจริงของผู้โดยสาร โดยการนั่งโดยสารและนับความหนาแน่นจริงบนรถโดยสาร เทียบกับค่าที่เขียนในระบบ ทดสอบกับช่วงเวลา 2 ชั่วโมงโดยประมาณ เป็นเวลา 2 วัน โดยมีผลการทดลองดังนี้

วันที่ 27 มีนาคม 2567

เวลา 12:35 น.

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้า ชุมชน.	4	0	4	3	0	3	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคารปฏิบัติการกลางและวิทยาศาสตร์	6	0	6	4	0	4	2	0	2	12.5	0	12.5
โรงพยาบาลเชียงใหม่ศรีราชา (ตรงข้าม)*	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
ไปรษณีย์	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
ลานจอดรถ อ่าม嘎้ว	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
โรงพยาบาลเชียงใหม่ศรีราชา	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
อาคาร HB7 คอมมูนิคेशั่น	6	6	0	4	1	3	2	5	3	12.5	31.25	18.75
สำนักหอสมุด	6	6	0	4	1	3	2	5	3	12.5	31.25	18.75
สถานีกลางรถไฟฟ้า ชุมชน.	6	6	0	4	1	3	2	5	3	12.5	31.25	18.75

* ตั้งค่าสถานีผิด จึงทำให้ค่าความหนาแน่นบนระบบไม่ถูกต้อง ให้แก้ไขแล้วในรอบถัดไป
เวลา 12:55 น.

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้า ชุมชน.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางและวิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงพยาบาลเชียงใหม่ศรีราชา (ตรงข้าม)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไปรษณีย์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ลานจอดรถ อ่าม嘎้ว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงพยาบาลเชียงใหม่ศรีราชา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คอมมูนิคेशั่น	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สำนักหอสมุด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สถานีกลางรถไฟฟ้า ชุมชน.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เวลา 13:15 น.

สถานี	ความหมายแน่นจริง (คง)			ความหมายแน่นบรรยาย (คง)			ผลต่าง (คง)			ร้อยละที่คาดคะเนอ่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางบางโพทิพย์ ชุมชน.	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคารปฏิบัติการกลาโหมและวิทยาศาสตร์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
โรงพยาบาลคณฑ์รัชดาลัย (ตรงข้าม)	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
ไปรษณีย์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
ลานจอดรถ อ่างแก้ว	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
โรงพยาบาลคณฑ์บุรีราษฎร์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคาร HB7 คณฑ์มนุษยศาสตร์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
สำนักหอสมุด	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6.25	0
สถานีกลางบางโพทิพย์ ชุมชน.	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6.25	0

เฉลี่ยแล้วกิจกรรมการเข้า-ออกรวมคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ **1.89** และ จำนวนผู้โดยสารบนรถคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ **6.25**

วันที่ 28 มีนาคม 2567

เวลา 09:00 น.

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกรุงเทพฯฟ้า ชุมชน.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารภูมิบัตigrุงราษฎร์วิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงพยาบาลรัตนโกสินทร์ (ตรงข้าม)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไพรัตน์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ลานจอดรถ ย่างก้าว*	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โรงพยาบาลรามคำแหง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คอมมูนิตี้ไฮสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สำนักหอสมุด	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
สถานีกรุงเทพฯฟ้า ชุมชน.	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0

* ตั้งค่าสถานีผิด จึงทำให้มีเมล์ข้อมูลส่งออกมา ได้แก่ไขแล้วในรอบถัดไป เวลา 09:30 น.

เวลา 10:00 น.

เวลา 10:30 น.

สถานี	ความเห็นเมื่อจริง (คน)			ความเห็นเมื่อบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกงลางเดไฟฟ้า ชลบุรี	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณฑ์วิทยาศาสตร์ โรงอาหารคณฑ์รัฐศาสตร์ (ตรงข้าม)	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
ไปรษณีย์	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
สถานีหอดรถ อ่างแก้ว	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณฑ์มูลย์ศาสตร์	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณฑ์มูลย์ศาสตร์	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
สำนักหอสมุด	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
สถานีกงลางเดไฟฟ้า ชลบุรี	2	2	0	2	1	1	0	0	0	6.25	6.25	6.25

เฉลี่ยแล้วกิจกรรมการเข้า-ออกรวมคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ **0.11** และ จำนวนผู้โดยสารบนรถคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ **0.23**

ผู้จัดทำโครงการตั้งเป้าหมายว่าระบบใหม่จะต้องมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและสูงสุดน้อยกว่าร้อยละ 20 (ประมาณ ± 3 คน สำหรับรถ 16 ที่นั่ง) พบว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมาย แต่ความคลาดเคลื่อนสูงสุดสูงกว่าเป้าหมายอย่างไรก็ตาม การวัดผลยังตัดสินประสิทธิภาพได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากระหว่างการทดสอบ มีการปรับปรุงระบบเนื่องจากข้อผิดพลาดที่พบ และยังไม่ได้ทดสอบกับเหตุการณ์ที่ผู้โดยสารคับคั่งมากกว่านี้

4.1.2 ความเสถียรของข้อมูล

ตรวจสอบการส่งข้อมูลผ่านเว็บแอพพลิเคชัน

ผู้จัดทำโครงการตั้งเป้าหมายว่าระบบใหม่จะต้องคลอ卜คลุ่มตลอดช่วงร้อยละ 85 ของการให้บริการ (7.65 ชั่วโมง จาก 9 ชั่วโมง) แต่จากการตรวจสอบพบว่ามีการส่งข้อมูลเพียง 2 ชั่วโมง จาก 9 ชั่วโมง หรือร้อยละ 22.22 ซึ่งยังไม่ครอบคลุมตลอดช่วงเวลาที่กำหนด จากการสำรวจ พบร่วมกับปัญหาที่อุปกรณ์ใช้กระแสน้ำฟื้ฟ่ายมาเกินไป รวมไปถึงแบบเตอร์ที่ใช้งานนั้นเสื่อมสภาพ ทำให้ไม่ครอบคลุมตามที่คำนวณไว้

4.2 การประเมินระบบแสดงผล

โดยให้ผู้ให้บริการจาก ศูนย์บริหารจัดการเมืองอัจฉริยะ มหาวิทยาลัย(SCMC) ใช้งานระบบแสดงผลและประเมินโดยการให้สัมภาษณ์กับผู้จัดทำโครงการ โดยคาดหวังไว้อยู่ที่ร้อยละ 80 ซึ่งหลังจากการปรับปรุงและประเมินครั้งสุดท้าย พบร่วมกับผู้จัดทำได้ผลลัพธ์เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 83

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ในการทำโครงการนี้ พบร่วมกับปัญหาหลักๆ ดังนี้

- ปัญหาเกี่ยวกับปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่มากเกินไป
- ปัญหาเกี่ยวกับ GPS ที่ระบุตำแหน่งได้ยาก เนื่องจากอุปกรณ์อยู่ในรถโดยสาร แต่เสา GPS จำเป็นจะต้องอยู่ด้านนอก แต่ทำไม่ได้
- การพัฒนาระบบของการแสดงผลลัพธ์ที่มีปัญหานี้ในเรื่องของการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT และทาง server จึงมีความล่าช้า
- ทางระบบ cloud ที่ได้เปิดขึ้นนั้นมีขนาดความจุที่อาจจะไม่เพียงพอเนื่องจากได้นำระบบทั้งหมดไปส่งไว้ที่ cloud ทำให้ระบบ cloud นั้นอาจจะล่มได้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงการนี้ต่อไป มีดังนี้

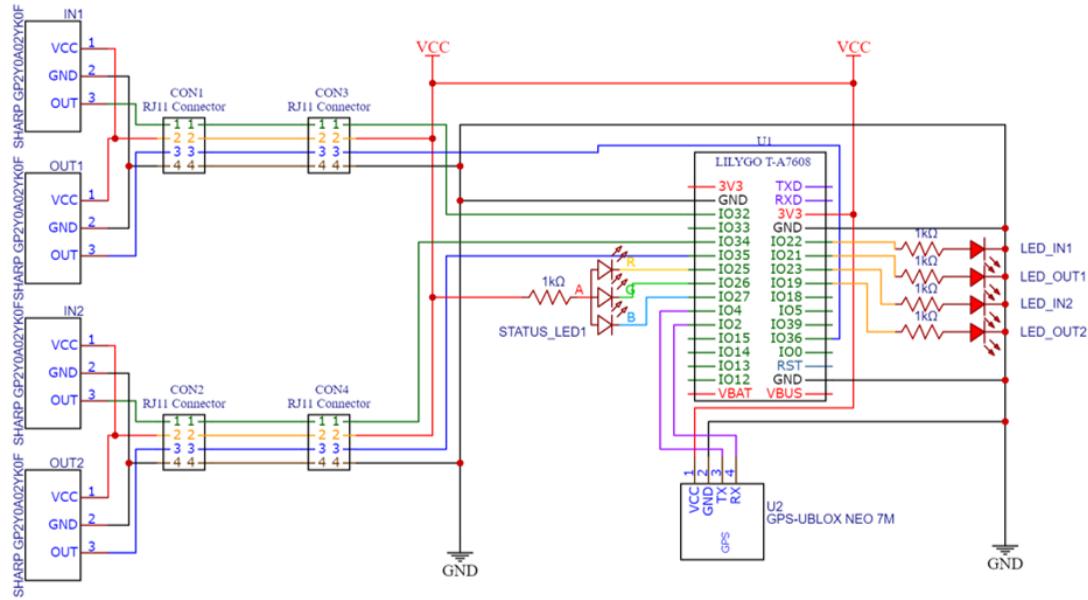
- การลดปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ อีกหนึ่งวิธีที่สามารถลดความต้องการไฟฟ้าลงได้คือการนำอุปกรณ์ที่ไม่ใช้งานแล้ว ให้ปิดการทำงาน
- พัฒนาให้ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์บนรถโดยสาร เนื่องจากมีระบบไฟที่พร้อมกว่า รวมไปถึงได้เขื่อมต่อเครือข่ายและมี GPS ในตัวเรียบร้อยแล้ว
- พัฒนาให้ดูดี แข็งแรง สามารถติดตั้งได้อย่างมั่นคง และสามารถใช้งานได้ง่าย
- สามารถนำไปพัฒนาเพื่อรับได้หลายสายขันส่งพร้อมกันได้
- สามารถนำไปพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มความสวยงามและใช้งานได้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] 3GPP. Ultra-utran long term evolution (lte) and 3gpp system architecture evolution (sae). https://web.archive.org/web/2021090902023/ftp://ftp.3gpp.org/Inbox/2008_web_files/LTA_Paper.pdf, 2008. เข้าถึงเมื่อ: 25 มีนาคม 2567.
- [2] AppMaster. Digitalocean. <https://appmaster.io/th/blog/digitalocean-khuue-aair>, 2023. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [3] AWS. Http protocol. <https://aws.amazon.com/th/compare/the-difference-between-https-and-http/>, 2023. เข้าถึงเมื่อ: 25 มีนาคม 2567.
- [4] Ltd. Borntodev Co. Http protocol. <https://www.borntodev.com/2020/07/15/react-101/>, 2023. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [5] Choonewza. Mosquitto. <https://choonewza.medium.com/การ-ติดตั้ง-mosquitto-ให้กับ-raspberry-pi-d6c8ea57b441>, 2018. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [6] Sharp. เอกสารข้อมูล sharp gp2y0a02yk0f. https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a02yk_e.pdf. เข้าถึงเมื่อ: 25 มีนาคม 2567.
- [7] KongRukSiam Studio. Javascript. <https://kongruksiam.medium.com/%E0%B8%99%E0%B8%A3-javascript-%E0%B8%A2%E0%B8%A2-nodejs-8b5041853eae>, 2022. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [8] KongRukSiam Studio. Node.js. <https://kongruksiam.medium.com/%E0%B8%99%E0%B8%A3-javascript-%E0%B8%A2%E0%B8%A2-nodejs-8b5041853eae>, 2022. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [9] Espressif Systems. เอกสารข้อมูล esp32. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf, 2024. เข้าถึงเมื่อ: 25 มีนาคม 2567.
- [10] u-blox. เอกสารข้อมูล u-blox neo-7. <https://content.u-blox.com/sites/default/> เข้าถึงเมื่อ: 25 มีนาคม 2567.
- [11] สุพจน์ แซ่เอีย. Influxdb. <https://supotsaeea-2504.medium.com/ติดตั้ง-influxdb-บน-termux-c71f1aa9fe6d>, 2021. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.

ภาคผนวก

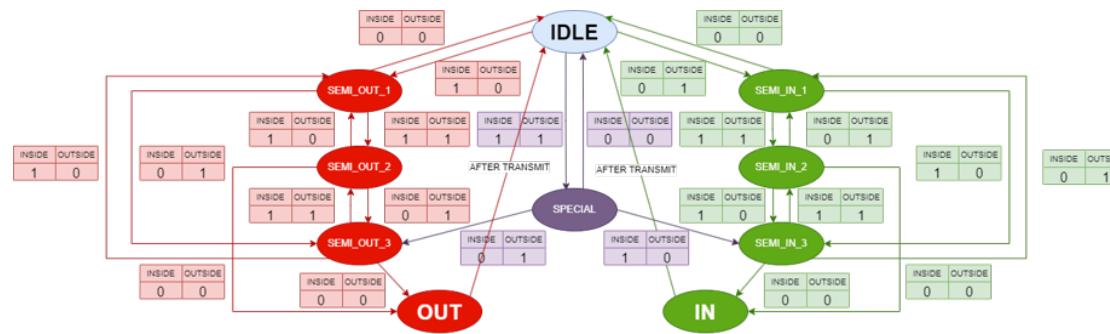
ภาคผนวก ก
แบบวงจรของอุปกรณ์วัด



รูปที่ ก.1: แบบวงจรของอุปกรณ์วัด

ภาคผนวก ข

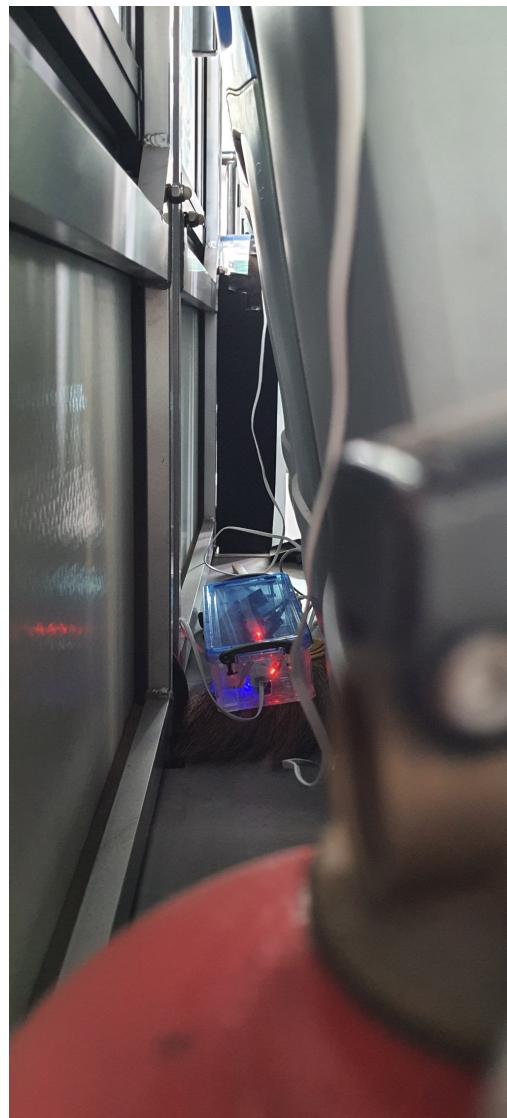
State Machine ของอุปกรณ์วัด



รูปที่ ข.1: แบบวงจรของอุปกรณ์วัด

ภาคผนวก ข
การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

ข.1 ส่วนประมวลผล



รูปที่ ข.1: การติดตั้งส่วนประมวลผล

ติดตั้งส่วนประมวลผลที่เบ้าหลังระหว่างประตูของรถโดยสาร

ข.2 ส่วนอุปกรณ์วัดประตุผู้โดยสารกลาง



รูปที่ ข.2: การติดตั้งส่วนอุปกรณ์วัดประตุผู้โดยสารกลาง

ติดสูงเหนือจากพื้น 80 เซนติเมตร

ข.3 ส่วนอุปกรณ์วัดประตุผู้โดยสารหลัง



รูปที่ ข.3: การติดตั้งส่วนอุปกรณ์วัดประตุผู้โดยสารหลัง

ติดสูงเหนือจากพื้น 75 เซนติเมตร
โดยส่วนอุปกรณ์วัดจะเชื่อมต่อกับส่วนประมาณผลด้วยสาย RJ11

ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานระบบ

ค.1 การติดตั้งโปรแกรมบนอุปกรณ์วัด

หลังจากต่อวงจรตามแบบบางจระและใส่ชิมการ์ดที่เมืองเตอร์เน็ตแล้ว ทำการ git clone ที่ <https://github.com/IkaWaAyuMu/261492-hw> เปิดผ่าน Visual Studio Code ที่ลง platform.io ไว้ จากนั้นตั้งค่า src/MQTT_credentials.h.sample ให้เรียบร้อยแล้วเดิมชื่อเป็น src/MQTT_credentials.h และทำการอัพโหลดโปรแกรมลงในอุปกรณ์วัด หากต้องการตั้งค่าใดๆ เช่น pin สามารถตั้งได้ที่ src/utilities.h

ค.2 การติดตั้งเซิฟเวอร์

ทำการ git clone ที่ <https://github.com/DifficultIV/261492-Backend> จากนั้นให้ทำการพิมพ์คำสั่ง npm install ลงใน terminal เพื่อทำการโหลดข้อมูลที่ต้องใช้(ใช้คำสั่งนี้เพียงครั้งแรกเท่านั้น) และพิมพ์คำสั่ง node -env-file=.env server.js เพื่อทำการเริ่มการทำงานของเซิฟเวอร์

ค.3 การติดตั้งเว็บไซต์

ทำการ git clone ที่ <https://github.com/DifficultIV/261492-Occupancy-monitoring> จากนั้นให้ทำการพิมพ์คำสั่ง cd react-app ลงใน terminal เพื่อเข้าไปยังโฟลเดอร์ react-app จากนั้นให้ทำการพิมพ์คำสั่ง npm install เพื่อทำการโหลดข้อมูลที่ต้องใช้(ใช้คำสั่งนี้เพียงครั้งแรกเท่านั้น) และพิมพ์คำสั่ง npm start เพื่อทำการเริ่มการทำงานของเว็บไซต์

ประวัติผู้เขียน



นายกิจพิสันต์ ทันงาน เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร



นายชญานนท์ พิทักษ์ เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชากรรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2563 โดยมีความสนใจในเรื่องอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งและการจัดการข้อมูล