

การตรวจนับการเตะของทารกในครรภ์ผ่านบริการคลาวด์

FETAL KICKING COUNTER OVER CLOUD SERVICE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-045-205

การตรวจนับการเตะของทารกในครรภ์ผ่านบริการคลาวด์

FETAL KICKING COUNTER OVER CLOUD SERVICE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017- EN-M-045-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FETAL KICKING COUNTER OVER CLOUD SERVICE



PATHARA NORASETHASOPON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017- EN-M-045-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตรวจนับการเตะของทารกในครรภ์ผ่านบริการคลาวด์
Thesis Title Fetal Kicking Counter over Cloud Service
นักศึกษา นายภัทร นรเศรษฐ์โสภณ
รหัสประจำตัว 57601464
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม) ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-045-205

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.มนัส สัจวรศิลป์	
ดร.ยศศิริ อาริยะกุล	
รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย	
รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์	
ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจนับการเตะของทารกในครรภ์ผ่านบริการคลาวด์
นักศึกษา	นายภัทร นรเศรษฐ์โสภณ
รหัสประจำตัว	57601464
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

บทคัดย่อ

การเตะของทารกในครรภ์เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งช่วยในการตรวจสอบสุขภาพ รวมถึงความผิดปกติของทารกขั้นต้น ตามปกติการเตะของทารกจะรับรู้ได้ด้วยความรู้สึกของผู้เป็นมารดา อย่างไรก็ตามสำหรับหญิงตั้งครรภ์ท้องแรกอาจจะไม่สามารถแยกแยะหรือสังเกตได้ว่าเป็นการเตะของทารก เพื่อตอบโจทย์หญิงตั้งครรภ์ที่เป็นท้องแรก หรือผู้ที่ไม่มีเวลาดูแลครรภ์ตนเอง ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาอุปกรณ์สวมใส่ติดตัว เพื่อช่วยดูแลสภาพครรภ์จากภายนอกร่างกายผ่านทางหน้าท้องของหญิงตั้งครรภ์ โดยใช้ถุงความดันซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ดังกล่าวพันรอบหน้าท้องหญิงตั้งครรภ์ และวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงในถุงความดันจากแรงที่กระทำลงบนถุง ค่าความดันที่วัดได้จะถูกส่งขึ้นคลาวด์ผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยคลาวด์ จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางคอยจัดการการส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน รวมถึงการเก็บข้อมูลเข้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวินิจฉัยสภาพครรภ์ ทั้งนี้ข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์นั้น ผู้วิจัยได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่บันทึกได้โดยความรู้สึกของหญิงตั้งครรภ์วัยทำงานในช่วงอายุครรภ์ 24 - 28 สัปดาห์ ซึ่งเป็นผู้ที่ถูกฝึกและได้รับความรู้ในเรื่องการดูแลครรภ์หรือจับสัมผัสทารกในครรภ์มาแล้วเป็นอย่างดี โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลดังกล่าวเป็นระยะเวลา 3 เดือน เพื่อระบุความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจจับ ผลการเปรียบเทียบเป็นที่น่าพอใจ

Thesis	Fetal Kicking Counter over Cloud Service
Student	Mr. Pathara Norasethasopon
Student ID.	57601464
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Dr. Suradej Tretriluxana
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Kitiphol Chitsakul

ABSTRACT

Fetal kicking is a factor which indicates the health of fetus including a preliminary abnormality. Normally, fetal kicking is recognized by the feeling of a mother. However, for pregnancy may be unable to distinguish or note that the kicking. To help pregnant women who are primigravida or timeless, researcher has developed a device wearing to help and take care of the condition of the fetus outside the mother's body through the abdomen. By using a pressure bag, wrapping around maternal abdomen and measuring the pressure in the pressure bag from the forces acting on the bag. The measured pressure is sent to the cloud via microcontroller. Cloud will send the data to user and hold it to make an evidence for diagnosing fetal conditions. The data from the device is compared with the data recorded by pregnant women at the gestational age of 24 to 28 weeks, which the pregnant women has learned and practiced to count the number of kicks in the fetus as well. The data collection of this research, the researcher spent time for collecting all data for 3 months, to identify the accuracy of the data received from the detector. Comparative result is satisfactory.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ต้องขอขอบพระคุณ ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ทั้งสองท่านเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดการทำงานวิจัยทั้งความรู้ในเรื่องของกระบวนการทำงานวิจัยที่ถูกต้องตามหลักการที่ควรทำตามลำดับก่อนหลัง รวมถึงองค์ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาประยุกต์และนำมาใช้ได้จริงกับผู้ใช้

ขอขอบคุณน้องๆนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเพื่อนๆในห้องแลปที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือในเรื่องขององค์ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์รวมถึงการใช้งานฮาร์ดแวร์ต่างๆจนทำให้เกิดชิ้นงานที่ไม่เป็นเพียงกล่องสี่เหลี่ยมแต่กลับมีแพ็คเกจที่สวยงามน่าใช้งาน

สุดท้ายนี้ที่ขาดไม่ได้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจในยามเหนื่อยยาก และเป็นแรงขับเคลื่อนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้คุณประโยชน์อันพึงได้มาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภทร นรเศรษฐ์โสภณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	5
2.1 หลักการด้านสถิติศาสตร์และนรีเวช.....	5
2.2 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณโดยการลดทอนสัญญาณรบกวน ด้วย Exponential Moving Average (EMA).....	16
2.3 การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ประเภทไอโอทีกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์	18

2.3.1 โพรโทคอล [8]	20
2.3.2 HTTP	21
2.3.3 TCP	23
2.3.4 MQTT.....	24
2.3.4.1 รูปแบบของพัลซิทและซิปส์ไครบ์.....	25
2.3.4.2 หัวข้อสำหรับพัลซิทและซิปส์ไครบ์	25
2.3.4.3 การกรองหัวข้อด้วยสัญลักษณ์.....	26
2.3.4.4 คุณภาพของในการรับส่งข้อมูล (QoS).....	27
2.4 Amazon Cloud Services (AWS).....	30
2.4.1 การสมัครใช้งาน	31
2.4.2 การใช้งานคลาวด์ด้วยระบบปฏิบัติการ Ubuntu.....	31
2.5 การใช้งาน PuTTY ขั้นต้น.....	33
2.5.1 การติดตั้ง.....	34
2.5.2 การตั้งค่า.....	34
2.5.3 การเชื่อมต่อ	35
2.6 การใช้งาน FileZilla ขั้นต้น	35
2.6.1 การติดตั้ง	36
2.6.3 การใช้งาน.....	36
2.7 Node.js.....	37
2.7.1 การติดตั้งแพ็คเกจเสริม	38
2.7.2 การพัฒนาซอร์สโค้ด.....	38
2.7.3 การรันซอร์สโค้ดที่พัฒนาขึ้น.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 WebSockets	39
2.8.1 การใช้งานจริง	40
2.9 NodeMCU	41
2.9.1 ระบบจัดเก็บไฟล์ของ NodeMCU Amica V.1.....	46
2.9.2 ระบบไฟล์แบบ SPIFFS	47
2.9.3 ข้อจำกัดของ SPIFFS	48
2.9.4 การอัปโหลดข้อมูลด้วย SPIFFS ผ่าน Arduino IDE.....	48
2.10 เซนเซอร์วัดความดัน	49
2.10.1 คุณลักษณะและความสามารถในการทำงาน	50
2.11 Xamarin	52
2.11.1 โครงสร้างโปรเจกต์ของแอนดรอยด์	52
บทที่ 3 หลักการออกแบบและลักษณะการใช้งานระบบ	54
3.1 การออกแบบของอุปกรณ์ตรวจจับ	55
3.1.1 ตัวรับสัญญาณ.....	56
3.1.2 เซนเซอร์	58
3.1.3 ซอฟต์แวร์	61
3.2 หลักการทำงานโดยภาพรวมของอุปกรณ์ตรวจจับ.....	62
3.2.1 ระบบอินเทอร์เน็ต	63
3.2.1.1 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์.....	64
3.2.1.1.1 การเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค	64
3.2.1.1.2 การเชื่อมต่อไร้สายแบบพับบลิกเน็ตเวิร์ค	66
3.2.1.1.3 การเชื่อมต่อผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ท.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2	รูปแบบคำสั่งการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง	67
3.2.1.3	การลบข้อมูลบนอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน	70
3.2.2	ระบบอะนาล็อก	70
3.3	ความปลอดภัยในการใช้งาน	73
3.4	ข้อจำกัดของอุปกรณ์	74
3.4.1	ระบบอินเทอร์เน็ต	74
3.4.2	ระบบอะนาล็อก	75
3.5	การออกแบบแพนธอมเพื่อใช้ในการทดลอง	75
3.6	การออกแบบอุปกรณ์ช่วยนับครั้งจากความรู้สึกมารดา	79
3.7	สรุป	80
บทที่ 4	การทดสอบความแม่นยำของระบบ	81
4.1	การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลจากการอ่านค่าอะนาล็อก เมื่อเกิดอินเทอร์เน็ตพร้อมกับการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลซอคเก็ต	82
4.1.1	การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันด้วย NodeMCU Amica V.1	82
4.1.2	การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อไร้สาย แบบโลคอลเน็ตเวิร์คระหว่าง NodeMCU Amica V.1 กับสมาร์ตโฟน	85
4.1.3	การทดสอบหาความดันที่เหมาะสมภายในถุงความดัน	87
4.2	การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลจากการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์ โดยตรงผ่านโปรโตคอล MQTT	89
4.2.1	การทดสอบความแม่นยำในแต่ละตำแหน่งบนถุงความดัน	90
4.2.2	การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันในตำแหน่ง ที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามความถี่ที่กำหนด	95

4.2.2.1	วิธีการทดลอง.....	95
4.2.2.2	ผลการทดลอง.....	95
4.2.3	การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันในตำแหน่ง ที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแบบสุ่มช่วงเวลา.....	97
4.3	การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในคนปกติ.....	97
4.3.1	ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณการหายใจในคนปกติ โดยควบคุมการหายใจ.....	98
4.3.2	ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณการหายใจในคนปกติ โดยไม่ควบคุมการหายใจ.....	99
4.4	การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับกับหญิงตั้งครรภ์.....	101
4.4.1	ทดสอบหาความถี่ปกติของการเคลื่อนไหวของทารก.....	101
4.4.2	ตรวจหาสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกแบบควบคุมพฤติกรรมของมารดา ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ ด้วยการเทียบเคียงกับช่วงเวลาที่ยุติตั้งครรภ์บันทึก เมื่อสัมผัสได้ถึงการเคลื่อนไหวของทารก.....	103
4.4.3	ตรวจหาสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกแบบไม่ควบคุมพฤติกรรมของมารดา ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ ด้วยการเทียบเคียงกับช่วงเวลาที่ยุติตั้งครรภ์บันทึก เมื่อสัมผัสได้ถึงการเคลื่อนไหวของทารก.....	107
4.5	การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำโดยทารกกับค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไป ...	109
4.5.1	การทดสอบเทียบเคียงแรงจากการกดลงบนถุงความดันในหน่วยนิวตัน กับค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงความดัน.....	109
4.5.2	การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับแรงคงที่ที่กระทำลงบนถุงความดัน แบบสุ่มช่วงเวลา จากความดันอะนาล็อกเริ่มต้นในถุงความดันที่เปลี่ยนแปลงไป.....	113
4.6	สรุป.....	117

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	119
5.1 บทสรุปงานวิจัย.....	119
5.2 วิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	122
เอกสารอ้างอิง	123
ภาคผนวก.....	126
ภาคผนวก ก ข้อมูลรายละเอียดของผลการทดลองการกดด้วยโซลินอยด์ ลงบนถุงความดัน.....	127
ภาคผนวก ข ซีเควินโดวอะแอมระหว่างผู้ใช้และตัวตรวจจับ	135
ภาคผนวก ค ESP8266 Memory Map.....	137
ภาคผนวก ง ปัญหาที่พบในการพัฒนา NodeMCU และแนวทางการแก้ไข.....	140
ภาคผนวก จ ผังวงจรของ NodeMCU	141
ภาคผนวก ฉ รายชื่อส่วนหัวของ HTTP	142
ประวัติผู้เขียน.....	151

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงขนาดของระบบจัดเก็บไฟล์ของบอร์ดแต่ละชนิด	47
2.2 คุณสมบัติและความสามารถในการทำงานของ MPVZ5004GC6U	50
3.1 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง	68
3.2 (ต่อ) ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง	69
3.3 (ต่อ) ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง	70
3.4 ตัวอย่างรูปแบบการควบคุมแกนโซลินอยด์ที่ใช้ในการทดลอง	77
4.1 จำนวนข้อมูลโดยสรุปที่แปรผันตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	89
4.2 ความดันที่เปลี่ยนแปลงในถุงผ้าเมื่อมีแรงกระทำกับถุงผ้าตามมวลที่เปลี่ยนแปลง โดยให้ความเร่งในแนวตั้งมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 ณ ความดันเริ่มต้นที่ 0.28 kPa	109
ก.1 จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	127
ก.2 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	128
ก.3 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	129
ก.4 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	130
ก.5 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	131
ก.6 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	132
ก.7 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	133
ก.8 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์	134
ค.1 ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266	137
ค.2 (ต่อ) ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266	138
ค.3 (ต่อ) ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266	139
ฉ.1 ส่วนหัวของการร้องขอด้วย HTTP	142
ฉ.2 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วย HTTP	143
ฉ.3 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วย HTTP	144

ฉ.4 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วย HTTP	145
ฉ.5 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วย HTTP	146
ฉ.6 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วย HTTP	147
ฉ.7 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วย HTTP	148
ฉ.8 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วย HTTP	149
ฉ.9 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วย HTTP	150



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	รูปแบบตารางบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารกที่แปลมาจากงานวิจัยของ Eli Saastad 7
2.2	รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 32 สัปดาห์) ไม่มีการเคลื่อนไหวในกรอบเวลา 20 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara 9
2.3	รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 32 สัปดาห์) มีการเคลื่อนไหวในกรอบเวลา 20 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara 9
2.4	รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 24 สัปดาห์) มีการยับยั้งแขนขาเป็นระยะๆ ขณะนอนหลับหรือ PLM ในกรอบเวลา 60 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara 10
2.5	รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกพร้อมกับการเคลื่อนไหว จากการหายใจของมารดา (อายุครรภ์ 36 สัปดาห์) ในภาพบน ส่วนภาพล่างเป็น การกรองเอาสัญญาณหายใจออกด้วยซอฟต์แวร์ (สีแดง) ในกรอบเวลา 60 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara 11
2.6	กราฟเปรียบเทียบสัญญาณ ECG ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งจากฐานข้อมูล MIT/BIH เทปที่ 203 [22] (x) กับกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวน ความถี่สูง(a) จากงานวิจัยของ David Castells-Rufas และ Jordi Carrabina 12
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 วิธี a เป็นการติดตามการเคลื่อนไหวของข้อต่อของทารก b ผลลัพธ์จากการจำลองการแทนที่พื้นผิวผนังมดลูกด้วยโพรบโดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ และ c เป็นการจำลองโมเดลเพื่อคาดเดาแรงจากกล้ามเนื้อ จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen 13
2.8	ภาพถ่าย MRI ที่ใช้งานได้ ซึ่งกำลังตรวจจับการเคลื่อนไหวของข้อต่อของทารก ด้วยซอฟต์แวร์ จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen 14
2.9	ภาพการทดลองและผลการทดลองของการหาแรงสะท้อนจากการจำลองการเตะ

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
โดยการกดโทรปลงบนแผ่นยางซิลิโคน จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen.....	15
2.10 แรงจากกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (ซ้าย) และข้อเข่า (ขวา) ของทารก 1 ใน 3 ที่ร่วมการทดลอง จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen	16
2.11 การระบุตำแหน่งการเข้าซื้อหรือขายหุ้น โดยการใช้ EMA แบบ 2 ช่วงเวลา ในทันทีคือ 50 วัน และ 200 วัน[23] ข้อมูลจากเว็บ “StockCharts”	17
2.12 ภาพรวมของเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ไอโอทีกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์.....	18
2.13 รูปแบบในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที	19
2.14 การส่งข้อมูลด้วยโมเดล TCP/IP จากชั้นบนลงล่าง.....	20
2.15 ตัวอย่างข้อความร้องขอจากสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน	22
2.16 ตัวอย่างการทำแฮนด์เช็กสำหรับการส่งข้อมูลด้วย TCP	24
2.17 ตัวอย่างรูปแบบการทำงานระหว่างโบรกเกอร์และฟลิต/ซับสไครเบอร์.....	25
2.18 ตัวอย่างหัวข้อที่โบรกเกอร์ได้รับจากฟลิตเซอร์และซับสไครเบอร์	26
2.19 กระบวนการทำงานเมื่อทำการฟลิตข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 0	28
2.20 กระบวนการทำงานเมื่อทำการฟลิตข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 1	29
2.21 กระบวนการทำงานเมื่อทำการฟลิตข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 2	30
2.22 เซอร์วิสที่มีในเมฆคลาวด์	31
2.23 ระบบปฏิบัติการที่มีให้เลือกใช้ในเมฆคลาวด์	32
2.24 วิธีเชื่อมต่อกับอินสแตนซ์ที่สร้างขึ้น	33
2.25 ไฟล์ส่วนเสริมของ PuTTY ที่ต้องใช้	34
2.26 หน้าต่างโปรแกรม PuTTY.....	35
2.27 การเพิ่มคีย์ลงโปรแกรม FileZilla.....	36
2.28 โปรแกรม FileZilla ขณะใช้งาน.....	37
2.29 รูปแบบคำสั่งในการติดตั้งแพ็คเกจของ Node.js.....	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 การพัฒนาซอร์สโค้ดด้วย Sublime Text ในภาษา C.....	39
2.31 ความเกี่ยวเนื่องกันในการใช้งาน Socket.IO ระหว่างไคแอนและเซิร์ฟเวอร์	41
2.32 โครงสร้างของ NodeMCU Amica V.1	42
2.33 หน้าต่างของแฟลชเชอร์.....	43
2.34 กำหนดตำแหน่งไฟล์ NodeMCU เวิร์กแวร์ให้กับแฟลชเชอร์.....	43
2.35 ข้อความที่แฟลชเชอร์แสดงว่าทำการแฟลชสำเร็จ.....	44
2.36 วิธีดูผลลัพธ์หรือดีบัคการทำงานของ NodeMCU Amica V.1 ผ่าน Serial Monitor	45
2.37 วงจรชีวิตในการทำงาน และองค์ประกอบหลักของการพัฒนา NodeMCU Amica V.1 ด้วย Arduino IDE.....	46
2.38 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลใน NodeMCU Amica V.1.....	46
2.39 ตัวเซนเซอร์และภาพตัดขวางของวัดเซนเซอร์ความดัน MPVZ5004GC6U.....	49
2.40 ภาพมูบมบนของเซนเซอร์วัดความดัน MPVZ5004GC6U	49
2.41 แรงดันเอาต์พุตเทียบกับความดันที่เปลี่ยนแปลงที่ความแม่นยำ $\pm 6.25\% \text{VFSS}$	51
2.42 แรงดันเอาต์พุตเทียบกับความดันที่เปลี่ยนแปลงที่ความแม่นยำ $\pm 2.50\% \text{VFSS}$ โดยมีการเซต 0	51
2.43 สร้างหน้าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันด้วยการลากวาง.....	52
2.44 โครงสร้างที่ควรทราบของแอนดรอย์โปรเจค	53
3.1 ภาพรวมของระบบการทำงาน.....	54
3.2 ตำแหน่งความสูงของมดลูกตามช่วงอายุครรภ์ต่างๆ [21] จากบทความของ MamaExpert Team	55
3.3 ภาพจำลอง 3 มิติ ภายในร่างกายมารดาในช่วงอายุครรภ์ตั้งแต่ 24 ถึง 28 สัปดาห์ [20] จากบทความของ WebMD Magazine Digital.....	56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 ช่วงความสูงมดลูกของหญิงตั้งครรภ์ตั้งแต่ 20 ถึง 40 สัปดาห์ จากบทความของ Jirawan Deeluea และคณะ	57
3.5 สัดส่วนของถุงความดันที่ใช้ในการทดลองและส่วนเสริมที่ช่วยในการยึดติดกับลำตัว ด้วยแถบยางยึด 3 เส้น ที่ปลายทั้ง 2 ของแถบยางยึดติดกันด้วยตีนตุ๊กแก	58
3.6 ภาพรวมของอุปกรณ์ตรวจจับ	59
3.7 ผังวงจรของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกด้วยการอ่านค่าแบบอินเทอร์รัพท์	60
3.8 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกหลังติดตั้งท่อลม	60
3.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่ในกล่องบรรจุภัณฑ์	61
3.10 การถ่ายโอนข้อมูลจาก NodeMCU Amica V.1 มายังสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน	63
3.11 กราฟข้อมูลย้อนหลังบนสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน	64
3.12 โพลชาร์ตแสดงการทำงานของระบบระหว่างผู้ใช้และตัวตรวจจับในโหมดเฝ้าดู	65
3.13 ภาพตัวอย่างหน้าเว็บที่สถิติแพทย์ใช้ในการติดตามสุขภาพของทารก	66
3.14 ฟังก์ชันต่างๆในสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน	67
3.15 ขั้นตอนการตั้งค่าการเชื่อมต่อระบบเน็ตเวิร์คให้กับอุปกรณ์ตรวจจับ	71
3.16 กระบวนการจัดการชุดข้อมูลทางฝั่งคลาวด์เซิร์ฟเวอร์	72
3.17 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับดูข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารกย้อนหลัง	73
3.18 อุปกรณ์ตรวจจับขณะต่อพ่วงกับท่อลมที่มีขนาดความยาว 100 เซนติเมตร	74
3.19 ภาพรวมของแพนธอมที่ต่อเข้ากับเซนเซอร์วัดความดัน (A), โซลินอยด์ที่ติดตั้งไว้ บริเวณรูหลักภายในถัง (B), การพันถุงความดันไว้กับถังด้วยตีนตุ๊กแกที่สามารถปรับระดับได้ (C).	76
3.20 การต่อวงจรขยายจาก Arduino เพื่อใช้ในการขับโซลินอยด์	77
3.21 วงจรเรีกูเลเตอร์ที่ใช้ในการขับโซลินอยด์	78
3.22 กล่องเซนเซอร์วัดความดันที่ใช้กับแพนธอม	78
3.23 วงจรภายในกล่องเซนเซอร์วัดความดันที่ใช้กับแพนธอม	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.24 อุปกรณ์ช่วยนับครั้งการเตะของทารก	79
3.25 วงจรของอุปกรณ์ช่วยนับครั้งการเตะของทารก.....	80
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันด้วย NodeMCU Amica V.1 จากการกดลงบนถุงความดันด้วยโซลินอยด์	81
4.2 วิธีดูค่าจากสายซีเรียลคอมพอร์ทโดยด้านซ้ายเป็นการอ่านค่าอะนาล็อกจาก NodeMCU Amica V.1 ผ่าน Arduino IDE ส่วนทางด้านขวาเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนา ขึ้นเองเพื่อดักจับข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทของ Arduino ที่ทำการขับโซลินอยด์อยู่	83
4.3 ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเองเพื่อดักจับข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทโดย ช่องสัญญาณแรก (บน) เป็นค่าอะนาล็อกจาก NodeMCU Amica V.1 และช่องสอง (ล่าง) แสดงช่วงที่เกิดอินเตอร์รัพท์	83
4.4 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดลงความดันทุกๆ 5 วินาที.....	84
4.5 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดลงความดันทุกๆ 2.5 วินาที.....	84
4.6 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดลงความดันทุกๆ 1 วินาที.....	85
4.7 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดลงความดันทุกๆ 0.5 วินาที.....	85
4.8 การรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์คระหว่าง NodeMCU Amica V.1 (จอด้านหลัง) เป็นฝั่งส่ง กับสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน (ด้านหน้า) เป็นฝั่งรับข้อมูล.....	87
4.9 ชุดข้อมูลดิบที่ NodeMCU Amica V.1 ได้รับหลังจากการกดลงบนถุงความดัน โดยดูผ่าน Arduino IDE ข้อมูลที่ได้จะถูกเข้าคิวเพื่อรอการนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป	88
4.10 การทดสอบกับแพนธอมในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ตรวจจับสัญญาณ การเคลื่อนไหวของทารก	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ภาพจำลองตำแหน่งทั้ง 9 จุด บนถุงความดันที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในการตรวจ จับการกดลงบนถุงความดัน.....	90
4.12 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 1 บนถุงความดัน	91
4.13 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 2 บนถุงความดัน	91
4.14 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 3 บนถุงความดัน	92
4.15 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 4 บนถุงความดัน	92
4.16 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 5 บนถุงความดัน	92
4.17 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 6 บนถุงความดัน	93
4.18 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 7 บนถุงความดัน	93
4.19 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 8 บนถุงความดัน	93
4.20 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 9 บนถุงความดัน	94
4.21 แสดงภาพรวมของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการรับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆบนถุงความดัน ในรูปของฮีทแมพ โดยตัวเลขตัวหนาเป็นบริเวณที่ทำการทดสอบ ส่วนบริเวณที่เหลือ เกิดจากการหาค่าเฉลี่ยในบริเวณรอบข้าง.....	94
4.22 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 5 วินาที	95
4.23 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 2.5 วินาที	95
4.24 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 1 วินาที	96
4.25 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกคอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 0.5 วินาที	96
4.26 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกคอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 0.1 วินาที	96
4.27 กราฟแสดงความแม่นยำในการอ่านค่าอะนาล็อกของความดันภายในถุงจาก การกดโซลินอยแบบสุ่มช่วงเวลา โดยแถบสีแดงคือช่วงเวลาที่ระบุว่าจะความดันถูกกด	97
4.28 ภาพอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารก (ภาพ A) กับ BIOPAC (ภาพ B) ขณะทำการวัดสัญญาณการหายใจในคนปกติ (ภาพ C)	98

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.29 กราฟแสดงสัญญาณการหายใจแบบควบคุมการหายใจจาก BIOPAC (ด้านบน) เทียบกับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกผ่าน ทางเซฟเวอร์ (ด้านล่าง) ในช่วงเวลา 3 นาที.....	99
4.30 กราฟแสดงสัญญาณการหายใจแบบไม่ควบคุมการหายใจจาก BIOPAC (ด้านบน) เทียบกับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกผ่านทางเซฟเวอร์(ด้านล่าง) ในช่วงเวลา 3 นาที.....	100
4.31 การนับครั้งการเคลื่อนไหวของทารกผ่านอุปกรณ์นับครั้งแบบเรียลไทม์.....	102
4.32 รูปแบบรายงานผลสุขภาพของทารกผ่านทางเว็บไซต์ในวันที่ 7 เดือนกรกฎาคม 2560	102
4.33 กราฟความถี่ในการเคลื่อนไหวทารกสูงสุดใน 1 วันใดๆ ในหน่วย ครั้งต่อนาที	103
4.34 การสวมถุงความดันในหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 5 เดือน (ภาพ A) และการสวมอุปกรณ์ ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกขณะนั่งทำงาน (ภาพ B).....	104
4.35 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังสวมให้กับหญิงตั้งครรภ์ หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม โดยที่แถบ สีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่ามี การเคลื่อนไหว และเครื่องหมาย “M” หมายถึงมี การเคลื่อนไหวของทารกที่ไม่ใช่การเตะ.....	104
4.36 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังผ่านตัวกรองความถี่สูง ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม	105
4.37 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังผ่านการหาแอฟลิจุดของ สัญญาณความถี่สูง ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม	105
4.38 กราฟแสดงการระบุตำแหน่งที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกจากข้อมูลใน โดเมนเวลาที่ผ่านการกรองด้วย EMA ที่มีกรอบของช่วงเวลาเป็น 1.006 (เส้นสีเขียว)	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
และ 1.0246 (เส้นสีม่วง) จากข้อมูลดิบของหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม.....	106
4.39 กราฟแสดงภาพรวมของผลลัพธ์ในการตรวจจับตำแหน่งในการเตะของทารกด้วยซอฟต์แวร์โดยเทียบกับช่วงเวลาที่มีการสัมผัสได้ถึง การเคลื่อนไหวของทารก ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม โดยที่แถบสีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่าการเคลื่อนไหว และเครื่องหมาย “M” หมายถึงมีการเคลื่อนไหวของทารกที่ไม่ใช่การเตะ.....	106
4.40 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังสวมให้กับหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ขณะนั่งทำงานและทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วย (A) นำมาทดลองลบสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองความถี่สูง (B) และหาแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูง (C) ผลลัพธ์หลังจากผ่าน EMA พบว่าการตรวจจับตำแหน่งในการเตะของทารกด้วยซอฟต์แวร์มีการตรวจจับการเตะผิดพลาดจำนวนมาก (D) โดยที่แถบสีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่าการเคลื่อนไหว และแถบสีเขียวหมายถึงช่วงที่หญิงตั้งครรภ์ทำกิจกรรมอื่นขณะวัดผล.....	108
4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนไปในถุงความดัน (รวมข้อมูลแรง 1 N) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนไปภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล.....	110
4.42 ข้อมูลดิบที่สมาร์ทโฟนบันทึกได้ ขณะที่มียแรง 1 N, 3 N, 5 N, 7 N, และ 9 N มากกระทำลงบนถุงความดันทุกๆ 5s โดยที่มียความต่างศักย์อินพุตเท่ากับ 4.5 V ขณะมีความดันเริ่มต้นในถุง 0.28 kPa.....	111
4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนไปในถุงความดัน (ไม่รวมข้อมูลแรง 1 N) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนไปภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล.....	111

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนไปในถุงความดัน (กรณีแรงกระทำบนถุงความดันมีค่าน้อย) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนไปภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล	112
4.45 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 347	113
4.46 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 406	114
4.47 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 470	114
4.48 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 534	114
4.49 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 550	114
4.50 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 650	115
4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอะนาล็อกที่คและค่าความดันอะนาล็อกเริ่มต้นใน ถุงความดันเมื่อมีแรงคงที่ 5 นิวตันกระทำลงบนถุงความดัน	116
4.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอะนาล็อกความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงกับขนาดของ แรงที่กระทำลงบนถุงความดัน	116

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาสมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัยขอบเขตของงานวิจัย และโครงสร้างวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในด้านสูตินรีเวชมีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการดูแลครรภ์ และดูแลไปจนกระทั่งคลอดทำให้การตั้งครรภ์มีคุณภาพและมีความเสี่ยงต่ำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องอัลตราซาวด์สีมิติที่แม่สามารถเห็นหน้าลูกตนเองได้ตั้งแต่อยู่ในครรภ์ ตลอดจนเครื่องมืออื่นๆที่มีใช้ในสถานพยาบาล ดังนั้น เมื่อถึงสถานพยาบาลแล้วความปลอดภัยของทั้งแม่และทารกจึงมีสูงมาก แต่เนื่องจากสถานพยาบาลไม่สามารถรองรับผู้มีครรภ์ได้ทั้งหมด เนื่องด้วยข้อจำกัดทางด้านค่าใช้จ่าย โอกาสและสถานที่ ดังนั้น เมื่ออยู่นอกสถานพยาบาลจึงมีความเสี่ยงต่อการแท้งด้วยภาวะต่างๆ เช่น รกเสื่อม รกพันคอ หรือเกิดสภาวะเครียด เป็นต้น ซึ่งทำให้แม่บางรายอาจไม่ทราบด้วยว่าลูกตนเองเสียชีวิตตั้งแต่ในครรภ์ ดังนั้นจึงมีคำแนะนำจากแพทย์ให้กับผู้ตั้งครรภ์ และผู้ใกล้ชิดทำเมื่อไม่ได้อยู่ในสถานพยาบาล คือคอยสังเกตอาการผิดปกติต่างๆ ด้วยตัวเอง และแจ้งให้แพทย์ให้ทราบโดยเร็วที่สุดเมื่อสังเกตพบ การสังเกตการเคลื่อนไหวของทารก เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งบ่งชี้ถึงสุขภาพของทารกในครรภ์การเคลื่อนไหวของทารกอาจเกิดได้หลายลักษณะ เช่น ถีบเท้า หมุนตัว หรือดิ้น เป็นต้น ซึ่งตามปกติการเคลื่อนที่ลักษณะดังกล่าวผู้เป็นแม่มักจะรู้สึกได้ซึ่งมักแสดงถึงสภาวะปกติของทารก แต่ถึงกระนั้นในแม่ตั้งครรภ์บางรายอาจไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกของการเคลื่อนไหวได้ เช่นแม่ท้องแรกเนื่องจากขาดประสบการณ์ หรือแม่ซึ่งต้องทำงานจดจ่ออยู่กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งต่อเนื่อง เช่น งานในออฟฟิศ ทำให้ขาดสมาธิในการสังเกตสัญญาณดังกล่าว ทำให้หากเป็นอาการผิดปกติจะขาดการป้องกันจนอาจเป็นเหตุให้ทารกเสียชีวิตและอาจส่งผลกระทบต่อทางสังคมไปถึงแพทย์เจ้าของไข้ และโรงพยาบาลซึ่งรับฝากครรภ์ วิธีแก้ปัญหาลักษณะนี้วิธีหนึ่ง คือ นำเทคโนโลยีมาช่วย ทั้งในประเมินสุขภาพของทารกเบื้องต้นโดยการนับการเตะหรือการเคลื่อนไหวของทารกแบบต่อเนื่อง และใช้เทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการสื่อสารปัจจุบันเชื่อมต่อกับแพทย์หรือสถานพยาบาลที่รับผิดชอบเมื่อมีความผิดปกติของครรภ์เกิดขึ้นให้เร็วที่สุด นอกจากนี้ยังทำให้แพทย์สามารถดูแลครรภ์ได้หลายครรภ์ในเวลาเดียวกันแนวความคิดนี้ได้แสดงไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยสามารถสรุปได้เป็นข้อๆดังต่อไปนี้

1.2.1 ศึกษาหลักการการตรวจจับสุขภาวะของทารกในครรภ์ที่มีอายุครรภ์อยู่ในช่วง 24 - 28 สัปดาห์โดยการตรวจจับจำนวนครั้งในการเตะของทารก

1.2.2 พัฒนาอุปกรณ์ในการตรวจนับ และบันทึกอัตราการดิ้นหรือการเตะ ทั้งแบบ จากความรู้โดยแม่ และแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ซึ่งได้พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีสื่อสารสมัยใหม่เชื่อมโยงข้อมูลตรวจวัดไปยังสูตินรีแพทย์ได้อย่างทันท่วงทีในระยะไกลเพื่อใช้ประเมินภาวะของทารก

1.2.3 เครื่องมือซึ่งได้พัฒนาขึ้น อาจจะช่วยลดการฟ้องร้องระหว่างมารดากับแพทย์เจ้าของไข้ อันเกิดจากการวินิจฉัยข้อมูลที่ผิดพลาดของแพทย์เจ้าของไข้ สืบเนื่องมาจากข้อมูลที่ไม่ถูกต้องที่เกิดจากความเข้าใจผิดหรือกล่าวเท็จจากมารดาทั้งตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การเตะของทารกมักจะรับรู้ได้โดยแม่เนื่องจากการสัมผัสของอวัยวะของทารกกับผนังมดลูก และหากแรงพอสามารถส่งความรู้สึกถึงผิวหนังนอกหน้าท้องแม่ ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวติดกับหน้าท้องแม่จะสามารถตรวจจับภาวะการเคลื่อนที่ของทารกได้ ปกติแล้วการเคลื่อนไหวของทารกที่มีสุขภาพดีจะมีการเคลื่อนไหวมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ครั้งในช่วงเช้า หรืออยู่ในช่วง 8:00น. - 12:00น. และหลังทานอาหารจะมีการเคลื่อนไหวมากกว่าหรือเท่ากับ 4 ครั้ง ตัวเลขเหล่านี้มากจากงานวิจัยและทฤษฎีทางด้านสูตินรีเวชเพื่อใช้วัดความผิดปกติของทารก ระยะเวลาในการตรวจสอบจะเน้นไปในช่วงเช้าเพื่อที่จะให้ผู้ที่ เป็นมารดาสามารถไปพบแพทย์ได้อย่างทันท่วงทีในกรณีที่พบความผิดปกติขึ้นกับครรภ์ของตน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากมีการขยายตัวของมดลูกในระหว่างการตั้งครรภ์ เพื่อรองรับขนาดของทารกในช่วงอายุครรภ์ 24 - 28 สัปดาห์ ดังนั้น การตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกจากภายนอกโดยไม่มีการสอดใส่อุปกรณ์หรือคลื่นใดๆเข้าไปในครรภ์จึงต้องมีพื้นที่รับแรงการเคลื่อนไหวกว้าง และความไวพอ การใช้แถบเซ็นเซอร์ในการติดตั้งบนหน้าท้องแม่มีความยุ่งยากในการผลิตและติดตั้ง ในงานวิจัยนี้จะใช้ถุงก๊อแก๊กได้ขนาด 17.5 x 38.5 เซนติเมตร ใส่ความดันเล็กน้อยเพื่อให้กระชับกับหน้าท้องซึ่งต่อไปจะเรียกว่าถุงความดัน ซึ่งจะพาดบนหน้าท้องของมารดาแล้วรัดด้วยตีนตุ๊กแกปรับระดับได้ ซึ่งต่อเข้ากับเซ็นเซอร์วัดความดันเพียงตัวเดียว แล้วทำการวัดวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงเมื่อเกิดแรงดันบนหน้าท้องแม่ การบันทึกข้อมูลการเดินไว้ให้แพทย์ผู้ดูแลจะช่วยให้การประเมินสุขภาพเบื้องต้นของทารกได้ และเพื่อตอบโจทย์ในเรื่องของการลดเวลาในการไปพบแพทย์หลายครั้ง การเคลื่อนย้ายได้ง่าย ตรวจวัดได้ในทุกๆที่และมีค่าใช้จ่ายต่ำ ในการนับจำนวนครั้งของการเคลื่อนไหวจะดูจากข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปในโหมดเมนแบบเรียลไทม์ด้วยเว็บซ็อกเก็ตผ่านบริการคลาวด์เซอร์วิสเพื่อช่วยให้ส่งข้อมูลสำคัญไปยังแพทย์ได้รวดเร็ว นอกจากนี้ระบบต้องทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านทาง smartphone หรือ server ในกรณีที่มีจำนวนครั้งไม่สอดคล้องกับหลักการดังกล่าว เพื่อให้หมอหรือตัวมารดาเองสามารถรับรู้ถึงความผิดปกติตรงนี้ได้ และไปพบแพทย์เพื่อตรวจสอบในเชิงลึกอีกครั้งเป็นการยืนยันความปลอดภัยของทารกในครรภ์

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ศึกษาหลักการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของทารกผ่านทางหน้าท้องแม่เนื่องจากระยะเวลาในการตั้งครรภ์ใช้เวลาประมาณ 9 เดือน และความผิดปกติของทารกในครรภ์เกิดขึ้นได้ทุกช่วงขณะตั้งครรภ์ และมีความสำคัญในทุกๆช่วง ดังนั้นการศึกษาควรบ่งชี้ได้ถึงช่วงอายุครรภ์ที่น้อยที่สุดซึ่งสามารถตรวจจับได้

1.5.2 การทดสอบสมรรถนะของระบบในส่วนของการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเบื้องต้นจะทำในแพนธอม เป็นถึงพาสติกขนาดใกล้เคียงกับขนาดครรภ์ ใช้โซลินอยด์กระแทกกับถุงความดัน เพื่อทดสอบความไวของเซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลซึ่งตรวจจับได้

1.5.3 การทดสอบสมรรถนะของระบบในส่วนของการตรวจจัดการเคลื่อนไหวทารกในครรภ์จริง จะใช้การเปรียบเทียบกับการรับรู้ได้โดยแม่ในครรภ์ปกติ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ชุดข้อมูลที่ได้มาจากหญิงตั้งครรภ์ในช่วงอายุครรภ์ประมาณ 24-28 สัปดาห์เป็นหลักตลอดการทดลอง และเนื่องจากจากความดันถูกพาดบนหน้าท้องมารดาทำให้มีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของความดันภายในถุง

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

เนื่องจากระบบการติดตามการตั้งครรภ์ของระบบสุขภาพในประเทศไทย ยังพึ่งพาการเข้าพบแพทย์ตามกำหนด การนำเสนอแนวคิดในการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการดูแลครรภ์จึงต้องปรึกษาปัญหาและความต้องการของสูตินรีแพทย์เป็นขั้นตอนแรก ขั้นตอนถัดมาคือการค้นคว้าหลักการซึ่งเคยมีการนำมาใช้ทั้งในและต่างประเทศเปรียบเทียบข้อดี-เสียในทุกๆด้าน นำเสนอแนวคิดเป็นขั้นตอนถัดมา วิธีการสร้างพร้อมวิธีการประเมินผลรอบด้านโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการในแฟนทอมและในครรภ์จริง และสุดท้ายนำเสนอต่อสาธารณชน

1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ผลการศึกษาและวิจัยได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยทำการแบ่งเนื้อหาเป็นบท ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย และขั้นตอนในการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ และองค์ความรู้ที่ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจัดการเคลื่อนไหวของทารก

บทที่ 3 กล่าวถึงการทำงานของระบบ และหลักการในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสุขภาพของทารก การออกแบบแฟนทอม การออกแบบฮาร์ดแวร์รวมถึงซอฟต์แวร์

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่วัดได้ การเทียบเคียงค่าจากเซ็นเซอร์

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในบทนี้กล่าวถึงองค์ความรู้ต่างๆที่ใช้ในการวิจัยโดยครอบคลุมในเรื่องของหลักการด้านสรีรศาสตร์และนรีเวช รวมถึงความรู้ทางด้านเทคนิค เช่น การพัฒนาระบบเน็ตเวิร์คและแอปพลิเคชันต่างๆ

2.1 หลักการด้านสรีรศาสตร์และนรีเวช

ในภาวะปกติการเคลื่อนไหวของเด็กทารกในครรภ์เป็นตัวบ่งชี้ขั้นต้นในการมีสุขภาพของทารก ทำให้การนับจำนวนครั้งในการเคลื่อนไหวของทารกถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินสุขภาพของทารกขั้นต้น ซึ่งตามปกติมารดาสามารถสังเกตและนับความถี่ของการเคลื่อนไหวที่ของทารกได้ด้วยตนเองโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาสูติแพทย์หรือเข้าออกโรงพยาบาลบ่อยๆเพื่อไปตรวจสุขภาพของทารก ทำให้มักมีการให้ความรู้ในเรื่องจับความรู้สึกและนับครั้งในการดิ้น แก่หญิงตั้งครรภ์ท้องแรกเพื่อช่วยให้สูติแพทย์วินิจฉัยสุขภาพของทารกได้ดียิ่งขึ้น ในหลายๆงานวิจัยพบว่า การให้ความรู้ในเรื่องการนับครั้งในการดิ้นของทารก แก่หญิงตั้งครรภ์และสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของปัจจัยนี้ส่งผลให้ลดอัตราการตายก่อนกำหนดหรือแท้งได้ดังนี้

ในงานวิจัยของ Eli Saastad และคณะ [1] กล่าวถึงการเปรียบเทียบหญิงตั้งครรภ์ 2 กลุ่มที่มีอายุครรภ์อยู่ที่ 28 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มได้รับข้อมูลการดูแลครรภ์ทุกอย่างแตกต่างกันตรงที่ กลุ่มหนึ่งให้ความรู้ในเรื่องการนับการเคลื่อนไหวของทารกหรือกลุ่มที่อยู่ในการดูแล ส่วนหญิงตั้งครรภ์อีกกลุ่มถูกเชิญมาร่วมทำการทดสอบโดยไม่ได้ให้ข้อมูลในเรื่องการนับการเคลื่อนไหวของทารก ในกลุ่มนี้มีหญิงตั้งครรภ์ที่มีปัจจัยเสี่ยงในการตั้งครรภ์ เช่น ดื่มเหล้าหรือสูบบุหรี่รวมอยู่ด้วย หญิงตั้งครรภ์ทั้ง 2 กลุ่มที่เข้าทดสอบจะถูกเก็บผลทางสถิติ หลักๆแล้วเพื่อตรวจวัดสุขภาพของทารกโดยรวมและผลการตั้งครรภ์อันไม่พึงประสงค์ ผลลัพธ์โดยภาพรวมพบว่าทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันไม่มากนักโดยในกลุ่มที่อยู่ในการดูแลพบความผิดปกติ 53 คนจาก 532 คนหรือคิดเป็น 10.7% ของหญิงตั้งครรภ์ที่อยู่ในการดูแล และ 63 คนจาก 433 คนหรือคิดเป็น 11.6% ของหญิงตั้งครรภ์ที่เชิญมาร่วมทดสอบ ซึ่งกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่ถูกรับเชิญมามีความเสี่ยงมากกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่อยู่ในการดูแลอยู่ 1% แต่เมื่อมองสุขภาพของทารกในเชิงลึก กลับพบทารกที่มีภาวะโตช้าในครรภ์มากถึง 20 คนจาก 23 คนหรือคิดเป็น 87.0% ของหญิงตั้งครรภ์ที่ถูกรับเชิญมาร่วมการทดสอบ และ 12 คนจาก 20 คนหรือคิดเป็น 60.0% ของหญิงตั้งครรภ์ที่อยู่ในการดูแลซึ่งถือว่าค่อนข้างมาก และยังพบอีกว่า 71 คนหรือคิดเป็น 13.1% ของหญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับเชิญมีความถี่ในการเข้าปรึกษาสูติแพทย์ถึงเรื่องการเคลื่อนไหวที่ลดลงของทารก ซึ่งต่างกับหญิงตั้งครรภ์ที่อยู่ในการดูแลอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

57 คนหรือคิดเป็น 10.7% ฉะนั้น การเพิ่มความตระหนักรู้ในเรื่องของการนับการเคลื่อนไหวของทารกให้กับมารดาจะช่วยลดอัตราส่วนของผลลัพธ์ในการตั้งครรภ์ที่ไม่พึงประสงค์ลงได้อย่างมาก

โดยปกติหญิงตั้งครรภ์จะเริ่มรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของทารกช่วงอายุครรภ์ประมาณ 18 – 20 สัปดาห์ [2] ซึ่งการรับรู้นี้เรียกกันว่า “quickenig” อาจหมายรวมถึงการเตะ (kick), การขยับตัวอย่างต่อเนื่อง (flutter), การเคลื่อนไหวแบบกระตุก (swish) หรือหมุนตัว (roll) ซึ่งความรู้สึกนี้ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายผู้เป็นมารดาด้วย เช่น อายุครรภ์, ปริมาณน้ำคร่ำ, ยาที่มารดาได้รับ, ระยะการหลับของทารกในครรภ์, ความอ้วนของมารดา, ตำแหน่งของโพรงมดลูกที่รกเกาะ, การสูบบุหรี่รวมถึงจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ ช่วงที่ทารกหลับหรือที่เรียกว่า “sleep cycle” จะไม่มีการเคลื่อนไหวใดๆอาจเกิดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20-40 นาทีในทารกที่แข็งแรง [3] แต่จะไม่เกิน 90 นาที [2]

นอกจากสภาวะที่ได้กล่าวไปแล้วที่มีผลต่อการรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของทารกที่น้อยลงแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นสาเหตุให้ทารกมีการเคลื่อนไหวที่น้อยลงได้เช่นกัน ซึ่งอาจถึงขั้นแท้งในที่สุด ปัจจัยดังกล่าวมีดังนี้

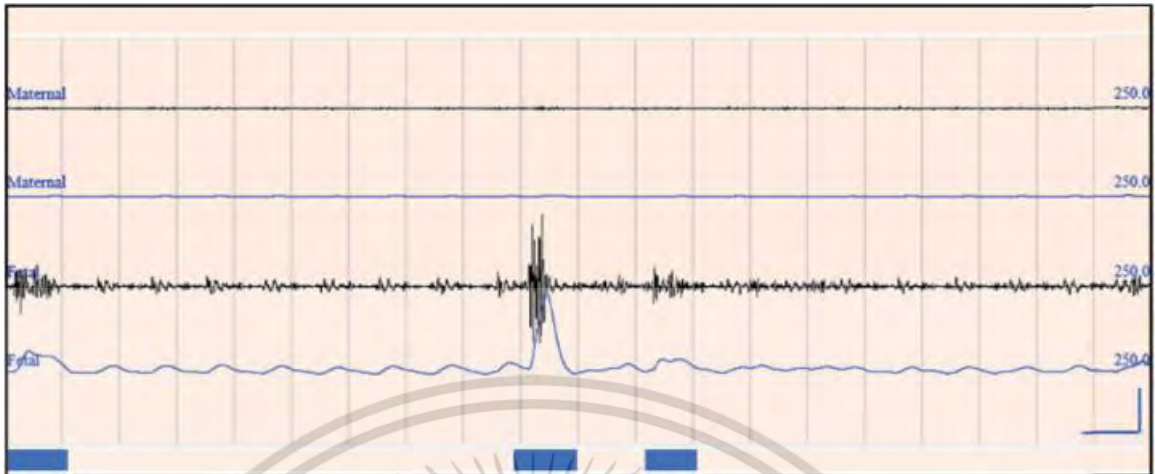
- 2.1.1 ความผิดปกติของโครโมโซม
- 2.1.2 การบาดเจ็บต่อสมองของทารก (perinatal brain injury)
- 2.1.3 การก่อกวนต่อการพัฒนาสมอง (disturbed neurodevelopment)
- 2.1.4 การติดเชื้อในโพรงมดลูก (intrauterine infection)
- 2.1.5 มีคะแนน “Apgar” ต่ำและมีภาวะเลือดเป็นกรด (acidemia)
- 2.1.6 มีภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia)
- 2.1.7 มีภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากสายสะดือ (umbilical cord complication)
- 2.1.8 มีภาวะรกเสื่อม (placental insufficiencies)
- 2.1.9 เคยแท้งมาก่อน (stillbirth)
- 2.1.10 เคยถูกกระตุ้นให้เจ็บครรภ์และผ่าคลอดทางหน้าท้อง
- 2.1.11 เคยมีทารกตายในระยะแรกคลอด (neonatal death)

ปัจจัยความผิดปกติเหล่านี้จะถูกรวบรวมหลังจากการพบความผิดปกติในการเคลื่อนไหวด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือทางห้องปฏิบัติการเช่น การตรวจด้วยคลื่นความถี่อัลตราซาวด์ (Doppler ultrasound) เพื่อระบุบริเวณหลอดเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจของทารก รวมถึงรูปร่างท่าทางของทารกจากการตกกระของคลื่น, การตรวจข้อมูลทางชีวฟิสิกส์หรือ BPP เป็นต้น นั้นทำให้สูติแพทย์ไม่อาจมองข้ามในเรื่องของการตรวจนับการเคลื่อนไหวของทารกที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงความผิดปกติของทารกได้เลย

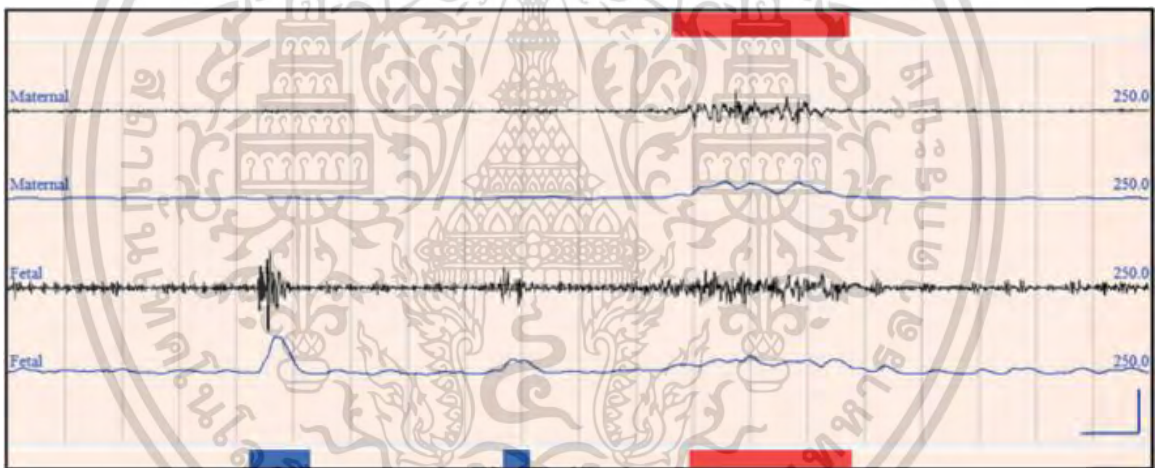
สำหรับหลักการและวิธีในการนับการเคลื่อนไหวของทารกนั้น ดร. John Regan ได้กล่าวไว้ในบทความของตนอยู่ 2 วิธี ในหัวข้อการเคลื่อนไหวของทารกที่ลดลง วิธีแรกคือ การรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวอย่างน้อย 10 ครั้ง ภายใน 12 ชั่วโมง ขณะที่มารดาทำกิจกรรมตามปกติ วิธีที่สองคือ การรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวอย่างน้อย 10 ครั้งใน 2 ชั่วโมงขณะที่มารดากำลังพักผ่อนและจัดจ้องในการนับ แต่วิธีที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการระบุถึงการเคลื่อนไหวของทารกที่ลดลงได้ คือ การนับ 10 ภายใน 2 ชั่วโมงขณะที่ทารกยังไม่หลับ ซึ่งดร. John Regan อ้างอิงจากงานวิจัยของ Moore และคณะ วิธีนี้ถูกกำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานในนำไปใช้โดยสภาองค์กรสแห่งอเมริกาในด้านสูติศาสตร์และนรีแพทย์หรือ ACOG ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน ในทางปฏิบัติยังมีวิธีอื่นที่ยังคงใช้กันอยู่แต่ไม่ได้ถูกนำมาพูดถึงในงานวิจัยนี้

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาอุปกรณ์ที่ทำให้การนับการเคลื่อนไหวนั้นง่ายขึ้น โดยที่ตัวมารดาเองไม่จำเป็นต้องจัดจ้องในการนับครั้งด้วยตนเองและสามารถตรวจสอบเองได้ที่บ้าน เช่น เซอร์ที่นิยมใช้กันในการทำตัวตรวจจับดังกล่าวเป็นเซนเซอร์วัดความเร่ง ในงานวิจัยของ Kyoko Nishihara และคณะ ทำการวิจัยและพัฒนาาระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการบันทึกผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารกแบบอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ดังกล่าวหรือ FMAM [4] เพื่อช่วยเก็บข้อมูลที่สำคัญในการตั้งครรภ์ของผู้ใช้งานในขณะที่กำลังหลับตลอดทั้งคืน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีอายุครรภ์อยู่ในช่วง 24-38 สัปดาห์ ซอฟต์แวร์ดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาซีใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับมาจากเซนเซอร์วัดความเร่งซึ่งมี 2 ชุดข้อมูลด้วยกัน คือ ข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารก และข้อมูลการเคลื่อนไหวของมารดา ทั้ง 2 ชุดนี้ จะถูกประมวลผลทุกๆ 10 วินาทีตามสัญญาณหัวใจของมารดา สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลมีทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รับค่าทั้ง 2 ชุดเข้ามาแล้วทำการกรองสัญญาณรบกวนในช่วงความถี่ต่ำที่ 0.5 เฮิรท์ และความถี่สูงที่ 2.5 เฮิรท์ และเซนทอซฟิลเตอร์ไว้ที่ 1 เฮิรท์ ทั้ง 2 ชุดข้อมูลเพื่อกรองเอาสัญญาณหัวใจของมารดาออก ในชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารกโดยปรับตั้งฟิลเตอร์ตัดความถี่ไว้ที่ 0.3 เฮิรท์ เพื่อกรองเอาสัญญาณการหายใจของมารดาออก



รูปที่ 2.2 รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 32 สัปดาห์) ไม่มีการเคลื่อนไหวในกรอบเวลา 20 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara



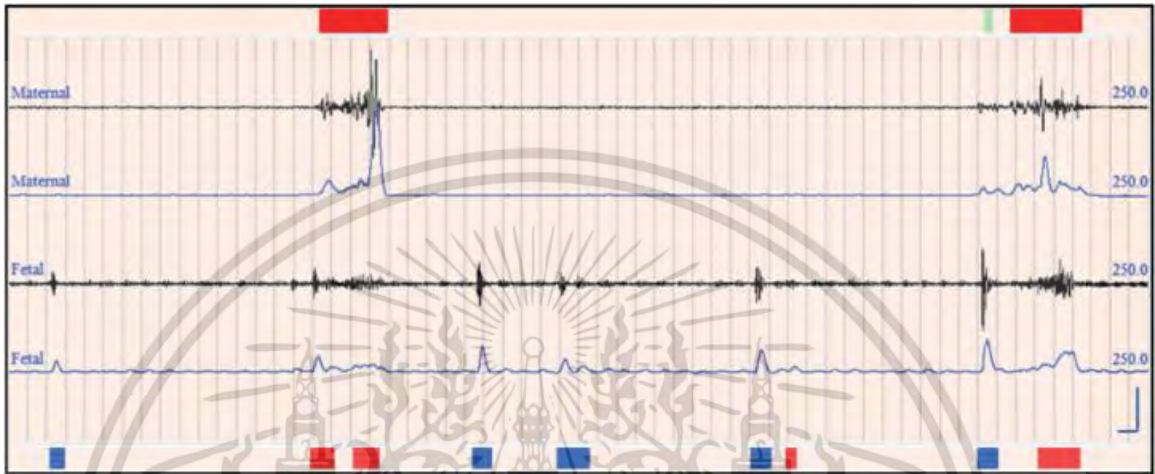
รูปที่ 2.3 รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 32 สัปดาห์) มีการเคลื่อนไหวในกรอบเวลา 20 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara

ขั้นตอนที่ 2 ทำการจับสัญญาณข้อมูลขาเข้ามารวมกันเรื่อยๆทุกๆ 0.05 วินาที เมื่อแอมพลิจูดมีความสูงมากเป็น 2 เท่าของค่าเฉลี่ยก่อนหน้านี้ 3 วินาทีถือว่า ณ ขณะนั้นคือการเคลื่อนไหวของทารก

ขั้นตอนที่ 3 กรองเอาสัญญาณการหายใจของมารดาออกโดยการปรับค่าเทรซโสดขึ้นต่ำไปที่ 0.3 เฮอร์ทซึ่งเป็นช่วงการนอนหลับแบบ REM แต่ไม่ได้ผล เขาจึงแสดงค่าเหล่านั้นผ่านฮิสโตแกรมแล้วกรองฮิสโตแกรมที่เป็นการหายใจทิ้งไปแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

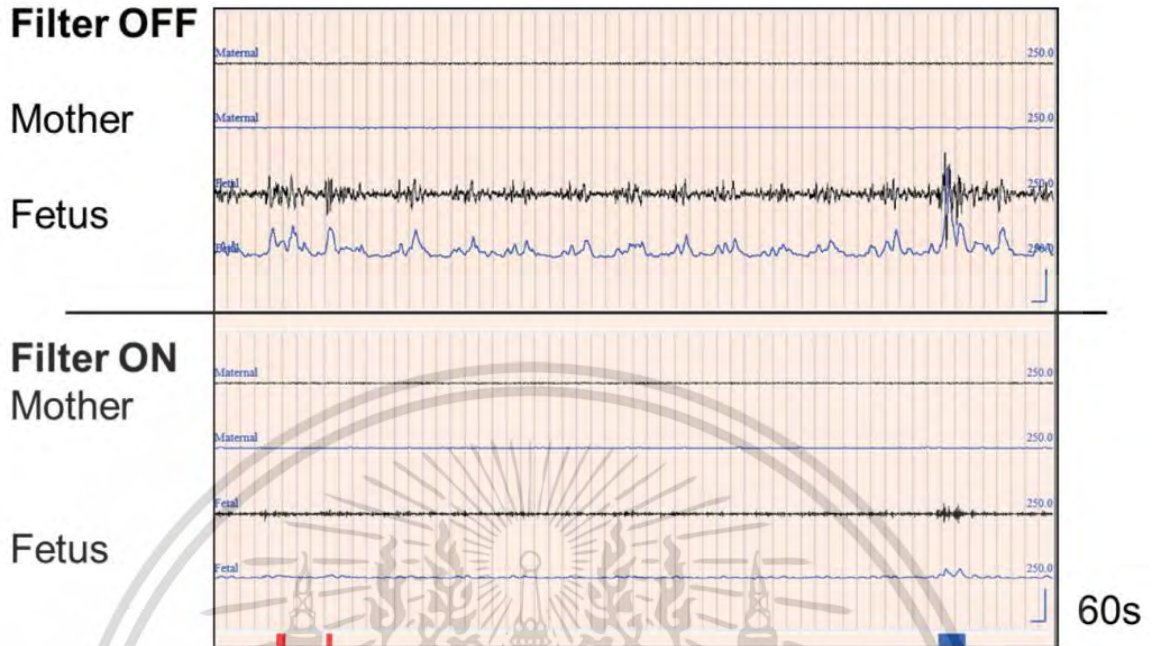
ขั้นตอนที่ 4 กรองความถี่ของสัญญาณที่ไม่ต้องการออกเช่น การขยับแขนขาเป็นระยะๆขณะนอนหลับหรือ PLM กินระยะเวลาในแต่ละช่วงประมาณ 5 - 90 วินาทีซึ่งวิธีการกรองสัญญาณนั้นจะทำการแซมปลิงชุดข้อมูลทุกๆ 1 วินาทีแล้วนำมาเทียบกับสัญญาณที่ได้รับทั้งหมดอีกที



รูปที่ 2.4 รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกขณะที่มารดา (อายุครรภ์ 24 สัปดาห์) มีการขยับแขนขาเป็นระยะๆขณะนอนหลับหรือ PLM ในกรอบเวลา 60 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara

สัญญาณต่อมาที่อาจติดมาด้วยนั้นคือทารกสะอึก อาการนี้จะเกิดขึ้นทุกๆ 2 วินาที กินระยะเวลาประมาณ 5 - 15 นาที ซึ่งต่างจากการเคลื่อนไหวของทารก หากรวมสัญญาณดังกล่าวเข้าไปด้วยอาจทำให้ข้อมูลผิดพลาด หลังการปรับแต่งสัญญาณเขาพบว่าทารกมีโอกาสสะอึกมากถึง 15 ครั้งต่อนาที จากการแซมปลิงชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวของทารกทุกๆ 0.2 วินาที

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำเอาข้อมูลที่ทำกรกรองแล้วมาแสดงผลบนหน้าจอผ่านซอฟต์แวร์ของเขา แม้ผลจากการทดสอบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นพบว่าผลการวิเคราะห์ของซอฟต์แวร์นั้นเป็นไปตามจริงจากการเทียบเคียงกับการสังเกตด้วยอัลตราโซโนกราฟี แต่การนำไปใช้งานนั้นยังคงมีข้อจำกัดอยู่ในเรื่องของสัญญาณจากพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ จึงยังไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับสภาพครรภ์ในระยะยาวได้ เนื่องจากการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นอาจจะต้องตั้งค่าและปรับแต่งซอฟต์แวร์และจำต้องเทียบเคียงกับความเป็นจริงใหม่อีกรอบหนึ่งเพื่อให้เข้ากับพฤติกรรมนั้นๆ



รูปที่ 2.5 รูปแบบสัญญาณความถี่ของการเคลื่อนไหวของทารกพร้อมกับการเคลื่อนไหวจากการหายใจของมารดา (อายุครรภ์ 36 สัปดาห์) ในภาพบน ส่วนภาพล่างเป็นการกรองเอาสัญญาณหายใจออกด้วยซอฟต์แวร์ (สีแดง) ในกรอบเวลา 60 วินาที จากงานวิจัยของ Kyoko Nishihara

เมื่อเทียบกับสัญญาณทั่วไปที่วัดจากมารดาสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกเหมือนสัญญาณรบกวนชนิดหนึ่งที่มีความถี่สูงกว่าสัญญาณรบกวนอื่น ในบทความของ David Castells-Rufas และ Jordi Carrabina ได้กล่าวถึงการลบสัญญาณรบกวนในสัญญาณ ECG ด้วยการกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่ติดมาพร้อมกับสัญญาณหลักโดยใช้สมการหาแอมพลิจูด

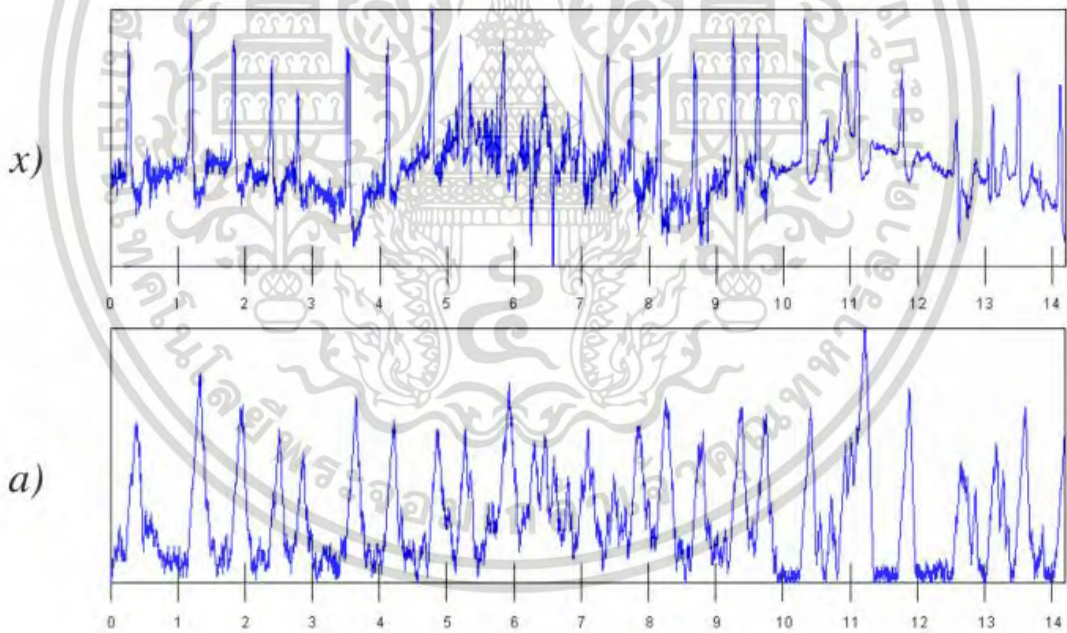
$$a(t) = \max^*(t) - \min^*(t)$$

โดยค่า \max^* และ \min^* มีหลักการอยู่ว่า ทุกครั้งที่ซอฟต์แวร์ค่าอินพุตจากฟังก์ชัน ณ เวลาปัจจุบัน จะทำการเปรียบเทียบกับค่าอินพุตก่อนหน้า หากค่าอินพุตน้อยกว่าค่าสูงสุด ณ ปัจจุบัน ให้ทำการลดค่าสูงสุดด้วยตัวแปรคงที่ค่าหนึ่งคือ Δ แต่ถ้าค่าอินพุตสูงกว่าค่าสูงสุดให้ทำการเพิ่มด้วยตัวแปรคงที่ $\sigma \cdot \Delta$ โดยค่า σ เป็นตัวแปรในการเพิ่มค่าสูงสุดและ Δ เป็นตัวแปรในการลดค่าสูงสุด [22] ซึ่งค่า \min^* มีหลักการตรงกันข้ามกับค่า \max^* ดังสมการ

$$\max^*(t) = \begin{cases} x(t) & \text{if } t = 0 \\ \max^*(t-1) + \sigma \cdot \Delta & \text{if } x(t) > \max^*(t-1) \\ \max^*(t-1) - \Delta & \text{if } x(t) \leq \max^*(t-1) \end{cases}$$

$$\min^*(t) = \begin{cases} x(t) & \text{if } t = 0 \\ \min^*(t-1) - \sigma \cdot \Delta & \text{if } x(t) < \min^*(t-1) \\ \min^*(t-1) + \Delta & \text{if } x(t) \geq \min^*(t-1) \end{cases}$$

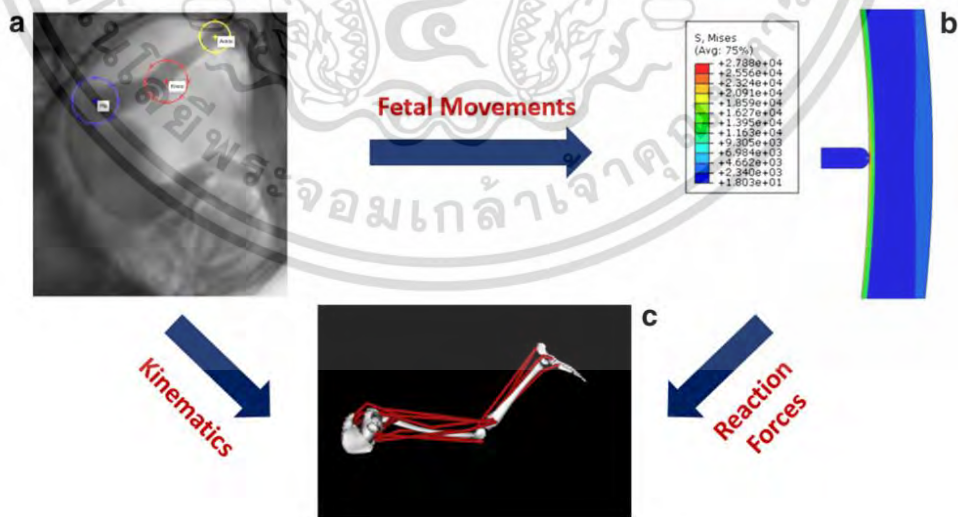
สัญญาณที่ได้จากสมการหาแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูงจะทำให้เห็นถึงความกว้างของช่วงสัญญาณ ความถี่กว้างขึ้นและปรับเทรนของความถี่ให้อยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ซึ่งง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไปดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กราฟเปรียบเทียบสัญญาณ ECG ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งจากฐานข้อมูล MIT/BIH เทปที่ 203 [22] (x) กับกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูง (a) จากงานวิจัยของ David Castells-Rufas และ Jordi Carrabina

ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกในระยะยาวนั้นมีข้อจำกัดมากมาย ทั้งในเรื่องของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องแยกเอาพฤติกรรมและสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป, ความปลอดภัยของเซนเซอร์ที่ใช้ รวมถึงความระคายเคืองต่อผิวหนังขณะสวมใส่เซนเซอร์ [5] ไม่เพียงแค่งานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเท่านั้นที่มีการใช้เซนเซอร์วัดความเร่งมาทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารก ในงานวิจัยหลายฉบับมีการหยิบยกการใช้งานเซนเซอร์ดังกล่าวมาใช้ทดสอบการเคลื่อนไหวของทารก เนื่องจากมีผู้ทำการเปรียบเทียบกับอัลตราโซโนกราฟีและยืนยันได้ว่าใช้งานได้จริง แต่ผู้วิจัยเองกลับเห็นต่างในแง่ของการใช้งาน เพราะเซนเซอร์ดังกล่าวจำเป็นต้องเทียบเคียงค่าหรือรองเอาสัญญาณที่ไม่ใช่การเคลื่อนไหวของทารกออกไปจนหมด นั่นเป็นเพียงเหตุผลรองเพราะทุกอุปกรณ์จำเป็นต้องเทียบเคียงค่าไม่มากก็น้อย แต่เหตุผลหลักคือเซนเซอร์วัดความเร่งจำต้องติดกับผิวหนังของผู้ใช้และจำเป็นต้องอยู่กับที่เพื่อลดพฤติกรรมอันก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนต่างๆซึ่งไม่ตอบโจทย์ผู้ใช้งานที่อยู่ในวัยทำงาน ผู้วิจัยจึงหาแนวทางอื่นเพื่อที่จะสามารถนำอุปกรณ์ดังกล่าวไปใช้งานได้ทุกที่และไม่ต้องนำเซนเซอร์มาแนบเนื้อให้เกิดความรำคาญ โดยเริ่มจากการเตะของทารกซึ่งเปรียบเสมือนการกดลงบนพื้นผิวที่สามารถคืนสภาพได้ จากกระบวนการคิดดังกล่าวจึงเลือกใช้หลักการของแรงดันและความดันเข้ามาประยุกต์ใช้ และเซนเซอร์ที่ตอบโจทย์ตรงจุดนี้คือเซนเซอร์วัดความดัน

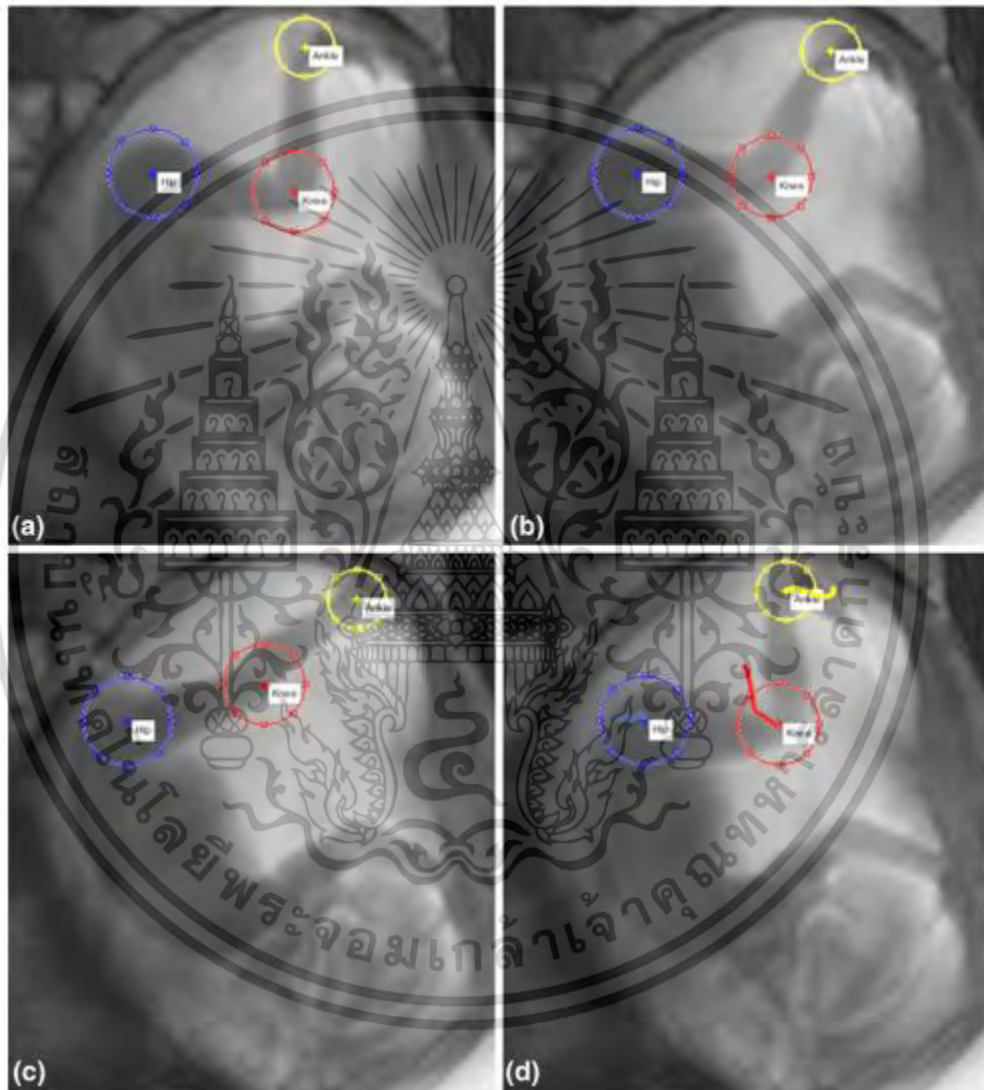
จากการศึกษาข้อมูลทางด้านสรีรศาสตร์และนรีแพทย์นอกจากการเคลื่อนไหวของทารกที่บอกถึงสุขภาพของทารกแล้ว ความแรงในการเคลื่อนไหวหรือดินยังสามารถบอกถึงสภาวะของทารก ณ ขณะนั้นได้อีกด้วย [6] แต่ยังไม่พบรายงานที่แน่ชัดนัก จึงมุ่งเป้าศึกษาในเรื่องของการนับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 วิธี a เป็นการติดตามการเคลื่อนไหวของข้อต่อของทารก b ผลลัพธ์จากการจำลองการแทนที่พื้นผิวผนังมดลูกด้วยโพรบโดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ และ c เป็นการจำลองโมเดลเพื่อคาดเดาแรงจากกล้ามเนื้อ จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทารกจากแรงเตะเท่านั้น ในงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen และคณะ ได้ศึกษาถึงแรงเตะที่ทารกกระทำกับผนังมดลูก ในที่นี้ผู้ร่วมการทดสอบมี 3 คน อายุครรภ์อยู่ในช่วง 20-22 สัปดาห์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB จับภาพการเคลื่อนไหวและการกดลงบนผนังมดลูกด้วยข้อเท้าของทารกจาก MRI ของทารกหลายๆภาพ



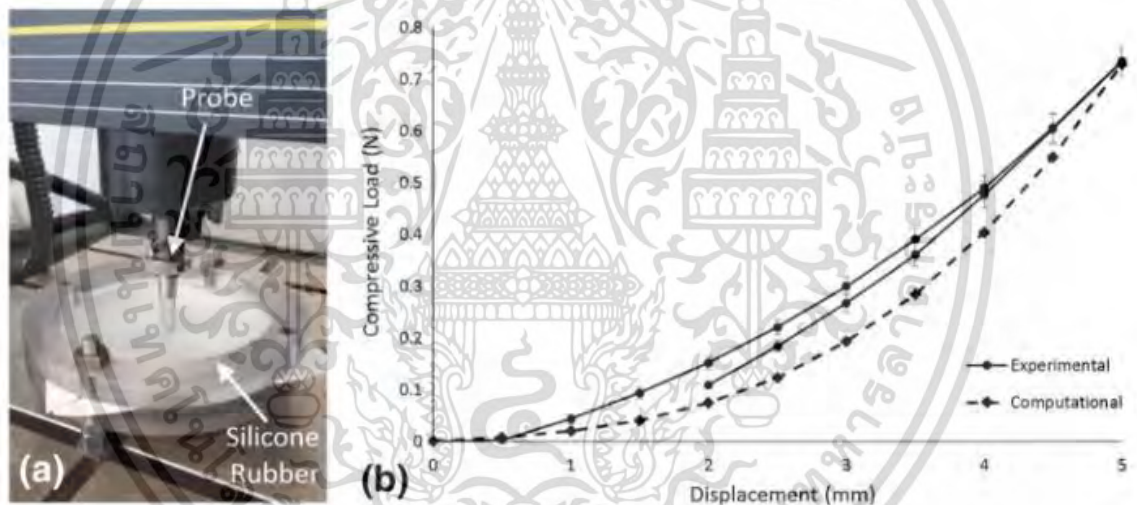
รูปที่ 2.8 ภาพถ่าย MRI ที่ใช้งานได้ ซึ่งกำลังตรวจจับการเคลื่อนไหวของข้อต่อของทารกด้วยซอฟต์แวร์จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen

ภาพที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ระยะห่างระหว่างข้อต่อ ซึ่งประกอบไปด้วย สะโพก, ข้อเข่า และข้อเท้า ข้อมูลที่ได้จะถูกใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อเป็นโมเดลจำลองการเตะ เนื่องจากแรงเตะที่กระทำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังมดลูกไม่สามารถคำนวณหาได้โดยตรงจากข้อมูลที่มี ณ ตอนนี้งจึงต้องคำนวณจากแรงสะท้อนจากโมเดลโดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการศึกษาพบว่าผนังมดลูกมีเยื่อบางๆ มีความหนา 0.6 มิลลิเมตรหุ้มไว้และถูกสมมุติให้มีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 7.53 เมกะปาสคาล ส่วนกล้ามเนื้อบริเวณผนังมดลูกมีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 586 กิโลปาสคาล การอนุมานนี้อยู่บนพื้นฐานของทารกที่มีอายุครรภ์อยู่ที่ 20 สัปดาห์ [7] ฉะนั้นในการทดสอบนี้จึงได้จำลองวัตถุ 2 ชิ้นด้วยกัน คือ ทำทารกถูกแทนด้วยโพรบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ทำจากเครื่องปรีน 3 มิติมีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 2.6 กิกะปาสคาล กดลงบนวัตถุอีกชิ้นหนึ่งคือยางซิลิโคนขนาด 16x16 เซนติเมตร มีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 10.3 เมกะปาสคาล โดยโพรบถูกกดลึกลงไป 5 มิลลิเมตร ทุกๆ 1 วินาที ผลลัพธ์ของแรงสะท้อนเฉลี่ยสูงสุดที่คาดเดาได้อยู่ที่ 0.729 นิวตัน แต่แรงดังกล่าวนอกจากจะขึ้นอยู่กับแรงในการกด และระยะระหว่างข้อต่อแล้ว



รูปที่ 2.9 ภาพการทดลองและผลการทดลองของการหาแรงสะท้อนจากการจำลองการเตะโดยการกดโพรบลงบนแผ่นยางซิลิโคน จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen

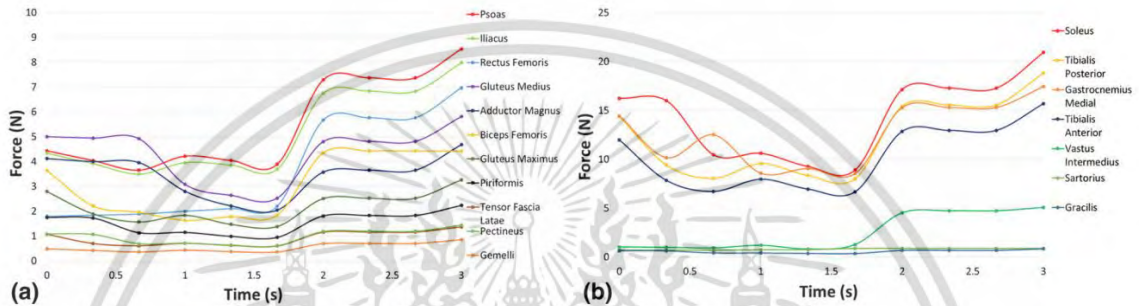
ในความเป็นจริงวัตถุคนละชนิดจะให้แรงต่างกัน ในที่นี้คือชนิดของกล้ามเนื้อ ประกอบไปด้วย 18 ชนิดด้วยกัน ใน 18 ชนิดนี้แบ่งได้ 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 แรงที่กล้ามเนื้อสะโพก ประกอบด้วย Psoas, Iliacus, Rectus Femoris, Gluteus Medius, Adductor Magnus, Biceps Femoris, Gluteus Maximus, Piriformis, Tensor Fascia Latae, Pectineus และ Gemelli

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 แรงที่กล้ามเนื้อข้อเข่า ประกอบด้วย Soleus, Tibialis Posterior, Gastrocnemius Medial, Tibialis Anterior, Vastus Intermedius, Sartorius, Gracilis

แรงที่กล้ามเนื้อเหล่านี้เกิดจากการคำนวณทางจลนศาสตร์จากข้อมูลที่มี ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากทำการเฉลี่ยจากทารกทั้ง 3 คนแล้วพบว่า แรงสะท้อนโดยเฉลี่ยหรือแรงเตะของทารกอยู่ที่ 0.52 ± 0.15 นิวตัน ซึ่งเกิดจากแรงที่กล้ามเนื้อสะโพกออกแรงกระทำมากที่สุดโดยประมาณที่ 8 นิวตัน(Psoas) และจากข้อเข่าที่ 21 นิวตัน(Soleus)



รูปที่ 2.10 แรงจากกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก(ซ้าย)และข้อเข่า(ขวา)ของทารก 1 ใน 3 ที่ร่วมการทดลอง จากงานวิจัยของ Stefaan W. Verbruggen

โดยสรุปจากวรรณกรรมที่ได้กล่าวมาข้างต้น อุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยหรือนักพัฒนา ยังคงมีข้อบกพร่องบางส่วนที่ต้องนำไปพัฒนาต่อยอด โดยอยู่บนพื้นฐานและหลักการทางด้านสถิติศาสตร์ และนรีแพทย์เป็นหลัก ในบทที่ 2 นี้เป็นการศึกษาหาข้อมูลและดูความเป็นไปได้ในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับที่ต่างไปจากเดิมในแง่ของวิธีที่ใช้ในการตรวจจับ รวมถึงองค์ความรู้ที่ใช้ในการพัฒนาต่างๆ สามารถศึกษาได้จากบทนี้ แต่ทั้งนี้ยังคงจุดประสงค์ในการวัดผลเช่นเดิม โดยที่ไม่ได้ไปแทนที่อุปกรณ์หรือเครื่องมือในห้องปฏิบัติการแต่อย่างใด เพียงแต่เป็นตัวช่วยให้ผู้ใช้สามารถรู้เท่าทันสภาพครรภ์ของตนก่อนเกิดเหตุอันไม่พึงประสงค์ขณะทำกิจกรรมต่างๆเท่านั้น องค์ความรู้เหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์และออกแบบระบบในบทที่ 3 ต่อไป

2.2 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณโดยการลดทอนสัญญาณรบกวนด้วย Exponential Moving Average (EMA)

EMA เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าของชุดข้อมูลในทอมนโดเมน ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของ moving average หรือ MA ที่มีความสมูทของชุดข้อมูลที่ได้ มากกว่า MA โดยการปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์สัมฤทธิ์ผลหรือค่าถ่วงน้ำหนัก (α) โดยคำนวณจากขนาดของช่วงเวลาที่น่าสนใจ ดังสมการ
EMA ตัวอย่างด้านล่าง ที่ใช้ในการซื้อขายหุ้นหรือค่าเงิน

$$EMA_{(Price,N)_t} = \alpha \times Price_t + (1 - \alpha) \times EMA_{(Price,N)_{t-1}}$$

$$\text{หรือ } EMA = \frac{p_1 + (1-\alpha)p_2 + (1-\alpha)^2 p_3 + (1-\alpha)^3 p_4 + \dots}{1 + (1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + (1-\alpha)^3 + \dots}$$

โดยที่ $\alpha = \frac{2}{(N+1)}$ ส่วน N คือ จำนวนข้อมูลที่น่าสนใจ และ $Price$ หรือ p_n คือค่าของข้อมูลในทีนี้คือ
ราคาหุ้น ซึ่ง EMA นั้นถูกนำไปใช้ในหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การหาแนวโน้มการเคลื่อนไหวของข้อมูลที
มักจะถูกนำไปใช้ในการประเมินช่วงเวลาในการเข้าซื้อหุ้นหรือค่าเงินต่างๆ หรือการลดสัญญาณรบกวน
ของชุดข้อมูลในใหม่โดเมน ซึ่งมีลักษณะของการใช้งานต่างกันไปในแง่ของการวิเคราะห์ช่วงเวลาในการ
เข้าซื้อหรือขายหุ้นมักจะกำหนด EMA ขึ้นมา 2-3 ช่วงเวลา เช่น 7 วัน, 15 วัน, 35 วัน หรือ 200 วัน เพื่อ
ดูแนวโน้มหรือความเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นว่าจะไปในทิศทางใดหรือเพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงของ
ราคาต่างไปจากวันก่อนหน้าหรือไม่ โดยดูจากการตัดกันของเส้น EMA ทั้ง 3 ช่วงเวลาที่กำหนดไว้

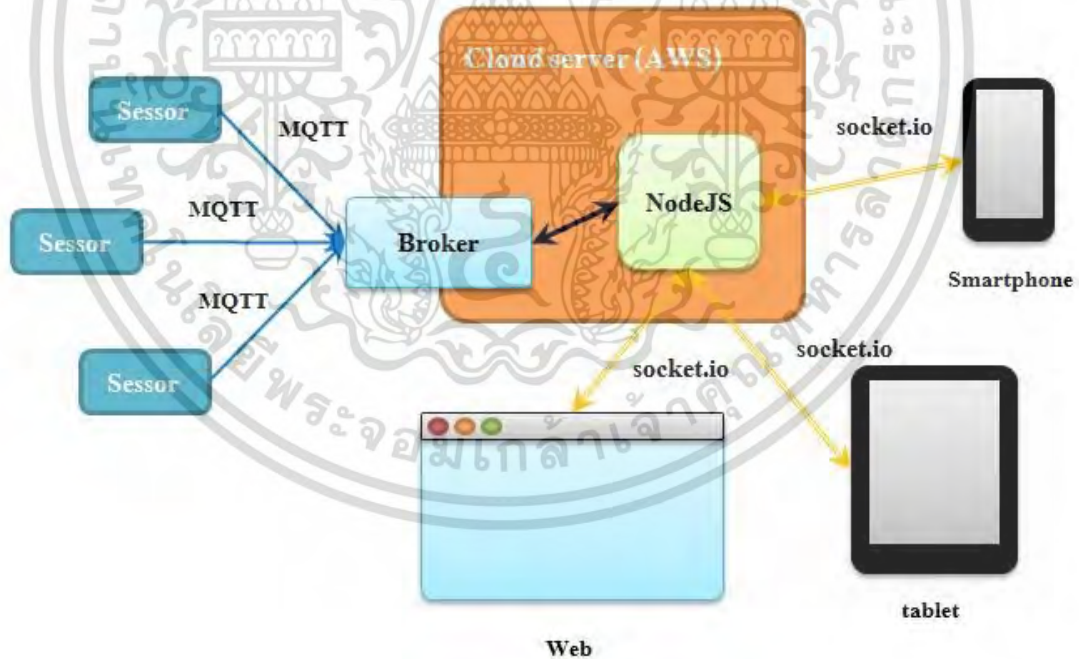


รูปที่ 2.11 การระบุตำแหน่งการเข้าซื้อหรือขายหุ้น โดยการใช้ EMA แบบ 2 ช่วงเวลา ในทีนี้คือ 50 วัน
และ 200 วัน [23] ข้อมูลจากเว็บ “StockCharts”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ราคาหุ้นจะมีการแกว่งของข้อมูลเล็กน้อยเพียงใด เมื่อเส้น EMA ที่มีกรอบของช่วงเวลาที่น้อยกว่า ตัดขึ้นมาอยู่เหนือเส้น EMA ที่มีกรอบช่วงเวลามากกว่านั้นนับได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในใหม่ โดเมนในทิศทางขาขึ้น ในทางกลับกันเมื่อเส้น EMA ที่มีกรอบของช่วงเวลาที่น้อยกว่า ตัดลงมาอยู่ใต้เส้น EMA ที่มีกรอบช่วงเวลามากกว่านั้นนับได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในใหม่โดเมนในทิศทางขาลง จากกระบวนการดังกล่าว หากเปรียบเทียบราคาหุ้นเสมือนชุดข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนซึ่งสามารถระบุแนวโน้มได้ยากกว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อคำนวณด้วย EMA แบบ 2 ช่วงเวลา เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของชุดข้อมูลในใหม่โดเมนจะทำให้การระบุตำแหน่งที่มีความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเป็นไปได้โดยง่ายกว่าการดูที่ข้อมูลดิบโดยตรง

2.3 การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ประเภทไอโอทีกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 2.12 ภาพรวมของเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ไอโอทีกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

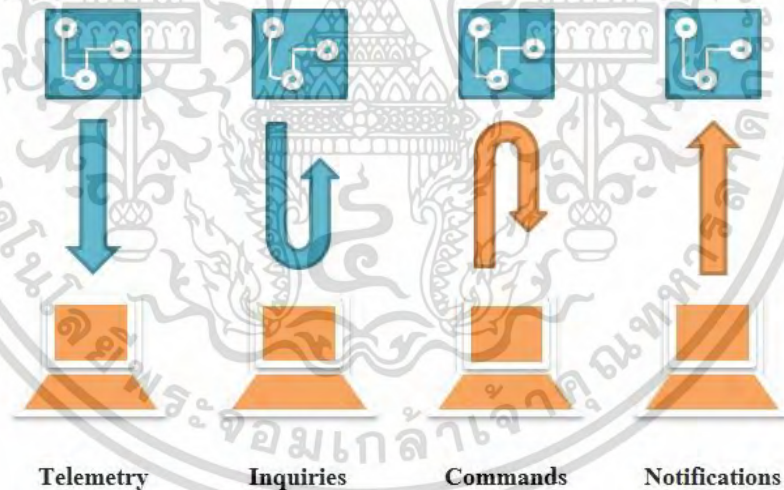
อุปกรณ์ประเภทไอโอที่เป็นที่นิยมในงานประเภทที่ต้องวัดข้อมูลแบบเรียลไทม์สามารถเชื่อมต่อกับเน็ตเวิร์คได้, มีขนาดเล็กพกพาสะดวก ซึ่งรูปแบบที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบ่งได้เป็น 4 ประเภทด้วยกันคือ

รูปแบบที่ 1 เทเรเมตรี (telemetry) เป็นการส่งข้อมูลทางเดียวโดยอุปกรณ์ไอโอที่เป็นฝ่ายรายงานค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังเซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์อื่น

รูปแบบที่ 2 อินควอรี (inquiries) ฝ่ายอุปกรณ์ไอโอที่ทำการร้องขอข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์อื่น เพื่อตรวจสอบข้อมูลหรือเช็คสถานะ

รูปแบบที่ 3 คอมมานด์ (commands) ฝ่ายเซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์อื่น ส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ไอโอ เพื่อให้ทำงานบางอย่าง

รูปแบบที่ 4 โนติฟิเคชัน (notifications) เป็นการส่งข้อมูลทางเดียวโดยเซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์อื่น ส่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังอุปกรณ์ไอโอเพื่ออัปเดตค่าหรือสถานะบางอย่าง



รูปที่ 2.13 รูปแบบในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ไอโอที่

การรับส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นในลักษณะของเทเรเมตรีซึ่งใช้ชุดโพรโทคอลชุดหนึ่งในการจัดการการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์, สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน รวมถึงฝั่งเซิร์ฟเวอร์เพื่อการร้องขอและตอบกลับมีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องของข้อมูลที่มีความสำคัญต่างๆในระบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ชั้นอินเทอร์เน็ต

ในชั้นนี้จะทำการหาเส้นทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทาง ซึ่งโพรโทคอลที่ใช้ในชั้นนี้คือ IP

2.3.1.4 ชั้นการเชื่อมต่อ

เมื่อข้อมูลถูกส่งเข้ามายังชั้นนี้ ข้อมูลจะถูกแพ็คเกจรวมกับตำแหน่งที่อยู่หรือ IP ของเครื่องต้นทางและปลายทางคู่กันไปกับข้อมูล จัดเตรียมและการตรวจสอบความเหมาะสมก่อนส่งไปตามสายส่ง

2.3.2 HTTP

เป็นมาตรฐานในการร้องขอและตอบกลับระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย ซึ่งประกอบด้วย 2 ฝ่ายด้วยกันคือไคลเอนต์หรือผู้ใช้ กับเซิร์ฟเวอร์หรือเครื่องแม่ข่ายที่จัดหาทรัพยากรต่างๆให้ ในที่นี้คือข้อมูล, วิดีโอ, รูปภาพ รวมถึงหน้าเว็บเพจต่างๆ โดยไคลเอนต์จะเปิดการร้องขอ HTTP ผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์หรือเครื่องมืออื่นๆ เช่น สมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน เป็นต้น ด้วย TCP โพรโทคอลไปยังพอร์ตของเซิร์ฟเวอร์ซึ่งโดยปกติแล้ว หากร้องขอผ่านทางหน้าเว็บ ฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์จะมีการรอรับอยู่ที่พอร์ตหมายเลข 80 ซึ่งระหว่างต้นทางและปลายทางในการรับส่งข้อมูลอาจมีสื่อกลางอีกหลายชนิด เช่น พร็อกซี, เกตเวย์ เมื่อการร้องขอมายังเซิร์ฟเวอร์จะตอบกลับด้วยสถานะอย่างใดอย่างหนึ่ง ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ร้องขอมา ในกรณีที่หาข้อมูลพบเซิร์ฟเวอร์อาจตอบกลับด้วย “HTTP/1.1 200 OK” แล้วตามด้วยเนื้อหาหรือข้อมูลที่ต้องการ ในการเข้าถึงทรัพยากรนั้นด้วย HTTP นั้นอาจจะระบุด้วย ตัวระบุแหล่งทรัพยากรสากล (URI) หรือเจาะจงไปที่ตัวชี้แหล่งในอินเทอร์เน็ต (URL) โดยใช้ http: หรือ https: นำหน้า ตามรูปแบบโครงสร้างของ URI

2.3.2.1 ข้อความร้องขอ

รูปแบบของข้อความร้องขอข้อมูลด้วย HTTP เรียงลำดับตามบรรทัดดังนี้

บรรทัดที่ 1 เริ่มต้นด้วยรูปแบบการร้องขอ ตามด้วยพาธของทรัพยากรที่ต้องการหรือไฟล์ ตามด้วยรุ่นของ HTTP

บรรทัดที่ 2 เป็นส่วนที่เรียกว่าเฮดเดอร์ เป็นตัวกำกับชนิดของข้อมูลต่างๆที่เรียกว่าเมทาเดตา เช่น “Accept-Language: en” สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ฉ.

บรรทัดที่ 3 เป็นบรรทัดว่าง (จำเป็น)

บรรทัดที่ 4 เป็นส่วนของเนื้อหา ในการร้องขอบางรูปแบบอาจไม่จำเป็นต้องมีส่วนนี้

รูปแบบการร้อง	POST / HTTP/1.1 Host: 192.168.4.1 Connection: keep-alive Content-Length: 29 Accept: text/plain, */*; q=0.01 Origin: file://
เมทาเดตา	User-Agent: Mozilla/5.0 (Linux; Android 5.1.1; Nexus 4 Build/LMY48T) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Version/4.0 Chrome/39.0.0.0 Mobile Safari/537.36 Content-Type: application/x-www-form-urlencoded; charset=UTF-8 Accept-Encoding: gzip, deflate Accept-Language: th-TH,en-US;q=0.8 X-Requested-With: com.patharanor.myfetal

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างข้อความร้องขอจากสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน

ซึ่งในแต่ละบรรทัดนั้นปิดท้ายด้วย CR และ LF ต่อกัน (ในการเขียนโปรแกรมจะการเขียน CRLF มีลักษณะดังนี้ “\r\n”) เป็นอักขระที่เอาไว้บอกว่าจะจบข้อความและขึ้นบรรทัดใหม่ สำหรับในบรรทัดที่ 3 นั้นมีเพียง CRLF เท่านั้น และส่วนที่ขาดไม่ได้คือ รุ่นของ HTTP จำเป็นต้องใส่เสมอ ส่วนอื่นอาจไม่จำเป็นต้องมีก็ได้

2.3.2.2 รูปแบบการร้องขอ

HTTP กำหนดรูปแบบการร้องขอไว้ 8 รูปแบบ เพื่อดำเนินงานกับทรัพยากรที่ถูกระบุ

2.3.2.2.1 HEAD

ร้องขอการตอบรับจากทรัพยากรที่ระบุ คล้ายกับ GET แต่จะไม่มีส่วนเนื้อหาที่ร้องขอกลับมา คำสั่งนี้ใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบข้อมูลส่วนหัวของการตอบรับ โดยไม่จำเป็นต้องส่งเนื้อหาเต็มมาทั้งหมด

2.3.2.2.2 GET

ร้องขอการนำเสนอจากทรัพยากรที่ระบุ คำสั่งนี้ไม่ควรใช้กับการดำเนินการที่อาจทำให้เกิดผลข้างเคียง เช่นการจัดการในเว็บแอปพลิเคชัน เหตุผลหนึ่งคือคำสั่ง GET มักจะถูกใช้โดยไม่มีกฎเกณฑ์โดยอินเทอร์เน็ตบอตและเว็บครอว์เลอร์ ซึ่งไม่ควรพิจารณาให้การร้องขอของบอตและครอว์เลอร์ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรในเว็บ (ดูเพิ่มที่หัวข้อ คำสั่งที่ปลอดภัย)

2.3.2.2.3 POST

ส่งข้อมูลไปยังทรัพยากรที่ระบุเพื่อให้นำไปประมวลผล โดยเฉพาะข้อมูลที่ส่งมาจากฟอร์มเอชทีเอ็มแอล ข้อมูลที่ส่งจะถูกบรรจุอยู่ในเนื้อหาของการร้องขอด้วย สิ่งนี้อาจทำให้เกิดการสร้างทรัพยากรใหม่ หรือการปรับปรุงทรัพยากรที่มีอยู่หรือทั้งสองกรณี

2.3.2.2.4 PUT

อัปเดตการนำเสนอของทรัพยากรที่ระบุ

2.3.2.2.5 DELETE

ลบทรัพยากรที่ระบุ

2.3.2.2.6 TRACE

ส่งข้อมูลร้องขอกลับมาเครื่องลูกข่ายจะเห็นว่าข้อมูลอะไรบ้างที่สื่อกลางเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงข้อความร้องขอก่อนไปถึงทรัพยากรปลายทาง

2.3.2.2.7 OPTIONS

คืนค่าเป็นรายชื่อคำสั่ง HTTP ที่เครื่องแม่ข่ายนั้นรองรับสำหรับทรัพยากรที่ระบุ สิ่งนี้สามารถใช้ตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้โดยใส่ "*" แทนที่การระบุทรัพยากร

2.3.2.2.8 CONNECT

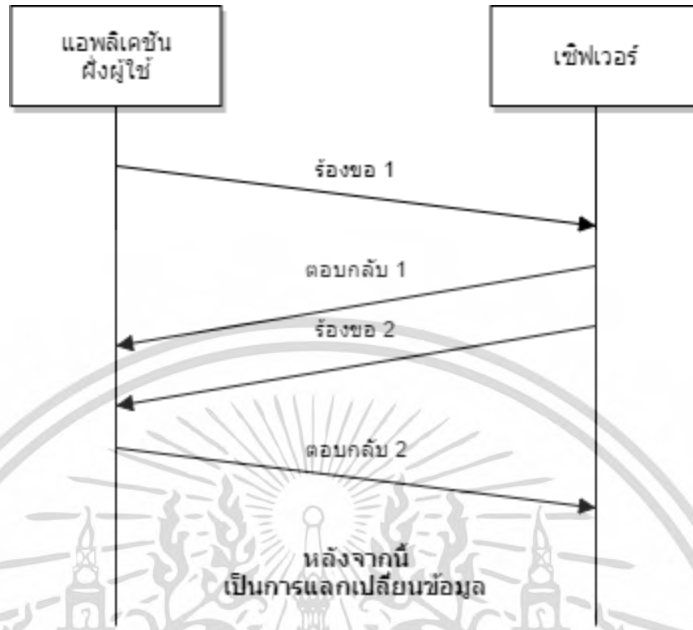
แปลงการเชื่อมต่อของการร้องขอไปเป็นทูนเนล TCP โอฟีแบบโปร่งใสมักใช้สำหรับแปลงการเชื่อมต่อที่เข้ารหัสแบบเอสเอสแอลให้เดินทางผ่านพร็อกซีที่ไม่มีการเข้ารหัสได้ง่ายขึ้น

2.3.2.3 รูปแบบการร้องขอที่ปลอดภัย

รูปแบบการร้องขอที่ถูกระบุว่าปลอดภัย เช่น HEAD, GET, OPTIONS, TRACE เป็นการร้องขอเพื่อรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว ไม่มีการเปลี่ยนสถานะของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งไม่ทำให้เกิดผลกระทบข้างเคียงกับเซิร์ฟเวอร์ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย เช่น การบันทึกข้อมูลต่างๆ ส่วนรูปแบบการร้องขอที่ไม่ปลอดภัย เช่น POST, PUT, DELETE เป็นการร้องขอที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ แต่ถึงกระนั้นรูปแบบการร้องขอที่ใช้ ขึ้นอยู่กับประเภทงาน หากผู้พัฒนาใช้งานถูกหลักกฎวิธี และมีการป้องกันการโจมตีระบบ จากผู้ไม่หวังดี รูปแบบใดก็ไม่ทำให้เกิดข้อกังวลตามมาภายหลัง

2.3.3 TCP

เป็นโพรโทคอลในการควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่าง 2 เครื่องข่าย โดยมีการประสานงานกันระหว่าง 2 เครื่องข่ายก่อนส่งข้อมูลหากันที่เรียกว่าแฮนเช็คกิ้งเพื่อให้แน่ใจว่าการเชื่อมต่อ นั้นสมบูรณ์ ซึ่งรับประกันความถูกต้อง รวมถึงลำดับของชุดข้อมูล และจำแนกชุดข้อมูลส่งไปยังแอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่บนเซิร์ฟเวอร์เดียวกันได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการทำแฮนด์เชคกึ่งสำหรับการส่งข้อมูลด้วย TCP

2.3.4 MQTT

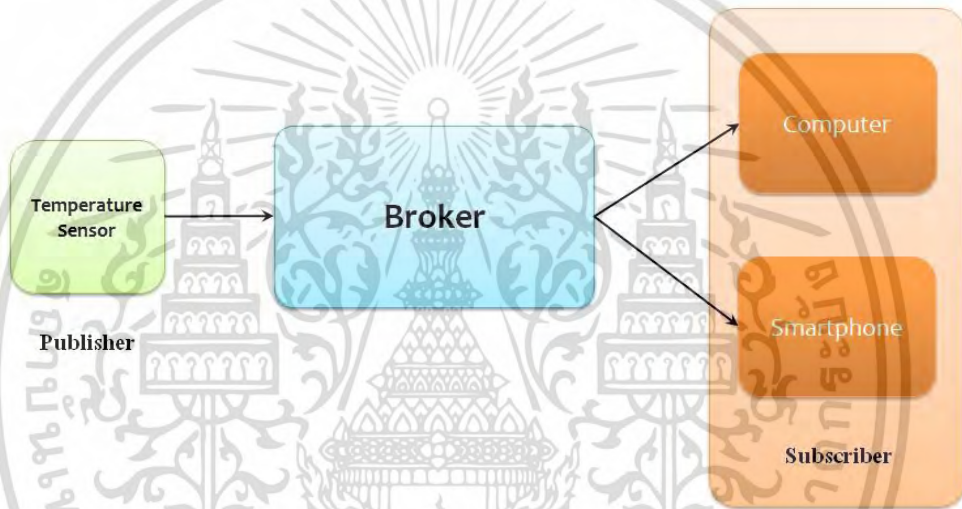
Message Queue Telemetry Transport หรือ MQTT เป็นโพรโทคอลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างสองเครื่องหรืออุปกรณ์ใดๆ โพรโทคอล MQTT ถูกพัฒนาขึ้นโดย IBM และ Eurotech เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อท่อส่งแก๊สเข้ากับระบบดาวเทียมโดยมุ่งหวังให้มีการใช้งานแบตเตอรี่ที่ต่ำและใช้แบนด์วิดในการรับส่งข้อมูลที่น้อย ต่อมาถูกนำมาพัฒนาต่อโดย Eclipse Foundation และ OASIS standard ทำให้ MQTT เปิดกว้างในการใช้งานมากยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้โพรโทคอล MQTT ไม่มีการทำงานของคิวเข้ามาเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เพียงแต่คำว่า message queue นั้นมาจากชื่อเดิมที่เคยตั้งเมื่อในอดีตเท่านั้น

ในปัจจุบัน MQTT ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์กับไคลแอนต์ ในลักษณะที่อุปกรณ์หรือไคลแอนต์เป็นฝ่ายเผยแพร่ข้อมูล หรือพับลิช (publish) และเซิร์ฟเวอร์เป็นผู้เฝ้ารอรับข้อมูลหรือซบสไครบ (subscribe) ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก, มีความน่าเชื่อถือ และใช้งานง่าย โพรโทคอลดังกล่าวถูกนำมาใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การคุยกันระหว่างสองเครื่องหรืออุปกรณ์ใดๆ, ใช้ในการรับส่งข้อมูลในอุปกรณ์ IoT เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างโค้ดที่มากมาย และมีแบนด์วิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.1 รูปแบบของพัลลิกซ์และซึบสไครบ์

พัลลิกซ์และซึบสไครบ์บางครั้งเรียกว่า PubSub เป็นทางเลือกหนึ่งของโครงสร้างไคลแอนต์เซิร์ฟเวอร์โดยที่ไคลแอนต์สามารถรับส่งข้อมูลกับเซิร์ฟเวอร์ได้โดยตรง แม้ PubSub คู่หนึ่งๆนั้นทำหน้าที่เป็นไคลแอนต์ทั้งคู่โดยพัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังไคลแอนต์หรือซึบสไครเบอร์อีกตัวหนึ่ง (หรือหลายตัว) แต่ไคลแอนต์ทั้งสองฝั่งนั้นไม่สามารถรู้ได้เลยว่าไคลแอนต์ตัวใดเป็นฝ่ายส่งข้อมูลมา จึงมีตัวกลางอีกตัวหนึ่งที่ช่วยในการกรองข้อมูลจากพัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์ตัวหนึ่งและการกระจายข้อมูลไปยังซึบสไครเบอร์ถูกตัว



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างรูปแบบการทำงานระหว่างโบรกเกอร์และพัลลิกซ์/ซึบสไครบ์

พัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์และฝั่งรับนั้นแยกออกจากกันอย่างอิสระ 3 เรื่องด้วยกันคือ

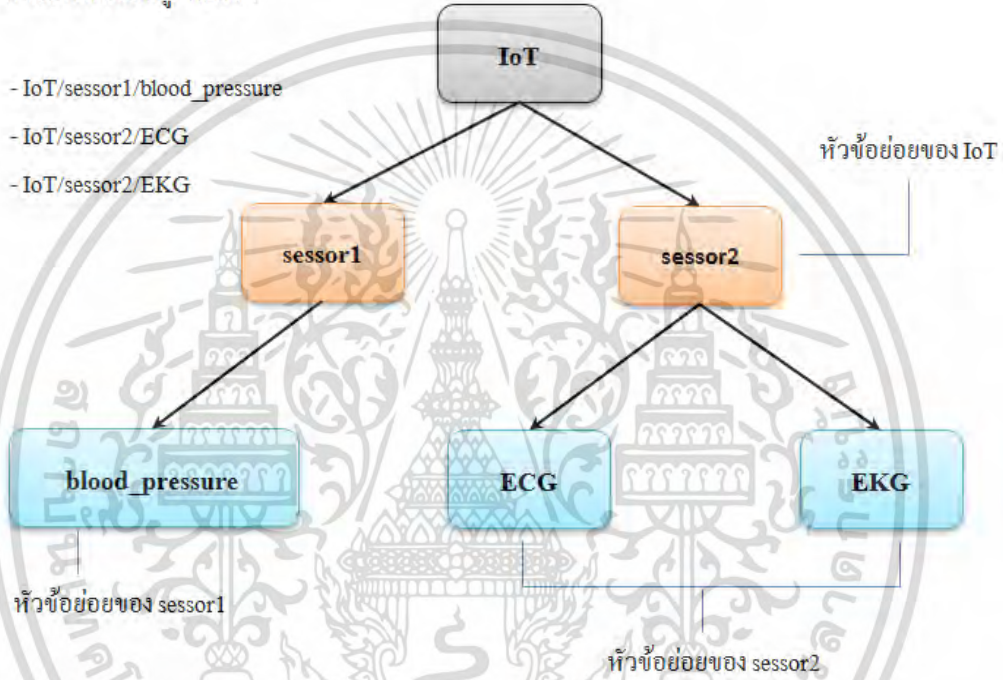
- แยกพื้นที่ (space decoupling) พัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์และซึบสไครบ์ไม่จำเป็นต้องรู้ว่าใครเป็นใครหรืออยู่ที่ใด ยกตัวอย่างเช่น พัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์ไม่จำเป็นต้องรู้ ไอพี หรือ พอร์ตของซึบสไครเบอร์
- แยกเวลา (time decoupling) พัลลิกซ์เซิร์ฟเวอร์และซึบสไครบ์ไม่จำเป็นต้องทำงานในเวลาเดียวกัน
- แยกการประสานข้อมูล (synchronization decoupling) การทำงานของทั้ง 2 ส่วนไม่จำเป็นต้องรอการตอบสนองทันทีทั้งการพัลลิกซ์และซึบสไครบ์

2.3.4.2 หัวข้อสำหรับพัลลิกซ์และซึบสไครบ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลด้วย MQTT โพรโทคอลนั้นใกล้เคียงเรียลไทม์ ข้อมูลต่างๆที่ถูกส่งนั้น จะผ่านโบรกเกอร์ซึ่งเป็นตัวกลางในการจัดการข้อมูลรวมถึงเป็นที่พักข้อมูล เพื่อให้กับซับสไครเบอร์ที่หยุดหรือปิดการทำงานไปได้รับข้อมูลล่าสุดตลอดเวลาเมื่อเปิดใช้งาน ในการกรองข้อมูลของโบรกเกอร์จะกรองจากหัวข้อ (topic) ซึ่งในหัวข้อหนึ่งๆอาจประกอบไปด้วยหลายหัวข้อย่อยซึ่งในข้อความที่โบรกเกอร์ได้รับนั้นจะขึ้นด้วยเครื่องหมาย “/” และในแต่ละหัวข้อย่อยนั้นมีความสัมพันธ์ในลักษณะของลำดับชั้น

ตัวอย่างหัวข้อที่ถูกพับลิช :



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างหัวข้อที่โบรกเกอร์ได้รับจากพับลิชเซอร์และซับสไครเบอร์

ซับสไครเบอร์จะสามารถรับข้อมูลหรือหัวข้อได้ก็ต่อเมื่อซับสไครเบอร์ทำการซับสไครบ์หัวข้อเดียวกัน (ต้องเหมือนกันทั้งตัวอักษรพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ใหญ่) กับพับลิชเซอร์ที่ทำการพับลิชไปยังโบรกเกอร์

2.3.4.3 การกรองหัวข้อด้วยสัญลักษณ์

โคลแอนต์สามารถซับสไครบ์ได้ทุกหัวข้อหรือคัดกรองหัวข้อได้ตามต้องการด้วยสัญลักษณ์ ชั้นระหว่างหัวข้อที่ต้องการ ซึ่งสัญลักษณ์แบ่งได้ 3 แบบ โดยสมมติให้หัวข้อที่โบรกเกอร์รับเข้ามาเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IoT/sessor1/blood_pressure

IoT/sessor1/EKG

IoT/sessor2/ECG

IoT/sessor2/EKG

แบบที่ 1 : สัญลักษณ์ระดับเดียว ถูกแทนด้วยเครื่องหมาย “+” ใช้ในการกรองหัวข้อใดก็ได้ในระดับชั้นเดียวกันกับที่มีเครื่องหมาย “+” อยู่เท่านั้น ส่วนระดับชั้นอื่นจะต้องอ้างอิงหัวข้อเดียวกัน เช่น ซับสไคริปต์ด้วย “IoT+/EKG” ผลที่ได้คือตัวอักษรสีเขียวจะถูกกรองนำไปใช้ ส่วนสีแดงจะถูกละทิ้ง

IoT/sessor1/blood_pressure

IoT/sessor1/EKG

IoT/sessor2/ECG

IoT/sessor2/EKG

แบบที่ 2 : สัญลักษณ์หลายระดับ ถูกแทนด้วยเครื่องหมาย “#” ใช้ในการกรองหัวข้อใดๆตั้งแต่ระดับชั้นที่มีเครื่องหมาย “#” อยู่เท่านั้น ส่วนระดับชั้นอื่นจะต้องอ้างอิงหัวข้อเดียวกัน เช่น ซับสไคริปต์ด้วย “IoT/sessor2/#” ผลที่ได้คือตัวอักษรสีเขียวจะถูกกรองนำไปใช้ ส่วนสีแดงจะถูกละทิ้ง

IoT/sessor1/blood_pressure

IoT/sessor1/EKG

IoT/sessor2/ECG

IoT/sessor2/EKG

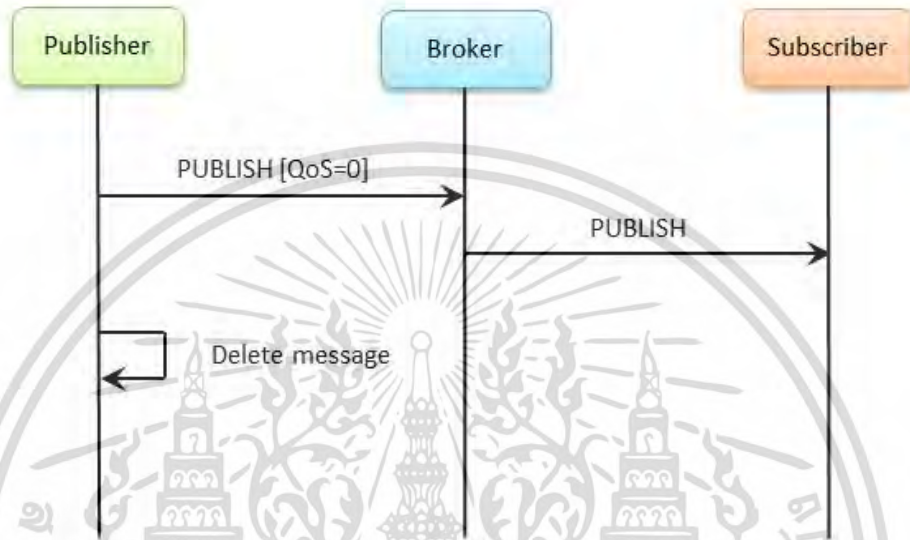
แบบที่ 3 : สัญลักษณ์จอง แทนด้วย “\$” สัญลักษณ์ดังกล่าวจะถูกวางไว้หน้าสุดของหัวข้อ เพื่อเป็นการจองหรือปิดกั้นหัวข้อดังกล่าว สัญลักษณ์ดังกล่าวมักถูกสงวนไว้ใช้สำหรับโบรกเกอร์

2.3.4.4 คุณภาพของการรับส่งข้อมูล (QoS)

ใน MQTT สามารถกำหนดคุณภาพในการรับส่งข้อมูลมี 3 ระดับ ดังนี้

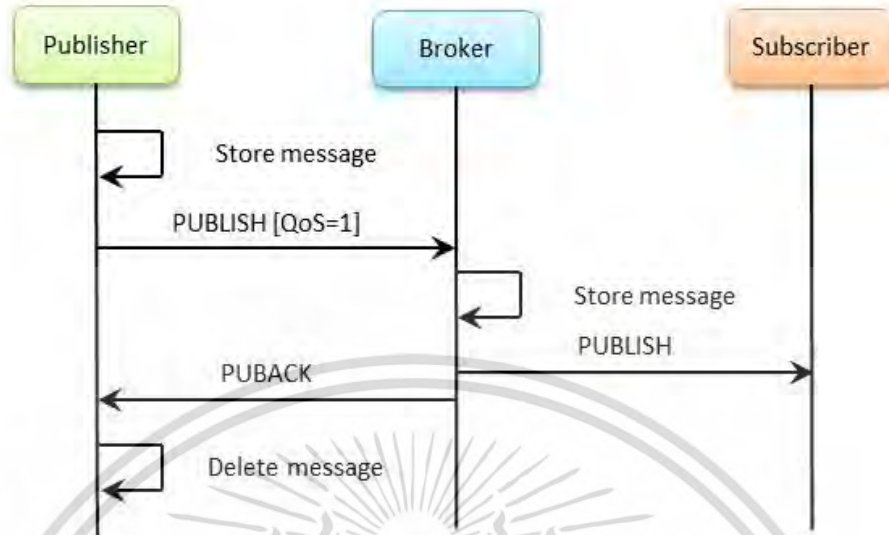
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพกำหนดเป็น 0 : เป็นการรับส่งข้อมูลที่มีคุณภาพต่ำสุดแต่จะมีความเร็วสูงสุด โดยพับลิชเชอร์จะทำการอ่านข้อมูลได้ จะทำการพับลิชข้อมูลเพียงครั้งเดียวแล้วลบข้อมูลนั้นทิ้งทันทีโดยไม่เก็บไว้ การทำงานนี้มีผลกับโบรกเกอร์เช่นเดียวกัน



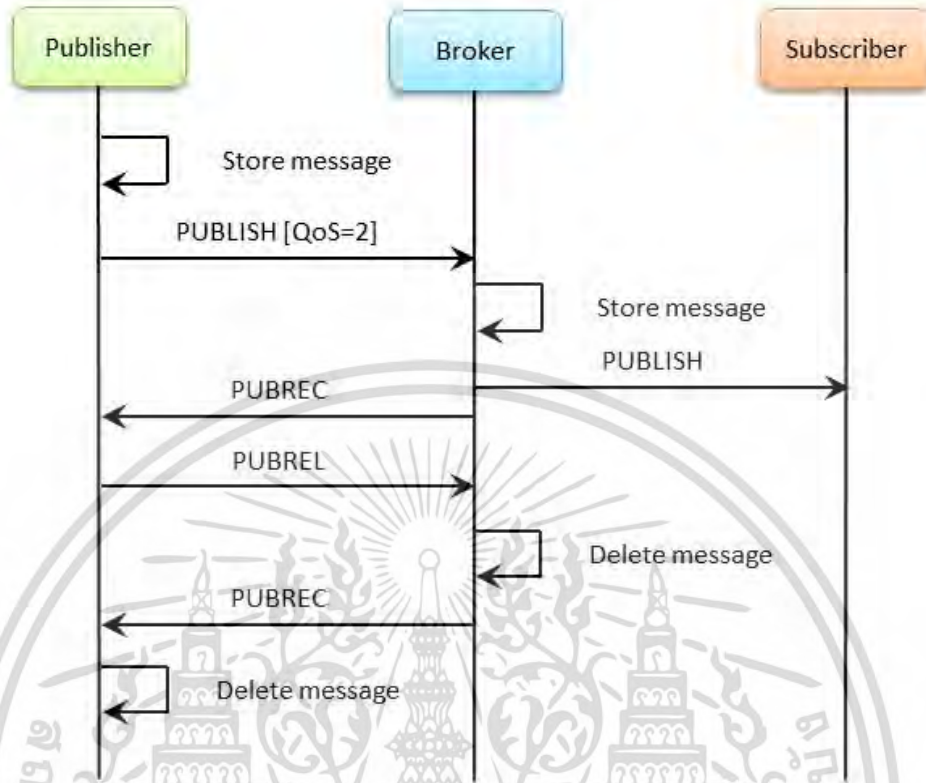
รูปที่ 2.19 กระบวนการทำงานเมื่อทำการพับลิชข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 0

คุณภาพกำหนดเป็น 1 : พับลิชเชอร์มีการบันทึกข้อมูลก่อนการส่งข้อมูล เมื่อโบรกเกอร์ได้รับแล้วจะทำกระบวนการเดียวกัน หลังจากโบรกเกอร์ทำการส่งผ่านข้อมูลไปยังที่หมายแล้ว จะทำการส่งแพ็คเกจ “PUBACK” ตอบกลับไปยังพับลิชเชอร์ เมื่อพับลิชเชอร์ได้รับการตอบสนองดังกล่าว จะทำการลบข้อมูลที่ส่งทิ้งไป แต่ถ้าไม่ได้รับการตอบสนองดังกล่าวจะทำการส่งใหม่อีกรอบ



รูปที่ 2.20 กระบวนการทำงานเมื่อทำการพับลิชข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 1

คุณภาพกำหนดเป็น 2 : เป็นระดับสูงสุดของการรับประกันคุณภาพ พับลิชเชอร์จะทำการบันทึกข้อมูลก่อนการส่งข้อมูล เมื่อโบรกเกอร์ได้รับแล้วจะทำกระบวนการเดียวกัน หลังจากโบรกเกอร์ทำการส่งผ่านข้อมูลไปยังที่หมายแล้ว จะทำการส่งแพ็คเกจ “PUBREC” ตอบกลับไปยังพับลิชเชอร์เพื่อบอกให้รู้ว่าได้รับข้อมูลและส่งต่อเรียบร้อยแล้ว ฟังก์ชันพับลิชเชอร์จะตอบ “PUBREL” กลับไปเพื่อยืนยันการรับรู้การทำงานทางฝั่งโบรกเกอร์ หลังจากนั้นโบรกเกอร์จะลบข้อมูลที่เก็บไว้ และส่ง “PUBCOMP” กลับมายังพับลิชเชอร์ เพื่อเปรียบเทียบชุดข้อมูลที่ส่งต่อไปนั้นว่าเป็นชุดเดียวกันหรือไม่ หากข้อมูลตรงกันหรือไม่ได้รับการตอบสนอง พับลิชเชอร์จะลบข้อมูลที่เก็บไว้ทิ้งไปเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่ถ้าหากไม่ตรงกันจะทำการส่งข้อมูลใหม่



รูปที่ 2.21 กระบวนการทำงานเมื่อทำการพับลิชข้อมูลโดยกำหนดให้ QoS เป็น 2

2.4 Amazon Cloud Services (AWS)

อเมซอนคลาวด์เป็นบริการทางด้านเซิร์ฟเวอร์ที่ครบวงจรและดีที่สุด ณ ขณะนี้ เนื่องจากมีลูกเล่นต่างๆ ที่นักพัฒนาต้องการ เช่น คลาวด์คอมพิวติ้ง, ระบบฐานข้อมูล, โหลดบาลานซ์เซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น และยังแก้ไขการทำงานต่างๆ ได้ตามต้อง เหตุที่เป็นที่นิยมไม่ใช่มีเพียงลูกเล่นต่างๆ ที่มีมากมาย แต่กลับเป็นการให้ทดลองใช้งานฟรี 1 ปีโดยที่ใช้งานไม่เกินข้อจำกัดที่ตั้งขึ้น [9] กรณีใช้เกินข้อจำกัดสามารถจ่ายเพียงแค่ส่วนที่ใช้เกินมาหรือใช้ตามจริงเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับผู้ที่ไม่มียุทธในการตั้งเซิร์ฟเวอร์เพื่อทดลองระบบการทำงานชั่วคราว รวมถึงผู้ที่ต้องการระบบคำนวณที่ใช้ทรัพยากรค่อนข้างมากและโตขึ้นเรื่อยๆ โดยที่ไม่สามารถระบุขอบเขตการใช้งานได้ อเมซอนคลาวด์เข้ามาตอบโจทย์ตรงจุดนี้ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย กรณีใช้งานเสร็จสามารถลบบัญชีหรือปิดบัญชีได้โดยที่ยังไม่ครบกำหนด 1 ปี และไม่มีข้อผูกมัดใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

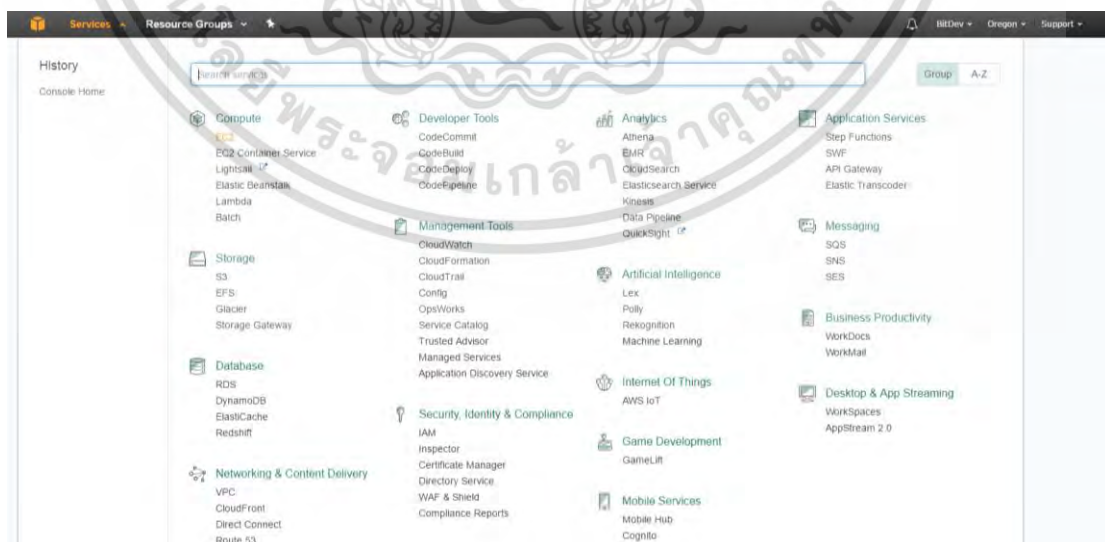
2.4.1 การสมัครใช้งาน

การสมัครใช้งานจำเป็นต้องใช้บัตรเครดิตเพื่อตัดเงินในกรณีที่เรายังใช้งานเกินกำหนดเท่านั้น กรณีที่ไม่ได้ใช้งานเกินไม่มีความน่าเป็นห่วงแต่อย่างใด การสมัครสามารถเข้าไปสมัครได้ที่ <https://aws.amazon.com/console> โดยคลิกที่ “Create an AWS Account” หลังจากนั้นกรอกข้อมูลเพื่อสร้างบัญชี ในหน้าข้อมูลการติดต่อให้ใส่ข้อมูลของเราตามบัตรเครดิตที่สมัครไว้ แล้วทำตามขั้นตอนการสมัครไปจนจบกระบวนการ เมื่อยืนยันตัวตนด้วยพินสำเร็จแล้ว ระบบจะให้เลือกรูปแบบการใช้งาน ในที่นี้เลือกใช้งานแบบ “Basic” เพื่อทดลองใช้งานฟรี 1 ปีโดยไม่เกินข้อจำกัดที่กำหนด

2.4.2 การใช้งานคลาวด์ด้วยระบบปฏิบัติการ Ubuntu

ในที่นี้เลือกการใช้งานเซิร์ฟเวอร์ในระบบยูนิคเนื่องจากง่ายต่อการจัดการแต่มีประสิทธิภาพ และอาจจะไม่สะดวกนักสำหรับคนที่เคยใช้ในในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เพราะในระบบนี้จะสั่งการหรือเรียกใช้สิ่งต่างๆผ่านการพิมพ์คำสั่งเป็นหลัก

ในการจัดตั้งเซิร์ฟเวอร์จำเป็นต้องสร้างอินสแตนซ์มารองรับ เริ่มโดยลือคอินเข้าไปยังแอดแด้าท์ที่สร้างขึ้นเมื่อสักครู่ ที่มุมขวามือเลือก “My Account” -> “AWS Management Console” หลังจากนั้นจะเข้ามายังหน้าแดรชบอร์ด ที่มุมซ้ายบนเลือก “Services” จะเห็นได้ว่ามีเซอร์วิสมากมายให้เลือกใช้พัฒนาตงรูปที่ 2.22 ในที่นี้เลือก “EC2”



รูปที่ 2.22 เซอร์วิสที่มีในอเมซอนคลาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานผู้พัฒนาสามารถเลือกภูมิภาคที่ให้บริการได้ ซึ่งมีผลกับความเร็วในการส่งข้อมูล ในที่นี้เลือก “Asia Pacific (Singapore)”

เมื่อเลือกภูมิภาคที่ให้บริการแล้ว ให้ทำการกดสร้างอินสแตนซ์จะปรากฏหน้าเว็บที่ให้เลือกอิมเมจของระบบปฏิบัติการณในที่นี้เลือก “Ubuntu Server 16.04 LTS (HVM), SSD Volume Type” เนื่องจากเป็นระบบปฏิบัติการที่เข้าเงื่อนไขการใช้งานฟรี 1 ปี โดยให้ดูจากคำว่า “Free tier eligible” เป็นหลัก ในที่นี้เลือกอินสแตนซ์ที่โอบีเป็น “t2.micro”



รูปที่ 2.23 ระบบปฏิบัติการที่มีให้เลือกใช้ในอเมซอนคลาวด์

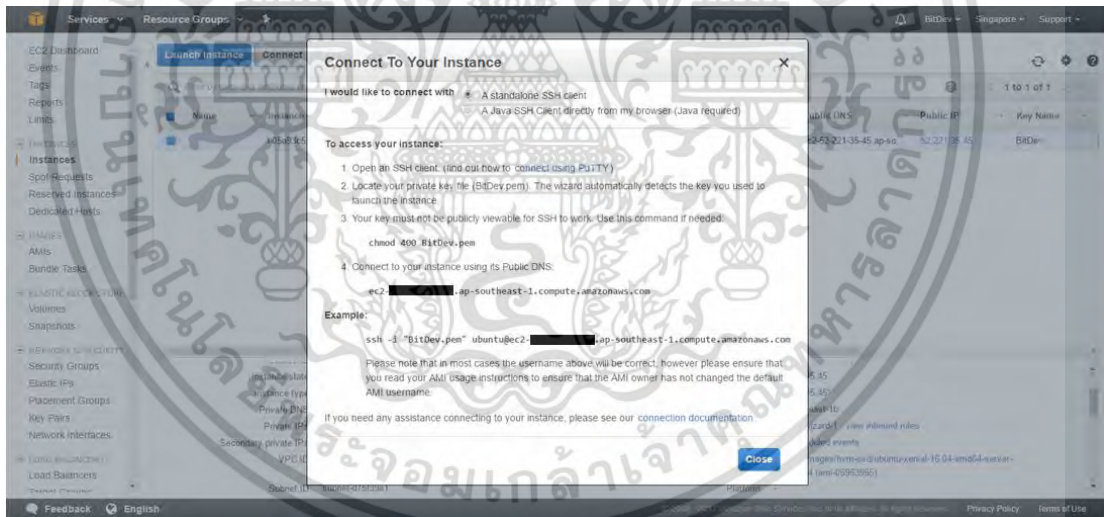
ในขั้นตอนที่ 3 ไม่จำเป็นต้องแก้ไขอะไร เพียงแต่เลือก “Protect against accidental termination” เป็นการป้องกันการผิดพลาดในการลบอินสแตนซ์แบบไม่ทันระวัง จากนั้นกดถัดไป เพื่อระบุขนาดของพื้นที่เก็บข้อมูลและชนิดของตัวเก็บข้อมูล

ในส่วนของความปลอดภัยสามารถกำหนดได้อย่างอิสระตามความต้องการ เจ้าของบัญชีเองต้องเป็นผู้ตระหนกอยู่เสมอว่าอาจมีการแฮกข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ได้หากการป้องกันหละหลวม ในที่นี้อนุญาตให้ทุกข้อมูลสามารถเข้าออกได้โดยเลือก “All Traffic” สำหรับช่อง “Type” และ “Anywhere”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับช่อง “Source” หลังจากนั้นกดถัดไป ระบบจะสรุปข้อมูลที่คุณเลือกเพื่อให้ตรวจสอบความเรียบร้อย อีกกรอบหนึ่ง หากเรียบร้อยแล้วให้กด “Launch”

หลังจากนั้นระบบจะเตือนถึงเรื่องการเข้าถึงอินสแตนซ์ซึ่งทุกครั้งที่เข้าระบบต้องใช้ “Key pair” ในการถึงด้วยเพื่อเป็นการยืนยันตัวตนและป้องกันการถูกแฮก ในหน้านี้ให้เราทำการตั้งชื่อคีย์ และดาวน์โหลดมาเก็บไว้ในเครื่องเพื่อนำไปใช้ต่อไป ขณะนี้ถือเป็นอันเสร็จสิ้นการตั้งอินสแตนซ์แล้วแต่ เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างราบรื่นควรตั้งค่าไอพีของอินสแตนซ์ให้เป็นสแตติกไอพีด้วย เนื่องจาก อินสแตนซ์ที่สร้างขึ้นนั้น ทางอเมซอนทำการจ่ายไอพีแบบสุ่มมาให้ ในกรณีที่เครื่องถูกปิดด้วยเหตุใดก็ตาม หลังเปิดเครื่องขึ้นมาใหม่จะไม่ใช้ไอพีเดิมที่เคยใช้ อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานที่ต้องระบุด้วยไอพี ได้ ฉะนั้นจึงต้องทำการตั้งค่าไอพีก่อนโดยไปที่ “Elastic IP” -> “Allocate new address” ระบบจะ สร้างและจองไอพีชุดหนึ่งให้เรา หลังจากนั้นเลือกผูกกับอินสแตนซ์ที่เราสร้างขึ้นแล้วกด “Associate” เป็นอันจบกระบวนการพร้อมที่จะใช้งานอินสแตนซ์ดังกล่าวผ่าน “PuTTY” และ “FileZilla”



รูปที่ 2.24 วิธีเชื่อมต่อกับอินสแตนซ์ที่สร้างขึ้น

2.5 การใช้งาน PuTTY ขั้นต้น

PuTTY เป็นช่องทางหนึ่งในการสื่อสารหรือส่งข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบเข้ารหัส ข้อมูล เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการ หรือ SSL และเทคโนโลยีโคแอนหรือ เป็นตัวช่วยในการเชื่อมต่อไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกเครื่องผ่านหน้า ผ่านคอมมานไลน์ PuTTY ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ในที่นี้อ้างอิงถึงการเชื่อมต่อไปยังเอมซอนคลาวด์หรือ AWS เท่านั้น

2.5.1 การติดตั้ง

ส่วนเสริมของ PuTTY ที่ต้องใช้มี 2 ตัวด้วยกันคือ putty.exe และ puttygen.exe ซึ่งใช้งานต่างกันโดย

2.5.1.1 putty.exe เป็นตัวหลักที่ใช้ในการเชื่อมต่อไปยังอินสแตนซ์ที่ทำการสร้างไว้บนเอมซอนคลาวด์

2.5.1.2 puttygen.exe เป็นตัวจัดการคีย์ที่ใช้ในการเข้าถึงอินสแตนซ์

โดย 2 ส่วนดังกล่าวสามารถ download ผ่านทาง ลิงค์นี้ <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>



รูปที่ 2.25 ไฟล์ส่วนเสริมของ PuTTY ที่ต้องใช้

2.5.2 การตั้งค่า

2.5.2.1 ทำการรัน putty.exe

2.5.2.2 ที่แถบด้านซ้าย ไปที่ “Connection” -> “SSH” -> “Auth”

พื้นที่ด้านขวา เลือก “Browse...”

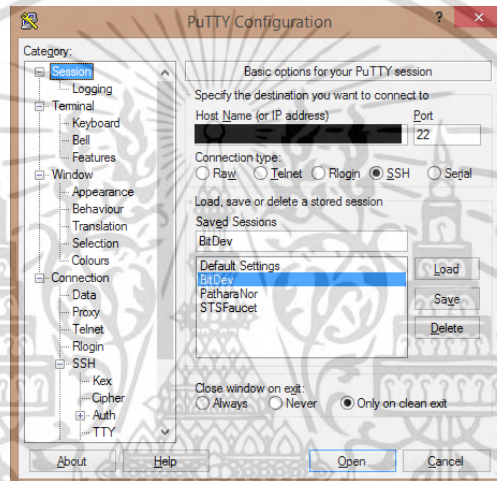
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.3 เลือกคีย์ที่ดาวน์โหลดจากอเมซอนคลาวด์

2.5.2.4 ที่แถบด้านขวา ไปที่ “Session” ใส่ไอพีของอินสแตนซ์ที่ทำการ

เปิดไว้ในอเมซอนคลาวด์

2.5.2.5 ที่หัวข้อ “Saved Session” ใส่ชื่อตามต้องการ แล้วกด “Save” เพื่อที่ครั้งหน้า จะได้โหลดการตั้งค่าขึ้นมาใช้งานได้ทันที



รูปที่ 2.26 หน้าต่างโปรแกรม PuTTY

2.5.3 การเชื่อมต่อ

หลังจากตั้งค่าทั้งหมดแล้ว กด “Open” แล้วหน้าคอมมานไลน์จะแสดงขึ้นมา โดยส่วนใหญ่ถ้าไม่ได้ทำการตั้งค่าใดมาก่อนที่อเมซอนคลาวด์ก็จะใช้รหัส "ubuntu" ในการเข้าถึงอินสแตนซ์ให้เป็นค่าเริ่มต้น หลังจากนั้นก็สามารถเชื่อมต่อกับอินสแตนซ์ของคุณที่เปิดขึ้นบนอเมซอนคลาวด์ได้แล้ว

2.6 การใช้งาน FileZilla ขั้นต้น

FileZilla ถูกใช้เป็นตัวส่งถ่ายแฟ้มข้อมูลหรือไฟล์จากเครื่องๆหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้หลายรูปแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงการเชื่อมต่อแบบ SSH ที่มีความปลอดภัยสูงผ่านพรอโทคอลที่ถูกละเมิดมาจาก “.pem” ด้วย “puttygen.exe” เพื่อเข้าถึงอินสแตนซ์ที่สร้างขึ้นในอเมซอนคลาวด์

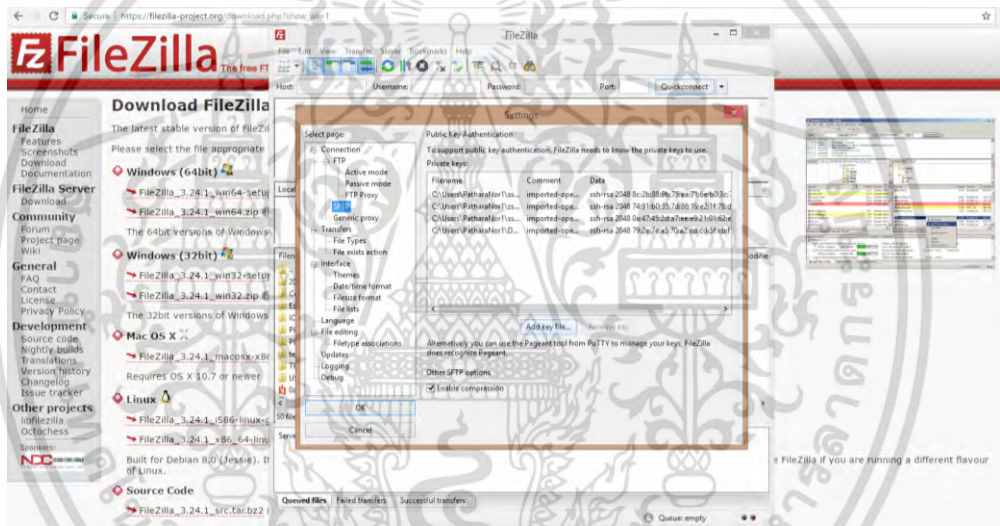
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การติดตั้ง

ติดตั้งลงไดเรกทอรีใดก็ได้ ตัวไฟล์สามารถดาวน์โหลดผ่านลิงค์นี้ https://filezilla-project.org/download.php?show_all=1

2.6.2 การตั้งค่า

2.6.2.1 ทำการโปรเวทศีย์หรือไฟล์ “.ppk” โดยไปที่ “Edit” -> “Setting” -> “SFTP” แล้วเลือก “Add key file...” แล้วทำการเลือกคีย์ที่ได้จากอะเมซอนคลาวด์ กรณีที่ยังไม่ทำการแปลงไฟล์ “.pem” เป็น “.ppk” ตัวโปรแกรมจะทำการแปลงให้อัตโนมัติ



รูปที่ 2.27 การเพิ่มคีย์ลงโปรแกรม FileZilla

2.6.2.2 กำหนดไอพีที่ใช้ประจำโดยไปที่ “File” -> “Site Manager...”

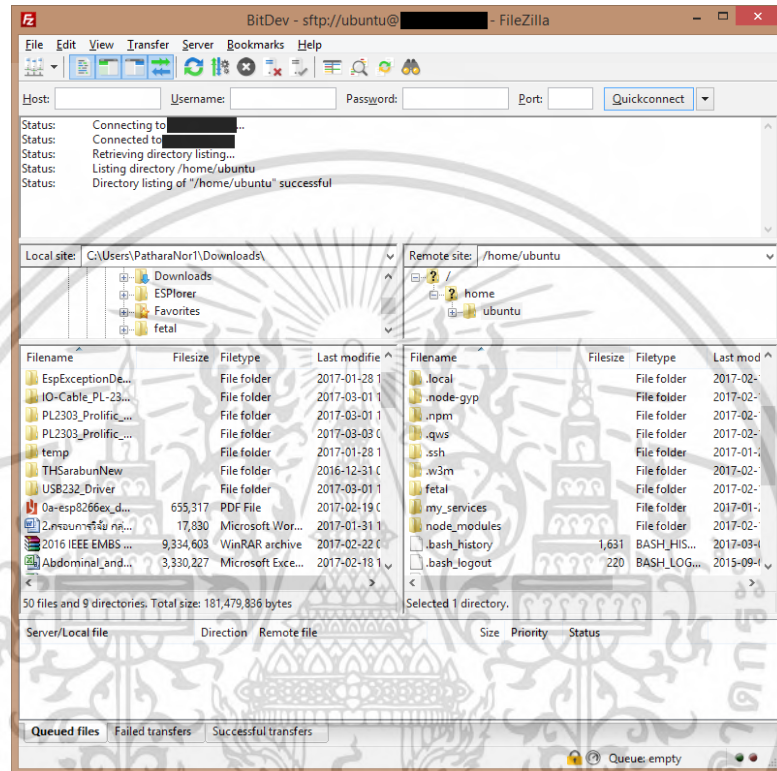
2.6.2.3 ทำการใส่ไอพีของอินสแตนซ์ที่เราใช้ ส่วนของการล็อกอิน ให้เลือก “Normal” แล้วใส่ช่อง “User” เป็น “ubuntu” แล้วกด “OK” หลังจากนั้นทุกครั้งที่เปิดโปรแกรมขึ้นมาสามารถเลือกอินสแตนซ์ที่ใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องตั้งค่าใหม่ทุกครั้ง

2.6.3 การใช้งาน

ผู้ที่พัฒนาเว็บไซต์หรือฝั่งไคลแอนรวมถึงผู้ที่ดูแลฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะมีการใช้งานหลักๆคืออัปโหลดซอร์สไฟล์ที่ตนพัฒนาไปยังอินสแตนซ์ที่ใช้งานอยู่ โดยการเชื่อมต่อไปยังไอพีที่ตั้งค่าเอาไว้ หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นโปรแกรมจะแสดงไดเรกทอรีที่มีทั้งหมดของเครื่องโฮสต์(ด้านซ้าย)และอินสแตนซ์ที่ทำการเชื่อมต่อ(ด้านขวา) ในการอัปโหลดไฟล์สามารถทำการลากไฟล์ที่ต้องการไปวางลงในไดเรกทอรีที่ต้องการทางช่องขวาได้เลย



รูปที่ 2.28 โปรแกรม FileZilla ขณะใช้งาน

2.7 Node.js

พัฒนาด้วย JavaScript ทำงานตอนรันไทม์บนเอ็นจิน “Chrome’s V8 JavaScript” สำหรับ Node.js ทำงานในลักษณะอีเวนต์เบส หรือทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์นั้นๆขึ้น และโมเดลนอนบล็อกกิ้งไอ/โอหรือที่รู้จักกันในรูปของอะซิงโครนัส [10] ผ่านควอแบคฟังก์ชัน ซึ่งนั่นทำให้ไม่เบี่ยงทรัพยากรในการทำงานของเครื่อง กลับเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย แต่ Node.js ถูกออกแบบมาโดยไม่มีการทำงานแบบหลายเทรดจึงไม่อาจนำเอาข้อดีของการทำงานแบบหลายคอร์มาใช้ได้ แต่สามารถทำโหนดบารานให้กับโพรเซสการทำงานบนคอร์นั้นๆได้ด้วยฟังก์ชัน `child_process.fork()`

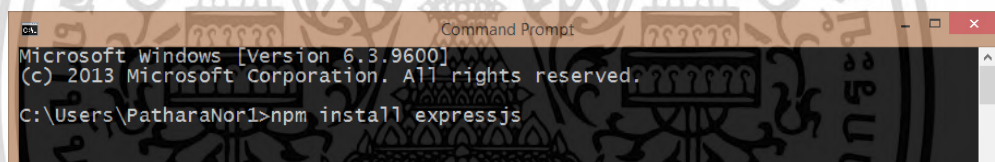
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก Node.js เป็นโอเพ่นซอร์ส แพ็คเกจหรือไลบรารีที่จำเป็นในการพัฒนาจึงถูกสร้างขึ้นมาอำนวยความสะดวกให้มากมาย ซึ่งสามารถดาวน์โหลดมาติดตั้งบนเครื่องด้วยคำสั่ง “npm” ในคอมพิวเตอร์ออนไลน์ แต่ก่อนการใช้งานต้องทำการติดตั้งลงบนเครื่องก่อนสามารถดาวน์โหลดได้ที่ <https://nodejs.org/en/download/>

แม้ Node.js ทำงานได้หลายแพลตฟอร์มแต่ปัจจุบันเริ่มถูกนำมาใช้งานเป็นเซิร์ฟเวอร์แทนอาปาเช่ ซึ่งเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้กันมาอย่างแพร่หลายในอดีต แต่เนื่องด้วยข้อดีดังกล่าวของ Node.js จึงเริ่มถูกนำมาแทนที่เพราะสามารถเข้าถึงได้ง่ายกว่า และคนที่พัฒนาเว็บไซต์ที่เชี่ยวชาญ JavaScript อยู่แล้วสามารถเรียนรู้ได้ง่ายจึงเป็นที่แพร่หลายในปัจจุบัน

2.7.1 การติดตั้งแพ็คเกจเสริม

การติดตั้งจะใช้คำสั่ง “npm” ในการจัดการแพ็คเกจเว็บเวอร์คแล้วตามด้วย “install” หลังจากนั้นเว็บเวอร์คแล้วตามด้วยชื่อแพ็คเกจที่เราต้องการ โดยเริ่มจากไปที่คอมพิวเตอร์ออนไลน์แล้วพิมพ์คำสั่งตามรูปที่ 2.29 เพื่อทำการติดตั้งแพ็คเกจที่ต้องการ ในที่นี้คือ Expressjs



```

Command Prompt
Microsoft Windows [Version 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. All rights reserved.
C:\Users\PatharaNor1>npm install expressjs
  
```

รูปที่ 2.29 รูปแบบคำสั่งในการติดตั้งแพ็คเกจของ Node.js

2.7.2 การพัฒนาซอร์สโค้ด

การเขียนโค้ดนั้นมีหลาย IDE ที่รองรับ แต่ในที่นี้ใช้เท็กซ์อีดิเตอร์ที่ชื่อ “Sublime Text” ในการพัฒนา เนื่องจากดูง่ายสบายตา จากการแยกสีตามความสำคัญของชนิดของโทเค็นในโค้ด มีการแสดงภาพรวมของโค้ดไว้ด้านข้างเพื่อดูภาพของงานได้ และยังสามารถโหลดแพ็คเกจเสริมเพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาได้ด้วย

```

C:\Users\PatharaNor1\Documents\Arduino\socket\filesystem\filesystem.cpp - Sublime Text 2 (UNREGISTE...
File Edit Selection Find View Goto Tools Project Preferences Help

filesystem.cpp
6
7 #include <ArduinoJson.h>
8 #include <Hash.h>
9 #include <FS.h>
10 #include <TimeLib.h>
11 #include "filesystem.h"
12
13 FileSys::FileSys(){
14 }
15
16
17 void FileSys::prepareFileSystem(){
18     for(uint8_t t = 4; t > 0; t--) {
19         Serial.printf("[SETUP] BOOT WAIT %d...\n", t);
20         Serial.flush();
21         delay(1000);
22     }
23     Serial.printf("\n---- File system ----\n");
24
25     // Check file system
26     SPIFFS.begin();
27     {
28         Dir dir = SPIFFS.openDir("/");
29         while (dir.next()) {
30             String fileName = dir.fileName();
31             size_t fileSize = dir.fileSize();
32             Serial.printf("FS File: %s, size: %s\n", fileName.c_str(), formatBy
33         }
34         // Temp
35         //SPIFFS.remove("wifi.txt");
36     }
37     Serial.printf("\n");
38 }
39
40 // Prepare log file
41 //createFile("log");
42 }
43
44 String FileSys::formatBytes(size_t bytes){
45     ++ /hvtac < 1024/
46
Line 1, Column 1 Spaces: 4 C++

```

รูปที่ 2.30 การพัฒนาซอร์สโค้ดด้วย Sublime Text ในภาษา C

2.7.3 การรันซอร์สโค้ดที่พัฒนาขึ้น

ซอร์สโค้ดที่พัฒนาขึ้นจะอยู่ในรูปของไฟล์นามสกุล “.js” ขั้นตอนการรันไฟล์ดังกล่าวให้ทำการเปิดคอมมานด์ไลน์แล้วเปลี่ยนโฟลเดอร์ไปยังที่ที่เก็บไฟล์ดังกล่าว หลังจากนั้นพิมพ์คำสั่ง “node” แล้วเว้นวรรคตามด้วยชื่อไฟล์นั้น หากซอร์สโค้ดเขียนถูกต้อง โปรแกรมจะรันได้ตามปกติ

2.8 WebSockets

เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบตอบโต้กันทั้ง 2 ฝ่าย ผ่านโพรโทคอล TCP มีการทำงานติดต่อกันแบบเรียลไทม์ระหว่างผู้ใช้กับเซิร์ฟเวอร์ในลักษณะอีเว้นท์เบส ซึ่งจะทำงานก็ต่อเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น เช่น ผู้ใช้ส่งข้อความร้องขอข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์แทนที่แอปพลิเคชันทางฝั่งผู้ใช้ต้องโพล้หรือส่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้องขอไปถามเซิร์ฟเวอร์เรื่อยๆซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยไม่จำเป็น แต่สำหรับเอพีไอนี้(เว็บซ็อกเก็ต)จะทำการรอและทำเมื่อเซิร์ฟเวอร์ตอบกลับมาเท่านั้น

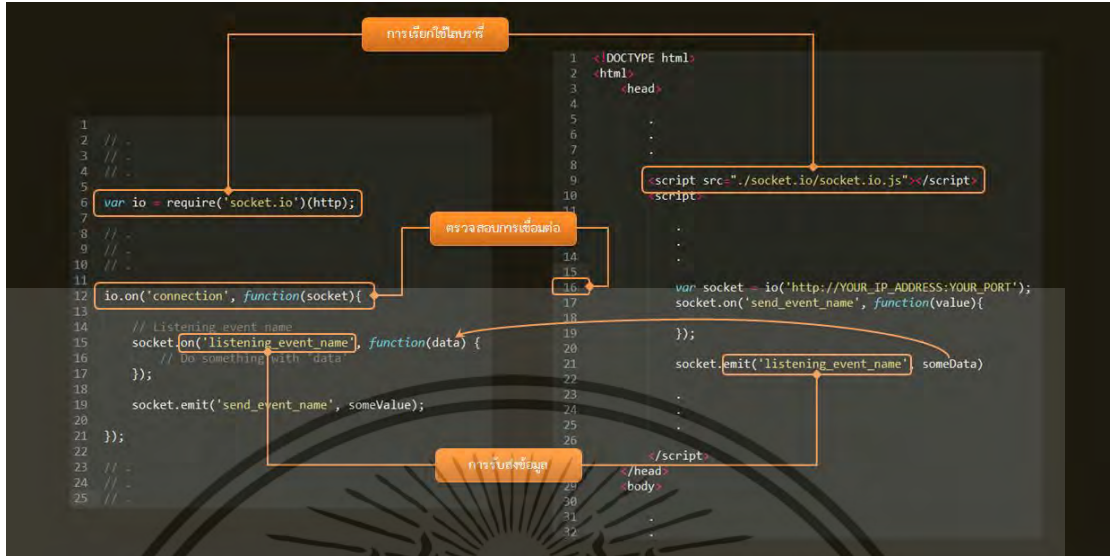
ในปัจจุบันมีเครื่องมือมากมายที่ช่วยให้ผู้พัฒนาได้นำเทคโนโลยีเว็บซ็อกเก็ตมาใช้อย่างง่ายดายขึ้น ในที่นี้เลือกใช้ไลบรารีชื่อ Socket.IO เป็นไลบรารีที่ใช้ร่วมกับ NodeJS ซึ่งทั้ง 2 ฝั่งคือไคลเอนต์และเซิร์ฟเวอร์ ต้องเรียกใช้งานไลบรารีดังกล่าวจึงจะส่งข้อมูลหากันได้ ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่เห็นได้ชัดคือระบบแชท หรือ เกมออนไลน์ เป็นต้น

2.8.1 การใช้งานจริง

ไลบรารีดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของโค้ด เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ [11] ดังนั้นจึงยกขั้นตอนที่จำเป็นมาอธิบายเท่านั้น

คำอธิบายโดยสังเขปก่อนการพัฒนาด้วยภาษาสคริปต์ที่มองทุกอย่างอยู่ในรูปของวัตถุ หรือออบเจ็ค วัตถุใดๆที่ประกาศขึ้นมาจะรองรับด้วยตัวแปรโทป “var” ไม่ว่าจะเป็นตัวเลข, ทศนิยม หรือข้อความก็ใช้ตัวแปรโทปนี้มารับ แต่เนื่องจากถูกมองเป็นวัตถุ การเรียกแอมเบอร์ฟังก์ชันของวัตถุนั้นจะใช้ดอกทศ (“.”) มาเชื่อมระหว่างวัตถุกับชื่อฟังก์ชัน เช่น “io.on(‘event’, function({});)” ตัวอย่างโค้ดเมื่อสักรูปรประกอบด้วย 2 พารามิเตอร์ในฟังก์ชัน “on” ตัวแรกเป็นข้อความ ส่วนอีกตัวเป็นควอแบคฟังก์ชันเป็นการโยนฟังก์ชันที่ต้องการให้ถูกเรียกขึ้นมาทำงานเมื่อ “io.on()” ทำงานสำเร็จ

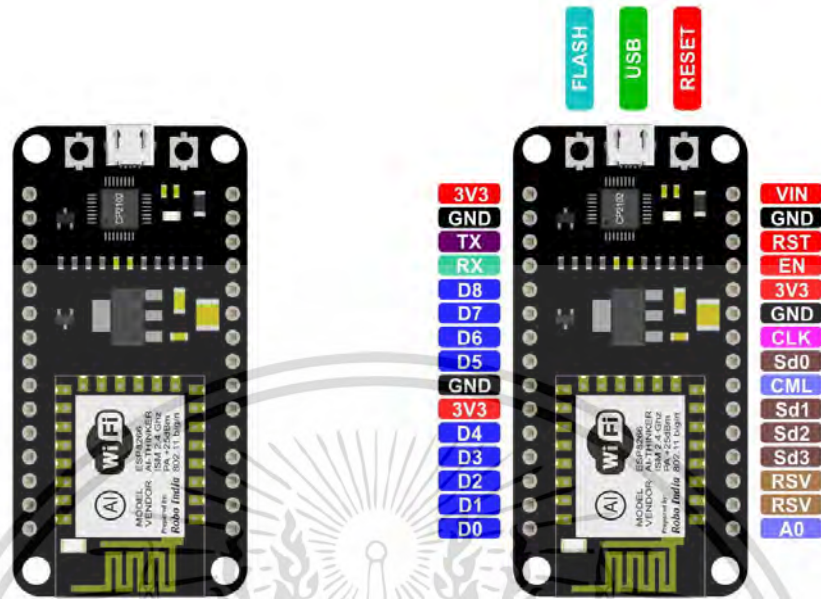
เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจในการทำงาน สามารถดูการใช้งานทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (ขวา) และเซิร์ฟเวอร์ (ซ้าย) ไปพร้อมๆกันดังตัวอย่างรูปที่ 2.31 ประกอบ สำหรับการใช้งานเริ่มจากให้ทั้ง 2 ฝั่งเรียกไลบรารีดังกล่าวขึ้นมาใช้งาน ในฝั่งเซิร์ฟเวอร์ต้องทำการรอรับอีเว้นท์ที่ชื่อ “connection” ตามบรรทัดที่ 12 เพื่อให้แน่ใจว่ามีไคลเอนต์เชื่อมต่อเข้ามาในระบบแล้ว ทางฝั่งไคลเอนต์ต้องทำการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ด้วยไอพีและหมายเลขพอร์ตที่กำหนดไว้ ตามบรรทัดที่ 16 ต่อมาเป็นส่วนของการรับส่งข้อมูลกัน โดยทั้ง 2 ฝั่งสามารถเป็นได้ทั้งผู้ส่งและผู้รับข้อมูล สำหรับการรับข้อมูลจะใช้ฟังก์ชันชื่อ “on” เข้ามารอรับอีเว้นท์ที่กำหนดขึ้นโดยผู้พัฒนาเอง ซึ่งสามารถตั้งชื่อเป็นชื่ออะไรก็ได้ แต่อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าฝั่งส่งและฝั่งรับต้องมีชื่ออีเว้นท์เดียวกันหรือเหมือนกัน จึงจะรับส่งข้อมูลหากันได้ ส่วนการส่งข้อมูลจะใช้ฟังก์ชันชื่อ “emit” (ดังตัวอย่างในบรรทัดที่ 15 (ซ้าย) สำหรับฝั่งเซิร์ฟเวอร์) ข้อมูลที่รับส่งกันจะถูกส่งเข้าไปยังพารามิเตอร์ตัวที่ 2 ของฟังก์ชัน(สำหรับฝั่งส่ง) หรือถูกส่งเข้ามาผ่านควอแบคฟังก์ชัน (สำหรับฝั่งรับ)



รูปที่ 2.31 ความเกี่ยวเนื่องกันในการใช้งาน Socket.IO ระหว่างไคลแอนและเซิร์ฟเวอร์

2.9 NodeMCU

เป็นเฟิร์มแวร์ open-source ที่ใช้ในการควบคุม WiFi และระบบต่างๆบนชิพ ESP8266 จากค่าย Espressif เพื่อใช้กับชุดพัฒนาต่างเพื่อทำเป็นอุปกรณ์ที่เป็นอินเทอร์เน็ตหรือ IoT [12] ซึ่งภาษาหลักที่ใช้ในการพัฒนาเฟิร์มแวร์ดังกล่าวคือภาษา Lua ซึ่งเป็นภาษาสคริป และยังคงสามารถใช้ภาษา C ในการพัฒนาได้สำหรับผู้ถนัด โดยคล้ายคลึงกับ Arduino แต่บางฟังก์ชันอาจไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ ในการทดลองนี้จะใช้ชุดพัฒนา NodeMCU Amica V.1 ซึ่งมีโมดูล WiFi ของ ESP8266 ติดมากับบอร์ดเรียบร้อยแล้ว ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์ไอโอทีได้ตัวหนึ่ง พร้อมกับมีไมโครยูเอสบี 1 ช่อง เพื่อใช้ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ หรือเบิร์นโปรแกรมลงบอร์ด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น NodeMCU Amica V.1 ไม่ใช่เรียลไทม์โอเอสจึงมีข้อจำกัดในการพัฒนาอยู่บ้างหากต้องการความเร็วในการบริหารจัดการฟังก์ชันต่างๆพร้อมๆกัน



รูปที่ 2.32 โครงสร้างของ NodeMCU Amica V.1

การเริ่มต้นพัฒนา IoT ด้วยบอร์ด NodeMCU Amica V.1 ก่อนการพัฒนา สิ่งที่คุณพัฒนาต้องปฏิบัติ 2 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 โหลด driver (<https://www.silabs.com/products/development-tools/software/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers>) เพื่อให้ระบบปฏิบัติการทั้งใน Window, Linux และ Mac สามารถสื่อสารกับ NodeMCU ผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทได้

ข้อที่ 2 ทำการแฟลชข้อมูลในชิพ ESP8266 กับ NodeMCU ลงบอร์ด โดยเริ่มจาก

ขั้นตอนที่ 1 โหลด NodeMCU เฟิร์มแวร์ <https://github.com/nodemcu/nodemcu-firmware/releases>

ขั้นตอนที่ 2 โหลดแฟลชเชอร์ <https://github.com/nodemcu/nodemcu-flasher> เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลลงไปยังบอร์ด

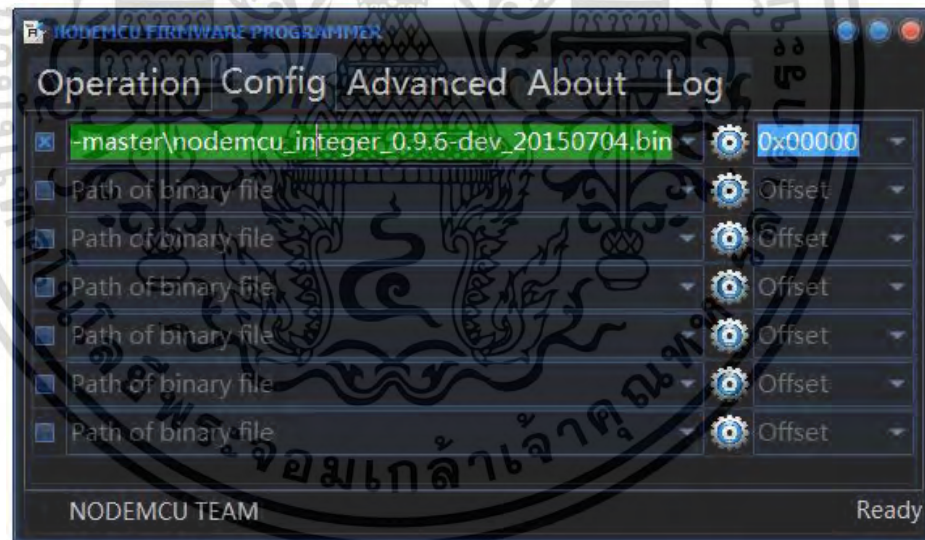
ขั้นตอนที่ 3 ทำการแฟลชข้อมูลโดยเลือกที่คอมพอร์ทที่ติดต่อยู่



รูปที่ 2.33 หน้าต่างของแฟลชเชอร์

ขั้นตอนที่ 4 เลือก NodeMCU เฟิร์มแวร์ที่เราโหลดมาในข้อ 1 หากตำแหน่งไฟล์ถูกจะขึ้นเป็น

สีเขียว

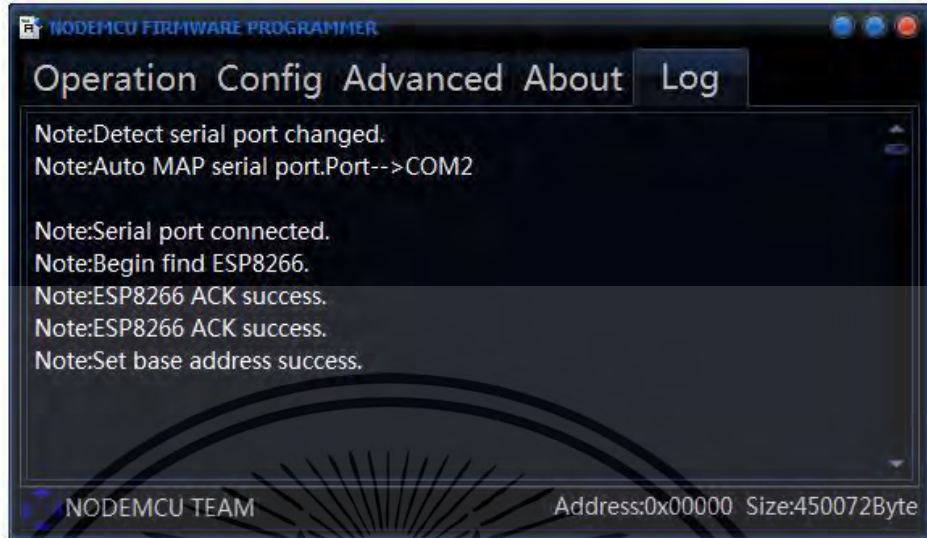


รูปที่ 2.34 กำหนดตำแหน่งไฟล์ NodeMCU เฟิร์มแวร์ให้กับแฟลชเชอร์

ขั้นตอนที่ 5 เลือกแท็บ “Operation” แล้วกดปุ่ม “Flash(F)” เมื่อเริ่มทำการแฟลชข้อมูล ให้กดปุ่ม flash บนตัวบอร์ดค้างไว้ หลังจากนั้นกดปุ่ม reset บนตัวบอร์ด 1 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 ระหว่างนี้หากไม่พบข้อผิดพลาด แฟลชเชอร์จะแสดงข้อความดัง รูปที่ 2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 ข้อความที่แฟลชเชอร์แสดงว่าทำการแฟลชสำเร็จ

เมื่อแฟลชข้อมูลเสร็จสิ้นบอร์ดจะตัดการเชื่อมต่อให้เอง

เนื่องจากภาษาดั้งเดิมที่ใช้ในการพัฒนาเป็นภาษา “Lua” ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการพัฒนาในวงแคบ เช่น พัฒนาเกม หรือฮาร์ดแวร์บางชนิด เพื่อให้ง่ายต่อการต่อยอด ในผู้พัฒนารายอื่น ครั้งนี้จึงใช้ภาษาซีในการพัฒนาบอร์ดดังกล่าว ผู้ที่สนใจในการพัฒนาด้วยภาษา “Lua” สามารถศึกษาเพิ่มเติมผ่านลิงค์นี้

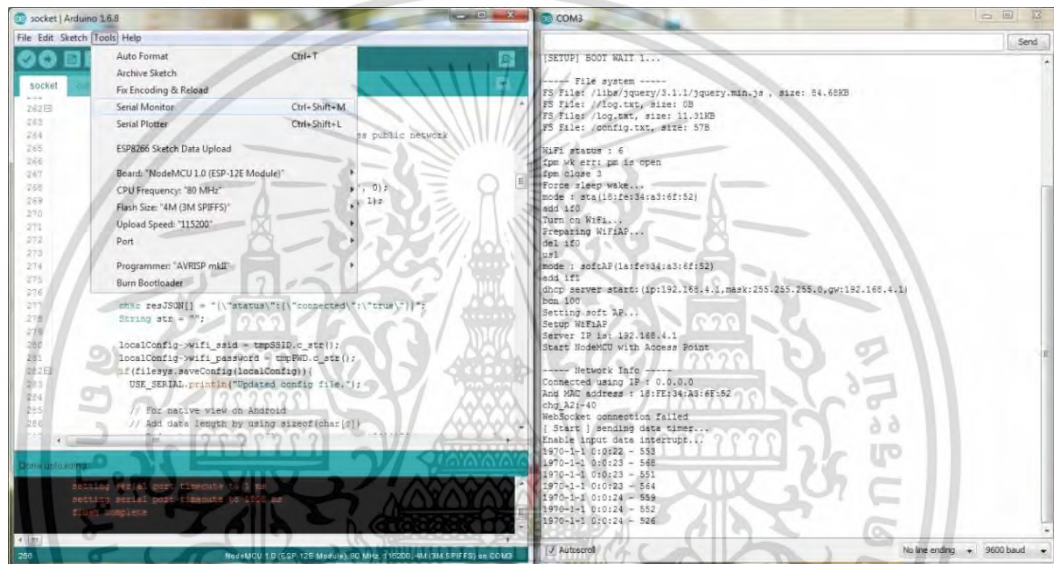
“<https://roboindia.com/tutorials/starting-with-lua-on-esp8266-wifi-module>” และ
“<https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/>”

ในการพัฒนาด้วยภาษาซีเราสามารถใช้ “Arduino IDE” ในการเบิร์นโค้ดที่เราเขียนลงบอร์ดได้เหมือนกับการพัฒนาบอร์ด “Arduino” ซึ่งไลบรารีหลักที่เราจำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาคือ “ESP8266” สามารถดาวน์โหลดผ่านทาง “Board Manager” ซึ่งต้องทำการเพิ่ม URL ให้ IDE รู้จักก่อน โดยไปที่ File->Perferences แล้วใส่

“http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json,https://adafruit.github.io/arduino-board-index/package_adafruit_index.json” ลงไปในช่อง “Additional Boards Manager URLs”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาให้ตั้ง “Compiler warnings” เป็น “All” เพื่อช่วยในการตรวจหาข้อผิดพลาดได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเราเก็บข้อมูลผ่านสายซีเรียลพอร์ตข้อมูลต่างๆจะถูกส่งไปและกลับผ่านสายซีเรียล การดูแลลัพท์การทำงานต่างๆ สามารถทำได้โดยการเปิด “Serial Monitor” ในแถบ “Tools” ควบคู่กันไปได้ ซึ่งฟังก์ชันการทำงานดังกล่าวใช้ร่วมกับฟังก์ชัน “Serial.println” ในซอร์สโค้ด



รูปที่ 2.36 วิธีดูแลลัพท์หรือดีบักการทำงานของ NodeMCU Amica V.1 ผ่าน Serial Monitor

โดยปกติแล้ววงจรชีวิตของ “NodeMCU” ที่พัฒนาด้วย “Arduino IDE” จะประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลักๆด้วยกัน คือ การนำไลบรารีการทำงานที่จำเป็นมาใช้ เพื่อช่วยร่นระยะเวลาในการพัฒนาให้สั้นลง, การประกาศตัวแปรที่จำเป็นตลอดการทำงานของฮาร์ดแวร์จนกระทั่งปิด, การประกาศฟังก์ชัน, กำหนดค่าและการทำงานต่างๆในฟังก์ชัน “setup” และสุดท้ายคือการทำงานหลักที่ต้องการให้อุปกรณ์ทำงานไว้ในฟังก์ชัน “loop” ดังรูปที่ 2.37

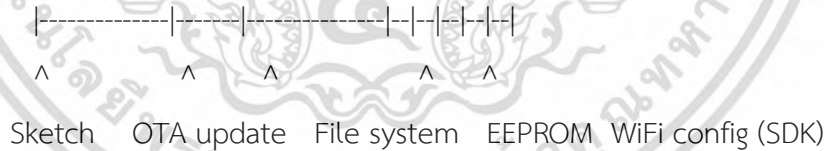
```

sketch_feb20c $
1 #include <ArduinoJson.h> // 1. Include some library in need
2
3 int someVariable; // 2. Declare some variable(s)
4 // which need to use cover all of processes
5
6 void CustomFunction_initValue(); // 3. Declare function
7
8 void CustomFunction_initValue() {
9     someVariable = 0; // Add function content
10 }
11
12 void setup() {
13     CustomFunction_initValue(); // 4. Initial 'someVariable' before start main task
14 }
15
16 void loop() {
17     someVariable++; // 5. Do main task by increasing value in 'someVariable'
18     Serial.println(someVariable); // and show it out
19 }
  
```

รูปที่ 2.37 วงจรชีวิตในการทำงาน และองค์ประกอบหลักของการพัฒนา NodeMCU Amica V.1 ด้วย Arduino IDE

2.9.1 ระบบจัดเก็บไฟล์ของ NodeMCU Amica V.1 [15]

ระบบจัดเก็บไฟล์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้จะอยู่รวมกันกับแฟลช(flash)ชิพ, โปรแกรมที่ใช้รัน, สเก็ชและอื่นๆ โดยที่ระบบดังกล่าวเอาไว้เก็บสเก็ช, การปรับแต่งไฟล์ รวมถึงเนื้อหาในเว็บที่เตรียมสนองเมื่อผู้ใช้เข้าถึงในรูปของเว็บเซอร์วิส ซึ่งโครงสร้างของการจัดหรือแฟลชเลเอาท์เป็นดังรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.38 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลใน NodeMCU Amica V.1

โดยขนาดของระบบจัดเก็บไฟล์จะขึ้นอยู่กับบอร์ดที่เราเลือกใช้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงขนาดของระบบจัดเก็บไฟล์ของบอร์ดแต่ละชนิด

บอร์ด	ขนาดของแฟลชชิพ, ไบต์	ขนาดของระบบไฟล์, ไบต์
Generic module	512k	64k
Generic module	1M	64k, 128k, 256k, 512k
Generic module	2M	1M
Generic module	4M	3M
Adafruit HUZZAH	4M	1M, 3M
NodeMCU 0.9	4M	1M, 3M
NodeMCU 1.0	4M	1M, 3M
Olimesx MOD-WIFI-ESP8266(-DEV)	2M	1M
SparkFun Thing	512k	64k
SweetPea ESP-210	4M	1M, 3M
WeMos D1 & D1 mini	4M	1M, 3M

ส่วนการอ้างอิงการใช้งานในข้อศัคนั้นทำได้โดยการอิมพอร์ทไลบรารี FS.h เข้ามา

2.9.2 ระบบไฟล์แบบ SPIFFS

ระบบไฟล์ของ ESP8266 นี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับข้อจำกัดของชิพที่มีเนื้อที่แรมจำกัด ระบบไฟล์ที่ชื่อ Serial Peripheral Interface Flash File System หรือ SPI Flash File System หรือเรียกกันว่า SPIFFS จึงถูกนำมาใช้พัฒนา ซึ่ง SPIFFS เป็นระบบไฟล์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่ออุปกรณ์ประเภท SPI NOR แฟลชบนอุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็กโดยเฉพาะ [16] เพราะเนื่องจากมันถูกออกแบบมาเพื่อ

2.9.2.1 ให้มีขนาดเล็ก สามารถรวมไว้ในวงจรเดียวกับอุปกรณ์ขนาดเล็กได้ ซึ่งใช้แรมเพียงเล็กน้อยโดยไม่ต้องพืงฮีพ

2.9.2.2 มีข้อมูลเก็บดาต้าบล็อคนขนาดใหญ่ และสามารถลบได้

2.9.2.3 การลบข้อมูลเป็นการรีเซตค่าทุกบิตในบล็อกนั้น

2.9.2.4 การเขียนค่า เป็นการเปลี่ยนค่าบิตจาก 1 เป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.5 การลบค่า เป็นการเปลี่ยนค่าบิตจาก 0 เป็น 1

2.9.2.6 ยึดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

2.9.3 ข้อจำกัดของ SPIFFS

2.9.3.1 ไม่ว่าพาทที่ใช้เก็บไฟล์จะยาวแค่ไหน ในระบบไฟล์แบบ SPIFFS จะมองเป็นแค่เพียงชื่อไฟล์ที่มีขนาดยาวเท่านั้น และทุกไฟล์ที่สร้างขึ้นจะอยู่ในที่ๆเดียวกัน ไม่มีการแบ่งแยกไดเรกทอรีหรือโฟลเดอร์ การจัดเก็บลักษณะนี้เป็นการจัดเก็บแบบแฟลตไฟล์ (flat file)

2.9.3.2 ชื่อไฟล์มีความยาวสูงสุดอยู่ที่ 32 ตัวอักษร โดยรวมเอาอักษร '\0' นี้เข้าไปด้วยท้ายสุดของชื่อไฟล์ เพื่อบอกว่าจบชื่อไฟล์แล้ว

2.9.4 การอัปโหลดข้อมูลด้วย SPIFFS ผ่าน Arduino IDE

ตัวช่วยในการอัปโหลดไฟล์ในที่นี้คือ “ESP8266FS” เป็นส่วนเสริมของ “Arduino IDE” เมื่อเพิ่มส่วนเสริมสำเร็จสามารถเรียกใช้จากเมนู “Tool” ซึ่งขั้นตอนในการเพิ่มส่วนเสริมมีดังนี้

2.9.4.1 ดาวน์โหลดส่วนเสริมจาก <https://github.com/esp8266/arduino-esp8266fs-plugin/releases/download/0.3.0/ESP8266FS-0.3.0.zip>

2.9.4.2 สร้างโฟลเดอร์ชื่อ “tools” ขึ้นมา หากยังไม่ได้สร้าง

2.9.4.3 แยกไฟล์ที่โหลดมาไฟล์ในโฟลเดอร์ที่สร้างขึ้น(ตัวอย่างเช่น
<home_dir>/Arduino/tools/ESP8266FS/tool/esp8266fs.jar)

2.9.4.4 ทำการรีสตาร์ท Arduino IDE

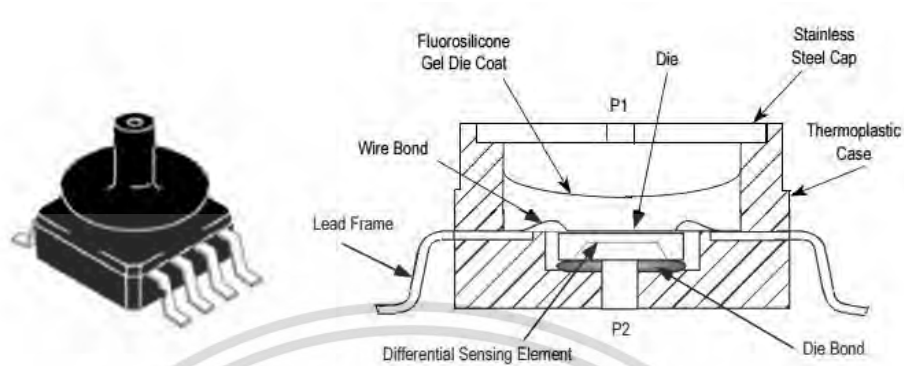
2.9.4.5 สร้างสเก็ชขึ้นมาแล้วทำการเซฟหรือถ้ามีอยู่แล้วให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป

2.9.4.6 ไปที่ไดเรกทอรีของสเก็ชดังกล่าว แล้วสร้างโฟลเดอร์ชื่อ “data” ขึ้นมา แล้วใส่ไฟล์ที่ต้องการอัปโหลดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

2.9.4.7 กลับไปที่ Arduino IDE แล้วทำการเลือกชนิดของบอร์ดหรือไมโครคอนโทรลเลอร์รวมถึงพอร์ตให้ถูกต้อง

2.9.4.8 ไปที่เมนู เลือก “Tool->ESP8266 Sketch Data Upload” หลังจากนั้นไฟล์ในโฟลเดอร์ “data” จะถูกอัปโหลดเข้าไปในระบบไฟล์ของ ESP8266 เมื่ออัปโหลดสำเร็จ บริเวณแถบด้านล่างจะแสดงข้อความว่า “SPIFFS Image Uploaded”

2.10 เซนเซอร์วัดความดัน



รูปที่ 2.39 ตัวเซนเซอร์และภาพตัดขวางของวัดเซนเซอร์ความดัน MPVZ5004GC6U

เซนเซอร์ที่ใช้วัดความดันเป็นเซนเซอร์ตระกูล MPxx5004 รุ่น MPVZ5004GC6U ด้านในประกอบไปด้วยแผ่นฟิล์มบางๆทำจากซิลิคอนสามารถยืดหดได้ตามแรงดันและอุณหภูมิที่ได้รับจากการเปรียบเทียบความดันภายในหรือความดันที่ได้รับ (P1) กับความดันบรรยากาศ (P2) เมื่อแผ่นซิลิคอนแต่ละโดนลวดทั้ง 2 ขั้วกระแสไฟจะส่งค่าความดันไหลผ่านซิลิคอนไปยังขาเอาต์พุตและนำไปใช้ต่อไป [13] ซึ่งขาพินที่ใช้มีเพียง 3 ขาเท่านั้น คือ พินหมายเลข 2, 3 และ 4 ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.40 ภาพมุมบนของเซนเซอร์วัดความดัน MPVZ5004GC6U

การทำงานของเซนเซอร์ขึ้นอยู่กับสภาพบรรยากาศ ณ ขณะนั้น เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, ความชื้น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานระยะยาวของตัวเซนเซอร์ ช่วงอุณหภูมิที่เซนเซอร์ยังสามารถทำงานได้นั้น อยู่ในช่วง 10 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส

2.10.1 คุณสมบัติและความสามารถในการทำงาน

ความสามารถในการทำงานนี้อยู่บนพื้นฐานของการจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และความดันภายในมากกว่าความดันบรรยากาศ

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติและความสามารถในการทำงานของ MPVZ5004GC6U

คุณลักษณะ	สัญลักษณ์	ต่ำสุด	ทั่วไป	มากที่สุด	หน่วย
ช่วงความดัน	P_{OP}	0	—	3.92 400	kPa $mm H_2O$
แรงดันไฟที่ใช้	V_S	4.75	5.00	5.25	V_{DC}
กระแสที่ใช้	I_S	—	—	10	mA_{dc}
แรงดันไฟที่ได้ ณ 306 $mm H_2O$ และเต็มที ณ 400 $mm H_2O$	V_{FSS}	—	3.00 3.92	—	V
ค่าชดเชย	V_{OFF}	0.75	1.00	1.25	V
ความไว	V/P	—	1.00	—	V/kPa
ความแม่นยำ (ที่อุณหภูมิ 10 – 60 องศาเซลเซียส)					
ณ ช่วง 0 ถึง 100 $mm H_2O$	—	—	—	±1.50	% V_{FSS} โดยมีการเซต 0
ณ ช่วง 100 ถึง 400 $mm H_2O$	—	—	—	±2.50	% V_{FSS} โดยมีการเซต 0
ณ ช่วง 0 ถึง 400 $mm H_2O$	—	—	—	±6.25	% V_{FSS} โดยไม่มีการเซต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1.1 ข้อควรระวัง

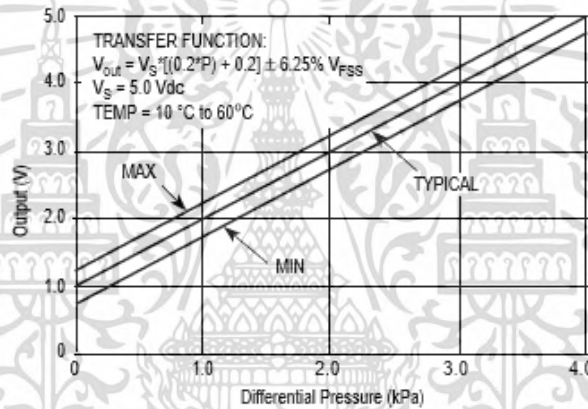
ความสามารถและสภาพการทำงานสูงสุดที่เซนเซอร์ชนิดนี้สามารถทำได้ก่อนเกิดความเสียหายต่อตัวเซนเซอร์ มีดังนี้

2.10.1.1.1 ค่าความดันสูงสุดที่วัดได้โดยที่ความดันภายในมากกว่าความดันบรรยากาศ อยู่ที่ 16 กิโลปาสกาล

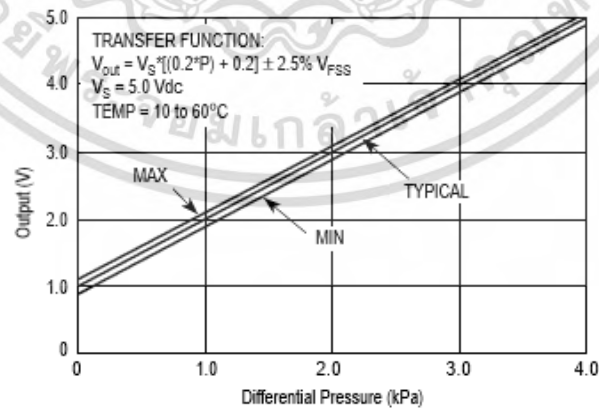
2.10.1.1.2 กักเก็บอุณหภูมิได้ถึง -30 ถึง 100 องศาเซลเซียส

2.10.1.1.3 อุณหภูมิที่ยังคงทำได้ต่อได้อยู่ในช่วง 0 ถึง 85 องศาเซลเซียส

การนำเซนเซอร์ดังกล่าวไปใช้สามารถเทียบเคียงค่าความดันจากแรงดันได้จากกราฟด้านล่าง โดยรูปที่ 2.40 ไม่มีการเซตกลับมาเป็น 0 ส่วนรูปที่ 2.41 มีการเซตกลับมาเป็น 0



รูปที่ 2.41 แรงดันเอาต์พุตเทียบกับความดันที่เปลี่ยนแปลงที่ความแม่นยำ $\pm 6.25\% V_{FSS}$

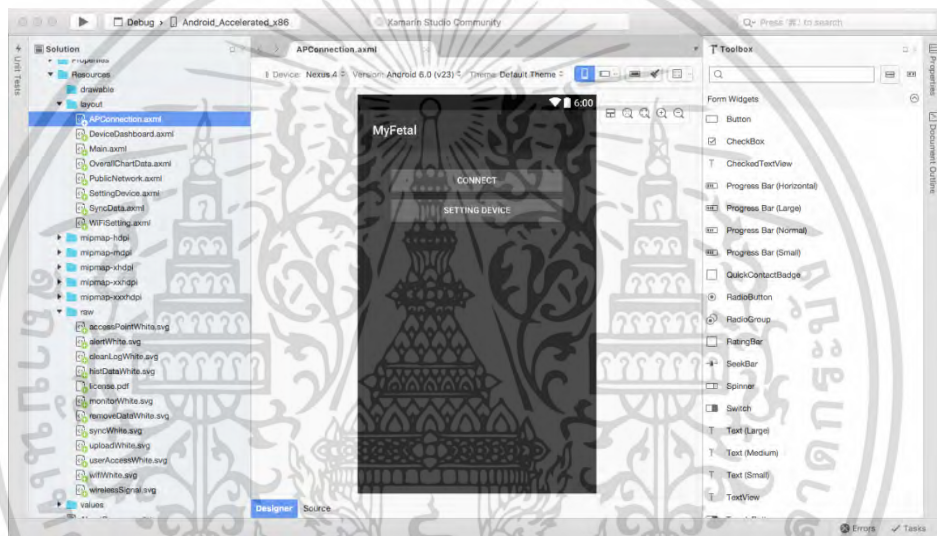


รูปที่ 2.42 แรงดันเอาต์พุตเทียบกับความดันที่เปลี่ยนแปลงที่ความแม่นยำ $\pm 2.5\% V_{FSS}$ โดยมีเซต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 Xamarin

เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่ใช้พัฒนาสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันในลักษณะคลอสแพลตฟอร์ม ที่ช่วยให้ลดเวลาในการพัฒนา และใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์, แอนดรอยด์และไอโอเอส สำหรับภาษาที่ใช้ในการพัฒนาในที่นี้ คือ C# แต่ในที่นี้การพัฒนาจะเน้นไปในส่วนของ แอนดรอยด์แอปพลิเคชันเป็นหลัก กรณีที่ผู้พัฒนาต้องการพัฒนาเว็บ สามารถสร้างวิวที่เป็น WebView เพื่อที่จะนำหน้าเว็บที่เคยพัฒนาอยู่ก่อน มาใส่ในสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันได้ โดยไม่ต้องพัฒนาขึ้นมาใหม่อีกรอบ แต่อาจจำเป็นต้องโค้ดดั่งในบางส่วน เพื่อให้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์ของสมาร์ตโฟนได้ เช่น การเขียนลงระบบไฟล์ หรือฐานข้อมูล เป็นต้น สามารถดาวน์โหลดตัวโปรแกรมได้ที่



รูปที่ 2.43 สร้างหน้าสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันด้วยการลากวาง

2.11.1 โครงสร้างโปรเจคของแอนดรอยด์

การสร้างแอนดรอยด์โปรเจคทำได้โดยเลือกไปที่ “File” -> “New Solution...” แล้วทำการเลือกแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน ใส่ชื่อแอปพลิเคชันที่ต้องการ และทำตามขั้นตอนที่กำหนดจนเสร็จ ซึ่งโปรเจคที่สร้างขึ้นด้วย Xamarin มีโครงสร้างที่ควรทราบดังนี้

2.11.1.1 Assets

การพัฒนาเว็บหน้าเว็บบนสมาร์ตโฟน ม่สามารถพัฒนาได้โดยตรงผ่าน Xamarin ตัว Xamarin เองเป็นเพียงตัวอ่านไฟล์ชั้นมารันเท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดให้ WebView สามารถใช้งาน JavaScript เสียก่อนโดยการเรียกฟังก์ชัน [enable javascript] และทุกไฟล์ที่ใช้พัฒนาหน้าเว็บจำเป็นต้องรวมอยู่ในไดเรกทอรีเลเวลเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1.2 Properties

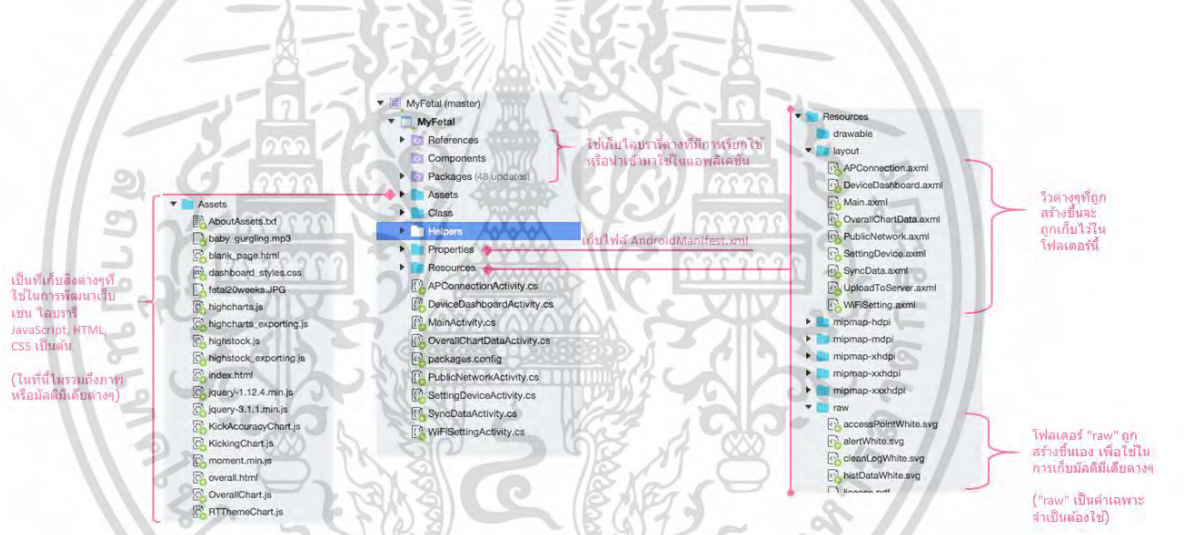
เป็นไฟล์เตอร์ที่ใช้เก็บไฟล์ AndroidManifest.xml ซึ่งเป็นตัวจัดการการทำงานต่างของแอนดรอยแอปพลิเคชัน เช่น ระบุเวอร์ชันของโค้ด, การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงการทำงานต่างๆ, ลำดับการรันแอกทิวิตี้

2.11.1.3 layout

อยู่ในไฟล์เตอร์ “Resources” มีไว้เก็บหน้าแอปพลิเคชันต่างๆที่สร้างขึ้น

2.11.1.4 raw

เป็นไฟล์เตอร์ที่ไม่ได้ถูกสร้างมาตั้งแต่แรก เป็นไฟล์เตอร์ที่ใช้เก็บมัลติมีเดีย รวมถึงภาพต่างๆ สำหรับชื่อไฟล์เตอร์ใช้ชื่อ “raw” เท่านั้น



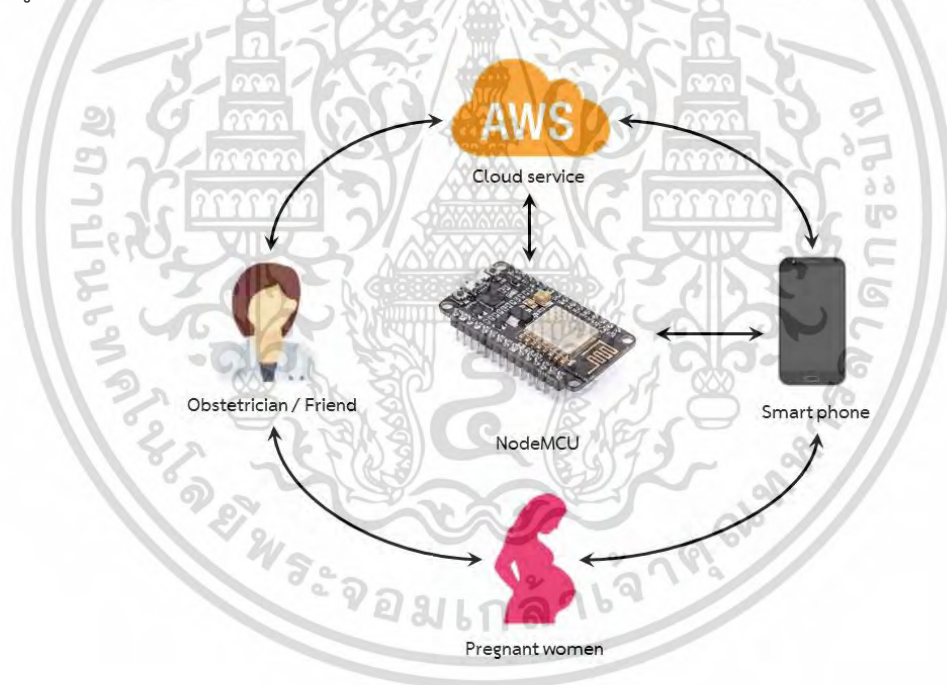
รูปที่ 2.44 โครงสร้างที่ควรทราบของแอนดรอยโปรเจกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและลักษณะการใช้งานระบบ

การทำงานหลักๆเป็นการรับส่งข้อมูลกันระหว่างตัวอุปกรณ์ไปยังสมาร์ทโฟนเพื่อส่งต่อข้อมูลสุขภาพของทารกไปยังบุคคลอื่นๆที่เราต้องการแชร์ข้อมูล หรือใช้งานในโหมดติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านบริการคลาวด์ ซึ่งองค์ประกอบการทำงานหลักของระบบนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ อุปกรณ์ตรวจจับหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ในที่นี้คือ NodeMCU Amica V.1 เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล ส่วนต่อมาเป็นสมาร์ทโฟนหรือเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ในการตรวจดู และติดตามค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจพบ ส่วนสุดท้ายคือคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ผู้ซึ่งเก็บค่าต่างๆจากตัวตรวจจับ และอัปเดตข้อมูลล่าสุดให้กับผู้ใช้ผ่านทางสมาร์ทโฟนหรือเว็บแอปพลิเคชัน



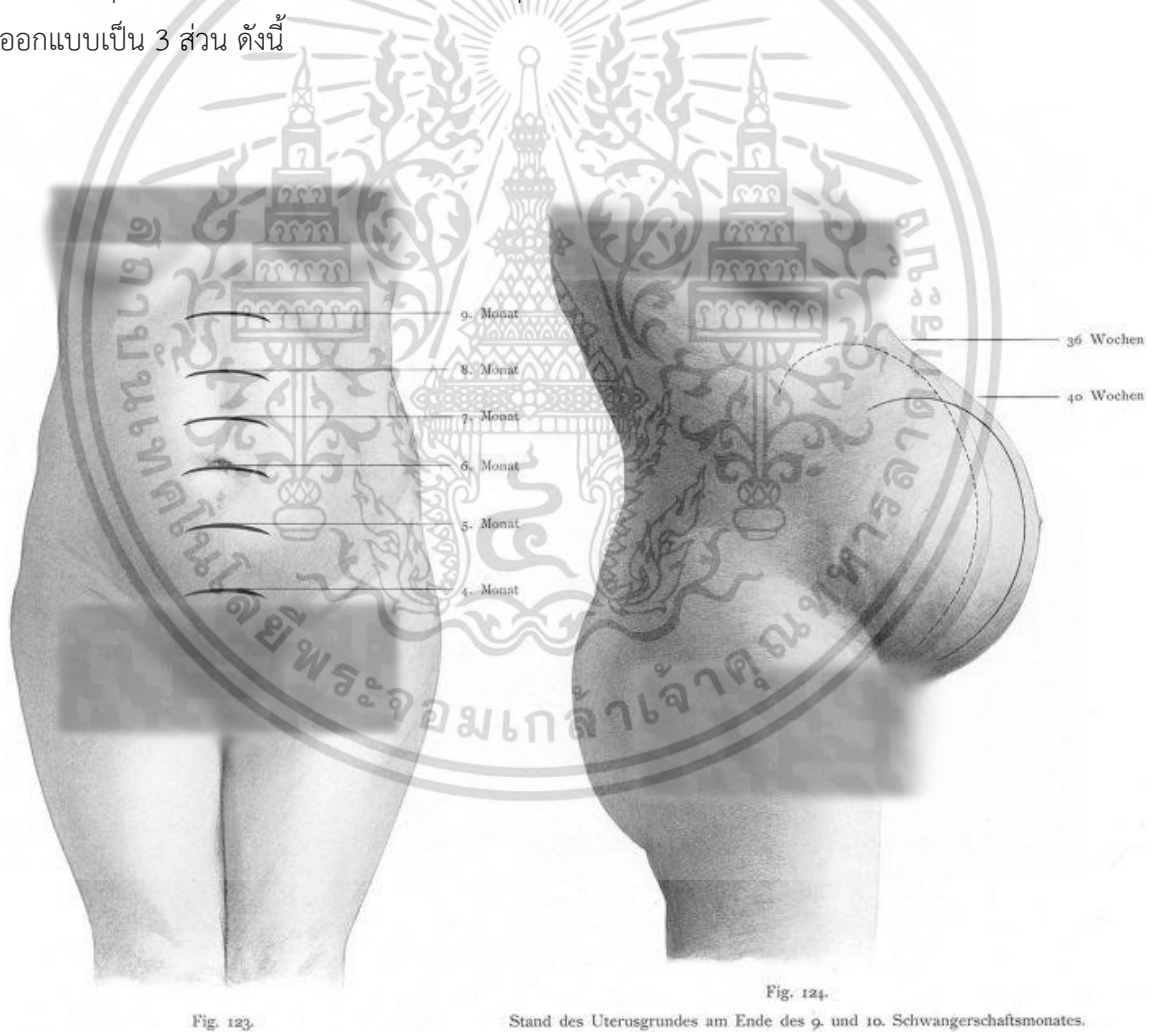
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบการทำงาน

ทั้ง 3 ส่วนดังกล่าวจำเป็นต้องนำมาทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้จริงกับหญิงตั้งครรภ์ ซึ่งอุปกรณ์ที่จะนำมาทดสอบระบบเรียกว่าแพนธอม แพนธอมคืออุปกรณ์ที่ใช้จำลองสภาวะต่างๆของร่างกายคน ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีรูปลักษณะที่คล้ายกับสรีระจริง เพียงแต่มีฟังก์ชันการทำงานหรือโครงสร้างที่จำเป็นต่อการวัดผลคล้ายกับสภาวะจริงเท่านั้น ซึ่งการออกแบบแพนธอมจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบของอุปกรณ์ตรวจจับ

การตรวจสุขภาพของทารกในคลินิกจะใช้อุลตราซาวด์ในการสังเกตท่าทางของทารกในครรภ์ การฟังเสียงหัวใจ สัมผัสหรือคลำผ่านทางหน้าท้องแม่ อีกอย่างหนึ่งคือสอบถามจำนวนครั้งหรือความสม่ำเสมอในการตื่นของทารก ซึ่งแม่รู้สึกได้และสามารถทำได้ที่บ้านหรือตลอดเวลา แต่การตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกนับจำนวนครั้ง หรืออัตราในการตื่นหรือการเตะของทารกด้วยอุปกรณ์จะช่วยให้แม่ไม่ต้องใช้สมาธิจดจ่อกับครรภ์ได้ ในงานวิจัยหลายฉบับใช้เซนเซอร์ที่แนบติดกับผิวหนัง [17, 18] จำนวนมากกระจายตามหน้าท้องของมารดา เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดค่า และผู้ถูกวัดหรือหญิงตั้งครรภ์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ และอาจก่อให้เกิดความระคายเคืองขณะสวมใส่ การทดลองนี้จึงทำการออกแบบอุปกรณ์ตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบสุขภาพของทารกเพื่อตอบโจทยปัญหาดังกล่าวโดยแยกการออกแบบเป็น 3 ส่วน ดังนี้

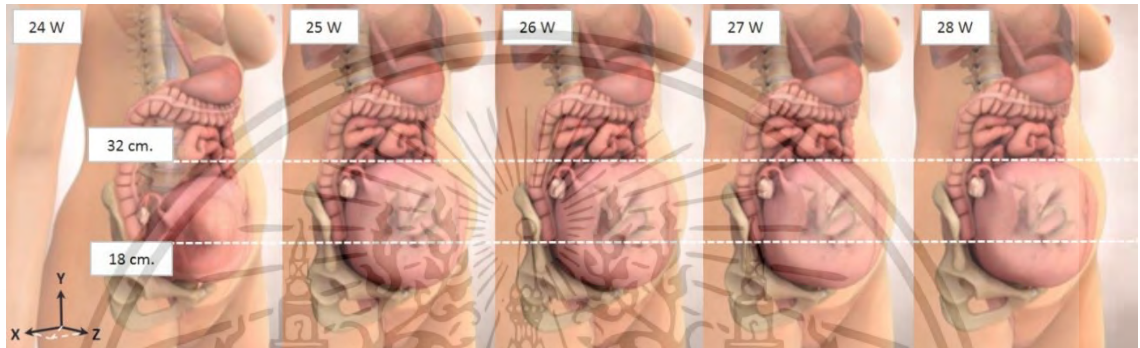


รูปที่ 3.2 ตำแหน่งความสูงของมดลูกตามช่วงอายุครรภ์ต่างๆ [21] จากบทความของ MamaExpert Team

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

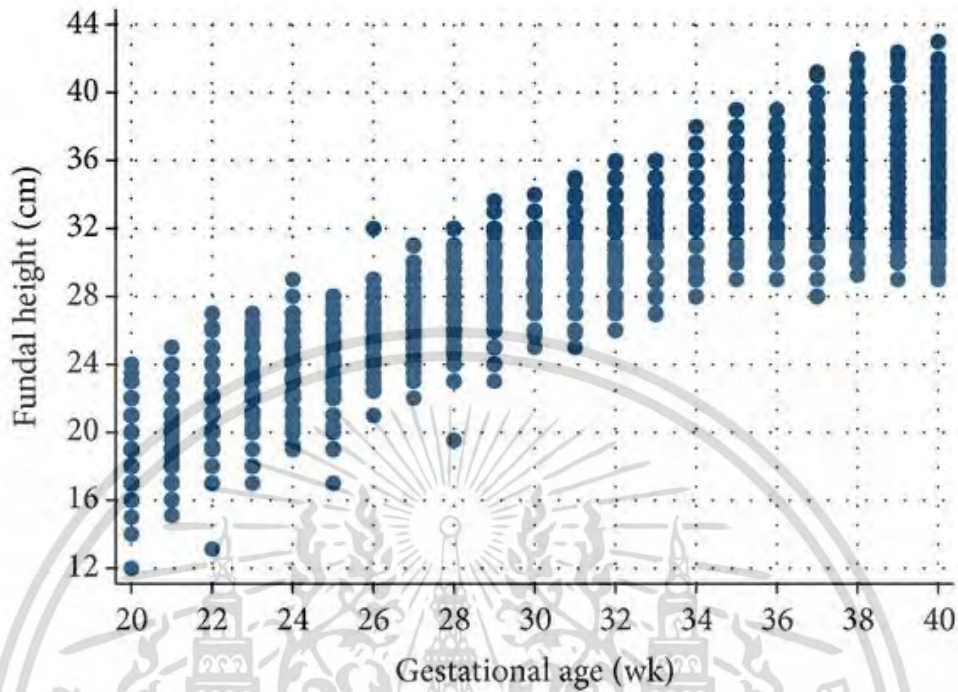
3.1.1 ตัวรับสัญญาณ

สืบเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของทารกคาดเดาตำแหน่งที่แน่นอนได้ยาก และไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงตำแหน่งของการเตะที่แน่นอนได้ เพราะการเคลื่อนไหวของทารกสามารถเกิดขึ้นได้ทั่วทั้งหน้าท้องของมารดา จากงานวิจัยทางด้านสูติศาสตร์ และนรีเวชวิทยาพบว่าอายุครรภ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถระบุความสูงของมดลูกหรือขนาดของทารกได้



รูปที่ 3.3 ภาพจำลอง 3 มิติ ภายในร่างกายมารดาในช่วงอายุครรภ์ตั้งแต่ 24 ถึง 28 สัปดาห์ [20] จากบทความของ WebMD Magazine Digital

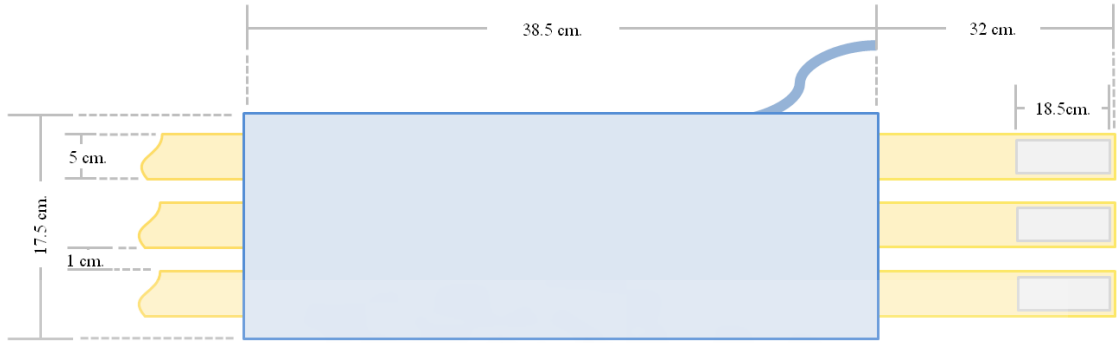
ส่งผลให้เราสามารถกำหนดขอบเขตการวัดผลการเคลื่อนไหวได้ในบริเวณที่แคบลง สำหรับในงานวิจัยนี้ อ้างอิงข้อมูลที่อายุครรภ์ 24 - 28 สัปดาห์เป็นหลัก ความสูงของมดลูกในช่วงอายุครรภ์ดังกล่าว โดยวัดหลังจากมีประจำเดือนด้วยอัลตราซาวด์จะมีความสูงของมดลูกโดยเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง 1,038 คน อยู่ในช่วงประมาณ 18 ถึง 32 เซนติเมตร [19] ซึ่งอยู่บริเวณระดับเดียวกับสะดือ [21]



รูปที่ 3.4 ช่วงความสูงมดลูกของหญิงตั้งครรภ์ตั้งแต่ 20 ถึง 40 สัปดาห์ จากบทความของ Jirawan Deeluea และคณะ

จากข้อมูลข้างต้นความสูงของมดลูกนับตั้งแต่หัวเหน่า ในช่วงอายุครรภ์ตั้งแต่ 24 จนถึง 28 สัปดาห์ รกมีความสูงจากหัวเหน่าอยู่ที่ 19 เซนติเมตร รกมีความสูงประมาณ 13 เซนติเมตร โดยคำนวณจากระยะห่างของความสูงระหว่างรกกับหัวเหน่า ณ ช่วงอายุครรภ์ 24 และ 28 สัปดาห์ จึงเลือกใช้ถุงความดันที่มีขนาด 17.5 x 38.5 เซนติเมตร เป็นตัวรับสัญญาณการเตะซึ่งครอบคลุมบริเวณ กึ่งกลางหน้าท้องสำหรับด้านกว้างและตั้งแต่เอวข้างหนึ่งถึงเอวอีกข้างหนึ่งสำหรับด้านยาว สำหรับการยึดติดเข้ากับตัวผู้ใช้นั้นจะใช้แถบยางยึดที่มีความยาวมากกว่าถุงความดันยึดพาดผ่านตัวถุงความดันโดยปล่อยให้แถบยางยึดยาวเลยออกมาจากขอบถุงทั้ง 2 ด้านด้วยความยาวที่เท่ากันขนาด 32 เซนติเมตรเสมือนเป็นเช็ดขัดที่ปลายทั้ง 2 ของแถบยางจะยึดติดกันด้วยตีนตุ๊กแกเพื่อใช้เป็นตัวลั้งพื้นผิวหน้าตัดของถุงความดันให้แนบติดกับลำตัวหรือหน้าท้องของมารดา แถบยางยึดดังกล่าวมี 3 เส้นด้วยกัน ทำการติดบริเวณด้านบน, กลาง และด้านล่างของถุง เพื่อลดแรงดึงกลับในตัวแถบยางเส้นใดเส้นหนึ่งไม่ให้มีมากจนเกินไป เพื่อป้องกันการขาดออกจากกัน และเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการสวมใส่ถุงความดันไม่ให้ผู้ใช้รู้สึกอึดอัด และแน่นจนเกินไปโดยการปรับระดับจากตีนตุ๊กแก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 สัดส่วนของถุงความดันที่ใช้ในการทดลองและส่วนเสริมที่ช่วยในการยึดติดกับลำตัวด้วยแถบยาง ยึด 3 เส้น ที่ปลายทั้ง 2 ของแถบยางยึดติดกันด้วยตีนตุ๊กแก

ทุกครั้งในการวัดค่าจำเป็นต้องมีความดันเริ่มต้นที่เหมาะสมภายในถุงอยู่ที่ 1.5-2.0 มิลลิเมตรปรอท อยู่เสมอ เพื่อให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง สำหรับการเพิ่มความดันให้กับถุงความดัน ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบแม่คานิคด้วยลูกสูบที่ติดมากับถุงความดัน เนื่องจากการเพิ่มความดันภายในถุง เหมือนการกดลงบนหน้าท้องของมารดา เพื่อคลายความกังวลของผู้ใช้ตรงจุดนี้ จึงเลือกใช้วิธีดังกล่าว เพราะผู้ใช้สามารถประมาณการณด้วยตนเองได้ และสามารถคลายหรือปล่อยความดันออกจากถุงได้ด้วยตนเองหากอุปกรณ์รัดแน่นจนเกินไป ในส่วนของค่าความดันที่เหมาะสม ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจะกล่าวถึงความที่มาในบทที่ 4 ต่อไป

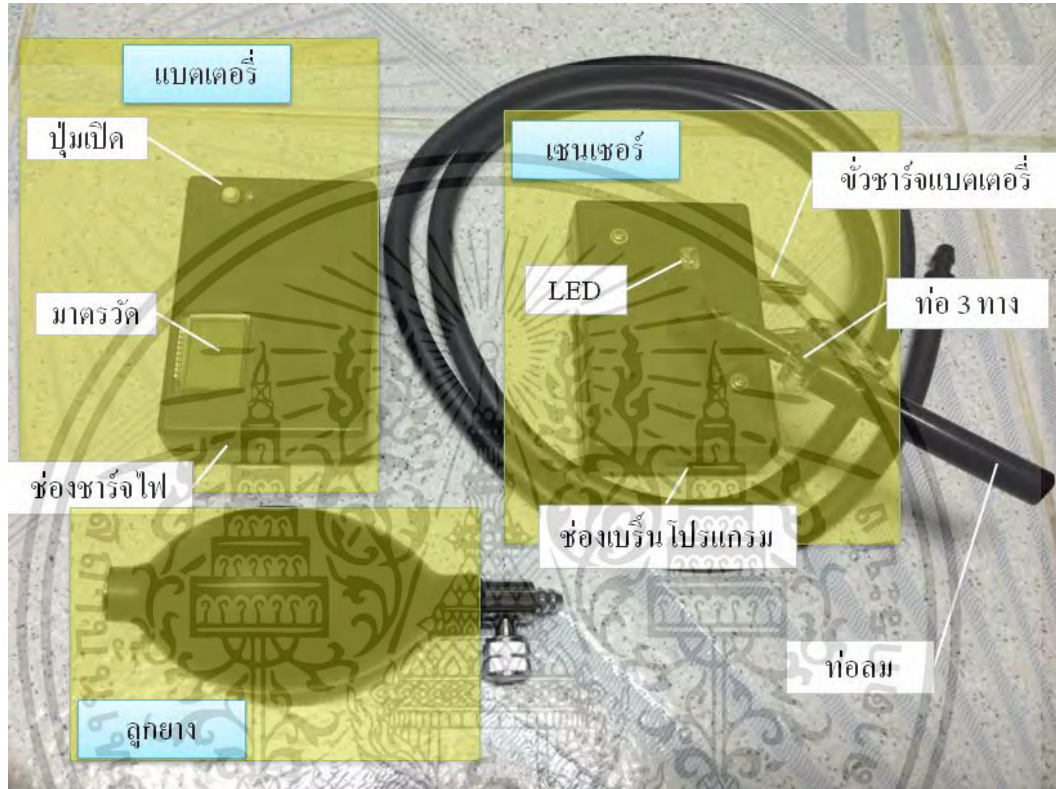
3.1.2 เซนเซอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้นั้นสามารถอ่านค่าได้ทั้งอะนาล็อกและดิจิตอล ในส่วนของดิจิตอลจะใช้งานร่วมกับการทำงานแบบอินเตอร์รัพท์ ดังนั้น ในการออกแบบซอฟต์แวร์จึงทำการออกแบบการทำงานเป็น 2 ระบบ ด้วยกันคือ ระบบอ่านค่าด้วยอะนาล็อก และการอ่านค่าเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ ทั้ง 2 ระบบนี้ไม่ได้นำมาใช้ร่วมกัน เพียงแต่พัฒนาขึ้นมาทั้งสองระบบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบศักยภาพในการทำงานเมื่อนำไปใช้จริงเท่านั้น

ความจริงโดยภาพรวมของทั้งสองระบบจะทำงานคล้ายกันคือ การอ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความดันผ่านขา A0 ซึ่งเป็นขาที่ใช้ในการอ่านค่าอะนาล็อก ในส่วนของการใช้งานจะแสดงไฟแอลอีดีเมื่อผู้ใช้ทำการเปิดอุปกรณ์โดยควบคุมไฟแอลอีดีผ่านขา D4 หลังจากเปิดอุปกรณ์แล้ว ผู้ใช้จำเป็นต้องตั้งค่าให้อุปกรณ์ตรวจจับทำการเชื่อมต่อเข้ากับเน็ตเวิร์คก่อนเพื่อใช้ในการรับส่งค่ากับเซิร์ฟเวอร์ เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จให้ทำการส่งเสียงเตือน ผ่านทางขา D3 สำหรับความแตกต่างระหว่างวงจรของระบบ ที่ทำงานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพท์และระบบอะนาล็อกมีเพียงแค่การรอรับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันภายในถุงก่อนจึงเริ่มทำงาน โดยต่อแรงดันไฟฟ้าเข้าที่พุกจากเซนเซอร์

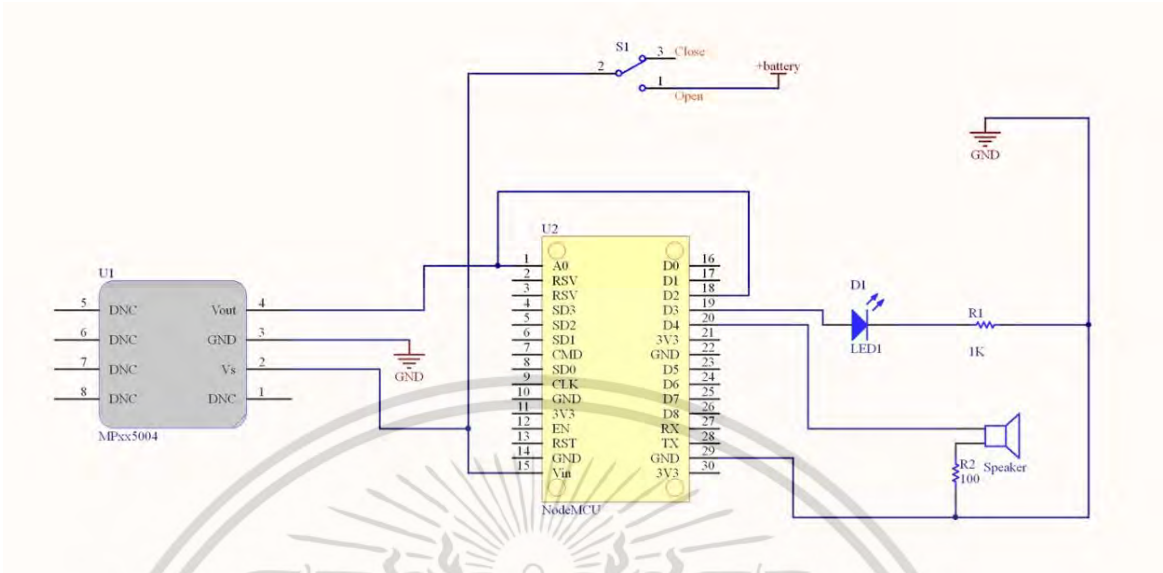


รูปที่ 3.6 ภาพรวมของอุปกรณ์ตรวจจับ

วัดความดันขนานกันระหว่างขา A0 และขา D2 ซึ่งเป็นขาอินเทอร์รัพท์ เหตุที่เลือกใช้ขาดีจิตอลทั้ง 3 ขานี้เนื่องจากขาอื่นๆ จะเป็นการตั้งคาระบบให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์อาจเกิดข้อผิดพลาดขณะใช้งานได้ จึงหลีกเลี่ยงการใช้ขาดังกล่าว

ในส่วนของเซนเซอร์นอกจากเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วยังเชื่อมต่อเข้ากับท่อลมซึ่งประยุกต์ใช้จากสายน้ำเกลือ เนื่องจากปากท่อมีขนาดใกล้เคียงกับปากช่องลมของเซนเซอร์ทำให้สวมเข้ากับเซนเซอร์ได้แนบสนิทและไม่ทำให้เกิดรูรั่ว อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นในการทำงานทำให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



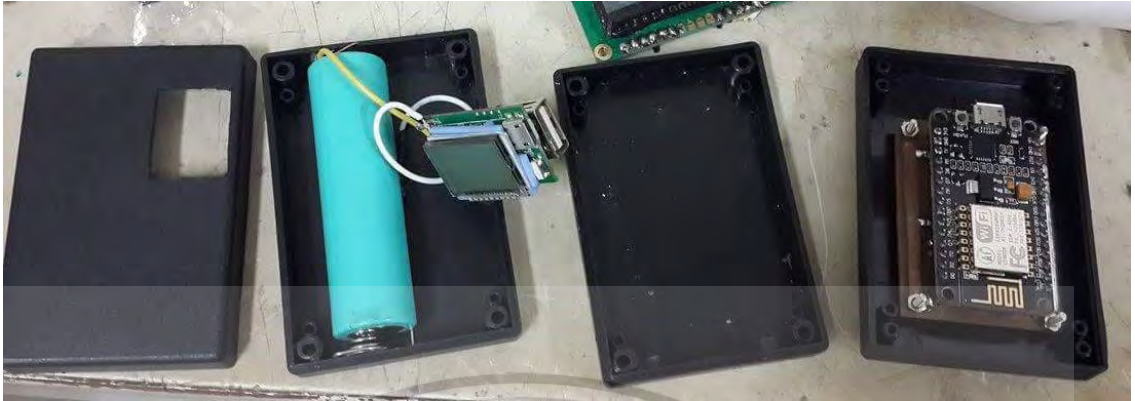
รูปที่ 3.7 แผงวงจรของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกด้วยการอ่านค่าแบบอินเทอร์รัพท์



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกหลังติดตั้งที่อลม

ที่อลมนี้อาจจะช่วยกักเก็บความดันให้ไหลเวียนอยู่ภายในระบบ ป้องกันการรั่วของความดันระหว่างถุงความดันและเซนเซอร์ เพื่อให้ค่าที่อ่านถูกต้องและแม่นยำตลอดการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์และแบตเตอรี่ในกล่องบรรจุภัณฑ์

การนำอุปกรณ์ตรวจจับไปใช้จำเป็นต้องทำเป็นกล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อใส่ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขนาด 5 X 7.5 เซนติเมตร และเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาแหล่งพลังงานหรือแบตเตอรี่แบบพกพาขึ้นมา โดยนำวงจรชาร์จไฟของพาวเวอร์แบงก์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับถ่านชาร์จ ผู้ใช้สามารถชาร์จไฟทิ้งไว้ ขณะไม่มีการใช้งานเสมือนพาวเวอร์แบงก์ โดยความจุของพลังงานขึ้นอยู่กับถ่านชาร์จที่ใช้ สำหรับการใช้งานให้ทำการเสียบขั้ว ทั้ง 2 เข้ากับอุปกรณ์ตรวจจับ หลังจากนั้นกดปุ่มเปิดที่แบตเตอรี่แล้วจึงเปิดการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับ

3.1.3 ซอฟต์แวร์

เนื่องจากการทำงานมีด้วยกัน 2 ระบบ การออกแบบซอฟต์แวร์จึงแบ่งได้ดังนี้

3.1.3.1 ฝั่งส่งข้อมูล

3.1.3.1.1 ระบบอินเตอร์รัพท์

การใช้งานในลักษณะการอ่านค่าดิจิทัลหรือการอ่านค่าเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์จะอยู่บนสมมติฐานที่ว่า เมื่อทารกเตะหรือมีแรงกดลงบนถุงความดันเท่าที่นั้นเซนเซอร์วัดความดันจึงจะส่งสัญญาณไปยังขาอินเตอร์รัพท์ในขณะที่เดียวกันก็ทำการอ่านค่าอะนาล็อกไปพร้อมๆกัน แต่ละค่าอะนาล็อกที่อ่านได้นั้นจะผูกติดกับเวลาปัจจุบัน ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป และเพื่อเป็นการป้องกันการสูญหายของข้อมูล ค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์ ข้อมูลจะถูกเก็บลงคิวหรือบัฟเฟอร์ชั่วคราวเพื่อรอการแพ็คชุดข้อมูลเข้าด้วยกัน ก่อนส่งขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ พร้อมกันนั้น ทำการสำรองเก็บลงระบบไฟล์ในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะนำมาดูข้อมูลย้อนหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1.2 ระบบอะนาล็อก

ค่าอะนาล็อกที่ได้เกิดจากแรงดันไฟฟ้าที่ถูกส่งมายังเซนเซอร์วัดความดัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งเป็นการอ่านค่าโดยตรงจากเซนเซอร์ดังนั้นข้อมูลที่ได้จะมีจำนวนมากใน 1 วินาทีตามความเร็วคล็อกที่ใช้ประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งไม่สามารถผูกเวลาปัจจุบันเข้ากับชุดข้อมูลได้ทันที ดังนั้น ในระบบนี้จะใช้วิธียิงข้อมูลที่ได้ทั้งหมดขึ้นคลาวด์เพื่อลดภาระในการจัดการข้อมูล เนื่องจากคลาวด์มีประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลได้ดีไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในลักษณะเทอร์เมทรีมีหน้าที่อัปเดตข้อมูลที่รับจากเซนเซอร์ขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพียงอย่างเดียว

3.1.3.2 ฝั่งรับข้อมูล

ระบบการทำงานแบบอินเทอร์เน็ตไร้พรมแดนมีความแตกต่างในเรื่องของความถี่หรือจำนวนชุดข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ได้รับ การทำงานแบบอินเทอร์เน็ตไร้พรมแดนสามารถระบุจำนวนชุดข้อมูลได้จากการที่มีแรงมากกระทำลงบนถุงความดัน เมื่อมีแรงมากกระทำจึงเกิดชุดข้อมูล ดังนั้นในส่วนของการแสดงผลสามารถแสดงเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน ส่วนการทำงานแบบอะนาล็อกนั้น ข้อมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามแรงดันไฟฟ้าที่ส่งมาจากเซนเซอร์เมื่อวัดค่าความดันได้ ดังนั้น การแสดงผลอะนาล็อกจะอยู่ในรูปของการพอร์ทกราฟแบบเรียลไทม์เพื่อนำมาวิเคราะห์หรือดูเทรนของข้อมูลต่อไป

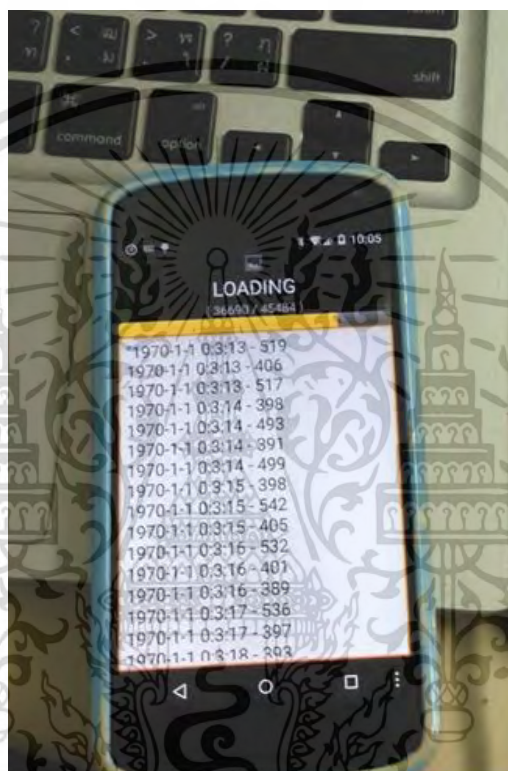
3.2 หลักการทำงานโดยภาพรวมของอุปกรณ์ตรวจจับ

อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว หรือการดันของทารกจะวัดจากแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงความดันจากการเคลื่อนไหว, ดันหรือเตะของทารกผ่านผนังหน้าท้องของมารตามากกระทบกับถุงความดัน ความดันภายในถุงจะถูกดันผ่านท่อส่งไปเข้าเซนเซอร์วัดความดัน แรงดันดังกล่าวจะทำให้ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วแตะกัน และส่งกระแสไฟฟ้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้คือ NodeMCU Amica V.1 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าไฟฟ้าเข้ามา ในรูปของสัญญาณแอนะล็อกเข้าไปยังขาอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจึงทำการแปลงค่าแอนะล็อกดังกล่าวเป็นดิจิตอลซึ่งอ่านค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1023 ค่าดิจิตอลนี้จะใช้ทางฝั่งแอปพลิเคชันของผู้ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าโวลต์เตจในเอกสารคู่มือจำเพาะของเซนเซอร์ เพื่ออ้างอิงกับความดันที่ถูกต้องในหน่วยต่างๆ เช่น ปาสคาล หรือ มิลลิเมตรปรอท ที่เอกสารดังกล่าวได้ระบุไว้ ค่าความดันนี้จะถูกนำมาใช้เป็นมาตรวัดและเกณฑ์ในการวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในถุง สำหรับการแสดงผลแบ่งเป็นส่วนของระบบอินเทอร์เน็ตไร้พรมแดนและอะนาล็อกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ระบบอินเทอร์เน็ต

ค่าดิจิทัลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้จะถูกผูกติดกับเวลาปัจจุบันของอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนโดยอัตโนมัติทุกครั้งที่เราเปิด ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บลงระบบจัดเก็บไฟล์แบบ SPIFFS ของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกครั้งที่เราตรวจพบการเดินทำให้สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้

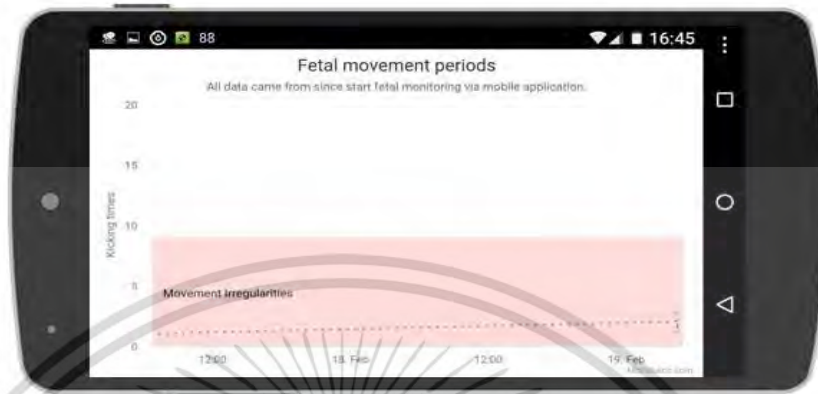


รูปที่ 3.10 การถ่ายโอนข้อมูลจาก NodeMCU Amica V.1 มายังสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน

ข้อมูลต่างๆจะยังคงถูกเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์จนกว่าจะทำการเปิดแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งผู้ใช้งานจำเป็นต้องเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนทุกครั้ง หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกถ่ายโอนมาเก็บไว้ฐานข้อมูลบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน หากผู้ใช้งานต้องการแชร์ข้อมูลให้กับบุคคลอื่นสามารถอัปโหลดข้อมูลต่างๆขึ้นเซิร์ฟเวอร์ได้ ในกรณีที่ต้องการให้ผู้อื่นติดตามดูข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ทำได้โดยการตั้งค่าให้อุปกรณ์ผ่านสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน เชื่อมต่อไปยังเราเตอร์ที่สามารถเข้าถึงพับลิคเน็ตเวิร์คได้เท่านี้เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จข้อมูลจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ทันทีที่ตรวจพบการเคลื่อนไหวของทารก และทำให้ผู้อื่นที่อนุญาตให้เข้าถึงสามารถเข้าถึงข้อมูลได้เช่นเดียวกับผู้ใช้จากกระยะไกลได้ เช่น ผู้เป็นพ่อขณะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำงานหรือสูติแพทย์ในโรงพยาบาล



รูปที่ 3.11 กราฟข้อมูลย้อนหลังบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชัน

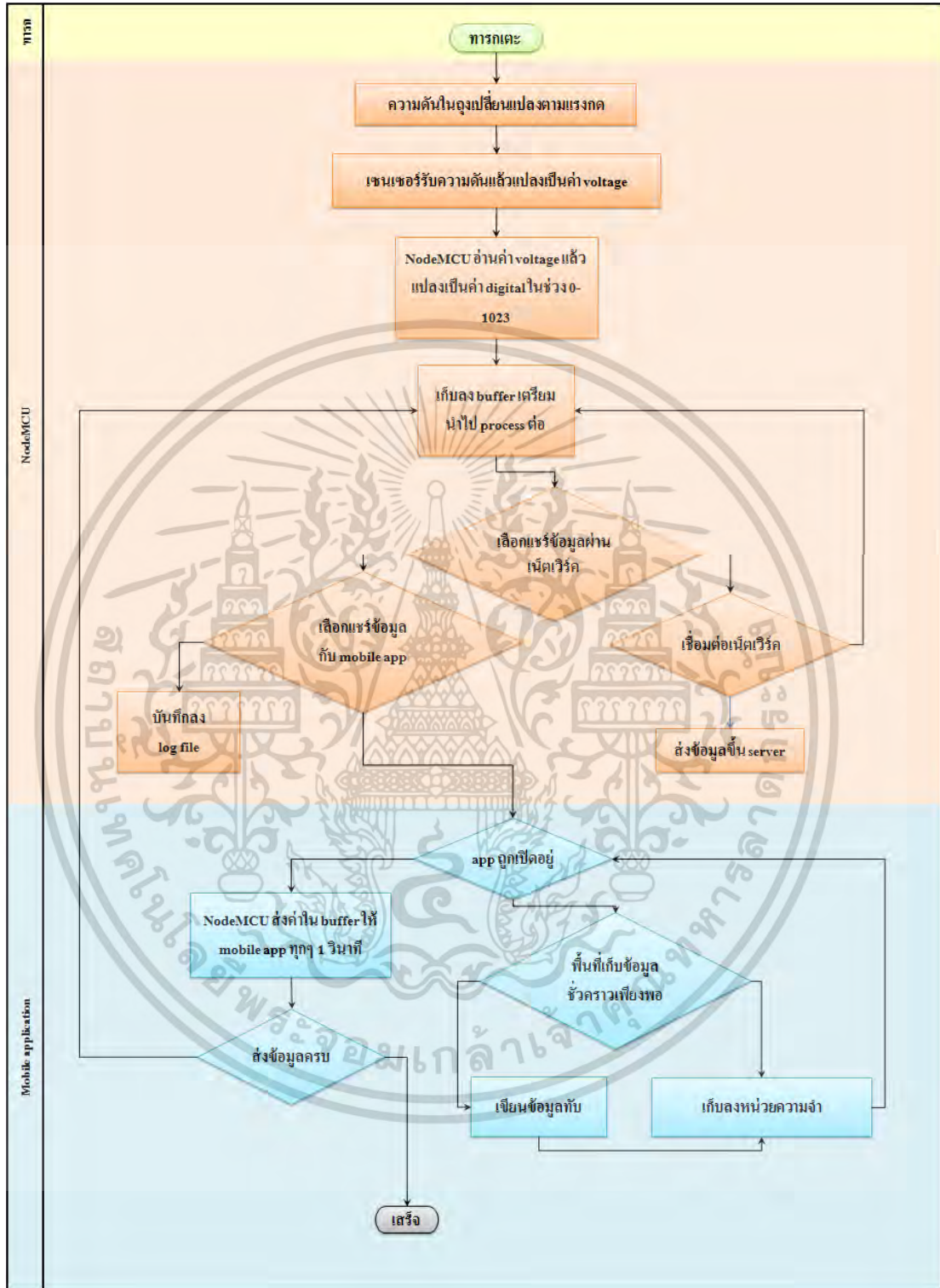
3.2.1.1 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์

อุปกรณ์ตรวจจับอนุญาตให้เข้าถึงการใช้งานได้ 3 วิธี ดังนี้

3.2.1.1.1 การเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค

เป็นการเชื่อมต่อหลักผ่านสายพายแอกเซสพอยต์ที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ กระจายสัญญาณออกมาซึ่งผู้ใช้งานจำเป็นต้องใช้ในการอัปเดตข้อมูล, ควบคุม และจัดการต่างๆ กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านสมาร์ตโฟนผ่านทางไอพี 192.168.4.1 โดยเป็นไอพีที่เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อกับ NodeMCU Amica V.1 ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้ตามต้องการ การเชื่อมต่อนั้นทำได้โดยไปที่ Setting -> WiFi แล้วเลือกชื่อสายพายที่ขึ้นต้นด้วย “mF_” เช่น “mF_1234” โดยตัวเลขสี่ตัวหลังเป็น แม็คแอดเดสของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัว (ชื่อสายพายนี้นี้ถูกกำหนดขึ้นมาในขั้นตอนพัฒนาซอสโค้ดผู้ ที่นำไปพัฒนาต่อไม่จำเป็นต้องใช้ชื่อดังกล่าวเสมอไป) เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จให้ทำการเปิดแอปพลิเคชัน อุปกรณ์ตรวจจับ จะทำการถ่ายโอนข้อมูลให้กับสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันอัตโนมัติ เป็นการอัปเดตข้อมูลล่าสุด หลังจากนั้นผู้ใช้ก็สามารถควบคุมการทำงานต่างๆได้ตามฟังก์ชันที่จัดหาไว้ในแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 โฟลชาร์ตแสดงการทำงานของระบบระหว่างผู้ใช้และตัวตรวจจับในโหมดเฝ้าดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.2 การเชื่อมต่อไร้สายแบบพบบลิกเน็ตเวิร์ค

เป็นการเชื่อมต่อผ่านสายพายแอกเซสพอยต์ที่เร้าเตอร์หรือแอกเซสพอยต์ใดๆที่สามารถเชื่อมต่อกับพบบลิกเน็ตเวิร์คได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการหรืออนุญาตให้ผู้อื่นเข้าถึงการใช้งานจากระยะไกลได้ การเชื่อมต่อนี้ทำได้โดยเปิดสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันไปที่ Setting -> PubNet แล้วทำการใส่ชื่อ และรหัสพวยพายที่ใช้ในการเชื่อมต่อเน็ตเวิร์คได้ (อุปกรณ์จะตัดการเชื่อมต่อจากผู้ใช้ทันทีหลังจากนี้ ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลต่างๆผ่านทางเว็บได้) หลังจากเชื่อมต่อกับเน็ตเวิร์คสำเร็จ ตัวอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับเซิร์ฟเวอร์ด้วยเว็บช็อกเก็ตไอโอ ข้อมูลที่อุปกรณ์ได้รับเซิร์ฟเวอร์จะได้รับไปพร้อมๆกันด้วยในลักษณะเรียลไทม์ตาต้า การส่งคำสั่งร้องขอข้อมูลในส่วนนี้จะต่างจากข้อ 1 ผู้ใช้งานจากระยะไกลสามารถส่งคำสั่งเปลี่ยนโหมดการทำงานหรือตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของค่าที่วัดได้เท่านั้น



รูปที่ 3.13 ภาพตัวอย่างหน้าเว็บที่สูติแพทย์ใช้ในการติดตามสุขภาพของทารก

3.2.1.1.3 การเชื่อมต่อผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ท

เป็นการเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงเพื่ออ่านค่าที่เซนเซอร์วัดได้แบบเรียลไทม์ผ่านคอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อนี้ทำได้โดยเข้าไปที่แอปพลิเคชันไปที่ Setting -> Monitoring (อุปกรณ์จะตัดการเชื่อมต่อจากผู้ใช้ทันที หลังจากนี้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลต่างๆผ่านแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 รูปแบบคำสั่งการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง

การส่งคำสั่งร้องขอข้อมูลจะเกิดขึ้นระหว่าง NodeMCU Amica V.1 กับสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันโดยฝั่งผู้ใช้เป็นฝั่งที่ร้องขอข้อมูลจากอุปกรณ์ก่อนผ่านทาง การเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์คจากการร้องขอด้วย HTTP หากผู้ใช้เชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์แล้ว และคำสั่งร้องขอนั้นมีอยู่ในระบบ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลตอบกลับมายังผู้ใช้ ผ่านแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้ใช้งานอยู่ ซึ่งรูปแบบคำสั่งต่างๆที่ถูกพัฒนาขึ้นเองเพื่อใช้ในการสื่อสารรับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว เป็นไปตามตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.14 ฟังก์ชันต่างๆในสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง

คำสั่ง	การร้องขอ	การตอบสนอง
<p>Ssid</p> <p><u>ตัวอย่างการร้องขอ</u> http://192.168.4.1/ssid=wifiname &pwd=password &635023</p>	<p>เปลี่ยนการเชื่อมต่อไปเชื่อมต่อกับพับบลิกเน็ตเวิร์ค โดยการตั้งค่า NodeMCU Amica V.1 ให้เชื่อมต่อเข้ากับแอคเซสพอยต์หรือเราเตอร์ที่ติดต่อกับพับบลิกเน็ตเวิร์คด้วยชื่อและรหัสวายฟายที่ส่งไป</p> <p><u>ในที่นี้คือ</u> วายฟายชื่อ : wifiname พาสเวิร์ด : password</p>	<p>NodeMCU Amica V.1 ทำการตรวจสอบเน็ตเวิร์คดังกล่าวผ่านชื่อและพาสเวิร์ดที่ส่งมา หากเชื่อมต่อได้จะทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวลงระบบไฟล์และเปลี่ยนไปเชื่อมต่อกับพับบลิกเน็ตเวิร์คดังกล่าว</p>
<p>Mwp</p> <p><u>ตัวอย่างการร้องขอ</u> http://192.168.4.1/mwp&635023</p>	<p>ขอข้อมูลจำนวนครั้งที่ทารกเคลื่อนไหว</p>	<p>ดึงข้อมูลที่อุปกรณ์ตรวจจับได้ตั้งแต่เปิดเครื่องส่งกลับไปยังผู้ใช้</p>
<p>Sttmr</p> <p><u>ตัวอย่างการร้องขอ</u> http://192.168.4.1/sttmr&2017-02-03-22:42:30&234567</p>	<p>ตั้งเวลาให้กับ NodeMCU Amica V.1</p> <p><u>ในที่นี้คือ</u> 2017-02-03-22:42:30</p>	<p>ตั้งค่าเวลาตามที่ผู้ใช้ร้องขอ และนับต่อไปเรื่อยๆตามคlicoคของระบบ จนกระทั่งถูกปิดหรือหยุดจ่ายไฟ เวลาจะถูกเปลี่ยนกลับไปยัง 1970-01-01 00:00:00</p>

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง

คำสั่ง	การร้องขอ	การตอบสนอง
<p>synclf</p> <p>ตัวอย่างการร้องขอ</p> <p>http://192.168.4.1/synclf&/log.txt&20&0&end&12345</p>	<p>อัปเดตข้อมูลล่าสุดจากระบบไฟล์ใน NodeMCU Amica V.1 มาเก็บไว้ในสมาร์ทโฟน</p> <p>ในที่นี้คือ log.txt</p>	<p>ทำการตรวจสอบไฟล์ หากพบว่ามีข้อมูลเก็บอยู่ จะทำการปิดกั้นการบันทึกลงไฟล์ชั่วคราว แล้วเปลี่ยนไปบันทึกลงหน่วยความจำแทนจากนั้นหลังจากนั้นอ่านข้อมูลจากไฟล์ที่ร้องขอ และส่งข้อมูลไปยังสมาร์ทโฟนจนครบแล้วจึงค่อยเปลี่ยนการทำงานกลับไปเป็นเช่นเดิม</p>
<p>delf</p> <p>ตัวอย่างการร้องขอ</p> <p>http://192.168.4.1/delf&/log.txt&12345</p>	<p>ลบไฟล์ที่อยู่ใน NodeMCU Amica V.1</p> <p>ในที่นี้คือ log.txt</p>	<p>ลบไฟล์ที่ร้องขอ หากมีไฟล์นั้นอยู่จริง</p>
<p>wuaap</p> <p>ตัวอย่างการร้องขอ</p> <p>http://192.168.4.1/wuaap&on&234567</p>	<p>กำหนดให้ผู้ใช้มีระดับความสำคัญมากกว่า (เปิด) / น้อยกว่า (ปิด) อินเทอร์เน็ต</p>	<p>ปิดกั้นการรับข้อมูลจากขาอินเทอร์เน็ตเพื่อรอให้ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อเข้ามายัง NodeMCU Amica V.1 ได้ (เปิด) หรืออนุญาตให้อินเทอร์เน็ตมีความสำคัญมากกว่าผู้ใช้ (ปิด)</p>
<p>lcap</p> <p>ตัวอย่างการร้องขอ</p> <p>http://192.168.4.1/lcap&234567</p>	<p>เปลี่ยนการเชื่อมต่อเป็นแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค</p>	<p>เปิดการเชื่อมต่อด้วยสายแล้วเปลี่ยนการเชื่อมต่อไปเป็นการเชื่อมต่อแบบไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์คพร้อมกับบันทึกลงระบบไฟล์</p>

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ชุดคำสั่งที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลและการตอบสนอง

คำสั่ง	การร้องขอ	การตอบสนอง
Dvsrl	เปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นดีบัคโหมด หรือการเฝ้าดูข้อมูลผ่านสายซีเรียล คอมพิวเตอร์	เปลี่ยนเป็นดีบัคโหมดพร้อมกับบันทึก ลงระบบไฟล์ แล้วทำการปิดการ เชื่อมต่อทางวายฟาย รอรับข้อมูลผ่าน สายซีเรียลคอมพิวเตอร์
ตัวอย่างการร้องขอ http://192.168.4.1/dvsrl&234567		

3.2.1.3 การลบข้อมูลบนอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน

เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆมีเนื้อที่จำกัด การจัดเก็บข้อมูลจึงเป็นส่วนที่ต้องคอยดูแลสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

3.2.1.3.1 การลบข้อมูลในระบบจัดเก็บไฟล์ของตัวอุปกรณ์ ในสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันเลือกไปที่ Setting -> Clean ข้อมูลการเดินของทารกในระบบไฟล์แบบ SPIFFS จะถูกลบทิ้งทั้งหมด

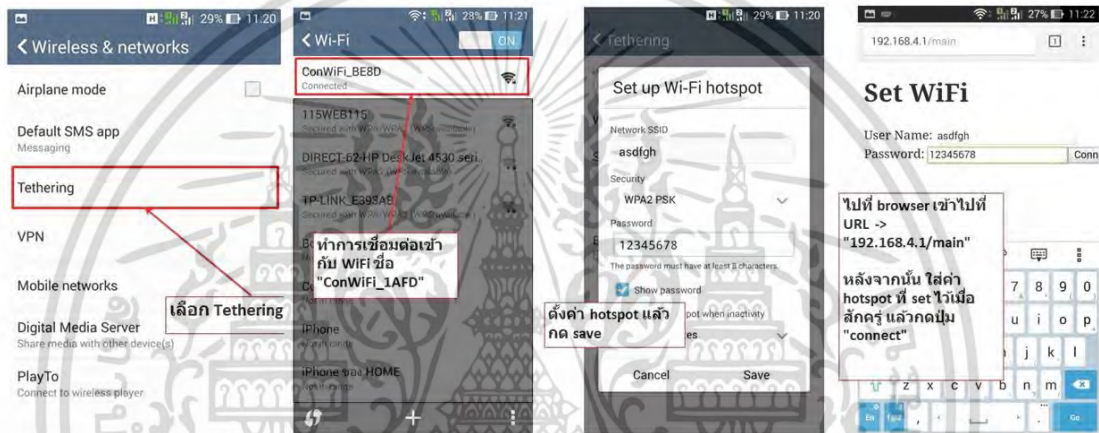
3.2.1.3.2 การลบข้อมูลบนสมาร์ตโฟน ในสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันเลือกไปที่ Setting -> Remove ข้อมูลการเดินของทารกที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลแบบ SQLite บนสมาร์ตโฟนจะถูกลบทิ้งทั้งหมดส่งผลให้ไม่สามารถดูข้อมูลย้อนหลังบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันได้

3.2.2 ระบบอะนาล็อก

กระบวนการทำงานมีความแตกต่างจากระบบอินเตอร์รัพท์ ตั้งแต่การอ่านค่าอะนาล็อกทุกค่าจากเซนเซอร์โดยตรง และความเร็วในการส่งข้อมูลที่ใกล้เคียงเรียลไทม์ด้วยโพรโทคอล MQTT ซึ่งทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์จำเป็นต้องใช้โพรโทคอลเดียวกันในการรับข้อมูล ซึ่งในที่นี้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์จะทำตัวเป็นโบรกเกอร์ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ตลอดจนฝั่งไคลแอนต์หรือผู้ใช้จะมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของการแสดงผลที่มีละเอียดมากกว่าระบบอินเตอร์รัพท์ นั้นอาจหมายถึงมีสัญญาณข้อมูลรบกวนอื่นๆติดมากับชุดข้อมูลด้วย ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้นำส่วนการแสดงผลของระบบอะนาล็อกไปรวมกับโมบายแอปพลิเคชันของระบบอินเตอร์รัพท์ที่มีอยู่เดิม บางฟังก์ชันการทำงานจึงไม่มีอยู่ในระบบอะนาล็อก แต่หันไปแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันแทนเพื่อให้ง่ายต่อการนำผลไปวิเคราะห์

3.2.2.1 การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์

การเชื่อมต่อในระบบอะนาล็อกมีเพียงแบบเดียว เป็นการเชื่อมต่อแบบพับบลิกเน็ตเวิร์ค แต่ผู้ใช้จำเป็นต้องตั้งค่าการเชื่อมต่อให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อน โดยเชื่อมต่อเข้ากับสายพาย ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ปล่อยสัญญาณออกมา หรือแอสซายต์ในที่นี่ ชื่อสายพายเป็น "ConWiFi_1AFD" หลังจากนั้นให้ใส่ชื่อสายพายและรหัสเข้าใช้สายพาย หากข้อมูลถูกต้อง หลังจากกดตกลงให้รอไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับเน็ตเวิร์คดังกล่าวจนกระทั่งได้ยินเสียงดังยาว 2 วินาที เป็นอันเชื่อมต่อสำเร็จ



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการตั้งค่าการเชื่อมต่อระบบเน็ตเวิร์คให้กับอุปกรณ์ตรวจจับ

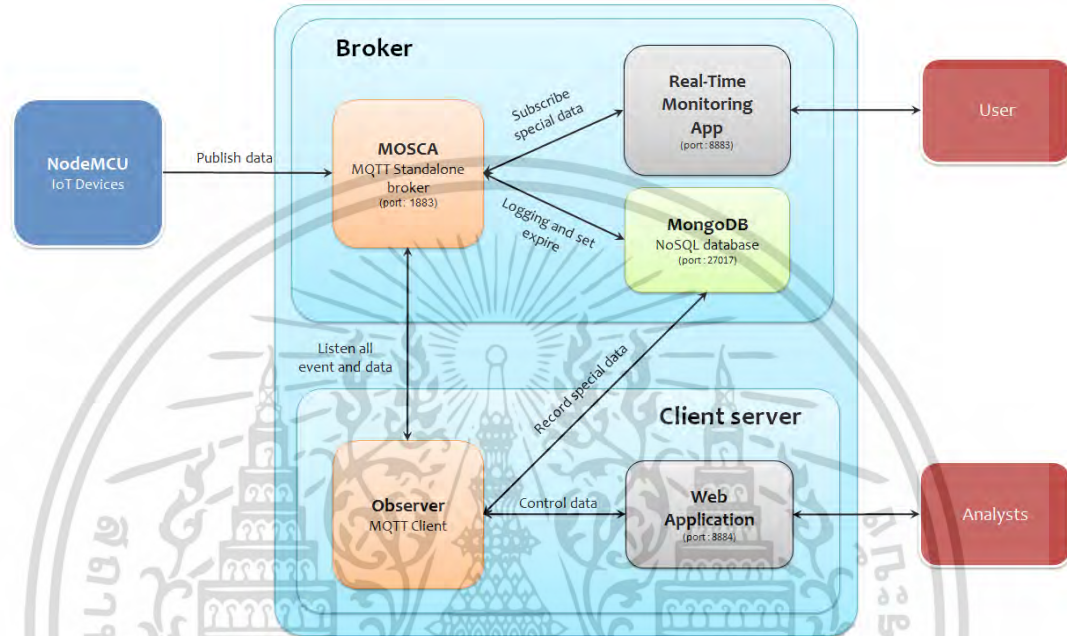
เมื่อการเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงานโดยอ่านค่าจากเซนเซอร์และส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ทันที กระบวนการทำงานจะเป็นในลักษณะนี้จนกระทั่งปิดอุปกรณ์หรือขาดการติดต่อกับระบบเน็ตเวิร์ค

3.2.2.2 กระบวนการจัดการชุดข้อมูลทางฝั่งคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

จากบทที่ 2 ที่กล่าวถึงรูปแบบการใช้งานในอุปกรณ์ไอโอที ในงานวิจัยนี้จะเน้นการทำงานในลักษณะเทเรเมตรีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ส่งข้อมูลหรือพัลลิกค่าจากเซนเซอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุกค่าที่อ่านได้ โดยโพรโตคอล MQTT จะมามีบทบาทในจุดนี้ การทำงานทางฝั่งคลาวด์เซิร์ฟเวอร์จะต่างออกไปจากระบบที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ โดยคลาวด์เซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่เป็นโบรกเกอร์คอยรับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับในที่นี่คือเฟรมเวิร์คชื่อ มอสคา (Mosca) จะเป็นเฟรมเวิร์คที่คอยจัดการชุดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ เช่น บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล ในที่นี้ใช้ มงโกดีบี (MongoDB) เสมือนเป็นที่พักข้อมูลก่อนส่งผ่านข้อมูลไปยังผู้รับหรือซัสไครเบอร์แบบเรียลไทม์ทางหน้าเว็บ



รูปที่ 3.16 กระบวนการจัดการชุดข้อมูลทางฝั่งคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

แต่เนื่องจากมอสคามิข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล เพราะเฟรมเวิร์คดังกล่าวจะทำการเก็บข้อมูลชั่วคราวเพียงแค่ 1 ชั่วโมงก่อนจะลบทิ้งทั้งหมด ดังนั้น จึงต้องทำการเพิ่มการทำงานอีกส่วนขึ้นมาคือ ผู้สังเกต (หรือ observer) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทุกอย่างที่มอสคาได้รับ ข้อมูลดังกล่าวจะเก็บลงมงโกดีบีเช่นกันเพียงแต่ข้อมูลจะไม่ถูกลบทิ้งจะถูกเก็บแยกไว้คนละส่วนกับข้อมูลขาเข้า

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บไว้ถูกแยกเก็บไว้การที่จะดึงข้อมูลเก่าขึ้นมาแสดงผลนั้นจะต้องเพิ่มหน้าเว็บอีกหน้าขึ้นมาเพื่อไม่ให้ทับซ้อนกับหน้าเว็บที่แสดงผลแบบเรียลไทม์ สำหรับการใช้งานหน้าเว็บนั้นมีจุดประสงค์ต่างกันเล็กน้อย ข้อมูลเรียลไทม์นั้นผู้ใช้ไม่ว่าใครสามารถดูได้ แต่ส่วนข้อมูลเก่าจะถูกเก็บไว้ให้กับนักวิเคราะห์หรือแพทย์เพื่อนำข้อมูลย้อนหลังมาใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ตรวจจับขณะต่อพ่วงกับท่อลมที่มีขนาดความยาว 100 เซนติเมตร

3.4 ข้อจำกัดของอุปกรณ์

3.4.1 ระบบอินเทอร์เน็ต

3.4.1.1 ต้องเปิดแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนทุกครั้งที่ต้องการเริ่มวัดจำนวนครั้งในการเดิน เพื่อให้แอปพลิเคชันทำการส่งค่าวันเวลาปัจจุบันให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่มีไทม์เมอร์ เมื่อทำการปิดเครื่องเวลาที่ถูกกำหนดไว้ก่อนหน้านี้จะถูกลบทิ้ง เมื่อเปิดอุปกรณ์ขึ้นมา (รวมถึงการรีสตาร์ทด้วย) วันและเวลาจะถูกกำหนดไปที่ค่าเดิมคือ 1970-01-01 00:00:00 เสมอ ฉะนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูล ผู้ใช้ควรเปิดแอปพลิเคชันทุกครั้งที่ต้องการวัด

3.4.1.2 ระบบจัดเก็บไฟล์ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดของระบบอยู่ที่ 1 เม็กกะไบต์ และรับขนาดไฟล์มากที่สุดอยู่ที่ 3 เม็กกะไบต์ ผู้ใช้จำเป็นต้องคอยตรวจสอบและลบข้อมูลที่ไม่จำเป็นทิ้งหลังทำการอัปโหลดข้อมูลเก็บไว้บนสมาร์ตโฟนหรือเซิร์ฟเวอร์เรียบร้อยแล้ว

3.4.1.3 อุปกรณ์จะทำการอัปเดตข้อมูลไปยังสมาร์ตโฟนแบบเรียลไทม์ (ขณะเปิดแ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลิกเคชัน ในการเชื่อมต่อแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค) ทุกๆ 1 วินาที ทั้งนี้ไม่มีข้อมูลขาดหายระหว่าง 1 วินาทีนั้น แต่อย่างไรก็ตาม เป็นเพียงการรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกันแล้วส่งไปยังปลายทางที่เดียว เพื่อลดจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลเกินความจำเป็น

3.4.1..4 อุปกรณ์ตรวจจบบ้างจำเป็นต้องมีความดันคงเหลือในถุงความดันประมาณ 3-4 มิลลิเมตรปรอท เพื่อให้เซนเซอร์สามารถตรวจจบบการเปลี่ยนแปลงของความดันได้ ทั้งนี้ผู้ใช้จำเป็นต้องรักษาระดับความดันภายในถุงประมาณทุกๆ 1 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น

3.4.1.5 การอัปเดตข้อมูลจำนวนมากทำผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนเท่านั้น

3.4.1.6 หลังตัดการเชื่อมต่อแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อไร้สายแบบพบบลิคเน็ตเวิร์ค หรือการเชื่อมต่อผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทก็ตาม หากต้องการกลับไปเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์ค อีกผู้ใช้ต้องตั้งค่าผ่านหน้าเว็บหรือคอมพิวเตอร์ตามลำดับ หรือทำการรีเซ็ตาร์ทอุปกรณ์ก็ได้เช่นกัน

3.4.2 ระบบอะนาล็อก

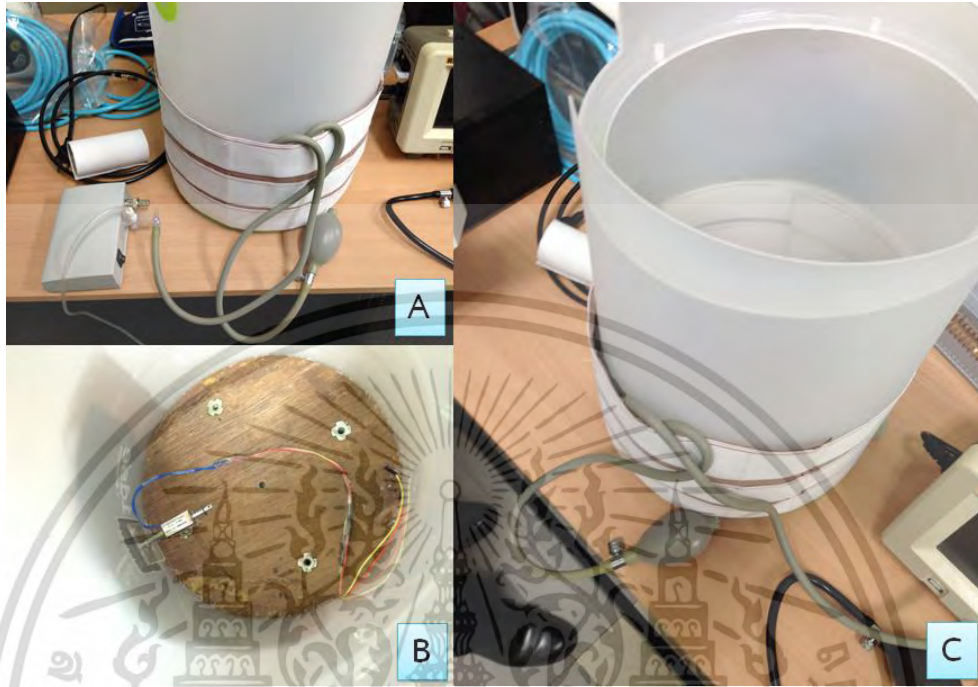
3.4.2.1 การเชื่อมต่อหรือขั้นตอนในการแพร์ (pair) ระหว่างอุปกรณ์ตรวจจบบกับสมาร์ตโฟนต้องอยู่ในบริเวณที่มีความแรงของสัญญาณอินเตอร์เน็ตไม่เกี่ยวข้องที่ต่ำกว่าสัญญาณจากสมาร์ตโฟน ที่ทำหน้าที่เป็นแอคเซสพอยต์ เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจบบใช้ระบบดีเฮซีพี (DHCP) ในการรับไอพีซึ่งอาจจะไปทำการเชื่อมต่อกับสัญญาณอื่นที่ไม่ได้มาจากสมาร์ตโฟน

3.4.2.2 การรับส่งข้อมูลใช้สายพายเป็นหลักหากสัญญาณวายพายอ่อนอาจทำให้ข้อมูลขาดหายได้

3.4.2.3 ถุงความดันควรมีความดันอยู่ประมาณ 1-2 มิลลิเมตรปรอทเพื่อให้เซนเซอร์สามารถตรวจจบบการเปลี่ยนแปลงของความดันได้

3.5 การออกแบบแพนธอมเพื่อใช้ในการทดลอง

การออกแบบแพนธอมนอกจากจะต้องคำนึงถึงปัจจัยในการออกแบบข้างต้นเป็นหลักแล้ว ยังคงมีปัจจัยในเรื่องของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอุปกรณ์ตรวจจบบหรือถุงความดันกับส่วนของโค้งของท้องมารดาที่ค่อนข้างกว้าง การทดสอบการกดทับลงบนถุงความดันเพื่อหาความดันที่เปลี่ยนแปลงไป หากวางไว้ในบนพื้นราบ ค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปที่เซนเซอร์วัดได้ จะแตกต่างจากการที่นำเอาอุปกรณ์ไปยึดหรือแนบติดกับส่วนโค้งของพื้นผิวใดๆ เพราะมีความดันเริ่มต้นที่แตกต่างกันจากการถูกกดทับด้วยพื้นผิวส่วนโค้ง



รูปที่ 3.19 ภาพรวมของแพนธอมที่ต่อเข้ากับเซนเซอร์วัดความดัน (A), โซลินอยด์ที่ติดตั้งไว้บริเวณรูหลักภายในถัง (B), การพันลวดความดันไว้กับถังด้วยตีนตุ๊กแกที่สามารถปรับระดับได้ (C)

ในการทดลองนี้จึงนำเอาวัตถุทรงกระบอกมาประยุกต์โดยนำเอาถังพลาสติกที่ไม่ใช้แล้วมาเจาะรูในตำแหน่งที่แตกต่างกันไป 1-2 รู หลังจากนั้นนำโซลินอยด์ขนาดต่างกันหรืออย่างน้อย 1 ตัวมาติดตั้งไว้ภายในถัง บริเวณส่วนหัวของโซลินอยด์ถูกดัดแปลงโดยนำเอาแผ่นพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมาติดไว้เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการกดหรือเทียบได้กับเท้าของทารก ในถังจะมีรูหลักเป็นรูที่อยู่ตรงกับบริเวณส่วนกลางของถังความดัน โซลินอยด์ที่ติดตั้งไว้จะถูกควบคุมการทำงานในการดึงแกนโซลินอยด์เข้าและออกด้วยบอร์ด Arduino ตามจังหวะเวลาที่กำหนดไว้ใน การทดลอง เสมือนการเตะของทารกตามตารางที่ 3.2

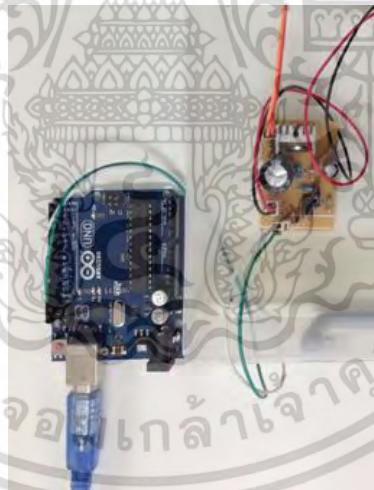
แต่เนื่องจากการควบคุมโซลินอยด์นั้น ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 12 - 24 โวลต์ ทำให้จำเป็นต้องเพิ่มวงจรขยายในการขับโซลินอยด์ขึ้นมา ซึ่งวงจรนี้ใช้ไฟเลี้ยง 24 โวลต์ หลังจากนั้นนำขาสัญญาณดิจิทัลเอาต์พุตจาก Arduino มาต่อกับวงจรดังกล่าวเพื่อควบคุมโซลินอยด์ ดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างรูปแบบการควบคุมแกนโซลินอยด์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปแบบ ที่	การหน่วงเวลา (วินาที)		เวลาในการ ทดลอง (วินาที)	ความถี่ในการอ่าน ค่าของซอฟต์แวร์ จากสายซีเรียล (วินาที)	จำนวนครั้งที่ คาดหวัง (ครั้ง)
	ช่วงเวลา ทุกๆ	ความกว้างลูก คลื่น			
1	5.0	0.50	60	0.5	12
2	2.5	0.25			24
3	1.0	0.10			60
4	0.5	0.05			120
5	0.1	0.01			600

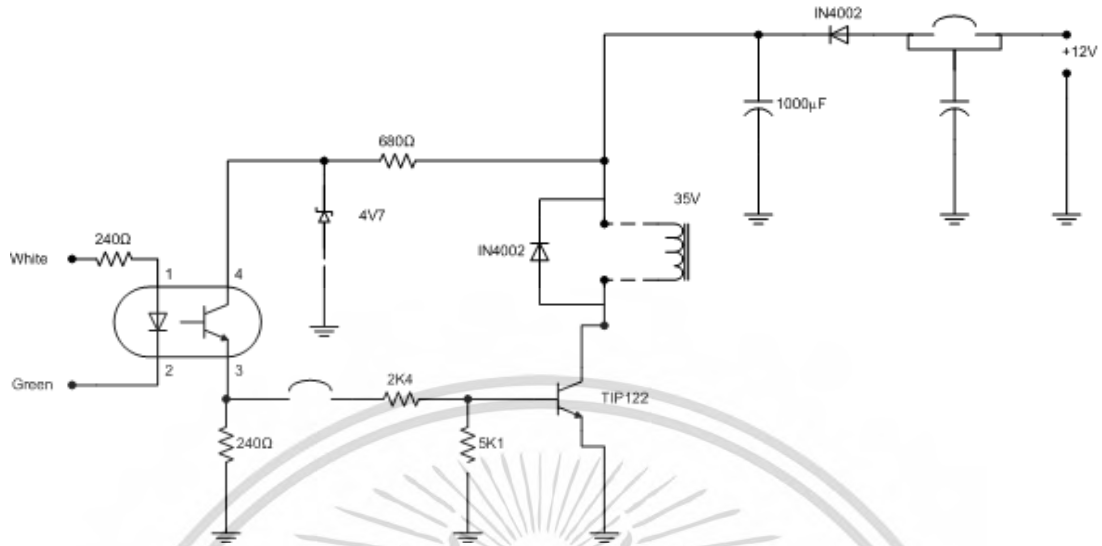
ซึ่งเขียนเป็นผังวงจรได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 การต่อวงจรขยายจาก Arduino เพื่อใช้ในการขับโซลินอยด์

ส่วนที่เป็นกล่องเซนเซอร์วัดความดัน นอกจากจะใช้ในการวัดค่าความดันแล้ว ยังเป็นตัวนำความดันไปแשר 2 ช่องทางด้วยกัน ผ่านหัวแยกความดัน 3 ทาง ช่องทางแรกนำไปต่อเข้ากับถุงความดันเพื่อเรากความดันที่เปลี่ยนแปลงไป ช่องทางที่ 2 ต่อเข้ากับเครื่องมือวัดความดันแบบปรอทเพื่อใช้ในการเทียบเคียงค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



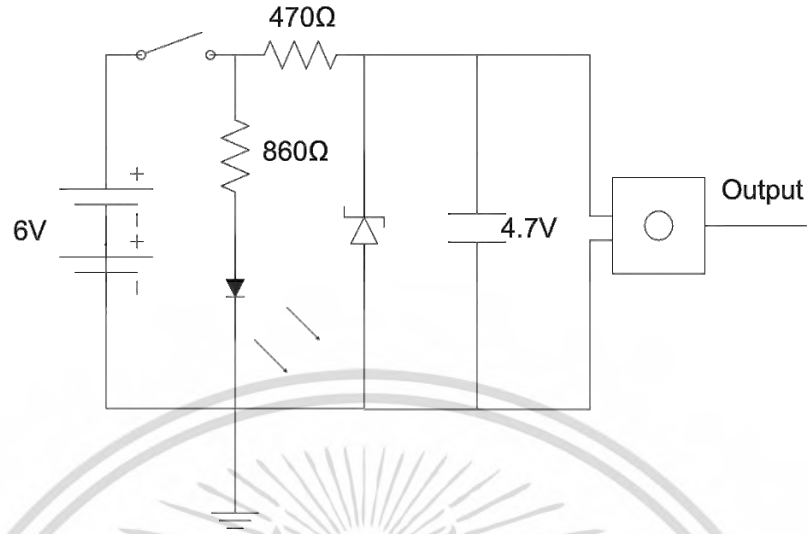
รูปที่ 3.21 วงจรเรีกุเลเตอร์ที่ใช้ในการขับโซลินอยด์



รูปที่ 3.22 กล่องเซนเซอร์วัดความดันที่ใช้กับแฟนธอม

วงจรภายในกล่องเซนเซอร์วัดความดันสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 วงจรภายในกล่องเซนเซอร์วัดความดันที่ใช้กับแฟนธอม

3.6 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยนับครั้งจากความรู้สึกมารดา

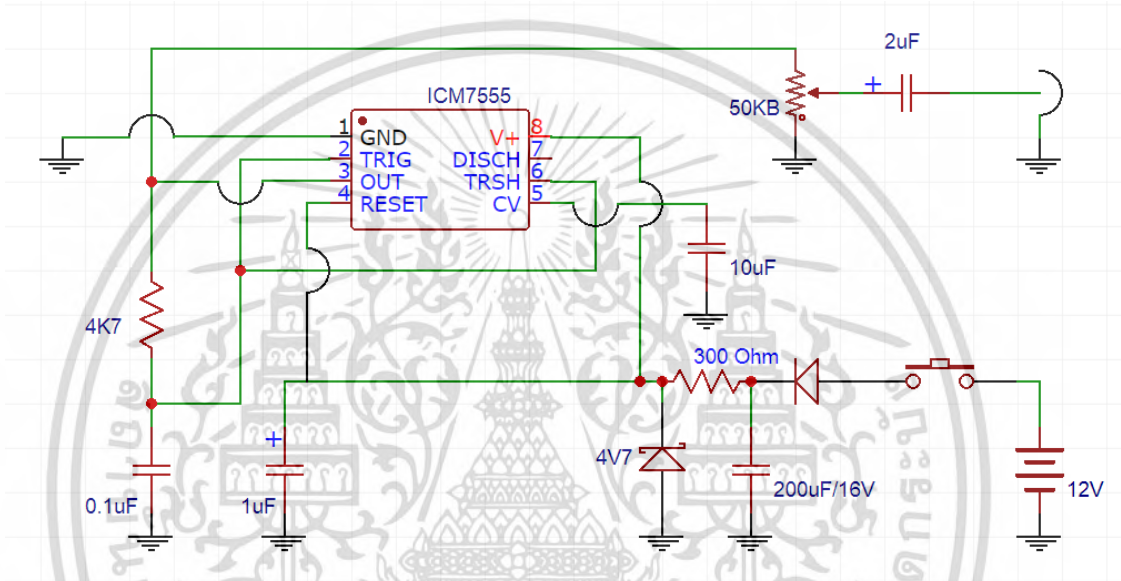
ในการทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจนับจำเป็นต้องมีการเทียบเคียงกับความเป็นจริง ในช่วงอายุครรภ์ 24-28 สัปดาห์ มารดาสามารถรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของทารกได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงใช้วิธีนับครั้งโดยมารดาเป็นผู้บันทึกผลการเตะ สำหรับการบันทึกผลนั้น จะใช้อุปกรณ์ช่วยนับครั้งแทนการบันทึกด้วยมือ แต่ทั้งนี้รูปแบบการเคลื่อนไหวของทารกผู้เป็นมารดาจะรายงานออกมา เช่น เตะ หรือพลิกตัว ผู้วิจัยเป็นผู้จดบันทึกผล



รูปที่ 3.24 อุปกรณ์ช่วยนับครั้งการเตะของทารก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์นับครั้งสามารถเสียบเข้ากับสมาร์ทโฟน และใช้งานได้ทันที เมื่อทำการกดสัญญาณจะถูกส่งผ่าน แจ็ค ตัวรับหรือสมาร์ทโฟนจะทำการแปลงจากสัญญาณความถี่เป็นจำนวนครั้งด้วยการเทชโซค่าความถี่ที่ สมาร์ทโฟนได้รับซึ่งค่าเทชโซดังกล่าวมาจากการปรับแต่งค่าให้เหมาะกับช่วงความถี่ที่ได้รับ และบันทึกผล พร้อมเวลา ณ ขณะนั้นลงสมาร์ทโฟน ในที่นี้อุปกรณ์นับครั้งทำงานก็ต่อเมื่อมีการกดเท่านั้นทำให้ช่วย ประหยัดพลังงานขณะทำการทดลอง



รูปที่ 3.25 วงจรของอุปกรณ์ช่วยนับครั้งการเตะของทารก

3.7 สรุป

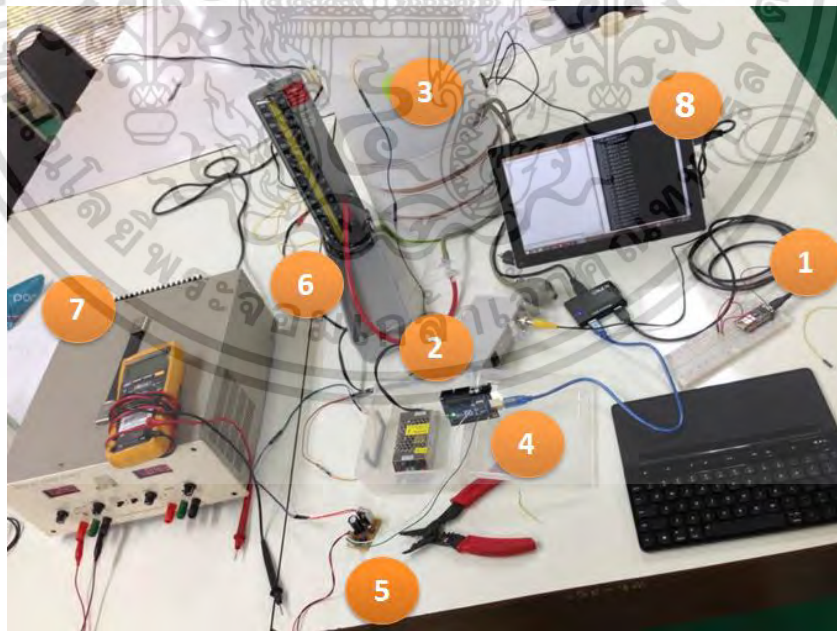
โครงสร้างและการออกแบบในบทที่ 3 ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในการทดลองในบทที่ 4 ในการหาความแม่นยำในการวัดผล ตั้งแต่การส่งข้อมูลด้วยระบบอินเตอร์รัพท์ และอะนาล็อก ทั้งสองระบบจะถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานทั้งในแพนธอมและหญิงตั้งครรภ์เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมกับการนำไปใช้จริงให้มากที่สุด โดยเริ่มแรกจะทดสอบกับแพนธอมเพื่อหาความเป็นไปได้ในการวัดค่าและเก็บผล จนกระทั่งแสดงผลออกมาบนหน้าเว็บในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้ถึงความดันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องทดสอบความแม่นยำในการรับรู้ค่าความดันเมื่อมีแรงมากกระทำลงบนถุง เพื่อหาตำแหน่งบนถุงที่เหมาะสมกับการรับรู้ค่า เพื่อลดความผิดพลาดให้มากที่สุดเมื่อนำไปใช้จริงกับหญิงตั้งครรภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบความแม่นยำของระบบ

ความแม่นยำในการตรวจจับของระบบนั้นครอบคลุมตั้งแต่การอ่านค่าจากเซนเซอร์, วิธีหรือกระบวนการในการรับส่งข้อมูลระหว่างสื่อ, การแสดงผล และการนำไปใช้วัดผลจริงในสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งแต่ละส่วนนี้จะนำมาทำการทดลองเพื่อหาความแม่นยำในการวัดของอุปกรณ์และข้อจำกัดในการวัดผล ขั้นแรกเริ่มจากการรับส่งข้อมูลนั้นโดยหลักแล้วจะขึ้นกับการอ่านค่าจากเซนเซอร์เป็นอันดับแรกซึ่งมีด้วยกันหลากหลายวิธี ดังนั้น เพื่อหากระบวนการรับส่งที่มีความแม่นยำและเหมาะสมในการรับส่งข้อมูล จึงเลือกทดสอบ 2 กระบวนการหลักๆด้วยกันคือ ทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลจากการอ่านค่าอะนาล็อกเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ร่วมกับการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลซอกเก็ต และการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์โดยตรงผ่านโปรโตคอล MQTT หลังจากนั้นจึงนำมาคำนวณออกมาเป็นแรงในหน่วยนิวตันจากสมการที่ได้มาจากการทดลองเทียบเคียงแรงที่ตกลงบนถ่วงความดันในหน่วยนิวตัน กับค่าความดันในถ่วงที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันด้วย NodeMCU Amica V.1 จากการทดลองบนถ่วงความดันด้วยโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องอุปกรณ์ตรวจจับมีส่วนเชื่อมต่อกันถึงการรับส่งข้อมูลกันค่อนข้างมาก และค่าที่ใช้ในการรับส่งกัน มาจากการเทียบเทียบค่าความดันในถังกับค่าอะนาล็อกจากอุปกรณ์ จึงมีความจำเป็นในการแยกส่วนในการตรวจสอบระบบ ดังนี้

4.1 การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลจากการอ่านค่าอะนาล็อกเมื่อเกิด อินเทอร์เน็ตร่วมกับการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลซอกเก็ต

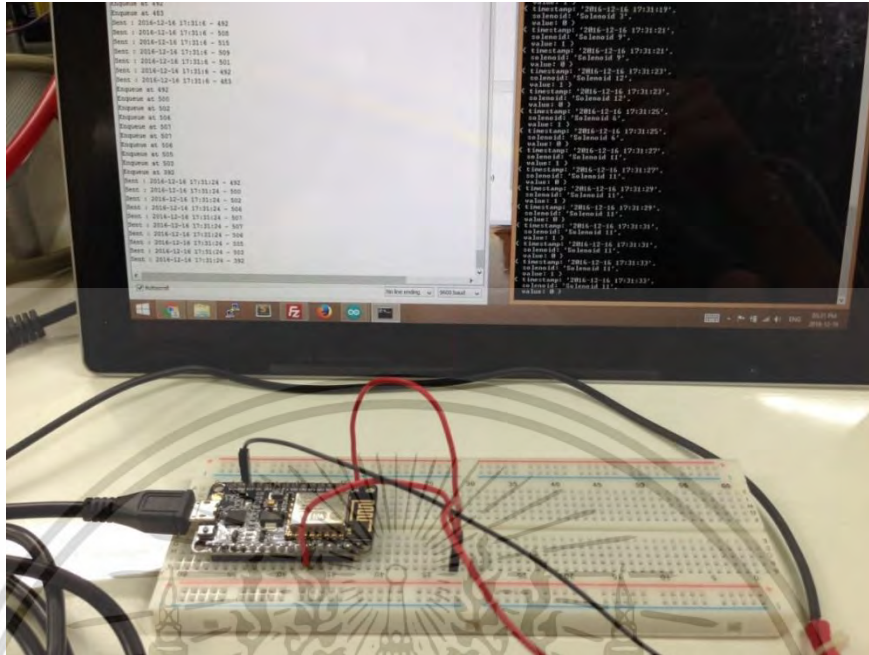
4.1.1 การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันด้วย NodeMCU Amica V.1

เป็นการทดสอบความถูกต้องในการรับส่งค่าโดยเปรียบเทียบชุดข้อมูลระหว่างฝั่งส่งและ ฝั่งรับโดยดูจากจำนวนข้อมูลของทั้งสองฝั่ง (โดยการทดสอบดังกล่าวจะมีการอ้างอิงถึงรูปที่ 4.1)

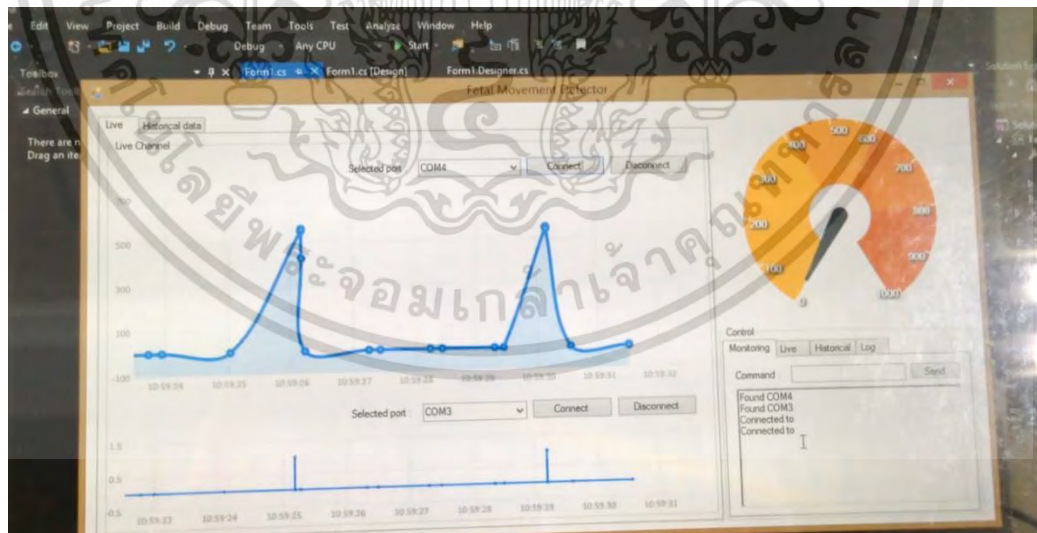
4.1.1.1 วิธีการทดลอง

เริ่มจากการกำหนดให้ขาสัญญาณดิจิตอลหมายเลข 7 หรือขาพินที่ 7 ของ Arduino (หมายเลข 4) เป็นตัวควบคุมโซลินอยด์ในแพนธอม (หมายเลข 3) ส่วนขาสัญญาณอื่น ๆ นั้น เตรียมไว้สำหรับการกดด้วยโซลินอยด์ที่มากกว่า 1 ตัว แต่ในการทดลองนี้ใช้เพียงตัวเดียว เพื่อให้เห็นการทำงานโดยภาพรวมว่าตรงกับทฤษฎีที่ตั้งไว้หรือไม่ สำหรับ Arduino เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ (หมายเลข 8) ผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทเพื่อใช้ในการเฝ้าดูการทำงานและบันทึกค่า ซึ่งขาพินที่ 7 จะส่งสัญญาณไฮกับโลไปขับโซลินอยด์ด้วยกำลัง 24 โวลต์ด้วยพาวเวอร์ซัพพลาย (หมายเลข 7) ผ่านวงจรขยาย (หมายเลข 5) ที่ต่อเข้ากับโซลินอยด์ ในทุกๆครั้งที่ Arduino ยิงสัญญาณผ่านขาดังกล่าว คอมพิวเตอร์ทำการบันทึกค่าเหล่านั้นจากสายซีเรียลคอมพอร์ทเก็บลงไฟล์พร้อมกับแนบชุดข้อมูลเหล่านั้นเข้ากับเวลาที่โซลินอยด์ตกลงบนถังความดันด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเอง

ค่าที่ได้จากการกดลงบนถังจะถูกส่งเข้าไปยังกล่องเซนเซอร์วัดความดัน (หมายเลข 2) ส่งผ่านไปยัง NodeMCU Amica V.1 (หมายเลข 1) เข้าทางขาอินเทอร์เน็ตและขาอะนาล็อกพร้อมๆ กัน เมื่อ NodeMCU Amica V.1 ได้รับสัญญาณอินเทอร์เน็ต จะทำการอ่านค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไป ที่เข้ามายังขาอะนาล็อกหรือขา A0 แต่ละค่าที่ NodeMCU Amica V.1 อ่านค่าได้จะแนบเอาเวลาปัจจุบันติดไปกับค่าที่ได้อ่านได้ด้วย เดิมทีค่าอะนาล็อกดังกล่าวจะถูกส่งขึ้นไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ แต่เพื่อความชัดเจนว่าข้อมูลเหล่านั้นไม่ได้สูญหายระหว่างการส่งผ่านเน็ตเวิร์ค จึงพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับดักจับข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทที่ต่อเข้ากับ NodeMCU Amica V.1 หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกลงไฟล์ในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.2 วิธีดูค่าจากสายซีเรียลคอมพอร์ทโดยด้านซ้ายเป็นการอ่านค่าอะนาล็อกจาก NodeMCU Amica V.1 ผ่าน Arduino IDE ส่วนทางด้านขวาเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเองเพื่อดักจับข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทของ Arduino ที่ทำการขับโซลินอยด์อยู่



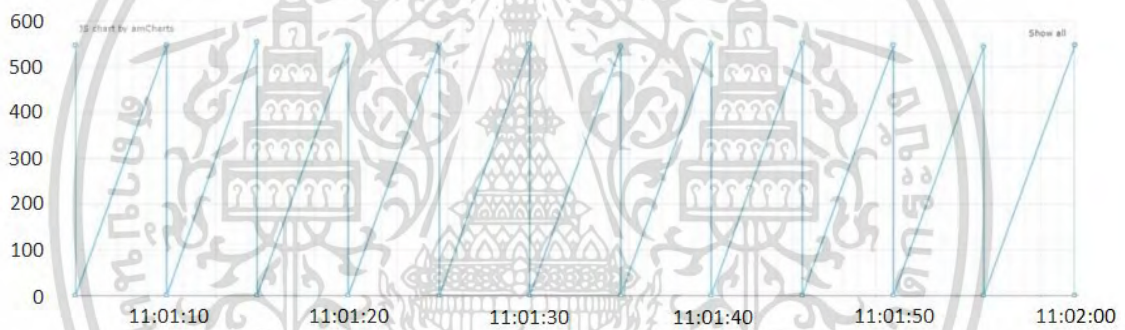
รูปที่ 4.3 ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเองเพื่อดักจับข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทโดยช่องสัญญาณแรก (บน) เป็นค่าอะนาล็อกจาก NodeMCU Amica V.1 และช่องสอง (ล่าง) แสดงช่วงที่เกิดอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น หากการรับส่งค่าเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ค่าที่บันทึกได้จากการกดลงใน กับ ค่าที่ NodeMCU Amica V.1 อ่านได้ควรใกล้เคียงกันตลอดการทดลองแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจำนวนข้อมูลที่ฝั่งรับ ได้รับต้องเท่ากับจำนวนครั้งที่ฝั่งส่งๆมา (ระหว่างการทดลองพบว่าความดันในถุงมีการรั่วออก ทำให้การ กดถุงด้วยโซลินอยด์จึงไม่เกิดผล เนื่องจากมีความดันในถุงไม่มากพอที่จะทำให้เซนเซอร์วัดความดันอ่าน ค่าได้ จึงได้เพิ่มเครื่องปรอทวัดความดัน (หมายเลข 6) เข้ามาคอยรักษาระดับความดันในถุงเมื่อความดัน ลดลง รวมถึงหาความดันที่เหมาะสมในถุงที่สามารถนำมาใช้ในการวัดได้ ซึ่งอยู่ในหัวข้อถัดๆไป)

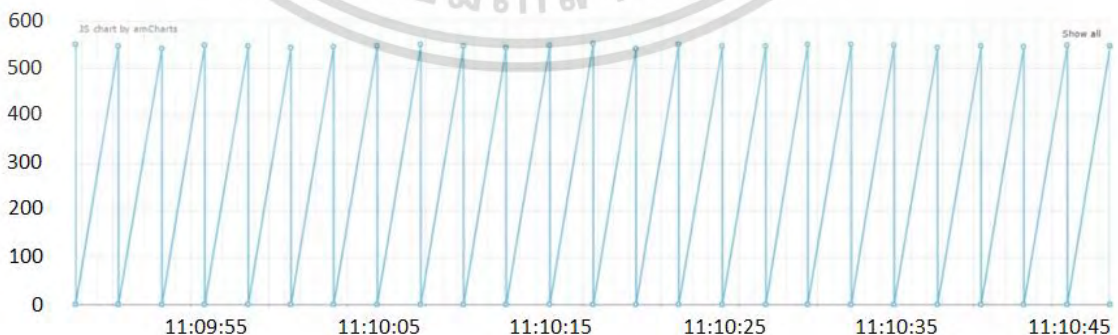
4.1.1.2 ผลการทดลอง

จากการยิงสัญญาณควบคุมโซลินอยด์ตามตารางที่ 3.2 ในบทที่ 3 ได้ผลลัพธ์ดังนี้
รูปแบบที่ 1 : กดลงบนถุงทุกๆ 5 วินาที ภายใน 1 นาที
ผลลัพธ์ : 12 ครั้ง ตามที่คาดหวัง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดถุงความดันทุกๆ 5 วินาที

รูปแบบที่ 2 : กดลงบนถุงทุกๆ 2.5 วินาที ภายใน 1 นาที
ผลลัพธ์ : 25 ครั้ง ภายใน 1 นาที 6 วินาที ตามที่คาดหวัง (ส่วนที่เกินมาไม่ใช่ช่วงที่ทำการจับเวลา)

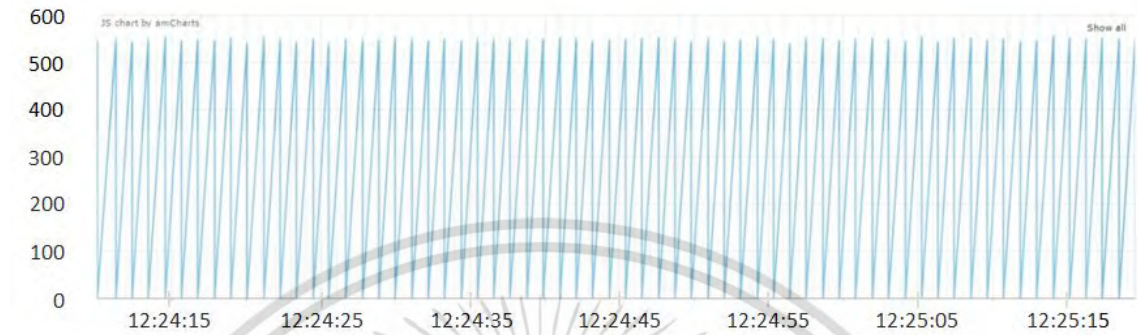


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเตอร์รัพท์จากการกดถุงความดันทุกๆ 2.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 3 : กดลงบนถุงทุกๆ 1 วินาที ภายใน 1 นาที

ผลลัพธ์ : 64 ครั้ง ภายใน 1 นาที 9 วินาที ตามที่คาดหวัง (ส่วนที่เกินมาไม่ใช่ช่วงที่ทำการจับเวลา)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเทอร์เน็ตไร้พท์จากการกดถุงความดันทุกๆ 1 วินาที

รูปแบบที่ 4 : กดลงบนถุงทุกๆ 0.5 วินาที ภายใน 1 นาที

ผลลัพธ์ : 127 ครั้ง ภายใน 1 นาที 9 วินาที ตามที่คาดหวัง (ส่วนที่เกินมาไม่ใช่ช่วงที่ทำการจับเวลา)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอินเทอร์เน็ตไร้พท์จากการกดถุงความดันทุกๆ 0.5 วินาที

รูปแบบที่ 5 : กดลงบนถุงทุกๆ 0.1 วินาที ภายใน 1 นาที

ผลลัพธ์ : ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง เมื่อดูจากเวลาที่ NodeMCU Amica V.1 ได้รับข้อมูล พบว่าข้อมูลที่
ได้รับมีระยะเวลาห่างกันที่ไม่สม่ำเสมอมากบ้างน้อยบ้างทำให้ข้อมูลที่รับไม่มีความเสถียร

4.1.2 การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อไร้สายแบบรีเน็ตเวิร์ค ระหว่าง NodeMCU Amica V.1 กับสมาร์ทโฟน

เป็นการทดสอบการรับข้อมูลแบบไร้สายด้วยวิธี GET และ POST เพื่อหาว่าวิธีใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำงานมากที่สุด โดยให้ความสำคัญกับจำนวนข้อมูลที่รับส่งกัน ต้องมีความสอดคล้องกันเป็นหลัก และมีความต่อเนื่องในการใช้งานสูง

4.1.2.1 การทดลอง

ก่อนการทดสอบ ทำการเชื่อมต่อกันระหว่าง NodeMCU Amica V.1 กับสมาร์ทโฟนแบบโลคอลเน็ตเวิร์คโดยเข้าไปที่ Setting เลือกไปที่ WiFi แล้วเลือกชื่อวายฟายที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์นั้น ทำการกระจายสัญญาณออกมา หลังจากนั้น ผู้ใช้ในทีนี้คือสมาร์ทโฟนแอสซายจะส่งการร้องขอข้อมูลไปยัง NodeMCU Amica V.1 ผ่านการร้องขอด้วย HTTP ตามแอดเดรสตัวอย่างด้านล่าง

<http://192.168.4.1/mwp&635023>

ซึ่งเป็นการร้องขอข้อมูลจำนวนน้อยเล็กน้อยทุกๆ 1 วินาที ในทีนี้คือจำนวนครั้งในการเตะหรือการตกลงบนลูกลงด้วยโซลินอยด์ที่เก็บอยู่ในคิว เตรียมรอการดึงไปใช้งาน หากสามารถร้องขอข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 1 ชั่วโมง ในขั้นต่อไปให้ทดลองการรับส่งข้อมูลในปริมาณมาก ด้วยแอดเดรสตัวอย่างด้านล่าง

<http://192.168.4.1/synclf&/log.txt&20&0&end&12345>

เป็นร้องขอชุดข้อมูลขนาดใหญ่ที่เก็บไว้ในไฟล์อย่างต่อเนื่องจนหมดไฟล์ ข้อมูลที่ส่งไปในแต่ละครั้งอยู่ในลักษณะของข้อความประมาณ 20 บรรทัด ซึ่งไม่ได้ถูกแปลงเป็นไบนารีก่อนทำการส่ง ในส่วนนี้เพื่อตรวจสอบว่าทั้ง 2 ส่วนนี้ สามารถรับโหลดในการรับส่งข้อมูลได้มากน้อยแค่ไหน

4.1.2.2 ผลการทดลอง

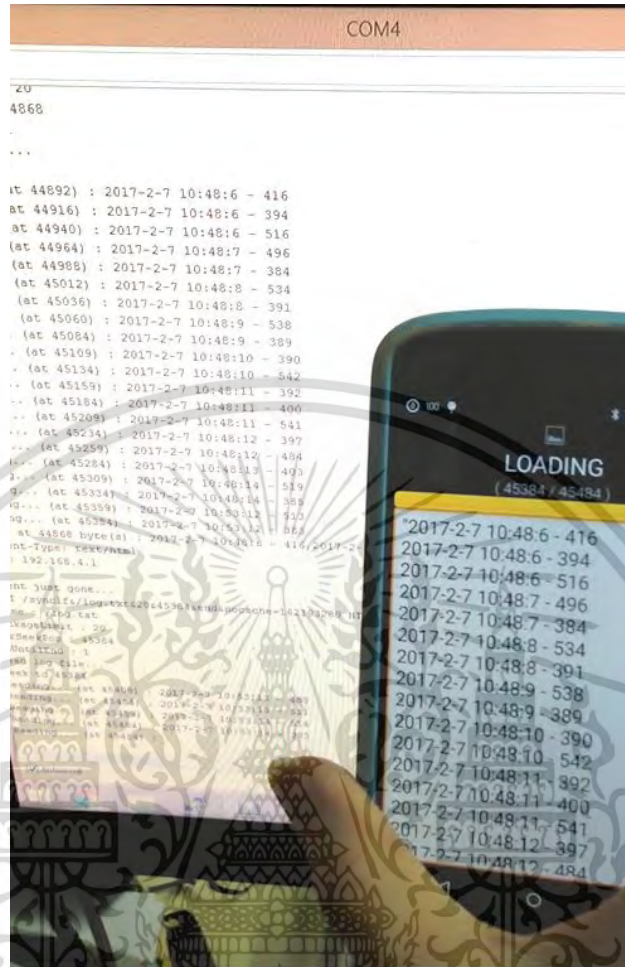
วิธีที่ 1 : ส่งด้วย GET

ผลลัพธ์ : มีการเชื่อมต่อกันปกติและถูกตัดการเชื่อมต่อหลังจากผ่านไป 30 นาที ซึ่งพบว่าเป็นสาเหตุมาจากการตั้งโหมดเข้าที่โมดูลารี่ของ ESP8266 และรับส่งข้อมูลได้ในปริมาณที่น้อย ในบางครั้งพบว่า NodeMCU Amica V.1 แครชขณะรับการร้องขอและส่งข้อมูลกลับ

วิธีที่ 2 : ส่งด้วย POST

ผลลัพธ์ : สามารถการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 2 ตลอดการทดลอง และยังรับโหลดในการรับส่งข้อมูลในปริมาณมากได้อีกด้วย ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้รับนั้นมีจำนวนครบถ้วน แต่ใช้ระยะเวลาในการขนส่งข้อมูลค่อนข้างนาน สาเหตุมาจากการกำหนดจำนวนชุดข้อมูลในการส่งและไม่ได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบไบนารีก่อนการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

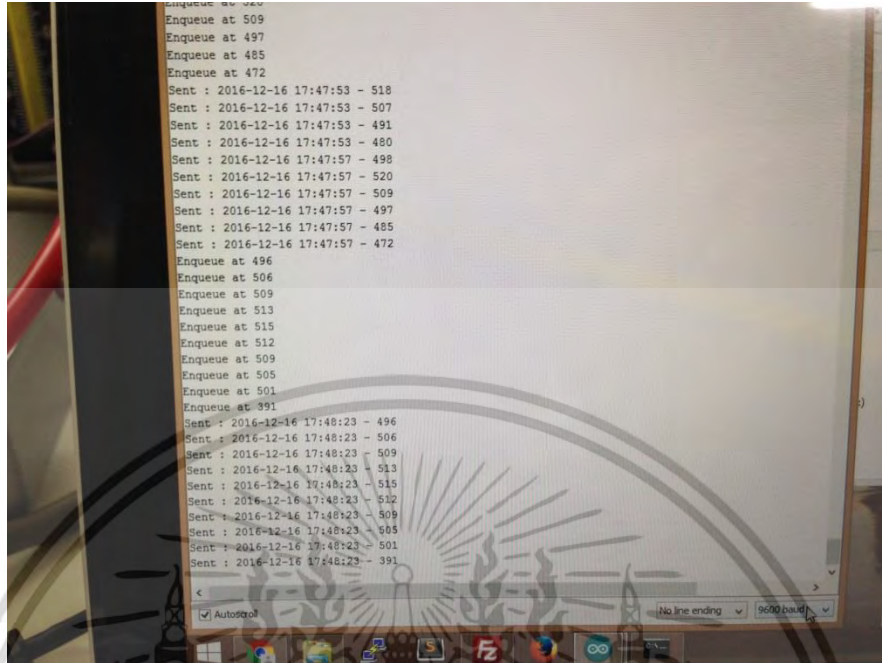


รูปที่ 4.8 การรับส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อไร้สายแบบโลคอลเน็ตเวิร์คระหว่าง NodeMCU Amica V.1 (จอด้านหลัง) เป็นฝั่งส่ง กับสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน (ด้านหน้า) เป็นฝั่งรับข้อมูล

4.1.3 การทดสอบหาความดันที่เหมาะสมภายในถุงความดัน

การเปลี่ยนแปลงของความดันหลังจากกดถุงเป็นการอินเตอร์รัพท์การทำงานเดิมของ NodeMCU Amica V.1 เพื่อเก็บข้อมูลลงคิวหรือลงไฟล์ สำหรับในการทดสอบนี้จะทำการเก็บข้อมูลที่อินเตอร์รัพท์เข้ามาไว้ในคิว ในการกดลงบนถุง 1 ครั้งอาจได้ข้อมูลมากกว่า 1 ข้อมูล เพราะเซนเซอร์วัดความดันมีความไวในการตรวจจับ ทั้งนี้การได้รับจำนวนชุดข้อมูลดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความดันที่มีอยู่เดิมในถุงด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ชุดข้อมูลดิบที่ NodeMCU Amica V.1 ได้รับหลังจากการทดลองบนถุงความดันโดยดูผ่าน Arduino IDE ข้อมูลที่ได้จะถูกเข้าคิวเพื่อรอการนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

4.1.3.1 การทดลอง

นำท่อส่งความดันจากถุงความดันกับเครื่องวัดความดันแบบปรอทต่อเข้ากับท่อแยก 3 หัว ในส่วน NodeMCU Amica V.1 นอกจากรอรับค่าจากกล่องเซนเซอร์วัดความดันแล้วยังต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสายซีเรียลคอมพอร์ทเพื่อใช้ในการเฝ้าดูการรับค่าความดันจากกล่องเซนเซอร์ โดยก่อนเริ่มการทดลอง ทำการอัดความดันค่าหนึ่งเข้าไปในถุง มีทั้งหมด 3 ค่าด้วยกันคือ 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตรปรอท โดยแต่ละค่าจะทดลองค่าละ 1 นาทีตามลำดับ

4.1.3.2 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 ความดันที่ต่างกันแปรผันตรงกับจำนวนข้อมูลที่ได้รับ ในช่วงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตรปรอท NodeMCU Amica V.1 ได้รับค่าความดันจากกล่องเซนเซอร์วัดความดันน้อยมากซึ่งอาจทำให้ได้รับข้อมูลที่ไม่ถูกต้องได้ ซึ่งไม่ควรนำช่วงความดันดังกล่าวไปใช้ ตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ขึ้นไปดูจะได้จำนวนข้อมูลที่ดีกว่า แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อความดันเพิ่มขึ้นมากก็จะทำให้ NodeMCU Amica V.1 ทำงานเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับงานที่ต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียดช่วงความดัน 1.5 – 2.0 มิลลิเมตรปรอทเป็นช่วงที่เหมาะสมเนื่องจากข้อมูลที่ได้รับไม่มากและไม่บ่อยจนเกินไปและมีความชัดเจนมากกว่าช่วงความดันอื่น สำหรับข้อมูลโดยละเอียดสามารถดูได้จากภาคผนวก ก.

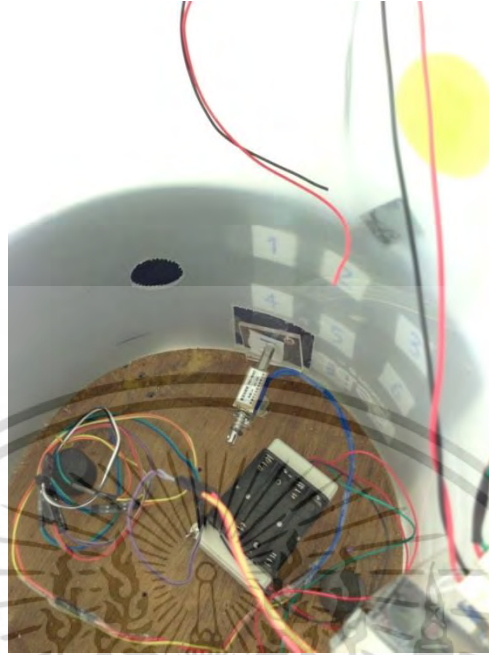
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 จำนวนข้อมูลโดยสรุปที่แปรผันตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	จำนวนครั้งในการเกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)			ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1.5 – 2.0	14	10	12	529.0	515.0	522.0
< 1.0	2	2	2	481.0	480.0	480.5
~1.5	7	5	6	528.0	472.0	500.0
1.0 – 1.5	5	5	5	522.0	488.0	505.0

4.2 การทดสอบความแม่นยำในการรับส่งข้อมูลจากการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์ โดยตรงผ่านโปรโตคอล MQTT

สืบเนื่องจากการทดสอบรับส่งข้อมูลผ่านสายซีเรียลคอมพอร์ทโดยไม่ผ่านระบบเน็ตเวิร์คพบว่า NodeMCU Amica V.1 มีความเร็วเพียงพอในการอ่านค่าอะนาล็อกได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ประกอบกับความถี่ของคล็อกซีพียูที่มากถึง 160 MHz ซึ่งมากพอที่ใช้ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์ภายใน 1 วินาที จึงทำการทดสอบการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์โดยตรงร่วมด้วย แต่เนื่องจากโปรโตคอล ซีอคเก็ต ไม่สามารถรับส่งค่าด้วยความถี่ดังกล่าวได้ เนื่องจากแพ็คเกจในการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล ดังกล่าวมีขนาดใหญ่ และใช้หน่วยความจำในไมโครคอนโทรเลอร์ค่อนข้างมากมีโอกาสมั NodeMCU Amica V.1 หยุดทำงานได้ จึงนำเอาโปรโตคอล MQTT มาใช้ในการรับส่งข้อมูลแทน ซึ่งในการทดลองนี้ ใช้ความเร็วอินเตอร์เน็ตอยู่ที่ 1 GB ตลอดการทดลอง ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ในการทดสอบต่อไปนี้จะเน้นในการทดสอบภาพรวมของทั้งระบบผ่านระบบเน็ตเวิร์ค ตั้งแต่รับข้อมูลจนกระทั่งแสดงผล บนหน้าเว็บในรูปของกราฟที่แสดงค่าอะนาล็อกที่วัดได้จากการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป



รูปที่ 4.10 การทดสอบกับเฟรมในกรณีการหาตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารก

4.2.1 การทดสอบความแม่นยำในแต่ละตำแหน่งบนถุงความดัน

เนื่องจากถุงความดันมีพื้นที่กว้าง และในแต่ละพื้นที่มีความดันอยู่ภายในไม่เท่ากัน การทดสอบนี้จึงเป็นการทดลองเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของความดันกับความแม่นยำในการตรวจจับจากแรงที่มากระทำลงบนถุงความดัน ทั้งหมด 9 ตำแหน่งด้วยกัน



รูปที่ 4.11 ภาพจำรองตำแหน่งทั้ง 9 จุด บนถุงความดันที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการกดลงบนถุงความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงความดันทั้ง 4 ด้านในลักษณะตารางจัดรัส 9 ช่อง และหาว่าตำแหน่งใดที่นำไปตรวจจับสัญญาณได้ดีที่สุด ภายในเวลา 15 นาที เหมือนนำไปใช้วัดค่าจริงกับหญิงตั้งครรภ์

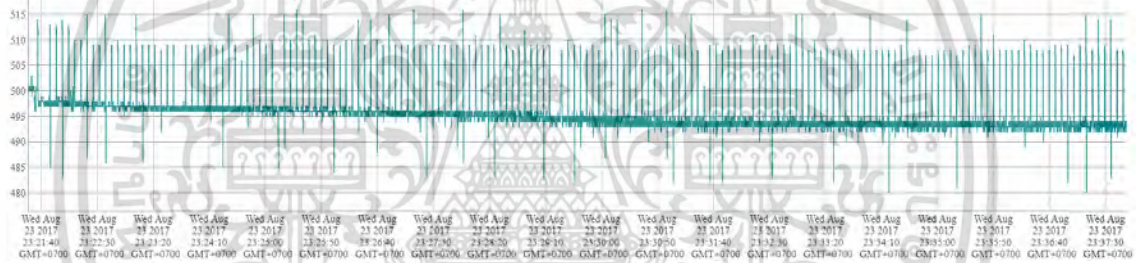
4.2.1.1 วิธีการทดลอง

นำถุงความดันพันเข้ากับแฟนธอม โดยกำหนดค่าอะนาล็อกของความดันภายในถุงให้อยู่ในช่วง 400-550 ส่วนแรงที่มากระทำกับถุงนั้น ใช้ซิลินอยกดลงบนถุงความดันทุกๆ 5 วินาทีแล้วนับจำนวนข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลได้ในทีนี้คือ 180 ชุดข้อมูล หรือนับปีกได้ 180 ปีก

4.2.1.2 ผลการทดลอง

ตำแหน่งที่ 1 : ตั้งแต่ 23:21:40 ถึง 23:36:40

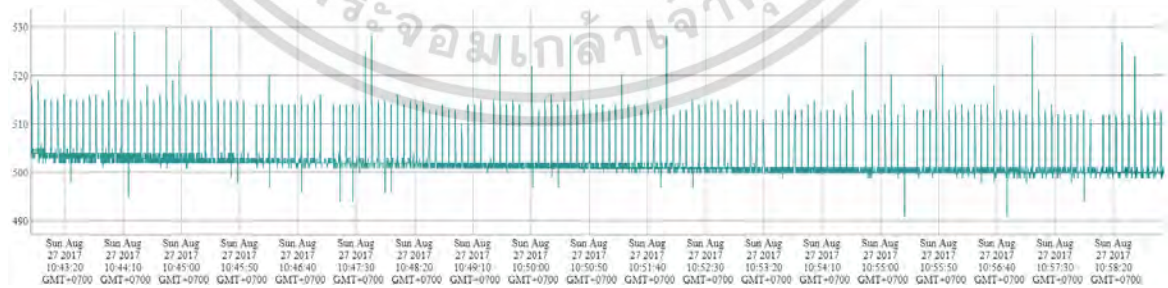
ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 172 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 95.6%



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 1 บนถุงความดัน

ตำแหน่งที่ 2 : ตั้งแต่ 10:43:20 ถึง 10:58:20

ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 160 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 88.9%

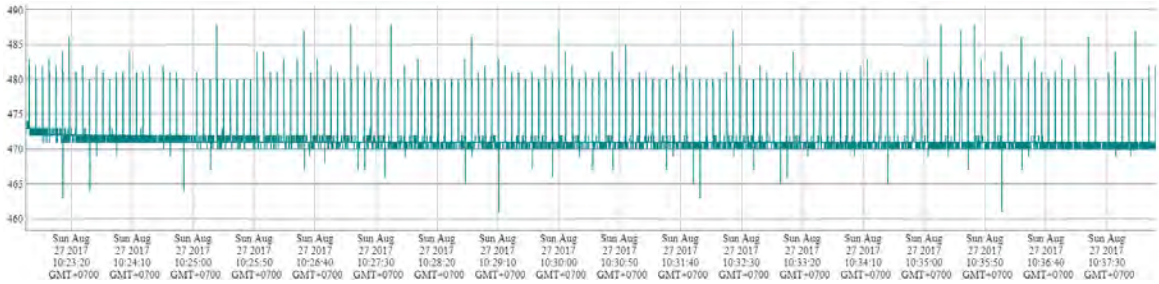


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 2 บนถุงความดัน

ตำแหน่งที่ 3 : ตั้งแต่ 10:22:00 ถึง 10:37:00

ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 155 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 86.1%

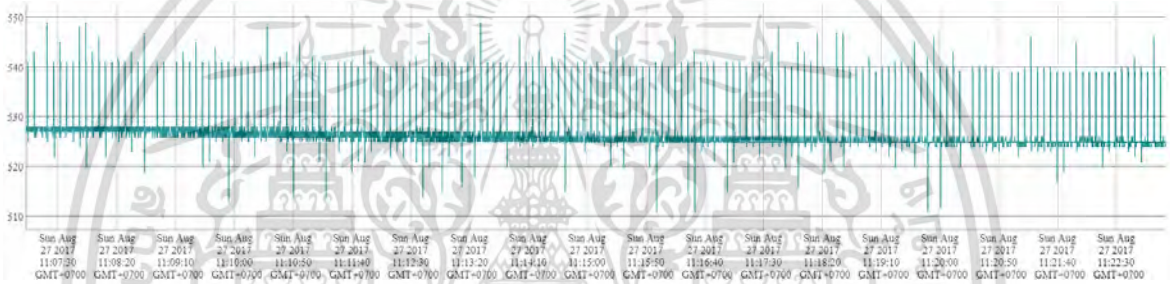
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 3 บนถู่ความดัน

ตำแหน่งที่ 4 : ตั้งแต่ 11:07:30 ถึง 11:22:30

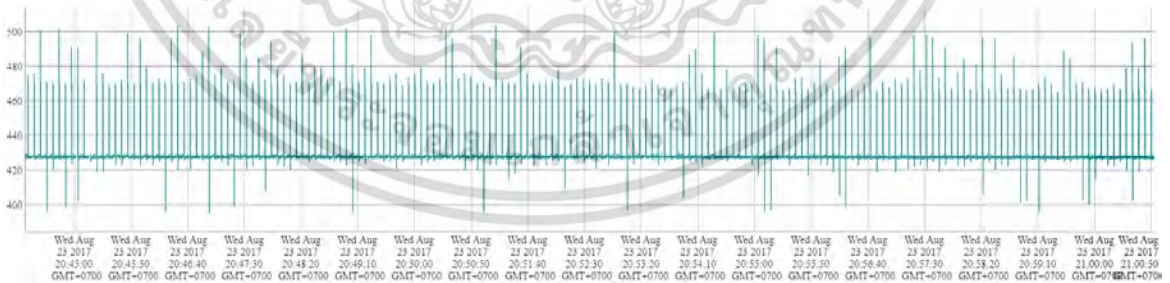
ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 159 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 88.3%



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 4 บนถู่ความดัน

ตำแหน่งที่ 5 : ตั้งแต่ 20:45:00 ถึง 21:00:00

ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 172 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 95.6%

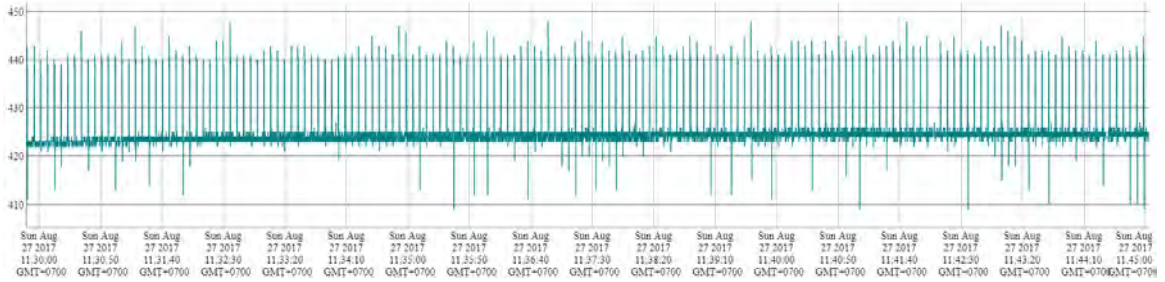


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 5 บนถู่ความดัน

ตำแหน่งที่ 6 : ตั้งแต่ 11:30:00 ถึง 11:45:00

ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 166 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 92.2%

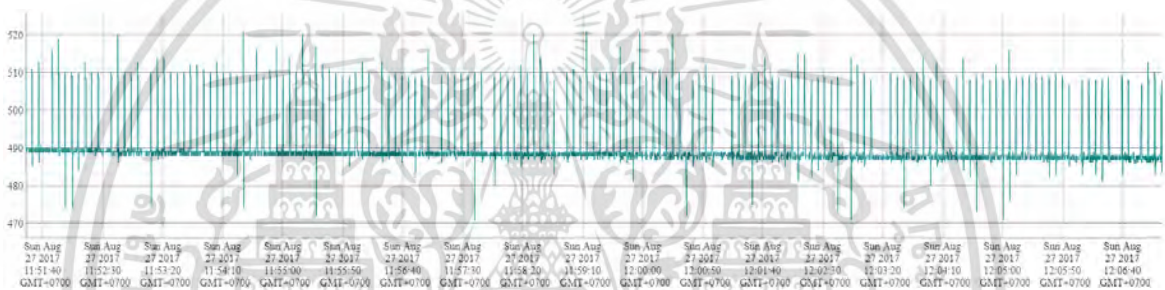
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 6 บนถูกความดัน

ตำแหน่งที่ 7 : ตั้งแต่ 11:51:40 ถึง 12:06:40

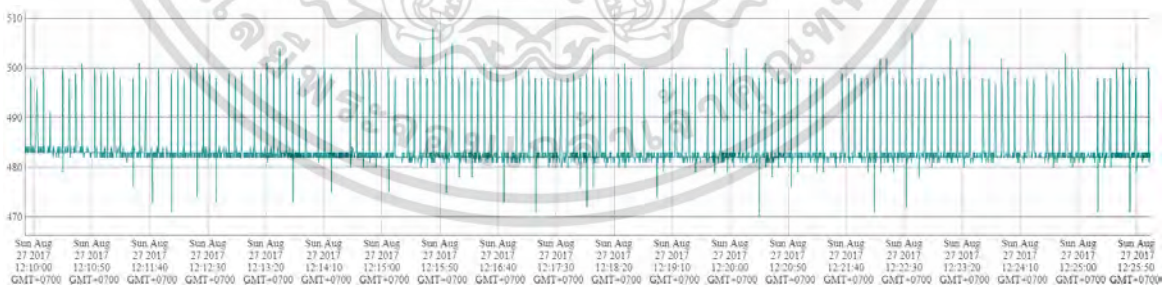
ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 154 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 85.5%



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 7 บนถูกความดัน

ตำแหน่งที่ 8 : ตั้งแต่ 12:10:00 ถึง 12:25:00

ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 141 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 78.3%

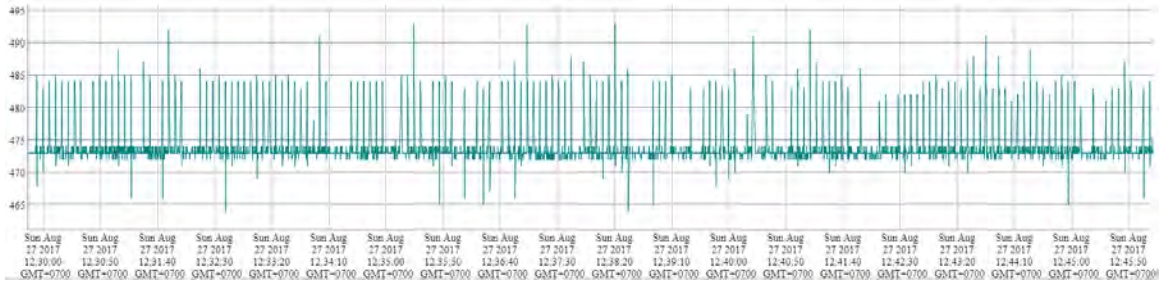


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 8 บนถูกความดัน

ตำแหน่งที่ 9 : ตั้งแต่ 12:30:00 ถึง 12:45:00

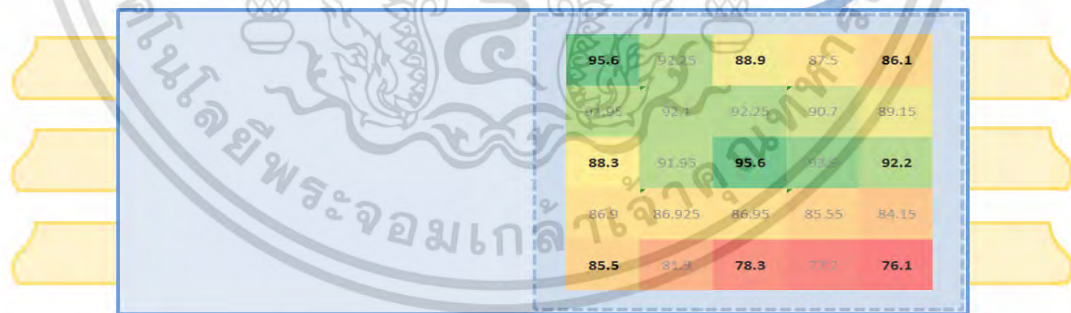
ผลลัพธ์ : ตรวจจับได้เพียง 137 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 76.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความแม่นยำในการรับชุดข้อมูลอะนาล็อกในตำแหน่งที่ 9 บนถุงความดัน

หลังจากทดสอบความแม่นยำครบทั้ง 9 ตำแหน่งแล้ว พบว่าตำแหน่งหมายเลข 1 และ 5 นั้นมีความแม่นยำของข้อมูลใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาในตำแหน่งหมายเลข 1 มีสัญญาณรบกวนมากกว่าตำแหน่งหมายเลข 5 ดังนั้น ตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การนำมาใช้มากที่สุดจึงเป็นตำแหน่งบริเวณตั้งแต่กึ่งกลางถุงเฉยขึ้นไปจนกระทั่งส่วนบนซ้ายของถุงความดัน ส่วนบริเวณที่ไม่เหมาะสมแก่การนำมาตรวจจับจะเป็นบริเวณขอบถุงและส่วนล่างของถุงความดัน ดังรูปที่ 4.21 ซึ่งบริเวณที่ทำการทดสอบถูกระบุด้วยตัวเลขสีตัวเข้ม ส่วนบริเวณที่เหลือคำนวณจากค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของบริเวณโดยรอบระบุด้วยตัวเลขสีเทา



รูปที่ 4.21 แสดงภาพรวมของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการรับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆบนถุงความดันในรูปของฮีทแมพ โดยตัวเลขตัวหนาเป็นบริเวณที่ทำการทดสอบ ส่วนบริเวณที่เหลือเกิดจากการหาค่าเฉลี่ยในบริเวณรอบข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

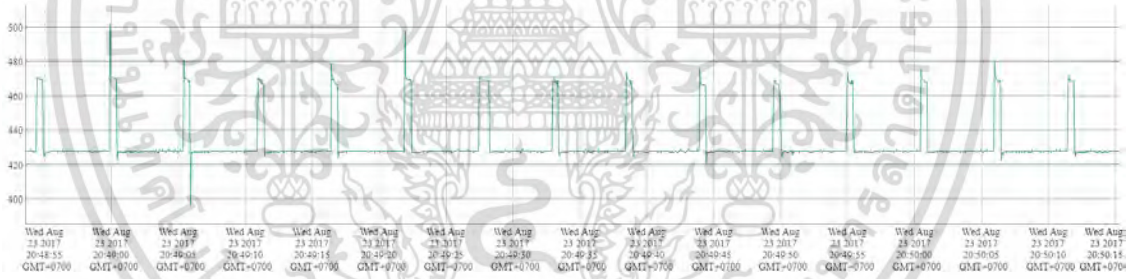
4.2.2 การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันในตำแหน่งที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามความถี่ที่กำหนด

4.2.2.1 วิธีการทดลอง

จากการทดลองที่ 4.2.1 พบว่าตำแหน่งที่สามารถอ่านค่าได้แม่นยำที่สุดคือตำแหน่งหมายเลข 5 ในการทดลองนี้จึงทำการทดสอบข้อจำกัดในเรื่องของความถี่ในการตรวจจับสัญญาณหรือค่าอะนาล็อกบนตำแหน่งดังกล่าว

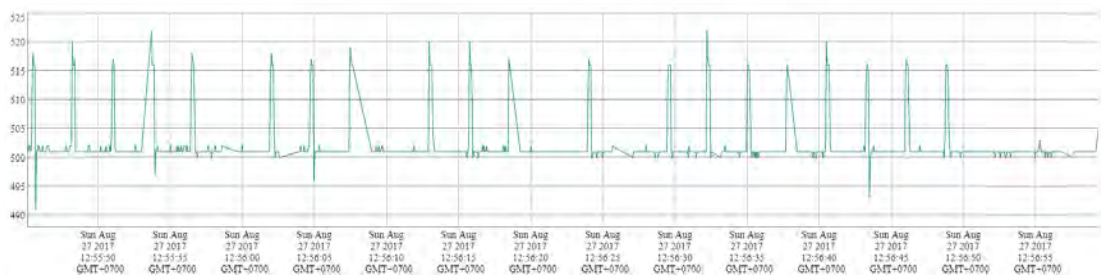
4.2.2.2 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้คล้ายกับการทดลอง 4.1.1 แต่การทดลองนี้จะมองภาพรวมของทั้งระบบมีการรับส่งข้อมูลผ่านเน็ตเวิร์ตเสมือนนำไปใช้จริง ในส่วนของค่าอะนาล็อกของความดันในถังอยู่ในช่วง 400-550 ในการยิงสัญญาณควบคุมโซลินอยด์ตามตารางที่ 3.2 ในบทที่ 3 ได้ผลลัพธ์ดังนี้
 รูปแบบที่ 1 : กดลงบนถังทุกๆ 5 วินาที ภายใน 1 นาที
 ผลลัพธ์ : 12 ครั้ง ตามที่คาดหวัง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 100%



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถังความดันทุกๆ 5 วินาที

รูปแบบที่ 2 : กดลงบนถังทุกๆ 2.5 วินาที ภายใน 1 นาที
 ผลลัพธ์ : ไม่ครบ 25 ครั้ง ตรวจจับได้เพียง 20 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 80%

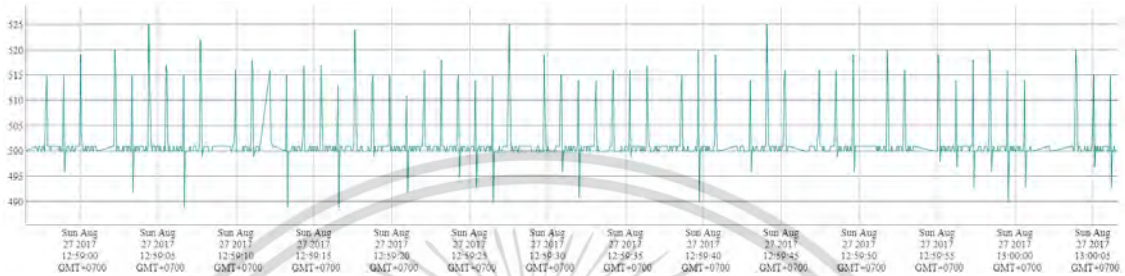


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถังความดันทุกๆ 2.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 3 : กดลงบนถุงทุกๆ 1 วินาที ภายใน 1 นาที

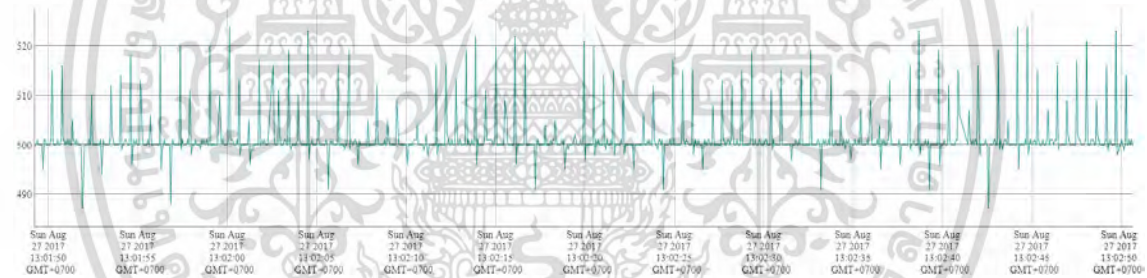
ผลลัพธ์ : ไม่ครบ 64 ครั้ง ตรวจสอบได้เพียง 51 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำได้เพียง 79.7%



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกจากการกดถุงความดันทุกๆ 1 วินาที

รูปแบบที่ 4 : กดลงบนถุงทุกๆ 0.5 วินาที ภายใน 1 นาที

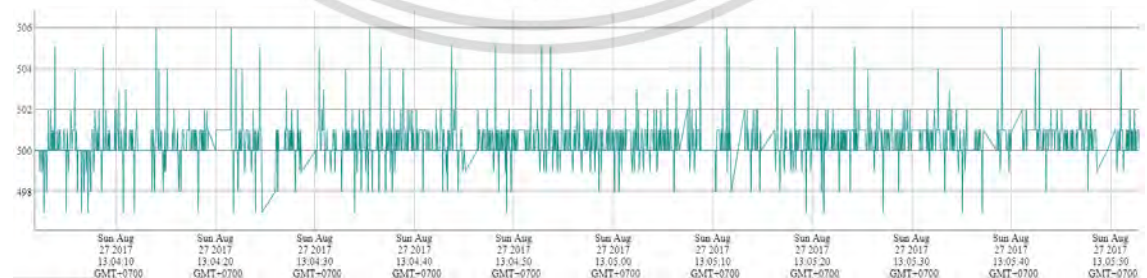
ผลลัพธ์ : ไม่ครบ 127 ครั้ง และไม่สามารถนับและวัดจำนวนข้อมูลได้แน่ชัด



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกคองนาลิคจากการกดถุงความดันทุกๆ 0.5 วินาที

รูปแบบที่ 5 : กดลงบนถุงทุกๆ 0.1 วินาที ภายใน 1 นาที

ผลลัพธ์ : ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง และไม่สามารถวัดจำนวนข้อมูลได้แน่ชัด



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงจำนวนชุดข้อมูลอะนาล็อกคองนาลิคจากการกดถุงความดันทุกๆ 0.1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดสอบความแม่นยำในการอ่านค่าความดันในตำแหน่งที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแบบสุ่มช่วงเวลา

ในการใช้งานจริงนั้นไม่สามารถคาดการณ์การเคลื่อนไหวของทารกได้ เพื่อระบุถึงความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจจับ ในการทดลองนี้จึงสุ่มช่วงเวลาในกตลงบนถุงความดัน โดยใช้ฟังก์ชัน แรนดอมใน Arduino IDE ในช่วง 1 วินาที ถึง 60 วินาที ซ้ำโซลินอยกตลงบนถุงแบบสุ่มเป็นเวลา 15 นาที

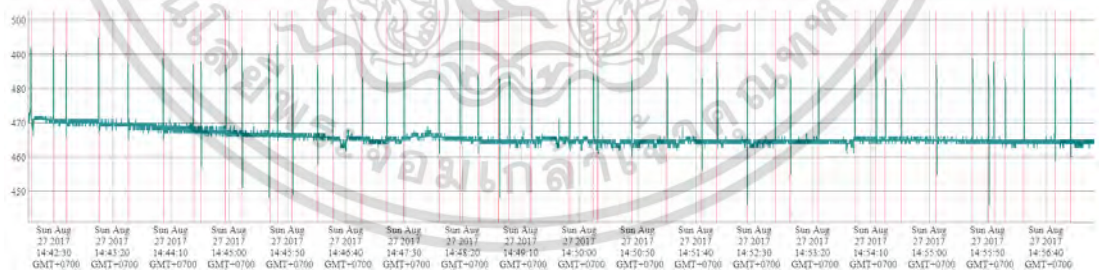
4.2.3.1 วิธีการทดลอง

จากการทดลองที่ 4.2.1 พบว่าตำแหน่งที่สามารถอ่านค่าได้แม่นยำที่สุดคือตำแหน่งหมายเลข 5 ในการทดลองนี้จึงทำการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณหรือค่าอะนาล็อกบนตำแหน่งดังกล่าวแบบสุ่มช่วงเวลา ในการเก็บผลการทดลองผู้ทดลองจะทำการจดเวลาละเอียดถึงหน่วยวินาที เมื่อโซลินอยกตลงบนถุงความดัน โดยเวลาดังกล่าวอ้างอิง

จากเวลากลางซึ่งตรงกับเวลาของเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://currentmillis.com/>

4.2.3.2 ผลการทดลอง

ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือเซิร์ฟเวอร์ได้รับค่าอะนาล็อกของความดันภายในถุงตรงกับจังหวะที่โซลินอยกตลงบนถุงทุกช่วงเวลา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำอยู่ที่ 100% โดยเส้นสีแดงคือตำแหน่งที่ผู้ทดลองทำการบันทึกเวลาขณะโซลินอยกตลงบนถุง



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความแม่นยำในการอ่านค่าอะนาล็อกของความดันภายในถุงจากการกดโซลินอยแบบสุ่มช่วงเวลา โดยแถบสีแดงคือช่วงเวลาทีระบุว่าถุงความดันถูกกด

4.3 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในคนปกติ

ในการใช้งานจริงนอกจากสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกแล้วยังมีสัญญาณรบกวนต่างๆที่รวมอยู่กับสัญญาณหลักที่ต้องการอีก ยกตัวอย่าง เช่น สัญญาณการหายใจ หรือพฤติกรรมต่างๆ เพื่อให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าใจรูปร่างของสัญญาณรบกวนอื่นๆในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาสัญญาณหลัก การทดลองนี้จึงมุ่งเป้าไปในการตรวจจับสัญญาณการหายใจ เนื่องจากสัญญาณหายใจมีรูปแบบที่สามารถตรวจจับได้ง่ายกว่าพฤติกรรมอื่นที่ไม่สามารถคาดเดารูปแบบสัญญาณได้ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ การควบคุมการหายใจเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจากจำนวนครั้งในการหายใจ และการไม่ควบคุมการหายใจเพื่อยืนยันความแม่นยำในความไม่แน่นอนในการหายใจ

4.3.1 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณการหายใจในคนปกติ โดยควบคุมการหายใจ

การหายใจมีความไม่แน่นอนในเรื่องของจังหวะการหายใจ เพื่อให้การตรวจสอบความแม่นยำ และเปรียบเทียบได้ง่ายขึ้น จึงกำหนดให้ผู้ร่วมการทดลองหายใจเข้าออกตามจังหวะที่กำหนด ในที่นี้คือ 6 ครั้งต่อนาที ในการทดลองวัดความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารก จะวัดผลจากจำนวนครั้งในการหายใจโดยเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานในการวัดการหายใจ ในที่นี้คือ BIOPAC

4.3.1.1 วิธีการทดลอง

กำหนดให้ผู้เข้าร่วมการทดลองสวมอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารก หลังจากนั้นเปิดหน้าเว็บเพื่อเก็บค่าอะนาล็อกที่เซิร์ฟเวอร์รับได้ ขณะเดียวกันให้ผู้เข้าร่วมตั้งกล่าวติดเป็ยโซอิลเล็กติดไว้กับตัวบริเวณหน้าท้องแล้วจึงนำอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสวมทับอีกทีหนึ่ง



รูปที่ 4.28 ภาพอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารก (ภาพ A) กับ BIOPAC (ภาพ B) ขณะทำการวัดสัญญาณการหายใจในคนปกติ (ภาพ C)

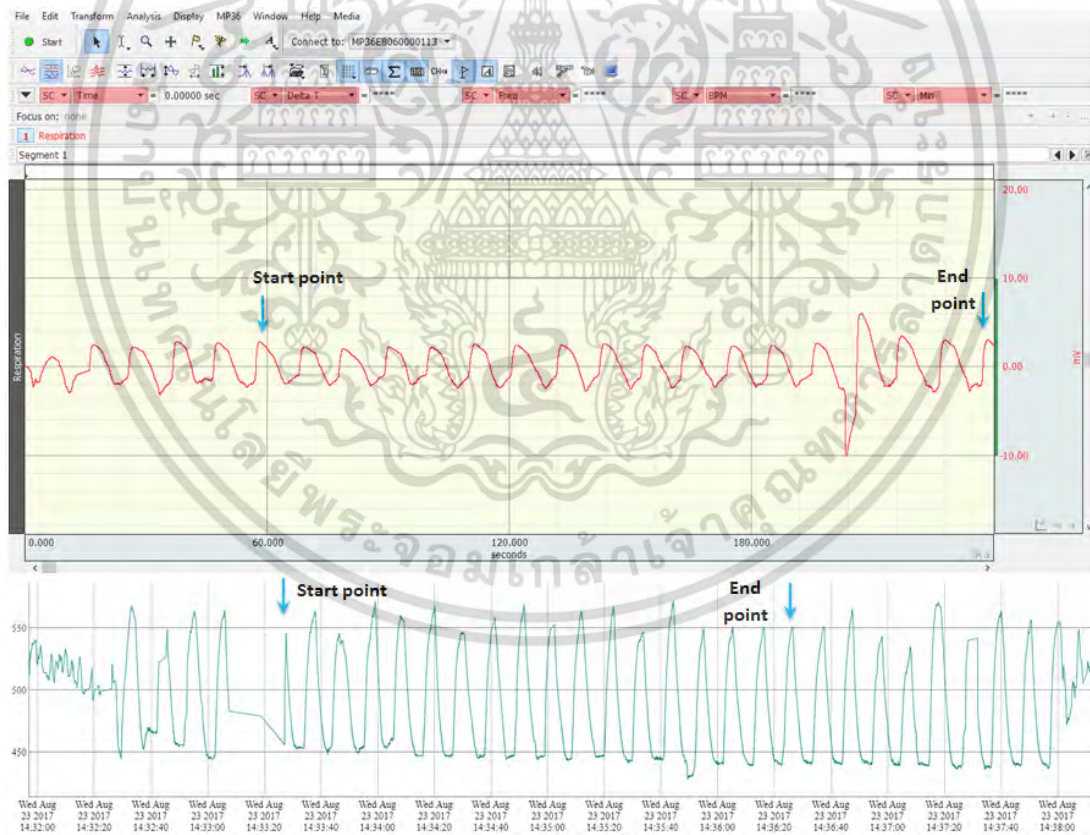
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสายสัญญาณของเปียโซอิเล็กทิกนั้นนำไปต่อเข้าช่องสัญญาณที่ 1 ของ BIOPAC เพื่อเก็บค่าสัญญาณการหายใจผ่านซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบดูจากจำนวนลูกคลื่นที่พอร์ทบนกราฟของทั้ง 2 อุปกรณ์

4.3.1.2 ผลการทดลอง

ผลลัพธ์จากการทดลองวัดสัญญาณการหายใจในคนปกติโดยควบคุมการหายใจพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองตรวจจับการหายใจได้ตรงกัน โดยจำนวนลูกคลื่นทั้งหมดมีจำนวนลูกคลื่นที่เท่ากันคือ 18 ลูกคลื่น ภายในเวลา 3 นาที ดังรูปที่ 4.29 โดยที่ข้อมูลจากกราฟด้านล่าง ในช่วง 14:32:00 ถึง 14:33:20 นั้น เป็นช่วงที่ทำการติดตั้งและสวมอุปกรณ์ ไม่ได้ถูกนำมารวมกับข้อมูลในการวัดแต่อย่างใด

4.3.2 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับสัญญาณการหายใจในคนปกติ โดยไม่ควบคุมการหายใจ



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงสัญญาณการหายใจแบบควบคุมการหายใจจาก BIOPAC (ด้านบน) เทียบกับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกผ่านทางเซฟเวอร์ (ด้านล่าง) ในช่วงเวลา 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

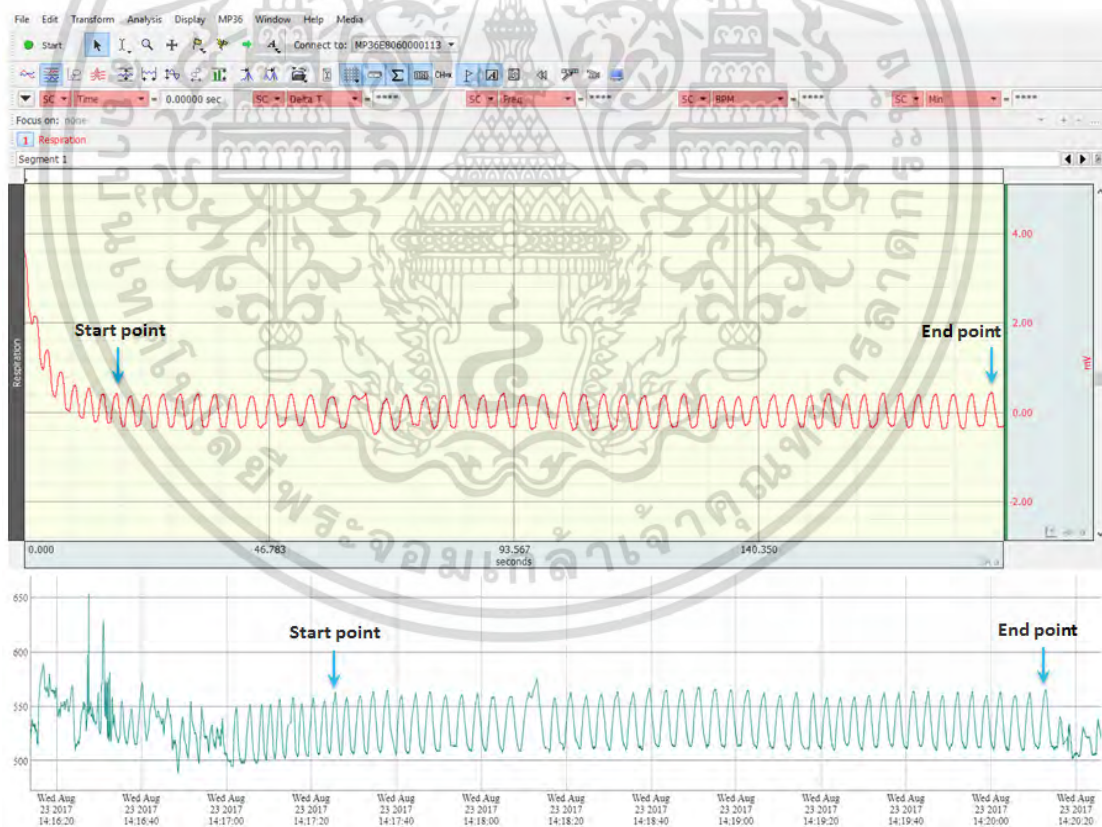
โดยทั่วไปสัญญาณการหายใจในคนปกติอยู่ในช่วงประมาณ 12 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีความไม่แน่นอนในเรื่องของช่วงเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับสุขภาพของแต่ละบุคคล ดังนั้น การทดลองนี้สามารถช่วยยืนยันความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกได้โดยดูจากจำนวนลูกคลื่นเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.3.1

4.3.2.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ ใช้สภาวะแวดล้อมและอุปกรณ์ชนิดเดียวกับการทดลองที่ 4.3.1 แต่ไม่มีเรื่องของการกำหนดลมหายใจขณะทำการทดลอง เข้ามาเกี่ยวข้อง

4.3.2.2 ผลการทดลอง

ผลลัพธ์จากการทดลองวัดสัญญาณการหายใจในคนปกติโดยไม่ควบคุมการหายใจพบว่าอุปกรณ์ทั้งสองตรวจจับการหายใจได้ตรงกัน และมีจำนวนลูกคลื่นที่เท่ากันคือ 47 ลูกคลื่น



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงสัญญาณการหายใจแบบไม่ควบคุมการหายใจจาก BIOPAC (ด้านบน) เทียบกับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกผ่านทางเซิฟเวอร์ (ด้านล่าง) ในช่วงเวลา 3 นาที

ภายในเวลา 3 นาที ดังรูปที่ 4.30 โดยที่ข้อมูลจากกราฟด้านล่าง ในช่วง 14:16:00 ถึง 14:17:20 นั้น เป็นช่วงที่ทำการติดตั้งและสวมอุปกรณ์ ไม่ได้ถูกนำมารวมกับข้อมูลในการวัดแต่อย่างใด

4.4 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับกับหญิงตั้งครรภ์

หลังจากทดสอบความแม่นยำของการรับส่งข้อมูลกับแฟนธอม ทั้งการอ่านค่าอะนาล็อกเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ และการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์โดยตรง เมื่อนำทั้ง 2 วิธีนี้ไปใช้จริงกับหญิงตั้งครรภ์พบว่า การอ่านค่าอะนาล็อกเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์นั้น ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่คาดเดาไม่ได้ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอินเตอร์รัพท์ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันภายในถุง หรือเมื่อมีการยืดหดตัวของกระบังลมขณะหายใจเข้าออกรวมถึงพฤติกรรมต่างๆ ส่งผลทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหนักโดยไม่จำเป็น ยิ่งไปกว่านั้นการนำเอากระบวนการวิเคราะห์ที่ใส่ลงไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยนั้น เป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก ในการอ่านค่าและส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ก็เช่นเดียวกัน อันเนื่องมาจากการใช้งานหน่วยความจำจำนวนมากส่งผลถึงพาวเวอร์ที่ใช้ในการเลี้ยงระบบที่จะเพิ่มมากขึ้นตามการใช้งานจนทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงานได้ ดังนั้นกระบวนการอ่านค่าอะนาล็อกเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการตรวจวัด ฉะนั้น ในการทดสอบอุปกรณ์กับหญิงตั้งครรภ์จึงใช้วิธีการอ่านค่าอะนาล็อกจากเซนเซอร์โดยตรงเป็นหลัก เนื่องจากใช้พลังงานต่ำและค่าอะนาล็อกที่เปลี่ยนแปลงไปตามแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้สามารถนำมาวิเคราะห์ต่อได้ง่ายจึงเลือกใช้วิธีดังกล่าวในการทดลอง ในการทดสอบกับหญิงตั้งครรภ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

4.4.1 ทดสอบหาความถี่ปกติของการเคลื่อนไหวของทารก

การทดสอบนี้ทำเพื่อหาความถี่ที่ทารกเคลื่อนไหวในสภาวะปกติ โดยความถี่ดังกล่าววัดในลักษณะจุดต่อจุด หรือวินาทีต่อวินาทีใดๆที่พบการเคลื่อนไหว เพื่อนำไปใช้อ้างอิงในการวิเคราะห์เพิ่มเติมในภายภาคหน้า และเพื่อพิสูจน์หลักการการมีสุขภาพดีของทารกในครรภ์ ที่ควรจะต้องมีการเคลื่อนไหวมากกว่า 10 ครั้ง ในช่วงเช้า ซึ่งการเก็บผลนี้ กระทำในช่วง 8:00 น. – 12:00 น.

4.4.1.1 วิธีการทดลอง

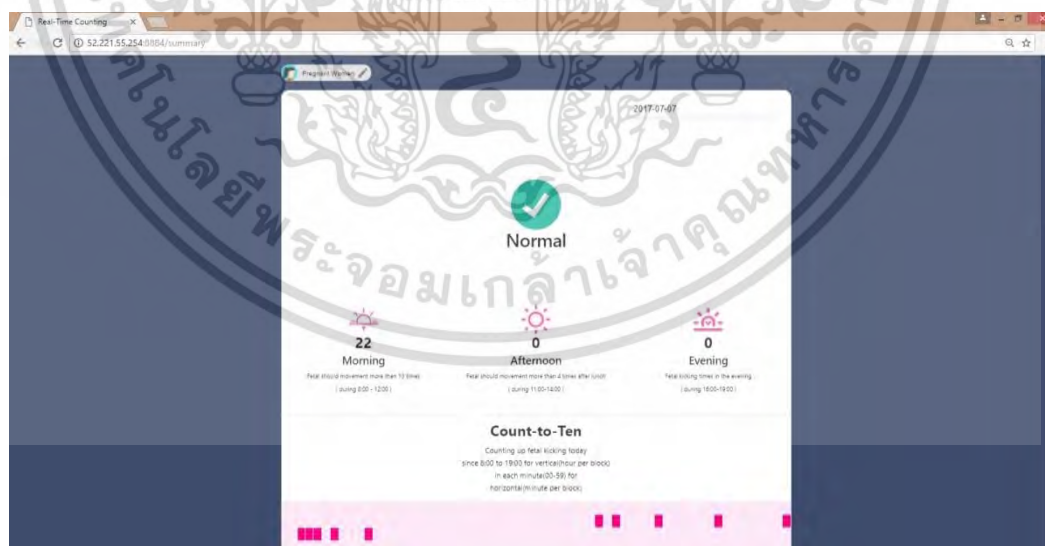
ให้หญิงตั้งครรภ์กดอุปกรณ์นับครั้งแบบเรียลไทม์ขณะนั่งอยู่กับที่โดยไม่ทำกิจกรรมอื่นใดขณะนับครั้งโดยผลลัพธ์จะเก็บไว้ที่เซิร์ฟเวอร์และแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านทางหน้าเว็บ



รูปที่ 4.31 การนับครั้งการเคลื่อนไหวของทารกผ่านอุปกรณ์นับครั้งแบบเรียลไทม์

4.4.1.2 ผลการทดลอง

การทดลองนี้ทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคมปี 2560 วันที่หญิงตั้งครรภ์กดอุปกรณ์นับครั้งมีวันที่ 7, 19, 20, 21, 22, 24, 25 ทั้ง 7 วัน ทารกเคลื่อนไหวมากกว่า 10 ครั้งในช่วงเช้าตรงตามหลักการการมีสุขภาพดีของทารก รายละเอียดสามารถอ้างอิงได้จาก ภาคผนวก ข



รูปที่ 4.32 รูปแบบรายงานผลสุขภาพของทารกผ่านทางเว็บไซต์ในวันที่ 7 เดือนกรกฎาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของความถี่ที่ได้ พบว่าความถี่สูงสุดที่ทารกเคลื่อนไหวภายในช่วงเช้าอยู่ที่ 20 ครั้งต่อนาที และต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 0.02 ครั้ง ต่อนาที หรือก็คือทารกทั้งช่วงในการเคลื่อนไหวนานที่สุดประมาณ 50 นาที



รูปที่ 4.33 กราฟความถี่ในการเคลื่อนไหวทารกสูงสุดใน 1 วันใดๆ ในหน่วย ครั้งต่อนาที

4.4.2 ตรวจสอบสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกแบบควบคุมพฤติกรรมของมารดาผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ ด้วยการเทียบเคียงกับช่วงเวลาที่ยิงตั้งครรภ์บันทึกเมื่อสัมผัสได้ถึงเคลื่อนไหวของทารก

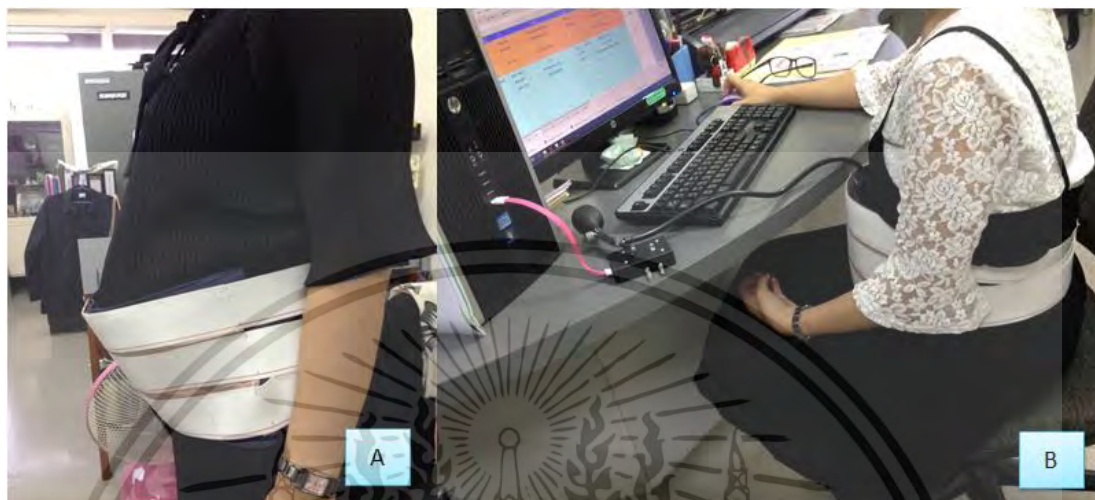
เนื่องจากพฤติกรรมต่างๆของผู้ร่วมการทดลองมีผลต่อความแม่นยำของข้อมูล ในการเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกกับหญิงตั้งครรภ์จึงแยกการทดลองออกเป็น 2 แบบ คือ ควบคุมพฤติกรรมและไม่ควบคุมพฤติกรรม เพื่อเปรียบเทียบหาความแม่นยำในสภาพแวดล้อมต่างๆที่เหมาะสมกับการตรวจวัดการดิ้นของทารก ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการทดลองแบบควบคุมพฤติกรรม

4.4.2.1 วิธีการทดลอง

ขณะทำการทดลอง ให้หญิงตั้งครรภ์สวมหรือพันถุงความดันทับเสื้อผ้าบริเวณหน้าท้อง ซึ่งสามารถปรับความแน่นในการรัดได้จากแถบตีนตุ๊กแก ที่ติดไว้ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของสายรัด หลังจากนั้นต่อท่อลมจากถุงความดันเข้ากับอุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อส่งความดันเข้ามาประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเตรียมอุปกรณ์ครบแล้วให้เปิดหน้าเว็บเพื่อเตรียมบันทึกผลสัญญาณอะนาล็อกภายในถุงความดัน พร้อมกับให้หญิงตั้งครรภ์หยุดพฤติกรรมต่างๆ และคอยสัมผัสถึงการเคลื่อนไหวของทารกเมื่อสัมผัสถึงการเคลื่อนไหวของทารกให้ทำการบอกผู้คุมการทดลอง ให้บันทึกช่วงเวลาในหลักนาที และจำนวนครั้งที่สัมผัสได้ รวมถึงลักษณะของการเคลื่อนไหวของทารกว่าเป็นการเตะหรือเป็นการเคลื่อนไหวตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

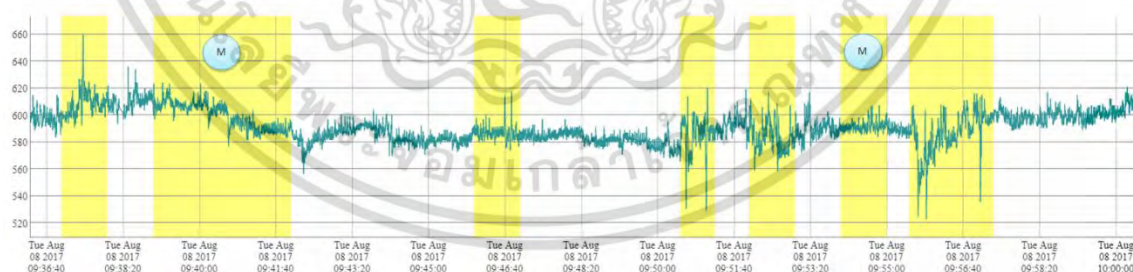
เพื่อใช้ในการเทียบเคียงความถูกต้องของสัญญาณ สำหรับการทดลองนี้ใช้เวลาวัดผล 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.34 การสวมถุงความดันในหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 5 เดือน (ภาพ A) และการสวมอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกขณะนั่งทำงาน (ภาพ B)

4.4.2.2 ผลการทดลอง

ค่าอะนาล็อกที่ถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์เมื่อนำมาพอร์ทกราฟ พบว่าหากใช้สัญญาณอะนาล็อกที่ไม่ผ่านการกรองสัญญาณใดๆ จะมีสัญญาณรบกวนจำนวนมากซึ่งเกิดจากการขยับตัวและการหายใจของหญิงตั้งครรภ์ ร่วมด้วย ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยตาเปล่า

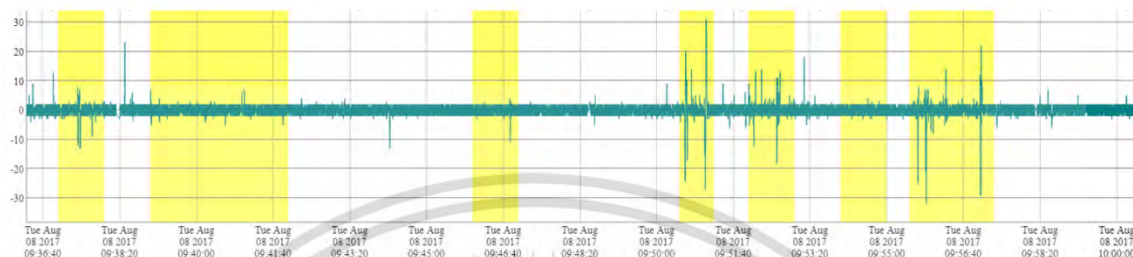


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังสวมให้กับหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม โดยที่แถบสีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่ามีอาการเคลื่อนไหว และเครื่องหมาย “M” หมายถึงมีการเคลื่อนไหวของทารกที่ไม่ใช่การ

เตะ

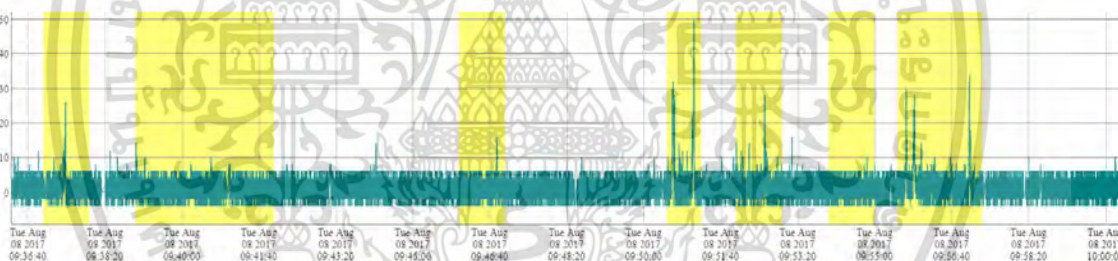
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ตำแหน่งที่พบว่าทารกเคลื่อนไหว ข้อมูลดังกล่าวต้องนำมากรองสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกซึ่งมีมากกว่า 1 วิธี โดยเริ่มทดสอบจากการนำข้อมูลมาผ่านตัวกรองความถี่สูง จะได้กราฟดังรูป 4.36 ซึ่งพบว่ายังคงมีสัญญาณรบกวนความถี่สูงหลงเหลืออยู่



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังผ่านตัวกรองความถี่สูง ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม

ต่อมาทดสอบด้วยการหาแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูง โดยการหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของสัญญาณตั้งต้น ได้ผลลัพธ์เป็นดังรูปที่ 4.37

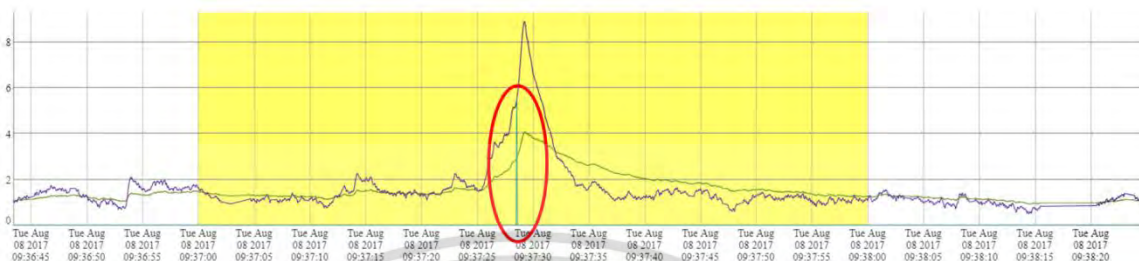


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังผ่านการหาแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูง ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม

ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าว สามารถนำมาหาจำนวนครั้งในการเตะของทารกได้ง่าย จึงยึดผลลัพธ์นี้เป็นหลัก หลังจากนั้นนำค่าสัญญาณแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูงมาลดข้อผิดพลาด หรือทำให้ค่าดูสมูทขึ้นด้วย Exponential Moving Average หรือ EMA สัญญาณรบกวนที่หลงเหลืออยู่จะถูกลบออกไปบางส่วน และนับจำนวนครั้งในการเตะได้ง่ายขึ้น แต่เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถนับจำนวนครั้งในการเตะจากค่าสัญญาณอะนาล็อกได้แบบเรียลไทม์ จำต้องเพิ่มสัญญาณ EMA ขึ้นอีก 1 สัญญาณ โดยที่ทั้ง 2 สัญญาณใช้กรอบของช่วงเวลาต่างกัน คือ 1.006 (เส้นสีเขียว) และ 1.0246 (เส้นสีม่วง) เพื่อสร้างเงื่อนไขให้ซอฟต์แวร์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในโดเมนของเวลาได้จากแนวโน้มของสัญญาณ ในที่นี้เป็น การตรวจจับจากสัญญาณขาขึ้น ซึ่งทั้ง 2 ค่าดังกล่าวนี้ ได้จากการ find tune โดยดูจากการเข้ากันของ

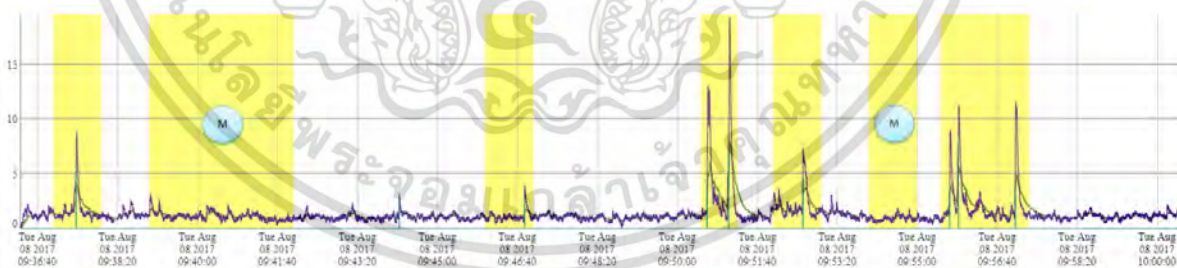
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ระหว่างตำแหน่งที่หญิงตั้งครรภ์ระบุว่ามีสัมผัสได้ถึงกลิ่น กับ ค่าสัญญาณอะนาล็อกที่ผ่านการกรองสัญญาณแล้ว



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงการระบุตำแหน่งที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกจากข้อมูลในโดเมนเวลาที่ผ่านการกรองด้วย EMA ที่มีกรอบของช่วงเวลาเป็น 1.006 (เส้นสีเขียว) และ 1.0246 (เส้นสีม่วง) จากข้อมูลดิบของหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม

หลังจากกรองสัญญาณข้อมูลตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าจำนวนครั้งในการเตะของทารกที่ซอฟต์แวร์ตรวจจับได้ สอดคล้องกับที่หญิงตั้งครรภ์ระบุไว้ทุกตำแหน่ง แต่พบการเตือนผิดพลาดอยู่ 1 ตำแหน่ง จากผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ การเตะของทารกด้วยการควบคุมพฤติกรรมของมารดา ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่สามารถตรวจจับได้นั้น อยู่ที่ 88.89% ของความถูกต้องโดยที่ไม่รวมการเคลื่อนไหวตัวของทารก



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงภาพรวมของผลลัพธ์ในการตรวจจับตำแหน่งในการเตะของทารกด้วยซอฟต์แวร์โดยเทียบกับช่วงเวลาที่มีการสัมผัสได้ถึงกลิ่นเคลื่อนไหวของทารก ในหญิงตั้งครรภ์หลังทานอาหาร 2 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ แบบควบคุมพฤติกรรม โดยที่แถบสีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่ามี การเคลื่อนไหว และเครื่องหมาย “M” หมายถึงมีการเคลื่อนไหวของทารกที่ไม่ใช่การเตะ

4.4.3 ตรวจสอบสัญญาณการเคลื่อนไหวของทารกแบบไม่ควบคุมพฤติกรรมของมารดาผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ ด้วยการเทียบเคียงกับช่วงเวลาที่ยิงตั้งครรภ์บันทึกเมื่อสัมผัสได้ถึงการเคลื่อนไหวของทารก

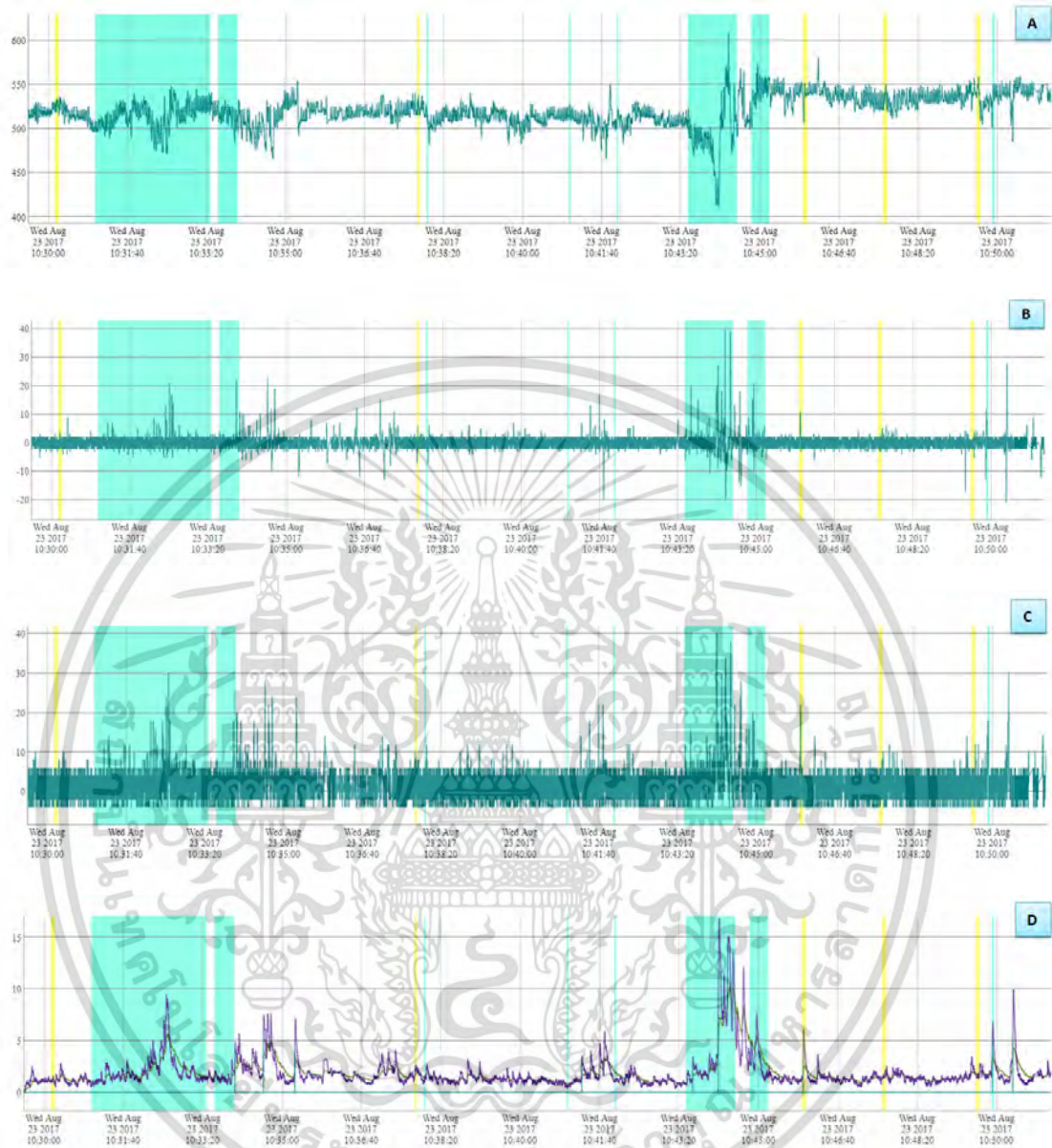
การทดลองนี้ต่อเนื่องมาจากการทดลองที่ 4.4.2 เพื่อให้เห็นความชัดเจนในการนำอุปกรณ์ไปใช้วัดในสถานการณ์ต่างๆ ผู้ร่วมการทดลองสามารถนั่งทำงานหรือกิจกรรมต่างๆได้ตามปกติ ขณะใส่อุปกรณ์ตรวจจับ ค่าที่อุปกรณ์อ่านค่าได้จะถูกนำมาวัดผลในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ 4.4.2

4.4.3.1 วิธีการทดลอง

วิธีและขั้นตอนในการทดลองต่างๆ ทำในลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 4.4.2 เพียงแต่อนุญาตให้ผู้ร่วมทดลองสามารถนั่งทำงานประจำตามที่เคยทำได้ตามปกติ แต่ยังคงให้ผู้ร่วมทดลองคอยจับสัมผัสถึงการดิ้นของทารกตลอดการทดลอง และผู้คุมการทดลองทำการจดบันทึกช่วงเวลาและพฤติกรรมต่างๆที่ผู้ร่วมทดลองได้กระทำขณะทำการทดลอง

4.4.3.2 ผลการทดลอง

เมื่อนำค่าที่วัดได้มาพอร์ทกราฟและเข้าตัวกรองสัญญาณเพื่อหาจำนวนครั้งในการเตะของทารกตั้งการทดลองที่ 4.4.2 พบว่าในสถานการณ์ที่ยิงตั้งครรภ์ทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วยนั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้เลย ทั้งยังเกิดการแจ้งเตือนผิดพลาดจำนวนมากบริเวณแถบสีเขียวดังรูปที่ 4.40 โดยพฤติกรรมที่ส่งผลต่อสัญญาณข้อมูลขณะทำการทดลองคือ การเอื้อมมือรับโทรศัพท์, การขยับลำตัว และการเปลี่ยนท่านั่ง



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าอะนาล็อกในถุงความดันหลังสวมให้กับหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ขณะนั่งทำงานและทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วย (A) นำมาทดลองลบสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองความถี่สูง (B) และหาแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูง (C) ผลลัพธ์หลังผ่าน EMA พบว่าการตรวจจับตำแหน่งในการเตะของทารกด้วยซอฟต์แวร์มีการตรวจจับการเตะผิดพลาดจำนวนมาก (D) โดยที่แถบสีเหลืองหมายถึงตำแหน่งที่ระบุว่ามีอาการเคลื่อนไหว และแถบสีเขียวหมายถึงช่วงที่หญิงตั้งครรภ์ทำกิจกรรมอื่นขณะวัดผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำโดยทารกกับค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไป

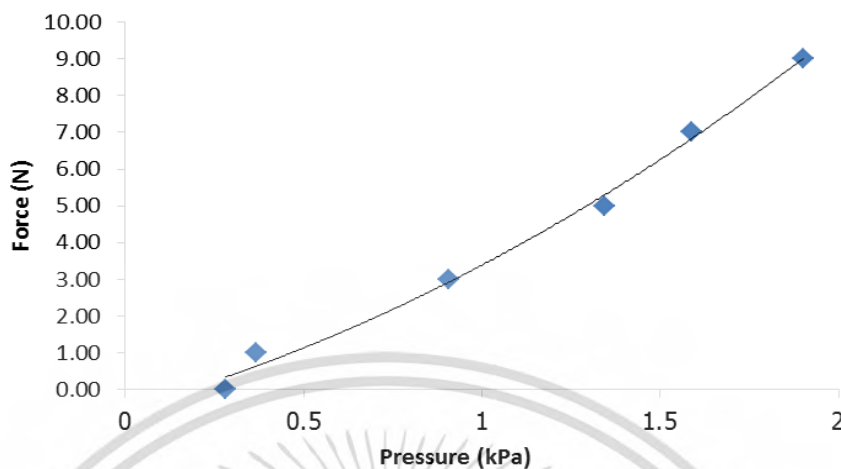
4.5.1 การทดสอบเทียบเคียงแรงจากการกดลงบนถุงความดันในหน่วยนิวตันกับค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงความดัน

หลังจากทำการปรับสมดุลของคานตามการออกแบบในบทที่ 3 (คิดรวมเอามวล น้ำหนักของถุงน้ำ ตะขอ และวัตถุถ่ายแรง) โดยการหยอดน้ำมันหล่อลื่น ณ จุดหมุน และตั้งค่าระดับความดันเริ่มต้นในถุงความดันไว้ที่ 0.28 kPa ซึ่งเป็นค่าความดันขั้นต่ำที่เหมาะสมที่เซนเซอร์วัดความดันรุ่น MPVZ5004GC6U อ่านค่าได้ตามที่ได้ระบุไว้ในข้อมูลจำเพาะของเซนเซอร์ ในกรณีเทียบเป็นแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ 1.152 โวลต์ หรือ มีค่าประมาณ 385 สำหรับค่าอะนาล็อกทั้งนี้สามารถดูได้จากกราฟเทียบเคียงค่าของเซนเซอร์ดังกล่าวในบทที่ 3

ตารางที่ 4.2 ความดันที่เปลี่ยนแปลงในถุงผ้าเมื่อมีแรงมากระทำกับถุงผ้าตามมวลที่เปลี่ยนแปลง โดยให้ความเร่งในแนวตั้งมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 ณ ความดันเริ่มต้นที่ 0.28 kPa

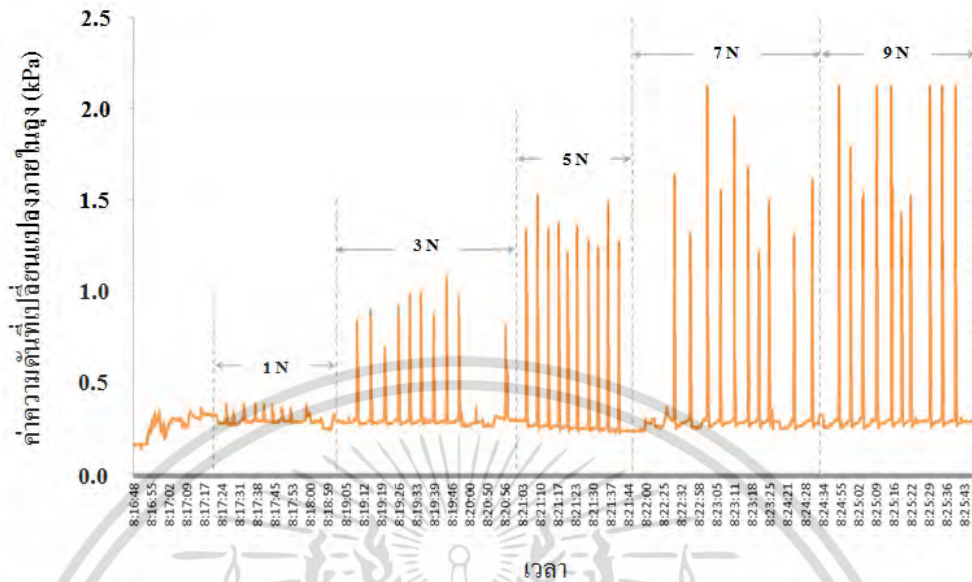
แรง (นิวตัน)	มวล (กรัม)	ความดัน (กิโลปาสกาล)	จำนวนครั้งในการทดสอบ									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.00	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	51.00	0.3664	0.38	0.34	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36	0.38	0.32
3	153.00	0.9084	0.84	0.91	0.70	0.92	0.99	0.99	0.88	1.08	0.97	0.81
5	255.00	1.3431	1.34	1.53	1.34	1.37	1.21	1.36	1.28	1.24	1.49	1.27
7	357.00	1.5881	1.64	1.31	2.12	1.55	1.96	1.68	1.21	1.49	1.31	1.61
9	459.00	1.9016	2.12	1.73	1.54	2.12	2.12	1.42	1.53	2.12	2.12	2.12

ซึ่งเมื่อเทียบในหน่วยมิลลิเมตรปรอทจะอยู่ในช่วงประมาณ 2 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 4.1.3 เมื่อตั้งค่าความดันเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการทดลอง และได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อนำมาพล็อตกราฟพบว่า ขนาดของความดันเริ่มต้น มีผลต่อแรงที่วัดได้ ตามรูปที่ 4.41

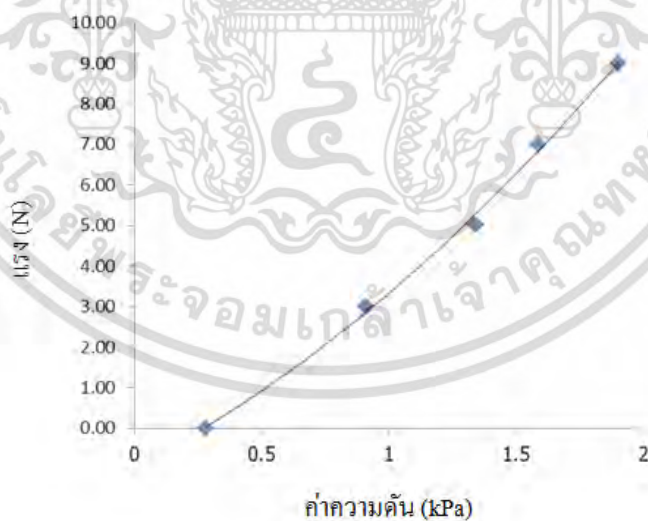


รูปที่ 4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนไปในถุงความดัน (รวมข้อมูลแรง 1 N) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนไปภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล

เหตุที่เลือกขนาดของแรงชุดนี้ (1 N, 3 N, 5 N, 7 N, และ 9 N) เพื่อใช้ในการหาเทรนของความสัมพันธ์ และเพื่อกำจัดข้อจำกัดของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาทดลอง ซึ่งในที่นี้ คือ NodeMCU ด้วยโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีขนาดของข้อมูลเพียง 10 บิต ค่าอนาล็อกเข้าพุทมากที่สุด จึงอยู่ที่ 1,023 แต่เนื่องจากความต่างศักย์อินพุทที่ขาของ NodeMCU วัดได้เพียง 4.5V ซึ่งยังไม่ถึงค่าความต่างศักย์อินพุทสูงสุดของเซ็นเซอร์วัดความดัน คือ 4.75V จึงเป็นที่มาที่ทำให้ไม่สามารถทดลองแรงที่กระทำ กับถุงความดันได้มากกว่า 9N เนื่องจากอ่านได้เพียงค่าสูงสุดของค่าอนาล็อกเข้าพุทของ NodeMCU



รูปที่ 4.42 ข้อมูลดิบที่สมาร์ทโฟนบันทึกได้ ขณะที่มิแรง 1 N, 3 N, 5 N, 7 N, และ 9 N มากระทำลงบน ถุงความดันทุกๆ 5s โดยที่มิตมีความต่างศักย์อินพุตเท่ากับ 4.5 V ขณะมิตความดันเริ่มต้นในถุง 0.28 kPa



รูปที่ 4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนแปลงไปนถุงความดัน (ไม่รวมข้อมูลแรง 1 N) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ ความแรงที่ 1 N พบความผิดพลาดหรือสัญญาณรบกวนของข้อมูลจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการจำแนกพฤติกรรมของทารก จึงไม่นำค่าดังกล่าวมาใช้ในการหาสมการความสัมพันธ์ จากผลการทดลอง ดังแสดงในรูป 4.43 สมการที่ได้ คือ

$$F = p(x) = 1.0744 x^2 + 3.1962 x - 0.9468$$

จากความสัมพันธ์ของค่าความดันกับแรงที่กับถุงความดันในสมการข้างต้น สามารถหาค่าย้อนกลับจากแรงแปลงเป็นค่าความดัน ยกตัวอย่างในช่วงอายุครรภ์ 20-22 สัปดาห์ ซึ่งโดยเฉลี่ยมีแรงที่กระทำขนาด 0.52 ± 0.15 N พบว่าช่วงความดันที่สอดคล้องกับแรงดังกล่าวอยู่ในช่วง 350 – 450 Pa [6] ตามรูปที่ 4.44



รูปที่ 4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำบนถุงความดันกับความดันที่เปลี่ยนแปลงในถุงความดัน (กรณีแรงกระทำบนถุงความดันมีค่าน้อย) โดยแกน y คือ แรงที่กระทำกับถุงในหน่วยนิวตัน และ แกน x คือ ค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงในหน่วยกิโลปาสกาล

ช่วงความดันที่ได้นั้น ผู้ที่ต่อยอดงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดความดันขั้นต่ำที่อุปกรณ์ควรตรวจจับได้ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ครอบคลุมแรงเตะ ณ ช่วงอายุครรภ์ดังกล่าวจากค่าความดัน

4.5.2 การทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับแรงคงที่ที่กระทำลงบนถุงความดันแบบสุ่มช่วงเวลา จากความดันอะนาล็อกเริ่มต้นในถุงความดันที่เปลี่ยนแปลงไป

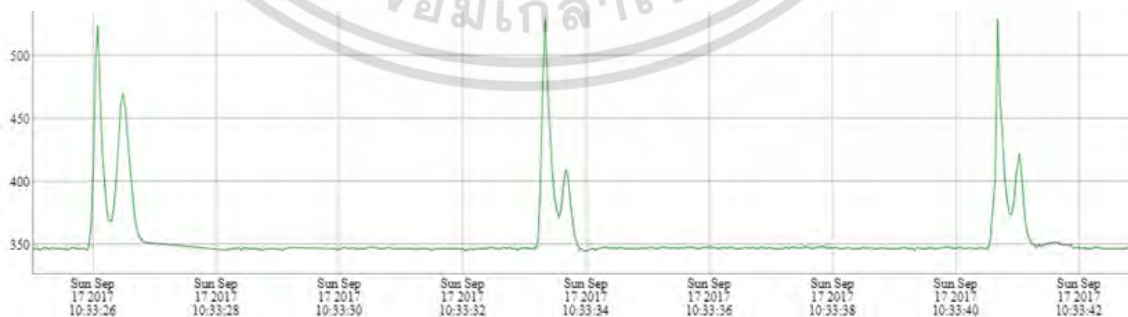
เนื่องจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับยังไม่ได้มีการพัฒนาให้สามารถบ่อนความดันเริ่มต้นให้กับอุปกรณ์ได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ความดันเริ่มต้นภายในถุงความดันมีค่าเปลี่ยนแปลงทุกครั้งที่ใช้งาน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อการนำไปคำนวณแรงในสมการข้างต้น ดังนั้น ในการทดลองต่อไปนี้จึงเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความดันเริ่มต้นกับความดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงความดันเมื่อมีแรงมากระทำกับถุงความดัน

4.5.2.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้จะทำในลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 4.5.1 แต่การจ่ายแรงในการทดลองนี้มีเพียงค่าเดียวเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างความดันเริ่มต้นที่เปลี่ยนแปลงไปแบบสุ่ม กับค่าแรงที่กระทำคงที่ ในที่นี้ใช้แรง 5 นิวตัน กดลงบนถุงความดันตลอดการทดลองด้วยการสุ่มช่วงเวลา ซึ่งผลลัพธ์คาดหวังคือตัวอุปกรณ์ตรวจจับสามารถอ่านค่าอะนาล็อกได้ใกล้เคียงกันทุกครั้งที่มีการกดลงบนถุงความดัน เพราะแรงที่กระทำลงบนถุงมีเพียงค่าเดียวคือ 5 นิวตัน

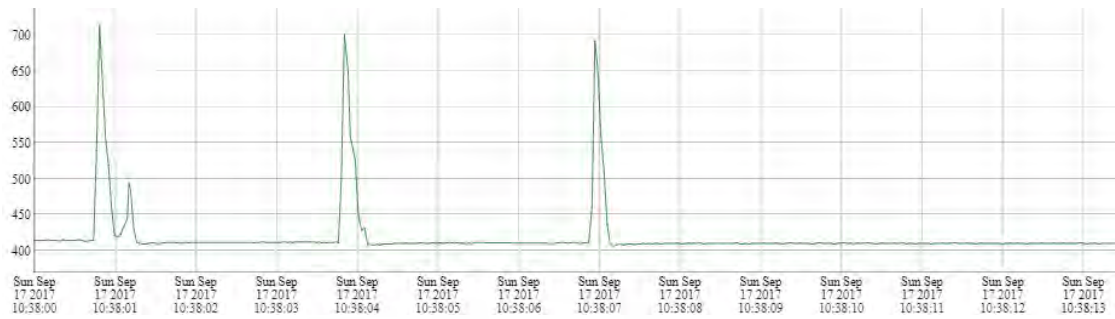
4.5.2.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าค่าความดันอะนาล็อกเริ่มต้นในถุงความดันมีผลต่อการตรวจจับแรงที่กดลงบนถุงความดัน โดยความดันอะนาล็อกเริ่มต้นภายในถุง ตั้งแต่ช่วง 0 ถึง 425 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงในรูปของอะนาล็อกที่ตรวจจับได้ไม่เท่ากันขณะที่แรงที่กดลงบนถุงมีขนาดคงที่ที่ 5 นิวตัน



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 347

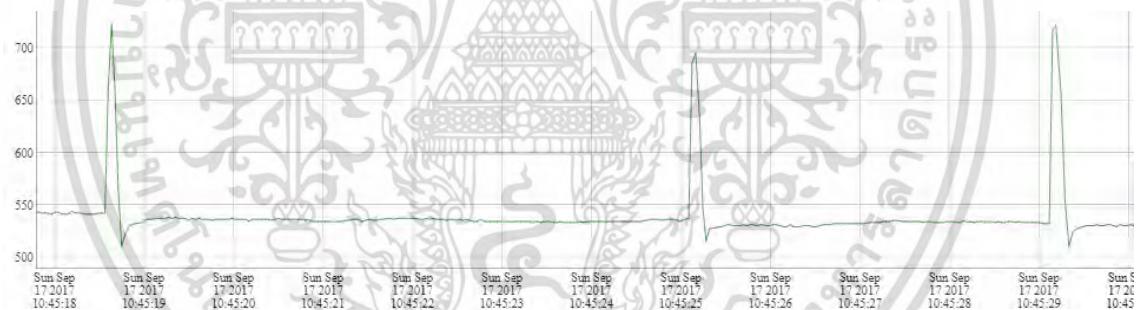
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



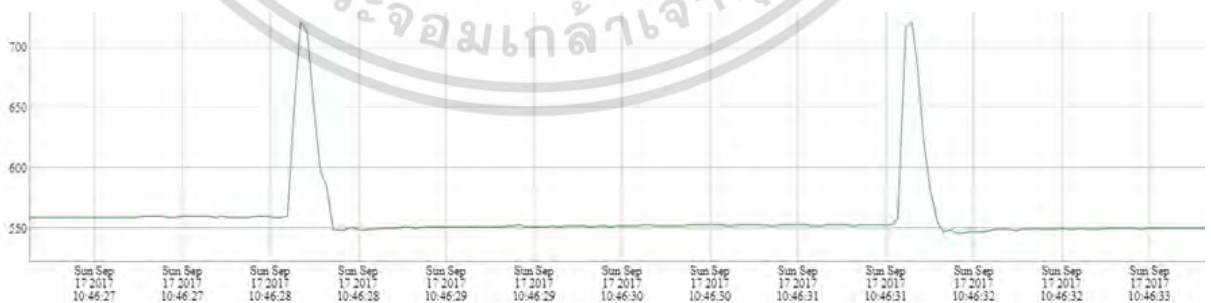
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 406



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 470

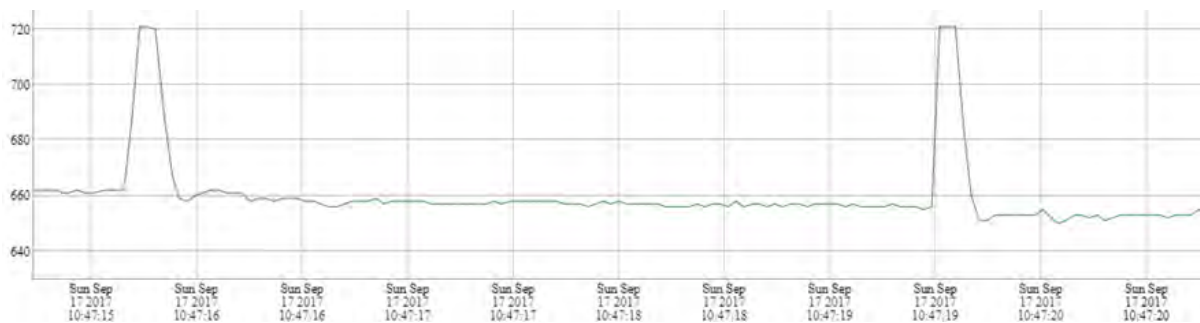


รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 534



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 550

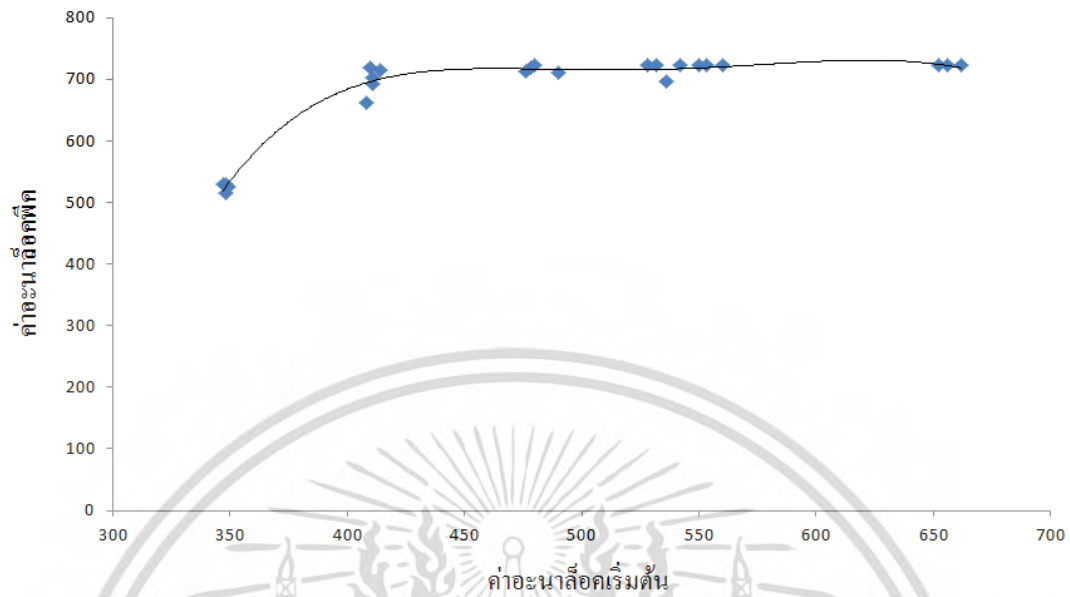
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



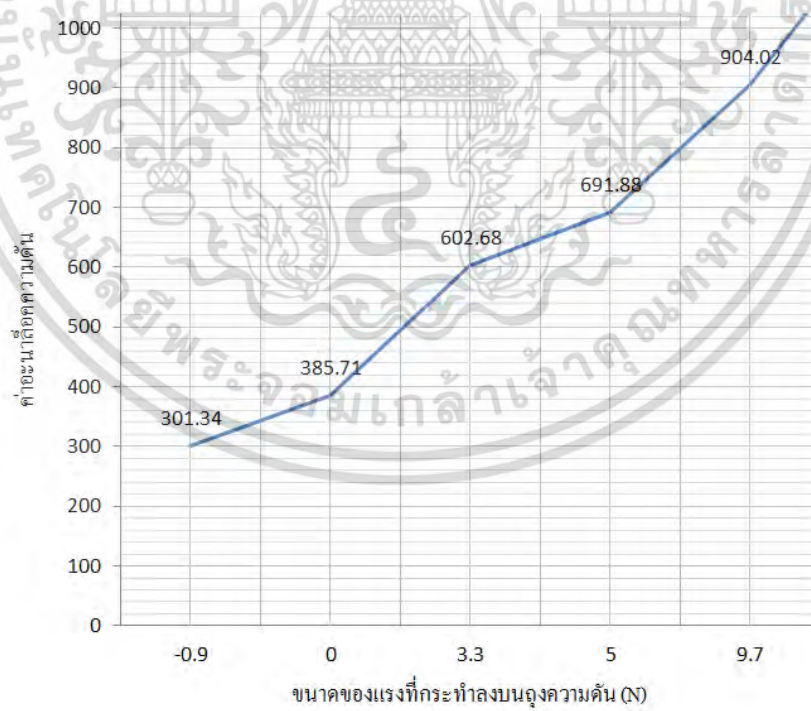
รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของอะนาล็อก ณ ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 650

แต่ถ้าหากความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่ 425 ขึ้นไป พบว่าค่าแรงที่ตรวจจับได้ในรูปของค่าอะนาล็อกมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงที่กระทำกับถุงความดันที่มีค่าคงที่ เมื่อนำมาพอร์ทกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันอะนาล็อกพิกกับค่าความดันอะนาล็อกเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าค่าแรงขนาด 5 นิวตัน จะมีค่าอะนาล็อกประมาณ 700 ดังนั้น ช่วงความดันอะนาล็อกเริ่มต้นที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ควรมีค่าตั้งแต่ 425 เป็นต้นไป สำหรับเซนเซอร์วัดความดันรุ่น MPVZ5004GC6U เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจจับสามารถตรวจจับค่าแรงในรูปของอะนาล็อกได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ในกรณีที่แรงกดมีค่าน้อยกว่าความดันเริ่มต้น อาจส่งผลให้อุปกรณ์ตรวจจับไม่สามารถอ่านค่าความดันได้ เนื่องจากแรงที่กระทำลงบนถุงมีขนาดไม่มากพอ ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในถุง เหตุการณ์นี้อาจเกิดขึ้นเมื่อนำอุปกรณ์ตรวจจับไปใช้ในช่วงอายุครรภ์ที่น้อยกว่า 24 สัปดาห์ ซึ่งช่วงอายุครรภ์ดังกล่าวอยู่นอกขอบเขตงานวิจัย ดังนั้น ผู้ที่นำงานวิจัยนี้ไปต่อยอดจำเป็นต้องตรวจวัดความดันเริ่มต้นที่เหมาะสมกับช่วงอายุครรภ์ที่น้อยกว่า 24 สัปดาห์ด้วย

จากข้อมูลทั้งหมดประกอบด้วย ผลการทดลองที่ 4.5, สมการแปลงความดันเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ระบุไว้ในข้อมูลจำเพาะของเซนเซอร์วัดความดัน, การเทียบเคียงค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่าอะนาล็อกที่อ่านได้ และการทดลองข้างต้น สามารถนำมาสรุปเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอะนาล็อกกับแรงในหน่วยนิวตันได้ดังรูปที่ 4.52 โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่เลี้ยงอุปกรณ์ตรวจจับอยู่ที่ 4.5 โวลต์



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาเมื่อค้ำและค่าความค้ำองศาเริ่มค้ำในถุงความค้ำ
เมื่อมีแรงค้ำที่ 5 นิวตันกระทำลงบนถุงความค้ำ



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาเมื่อค้ำความค้ำที่เปลี่ยนแปลงภายในถุงกับขนาดของแรง
ที่กระทำลงบนถุงความค้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ของกราฟข้างต้น หากนำผลการทดลองที่ 4.4.2 ซึ่งทำการทดสอบกับหญิงตั้งครรภ์แบบควบคุมพฤติกรรม เมื่อนำมาทำการคำนวณหาแรงที่ทารกเตะจากความสัมพันธ์ข้างต้น พบว่าอุปกรณ์ตรวจจับอ่านค่าแรงเตะได้ประมาณ 3-4 นิวตัน ในหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์ประมาณ 27-28 สัปดาห์

4.6 สรุป

การทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ตรวจจับกับแพนธอมพบว่า อุปกรณ์ตรวจจับมีข้อจำกัดในการใช้งานบางส่วนเพื่อให้ได้มาซึ่งความถูกต้องและความแม่นยำในการรับส่งข้อมูล โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีความถี่สูงสุดในการรับชุดข้อมูลที่เกิดจากแรงที่มากระทำลงบนถุงความดันอยู่ที่ 0.5 วินาทีเมื่อใช้งานผ่านสายซีเรียล และ 1.0-5.0 วินาทีเมื่อใช้งานผ่าน 와이파이 ซึ่งค่าความดันในถุงความดันที่เหมาะสมที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความดันได้ดี ณ ขณะนั้นอยู่ในช่วง 1.5-2.0 มิลลิเมตรปรอท ในกรณีที่เป็นค่าอะนาล็อกจะอยู่ในช่วง 425 ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่แรงกระทำลงบนถุงด้วยเช่นกัน ในที่นี้ตำแหน่งที่ทำให้เกิดความแม่นยำสูงสุดคือบริเวณส่วนกลางของถุงความดันอยู่ที่ 95.6% และยังมีเสถียรของข้อมูลมากกว่าบริเวณอื่นๆ

แต่เมื่อนำไปใช้งานจริงพบว่าการอ่านค่าจากเซนเซอร์ที่เหมาะสมกับการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของทารกคือการอ่านค่าอะนาล็อกโดยตรงมากกว่าการใช้งานอินเตอร์รัพท์ เนื่องจากพฤติกรรมต่างๆของผู้ใช้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งส่งผลต่อค่าความดันในทุกวินาที หากเลือกใช้งานอินเตอร์รัพท์เสมือนว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีขั้นตอนการทำงานเพิ่มมากขึ้น โดยรออินเตอร์รัพท์ก่อนแล้วจึงอ่านค่าจากเซนเซอร์ซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มขึ้นตอนหรือช่วงเวลาในการอ่านค่าแต่อย่างใด เนื่องจาก NodeMCU Amica V.1 สามารถอ่านค่าอะนาล็อกได้ด้วยความเร็วคล็อกที่ 160 MHz และสามารถนำไปใช้งานได้ทันที รวมถึงชุดข้อมูลอะนาล็อกที่อ่านค่ามาได้นั้น สามารถนำไปวิเคราะห์รูปแบบของสัญญาณได้ ซึ่งต่างจากอินเตอร์รัพท์ที่รู้เพียงแค่ว่าพบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลแต่หาความสัมพันธ์หรือรูปแบบของชุดข้อมูลไม่ได้ ด้วยเหตุนี้ ตลอดการทดลองกับคนจริงและหญิงตั้งครรภ์จึงเลือกใช้การอ่านค่าอะนาล็อก

ส่วนของการรับส่งข้อมูลระหว่างสี่นั้น หากมีการส่งข้อมูลจำนวนมากด้วยโปรโตคอลซ็อกเก็ตจะสามารถทำงานได้ดี แต่ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลขนาดเล็ก และมีความถี่ในการส่งข้อมูลที่สูง พบว่าโปรโตคอลดังกล่าวทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้งานหน่วยความจำที่มากขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดทำงานไป อันเนื่องมาจากขนาดของแพ็คเกจที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์มีขนาดที่ใหญ่ โปรโตคอล MQTT จึงถูกนำมาแทนที่ เนื่องจากตอบโจทย์ปัญหาดังกล่าว

ในแง่ของการนำไปใช้ ตัวอุปกรณ์ตรวจจับมีความแม่นยำอยู่ที่ 88.89% โดยใช้ความดันอะนาล็อกเริ่มต้นอยู่ที่ 600 ตลอดการทดลอง เนื่องจากเป็นช่วงที่สามารถตรวจวัดแรงที่กระทำลงบนถุงได้แม่นยำในที่นี่ประมาณ 4 นิวตัน ณ ช่วงอายุครรภ์ประมาณ 24-28 สัปดาห์ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง และตอบโจทย์หญิงตั้งครรภ์ในวัยทำงานเป็นอย่างมาก เพราะข้อมูลที่ตรวจวัดได้นั้น สามารถส่งเข้าระบบเน็ตเวิร์คไปถึงสูตินรีแพทย์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางไปพบด้วยตนเอง และแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้แบบเรียลไทม์ แต่จำเป็นต้องอยู่ในขอบเขตการใช้งานที่จำกัด เช่น ให้หญิงตั้งครรภ์นั่งนิ่งๆสัก 15 นาที หลังทานอาหาร 1-2 ชั่วโมง โดยไม่ทำกิจกรรมอื่นใดเสมือนทำตัวเป็นแพนธอม จากการทดลองทำที่เหมาะสมในการตรวจจับคือการนั่งฟังเก้าอี้ สำหรับการกำหนดสภาพแวดล้อมในการวัดนี้คล้ายคลึงกับการวัดความดันโลหิตในคน ที่ผู้ใช้จำเป็นต้องนั่งนิ่งๆและยกแขนซ้ายหรือแขนข้างที่ใช้วัดวางพาดกับโต๊ะโดยให้แขนวางอยู่ระนาบเดียวกับระดับของหัวใจ หรือหากมีอาการเหนื่อยหรืออกกำลังกายมาให้นั่งพักก่อนแล้วจึงค่อยทำการวัด เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดและสัญญาณรบกวนอื่นๆที่ไม่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ออกไป

แม้อุปกรณ์ตรวจจับมีความแม่นยำในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของทารกไม่ถึง 100% แต่อุปกรณ์ตรวจจับนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการช่วยฝึกการหายใจได้เป็นอย่างดี ซึ่งความแม่นยำเทียบเท่ากับเครื่องมือวัดตามมาตรฐานอย่าง BIOPAC โดยเทียบจากจำนวนครั้งในการหายใจในช่วงเวลาที่กำหนด และยังสามารถนำไปประมวลหรือวิเคราะห์ผลผ่านระบบเน็ตเวิร์คแบบเรียลไทม์ได้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายและไม่ต้องเสียเวลารอหรือเดินทางไปเข้าพบแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปงานวิจัย

การนับครั้งการเตะของทารกเป็นวิธีที่สูตินรีแพทย์ทั่วโลกให้การยอมรับให้เป็นวิธีหนึ่ง ที่ใช้ในการตรวจสอบสุขภาพของทารกในครรภ์ หญิงตั้งครรภ์จึงมีหน้าที่คอยจับสัมผัส และหมั่นตรวจสอบสุขภาพของทารกด้วยตนเองอยู่เสมอ โดยหลักการนับมีหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ได้ผลดีและใช้ในงานวิจัยนี้คือ ทารกมีการเตะ 10 ครั้ง ภายใน 2 ชั่วโมง ซึ่งช่วงอายุครรภ์ที่ผู้เป็นมารดาเริ่มสัมผัสได้ถึงแรงเตะจะอยู่ในช่วงอายุครรภ์ 18-20 สัปดาห์ และชัดเจนเมื่อมีอายุครรภ์ 24 สัปดาห์ขึ้นไป ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกทดสอบกับหญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุครรภ์อยู่ในช่วง 24-28 สัปดาห์ตลอดการทดลองโดยมุ่งหวังที่จะสามารถตรวจวัดขนาดของแรงเตะร่วมด้วย สำหรับเกณฑ์การนับดังกล่าวถูกใช้ในหลายงานวิจัย แตกต่างกันที่อุปกรณ์และกระบวนการได้มาซึ่งจำนวนครั้งในการเตะของทารก ซึ่งอุปกรณ์ชนิดพกพาส่วนมากจำต้องแนบกับผิวหนังบริเวณหน้าท้องของมารดา และไม่สามารถทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วยขณะทำการตรวจวินิจฉัย ในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยเลือกใช้ถุงความดันเป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงบนหน้าท้องของหญิงตั้งครรภ์ซึ่งสามารถสวมทับเสื้อผ้าได้

กระบวนการการได้มาซึ่งข้อมูล ในที่นี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ NodeMCU Amica V.1 เป็นอุปกรณ์ IoT ชนิดหนึ่งทำงานในลักษณะเทเลเมทรี โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดความดันที่ต่อกับถุงความดัน ค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้นั้น เป็นค่าอะนาล็อกที่มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 1023 แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว มีความเร็วในการประมวลผลค่อนข้างเร็วอยู่ที่ 160 MHz ซึ่งค่าอะนาล็อกที่ได้นี้ เหมาะแก่การนำมาวิเคราะห์ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในโหมดโดเมนได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงเรียลไทม์ ชุดข้อมูลอะนาล็อกเหล่านี้เปลี่ยนแปลงตามแรงดันไฟฟ้าที่เซนเซอร์วัดความดันวัดค่าได้จากความดัน ที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถุงความดัน ในทุกๆ ค่าอะนาล็อกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านได้จะถูกส่งขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ผ่านสายพาย ซึ่งกระบวนการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT กับเซิร์ฟเวอร์ถูกเรียกว่าพับบลิซ ส่วนอุปกรณ์หรือฝั่งที่รอรับข้อมูลจะเรียกว่าซับ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สไครป์ โดยผู้ที่ซบสไครป์ข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลที่ถูกพับบลิชมาอย่างตัวกลางเท่านั้น จึงจะสามารถรับข้อมูลได้ ตัวกลางที่กล่าวถึง มีหน้าที่คอยจัดการชุดข้อมูลเหล่านี้ให้มีการจัดส่งข้อมูล รวมถึงบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้องถูกเรียกว่าโบรกเกอร์ ซึ่งอยู่ในส่วนของคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ โดยโมเดลการรับส่งข้อมูลลักษณะนี้ใช้งานผ่านโพรโตคอล MQTT แพ็คเก็ตข้อมูลของโพรโตคอลดังกล่าวมีขนาดเล็ก และมีความเร็วรวมถึงประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลที่สูงมาก ซึ่งมักถูกใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างสองอุปกรณ์ใดๆ เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลโพรโตคอลดังกล่าวสามารถกำหนดคุณภาพของในการรับส่งข้อมูลหรือ QoS ได้ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับในที่นี้ถูกตั้งค่าเป็น 1 คือกำหนดให้มีการเก็บข้อมูลก่อนการส่งข้อมูลไปยังโบรกเกอร์ เพื่อป้องกันการส่งซ้ำหรือส่งข้อมูลอีกครั้งหากไม่ได้รับการตอบกลับจากโบรกเกอร์ ทางฝั่งโบรกเกอร์เมื่อได้รับข้อมูลแล้วจะทำการบันทึกข้อมูลไว้ที่ฐานข้อมูล พร้อมกับส่งการยืนยันการได้รับข้อมูลกลับไปหาพับบลิชเซอร์เพื่อที่ทำการลบข้อมูลเก่าทิ้งไป และยังส่งข้อมูลดังกล่าวไปหาซบสไครเบอร์ด้วยเช่นกัน ด้วยข้อดีต่างๆที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในปัจจุบันโพรโตคอล MQTT จึงเข้ามามีบทบาทในการนำมาพัฒนาการใช้งานในอุปกรณ์ IoT กันอย่างต่อเนื่องและแพร่หลาย

ในส่วนของความแม่นยำในการตรวจจับการเตะของทารกบนถูความดัน โดยพิจารณาจากจำนวนข้อมูลของค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงไปภายในถูความขณะที่มีแรงมากระทำลงบนถูความดัน ส่งผ่านมายังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ จนกระทั่งแสดงผลบนหน้าเว็บ โดยก่อนการนำไปใช้จริงได้เริ่มทดสอบกับแฟนธอม ซึ่งเป็นอุปกรณ์จำลองสถานะแวดล้อมให้คล้ายคลึงกับหน้าท้องของหญิงตั้งครรภ์ ด้วยการประยุกต์นำเอาถังทรงกระบอกมาติดตั้งโซลินอยด์เสมือนขาทารก คอยเตะหรือกดลงบนถูความดันที่พันรอบถังทรงกระบอกตามช่วงเวลาที่กำหนด ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองพบว่า อุปกรณ์ตรวจจับมีความไวในการตรวจจับที่เหมาะสมหรือไม่เกิดการสูญหายของข้อมูลเมื่อมีการกดลงบนถู อยู่ที่ 1 - 5 วินาที หรือ 0.2-1.0 เฮิร์ต ขณะใช้งานผ่านสายพายที่มีความเร็วอินเตอร์เน็ตอยู่ที่ 1 กิกะไบต์ นอกจากความถี่ในการกดลงบนถูที่มีผลต่อความแม่นยำของข้อมูลแล้วยังมีอีก 2 ปัจจัยที่สำคัญเช่นกันคือ ความดันเริ่มต้นในถูความดัน และตำแหน่งที่กดลงบนถูความดัน เนื่องจากเซนเซอร์วัดความดันจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความดันในถูความดันเทียบกับความดันบรรยากาศดังนั้นในถูความดันจำต้องใส่ความดันเข้าไปก่อนการนำไปใช้ซึ่งปริมาณของความดันที่เหมาะสมที่ควรมีอยู่ในถูก่อนการนำไปใช้คือช่วงตั้งแต่ 1.5 - 2.0 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป หรือในช่วง 425 ขึ้นไปสำหรับค่าอะนาล็อก เนื่องจากปริมาณในช่วงดังกล่าวสามารถระบุขนาดของแรงที่มากระทำกับถูความดันในหน่วยนิวตันได้อย่างชัดเจน ในส่วนของตำแหน่งบนถูที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงมากระทำนั้นพบว่าบริเวณกึ่งกลางของถุงเป็นบริเวณที่มีการรับรู้ถึงแรงที่มากกระทำได้ชัดเจนที่สุดอยู่ที่ 95.6% โดยอ้างอิงจากจำนวนข้อมูลที่ได้รับส่งกันขณะทดลอง

ในการวัดผลกับหญิงตั้งครรภ์ ตำแหน่งที่ติดตั้งถุงความดันจะเป็นบริเวณกึ่งกลางหน้าท้องของหญิงตั้งครรภ์ โดยให้กึ่งกลางของถุงอยู่บริเวณสะดือ เนื่องจากอายุครรภ์ในช่วง 24-28 สัปดาห์ ทารกจะอยู่ในบริเวณดังกล่าว แต่หญิงตั้งครรภ์ยังคงมีความกังวลในเรื่องของความปลอดภัยเมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาติดกับตัวแม้เป็นอุปกรณ์ที่ไม่รบกวนก็ตาม เพราะเกรงจะมีผลกระทบต่อทารกในครรภ์ แต่เนื่องจากถุงความดันสามารถปรับระดับความยาวของท่อลำเลียงความดันได้ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกนำไปวางไว้ห่างตัวผู้ใช้ ความกังวลตรงจุดนี้จึงหายไป โดยในขณะที่ทำการทดลองกำหนดให้ถุงความดันมีความดันเริ่มต้นภายในถุง โดยวัดจากค่าอะนาล็อกอยู่ที่ประมาณ 600 ผลจากการวัดแรงเตะ ซึ่งช่วงที่ทำการวัดผลใช้เวลาเพียง 15 นาที พบว่าในช่วงอายุครรภ์ดังกล่าวทารกมีแรงเตะประมาณ 3-4 นิวตัน ขนาดของแรงดังกล่าวมาจากการเทียบเคียง ระหว่างค่าอะนาล็อกกับแรงในหน่วยนิวตัน แต่เนื่องจากพฤติกรรมของมารดายังคงเป็นอุปสรรคในการวัดผล ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำน้อยหากทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วย ซึ่งวิธีแก้คือ กำหนดให้ผู้ร่วมการทดสอบหรือหญิงตั้งครรภ์นั่งอยู่กับที่ โดยไม่ทำกิจกรรมอื่นใดขณะทำการทดลองเสมือนเป็นแพนธอม แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับเป็นค่าอะนาล็อกซึ่งไม่สามารถระบุหรือหาความหมายได้โดยตรง ประกอบกับข้อมูลสัญญาณดังกล่าวมีสัญญาณที่ไม่ต้องการ เช่น การหายใจที่มีรูปแบบค่อนข้างตายตัว หรือพฤติกรรมอื่นๆของหญิงตั้งครรภ์ ปะปนมากับสัญญาณที่สนใจหรือสัญญาณที่ทารกส่งแรงมากกระทำลงบนถุงความดัน โดยไม่มีช่วงความถี่ที่แน่ชัดในที่นี้เปรียบเสมือนสัญญาณรบกวนความถี่สูง จึงจำเป็นต้องกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกก่อน โดยขั้นตอนการวิเคราะห์จะนำสัญญาณที่ได้มาผ่านตัวกรองความถี่สัญญาณรบกวนถี่สูงจะได้แอมพลิจูดของสัญญาณดังกล่าว แล้วนำมาเข้าสู่ขั้นตอนในนับจำนวนข้อมูลดังกล่าว ซึ่งอยู่ในโทมโดเมน วิธีที่ทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของชุดข้อมูลในโทมโดเมนคือการใช้ EMA แบบ 2 ช่วงเวลาโดยประยุกต์มาจากการหาเทรนของช่วงเวลาในการเข้าซื้อขายหุ้น โดยกรอบเวลาของทั้ง 2 ช่วงเวลาที่ใช้นั้นคือกรอบเวลาที่ 1.006 และ 1.0246 วินาที ซึ่งได้จากการเทียบเคียงค่าข้อมูลที่หญิงตั้งครรภ์ระบุว่าการเตะ ความแม่นยำของผลลัพธ์อยู่ที่ 88.89% ทั้งนี้ความแม่นยำขึ้นอยู่กับพฤติกรรมขณะทำการวัดผลด้วย เช่น จังหวะการหายใจที่ไม่สม่ำเสมอของหญิงตั้งครรภ์ก็อาจส่งผลกับความแม่นยำด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์ตรวจจับการเตะของทารกสามารถตรวจวัดไปพร้อมกับการหายใจ ซึ่งมีรูปแบบของสัญญาณที่มีความถี่ค่อนข้างคงที่ แต่ไม่ทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วยขณะตรวจวัด ดังนั้น การจัดเตรียมร่างกายก่อนการทดสอบจึงเป็นเรื่องสำคัญเสมือนการวัดความดันที่ต้นแขน ที่ระบุให้ผู้ใช้ไม่วัดขณะกำลังเหนื่อย เพราะผลที่ได้อาจไม่ตรงตามความเป็นจริง เป็นต้น รูปแบบการวัดผลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้จริงเมื่อมีการควบคุมการวัดผลที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการควบคุมการวัดผลที่ดีพอ อุปกรณ์ตรวจจับนี้สามารถช่วยลดการฟ้องร้องในเรื่องของการวินิจฉัยผิดพลาดได้ ก็ต่อเมื่อทำควบคู่ไปกับเทเลเมดิซิน โดยให้แพทย์เจ้าของไข้ซักถามอาการผ่านทางคอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ตโฟนด้วยวิธีวีโมทแอสเซส ที่สามารถเห็นหน้าคนไข้ได้ พร้อมทั้งให้สวมอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อส่งข้อมูลที่วัดได้ ณ ปัจจุบันให้กับแพทย์เจ้าของไข้ โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้ประกอบการวินิจฉัยร่วมกับการซักถามอาการจากหญิงตั้งครรภ์ อีกทั้งยังช่วยในเรื่องของการลดค่าใช้จ่าย ในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปพบแพทย์ และเงินที่ต้องเสียไปกับค่าเดินทางหรือการหยุดกลางงานเพื่อไปพบแพทย์ นอกจากนี้การตรวจวัดสุขภาพของทารกในครรภ์แล้ว อุปกรณ์ตรวจจับลักษณะนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกร่างกายใจ ให้กับผู้ป่วยที่มีปัญหาทางการหายใจได้อีกด้วย โดยมีความสามารถและผลลัพธ์ที่เทียบเท่ากับการใช้เครื่องมือตรวจวัดที่มีมาตรฐานอย่าง BioPack เพียงเปลี่ยนกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Eli Saastad, Brita A. Winje, Babill Stray Pedersen, J. Frederik Froen. 2011. “Fetal Movement Counting Improved Identification of Fetal Growth Restriction and Perinatal Outcomes – a Multi-Centre, Randomized, Controlled Trial.” **PLoS ONE**. 6(12) : e28482.
- [2] John Regan. “Reduced fetal movements.” **O&G Magazine.**, vol. 15, no. 4, Summer 2013. pp. 55-56.
- [3] Dr MK Whitworth MRCOG, Manchester, Professor M Fisher, Exeter and Dr A Heazell. “Reduced Fetal Movements.” **RCOG Green-top Guideline.**, no. 57, February 2011 ; pp. 1-16.
- [4] Kyoko Nishihara, Noboru Ohki, Hideo Kamata, Eiji Ryo, Shigeko Horiuchi. 2015. “Automated Software Analysis of Fetal Movement Recorded during a Pregnant Woman’s Sleep at Home.” **PLoS ONE**. 10(6) : e0130503.
- [5] Rebecca Brown, Jayawan H.B. Wijekoon, Anura Fernando, Edward D. Johnstone, Alexander E.P. Heazell. “Continuous objective recording of fetal heart rate and fetal movements could reliably identify fetal compromise, which could reduce stillbirth rates by facilitating timely management.” **Medical Hypotheses.**, vol. 83, no. 3, Sep. 2014. pp. 410–417.
- [6] Pathara Norasethasopon, Kitiphol Chitsakul, Suradej Tretriluxana. “A Development of Real-Time Fetal Movement Detector.” **IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences.**, vol. 4, no. 4, Dec. 2016. pp. 637-640.
- [7] Stefaan W. Verbruggen, Jessica H. W. Loo, Tayyib T. A. Hayat, Joseph V. Hajnal, Mary A. Rutherford, Andrew T. M. Phillips, Niamh C. Nowlan. “Modeling the biomechanics of fetal movements.” **Biomech Model Mechanobiol.**, vol. 15, no. 4, Aug. 2016. pp. 995-1004.
- [8] Yves Lafon. “**HTTP - Hypertext Transfer Protocol.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.w3.org/Protocols>. 2014.

- [9] Amazon Web Services, Inc. “**AWS Free Tier Details.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://aws.amazon.com/free>.
- [10] Joyent, Inc. “**About Node.js.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://nodejs.org/en/about>.
- [11] Socket.IO. “**real-time bidirectional event-based communication.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://socket.io>.
- [12] Robo India. “**ESP8266 Builders Kit.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://roboindia.com/tutorials/direct.php?route=ESP-8266-builders-kit>.
- [13] Freescale Semiconductor, Inc. “**MPxx5004, 0 to 3.92 kPa, Differential and Gauge, Integrated Pressure Sensor.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/MPXV5004G.pdf>.
- [14] Jimb0. “**Example Sketch: AP Web Server.**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/esp8266-thing-hookup-guide/example-sketch-ap-web-server>.
- [15] esp8266. “**File system object (SPIFFS)**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://github.com/esp8266/Arduino/blob/master/doc/filesystem.md>.
- [16] pellepl. “**SPIFFS (SPI Flash File System)**” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://github.com/pellepl/spiffs>.
- [17] Mohamed Salah H. Khlif, Boualem Boashash, Siamak Layeghy, Taoufik Ben-Jabeur, Paul B. Colditz, Christine East. “A passive DSP approach to fetal movement detection for monitoring fetal health.” **IEEE The 11th International Conference on Information Sciences, Signal Processing and Applications.**, Jul. 2012. pp. 71-76.
- [18] A. Kribèche, S. Benderbous, F. Tranquart, D. Kouamé and L. Pourcelot. “Detection and analysis of fetal movements by ultrasonic multi-sensor Doppler (ACTIFOETUS)”. **IEEE Ultrasonics Symposium.**, Apr. 2005. pp. 1457-1460.
- [19] Jirawan Deeluea, Supatra Sirichotiyakul, Sawaek Weerakiet, Renu Buntha, Chamaiporn Tawichasri, and Jayanton Patumanond. “Fundal Height Growth Curve for Thai Women.” **ISRN Obstetrics and Gynecology.**, vol. 2013, Mar. 2013.

- [20] WebMD Magazine Digital. “Your Growing Belly and Baby.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.webmd.com/baby/interactive-pregnancy-tool-fetal-development#week-20>.
- [21] MamaExpert Team. “ความสูงของยอดมดลูกบอกอายุครรภ์และขนาดทารกในครรภ์.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.mamaexpert.com/posts/content-637>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลรายละเอียดของผลการทดลองการกดด้วยโซลินอยด์

ลงบนถุงความดัน

ตารางที่ ก.1 จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1.5 – 2.0	2016-12-16 17:04:02	492	10	529	387	458
		529				
		524				
		523				
		521				
		520				
		518				
		517				
		515				
387						

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไป
จากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความ ดัน (มิลลิเมตร ปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
~1.0	2016-12-16 17:04:24	481	2	481	480	480.5
		480				
~1.5	2016-12-16 17:29:34	494	7	521	484	502.5
		513				
		521				
		509				
		501				
		494				
484						
~1.5	2016-12-16 17:29:36	494	7	519	483	501
		511				
		519				
		509				
		502				
		492				
483						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไป
จากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
~1.5	2016-12-16 17:29:44	495	7	519	481	500
		510				
		519				
		508				
		498				
		490				
~1.5	2016-12-16 17:30:38	499	5	527	484	505.5
		527				
		509				
		497				
		484				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
~1.5	2016-12-16 17:31:06	492	7	515	483	499
		508				
		515				
		509				
		501				
		492				
~1.5	2016-12-16 17:31:24	492	7	507	492	499.5
		500				
		502				
		506				
		507				
		507				
		506				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่าอะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1.5 – 2.0	2016-12-16 17:47:15	498	12	518	437	477.5
		518				
		508				
		498				
		486				
		488				
		489				
		489				
		490				
		490				
~1.5	2016-12-16 17:47:49	501	6	528	476	502
		528				
		509				
		498				
		488				
		476				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
~1.5	2016-12-16 17:47:53	497 518 507 491 480	5	518	480	499
~1.5	2016-12-16 17:47:57	498 520 509 497 485 472	6	520	472	496

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1.5 – 2.0	2016-12-16 17:52:09	498	14	515	453	484
		496				
		515				
		506				
		508				
		500				
		490				
		483				
		490				
		493				
		496				
		496				
		500				
453						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) จำนวนข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามความดันภายในถุงที่เปลี่ยนไปจากการกดด้วยโซลินอยด์

ช่วงความดัน (มิลลิเมตรปรอท)	วันเวลา	ค่า อะนาล็อก	จำนวนครั้งที่เกิด อินเตอร์รัพท์ (ครั้ง)	ค่าอะนาล็อกที่วัดได้		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
1.0 – 1.5	2016-12-16 17:53:05	497 522 507 498 488	5	522	488	505
1.0 – 1.5	2016-12-16 17:54:13	498 512 519 513 505	5	519	498	508.5

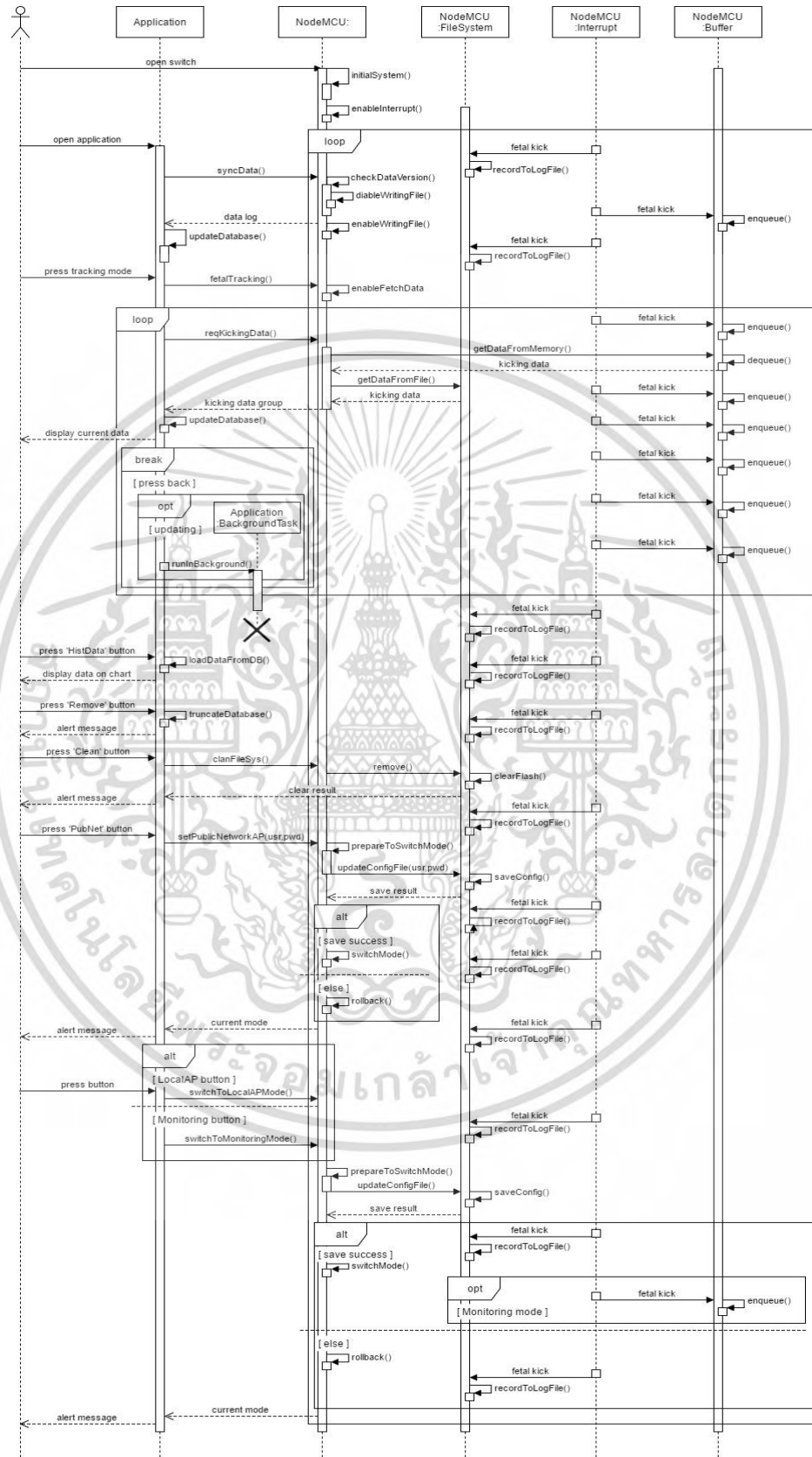
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ซีเควนไตอะแกรมระหว่างผู้ใช้และตัวตรวจจับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ESP8266 Memory Map

ตำแหน่งและการใช้งานในหน่วยความจำ เพื่อใช้ในการพัฒนาและสืบค้นข้อผิดพลาดจากการพัฒนาซอร์สโค้ด โดยปกติแล้วตำแหน่งที่ใช้ในการรีเซ็ตจะอยู่ที่ 40000080H ภายใน ROM.

ตารางที่ ค.1 ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266

ตำแหน่ง	ชื่อ	ขนาด	ประเภท	อ่าน/ เขียน	คำอธิบาย
00000000H	-	-	Exc	-	-
20000000H	-	-	ห้าม	W	ไม่สามารถเข้าถึงได้ และตำแหน่งนี้จะถูกเขียนทับด้วย 00 80 00 00 เสมอ
3FF00000H	DPORT0	1000H	I/O	R/W	สามารถอ่านเขียนค่าที่ตำแหน่งนี้ได้ทุกๆ 100H
3FF10000H	-	-	ห้าม	-	ไม่อนุญาตให้เข้าถึงได้
3FF20000H	-	-	-	R/W	ไม่สามารถระบุข้อมูลได้แน่ชัด
3FF30000H	-	-	ห้าม	-	ไม่อนุญาตให้เข้าถึงได้
3FFC0000H	-	20000H	-	R/W	uint32 ที่ประกาศจะถูกนำไปเก็บไว้ตำแหน่งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266

ตำแหน่ง	ชื่อ	ขนาด	ประเภท	อ่าน/ เขียน	คำอธิบาย
3FFE0000H	-	-	ห้าม	-	ไม่อนุญาตให้เข้าถึงได้
3FFE8000H	DRAM0	14000H	RAM	R/W	เก็บข้อมูลของผู้ใช้งาน สามารถเก็บแอฟลิเคชันได้ใน ตำแหน่งนี้
3FFFC000H	-	4000H	RAM	-	ระบบ ETS
40000000H	BROM	10000H	ROM	ไม่ทราบ ค่า	สามารถเขียนได้แต่ไม่พบ รายละเอียดที่แน่ชัด
40010000H	-	-	ห้าม	-	ไม่อนุญาตให้เข้าถึงได้
40100000H	IRAM1	8000H	RAM	R/W	ถูกใช้ทำบูทโพลเดอร์ของ แฟลช SPI ที่น้อยกว่า 40000H
40108000H	-	-	ห้าม	-	ไม่อนุญาตให้เข้าถึงได้
40140000H	-	-	ไม่ทราบ ค่า	W	ต้องถูกเขียนทับด้วย 59 31 D8 EC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) ตำแหน่งการใช้งานในหน่วยความจำของ ESP8266

ตำแหน่ง	ชื่อ	ขนาด	ประเภท	อ่าน/เขียน	คำอธิบาย
40200000H	-	-	ไม่ทราบค่า	R	แฟลช SPI ถูกเก็บที่นี้โดยมี แคลชขนาด 32 กิโลไบต์ โดยประมาณ สำหรับโค้ดที่รัน แบบไม่มีแคลชจะช้าลงเมื่อรัน ไป 12 ถึง 13 ครั้งเมื่อเทียบ กับ IRAM. ตำแหน่งนี้สามารถ อ่านข้อมูลได้ที่ละ 4 ไบต์
40300000H	-	-	ไม่ทราบค่า	W	ต้องถูกเขียนทับด้วย 00 80 00 00.
60000000H	-	1000H	I/O	-	ไม่มีแคลชของ I/O
60001000H	-	800H	ไม่ทราบค่า	-	ไม่มีแคลชของ I/O
60001800H	-	800H	ไม่ทราบค่า	ไม่ทราบค่า	อาจใช้งานร่วมกับ 60001000H
60002000H	-	-	Exc	-	-
70000000H		9000000 0H	ห้าม	W	ต้องถูกเขียนทับด้วย 00 80 00 00.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ปัญหาที่พบในการพัฒนา NodeMCU และแนวทางการแก้ไข

ในการพัฒนา NodeMCU อาจจะมีข้อความที่แสดงถึงการผิดพลาดในการรันโปรแกรมหรือโค้ดที่พัฒนาขึ้น ซึ่งความหมายของข้อความเหล่านั้น รวมถึงวิธีแก้ไขปัญหาที่ดังนี้

ง.1 “LmacRxBlk:1”

สาเหตุ :

มักเกิดจากการใช้งานหรือเข้าถึงทรัพยากรที่มากจนไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานไม่ทัน จนเกิดโอเวอร์โฟลว์

การแก้ปัญหา :

หลังเกิดโอเวอร์โฟลว์นั้น ระบบไม่สามารถทำงานได้ต่อจำเป็นต้องรีเซ็ตระบบเท่านั้น แต่การแก้ปัญหาที่ต้นเหตุที่ได้ผลดีที่สุดคือ ดูข้อจำกัดในการทำงานหรือโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมถึงเรียนรู้และศึกษาเอพีไอที่ใช้ให้ดีกว่าก่อนเริ่มทำการพัฒนา

แหล่งที่มา : <https://github.com/esp8266/Arduino/issues/1458>

ง.2 “Fatal exception 29(StoreProhibitedCause):”

สาเหตุ :

เกิดจากการเข้าถึงพื้นที่ที่มีการจองหรือป้องกันไม่ให้เข้าถึงภายในหน่วยความจำ ซึ่งถูกกำหนดอยู่ในโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

การแก้ปัญหา :

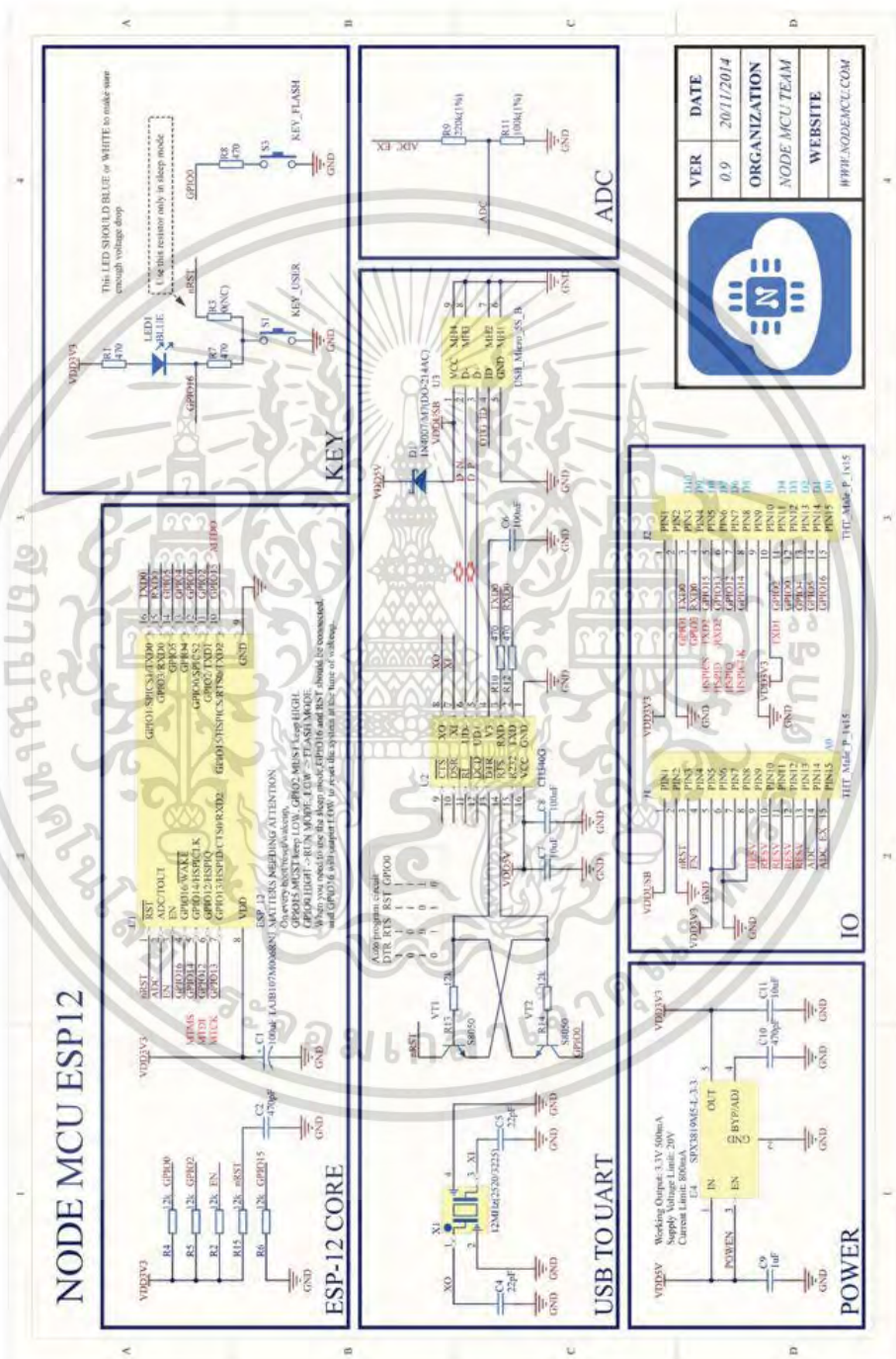
ง.2.1 ไม่ควรสร้างตัวแปรที่สามารถโตขึ้นโดยไม่มีขอบเขตภายในหน่วยความจำ

ง.2.2 ศึกษาการเข้าถึงระบบไฟล์แบบ SPIFFS ให้ดี

ง.2.3 ดูการใช้งานพินต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาคผนวก จ

ผังวงจรของ NodeMCU



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายชื่อส่วนหัวของเอชทีทีพี

ส่วนหัวของเอชทีทีพี เป็นส่วนประกอบหลักของการร้องขอบนเอชทีทีพี และเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับการตอบรับเอชทีทีพีด้วย ส่วนหัวเหล่านี้เป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของข้อมูลที่ร้องขอหรือข้อมูลที่ถูกจัดสรรให้ ส่วนหัวของเอชทีทีพีแยกออกจากส่วนของเนื้อหาด้วยบรรทัดว่างหนึ่งบรรทัด ข้อมูลส่วนหัวอาจเป็นสายอักขระที่แทบจะไม่มีกฎเกณฑ์ แต่ก็มีส่วนหัวบางตัวที่เป็นที่ยอมรับและเข้าใจโดยทั่วไป

การร้องขอ

ตารางที่ ฉ.11 ส่วนหัวของการร้องขอด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Accept	ประเภทของเนื้อหาที่ยอมรับ	Accept: text/plain
Accept-Charset	รหัสอักขระที่ยอมรับ	Accept-Charset: iso-8859-5
Accept-Encoding	การเข้ารหัสข้อมูลที่ยอมรับ	Accept-Encoding: compress, gzip
Accept-Language	ภาษาที่ยอมรับในการตอบรับ	Accept-Language: da
Accept-Ranges	อนุญาตให้เครื่องแม่ข่ายแสดงการยอมรับการร้องขอของทรัพยากรเป็นช่วง	Accept-Ranges: bytes
Authorization	รหัสรับรองการยืนยันตนของผู้ใช้	Authorization: Basic QWxhZGRpbjpvYVJHNlc2FtZQ==

ตารางที่ ฉ.22 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Cache-Control	ใช้เพื่อกำหนดคำสั่งชี้แนะว่า จะต้องทำตามกลไกการเก็บ แคชทั้งหมดโดยตลอดทั้งการ ร้องขอและการตอบรับ	Cache-Control: no-cache
Connection	ประเภทของการเชื่อมต่อที่ ตัวแทนผู้ใช้ต้องการ	Connection: close
Cookie	เอชทีทีพีคุกกี้ที่ถูกส่งมาก่อน หน้านี้จากเครื่องแม่ข่ายด้วย ส่วนหัว Set-Cookie	Cookie: \$Version=1; UserId=JohnDoe
Content-Length	ความยาวของข้อมูลเนื้อหา วัด เป็นไบต์ที่มีขนาดแปดบิต	Content-Length: 348
Content-Type	ชนิด MIME ของเนื้อหาที่ร้องขอ (ใช้กับ POST และ PUT)	Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
Date	วันที่และเวลาที่ข้อความนั้นถูก ส่งไป	Date: Tue, 15 Nov 1994 08:12:31 GMT
Expect	แสดงพฤติกรรมที่ต้องการจาก เครื่องแม่ข่ายบางชนิด	Expect: 100-continue

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
From	ที่อยู่อีเมลของผู้ใช้ที่ทำการร้องขอ	From: user@email.com
Host	ชื่อโดเมนของเครื่องแม่ข่ายเป็นส่วนหัวที่จำเป็นต้องมีตั้งแต่ HTTP/1.1	Host: en.wikipedia.org
If-Match	จะกระทำการนี้ถ้าทรัพยากรของเครื่องลูกข่ายตรงกับเครื่องแม่ข่าย โดยหลักแล้วใช้สำหรับคำสั่งอย่างเช่น PUT เพื่ออัปเดตทรัพยากรเท่านั้น หากทรัพยากรนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยหลังจากผู้ใช้คนนั้นได้อัปเดตล่าสุด	If-Match: "737060cd8c284d8af7ad3082f209582d"
If-Modified-Since	อนุญาตให้เครื่องแม่ข่ายตอบรับว่า 304 Not Modified ถ้าทรัพยากรไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เวลาที่ระบุ	If-Modified-Since: Sat, 29 Oct 1994 19:43:31 GMT

ตารางที่ ๑.4 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
If-None-Match	อนุญาตให้เครื่องแม่ข่ายตอบรับว่า 304 Not Modified ถ้าทรัพยากรไม่มีการเปลี่ยนแปลง	If-None-Match: "737060cd8c284d8af7ad3082f209582d"
If-Range	ถ้าทรัพยากรไม่มีการเปลี่ยนแปลง ให้ส่งข้อมูลบางส่วนที่ขาดหายไปเข้ามา ถ้าไม่เช่นนั้นแล้ว ก็ให้ส่งข้อมูลใหม่ทั้งหมดมาให้	If-Range: "737060cd8c284d8af7ad3082f209582d"
If-Unmodified-Since	กำหนดให้ส่งการตอบรับก็ต่อเมื่อทรัพยากรนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เวลาที่ระบุ	If-Unmodified-Since: Sat, 29 Oct 1994 19:43:31 GMT
Max-Forwards	จำกัดจำนวนครั้งที่ข้อความจะสามารถส่งต่อผ่านพร็อกซีหรือเกตเวย์	Max-Forwards: 10
Pragma	ส่วนหัวที่มีการนำไปใช้เฉพาะทางซึ่งทำให้เกิดผลกระทบบางแห่งโดยตลอดทั้งการร้องขอและการตอบรับ	Pragma: no-cache
Proxy-Authorization	รหัสรับรองการยืนยันตนสำหรับการเชื่อมต่อผ่านพร็อกซี	Proxy-Authorization: Basic QWxhZGRpbjpvGVuIHNlc2FtZQ==

ตารางที่ ๑.5 (ต่อ) ส่วนหัวของการร้องขอด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Range	ร้องขอข้อมูลทรัพยากร บางส่วน	Range: bytes=500-999
Referer	ที่อยู่เว็บของเว็บเพจก่อน หน้า ซึ่งมีการเชื่อมโยง โดยตรงมายังหน้าที่ร้องขอ	Referer: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
TE	การเข้ารหัสข้อมูลที่ใช้ คาดหวังว่าจะได้รับ	TE: trailers, deflate;q=0.5
Upgrade	สอบถามเครื่องแม่ข่ายให้อัป เกรดโพรโทคอลอื่น ๆ	Upgrade: HTTP/2.0, SHTTP/1.3, IRC/6.9, RTA/x11
User-Agent	สายอักขระแสดงชื่อของ โปรแกรมตัวแทนผู้ใช้	User-Agent: Mozilla/5.0 (Linux; X11)
Via	แจ้งให้เครื่องแม่ข่ายทราบว่า การร้องขอส่งผ่านมาจากพ ร็อกซีใด	Via: 1.0 fred, 1.1 nowhere.com (Apache/1.1)
Warn	คำเตือนทั่วไปเกี่ยวกับปัญหาที่ อาจเกิดขึ้นในเนื้อหาทรัพยากร	Warn: 199 Miscellaneous warning

ตารางที่ ๑.6 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Accept-Ranges	เครื่องแม่ข่ายแจ้งว่ายอมรับช่วงของเนื้อหาแบบใด	Accept-Ranges: bytes
Age	อายุขัยของวัตถุที่จะอยู่ในพรีอ็อกซีเป็นวินาที	Age: 12
Allow	การกระทำที่สามารถใช้ได้ ทรัพยากรที่ระบุ ใช้กับรหัสสถานภาพ 405 Method Not Allowed	Allow: GET, HEAD
Cache-Control	แจ้งไปยังกลไกการเก็บแคชไปยังเครื่องลูกข่าย ไม่ว่าจะวัตถุนี้ จะเก็บลงแคชหรือไม่	Cache-Control: no-cache
Content-Encoding	ประเภทของการเข้ารหัสที่ใช้กับข้อมูลนี้	Content-Encoding: gzip
Content-Language	ภาษาของเนื้อหา	Content-Language: da
Content-Length	ความยาวของข้อมูลเนื้อหา วัตถุเป็นไบต์ที่มีขนาดแปดบิต	Content-Length: 348
Content-Location	ตำแหน่งทางเลือกสำหรับข้อมูลที่คืนกลับไป	Content-Location: /index.htm

ตารางที่ ๑.7 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Content-Disposition	เปิดโอกาสให้ซึ่กกล่องโต้ตอบ "ดาวน์โหลดไฟล์" สำหรับชนิดโม้ม่ที่รู้จัก	Content-Disposition: attachment; filename=fname.ext
Content-MD5	ผลรวม MD5 ของเนื้อหาในการตอบรับ แปลงเป็นรูปแบบ Base64	Content-MD5: 3167b9c13ad2b6d36946493fc47976c8
Content-Range	ใช้บอกว่าเนื้อหาที่ตอบรับเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาเต็มในช่วงที่กำหนด	Content-Range: bytes 21010-47021/47022
Content-Type	ชนิดโม้ม่ของเนื้อหา	Content-Type: text/html; charset=utf-8
Date	วันที่และเวลาที่ข้อความนั้นถูกส่งมาจากเครื่องแม่ข่าย	Date: Tue, 15 Nov 1994 08:12:31 GMT
ETag	ตัวระบุสำหรับรุ่นเฉพาะของทรัพยากร มักจะเป็นฟังก์ชันแฮช	ETag: 737060cd8c284d8af7ad3082f209582d
Expires	วันและเวลาที่กำหนดว่าการตอบรับจะกลายเป็นข้อมูลล้าสมัย	Expires: Thu, 01 Dec 1994 16:00:00 GMT

ตารางที่ ๘.8 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Last-Modified	วันและเวลาเปลี่ยนแปลงล่าสุดของวัตถุที่ร้องขอ ในรูปแบบ RFC 2822	Last-Modified: Tue, 15 Nov 1994 12:45:26 GMT
Location	ใช้สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่ง หรือใช้เมื่อทรัพยากรใหม่ถูกสร้างขึ้น	Location: http://www.w3.org/pub/WWW/People.html
Pragma	ส่วนหัวที่มีการนำไปใช้เฉพาะทาง ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบบางแห่งโดยตลอดทั้งการร้องขอและการตอบรับ	Pragma: no-cache
Proxy-Authenticate	แจ้งไปยังผู้ใช้ให้มีการยืนยันตนสำหรับการเชื่อมต่อผ่านพร็อกซี	Proxy-Authenticate: Basic
Refresh	ใช้สำหรับการเปลี่ยนทาง หรือใช้เมื่อทรัพยากรใหม่ถูกสร้างขึ้น ตัวอย่างนี้เป็นการเปลี่ยนทางหลังจาก 5 วินาที (ส่วนหัวนี้เป็นส่วนขยายที่เป็นเอกสิทธิ์ของเนตสเคปซึ่งไม่เป็นมาตรฐาน แต่ก็รองรับโดยเว็บเบราว์เซอร์ส่วนใหญ่)	Refresh: 5; url= http://www.w3.org/pub/WWW/People.html
Retry-After	ถ้าหากทรัพยากรไม่สามารถใช้งานได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ส่วนหัวนี้จะบอกให้เครื่องลูกข่ายส่งการร้องขอมาอีกครั้งหลังจากช่วงเวลาหลังจากนี้เป็นวินาที	Retry-After: 120

ตารางที่ ๑.9 (ต่อ) ส่วนหัวของการตอบกลับด้วยเอชทีทีพี

ส่วนหัว	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Server	ชื่อของเครื่องแม่ข่าย	Server: Apache/1.3.27 (Unix) (Red-Hat/Linux)
Set-Cookie	เอชทีทีพีคุกกี้	Set-Cookie: UserID=JohnDoe; Max-Age=3600; Version=1
Trailer	ข้อความรูปแบบการเข้ารหัสเมื่อส่ง ข้อมูลแบบ chunk	Trailer: Max-Forwards
Transfer-Encoding	รูปแบบของการเข้ารหัสซึ่งใช้สำหรับ การส่งทรัพยากรอย่างปลอดภัยไปยัง ผู้ใช้	Transfer-Encoding: chunked
Vary	แจ้งไปยังพร็อกซีว่าลงว่าจะให้จับคู่ การร้องขอในครั้งหน้าอย่างไร เพื่อที่จะตัดสินใจว่าควรใช้การตอบรับที่ อยู่ในแคช แทนที่จะร้องขอ ทรัพยากรมาใหม่อีกครั้ง	Vary: *
Via	แจ้งให้เครื่องลูกข่ายทราบว่า การตอบ รับส่งผ่านมาจากพร็อกซีใด	Via: 1.0 fred, 1.1 nowhere.com (Apache/1.1)
Warn	คำเตือนทั่วไปเกี่ยวกับปัญหาที่อาจ เกิดขึ้นในเนื้อหาทรัพยากร	Warn: 199 Miscellaneous warning
WWW-Authenticate	แสดงรูปแบบของการยืนยันตนที่ใช้ สำหรับการเข้าถึงทรัพยากรที่ร้องขอ	WWW-Authenticate: Basic

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล นายภัทร นรเศรษฐ์โสภณ
 วัน เดือน ปีเกิด 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2532
 สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร
 ที่อยู่ 27/30 ม.7 ถ.นวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม จ.
 กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10230 โทร.061-579-8226
 e-mail patharanor@gmail.com

วุฒิการศึกษา 2554 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
 คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระ
 จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

- 2017 Attend The 4th 2016 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES-2016) in titled “A Development of Real-Time Fetal Movement Detector” at Kuala Lumpur Malaysia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้