

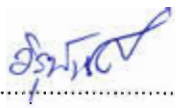
ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัย

ธีรวัตร บุญรอด

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม กลุ่มวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา


คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณา
งานนิพนธ์ของ ชีรวัตร บุญรอด ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม กลุ่มวิชาวิศวกรรม
เทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ วิรุพห์ ศรีบริรักษ์)


คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ วิรุพห์ ศรีบริรักษ์)


.....กรรมการ
(ดร. ภาณุวัฒน์ ด้านกลาง)


.....กรรมการ
(ดร. สัตยชัย เอียดปราบ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม กลุ่มวิชาเทคโนโลยี
วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 11 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ วิรุพห์ ศรีบริรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ และอาจารย์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คร ภาณุวัฒน์ ค่านกลาง และนายวสันต์ วิยะรันตร์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบงานนิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนางานศึกษาให้สามารถใช้ประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต ตลอดจนคณาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ช่วยแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์เพื่อให้สามารถทำงานนิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำงานนิพนธ์ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำงานนิพนธ์ อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อนนิสิตที่ช่วยให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและช่วยเหลือการจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลองของงานนิพนธ์นี้

นอกจากนี้ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่มีส่วนช่วยเหลือในการจัดทำงานนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ธีรวัตร บุญรอด

55920715: สาขาวิชา: เทคโนโลยีวิศวกรรม; วศ(เทคโนโลยีวิศวกรรม) .ม.

คำสำคัญ: ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์/ระบบกันขโมยรถ/ระบบเฝ้าระวัง
รถจักรยานยนต์

ธีรวัตร บุญรอด: ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัย
(UNIVERSITY CAMPUS VEHICLE ANTI-THEFT SYSTEM) คณะกรรมการควบคุม
งานนิพนธ์: วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์ ,109 หน้า .ศ.ปี พ ,2559.

ในปัจจุบันรถจักรยานยนต์กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก
เนื่องจากเป็นสิ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกสบายประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
โดยเฉพาะตามมหาวิทยาลัย เช่น การเดินทางของนักศึกษาจากที่พักไปตามอาคารเรียนต่าง ๆ หรือ
สำหรับเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในมหาวิทยาลัย และด้วยรถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่มีราคา
ค่อนข้างสูง จึงทำให้เกิดพวกมิจฉาชีพที่คิดจะเข้ามาโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัย
โดยอาศัยช่วงจังหวะนักศึกษากำลังเรียนหรือทำกิจกรรม ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการรถจักรยานยนต์ถูก
โจรกรรมขึ้นภายในมหาวิทยาลัย ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันปัญหานี้จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยี
เข้ามาช่วยในการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือน ในกรณีที่รถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรม

เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับ
ป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีนี้ประกอบไปด้วย ส่วนแรก
อุปกรณ์ติดตาม จะติดตั้งที่ตัวรถจักรยานยนต์ เพื่อระบุตำแหน่งที่อยู่และสถานการณ์
เคลื่อนไหว ต่าง ๆ ส่วนที่สอง อุปกรณ์รับส่งข้อมูลมีหน้าที่ติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ติดตาม
กับระบบฐานข้อมูล ส่วนที่สาม ระบบฐานข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผู้ใช้งาน
รถจักรยานยนต์ ตลอดจนข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ติดตาม เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบสถานะ
ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ส่วนที่สี่ ระบบแจ้งเตือน ทำหน้าที่ในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่าน
โทรศัพท์มือถือ ในกรณีที่รถจักรยานยนต์ มีการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติหรือมีแนวโน้มที่จะถูก
โจรกรรมขึ้น

สำหรับผลการศึกษาที่พบว่าระบบนี้สามารถเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานได้รับ
ทราบว่ารรถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งานอยู่ในสถานะใด

55920715: MAJOR: ENGINEERING TECHNOLOGY; M.ENG.) ENGINEERING
TECHNOLOGY(

KEYWORD: VEHICLE ANTI-THEFT SYSTEM/ MOTORCYCLE ALARM SYSTEM/
MOTORCYCLE STAY ALERTED SYSTEM.

TEERAWAT BOONROD: UNIVERSITY CAMPUS VEHICLE ANTI-THEFT
SYSTEM. ADVISORY COMMITTEE: WIROON SRIBORRIRUK, 109 P. 2016.

In the present days, motorcycle has played an important role in life-being because of its accommodation, time and cost saving especially in Universities; for example, student's route from dormitory to class buildings or officials doing tasks in the university. It has been due to the high values of motorcycles, which draw the attentions of any criminals to steal those assets. They took advantage of student's activities during class for committing this crime, which caused this poor problem in the university indeed. Therefore, to prevent the problem, it has been in need for new technology for monitoring and warning in case of those robbery crimes.

Wireless-sensor technology shows some suitability in monitoring and preventing motorcycle robbery in universities. This technology comprises of 4 main parts. Firstly, monitoring device is used to attach the motorcycle in order to locate the movement of stolen motorcycle. Secondly, data-receiving and sending devices are used to communicate between monitoring device and database. The 3rd part is database to collect all personal user data and also the data sent from monitoring device in order to analyses all noticeable events related to the movements of specific motorcycle. At last, the warning system will send warning message to users in case of irregular or eerie movement of motorcycle which may be under robbery via mobile device.

For the results, the integrated system can effectively monitor and also warn the users to notice the status of their afflicted motorcycles.

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	ฎ
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
ขอบเขตของการศึกษา	4
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัย.....	5
ข้อจำกัดของการทดลอง.....	5
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
CAR MONITORING ALERTING AND TRACKING MODEL.....	6

RFID-BASED ANTI-THEFT AUTO SECURITY SYSTEM WITH ANLMMOBILIZER.....	6
A SENSOR-NETWORK-BASED VEHICLE ANTI-THEFT SYSTEM.....	10
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	14
คลื่นพาหะและมาตรฐานของระบบ RFID.....	17
WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN).....	17
สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	18
การพิจารณาใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	19
โปรโตคอลสแตก หรือระดับชั้น.....	20
มาตรฐานระบบเครือข่าย พ.ศ.2550.....	21
ระบบเครือข่าย Wireless LAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.11.....	22
	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
เครือข่ายซิมพลิซิติ.....	24
การวิเคราะห์อนุกรมเวลา.....	28
รูปแบบจำลองอนุกรมเวลา.....	29

	การเลื่อนเวลาของสัญญาณ.....	35
	SYSTEM ON A CHIP (SoC).....	36
	CHIP CC1110.....	37
	CHIP MPU-9150.....	40
	GSM MODULE.....	44
3	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	49
	ภาพรวมการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	49
	อุปกรณ์ที่นำมาใช้	50
	แท็ก.....	50
	เบสเสตชัน.....	52
	เซิร์ฟเวอร์.....	53
	WEBAPP APPLICATION PROGRAMMING	55
	การพัฒนาาระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	56
	ระบบการส่งข้อความแจ้งเตือนการโจรกรรม.....	56
	การวิเคราะห์สัญญาณค่าความเร่งของรูปแบบการเคลื่อนไหว รถจักรยานยนต์.....	62
	การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ.....	68
4	ผลการทดลอง.....	70
	การจำลองทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์.....	

รถจักรยานยนต์จอดปกติ.....	70
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง.....	71
รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา.....	73
	75

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย.....	77
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	79
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	81
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด .....(ติดเครื่องยนต์)	83
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติด	
เครื่องยนต์).....(	85
	87
รถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์.....	89
การวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์.....	89
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์จอดปกติ.....	89
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง.....	90
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา.....	91
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย.....	92

ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	93
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	94
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด .....(ติดเครื่องยนต์)	95
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด .....(ติดเครื่องยนต์)	96
ค่า THRESHOLD รถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์.....	97
การวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณการทดสอบการเคลื่อนไหวของ รถจักรยานยนต์.....	98
การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์....	100
5 สรุปผลของโครงการ.....	103
สรุปผลการทดลอง.....	103
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์.....	103

สารบัญ (ต่อ)

สรุปผลการทดสอบการส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนผู้ใช้งานของระบบ

ป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	104
ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน.....	104
ข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม	106
ประวัติย่อของผู้จัดทำงานนิพนธ์	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 สถิติคดีโจรกรรมรถจักรยานยนต์ในรอบ 7 ปี.....	1
1-2 สถิติจังหวัดที่มีการจับคดีโจรกรรมรถจักรยานยนต์มากที่สุด 10 ลำดับ พ.ศ.2552-2554.....	2
4-1 ผลการเปรียบเทียบรูปแบบค่าเฉลี่ยสัญญาณการจำลองการเคลื่อนไหวของ รถจักรยานยนต์ในแต่ละประเภท.....	98
4-2 ผลการเปรียบเทียบรูปแบบค่าเฉลี่ยสัญญาณการจำลองการเคลื่อนไหวของ รถจักรยานยนต์กับสัญญาณการเคลื่อนไหวประเภทอื่น.....	99
4-3 ผลของประสิทธิภาพของการทดลองระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์....	101

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 CAR MONITORING ALERTING AND TRACKING MODEL.....	7
2-2 GF-5000W MMS/GPRS MODE.....	8
2-3 การเชื่อมต่อโมเด็ม GPRS เข้ากับ MICROCONTROLLER.....	8
2-4 TEST CAR MONITORING ALERTING AND TRACKING MODEL.....	9
2-5 ผลการทดสอบ CAR MONITORING ALERTING AND TRACKING MODEL.....	9
2-6 BASIC OPERATING STRUCTRU OF THE IMMOBILIZING SYSTEM.....	10
2-7 TRANSMITTING UNIT.....	11
2-8 TRANSMITTING UNIT FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM	12
2-9 RECEIVING UNIT FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM.....	12
2-10 ผลการทดลองตามสภาพภูมิอากาศ.....	13
2-11 สัญญาณ RSSI ที่มีระดับกระจายปกติ.....	15
2-12 A SENSOR-NETWORK-BASED VEHICLE ANTI-THEFT SYSTEM.....	16
2-13 มาตรฐานย่านความถี่ของระบบ RFID.....	17
2-14 คุณสมบัติย่านความถี่ของระบบ RFID.....	18
2-15 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	20

2-16 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	20
2-17 ชั้นของโปรโตคอลสแตคสำหรับเครือข่ายไร้สาย.....	21
2-18 SIMPLICITI MDULE COMPONENTS.....	25
2-19 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการสื่อสารแบบซิมพลิซิติ.....	26
2-20 SIMPLICITI FRAME STRUCTURE.....	27
2-21 แบบของเครือข่ายแบบ STAR TOPOLOGY โดยใช้วิธีการสื่อสารแบบซิมพลิซิติ.....	28
2-22 การเลื่อนแบบหน่วงเวลา.....	36
2-23 การเลื่อนแบบล่วงหน้า (ADVANCE).....	36
2-24 C1110Fx/CC1111Fx BLOCK DIAGRAM.....	37
2-25 รายละเอียด I/O จำนวน 4 PORT ที่สามารถใช้งานได้ คือ P0, P1, P2, P3.....	38
2-26 SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM OF THE RF TRANSCEIVER.....	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-27 MPU-9150 BLOCK DIAGRAM.....	41
2-28 วงจร GSM MODULE ชี้อ SAGEM รุ่น HILO/NC.....	44
2-29 ตำแหน่งจุดต่อต่าง ๆ บนบอร์ด.....	45
2-30 การตั้งค่า SERIAL PORT.....	46

2-31	การตอบสนองเมื่อป้อนคำสั่ง AT <ENTER>.....	47
2-32	การตรวจสอบสถานะ SIM CARD.....	47
2-33	การตรวจสอบสถานะเครือข่าย.....	48
3-1	ภาพรวมการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	49
3-2	ส่วนประกอบพีซีบีบอร์ดของ แท็ก.....	51
3-3	บล็อกไดอะแกรมของแท็ก.....	51
3-4	BASE STATION และบล็อกไดอะแกรม.....	53
3-5	RELATIONAL SCHEMA DIAGRAM ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์..	54
3-6	ผังแสดงกระแสข้อมูลของระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	54
3-7	ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน WEB APP VEHICLE MONITORIG SYSTEM.....	55
3-8	USE CASE DIAGRAM ของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	56
3-9	ผังแสดงกระแสข้อมูลของระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ รูปแบบใหม่.....	57
3-10	บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อระหว่าง GSM MODULE กับ SERVER ระบบ ฐานข้อมูล.....	58
3-11	การเชื่อมต่อระหว่าง GSM MODULE กับ SERVER ระบบฐานข้อมูล.....	58
3-12	FLOWCHART การทำงานของโปรแกรม SEND SMS.....	60
3-13	FLOWCHART การทำงานของโปรแกรมในส่วน SMS ALERT.....	61
3-14	บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดคสัญลักษณ์ต้นแบบของการเคลื่อนไหว	

รถจักรยานยนต์.....	
3-15 TIME SHIFTING ของสัญญาณ ACCELEROMETER.....	62
3-16 การ AVERAGE ของสัญญาณ ACCELEROMETER.....	63
	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-17 การ EXPONENTIAL SMOOTHING ของสัญญาณ ACCELEROMETER.....	64
3-18 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อแยกสัญญาณค่าความเร่งการเคลื่อนไหว ของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ.....	65
3-19 การ MOVING AVERAGE ของสัญญาณ ACCELEROMETER.....	65
3-20 การ COMPARATOR SIGNAL ของสัญญาณ ACCELEROMETER.....	66
3-21 FLOWCHART โปรแกรม COMPARATOR SIGNAL.....	67
4-1 ภาพตำแหน่งที่ติดตั้ง IRF TAG กับรถจักรยานยนต์ที่ใช้การทดสอบเก็บข้อมูล.....	70
4-2 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะจอด ปกติ.....	71
4-3 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะที่จอดปกติ.....	72
4-4 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง.....	73

4-5	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง.....	74
4-6	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านขวา.....	75
4 -	.....สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านขวา	76
4 - 8	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านซ้าย.....	77
4-9	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านซ้าย.....	78
4-10	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)..... (	79
4-11	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์).....(	80
4 - 12	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	81
4 - 13	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด .....(ไม่ติดเครื่องยนต์)	82

สารบัญญภาพ (ต่อ)

4-14	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์).....	83
4-15	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์.....)(	84
4-16	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์.....)(	85
4-17	สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่ จอด (ติดเครื่องยนต์.....)(	86
4-18	สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์..	87
4	-สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบน รถยนต์..	88
4-20	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ.....	89
4-21	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง.....	90
4 - 22	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา.....	91
4 - 23	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย	92
4-24	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์.....)(	93
4-25	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์.....)(	94

4-26	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์.....)(	95
4-27	ค่า THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์.....)(	96
4 - ค่า 28	THRESHOLD แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์.....	97
4-29	ตำแหน่งทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรม รถจักรยานยนต์.....	100
4-30	การส่งข้อความเตือนการโจรกรรมรถจักรยานยนต์.....	102

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันรถจักรยานยนต์กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกสบายประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางในระยะที่ไม่ไกลมากนัก โดยเฉพาะในมหาวิทยาลัยการเดินทางจากหอพักนักศึกษาไปตามอาคารเรียนต่าง ๆ และปัจจุบันการซื้อหารถจักรยานยนต์มาใช้งานก็ไม่ใช่ว่าเรื่องยาก สังเกตได้จากโปรโมชั่นต่าง ๆ ที่ทางศูนย์จำหน่ายได้โฆษณาไว้มากมาย มีราคาที่ไม่แพง ผู้ปกครองและนักศึกษาที่มีรายได้ไม่มากมายก็สามารถที่จะซื้อหามาไว้ใช้งานได้ และจากรถจักรยานยนต์ที่มากมายบนท้องถนนต่าง ๆ หรือตามสถานศึกษา หน่วยงานราชการต่าง ๆ จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาเรื่องของการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

โดยจากสำรวจสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติพบว่า ในรอบ ปี ตั้งแต่ปี 2545-2552 มีการแจ้งเหตุโจรกรรมรถจักรยานยนต์ 16,382-21,889 ราย โดยต่ำสุดคือ ปี 2547 และสูงสุดคือ ปี 2552 รวมแล้ว 7 ปีมีการแจ้งรถจักรยานยนต์หายทั้งหมด 134,178 ราย โดยรถจักรยานยนต์มีการแจ้งหายน้อยกว่าเมื่อ 3 ปีที่ผ่านมา นับว่าเป็นสัญญาณที่ดี แต่เมื่อพิจารณาตัวเลขการจับกุมในรอบ 7 ปีแล้วกลับพบว่าการจับกุมคดีโจรกรรมรถจักรยานยนต์อยู่ระหว่าง 13.01-20.86%

ตารางที่ 1-1 สถิติคดีโจรกรรมรถจักรยานยนต์ในรอบ 7 ปี (สถิติคดีโจรกรรม, 2559)

ปี	รับแจ้ง (คดี)	จับกุม (ราย)	คิดเป็นร้อยละ
2545	18,736	3,909	20.86
2546	18,950	2,818	14.87
2547	16,382	2,501	15.26
2548	16,669	2,291	13.74
2549	19,702	2,565	13.01
2550	21,850	3,011	13.78
2552	21,889	3,731	17.04

และตั้งแต่ปี 2545-2552 พื้นที่ที่ได้รับแจ้งเหตุโจรกรรมรถจักรยานยนต์ในส่วนของ ตำรวจภูธรภาค 2 คือ จังหวัด ชลบุรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานศึกษาหลายแห่ง เช่น มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีลักษณะพื้นที่ประมาณ 600 ไร่ และมีรถจักรยานยนต์ที่อยู่ภายในบริเวณดังกล่าวมากกว่า 10,000 คัน โดยคดีการโจรกรรมส่วนมากไม่สามารถตามหารถจักรยานยนต์ได้เจอเลย โดยเฉพาะตามหอพักนักศึกษาหรือบริเวณภายใน

ตารางที่ 1-2 สถิติจังหวัดที่มีการจับคดีโจรกรรมรถจักรยานยนต์มากที่สุด 10 ลำดับ
พ.ศ.2552-2554 (สถิติคดีโจรกรรม, 2559)

ลำดับที่	2552		2553		2554	
	จังหวัด	ราย	จังหวัด	ราย	จังหวัด	ราย
1	กรุงเทพมหานคร	377	กรุงเทพมหานคร	335	กรุงเทพมหานคร	187
2	ชลบุรี	263	ชลบุรี	240	สงขลา	83
3	เชียงใหม่	183	เชียงใหม่	156	นครปฐม	81
4	นครราชสีมา	132	ขอนแก่น	149	ชลบุรี	79
5	ขอนแก่น	125	นครราชสีมา	128	นครราชสีมา	76
6	สงขลา	116	สงขลา	118	ปทุมธานี	72
7	ระยอง	106	ระยอง	114	พระนครศรีอยุธยา	68
8	ปทุมธานี	103	สมุทรปราการ	111	นครศรีธรรมราช	64
9	สมุทรปราการ	94	อุบลราชธานี	98	เชียงใหม่	58
10	นครปฐม	85	นครปฐม	86	มหาสารคาม	57
รวม	ทั่วประเทศ	3,674	ทั่วประเทศ	3,748	ทั่วประเทศ	2,216

ในการป้องกันปัญหาดังกล่าว ในสถาบันการศึกษาหรือสถานที่ราชการที่มีขนาดใหญ่ นั้น จะใช้วิธีการเฝ้าระวังความปลอดภัยโดยให้พนักงานรักษาความปลอดภัยกระจายอยู่ตามจุดต่าง ๆ และใช้วิธีการลาดตระเวนทั่วพื้นที่ตามเวลาที่กำหนดไว้ ตลอดจนการติดกล้องวงจรปิดไว้ในบริเวณต่าง ๆ ซึ่งถึงแม้จะความพยายามป้องกันโดยใช้วิธีการดังกล่าวแล้ว ก็ยังพบว่ายังมีการโจรกรรมเกิดขึ้นเนื่องจากว่าพื้นที่นั้นมีขนาดใหญ่ทำให้การดูแลไม่ทั่วถึง และการติดตั้งกล้องวงจรปิดใน

พื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้กล้องจำนวนมากและใช้คนในการนั่งตรวจตลอดเวลา และอีกข้อที่สำคัญคือ ระบบกล้องวงจรปิดไม่สามารถแจ้งเตือนได้เมื่อมีเหตุโจรกรรมเกิดขึ้น

ส่วนวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันโจรกรรมรถจักรยานยนต์มีผู้คิดค้นมากมายหลายวิธี ยิ่งใช้เทคโนโลยีสูงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ย่อมสูงเป็นเงาตามตัวยากสำหรับบุคคลทั่วไปจะนำมาใช้งานรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งป้องกันการโจรกรรมประเภทติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการสั่นสะเทือน ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะทำหน้าที่ตรวจจับว่ารถจักรยานยนต์มีการสั่นสะเทือนหรือไม่ เมื่อรถจักรยานยนต์มีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นก็จะทำการส่งสัญญาณเสียงร้องเตือนออกมา ข้อดีของอุปกรณ์นี้ คือ อุปกรณ์นี้โดยส่วนมากแล้วมักมีความไวต่อสิ่งรบกวนมากเกินไป เมื่อทำการติดตั้งไว้บนรถจักรยานยนต์ เนื่องจากในการจอดรถจักรยานยนต์ในบริเวณที่จอดนั้นมักจะจอดไว้ติดกันมาก อาจเกิดการขยับเขยื้อนของตัวรถจักรยานยนต์จากผู้ใช้งานท่านอื่น โดยไม่ได้ตั้งใจ จึงทำให้ส่งสัญญาณเตือนบ่อยครั้ง โดยไม่มีความจำเป็นส่งผลทำให้เกิดความรำคาญต่อผู้คนบริเวณโดยรอบ ส่วนการคิดสวิตช์ตัดวงจรไฟฟ้ารถจักรยานยนต์นั้น สามารถป้องกันได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าคนร้ายมีความชำนาญมากจะใช้เวลาในการโจรกรรมที่ไม่นานและระบบการทำงานของรถจักรยานยนต์ในปัจจุบันเป็นระบบที่มีความทันสมัยและซับซ้อนมากขึ้นการที่จะนำระบบภายนอก ซึ่งไม่ได้ออกแบบติดตั้งมากับตัวรถจักรยานยนต์จากโรงงานที่ผลิตอาจจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยต่อรถจักรยานยนต์ได้

นอกจากนี้ยังมีอีกหนึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมไม่แพ้กันคือ การติดตั้งอุปกรณ์ติดตามโดยการใส่การระบุตำแหน่งรถจักรยานยนต์ระบบ Global positioning system (GPS) ซึ่งระบบนี้จะทำการส่งตำแหน่งปัจจุบันของรถจักรยานยนต์มายังผู้ใช้ด้วยระบบการส่งข้อมูลผ่าน Global system for mobile communications (GSM) ในเรื่องของข้อจำกัดของระบบนี้คือ ระบบจะไม่สามารถใช้ระบบตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ได้ในกรณีที่ตัวรถนั้นถูกจอดอยู่ในอาคารหรือในวันที่สภาพอากาศท้องฟ้าไม่สดใสและอุปกรณ์ดังกล่าวยังต้องเสียค่าบริการรายเดือนให้กับบริษัทผู้ให้บริการสัญญาณทุกเดือนอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้จึงได้คิดค้นออกแบบระบบการป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัยขึ้น ซึ่งใช้ต้นทุนที่ไม่สูง มีการติดตั้งใช้งานที่ไม่ยากและเหมาะสมกับพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย โดยระบบดังกล่าวจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นที่ตัวรถจักรยานยนต์ และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังตัวอุปกรณ์รับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์ และอุปกรณ์รับสัญญาณดังกล่าวก็จะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยต่อไปโดยอาศัยระบบอินเทอร์เน็ตและส่งข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งานที่เป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์ที่ถูกโจรกรรม โดยอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวนี้จะทำการส่ง

ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากรถจักรยานยนต์ทั้งหมายเลขทะเบียนประจำตัว ตำแหน่งบริเวณที่อยู่ และสถานะภาพของรถจักรยานยนต์ในปัจจุบัน เช่น รถจักรยานยนต์จอดอยู่นิ่ง ๆ รถจักรยานยนต์กำลังถูกขยับอยู่ หรือรถจักรยานยนต์กำลังจะถูกขับออกจากลานจอดรถ เป็นต้น

ข้อดีของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์แบบนี้คือ จะไม่มีการไปยุ่งเกี่ยวกับระบบการทำงานของรถจักรยานยนต์ถึงแม้จะมีการตัดระบบไฟฟ้าสัญญาณเซ็นเซอร์ตรวจจับระบบก็ยังสามารถแจ้งสถานะการโจรกรรมของรถจักรยานยนต์ทางข้อความ (SMS) ได้อยู่ดี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ให้สามารถส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนและติดตามรถจักรยานยนต์ ที่คาดว่าจะถูกโจรกรรมภายในมหาวิทยาลัย
2. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลค่าสัญญาณความเร่งที่ได้จากการตรวจวัด Accelerometer เพื่อนำมาแยกรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในลักษณะต่าง ๆ

ขอบเขตของงานศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ และแจ้งเตือนผู้ใช้งานในกรณีที่รถจักรยานยนต์มีแนวโน้มถูกโจรกรรมภายในมหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเร่งและอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ติดในรถจักรยานยนต์เรียกว่าแท็ก (Tag) โดยใช้ชิพ (Chip) ตระกูล CC1110 และความถี่ย่าน 433 MHz เพื่อหาค่าความเร่งทั้งสามแกนและแยกผลจากการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในลักษณะต่าง ๆ ออกมา
2. ศึกษาระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการรับสัญญาณจากแท็กที่ติดตั้งภายในรถจักรยานยนต์ ใช้ความถี่ย่าน 433 MHz ส่งสัญญาณให้กับเบสสเตชัน (Base station) ซึ่งใช้ชิพ (Chip) ตระกูล CC1110 โดยส่งสัญญาณลักษณะการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์รวมไปถึงเวลาการขาดการติดต่อกับแท็ก
3. ศึกษากระบวนการฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูลรถจักรยานยนต์รวมไปถึงผู้ใช้งานและระบบการแจ้งสถานะการโจรกรรมในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งแจ้งไปยังผู้ใช้งานผ่านข้อความ (SMS)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาลักษณะของสัญญาณความเร่งของการเคลื่อนไหวยของรถจักรยานยนต์ในลักษณะรูปแบบต่าง ๆ พร้อมกับสรุปข้อมูลรูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวยของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ
2. ทดสอบการทำงานระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัย

1. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการตรวจสอบความเคลื่อนไหวยของรถจักรยานยนต์และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน
2. สามารถนำไปพัฒนาให้ระบบการป้องกันการโจรกรรมมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น
3. สามารถนำระบบไปพัฒนาใช้งานกับหน่วยงานภายนอกที่อื่นได้

ข้อจำกัดของการทดลอง

1. ในการติดตั้งระบบ เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นศึกษาเทคโนโลยี โดยทำการทดลองกับอุปกรณ์ที่เป็นอุปกรณ์อยู่ในช่วงวิจัย
2. ด้วยจำนวนอุปกรณ์ที่จำกัดไม่สามารถทดสอบกับรถจักรยานยนต์จำนวนมากได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Car monitoring , Alerting and Tracking model

ผู้วิจัย Shihab et al, (2010) เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบโมเดลการตรวจสอบการแจ้งเตือนและการติดตามรถยนต์ โดยระบบสามารถตรวจสอบเมื่อมีการโจรกรรมรถยนต์เกิดขึ้น จะแจ้งเตือนไปยังเจ้าของรถยนต์และเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อดำเนินการจับกุมคนร้ายได้ทันที

โครงการวิจัยนี้ประกอบจะไปด้วย การตรวจตรา (Monitoring) การแจ้งเตือน (Alerting) และการติดตาม (Tracking) ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างโมเดลป้องกันภัยที่มีประสิทธิภาพสูง การตรวจตรา (Monitoring) เพื่อที่จะตรวจสอบว่า มีผู้พยายามจะมาขโมยรถ การแจ้งเตือน (Alerting) เพื่อเป็นการแจ้งเจ้าของรถยนต์และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้รับทราบว่า มีผู้กำลังพยายามจะขโมยรถ ขณะที่การติดตาม (Tracking) จะนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมในการติดตามรถที่ถูกขโมยหรือผู้บุกรุก เมื่อมีเกิดเหตุการณ์ขโมยรถขึ้นจะมีการส่งข้อความ SMS ไปยังเจ้าของรถเพื่อให้รับทราบได้อย่างทันท่วงที ถ้าหากว่ารถอยู่บริเวณใกล้ ๆ พร้อมด้วยการใช้กล้องและเทคโนโลยี MMS รูปของผู้บุกรุกจะถูกส่งไปยังเจ้าของรถหรือเจ้าหน้าที่ตำรวจผ่านทางบริการ GSM/ GPRS ขณะที่ฐานข้อมูลจะให้ข้อมูลที่ละเอียดของเจ้าของรถและตัวรถเองอันจะเป็นประโยชน์ต่องานของเจ้าหน้าที่ตำรวจเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ ระบบ GPS ยังช่วยในการติดตามรถที่กำลังถูกขโมยได้อย่างทันท่วงที ซึ่งจะไป Link กับโปรแกรม Google earth หรือ โปรแกรมแผนที่อื่น ๆ



ภาพที่ 2-1 Car monitoring, Alerting and Tracking model

โมเดลของระบบจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก โดย ส่วนแรกจะถูกติดตั้งในรถยนต์ ขณะที่ ส่วนหลังติดตั้งอยู่ภายนอกหรือเป็นระบบ PC ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

Car Side Part

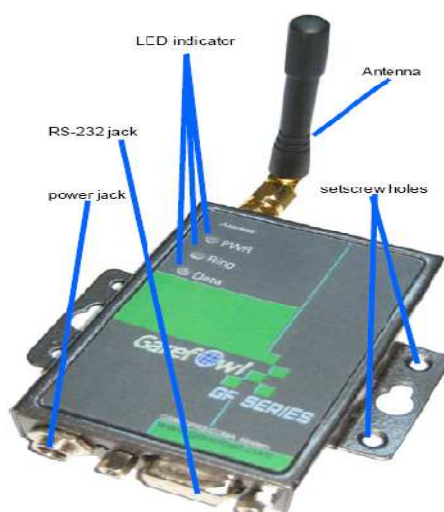
ส่วนนี้ประกอบหลัก ๆ ด้วย Microcontroller ซึ่งจะเชื่อมต่อเข้ากับ Voltage supply ปุ่ม Trigger button และตัวแปลงจาก TTL ไปสู่ RS232 (convertor) โดยจะเชื่อมต่อเข้ากับ GPRS modem ซึ่งหลักการทำงาน คือ ตัว Trigger button ทำงานเป็นตัว Switch ในการสั่งให้ Microcontroller ทำงานเพื่อส่ง MMS เตือนไปยังผู้ใช้ และฐานข้อมูล

PIC Connection and Programming

เราเชื่อมต่ออุปกรณ์ชุด SK40B กับแหล่งจ่ายไฟ 5V แล้วเชื่อมต่อกับ USB ICSP PIC PROGRAMMER ในการเขียนโปรแกรมควบคุมสั่งการอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC โดยโปรแกรมชุดนี้จะส่งคำสั่งไปยังโมเด็ม GPRS ซึ่งจะส่งการแจ้งเตือน MMS ไปยังฐานข้อมูลและผู้ใช้งาน

PC and Database side

ส่วนระบบฐานข้อมูลจะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลรถยนต์และตัวผู้ใช้งาน โดยระบบฐานข้อมูลนี้จะเชื่อมต่อเข้ากับโมเด็ม GPRS ซึ่งจะรับข้อมูล MMS จากอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่รถยนต์และบันทึกข้อมูลดังกล่าวเก็บลงในระบบในแฟ้มข้อมูลขนาดเล็ก MS Access (ฐานข้อมูล) ที่ได้ออกแบบไว้

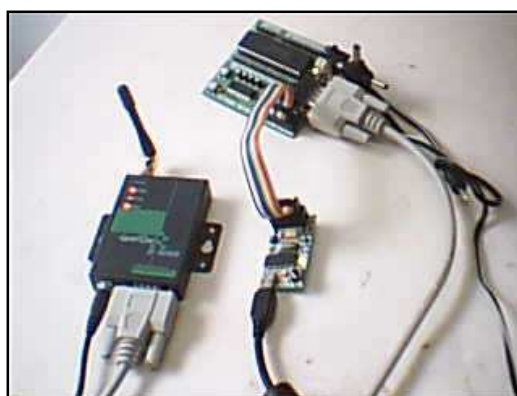


ภาพที่ 2-2 GF-5000W MMS/GPRS MODE

อุปกรณ์โมเด็ม GPRS ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล โดยจะมี แบนด์วิดท์ GPRS สูงสุดที่ 171.2Kb/ วินาที แต่สามารถใช้งานจริงประมาณ 40~100KB/ s โดยจะใช้โปรโตคอล TCP/ IP ในการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่อโปรโตคอลในส่วนนี้ ระบบเครือข่าย GPRS จะถูกนำไปใช้ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสำหรับการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่อโมเด็ม GPRS จะใช้สายสัญญาณ RS 232 เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมหรือพอร์ต USB

GPRS Modem Connecting and Programming

ในส่วนนี้จะเป็นการเชื่อมต่อโมเด็ม GPRS เข้ากับ Microcontroller เพื่อส่ง MMS เตือนไปยังผู้ใช้และฐานข้อมูล



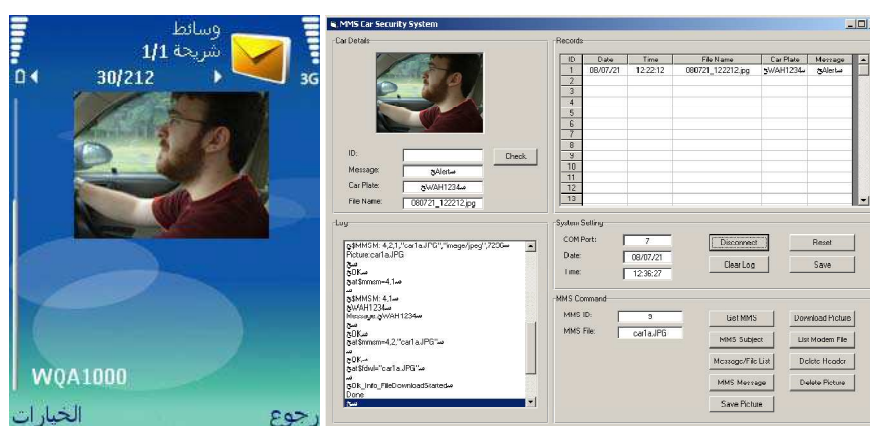
ภาพที่ 2-3 การเชื่อมต่อโมเด็ม GPRS เข้ากับ Microcontroller

Programming

การเขียนโปรแกรมควบคุมจะใช้ Microsoft visual basic ในการรับ MMS จากโมเด็ม GPRS และนำไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล

ทดสอบการทำงานของระบบ Car monitoring, Alerting and Tracking model

เมื่อประกอบและเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว เริ่มดำเนินการทดสอบโดยคลิกปุ่มแจ้งเตือน ระบบจะส่ง MMS ไปที่โทรศัพท์มือถือผู้ใช้งานและระบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 2-4 Test Car monitoring, Alerting and Tracking model

Test No.	Send Time	Receive time to mobile	Mobile Delay	Receive time to PC	PC Delay
Test 1	12:16:00	12:16:45	00:00:45	12:22:12	00:06:45
Test 2	12:52:00	12:52:36	00:00:36	12:56:16	00:04:16
Test 3	12:58:00	12:58:37	00:00:37	12:58:56	00:00:56
Test 4	10:12:00	10:12:43	00:00:43	10:16:12	00:04:12
Test 5	10:22:00	10:22:36	00:00:36	10:26:11	00:04:11
Test 6	10:38:00	10:38:33	00:00:33	10:41:56	00:03:56
Avg	-	-	00:00:38	-	00:04:03

ภาพที่ 2-5 ผลการทดสอบ Car monitoring, Alerting and Tracking model

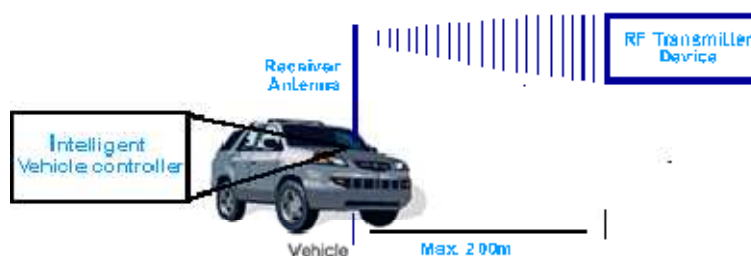
สรุปผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการส่ง MMS ไปยังโทรศัพท์มือถือ จะใช้เวลาน้อยกว่าการส่ง MMS ไปที่ GPRS โมเด็มเชื่อมต่อที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเวลาโดยเฉลี่ยโทรศัพท์มือถือจะได้รับการแจ้งเตือนทาง SMS ภายในเวลาน้อยกว่า 40 วินาที ในขณะที่เวลาโดยเฉลี่ย สำหรับ GPRS โมเด็มเชื่อมต่อที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ 4 นาที ซึ่งเหตุผลนี้อาจเป็นเพราะเครือข่ายหรือความล่าช้าของการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามผลที่ได้คือยังคงได้รับการยอมรับ

งานวิจัยนี้ได้ผลสรุปคือ เป็น โมเดลที่ติดตั้งง่าย มีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้พกพาได้และมีราคาต่ำลง การส่ง MMS นั้นประสบผลสำเร็จและสามารถได้ภาพคนร้ายภายในเวลา 4 นาที ซึ่งสามารถช่วยคลี่ปัญหาการโจรกรรมรถยนต์และยังสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับกลุ่มการโจรกรรมรถยนต์ได้อีกด้วย

2. RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer

ผู้วิจัย Geeth, Sisil, & Lasantha, (2007) โครงการวิจัยนี้จะเป็นงานนำเสนอการนำความถี่วิทยุ (Radio frequency) มาใช้ในระบบติดตามเคลื่อนที่ยานพาหนะเพื่อรักษาความปลอดภัยให้กับยานพาหนะ โดยนำเทคโนโลยี RFID เข้ามาใช้งานเป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่งระบบป้องกันแบบนี้จะมีวงจรเข้าไปควบคุมระบบการทำงานของเครื่องยนต์ และระบบการเปลี่ยนเกียร์อัตโนมัติไม่ให้อาจใช้งานได้ ในขณะที่ยังไม่ได้ปลดล็อกจากรีโมทของผู้ใช้งาน เพื่อป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะที่อาจจะเกิดขึ้นได้

โครงการวิจัยนี้ประกอบจะไปด้วย หน่วยรับส่งข้อมูล (Transmitting unit) หน่วยรับข้อมูล (Receiving unit) และหน่วยเชื่อมต่อระบบการทำงานของยานพาหนะ (Intelligent vehicle interfacing unit) โดยข้อมูลจะถูกเก็บที่หน่วยรับข้อมูล (Receiving unit) ซึ่งเป็นบอร์ดควบคุมระบบการทำงานของยานพาหนะ ส่วนหน่วยรับส่งข้อมูล (Transmitting unit) มีลักษณะเป็นรีโมทจะอยู่ที่ผู้ใช้งาน โดยระบบดังกล่าวจะเป็นการสื่อสารระหว่างยานพาหนะกับผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ในช่วงระยะ 200 เมตร



ภาพที่ 2-6 Basic operating structure of the immobilizing system

โครงสร้างการทำงานของระบบ RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer ผู้ใช้งานเพียงแค่กดปุ่มที่รีโมท ระบบป้องกันนี้ก็จะเริ่มทำงาน ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดแบบย่อได้ดังนี้

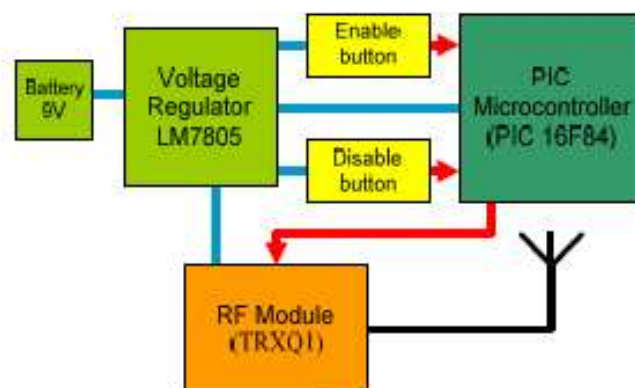
Transmitting unit

หน่วยรับส่ง (Transmitting unit) มีลักษณะเป็นรีโมท ประกอบด้วยโมดูลรับส่งความถี่วิทยุ (TRXQ1) ซึ่งจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F84) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน มีสวิทช์ทำหน้าที่เปิดปิดการทำงานของวงจร โดยอุปกรณ์หน่วยรับส่ง (Transmitting unit) นี้ ผู้ใช้งานจะติดตัวอยู่ที่ผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงถูกออกแบบให้มีขนาดเล็ก กะทัดรัด และสามารถพกพาได้สะดวก



ภาพที่ 2-7 Transmitting unit

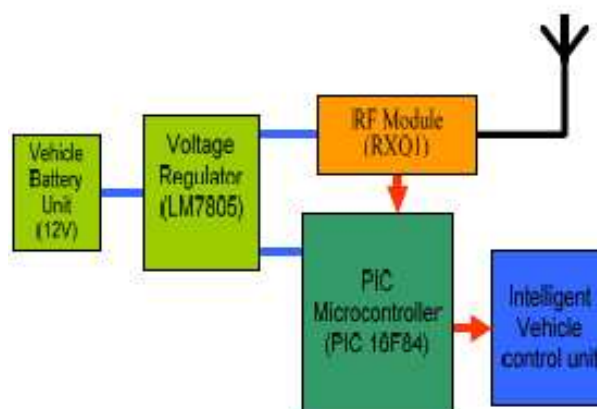
ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณและเข้ารหัส และส่งไปที่โมดูลรับส่งความถี่วิทยุ (TRXQ1) เพื่อส่งสัญญาณไปให้ หน่วยรับ (Receiving unit) ดำเนินการตัดระบบการทำงานของเครื่องยนต์และระบบเกียร์อัตโนมัติไม่ให้ออกไปใช้งานได้ โดยจะสัญญาณเข้ารหัสที่ถูกส่งออกไปในแต่ละครั้งจะมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน เพื่อป้องกันการชนกันของสัญญาณจากหน่วยรับส่ง (Transmitting unit) หลาย ๆ ตัว และการถูกถอดรหัสจากมิจฉาชีพ



ภาพที่ 2-8 Transmitting unit functional block diagram

Receiving unit

หน่วยรับ (Receiving unit) จะประกอบด้วย โมดูลรับความถี่วิทยุ (RXQ1) ซึ่งจะมี ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ไมโครชิพ (PIC 16F84) เป็นอุปกรณ์ควบคุมและถอดรหัสสัญญาณที่ถูกส่งมาจากหน่วยรับส่ง (Transmitting unit) โดยหน่วยรับ (Receiving unit) จะเชื่อมต่อกับระบบควบคุมการทำงานของยานพาหนะ (Intelligent vehicle control unit) ซึ่งจะควบคุมการทำงานได้แก่ ระบบการจุดระเบิด ระบบการเปลี่ยนเกียร์และระบบการจ่ายพลังงาน



ภาพที่ 2-9 Receiving unit functional block diagram

หลักการทำงานของระบบ RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer คือ เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มหนึ่งครั้งที่รีโมท หน่วยรับส่ง (Transmitting unit) ที่รีโมทจะส่งสัญญาณที่มีการเข้ารหัสออกมาทั้งหมด 7 ครั้ง เพื่อป้องกันการผิดพลาดของการส่งสัญญาณ โดย

สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจะมี หน่วยรับ (Receiving unit) ทำหน้าที่รับและถอดรหัสสัญญาณจากนั้น จะถูกส่งไปที่ระบบควบคุมการทำงานของยานพาหนะ ซึ่งจะมีการควบคุมการทำงานของสามระบบย่อย ได้แก่ ระบบการจุดระเบิดเครื่องยนต์ ระบบการจ่ายพลังงาน และระบบการเปลี่ยนเกียร์ ไม่ให้สามารถใช้งานได้ ฟังก์ชันที่สำคัญอีกอย่างเมื่อมีมิจอาชีพไปปิดหรือตัดการทำงานของหน่วยรับ (Receiving unit) ออกและขับยานพาหนะเคลื่อนออกไป ระบบควบคุมการทำงานของยานพาหนะก็จะตัดการทำงานของระบบควบคุมย่อยดังกล่าว โดยวิเคราะห์จากความเร็วของยานพาหนะขณะเคลื่อนที่

ทดสอบการทำงานของระบบ RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer

โดยระบบ RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer ได้ทดสอบการใช้งานตามสภาวะภูมิอากาศ

Weather condition	Operating distance(m)
rainy weather	171
cloudy weather	191
windy weather	194
bright weather	202

ภาพที่ 2-10 ผลการทดลองตามสภาพภูมิอากาศ

โดยจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระบบ RFID-Based anti-theft auto security system with an immobilizer นี้สามารถใช้งานได้ทุกสภาพภูมิอากาศในระยะที่ไม่เกิน 200 เมตร

งานวิจัยนี้ได้ผลสรุปคือ เป็นระบบป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการรับส่งสัญญาณระหว่างหน่วยรับส่ง (Transmitting unit) กับหน่วยรับ (Receiving unit) ตามสภาพภูมิอากาศ และการตัดระบบต่างๆการทำงานของยานพาหนะ ในขณะที่เกิดเหตุการณ์การโจรกรรมขึ้น จึงเชื่อได้ว่าระบบ RFID-Based Anti-theft auto security system with an immobilizer สามารถนำไปใช้ในการป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. A sensor-network-based vehicle anti-theft system

ผู้วิจัย Hui, Sencun, & Guohong, (2008) เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์สำหรับป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะ โดยในระบบนี้เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในยานพาหนะที่จอดอยู่ภายในบริเวณที่กำหนด จะมีการตรวจสอบและระบุของยานพาหนะที่มีการเคลื่อนไหวโดยไม่ได้รับอนุญาต โดยเมื่อตรวจพบจะมีการแจ้งเตือนและรายงานไปยังสถานีฐานในบริเวณที่จอด ซึ่งจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังสำนักงานการรักษความปลอดภัยในลำดับต่อไป

โครงการ A sensor-network-based vehicle anti-theft system นี้จะมีการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ไร้สายให้กับยานพาหนะแต่ละคัน ซึ่งระบบเซ็นเซอร์ไร้สายจะเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานแบตเตอรี่ของยานพาหนะ โดยยานพาหนะที่ติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ดังกล่าวจะจอดอยู่ในบริเวณที่เดียวกัน เช่น ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โรงเรียน โรงพยาบาล สนามบิน และที่อยู่อาศัย เป็นต้น ซึ่งเป็นพื้นที่รูปแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ ภายในเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในยานพาหนะแต่ละคันจะถูกตรวจสอบด้วยตัวเอง ซึ่งจะระบุ การเคลื่อนไหวของยานพาหนะที่ไม่ได้รับอนุญาต เช่น ผู้ใช้งานจอดยานพาหนะและกดปุ่มที่รีโมท เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งจะส่งสัญญาณเข้าร่วมกับเซ็นเซอร์ของยานพาหนะคันอื่นที่จอดอยู่บริเวณนั้นและแจ้งสถานะปกติ ถ้าเกิดเหตุการณ์มีจฉาเข้ามาโจรกรรมยานพาหนะ โดยไม่ได้ปลดล็อกระบบ เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งภายในยานพาหนะคันที่ถูกโจรกรรม และคันอื่นที่จอดในบริเวณเดียวกันจะส่งสัญญาณแจ้งความผิดปกติไปที่ สถานีหลัก (Base station) เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่รักษความปลอดภัยให้มาดำเนินการป้องกันต่อไป โดยในการออกแบบระบบ A sensor-network-based vehicle anti-theft system นี้จะมีองค์ประกอบหลักซึ่งได้แก่

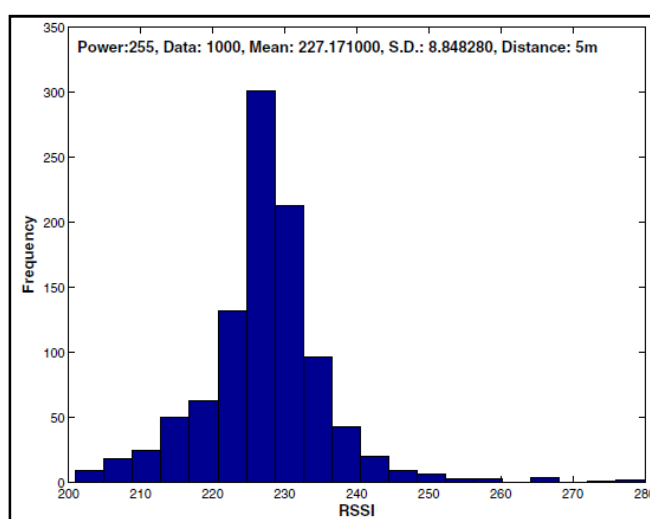
Network topology management

ระบบโครงสร้างเครือข่ายที่ใช้ตรวจสอบ เซ็นเซอร์แต่ละโนด ซึ่งการออกแบบโครงสร้างเครือข่ายแบบนี้จะต้องให้มี ระบบเซ็นเซอร์ที่มากพอที่จะสามารถตรวจสอบได้ และการกำหนดโครงสร้างการบริหารจัดการของระบบให้เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในยานพาหนะแต่ละคันให้สามารถตรวจสอบกันเองเป็นระยะ ๆ สัญญาณของเซ็นเซอร์แต่ละ โหนดต้องไม่รบกวนกันเอง ซึ่งจะต้องคำนวณพลังงานของเซ็นเซอร์แต่ละ โหนดที่ใช้งานให้เหมาะสม ตลอดจนขั้นตอนกระบวนการที่เซ็นเซอร์แต่ละ โหนดเริ่มการเข้าร่วมระบบจนถึงการยกเลิกการใช้งาน

Vehicle theft detection

เซ็นเซอร์แต่ละ โหนดเข้าร่วมเครือข่ายและสถานีหลัก (Base station) แล้วให้มีการตรวจวัดความแรงของสัญญาณ (RSSI) ของเซ็นเซอร์แต่ละ โหนด โดยระดับความแรงของสัญญาณ (RSSI) ที่

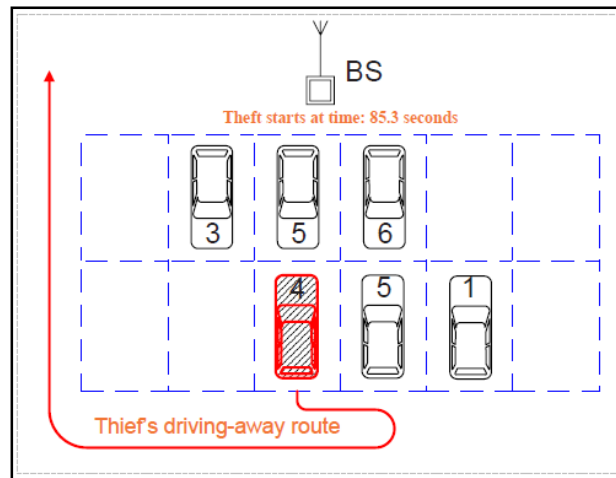
ปล่อยมาจะเป็นตัวชี้วัดสถานการณ์ทำงานของเซ็นเซอร์ คือ ถ้าเซ็นเซอร์แต่ละ โหนด และสถานีหลัก (Base station) สามารถตรวจวัดสัญญาณกันเองได้ แสดงว่า สถานะปกติ แต่ถ้าไม่สามารถตรวจสอบเจอสัญญาณจากอีกฝ่ายได้ แสดงว่า เซ็นเซอร์เคลื่อนที่ออกไป ซึ่งหมายถึง ยานพาหนะถูกโจรกรรม หรืออีกประเด็นถ้าความแรงของสัญญาณ (RSSI) ของเซ็นเซอร์แต่ละ โหนดที่ติดต่อกันตอนแรกในบริเวณเดียวกันมีสัญญาณที่ห่างกันมากแสดงว่า อาจมีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะออกไปได้



ภาพที่ 2-11 สัญญาณ RSSI ที่มีระดับกระจายปกติ

Intra-vehicle networking

การออกแบบระบบเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งภายในยานพาหนะ ซึ่งต้องให้มีความเหมาะสมเพื่อป้องกันมิจราจรไม่ให้เข้าไปถอดหรือทำลายได้ โดยระบบเซ็นเซอร์ที่ออกแบบนี้จะต้องมีการติดตั้งที่มิดชิดเข้าถึงได้ยาก ในขณะเดียวกันก็ต้องเป็นจุดที่สามารถส่งสัญญาณออกมาได้ ตลอดจนการออกแบบให้มีโหมดการประหยัดพลังงานเพื่อยืดอายุการใช้งานของเซ็นเซอร์อีกด้วย



ภาพที่ 2-12 A sensor-network-based vehicle anti-theft system

งานวิจัย A sensor-network-based vehicle anti-theft system เป็นการออกแบบโดยการนำระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์เข้ามาใช้ในการป้องกันยานพาหนะ ซึ่งสามารถตรวจจับและติดตามยานพาหนะที่ถูกโจรกรรม โดยงานวิจัยสามารถนำไปเป็นพื้นฐานหรือพัฒนา ระบบป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นในอนาคต

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. คลื่นพาหนะและมาตรฐานของระบบ RFID

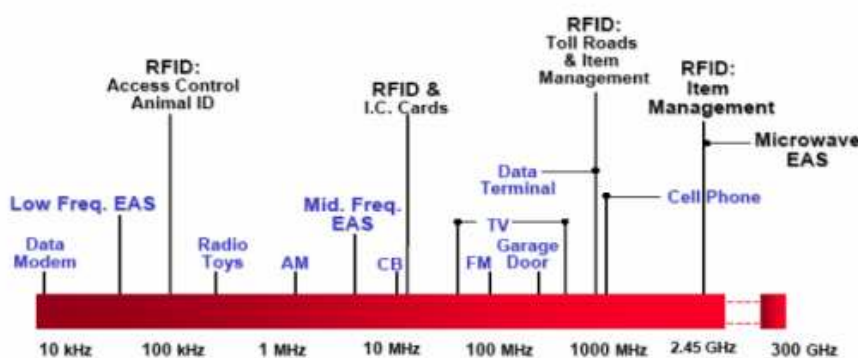
เทคโนโลยีของระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุ (Radio frequency identification: RFID) เป็นเทคโนโลยีที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาห้ เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านข้อมูล (Reader) และแท็ก (Tag) โดยปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มกันระหว่างประเทศ เพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหนะของระบบ RFID โดยมีสามกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มประเทศในยุโรปและแอฟริกา (Region 1) กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (Region 2) และสุดท้ายคือกลุ่มประเทศตะวันออกไกลและออสเตรเลีย (Region 3) ซึ่งแต่ละกลุ่มประเทศจะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่าง ๆ ให้แก่ประเทศสมาชิก อย่างไรก็ตามความถี่ของคลื่นพาหนะที่นิยมใช้ในย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่ปานกลางและย่านความถี่สูง 125 KHz, 13.56 MHz, 2.45 GHz ตามลำดับ นอกจากนี้รัฐบาลแต่ละประเทศ โดยทั่วไปจะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบการใช้อย่านความถี่ต่าง ๆ รวมถึงกำลังส่งของระบบ RFID ด้วย ซึ่งย่านความถี่ของระบบ RFID ที่มีใช้งานกันอยู่โดยทั่วไปภายในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ย่านความถี่หลัก ได้แก่

ย่านความถี่ต่ำ (Low frequency: LF) ใช้ความถี่ต่ำกว่า 135 kHz

ย่านความถี่สูง (High frequency: HF) ใช้ความถี่ 13.56 MHz

ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra high frequency: UHF) ใช้ความถี่ 433 MHz หรือ 920 MHz

ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave frequency) ใช้ความถี่ 2.45 GHz หรือ 5 GHz



ภาพที่ 2-13 มาตรฐานย่านความถี่ของระบบ RFID (ความถี่ RFID, 2559)

การใช้งานในสองย่านความถี่แรก (LF และ HF) จะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะใกล้ (โดยทั่วไประบบ RFID ในย่านความถี่ต่ำ มีระยะการอ่านประมาณ 10-20

เซนติเมตร และระบบ RFID ในย่านความถี่สูง มีระยะการอ่านประมาณ 1 เมตร) เช่น การตรวจสอบ การผ่านเข้าออกพื้นที่ การตรวจหา และการเก็บประวัติในสัตว์ เป็นต้น ซึ่งระบบ RFID ในย่านความถี่ต่ำมีความสำคัญในงานด้านการจัดการฟาร์มและการลงทะเบียนสัตว์อ่อนจะทำให้เป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยและเป็นระบบพื้นฐานให้กับโครงการระบบตรวจสอบย้อนกลับของอาหารและโครงการอาหารปลอดภัย

ส่วนระบบ RFID ในย่านความถี่สูงยิ่งนั้นจะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล (โดยทั่วไประบบ RFID ในย่านความถี่สูงยิ่ง มีระยะอ่านประมาณ 1-10 เมตร) เช่น ระบบเก็บค่าบริการบนทางด่วน เป็นต้น และในปัจจุบันการวิจัยและพัฒนา ระบบ RFID ในย่านความถี่ไมโครเวฟ ที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5 GHz ได้มีการดำเนินการสำหรับใช้งานที่ต้องการระยะอ่านที่ไกลกว่า 10 เมตร

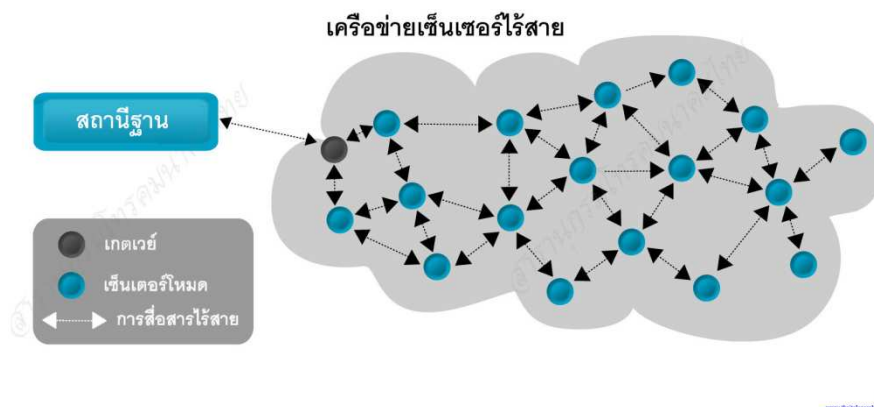
ย่านความถี่	ระยะทาง	การใช้งาน	
ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency: LF)	125-134 kHz	18 นิ้ว	ปศุสัตว์ หรือ ป้ายสินค้ากันขโมยที่อ่านในระยะใกล้ หรือระบบกันขโมยรถยนต์
ย่านความถี่สูง (High Frequency: HF)	13.553-13.567 MHz	3 ฟุต อ่านได้เร็ว (10-100 ป้ายต่อวินาที)	ห้องสมุด, สมาร์ทการ์ด ระบบติดตามหนังสือ ระบบเปิดประตู
ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF)	400-1000 MHz (สหรัฐอเมริกาใช้ 433 MHz)	10 -30 ฟุต อ่านได้เร็วมาก (100-1000 ป้ายต่อวินาที)	ตุลिका รถมบรรทุก แทนยกสินค้า (pallet)
ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave Frequency)	2.45 GHz, 5.8 GHz	>30 ฟุต	อุปกรณ์ไร้สาย

ภาพที่ 2-14 คุณสมบัติย่านความถี่ของระบบ RFID (ความถี่ RFID, 2559)

2. Wireless sensor networks (WSN)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์เล็ก ๆ จำนวนมาก เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ ตัวอย่างการใช้งานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายนี้ ได้แก่การฝังอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไว้ในรังนกหายากบางชนิด เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อการย้ายถิ่นฐานของนกเหล่านั้น การติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ในอุปกรณ์ผสมสารเคมีขนาดใหญ่หรือท่อส่งเคมีในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อตรวจจับการรั่วซึมของสารเคมี การใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดการสั่นไหวของอุปกรณ์

หลาย ๆ อย่างที่ใช้สำหรับการสร้างคอมพิวเตอร์ชีพ เพื่อตรวจจับความผิดปกติของเครื่องมือเหล่านั้นเพื่อให้สามารถเข้าไปดูแลได้ก่อนที่มันจะเสียหาย การติดตั้งเซนเซอร์ไว้รอบ ๆ สนามบิน เพื่อตรวจจับการบุกรุกในบริเวณที่ห้ามคนเข้าเป็นต้น

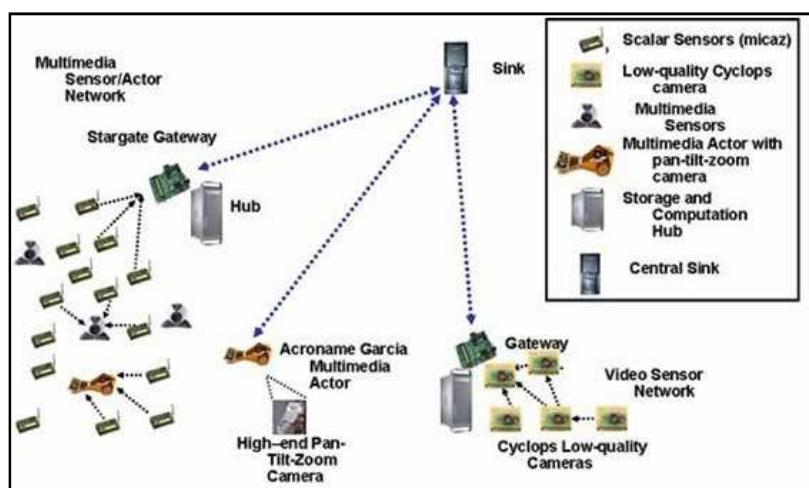


ภาพที่ 2-15 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (ระบบเครือข่าย, 2559)

3. สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ (Mote) เกตเวย์ (Gate way) และสถานีฐาน (Base station) หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (Self-organize) ทุก ๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกัน ทำงานร่วมกัน (Collaboration) เป็นเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้ แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทาง ช่วยส่งข้อมูลต่อ ๆ กัน ตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอป (Multi-hop) เกตเวย์ ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างสถานีฐาน และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่มีความสามารถพิเศษ ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่าย เซ็นเซอร์ไร้สายควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่น ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต เนื่องจากการทำงานแบบไร้สาย ทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซนเซอร์ใช้แหล่งพลังงานภายในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เองหรือในบาง

กรณีอาจใช้แหล่งกำเนิดพลังงานเพื่อให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้เครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจาก หน่วยร่วมเซ็นเซอร์อาจหยุดทำงานเพราะพลังงานหมดหรือกลับขึ้นมาทำงานได้อีกครั้งเมื่อมีพลังงานเพียงพอ รวมไปถึงในบางเครือข่าย ที่มีหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เคลื่อนที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์นั้นมีผลต่อโครงสร้าง (Topology) ของเครือข่าย และส่งผลถึงเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยเส้นทางในการส่งข้อมูล ในแต่ละ โครงสร้างนั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการหาเส้นทาง (Routing algorithm) ซึ่งวิธีการหาเส้นทางในแต่ละเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของเครือข่ายนั้น ๆ



ภาพที่ 2-16 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (ระบบเครือข่าย, 2559)

4. การพิจารณาใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เนื่องจากข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้าน เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจึงมีระบบเครือข่ายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ในระบบเตือนภัยระบบเครือข่ายต้องการความเร็วสูงในการส่งข้อมูล และจะส่งข้อมูลเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นเท่านั้นเพื่อประหยัดพลังงาน และในระบบวัดและควบคุมทางเกษตร ระบบเครือข่ายไม่ต้องการความเร็วสูงในการส่งข้อมูลแต่จะส่งข้อมูลตลอดเวลาโดยอาจมีการรวมข้อมูล (Data fusion) ในระหว่างเส้นทางการเดินทางของข้อมูลเพื่อลดจำนวนครั้งของการสื่อสารและประหยัดพลังงาน

5. โพรโทคอลสแตค (Protocol stack) หรือระดับชั้น

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายให้ความสำคัญกับพลังงานมาก เพราะอุปกรณ์ตรวจจับไร้สายมักมีแหล่งพลังงานที่จำกัด ทำให้พลังงานมีผลมากกับอุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย ซึ่งอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สาย ในด้านการออกแบบนั้นจึงปรับปรุงโปรโตคอลสแตคของมาตรฐานกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย (Open systems interconnection (OSI model) โดยแบ่งเป็นสามชั้นและหนึ่งระนาบ แต่ละชั้นจะทำหน้าที่เฉพาะของตัวเองคอยให้ความช่วยเหลือชั้นบนและขอความช่วยเหลือจากชั้นล่างที่ติดกับชั้นตัวเอง ส่วนระนาบซึ่งเชื่อมโยงกับทุกชั้นจะควบคุมบริหารจัดการในทุก ๆ ชั้นให้ทำงานตามวัตถุประสงค์ของระนาบนั้น ๆ อย่างไรก็ตามการใช้งานที่แตกต่างกันก็ส่งผลถึงรูปแบบโปรโตคอลสแตคที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2-17 ชั้นของโปรโตคอลสแตคสำหรับเครือข่ายไร้สาย (ระบบเครือข่าย, 2559)

5.1 ชั้นกายภาพ (Physical layer)

รับผิดชอบการรับ-ส่งสัญญาณไร้สายในด้านกายภาพ เช่น ช่วงความถี่สัญญาณ การมอดูเลต (Modulation) การเข้ารหัสระดับช่องสัญญาณ (Channel coding) ชั้นกายภาพในประเทศไทยจะใช้ช่วงความถี่สาธารณะและกำลังส่งตามกฎหมายกำหนด

5.2 ชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Data link layer)

รับผิดชอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์ข้างเคียงการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Medium access control: MAC) การควบคุมข้อผิดพลาด (Error control) ของข้อมูลเพื่อให้การสื่อสารระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ถูกต้องและเชื่อถือได้ ปัจจุบันการเข้าใช้ช่องสัญญาณของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์จะเป็นแบบสุ่มเข้าใช้งาน (Random access) ที่เป็นเช่นนี้เพราะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบไปด้วยหน่วยร่วมเซ็นเซอร์อยู่เป็นจำนวนมากและไม่มีโครงสร้างที่

แน่นอนทำให้การควบคุมแบบรวมศูนย์ทำได้ยาก และการใช้ช่องสัญญาณแบบสุ่มทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

5.3 ชั้นเครือข่าย (Network layer)

รับผิดชอบการรับ-ส่งข้อมูลระดับเครือข่าย เนื่องจากเครือข่ายเช่นเซอร์ไร้สายใช้การส่งข้อมูลแบบมัลติฮอป เพื่อส่งข้อมูลจากหน่วยร่วมเช่นเซอร์ไปยังสถานีฐาน การคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลเป็นหน้าที่หลักของชั้นนี้

5.4 ระนาบพลังงาน (Power plane)

รับผิดชอบควบคุมการใช้พลังงานในชั้นต่าง ๆ ของหน่วยร่วมเช่นเซอร์ และเครือข่าย เช่นเซอร์ไร้สายให้มีประสิทธิภาพ โดยอาจประสานงานข้ามชั้น (Cross layer) เช่น หน่วยร่วมเช่นเซอร์ที่เหลือพลังงานน้อยอาจจะลดพลังงานในการส่งข้อมูลในชั้นกายภาพโดยประสานงานกับชั้นเครือข่ายเพื่อเลือกเส้นทางที่ควรส่งข้อมูลในกรณีที่ระยะส่งข้อมูลลดลงเนื่องการลดพลังงานในการส่งข้อมูล

6. มาตรฐานระบบเครือข่าย พ.ศ. 2550

มาตรฐานระบบเครือข่ายที่ใช้ในเครือข่ายเช่นเซอร์ไร้สายจะเป็นมาตรฐานเฉพาะกลุ่มที่พัฒนาขึ้นและเริ่มใช้ในงานวิจัยและงานจริง ซึ่งแตกต่างจากกรณีของอินเทอร์เน็ต

ซิกบี (ZigBee)

เป็นข้อกำหนดสำหรับชุดของโปรโตคอลการสื่อสารในระดับสูงใช้ในการสร้างเครือข่ายพื้นที่ส่วนบุคคล ใช้คลื่นวิทยุดิจิทัลพลังงานต่ำ พัฒนาโดยซิกบีแอลลีแอส (ZigBee alliance) ตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ความถี่ที่ใช้คือความถี่สาธารณะ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ความเร็วด้านกายภาพ 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) และระยะทำการ 10-75 เมตร ถึงแม้จะใช้พลังงานต่ำแต่ซิกบีสามารถที่จะส่งข้อมูลได้ไกลมากขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ที่เป็นตัวกลาง การสร้างเครือข่ายแบบเมช (Mesh) เช่น เครือข่ายที่ไม่สามารถควบคุมได้จากส่วนกลางหรือต้องใช้กำลังในการรับส่งที่สูงมากในการเข้าถึงอุปกรณ์ทั้งหมด ซิกบีจึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่โหนดกลางไม่สามารถพึ่งพาได้ ซิกบีเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานน้อย และระบบเครือข่ายที่ต้องการความปลอดภัย ซิกบีกำหนดอัตราการส่งข้อมูลอยู่ที่ 250 kbit/s เหมาะกับการส่งข้อมูลที่เป็นช่วงเวลาหรือไม่ต่อเนื่องหรือสื่อสารทิศทางเดียว เช่น จากเซ็นเซอร์ หรือ อุปกรณ์ที่จ่ายสัญญาณต่าง ๆ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สวิทช์ไฟฟ้าไร้สาย แสดงผลมิเตอร์ไฟฟ้า การควบคุมระบบจราจร และระบบอื่น ๆ เพราะมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าระบบอื่น

ไวบริ (Wibree)

พัฒนาโดยศูนย์วิจัยของโนเกีย (Nokia research center) ด้วยการแก้ไขบลูทูธ (Bluetooth) ให้ใช้พลังงานน้อยลง ทำให้ไวบริทำงานได้สองแบบ คือ Wibree stand-alone chip ซึ่งจะทำงานแบบใช้พลังงานต่ำ สำหรับการส่งข้อมูลจำนวนน้อยและ Bluetooth-Wibree Dual-Mode ซึ่งทำงานติดต่อกับทั้งบลูทูธและไวบริความถี่ที่ใช้คือความถี่สาธารณะ 2.4 GHz ความเร็วด้านกายภาพ 1 Mbps และระยะทำงาน 5-10 เมตร

อินเทอร์เน็ตโปรโตคอลเวอร์ชัน 6 แบบประหยัดพลังงาน (IPv6 over Low power WPAN : 6LoWPAN)

มาจากแนวความคิดที่ว่าอินเทอร์เน็ตโปรโตคอลควรที่จะได้รับการประยุกต์ให้ใช้ได้กับอุปกรณ์ที่เล็กที่สุดและใช้พลังงานน้อยด้วยข้อจำกัดในความสามารถในการกระบวนกรควรที่จะสามารถเป็นส่วนหนึ่งของอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (Internet of things) ได้รับการพัฒนาโดย 6LoWPAN working group จุดประสงค์เพื่อให้อินเทอร์เน็ตโปรโตคอลเวอร์ชัน 6 (Internet protocol version 6: IPv6) ทำงานร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เพื่อติดต่อระหว่างหน่วยร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมจริงกับโปรแกรมต่าง ๆ ที่ทำงานผ่าน IPv6

SimpliciTI

พัฒนาโดยบริษัท Texas instruments บนมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ความถี่ที่ใช้คือความถี่รองรับ คือ 1-2.4 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ความเร็วด้านกายภาพ 1.2-500 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) และระยะทำการ 10-75 เมตร SimpliciTI เป็นโปรโตคอลความถี่คลื่นวิทยุใช้พลังงานน้อย (Low-power RF protocol) ออกแบบได้ง่าย เครื่องข่าย RF มีขนาดเล็ก ซอร์ฟแวร์โอเพนซอร์ส ซึ่งเป็นการเริ่มต้นที่ดีสำหรับการสร้างเครือข่ายที่มีอุปกรณ์เกี่ยวกับการจัดการแบตเตอรี่โดยใช้อย่างใดอย่างหนึ่งของ Low-power RF System-on-Chips (SoC) หรือ MSP430 ultra-low-power MCU และ TI RF Transceiver SimpliciTI ได้รับการออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายและการใช้งานที่แตกต่างออกไปจาก TI RF แพลตฟอร์ม เช่น MSP430 MCUs และสัญญาณ CC1XXX/CC25XX และ SoC

7. ระบบเครือข่าย Wireless LAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.11

สถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Institute of electrical and electronic engineers) ได้กำหนดมาตรฐานแรกของระบบเครือข่ายไร้สาย โดยใช้ชื่อ IEEE802.11 แล้วมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและขยายออกไปเป็นมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้

7.1 มาตรฐาน IEEE 802.11b

เป็นมาตรฐานเครือข่ายของระบบ Wireless LAN ที่ใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่เสรีที่เปิดให้ใช้โดยทั่วไป ทั้งนี้จะมีกลไกการส่งสัญญาณเป็นแบบ DSSS โดยความเร็วใน

การสื่อสารข้อมูลมีอยู่ 4 ระดับ คือ ตั้งแต่ 1Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps และสูงสุดที่ 11 Mbps ระยะการใช้งานไกลสุดอยู่ที่ 100 เมตร

7.2 มาตรฐาน IEEE 802.11g

เป็นมาตรฐานเครือข่ายของระบบ Wireless LAN ที่ใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz มีกลไกการส่งสัญญาณแบบ DSSS และ OFDM สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ Wireless LAN มาตรฐาน IEEE 802.11b ความเร็วสูงสุดในการทำงานของมาตรฐานนี้อยู่ที่ 54 Mbps (แบบ DSSS: 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps และ 11 Mbps และแบบ OFDM: 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps และ 54 Mbps) และมีระยะทำงานไกลสุดเท่ากับมาตรฐาน IEEE 802.11b คือ 100 เมตร

7.3 มาตรฐาน IEEE 802.11a

เป็นมาตรฐานเครือข่ายของระบบ Wireless LAN ที่ใช้ความถี่ย่าน 5 GHz (ในประเทศไทยไม่อนุญาตให้ใช้งาน) มีกลไกการส่งสัญญาณแบบ OFDM ความเร็วในการทำงาน 54 Mbps (6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps, 18 Mbps, 24 Mbps, 36 Mbps, 48 Mbps และ 54 Mbps) ที่ระยะไกลสุด 50 เมตร แต่ไม่สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ในมาตรฐาน IEEE 802.11g ได้เนื่องจากใช้ความถี่ต่างกัน

7.4 มาตรฐาน IEEE 802.11n

เป็นมาตรฐานเครือข่ายของระบบ Wireless LAN ที่จะมาแทนที่มาตรฐาน IEEE 802.11a, IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน โดยมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระดับ 100 Mbps และระยะทางในการใช้งานที่ไกลกว่า ซึ่งจะใช้เทคโนโลยีใหม่แบบ MIMO ทั้งนี้จะทำให้สามารถรองรับการทำงานของ VDO Streaming, Game, VoIP หรือการส่งพิมพ์งานผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

8. เครือข่ายซิมพลิซิติ (SimpliciTI)

ซิมพลิซิติ (SimpliciTI) มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการพัฒนาอุปกรณ์ไร้สายของผู้ใช้ให้การสนับสนุนเครือข่ายเป็นเรื่องง่าย และถูกค่าใช้จ่ายที่ง่ายในการรับส่งข้อมูลในระบบไร้สาย วิธีการนี้จะเน้นในเรื่องการส่งข้อมูลแบบ peer-to-peer โดยส่วนใหญ่ และอุปกรณ์ก็จะเชื่อมถึงกันหมด อย่างไรก็ตามซิมพลิซิติไม่สนับสนุนการเชื่อมโยงระหว่างคู่อุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีเซ็นเซอร์/ อุปกรณ์เตือนภัยหลายชุดตรวจพบควันไฟ และได้กำหนดว่าจะต้องส่งข้อมูลไปให้ อุปกรณ์เตือนภัยในเครือข่าย ในกรณีอุปกรณ์เตือนภัยทำงานก็จะส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์เตือนภัยอื่น ๆ ในเครือข่ายที่ติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงให้ทำงาน โดยสรุป ซิมพลิซิติ (SimpliciTI) เป็นวิธีการสร้างโครงข่าย (Network protocol) สำหรับการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุแบบประหยัดพลังงาน โดยมี

คุณสมบัติในการเก็บและส่งต่อข้อมูล (store-and-forward) สำหรับอุปกรณ์ที่มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep mode) และการจัดการอุปกรณ์ระบบโครงข่ายในด้านการป้องกันการเข้าถึงข้อมูล (Permissions), การอนุญาตสร้างทางเชื่อมต่อ (Linking permissions) ซึ่งเป็นคุณสมบัติแบบเดียวกับ แอซเซสพ้อยท์ (Access-point) ทั่วไป

คุณสมบัติของ Protocol SimpliciTI

เป็น Network Protocol สำหรับ Low-Power RF โดยเฉพาะ

ใช้หน่วยความจำน้อยเนื่องจากมีความต้องการ Flash Memory น้อยกว่า 8 Kbyte

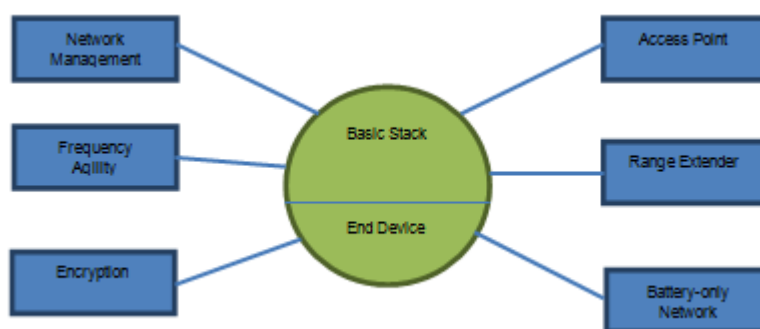
มีความยืดหยุ่นใช้ได้ในการสื่อสารหลายแบบเช่น Star, P2P

ใช้หลักพื้นฐานของ Application programming interface (API)

ใช้พลังงานต่ำเนื่องจากสนับสนุนการทำงานแบบ Sleep Mode

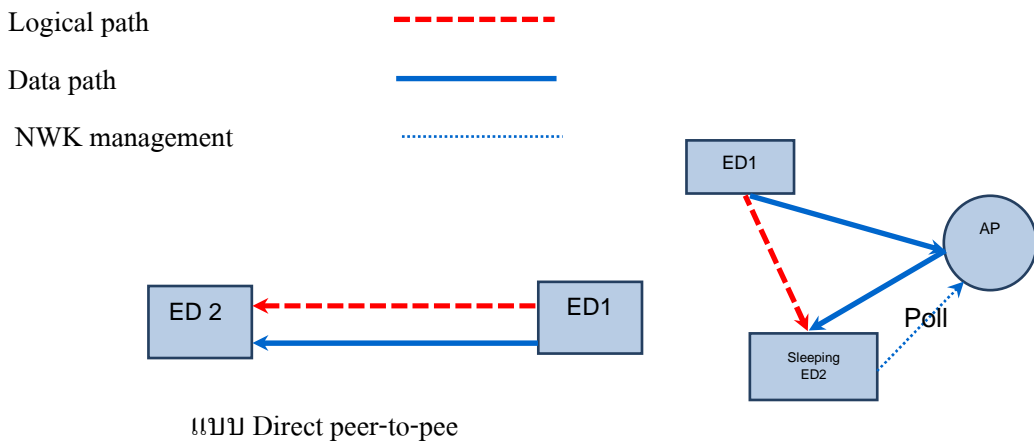
โมดูลอุปกรณ์

โดยส่วนตัวพื้นฐานจะสนับสนุนการสื่อสารผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency) โดยที่ยังไม่มีการเพิ่มคุณสมบัติใด ๆ เราสามารถเพิ่ม (คุณสมบัติ/ หน้าที่) เข้าไปเพื่อให้เกิดความหลากหลาย



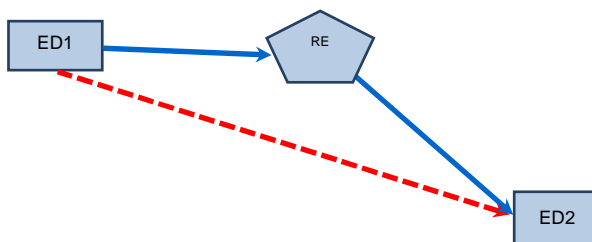
ภาพที่ 2-18 SimpliciTI Module components (วินัย สุขโสมนัส, 2557)

ตัวอย่างของรูปแบบ โครงสร้างของ SimpliciTI ในแต่ละแบบเป็นการส่งข้อมูลจาก อุปกรณ์ตัวที่ 1 (ED1) ไปยังอุปกรณ์ตัวที่ 2 (ED2)



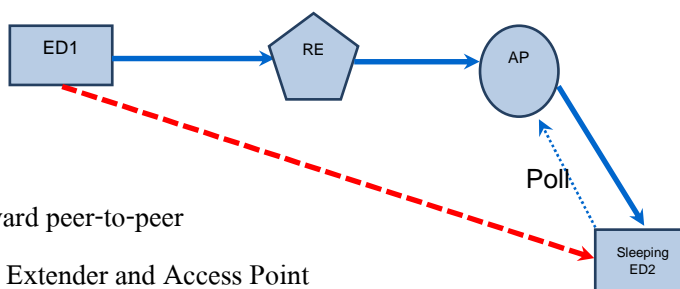
แบบ Store-and-forward peer-to-peer

through Access Point



แบบ Direct peer-to-peer through Range Extender

แบบ Store-and-forward peer-to-peer
through Range Extender and Access Point



ภาพที่ 2-19 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการสื่อสารแบบซิมพลิซิติ
(วินัย สุขโสมนัส, 2557)

การบริหารจัดการ โครงข่าย (Network management)

โดเมนของ AP จะประกอบไปด้วยหน้าที่ต่าง ๆ เช่น หน้าที่การเก็บและการส่งต่อ (store-and-forward) สำหรับอุปกรณ์ที่มีโหมดประหยัดพลังงาน หน้าที่การจัดการการแปลงรหัส และการจัดการเรื่องความถี่

Access point มีหน้าที่สองอย่าง คือ หนึ่งทำหน้าที่ในการจัดการเส้นทางในการส่งข้อมูลต่าง ๆ ในระบบว่าข้อมูลนี้จะถูกส่งไปให้ใคร และหน้าที่ที่สอง คือ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลในระบบ เพื่อส่งข้อมูลทั้งหมดออกสู่ภายนอกต่อไป

Range extender ทำหน้าที่ในการส่งต่อข้อมูลไปยังปลายทาง หรือก็คือ เป็นตัวทวนสัญญาณนั่นเอง

End device เป็นอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับควัน เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นต้น

รูปแบบชุดข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารจะประกอบด้วยดังนี้

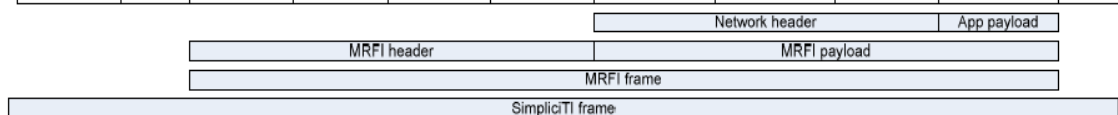
ส่วนของ PHY/MAC layers เป็นส่วนของ hardware ประกอบด้วย Preamble bits and the sync bits

ส่วนของ NWK layer เป็นส่วนของ Network control และ frame type, Encryption status, Hop count, Sequence number

ส่วนของ Application payload เป็นส่วนของข้อมูลที่จะส่งไป

PREA	SY	LEN	MIS	DSTA	SRCA	PO	DEVIC	TRAC	App	FC
MBLE	NC	GTH	C	DDR	DDR	RT	E INFO	TID	Payload	S
RD*	RD*	1	RD*	4	4	1	1	1	/?	RD*
	*									*

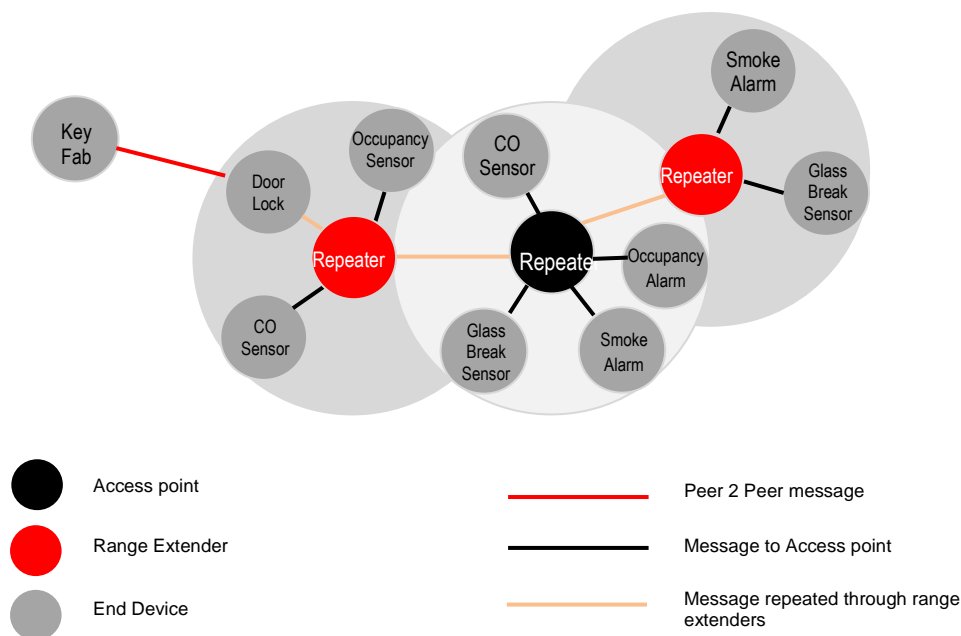
PREAMBLE	SYNC	LENGTH	MISC	DSTADDR	SRCADDR	PORT	DEVICE INFO	TRACTID	App Payload	FCS
RD*	RD*	1	RD*	4	4	1	1	1	n	RD*



*RD: Radio-dependent populated by MRFI or handled by the radio itself

ภาพที่ 2-20 SimplicTI frame structure (SimpliciTI, 2016)

การประยุกต์ใช้กับเซ็นเซอร์ไร้สาย



ภาพที่ 2-21 แบบของเครือข่ายแบบ Star topology โดยใช้วิธีการสื่อสารแบบซิมพลิซิตี (SimpliciTI, 2016)

9. การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis)

ทฤษฎีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time series analysis) คือ การศึกษารูปแบบและสาเหตุการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนไหวของข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เรียกว่า Time series data ซึ่งจะพบว่าข้อมูลเหล่านี้ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ค่าของข้อมูลก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยหรือก็คือ การศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นฟังก์ชันกับเวลา การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาจะประกอบด้วยการแยกส่วนประกอบต่าง ๆ ในข้อมูลอนุกรมเวลาออกมาและวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ของส่วนประกอบนั้นซึ่งสามารถแยกข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

9.1 ค่าแนวโน้ม (Secular trend: T)

เป็นการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของข้อมูลในระยะยาว ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในประชากรหรือเทคนิคการผลิต รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่าแนวโน้ม อาจเป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงก็ได้

9.2 การเคลื่อนไหวตามฤดูกาล (Seasonal variation: S)

เป็นการเคลื่อนไหวของข้อมูลในระยะสั้น ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงอาจเนื่องมาจากฤดูกาลหรือประเพณีนิยม รูปแบบการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นแบบซ้ำ ๆ เดิมในแต่ละรอบเวลาการเคลื่อนไหวตามฤดูกาลนี้พบในข้อมูลในช่วงเวลาน้อยกว่าหนึ่งปี อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงรายเดือนหรือไตรมาสก็ได้

9.3 การเคลื่อนไหวตามวัฏจักร (Cyclical variation: C)

เป็นการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวข้อมูลอนุกรมเวลาในระยะยาวที่เป็นไปตามการเคลื่อนไหวขึ้นลงของวัฏจักรธุรกิจ (Business Cycle) โดยที่วัฏจักรธุรกิจหนึ่งๆ อาจมีระยะที่มากกว่าหนึ่งปี รูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรจะมีระยะรุ่งเรืองสูงสุดจนกระทั่งต่ำสุด

9.4 การเคลื่อนไหวผิดปกติ (Irregular variation: I)

เป็นการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่มีได้คาดคิดมาก่อน ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนั้นเราไม่สามารถคาดคะเนได้ เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม สงคราม ปฏิวัติ เป็นต้น การเคลื่อนไหวผิดปกตินี้จะไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน

10. รูปแบบจำลองอนุกรมเวลา

แบบจำลองอนุกรมเวลาสามารถจำแนกเป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลบวก (Additive model) และแบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลคูณ (Multiplicative model) แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลบวกสามารถเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$Y = T + S + C + I \quad (2-1)$$

โดยที่ Y คือ ค่าข้อมูลอนุกรมเวลา ณ จุดเวลาที่ t

T คือ ค่าแนวโน้ม (Secular trend)

S คือ ค่าผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal variation)

C คือ ความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical variation)

I คือ ความผันแปรผิดปกติ (Irregular variation)

แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลบวก มีข้อสมมติพื้นฐานว่าองค์ประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 องค์ประกอบ เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งข้อสมมติฐานดังกล่าว ไม่ค่อยที่จะสอดคล้องกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง เมื่อเป็นเช่นนี้ในการพยากรณ์จึงนิยมที่จะใช้แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลคูณมากกว่า แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลบวก แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบผลคูณสามารถเขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Y = T \times S \times C \times I \quad (2-2)$$

โดยที่ Y คือ ค่าข้อมูลอนุกรมเวลา ณ จุดเวลาที่

T คือ ค่าแนวโน้ม (Secular trend)

S คือ ค่าผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal variation)

C คือ ความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical variation)

I คือ ความผันแปรผิดปกติ (Irregular variation)

โดยทั่วไปแล้วพบว่ารูปแบบผลคูณเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในการพยากรณ์เชิงธุรกิจ และในบทนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเมื่อข้อมูลเป็นแบบแนวราบ หรือมีปัจจัยแนวโน้ม หรืออิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยรูปแบบที่ใช้เป็นรูปแบบผลคูณ มีดังนี้

10.1 การพยากรณ์อย่างง่าย หรือการหาค่าแบบตรง

การพยากรณ์แบบง่าย (Naïve forecast: NF) หมายถึง การพยากรณ์ปริมาณความต้องการหรือจุดประสงค์ในอนาคต ด้วยค่าของข้อมูลในปัจจุบัน เช่น ยอดขายของน้ำฝรั่งเดือนมกราคมขายได้ 350 กล่อง ก็จะสามารถพยากรณ์ได้ว่าเดือนกุมภาพันธ์ควรจะขายน้ำฝรั่งได้ 350 กล่อง เท่ากันแต่ถ้าหากรูปแบบข้อมูลในอดีตมีส่วนประกอบของแนวโน้ม การพยากรณ์อาจทำได้โดยการใช้ค่าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากช่วงเวลาที่ผ่านมารีบกับค่าของข้อมูลในปัจจุบัน เช่น ยอดขายของน้ำฝรั่งเดือนมกราคมขายได้ 350 กล่อง เดือนกุมภาพันธ์ขายได้ 360 กล่อง ดังนั้นจะพยากรณ์ว่าเดือนมีนาคมขายได้ $(360) + (360 - 350)$ เท่ากับ 370 กล่อง และถ้าเดือนมีนาคมมียอดขายได้จริง 377 กล่อง ดังนั้นเดือนเมษายนจะมียอดพยากรณ์ $377 + (377 - 360) = 394$ กล่อง เป็นต้น หรือหากข้อมูลในอดีตมีส่วนประกอบของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องการพยากรณ์อย่างง่ายก็จะใช้ค่าของข้อมูลในคาบเวลาที่ตรงกันในอดีตเป็นค่าพยากรณ์ เช่น ยอดขายของน้ำฝรั่งเดือน มกราคมในปีที่ผ่านมาขายได้ 350 กล่อง ดังนั้นจะสามารถพยากรณ์ได้ว่าในเดือนมกราคมปีนี้ จะสามารถขายน้ำฝรั่งได้ 350 กล่อง ด้วยเช่นกัน จะเห็นได้ว่าวิธีการพยากรณ์นี้เป็นวิธีที่ง่าย และมีค่าใช้จ่ายต่ำแต่จะใช้ได้ดีในกรณีที่อิทธิพลต่าง ๆ ที่มีต่อข้อมูลส่งผลอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น กล่าวคือ ข้อมูลเป็นแบบแนวราบหรือมีแนวโน้มและฤดูกาลที่มีความคงที่และความแปรปรวนของข้อมูลมีน้อย แต่ถ้ามีเหตุการณ์ผิดปกติหรือความแปรปรวนของข้อมูลมีมากแล้ว การพยากรณ์ด้วยวิธีนี้ก็จะมีความผิดพลาดค่อนข้างสูง

10.2 การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบ

การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบจะเหมาะสมกับข้อมูลมีลักษณะแบบแนวราบ ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาลหรือเหตุการณ์ เป็นแบบสุ่มที่ไม่อาจคาดการณ์ได้ มีแบบแผนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยทุกครั้งที่มีความสังเกตหรือข้อมูลใหม่ ก็จะนำค่าสังเกตหรือข้อมูลใหม่นั้นไปปรับสมการพยากรณ์ ซึ่งการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย

การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple moving average: SMA) เป็นการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตจากข้อมูลหรือค่าสังเกตล่าสุดจำนวน k ค่า โดยให้น้ำหนักของข้อมูลเท่ากัน เมื่อได้กำหนดจำนวนเทอมที่จะเฉลี่ย ค่าที่คำนวณได้จะเป็นค่าพยากรณ์ของข้อมูลในช่วงเวลาต่อไป (ณ เวลาที่ $t + 1$) โดยค่า k ที่ใช้จะเป็นจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ก็ได้ แต่ต้องใช้ข้อมูลตั้งแต่ 3 ช่วงเวลาขึ้นไป หากใช้ข้อมูล 3 ช่วงเวลาดังนั้นค่าพยากรณ์ค่าแรกก็จะเป็นค่าของช่วงเวลาที่ 4 เป็นต้น ในกรณีที่กำหนดให้ค่า $k=3$ แล้วจะเรียกวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่ายนี้ว่า 3 MA (A moving average of order 3 or 3 MA smoother) โดยทั่วไปแล้ววิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่ายนี้ไม่ได้กำหนดค่า k ที่จะนำมาหาค่าเฉลี่ยว่าต้องมีค่าเท่าใด แต่จะเลือก k ที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด (ดูจากค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นว่า จำนวน k เท่าใดที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำสุด) อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์มีค่าคงที่เคลื่อนไหวขึ้นลงช้า ก็ควรจะใช้ค่า k ต่ำ ในทางตรงกันข้ามหากข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์มีค่าคงที่เคลื่อนไหวขึ้นลงเร็ว ก็ควรจะใช้ค่า k สูง และการหาค่าเฉลี่ย 12 เดือน หรือ ให้ $k=12$ จะช่วยขจัดอิทธิพลของฤดูกาลออกไป มีสูตรในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย เป็นดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลก่อนหน้าจำนวน } k \text{ ตัว}}{k}$$

(2-3)

$$\text{หรือ } F_{t+1} = (Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-k+1})/k \quad (2-4)$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลจริง ณ เวลา t

k คือ จำนวนช่วงหรือระยะเวลาที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

F_{t+1} คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + 1$

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก

วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted moving average: WMA) เป็นการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งมีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้ว ข้อมูลที่อยู่ใกล้ช่วงเวลาที่จะพยากรณ์มักจะมีอิทธิพลมากกว่าข้อมูลในอดีตที่ไกลออกไป ในการกำหนดน้ำหนักให้กับข้อมูลแต่ละค่าไม่มีสูตรกำหนดตายตัว ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้พยากรณ์ แต่ผลรวมของน้ำหนักรวมจะเท่ากับ 1 เสมอ ($\sum w = 1$)

$$F_{t+1} = (Y_t W_t + Y_{t-1} W_{t-1} + Y_{t-2} W_{t-2} + \dots + Y_{t-k+1} W_{t-k+1}) \quad (2-5)$$

เมื่อ k คือ จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อดีของวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก คือ ให้ความสำคัญกับข้อมูลในปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่ไกลออกไป ทำให้สะท้อนความเป็นจริงมากกว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย ที่ให้ความสำคัญของทุกข้อมูลเท่าเทียมกัน แต่ยังคงเป็นการพยากรณ์ตามหลัง เนื่องจากเป็นการเฉลี่ยข้อมูลในอดีต และยังต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากเช่นเดียวกับการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย ดังนั้นหากองค์กรต้องการที่จะพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าหรืออุปสงค์ของข้อมูลหลายชนิด อาจจะเสียค่าใช้จ่ายทั้งในการเก็บรวบรวมข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลสูง ดังนั้นผู้พยากรณ์จึงควรเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการพยากรณ์ด้วย

วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย

วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย (Simple exponential smoothing: SES) เป็นการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก โดยให้น้ำหนักของข้อมูลในปัจจุบันมากที่สุดและน้ำหนักจะลดหลั่นกันไปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับค่าของข้อมูลที่ห่างไกลออกไป โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักหรือสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ (เรียกว่าค่าแอลฟา: α) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมเพราะง่าย และใช้ข้อมูลจำนวนน้อยกว่าการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งต้องใช้ข้อมูลในอดีต k ค่า และค่าถ่วงน้ำหนัก k ค่าเช่นกัน โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$F_{t+1} = (\alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t) \quad (2-6)$$

จากสมการที่ (2-6) จะได้

$$F_{t+1} = (F_t + \alpha(Y_t - F_t)) \quad (2-7)$$

นั่นคือ ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไปจะเท่ากับค่าพยากรณ์ในปัจจุบัน บวกกับสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลาปัจจุบัน จากสมการที่ (2-6) และ (2-7) จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้นั้น จะใช้ข้อมูลเพียง 3 ค่าเท่านั้นในการคำนวณ ได้แก่ (1) ค่าข้อมูลเริ่มต้นเป็นข้อมูลในปัจจุบัน (2) ค่าพยากรณ์ที่ผ่านมาล่าสุด และ (3) ค่าถ่วงน้ำหนักโดยใช้สัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ (α) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

หลักเกณฑ์ในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ () มีดังนี้

ถ้า (α) = 1 จะทำให้ค่าพยากรณ์ กลายเป็นวิธีการพยากรณ์แบบง่าย (Naive forecast) นั่นคือการพยากรณ์ในช่วงถัดไป จะเป็นเช่นเดียวกันกับช่วงที่ต้องการในปัจจุบัน

ถ้า (α) มีค่าสูง จะเป็นการให้ความสำคัญมาก กับผลต่างข้อมูลในปัจจุบันกับค่าเฉลี่ยจริงจึงเหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงบ่อยหรือมีความแปรปรวนมาก

ถ้า (α) มีค่าต่ำ จะเป็นการให้ความสำคัญกับข้อมูลในอดีตมากกว่า ถ้ามีค่าใกล้เคียงกับ 0 จะทำให้เส้นกราฟเรียบเป็นเส้นตรงจึงเหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะแบบเรียบเป็นเส้นตรง

ค่า (α) จะส่งผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์ ดังนั้น ในทางปฏิบัติหลักเกณฑ์ประการหนึ่งจะใช้การพิจารณาจากค่าที่ให้ค่ากำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum square error) ในการพยากรณ์มีค่าต่ำสุด (Relative minimum) สำหรับหลักเกณฑ์ในการกำหนดค่าพยากรณ์เริ่มต้นทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ข้อมูลค่าแรกของข้อมูลอนุกรมเวลาใช้ข้อมูลในเวลาล่าสุดก่อนหน้านั้นหากมีข้อมูลในอดีตจำนวนมากอาจใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเหล่านั้นเป็นค่าเริ่มต้น

สำหรับหลักเกณฑ์ในการกำหนดค่าพยากรณ์เริ่มต้น ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ข้อมูลค่าแรกของข้อมูลอนุกรมเวลาใช้ข้อมูลในเวลาล่าสุดก่อนหน้านั้น หากมีข้อมูลในอดีตจำนวนมากอาจใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเหล่านั้นเป็นค่าเริ่มต้น

การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่ายข้อดี ง่าย ใช้ข้อมูลน้อย ค่าใช้จ่ายไม่แพง ข้อเสีย ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้หากข้อมูลเปลี่ยนแปลงไป เช่นมีลักษณะแนวโน้มเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากวิธีนี้มีข้อสมมุติว่าค่าเฉลี่ยต้องคงที่ ค่า (α) สูงจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนลงได้ แต่ค่าพยากรณ์ยังคงไม่เปลี่ยนตามค่าเฉลี่ยที่เปลี่ยนไปหากค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างต่อเนื่อง

10.3 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

การพยากรณ์ข้อมูลที่มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรงเป็นส่วนประกอบ โดยข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับข้อมูลด้วย

วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล เพื่อให้ค่าพยากรณ์ที่ได้ไม่สูงหรือต่ำกว่าค่าที่แท้จริง ซึ่งจะเรียกวิธีนี้ว่า การปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลเส้นตรง (Trend-adjust exponential smoothing method) หรือ วิธีของ Holt (Holt's Linear Method) 2 พารามิเตอร์ ซึ่งจะเป็นการปรับให้เรียบทั้งค่าเฉลี่ยและแนวโน้ม และสามารถหาค่าพยากรณ์โดยใช้สมการที่ (2-8) ต่อไปนี้

$$F_{t+1} = (S_t + b_t) \quad (2-8)$$

$$\text{เมื่อ } S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2-9)$$

$$\text{และ } b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (2-10)$$

โดยที่ S_t = ค่าเฉลี่ยอนุกรมเวลา ณ เวลา t ปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โพเนนเชียล

b_t = ค่าเฉลี่ยแนวโน้ม ณ เวลา t ปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โพเนนเชียล

α = พารามิเตอร์ปรับให้เรียบของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 และ 1

γ = พารามิเตอร์ปรับให้เรียบของแนวโน้ม ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 และ 1

F_{t+1} = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + 1$

10.4 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล

โดยทั่วไปแล้วข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความต้องการสินค้าหรืออุปสงค์ รวมทั้งข้อมูลด้านอื่น ๆ ในองค์กรมักจะมีรูปแบบเคลื่อนไหวตามฤดูกาล เทศกาล และวันหยุดต่าง ๆ ในรอบปีซึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงซ้ำเดิมในช่วงเวลาที่น้อยกว่า 1 ปี เช่น ยอดขายเครื่องประดับส่งออกจะมียอดขายสูงในช่วงเทศกาลอีสเตอร์และคริสต์มาสของทุกปี หรือจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางไปท่องเที่ยวในช่วงวันหยุดและเทศกาลจะมีจำนวนสูงกว่าเวลาปกติปริมาณการใช้น้ำมันจะสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อนเนื่องจากมีจำนวนผู้เดินทางท่องเที่ยวมากขึ้น ในขณะที่ร่มจะขายได้ดีในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกบ่อย ๆ เป็นต้น โดยจะเป็นเช่นนี้ซ้ำ ๆ กันในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละปี โดยช่วงเวลาที่บันทึกข้อมูล (Time period) นั้น อาจจะเป็น ชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน หรือไตรมาส ก็ได้ ซึ่งจะเรียกช่วงเวลาที่บันทึกนี้ว่าฤดูกาล (Seasonal) และสิ่งที่ใช้ในการประมาณข้อมูลที่ผันแปรตามฤดูกาล คือ ดัชนีฤดูกาล (Seasonal index)

ดัชนีฤดูกาลส่วนใหญ่จะแสดงในรูปของร้อยละ เช่น ดัชนียอดขายของเสื้อกันหนาวเดือนมกราคมเท่ากับ 125 หมายความว่าเนื่องจากการผันแปรจากฤดูกาล (ช่วงฤดูหนาว) จึงทำให้ปริมาณยอดขายของเสื้อกันหนาวเดือนมกราคมสูงกว่าปริมาณยอดขายเฉลี่ยถึงร้อยละ 25 ในทาง

ตรงข้ามหากดัชนียอดขายของเสื้อกันหนาวเดือนเมษายนเท่ากับ 85 หมายความว่า เนื่องจากการผันแปรจากฤดูกาล (ช่วงฤดูร้อน) จึงทำให้ของเสื้อกันหนาวเดือนเมษายนต่ำกว่าปริมาณยอดขายเฉลี่ยถึงร้อยละ 15 เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีอากาศร้อน เป็นต้น

เมื่อข้อมูลที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องจำเป็นต้องหาวิธีที่จะปรับค่าฤดูกาลก่อน การพยากรณ์ข้อมูลที่มีฤดูกาลนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงวิธีการพยากรณ์ด้วยดัชนีฤดูกาล (สำหรับตัวแบบผลคูณ) ที่เป็นวิธีที่นิยมใช้วิธีหนึ่ง มีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

คำนวณหาปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อฤดูกาล โดยนำปริมาณความต้องการทั้งหมดหารจำนวนฤดูกาล เช่น หากข้อมูลเป็นรายไตรมาส ก็จะหารด้วย 4 หรือข้อมูลเป็นรายเดือนก็จะหารด้วย 12 เป็นต้น

นำปริมาณความต้องการจริงต่อฤดูกาลหารด้วยปริมาณความต้องการเฉลี่ย ที่ได้จากข้อ (1) จะได้ดัชนีฤดูกาล (Seasonal factor) ของแต่ละฤดูกาลในช่วงเวลาหนึ่งปี

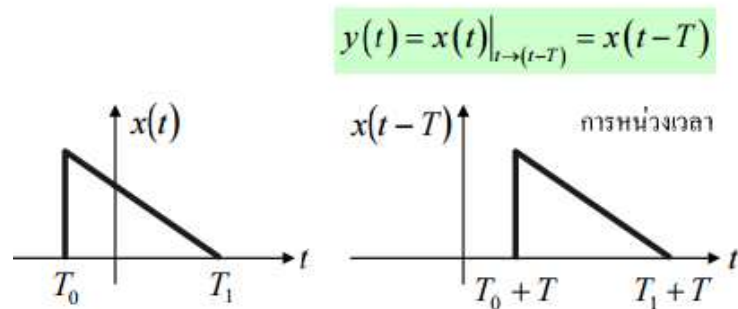
คำนวณหาดัชนีฤดูกาลเฉลี่ยของแต่ละฤดูกาล โดยใช้ผลลัพธ์จากข้อ (2) โดยรวมดัชนีฤดูกาลทั้งหมดในช่วงเวลาที่ตรงกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูล

ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการในฤดูกาลถัดไป จะสามารถทำได้โดยหาจำนวนปริมาณความต้องการจริงเฉลี่ยต่อฤดูกาลในปีถัดไป ซึ่งสามารถเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษา จากนั้นให้หารปริมาณความต้องการต่อปีนั้นด้วยจำนวนฤดูกาล แล้วจึงนำปริมาณความต้องการต่อปีเฉลี่ยนั้นคูณด้วยดัชนีฤดูกาล ก็จะได้ค่าพยากรณ์ในฤดูกาลถัดไป

11. การเลื่อนเวลาของสัญญาณ (Time shifting)

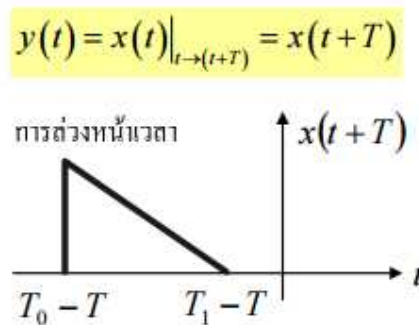
การเลื่อนเวลา (Time-shifting) เป็นการเลื่อนปรับเวลาของสัญญาณให้มีลักษณะที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะทำให้ได้อยู่สองแบบ คือ แบบหน่วงเวลา (Delay) และแบบล่วงหน้าเวลา (Advance)

แบบหน่วงเวลา (Delay) ถ้าต้องการให้สัญญาณ $y(t)$ มีค่าเท่ากับ $x(t)$ ที่ถูกหน่วงเวลาไป $T > 0$ หน่วย เปลี่ยนตัวแปรอิสระของ $x(t)$ จาก t ไปเป็น $t - T$



ภาพที่ 2-22 การเลื่อนแบบหน่วงเวลา (Delay) (พื้นฐานของสัญญาณ, 2559)

แบบล่วงหน้าเวลา (Advance) ถ้าต้องการให้สัญญาณ $y(t)$ มีค่าเท่ากับ $x(t)$ ที่ถูกล่วงหน้าเวลาไป $T > 0$ หน่วย เปลี่ยนตัวแปรอิสระของ $x(t)$ จาก t ไปเป็น $t + T$



ภาพที่ 2-23 การเลื่อนแบบล่วงหน้าเวลา (Advance) (พื้นฐานของสัญญาณ, 2559)

2.12 System on a chip (SoC)

System on chip คือ การนำเอาองค์ประกอบทุกอย่างของระบบคอมพิวเตอร์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไว้บนชิพเพียงตัวเดียว โดยเป้าหมายของ SoC ก็ทำเพื่อการประหยัดพลังงาน ประหยัดพื้นที่ และประหยัดค่าใช้จ่าย องค์ประกอบโดยทั่วไปของ SoC อย่างน้อยต้องประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (อย่างน้อย 1 ตัว) ซึ่งจะเป็นแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือเป็น ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือหน่วยประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital signal processing (DSP) core) ก็ได้

หน่วยความจำ อาจจะเป็นชนิด รอม (ROM) หรือแรม (RAM) หรืออีอีพรอม (EEPROM) หรือหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash memory) ก็ได้ หรือมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้

ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน

อุปกรณ์เสริม (Peripherals) เช่น Counter, Timer หรือ Power-on reset generator

หน่วยควบคุมการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น USB, WireFire, Ethernet, USART,

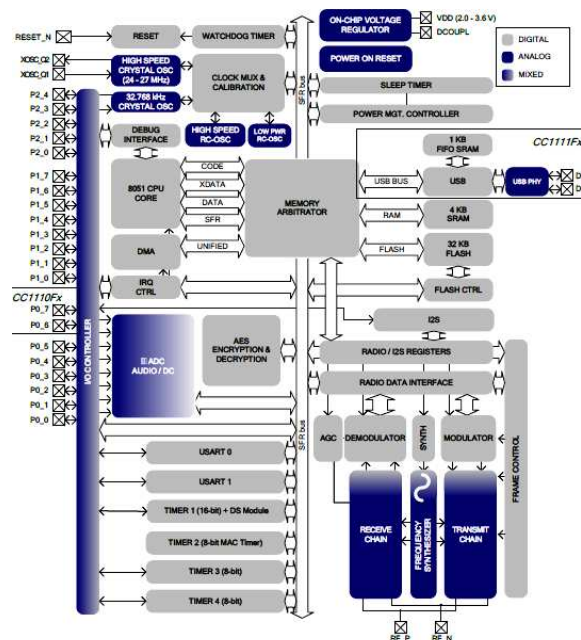
SPI

วงจรเสริมแบบอนาล็อก (Analog interface) ประกอบไปด้วย วงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกไปเป็นดิจิทัล (Analog to digital converter: ADC) และวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นอนาล็อก (Digital to analog converter: DAC)

วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage regulator) และวงจรควบคุมการใช้พลังงาน (Power management circuit)

2.12.1 Chip CC1110

เป็น System on a chip ที่ได้รวมเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ที่มี Flash memory ขนาด 32 kb และตัว RF สามารถโปรแกรมเพื่อใช้ย่านความถี่ได้ตั้งแต่ 300-1,000 MHz และถูกออกแบบมาให้ใช้พลังงานน้อยมากเหมาะกับอุปกรณ์สื่อสารขนาดเล็กจัดการสัญญาณและสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 2-24 C1110Fxx/CC1111Fxx Block Diagram (C1110 datasheet, 2016)

บล็อกรของ CC1110Fx/CC1111Fx จะแสดงโมดูลที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ Module CPU , Module RF Transceiver และ Module Timer

Module CPU

Chip CC1110 ได้มีการรองรับการต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกโดยผ่านโมดูลตัวควบคุม 8051 ดังนี้

4 I/O ports ทั้งหมด 26 pin

2 timers โดย PWM function

Watchdog timer

Real-time clock

SPI Master

Hardware DES encryption / decryption

Random bit generator

10 bit ADC

Port	Available pins	Alternate Function	
		Normal operation	Flash Programming
P0	P0.0	SCK, SPI Serial Clock output	SCK, SPI Serial Clock Input
	P0.1	MO, SPI Master Output	SI, SPI Slave Input
	P0.2	MI, SPI Master Input	SO, SPI Slave Output
	P0.3	-	-
P1	P1.0	-	-
	P1.1	-	-
	P1.2	-	-
	P1.3	-	-
	P1.4	-	-
	P1.5	-	-
	P1.6	-	-
P2	P2.0	RXD1, Serial port 1 input	-
	P2.1	TXD1, Serial port 1 output	-
	P2.2	-	-
	P2.3	-	-
	P2.4	-	-
	P2.5	-	-
	P2.6	-	-
	P2.7	-	-
P3	P3.0	RXD0, Serial port 0 input	-
	P3.1	TXD0, Serial port 0 output	-
	P3.2	INT0, External interrupt 0	-
	P3.3	INT1, External interrupt 1	-
	P3.4	T0, Counter input 0 to Timer 0, or PWM2, PWM output from Timer 2	-
	P3.5	T1, Counter input 1 to Timer 1, or PWM3, PWM output from Timer 3	-

ภาพที่ 2-25 รายละเอียด I/O จำนวน 4 port ที่สามารถใช้งานได้ คือ P0, P1, P2, P3

(C1110 datasheet, 2016)

CC1110 ports มีข้อแตกต่างกับ 8051 ทั่ว ๆ ไปดังนี้

Pull down on pins

เชื่อมต่อไปยัง Register โดยตรง

CMOS output level ทุกพอร์ต

Module RF Transceiver

CC1110 คือ UHF RF Transceiver ที่ออกแบบมาให้ใช้พลังงานต่ำมาก โดยจะรองรับย่านความถี่ตั้งแต่ที่ 315, 433, 868 และ 915 MHz แต่สามารถปรับในเชิง โปรแกรมให้ใช้ย่านความถี่ได้ตั้งแต่ 300-1000 MHz Module RF Transceiver เป็นโมดูลสื่อสารไร้สาย (Wireless) ชนิด Half duplex ทำงานภายใต้ความถี่ 433 MHz ถูกออกแบบให้ใช้งานง่ายเพียงกำหนดให้มีแชนแนลตรงกันก็สามารถเชื่อมต่อสื่อสารกันได้ ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

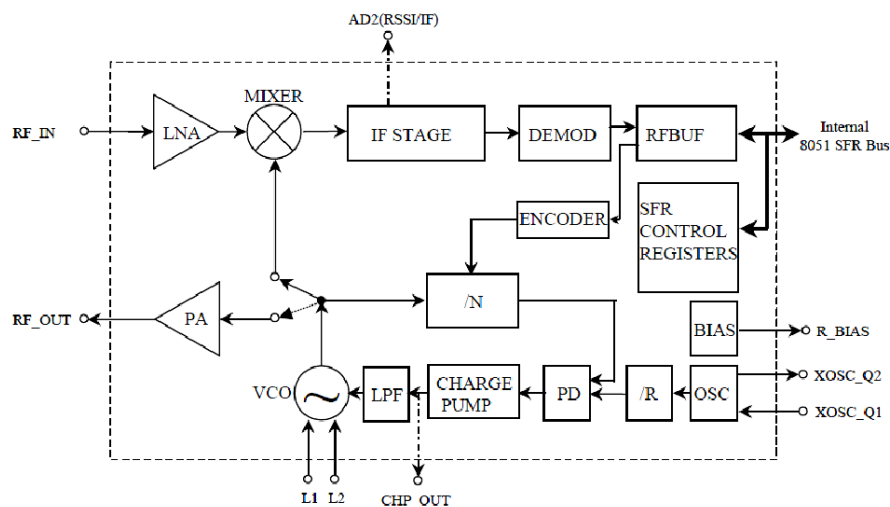
ความถี่ที่ใช้งานได้ 423-434 MHz

ระยะทางรับส่ง 100 M

กำลังการส่ง 20 mw

มี 1 แชนแนล

สื่อสารแบบ point to multipoint



ภาพที่ 2-26 Simplified block diagram of the RF Transceiver (C1110 datasheet, 2016)

Module Timer

CC1110 มี Timer ให้ใช้งานได้ 2 ตัว (Timer 0 and Timer 1) Timer / Counter 0 และ 1 สามารถเลือกใช้โหมดการทำงานได้จาก Programming ซึ่งทำให้มี Output ได้ทั้งหมด 4 โหมด

13 bit timer/ counter (Mode 0)

16 bit timer/ counter (Mode 1)

8 bit timer/ counter with auto-reload (Mode 2)

Two 8 bit timers/ counters (Mode 3, Timer 0 only)

Mode 0 นี้จะใช้ bit 0 ถึง 4 สำหรับ TL0/ TL1 และทั้ง 8 bit สำหรับ TH0/ TH1 รวมทั้งหมด 13 บิต การทำงานเมื่อ TL0/ TL1 นับจาก 0 จนถึง 31 มันจะรีเซ็ตเป็น 0 ใหม่และเพิ่มค่า TH0/ TH1 ไป 1 ค่า ฉะนั้นโหมดนี้สามารถนับได้ทั้งหมด 8192 ค่า

Mode 1 นี้ก็จะคล้ายกับ Mode 0 แต่จะใช้ bit รวมทั้ง 16 bit (TLX 8/ THX 8) ฉะนั้น Mode นี้จะสามารถนับได้ทั้งหมด 65536 ค่า

Mode 2 คือ 8 bit auto reload โหมดนี้จะใช้เพียงแค่ TLX เพียงอย่างเดียว THX ไม่ได้ใช้ ฉะนั้นจะใช้นับค่าตั้งแต่ 0-255

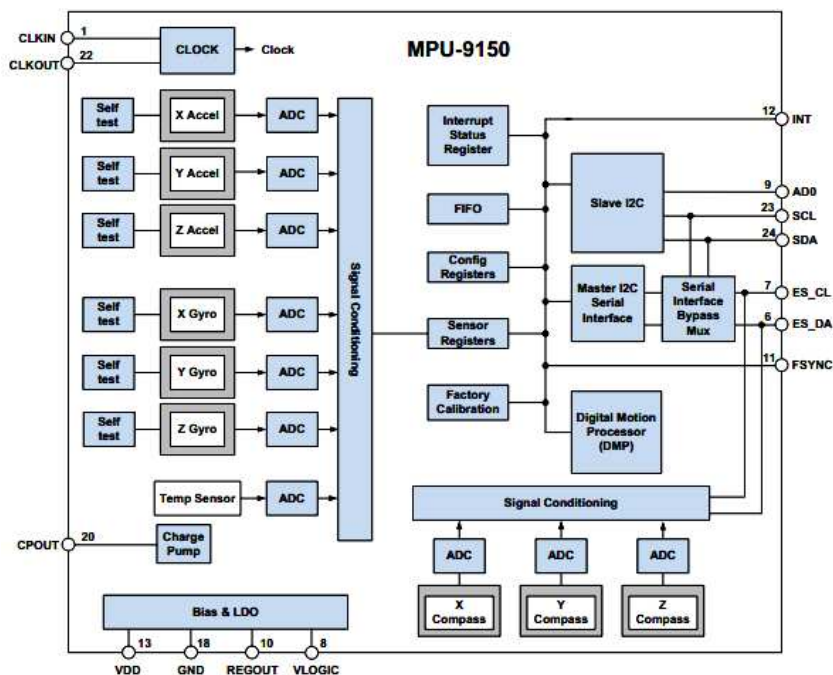
Mode 3 คือ 8 bit split timer mode ถ้าเซต Timer 0 ที่โหมดนี้ timer จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Timer 0 ใช้ TL0 และ Timer 1 ใช้ TH0 ประโยชน์ของการใช้ Mode นี้คือ สามารถเป็น Timer ออกเป็น 2 ส่วนเพื่อใช้งาน 2 ด้านพร้อม ๆ กัน Watchdog Timer CC1110 ได้รวมเอา 8 bit watchdog timer มาไว้ในตัวโดยใช้ Clock ของระบบ โดย clock จะใช้นับช่วงตั้งแต่ 2048-16384 ข้อแนะนำ Watchdog timer ไม่สามารถใช้ใน Power down mode ได้

Real-time clock

สามารถสร้าง Interrupt ในช่วงเวลาได้ตั้ง 1 ถึง 127 ที่ความถี่ 32kHz Crystal oscillator Serial port ถูกควบคุมโดย SCON0 และ SCON1 Registers serial port 0 ใช้สำหรับเชื่อมต่อทั่วไป โดยใช้ Timer 1 สำหรับสร้าง Baudrate ส่วน Serialport 1 นั้นจะใช้สำหรับการ Debug โปรแกรม (แต่ก็สามารถนำมาใช้ทั่วไปได้)

2.12.2 Chip MPU-9150

เป็น IMU Sensor ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์รวมกัน ได้แก่ Accelerometer sensor, Gyro sensor และ Magnetometer sensor อย่างละสามแกน (สามมิติ) รวมทั้งหมด 9 แกน และมี Digital motion processor (DMP) สำหรับประมวลผลการนำวิถีในตัว



ภาพที่ 2-27 MPU-9150 Block Diagram (MPU-9150 datasheet, 2016)

ภาพรวมของ MPU-9150 ประกอบด้วยฟังก์ชันต่าง ๆ ดังนี้

Three-Axis MEMS Gyroscope with 16-bit ADCs & Signal Conditioning

MPU-9150 จะวัดอัตราการหมุนของ 3 แกน ได้แก่ แกน X Y และ Z เมื่อ Gyro sensor ตรวจพบการหมุนของแกนจะส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่จะหมุนใด ๆ เกี่ยวกับความรู้สึกของแกนที่มีผลทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบ Coriolis effect คือ ปรากฏการณ์ที่ วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่ภายในระบบที่กำลังหมุนรอบตัวเอง ซึ่งตรวจพบโดย Pickoff capacitive สัญญาณที่ได้จะส่งผลให้มีการขยาย Demodulated และกรองในการผลิตแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับอัตราเชิงมุมแรงดันไฟฟ้านี้จะใช้ในรูปแบบดิจิตอลบนชิป 16 บิต Analog การแปลงดิจิตอล (ADCs) ตัวอย่างแต่ละแกนช่วงที่เต็มรูปแบบของ Gyro sensor อาจจะเป็นโปรแกรมดิจิตอลถึง ± 250 , ± 500 , ± 1000 หรือ $\pm 2,000$ องศาต่อวินาที (dps) อัตราตัวอย่าง ADC เป็นโปรแกรมจาก 8,000 ตัวอย่างต่อวินาทีถึงไป 3.9 ตัวอย่างต่อวินาทีและผู้ใช้สามารถเลือกตัวกรองต่ำผ่านการเปิดใช้งานที่หลากหลายของการตัดความถี่

Three-Axis MEMS Accelerometer with 16-bit ADCs & Signal conditioning

MPU-9150 3 แกน Accelerometer ใช้หลักการทำงานแยกวัดความเร่งแต่ละแกนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลหลักฐานที่สอดคล้องกันและเซ็นเซอร์ตรวจจับ

การเคลื่อนที่ Capacitive สถาปัตยกรรม MPU-9150 ที่ช่วยลดความไวต่อ Accelerometer เมื่ออุปกรณ์ถูกวางไว้บนพื้นผิวที่เรียบจะวัด 0g ในแกน X Y Z ปัจจุบันขนาด Accelerometer มีการสอบเทียบที่โรงงานและที่เป็นอิสระจากแรงดัน เช่น เซอร์แต่ละชนิดมี ADC เฉพาะสำหรับการให้ผลดิจิตอลช่วงที่เต็มรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลจะสามารถปรับได้ถึง $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ หรือ $\pm 16g$

Three-Axis MEMS Magnetometer with 13-bit ADCs & Signal conditioning

Magnetometer มี 3 แกนใช้เทคโนโลยี Hall Sensor มีความไวสูง ส่วนเข็มทิศของ IC ประกอบด้วยเซ็นเซอร์แม่เหล็กในการตรวจสอบอำนาจแม่เหล็กโลกในแกน X Y และ Z ขยายสัญญาณและวงจรการคำนวณสำหรับการประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์แต่ละ ADC มีความละเอียด 13 บิต

Digital motion processor

The digital motion processor (DMP) จะติดตั้งอยู่ภายใน MPU-9150 จะมีวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอน โดยจะรับสัญญาณที่ได้จาก Accelerometers, Gyros, Magnetometers และจะประมวลผลข้อมูล จากข้อมูลที่ได้สามารถอ่านได้จาก DMP วัตถุประสงค์ของ DMP คือ การ offload ทั้งเวลาและพลังงานประมวลผลจากหน่วยประมวลผลโฮสต์ โดยปกติขั้นตอนวิธีการประมวลผลเคลื่อนไหวกว่าจะทำงานในอัตราที่สูงมักจะรอบ 200 Hz เพื่อที่จะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องด้วย Latency ต่ำนี้เป็นสิ่งจำเป็นแม้ว่าการปรับปรุงโปรแกรมในอัตราที่ต่ำมาก ตัวอย่างเช่น ส่วนติดต่อผู้ใช้พลังงานต่ำอาจมีการปรับปรุงช้าเป็น 5Hz แต่การประมวลผลเคลื่อนไหวยังคงต้องทำงานที่ 200Hz DMP สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการที่จะลดการใช้พลังงานง่ายและลดความซับซ้อนของสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์

Primary I2C

MPU-9150 สื่อสารกับระบบประมวลผลโดยใช้อินเตอร์เฟซอนุกรม I2C MPU-9150 มักจะทำหน้าที่สื่อสารกับระบบประมวลผล ระดับตรรกะสำหรับการสื่อสารหลักถูกกำหนดโดยแรงดันไฟฟ้าที่ขา VLOGICLSB ของที่อยู่ I2C ถูกกำหนดโดยขาที่ 9 (AD0)

Self-Test

MPU-9150 มีระบบในการทดสอบซึ่งช่วยให้การทดสอบส่วนทางกลและทางไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ต่าง ๆ กับแกนวัดแต่ละแกนสามารถใช้งานได้ เมื่อระบบ Self-Test ถูกเปิดใช้งาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้เซ็นเซอร์ผลิตสัญญาณออก สัญญาณที่ใช้ในการสังเกตการตอบสนองของการ Self-Test

MPU-9150 Solution for 10-Axis sensor fusion using I2C interface

เป็นระบบประมวลผลหลัก I2C นอกจากนี้ MPU-9150 เป็น I2C master จะเลือกเซ็นเซอร์จากภายนอก ขึ้นอยู่กับระบบประมวลผลในการจัดการการกำหนดค่าเริ่มต้นของเซ็นเซอร์ MPU-9150 มี Multiplexer ผ่านอินเตอร์เฟซที่เชื่อมต่อระบบประมวลผล I2C ขาบัต 23 และ 24 (SDA และ SCL) โดยตรงกับเซ็นเซอร์ช่วย I2C บัต 6 และ 7 (ES_DA และ ES_CL) เมื่อเซ็นเซอร์ได้รับการกำหนดค่าโดยการประมวลผลระบบแบบ Bypass multiplexer ติดต่อกันควรจะปิดการใช้งานเพื่อให้ MPU-9150 I2C สามารถใช้การควบคุมของบัต I2C เซ็นเซอร์และรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ได้

Procedure for directly accessing the AK8975 3-axis compass

AK8975 สามแกนเข็มทิศจะเชื่อมต่อกับ MPU-9150 ผ่าน MPU ซึ่งจะช่วย I2C บัต ในการเชื่อมต่อใช้เข็มทิศนี้โดยตรง

Internal clock generation

MPU-9150 มีรูปแบบสัญญาณนาฬิกาที่มีความยืดหยุ่นช่วยให้มีความหลากหลายของที่จะใช้สำหรับวงจรพร้อมกันภายในพร้อมกันรวมถึงเครื่องส่งสัญญาณและ ADCs, DMP และวงจรควบคุมต่าง ๆ

Sensor data registers

ข้อมูลของเซ็นเซอร์ Gyro, Accelerometer, Magnetometer และข้อมูลการวัดอุณหภูมิสามารถที่จะอ่านอย่างเดี่ยวและได้รับการเข้าถึงได้ผ่านทางอินเตอร์เฟซอนุกรม ข้อมูลจากการลงทะเบียนเหล่านี้อาจจะอ่านได้ตลอดเวลา แต่ฟังก์ชัน Interrupt อาจจะใช้ในการตรวจสอบเมื่อมีข้อมูลใหม่ที่สามารถใช้ได้

FIFO

MPU-9150 มีระบบ FIFO 1024 ไบต์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยผ่านทางอินเตอร์เฟซ อนุกรม FIFO ที่กำหนดข้อมูลจะถูกเขียนลงใน FIFO ทางเลือก คือ การรวมข้อมูลที่ได้จาก Gyro, Accelerometer การอ่านค่าเซ็นเซอร์อุณหภูมิและ Fsync FIFO input

Interrupts

การทำงานมีการกำหนดค่าผ่านทาง Interrupts รวมถึงการกำหนดค่า INT ขา Interrupts รายการที่สามารถก่อให้เกิดการ Interrupts คือ ข้อมูลใหม่ที่สามารถอ่านได้ (จากFIFO) และกรณี Accelerometer interrupts

Digital-Output temperature sensor

ชิปเซ็นเซอร์อุณหภูมิและ ADC จะใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดย MPU-9150 อ่านค่าได้จาก ADC, FIFO หรือข้อมูลเซ็นเซอร์

Bias and LDO

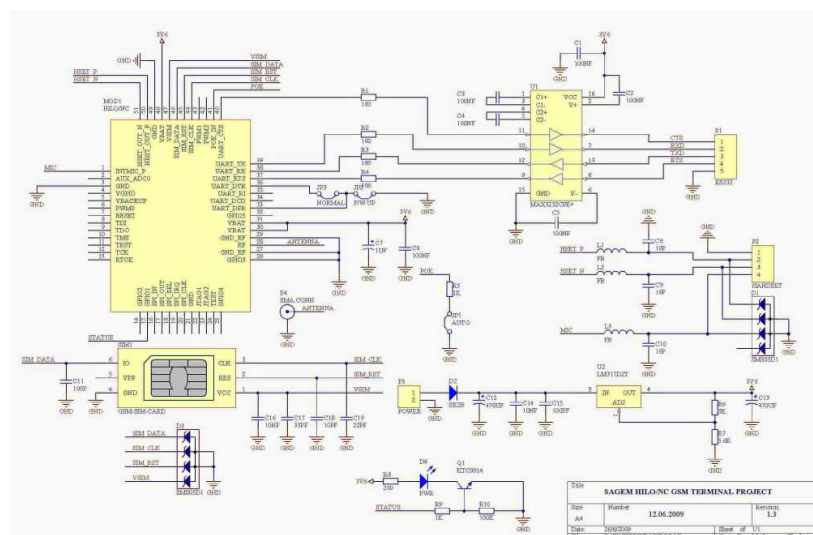
การทำงานของ MPU-9150 มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ขา VDD ส่วน VLOGIC เป็นขาอ้างอิงแรงดันจาก Supply ส่วน LDO output ถูก bypassed โดยตัวเก็บประจุที่ขา REGOUT

Charge Pump

เป็นบอร์ดสร้างแรงดันสูงที่จำเป็นสำหรับกร Oscillators MEMS ถูก Bypassed โดยตัวเก็บประจุที่ขา CPOUT

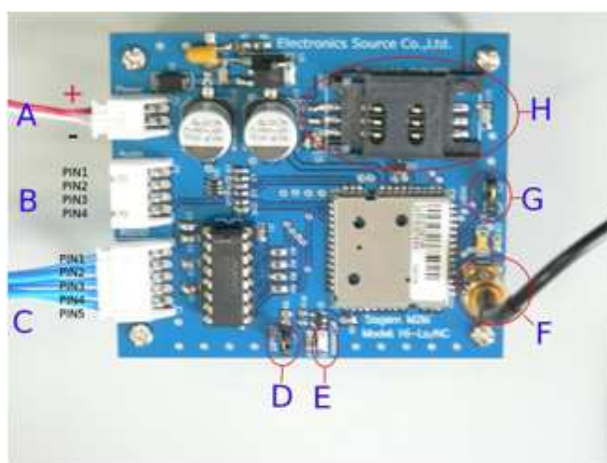
2.13 GSM Module

GSM Module ยี่ห้อ Sagem รุ่น HiLo/NC เป็น GSM Module เป็นโมดูล ที่ออกแบบมาใช้ในการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักรเรียกว่า M2M (Machine to machine) ซึ่งเป็นโมดูลเอนกประสงค์ที่รวมความสามารถของโทรศัพท์มือถือเข้ากับวิธีการเชื่อมต่อหรือ Interface ที่ง่ายต่ออาการสั่งงานโดยเครื่องจักร (ไมโครคอนโทรลเลอร์) เราเรียกโมดูลดังกล่าวว่า GSM Module



ภาพที่ 2-28 วงจร GSM Module ยี่ห้อ Sagem รุ่น HiLo/NC (Electronics Source Co.,Ltd, 2016)

คุณสมบัติของอุปกรณ์ GSM Module ยี่ห้อ Sagem รุ่น HiLo/NC
 สนับสนุนเครือข่าย GSM 850 900 1800 1900 MHz
 มีช่องใส่ SIM การ์ดบนบอร์ด
 ใช้แหล่งจ่ายไฟ DC 12~30V กระแสไม่ต่ำกว่า 100 mA
 สั่งงานผ่านพอร์ต RS 232 โดยใช้คำสั่ง AT Command
 มีช่องต่อสัญญาณเสียง สามารถต่อหูฟังและไมค์โครโฟนได้โดยตรง
 ต่อสายอากาศ 50 โอห์ม ผ่านคอนเนคเตอร์แบบ SMA



ภาพที่ 2-29 ตำแหน่งจุดต่อต่าง ๆ บนบอร์ด NC (Electronics Source Co.,Ltd, 2016)

จุดต่อ Power supply (12~30V DC)

จุดต่อไมโครโฟนและหูฟัง

PIN1 = MIC -

PIN2 = SPEAKER+

PIN3 = SPEAKERPIN4

PIN4 = MIC+

C. จุดต่อ RS232

PIN1 = RS232 RTS (Connected to pin 8 of DB9 connector)

PIN2 = RS232 RXD (Connected to pin 2 of DB9 connector)

PIN3 = RS232 TXD (Connected to pin 3 of DB9 connector)

PIN4 = RS232 CTS (Connected to pin 7 of DB9 connector)

PIN5 = GND (Connected to pin 5 of DB9 connector)

D. Jumper (JP1) ตั้ง Auto Start (หรือใช้ต่อเข้าสวิตช์แบบ SPDT เพื่อ Start โมดูลแบบ manual)

E. LED แสดงสถานะของ GPIO1 (สามารถโปรแกรมใหม่แสดงสถานะ Network)

F. ขั้วต่อสายอากาศ

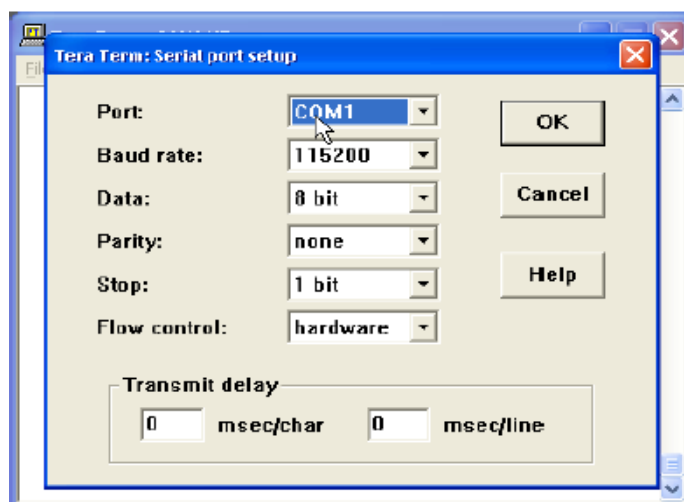
G. Jumper เลือกสัญญาณ DTR หากต่อ JP2 สัญญาณ DTR จะต่อลงกราวด์ แต่หากต่อ JP3 จะเป็นการต่อ DTR เข้ากับ DSR หรือ loop back

H. Socket สำหรับใส่ SIM card

การเชื่อมต่อและทดสอบการใช้งาน

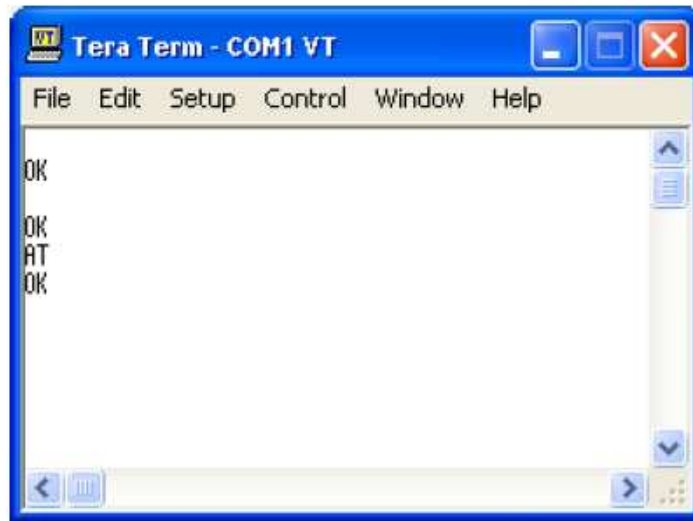
เปิดโปรแกรม Tera Term หรือ โปรแกรม Serial port terminal จากนั้นตั้งค่า COM Port ให้ตรงกับช่องบอร์ดที่ใช้การทดลอง โดยปรกติ GSM Module จะถูกตั้งค่า Auto baud rate สามารถตั้ง Baud rate ในช่วง 600~115,200 ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

Flow control ให้ตั้งเป็น Hardware หรือ None ก็ได้ แต่ควรเลือก Hardware flow control เนื่องจากในโหมดของ GPRS นั้น Flow control สามารถรับส่งข้อมูลในปริมาณที่มากได้



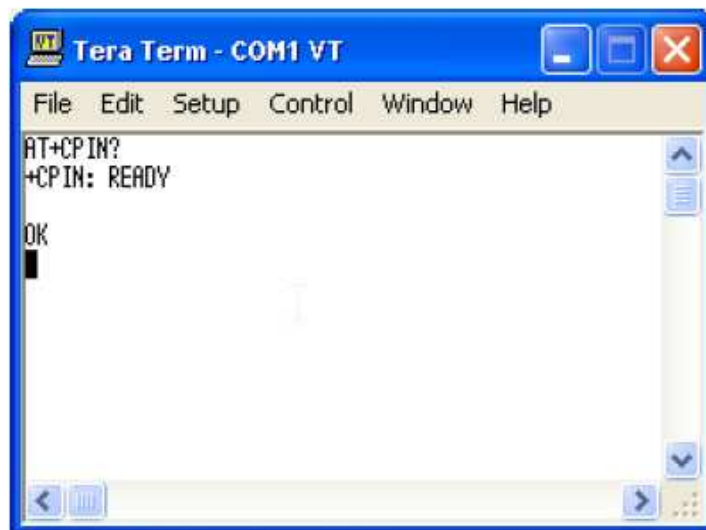
ภาพที่ 2-30 การตั้งค่า Serial Port (Electronics Source Co.,Ltd., 2016)

ป้อนไฟเข้าสู่การทดลองและลองทดสอบพิมพ์ AT <enter> โดยใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ ซึ่งถ้าสามารถใช้งานได้บอร์ดจะต้องตอบกลับมาว่า OK <new line>

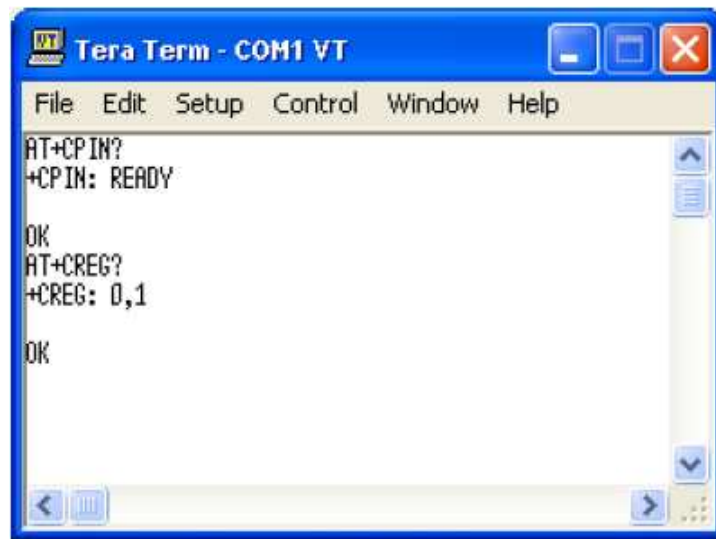


ภาพที่ 2-31 การตอบสนองเมื่อป้อนคำสั่ง AT <enter> (Electronics Source Co.,Ltd, 2016)

ใช้คำสั่ง AT+CPIN? ตรวจสอบสถานะ Sim card หลังจากนั้นให้ใช้คำสั่ง AT+CREG? <enter> ตรวจสอบสถานะ GSM Network หรือใช้คำสั่ง AT+CREG=1 <enter> เพื่อให้รายงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งโดยปกติถ้าระบบรายงานมาว่า +CREG x,1 <new line> แสดงว่าได้เชื่อมต่อกับเครือข่ายแล้ว หรือรายงาน +CREG x,5 <new line> แสดงว่าเป็นการ Roaming ข้ามเครือข่าย



ภาพที่ 2-32 การตรวจสอบสถานะ Sim card (Electronics Source Co.,Ltd, 2016)



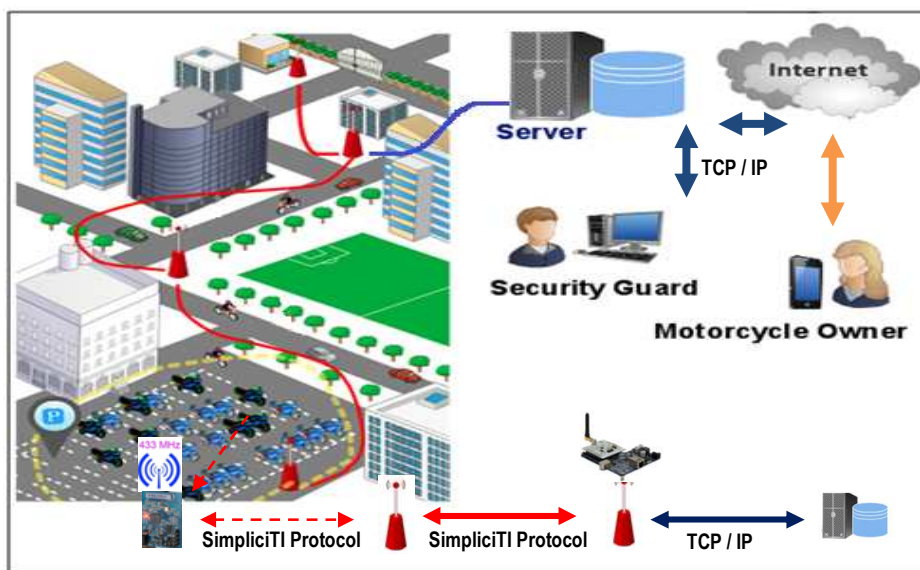
ภาพที่ 2-33 การตรวจสอบสถานะเครือข่าย (Electronics Source Co.,Ltd, 2016)

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ภาพรวมการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

โครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัยที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพและนำมาทดสอบใช้งานจริงได้ โดยระบบที่พัฒนาใหม่นี้สามารถส่งข้อความไปเตือนให้เจ้าของรถจักรยานยนต์รับทราบว่ารถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งานถูกโจรกรรม และนอกจากนี้ยังได้มีการนำสัญญาณค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้จาก Accelerometer มาวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณ แยกรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในลักษณะท่าทางต่าง ๆ ออกมา เพื่อที่จะสามารถกำหนดเบื้องต้นได้ว่ารถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งานนั้น มีแนวโน้มจะถูกโจรกรรมหรือไม่ โดยไม่ต้องรอให้ระบบส่งข้อความแจ้งเตือนในกรณีที่รถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรมไปแล้ว การทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์เดิมดังกล่าวเป็นการนำเทคโนโลยี System on chip มาประยุกต์ใช้งานเพื่อเฟิร์มแวร์การโจรกรรมรถจักรยานยนต์ภายในมหาวิทยาลัยว่ามีสถานะเป็นปกติและมีแนวโน้มว่ากำลังจะถูกโจรกรรม หรือรถจักรยานยนต์ได้ถูกโจรกรรมไปแล้ว ซึ่งระบบเดิมนี้อาจทำการบันทึกข้อมูลของรถจักรยานยนต์แต่ละคัน สถานะตำแหน่งที่อยู่ ในแต่ละช่วงเวลาเป็นอย่างไร เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบ เฟิร์มแวร์ และแจ้งเตือนให้กับเจ้าของรถจักรยานยนต์เมื่อถูกโจรกรรม



ภาพที่ 3-1 ภาพรวมการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

หลักการการทำงานเริ่มต้นจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (IRF Tag) ที่ติดตั้งภายในรถจักรยานยนต์จะทำการเก็บค่าข้อมูลต่าง ๆ ทั้งสถานะ ตำแหน่ง และระดับแรงดันแบตเตอรี่ จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลให้กับสถานีรับส่งสัญญาณ (Base-station) ที่อยู่ใกล้ที่สุด เมื่อส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วอุปกรณ์ จะทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep mode) ตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด เมื่อถึงเวลาอุปกรณ์ก็จะกลับมาทำงานส่งข้อมูลครั้งหนึ่ง และวนรอบการทำงานแบบนี้ไปเรื่อย ๆ เมื่อสถานีรับส่งสัญญาณ (Base-station) ได้รับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังระบบฐานข้อมูล (Data base) ผ่านระบบ Ethernet ทำการเก็บข้อมูลและแจ้งข้อความส่งไปยังโทรศัพท์มือถือเจ้าของรถจักรยานยนต์หากเกิดสถานะที่ผิดปกติ โดยระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์จะประกอบไปด้วย

แท็ก (Tag)

เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งในรถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งาน เพื่อคอยส่งสัญญาณแจ้งรายละเอียดของรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้ง ตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบัน และแจ้งเตือนในกรณีที่ถูกการโจรกรรม

เบสสเตชัน (Base station)

เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ตามอาคารต่างๆ เพื่อคอยรับ-ส่งสัญญาณจากแท็ก (Tag) และรับ-ส่งข้อมูลกับเซิร์ฟเวอร์ (Server)

เซิร์ฟเวอร์ (Server)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ โดยภายในเซิร์ฟเวอร์ (Server) จะมีการติดตั้งระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ เพื่อทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลวิเคราะห์สถานะต่าง ๆ ของผู้ใช้งานและรถจักรยานยนต์ ตลอดจนการแจ้งเตือน

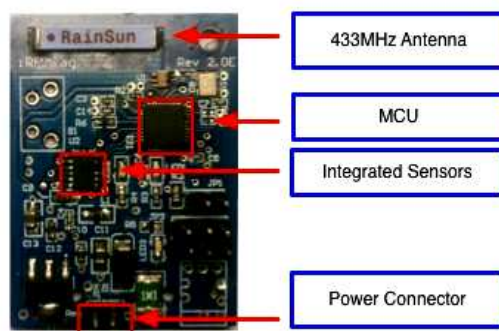
Web Application

เป็นโปรแกรมเพื่อทำหน้าที่ในการเรียกดูสถานะของรถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งาน

อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน

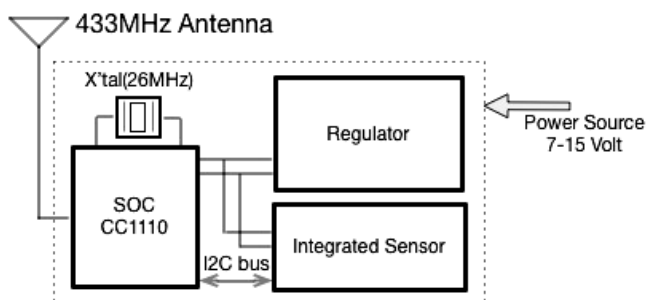
แท็ก (Tag)

เป็นอุปกรณ์สำหรับผู้ใช้งาน โดยที่จะติดตั้งอยู่ที่รถจักรยานยนต์และจะทำการ Detect ว่ารถจักรยานยนต์นั้นกำลังถูกโจรกรรมหรือไม่ ถ้าโดนโจรกรรมแล้วตัวรถจักรยานยนต์นั้นกำลังวิ่งไปในเส้นทางใดและส่งข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นั้น ไปยัง Base station ที่อยู่ใกล้



ภาพที่ 3-2 ส่วนประกอบพีซีบีบอร์ดของ แท็ก (Tag)

ส่วนประกอบของพีซีบีบอร์ดของ แท็ก (Tag) โดยการออกแบบวงจรของ แท็ก (Tag) ที่ติดตั้งภายในรถจักรยานยนต์นั้น จะแบ่งในส่วนของพลังงานการประมวลผลด้านการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ การจัดการด้านรับส่งข้อมูล RF โดยหัวใจหลักของอุปกรณ์ตัวนี้จะอยู่ที่ System on chip CC1110 ซึ่งเป็น Microcontroller ขนาด 8 Bit ตระกูล 8051 และมี RF Transceiver อยู่ภายในตัว และส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 250k/Bit แบบ GFSK กำลังส่งสูงสุด 10 dBm และรองรับ Mode การทำงาน Manchester Encoder มีการใช้ Protocol simpliciTI stack ในการจัดการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอุปกรณ์ ซึ่ง Protocol ดังกล่าวได้ถูกออกแบบโดย TI และใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานในการออกแบบ และสามารถ Enable/ Disable การเข้ารหัสข้อมูลโดยใช้ AES ขนาด 128 Bit เพื่อความปลอดภัย และยังมี IC Integrated sensor ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ 3 ชนิด คือ 3-axis accelerometer, 3-axis gyro and 3-axis magnetometer โดยในการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ดังกล่าวจะใช้การติดต่อผ่านทาง I2C Bus และข้อมูลในรูปแบบ Digital มีการใช้ Chip antenna ซึ่งให้สัญญาณแบบกระจายรอบทิศทาง



ภาพที่ 3-3 บล็อกไดอะแกรมของแท็ก (Tag)

แผนภาพบล็อกสำหรับ โมดูลฮาร์ดแวร์ของการออกแบบที่สามารถมองเห็นการออกแบบรอบหน่วยประมวลผล (CC1110) ซึ่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Integrated sensor และจะส่งข้อมูลออกไปทางคลื่นความถี่ RF ย่าน 433 MHz ไปให้ Base station ต่อไป ซึ่งสาเหตุที่เราเลือกใช้อุปกรณ์ในย่านความถี่ 433 MHz เพราะความถี่นี้ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ในประเทศไทยและย่านความถี่ดังกล่าวจะได้รับผลกระทบเรื่องสัญญาณรบกวนจาก คน รถ ต้นไม้ และสิ่งของต่าง ๆ น้อยกว่าอุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลที่ย่านความถี่สูง ๆ

เบสสเตชัน (Base station)

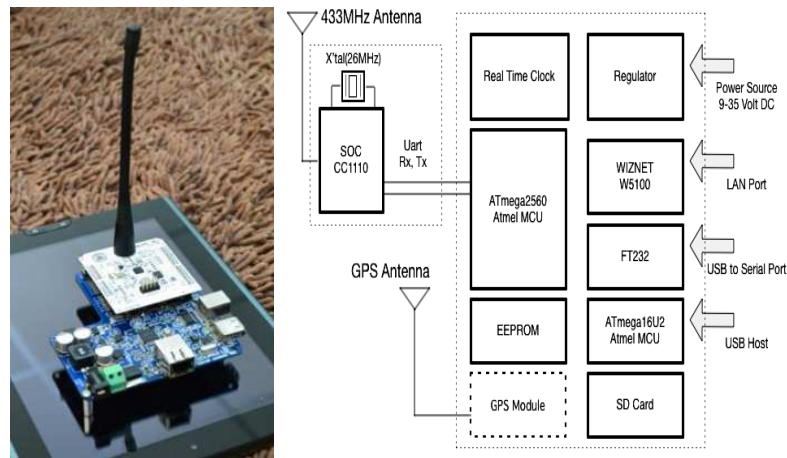
อุปกรณ์รับส่งสัญญาณติดอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของสถานที่จอดรถจักรยานยนต์และตามเส้นทางเดินรถภายในมหาวิทยาลัย มีหน้าที่หลักในการเรียกเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ แท็ก (Tag) ทุกตัวที่อยู่ในบริเวณขอบเขตการรับส่งข้อมูลของตนเอง โดยตัว เบสสเตชัน (Base station) แต่ละต้นจะมีรัศมีการครอบคลุมอยู่ประมาณ 60 เมตร พร้อมทั้งปล่อยข้อมูล UTM จุดที่อยู่ปัจจุบันพร้อมกันในตัวและจะต่อเข้ากับระบบ Ethernet ของมหาวิทยาลัย โดยใช้มาตรฐานเดียวกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในรถจักรยานยนต์ ใช้หน่วยประมวลผล CC1110Fx ติดต่อสื่อสารในย่านความถี่วิทยุ (433 MHz) อุปกรณ์ส่วนนี้จะแบ่งออกได้ออกเป็นสองชิ้น คือ

อีเอ็มบอร์ด (EM board)

บอร์ดใช้หน่วยประมวลผล CC1110Fx ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์พกพาในย่านความถี่ 433MHz ลักษณะของบอร์ดจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับที่ภายในบริเวณใช้เสาโมโนโพล ในการกระจายสัญญาณเพื่อเพิ่มระยะในการสื่อสารให้มากขึ้น

เบสบอร์ด (Base board)

บอร์ดสนับสนุนถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อสนับสนุนบอร์ด EM board เพื่อให้รองรับการใช้งานให้สามารถติดตั้งได้สะดวกมากขึ้นในแต่ละพื้นที่โดยจะสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟได้หลายประเภท เช่น ยูเอสบี (USB) อแดปเตอร์คอนเวอร์เตอร์ (Adapter converter) เป็นต้น และรวมถึงการสนับสนุนช่องทางการติดต่อสื่อสารเพิ่มเติม Serial port

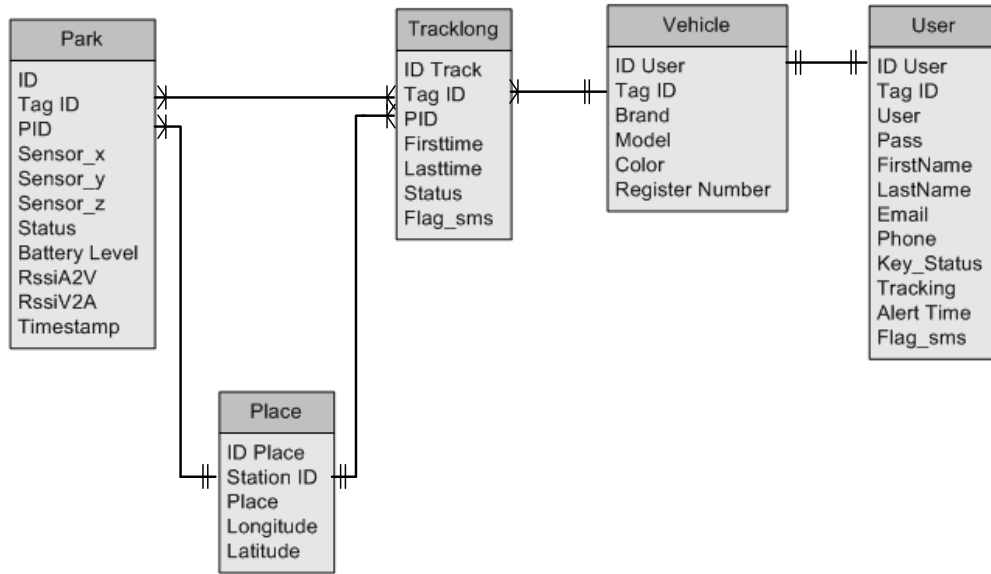


ภาพที่ 3-4 Base station และ บล็อกไดอะแกรม

บล็อกไดอะแกรมเบสสเตชัน (Base station) จะประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็น RF Front End ด้านซ้ายมือทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ แท็ก (Tag) โดยองค์ประกอบภายในนั้นจะคล้ายคลึงกับอุปกรณ์ แท็ก (Tag) ทุกอย่างแตกต่างกันที่อุปกรณ์ชนิดนี้จะไม่มีส่วนของ Sensor มาเกี่ยวข้อง และส่วนที่สองทำหน้าที่พักข้อมูลที่ได้และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ (Server) ที่ภายในประกอบไปด้วย Module ดังนี้ คือ Real time สำหรับใช้บันทึกเวลาเข้ามาของ แท็ก (Tag) ที่เข้ามา Eeprom and Sd-card ใช้สำหรับพักข้อมูลที่ได้รับมาจาก แท็ก (Tag) ทั้งหลาย Ethernet module สำหรับใช้ส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ (Server) USB to Serial port และ USB host สำหรับการ Debug ข้อมูลและการกำหนดค่า Configuration ต่าง ๆ ของบอร์ดผ่านทาง Computer หรือ โทรศัพท์มือถือ

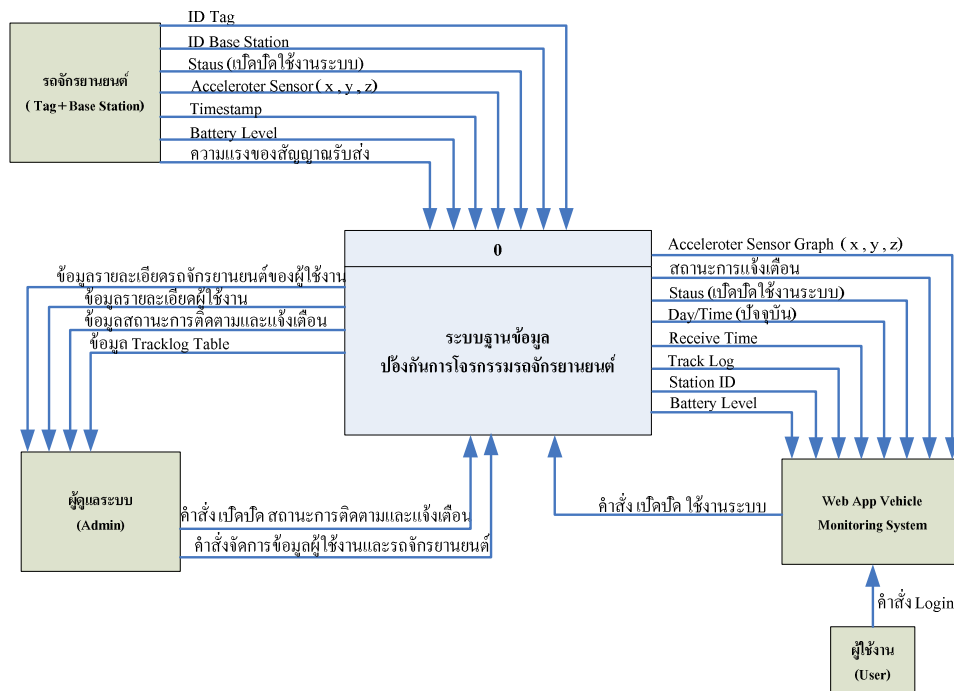
เซิร์ฟเวอร์ (Server)

เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งระบบฐานข้อมูลของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ ทำหน้าที่ในการเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกส่งมาจาก Base station โดยใช้โปรโตคอล TCP/IP โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล ซึ่งจะมีการตรวจสอบสถานะต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์ตลอดเวลา หากมีการโจรกรรมรถจักรยานยนต์เกิดขึ้นระบบฐานข้อมูลนี้ก็จะทำการแจ้งสถานะเตือนไปยังผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยทันที



ภาพที่ 3-5 Relational schema diagram ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

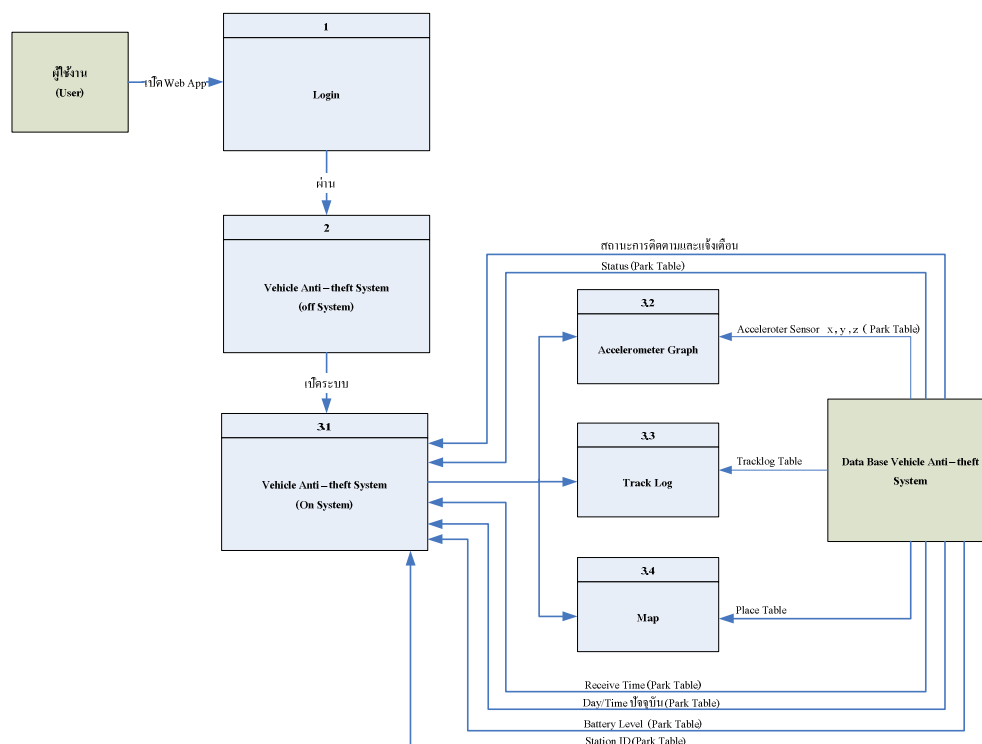
โดยในส่วนของระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ จะประกอบด้วย กระบวนการต่าง ๆ ดังนี้



ภาพที่ 3-6 ฟังแสดงกระแสข้อมูลของระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ ระบบส่วนนี้จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จาก เบสเสตชั่น (Base station) ต่าง ๆ โดยข้อมูลจะถูกจัดเก็บและจัดกรอง ในส่วนนี้ข้อมูลเบื้องต้นที่ทำการจัดกรอง คือ แท็ก (Tag) แต่ละอันนั้นอยู่บริเวณไหนของมหาลัยบ้างแต่ละ แท็ก (Tag) ตัวใดที่มีข้อมูลผิดปกติบ้าง เช่น บางอันมีสถานะ Lock แต่ค่า ความเร่ง ความเอียงของรถ กับมีการเปลี่ยนแปลง ผู้ดูแลระบบ (Security guard) ก็จะทำการแจ้งเตือนผู้ใช้ผ่านทาง WEB Application แต่ถ้าเป็นกรณีที่เกิดความผิดปกติจะถูกโจรกรรมแน่ชัด ก็จะมีการแจ้งผู้ใช้โดยผ่านทาง SMS และมีการแจ้งให้เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่ทางเข้าออกของมหาวิทยาลัยทราบ และทำการเฝ้าระวังและทำการค้นหารถที่คาดว่ากำลังถูกโจรกรรมต่อไป

Web app vehicle monitoring system

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ให้ผู้ใช้งานสามารถ Login เข้ามาสั่งเปิดปิดระบบการทำงาน ตรวจสอบสถานะและรายละเอียดต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์ บนหน้า Web app โดยจะมีรายละเอียดการทำงานดังนี้



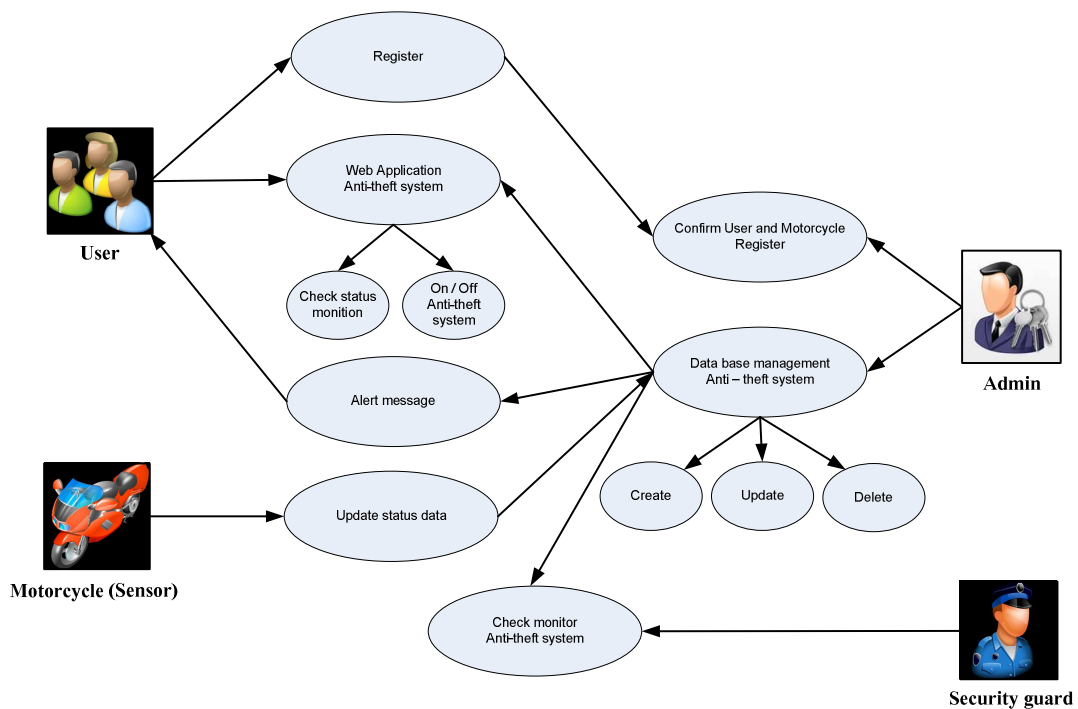
ภาพที่ 3-7 ฟังแสดงขั้นตอนการทำงาน Web app vehicle monitoring system

การพัฒนา ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

จากระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์รูปแบบเดิม ได้มีการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น โดยระบบที่พัฒนาใหม่นี้ได้มีการเพิ่มระบบการทำงานขึ้นมาดังนี้

ระบบการส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนการโจรกรรม

ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์รูปแบบเดิม การแจ้งเตือนการโจรกรรมผู้ใช้งานทราบผ่าน Web app เท่านั้นผู้ใช้งานจะทราบก็ต่อเมื่อต้องเปิดใช้งาน Web app ตลอดเวลา ซึ่งอาจเกิดความล่าช้ากว่าผู้ใช้งานจะทราบและยังไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้นเพื่อให้ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงได้เพิ่มระบบการส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS) การโจรกรรมขึ้นมาโดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3-8 Use case diagram ของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

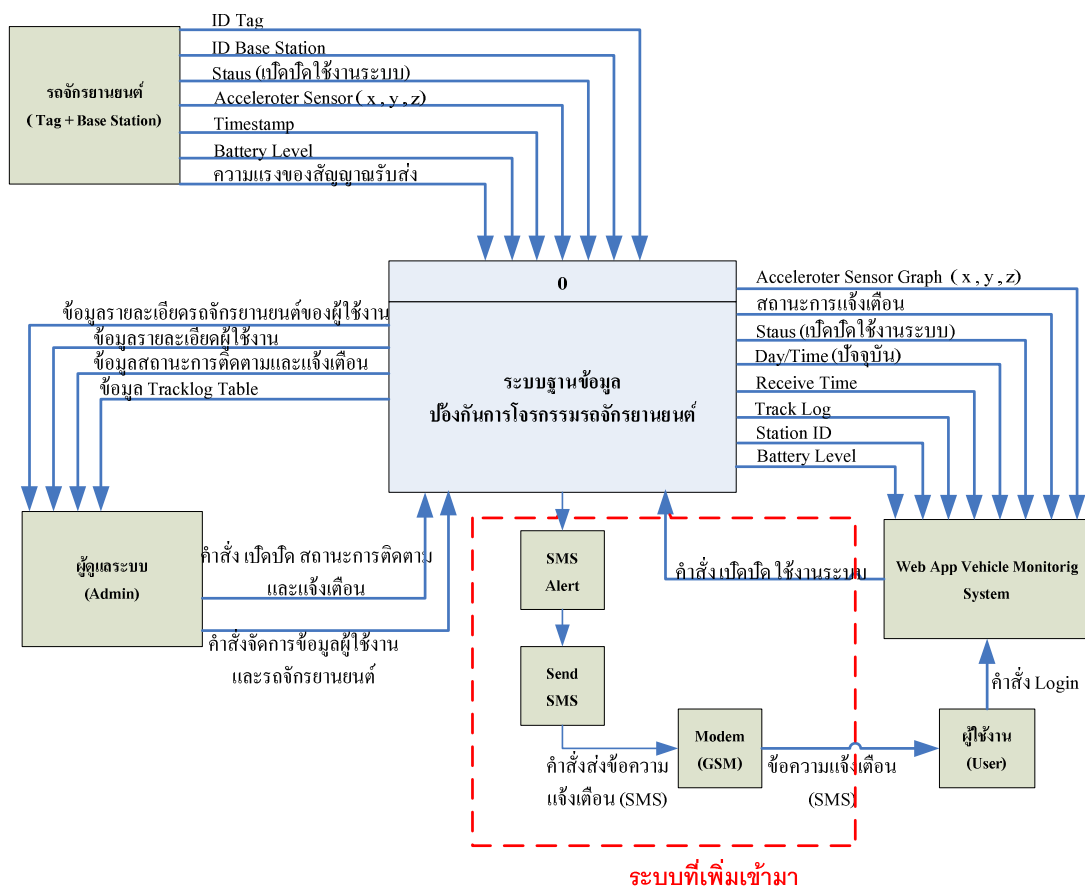
Use case diagram ของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ Secure ซึ่งประกอบด้วย ยูสเคส (Use case) ต่าง ๆ ดังนี้

User ยูสเคสที่เกี่ยวข้องได้แก่ การลงทะเบียนใช้งาน การเปิดปิดระบบ การตรวจสอบสถานะข้อมูลต่าง ๆ และการรับข้อความแจ้งเตือนการโจรกรรม

Motorcycle ยูสเคสที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การส่งข้อมูลและสถานะของรถจักรยานยนต์ไปที่ระบบฐานข้อมูล

Admin ยูสเคสที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จัดการฐานข้อมูลของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ทุกส่วน ตลอดจนการยืนยันการลงทะเบียนขอใช้งานของผู้ใช้

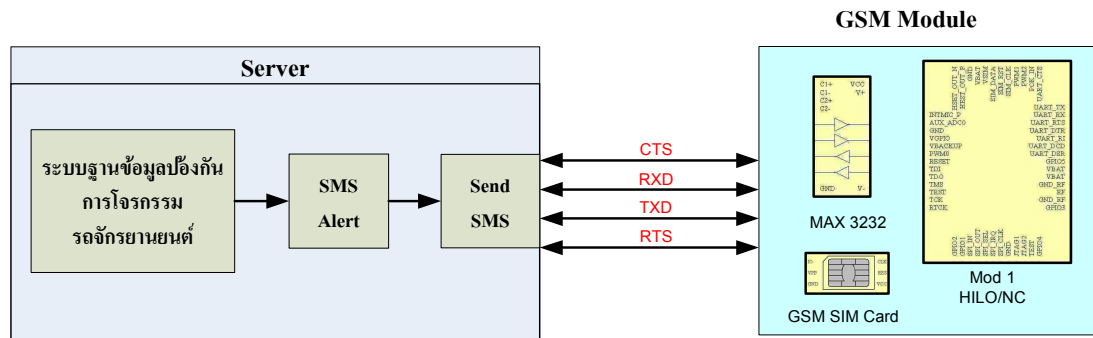
Security guard ยูสเคสที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตรวจสอบสถานะของรถจักรยานยนต์ที่ถูกโจรกรรมผ่านหน้าจอแสดงผล



ภาพที่ 3-9 ผังแสดงกระแสข้อมูลของระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์รูปแบบใหม่

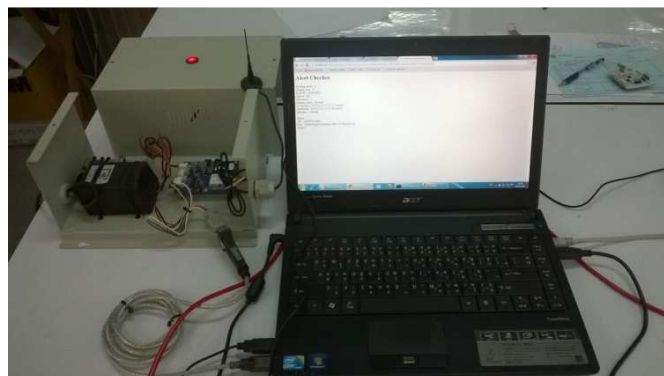
ระบบป้องกันการโจรกรรมรูปแบบใหม่นี้ จะมีหลักการทำงานแตกต่างกันตรงที่ถ้าเกิดการโจรกรรมรถจักรยานยนต์เกิดขึ้น ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS) ไปยังผู้ใช้งานทันที โดยไม่ต้องเปิด Web app คอยตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา ทำให้ผู้ใช้งานทราบเรื่องและแก้ไขได้อย่างทันที

โดยระบบป้องกันการโจรกรรมรูปแบบใหม่นี้ได้มีการเพิ่มอุปกรณ์ GSM Module ยี่ห้อ Sagem รุ่น HiLo/NC ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการส่งข้อความ (SMS) เตือนผู้ใช้งานในกรณีที่เกิดว่าการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ทันที โดยมีรูปแบบการทำงานดังนี้



ภาพที่ 3-10 บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อระหว่าง GSM Module กับ Server ระบบฐานข้อมูล

การเชื่อมต่อ GSM Module กับ Server ระบบฐานข้อมูลป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ ผ่านพอร์ต Serial port (RS 232) โดยภายใน GSM Module จะมี IC HiLo/NC เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย GSM ผ่าน SIM card โดยมี IC Max 3232 ทำหน้าที่เชื่อมต่อข้อมูลการสั่งงานต่าง ๆ ผ่าน Serial port (RS 232) ระหว่างอุปกรณ์ GSM Module กับ Server ระบบฐานข้อมูล

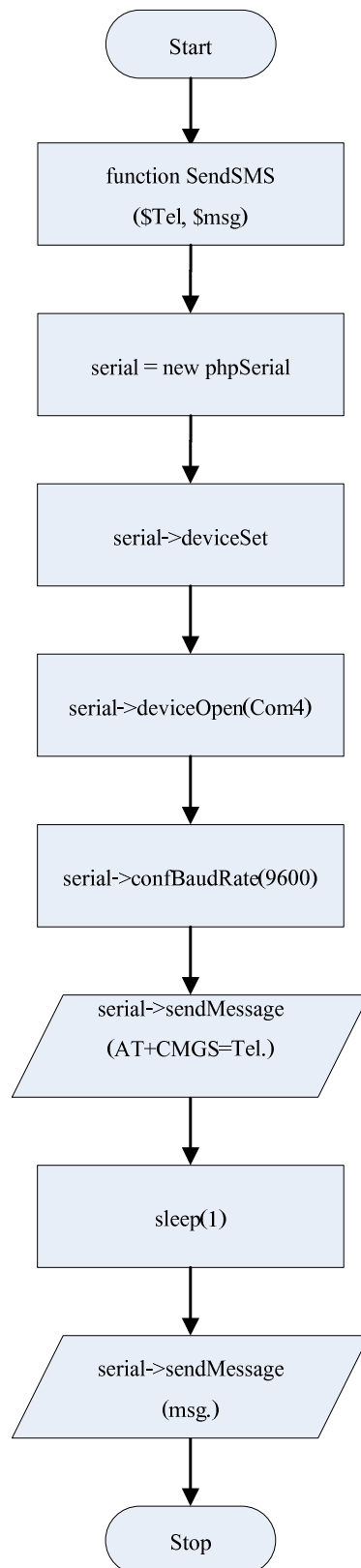


ภาพที่ 3-11 การเชื่อมต่อระหว่าง GSM Module กับ Server ระบบฐานข้อมูล

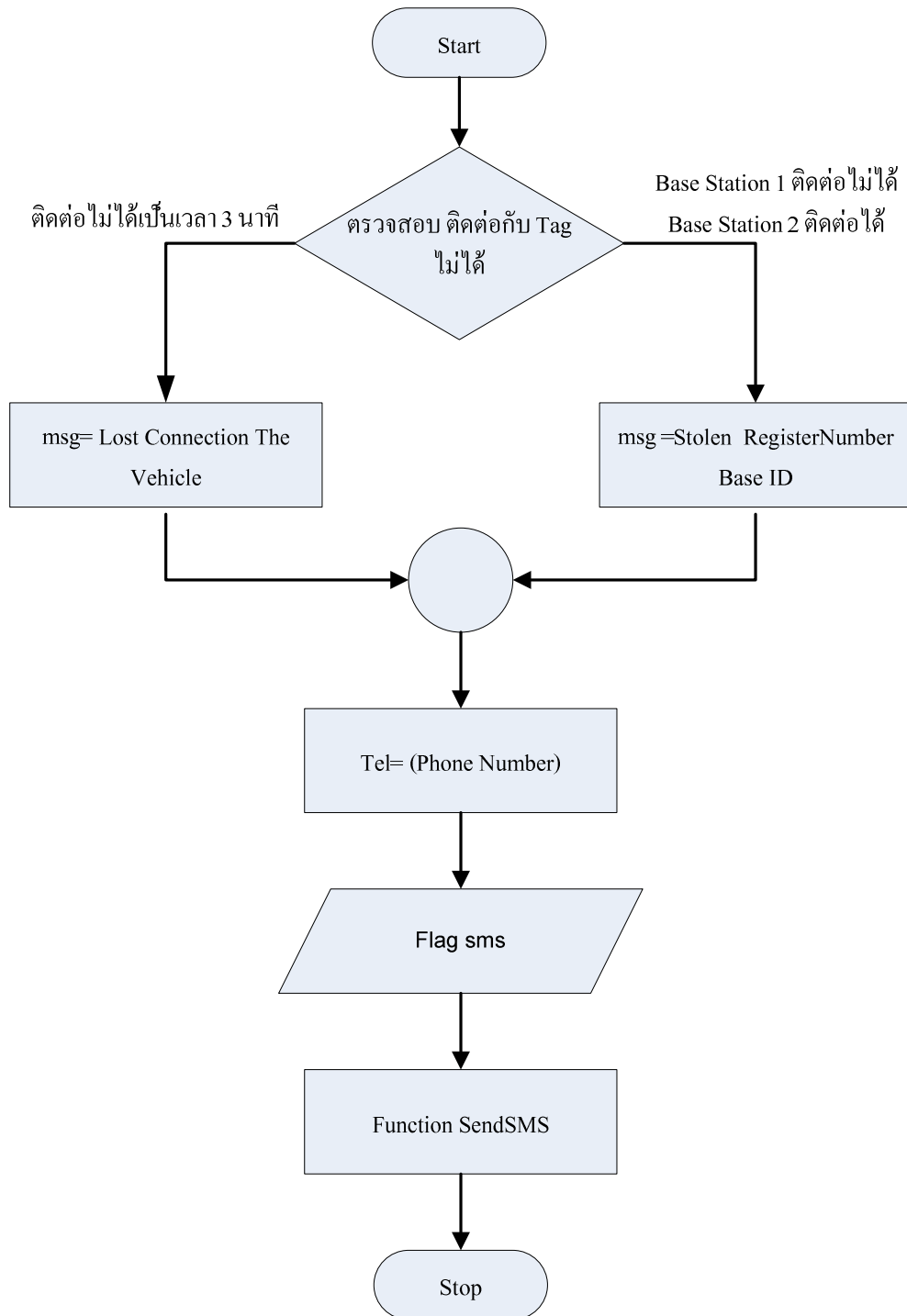
จากการเชื่อมต่อระบบดังกล่าว เพื่อให้ระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์สามารถส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS) ได้ จำเป็นต้องมีการเขียนโปรแกรมส่งการไปที่ระบบฐานข้อมูล เพื่อคอยสั่งให้ GSM Module ส่งข้อความแจ้งเตือน (SMS) ผู้ใช้งาน ในขณะที่ระบบฐานข้อมูลมีการแจ้งสถานะรถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรม โดยการเขียนโปรแกรมส่งการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนแรก เป็นการเขียนโปรแกรม Send SMS มีลักษณะเป็นฟังก์ชันสั่งการ GSM Module ให้ส่งข้อความอย่างเดียว โดยมีขั้นตอนการทำงาน คือ เริ่มต้นจะมีการสร้างฟังก์ชัน Send SMS กำหนดตัวแปร สำหรับเก็บข้อความและเบอร์โทรศัพท์ที่ต้องการส่ง จากนั้นสร้าง Serial port ขึ้นมา ขั้นตอนต่อมาจะเป็นการกำหนดว่า จะให้ Serial port ที่สร้างขึ้นมาเชื่อมต่อกับพอร์ตของ Server ระบบฐานข้อมูล จากนั้นจะสั่งการให้ทำการเปิดใช้งาน Serial port ที่สร้างขึ้น และทำการกำหนดค่า Baud rate ที่จะใช้ส่งข้อมูลให้กับ GSM Module ต่อมาจะเป็นการสั่งให้ GSM Module ส่งข้อความไปที่เบอร์ของผู้ใช้งาน และกำหนดข้อความที่จะส่งหลังจากนั้นก็จบขั้นตอนการทำงาน ซึ่งหลังจากนี้โปรแกรมก็จะทำการเตรียมพร้อมในการรับคำสั่งให้เริ่มต้นทำงานใหม่

ส่วนที่สอง เป็นการเขียนโปรแกรม SMS Alert เข้าไปใช้งานกับระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ โดยเริ่มต้นกรณีแรก Base station ติดต่อกับรถจักรยานยนต์ไม่ได้เป็นเวลา 3 นาที โปรแกรมจะกำหนดข้อความ “ Lost connection the vehicle ” จากนั้นจะไปดึงหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนไว้ตรงกับรถจักรยานยนต์ที่ติดต่อกับไม่ได้ ขั้นตอนต่อไปจะมีการแจ้งสถานะการส่ง ข้อความ Flag SMS หลังจากนั้นจากเรียกฟังก์ชัน Send SMS มาใช้งานเพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งาน ส่วนกรณีที่สอง รถจักรยานยนต์ขาดการติดต่อกับ Base station ตรงที่จอดครั้งแรก แต่ Base station อีกสถานที่สามารถติดต่อกับรถจักรยานยนต์ได้ โปรแกรมจะกำหนดข้อความ “ Stolen ” ตามด้วยหมายเลขทะเบียนรถจักรยานยนต์และ ID Base station ที่สามารถติดต่อได้ หลังจากนั้นก็จะทำตามขั้นตอนเหมือนในกรณีแรกในลำดับต่อไป

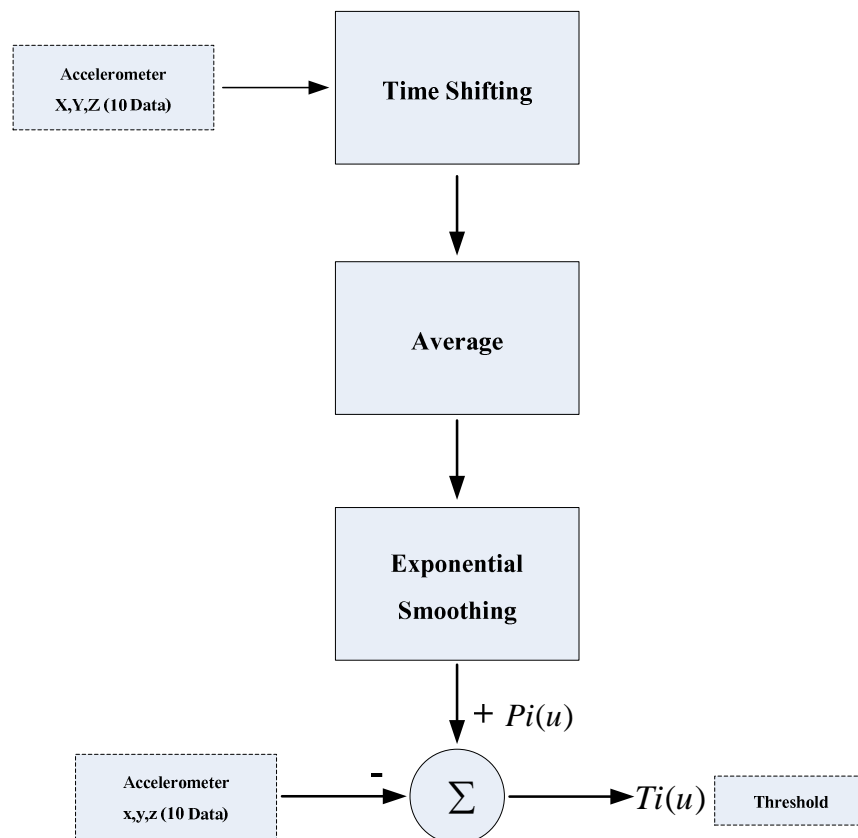


ภาพที่ 3-12 Flowchart การทำงานของโปรแกรม Send SMS



ภาพที่ 3-13 Flowchart การทำงานของโปรแกรมในส่วน SMS Alert

การวิเคราะห์สัญญาณค่าความเร่งของรูปแบบการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์
 การวิเคราะห์สัญญาณค่าความเร่งเพื่อหาและแยกรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ จำเป็นจะต้องเก็บข้อมูลและนำมาหาค่าเฉลี่ยลักษณะของสัญญาณที่มีต่อการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ หลังจากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลรูปแบบอื่น ๆ เพื่อแยกลักษณะของสัญญาณรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ออกมา

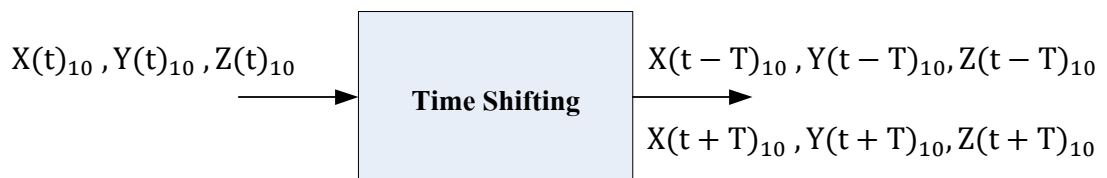


ภาพที่ 3-14 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดสัญญาณต้นแบบของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการวิเคราะห์หาสัญญาณต้นแบบของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์ โดยเริ่มต้นเก็บข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ จำนวน 10 ครั้ง จากนั้นนำมาปรับค่าช่วงเวลาการเกิดเหตุการณ์ให้ตรงกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด (Time shipping) ต่อจากนั้นนำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Average) ของแต่ละแกน X Y Z จะได้สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยของแต่ละแกนมาผ่านขั้นตอนการ

ปรับแต่งสัญญาณให้มีความชัดเจนมาก (Exponential smoothing) ซึ่งจะได้สัญญาณค่าความเร่ง ต้นแบบของการเคลื่อนไหวจักรยานยนต์แต่ละรูปแบบ $Pi(u)$ (Pattern) โดยสัญญาณค่าความเร่ง ต้นแบบนี้ จะนำมาหาค่า $Ti(u)$ (Threshold) โดยการนำมาลบกับข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งที่นำมา หาค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ใช้กำหนดในการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อแยกลักษณะ รูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการทำงาน ดังต่อไปนี้

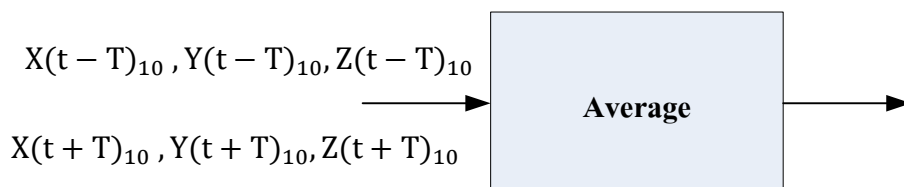
Time shifting



ภาพที่ 3-15 Time shifting ของสัญญาณ Accelerometer

เป็นกระบวนการ Time shifting ของสัญญาณ Accelerometer โดยกำหนด $X Y Z$ เป็น สัญญาณค่าความเร่งจำนวน 10 ครั้ง t เท่ากับเวลา ซึ่งถ้าเวลา (t) ถูกหน่วงไป $T > 0$ หน่วย จะได้ สมการเท่ากับ $(t - T)$ แต่ถ้าเวลา (t) ถูกล่วงหน้าเวลาไป $T > 0$ สมการที่ได้จะเท่ากับ $(t - T)$ เพื่อ สามารถนำค่าสัญญาณความเร่ง $X Y Z$ ที่มีคาบเวลาที่ตรงหรือใกล้เคียงกันไปหาค่าเฉลี่ยได้

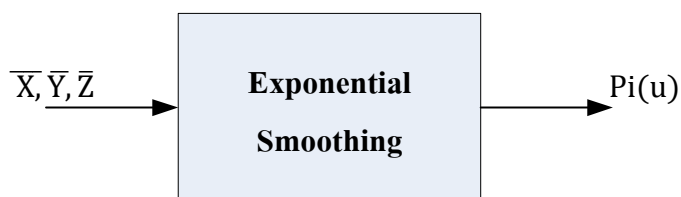
Average



ภาพที่ 3-16 การ Average ของสัญญาณ Accelerometer

จากภาพที่ 3.16 เป็นกระบวนการ Average ของสัญญาณ Accelerometer จะได้เท่ากับ $\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$, $\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$, $\bar{Z} = \frac{\sum Z}{n}$ โดยกำหนด X Y Z เป็นสัญญาณค่าความเร่งที่ผ่านกระบวนการ Shifting n เท่ากับจำนวนของข้อมูลที่จะหาค่าเฉลี่ย และ $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ เท่ากับค่าเฉลี่ยของแต่ละแกน

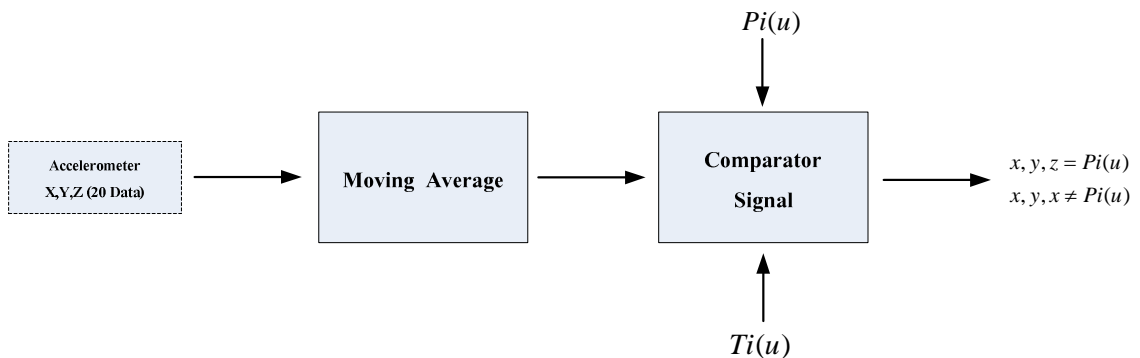
Exponential smoothing



ภาพที่ 3-17 การ Exponential smoothing ของสัญญาณ Accelerometer

เป็นกระบวนการ Exponential smoothing ของสัญญาณ Accelerometer โดยจะใช้วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล คือ การหาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักโดยให้น้ำหนักของข้อมูลในปัจจุบันมากที่สุดและน้ำหนักจะลดหลั่นกันไปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักหรือสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ Damping factor เท่ากับ 0.895 โดยใช้ข้อมูลปัจจุบัน กับข้อมูลที่พยากรณ์มาล่าสุดมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะมีผลให้ลักษณะของสัญญาณต้นแบบของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์แต่ละรูปแบบที่มีความชัดเจนมากขึ้น

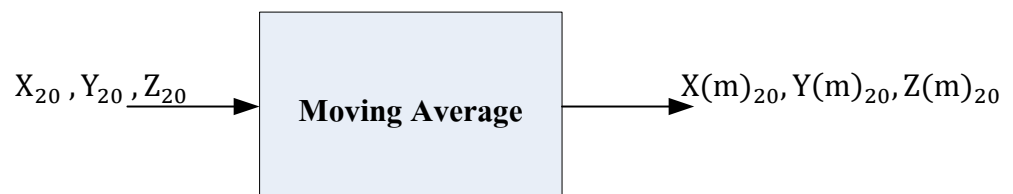
เมื่อได้สัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ที่เป็นต้นแบบแล้ว $Pi(u)$ หลังจากนั้นนำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งที่นำมาหาค่าเฉลี่ยลบออก เพื่อให้ได้ค่า $Ti(u)$ (Threshold) ที่จะนำมากำหนดการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อแยกรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์แต่ละรูปแบบออกมา



ภาพที่ 3-18 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อแยกสัญญาณค่าความเร่งการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ

บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อแยกสัญญาณค่าความเร่งการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ โดยเริ่มตั้งแต่การนำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์จากการทดสอบจำนวน 20 ครั้งในแต่ละรูปแบบต่าง ๆ มาผ่านขั้นตอนการกรองสัญญาณ (Filter) เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณที่เรียบและชัดเจนมากขึ้น จากนั้นมาผ่านขั้นตอนการเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator signal) กับสัญญาณต้นแบบ $Pi(u)$ (Pattern) ของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีค่า $Ti(u)$ (Threshold) เป็นตัวกำหนดเพื่อระบุลักษณะของสัญญาณที่ได้ว่ารถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนไหวอยู่ในรูปแบบไหน โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการทำงานดังต่อไปนี้

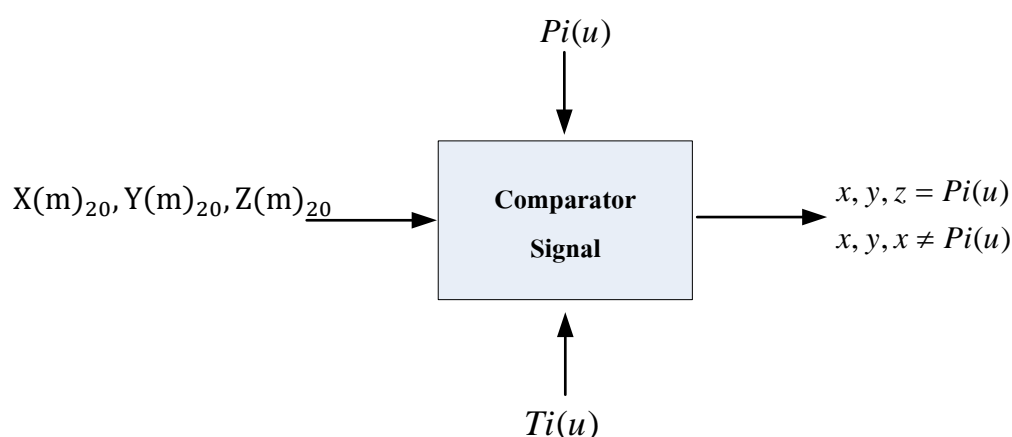
Moving average



ภาพที่ 3-19 การ Moving average ของสัญญาณ Accelerometer

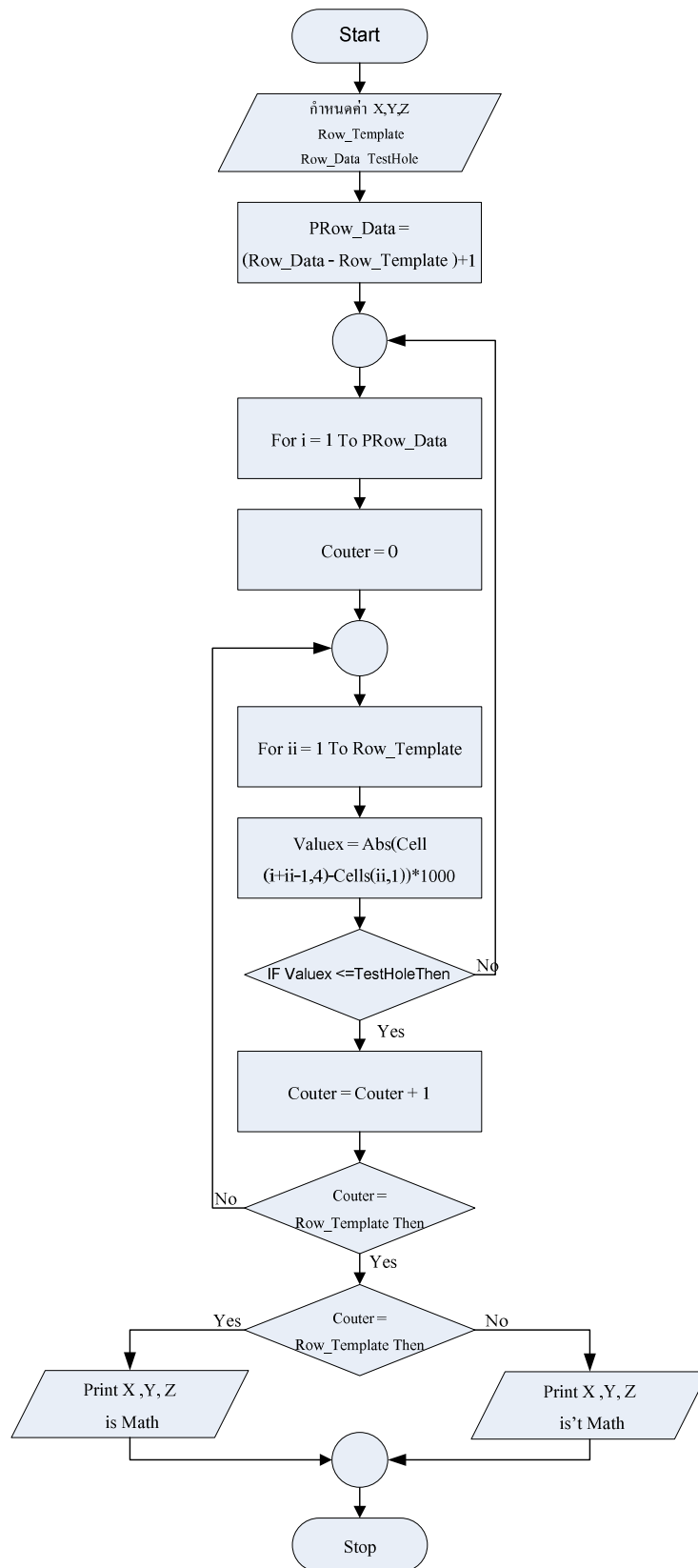
เป็นกระบวนการ Moving average ของสัญญาณ Accelerometer โดยกำหนด X_{20} Y_{20} Z_{20} เป็นสัญญาณค่าความเร่งจำนวน 20 ครั้ง มาผ่านกระบวนการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Moving average) ซึ่งการหาค่าเฉลี่ยแบบนี้จะให้ความสำคัญของข้อมูลปัจจุบันมากกว่าการเฉลี่ยแบบธรรมดาซึ่งจะเป็นการให้ความสำคัญของข้อมูลทั้งหมด ดังนั้นสัญญาณที่ผ่านกระบวนการ Moving average ออกมาจะมีลักษณะที่คงที่ตามข้อมูลและแนวโน้มลักษณะของรูปแบบสัญญาณก่อนหน้านั้น

Comparator signal



ภาพที่ 3-20 การ Comparator signal ของสัญญาณ Accelerometer

เป็นกระบวนการ Comparator signal ของสัญญาณ Accelerometer โดยให้ $X(m)_{20}$ $Y(m)_{20}$ $Z(m)_{20}$ เป็นสัญญาณค่าความเร่งจำนวน 20 ครั้งที่ผ่านมาผ่านกระบวนการ Moving average หลังจากนั้นจะนำมาเปรียบเทียบสัญญาณ Comparator signal กับสัญญาณต้นแบบ $Pi(u)$ (Pattern) โดยมีค่า $Ti(u)$ (Threshold) เป็นตัวกำหนด เพื่อระบุลักษณะของสัญญาณที่ได้ว่ารถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนไหวอยู่ในรูปแบบไหน ซึ่งการเปรียบเทียบดังกล่าว เป็นการเปรียบเทียบแยกข้อมูลแต่ละแกน X Y Z ซึ่งได้ดำเนินการเขียน โปรแกรมสำหรับตรวจสอบดังนี้



ภาพที่ 3-21 Flowchart โปรแกรม Comparator signal

Flowchart โปรแกรม Comparator signal สำหรับเปรียบเทียบสัญญาณ โดยหลักการทำงานของโปรแกรม ขั้นตอนแรกกำหนดค่า จำนวนข้อมูลสัญญาณต้นแบบ (Row_Template) จำนวนข้อมูลสัญญาณที่จะนำมาเปรียบเทียบ (Row_Data) ขอบเขตของสัญญาณของรูปแบบการเคลื่อนไหว (Threshold) จากนั้น โปรแกรมจะเริ่มคำนวณจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และเริ่มดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนข้อมูลสัญญาณที่จะนำมาเปรียบเทียบ (Row_Data) เท่ากับจำนวนข้อมูลสัญญาณต้นแบบ (Row_Template) โดยถ้าทั้งหมดอยู่ในขอบเขตของสัญญาณของรูปแบบการเคลื่อนไหว (Threshold) ที่กำหนด ถ้าตรงตามเงื่อนไข โปรแกรมจะแสดงสถานะว่าสัญญาณทั้งสองรูปแบบมีลักษณะเดียวกัน (X Y Z is Math) แต่ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไข โปรแกรมก็เลื่อนไปเปรียบเทียบข้อมูลสัญญาณที่จะนำมาเปรียบเทียบ (Row_Data) ในลำดับต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบจำนวนข้อมูลสัญญาณที่จะนำมาเปรียบเทียบ (Row_Data) ถ้ายังไม่พบลักษณะของสัญญาณที่ตรงตามเงื่อนไข โปรแกรมก็จะแสดงสถานะว่าสัญญาณทั้งสองรูปแบบไม่อยู่ในลักษณะเดียวกัน (X Y Z is't Math)

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

วัตถุประสงค์

ทดสอบเพื่อหาลักษณะสัญญาณค่าความเร่งที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์และแยกออกมาเป็นรูปแบบในลักษณะต่าง ๆ

เพื่อทดสอบผลการทำงานและการส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบดังต่อไปนี้

Tag 2 ชุด

Base station 2 ชุด

เครื่องคอมพิวเตอร์จำลองเป็น Server 1 ชุด

Modem พร้อม Simcard 1 ชุด

โทรศัพท์มือถือ 1 เครื่อง

รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Suzuki รุ่น Smash ขนาด 110 ซีซี จำนวน 2 คัน

สถานที่และการกำหนดตำแหน่งทดสอบ

ลาดจอดรถจักรยานยนต์หน้าตึกวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยบูรพา

ติดตั้ง Base station และกำหนดจุดทดสอบในรัศมีระยะ 15 เมตร ทั้งหมด 2 ชุด

วิธีการทดลอง

ทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในลักษณะต่าง ๆ ที่กำหนดและบันทึกค่า
ทดสอบสถานการณ์รถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรมและการแจ้งเตือนสถานะต่าง ๆ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การจำลองทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์

สำหรับส่วนนี้เป็นการตรวจสอบว่ารถจักรยานยนต์จอดอยู่กับที่หรือไม่ หรือกำลังเคลื่อนที่ออกจากที่จอดครด หรือว่าเป็นการกระทบกระทั่งเพียงเล็กน้อย โดยไม่ได้ตั้งใจ เช่นมีคนมาจอดครดใกล้กัน หรือว่ามีเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมาทำการขยับรถจักรยานยนต์นิดหน่อย เพื่อให้มีพื้นที่จอดครดจักรยานยนต์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในที่นี้เราจะใช้ค่า Accelerometer ทั้งสามแกนมาเป็นตัวตรวจสอบข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าความเร่งในแนวแกน X Y Z ซึ่งสามารถอ่านค่าออกมาได้ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่ทำการเก็บตัวอย่างมา เพื่อนำมาหารูปแบบเฉพาะตัวของสัญญาณเมื่อตัวรถจักรยานยนต์นั้นอยู่ในลักษณะต่างๆ เพื่อที่จะสร้างรูปแบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

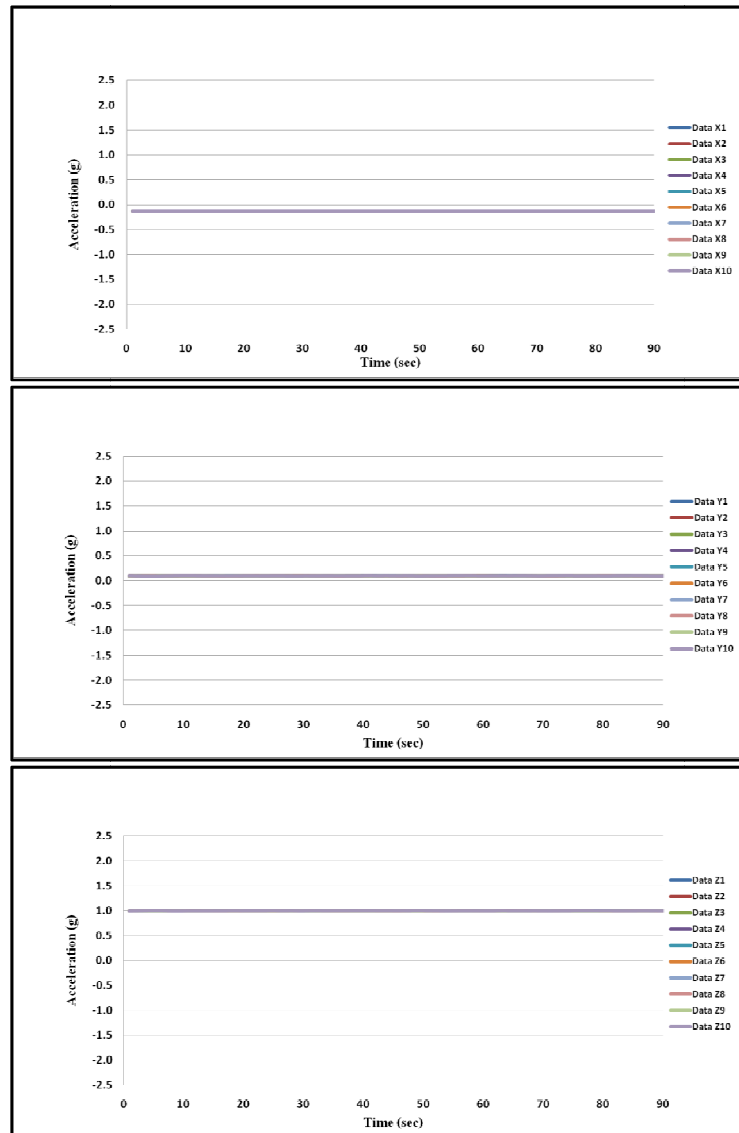


ภาพที่ 4-1 ภาพตำแหน่งที่ติดตั้ง IRF Tag กับรถจักรยานยนต์ที่ใช้การทดสอบเก็บข้อมูล

ภาพเปรียบเทียบแนวทิศทางแกน X Y Z ของเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่บนบอร์ด IRF Tag โดยได้จำลองการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Suzuki รุ่น Smash ขนาด 110 ซีซี เพื่อทำการทดสอบการเคลื่อนไหวในลักษณะต่าง ๆ ตัวอย่างละ 30 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแกนแต่ละแกนของค่าความเร่ง (Accelerometer) โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

รถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ

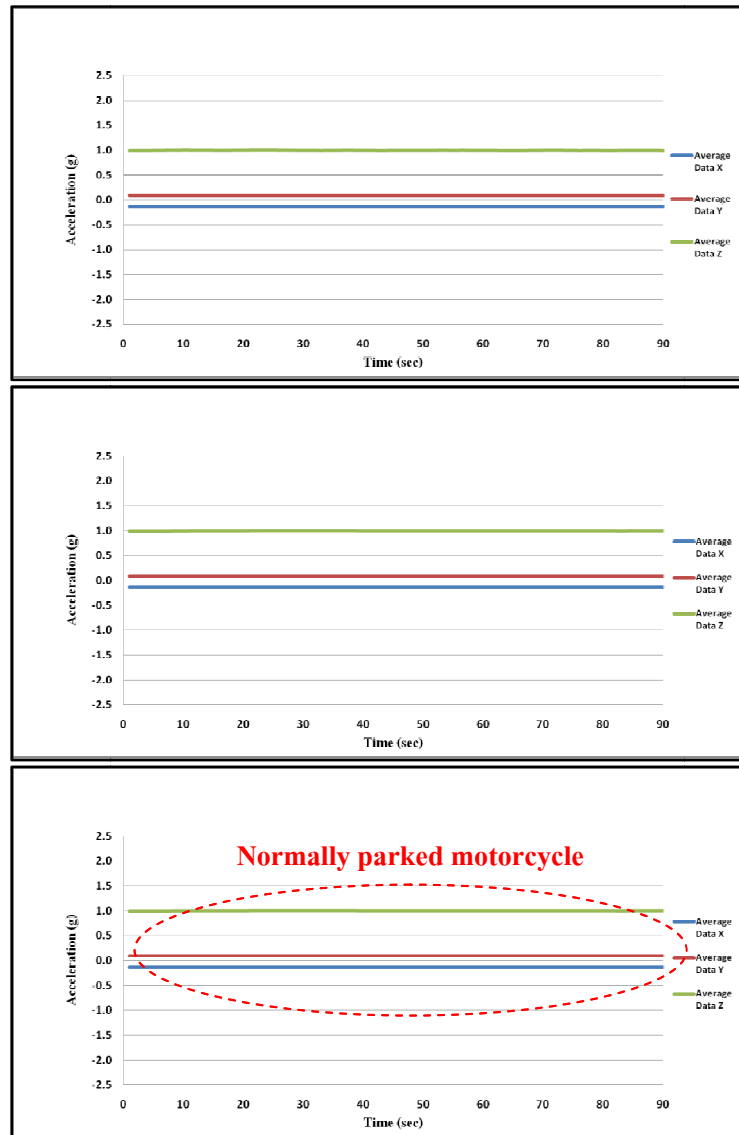
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ผู้ใช้งานได้จอดปกติ โดยใช้ผลการทดลองจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-2 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ

ข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหา

ค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวนของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติของแต่ละแกน

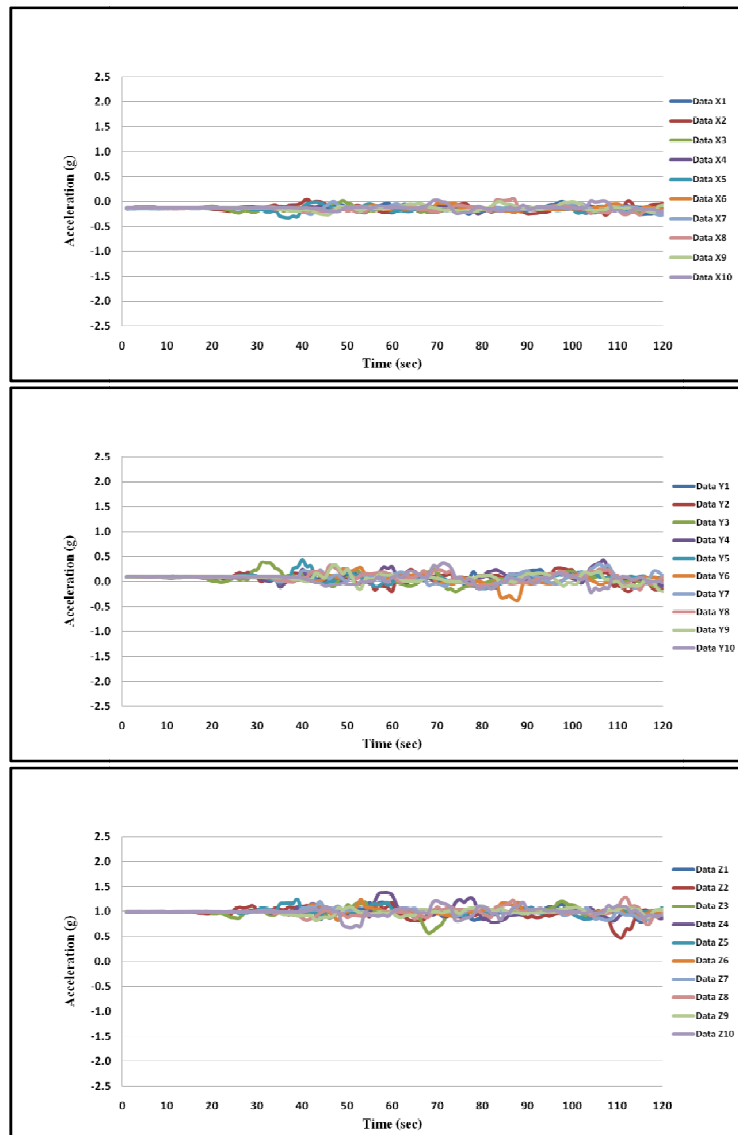


ภาพที่ 4-3 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติโดยใช้ จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง

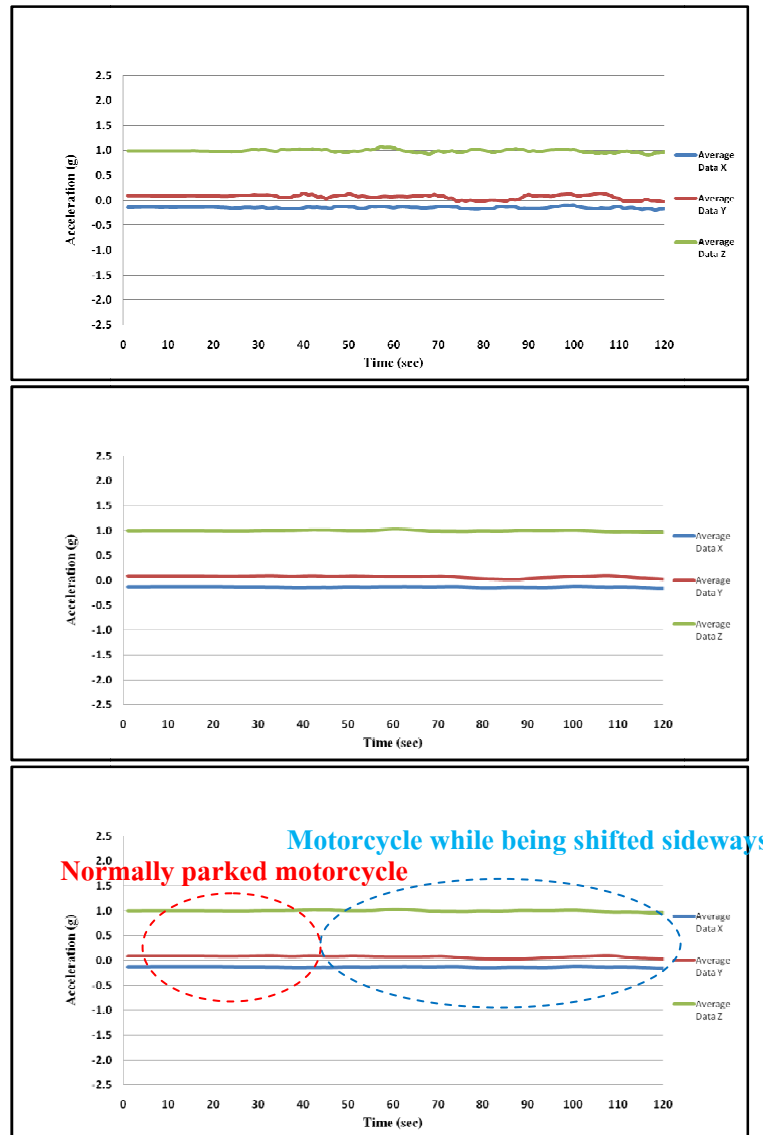
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะจอดและมีบุคคลอื่นมา ขยับรถจักรยานยนต์ให้เคลื่อนไปทางด้านข้าง โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-4 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไป ทางด้านข้าง จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้ตรงกัน

เพื่อหาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างของแต่ละแกน

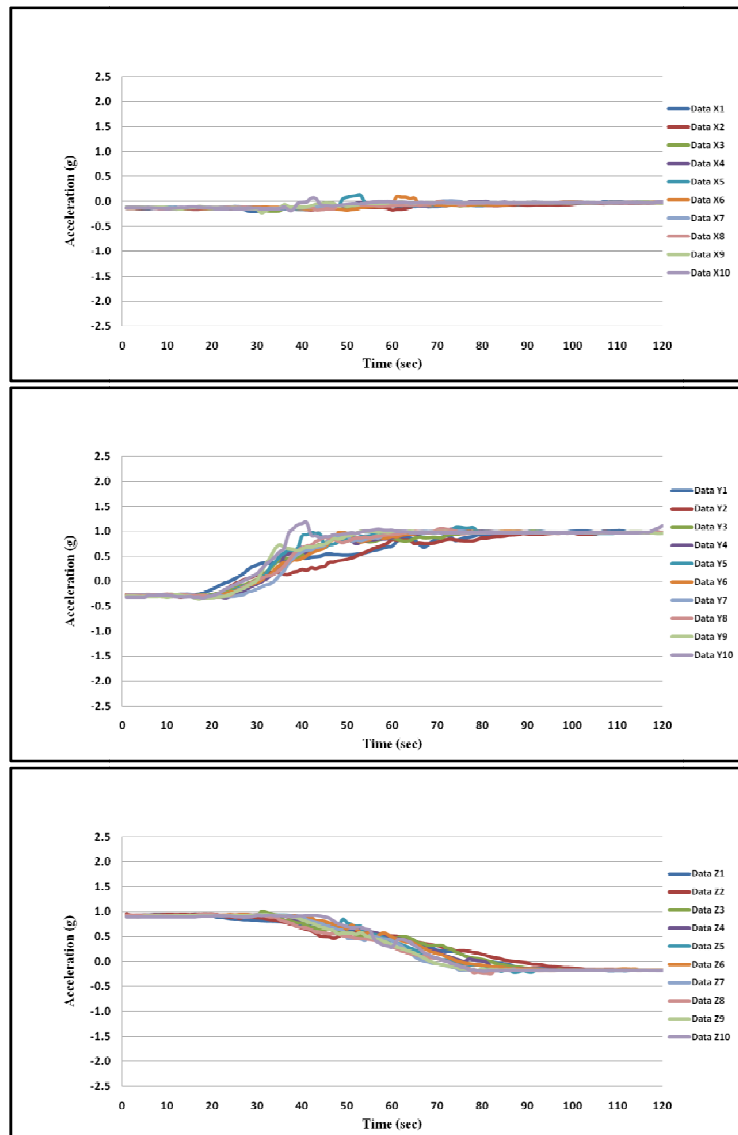


ภาพที่ 4-5 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างจำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนมาก

รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา

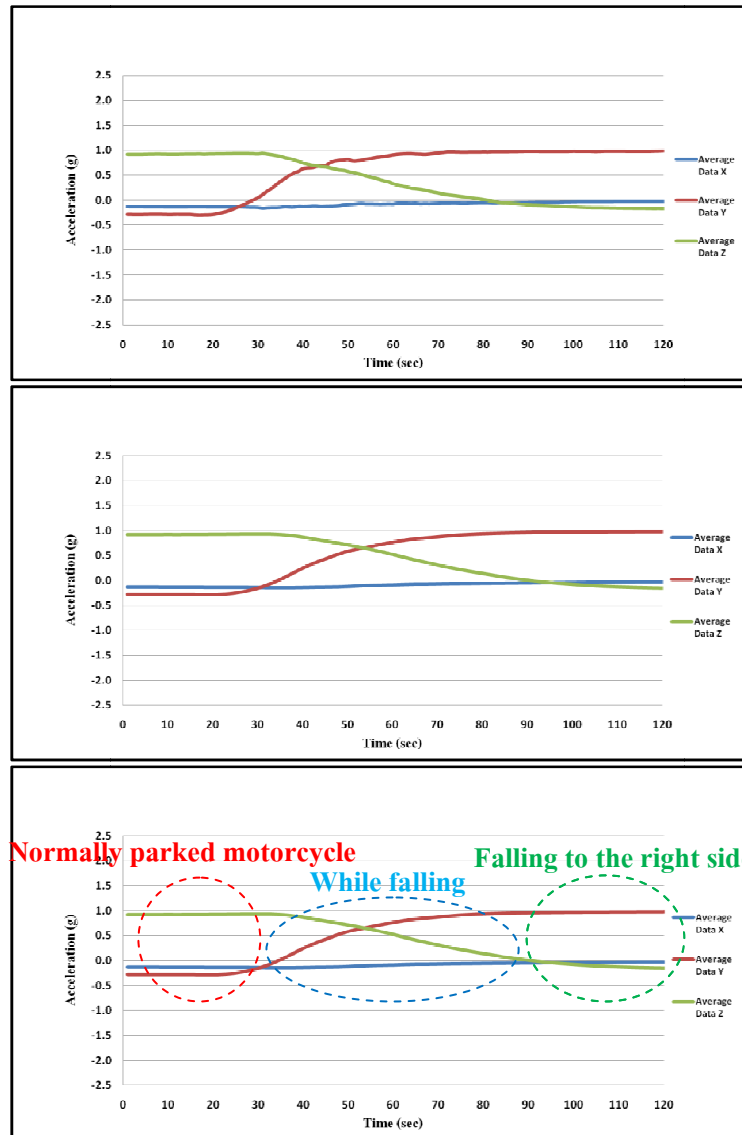
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในขณะที่จอดและมีบุคคลอื่นมาขยับรถทำให้รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านขวา โดยใช้ผลการทดลองจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-6 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านขวา

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหา

ค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวาของแต่ละแกน

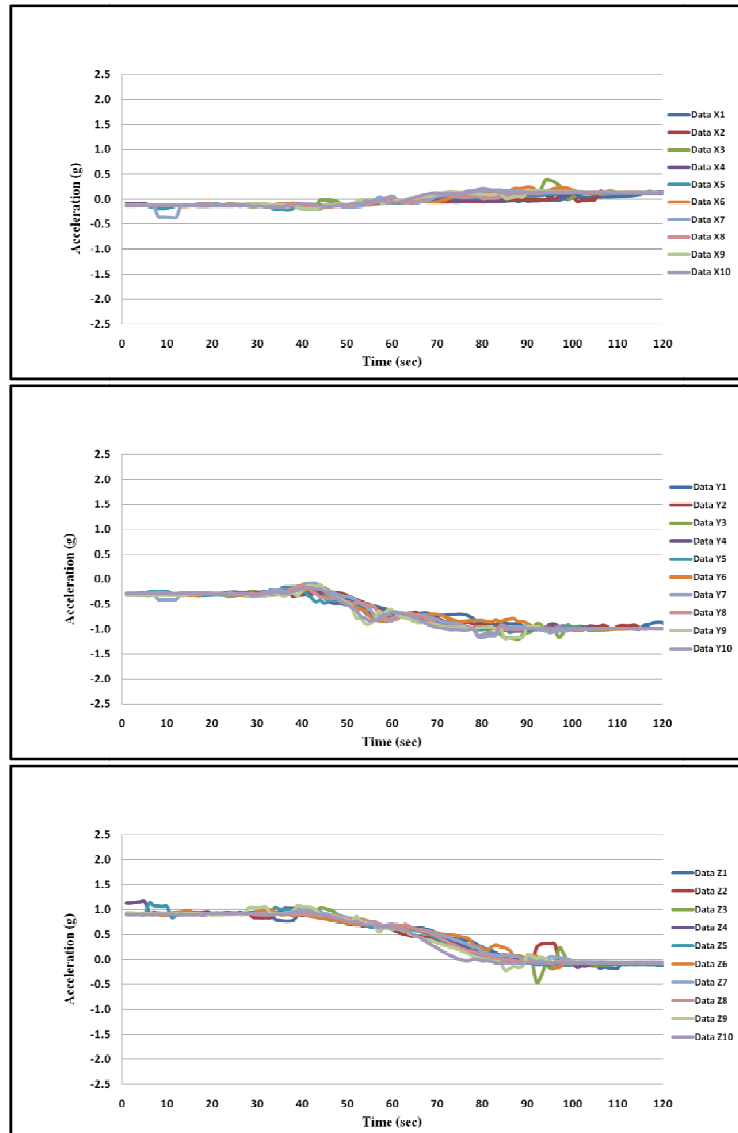


ภาพที่ 4-7 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะล้มไปด้านขวา

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะล้มไปด้านขวา จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

รถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย

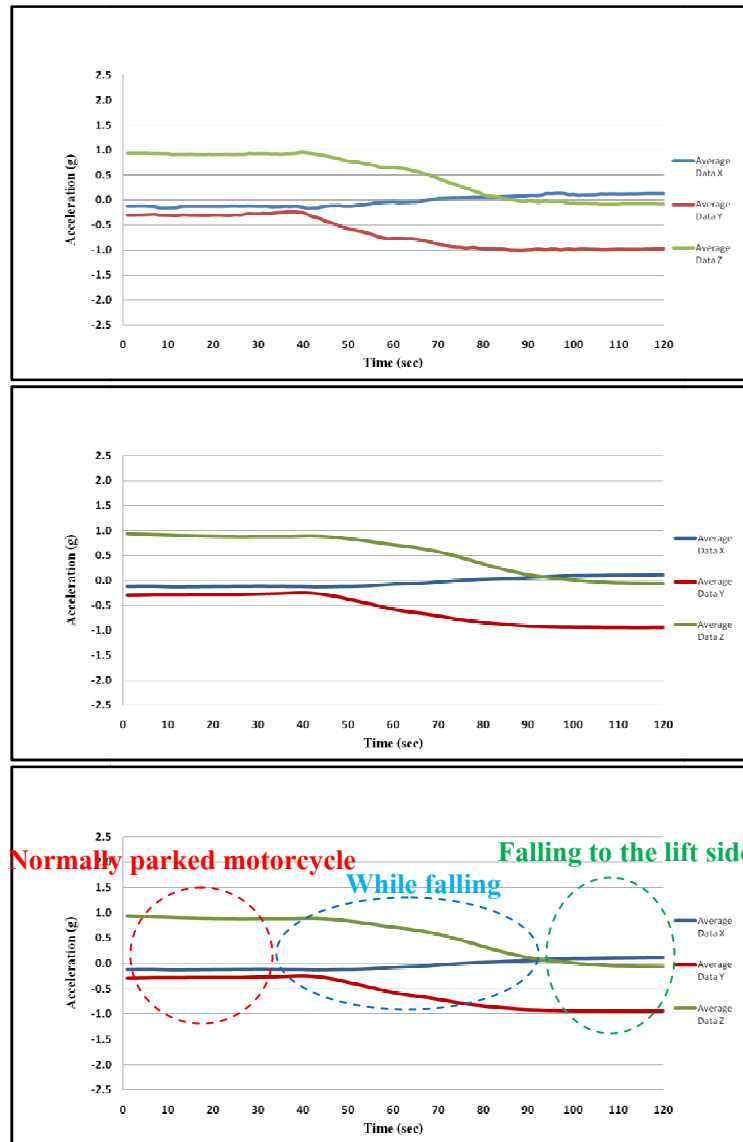
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์จอดและมีผู้ใช้งานคนอื่นมา ขยับทำให้รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านซ้าย โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-8 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะล้มไปด้านซ้าย

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหา

ค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านซ้ายของแต่ละแกน

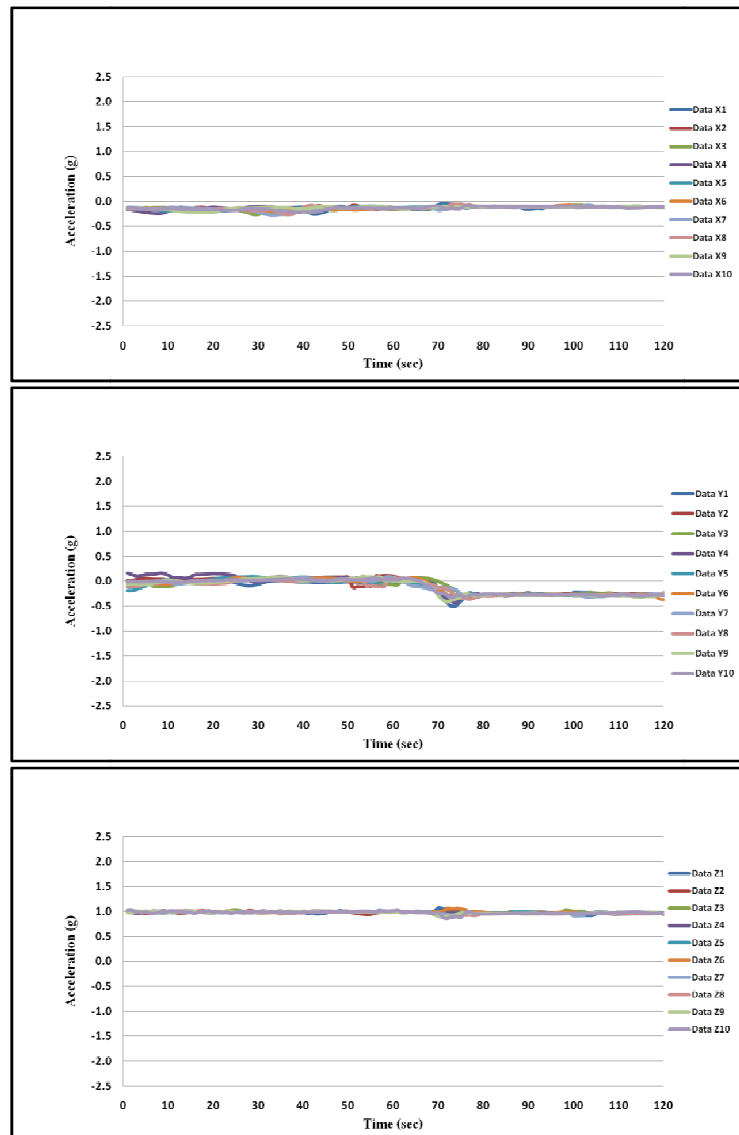


ภาพที่ 4-9 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านซ้าย

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ล้มไปด้านซ้าย จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

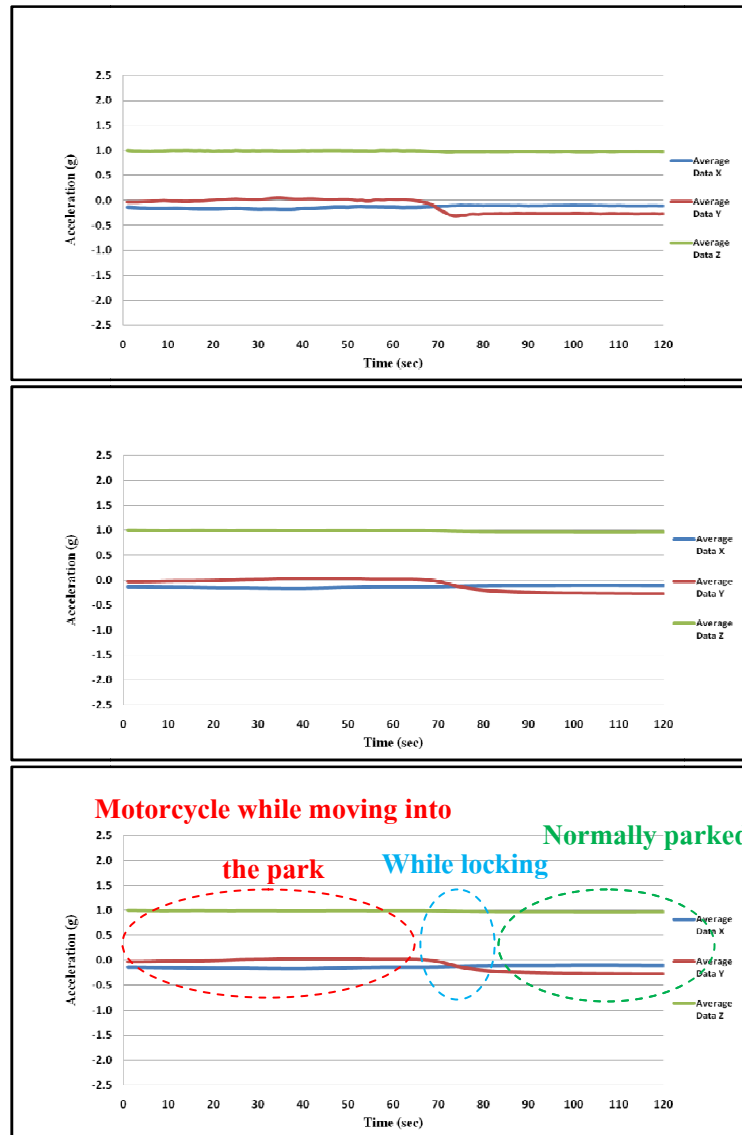
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะกำลังเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่อง) โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-10 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการ

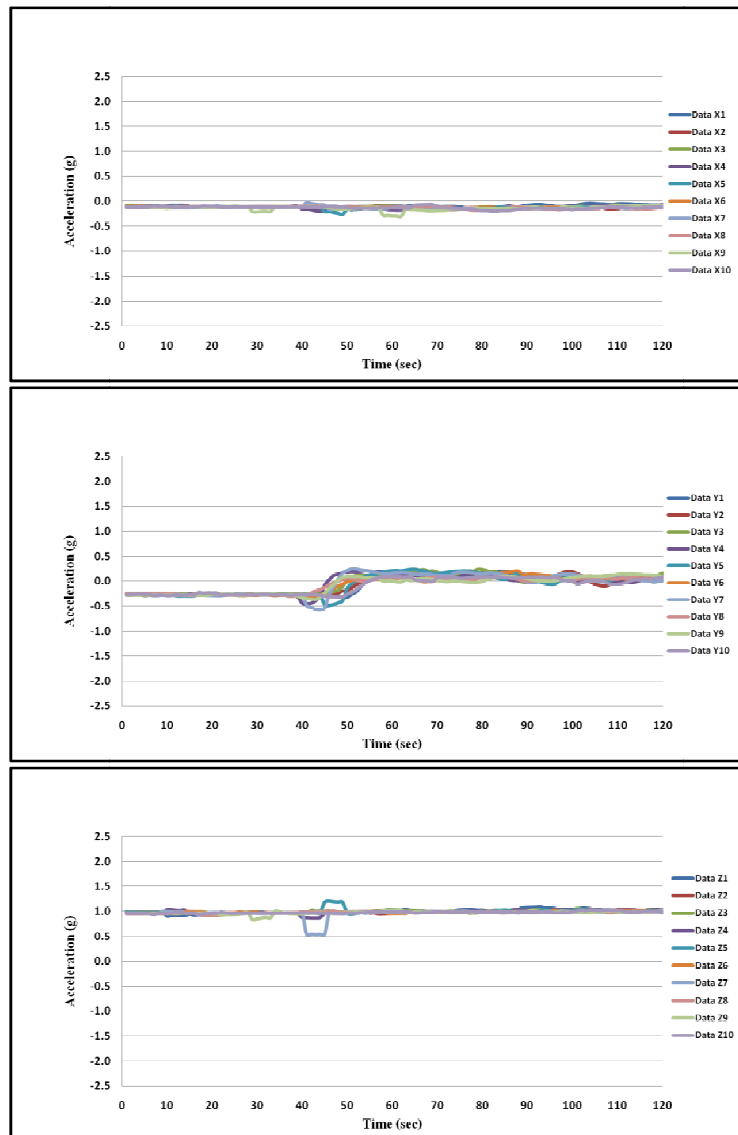
เคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-11 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งมีความชัดเจนขึ้น

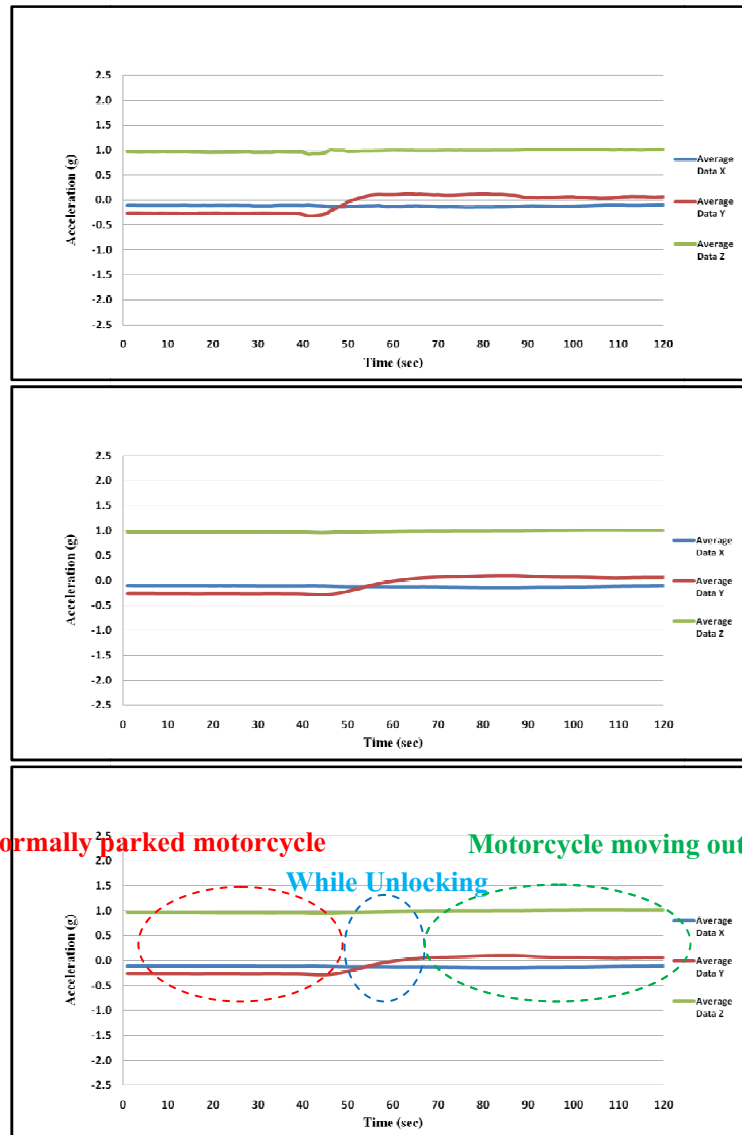
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)
 เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะกำลังเคลื่อนที่ออกจาก
 ที่จอด (ไม่ติดเครื่อง) โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-12 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด
 (ไม่ติดเครื่องยนต์)

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออก
 จากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการ

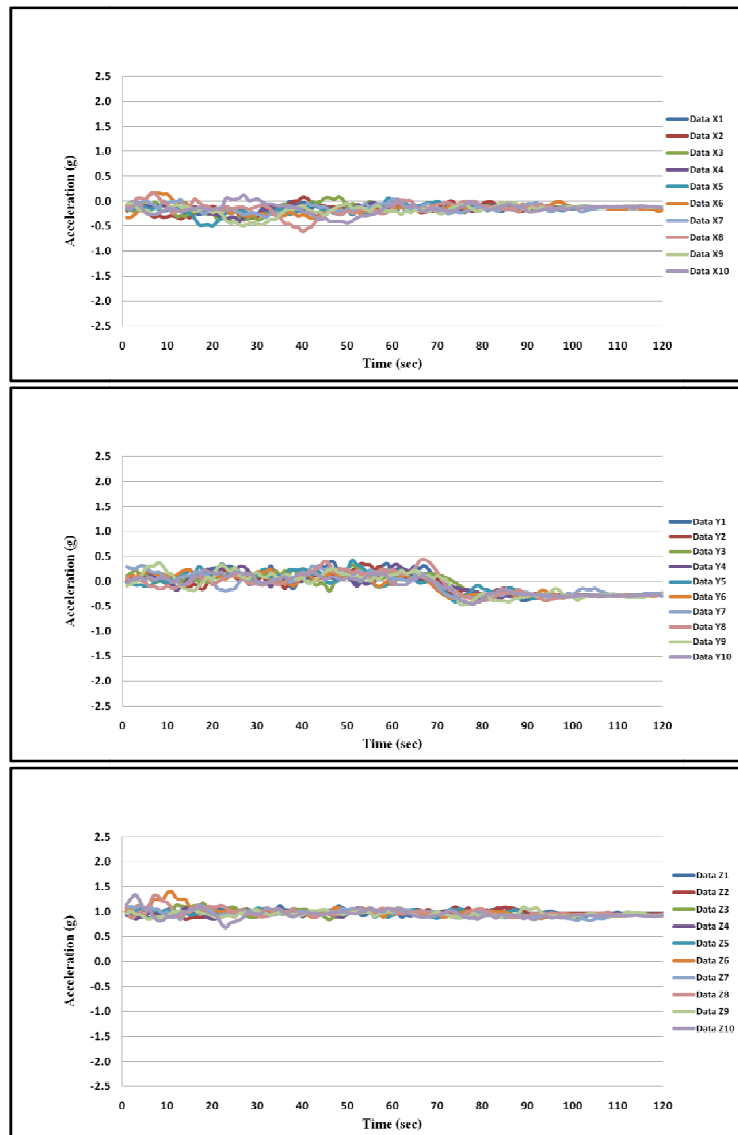
เคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-13 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

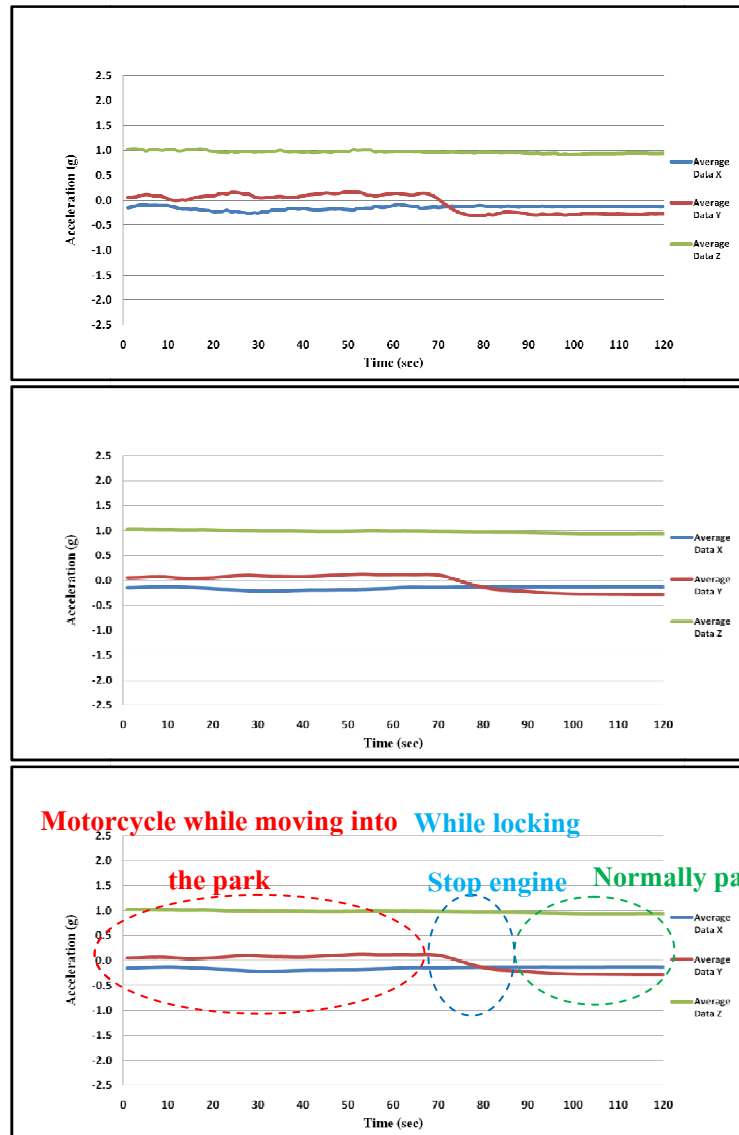
รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)
 เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวขณะรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าที่จอด
 (ติดเครื่องยนต์) โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-14 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด
 (ติดเครื่องยนต์)

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่
 จอด (ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้

ตรงกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

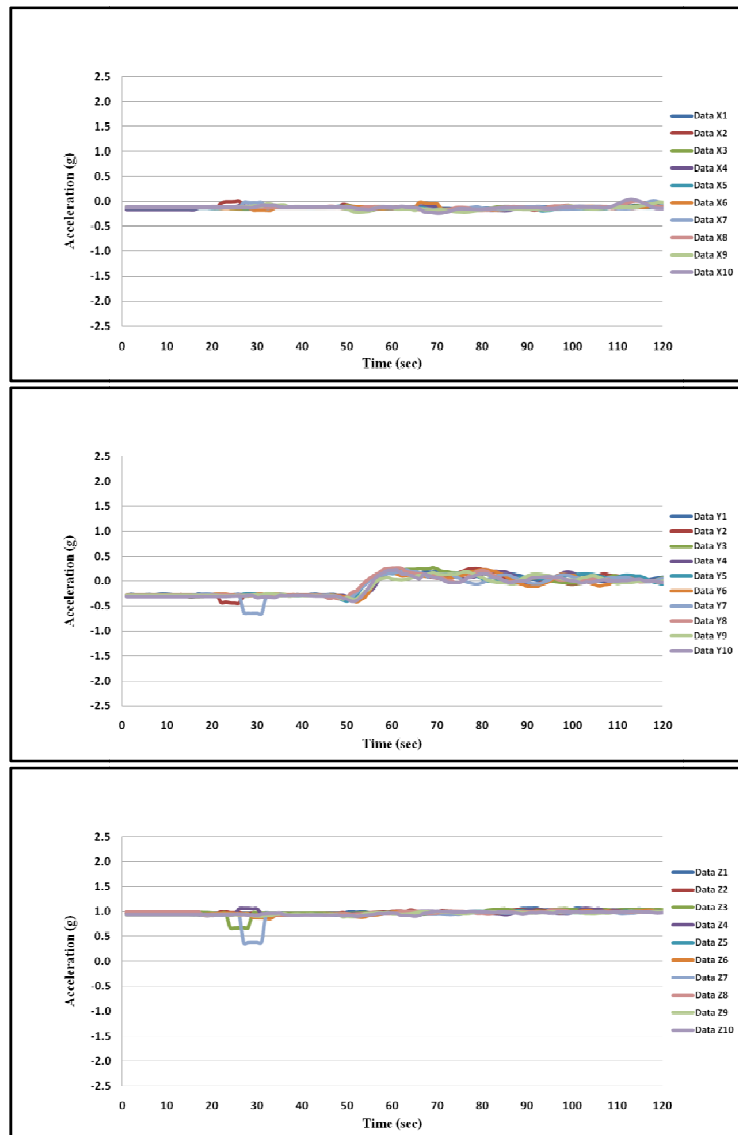


ภาพที่ 4-15 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

รถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

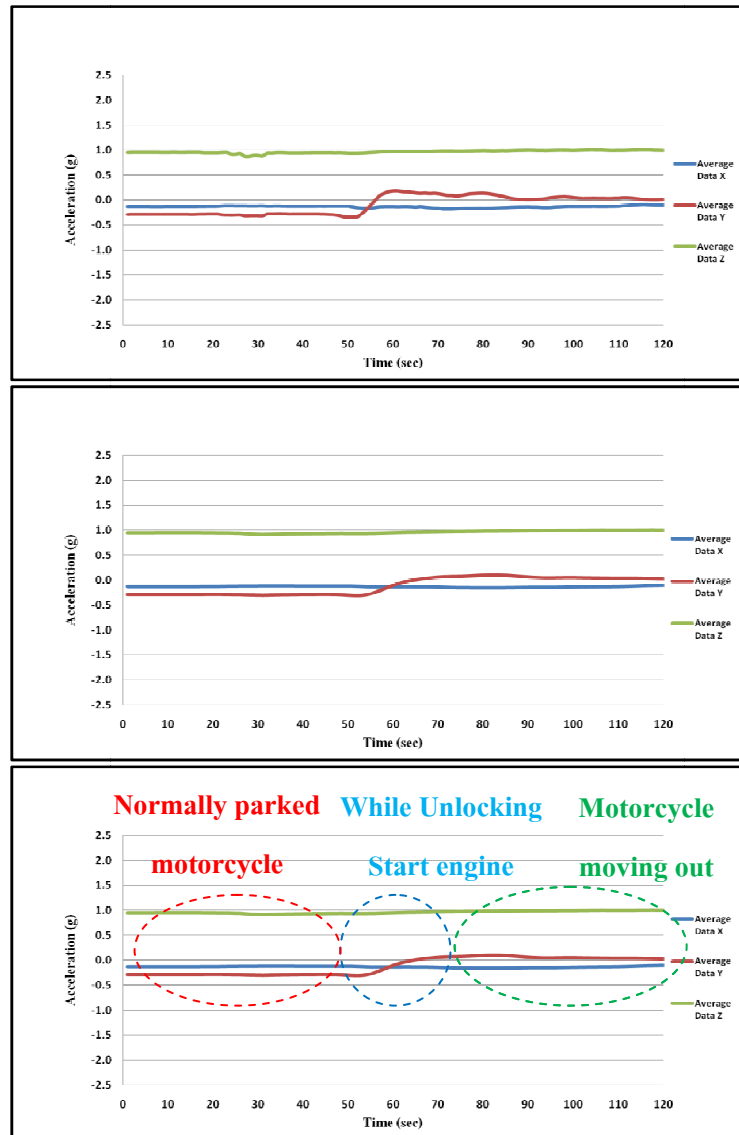
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์) โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-16 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

นำข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการ

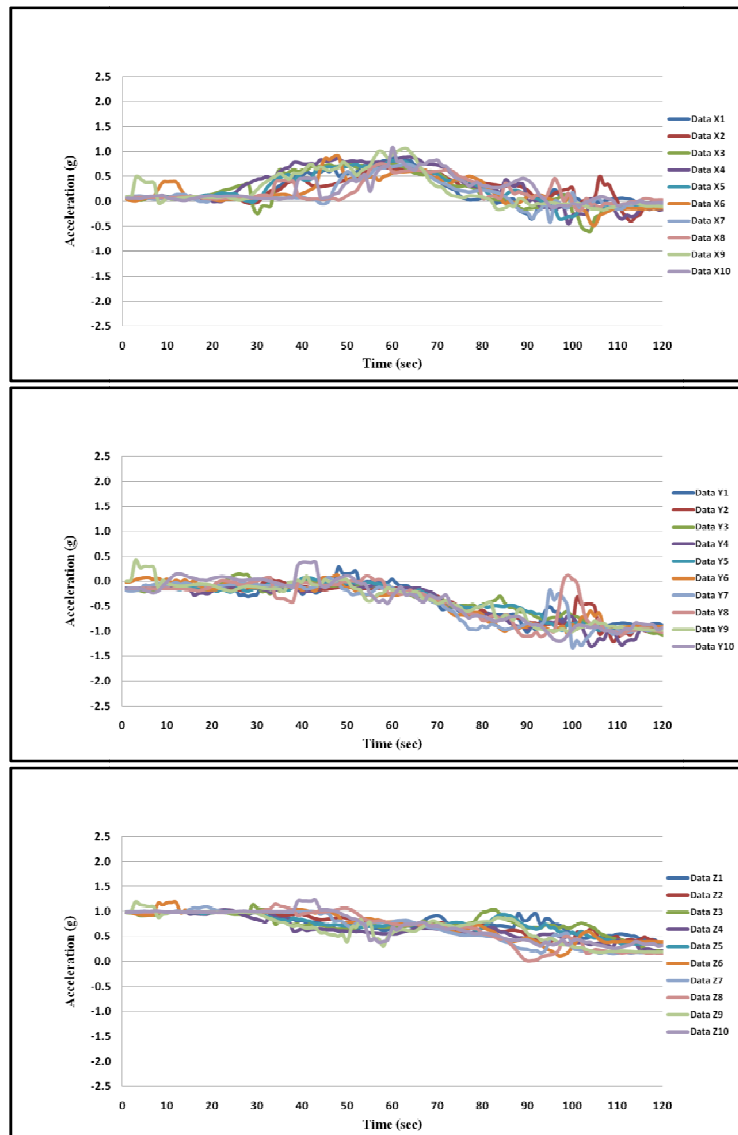
เคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-17 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์) จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

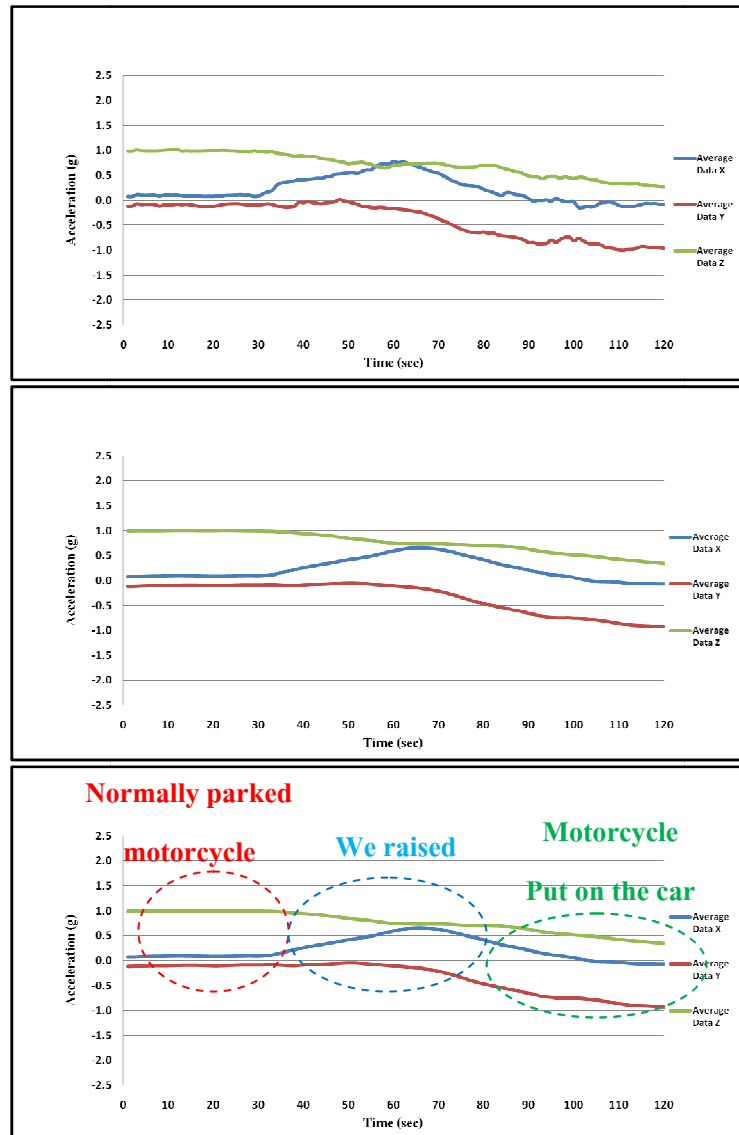
รถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์
เป็นการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์
โดยใช้ผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง



ภาพที่ 4-18 สัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์

ข้อมูลสัญญาณค่าความเร่งของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบน
รถยนต์ จำนวน 10 ครั้ง โดยแยกแต่ละแกน X Y Z มาปรับช่วงเวลาการเคลื่อนไหวให้ตรงกัน เพื่อ

หาค่าเฉลี่ยรูปแบบลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์



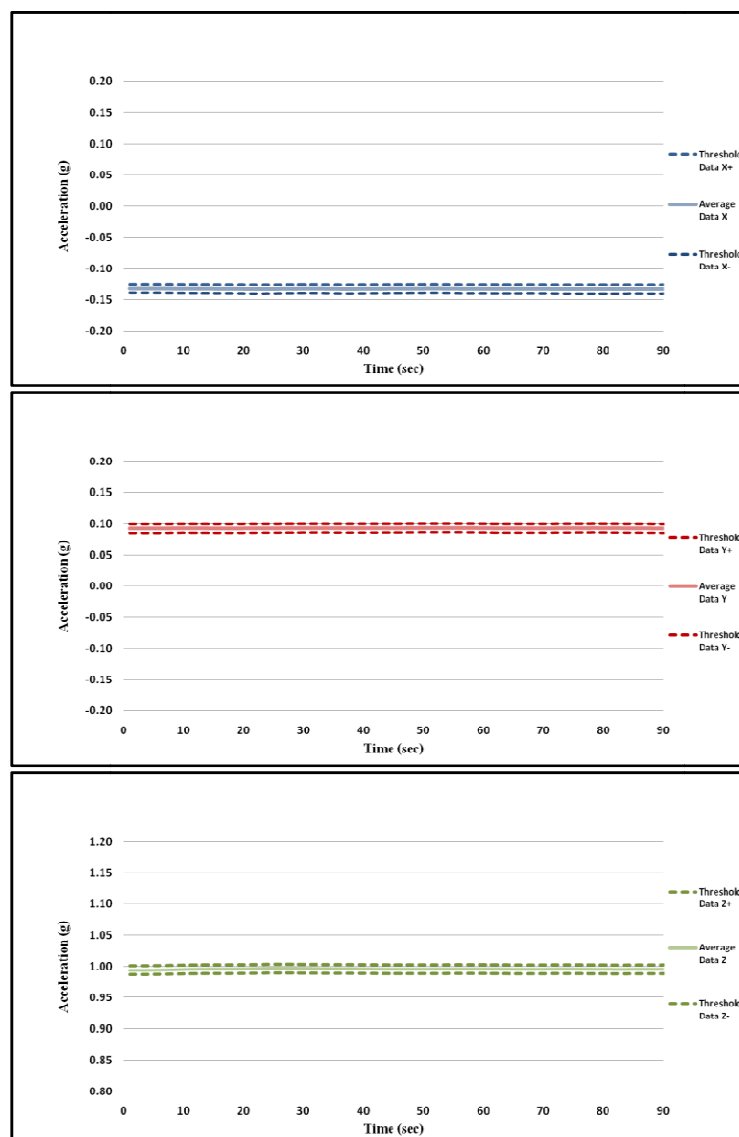
ภาพที่ 4-19 สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์

สัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยทั้งสามแกนของรถจักรยานยนต์ขณะถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์จำนวน 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยและผ่านกระบวนการ Exponential smoothing เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณค่าความเร่งทั้งสามแกนมีความชัดเจนขึ้น

การวิเคราะห์หาค่า THRESHOLD ลักษณะของสัญญาณของการเคลื่อนไหว รถจักรยานยนต์แต่ละรูปแบบ

โดยการนำสัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยมาเทียบกับข้อมูลสัญญาณความเร่งที่ใช้ในการหาสัญญาณค่าความเร่งเฉลี่ยตอนแรกจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าระยะห่างของสัญญาณสูงสุดและต่ำสุดมาเป็นค่า Threshold

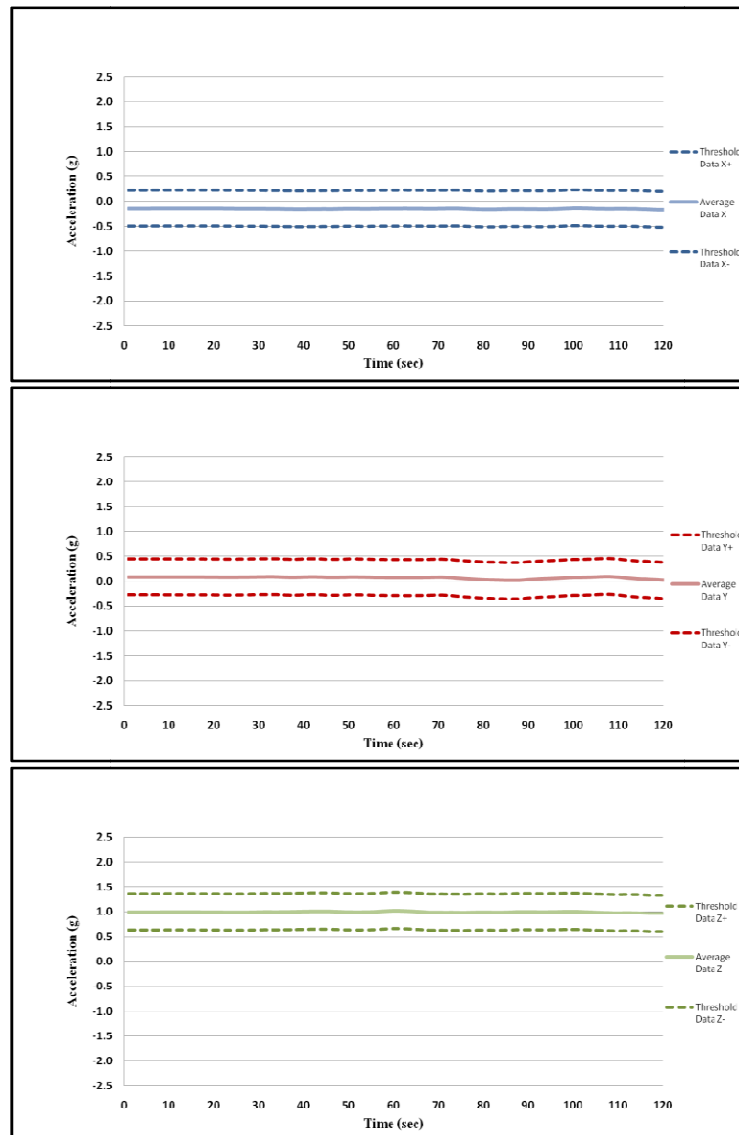
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ



ภาพที่ 4-20 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะจอดปกติ มีค่าเท่ากับ 0.007

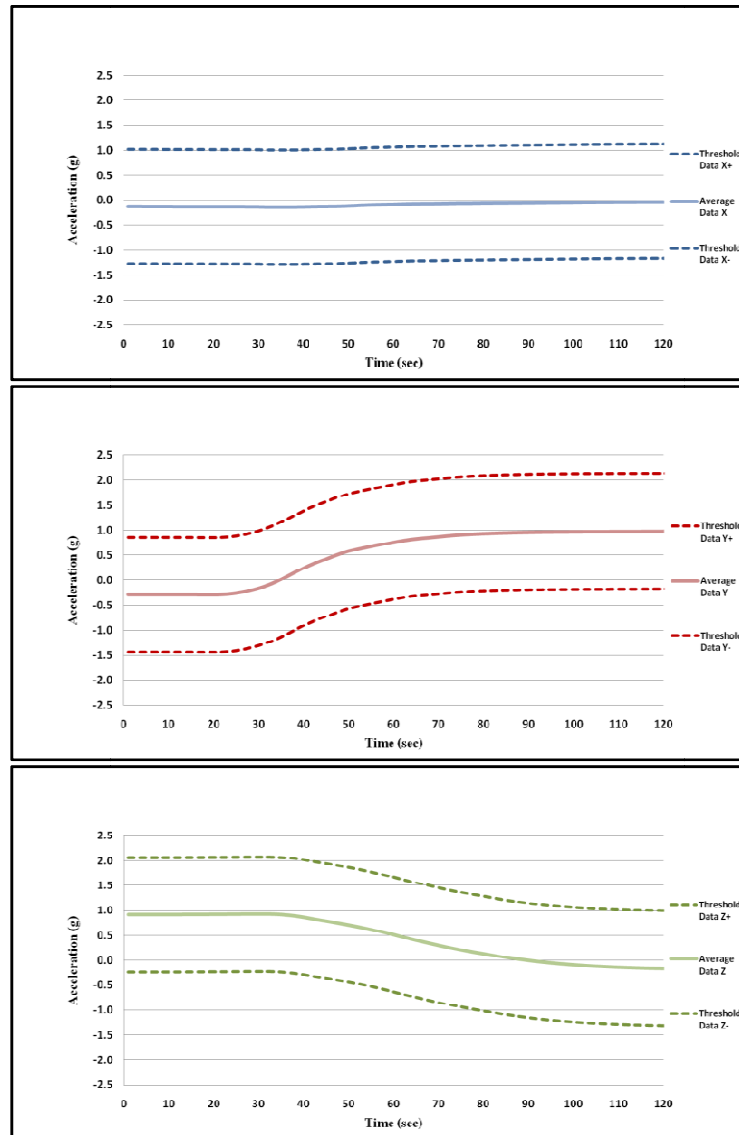
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง



ภาพที่ 4-21 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างมีค่าเท่ากับ 0.360

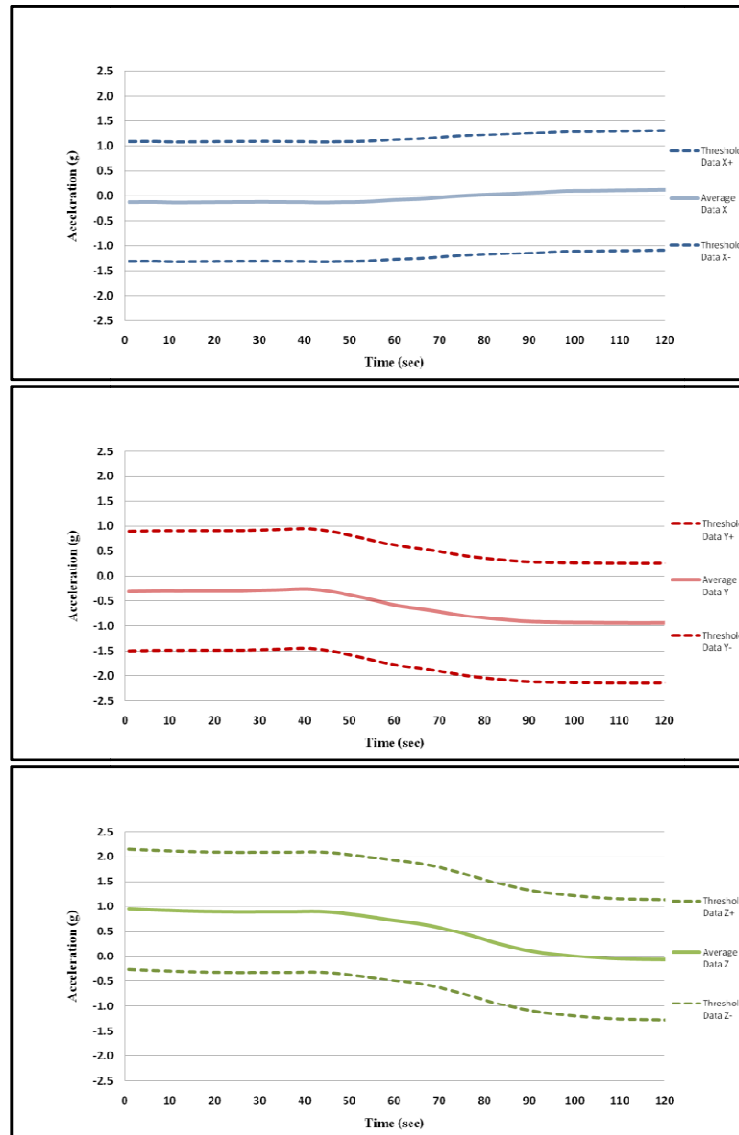
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา



ภาพที่ 4-22 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวา

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านขวามีค่าเท่ากับ 1.150

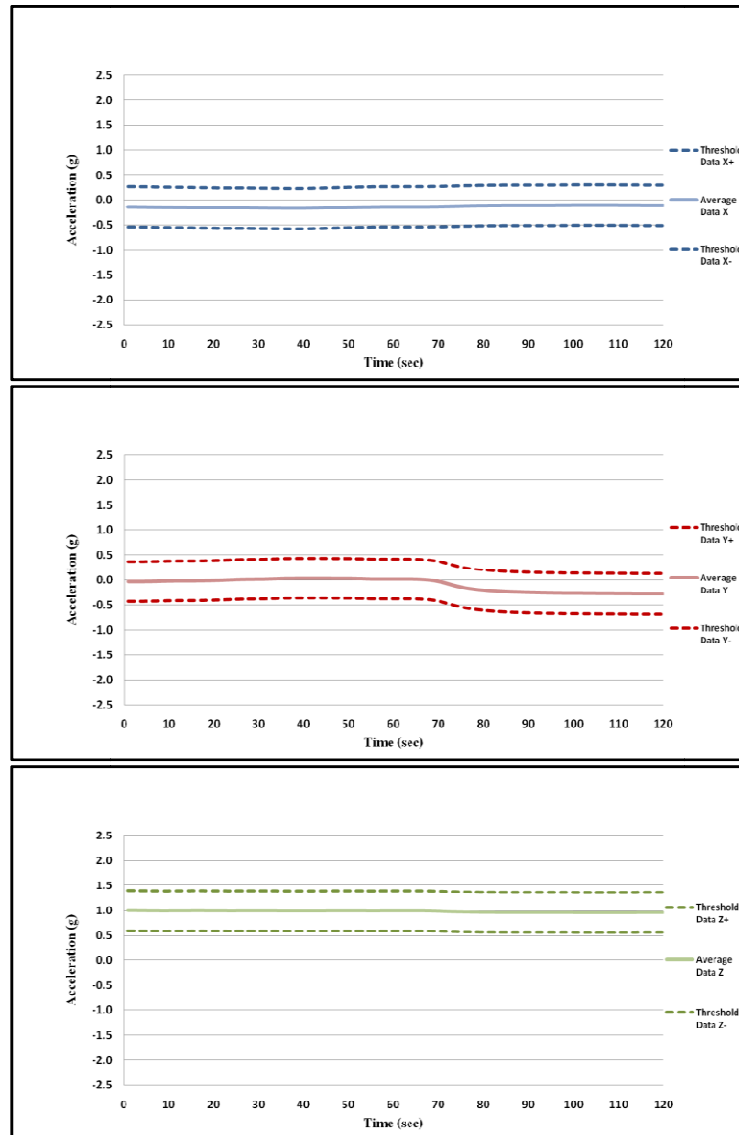
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย



ภาพที่ 4-23 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้าย

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะล้มไปด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 1.200

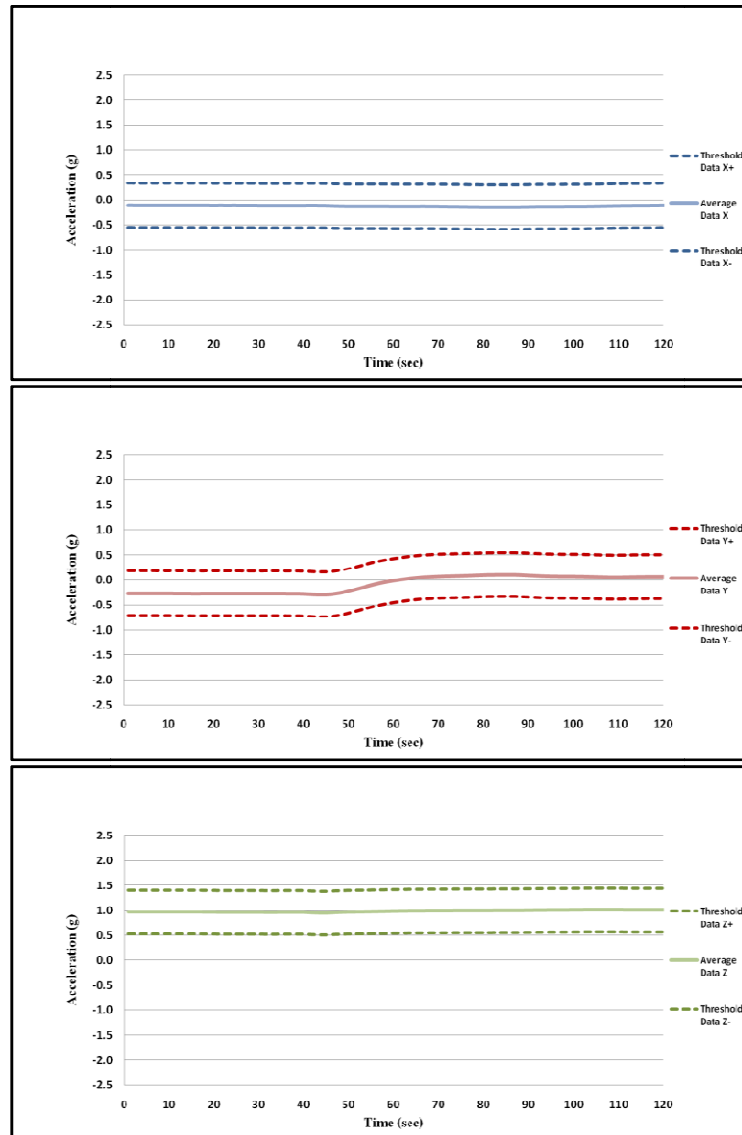
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-24 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) มีค่าเท่ากับ 0.401

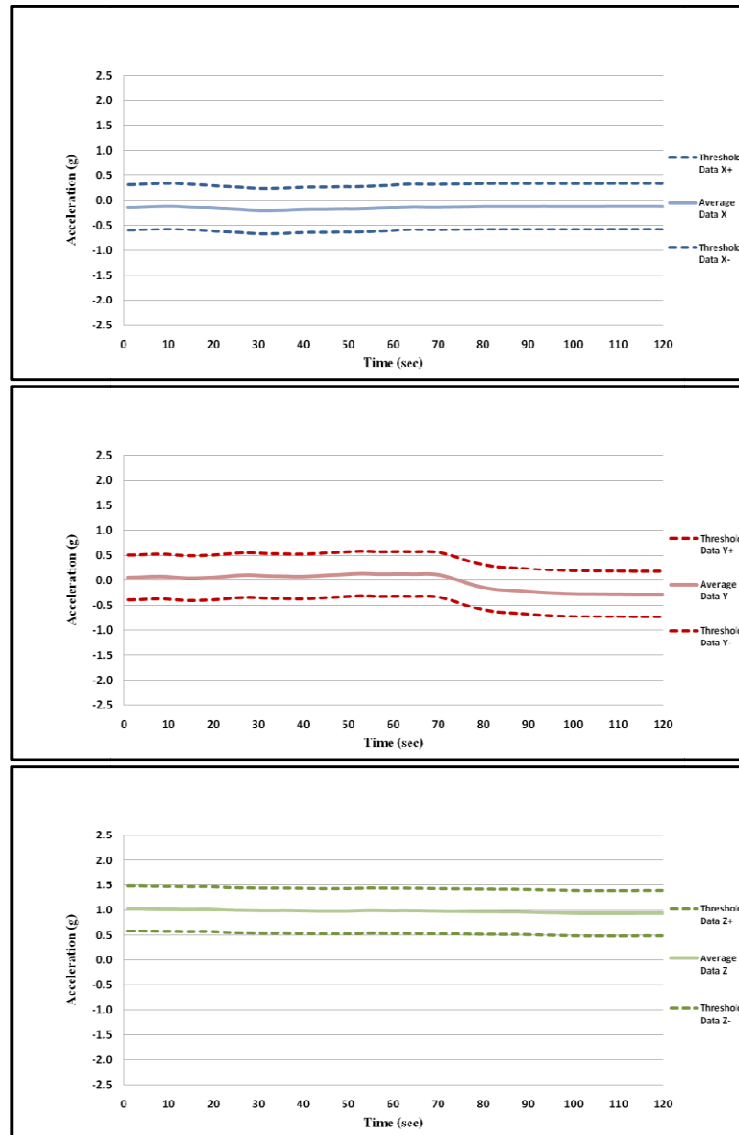
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-25 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) มีค่าเท่ากับ 0.442

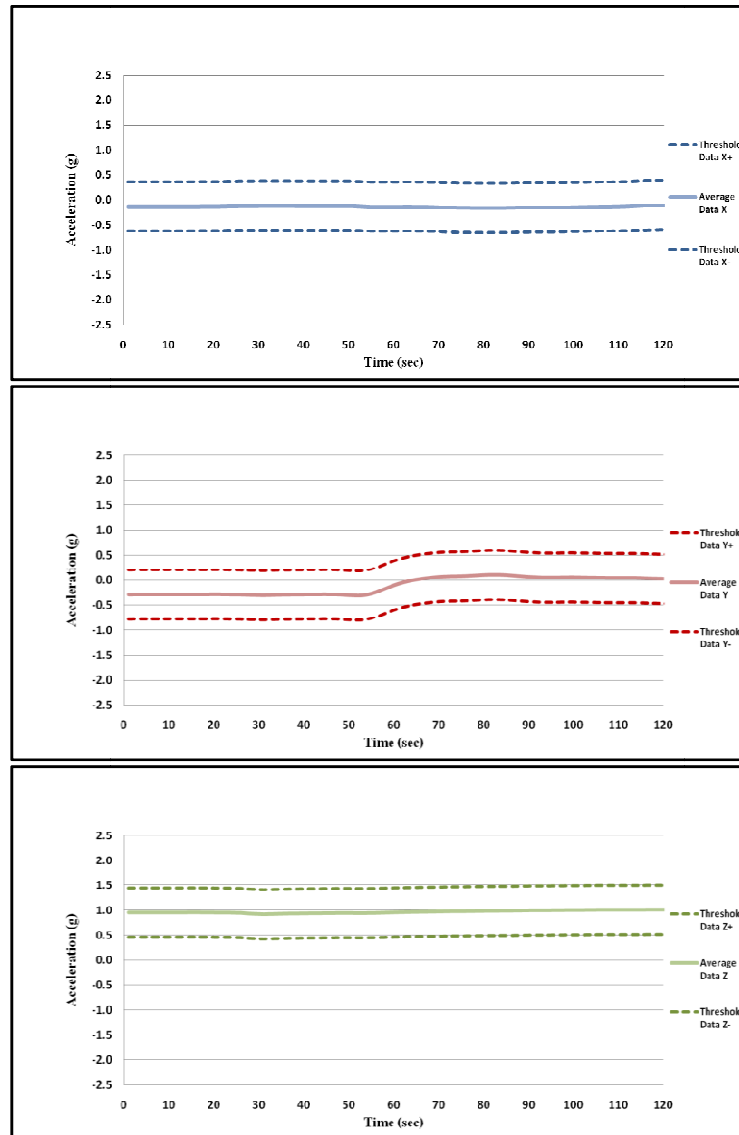
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-26 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์) มีค่าเท่ากับ 0.452

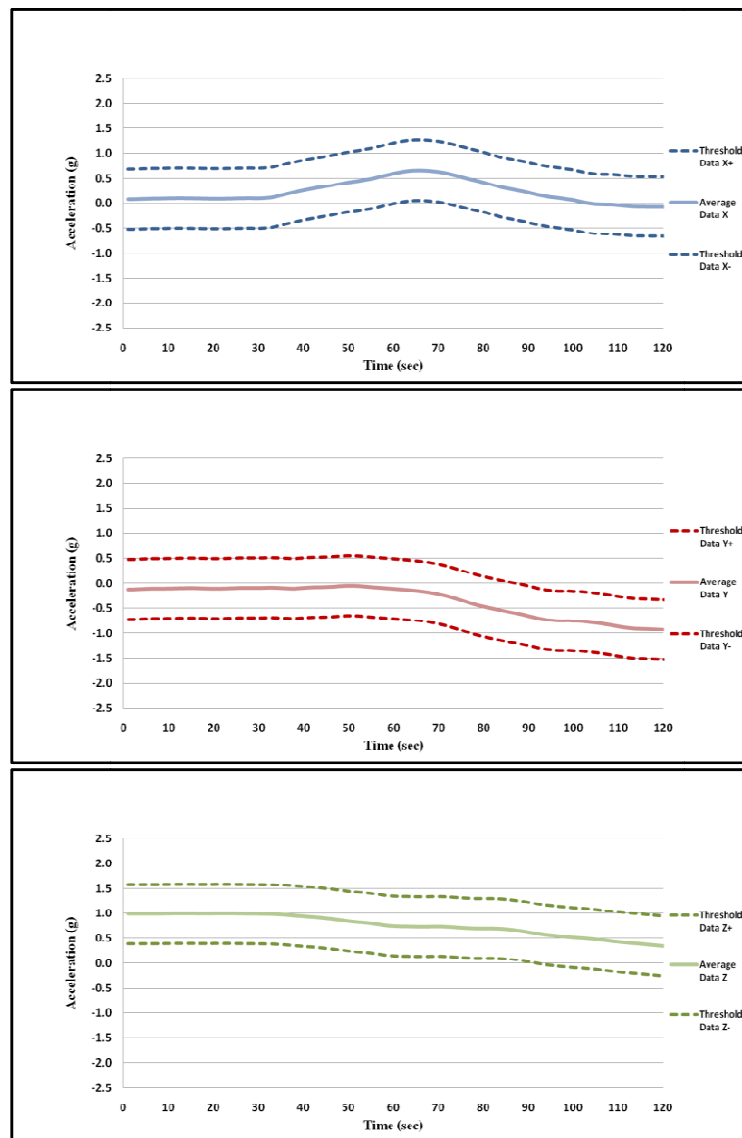
ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)



ภาพที่ 4-27 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ขณะเคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์) มีค่าเท่ากับ 0.492

ค่า Threshold ของรถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์



ภาพที่ 4-28 ค่า Threshold แต่ละแกนของรถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์

ค่า Threshold ที่ได้จากการทดสอบของรูปแบบรถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์ มีค่าเท่ากับ 0.600

การวิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณการทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองการเก็บค่าการทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้ Accelerometer sensor นั้น เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้รูปแบบหลักของสัญญาณการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ ออกมา ซึ่งนำค่าที่สัญญาณแต่ละรูปแบบที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบอีก 20 ค่าของการเคลื่อนไหวแต่ละรูปแบบ โดยมีค่า Threshold ของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์แต่ละรูปแบบเป็นตัวกำหนด

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบรูปแบบค่าสัญญาณความเร่งเฉลี่ยการทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ

การเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของรถจักรยานยนต์	ผลการทดสอบ		
	จำนวน 20 ครั้ง		
	ผ่าน	ไม่ผ่าน	%
รถจักรยานยนต์จอดนิ่ง	20	0	100
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปด้านข้าง	13	7	65
รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านขวา	16	4	80
รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านซ้าย	20	0	100
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)	20	0	100
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์)	13	7	65
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์)	19	1	95
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์)	18	2	90
รถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์	15	5	75

ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4-1 พบว่าสัญญาณค่าเฉลี่ยการทดสอบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรูปแบบ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบอีก 20 ครั้ง ของแต่ละรูปแบบ ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับที่ถูกต้อง ส่วนตารางที่ 4-2 เป็นการนำสัญญาณค่าเฉลี่ยในแต่ละรูปแบบไปทดสอบกับผลการทดลองการเคลื่อนไหวรูปแบบอื่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวบางรูปแบบยังไม่สามารถแยกประเภทออกมาได้ ซึ่งสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้ดังนี้

รถจักรยานยนต์จอดนิ่ง สามารถใช้งานได้ 100%

รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปด้านข้าง สามารถใช้งานได้ 97%

รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านขวา สามารถใช้งานได้ 100%

รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านซ้าย สามารถใช้งานได้ 100%

รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) สามารถใช้งานได้ 62%

รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ไม่ติดเครื่องยนต์) สามารถใช้งานได้ 61%

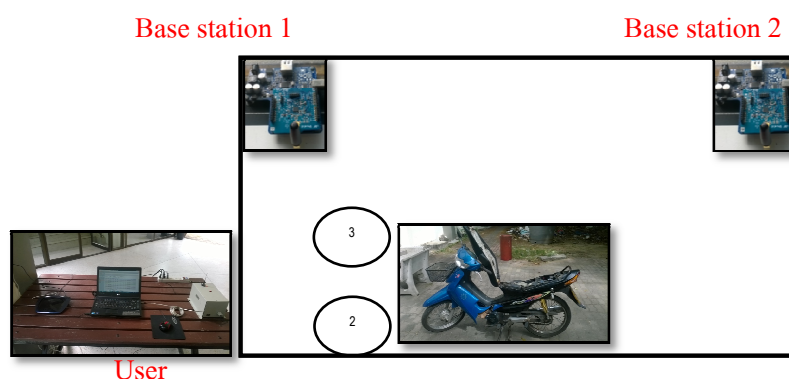
รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าที่จอด (ติดเครื่องยนต์) สามารถใช้งานได้ 61%

รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ออกจากที่จอด (ติดเครื่องยนต์) สามารถใช้งานได้ 61%

รถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นวางบนรถยนต์ สามารถใช้งานได้ 100%

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

ทดสอบประสิทธิภาพการรับและส่งค่า จากอุปกรณ์บนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการแจ้งเตือนจากการจำลองสถานการณ์



ภาพที่ 4-29 ตำแหน่งทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

ติดตั้ง IRF Tag ที่รถจักรยานยนต์ ได้เบาะรองนั่งของผู้ขับขี่ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถวาง IRF Tag ได้ในแนวราบที่สุด โดยการติดตั้ง IRF Tag นั้นจำเป็นต้องวางให้อยู่ในแนวราบ เพื่อที่จะหาค่าการทำงานของเซ็นเซอร์ที่จุดตรงกลางได้และยังเป็นจุดที่รบกวนป้องกัน น้ำ แสงแดด และผู้พบเห็นได้ และติดตั้ง Base station บริเวณเสาอาคารที่จอดรถจักรยานยนต์ ซึ่งต้องเป็นตำแหน่งที่สามารถรับส่งสัญญาณกับ IRF Tag ที่รถจักรยานยนต์ ได้อย่างทั่วถึง ขึ้นต่อไปนั้น ดำเนินการติดตั้งโมเด็มเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ที่ได้จำลองเป็น เครื่อง Server พร้อมทั้งดำเนินการลงทะเบียน รายละเอียดต่างๆของรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้ง IRF Tag และผู้ใช้งาน เข้าไปในระบบฐานข้อมูล

ตารางที่ 4-3 ผลของประสิทธิภาพของการทดลองระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

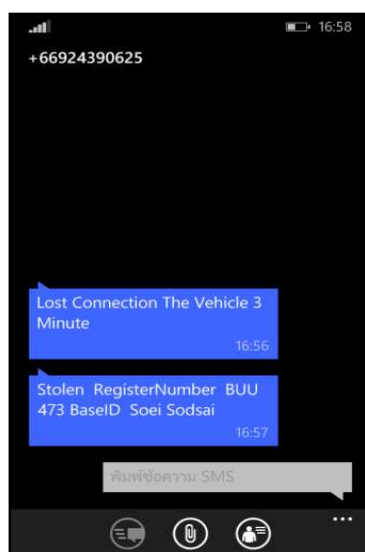
การทดลอง ครั้งที่	การแจ้งเตือน (กรณีที่หนึ่ง)	การแจ้งเตือน (กรณีที่สอง)
1	ไม่ผ่าน	ผ่าน
2	ผ่าน	ไม่ผ่าน
3	ผ่าน	ผ่าน
4	ผ่าน	ไม่ผ่าน
5	ผ่าน	ผ่าน
6	ผ่าน	ผ่าน
7	ผ่าน	ไม่ผ่าน
8	ผ่าน	ผ่าน
9	ผ่าน	ผ่าน
10	ผ่าน	ผ่าน
11	ผ่าน	ผ่าน
12	ผ่าน	ผ่าน
13	ผ่าน	ผ่าน
14	ผ่าน	ผ่าน
15	ผ่าน	ผ่าน
16	ผ่าน	ผ่าน
17	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

การทดลอง ครั้งที่	การแจ้งเตือน (กรณีที่หนึ่ง)	การแจ้งเตือน (กรณีที่สอง)
18	ผ่าน	ผ่าน
19	ไม่ผ่าน	ผ่าน
20	ผ่าน	ไม่ผ่าน

ผลการทดลอง

การทดลองประสิทธิภาพของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ โดยในกรณีที่หนึ่งคือ รถจักรยานยนต์ขาดการติดต่อกับ Base station ตอนจอดลงทะเบียนที่แรก เกินระยะเวลาที่กำหนด เปรียบเสมือนรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ออกจากที่จอดโดยไม่ได้รับอนุญาต จะพบได้ว่าสามารถแจ้งเตือนได้ครบ 95% (แจ้งเตือน 19 ครั้ง ใน 20 ครั้ง) ส่วนกรณีที่สองคือรถจักรยานยนต์ขาดการติดต่อกับ Base station ตอนจอดลงทะเบียนตอนแรกแต่ Base station ตัวอื่นสามารถตรวจจับสัญญาณได้ เปรียบเสมือนรถจักรยานยนต์ที่ถูกแจ้งว่าโจรกรรมถูกตรวจจับได้ในบริเวณอื่น จะเห็นได้ว่าสามารถแจ้งเตือนได้ 85% (แจ้งเตือน 17 ครั้ง ใน 20 ครั้ง) ซึ่งโดยรวมแล้วระบบสามารถทำงานได้ปกติ



ภาพที่ 4-30 การส่งข้อความเตือนการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

บทที่ 5

สรุปผลของโครงการ

สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้ได้มีการแบ่งการทดลองการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ที่ได้จากเซ็นเซอร์ และการทดสอบการส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนผู้ใช้งานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์

สำหรับหัวข้อนี้เป็นการนำผลข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ในรถจักรยานยนต์โดยมีการทดสอบเหตุการณ์การเคลื่อนไหวในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์จากผู้ใช้งานในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างละ 30 ครั้ง ซึ่งข้อมูล 10 ครั้งตอนแรกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดรูปแบบหลักสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยการทดลองครั้งแรก นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองอีก 20 ครั้งของแต่ละรูปแบบ โดยมีค่า Threshold ของการเคลื่อนไหวแต่ละรูปแบบเป็นตัวกำหนด ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบหลักสัญญาณของการทดสอบนั้นสามารถแยกประเภทการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ได้ค่อนข้างดี หลังจากนั้นการทดลองที่สอง นำรูปแบบสัญญาณหลักของการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ไปทดสอบกับข้อมูลการเคลื่อนไหวทุกรูปแบบ โดยผลการทดลองที่ได้ สามารถแยกประเภทการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ รถจักรยานยนต์จอดนิ่ง รถจักรยานยนต์ถูกขยับไปด้านข้าง รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านขวา รถจักรยานยนต์ล้มไปด้านซ้าย และรถจักรยานยนต์ถูกยกขึ้นรถยนต์

ส่วนรูปแบบสัญญาณหลักของการเคลื่อนไหวรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าและออกจากที่จอด แบบไม่ติดเครื่องยนต์ และรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าและออกจากที่จอด แบบติดเครื่องยนต์ นั้น โดยภาพรวม มีเปอร์เซ็นต์การใช้งานอยู่ที่ประมาณ 60% ซึ่งอีก 40% นั้นยังไม่สามารถแยกแยะรูปแบบการเคลื่อนไหวลักษณะต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นออกมาได้ แต่โดยในภาพรวมถ้าลักษณะของสัญญาณการเคลื่อนไหวมีรูปแบบที่อยู่ใน 40% นั้น ก็สามารถที่จะกำหนดให้รถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนที่จากจุดที่จอดตอนแรกได้อย่างแน่นอน ซึ่งหมายถึงว่ารถจักรยานยนต์ของผู้ใช้งานนั้นมีแนวโน้มที่จะถูกโจรกรรมมากขึ้น

ทั้งนี้รูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ที่นำมาวิเคราะห์นี้ เป็นรูปแบบการเกิดเหตุการณ์ในลักษณะการทำงานที่ต่อเนื่องกัน เช่น รถจักรยานยนต์ถูกยกวางบนขึ้นรถยนต์ แต่ในขณะที่เดียวกันถ้ารถจักรยานยนต์กำลังถูกยกแต่แล้วกลับยกเลิกการกระทำดังกล่าว อาจจะต้องมีการวิเคราะห์รูปแบบลักษณะของสัญญาณในแต่ละขั้นตอนให้มีความละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น และอีกส่วน การทดสอบวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ ที่ได้จากค่าสัญญาณความเร่งนี้ เป็นการทดสอบกับรถจักรยานยนต์ขนาดเครื่องยนต์ 110 ซีซี คันนั้นถ้ารถจักรยานยนต์มีขนาดเครื่องยนต์ที่ใหญ่ขึ้น รูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวในลักษณะต่าง ๆ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงออกไป ซึ่งจะต้องดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และพัฒนาต่อไป

สรุปผลการทดสอบการส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนผู้ใช้งานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์

ภาพรวมการทำงานของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ทั้งหมด ตั้งแต่การติดต่อกันระหว่าง IRF Tag กับ Base station ไปจนถึงระบบการแจ้งเตือนการส่งข้อความ SMS โดยได้มีการจำลองสถานการณ์ว่ามีผู้ร้ายเข้ามาโจรกรรมรถจักรยานยนต์ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้พบว่า ในขณะที่รถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนไหวภายในบริเวณที่ติดต่อกับ Base station ได้ ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ก็จะถูกส่งไปที่หน้า Web app vehicle monitoring system ของผู้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งรถจักรยานยนต์ได้ถูกเคลื่อนย้ายออกจากบริเวณลานจอดรถ ซึ่งไม่สามารถติดต่อกับ Base station ได้ระบบก็สามารถแจ้งเตือนสถานะต่างๆและส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานได้ และอีกในกรณีที่รถจักรยานยนต์ขาดการติดต่อกับ Base station ที่ได้จอดไว้ตอนแรกแต่กลับไปที่ติดต่อกับ Base station อีกตัวที่อยู่ห่างออกไป โดยที่ผู้ใช้งานไม่ได้ปลดล็อก ระบบก็สามารถแจ้งเตือนว่ารถจักรยานยนต์ถูกโจรกรรมในทันที

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน

Tag ที่ติดบนรถจักรยานยนต์และ Base station มีใช้งานไม่เพียงพอต่อการทดสอบของระบบป้องกันการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ โดยการทดสอบนั้นจำลองใช้ Tag ทั้งหมดสองตัว ซึ่งถ้าเกิดมี Tag จำนวนมาก การส่งข้อมูลยังสามารถทำได้หรือไม่

สถานที่ติดตั้ง Base station ยังไม่สามารถครอบคลุมลานจอดรถได้ทั้งหมด เนื่องจากถูกจำกัดด้วยจำนวน Base station

รถจักรยานยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นรุ่นและขนาดเดียวกัน จึงยังไม่สามารถนำรูปแบบลักษณะสัญญาณการเคลื่อนไหวไปใช้กับรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดต่างกันออกไปได้

ข้อเสนอแนะ

พัฒนาและทดสอบระบบให้สามารถครอบคลุมได้ทั้งบริเวณลานจอดรถ

พัฒนาให้สามารถใช้งานกับรถจักรยานยนต์หลาย ๆ คันได้

พัฒนาและวิเคราะห์รูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละ
ขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้มีความละเอียดและชัดเจนมากขึ้น

พัฒนาและวิเคราะห์รูปแบบสัญญาณการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ให้สามารถใช้
งานได้กับรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดและเครื่องยนต์ที่ต่างกันอย่างไปได้

บรรณานุกรม

- ความถี่ RFID. (2559). เทคโนโลยี RFID เข้าถึงได้จาก <http://www.nipponsysit.com/Barcode-RFID/?Page=rfid>
- ชัยชนะ มิตรพันธ์ และกองบรรณาธิการ. (2537). Radio Frequency Identification: RFID. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติ สิริินธร.
- โปรโตคอลสแตก. (2559). ชั้นของโปรโตคอลสแตกสำหรับเครือข่ายไร้สาย เข้าถึงได้จาก http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php
- พื้นฐานของสัญญาณ (2559). พื้นฐานของสัญญาณและระบบ เข้าถึงได้จาก http://home.npru.ac.th/piya/Signal/file/Lec_0102_student.pdf
- ระบบเครือข่าย. (2559). ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เข้าถึงได้จาก http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php
- วินัย สุขโสมนัส) .2557 .(ระบบการเฝ้าระวังผู้สูงอายุในบ้านพัก .งานนิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วัชรวิ พุกกษิกานนท์. สถิติเศรษฐศาสตร์เชิงประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1 เชียงใหม่: คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- สถิติคดีโจกรรม) 2559 .(ข้อมูลจากสถิติคดีโจกรรมรถจักรยานยนต์ ประจำปี พ.ศ.2545-2552 เข้าถึงได้จาก http://statistic.police.go.th/dn_main.htm
- Bagal' a, F., Becker, C., Cappello, A., Chiari, L., Aminian, K., Hausdorff, J. M., Zijlstra, W., & Klenk, J. (2012). Evaluation of accelerometer-based fall detection algorithms on real-world falls. *PLoS One*, 7. Article ID e37062.
- Bourke, A. K., & Lyons, G. M. (2008). A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor. *Medical Engineering and Physics*, 30, 84-90.
- Bourke, A. K., Van de Ven, P., Gamble, M., O'Connor, R., Murphy, K., MaQuade, E., Finucane, P., O'laighin, G., & Nelson, J. (2010). Evaluation of waist-mounted tri-axial accelerometer based fall-detection algorithms during scripted & continuous unscripted activities. *Journal of Biomechanics*, 43(15), 3051–3057.
- Bourke, A. K., O'Brien, J. V., & Lyons, G. M. (2007). Evaluation of a threshold-based tri-axial

- accelerometer fall detection algorithm. *Gait and Posture*, 26(2), 194 – 199.
- Chare Piyachatpanom, Nipon Sommal, Wasan Wiyarun & Weradech Kumtong. (2012).
Vehicle-Anti-Thief Technical Report. Embedded System Laboratory, Electrical
- Chen Diansheng, Feng Wei, Zhang, Li Xiyu, & Wang Tianmiao. (2011). A Wearable Wireless
Fall Detection System with Accelerators. In *Proceedings of the 2011 IEEE
International Conference on Robotics and Biomimetics*.
- Chen, J., Kwong, K., Chang, D., Luk, J., & Bajcsy, R. (2005). Wearable sensors for reliable fall
detection. In *Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE
EMBS*, (pp. 3551-3554). Shanghai, China.
- CC1110 Data Sheet. (n.d.). Retrieved from <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1110f32.pdf>
- CHANGSU JUNG.(2012). Measuring movement of golfers with an accelerometer. Master of
Science Thesis Stockholm, Sweden.
- Chip MPU-9150 Data Sheet. (n.d.). Retrieved from [https://dlmnh9ip6v2uc.cloudfront.net
/datasheets/Sensors/IMU/PS-MPU-9150A.pdf](https://dlmnh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/IMU/PS-MPU-9150A.pdf) Engineering Department, Faculty of
Engineering, Burapha University.
- ELECTRONICS SOURCE CO.,LTD.)2016.(GSM Module Model DEV-253356774-01-V1.
Retrieved from <http://www.es.co.th/index.asp>
- Geeth Jayendra, Sisil Kumarawadu & Lasantha Meegahapola. (2007). RFID-Based Anti-theft
Auto Security System with an Immobilizer. *Second International Conference on
Industrial and Information Systems*, Sri Lanka.
- Hui Song, Sencun Zhu & Guohong Cao. (2008). A Sensor-network-based Vehicle Anti Theft
System. Department of Computer Science , Frostburg State University & Department
of Computer Science & Engineering, The Pennsylvania State University.
- Kangas, M., Konttila, A., Winblad, I., & Jamsä, T. (2007). Determination of simple thresholds
for accelerometry-based parameters for fall detection. In *Proceedings of the 29th
Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 1367-1370. Lyon, France.
- Kun-Ying Lin and Ming-Wei HSU & Shi-Rung Liou. (2011). Bicycle Management Systems in
Anti-theft,Certification, & Race by Using RFID,Department of Electronics
Engineering,Nan Kai University of Technology, Nantou County, Taiwan.
- Lindemann, U., Hock, A., Stuber, M., Keck, W., & Becker, C. (2005). Evaluation of a fall

- detector based on accelerometers: A pilot study. Medical and Biological Engineering
 Qiang Li, John A. Stankovic, Mark A. Hanson, Adam T. Barth, & John Lach. (2009). Accurate,
 Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture
 Information. United State of America.
- Shihab A. Hameed, Othman Khalifa, Mohd Ershad, Fauzan Zahudi, Bassam Sheyaa &
 Waleed Asender. (2010) . Car Monitoring, Alerting and Tracking Model. International
 Conference on Computer and Communication Engineering , Kuala Lumpur, Malaysia.
- SimpliciTI (2016). SimplicitiTI frame structure เข้าใจได้ถึงจากรูป <http://www.ti.com/tool/simpliciti>
- Srinivasan Soundararajan, Han Jun, Lal Dhananjay, & Gacic Aca. (2007). Towards automatic
 detection of falls using wireless sensors. In Proceedings of the annual conference of
 IEEE EMBS, France.
- Tamura Toshiyo. (2005). Wearable accelerometer in clinical use. In proceedings of the 2005
 IEEE EMBS 27th annual conference.
- Vikas J. Desai, Swati P. Nawale & Sachin R.Kokane. (2014). Design & Implementation of GSM
 & GPS Based Vehicle Accident Detection System, International Journal of Technology
 and Science, IOIT, Pune, India.
- Xu, Y., Ouyang, Y., Le, Z., Ford, J., & Makedon, F. (2007). Mobile anchor-free localization for
 wireless sensor networks. In Proceedings of DCOSS, Santa Fe, NM, USA.