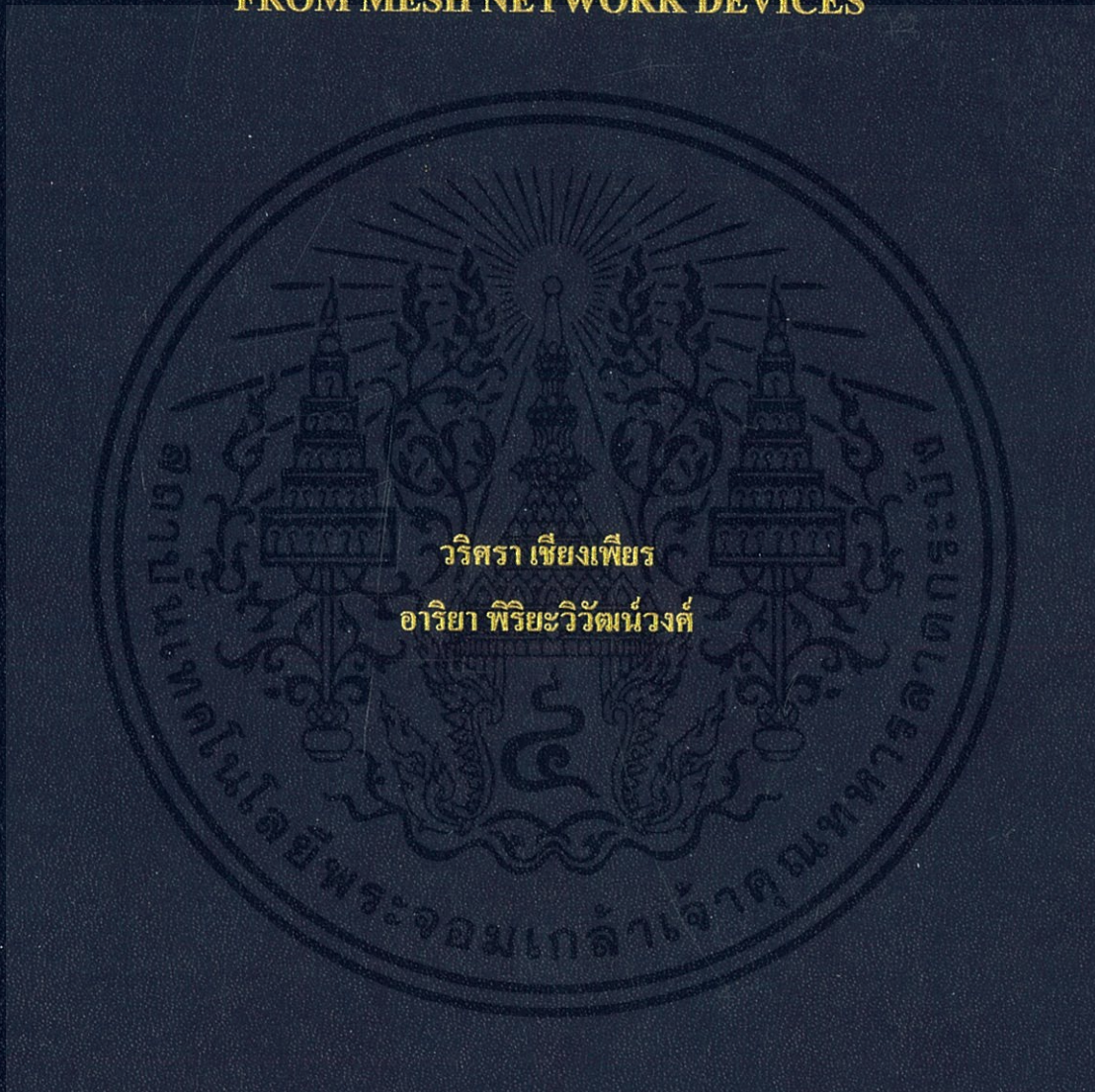


ระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์

เครือข่ายแบบเมช

HEART RATE MONITORING AND RECORDING SYSTEM

FROM MESH NETWORK DEVICES



วริศรา เชียงเพียร

อาริยา พิริยะวิวัฒน์วงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

ระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์
เครือข่ายแบบเมช

HEART RATE MONITORING AND RECORDING SYSTEM
FROM MESH NETWORK DEVICES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมช

HEART RATE MONITORING AND RECORDING SYSTEM FROM MESH NETWORK
DEVICES

ผู้จัดทำ

1. นางสาววิศรา เชิงเพียร รหัสนักศึกษา 56011089
2. นางสาวอาริยา พิริยะวิวัฒน์วงศ์ รหัสนักศึกษา 56011460



J. Longloms

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจาก อุปกรณ์เครือข่ายแบบเมฆ

นางสาววิศรา	เชียงเพียร	56011089
นางสาวอาริยา	พิริยะวิวัฒน์วงศ์	56011460
อาจารย์ สรยุทธ	กลมกล่อม	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันการออกกำลังกายได้รับความนิยมเป็นอย่างมากและคนหันมาให้ความสำคัญมากขึ้น โครงการนี้จึงทำมาเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่างๆจากการออกกำลังกายโดยมีระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ ระบบนี้พัฒนาขึ้นมาสำหรับ โค้ชเพื่อใช้กับนักกีฬาหรือเทรนเนอร์เพื่อใช้กับสมาชิกของฟิตเนส มีการเฝ้าดูข้อมูลในระหว่างการฝึกและเก็บประวัติเพื่อพัฒนาการและประสิทธิภาพของการฝึก ระบบประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ Wearable Device ที่ทำการส่งข้อมูลแบบเมฆไปยังตัวกลาง Gateway ที่ทำการแปลงจาก IPv6 เป็น IPv4 เพื่อส่งข้อมูลไปยังอินเทอร์เน็ต IBM Bluemix Platform ที่ทำการจัดการข้อมูล และ Web Service ที่ทำหน้าที่ในการแสดงผล โดยที่ระบบสามารถที่จะ Monitor ข้อมูลที่รับมาจากอุปกรณ์พร้อมกันได้หลายคนซึ่งจะมีการแสดง โชนอัตราการเต้นหัวใจด้วย อีกทั้งยังสามารถที่จะดูประวัติในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ปริมาณแคลลอรี่ที่เผาผลาญ และระยะเวลาที่ออกกำลังกาย รวมถึงสามารถที่จะแจ้งเตือนผู้ใช้ได้เมื่อมีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่อันตราย

HEART RATE MONITORING AND RECORDING SYSTEM FROM MESH NETWORK DEVICES

Ms. Warisara Chiangpian 56011089

Ms. Ariya Phiriyawiwatwong 56011460

Mr. Sorayut Glomglome Advisor

Academic Year 2016

ABSTRACT

Nowadays, physical training has become popular and important role in human life. This project aims to reduce risk of injuries and to improve physical performance by providing heart rate monitoring and recording system respectively. Our system consists of 4 parts as follows: the first is wearable devices sending heart rate via 6LowPAN mesh network to the gateway; secondly, the gateway receiving data from wearable devices and translate it into IPv4 packet before sending it via the Internet; the third is IBM Bluemix Platform used for managing and storing data from the gateway; lastly, web service responsible for displaying real time and recorded data. Main users of our proposed system are fitness instructors and athlete coaches who can monitor heart rate and heart rate zone of individual trainee or the group of athletes in real time. Our system also shows the alert when heart rate fall into dangerous zone and show calories burned each workout. In addition, recorded data i.e. average heart rate, calories burned, and duration can be used for individual performance tracking and improvement planning.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากเพื่อนในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้แบ่งปันความรู้และอุปกรณ์ต่างๆและรุ่นพี่ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่จบการศึกษาไปแล้ว และได้สละเวลามาให้คำปรึกษาและความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ และทำให้สามารถนำมาพัฒนาปริญญาโทต่อไปได้ รวมไปถึงตัวอย่างและรูปแบบการเขียนรูปเล่มปริญญาโทด้วย และสุดท้ายคืออาจารย์สรยุทธ กลมกล่อม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเป็นแรงกระตุ้นที่ทำให้ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาเป็นอย่างสูง



วิศรา

เชียงเพียร

อารียา

พิริยะวิวัฒน์วงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เทคโนโลยีของอุปกรณ์.....	7
2.2 เทคโนโลยีที่พัฒนา Mesh Network	10
2.3 เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT.....	19
2.4 การคำนวณที่เป็นการตรวจสอบสภาพร่างกาย	25
2.5 ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา	28
3.1 System Diagram	28
3.2 Use Case Diagram.....	29
3.3 User Interface.....	31
3.4 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	37
3.5 การออกแบบการทำงานในส่วนและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา IoT	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	47
4.1 การทดลองใช้งานในส่วนของอุปกรณ์.....	47
4.2 การทดลองใช้งานในส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน.....	54
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	60
5.1 บทสรุป.....	60
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข.....	61
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....	61
บรรณานุกรม.....	62



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 เปรียบเทียบระยะเวลาในการใช้งานแบตเตอรี่ของเทคโนโลยีต่างๆ.....	8
3.1 รูปแบบของตาราง USER ในฐานข้อมูล	45
3.2 รูปแบบของตาราง TRAINEE ในฐานข้อมูล	45
3.3 รูปแบบของตาราง WORKOUT ในฐานข้อมูล.....	46
3.4 รูปแบบของตาราง TRAINERANDTRAINEE ในฐานข้อมูล	46
4.1 จำนวนแพ็คเกจในแต่ละรอบการทดลองเพื่อดูการสูญหายของข้อมูล	49
4.2 จำนวนแพ็คเกจในแต่ละรอบการทดลองเพื่อดูระยะเวลา	50



สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูป 1.1 System Diagram ของระบบ.....	2
รูป 1.2 Gantt Chart.....	4
รูป 2.1 Block Diagram Architecture CC2650 SensorTag.....	8
รูป 2.2 Beaglebone black.....	9
รูป 2.3 Contiki Operating System.....	10
รูป 2.4 Contiki netstack.....	11
รูป 2.5 Cooja.....	12
รูป 2.6 IPv6 network with a 6LoWPAN.....	12
รูป 2.7 The OSI model และ 6LoWPAN stack.....	13
รูป 2.8 ตัวอย่างการบีบอัดของ 6LoWPAN IPv6 header.....	15
รูป 2.9 6LoWPAN stacked header.....	16
รูป 2.10 รายละเอียดของ DAG.....	17
รูป 2.11 แสดง RPL instance.....	18
รูป 2.12 แสดง Grounded และ Floating.....	18
รูป 2.13 แสดงการส่ง Message.....	18
รูป 2.14 หลักการทำงาน MQTT protocol.....	19
รูป 2.15 IBM Watson IoT Platform.....	21
รูป 2.16 ตัวอย่างการสร้าง flows โดยใช้ Node-Red.....	22
รูปที่ 2.17 PHP Cloud Foundry App.....	24
รูป 2.18 Target heart rate.....	25
รูป 3.1 System Diagram ของระบบ.....	28
รูป 3.2 Use Case Diagram.....	29
รูป 3.3 Login.....	31
รูป 3.4 Monitoring.....	32
รูป 3.5 Progress.....	33
รูป 3.6 ส่วน Add Trainer.....	33
รูป 3.7 ส่วน Add Trainee.....	34
รูป 3.8 ส่วน Match.....	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูป 3.9 ส่วน Trainer Information	35
รูป 3.10 ส่วน Trainee Information.....	35
รูป 3.11 ส่วน Match Information.....	36
รูป 3.12 ส่วน Match Information.....	36
รูป 3.13 ภาพรวมการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	37
รูป 3.14 โมดูลการทำงานของ wearable device.....	38
รูป 3.15 Flowchart ของ wearable device.....	39
รูป 3.16 โมดูลการทำงานของ Gateway	40
รูป 3.17 Flowchart ของ Gateway.....	41
รูป 3.18 การออกแบบการทำงานในส่วนของ IoT.....	43
รูป 4.1 การดักจับข้อมูลทาง Gateway.....	47
รูป 4.2 การดักจับข้อมูลทาง Broker.....	48
รูป 4.3 การดักจับข้อมูลทาง Database	48
รูป 4.4 กราฟการได้รับข้อมูลที่ระยะทางต่างๆ	50
รูป 4.5 แผนผังการวางอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 1	51
รูป 4.6 API ที่แสดงแผนผังการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 1.....	52
รูป 4.7 แผนผังการวางอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 2	52
รูป 4.8 API ที่แสดงแผนผังการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 2.....	53
รูป 4.9 รายละเอียด Add Trainer.....	54
รูป 4.10 ข้อมูลในตาราง USER	54
รูป 4.11 ข้อมูลหน้า Trainer Information.....	54
รูป 4.12 รายละเอียด Add Trainee	55
รูป 4.13 ข้อมูลในตาราง TRAINEE	55
รูป 4.14 ข้อมูลหน้า Trainer Information.....	55
รูป 4.15 รายละเอียด Match	56
รูป 4.16 ข้อมูลในตาราง TRAINERANDTRAINEE	56
รูป 4.17 ข้อมูลหน้า Match Information	56
รูป 4.18 การตั้งค่า Add Device.....	57

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูป 4.19 ข้อมูลในตาราง workout	57
รูป 4.20 Trainer Login	58
รูป 4.21 กราฟอัตราการเต้นหัวใจของ trainee	58
รูป 4.22 แสดงการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอันตราย	59
รูป 4.23 ข้อมูล progress ของ trainee	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันผู้คนจำนวนมากหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่ดีซึ่งมีวิธีที่หลากหลายและเพื่อให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ซึ่งเทคโนโลยีในสมัยนี้ก็ยังมีข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่ครอบคลุมทั้งหมด และเนื่องจากเทคโนโลยีสมัยนี้เป็นการใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือแล้วตรวจสอบสภาพร่างกายขณะออกกำลังกายแต่ละท่าทำให้เกิดความไม่สะดวกหากต้องพกโทรศัพท์ขณะออกกำลังกายและตัวอุปกรณ์จำเป็นจะต้องมีการประหยัคพลังงานเพื่อที่จะใช้อุปกรณ์ในระยะเวลาที่ยาวนานพอสมควร รวมถึงเรื่องการตรวจประสิทธิภาพของร่างกายจากการออกกำลังกาย และคุณภาพการของร่างกาย เช่นในกรณีของการใช้บริการ Fitness ที่ส่วนใหญ่นั้นผู้ออกกำลังกายมักจะไม่รู้ขีดจำกัดของร่างกายตนเองว่าสามารถออกกำลังกายได้ถึงระดับไหน บางครั้งหักโหมมากเกินไปจนทำให้เกิดผลเสีย เช่น ได้รับบาดเจ็บ เหนื่อยล้าหรืออาจจะถึงขั้นเสียชีวิตได้ และถ้าหากมีการใช้โทรศัพท์ส่งข้อมูลจะทำให้ผู้ใช้บริการ Fitness สูญเสีย data ผู้ให้บริการอาจจะต้องมีการบริการ WiFi ซึ่งการที่จะทำให้ครอบคลุมนั้นทำได้ยากหรือในกรณีของนักกีฬาทีมชาติแม้จะมีการเตรียมตัวอย่างดีสำหรับการแข่งขันแล้ว แต่เพื่อที่จะให้การแข่งขันดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ฝึกสอนควรที่จะรู้สภาพร่างกายของนักกีฬาในทีมจึงจะสามารถวางแผนรูปแบบการเล่นได้อย่างเหมาะสม

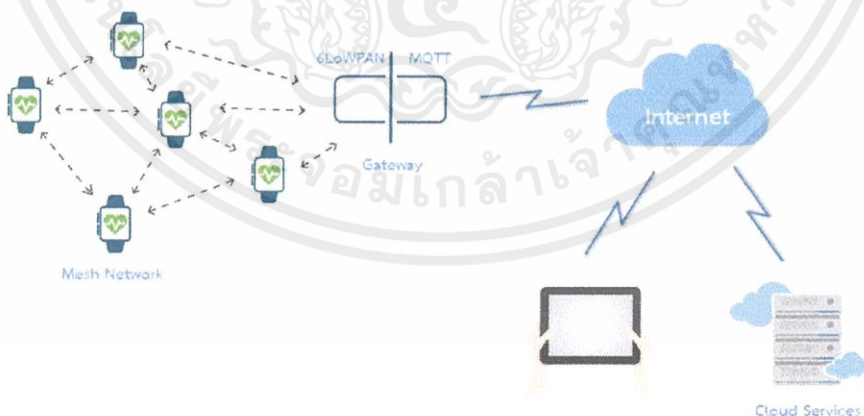
โครงการนี้มีแนวคิดจากความต้องการที่จะแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับข้อจำกัดทางเทคโนโลยีโดยการนำเทคโนโลยีทางด้าน IoT เข้ามา Implement ระบบและแก้ปัญหานั้นในแง่ต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากการออกกำลังกาย ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาระบบเครือข่ายแบบเมชสำหรับอุปกรณ์สวมใส่ โดยที่อุปกรณ์จะทำการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจและรองรับ Mesh Network มีการติดต่อสื่อสารในการรับ-ส่งข้อมูลแบบส่งผ่านอุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่ในระยะที่สามารถรับสัญญาณได้เพื่อส่งข้อมูลไปให้ถึงตัว Gateway รวมถึงใช้อุปกรณ์ที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ Low Power Energy เพื่อที่จะได้เป็นการระหยัคพลังงานของตัวอุปกรณ์ มีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น ส่วนทางด้าน Gateway จะทำการเชื่อมกับ Cloud Services เพื่อทำการเก็บข้อมูลแล้วตัว Web Application จะทำการดึงข้อมูลมาแสดงผลให้ผู้ใช้งานรับรู้ถึงระดับของสภาพร่างกาย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาความเป็นไปได้ในเรื่องของเครือข่ายแบบเมชสำหรับอุปกรณ์สวมใส่
- 2) ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่างๆจากการออกกำลังกายที่ผู้ออกกำลังกายไม่รู้ระดับสภาพร่างกายของตนเอง
- 3) พัฒนาการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์สวมใส่และ Web application ที่ตรวจจับและส่งข้อมูลระหว่างกลุ่มผู้ใช้ ทำการแสดงผลให้ผู้สวมใส่รับรู้ข้อมูลของสภาพร่างกายขณะที่กำลังออกกำลังกาย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมชเป็นระบบที่จะส่งข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ที่ออกกำลังกายโดยที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูลเป็นเครือข่ายแบบเมช คือเป็นการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ของผู้สวมใส่ผ่านอุปกรณ์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจนกระทั่งส่งไปถึง Gateway เพื่อที่จะส่งข้อมูลผ่าน Internet โดยใช้โปรโตคอล MQTT นำข้อมูลไปเก็บไว้บนคลาวด์ แล้วใช้ Web application ในการแสดงรายละเอียดต่างๆ เช่น ข้อมูลส่วนตัวของผู้ที่ออกกำลังกาย รายละเอียดของอัตราการเต้นของหัวใจ รายละเอียดของระดับสภาพร่างกาย ซึ่งผู้ที่จะสามารถดูข้อมูลของผู้ออกกำลังกายได้จะเป็นเทรนเนอร์หรือโค้ชขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำไม่ว่าจะเป็น การเข้า Fitness หรือนักกีฬาทีมชาติ เช่น ทีมชาติฟุตบอล ทีมชาติบาสเกตบอล เป็นต้น โดยแสดงภาพรวมของระบบในรูปที่ 1.1



รูป 1.1 System Diagram ของระบบ

การพัฒนาโครงการวิจัยระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมช พัฒนาเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 Wearable Device

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างอุปกรณ์สวมใส่ด้วยกันโดยใช้เทคโนโลยี 6LoWPAN ที่ความถี่ 2.4 GHz

1.3.2 Gateway ทำหน้าที่ ดังนี้

ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปของเทคโนโลยี 6LoWPAN แล้วแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของเทคโนโลยี MQTT Protocol เพื่อส่งผ่าน Internet ไปยัง Cloud Services

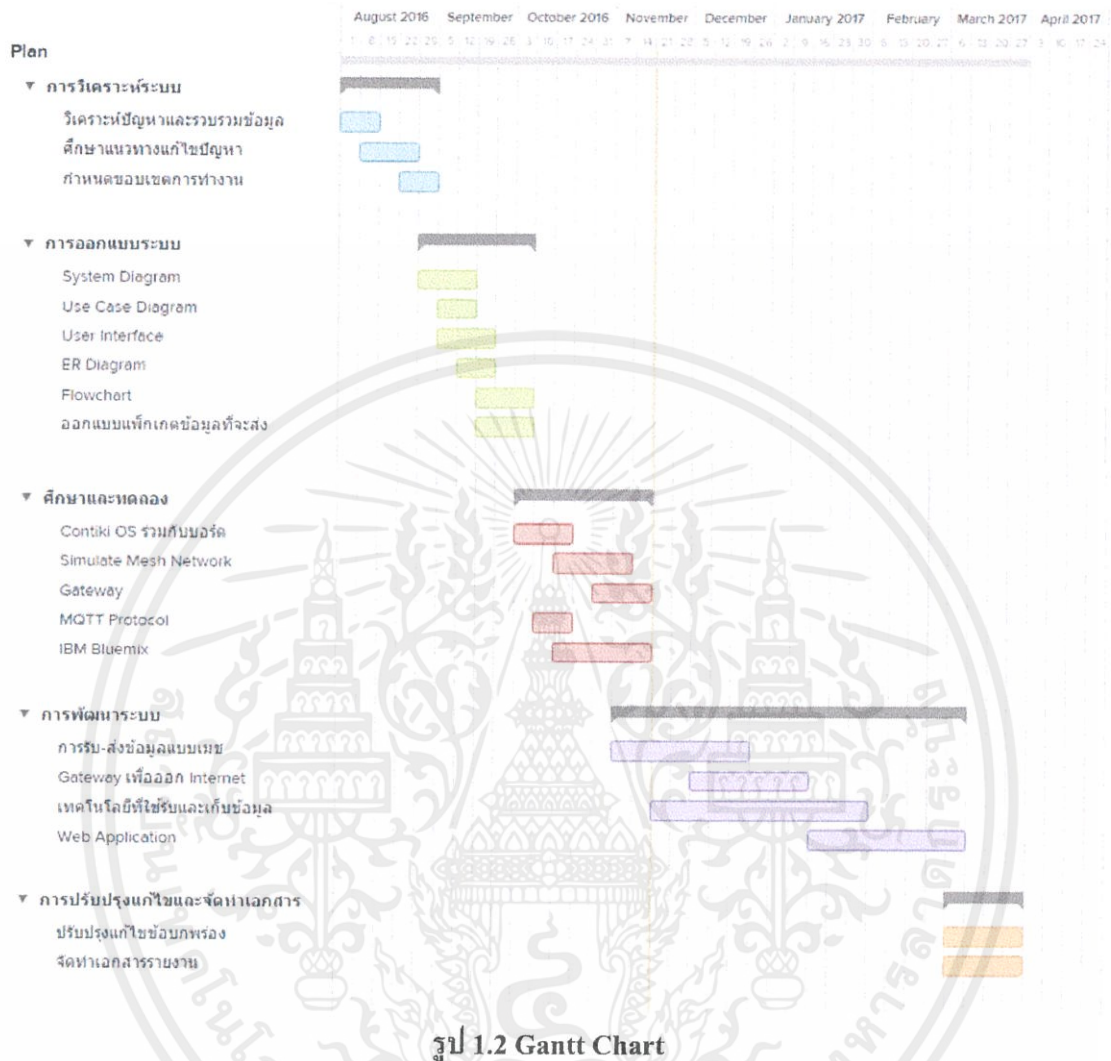
1.3.3 Cloud Services ทำหน้าที่ ดังนี้

- 1) รับข้อมูลจาก Wearable device โดยใช้ Broker
- 2) เก็บข้อมูลรายละเอียดที่รับมาจากตัวอุปกรณ์ ได้แก่ หมายเลขระบุอุปกรณ์ อัตราการเต้นของหัวใจ และหมายเลขของแต่ละ Workout
- 3) เก็บข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับประวัติส่วนตัวของผู้ออกกำลังกาย ได้แก่ ชื่อ วันเดือนปีเกิด เพศ น้ำหนัก และส่วนสูง
- 4) สามารถสร้าง Service สำหรับการทำให้ Web Application ได้
- 5) สามารถสร้าง Service สำหรับการติดตั้งและจัดการฐานข้อมูลได้

1.3.4 Web Application ทำหน้าที่ ดังนี้

- 1) แสดงผลรายละเอียดข้อมูลประวัติส่วนตัวของเจ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว
- 2) แสดงผลรายละเอียดการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของแต่ละอุปกรณ์
- 3) แสดงผลข้อมูลพัฒนาการของแต่ละผู้ใช้
- 4) สามารถจัดการข้อมูลของผู้ใช้ในฐานข้อมูลได้
- 5) มีการแจ้งเตือนหากผู้ใช้มีสภาพร่างกายที่อยู่ในระดับอันตราย

1.4 วิธีการดำเนินการ



การพัฒนาโครงการวิจัยระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมชแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1.4.1 การวิเคราะห์ระบบ

- 1) วิเคราะห์ปัญหาและรวบรวมข้อมูล
- 2) ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหา
- 3) กำหนดขอบเขตการทำงาน วัตถุประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในระบบรวมถึงภาษาที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรม

1.4.2 การออกแบบระบบ

- 1) ออกแบบ System Diagram
- 2) ออกแบบ Use Case Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ออกแบบ ER diagram
- 4) ออกแบบ Flowchart
- 5) ออกแบบ User Interface
- 6) ออกแบบ Packet ข้อมูลที่จะส่ง

1.4.3 การศึกษาและทดลอง

- 1) ศึกษาและทดลองการใช้งาน Contiki Operating System ร่วมกับบอร์ด
- 2) ศึกษาและทดลอง Simulate Mesh Network
- 3) ศึกษาและทดลองการใช้งาน Gateway
- 4) ศึกษาและทดลองการใช้งาน IBM Bluemix
- 5) ศึกษาและทดลองการใช้งาน MQTT Protocol

1.4.4 การพัฒนาระบบ

- 1) พัฒนาการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ด้วยการรับ-ส่งข้อมูลแบบเมช
- 2) พัฒนาการติดต่อสื่อสารระหว่างตัวอุปกรณ์กับ Gateway เพื่อออก Internet
- 3) พัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้รับและเก็บข้อมูลจากตัวอุปกรณ์
- 4) พัฒนา Web application ที่ใช้ในการแสดงผล

1.4.5 การปรับปรุงแก้ไขระบบและจัดทำรายงาน

ทดสอบระบบที่พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด พร้อมทั้งจัดทำเอกสารรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) รู้จักการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน
- 2) รู้จักการแก้ปัญหาเพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วง
- 3) สามารถทราบถึงระดับอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ที่สวมใส่เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะเสี่ยงอันตรายเนื่องจากหัวใจเต้นเกินปกติ
- 4) สามารถทราบ Heart rate zone ของผู้ที่สวมใส่เพื่อใช้ในการประเมิน วิเคราะห์ และฝึกฝนร่างกายของผู้ที่สวมใส่

1.6 ส่วนประกอบของปฏิญญานิพนธ์

ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกัน คือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญ และที่มาของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ วิธีการดำเนินการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของปฏิญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงการ ประกอบด้วยเทคโนโลยีของอุปกรณ์ เทคโนโลยีที่พัฒนา Mesh Network เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT และ การคำนวณที่เป็นการตรวจสอบสภาพร่างกาย

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา กล่าวถึงรายละเอียดของโครงการนี้ ส่วนที่ได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้น บรรยายการทำงานของระบบโดยละเอียด

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการเตรียมการทดลองทั้งการทำงานของระบบ ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง และผลการทำงานทั้งหมด

บทที่ 5 บทสรุป กล่าวถึงบทสรุปของสิ่งที่ได้ทำไป ปัญหาและอุปสรรคที่คาดว่าจะเกิดรวมถึงแนวทางในการพัฒนาต่อ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

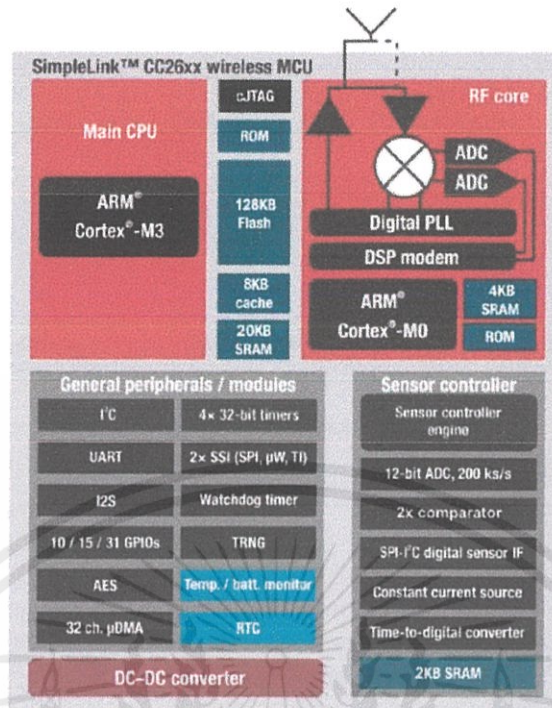
โครงการวิจัยระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมชสามารถแบ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ดังนี้

- 1) เทคโนโลยีของอุปกรณ์
- 2) เทคโนโลยีที่พัฒนา Mesh Network
- 3) เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT
- 4) การคำนวณที่เป็นการตรวจสภาพร่างกาย

2.1 เทคโนโลยีของอุปกรณ์

2.1.1 Wearable Device - CC2650 SensorTag

CC2650 SensorTag เป็นอุปกรณ์ของ Texas Instrument ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ไร้สาย โดยใช้กับเทคโนโลยี Bluetooth Smart, ZigBee และ 6LoWPAN, and ZigBee RF4CE remote control applications อุปกรณ์ตัวนี้อยู่ในตระกูล cc26xx ที่ใช้พลังงานต่ำ เป็นอุปกรณ์ 2.4-GHz RF มีความสามารถในการใช้งาน RF ในระดับที่ต่ำมากๆ และมีโหมดการใช้พลังงานต่ำจึงทำให้แบตเตอรี่มีระยะเวลาใช้งานอุปกรณ์ยาวนานมากยิ่งขึ้น โดยที่อุปกรณ์จะใช้แบตเตอรี่เซลล์แบบเหรียญขนาดเล็กซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการเก็บพลังงาน โดยที่จะแสดง โมดูลในรูปที่ 2.1



รูป 2.1 Block Diagram Architecture CC2650 SensorTag

SimpleLink CC2650 Wireless MCU มี ARM Cortex-M3 32-bit CPU ที่ดำเนินการเลเยอร์บนๆของ Protocol stack โดยที่หน่วยประมวลผล Cortex-M3 มีประสิทธิภาพสูง เป็น low-cost platform ที่ตรงกับความต้องการของระบบในการดำเนินงานที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุดและมีการใช้พลังงานต่ำ ในขณะที่มีการส่งการทำงานเกี่ยวกับการคำนวณที่มีประสิทธิภาพและระบบมีการตอบสนองต่อการ Interrupt และในส่วนของ RF Core ซึ่งเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารมีหน่วยประมวลผล ARM Cortex-M0 ที่อยู่ระหว่าง RF analog และ base-band circuitries ทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูลทั้งที่ส่งและรับมาจากฝั่งของระบบและทำการประกอบบิตข้อมูลของ โครงสร้างแพ็คเกจที่ได้มา และ RF Core มี high level และ command-based API ที่ใช้กับ CPU หลัก รวมถึงมีความสามารถในการจัดการทางด้านเวลาของ Radio protocol (802.15.4 RF4CE and ZigBee, Bluetooth Low Energy) RF Core มี 4-KB SRAM block และทำงานในขั้นต้นจากหน่วยความจำ ROM ที่แยกออกมา CC2650 SensorTag จึงเหมาะกับการนำมาใช้เพราะมีการรองรับเทคโนโลยีต่างๆและมีการเปรียบเทียบระยะเวลาในการใช้งานแบตเตอรี่ดังตารางที่ 2.1

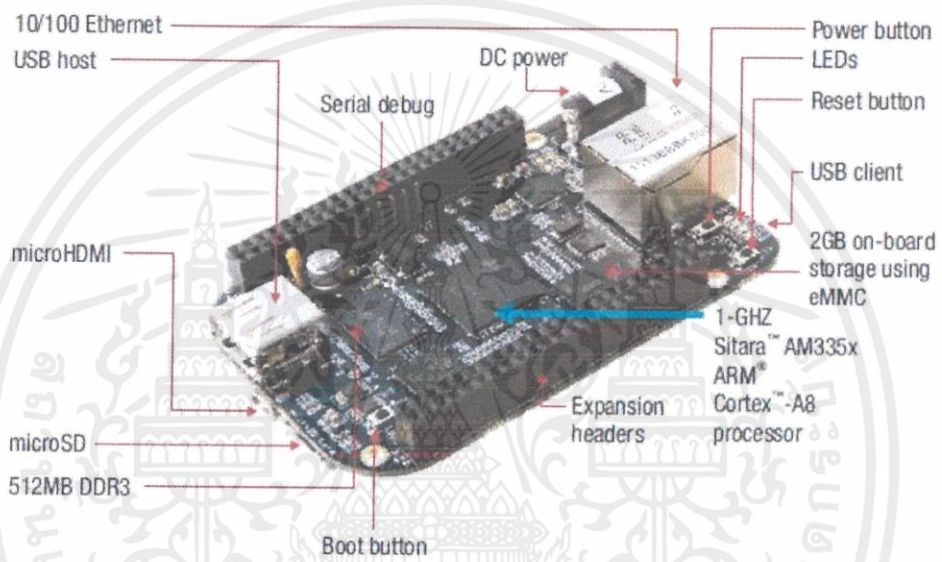
ตาราง 2.1 เปรียบเทียบระยะเวลาในการใช้งานแบตเตอรี่ของเทคโนโลยีต่างๆ

	Bluetooth low energy	BLE + Sub-1 GHz	6LoWPAN	ZigBee	Wi-Fi
Battery lifetime	1 ปี	1 ปี	1 ปี	1 ปี	3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Gateway - Beaglebone black

Beaglebone black มีราคาถูก เป็นที่ได้รับความนิยมสำหรับการพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนา โดยที่โมดูลใช้หน่วยประมวลผล Sitara™ AM335x ARM® Cortex™-A8 จากผู้ผลิต Texas Instruments Incorporated (TI) ซึ่งมีประสิทธิภาพ 1-GHz สามารถนำบอร์ดมาใช้ได้ในเชิงพาณิชย์นอกจากนี้บอร์ดยังเป็น 8 บิต embedded MMC (eMMC) สำหรับการจัดเก็บที่รวดเร็วรวมถึงมี 512 เมกะไบต์ ของ low-power DDR3L RAM มีการเพิ่มขนาดและความรวดเร็วของหน่วยความจำชั่วคราวและมั่นใจได้ว่าการดำเนินงานซอฟต์แวร์จะรวดเร็วขึ้น โดยที่จะแสดงดังรูปที่ 2.2



รูป 2.2 Beaglebone black

BeagleBone Black เป็น pre-loaded ด้วย Linux operating system และ Cloud9 IDE ที่เป็นสภาพแวดล้อมในการพัฒนาแบบออนไลน์สำหรับ Node.js-based Javascript applications เช่น HTML, CSS, PHP, Java, Ruby และภาษาอื่นๆอีก 23 ภาษา ซึ่ง Linux software ได้รับการปรับปรุงทำให้ผู้ใช้มือใหม่สำหรับพัฒนาระบบได้และสามารถหาเอกสารอ้างอิงหรือโค้ดตัวอย่างที่ฟรีได้จึงเหมาะกับการนำมาใช้เพราะมาจากผู้ผลิตเดียวกันกับ Wearable device

2.2 เทคโนโลยีที่พัฒนา Mesh Network

Mesh Topology รูปแบบเครือข่ายแบบนี้ ปกติใช้ในระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network) ลักษณะการสื่อสารจะมีการเดินของข้อมูลระหว่างโหนดไปยังโหนดอื่นๆทุกๆตัว ทำให้มีทางเดินข้อมูลหลายเส้นทางและปลอดภัยจากเหตุการณ์ที่จะเกิดจากการล้มเหลวของระบบ มีเสถียรภาพสูง มีการเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย ดังนั้น หาก Node ตัวใดตัวหนึ่งมีปัญหาที่สามารถที่จะส่งสัญญาณได้จากตัวอื่นๆที่เหลืออยู่ ซึ่งต่างจาก Wireless ทั่วไปที่ส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อแบบ Point To Point หากตัวใดตัวหนึ่งมีปัญหาจะทำให้การติดต่อสื่อสารสิ้นสุดทันที

2.2.1 Contiki Operating System

Contiki คือ Open source operating system สำหรับ Internet of Things Contiki ทำการเชื่อมต่อ Microcontroller ที่ใช้พลังงานต่ำกับอินเทอร์เน็ต เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการสร้างระบบไร้สายที่มีความซับซ้อน โดยจะแสดงในรูป 2.3



รูป 2.3 Contiki Operating System

2.2.1.1 Hardware

Contiki ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำ, พลังงาน, การประมวลผลพลังงาน และแบนด์วิธของการสื่อสาร

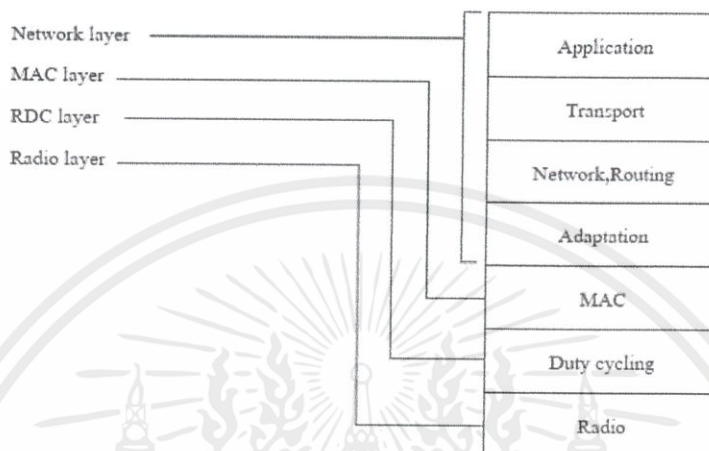
2.2.1.2 Networking

Contiki มีกลไกทาง Network 3 กลไก คือ

- 1) uIP TCP/IP stack ซึ่งมีเครือข่าย IPv4
- 2) uIPv6 stack ซึ่งมีเครือข่าย IPv6
- 3) Rime stack ซึ่งเป็นชุดของ lightweight networking protocols ที่ออกแบบมาสำหรับ low-power wireless networks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ IPv6 stack ประกอบด้วย Routing Protocol for Low power and Lossy Networks (RPL), header compression ของ 6LoWPAN และเลเยอร์ adaptation สำหรับ IEEE 802.15.4 ในส่วนของ Rime เป็น network stack อีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้เมื่อ overhead ของ IPv4 หรือ IPv6 ถูกยับยั้ง และในส่วนของ Contiki netstack มีด้วยกัน 4 layer โดยที่จะแสดงในรูป 2.4



รูป 2.4 Contiki netstack

2.2.1.3 Low-power operation

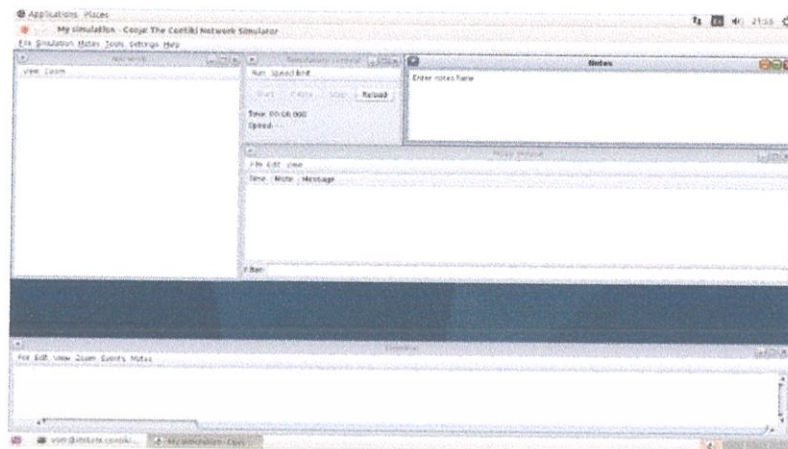
Contiki มีชุดของกลไกที่ลดการใช้พลังงานของระบบในการทำงาน กลไกเริ่มต้นสำหรับการดำเนินงานพลังงานต่ำของ radio เรียกว่า ContikiMAC โดยที่โหนดสามารถทำงานได้ในโหมดพลังงานต่ำและสามารถรับและถ่ายทอดข้อความ radio

2.2.1.4 Simulation

Cooja คือโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองเครือข่ายของ โหนด Contiki ซึ่งในหนึ่งการจำลองอาจมีโหนดหลายประเภทผสมกันอยู่ โดยที่โหนดนั้นมีด้วยกัน 3 ประเภท

- 1) Emulated nodes คือฮาร์ดแวร์ทั้งหมดของแต่ละโหนดจะถูกจำลอง
- 2) Cooja nodes คือ Contiki code สำหรับโหนดจะถูกคอมไพล์และดำเนินการในพื้นที่จำลอง
- 3) Java nodes คือพฤติกรรมของโหนดจะต้องดำเนินการเป็น java class

โดยจะแสดงในรูป 2.5

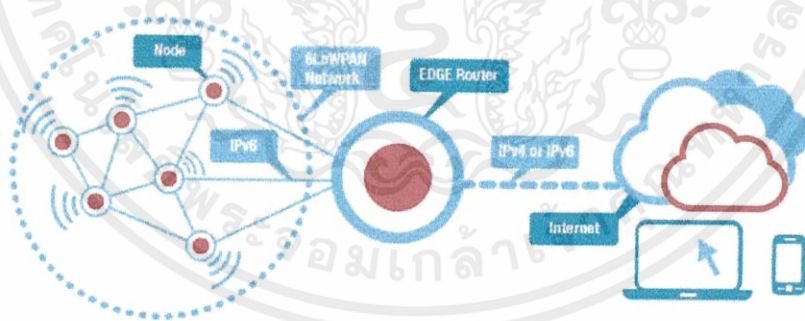


รูป 2.5 Cooja

2.2.2 6LoWPAN

6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks) เป็นมาตรฐานเปิดที่กำหนดใน RCF 6282 โดย Internet Engineering Task Force (IETF) เพื่อเป็นการเชื่อมต่อสิ่งของกับอินเทอร์เน็ต ซึ่งใช้พลังงานต่ำและสนับสนุน Mesh network ขนาดใหญ่ เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายหรือ Adaptation layer ที่ช่วยให้แพ็กเกจ IPv6 ดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเฟรมขนาดเล็กของ Link layer กำหนดโดย IEEE 802.15.4 คุณลักษณะพิเศษคือรองรับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และเครือข่ายไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำในแถบ 2.4 GHz

2.2.2.1 6LoWPAN network architecture



รูป 2.6 IPv6 network with a 6LoWPAN

จากรูป 2.6 จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน

- 1) Nodes (Self-healing mesh , router และ host) แต่ละโหนดดำเนินการโดยใช้ IPv6 address โดยทั่วไปโหนดจะใช้หน่วยความจำและพลังงานการประมวลผลขนาดเล็กและสามารถทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์ไร้สายได้
- 2) EDGE router มี 3 หน้าหลักคือ ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 6LoWPAN และ Internet หรือเครือข่าย IPv6 ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง

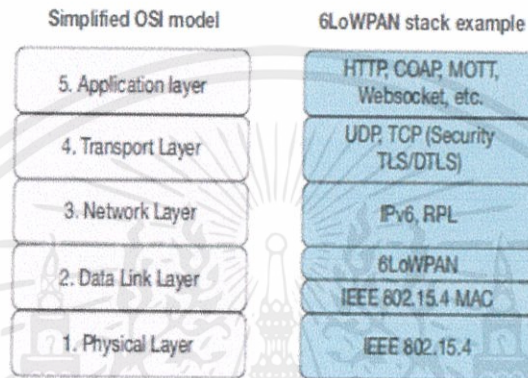
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ภายใน 6LoWPAN และทำการสร้างและบำรุงรักษาเครือข่าย 6LoWPAN

3) Internet เป็นการเชื่อมต่อไปยังระบบ cloud ต่างๆ

2.2.2.2 System stack overview

ทุกระบบการสื่อสารจะใช้มาตรฐานการจัดรูปแบบข้อมูลและควบคุมการแลกเปลี่ยนข้อมูลตามรูปแบบของ OSI model แบ่งเป็น 5 เลเยอร์ โดยที่แสดงในรูป 2.7



รูป 2.7 The OSI model และ 6LoWPAN stack

- 1) Physical Layer ทำการแปลงบิตข้อมูลเป็นสัญญาณแล้วรับ-ส่งแบบไร้สาย สำหรับ 6LoWPAN Stack นำ IEEE 802.15.4 มาใช้ มี 2 รูปแบบ คือ IEEE 802.15.4c คือการแก้ไข MAC มีการลดการใช้พลังงานและ IEEE 802.15.4g คือการแก้ไข Physical layer เพื่อที่จะเพิ่มระยะของคลื่นความถี่วิทยุ ให้เปิดใช้งานได้ทั่วโลกแม้ในช่วงความถี่ Sub-1 GHz
- 2) Data link Layer มีความน่าเชื่อถือในการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างโหนดสองโหนดโดยมีการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นใน Physical layer ระหว่างการส่งและรับข้อมูล รวมถึง MAC ที่ใช้เข้าถึงสื่อตัวกลางและจัดการเกี่ยวกับ Data framing สำหรับ 6LoWPAN Stack MAC layer คือ IEEE 802.15.4 และ 6LoWPAN Adaptation Layer ที่ให้มีการปรับจาก IPv6 เป็น IEEE 802.15.4
- 3) Network Layer เมื่อมีการรับ-ส่งข้อมูลผ่านหลาย hop จะมี Address และเส้นทางของข้อมูลทำงานผ่านเครือข่าย IP คือ Networking protocol เพื่อให้ทุกอุปกรณ์มี IP Address ใช้ในการส่งแพ็กเกจจากหนึ่งอุปกรณ์ไปยังตัวอื่น
- 4) Transport Layer สร้างชุดของการติดต่อสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันที่วิ่งบนอุปกรณ์ปลายทาง และอนุญาตให้หลายแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์มีช่องสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวเอง TCP คือ โพรโตคอลที่มีการเชื่อมต่อช่องทางการรับส่งพื้นฐานที่มี overhead ใหญ่ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีการลดการใช้พลังงาน แต่ UDP มี overhead น้อย ไม่มีการสร้างช่องทางการรับส่งข้อมูลก่อนเริ่มส่งจึงเหมาะสมกับอุปกรณ์มากกว่า

- 5) Application Layer รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดรูปแบบข้อมูล และข้อมูลจะถูกส่งในรูปแบบที่เหมาะสม Application layer บนอินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่จะใช้ HTTP ที่ทำงานบน TCP โดย HTTP ใช้ XML ที่เป็น Text-based language มี overhead ขนาดใหญ่ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ HTTP ในระบบของ 6LoWPAN ดังนั้นจึงมีการพัฒนาทางเลือกใน Application layer protocols เช่น constrained application protocol (COAP) , message queue telemetry transport (MQTT)

2.2.2.3 Internet Protocol version 6 (IPv6) over IEEE 802.15.4

อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ใช้ IPv4 ที่ Address มี 32 bit ซึ่งถูกจำกัดไว้ Address เหล่านี้ จะถูกกำหนดให้กับผู้ใช้และอุปกรณ์ โดยที่จำนวน Address จะลดลงเรื่อยๆจนหมดทำให้มีการพัฒนา IPv6 ซึ่งครอบคลุมถึง 128 bit ซึ่ง IPv6 ได้เพิ่ม Minimum Maximum Transmission Unit (MTU) จาก 576 ไบต์เป็น 1280 ไบต์ สำหรับ IEEE 802.15.4 ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับการใช้งานระยะยาวและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำ และมี Throughput ถูกจำกัดอยู่ที่ 250 kbps และความยาวของเฟรมถูกจำกัดไว้ 127 ไบต์ เพื่อให้แน่ใจว่าแพ็คเกจมีขนาดเล็กและมีอัตราความผิดพลาดต่ำในสภาพแวดล้อมที่สูญเสีย RF นอกจากนี้ IEEE 802.15.4 ใช้ 2 Address คือ 16-bit short address และ EUI-64 extended address ทั้ง 2 ช่วยลด Header overhead และลดความต้องการหน่วยความจำลง

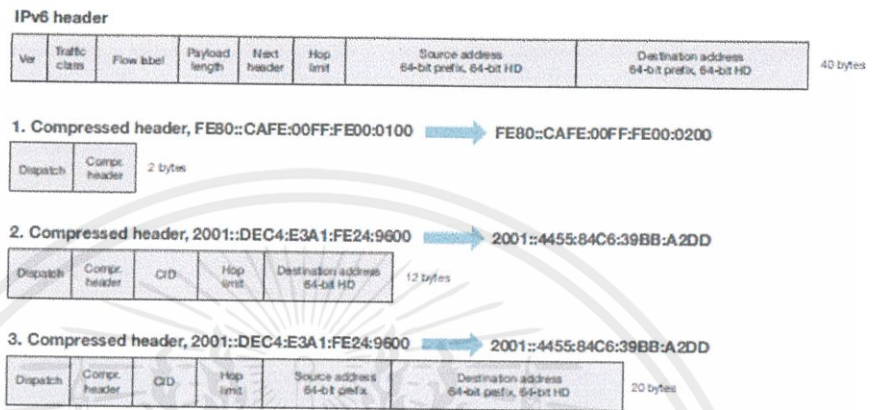
6LoWPAN ส่วนใหญ่ดำเนินการผ่านหลาย hop และสร้างเครือข่ายแบบเมชที่ใช้พลังงานต่ำ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการมักจะมีข้อจำกัดในเรื่องของทรัพยากร ทำให้เกิดปัญหา

- 1) ค่าค่าแกรมของ IPv6 โดยปกติจะไม่พอดีกับเครือข่ายของ IEEE 802.15.4 ที่มี Throughput น้อย มีบัฟเฟอร์จำกัด ทำให้ต้องบีบอัด Header และการกระจายตัวของข้อมูลที่จำเป็น
- 2) IEEE 802.15.4 มีพลังงานต่ำและ Throughput น้อยและการใช้ RF เป็นสื่อกลางมีแนวโน้มที่จะมีการแทรกแซงทำให้การเชื่อมต่อล้มเหลว

2.2.2.4 The 6LoWPAN adaptation layer

เมื่อส่งข้อมูลบน MAC และ Physical layer นั้น Adaptation layer มักจะถูกนำมาใช้สำหรับ 6LoWPAN RFC 6282 ได้กำหนดวิธีที่ Data frame ของ IPv6 ถูกห่อหุ้มบนวิทยูเชื่อมโยงของ IEEE 802.15.4 6LoWPAN WG คือการเพิ่มประสิทธิภาพการส่งข้อมูลของแพ็คเกจ IPv6 บน low-power and lossy networks (LLNs) เช่น IEEE 802.15.4 และมีการกำหนด

- 1) Header compression เป็นการบีบอัด 40 ไบต์ของ IPv6 และ 8 ไบต์ของ UDP โดยสมมติว่ามีการใช้งานของข้อมูลร่วมกัน ข้อมูลของ Header จะถูกตัดออกเมื่อได้รับมาจาก Link layer วิธีการบีบอัดนี้เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ไม่สนับสนุน IPv4 ตัวอย่างการบีบอัดจะแสดงในรูป 2.8



รูป 2.8 ตัวอย่างการบีบอัดของ 6LoWPAN IPv6 header

ตัวอย่างที่ 1 เป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวที่อยู่ภายในเครือข่าย 6LoWPAN เดียวกัน IPv6 ลดลงเหลือเพียง 2 ไบต์

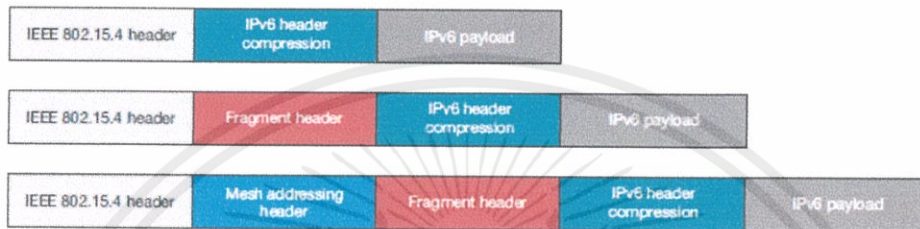
ตัวอย่างที่ 2 เป็นการติดต่อสื่อสารไปยังอุปกรณ์ที่อยู่นอกเครือข่าย 6LoWPAN และรู้ Prefix เครือข่ายข้างนอก IPv6 ลดลงเหลือ 12 ไบต์

ตัวอย่างที่ 3 เป็นการติดต่อสื่อสารไปยังอุปกรณ์ที่อยู่นอกเครือข่าย 6LoWPAN แต่ไม่รู้ Prefix เครือข่ายข้างนอก IPv6 ลดลงเหลือ 20 ไบต์

- 2) Fragmentation and reassembly data link ของ IEEE 802.15.4 ความยาวเฟรมไม่เข้ากันกับ MTU ของ IPv6 และรูปแบบของเฟรมของ IEEE 802.15.4g มีข้อจำกัดที่ไม่เหมือนกัน เพื่อที่จะช่วยในการส่งเฟรมของ IPv6 บน IEEE 802.15.4 เฟรมของ IPv6 จำเป็นต้องแบ่งเป็นหลาย segment ทำให้ต้องเพิ่มข้อมูล Header เพื่อรวมแพ็กเกจให้ถูกต้องตามลำดับ เมื่อแพ็กเกจถูกรวมใหม่ ข้อมูลเพิ่มเติมที่เพิ่มเข้าไปจะถูกลบออกและแพ็กเกจจะถูกปรับไปเป็นรูปแบบเริ่มต้นของ IPv6
- 3) Stateless auto configuration คือการดำเนินงานที่อุปกรณ์ภายในเครือข่าย 6LoWPAN จะสร้าง IPv6 address ของตัวเองโดยอัตโนมัติ และมี duplicate address detection (DAD) เป็นวิธีการที่จะหลีกเลี่ยงเมื่ออุปกรณ์สองตัวได้ address เดียวกัน

2.2.2.5 Header formats

6LoWPAN ใช้ Header หลายอันซ้อนกัน ซึ่ง header format ถูกกำหนดโดยใช้ ข้อมูล Header ย่อยแต่ละประเภทวางไว้ที่จุดเริ่มต้นของแต่ละ Header และสามารถลบ Header ย่อยที่ไม่จำเป็นออกจาก Stack ได้ โดยที่ Header ของ 6LoWPAN จะกำหนดความสามารถของแต่ละ Header ย่อย ซึ่งมีด้วยกัน 3 header คือ Mesh addressing, Fragmentation และ Header compression ดังแสดงในรูป 2.9



รูป 2.9 6LoWPAN stacked header

2.2.2.6 Routing

Routing คือความสามารถในการส่งแพ็กเกจข้อมูลจากอุปกรณ์ 1 ตัวไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆซึ่งบางครั้งจะต้องผ่านหลาย hop ซึ่งขึ้นอยู่กับกลไกในการกำหนดเส้นทางอยู่ในเลเยอร์ไหน ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 หมวดคือ Mesh-under และ Route-over

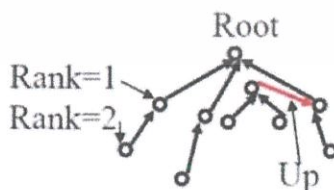
- 1) Mesh-under ใช้ Address ในเลเยอร์ที่ 2 ที่เป็น IEEE802.15.4 MAC หรือ Short address เพื่อส่งแพ็กเกจข้อมูล และ ถูกพิจารณาเป็น 1 ใน IP Subnet และมีเพียง IP ของ Router ในระบบเท่านั้นที่เป็น Edge router อีกทั้งมีการสร้าง 1 โดเมนบรอดแคสเพื่อให้แน่ใจว่าเข้ากันได้กับเลเยอร์บนของ IPv6 โปรโตคอล โดยที่จะมีการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ทุกตัวในเครือข่ายส่งผลให้เครือข่ายมีภาระสูง ระบบนี้เหมาะสมกับเครือข่ายขนาดเล็กและเครือข่ายเฉพาะที่
- 2) Route-over จะใช้ address ในเลเยอร์ 3 ที่เป็น IP address ในแต่ละ hop ในเครือข่ายจะแสดงถึง 1 IP ของ Router การใช้งาน IP Routing เป็นพื้นฐานของเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพและปรับขนาดได้เนื่องจาก Router ทุกตัวต้องดำเนินการทุกคุณสมบัติที่สนับสนุน โดย IP ของ Router ปกติสำหรับเครือข่าย Route-over 6LoWPAN คือ RPL ตามที่กำหนดโดย IETF ใน RFC 6550

2.2.3 Routing Protocol for Low power and Lossy Networks (RPL)

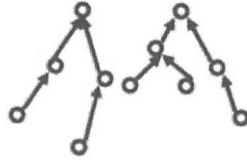
RPL เป็น Distance vector routing protocol ซึ่ง Routing นี้ขึ้นอยู่กับ Destination oriented Acyclic graphs หรือ DODAGs Destination Oriented DAG (DODAG) เป็นประเภทพิเศษใน DAG ที่แต่ละโหนดต้องการไปถึงปลายทางเดียวกัน

โดยที่ Directed Acyclic Graph (DAG) เป็นกราฟที่ไม่มี loop มีรายละเอียดและดังที่แสดงใน รูป 2.10 รูป 2.11 และรูป 2.12

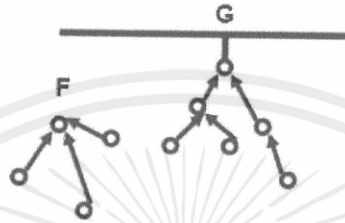
- 1) Root คือปลายทางของทุกโหนดใน DAG และไม่มีเส้นที่ออกจากตัว Root
- 2) Up คือเส้นอื่นๆ ที่ชี้ตรงไปที่ root
- 3) Down คือเส้นอื่นๆ ที่ชี้ไปคนละทางกับ root
- 4) Rank คือระยะทางจากโหนดนั้นถึง root
- 5) RPL instance แต่ละ DODAG คือ 1 instance จากรูป 2.8 แสดงถึง 2 RPL instance
- 6) DODAG ID คือ แต่ละ DODAG จะมี IPv6 ID ซึ่งจะกำหนดไว้ให้สำหรับ root เท่านั้นทราบเท่าที่ ID ของ root ไม่เปลี่ยน
- 7) DODAG Version คือแต่ละรูปร่างใหม่ของ DODAG
- 8) GOAL คือ ที่ๆ DODAG ต้องการไปถึง goal จะแตกต่างกันไปตาม Objective function
- 9) Grounded เมื่อ DODAG ไปถึง goal ของตัวเองจะเรียกว่า Grounded
- 10) Floating เมื่อ DODAG ไม่ได้เชื่อมต่อกันหรือยังไม่ไปถึง goal จะเรียกว่า floating
- 11) Parent คือที่ที่ลูกศรชี้มา และ children คือที่ที่ลูกศรออกมา ซึ่ง Parent สามารถมีได้หลาย children และ child ก็สามารถมีหลาย parent ได้
- 12) Storing ซึ่ง storing node จะเก็บ routing table ทั้งหมดทำให้รู้วิธีที่จะส่งข้อมูลจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดอื่นๆ
- 13) non-storing คือจะไม่เก็บ routing table แต่จะรู้เฉพาะ parent ของโหนดตัวเอง



รูป 2.10 รายละเอียดของ DAG



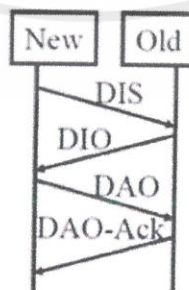
รูป 2.11 แสดง RPL instance



รูป 2.12 แสดง Grounded และ Floating

RPL Control มี message อยู่ 4 ประเภท ดังรูปที่ 2.13

- 1) DODAG information Object (DIO) กำหนดโหนดใน DODAG ที่จะ multicast DIO ไปโดยที่บอกโหนดอื่นๆเช่น เป็น grounded หรือไม่ เป็น storing หรือ non-storing และประกาศไปยัง โหนดอื่นๆว่าถ้ามีโหนดตัวไหนสนใจจะร่วมด้วยให้แจ้งกลับมา
- 2) DODAG Information Solicitation (DIS) เมื่อโหนดไม่ได้รับประกาศและต้องการเข้าร่วม DODAG ก็จะทำการส่ง DIS ที่เป็นการถามโหนดอื่นๆว่ามี DODAG มั้ย
- 3) DODAG advertisement Object (DAO) เป็นข้อความที่ส่งจาก child ไปยัง parent หรือ root เป็นการร้องขอเพื่อให้ child เข้าร่วม DODAG
- 4) DAO-ACK เป็นข้อความตอบกลับ โดยที่ส่งจาก root หรือ parent ไปยัง child การตอบกลับนี้เป็นได้ทั้งใช่และไม่ใช่



รูป 2.13 แสดงการส่ง Message

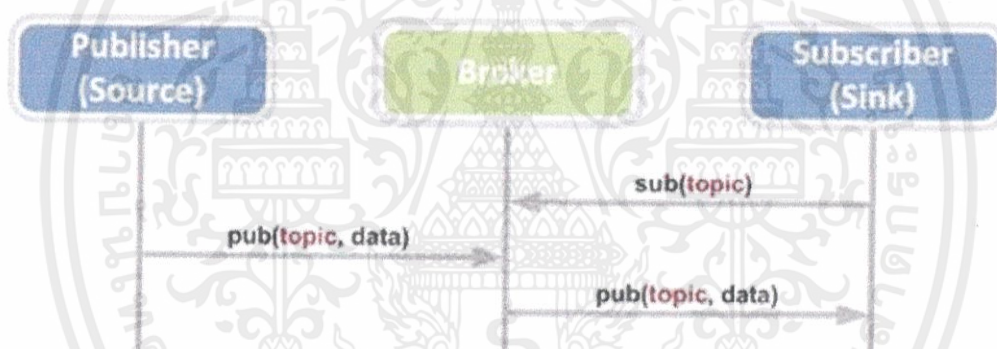
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT

Internet of Things (IoT) คือ การที่อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ถูกเชื่อมโยงและติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งในปัจจุบัน ได้มีแพลตฟอร์มและโปรโตคอลต่างๆ มากมายที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการพัฒนาเทคโนโลยีด้าน Internet of Things

2.3.1 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

คือ lightweight messaging protocol เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับ wireless network ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อ M2M (machine-to-machine) สนับสนุนเทคโนโลยี Internet of Things ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตู้เย็น รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ ให้เข้ากับอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เนื่องจาก MQTT เป็นโปรโตคอลที่มีน้ำหนักเบา ออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก จึงใช้แบนวิธต่ำ โดย MQTT Protocol จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ Broker, Publisher และ Subscriber ดังรูปที่ 2.14



รูป 2.14 หลักการทำงาน MQTT protocol

- 1) Broker ทำหน้าที่ เป็นตัวกลางคอยจัดการ message โดยอ้างอิงด้วย topic
- 2) Publisher ทำหน้าที่ ส่งข้อมูลไปยังหัวข้อนั้นๆ
- 3) Subscribe ทำหน้าที่ คอยดูการเปลี่ยนแปลงของ message ที่อ้างอิงด้วย topic เช่น สมมติว่าถ้าหัวข้อที่สนใจมีการเปลี่ยนแปลงก็จะดึงข้อมูลมาใช้งาน

2.3.2 IBM Bluemix

เป็น Cloud Services ในรูปแบบของ Platform as a Services เหมาะกับนักพัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้การเขียนซอฟต์แวร์นั้นทำได้ง่ายขึ้นและเร็วขึ้นบนคลาวด์ โดยไม่ต้องเสียเวลาไปกับเรื่องของการติดตั้งระบบต่างๆ ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดย Bluemix นั้นถูกพัฒนาต่อออกมาจาก Open Cloud Architecture ของ IBM ซึ่งมีพื้นฐานคือ Cloud Foundry ที่จะช่วยให้นักพัฒนาสามารถ Build, Deploy และ Manage Cloud Application ที่พัฒนาโดยใช้ Service และ Framework ต่างๆ ได้ด้วยแนวคิดในการสร้างแพลตฟอร์มขึ้นบน Open standards และ Cloud จะช่วยลดความยุ่งยากของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักพัฒนา ช่วยให้นักพัฒนาสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น การนำเทคโนโลยี Cloud มาใช้จะสามารถเพิ่ม Productivity ในบางจุด เช่น จะช่วยลดจำนวนคนที่ต้องดูแล Hardware และลดงาน Configuration management ลงได้ Bluemix นั้นถือได้ว่าเป็นผู้ให้บริการ Cloud Services ที่สมบูรณ์แบบมากที่สุดรายหนึ่ง เนื่องจาก

1) ความง่ายและความรวดเร็ว

นักพัฒนาสามารถจดจ่ออยู่กับการพัฒนาได้มากขึ้น ไม่ต้องมาเสียเวลากับการติดตั้งและตั้งค่าต่างๆ ความคล่องตัวของ Bluemix นั้นจะให้ความสะดวกเป็นอย่างมากแก่นักพัฒนาไม่ว่าจะเป็นเรื่องที่ไม่ต้องมากังวลกับการขยายตัวของผู้ใช้งานที่จะเพิ่มขึ้นได้แบบไม่จำกัด แทนที่จะต้องมาคอยเพิ่มเองทีหลัง นอกจากนี้ Bluemix ยังจัดการกับการทำงานของ Virtual Machine แต่ละตัวให้มีความเหมาะสม ซึ่งปกติหาก VM ตัวใดตัวหนึ่งทำงานหนักเกินไปอาจจะค้าง และทำงานต่อไปไม่ได้ แต่บน Bluemix ยังสามารถทำงานต่อไปได้ปกติ อีกทั้งยังสามารถที่จะสั่งให้แอปพลิเคชันทำงานหรือหยุดการทำงานได้ และยังสามารถทราบได้ว่าในแต่ละแอปพลิเคชัน นั้นใช้หน่วยความจำระบบไปเท่าไร

2) เลือกเครื่องมือได้อย่างอิสระ

นักพัฒนาสามารถเลือกเครื่องมือในการพัฒนาได้อย่างอิสระ ที่ทำงานได้ดีที่สุดสำหรับงานที่ทำ โดยไม่จำเป็นต้องทำงานกับเครื่องมือตัวเดิมตลอด ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของ Command line, Eclipse และ Web IDE

3) Source control

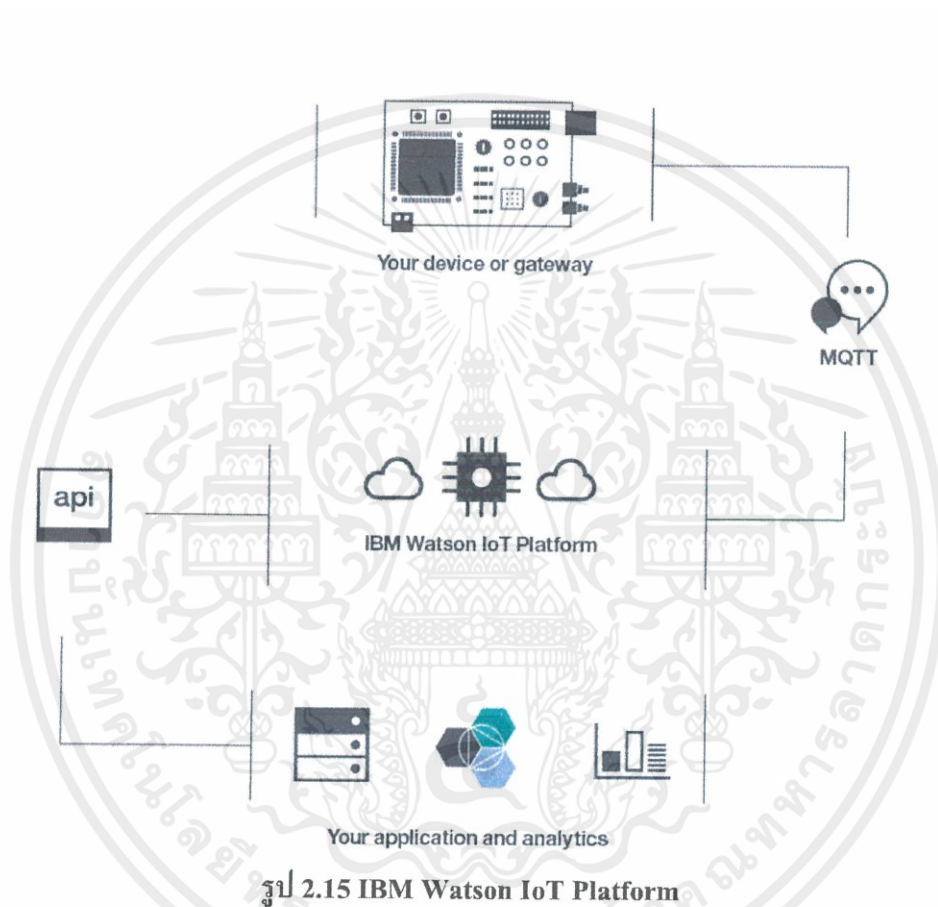
Bluemix สามารถเชื่อมต่อกับระบบ Source Control Management (SCM) ที่หลากหลายทั้ง Git, GitHub และ Jazz SCM ซึ่งทำให้นักพัฒนาสามารถที่จะเริ่มพัฒนาโปรเจกต์ใหม่ๆ ได้อย่างสะดวก

4) Services marketplace

ทั้ง APIs และ SDKs สามารถทำงานร่วมกับ Bluemix แอปพลิเคชัน ได้แม้ว่า IBM จะให้บริการหลายอย่าง แต่ Bluemix ก็เป็นระบบเปิดและยืดหยุ่นในการเชื่อมโยงกับแอปพลิเคชัน อื่นๆ ได้อย่างสะดวก

2.3.2.1 IBM Watson IoT Platform service

ทำหน้าที่เป็นโบรกเกอร์แลกเปลี่ยนข้อมูลโดยใช้ MQTT protocol เป็นการรวมกันของ Cloud-based development ช่วยให้แอปพลิเคชันสามารถติดต่อสื่อสารกับข้อมูลที่ถูกเก็บโดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เช่น เซอร์หรือเกตเวย์ อีกทั้งยังง่ายต่อการเชื่อมต่ออุปกรณ์สู่ internet of things cloud ของ IBM Bluemix และแอปพลิเคชันยังสามารถใช้ real-time และ REST APIs ในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ และนำข้อมูลที่ได้รับมาจากอุปกรณ์มาใช้งาน ภาพรวมการทำงานดังรูปที่ 2.15

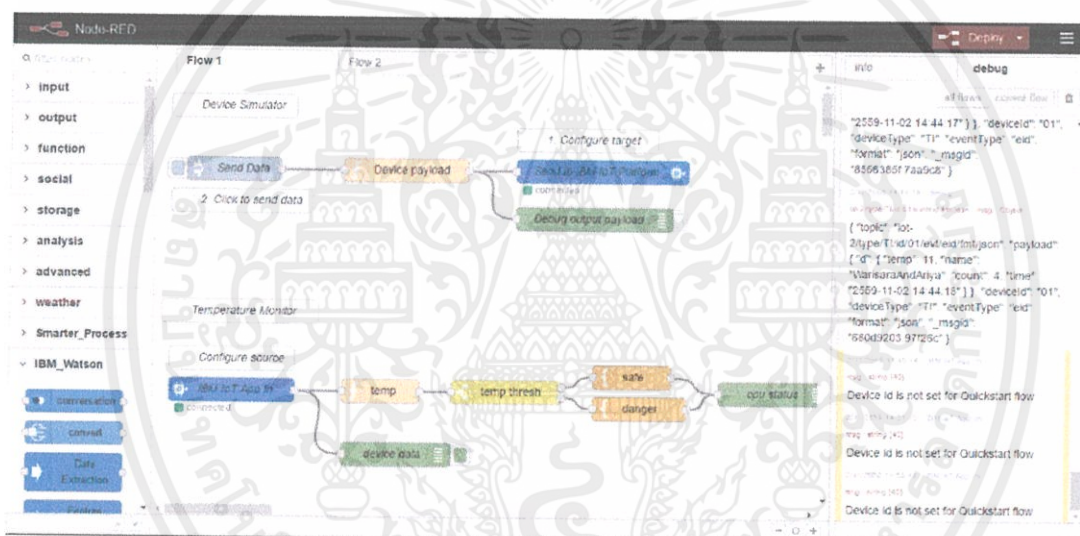


- 1) อุปกรณ์ เซอร์หรือเกตเวย์ทำการเชื่อมต่อไปยังโบรกเกอร์
- 2) ข้อมูลจากอุปกรณ์จะถูกส่งด้วยความปลอดภัยไปยังคลาวด์โดยใช้ MQTT protocol
- 3) เป็นศูนย์กลางในการตั้งค่า จัดการตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ามา อีกทั้งยังทำให้แอปพลิเคชันสามารถเชื่อมต่อเข้ามาดูข้อมูลปัจจุบันและในอดีตได้
- 4) ใช้ API ที่มีความปลอดภัยในการเชื่อมต่อแอปพลิเคชันกับข้อมูลที่ได้มาจากอุปกรณ์
- 5) สร้างแอปพลิเคชันโดยใช้ IBM หรือใช้บริการอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 Node-RED

พัฒนาโดย IBM Emerging Technology เป็นโครงการ OpenSource ช่วยให้คนที่พัฒนา Internet of Things ไม่ต้องเขียน API ผัง server เอง เป็น visual tool ที่เชื่อมโยง อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ API และ online services เข้าด้วยกัน สำหรับงานด้าน IoT ซึ่ง Node-RED ช่วยให้เราสามารถแก้ไขและเชื่อมโยงการไหลของข้อมูลได้ง่ายขึ้นบนบราวเซอร์ การเขียน flow เพียงแค่ลากบล็อกจากทางซ้ายมาวางใน canvas การตั้งค่าบล็อกก็ดับเบิลคลิกที่บล็อก จากนั้นจะปรากฏแถบให้ตั้งค่าขึ้น การเชื่อมโยงข้อมูลก็ลากเส้นมาต่อกัน จากนั้นกด deploy โดย flow สามารถที่จะใช้งานแล้ววันใหม่ได้เพียงคลิกเดียว flows ที่สร้างจาก Node-RED จะถูกเก็บโดยในรูปแบบ JSON ซึ่งง่ายต่อการนำเข้าและนำออกเพื่อแชร์กับคนอื่น ๆ ตัวอย่างการสร้าง flows โดยใช้ Node-RED ดังรูปที่ 2.16



รูป 2.16 ตัวอย่างการสร้าง flows โดยใช้ Node-Red

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 ClearDB MySQL Database

เป็นบริการหรือ Service แบบ Cloud Database (database-as-a-service) ใช้ Engine ของ MySQL Database การใช้งานและเรียกใช้งานจะเหมือนกับ MySQL สามารถรองรับกับ Application ได้หลายรูปแบบ มีความรวดเร็วและปลอดภัย เหมาะกับการจัดเก็บข้อมูลแบบ Online และสามารถเรียกใช้ได้ในทุกๆ แห่งที่สามารถเชื่อมต่อผ่านระบบ Internet ซึ่งการใช้งาน ClearDB MySQL บน Bluemix จะมีแพ็คเกจเริ่มต้นที่ 5 MB ให้ใช้งานฟรี และมีแพ็คเกจอื่นๆอีกมากมายให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม สาเหตุที่เลือกใช้ ClearDB เนื่องจาก

1) Global Architecture

ClearDB ได้รับการออกแบบมาตั้งแต่ต้นจนถึงสมมติฐานความล้มเหลวต่างๆ เพื่อให้แอปพลิเคชันที่ใช้งาน MySQL มีประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งานสูงและ latency ต่ำ

2) Scheduled Backups

ฐานข้อมูลจะถูกสำรองไว้ในหลายส่วนและหลาย time zone เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลจะมีความพร้อมใช้งาน อีกทั้งยังสามารถสร้างการสำรองข้อมูลหรือเรียกคืนข้อมูลที่มีอยู่ด้วยการใช้เครื่องมือการจัดการการสำรองข้อมูลที่มีให้

3) Advanced Security

ไม่ว่าข้อมูลจะอยู่บนฐานข้อมูล บนสายหรือในการสำรองข้อมูล มันจะถูกเข้ารหัสไว้เพื่อความปลอดภัย โดยสามารถเข้ารหัสการเชื่อมต่อผ่าน SSL

4) Always-On Monitoring

จะมีทีมงานคอยตรวจสอบฐานข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่ามันจะมีความพร้อมใช้งานและมีความปลอดภัยเสมอ

5) Simple, Effective Tools

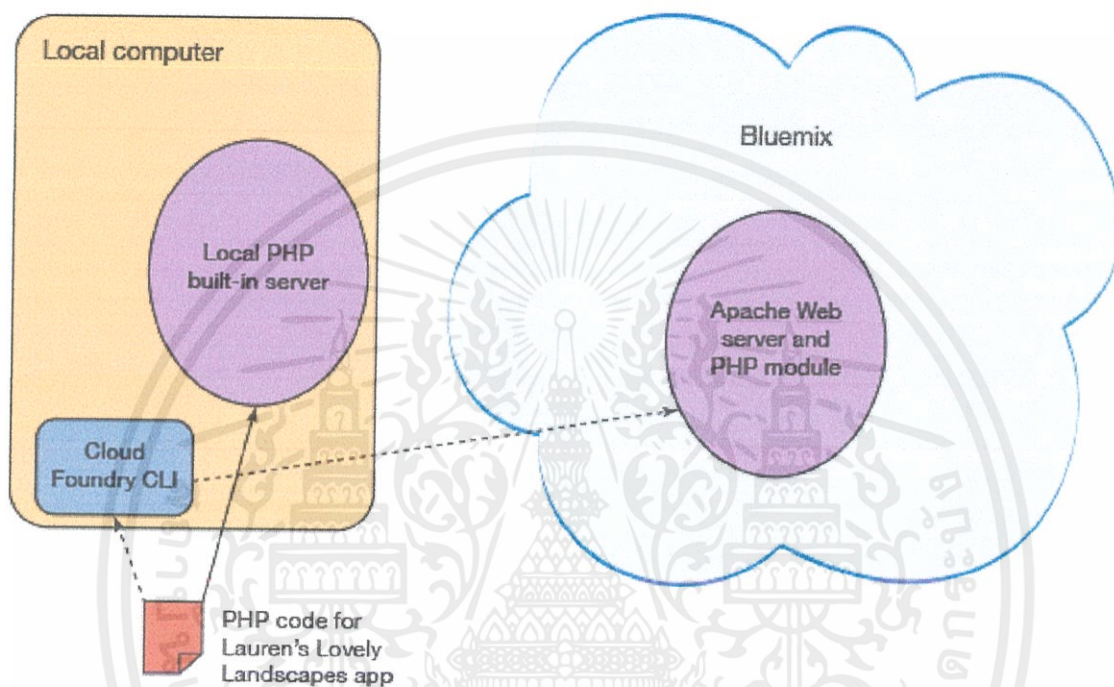
มีเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ฐานข้อมูลที่สำคัญและสามารถเข้าถึงการสำรองข้อมูลที่จะเรียกคืนได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว

6) Easy Management API

มีการติดตั้งการจัดการ API ของ ClearDB เพื่อสำรองข้อมูลอัตโนมัติ และสามารถเช็คสถานะปัจจุบันของฐานข้อมูลได้

2.3.2.4 PHP Cloud Foundry App

เป็นบริการ Cloud Foundry App ตัวหนึ่งบน IBM Bluemix ที่ทำให้สามารถพัฒนาใช้งาน และปรับขนาด PHP เว็บแอปพลิเคชันได้อย่างง่ายดาย สามารถที่จะรัน จัดการ และแก้ไขโค้ดบน local system แล้ว deploy ไปยัง IBM Bluemix เพื่อให้ใช้งานออนไลน์ได้ โดยมีการทำงานดังรูป 2.17



รูปที่ 2.17 PHP Cloud Foundry App

- 1) รัน instance ของ Apache web server เพื่อซัพพอร์ต PHP app บนคลาวด์
- 2) อีกทั้งสามารถที่จะรันบน local computer โดยลง Local PHP built-in server เพื่อให้ง่ายต่อการ implement โดยไม่ต้องใช้ internet แล้วจึงอัปโหลดโค้ดขึ้นไปยังคลาวด์
- 3) สามารถอัปโหลดโค้ดขึ้นไปยังคลาวด์โดยใช้ Cloud Foundry CLI หลังจากนั้นเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะพร้อมใช้งานได้ผ่าน bluemix และเข้าถึงได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตโดยใช้บราวเซอร์

2.4 การคำนวณที่เป็นการตรวจสอบสภาพร่างกาย

2.4.1 Maximum Heart Rate

คือการเต้นหัวใจที่ความสามารถสูงสุดที่หัวใจจะทำได้ขณะที่ออกกำลังกายเต็มที่ ซึ่งแปรผันตามความแข็งแรงแต่ละบุคคลและอายุ ซึ่งมีสูตรการคำนวณ Maximum Heart Rate ดังนี้

- 1) Male = $206.9 - (0.67 \times \text{age})$
- 2) Female = $212.9 - (0.67 \times \text{age})$

2.4.2 Target heart rate

คือ การเต้นของหัวใจที่เราคาดหวังจะให้อยู่ในระดับต่างๆ ในการออกกำลังกายตามวัตถุประสงค์ที่เราต้องการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณ Target heart rate คือ $\text{THR} = \text{HRmax} \times \% \text{intensity}$ โดย % intensity ของแต่ละ Target สามารถดูได้จากรูปที่ 2.18



รูป 2.18 Target heart rate

1) Zone 5: Red Line

ถ้าไม่ใช่ นักกีฬาที่มีอาชีพหรือผู้จริงจังกับการฝึกไม่ควรขึ้นมาแตะโซนนี้ เพราะค่า Heart rate อยู่ที่ 100% ถ้าหากอยู่ในช่วงนี้นานๆ อาจเกิดอันตรายได้

2) Zone 4: Anaerobic

ร่างกายไม่ใช่ ออกซิเจนในการสร้างพลังงาน นิยมใช้ฝึก Interval เพื่อเพิ่ม performance

3) Zone 3: Aerobic

เป็นการออกกำลังกายแอโรบิก ฝึกกล้ามเนื้อหัวใจ ปอดและความอดทน สัดส่วนการใช้คาร์โบไฮเดรต จะเยอะกว่าไขมัน

4) Zone 2: Fat burning

การฝึกประคองให้อยู่ในโซนนี้จะช่วยในเรื่องการฝึกเพิ่มความอึด (Endurance) ร่างกายเริ่มมีการดึงเอาไขมันมาใช้เผาผลาญ

5) Zone 1: Easy

โซนออกกำลังกายสำหรับมือใหม่ ใช้สำหรับการ recovery ด้วย

2.4.3 Calories Burned

คือ พลังงานที่ถูกเผาผลาญ ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงาน ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ระยะเวลาในการออกกำลังกาย และอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย วิธีการคำนวณการเผาผลาญพลังงานมีดังนี้

$$1) \text{ ผู้ชาย : } C = (0.6309 \times H + 0.09036 \times W + 0.2017 \times A - 55.0969) \times T / 4.184$$

$$2) \text{ ผู้หญิง : } C = (0.4472 \times H - 0.05741 \times W + 0.074 \times A - 20.4022) \times T / 4.184$$

โดยที่

H = อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย

W = น้ำหนักในหน่วยปอนด์

A = อายุ

T = เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย (นาที)

2.5 ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 Electric Energy Consumption Measurement using Wireless IPv6 Network

เป็นโครงการที่สร้างอุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและแสดงผลลัพธ์จากอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารที่เป็นมาตรฐานและพร้อมสำหรับการใช้งานไอพีเวอร์ชัน 6 ที่ถูกเลือกมาใช้เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในระดับชั้นเครือข่ายและเทคโนโลยีการสื่อสาร MQTT ในระดับชั้นแอปพลิเคชัน พลังงานที่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้นั้นจะถูกส่งมายังเครื่องแม่ข่ายแบบเวลาจริงและบันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยจะแสดงผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบของกราฟผ่านเว็บไซต์

การพัฒนาโครงการนี้ ในการติดต่ออุปกรณ์จะใช้เทคโนโลยี 802.15.4 การติดต่อสื่อสารระดับชั้นเน็ตเวิร์กจะใช้เทคโนโลยี 6LoWPAN การติดต่อสื่อสารระดับชั้นแอปพลิเคชันจะใช้ MQTT และการพัฒนาเซ็นเซอร์โหนดซึ่งเป็น CC2650 SensorTag จะใช้ระบบปฏิบัติการ Contiki OS รวมถึงมีเซิร์ฟเวอร์ที่เก็บข้อมูลและส่วนของเว็บไซต์ที่ใช้เครื่องมือ Nodejs ในการพัฒนา

การนำไปเป็นต้นแบบและใช้งานในโครงการระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตรา การเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมชคือการนำอุปกรณ์เซ็นเซอร์ CC2650 SensorTag ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Contiki OS และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ 802.15.4, 6LoWPAN และ MQTT

2.5.2 LED Indicator for Heart Rate Monitoring System in Sport Application

บทความนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในการติดตามอัตราการเต้นหัวใจของนักกีฬาในระหว่างการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกาย โดยมีอุปกรณ์สวมใส่ที่ข้อมือซึ่งมีสีของ LED ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบช่วงอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ออกกำลังกายได้ งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีของ Zigbee และ ANT+ เป็นตัวส่งสัญญาณจากสายรัดหน้าอกไปยังสายรัดข้อมือ

ผลเบื้องต้นจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับนักกีฬาและโค้ช สำหรับตรวจสอบระดับการออกกำลังกายของนักกีฬา และสามารถควบคุมระบบการออกกำลังกายให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น

โดยมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด คือ

$$\text{ผู้ชาย : HRmax} = 206.9 - (0.67 \times \text{อายุ})$$

$$\text{ผู้หญิง : HRmax} = 212.9 - (0.67 \times \text{อายุ})$$

และสูตรที่ใช้คำนวณ Target heart rate zone (THR) คือ

$$\text{THR} = \text{HRmax} \times \% \text{ intensity}$$

การนำไปใช้งานกับโครงการวิจัยระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจ จากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมช คือ ได้นำแนวคิดและการคำนวณมาประยุกต์ใช้ด้วย เช่น การคำนวณอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดและการคำนวณ Target heart rate zone

บทที่ 3

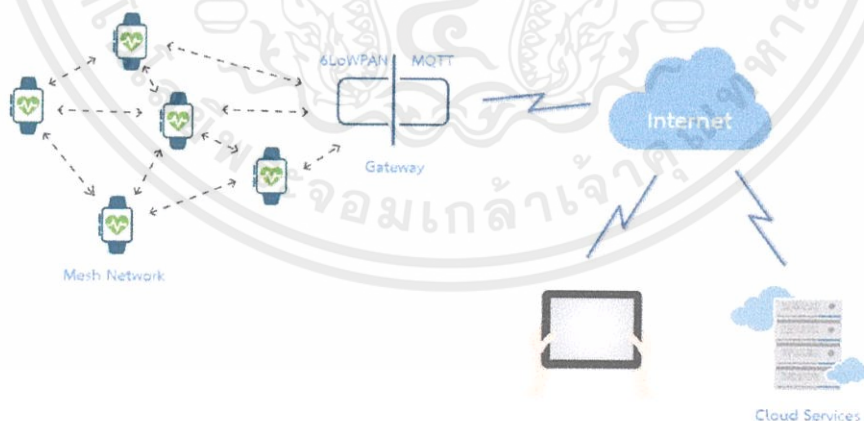
การออกแบบและพัฒนา

การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบและบันทึกข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบเมช แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆคือ

- 1) System Diagram
- 2) Use Case Diagram
- 3) User Interface
- 4) การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
- 5) การออกแบบการทำงานในส่วนของเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT

3.1 System Diagram

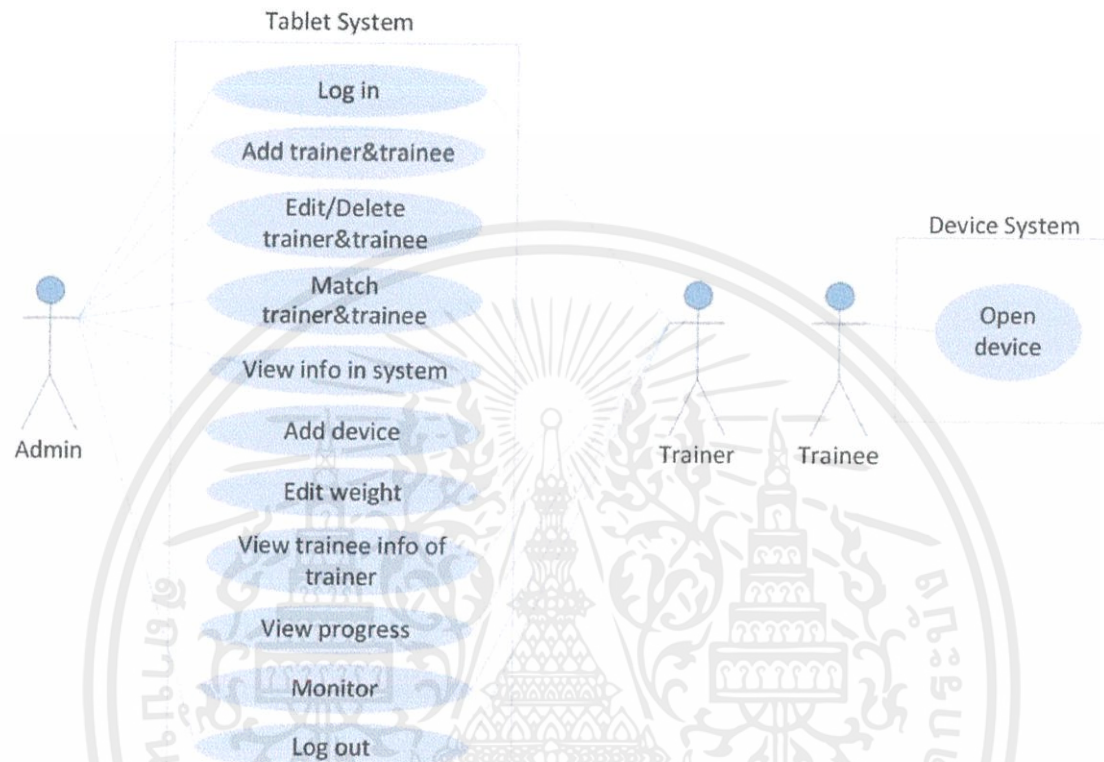
ตัวอุปกรณ์จะส่งข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจของผู้ที่ออกกำลังกาย โดยที่จะทำการรับ-ส่งข้อมูลเป็นเครือข่ายแบบเมช คือเป็นการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ของผู้สวมใส่ผ่านอุปกรณ์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจนกระทั่งส่งไปถึง Gateway เพื่อที่จะส่งข้อมูลผ่าน Internet โดยใช้โปรโตคอล MQTT จากนั้นนำข้อมูลไปเก็บไว้บนคลาวด์ แล้วใช้ Web application ในการแสดงรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับผู้ใช้งาน



รูป 3.1 System Diagram ของระบบ

3.2 Use Case Diagram

Use case diagram ของระบบที่จะแสดงต่อไปนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักคือส่วนของ Admin Trainer และ Trainee แสดงดังรูปที่ 3.2



รูป 3.2 Use Case Diagram

3.2.1 Log in

Trainer และ Admin สามารถ log in เพื่อเข้าใช้งานในการจัดการข้อมูลและดูข้อมูลต่างๆ ของระบบได้

3.2.2 Add trainer&trainee

Admin สามารถที่จะเพิ่มจำนวน Trainer หรือ Trainee ในระบบได้โดยที่ก่อนที่จะเพิ่ม นั้น จะต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานก่อนและหลังจากเพิ่มแล้วจะต้องทำการใส่ข้อมูลต่างๆ เช่น Username ชื่อ เพศ อายุ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับว่าต้องการที่จะเพิ่มผู้ใช้ประเภทใด

3.2.3 Edit/Delete trainer&trainee

Admin สามารถที่จะแก้ไขหรือลบข้อมูลทั้งของ Trainer และ Trainee ที่ได้ทำการเลือกได้ โดยที่ก่อนจะแก้ไขหรือลบนั้นจะต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและมีการเพิ่ม Trainer หรือ Trainee ก่อนและหลังจากที่ทำการแก้ไขจะได้ข้อมูลใหม่ที่มีการ Update หรือหลังจากที่ทำการลบ จะทำให้ข้อมูลนั้นหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Match trainer&trainee

Admin สามารถที่จะจับคู่ได้ว่า Trainer คูแล Trainee คนไหนบ้าง โดยที่ก่อนจะจับคู่นั้น จะต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและต้องมี Trainer และ Trainee อยู่ในระบบก่อนและหลังจากจับคู่แล้วจะทำให้ Trainer สามารถดูข้อมูลของคนที่คุณเองกำลังดูแลอยู่ได้

3.2.5 View info in system

Admin สามารถที่จะดูข้อมูลทั้งหมดของระบบได้ ได้แก่ ข้อมูลของ Trainer ข้อมูลของ Trainee และข้อมูลการจับคู่ระหว่าง Trainer และ Trainee โดยที่ก่อนจะดูข้อมูลทั้งหมดในระบบได้นั้นจะต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและต้องมี Trainer และ Trainee อยู่ในระบบรวมถึงต้องมีการจับคู่ก่อน

3.2.6 Add device

Admin สามารถที่จะเพิ่มอุปกรณ์ในระบบได้ ซึ่งการแจกอุปกรณ์ให้กับ Trainee นั้นจะกำหนดเลยว่าได้เครื่องใด โดยที่ก่อนจะเพิ่มนั้นต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและหลังจากเพิ่มนั้นจะต้องทำการตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใน Node-Red

3.2.7 Edit weight

Trainer สามารถแก้ไขน้ำหนักของ Trainee ที่ตนเองดูแลอยู่ได้โดยก่อนจะแก้ไขนั้นต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและมี Trainee อยู่ในระบบก่อนและหลังจากที่ทำการแก้ไขจะได้ข้อมูลใหม่ที่มีการ Update

3.2.8 View trainee info of trainer

Trainer สามารถที่จะดูข้อมูลของ Trainee ที่ตนเองดูแลอยู่ได้โดยที่ก่อนจะดูข้อมูลได้นั้นต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและต้องมี Trainer และ Trainee ในระบบรวมถึงมีการจับคู่ก่อน

3.2.9 View progress

Trainer สามารถดูข้อมูลในการออกกำลังกายของแต่ละคนในแต่ละ Workout ได้ ได้แก่ Average Heart Rate, Calories Burned และระยะเวลาในการออกกำลังกายของแต่ละ Workout โดยก่อนที่จะดูข้อมูลได้นั้นจะต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและต้องมี Trainer และ Trainee ในระบบรวมถึงมีการจับคู่ก่อน

3.2.10 Monitor

Trainer สามารถ Monitor สภาพร่างกายของ Trainee ขณะออกกำลังกายได้โดยก่อนที่จะ Monitor ได้นั้นต้องทำการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานและต้องมี Trainer และ Trainee ในระบบรวมถึงมีการจับคู่ก่อน ข้อมูลที่สามารถ Monitor ได้ ได้แก่ ชื่อ ,กราฟของ Heart Rate และ Heart Rate Zone

3.2.11 Log out

Admin และ Trainer สามารถออกจากระบบได้เมื่อจบการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 Open device

Trainee สามารถเปิดอุปกรณ์แล้วทำการสวมใส่เพื่อให้ตัวอุปกรณ์ส่งข้อมูลมาวิเคราะห์ และแสดงผลเพื่อเช็คระดับสภาพร่างกาย

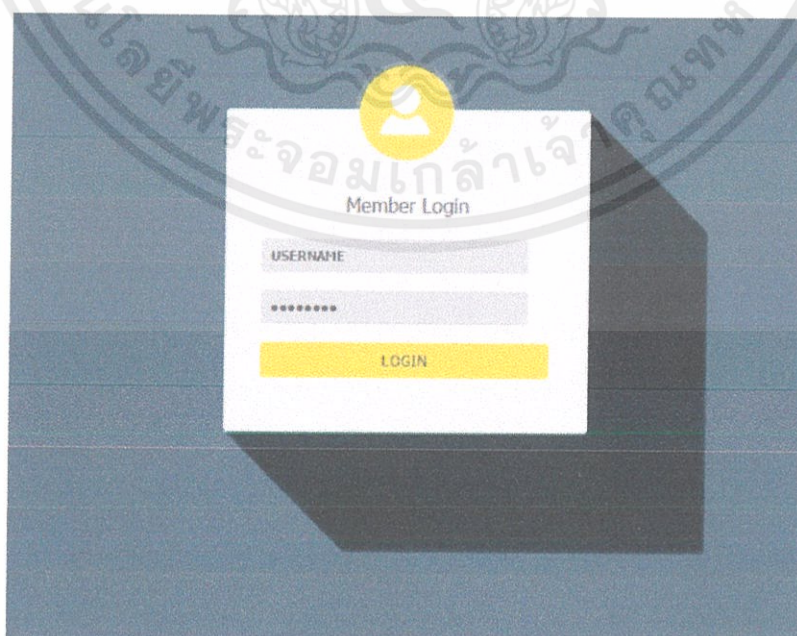
3.3 User Interface

การออกแบบ User Interface ของ web Application มีรายละเอียดดังนี้

- 1) Login
- 2) Monitoring
- 3) Progress
- 4) Add Tainer
- 5) Add Trainee
- 6) Match
- 7) Trainer Information
- 8) Trainee Information
- 9) Match Information
- 10) Add Device

3.3.1 Login

Login เพื่อเข้าสู่ระบบโดยกรอก Username และ Password โดยระบบจะมีการเช็คสถานะว่าเป็น User หรือ Admin แสดงดังรูปที่ 3.3

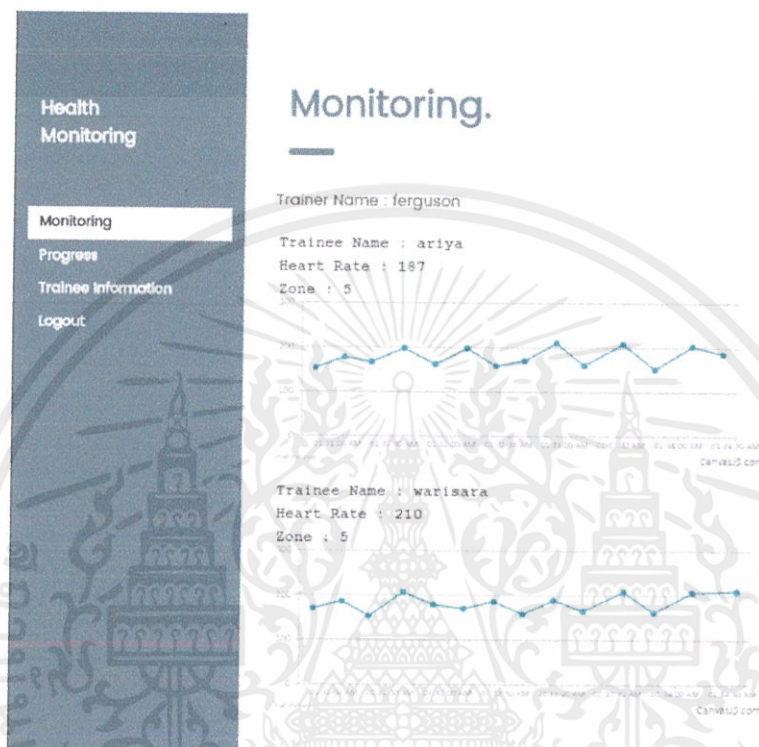


รูป 3.3 Login

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Monitoring

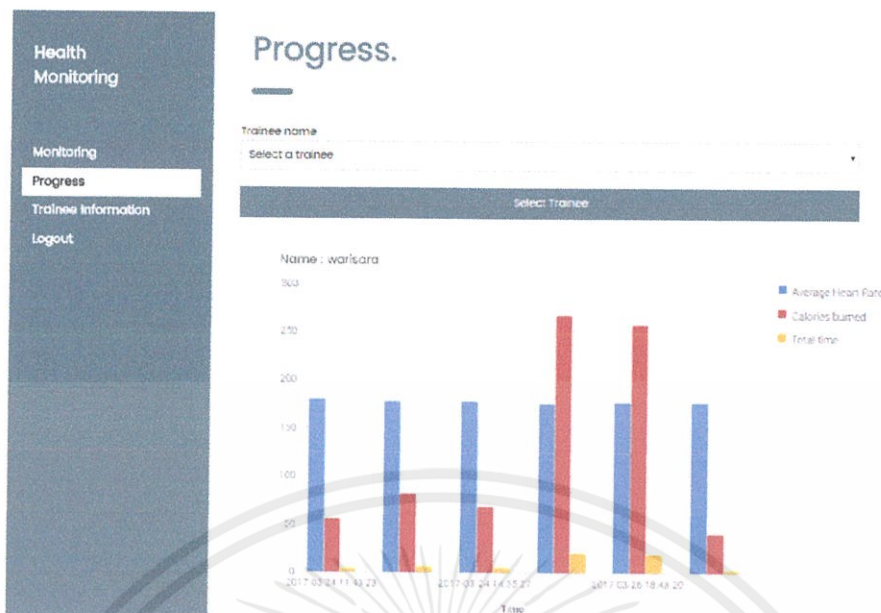
มีกราฟที่แสดงอัตราการเต้นหัวใจ ระบุว่าเป็นของ Trainee คนไหน มีอัตราการเต้นของหัวใจเท่าไร ระบุระดับโซนของอัตราการเต้นของหัวใจ ของ Trainee ที่กำลังออกกำลังกาย แสดงดังรูปที่ 3.4



รูป 3.4 Monitoring

3.3.3 Progress

เลือก Trainee ที่ต้องการดู Progress จากนั้นกดปุ่ม Select Trainee จะมีการแสดงผลของอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย จำนวน Calories ที่เบิร์นไปและเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย(นาที) ในแต่ละ Workout ของ Trainee แสดงดังรูปที่ 3.5



รูป 3.5 Progress

3.3.4 Add Trainer

Add Trainer เพื่อสร้างบัญชีผู้ใช้งานให้กับ Trainer โดยกรอก ชื่อของ Trainer กรอก Username และ Password แสดงดังรูปที่ 3.6

รูป 3.6 ส่วน Add Trainer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 Add Trainee

Add Trainee กรอก ID ของอุปกรณ์ที่ Trainee ใช้งาน และข้อมูลต่างๆของ Trainee ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ เช่น ชื่อ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง วันเกิด แสดงดังรูปที่ 3.7

รูป 3.7 ส่วน Add Trainee

3.3.6 Match

กรอก ID ของ Trainer และ Trainee เพื่อให้สิทธิ Trainer ว่าสามารถดูอัตราการเต้นหัวใจ ขณะออกกำลังกาย Progress และข้อมูลต่างๆของ Trainee คนไหนได้บ้าง แสดงดังรูปที่ 3.8

รูป 3.8 ส่วน Match

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 Trainer Information

แสดงข้อมูลต่างๆของ Trainer เช่น ID ชื่อ Username และ Password โดย Admin สามารถที่จะ แก้ไขหรือลบ Trainer ได้ แสดงดังรูปที่ 3.9

ID	Name	USERNAME	PASSWORD	Action
1	ferguson	trainer	t	Edit Delete
3	warisara	hall	hall123	Edit Delete
42	jane	jane1234	1234	Edit Delete

รูป 3.9 ส่วน Trainer Information

3.3.8 Trainee Information

แสดงข้อมูลต่างๆของ Trainee เช่น ID ชื่อ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และอายุ โดย Admin สามารถที่จะ แก้ไขหรือลบ Trainee ได้ แสดงดังรูปที่ 3.10

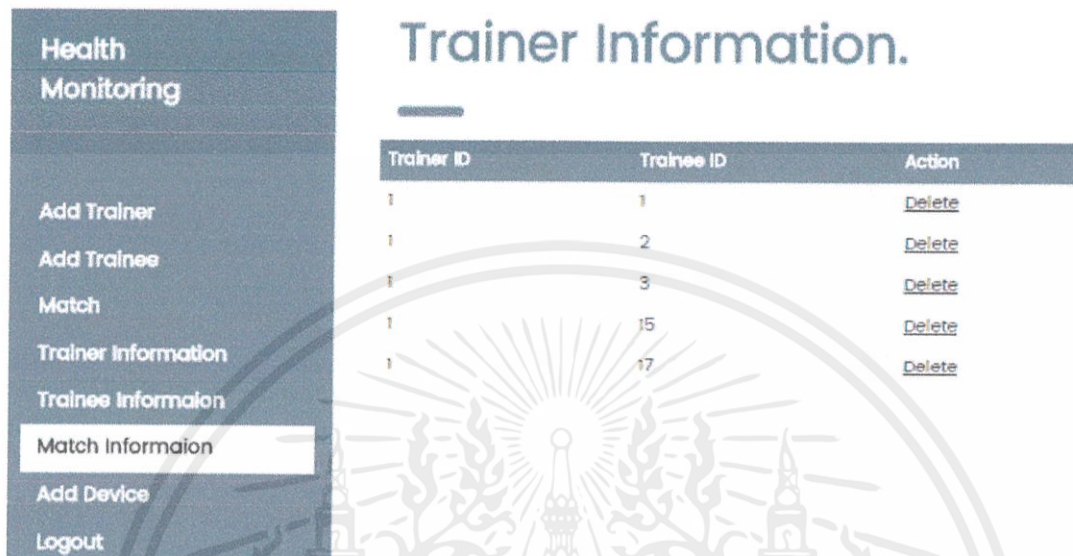
ID	Name	Gender	Weight	height	Age	Action
1	ariya	Female	37	154	22	Edit Delete
2	warisara	Female	41	153	21	Edit Delete
3	narawit	Male	58	170	22	Edit Delete
15	sakonwan	Female	50	170	22	Edit Delete

รูป 3.10 ส่วน Trainee Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 Match Information

แสดงข้อมูลว่า Trainer คนไหนสามารถดูข้อมูล อัตราการเดินหัว และ Progress ของ Trainee คนไหนได้บ้าง แสดงดังรูปที่ 3.11



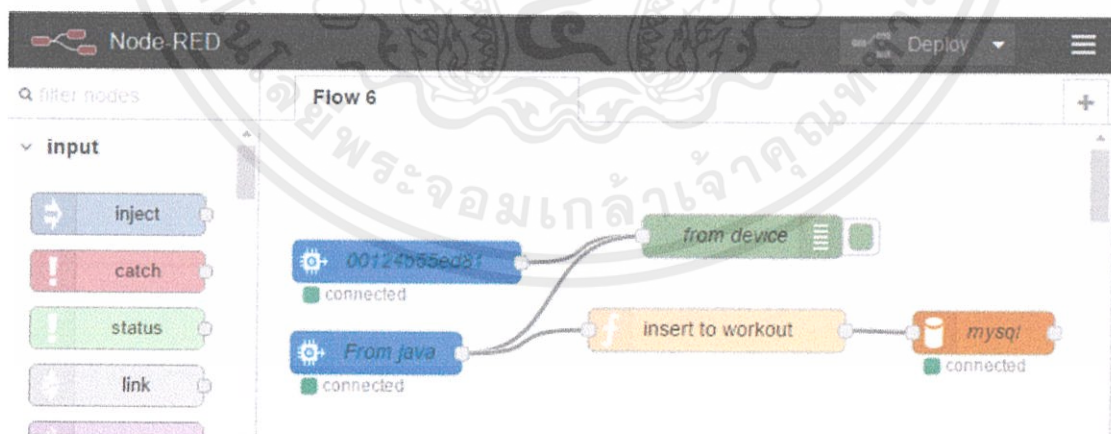
The screenshot shows a web interface with a sidebar menu on the left and a main content area titled 'Trainer Information.' The sidebar menu includes options like 'Health Monitoring', 'Add Trainer', 'Add Trainee', 'Match', 'Trainer Information', 'Trainee Information', 'Match Information', 'Add Device', and 'Logout'. The 'Match Information' option is highlighted. The main content area displays a table with the following data:

Trainer ID	Trainee ID	Action
1	1	Delete
1	2	Delete
1	3	Delete
1	15	Delete
1	17	Delete

รูป 3.11 ส่วน Match Information

3.3.10 Add Device

ทำการเพิ่มอุปกรณ์โดยคัดลอกไหนด ibmiot แล้วตั้งค่าโดยใช้ id ของอุปกรณ์ลงไป จากนั้นลากเส้นไปยังไหนด insert to workout แสดงดังรูปที่ 3.12



The screenshot shows the Node-RED interface with a flow diagram titled 'Flow 6'. The flow starts with an 'inject' node (ID: 00124b55ed31) and a 'From java' node, both connected to an 'insert to workout' node. The 'insert to workout' node is also connected to a 'mysql' node. The 'from device' node is also connected to the 'insert to workout' node. The 'mysql' node is connected to the 'insert to workout' node. The 'insert to workout' node is connected to the 'mysql' node. The 'mysql' node is connected to the 'insert to workout' node. The 'insert to workout' node is connected to the 'mysql' node. The 'mysql' node is connected to the 'insert to workout' node.

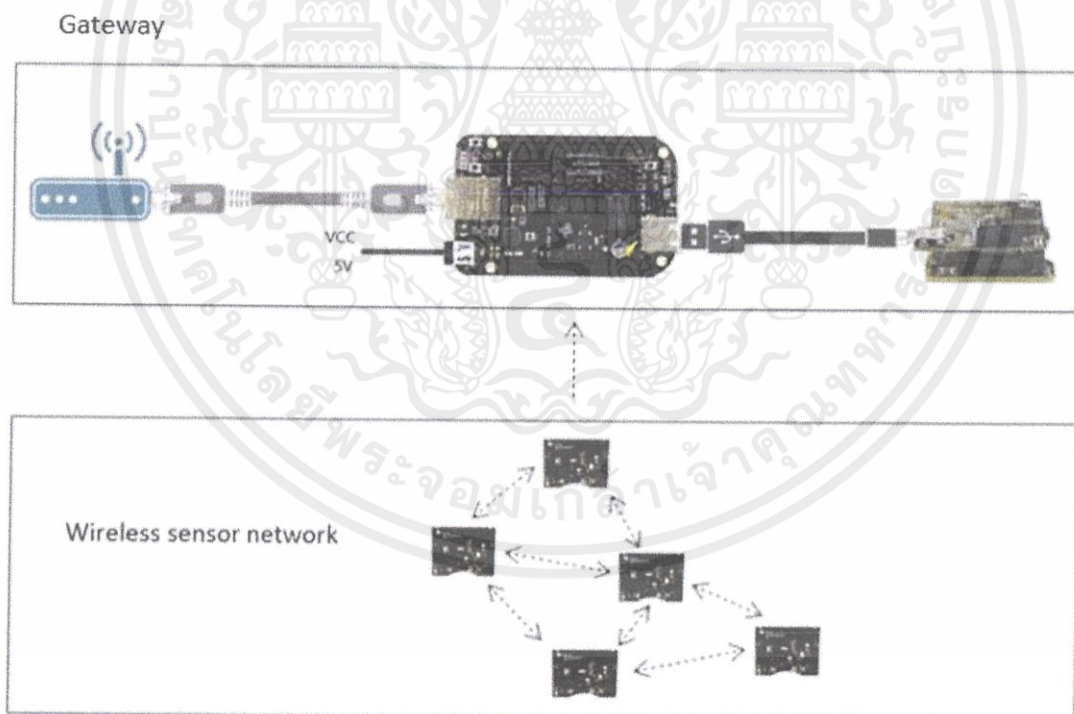
รูป 3.12 ส่วน Match Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

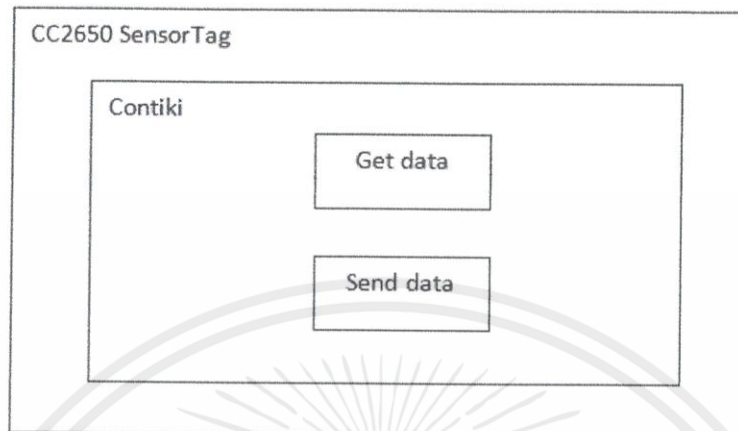
ภาพรวมการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะแสดงในรูป 3.13 โดยทำการเชื่อมต่อ Beaglebone black , Router และ CC2650 SensorTag ดังนี้

- 1) ทำการเชื่อมต่อ Beaglebone black กับ Router โดยใช้สาย LAN RJ45 และ Router จำเป็นจะต้องรับรอง IPv6 เพื่อทำการเชื่อมต่อส่งข้อมูลออกอินเทอร์เน็ตได้
- 2) จ่ายไฟ 5V ให้กับ Beaglebone black เพื่อใช้งาน
- 3) ทำการเชื่อมต่อ Beaglebone black กับ CC2650 SensorTag โดยที่ CC2650 SensorTag มีการเชื่อมต่อกับ Devpack debugger เพื่อให้ใช้สาย Micro usb ได้ และใช้สำหรับ 2.4 GHZ RF interface ทำหน้าที่เป็น Slip radio board ซึ่งแปลงระหว่าง Radio frequency กับ Serial line
- 4) CC2650 SensorTag เป็นตัวอุปกรณ์ที่มีการติดต่อสื่อสารแบบเมชระหว่างตัวอุปกรณ์ด้วยกันเอง
- 5) Wireless Sensor network จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Network Adapter เพื่อทำการส่งข้อมูลออกอินเทอร์เน็ต



รูป 3.13 ภาพรวมการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

3.4.1 การทำงานของตัวอุปกรณ์ CC2650 SensorTag ภายใน Wireless sensor network แสดงโมดูลในการทำงานดังรูปที่ 3.14

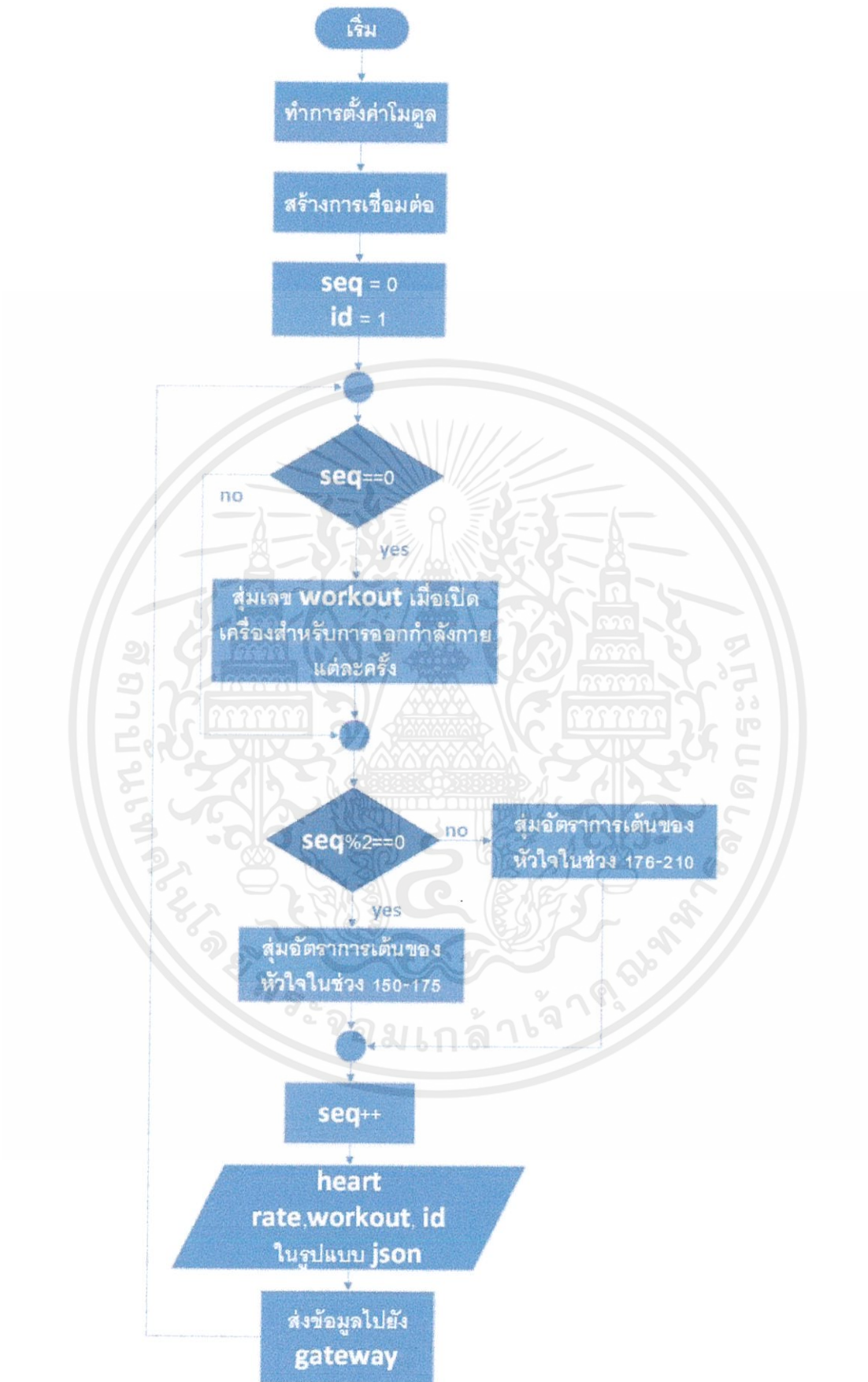


รูป 3.14 โมดูลการทำงานของ wearable device

CC2650 SensorTag จะใช้ Contiki Operating System ในการ Implement เพื่อดึงค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ เนื่องจากโครงการนี้ไม่ได้ทำในส่วนของเซนเซอร์การวัดอัตราการเต้นของหัวใจจึงใช้วิธีการสุ่มตัวเลขขึ้นมาเป็นตัวแทนของข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลมาจะทำการติดต่อสื่อสารโดยใช้เทคโนโลยี 6LoWPAN ในการส่งข้อมูลโดยที่มีข้อมูลคือ

1. device_ID ซึ่งจะเป็นการกำหนดเลขประจำเครื่องให้กับแต่ละอุปกรณ์ในระบบ
2. heart rate ซึ่งเป็นค่าที่สุ่มมาเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูล
3. workout จะเป็นตัวเลขที่บอกถึงไอดีของแต่ละ workout ที่ทำการออกกำลังกาย

ข้อมูลทั้ง 3 จะถูกส่งไปยัง Gateway โดยอาจจะผ่านหรือไม่ผ่านตัวอุปกรณ์ที่อยู่บริเวณข้างเคียง มี Flowchart แสดงในรูป 3.15

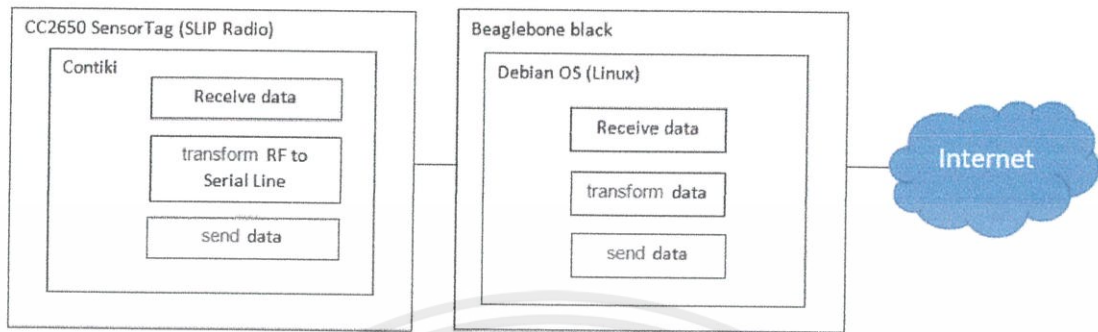


รูป 3.15 Flowchart ของ wearable device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

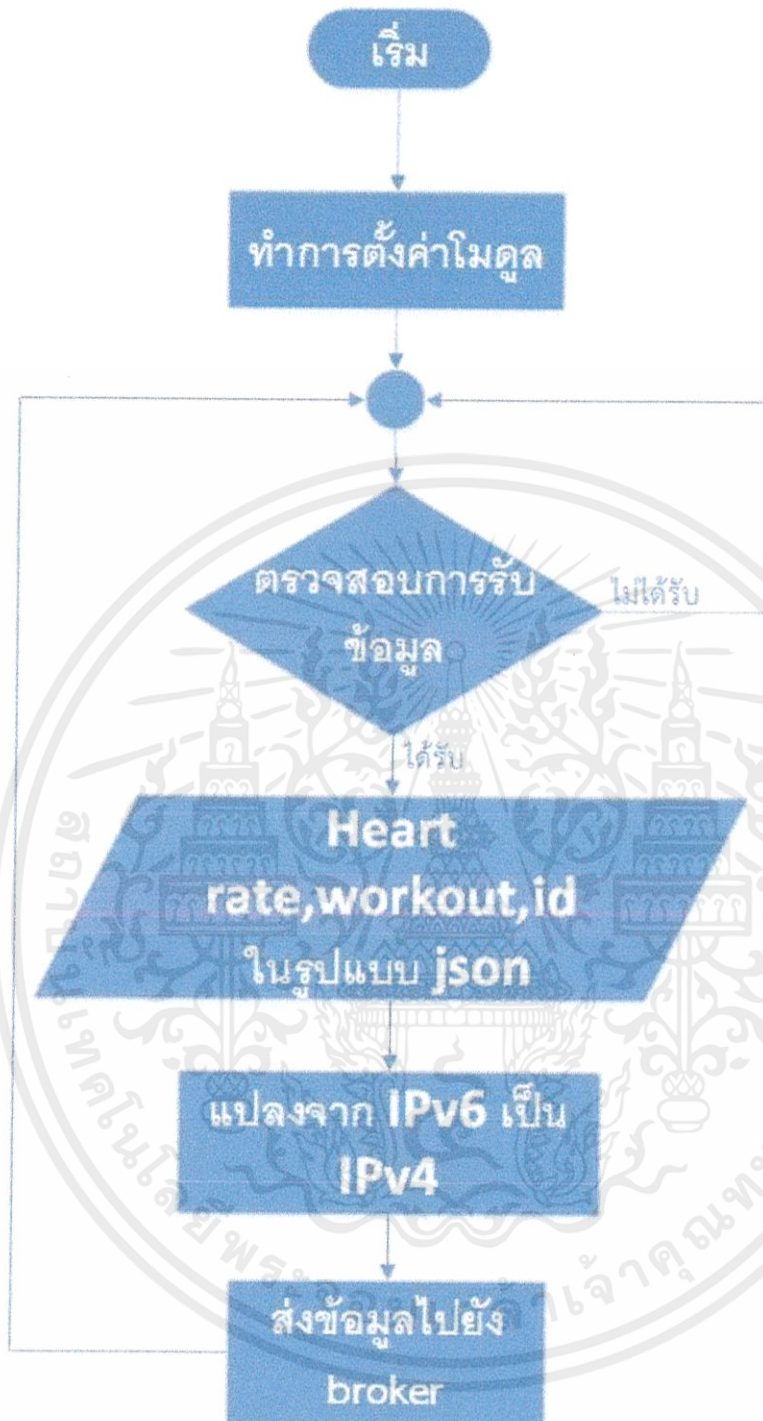
3.4.2 การทำงานของตัวอุปกรณ์ Beaglebone black board ภายใน Gateway

แสดงโมดูลในการทำงานดังรูปที่ 3.16



รูป 3.16 โมดูลการทำงานของ Gateway

CC2650 SensorTag จะใช้ Contiki Operating System ในการ Implement มีฟังก์ชันในการรับข้อมูลที่เป็น 6LoWPAN มาแล้วทำการแปลงจาก RF เป็น Serial Line หลังจากนั้นส่งข้อมูลเข้า Beaglebone black โดยที่บอร์ดจะใช้ Debian Operating System ซึ่งเป็น Linux ในการ Implement โดยมีการรับข้อมูลเข้ามาจาก CC2650 SensorTag ซึ่งข้อมูลได้แก่ device_ID, heart rate และ workout หลังจากนั้นจะทำการแปลง ip address จาก IPv6 ไปเป็น IPv4 เพื่อที่จะส่งข้อมูลออกไปยังอินเทอร์เน็ตหรือ IBM Bluemix platform โดยการรับ-ส่งข้อมูลนั้นจะใช้ MQTT Protocol มี Flowchart ในรูป 3.17



รูป 3.17 Flowchart ของ Gateway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การออกแบบ MQTT Packet

ในส่วนของ Payload ข้อมูลที่ส่งจากอุปกรณ์จะอยู่ในรูปแบบ JSON โดยมีค่าต่างๆตามตัวอย่าง 3.1

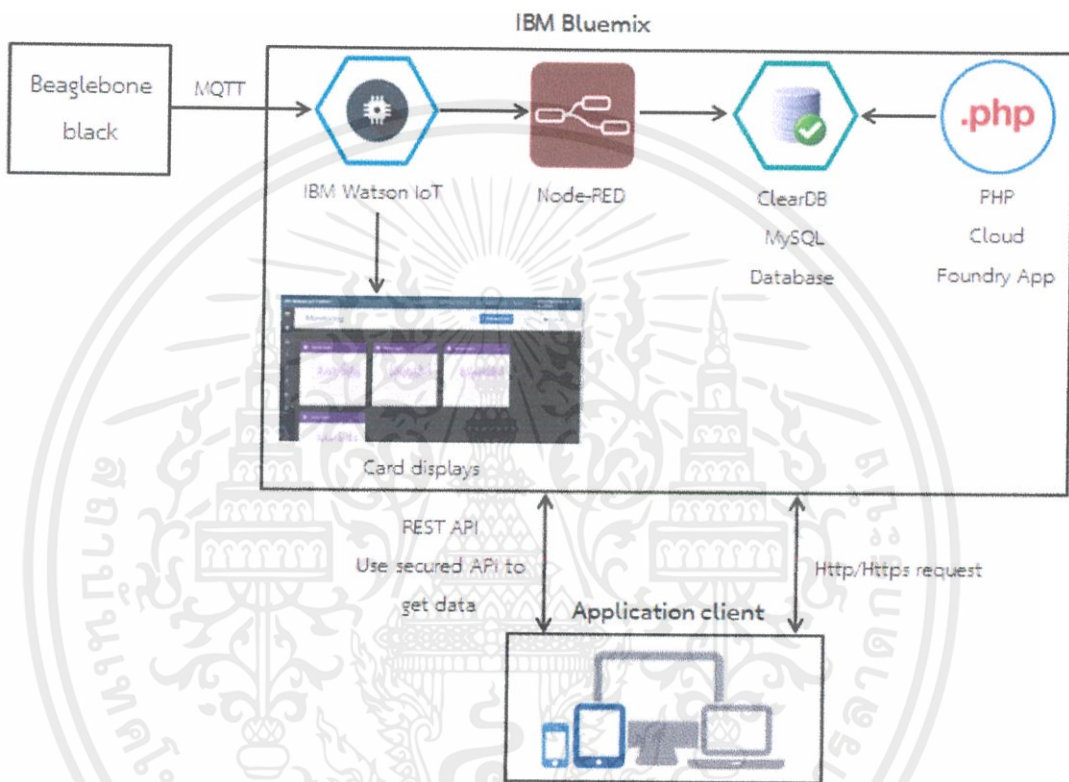
ตัวอย่าง 3.1 ข้อมูลรูปแบบ JSON

```
{
  "d": {
    "id": INT,
    "hr": INT,
    "workout": INT
  }
}
```

3.5 การออกแบบการทำงานในส่วนของเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา IoT

3.5.1 ภาพรวมการออกแบบการทำงานในส่วนของเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา IoT

การทำงานในส่วนของ IoT มีการใช้เซอร์วิสหลักๆบน IBM Bluemix เช่น IBM Watson IoT Platform, Node-RED และ ClearDB MySQL Database, PHP Cloud Foundry ดังแสดงในรูปที่ 3.18



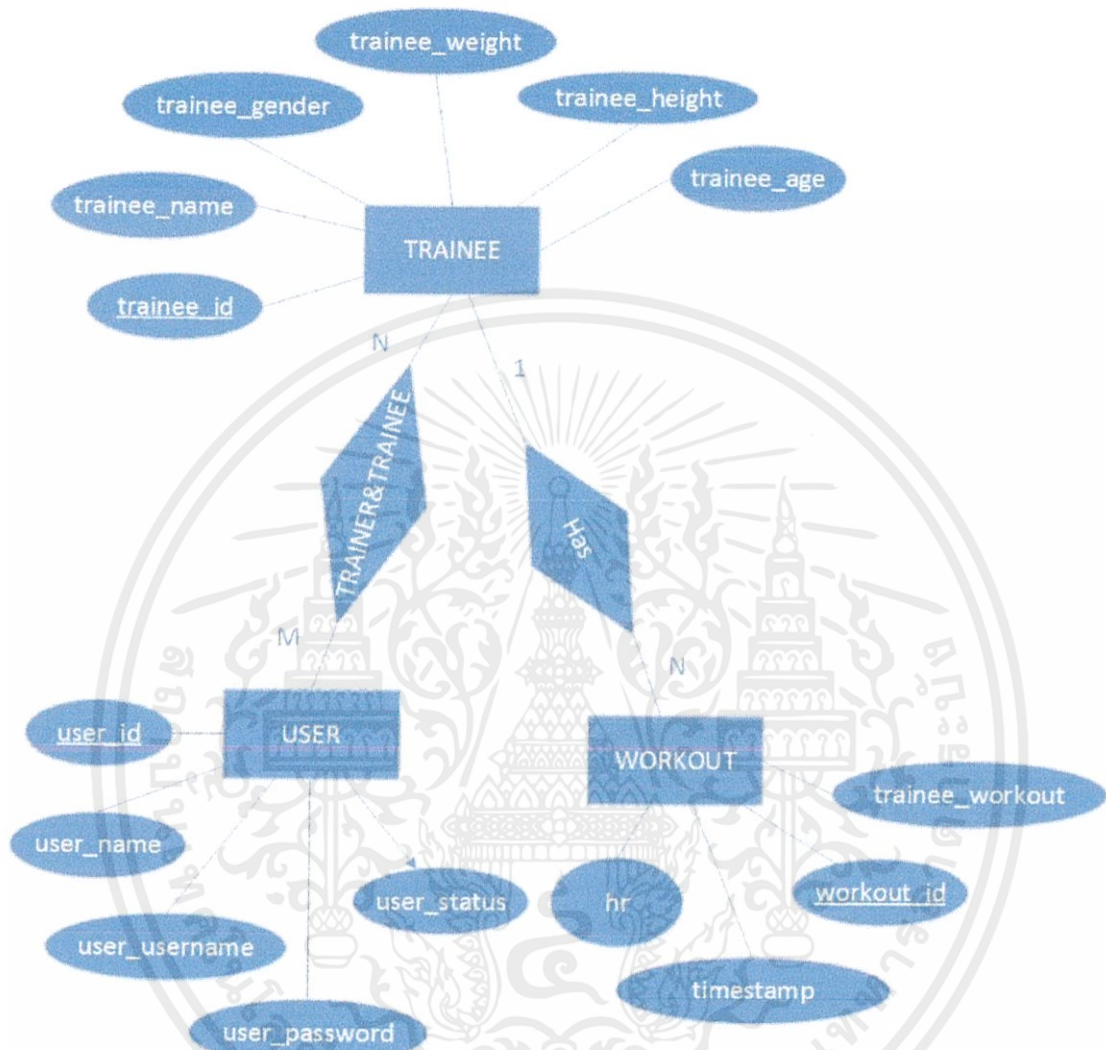
รูป 3.18 การออกแบบการทำงานในส่วนของ IoT

- 1) Beaglebone black ทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ เมื่อรับข้อมูลมาจาก SensorTag ก็จะทำการส่งข้อมูลไปยัง IBM Watson IoT โดยข้อมูลที่ส่งจะอยู่ในรูปแบบของ JSON และใช้โปรโตคอล MQTT ในการส่งข้อมูล
- 2) IBM Watson IoT ทำหน้าที่เป็นโบรกเกอร์รับข้อมูลจาก Beaglebone black
- 3) Node-RED นำข้อมูลจาก IBM Watson IoT มาใช้และเก็บข้อมูลลง ClearDB MySQL Database
- 4) Card display แสดงข้อมูลปัจจุบันที่ได้รับจาก Beaglebone black
- 5) PHP Cloud Foundry ลง phpmyadmin เพื่อจัดการกับฐานข้อมูล และใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน
- 6) Application client เช่น โทรศัพท์หรือเว็บแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ER diagram for ClearDB MySQL Database

การออกแบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.19



รูป 3.19 ER Diagram for ClearDB MySQL Database

USER
P.K.

<code>user_id</code>	<code>user_name</code>	<code>user_username</code>	<code>user_password</code>	<code>user_status</code>
----------------------	------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAINEE

P.K.					
trainee_id	trainee_name	trainee_gender	trainee_weight	trainee_height	trainee_age

WORKOUT

P.K.		F.K.		
id	trainee_id	trainee_hr	trainee_workout	timestamp

TRAINERANDTRAINEE

P.K.	
user_id	trainee_id

ตาราง 3.1 รูปแบบของตาราง USER ในฐานข้อมูล

Key	Attribute	Type	Description
Primary key	user_id	INT	id ของ user
-	user_name	VARCHAR	ชื่อของ user
-	user_username	VARCHAR	username ของ user ที่ใช้ในการ login
-	user_password	VARCHAR	password ของ user ที่ใช้ในการ login

ตาราง 3.2 รูปแบบของตาราง TRAINEE ในฐานข้อมูล

Key	Attribute	Type	Description
Primary key	trainee_id	INT	id ของ trainee
-	trainee_name	VARCHAR	ชื่อของ trainee
-	trainee_gender	VARCHAR	เพศของ trainee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-	trainee_weight	INT	น้ำหนักของ trainee
-	trainee_height	INT	ส่วนสูงของ trainee
-	trainee_age	DATE	วันเกิดของ trainee

ตาราง 3.3 รูปแบบของตาราง WORKOUT ในฐานข้อมูล

Key	Attribute	Type	Description
Primary key	id	INT	id ของ workout
Foreign key	trainee_id	INT	Id ของ trainee
-	trainee_hr	INT	อัตราการเต้นหัวใจของ trainee
-	trainee_workout	INT	หมายเลข workout
-	timestamp	TIMESTAMP	เวลาที่ insert ข้อมูล

ตาราง 3.4 รูปแบบของตาราง TRAINERANDTRAINEE ในฐานข้อมูล

Key	Attribute	Type	Description
Primary key	user_id	INT	id ของ user (trainer)
Primary key	trainer_id	INT	id ของ trainee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองและผลการทดลองเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 การทดลองหลัก ได้แก่

- 1) การทดลองใช้งานในส่วนของอุปกรณ์
- 2) การทดลองใช้งานในส่วนของ Web Application

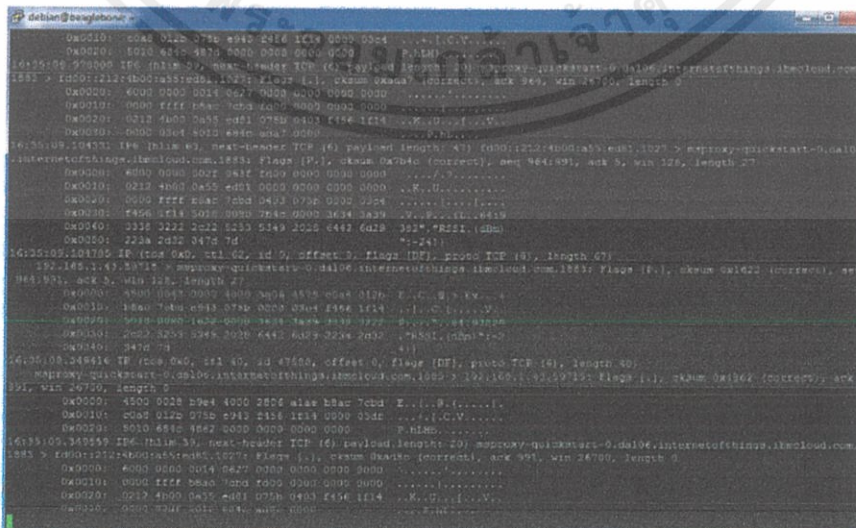
4.1 การทดลองใช้งานในส่วนของอุปกรณ์

4.1.1 ทดลองการสูญหายของข้อมูลขณะเชื่อมต่อ

การทดลองนี้จะทำการตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในการส่งข้อมูลจาก CC2650 SensorTag ผ่าน Beaglebone black ไปยัง Broker ของ IBM Bluemix Platform และเก็บลงในฐานข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

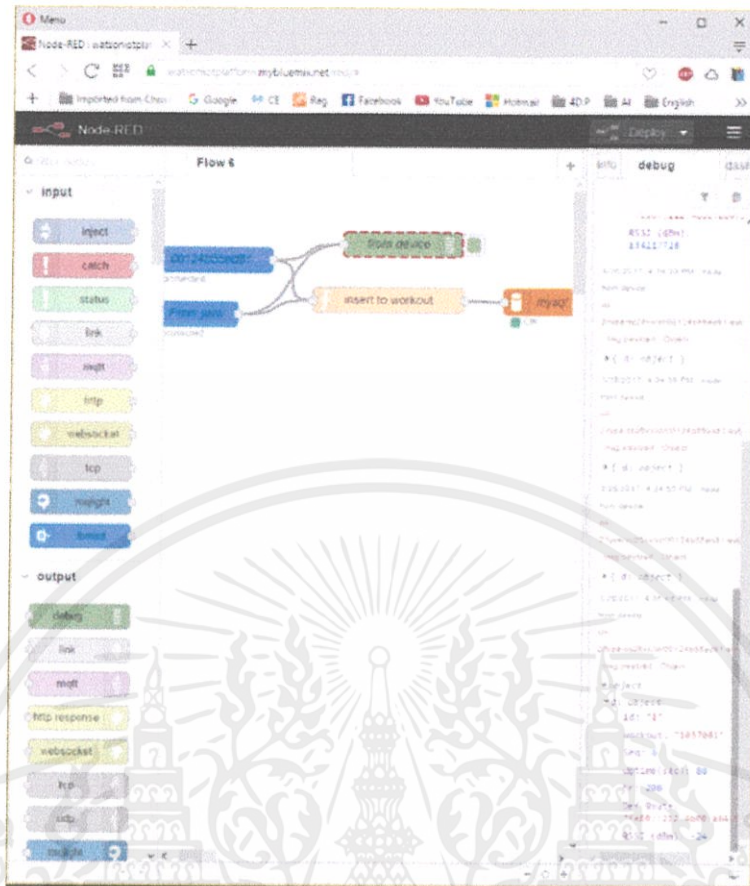
- 1) ตั้งค่า Gateway โดยการเชื่อมต่อสายแลนและสาย USB หลังจากนั้นทำการเปิด Service ที่ต้องใช้ในการเชื่อมต่อ
- 2) ตั้งค่าการรับข้อมูลจากอุปกรณ์และทำการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลใน Node-Red
- 3) ทำการเปิดอุปกรณ์
- 4) ตัวอุปกรณ์จะทำการวนลูปส่งค่าข้อมูลตั้งแต่ 1 จนถึง 40 เพื่อต้องการดูข้อมูลที่ได้รับว่าได้รับแพ็คเกจครบหรือไม่
- 5) ดักจับการส่งข้อมูลทั้ง 3 ทาง ได้แก่ Gateway Broker และ Database โดยแสดงในรูปแบบ

4.1 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

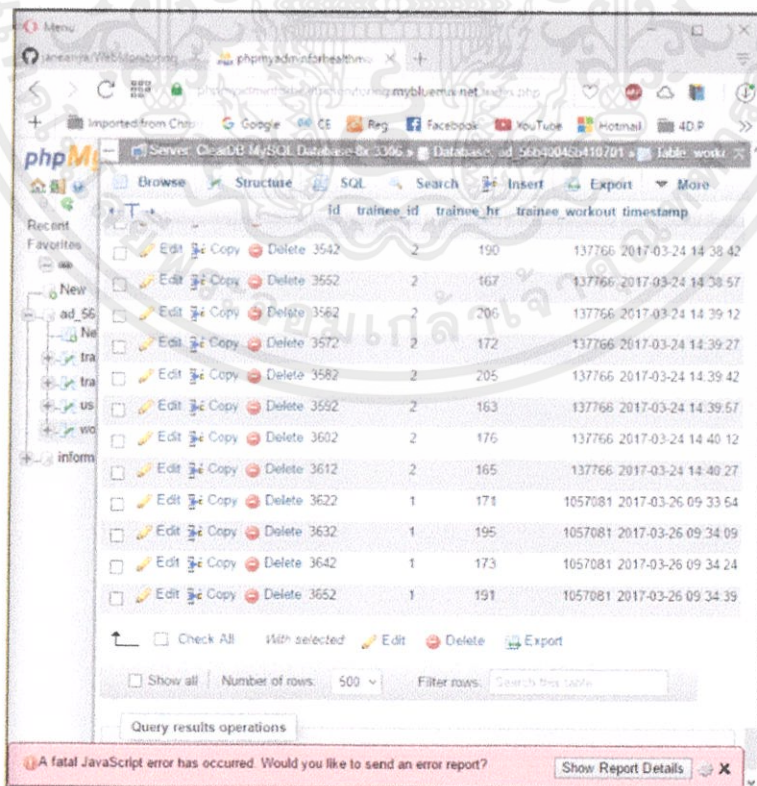


รูป 4.1 การดักจับข้อมูลทาง Gateway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 การดักจับข้อมูลทาง Broker



รูป 4.3 การดักจับข้อมูลทาง Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ทำการบันทึกผลการทดลองซึ่งจะทดลองทั้งหมด 5 รอบ ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 โดยแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 จำนวนแพ็คเกจในแต่ละรอบการทดลองเพื่อดูการสูญหายของข้อมูล

ครั้งที่	จำนวนแพ็คเกจ			%การสูญหาย ของข้อมูล
	Gateway	Broker	Database	
1	40	40	40	0%
2	40	40	40	0%
3	40	40	40	0%
4	39	39	39	2.5%
5	40	40	40	0%

7) สรุปผลการทดลอง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะมีหลุด การเชื่อมต่อบ้างซึ่งจะเป็นการทำให้ข้อมูลสูญหายโดยที่

- การทดลองครั้งที่ 1 จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจ ได้รับทั้งหมด 40 แพ็คเกจ แสดงว่า ข้อมูลไม่มีการสูญหาย
- การทดลองครั้งที่ 2 จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจ ได้รับทั้งหมด 40 แพ็คเกจ แสดงว่า ข้อมูลไม่มีการสูญหาย
- การทดลองครั้งที่ 3 จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจ ได้รับทั้งหมด 40 แพ็คเกจ แสดงว่า ข้อมูลไม่มีการสูญหาย
- การทดลองครั้งที่ 4 จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจ ได้รับทั้งหมด 39 แพ็คเกจ แสดงว่า จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจมีข้อมูลสูญหายไป 2.5%
- การทดลองครั้งที่ 5 จากทั้งหมด 40 แพ็คเกจ ได้รับทั้งหมด 40 แพ็คเกจ แสดงว่า ข้อมูลไม่มีการสูญหาย

4.1.2 ทดลองการวัดระยะทางในการส่งข้อมูล

การทดลองนี้จะทำการวัดระยะในการส่งข้อมูลเนื่องจากระยะทางพื้นฐานในการส่ง ข้อมูลคือ 25 เมตร จึงได้มีการทดลองในระยะ 5 10 15 20 25 30 35 เมตร ตามลำดับ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

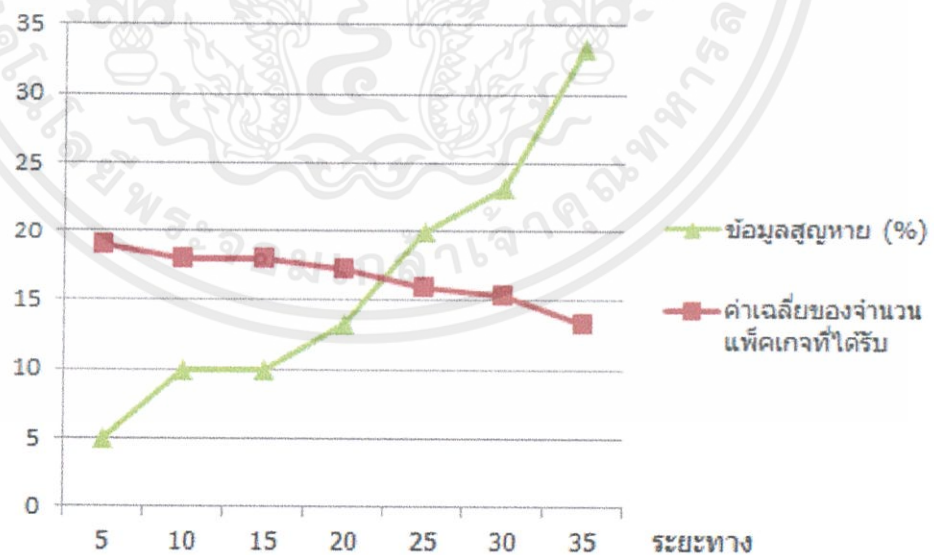
- 1) ตั้งค่า Gateway โดยการเชื่อมต่อสายแลนและสาย USB หลังจากนั้นทำการเปิด Service ที่ต้องใช้ในการเชื่อมต่อ
- 2) ทำการวัดระยะทางไปที่ละ 5 เมตรแล้วนำอุปกรณ์ไปวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ทำการเปิดอุปกรณ์
- 4) จับเวลาให้อุปกรณ์ทำการส่งข้อมูลเป็นเวลา 5 นาที โดยที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลทุกๆ 15 วินาที เพราะฉะนั้นภายใน 5 นาทีจะต้องได้รับแพ็คเกจ 20 แพ็คเกจ
- 5) ดักจับการส่งข้อมูล
- 6) ทำการบันทึกผลการทดลองโดยในแต่ละระยะจะทำการทดลองส่งข้อมูลทั้งหมด 3 ครั้ง โดยแสดงในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 จำนวนแพ็คเกจในแต่ละรอบการทดลองเพื่อระยะทาง

ระยะทาง (เมตร)	จำนวนแพ็คเกจ				%การสูญหายของ ข้อมูล
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	17	20	20	19	5%
10	18	20	16	18	10%
15	20	15	19	18	10%
20	16	19	17	17	15%
25	15	15	18	16	20%
30	15	18	13	15	25%
35	13	16	11	13	35%



รูป 4.4 กราฟการได้รับข้อมูลที่ระยะทางต่างๆ

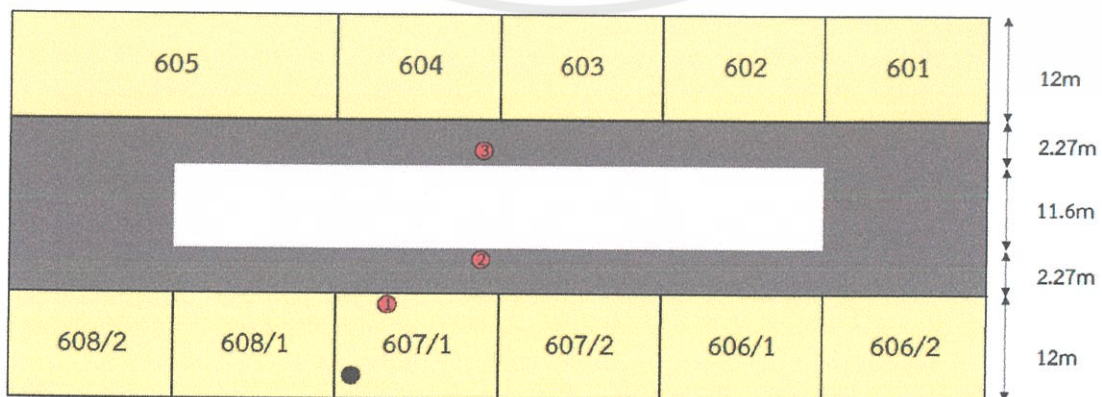
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7) สรุปผลการทดลอง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลเมื่อมีระยะทางที่เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้ข้อมูลมีโอกาสที่จะสูญหายเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน โดยที่
- การทดลองที่ระยะ 5 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 19 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 5%
 - การทดลองที่ระยะ 10 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 18 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 10%
 - การทดลองที่ระยะ 15 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 18 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 10%
 - การทดลองที่ระยะ 20 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 17.3 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 15%
 - การทดลองที่ระยะ 25 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 16 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 20%
 - การทดลองที่ระยะ 30 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 15.3 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 25%
 - การทดลองที่ระยะ 35 เมตร จากทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับคือ 13.3 แพ็คเก็ต แสดงว่าจากทั้งหมด 20 แพ็คเก็ตมีข้อมูลสูญหายไป 35%

4.1.3 ทดลองการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในเครือข่ายแบบเมช

การทดลองนี้จะทำการตรวจสอบเส้นทางการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ CC2650 จำนวน 3 ตัว ไปยัง Gateway การทดลองนี้จัดทำขึ้นที่อาคารปฏิบัติการรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ หลังที่ 2 โดยมี จะทำการวางอุปกรณ์ไว้ 2 รูปแบบ ดังนี้

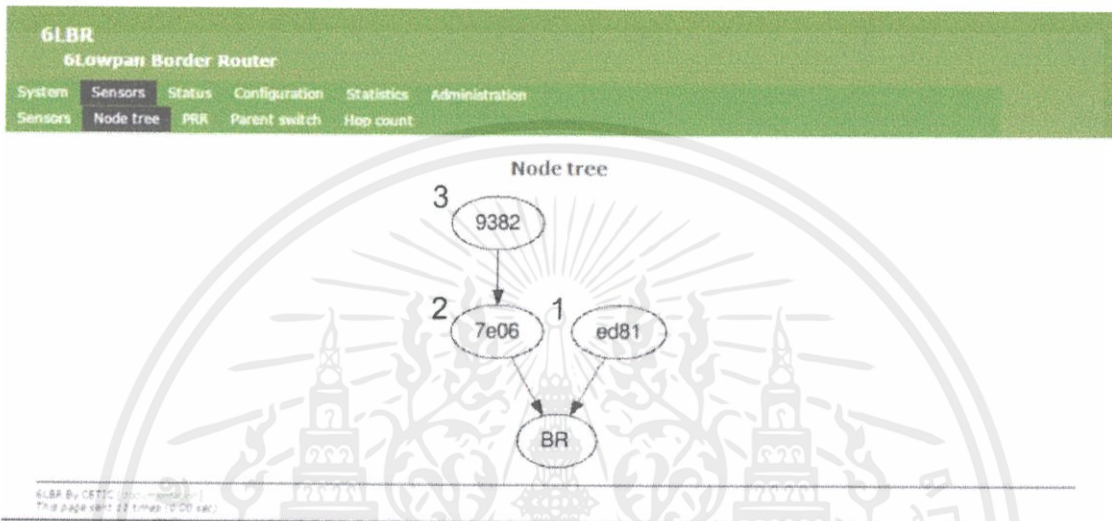
รูปแบบที่ 1 จัดวาง Gateway เอาไว้ภายในห้อง 607/1 อุปกรณ์ตัวที่ 1 มีการจัดวางไว้ภายในห้อง 607/1 บริเวณหน้าประตู อุปกรณ์ตัวที่ 2 มีการจัดวางไว้ที่หน้าห้อง 607/1 และอุปกรณ์ตัวที่ 3 มีการจัดวางไว้ที่หน้าห้อง 604 โดยที่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 4.5



รูป 4.5 แผนผังการวางอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 1

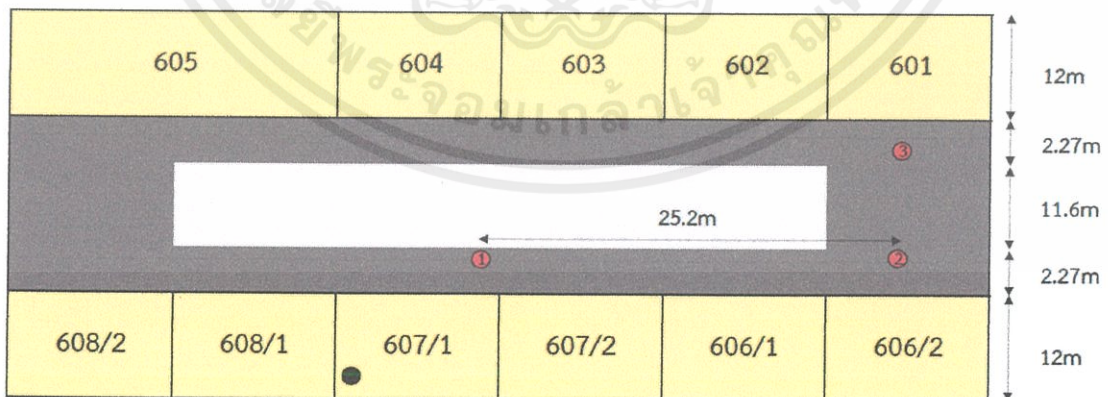
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะสามารถดูการเชื่อมต่อของแต่ละอุปกรณ์โดยการติดตั้ง API ลงใน Gateway จะเห็นว่าอุปกรณ์ตัวที่ 3 ไม่อยู่ในระยะที่จะเชื่อมต่อไปถึง Gateway ได้ จึงทำการส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ตัวที่ 2 หลังจากนั้นอุปกรณ์ตัวที่ 2 จะส่งข้อมูลของตัวที่ 3 ไปยัง Gateway ให้ และอุปกรณ์ตัวที่ 1 และอุปกรณ์ตัวที่ 2 สามารถที่จะเชื่อมต่อไปยัง Gateway ได้โดยตรง โดยแสดงผังรูปที่ 4.6



รูป 4.6 API ที่แสดงแผนผังการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 1

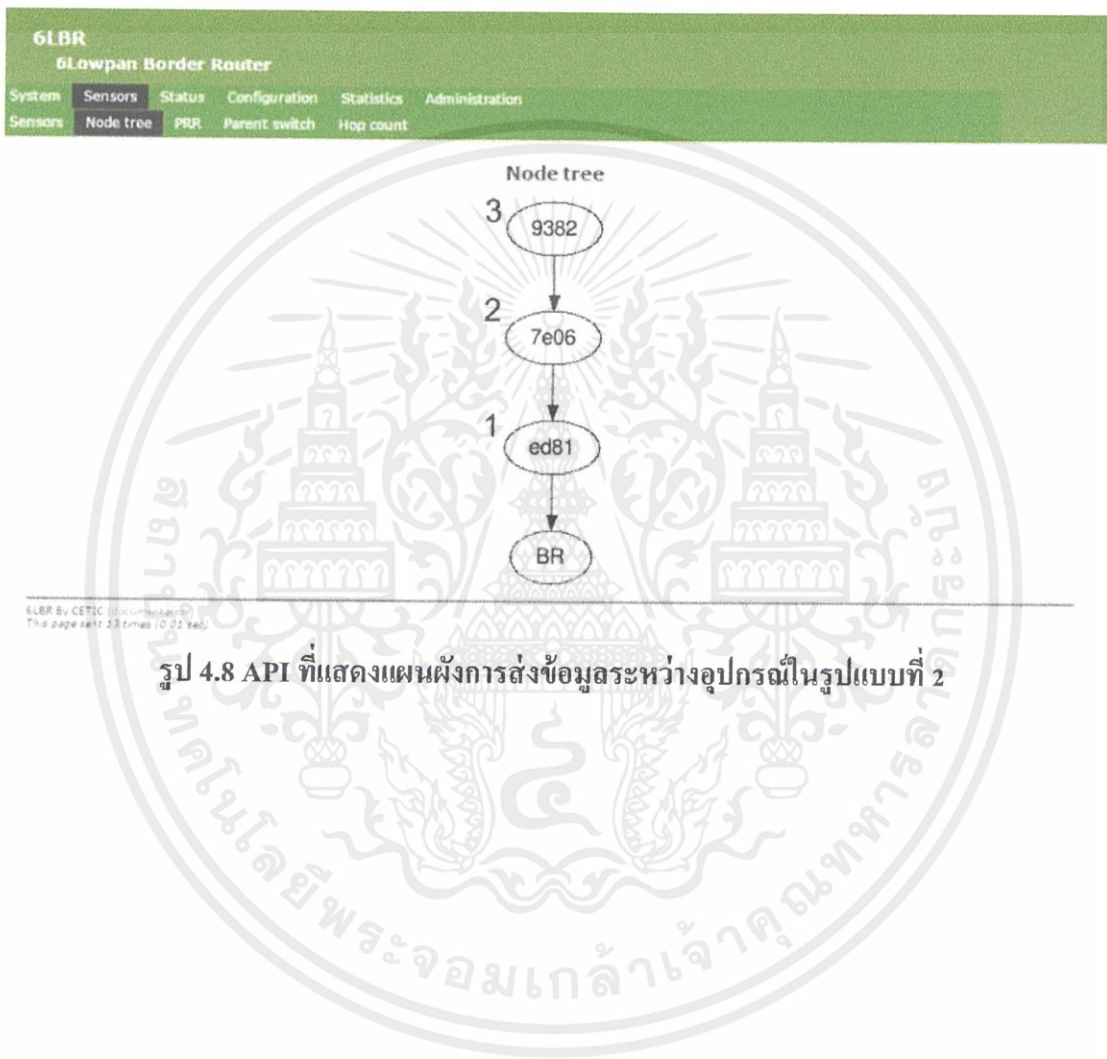
รูปแบบที่ 2 จัดวาง Gateway เอาไว้ภายในห้อง 607/1 อุปกรณ์ตัวที่ 1 มีการจัดวางไว้ที่หน้าห้อง 607/1 อุปกรณ์ตัวที่ 2 มีการจัดวางไว้ที่หน้าห้อง 606/2 และอุปกรณ์ตัว 3 มีการจัดวางไว้ที่หน้าห้อง 601 โดยที่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัวแสดงผังรูปที่ 4.7



รูป 4.7 แผนผังการวางอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะสามารถดูการเชื่อมต่อของแต่ละอุปกรณ์โดยการติดตั้ง API ลงใน Gateway จะเห็นว่าอุปกรณ์ตัวที่ 2 และ 3 ไม่อยู่ในระยะที่จะเชื่อมต่อไปถึง Gateway ได้ อุปกรณ์ตัวที่ 3 จึงทำการส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ตัวที่ 2 หลังจากนั้นอุปกรณ์ตัวที่ 2 จะส่งข้อมูลของตัวที่ 3 และของตัวเองไปยังอุปกรณ์ตัวที่ 1 หลังจากนั้นอุปกรณ์ตัวที่ 1 จะส่งข้อมูลของทุกๆตัวที่ส่งผ่านตัวมัน รวมถึงข้อมูลของตัวเองด้วยไปยัง Gateway โดยแสดงดังรูปที่ 4.8



รูป 4.8 API ที่แสดงแผนผังการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 2

4.2 การทดลองใช้งานในส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน

4.2.1 การทดลองใช้งานส่วน Admin

การทดลองนี้จะทำการทดลองใช้งานฟีเจอร์ต่างๆที่ Admin สามารถใช้งานได้

4.2.1.1 การจัดการ Trainer

1) เข้าสู่หน้า Add Trainer จากนั้นกรอกรายละเอียดแล้วกด Add Trainer

รูป 4.9 รายละเอียด Add Trainer

2) ตรวจสอบฐานข้อมูล

ID	Name	USERNAME	PASSWORD	Action
52	Alex Ferguson	trainer	trainer	trainer

รูป 4.10 ข้อมูลในตาราง USER

3) ไปยังหน้า Trainer Information เพื่อดูข้อมูล Trainer ที่ได้เพิ่มลงไป

Trainer Information.

ID	Name	USERNAME	PASSWORD	Action
52	Alex Ferguson	trainer	trainer	Edit Delete

รูป 4.11 ข้อมูลหน้า Trainer Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 การจัดการ Trainee

1) เข้าสู่หน้า Add Trainee จากนั้นกรอกรายละเอียดแล้วกด Add Trainee

รูป 4.12 รายละเอียด Add Trainee

2) ตรวจสอบฐานข้อมูล

ID	Name	Gender	Weight	Height	Age	Action
1	warisara	Female	42	153	1995-04-12	Edit Copy Delete

รูป 4.13 ข้อมูลในตาราง TRAINEE

3) ไปยังหน้า Trainee Information เพื่อดูข้อมูล Trainee ที่ได้เพิ่มลงไป

Trainee Information.

ID	Name	Gender	Weight	height	Age	Action
1	warisara	Female	42	153	21	Edit Delete

รูป 4.14 ข้อมูลหน้า Trainer Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 การจัดการ Match

1) เข้าสู่หน้า Match จากนั้นกรอก Trainer ID และ Trainee ID แล้วกด Match เพื่อให้สิทธิ์ trainer ในการดูข้อมูลของ trainee

รูป 4.15 รายละเอียด Match

2) ตรวจสอบฐานข้อมูล

Edit Copy Delete 52 1

รูป 4.16 ข้อมูลในตาราง TRAINERANDTRAINEE

3) ไปยังหน้า Match Information เพื่อดูข้อมูล Trainer และ Trainee ที่ได้จับคู่ลงไป

Trainer Information.

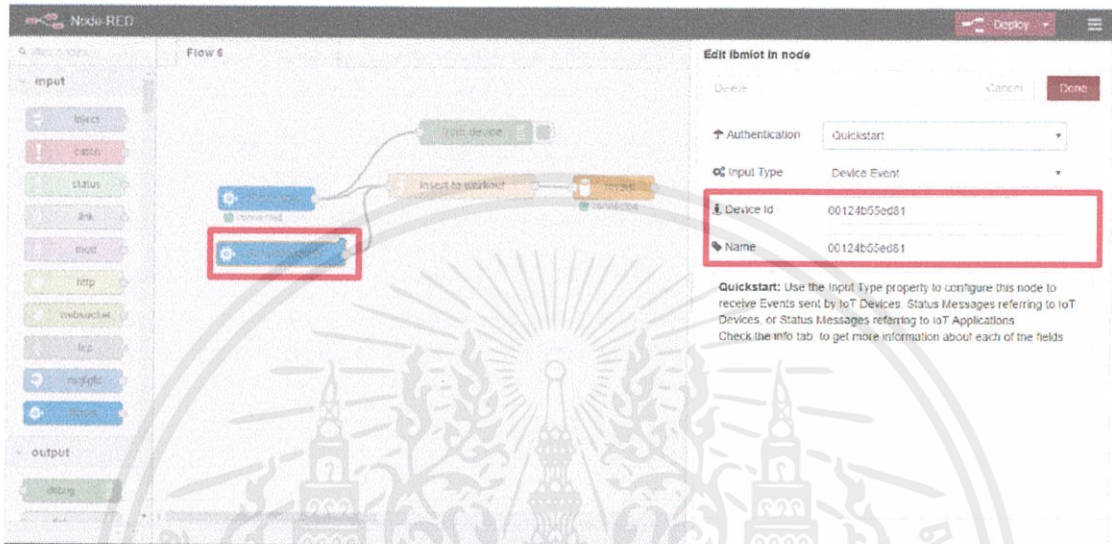
Trainer ID	Trainee ID	Action
52	1	Delete

รูป 4.17 ข้อมูลหน้า Match Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 การจัดการ Device

1) เข้าสู่หน้า Add Device ลาก โหนด ibmiot จากทางซ้ายมือลงมายัง canvas ตั้งค่าโหนดดังรูปที่ 4.13 โดย Device id คือหมายเลขของอุปกรณ์ จากนั้นลากเส้นเชื่อมไปยังโหนด insert to workout แล้วกด Deploy



รูป 4.18 การตั้งค่า Add Device

2) ตรวจสอบฐานข้อมูลค่าที่ได้รับจากอุปกรณ์

<input type="checkbox"/>				10532	1	160	161292	2017-03-27	00:10:55
<input type="checkbox"/>				10542	1	190	161292	2017-03-27	00:11:10
<input type="checkbox"/>				10552	1	170	161292	2017-03-27	00:11:25
<input type="checkbox"/>				10562	1	210	161292	2017-03-27	00:11:40
<input type="checkbox"/>				10572	1	153	161292	2017-03-27	00:11:55
<input type="checkbox"/>				10582	1	202	161292	2017-03-27	00:12:10
<input type="checkbox"/>				10592	1	159	161292	2017-03-27	00:12:25
<input type="checkbox"/>				10602	1	181	161292	2017-03-27	00:12:40
<input type="checkbox"/>				10612	1	163	161292	2017-03-27	00:12:55
<input type="checkbox"/>				10622	1	184	161292	2017-03-27	00:13:10

รูป 4.19 ข้อมูลในตาราง workout

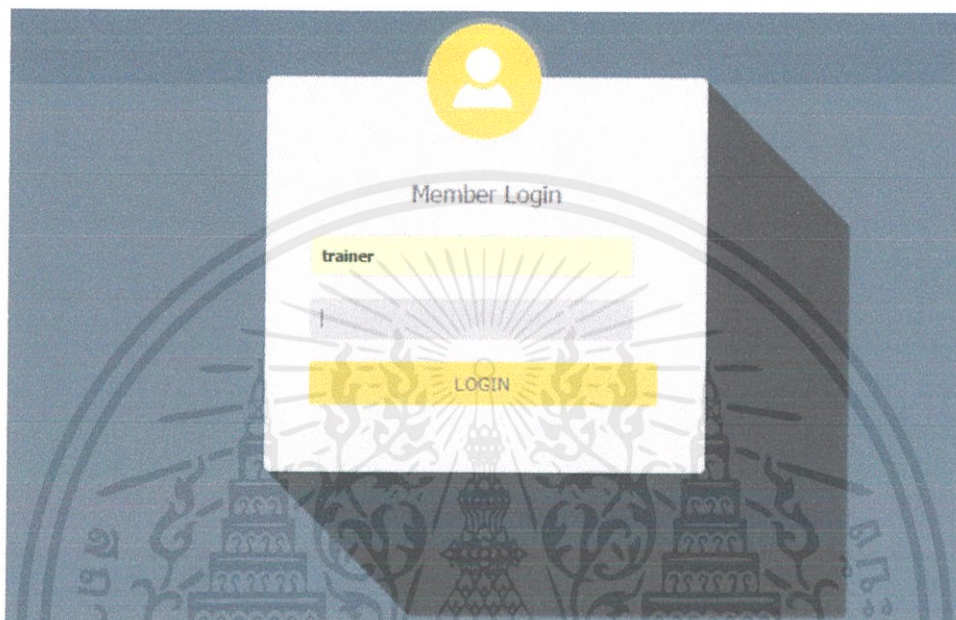
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองใช้งานส่วน Trainer

การทดลองนี้จะทำการทดลองใช้งานพีเจอร์ต่างๆที่ Trainer สามารถใช้งานได้

4.2.2.1 Trainer Login

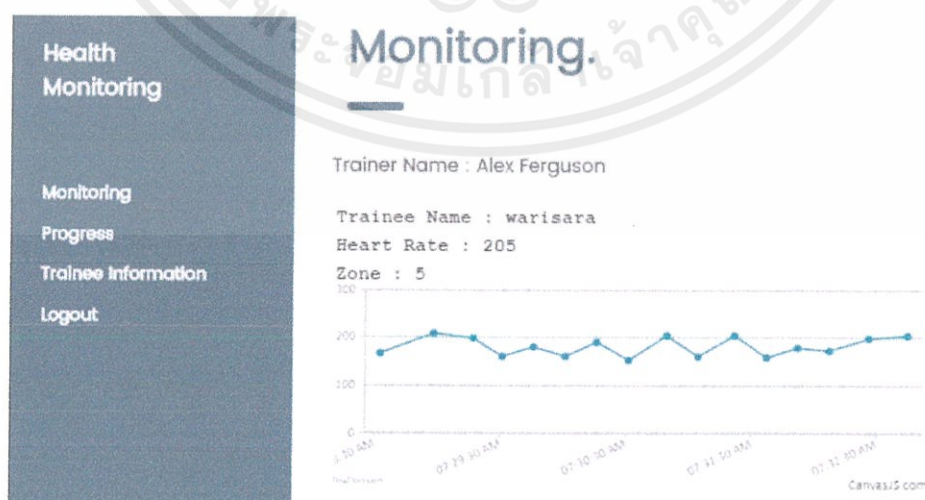
Trainer ทำการ login เข้าสู่ระบบโดยใช้ username และ password ที่admin ได้add ให้



รูป 4.20 Trainer Login

4.2.2.2 ทดลองใช้งาน Monitoring

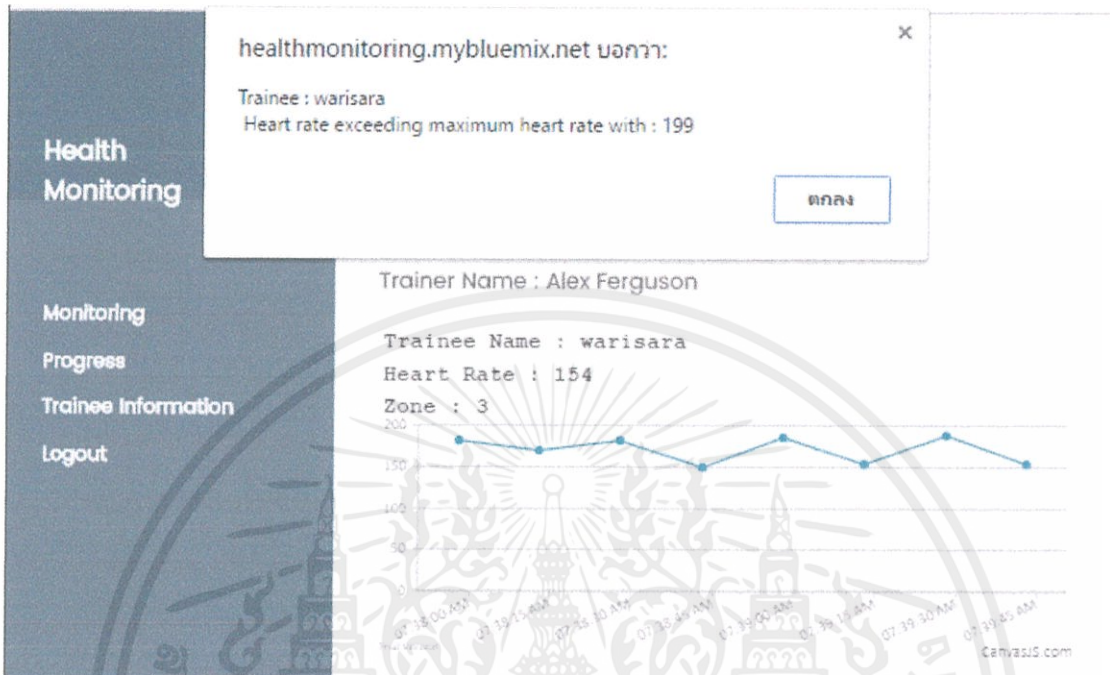
1) แสดงกราฟอัตราการเต้นหัวใจ และ โชนของอัตราการเต้นหัวใจ ณ ขณะนั้นของ trainee ที่ trainer รายนั้นๆ ได้รับสิทธิ์ได้ดูข้อมูลได้



รูป 4.21 กราฟอัตราการเต้นหัวใจของ trainee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

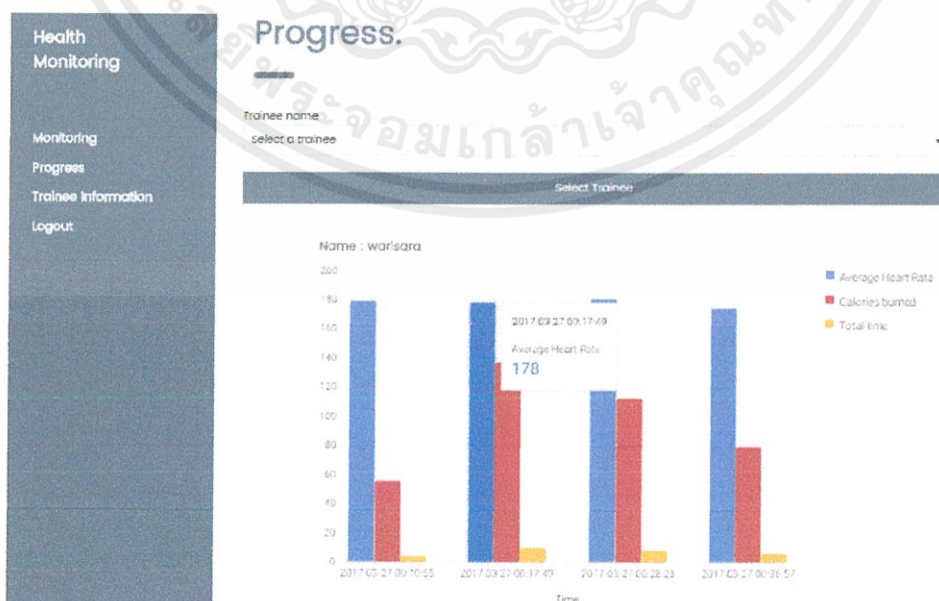
2) มีการแจ้งเตือนเมื่อมี trainee คนใดที่มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด



รูป 4.22 แสดงการแจ้งเตือนเมื่อเกิดอันตราย

4.2.2.3 ทดลองใช้งาน Progress

แสดง อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย อัตราการเผาผลาญพลังงาน และเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายแต่ละ workout ของ trainee รายนั้นๆ



รูป 4.23 ข้อมูล progress ของ trainee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ภายในโครงการมีการออกแบบโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และส่วน Web Application

5.1.1 ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ประกอบไปด้วย Beaglebone black board และ CC2650 SensorTag โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่

- 1) Wireless Sensor Network ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ CC2650 SensorTag ที่ทำการติดต่อสื่อสารกันและให้ผู้นำไปสวมใส่ที่ข้อมือ เนื่องจากสโคปของโปรเจกต์คือการรับอัตราการเต้นของหัวใจแต่จากการทดลองจะใช้ข้อมูลจากการสวมขึ้นมา
- 2) Gateway ประกอบด้วย Beaglebone black board และ CC2650 SensorTag ที่ทำการเชื่อมต่อกันอยู่โดยส่วนนี้จะทำการรับข้อมูลจากส่วนของ Wireless Sensor Network แล้วส่งข้อมูลออกไปยังอินเทอร์เน็ตเพื่อให้มีการประมวลผลต่อไป

5.1.2 ส่วน Web Application

Service ที่ใช้สำหรับการ Implement Web Application ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักได้แก่

- 1) IBM Watson IoT Platform service ทำหน้าที่เป็นโปรเซสเซอร์รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ โดยเมสเสจที่ตัวอุปกรณ์ส่งมายังโพรกจะเป็นรูปแบบ json
- 2) Node-RED ใช้การเขียน Flow การทำงานโดยตั้งค่าโหนดแต่ละโหนดที่ใช้เปรียบเสมือน tool แล้วลากสายเชื่อมกันเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามลจจิก ในที่นี้ใช้เพื่อส่งค่าที่รับมาจากอุปกรณ์มาเก็บที่ Database
- 3) ClearDB MySQL Database เป็น Service ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล โดยที่การใช้งานจะเหมือนกับ MySQL
- 4) PHP Cloud Foundry App เป็น Service ที่ใช้ในการพัฒนา PHP Web Application เกี่ยวกับการจัดการ แก๊ไขโค้ดและนำโค้ดไปใช้งาน

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

- 1) เนื่องจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการพัฒนามีอยู่ไม่มากและที่มีอยู่ได้มีการปรับปรุงมานานพอสมควร ทำให้ข้อมูลมีความล้าสมัยหรือทำให้บางคำสั่งบางการตั้งค่าไม่สามารถใช้ได้ จึงต้องมีการค้นหาเอกสารอ้างอิงต่างๆที่มีการตีพิมพ์ล่าสุดเพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนา
- 2) เนื่องจากการ Implement Code บน Contiki Operating System ทำการ Debug ได้ยาก เพราะจะต้องใช้ตัว Complie ที่อยู่บน Contiki ซึ่งทำให้ศึกษาและพัฒนา Code ต่อเป็นไปได้ยาก

5.2.2 ส่วน Web Application

- 1) เนื่องจากการใช้งานบน Node-Red มีข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถทำ Multiuser ได้จึงพัฒนา Web Application ขึ้น
- 2) การออกแบบในครั้งแรกไม่สามารถนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ทำให้ต้องมีการปรับปรุงการออกแบบใหม่ให้เหมาะสม

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

5.3.1 ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

พัฒนาในส่วนของเซนเซอร์ที่สามารถอยู่บนตัวอุปกรณ์ขนาดเล็กและสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้

5.3.2 ส่วน WebApplication

พัฒนาในส่วนของ Mobile Application เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้นรวมถึงการพัฒนาให้มีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลายเพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้

บรรณานุกรม

- Espen Slette. 2015. **Multi-Standard CC2650 SensorTag Design Guide**. Oslo : Texas Instruments.
- Jonas Olsson. 2014. **6LoWPAN demystified**. Oslo : Texas Instruments.
- Jason Kridner and Gerald Coley. 2013. **BeagleBone Black opensource Linux™ computer unleashes innovation**. Oslo : Texas Instruments.
- N.H.Mahmood, N.Uyop, N. Zulkarnain, F.K.Che Harun, M.F.Kamarudin, A.Linoby “LED Indicator for Heart Rate Monitoring System inSport Application”, Signal Processing and its Applications (CSPA), **2011 IEEE 7th International Colloquium on**, 2011, pp. 64-66
- สุโรตม์ วงศ์ไพบุญย์, อนันต์ ผลเพิ่ม, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ชัยพร ใจแก้ว. 2559. “ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่าย IPv6 แบบไร้สาย.” การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8. pp.463-466
- Adam Dunkels. 2015. **Contiki: The Open Source OS for the Internet of Things**. [Online]. Available : <http://www.contiki-os.org/index.html>.
- Dewritech. 2016. **Contiki**. [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Contiki#Hardware>.
- Texas Instruments. 2016. **Overview for 6LoWPAN**. [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Contiki#Hardware>.
- akifmufti. 2016. **What is RPL , and how to Simulate it in Cooja ?**. [Online]. Available : <https://zaidmufti.wordpress.com/2016/08/18/what-is-rpl-and-how-to-simulate-it-in-cooja/>
- Chun Bin Tang. 2015. **Explore MQTT and the Internet of Things service on IBM Bluemix**. [Online]. Available : <http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-mqtt-bluemix-iot-node-red-app/>.

Niklas Heidloff. 2015. **What is Node-RED**. [Online].

Available : <http://heidloff.net/article/21.01.2015081841NHEAL8.htm>

ClearDB. 2017. **ClearDB MySQL Database**. [Online].

Available : <http://w2.cleardb.net/why-cleardb/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้