

โครงการเลขที่ วศ.คพ. P020-2/66/2566

เรื่อง

ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โดย

นายกิจพิสันต์ ทั่นงาน รหัส 630610716

นายชญานนท์ 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 : นายกิจพิสันต์ ทันทาน รหัส 630610716
นายชญานนท์ พิทักษ์ รหัส 630610724

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ภาสกร แซ่มประเสริฐ

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา : 2566

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กัญญ์)

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. ภาสกร แซ่มประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร. กำพล วรดิษฐ์)

..... กรรมการ
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กัญญ์)

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

โดย : นายกิจพิสันต์ ทันทงาน รหัส 630610716
นายชญานนท์ พิทักษ์ รหัส 630610724

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ภาสกร แซ่มประเสริฐ

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา : 2566

บทคัดย่อ

ในระบบขนส่งมวลชนต่างๆ การมีข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการขนส่งมวลชน จะช่วยให้ผู้ให้บริการขนส่งมวลชนนำข้อมูลที่มีเพื่อจัดการการให้บริการอย่างเหมาะสมและพึงพอใจกับผู้ใช้บริการได้ โดยหนึ่งในข้อมูลที่จำเป็นต่อการให้บริการคือ ความหนาแน่นของผู้โดยสารระหว่างการให้บริการ เราจึงจัดทำ ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์และชุดอุปกรณ์ที่ตรวจสอบผู้ใช้บริการรถโดยสาร ณ เวลาหนึ่ง, สื่อสารกับระบบที่ผู้พัฒนาโครงการจัดทำขึ้น เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวัด

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 ระบบตรวจสอบความหนาแน่นบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาสกร แซ่มประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำพล วรดิษฐ์, และ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ พิทักษ์กัญญกร คณะกรรมการที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้ และการสนับสนุนอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา จนโครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ศูนย์บริหารจัดการเมืองอัจฉริยะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล การเดินรถของรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมถึงอนุเคราะห์ให้ติดตั้งชุดอุปกรณ์บนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ชั่วคราว

ขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัย OASYS ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการพัฒนาโครงการ

สุดท้ายนี้ผู้พัฒนาโครงการหวังว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและ ผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

นายกิจพิสันต์ ทันทาน

นายชญานนท์ พิทักษ์

25 มีนาคม 2567

สารบัญ

บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์	1
1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้	2
1.5.1 เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์	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 รถรับส่งไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	5
2.2 อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด 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 โพรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP	8
2.10 โพรโตคอลการส่งข้อความ MQTT	8
2.11 โพรโตคอลการส่งข้อความ REST	8
2.12 โบรกเกอร์ 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
3.2	ระบบเชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล	11
3.2.1	การเชื่อมต่อ (Back-end)	11
3.2.2	การแสดงผลข้อมูล (Front-end)	11
4	การทดลองและผลลัพธ์	12
4.1	ส่วนอุปกรณ์วัดความหนาแน่น	12
4.1.1	ความแม่นยำของข้อมูล	12
4.1.2	ความเสถียรของข้อมูล	14
4.2	การประเมินระบบแสดงผล	14
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	15
5.1	สรุปผล	15
5.2	ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	15
5.3	ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ	15
	บรรณานุกรม	16
ก	The first appendix	18
ก.1	Appendix section	18
ข	คู่มือการใช้งานระบบ	19
ข.1	การติดตั้งเซิร์ฟเวอร์	19
ข.2	การติดตั้งเว็บไซต์	19
	ประวัติผู้เขียน	20

សារប័ណ្ណ

2.1	Poem	5
2.2	Poem	5
2.3	Poem	6
2.4	Poem	6
2.5	Poem	7
2.6	Poem	7
3.1	Poem	11

สารบัญตาราง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ในการให้บริการขนส่งมวลชนในปัจจุบัน ผู้ให้บริการจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับบริการที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งหนึ่งในข้อมูลนั้นคือข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสาร ณ เวลาหนึ่ง ซึ่งบริการรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ก็มีระบบวัดข้อมูลความหนาแน่นเช่นกัน โดยทำงานภายใต้พื้นฐานของการประมวลผลภาพจากกล้อง แต่ว่าข้อมูลที่ได้นั้นไม่แม่นยำมากพอ เนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ผู้จัดทำโครงการจึงต้องการจัดทำระบบใหม่เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการเก็บข้อมูลและแสดงผลความหนาแน่นของผู้โดยสารผ่าน โครงการนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาระบบวัดความหนาแน่นของระบบขนส่งมวลชนของรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ให้แม่นยำมากกว่าระบบที่มีอยู่เดิมและใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมจริง
2. พัฒนาระบบวัดความหนาแน่นของรถโดยสารที่มีความแม่นยำสูง และต้นทุนต่ำ
3. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถแสดงผลข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสารจากระบบที่พัฒนาข้างต้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความหนาแน่นของผู้โดยสารนั้นจะพัฒนาและทดสอบการติดตั้งบนรถไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เท่านั้น ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าขนาด 16 ที่นั่ง (ไม่รวมที่นั่งคนขับ) และมีทางเข้าออกของผู้โดยสาร 2 ประตู
2. อุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่นจะวัดได้อย่างถูกต้องเฉพาะการโดยสารของมนุษย์ ไม่รวมการโดยสารของสัตว์เลี้ยง หรือวัตถุใดๆที่ไม่ใช่มนุษย์
3. อุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่นจะวัดได้อย่างถูกต้องเฉพาะการเข้า-ออกรถโดยสารผ่านประตูสำหรับ ผู้โดยสารเท่านั้น โดยต้องเข้า-ออกได้มากที่สุดประตูละ 1 คนต่อครั้ง
4. ระบบวัดความหนาแน่นที่พัฒนาขึ้นจะสามารถทำงานได้ถูกต้องในช่วงเวลาที่รถไฟฟ้าที่ถูกติดตั้งอยู่ในระหว่างการให้บริการ (07:00 น. - 22:00 น.)
5. พื้นที่อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นทำงานอยู่จะต้องไม่ถูกรบกวนสัญญาณเซลล์รบกวนมากเกินไป
6. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นจะไม่รบกวนการทำงานของรถโดยสารที่ถูกติดตั้งอยู่

1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงผลข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสารจากระบบที่พัฒนาข้างต้นเท่านั้น
2. เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะแสดงผลได้อย่างถูกต้องบนเดสก์ท็อปเท่านั้น ไม่รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์พกพาที่ไม่ใช่แล็ปท็อป
3. เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องบนเบราว์เซอร์ที่รุ่นสูงกว่า หรือเทียบเท่ากับ Google Chrome รุ่น 45, Firefox รุ่น 34, Safari รุ่น 9, และ Microsoft Edge รุ่น 12 หรือเว็บเบราว์เซอร์อื่น ๆ ที่รองรับเทียบเท่ากับเบราว์เซอร์ที่กล่าวมา

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 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในโครงการต่างๆ และโมเด็ม SIMCOM A7608E-H สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์
2. อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด 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 สำหรับการพัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างโบรกเกอร์ MQTT, ฐานข้อมูล และเว็บแอปพลิเคชัน

4. React.js สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

5. คลาวด์ DigitalOcean สำหรับให้บริการเว็บแอปพลิเคชัน ฐานข้อมูล โพรโทคอล MQTT และระบบเชื่อมต่อ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ภาคการศึกษาที่ 2/2565

ขั้นตอนการดำเนินงาน	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						
พัฒนาระบบต่างๆบนคลาวด์						
ประเมินผลเว็บแอปพลิเคชัน						
สรุปผลและจัดทำรายงาน						

1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ

นายกิจพิสันต์ ทันทาน รหัสนักศึกษา 630610716 รับผิดชอบในการพัฒนาระบบเชื่อมต่อระหว่างระบบ ฐานข้อมูล และเว็บแอปพลิเคชัน นายชญานนท์ พิทักษ์ รหัสนักศึกษา 630610724 รับผิดชอบในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น

1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม

หากโครงการนี้ประสบผลสำเร็จและมีการนำไปต่อยอดแล้ว จะมีผลกระทบต่อการให้บริการรถโดยสารต่างๆ ที่ต้องการข้อมูลความหนาแน่นของผู้โดยสาร เพื่อนำไปพัฒนาการให้บริการที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้บริการระบบโดยสารมากขึ้นได้ รวมไปถึงให้ผู้ให้บริการสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 รถรับส่งไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รถรับส่งไฟฟ้าขนาด 16 ที่นั่ง (ไม่รวมคนขับ) 2 ประตู (ไม่รวมประตูฝั่งคนขับ) ที่ให้บริการนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการไปยังสถานที่ต่างๆระหว่างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปที่ 2.1: รถรับส่งไฟฟ้าของขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.2 อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F

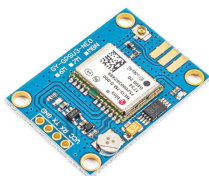
[6, อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F] เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดระยะทางระหว่างตัวอุปกรณ์และวัตถุที่อยู่หน้าอุปกรณ์ ซึ่งการรวมกันของอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแสง หรือ Position Sensitive Detector (PSD), ไอโอดแบบเปล่งแสงอินฟราเรด และวงจรประมวลผลสัญญาณหรือ Signal Processing Unit โดยไอโอดแบบเปล่งแสงอินฟราเรด จะเปล่งแสงอินฟราเรดออกไป หากมีวัตถุมาขวางทางของแสง แสงจะสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแสงแล้วส่งสัญญาณไปยังวงจรประมวลผลสัญญาณ โดยข้อมูลระยะทางจะส่งในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า ยิ่งวัตถุอยู่ใกล้ จะมีแรงดันไฟฟ้าสูง โดยอุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F จะสามารถวัดระยะทางของวัตถุที่มีสีได้ตั้งแต่ 20 เซนติเมตร ไปจนถึง 150 เซนติเมตร



รูปที่ 2.2: อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้อินฟราเรด 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 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ผ่านทางอินเทอร์เฟซต่างๆ ได้ เช่น อินเทอร์เฟซ UART, SPI, I2C, GPIO, ADC, DAC, PWM ฯลฯ รวมไปถึงสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมได้ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 มีความสามารถในการทำงานต่างๆ ได้หลากหลาย



รูปที่ 2.4: ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

2.5 โมเด็ม SIMCOM A7608

โมเด็ม SIMCOM A7608 เป็นโมเด็มสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายทั้ง 4G และไวไฟ รวมไปถึงมีอินเทอร์เฟซสำหรับเชื่อมต่อกับโปรโตคอลต่างๆ 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 ในการรับข้อมูล ทำให้เครือข่าย LTE มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงกว่าเครือข่ายอื่นๆ ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไร้สาย รวมไปถึงในปัจจุบัน เครือข่าย LTE ครอบคลุมมากพอที่จะใช้งานในชีวิตประจำวัน รวมถึงในการพัฒนาโครงการได้

2.8 Global Positioning System

Global Positioning System หรือ GPS เป็นระบบดาวเทียมนำร่องโลก เพื่อระบุข้อมูลของตำแหน่งและเวลาโดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากตำแหน่งของดาวเทียมต่างๆ ที่โคจรรอบโลกทำให้สามารถระบุตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลกและในทุกสภาพอากาศ รวมถึงสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ในการนำทางได้

2.9 โพรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP

[3, โพรโตคอลการส่งข้อมูล HTTP] Hypertext transfer protocol (HTTP) เป็นโพรโตคอลหรือชุดของกฎการสื่อสารสำหรับการสื่อสารไคลเอ็นต์เซิร์ฟเวอร์ เมื่อเยี่ยมชมเว็บไซต์ เบราวเซอร์จะส่งคำขอ HTTP ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ซึ่งตอบสนองด้วยการตอบสนองของ HTTP เว็บเซิร์ฟเวอร์และเบราวเซอร์จะแลกเปลี่ยนข้อมูลเป็นข้อความธรรมดา

2.10 โพรโตคอลการส่งข้อความ MQTT

MQTT เป็นโพรโตคอลการส่งข้อความที่อิงตามมาตรฐาน หรือชุดของกฎที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างเครื่องต่อเครื่อง เช่น เซอร์วอร์ค อุปกรณ์สวมใส่ และอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) อื่นๆ มักจะ ต้องส่งและรับข้อมูลผ่านเครือข่ายที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร ซึ่งมีแบนด์วิดท์จำกัด อุปกรณ์ IoT เหล่านี้ใช้ MQTT ในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากมันใช้งานง่ายและสามารถสื่อสารข้อมูล IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ MQTT รองรับการส่งข้อความจากอุปกรณ์ไปยังคลาวด์และจากคลาวด์ไปยังอุปกรณ์

2.11 โพรโตคอลการส่งข้อความ REST

Representational State Transfer (REST) เป็นสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่กำหนดเงื่อนไขว่า API ควรทำงานอย่างไร โดยแต่แรกเริ่มนั้น มีการสร้าง REST ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการสื่อสารบนเครือข่ายที่ซับซ้อน เช่น อินเทอร์เน็ต คุณสามารถใช้สถาปัตยกรรม REST เพื่อรองรับการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงและเชื่อถือได้ในทุกระดับ 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 เว็บสามารถตอบสนองกับผู้ใช้หรือแสดงเนื้อหาที่แตกต่างกันไปโดยจะอ้างอิงตามเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้เข้าชมเว็บใช้งานอยู่

2.14 Node.js

[8, Node.js] Node.js เป็นชุดเครื่องมือในการแปลคำสั่งของ JavaScript และ เป็น JavaScript Runtime Environment กล่าวคือ สามารถนำ JavaScript ไปรันใน Windows , Mac , Linux ได้ โดยไม่ขึ้นกับ 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 ได้เช่นกัน

2.16 React.js

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

2.17 DigitalOcean Droplet

[2, DigitalOcean] DigitalOcean เป็นผู้ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานระบบคลาวด์ชั้นนำที่นำเสนอแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่าย ยืดหยุ่น และปรับขนาดได้สำหรับนักพัฒนาในการปรับใช้ จัดการ และปรับขนาดแอปพลิเคชัน โดยมุ่งเน้นที่การลดความซับซ้อนของโครงสร้างพื้นฐานเว็บและนำเสนอประสบการณ์ผู้ใช้ที่เป็นธรรมชาติ 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 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

- 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

ออกแบบอุปกรณ์วัดความหนาแน่น โดยหลัก ๆ จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์วัดระยะทางแบบอินฟราเรด Sharp GP2Y0A02YK0F ซึ่งจะมีเซนเซอร์วัดระยะทางทั้งหมด 4 ตัว ติดอยู่ที่ประตูผู้โดยสารประตูละ 2 ตัว ประกอบด้วยเซนเซอร์ที่อยู่ใกล้ทางเดินภายในรถ (IN1 และ IN2) และเซนเซอร์ที่อยู่ใกล้ประตูรถ (OUT1 และ OUT2)

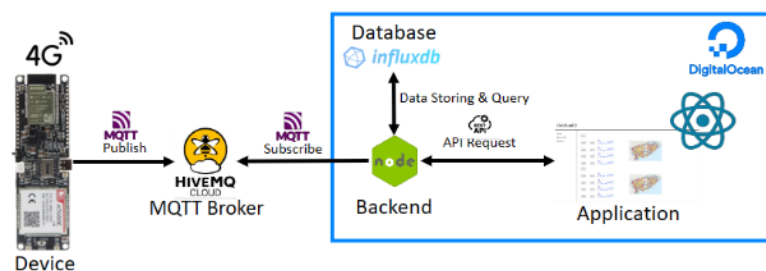
3.2 ระบบเชื่อมต่อและแสดงผลข้อมูล

3.2.1 การเชื่อมต่อ (Back-end)

จะรับข้อมูลมาจากอุปกรณ์ IoT โดยใช้ระบบ MQTT และนำมาประมวลผลโดยใช้ Node.js และนำข้อมูลส่งไปที่การแสดงผลโดยใช้ API ของ Express เพื่อนำข้อมูลส่งขึ้นไปที่การแสดงผล และนำข้อมูลไปเก็บไว้ใน Database ของ Influxdb

3.2.2 การแสดงผลข้อมูล (Front-end)

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



รูปที่ 3.1: การแลกเปลี่ยนข้อมูล

บทที่ 4

การทดลองและผลลัพธ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากการวัดผลส่วนต่างๆของโครงการ ดังนี้

4.1 ส่วนอุปกรณ์วัดความหนาแน่น

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

4.1.1 ความแม่นยำของข้อมูล

เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบเทียบกับข้อมูลจริงของผู้โดยสาร โดยการนั่งโดยสารและนับความหนาแน่นจริงบนรถโดยสาร เทียบกับค่าที่ขึ้นในระบบ 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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	4	0	4	3	0	3	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	6	0	6	4	0	4	2	0	2	12.5	0	12.5
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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 อ่างแก้ว	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	6	4	2	4	0	4	2	4	2	12.5	25	12.5
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	6	6	0	4	1	3	2	5	3	12.5	31.25	18.75

* ตั้งค่าสถานีผิด จึงทำให้ค่าความหนาแน่นบนระบบไม่ถูกต้อง ได้แก้ไขแล้วในรอบถัดไป

เวลา 12:55 น.

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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 อ่างแก้ว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เวลา 13:15 น.

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	1	0	1	0	0	0	1	0	1	6.25	0	6.25
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	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)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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 อ่างแก้ว*	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0

* ตั้งค่าสถานีผิด จึงทำให้ไม่มีข้อมูลส่งออกมา ได้แก้ไขแล้วในรอบถัดไป
เวลา **09:30 น.**

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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 อ่างแก้ว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เวลา **10:00 น.**

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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 อ่างแก้ว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฟ้ามหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เวลา **10:30 น.**

สถานี	ความหนาแน่นจริง (คน)			ความหนาแน่นบนระบบ (คน)			ผลต่าง (คน)			ร้อยละที่คลาดเคลื่อน (%)		
	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน	เข้า	ออก	ปัจจุบัน
สถานีกลางรถไฟฯ ขสมช.	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิทยาศาสตร์	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะรัฐศาสตร์ (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
ลานจอดรถ อ่างแก้ว	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
โรงอาหารคณะมนุษยศาสตร์	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
อาคาร HB7 คณะมนุษยศาสตร์	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
สถานีกลางรถไฟฯ ขสมช.	2	2	0	2	1	1	0	0	0	0	6.25	6.25

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

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

4.1.2 ความเสถียรของข้อมูล

ตรวจสอบการส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้จัดทำโครงการตั้งเป้าหมายว่าระบบใหม่จะต้องครอบคลุมตลอดช่วงร้อยละ 85 ของการให้บริการ (7.65 ชั่วโมง จาก 9 ชั่วโมง) แต่จากการตรวจสอบพบว่ามีการส่งข้อมูลเพียง 2 ชั่วโมง จาก 9 ชั่วโมง หรือร้อยละ 22.22 ซึ่งยังไม่ครอบคลุมตลอดช่วงเวลาที่กำหนด จากการสำรวจ พบว่าเกิดจากปัญหาที่อุปกรณ์ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป รวมไปถึงแบตเตอรี่ที่ใช้งานนั้นเสื่อมสภาพ ทำให้ไม่ครอบคลุมตามที่คำนวณไว้

4.2 การประเมินระบบแสดงผล

โดยให้ผู้ให้บริการจาก ศูนย์บริหารจัดการเมืองอัจฉริยะ มช. (SCMC) ใช้งานระบบแสดงผลและประเมิน โดยการให้สัมภาษณ์กับผู้จัดทำโครงการ โดยคาดหวังไว้อยู่ที่ร้อยละ 80 ซึ่งหลังจากการปรับปรุงและประเมินครั้งสุดท้าย พบว่าได้ผลลัพธ์เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 83

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

นศ. ควรสรุปถึงข้อจำกัดของระบบในด้านต่างๆ ที่ระบบมีในเนื้อหาส่วนนี้ด้วย

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ในการทำโครงงานนี้ พบว่าเกิดปัญหาหลักๆ ดังนี้

- การพัฒนาระบบของการแสดงผลนั้นพบว่ามีปัญหาในเรื่องของการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT และทาง server จึงมีความล่าช้า
- ทางระบบ cloud ที่ได้เปิดขึ้นนั้นมีขนาดความจุที่อาจจะไม่เพียงพอเนื่องจากได้นำระบบทั้งหมดไปส่งไว้ที่ cloud ทำให้ระบบ cloud นั้นอาจจะล่มได้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป มีดังนี้

- สามารถนำไปพัฒนาเพื่อรองรับได้หลายสายคนส่งพร้อมกันได้
- สามารถนำไปพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มความสวยงามและใช้งานได้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] 3GPP. Utra-utran long term evolution (lte) and 3gpp system architecture evolution (sae). https://web.archive.org/web/20210909092023/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-air>, 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/การติดตั้ง-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/รู้จักกับ-javascript-และ-nodejs-8b5041853eae>, 2022. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.
- [8] KongRuksiam Studio. Node.js. <https://kongruksiam.medium.com/รู้จักกับ-javascript-และ-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 แซ่เอี้ย. Influxdb. <https://supotsaeaa-2504.medium.com/ติดตั้ง-influxdb-บน-termux-c71f1aa9fe6d>, 2021. เข้าถึงเมื่อ: 27 มีนาคม 2567.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
The first appendix

ก.1 Appendix section

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานระบบ

ข.1 การติดตั้งเซิร์ฟเวอร์

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

ข.2 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 ทั่นงาน เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียน
กำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร