รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ
Indoor Positioning System using Bluetooth Low Energy Technology

นางสาวกานต์ชนา วนาธรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ
Indoor Positioning System using Bluetooth Low Energy Technology

นางสาวกานต์ชนา วนาธรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวกานต์ชนา วนาธรัตน์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน ดร.กมล เขมะรังษี

ชื่อสถานประกอบการ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

บทคัดย่อ

ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบระบุตำแหน่งและบ่งชี้อัตโนมัติ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ได้พัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ ให้บริการข้อมูลตำแหน่ง หรือข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ ของคนหรือวัตถุสิ่งของภายในอาคารแบบออนไลน์ โดยระบบประกอบด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณไร้สายที่มีระบบสื่อสารไร้สายมาตรฐานบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy: BLE) และมาตรฐานไวไฟ (Wi-Fi) เรียกว่า Anchor และอุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สาย เรียกว่า Tag ที่ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวขนาดเล็กและใช้ระบบสื่อสารแบบ BLE ประมวลผลข้อมูลบน Amazon Web Services ระบบระบุตำแหน่งนี้ ในรุ่นแรกจะใช้ Microcontroller รุ่น LinkIt Smart 7688 Duo ในการรับค่าสัญญาณจาก Tag ทางห้องปฏิบัติการต้องการพัฒนาระบบให้มีความแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น รายงานฉบับนี้จึงเป็นการศึกษาการใช้ Espressif ESP32 ซึ่งเป็น Microcontroller ที่ใหม่และมีราคาถูกกว่า LinkIt ตัวเดิม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และลดค่าใช้จ่ายให้กับห้องปฏิบัติการ และศึกษาระบบปฏิบัติการ IoT สำหรับ Microcontroller (Amazon FreeRTOS) เพื่อใช้งานกับ Espressif ESP32

คำสำคัญ : ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ Amazon Web Service

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Title : Indoor Positioning System using Bluetooth Low Energy Technology

Student Intern Name : Ms. Kanchana Wanatarat

Faculty : Engineering **Department :** Telecommunication Engineering

Program : Telecommunication Engineering

Advisor Name : Assoc. Prof. Dr. Yuttapong Rangsanseri

Mentor Name : Dr. Kamol Kaemarungsi

Company Name : Thailand's National Electronics and Computer Technology Center

ABSTRACT

Location and Automatic Identification System Research Laboratory (LAI), Thailand's National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) has been developing a project for indoor positioning system using Bluetooth Low Energy technology. This project provides an online indoor positioning of humans or objects. The project consists of Anchor: BLE receiver, and Tag: BLE transmitter sending RSSI. Anchor features embedded microcontroller, Bluetooth Low Energy technology and Wi-Fi standard. RSSI from Tag will be calculated with Trilateration method on Amazon Web Services. The first version of Anchor used LinkIt Smart 7688 Duo as a microcontroller to receive Tag's RSSI. Researchers are trying to improve accuracy and efficiency. Thus, this report presented studying of about Espressif ESP32, a microcontroller that recently release and cheaper than LinkIt Smart 7688 Duo to increase the project efficiency and lower Laboratory's budget. This report is also studying about IoT operating system for microcontroller (Amazon FreeRTOS) to be used with Espressif ESP32.

Keywords : Indoor Positioning System; Bluetooth Low Energy; Amazon Web Service;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม 2561 ถึง 30 พฤศจิกายน 2561 ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็ด้วยความกรุณาช่วยเหลือจากผู้เกี่ยวข้อง ทั้งการเตรียมสหกิจศึกษา และระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ดังนี้

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ได้กรุณาเปิดรับนักศึกษาสหกิจศึกษา ให้ได้ทำงานจริง ฝึกฝนประสบการณ์ และได้สั่งสมความรู้เพิ่มขึ้น จากสถานประกอบการแห่งนี้

ขอขอบคุณ ดร.กมล เขมะรังษี ผู้นิเทศงาน ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ทั้งความรู้การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน การทดลองต่าง ๆ ตลอดจนการเขียนรายงานฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บุคลากรห้องปฏิบัติการวิจัยระบบระบุตำแหน่งและบ่งชี้อัตโนมัติ ที่ดูแล ให้คำปรึกษาและให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะในการทำงานตลอดระยะเวลาปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี อาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษาที่คอยให้แนะนำคำปรึกษาและคอยช่วยเหลือปัญหาต่าง ๆ ในการทำโครงการและรายงานครั้งนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนการปรับตัวให้เหมาะสมกับที่ทำงานให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาในการปฏิบัติงาน ทำให้การฝึกสหกิจในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กานต์ชนา วนาธรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.4 วิธีการดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.5.1 ประโยชน์ต่อตนเอง 4

1.5.2 ประโยชน์ต่อพนักงานที่เกี่ยวข้อง 5

1.5.3 ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ 5

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.2 ทฤษฎีทางด้านการคำนวณหาตำแหน่ง 6

2.1.1 ระบบระบุตำแหน่งด้วยเทคโนโลยี BLE 6

2.2.2 การคำนวณระยะทางจากค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ 7

2.2.3 การคำนวณหาตำแหน่งด้วย Trilateration 8

2.3 ทฤษฎีและบริการต่าง ๆ ของ Amazon Web Service (AWS) 9

2.3.1 ระบบปฏิบัติการ AWS IoT Core 9

2.3.2 ระบบปฏิบัติการ Amazon FreeRTOS 10

2.3.3 ระบบปฏิบัติการ Amazon Elasticsearch Service (Amazon ES) 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านภาษาคอมพิวเตอร์ 12

2.4.1 ภาษา Arduino 12

2.4.2 เจสัน (JSON) 12

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ 13

2.5.1 โปรแกรม Arduino IDE 13

2.5.2 โปรแกรม Notepad++ 14

2.5.3 โปรแกรม MQTTBox 14

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านฮาร์ดแวร์ 15

2.6.1 Espressif ESP32 15

2.6.2 LinkIt Smart 7688 Duo 15

2.7 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 16

2.7.1 โปรโตคอล MQTT 16

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 17

3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ 17

3.2 การทำงานของ Anchor 18

3.3 การทำงานบน Amazon Web Services (AWS) 19

บทที่ 4 ผลการวิจัย 21

4.1 ทดสอบการส่งข้อมูลไปยัง AWS ของนักศึกษา 21

4.2 ทดสอบการคำนวณตำแหน่ง Tag ด้วย MQTT Server ของห้องปฏิบัติการ 25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 28

5.1 บทสรุปการวิจัย 28

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงาน และแนวทางแก้ปัญหา 28

5.3 ข้อเสนอแนะ 29

เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก การเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์รุ่นที่ 1 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีบลูทูธแบบเดิม และแบบพลังงานต่ำ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 โครงการของห้องปฏิบัติการ 2

2.1 การคำนวณตำแหน่งด้วย Trilateration 8

2.2 กระบวนการทำงานอย่างง่ายของ AWS IoT Core 10

2.3 กระบวนการทำงานอย่างง่ายของ Amazon Elasticsearch Service 11

2.4 รูปแบบข้อมูล JSON 13

2.5 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE เวอร์ชัน 1.8.6 13

2.6 หน้าต่างโปรแกรม Notepad++ 14

2.7 หน้าต่างโปรแกรม MQTTBox 14

2.8 บอร์ด Ayarafun/LamLoei Node32S ของบริษัท ไอยราฟันส์ จำกัด 15

2.9 บอร์ด LinkIt Smart 7688 Duo 15

2.10 ระบบการสื่อสารของ MQTT 16

3.1 Block Diagram การทำงานของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร 17

3.2 ระบบภายในของ Anchor 18

3.3 กระบวนการทำงานภายใน Espressif ESP32 18

3.4 Block Diagram การส่งข้อมูลจาก Anchor ไปยัง AWS 19

3.5 กระบวนการทำงานบน AWS 20

4.1 ไฟล์ข้อมูล JSON ตั้งต้น 21

4.2 หน้าแดชบอร์ดของ Elasticsearch domain แสดงข้อมูล index 22

4.3 หน้า Rule ของ AWS IoT Core 22

4.4 การเชื่อมต่อระหว่าง Elasticsearch domain และ AWS IoT Core 23

4.5 Serial Monitor ของ Espressif ESP32 ที่ทำการส่งข้อมูล 23

4.6 หน้า AWS IoT Core ที่ Subscribe ไปยัง Topic ‘Anchor/Mac’ 24

4.7 หน้า Kibana แสดงข้อมูลที่ได้รับเข้ามาที่ Elasticsearch domain 24

4.8 กระบวนการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ห้องปฏิบัติการ 25

4.9 แผนที่จำลองการทดสอบ 25

4.10 รูปแบบข้อมูล JSON 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 หน้าต่าง MQTTBox 26
4.12 หน้าต่างการเก็บผลลัพธ์การทดสอบ 27
4.13 Histogram ความคลาดเคลื่อนของระยะทางเฉลี่ย 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

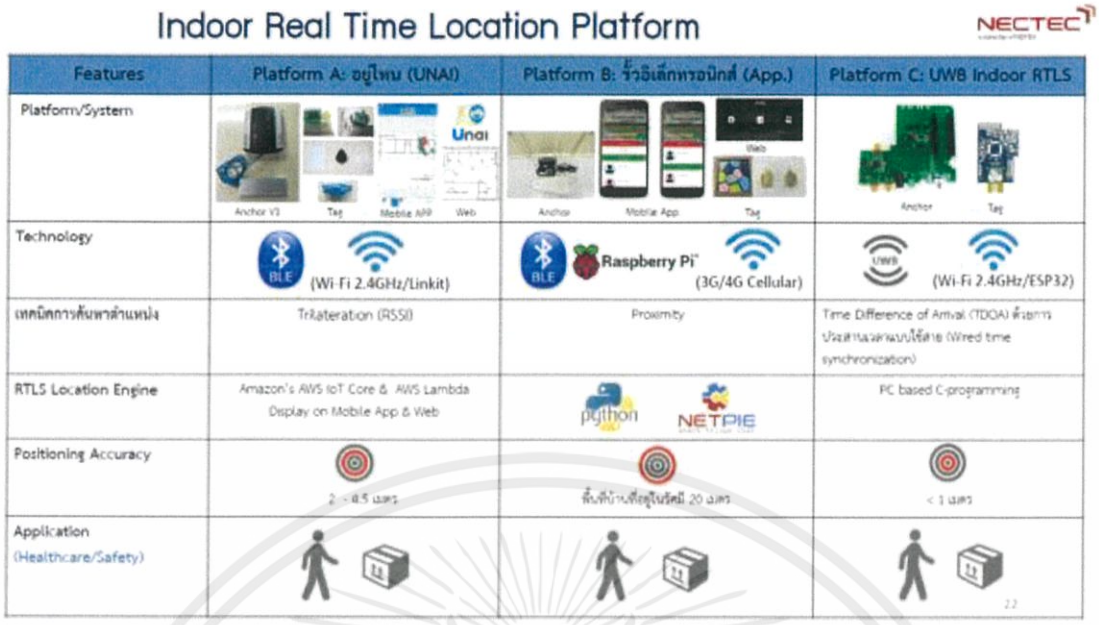
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โครงการสหกิจศึกษา เป็นระบบการศึกษาที่จัดให้นักศึกษาได้หาประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติงานจริง ณ สถานประกอบการอย่างมีระบบ ด้วยความร่วมมือจากสถานประกอบการและทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เป็นระบบการศึกษาที่ผสมผสานการเรียนกับการปฏิบัติงานจริง

การเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาครั้งนี้ เป็นการเข้าร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC) โดยนักศึกษาได้เข้าร่วมกับห้องปฏิบัติการระบบระบุตำแหน่งและบ่งชี้อัตโนมัติ (Location and Automatic Identification System Research Laboratory: LAI) พัฒนาอุปกรณ์ของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy: BLE) เป็นระบบให้บริการข้อมูลตำแหน่ง หรือข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ ของคนหรือวัตถุสิ่งของภายในอาคารแบบออนไลน์ โดยระบบประกอบด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณไร้สายที่มีระบบสื่อสารไร้สายมาตรฐานบลูทูธพลังงานต่ำ และมาตรฐานไวไฟ (Wi-Fi) เรียกว่า Anchor และอุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สาย เรียกว่า Tag ที่ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวขนาดเล็กและมีระบบสื่อสารไร้สายมาตรฐานบลูทูธพลังงานต่ำ โดยนักศึกษาได้รับมอบหมายให้ศึกษาระบบปฏิบัติการ IoT สำหรับ Microcontroller (Amazon FreeRTOS/AWS IoT Core) โดย Microcontroller ที่ใช้คือ Espressif ESP32 มาทดแทนอุปกรณ์เดิม คือ LinkIt Smart 7688 Duo โดยอุปกรณ์ตัวใหม่นี้มีความแม่นยำ และราคาถูกกว่าตัวเดิม จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้นและลดค่าใช้จ่ายให้กับห้องปฏิบัติการอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โครงการของห้องปฏิบัติการ

โครงการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารของทางห้องปฏิบัติการ ประกอบไปด้วย 3 โครงการ ดังรูปที่ 1.1 ทั้ง 3 โครงการนี้จะแตกต่างกันที่สัญญาณที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง และวิธีการคำนวณตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

(1) โครงการ “อยู่ไหน (UNAI)” จะใช้สัญญาณ BLE 2.4GHz ในการระบุตำแหน่ง และใช้ Wi-Fi 2.4GHz และ LinkIt Smart 7688 Duo ในการรับส่งข้อมูล และใช้ Trilateration ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของ BLE Tag

(2) โครงการ “รั้วอิเล็กทรอนิกส์ (App)” จะใช้สัญญาณ 3G/4G Cellular และ Raspberry Pi ในการรับส่งข้อมูล และใช้ Proximity ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของ BLE Tag

(3) โครงการ “UWB Indoor RTLS” จะใช้สัญญาณ Ultra-wide band คู่กับ Wi-Fi 2.4GHz และ ESP32 ในการรับส่งข้อมูล และใช้ Time Difference of Arrival ในการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของ UWB Tag

โดยการเข้าร่วมสหกิจศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการปรับปรุงโครงการ “อยู่ไหน (UNAI)” จากการใช้ LinkIt Smart 7688 Duo เป็น Espressif ESP32 ในการรับส่งข้อมูลแทน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาระบบสมองกลฝังตัวระบบปฏิบัติการ FreeRTOS protocol สื่อสารไร้สาย

1.2.2 ศึกษาระบบและการใช้งานของระบบปฏิบัติการ Amazon FreeRTOS บน Espressif ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 เปลี่ยนฮาร์ดแวร์บอร์ดสมองกลฝังตัว และระบบปฏิบัติการของต้นแบบเครื่องอ่านสัญญาณป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (Anchor) จาก LinkIt Smart 7688 Duo บน OpenWrt เป็น Espressif ESP32 FreeRTOS protocol

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การวางแผนการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินงานสามารถจำแนกออกได้ตามแต่ละส่วนของขอบเขตโครงงานดังกล่าวไว้ข้างต้นได้ดังนี้

1.3.1 การศึกษาระบบปฏิบัติการ Amazon FreeRTOS บน Espressif ESP32

1.3.2 การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยี BLE

1.3.3 การพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลด้วย Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เพื่อจัดเก็บและประมวลผลบน Amazon Cloud

1.4 วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงงานประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ และระยะเวลาในการดำเนินโครงงานตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตาราง 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

หัวข้อ	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาระบบและขั้นตอนการใช้งานของระบบปฏิบัติการ Amazon FreeRTOS	→	→	→	→												
ศึกษาระบบปฏิบัติการและการทำงานของ Espressif ESP32	→	→	→	→												
ศึกษาระบบระบุตำแหน่งด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ	→	→														
ทดลองใช้งาน Amazon FreeRTOS ในส่วน AWS IoT Core เบื้องต้น			→	→												
เขียนโปรแกรมเพิ่งฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ LinkIt Smart 7688 Duo					→	→	→	→								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน (ต่อ)

หัวข้อ	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาการทำงานของฐานข้อมูล Amazon Cloud ที่ใช้ในระบบระบุตำแหน่ง									→	→	→					
เขียนโปรแกรม Espressif ESP32 ให้สามารถส่งข้อมูลไปยัง Amazon Cloud และทำงานกับฐานข้อมูลเดิมได้											→	→	→	→	→	→
เขียนรายงาน บันทึกปัญหาที่พบระหว่างการทำงาน นำเสนอสรุปการฝึกงานสหกิจศึกษาให้กับห้องปฏิบัติการ															→	→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับในการพัฒนาระบบที่ได้รับมอบหมายในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษากับทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สามารถจำแนกได้ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.5.1 ประโยชน์ต่อตนเอง

1.5.1.1 เรียนรู้การเขียนโปรแกรม Microcontroller ด้วย Arduino

1.5.1.2 เรียนรู้เกี่ยวกับการรับส่งข้อมูลด้วย MQTT ในรูปแบบของไฟล์เจสัน (JSON)

1.5.1.3 เรียนรู้กระบวนการทำงานของการประมวลผลข้อมูล ตั้งแต่การรับข้อมูลจาก Microcontroller ส่งไปยังฐานข้อมูล Amazon Cloud

1.5.1.4 เรียนรู้การเรียงลำดับและวางแผนก่อนลงมือทำงาน

1.5.1.5 เรียนรู้อุปสรรค และการแก้ไขปัญหาในเหตุการณ์ต่าง ๆ ในการทำงาน ทั้งจากการปรึกษารุ่นพี่ เพื่อนร่วมงาน และศึกษาด้วยตนเอง

1.5.1.6 มีความเข้าใจในการทำงานจริงและสามารถปรับตัวได้ในสภาวะแวดล้อมใหม่ ๆ ในชีวิตจริงได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.1.7 สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ในอนาคต เป็นการเพิ่มประสบการณ์การทำงานจริงก่อนสำเร็จการศึกษา

1.5.2 ประโยชน์ต่อพนักงานที่เกี่ยวข้อง

1.5.2.1 ลดต้นทุน เวลา และขั้นตอนการทำงานของพนักงานที่เกี่ยวข้อง

1.5.2.2 ศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้พัฒนาได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.5.3 ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

1.5.3.1 สามารถผลิตอุปกรณ์ของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และนำระบบนี้ไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

1.5.3.2 เกิดความสัมพันธ์ระหว่างสถานประกอบการและสถาบันอุดมศึกษา และนำไปสู่การร่วมมือกันในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระบบระบุตำแหน่ง การควบคุมอุปกรณ์ Microcontroller และการติดต่อสื่อสารข้อมูลไร้สาย นักศึกษาจึงทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีทางคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานหรือซอฟต์แวร์ (Software) และการใช้งานฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำทฤษฎีเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จสมบูรณ์ โดยแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานงานต่ำ เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการระบุตำแหน่งสิ่งต่าง ๆ ภายในอาคาร ทั้งติดตั้งง่าย อุปกรณ์มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานน้อย และราคาถูก การคำนวณตำแหน่งสิ่งของจากเทคโนโลยีนี้ แบ่งการคำนวณเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ คำนวณระยะทางจากค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) และ เทคโนโลยี Wireless fingerprint positioning

ในส่วนการคำนวณระยะทางจากค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ หรือ RSSI นี้ จะนำค่า RSSI ที่ได้มาคำนวณเป็นระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ แล้วนำค่าระยะทางที่ได้ไปคำนวณด้วยทฤษฎี Trilateration ซึ่งการคำนวณด้วยวิธีการนี้ Ugur Bekcibasi [3] สรุปไว้ว่า วิธีนี้จะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 4.1 - 7.51 เมตร Mohd Ezanee Rusli [5] ศึกษาการคำนวณแบบ Trilateration จาก Wi-Fi สำหรับอุปกรณ์ IoT โดยใช้ access point เป็น Inter Galieo (Gen2) ได้ผลการทดลองว่า การใช้วิธี Trilateration นี้มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 1 - 2 เมตร Guoquan Li [4] ได้ศึกษาการทำงานของ RSSI และพบว่า RSSI เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และมีความผันผวนถึง 10 dB ในทุก ๆ การ Sampling 10 ค่า

2.2 ทฤษฎีทางด้านการคำนวณหาตำแหน่ง

2.2.1 ระบบระบุตำแหน่งด้วยเทคโนโลยี BLE

Bluetooth Low Energy (BLE) หรือ เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ เป็นคุณลักษณะของเทคโนโลยีบลูทูธ 4.0 สำหรับอุปกรณ์ไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ ภายในระยะไม่เกิน 50 - 160 เมตร จึงเหมาะกับการใช้งานที่หลากหลายและอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น งานดูแลสุขภาพ การออกกำลังกาย และการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีบลูทูธแบบเดิม และแบบพลังงานต่ำ

ข้อมูลทางเทคนิค	บลูทูธแบบเดิม	บลูทูธแบบพลังงานต่ำ
ระยะทาง	100 เมตร	50 เมตร
คลื่นความถี่	2.4 GHz	2.4 GHz
อัตราการส่งข้อมูล	0.7 - 2.1 Mb/s	0.27 - 1.37 Mb/s
เวลาหน่วงก่อนเริ่มสื่อสาร	100 ms	6 ms
การใช้กระแสสูงสุด	น้อยกว่า 30 mA	น้อยกว่า 15 mA
การใช้พลังงาน	1 หน่วย (สำหรับอ้างอิง)	0.01 - 0.5 หน่วย

จากตารางที่ 2.1 [19] BLE จะทำงานในช่วงคลื่นความถี่ช่วงเดียวกับเทคโนโลยีบลูทูธแบบเดิม (2.4 GHz) แต่ใช้ชุดช่องสัญญาณต่างกัน คือ ใช้เวลาในการเริ่มทำงานเหลือเพียง 6% จากบลูทูธแบบเดิม ใช้พลังงานเหลือเพียง 1 - 50% จากเดิม แต่ยังมีข้อจำกัดคือ ระยะทางที่เชื่อมต่อได้ลดลง 50% และส่งข้อมูลได้สูงสุดเพียง 12% จากบลูทูธแบบเดิม

2.2.2 การคำนวณระยะทางจากค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ (RSSI)

RSSI ย่อมาจาก Received Signal Strength Indication เป็นค่าความเข้มของสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ไร้สายตัวหนึ่ง ไปยังอุปกรณ์ไร้สายอีกตัวหนึ่ง มีหน่วยเป็น dBm (decibels milliwatt) อ้างอิงในระดับที่ 0 dBm เท่ากับ 1 milliwatt (mW) โดยมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$RSSI = 10\log_{10}\frac{P}{1\ \mathrm{mW}} \tag{2.1}$$

โดยที่ $RSSI$ คือ ค่า RSSI มีหน่วยเป็น dBm

P คือ ค่ากำลังที่ส่งออกมาจากตัวส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็น milliwatt

โดยปกติแล้วค่ากำลังที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณออกมา มักจะมีค่าน้อยกว่า 1 mW ทำให้เมื่อเข้าสู่สมการที่ 2.1 แล้ว ค่า RSSI จึงมีค่าเป็นลบ ดังนั้น ค่า RSSI ที่เข้าใกล้ศูนย์ จะแสดงว่าตัวส่งสัญญาณอยู่ใกล้กับตัวรับสัญญาณมาก จากนั้นนำค่า RSSI ที่ได้ไปคำนวณหาระยะทางได้จากสมการ Pathloss model ดังต่อไปนี้ [4]

$$RSSI = -10n\log_{10} d + A \tag{2.2}$$

โดยที่ $RSSI$ คือ ค่า RSSI มีหน่วยเป็น dBm

A คือ ค่า RSSI ที่ระยะอ้างอิง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n คือ ค่า path loss exponent ของระบบ จะมีค่าแตกต่างตามสถานที่

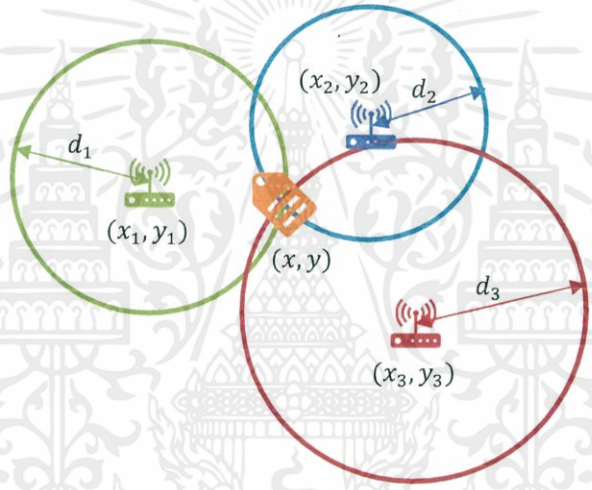
d คือ ระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณ และตัวรับสัญญาณ หน่วยเป็นเมตร

ค่า n ในที่นี้จะมีค่าประมาณ 2 ทำให้เมื่อปรับรูปสมการที่ 2.2 สำหรับการหาระยะทาง จะได้รูปสมการที่ 2.3 แล้วนำค่าระยะทางที่ได้ ไปคำนวณในทฤษฎีบทต่อไป

$$d = 10^{-\left(\frac{RSSI+A}{20}\right)} \tag{2.3}$$

2.2.3 การคำนวณหาตำแหน่งด้วย Trilateration

Trilateration หรือ การทำสามเหลี่ยมระยะ [2] เป็นการคำนวณหาตำแหน่งโดยใช้การตัดกันของวงกลมจากอุปกรณ์ที่ตรวจจับตำแหน่ง



รูปที่ 2.1 การคำนวณตำแหน่งด้วย Trilateration

จากรูปที่ 2.1 จุดที่วงกลมทั้ง 3 วงตัดกัน จะถือว่าเป็นจุดที่วัตถุอยู่ โดยรัศมีของวงกลมได้มาจากค่า RSSI ณ ขณะนั้น นำค่ารัศมีที่ได้มาหาตำแหน่งของวัตถุจากสมการวงกลมของพีทาโกรัส ดังนี้

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2 \tag{2.4}$$

โดยที่ x_i, y_i คือ ค่าพิกัดของตัวรับสัญญาณที่ i โดย $i = 1,2, \dots, n$ และ $n \geq 3$

d_i คือ ระยะทางจากตัวส่งไปยังตัวรับที่ i โดยคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

จากสมการที่ 2.4 เมื่อแทนค่าพิกัดและระยะทางแล้ว จะได้เป็นสมการวงกลม C_i จำนวน n สมการ ให้นำสมการ $C_i - C_j$ จะได้สมการเส้นตรง L_{ij} (สมการที่ 2.5) เมื่อ $i, j = 1,2, \dots, n$ และ $j > i$

$$2(x_j - x_i)x + 2(y_j - y_i)y = d_i^2 - d_j^2 + x_j^2 - x_i^2 + y_j^2 - y_i^2 \tag{2.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการ L_{ij} อยู่ในรูป Regression Model ดังนี้

$$Ax + By = D \tag{2.6}$$

สำหรับสมการ L_{ij} และ $I = 1,2, \dots, N$ โดย $N = \frac{n!}{2!(n-2)!}$ จะได้

$$A_I = 2(x_j - x_i) \tag{2.7}$$

$$B_I = 2(y_j - y_i) \tag{2.8}$$

$$D_I = d_i^2 - d_j^2 + x_j^2 - x_i^2 + y_j^2 - y_i^2 \tag{2.9}$$

นำค่า A_I, B_I และ D_I ใช้ในการหาค่าพิกัด (x, y) ของตัวส่งสัญญาณได้จากสมการที่ 2.10 และ 2.11

$$x \sum_{I=1}^{N} A_I^2 + y \sum_{I=1}^{N} A_I B_I = \sum_{I=1}^{N} A_I D_I \tag{2.10}$$

$$x \sum_{I=1}^{N} A_I B_I + y \sum_{I=1}^{N} B_I^2 = \sum_{I=1}^{N} B_I D_I \tag{2.11}$$

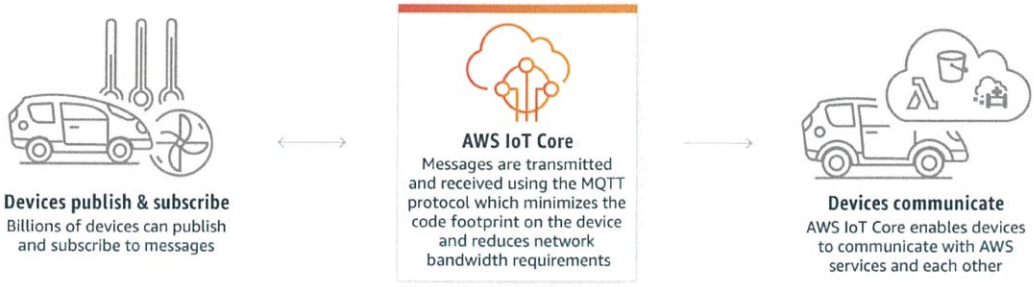
2.3 ทฤษฎีและบริการต่าง ๆ ของ Amazon Web Service (AWS)

Amazon Web Service เป็นระบบการบริการบนระบบ cloud ที่ปลอดภัยซึ่งมีความสามารถในการประมวลผล การจัดเก็บฐานข้อมูล การส่งเนื้อหาและฟังก์ชันการทำงานอื่น ๆ ที่ช่วยให้ธุรกิจขยายและเติบโตมากขึ้น มีระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านไอทีที่ครอบคลุม เช่น ความสามารถในการประมวลผล ตัวเลือกการจัดเก็บ การสร้างเครือข่ายและฐานข้อมูล ที่จะช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถจัดการและวิเคราะห์ผลข้อมูลได้ง่าย โดยบริการของ AWS ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน มีดังต่อไปนี้

2.3.1 ระบบปฏิบัติการ AWS IoT Core

Amazon IoT Core (Amazon Web Services Internet of Things Core) เป็นการจัดการ cloud service ที่อนุญาตให้อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างง่ายและปลอดภัย ทั้งเชื่อมต่อกับแอพลิเคชั่นบน cloud หรือการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT อื่น AWS IoT Core สามารถเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ มากมายบน AWS ด้วยการประมวลผลและนำทางไปยัง endpoint ที่ได้ตั้งค่าไว้ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กระบวนการทำงานอย่างง่ายของ AWS IoT Core

จากรูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของ AWS IoT Core โดยเริ่มจากอุปกรณ์ IoT ที่ต้องการใช้งาน เชื่อมต่อกับ AWS IoT Core ด้วยโปรโตคอล MQTT (เพิ่มเติมที่หัวข้อ 2.7.1) อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อแล้วจะสามารถ Publish (ส่งข้อมูล) หรือ Subscribe (รับข้อมูล) ได้ และสามารถเชื่อมต่อไปยังบริการอื่น ๆ ของ AWS หรือติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์ได้อีกด้วย

2.3.2 ระบบปฏิบัติการ Amazon FreeRTOS

RTOS ย่อมาจาก Real-Time Operating System เป็นระบบปฏิบัติการที่ ใช้กับงานที่มุ่งเน้นด้านเวลาการทำงาน มักใช้ในระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Microcontroller) ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งมีทั้งผลิตภัณฑ์ที่จะต้องเสียค่าบริการ และไม่เสียค่าบริการ โดย FreeRTOS เป็นแบบไม่ต้องเสียค่าบริการ FreeRTOS จึงถูกจัดเป็นโปรเจค Open Source ที่ใช้งานได้ง่าย และมีขนาดค่อนข้างเล็ก โดยภายในระบบที่คอยดูแลบริหารทรัพยากรของระบบ และติดต่อกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์หรือ Kernel ประกอบด้วยไฟล์ภาษา C เพียงไม่กี่ไฟล์เท่านั้น ทำให้อ่าน ควบคุม และปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ ได้ง่าย [13]

Amazon FreeRTOS เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับ Microcontrollers ที่จะช่วยให้อุปกรณ์ IoT เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT ด้วยกันเอง หรือเชื่อมต่อกับระบบ AWS IoT Core ได้ โดย Amazon จะมีซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์ Microcontroller รุ่นที่รองรับให้ดาวน์โหลด เพื่อความสะดวกในการใช้งานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ระบบ Amazon Elasticsearch Service (Amazon ES)

Elasticsearch เป็นเครื่องมือค้นหา และวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Open-source (ใช้งานได้ไม่เสียค่าใช้จ่าย) นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล บันทึกต่าง ๆ หรือ Log ข้อมูล การค้นหาข้อความ ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะ แสดงผลข้อมูล Real-time เป็นต้น [14] ซึ่ง Elasticsearch จะใช้ Kibana ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือของ Elasticsearch ในการแสดงผลลัพธ์ข้อมูลด้วยแผนภาพ กราฟ หรือตาราง เพื่อให้สามารถศึกษาและค้นหาข้อมูลได้ตามต้องการ

Elasticsearch จะเก็บข้อมูลแบบ Inverted Index เป็นการเก็บข้อมูลแบบตัดคำ เพื่อใช้ในการค้นหาได้โดยง่าย ข้อมูลที่รับเข้ามาจึงเป็นข้อมูลรูปแบบ JSON ที่มีการตั้งชื่อข้อมูล และกำหนดค่าของข้อมูลไว้อย่างชัดเจน (เพิ่มเติมที่หัวข้อ 2.4.2)

ในส่วนของ AWS จะมีบริการ ชื่อ Amazon Elasticsearch Service หรือ Amazon ES เป็นบริการฐานข้อมูลของ Amazon ที่ร่วมกับ Elasticsearch เพื่อให้สามารถใช้งานกับบริการอื่น ๆ ของ Amazon ได้สะดวกยิ่งขึ้น [15] ซึ่ง Elasticsearch นี้จะรับข้อมูลมาในรูปแบบเอกสาร JSON เพื่อให้สะดวกในการจัดเก็บข้อมูล และสามารถค้นหาข้อมูลได้ง่าย

รูปที่ 2.3 กระบวนการทำงานอย่างง่ายของ Amazon Elasticsearch Service

การทำงานของ Amazon ES ดังรูปที่ 2.3 เริ่มจากการรับข้อมูล หรือประมวลผลข้อมูลขึ้นมา ทั้งจากการตรวจจับไฟล์ข้อมูล วิเคราะห์ผลข้อมูล ประมวลล่วงหน้า หรือโหลดข้อมูลมายัง Amazon ES โดยการใช้ Logstash, Kibana หรือบริการอื่น ๆ ของ Amazon เองในการค้นหา สำรวจ ตรวจสอบผลข้อมูลเชิงลึกทั้งหมดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านภาษาคอมพิวเตอร์

2.4.1 ภาษา Arduino

Arduino เป็นภาษาที่ง่ายและนิยมในการสร้างโปรแกรมควบคุม Microcontroller ขนาดเล็ก ๆ โดยโครงสร้างของภาษา Arduino จะมีความคล้ายกับภาษา C++ ซึ่งการโปรแกรมด้วยภาษา Arduino จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ [10] [17] คือ

(1) Libraries: ไฟล์เพิ่มเติมที่นอกเหนือจาก Built-in Libraries จะถูกประกาศไว้ในส่วนแรกสุดของโปรแกรม เพื่อใช้ในการอ้างอิงฟังก์ชันหรือตัวแปรภายนอกที่ถูกใช้ในโปรแกรมนั้น ๆ รูปแบบการใช้งานคือ “#include <ชื่อไฟล์.h>”

(2) Global declaration: การประกาศชื่อและชนิดตัวแปร หรือฟังก์ชันที่ใช้ในโปรแกรม โดยจะเป็นการประกาศที่สามารถกำหนด หรือเรียกใช้งานได้จากทุกส่วนของโปรแกรม

(3) ฟังก์ชัน setup() และ loop(): เป็นส่วนที่เริ่มต้นกระบวนการทำงานจริงของอุปกรณ์ที่ต้องการ และเป็นคำสั่งที่บังคับให้มีทุกโปรแกรม โดยในส่วนฟังก์ชัน setup() จะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นต่าง ๆ ของโปรแกรม เช่น กำหนดความเร็ว Baud rate ของอุปกรณ์หรือ Serial Monitor กำหนดค่าของพินเริ่มต้น กำหนดค่าเริ่มต้นตัวแปร เป็นต้น และในส่วนฟังก์ชัน loop() จะเป็นส่วนที่อุปกรณ์นั้น ๆ จะทำงานวนซ้ำไปไม่มีที่สิ้นสุด หรือตามแต่จะโปรแกรมไว้

2.4.2 เจสัน (JSON)

JSON ย่อมาจาก JavaScript Object Notation เป็นรูปแบบข้อมูลที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดเล็ก [20] ซึ่งเป็นรูปแบบที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ง่าย และอุปกรณ์เข้าใจได้ด้วยเช่นกัน เป็นรูปแบบข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และใช้งานได้สะดวกกับภาษาในตระกูลภาษา C ซึ่งได้แก่ C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl และ Python เป็นต้น

JSON ถูกสร้างขึ้นจากชุดข้อมูลของ literal object notation ใน Javascript JSON จะใช้ [ ] แทน array และใช้ { } แทน hash (หรือ associate array) แต่ละสมาชิกคั่นด้วย comma (,) และแต่ละ ชื่อสมาชิกคั่นด้วย colon (:) และชื่อสมาชิกจะต้องขึ้นต้นด้วยภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กเท่านั้น [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[
 {"firstName" : "name",
  "lastName": "surname",
  "address" : {
               "address1" : "9/16",
               "province" : "bangkok"
              }
  "phoneNum" : [
                "082-222-2222",
                "02-555-4444"
               ]
 }
]
```

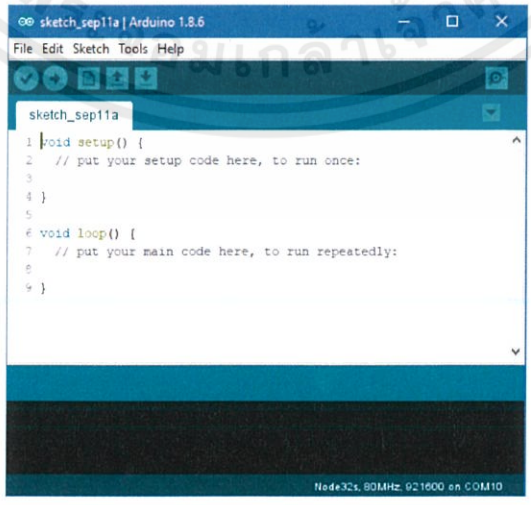
รูปที่ 2.4 รูปแบบข้อมูล JSON

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าข้อมูลชุดนี้ประกอบด้วย ตัวแปร (index) ชื่อ firstName ที่มีค่า (value) name ตัวแปรชื่อ lastName มีค่า surname ส่วนตัวแปร address ประกอบด้วยตัวแปรอีก 2 ตัว คือ address1 และ country และตัวแปร phoneNumbers มี 2 ค่า

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

2.5.1 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE เป็น Open Source ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและอัปโหลดลงบอร์ดต่าง ๆ รองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, Mac OS X และ Linux เป็นการอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดได้ง่ายกว่าการเขียนแบบ AVR หรือเวอร์ชันอื่น ๆ ของ Arduino โดย IDE (Integrated Development Environment) เป็นส่วนเสริมของระบบการพัฒนาที่เสริมให้มีความรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และตรวจสอบโค้ดได้ [18]

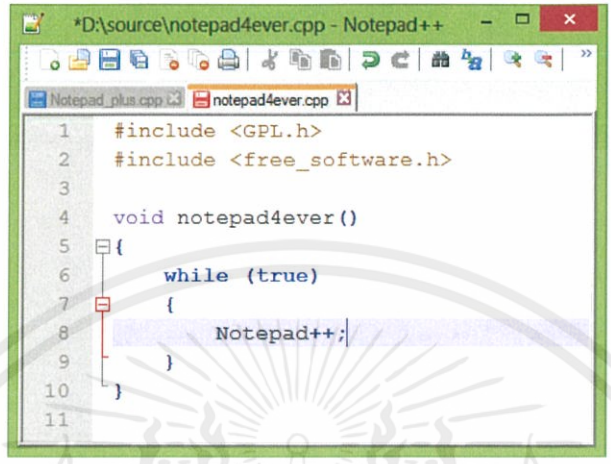


รูปที่ 2.5 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE เวอร์ชัน 1.8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โปรแกรม Notepad++

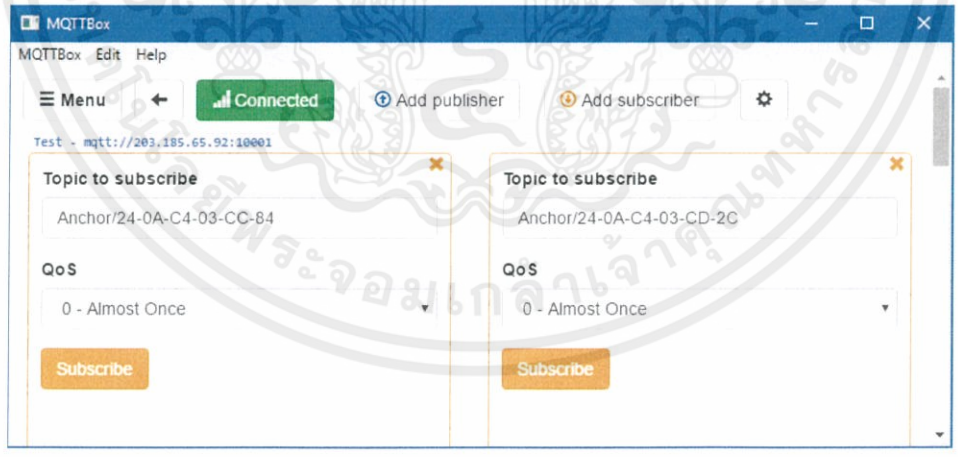
เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่ใช้งานง่ายในการแก้ไขโค้ด หรือการเข้าถึงไฟล์บางชนิดได้ เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่รองรับได้หลายภาษา จึงใช้ในการทดลองสร้างไฟล์ข้อมูล JSON ขึ้นมาใช้ในการทดสอบได้



รูปที่ 2.6 หน้าต่างโปรแกรม Notepad++ [6]

2.5.3 โปรแกรม MQTTBox

เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่ใช้ในการ Subscribe ไปยัง Topic บน MQTT Server ที่ต้องการเพื่อตรวจสอบข้อความ MQTT ที่ถูก Publish มายัง Topic นั้น ๆ โดยสามารถ Subscribe ไปยังหลาย ๆ Topic ของเซิร์ฟเวอร์เดียวพร้อมกันได้



รูปที่ 2.7 หน้าต่างโปรแกรม MQTTBox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านฮาร์ดแวร์

2.6.1 Espressif ESP32

Espressif ESP32 เป็น IC Microcontroller ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 BLE มีราคาถูกและใช้พลังงานน้อย ผลิตโดยบริษัท Espressif ในประเทศจีน [7] ถูกพัฒนาต่อมาจาก IC รุ่น ESP8266 สามารถพัฒนาเฟิร์มแวร์ได้ด้วยโปรแกรม Arduino IDE ที่ใช้งานได้ง่าย จึงทำให้ IC รุ่นนี้เป็นที่นิยมสูง ทั้งยังมีระบบปฏิบัติการ FreeRTOS ที่ Amazon รองรับการทำงานอีกด้วย

บอร์ดสำเร็จรูปที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็นของบริษัท ไอยราฟันส์ จำกัด ชื่อว่า Ayarafun/LamLoei Node32S ใช้ ESP-WROOM-32 ในการทำงาน [8] ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 บอร์ด Ayarafun/LamLoei Node32S ของบริษัท ไอยราฟันส์ จำกัด

2.6.2 LinkIt Smart 7688 Duo

LinkIt Smart 7688 Duo เป็นบอร์ด Controller ที่มีพื้นฐานมาจาก MT7688 และ ATmega32u4 เป็นบอร์ดที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมของ Arduino Yun และภายในมีระบบปฏิบัติการเป็น OpenWrt Linux บอร์ดถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ IoT โดยเฉพาะ สามารถใช้งานได้หลากหลายและใช้งานได้ด้วยโปรแกรมภาษา Python ภาษา C หรือ Node.js ได้ด้วยเช่นกัน [9]

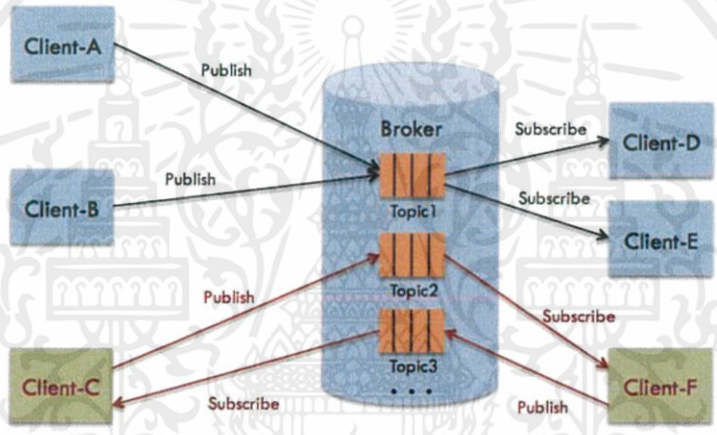
รูปที่ 2.9 บอร์ด LinkIt Smart 7688 Duo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 โปรโตคอล MQTT

MQTT หรือ Message Queue Telemetry Transport เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาสำหรับการสื่อสารแบบ M2M (Machine-to-machine) คือ ระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ ซึ่งสนับสนุนกับเทคโนโลยี IoT ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ โดย MQTT จะแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Publisher Subscriber และ Broker [11] โดย Publisher คือผู้ส่งข้อมูล Subscriber คือผู้รับชมข้อมูล และ Broker เป็นตัวกลางในการรับ/ส่งข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งการที่ Publisher และ Subscriber จะรับส่งข้อมูลกันได้นั้น จะต้องมีเส้นทาง หรือ Topic เดียวกัน เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยมี Broker เป็นผู้ดูแล Topic



รูปที่ 2.10 ระบบการสื่อสารของ MQTT [12]

จากรูปที่ 2.10 อุปกรณ์ที่ Publish เปรียบเป็น Publisher หรือเป็นผู้ส่งข้อมูล เช่น Espressif ESP32 ที่ส่งข้อมูลตำแหน่งของ Tag ไปยัง Broker หรือ Amazon Cloud แล้วจากนั้นอุปกรณ์ที่ Subscribe ไปยัง Topic เดียวกันกับ Publisher จะสามารถรับข้อมูลนั้น ๆ ได้

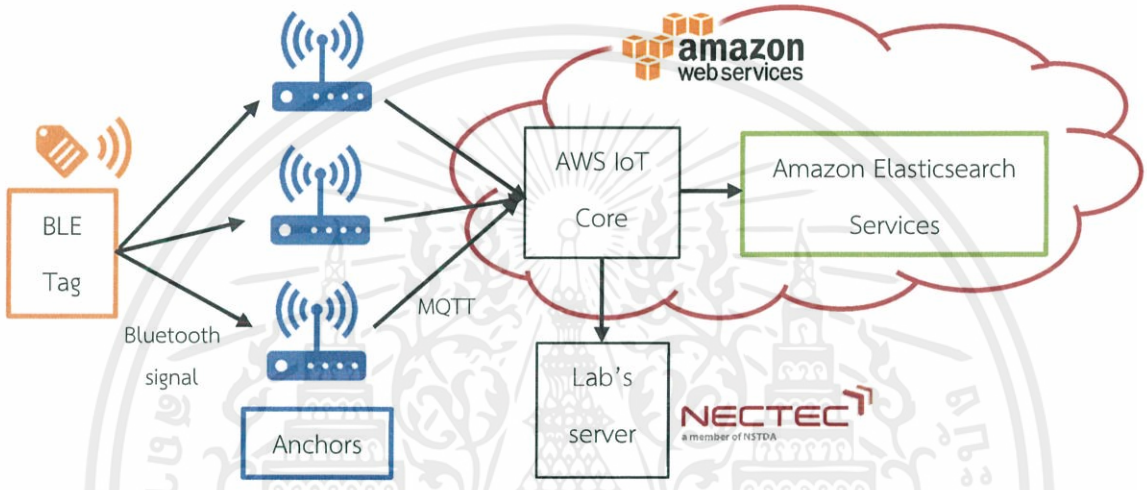
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ

การทำงานของระบบระบุตำแหน่งนี้ ประกอบด้วยส่วนการระบุตำแหน่งและตรวจจับตำแหน่ง ส่วนการจัดเก็บข้อมูลและคำนวณตำแหน่ง และส่วนการแสดงผล ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Block Diagram การทำงานของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

การทำงานของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ มีการทำงานเริ่มจากป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (BLE Tag) ส่งสัญญาณบลูทูธออกมาจากตัวเอง เพื่อบ่งบอกตำแหน่งของ Tag มีอุปกรณ์รับสัญญาณไร้สาย (Anchor) รับสัญญาณจาก Tag เป็นค่าระดับสัญญาณจากสัญญาณบลูทูธ (RSSI) ภายใน Anchor ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ บอร์ดรับสัญญาณบลูทูธ (BLE Scanner) และ Microcontroller โดยบอร์ดจะทำหน้าที่รับสัญญาณบลูทูธจาก Tag ส่งให้ Microcontroller รวบรวมข้อมูลส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านโปรโตคอล MQTT ในรูปแบบไฟล์ JSON

เมื่อ Microcontroller ส่งข้อมูลออกมา ข้อมูล RSSI บนเซิร์ฟเวอร์ Amazon จะถูกคำนวณด้วยวิธี Trilateration เพื่อให้ได้ค่าพิกัด x, y ของข้อมูลที่ส่งมา จากนั้นนำค่าพิกัดที่ได้ พล็อตลงบนแผนที่เพื่อแสดงตำแหน่งของ Tag แบบ Real-time ส่วนหน้าเว็บ Amazon สำหรับตรวจสอบว่า Anchor ตัวใดที่ทำงานอยู่

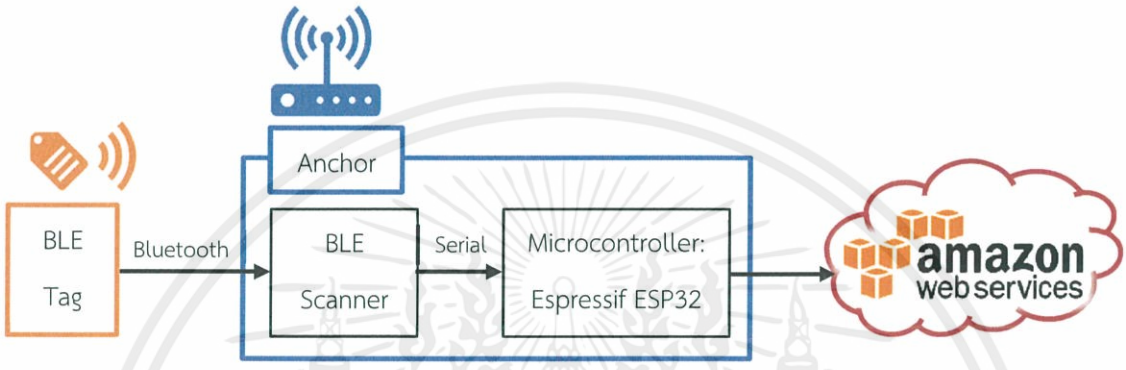
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของ Anchor

ภายใน Anchor จะประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

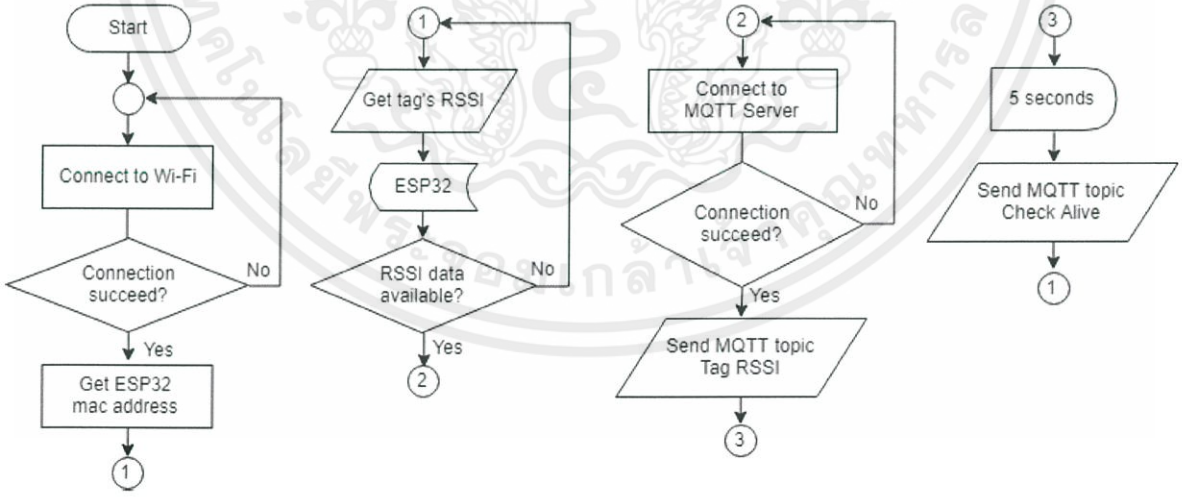
(1) บอร์ดรับสัญญาณบลูทูธ (BLE Scanner) เป็นบอร์ดที่ห้องปฏิบัติการได้พัฒนาขึ้นใช้เองก่อนหน้านี้แล้ว ใช้สำหรับรับสัญญาณบลูทูธจาก Tag โดยข้อมูลที่รับได้คือค่า RSSI ของ Tag นั้น ๆ

(2) Microcontroller: Espressif ESP32 ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ระบบภายในของ Anchor

Anchor เริ่มต้นการทำงานที่ BLE Scanner รับสัญญาณค่า RSSI จาก Tag ส่งผ่านข้อมูลให้ Espressif ESP32 แบบอนุกรม (Serial Transmission) อยู่ตลอดเวลา จากนั้น Espressif ESP32 จะทำการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ต่อไป โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงตามโฟลชาร์ตดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการทำงานภายใน Espressif ESP32

ภายใน Espressif ESP32 จะเริ่มที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จ จะรับค่า Mac Address ของตัวเอง จากนั้น กระบวนการทำงานจะ Loop เป็นลำดับดังรูปที่ 3.3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

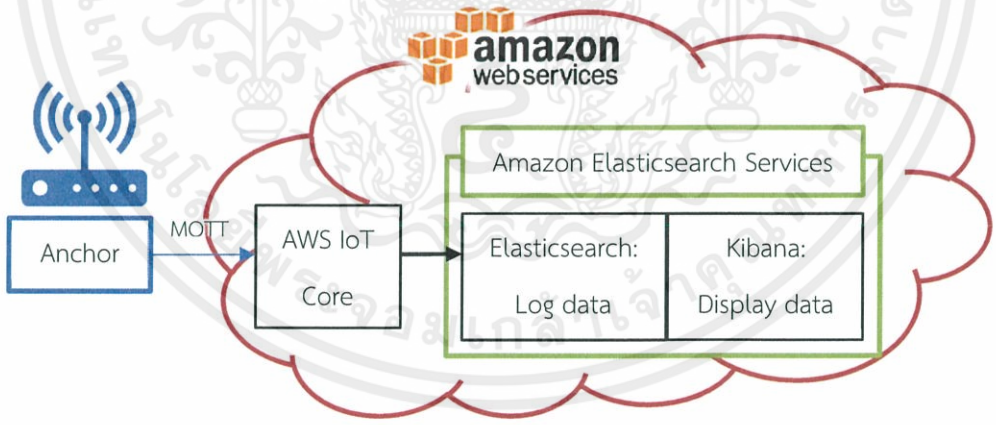
① รับข้อมูลจาก BLE Scanner แบบ Serial Transmission มาเก็บข้อมูลไว้ในตัวเอง ข้อมูลที่ได้จะเป็นรูปแบบ “TagID, RSSI” โดย TagID คือ หมายเลข Tag ที่ได้รับ และ RSSI คือ ค่า RSSI ของ Tag นั้น ๆ จัดเก็บไว้ แล้วทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาจริงหรือไม่ หากมี ให้ส่งต่อไปยัง ②

② ทำการเชื่อมต่อกับ MQTT Server เพื่อส่งข้อมูลเลข Tag และค่า RSSI ไปยัง Topic ในชื่อของตัวเอง คือ “Anchor/Mac address” โดยตั้งชื่อ Topic จาก Mac Address ของ Espressif ESP32 เพื่อจำแนกว่าข้อมูลใดถูกส่งมาจาก Anchor ตัวใด ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณตำแหน่งของ Tag ต่อไป

③ ทำการส่งข้อมูลไปยัง index “Check Alive” ทุก ๆ 5 วินาที เพื่อยืนยันว่า Anchor นี้ online อยู่ แล้วกลับเข้ากระบวนการทำงานที่ ①

3.3 การทำงานบน Amazon Web Services (AWS)

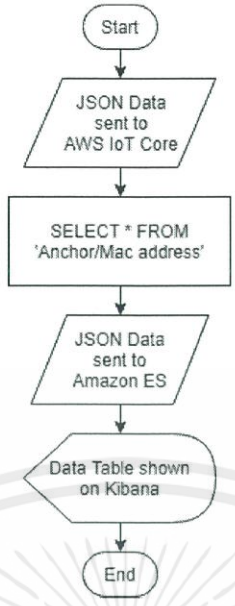
เมื่อ Anchor เสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูล RSSI จาก Tag แล้ว Anchor จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปจัดเก็บและแสดงผลบน AWS บนเครือข่าย Wi-Fi ของอาคาร



รูปที่ 3.4 Block Diagram การส่งข้อมูลจาก Anchor ไปยัง AWS

ข้อมูล RSSI ของ Tag ที่ถูกส่งมาจาก Anchor หลาย ๆ ตัวจะถูกส่งเป็นข้อมูล JSON ไปยัง MQTT Server โดย Publish ไปที่ Topic “Anchor/Mac address” บน AWS โดยใช้บริการในส่วน AWS IoT Core ตั้งค่า Act ให้ MQTT Server รับข้อมูล JSON มาแล้ว ส่งต่อไปยัง Amazon Elasticsearch Service (Amazon ES) โดยอัตโนมัติในรูปแบบข้อมูล JSON เดิม ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กระบวนการทำงานบน AWS

จากรูปที่ 3.5 เริ่มกระบวนการทำงานที่ข้อมูล JSON ที่ถูกส่งมาจาก Anchor เข้าสู่ MQTT Server ตามที่ได้กำหนดไว้ตามกระบวนการที่ 3.2 เมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้ว บน AWS IoT Core ถูกกำหนด Act ไว้ว่า “SELECT * FROM ‘Anchor/Mac address’” หมายถึง การเลือกข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจาก Topic ‘Anchor/Mac address’ ให้ส่งต่อไปยัง Amazon ES บน Domain ที่เลือกไว้รองรับ และแสดงผลบน Kibana แบบตารางได้ทันที ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนการแสดงผลว่ามีข้อมูลใดถูกส่งมา ส่วนการคำนวณตำแหน่งจาก RSSI จะเป็นส่วนที่คำนวณบนเซิร์ฟเวอร์ของห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของ Espressif ESP32 นี้ จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

(1) ทดสอบการส่งข้อมูลไปยัง MQTT Server ที่ต้องการ ด้วยการส่งไปยัง AWS ของนักศึกษา

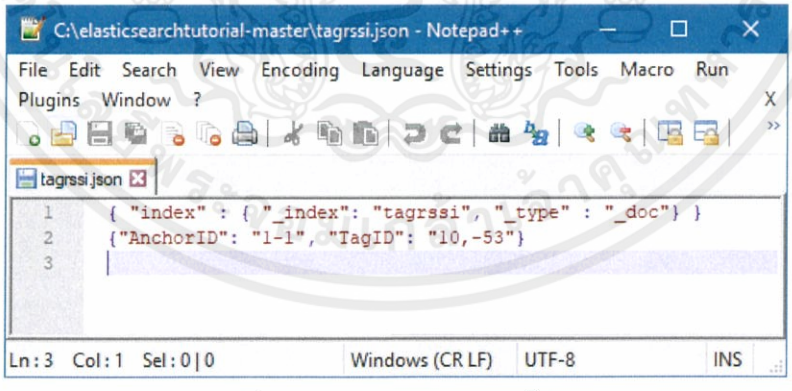
(2) ทดสอบการคำนวณตำแหน่ง Tag ของ Espressif ESP32 ด้วยการส่งข้อมูลไปยัง MQTT Server ของห้องปฏิบัติการ

4.1 ทดสอบการส่งข้อมูลไปยัง AWS ของนักศึกษา

การทดสอบการทำงานบน AWS IoT Core และ Amazon ES จะเป็นการสร้างฐานข้อมูลจำลองขึ้นมารองรับการทดลองส่งข้อมูล JSON จาก Anchor ว่าสามารถส่งข้อมูลมาได้หรือไม่ โดยเป็นการทดสอบการส่งข้อมูล JSON จาก Anchor ไปยัง MQTT Server ใน Topic 'Anchor/Mac' บนบัญชี AWS ของนักศึกษาเอง เป็นการจำลองเลียนแบบการส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ของห้องปฏิบัติการจริง ขั้นตอนและผลการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

(1) สร้าง Elasticsearch domain บน Amazon ES เพื่อรองรับข้อมูล

(2) ส่งข้อมูลเอกสาร JSON ชุดแรกขึ้นไปเพื่อสร้าง index ขึ้นเป็นตัวตั้งต้นในการรับข้อมูล



รูปที่ 4.1 ไฟล์ข้อมูล JSON ตั้งต้น

ไฟล์ข้อมูล JSON ตั้งต้นดังรูปที่ 4.1 นี้ประกอบด้วยส่วนที่ตั้งค่า index ดังนี้

"_index": "tagrssi" เป็นการตั้งชื่อ index ที่จะใช้ในการเกิดข้อมูล

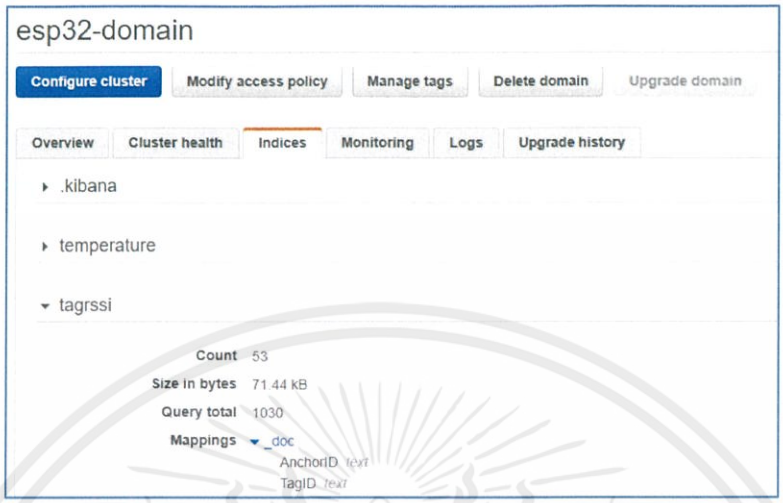
"_type": "_doc" ชนิดของ index โดยกำหนดให้เป็น document

ส่วนถัดไปเป็นตัวแปรชุดแรกที่กำหนดชื่อและชนิดของตัวแปรที่ index จะรับเข้ามา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“AnchorID”: “1-1” คือ ตัวแปรชื่อ AnchorID มีค่า “1-1” เป็นข้อมูลชนิด text

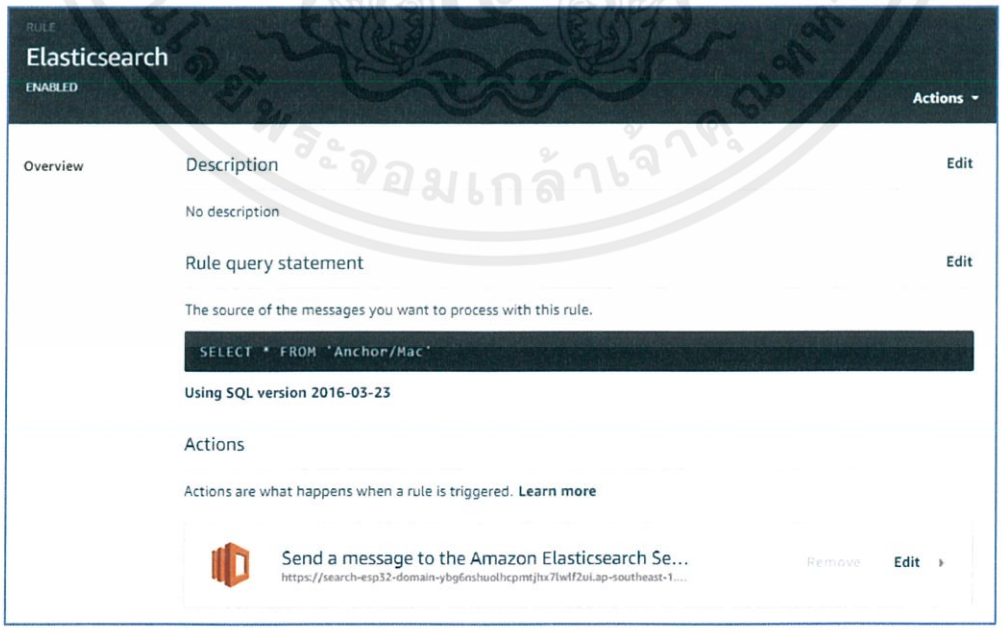
“TagID”: “10,-53” คือ ตัวแปรชื่อ TagID มีค่า “10,-53” เป็นข้อมูลชนิด text



รูปที่ 4.2 หน้าแดชบอร์ดของ Elasticsearch domain แสดงข้อมูล index

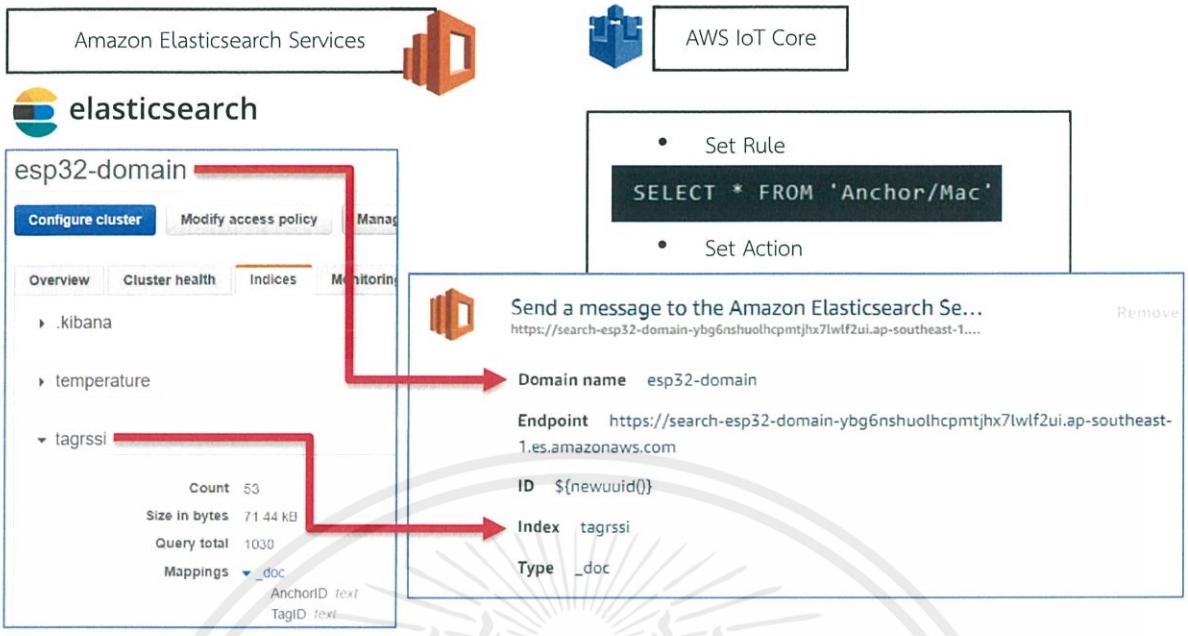
เมื่อส่งข้อมูล JSON ขึ้นสำเร็จ หน้าแดชบอร์ดของ Elasticsearch domain จะแสดง index ที่เพิ่มเข้ามาดังรูปที่ 4.2 จะเห็นได้จากหัวข้อ tagrssi ที่มี Mappings เป็น _doc และประกอบด้วยตัวแปร AnchorID และ TagID ดังที่กำหนดไว้ในข้อมูล JSON

(3) สร้าง Rule บน AWS IoT Core เพื่อให้สามารถรับข้อมูล MQTT แล้วส่งต่อไปยัง Elasticsearch domain ได้ โดยกำหนดให้รับข้อความ MQTT ใด ๆ จาก Topic ‘Anchor/Mac’ แล้วให้ส่งต่อไปยัง Amazon ES ที่สร้างไว้ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 หน้า Rule ของ AWS IoT Core

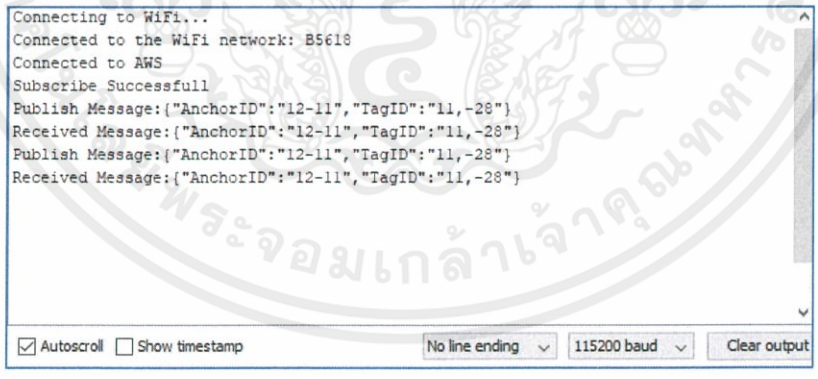
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การเชื่อมต่อระหว่าง Elasticsearch domain และ AWS IoT Core

จากรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Elasticsearch domain และ AWS IoT Core ว่า AWS IoT Core จะส่งข้อมูลใดไปยัง domain ที่ต้องการ และส่งไปอย่างไร

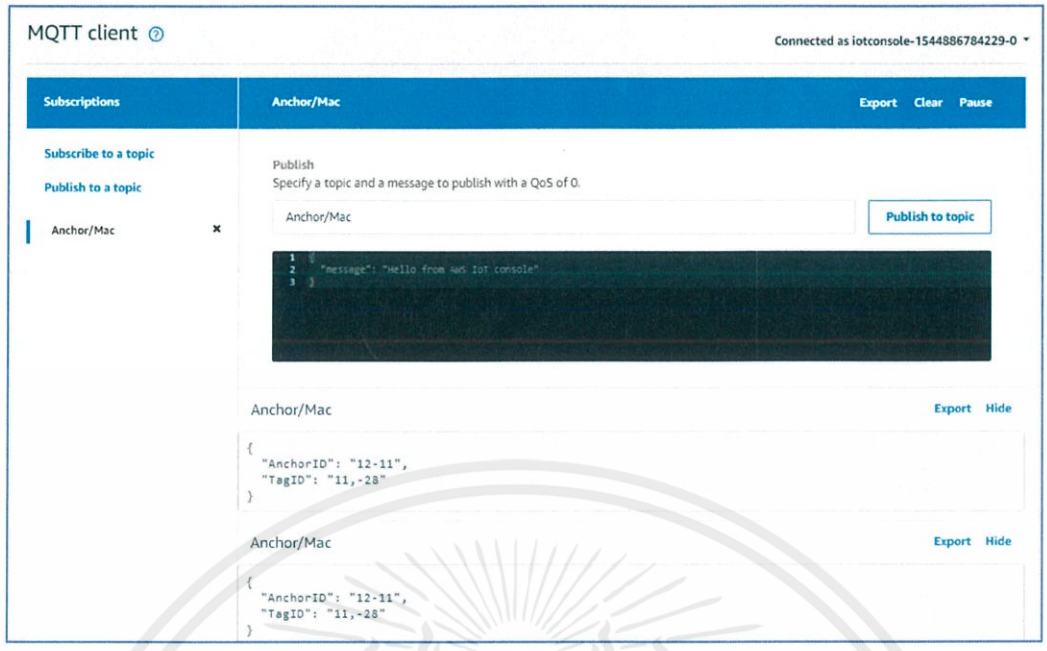
(4) เขียนโปรแกรม Arduino ลง Espressif ESP32 เพื่อให้สามารถส่งข้อมูล JSON ได้อัตโนมัติ ด้วยการส่งแบบ MQTT โดยรูปที่ 4.5 คือ Serial Monitor แสดงผลการส่งข้อมูลของ Espressif ESP32 ไปยัง AWS IoT Core และแสดงข้อมูลที่ถูกส่งไปด้วย



รูปที่ 4.5 Serial Monitor ของ Espressif ESP32 ที่ทำการส่งข้อมูล

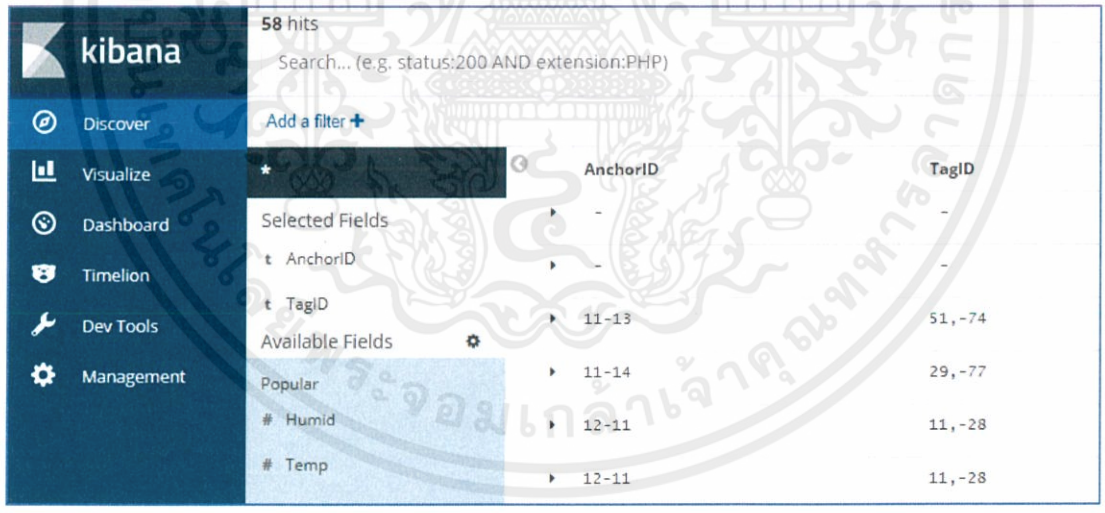
หน้า AWS IoT Core ดังรูปที่ 4.6 แสดงผลการรับข้อมูลของ AWS IoT Core ที่ Topic 'Anchor/Mac' โดยหน้า MQTT Client นี้จะเป็นการ Subscribe ไปยัง Topic ที่ต้องการ เพื่อรอรับข้อมูลที่ถูกส่งมายัง Topic ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกส่งต่อไปยัง Elasticsearch domain ทันทีตาม Rule ที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน้า AWS IoT Core ที่ Subscribe ไปยัง Topic 'Anchor/Mac'

จากรูปที่ 4.7 ข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก AWS IoT Core สามารถตรวจสอบได้จากหน้า Kibana ของ Elasticsearch domain นั้นทันที โดยสามารถเลือกผลการแสดงว่าจะให้แสดงตัวแปรใด หรือค้นหาตัวแปรได้จากช่องค้นหาด้านบนของหน้าเว็บได้

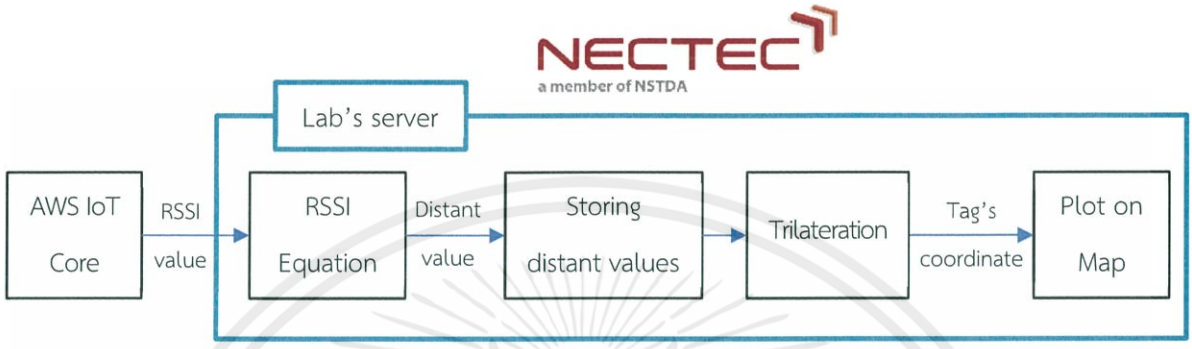


รูปที่ 4.7 หน้า Kibana แสดงข้อมูลที่ได้รับเข้ามาที่ Elasticsearch domain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบการคำนวณตำแหน่ง Tag ด้วย MQTT Server ของห้องปฏิบัติการ

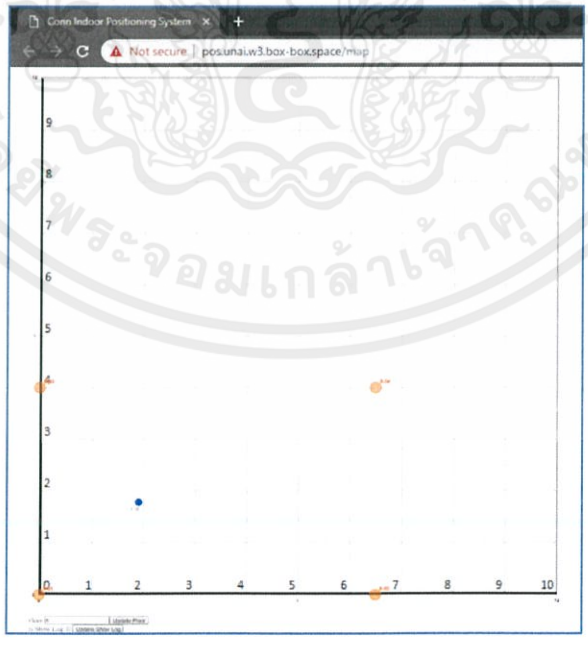
การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบการส่งข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ต้องการใช้ในการคำนวณตำแหน่งของ Tag ว่าสามารถรับไปคำนวณตำแหน่งได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยจะคำนวณตำแหน่งของ Tag ด้วยทฤษฎี Trilateration ซึ่งกระบวนการคำนวณจะเป็นส่วนที่ห้องปฏิบัติการได้พัฒนาไว้



รูปที่ 4.8 กระบวนการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ห้องปฏิบัติการ

ภายในเซิร์ฟเวอร์จะเป็นดังรูปที่ 4.8 เริ่มจากการรับค่า RSSI จาก AWS IoT Core บัญชีของห้องปฏิบัติการเอง เข้าสมการคำนวณหาระยะทางจากค่า RSSI (สมการที่ 2.3) นำค่าระยะทางที่ได้ ไปใช้คำนวณต่อในสมการ Trilateration ซึ่งใช้ระยะทางระหว่าง Tag 1 ตัว กับ Anchor 3 ตัวในการคำนวณหาค่าพิกัดของ Tag เมื่อได้ค่าพิกัดออกมาแล้ว จะนำค่านี้ไปพล็อตบนแผนที่ ซึ่งเป็นหน้าเว็บของห้องปฏิบัติการ

การทดสอบและวิธีการทดสอบ มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.9 แผนที่จำลองการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 สถานที่ทดสอบจะเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 4 เมตร ยาว 6.5 เมตร วาง Anchor ไว้ทั้ง 4 มุมสำหรับตรวจจับ Tag จุดที่แสดงตำแหน่ง Anchor เป็นจุดโปร่ง 4 จุดที่ (0,0), (6.5,0), (0,4) และ (6.5,4) ส่วนจุดทึบที่เล็กกว่าจุด Anchor คือจุดแสดงตำแหน่ง Tag ที่ตรวจจับได้

```
{"type":"beacon",
 "anchor_uuid":"9C-65-F9-27-A3-51",
 "tags":[{"tag_uuid":"b9407f30-f5f8-466e-aff9-25556b57fe6d",
          "tag_major":"9999",
          "tag_minor":"5",
          "rssis":[-88]
         }]}
```

รูปที่ 4.10 รูปแบบข้อมูล JSON

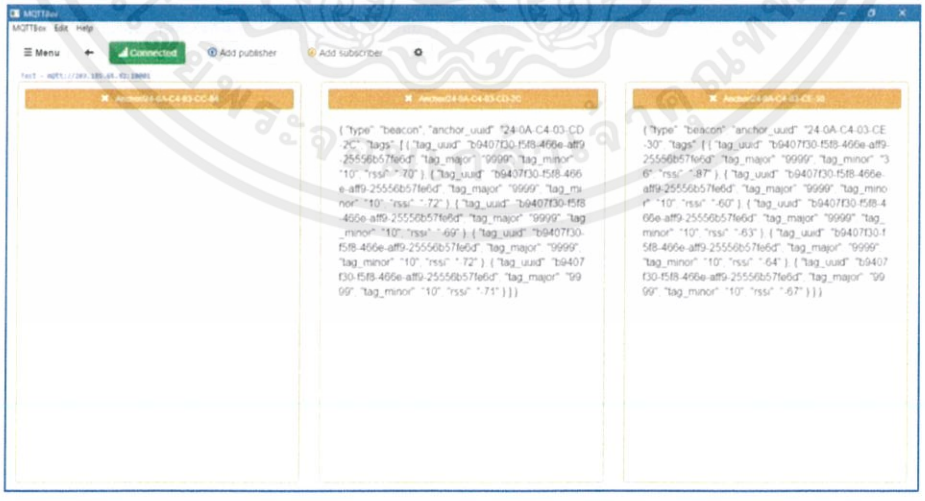
รูปแบบข้อมูล JSON ดังรูปที่ 4.10 ที่ถูกส่งไปด้วย MQTT มีรายละเอียดดังนี้

"type": "beacon" คือ index ชื่อ beacon สำหรับเก็บข้อมูลส่วนที่ใช้ในการคำนวณตำแหน่งของ Tag นั่นคือ เก็บข้อมูลค่า RSSI

"anchor_uuid" คือ Mac address ของ Anchor

"tag" คือ ข้อมูลของ Tag ที่ได้รับ ส่วนสำคัญคือ "tag_minor" เป็นหมายเลข Tag และ "rssis" เป็นค่า RSSI ของ Tag นั้น ๆ

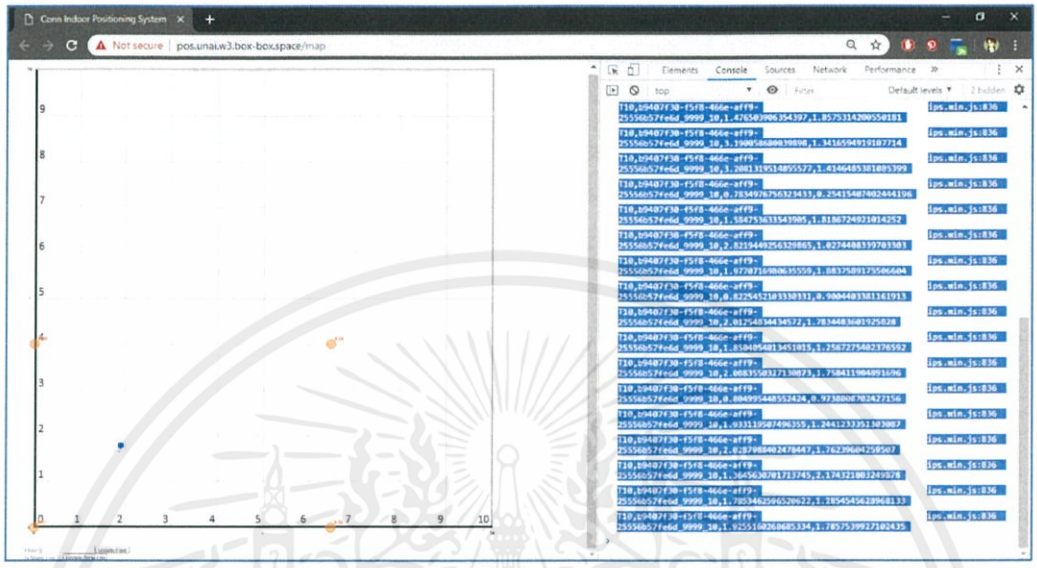
ในการตรวจสอบข้อความ MQTT ว่ามีข้อความถูกส่งไปยัง Topic ตามชื่อ Mac address ของแต่ละ Anchor หรือไม่ จะเป็นการใช้โปรแกรม MQTTBox ในการ Subscribe ไปยัง Anchor ทั้ง 4 ตัวที่ใช้ทดสอบ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 หน้าต่าง MQTTBox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการคำนวณตำแหน่ง Tag ทดสอบโดยการเลื่อน Tag ไปทีละ 1 เมตร คือ วางที่พิกัด (0,0), (0,1), (0,2), (0,3), (0,4), (1,0), ..., (6,4) รวมทั้งสิ้น 35 จุด จุดหนึ่ง Sampling ทั้งสิ้น 20 ค่า เก็บค่าพิกัดที่ถูกคำนวณจาก RSSI แล้วจากการเข้า Console ของ Browser ดังรูปที่ 4.12

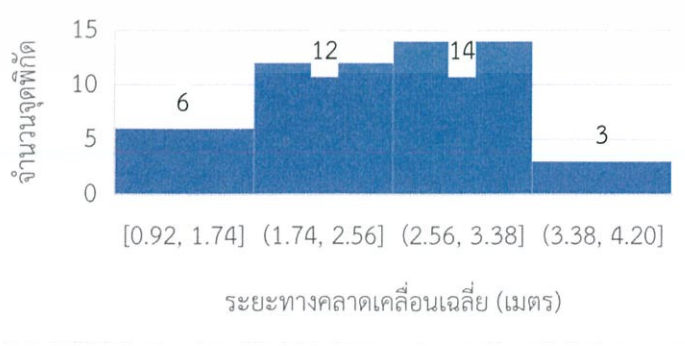


รูปที่ 4.12 หน้าต่างการเก็บผลลัพธ์การทดสอบ

ค่าพิกัดที่แสดงบน Console ของ Browser เกิดจากการเข้าหน้าเว็บแผนที่จำลองของห้องปฏิบัติการ โดยจะแสดงเป็น text ที่ระบุหมายเลข Tag และพิกัดของ Tag ที่แสดงอยู่ ณ เวลานั้น

ค่าพิกัดที่ได้นี้ นำไปหาระยะห่างระหว่างพิกัดจริงกับพิกัดที่คำนวณได้ด้วยสมการวงกลม (สมการที่ 2.4) เมื่อนำพิกัดทั้งหมดเข้าสมการ แล้วหาค่าเฉลี่ยของระยะทาง จะได้ระยะทางเฉลี่ยที่คลาดเคลื่อนไปจากระยะทางจริง

จากการคำนวณระยะทางเฉลี่ยที่คลาดเคลื่อนไป พบว่าพิกัดที่คำนวณได้นั้นคลาดเคลื่อนไป 2.56 - 3.38 เมตร ดังรูปที่ 4.13 โดยค่าความคลาดเคลื่อนนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2



รูปที่ 4.13 Histogram ความคลาดเคลื่อนของระยะทางเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปการวิจัย

รายงานฉบับนี้เป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ ซึ่งเปลี่ยน Microcontroller ใน Anchor ที่ทำหน้าที่ในการส่งค่า RSSI ของ Tag ไปยังเซิร์ฟเวอร์ จาก LinkIt Smart 7688 Duo เป็น Espressif ESP32 โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์นี้จะต้องทำให้อุปกรณ์ใหม่ทำงานกับระบบการคำนวณตำแหน่งระบบเดิมได้ จากผลการทดสอบที่ 4.2 พบว่า Espressif ESP32 สามารถทำงานกับระบบเดิมได้ และผลการทดสอบเป็นไปตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินงาน และแนวทางแก้ปัญหา

ผลการทดสอบยังเป็นการระบุตำแหน่ง Tag ได้เพียงคร่าว ๆ เนื่องจากการคำนวณตำแหน่งมีความคลาดเคลื่อนถึง 2.56 - 3.38 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานของห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 1.1 ที่รุ่นที่ 1 จะมีความแม่นยำอยู่ที่ 2 - 4.5 เมตร แต่จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การคำนวณตำแหน่งด้วยทฤษฎี Trilateration มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 1 - 2 เมตร [5] ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่างกันนี้อาจมีผลมาจากการทดสอบที่ยังจำกัดพื้นที่การทดสอบที่เล็ก (6 x 4 เมตร) จึงอาจทำให้ Anchor ที่อยู่ใกล้กันมากเกินไป ได้รับค่า RSSI ผิดพลาดได้

จากการศึกษาของ Ugur Bekcibasi [3] อาจเป็นได้ทั้งจาก Environment errors เช่น สัญญาณ Wi-Fi ขาดหาย หรือจาก Device errors เช่น อุปกรณ์ทำงานผิดพลาด หรือการรับและส่งข้อมูลที่ผิดพลาด เป็นต้น

ทั้งนี้ Guoquan Li [4] ได้ศึกษาการทำงานของ RSSI และพบว่า RSSI เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และมีความผันผวนถึง 10 dB ในทุก ๆ การ Sampling 10 ค่า และจากสมการคำนวณค่า RSSI (สมการที่ 2.2) ตัวแปร A และ n จะต้องเป็นค่าที่คำนวณอย่างแม่นยำสำหรับสภาพแวดล้อมการทดลองนั้น ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ปรับปรุงการทดสอบด้วยการเพิ่มพื้นที่การทดสอบให้กว้างขึ้น ทดสอบในที่ปิด หรือการเก็บค่า Sampling จุดหนึ่งให้มากขึ้น (จากเดิม 20 ค่า) เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่มากขึ้น

- คำนวณตัวแปรสำหรับสมการคำนวณค่า RSSI ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ Anchor ถูกติดตั้งจริง

- เปลี่ยนแปลงการคำนวณตำแหน่งของ Tag เป็นทฤษฎีอื่นที่มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น Four anchor measurement การคำนวณตำแหน่งจากตัวรับสัญญาณ 4 ตัว [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบระบุตำแหน่งและบ่งชี้อัตโนมัติ. (2561) **ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ**. สืบค้นจาก https://www2.mtec.or.th/nacclient/boothinfo.php?id=rs.73

[2] ภาคย์ สธนเสาวภาคย์, ชัชชัย คุณบัว. **ระบบระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคารโดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น ECTI-CARD 2009, May'09, 149-54.

[3] Bekcibasi U, Tenruh M. **Increasing RSSI Localization Accuracy with Distance Reference Anchor in Wireless Sensor Networks**. Acta Polytechnica Hungarica. 2014;8:103-20

[4] Li G, Geng E, Ye Z, Xu Y, Lin J, Pang Y. **Indoor Positioning Algorithm Based on the Improved RSSI Distance Model**. Sensors 2018, 18, 2820.

[5] Rusli MZ, Ali M, Jamil N, Din MM. **An Improved Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI-Trilateration technique for Internet of Things (IOT)**, International Conference on Computer & Communication Engineering (ICCCE) 2016 International Conference on, pp. 72-7, 2016.

[6] Don Ho. (2016). **Notepad++**. Retrieved from: https://notepad-plus-plus.org/.

[7] Espressif Systems (Shanghai) Pte., Ltd. (2018). **ESP32 Overview**. Retrieved from: https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview.

[8] บริษัท กราวิเทคไทย (ไทยแลนด์) จำกัด. (2560). **Ayarafun/LamLoei Node32S**. สืบค้นจาก https://www.gravitechthai.com/product_detail.php?d=1482.

[9] Seeed Technology Co.,Ltd. (2016). **LinkIt Smart 7688 Duo**. Retrieved from: http://wiki.seeedstudio.com/LinkIt_Smart_7688_Duo/

[10] Sonthaya Nongnuch. (2558). **Arduino ตอนที่ 5.0 โครงสร้างภาษา C Arduino เบื้องต้น**. สืบค้นจาก http://bit.ly/2zT7JIQ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] Tanakorn Piamsin. (2560). **ติดตั้ง MQTT SERVER**. สืบค้นจาก https://medium.com/@tanakornpiamsin/%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87-mqtt-server-d31bcae85d0d

[12] Jeffrey Fischer. (2016). **6. Messaging with MQTT**. Retrieved from: https://micropython-iot-hackathon.readthedocs.io/en/latest/mqtt.html

[13] Amazon Web Services, Inc. (2018). **Amazon FreeRTOS**. Retrieved from: https://aws.amazon.com/iot-core/.

[14] Amazon Web Services, Inc. (2018). **ElasticSearch**. Retrieved from: https://aws.amazon.com/th/elasticsearch-service/what-is-elasticsearch/

[15] Amazon Web Services, Inc. (2015). **Introducing Amazon Elasticsearch Service**. Retrieved from: https://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2015/10/introducing-amazon-elasticsearch-service/

[16] Rajesh Premachandran. (2017). **SNR, RSSI, EIRP and Free Space Path Loss**. Retrieved from: https://community.cisco.com/t5/wireless-mobility-documents/snr-rssi-eirp-and-free-space-path-loss/ta-p/3128478

[17] Circuito.io. (2018). **EVERYTHING YOU NEED TO KNOW ABOUT ARDUINO CODE**. Retrieved from: https://www.circuito.io/blog/arduino-code/.

[18] Arduino. (2018). **Download the Arduino IDE**. Retrieved from: https://www.arduino.cc/en/Main/Software.

[19] Wikipedia. (2018). **Bluetooth Low Energy**. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy

[20]. Mitsumasa. (2555). **JSON คืออะไร**. สืบค้นจาก http://www.tutorialdev.com/download/json-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

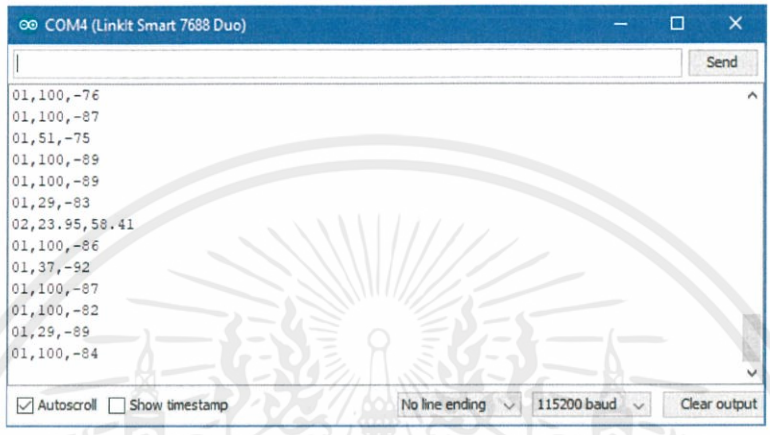
ภาคผนวก

การเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์รุ่นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

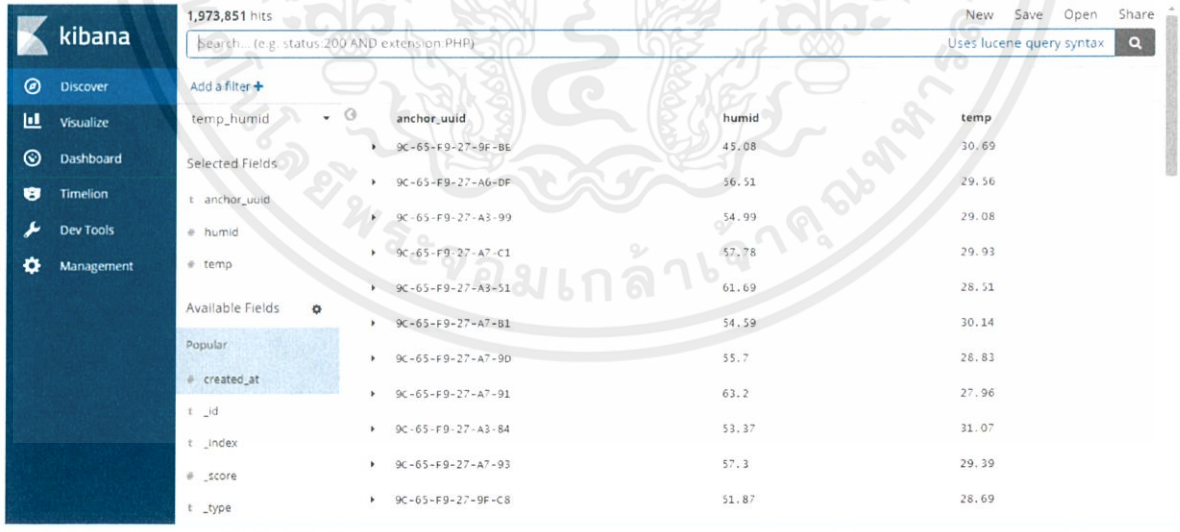
เนื่องจากระบบระบุตำแหน่งนี้ ทางห้องปฏิบัติการยังทดลองและใช้งานรุ่นที่ 1 (LinkIt Smart 7688 Duo) ควบคู่ไปกับการพัฒนาและศึกษารุ่นใหม่ (Espressif ESP32) นักศึกษาจึงได้รับมอบหมายให้เพิ่มฟังก์ชันการทำงานและทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่ควบคู่ไปด้วย

ฟังก์ชันการทำงานของ LinkIt Smart 7688 Duo ที่นักศึกษาได้รับมอบหมายให้เขียนเพิ่มเติม เป็นฟังก์ชันในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น แล้วส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์พร้อมกับข้อมูล RSSI ของ Tag



รูปที่ 1 Serial Monitor แสดงผลการรับค่าของ LinkIt Smart 7688 Duo

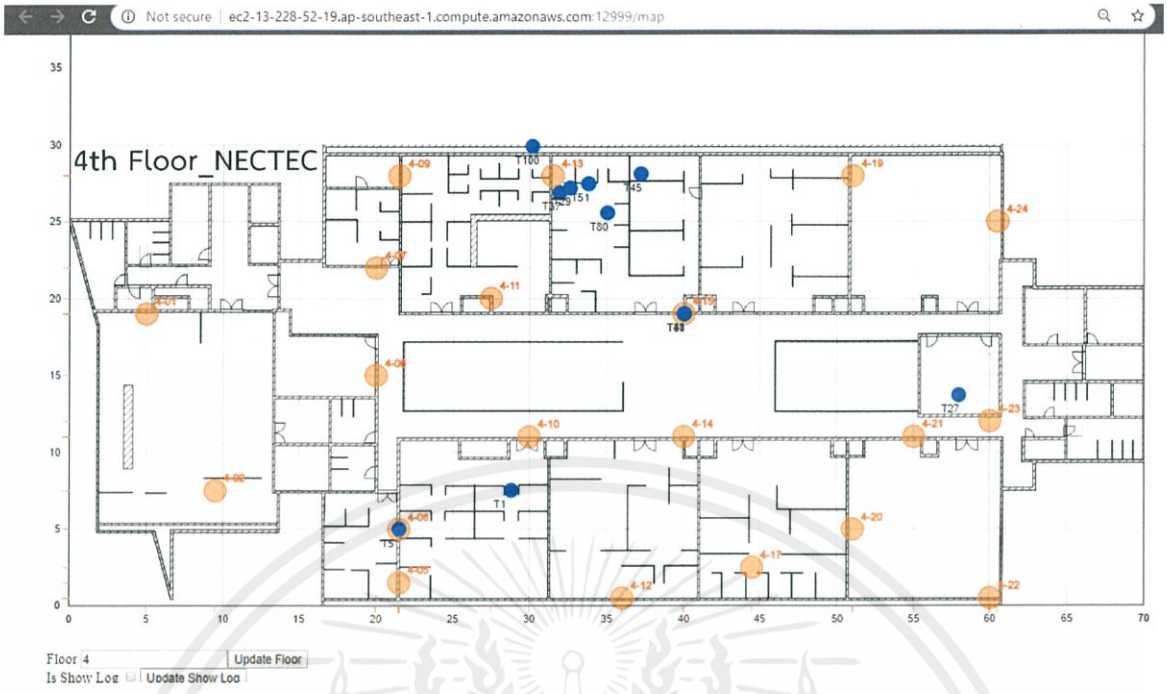
จากรูปที่ 1 แสดงผลการรับค่าระดับสัญญาณจากสัญญาณบลูทูธ (RSSI) จาก Tag และ Sensor อุณหภูมิและความชื้น โดยค่าที่ขึ้นต้นด้วย 01 เป็นค่าหมายเลข Tag และระดับสัญญาณ RSSI เช่น 01,100,-76 คือ Tag หมายเลข 100 มีค่า RSSI เป็น -76 ส่วนค่าที่ขึ้นต้นด้วย 02 จะเป็นค่าอุณหภูมิและความชื้นที่รับได้จาก Sensor เช่น 02,23.95,58.41 คือ อุณหภูมิ 23.95 องศาเซลเซียส ความชื้น 58.41%



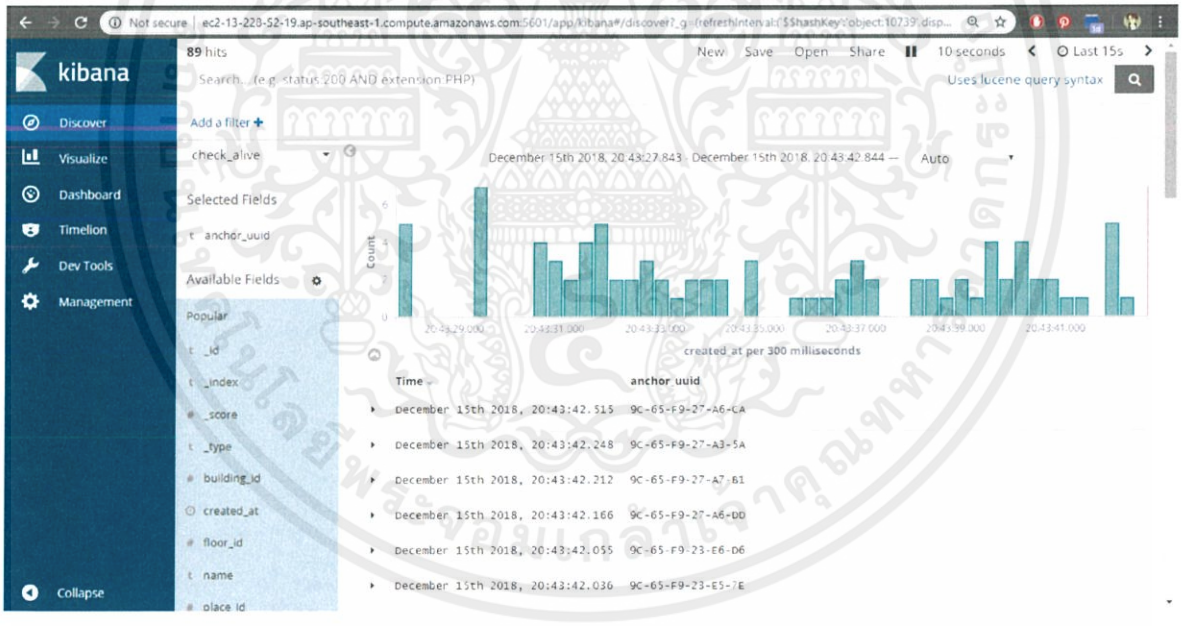
รูปที่ 2 หน้าต่าง Kibana ที่ใช้รับค่า RSSI อุณหภูมิและความชื้นจาก Tag

หน้า Kibana ของ Amazon ES ที่แสดงผลการรับข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นจาก Anchor ต่าง ๆ ตาม Mac address ของ Anchor นั้น ๆ ดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



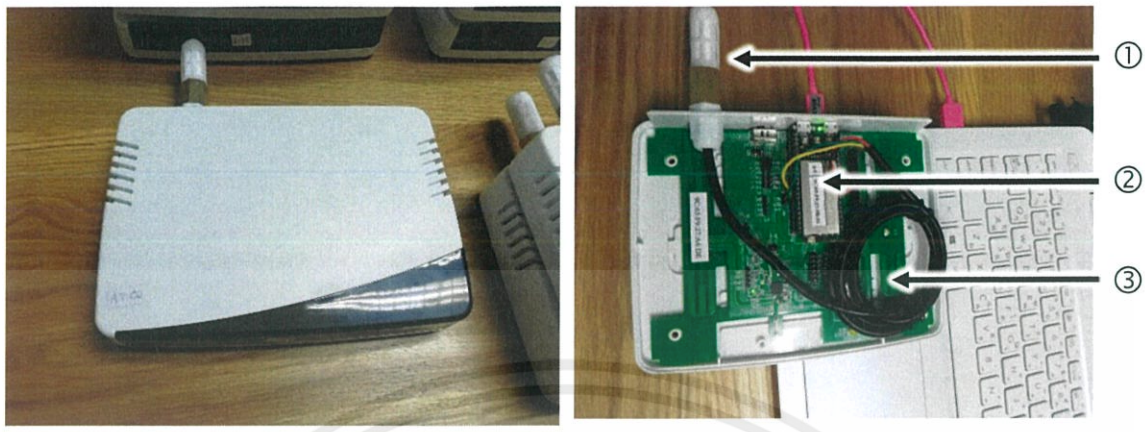
รูปที่ 3 แผนที่ชั้นที่ 4 อาคาร NECTEC ของ anchor version 1 (LinkIt Smart 7688 Duo)



รูปที่ 4 Check Alive anchor version 1 (LinkIt Smart 7688 Duo)

ระบบระบุตำแหน่งนี้ เป็นระบบที่ห้องปฏิบัติการพัฒนามาแล้ว 1 รุ่น และมีการทดสอบการทำงานภายในอาคารของ NECTEC ดังรูปที่ 3 เป็นแผนภาพชั้นที่ 4 อาคาร NECTEC ซึ่ง Anchor จะแสดงเป็นจุดโปร่งสีส้ม กำกับด้วยเลขลำดับชั้นและเลขลำดับ Anchor ส่วนจุดทึบสีน้ำเงินแทนตำแหน่งของ Tag ที่ Anchor ตรวจจับได้ และรูปที่ 4 เป็นหน้า Kibana แสดงผลว่า Anchor ตัวใดที่ทำงานอยู่ โดยแสดงวันที่-เวลาที่ active ล่าสุดไว้คู่กับ Mac address ของ Anchor นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ข.

รูปที่ 5 Anchor และโครงสร้างภายในของ Anchor

โครงสร้างภายในของ Anchor รุ่นที่ 1 ดังรูปที่ 5.ข ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

① Sensor วัดอุณหภูมิและความชื้น เป็นส่วนที่รับค่าอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมโดยรอบ Anchor ไปยังส่วนที่ ②

② Microcontroller รุ่นที่ 1 คือ LinkIt Smart 7688 Duo เป็นส่วนที่รวบรวมข้อมูลจากส่วนที่ ① และ ③ แล้วส่งข้อมูลทั้งหมดขึ้นไปยัง MQTT Server

③ บอร์ดรับสัญญาณบลูทูธ (BLE Scanner) เป็นส่วนที่รับค่า RSSI จาก Tag ที่รับได้โดยรอบไปยังส่วนที่ ②

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้