

ระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย
WIRELESS MOVEMENT DETECTION AND
MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY



โดย
นายกันตพิชญ์ แก้วสุวรรณ
นายภมร ยงวัฒนานันท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

ระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย
WIRELESS MOVEMENT DETECTION AND
MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY



โดย

นายกันตพิชญ์ แก้วสุวรรณ

นายภมร ยงวัฒนานันท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย
WIRELESS MOVEMENT DETECTION AND
MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY

โดย

นายกัณฑ์พิชญ์ แก้วสุวรรณ 52010049

นายภมร ยงวัฒนานันท์ 52010884

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ตุลยา ลิมปิติ

ผศ.ดร. ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(*Tulaya Limpiti*)
อาจารย์ที่ปรึกษา
5/3/56

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(*Loe*)
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน
5/มีค./56

วิศวกรรมโทรคมนาคม

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย

WIRELESS MOVEMENT DETECTION AND

MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY

ผู้จัดทำ

1. นายกันตพิชญ์ แก้วสุวรรณ 52010049
2. นายภมร ยงวัฒน์นันท์ 52010884


.....
(ดร. ตุลยา ลิ้มปิติ)

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....
(ผศ.ดร. ศรววัฒน์ ชิวปรีชา)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้ความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ตุลยา ลิมปิติ และ ผศ.ดร.ศรวัฒน์ ชิวปรีชา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ และช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการทำปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำปริญญาานิพนธ์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณเพื่อน พี่และน้องๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ช่วยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี

นายกันตพิชญ์
นายภมร

แก้วสุวรรณ
ยงวัฒนานันท์
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย
WIRELESS MOVEMENT DETECTION AND
MONITORING SYSTEM FOR ELDERLY

โดย นายกันตพิชญ์ แก้วสุวรรณ 52010049
นายภมร ยงวัฒนานันท์ 52010884

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ตุลยา ลิ้มปิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร. ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทยกำลังเข้าสู่สภาวะการเป็นสังคมผู้สูงอายุ ประโยชน์ของปัญญาประดิษฐ์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบโต้เกี่ยวกับการสร้างระบบการดูแลผู้สูงอายุในปัจจุบัน โดยต้องการศึกษาและออกแบบระบบเพื่อจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุ และมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ในบ้านพักคนชรา อุปกรณ์ในระบบนี้จะประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลไร้สาย และคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ได้จากเซนเซอร์บนร่างกายผู้ใช้จะถูกส่งผ่านเครือข่ายโมดูลไร้สายซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ระบบตรรกะคลุมเครือจะถูกใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกและติดตามอิริยาบถ ผลการวิเคราะห์จะถูกแสดงบนกราฟิกของผู้ใช้

ABSTRACT

Thailand is becoming an aging society, so developments of smart healthcare systems for elderly are needed. The thesis aims to study and design a system for detecting and monitoring movements of elderly in nursing home. The system consists of accelerometers, microcontroller, ZigBee wireless modules, and a computer server. The movement data from the sensors attached to the users is sent through a network of ZigBee modules controlled by microcontrollers to a computer server. Fuzzy logic is used to analyze and monitor specific movements. Finally, the movement results are displayed on a graphic user interface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1	บทนำ
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
1.2	วัตถุประสงค์
1.3	ขอบเขตของปริญญานิพนธ์
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง
2.1	เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer sensor)
2.2	ไมโครคอนโทรลเลอร์
2.3	มาตรฐาน RS-232
2.4	โปรแกรม Microsoft Visual C# 2010
2.5	ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database)
2.6	โมดูลไร้สายซิกบี (ZigBee)
2.7	ตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic)
บทที่ 3	การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์
3.1	การออกแบบ
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
3.3	การจัดเก็บผลการทดลอง
บทที่ 4	ผลการทดลอง
4.1	การทดลองวัดระดับของสัญญาณ ขณะเซนเซอร์ไม่เคลื่อนไหว
4.2	การทดลองการแปลงสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688
4.3	การวัด Spectrum ของโมดูล XBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การวัดระยะทางเทียบกับระดับ Received Signal Strength Indication (RSSI) ของโมดูล XBee	50
4.5 การทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PIC16F688 กับคอมพิวเตอร์ผ่านโมดูล XBee	52
4.6 การทดสอบเก็บข้อมูลความเร่งลงในไฟล์ .xls	52
4.7 การเก็บค่าความเร่งจากอิริยาบถการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้ใช้	53
4.8 การทดสอบอัลกอริทึมจำแนกอิริยาบถ	56
4.9 การทำงานของระบบโดยรวมผ่าน GUI	57
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปผล	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	
โค้ดตัวอย่างระบบตรรกะคลุมเครือ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 จำนวนประชากรในภูมิภาคเอเชียแบ่งตามกลุ่มอายุ	1
2.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง	3
2.2 โครงสร้างของ G-Cell	3
2.3 หลักการทำงานของ G-Cell	4
2.4 รูปหัวต่อ DB-9	7
2.5 ภาพแรงดันของสัญญาณ TTL และ สัญญาณ RS-232	8
2.6 กลุ่มของฟิลด์ข้อมูล	10
2.7 กลุ่มของเร็คคอร์ด	10
2.8 การแบ่งช่องสัญญาณในแต่ละย่านความถี่	11
2.9 รูปแบบโครงข่ายแบบ Star, Cluster Tree และ Mesh	13
2.10 โครงสร้างโพรโทคอล ZigBee	14
2.11 รูปแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยมของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	16
2.12 รูปแบบฟังก์ชันคางหมูของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	16
2.13 รูปแบบฟังก์ชันเกาส์เซียนของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	17
2.14 รูปแบบฟังก์ชันระฆังคว่ำของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	17
2.15 รูปแบบฟังก์ชันตัวเอสของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	18
2.16 รูปแบบฟังก์ชันตัวแซดของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	18
2.17 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	19
2.18 ขั้นตอนที่ 1 Membership Function	20
2.19 ขั้นตอนที่ 2 Inference	20
2.20 ขั้นตอนที่ 3 Fuzzification	21
2.21 ขั้นตอนที่ 4 Defuzzification	21
3.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ	22
3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	23
3.3 อุปกรณ์ด้านฝั่งส่งข้อมูล และบรรจุภัณฑ์ของอุปกรณ์	24
3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กับผู้ใช้งาน	24
3.5 การเชื่อมต่อของโครงข่ายแบบ Mesh	25
3.6 ส่วนประสานกราฟิกผู้ใช้งาน	26
3.7 กราฟความเร่งในแนวแกน X, Y, Z เทียบกับแรงโน้มถ่วง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.8	ฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน	27
3.9	การทำงานของอัลกอริทึมจำแนกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 1	28
3.10	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุต X	29
3.11	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุต Z	30
3.12	ขาการใช้งานของ PIC16F688	33
3.13	รูปโครงสร้างโมดูล ET-MMA7331L	35
3.14	แกนเซนเซอร์ในแนวแกน X, Y และ Z ของโมดูล	36
3.15	ทิศทางของโมดูลเซนเซอร์กับการตอบสนองของค่าอนาล็อกเอาต์พุตที่ย่าน 4-g, VDD	38
3.16	ลำดับขาของ XBee Pro series 2	40
3.17	ลักษณะตัวบอร์ด ZX-XBee	42
3.18	วงจรของบอร์ด ZX-XBee	42
3.19	หน้าจอของ PC Setting Tab ในโปรแกรม X-CTU	43
3.20	โปรแกรม X-CTU เมื่อเชื่อมต่อโมดูล XBee สำเร็จ	44
3.21	ความถูกต้องในการรับส่งข้อมูลของโมดูล XBee	44
3.22	ความแรงของสัญญาณผ่านอากาศ	45
3.23	การตั้งค่า DH และ DL ของโมดูล XBee Router และ Coordinator	46
4.1	ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ขณะไม่เคลื่อนไหว	47
4.2	การแปลงสัญญาณไฟตรงผ่านพอร์ตอนุกรม ด้านซ้ายแสดงสัญญาณไฟตรงของอินพุต ด้านขวาแสดงค่าสัญญาณดิจิตอล	48
4.3	Spectrum กำลังส่งของโมดูล XBee	49
4.4	กราฟแสดงค่า RSSI เทียบกับระยะทางภายนอกอาคาร	51
4.5	กราฟแสดงค่า RSSI เทียบกับระยะทางภายในอาคาร	51
4.6	ข้อมูลของความแรงที่แสดงผลผ่านโปรแกรม	52
4.7	ข้อมูลในฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน	53
4.8	ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในไฟล์ .xls	53
4.9	ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถล้มหน้า	54
4.10	ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถล้มหลัง	54
4.11	ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถยืน	55
4.12	ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถนั่ง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถเดิน	56
4.14 การทำงานของโปรแกรม GUI ขณะผู้ใช้งานอยู่ในอิริยาบถต่างๆ	57
4.15 กราฟความเร่งในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 1	58
4.16 กราฟความเร่งในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 2	58
4.17 กราฟความเร่งในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 3	59
4.18 กราฟความเร่งในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 4	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การทำงานในแต่ละขาของหัวต่อ DB-9	7
3.1 ช่วงความถี่ของเซนเซอร์ทั้ง 3 แกน ของอิริยาบถยืน นั่ง ล้มหน้า ล้มหลัง และเดิน	28
3.2 กฎที่ใช้ในตัวแปรภาษา	31
3.3 การทำงานในแต่ละขาของ PIC16F688	33
3.4 การทำงานในแต่ละขาของโมดูลเซนเซอร์	36
3.5 การทำงานของขา G-Select	37
3.6 การทำงานในแต่ละขาของโมดูล XBee Pro series 2	41
4.1 ค่าของ RSSI ที่ระยะต่างๆ ภายนอกอาคาร	50
4.2 ค่าของ RSSI ที่ระยะต่างๆ ภายในอาคาร	50
4.3 ผลการทดสอบอัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถ	56

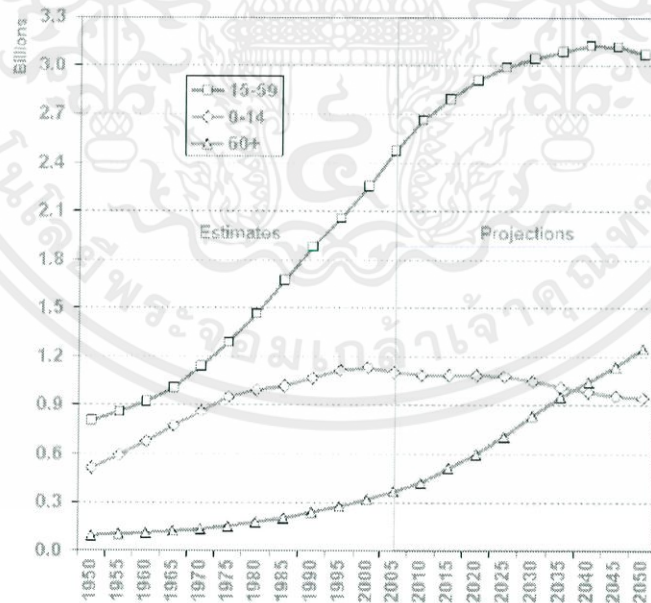
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาวะการเป็นสังคมผู้สูงอายุสามารถพบเห็นได้ทั่วโลก รวมถึงภูมิภาคเอเชียและประเทศไทย ดังเช่นรูปที่ 1.1 ตามรายงานของ 2006 Revision of World population prospect คาดว่า ภายในปี ค.ศ. 2045 จะเป็นครั้งแรกในประวัติศาสตร์ที่จำนวนผู้สูงอายุ (มากกว่า 60 ปีขึ้นไป) จะมากกว่าจำนวนประชากรเด็ก (0-14 ปี) [1] ส่งผลให้มีความต้องการของเทคโนโลยีที่จะช่วยในการดูแลผู้สูงอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ปัญหานี้จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบโจทย์เกี่ยวกับการสร้างระบบการดูแลผู้สูงอายุในปัจจุบัน โดยต้องการศึกษาและออกแบบระบบเพื่อจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุ และมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ในบ้านพักคนชรา อุปกรณ์ในระบบนี้จะประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลไร้สาย และคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ได้จากเซนเซอร์บนร่างกายผู้ใช้จะถูกส่งผ่านเครือข่ายโมดูลไร้สายซิกบีซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ระบบตรวจจับเคลื่อนไหวจะถูกใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกและติดตามอิริยาบถแบบเวลาจริง โดยผลการวิเคราะห์จะถูกแสดงบนกราฟิกของผู้ใช้เพื่อความสะดวกในการทำงาน



รูปที่ 1.1 จำนวนประชากรในภูมิภาคเอเชียแบ่งตามกลุ่มอายุ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาการใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเร่งแบบ 3 แกน
- 2) ศึกษาการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC
- 3) ศึกษาการใช้งานและการตั้งค่าของโมดูลไร้สายซิกบี (ZigBee)
- 4) ศึกษาและใช้งานระบบตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic)
- 5) ศึกษาการสร้างฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหว
- 6) นำข้อมูลที่ได้ศึกษาจากข้อ 1-5 มาพัฒนาระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุ

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

- 1) เก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer sensor) แบบ 3 แกน
- 2) รับส่งข้อมูลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ผ่านเครือข่าย ZigBee ไปยังเซิร์ฟเวอร์
- 3) ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ทฤษฎีตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic) ในการจำแนกอิริยาบถจากสัญญาณการเคลื่อนไหวใน steady state และ transition state ได้
- 4) ออกแบบฮาร์ดแวร์ไร้สายติดตัวผู้ใช้เพื่อบันทึกและจัดส่งข้อมูลการเคลื่อนไหว
- 5) ออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวลงฐานข้อมูลและแสดงผลการวิเคราะห์อิริยาบถ

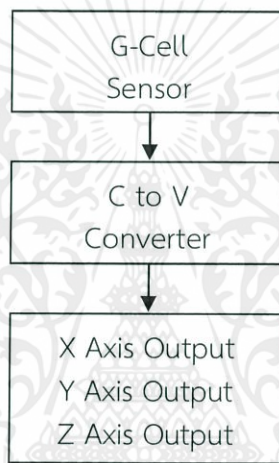
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

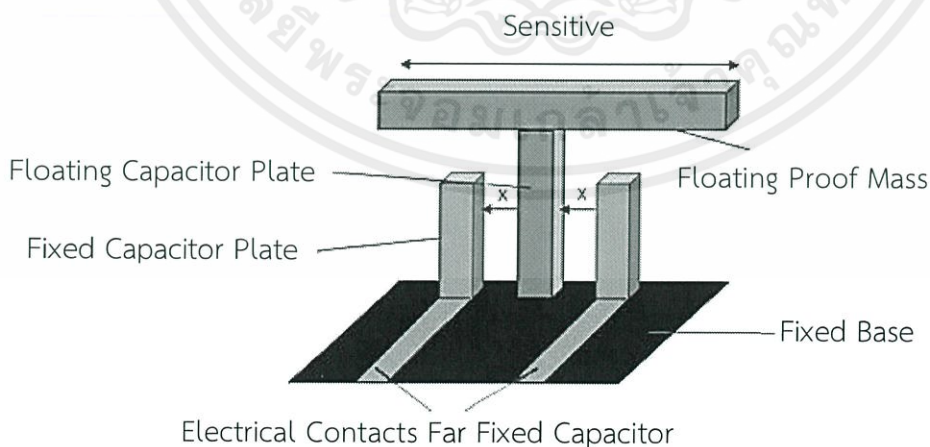
2.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer sensor)

เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าความเร่งหรือการสั่นสะเทือนสำหรับการตรวจวัดข้อมูลการเคลื่อนที่ พบในระบบควบคุมการทำงานแบบเชิงเส้น หรือใช้วัดการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรต่างๆ โดยมีการตอบสนองต่อความเร่งด้วยการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมา ซึ่งค่าที่ได้จะแปรผันตามค่าความเร่งที่วัดได้ตามรูปที่ 2.1



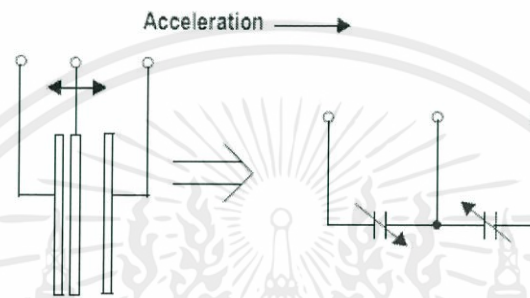
รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง

2.1.1 G-Cell



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ G-Cell (ดัดแปลงจาก [2])
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเชิงกลของ G-Cell ซึ่งสร้างขึ้นจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Polysilicon) ตามกระบวนการทางเคมีของสารกึ่งตัวนำ โดยสามารถจำลองได้เป็นชุดคานาติตมวลกลาง และสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างคานถาวรได้ ในกรณีที่คานาติตมวลกลางเคลื่อนที่เข้าหาคานถาวรด้านใดด้านหนึ่ง จะทำให้ระยะห่างระหว่างคานถาวรกับคานาติตมวลกลางลดลง ในขณะเดียวกันก็จะทำให้คานถาวรด้านอื่นๆ มีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของ G-Cell [2]

จากรูปที่ 2.3 คานถาวรของ G-Cell จะอยู่ในรูป Capacitors back-to-back ซึ่งระยะห่างของคานถาวรกับคานาติตมวลกลางที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้ค่าการเก็บประจุเปลี่ยนแปลงตามสมการที่ 2.1

$$C = \frac{\epsilon A}{D} \quad (2.1)$$

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)
- ϵ คือ ค่า permittivity มีหน่วยเป็นฟารัดต่อเมตร (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)

2.1.2 C to V converter

ทำหน้าที่ในการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจาก G-Cell มาเป็นแรงดัน โดยใช้ตามสมการที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.2)$$

โดยที่

- C คือ ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็นฟารัด (F)
 Q คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีหน่วยเป็นคูลอมป์ (C)

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเอาท์พุตจากเซนเซอร์วัดความเร่งเป็นสัญญาณดิจิทัล และส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เมื่อสัญญาณถูกแปลงจะอยู่ในรูปเลขฐานสองจำนวน 10 บิต โดยมีช่วงของการแปลงสัญญาณตั้งแต่ 0 ถึง 1023 รวม 1024 ระดับ ซึ่งจะมีค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC Voltage Resolution : R_{ADV}) ตามสมการที่ 2.3

$$R_{ADV} = \frac{V_{DD} - V_{SS}}{2^n - 1} \quad (2.3)$$

โดยที่

- V_{DD} คือ แรงดันสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 V_{SS} คือ แรงดันอ้างอิง มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 n คือ จำนวนบิตที่ได้จากการแปลงสัญญาณ

2.2.1 การเชื่อมต่อแบบอนุกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการสื่อสารข้อมูลนั้นพอร์ตอนุกรมจะมีความเร็วในการสื่อสารน้อยกว่าแบบขนาน เพราะการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่พอร์ตขนานนั้นสามารถส่งข้อมูลที่หลายๆ บิตพร้อมๆ กันได้ แต่ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมคือสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลกว่าแบบขนาน ซึ่งการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งได้ 2 แบบคือ

2.2.1.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous) เป็นการสื่อสารข้อมูลโดยใช้สัญญาณนาฬิกาในการควบคุมจังหวะของการรับส่งสัญญาณ

2.2.1.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) เป็นการสื่อสารที่ใช้สายข้อมูลเพียงตัวเดียว จะใช้รูปแบบของการส่งข้อมูล (Bit Pattern) เป็นตัวกำหนดว่าส่วนไหนเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเริ่มต้นข้อมูล ส่วนไหนเป็นตัวข้อมูล ส่วนไหนจะเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และ ส่วนไหนเป็นส่วนปิดท้ายของข้อมูล โดยต้องกำหนดให้สัญญาณนาฬิกาตรงกันทั้งภาคส่งและภาครับ สำหรับการติดต่อสื่อสารลักษณะนี้จะใช้การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ จะใช้สายข้อมูลเพียงสายเดียว ลำดับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสเป็นดังนี้

ก) รับสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาแบบอนุกรมมาให้เป็นแบบขนาน
- ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่ได้รับ
- ตัด Stop bit และ Parity bit ออก
- ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่ารับสัญญาณไว้ได้แล้ว

ข) ส่งสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูค่อยทยอยส่งออกแบบอนุกรม
- เพิ่ม Stop bit และ Parity bit
- เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเนื่อง (ถ้ามี)

2.2.2 TTL (Transistor-Transistor Logic)

TTL เป็นระดับแรงดันที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ระหว่าง Transistor กับ Transistor ภายในวงจรรวม (IC) ดังนั้น TTL จะใช้ระดับแรงดัน อยู่ที่ 0 – 5 โวลต์ แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายชนิดที่ทำงานในช่วง 0 – 3.3 โวลต์ (เรียกแรงดันระดับนี้ว่า LVTTTL) ซึ่งจำเป็นต้องทำการตรวจสอบจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่ใช้เสียก่อนว่าเป็นระดับแรงดันแบบใด เพราะหากใช้ผิดประเภทจะทำให้อุปกรณ์เสียหาย ซึ่งในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องใช้แรงดันแบบ TTL ส่วนการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นั้นจะเป็นแรงดันแบบ RS-232

2.3 มาตรฐาน RS-232

เป็นมาตรฐานของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงจากผู้ผลิตที่ต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐาน RS-232 นี้ได้รับความนิยมและใช้กันกว้างขวางมากในปัจจุบัน ซึ่งสามารถแบ่งอุปกรณ์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูล (Output) โดยทั่วไปคอนเน็กเตอร์จะเป็นตัวผู้
2. อุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูล (Input) โดยทั่วไปคอนเน็กเตอร์จะเป็นตัวเมีย

คอนเน็กเตอร์ที่นิยมใช้จะเป็นชนิด D-Type แบบ 9 ขา และแบบ 25 ขา โดยจะติดตั้งอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ ระดับแรงดันจะมีค่าระหว่าง -3 โวลต์ ถึง -15 โวลต์ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต RS-232 ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter ความเร็วและระยะทางในการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐาน RS-232C จำกัดอยู่ที่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

2.3.1 ลักษณะของสัญญาณ RS-232C

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้อง และอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS-232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าไว้ที่

Logic 0 ของ RS-232 จะอยู่ในช่วง 3 ถึง 15 โวลต์

Logic 1 ของ RS-232 จะอยู่ในช่วง -3 ถึง -15 โวลต์

2.3.2 การกำหนดจุดต่อของ RS-232C

มาตรฐานของ RS-232C กำหนดข้อต่อแบบ DB-9 แต่ละขาของข้อต่อกำหนดไว้ดังใน

รูปที่ 2.4

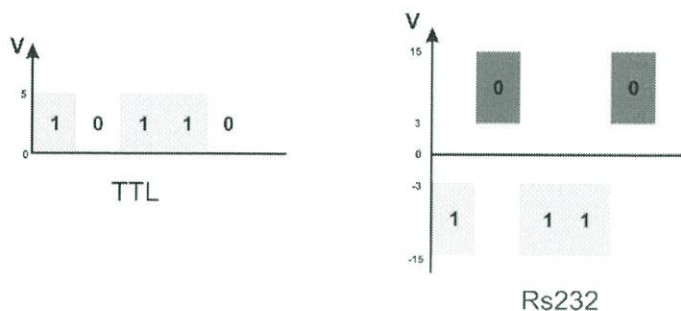


รูปที่ 2.4 รูปหัวต่อ DB-9 [3]

ตารางที่ 2.1 การทำงานในแต่ละขาของหัวต่อ DB-9

Pin	Signal
1	Data carrier detect
2	Received Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Ground
6	Data Set Ready
7	Request to Send
8	Clear to Send
9	Ring Indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น หากมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพแรงดันของสัญญาณ TTL และ สัญญาณ RS-232 [3]

จากรูปที่ 2.5 แรงดันที่ใช้กับตัวอุปกรณ์มีขนาดไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องมีตัวแปลงไฟนั้นก็คือ MAX-232 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันเพื่อให้เชื่อมต่อกับระบบได้

2.4 โปรแกรม Microsoft Visual C# 2010

Visual C# 2010 เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมภาษา C# ซึ่งภาษา C# เป็นภาษาโปรแกรมยุคใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นมานักพัฒนาซอฟต์แวร์ภายใต้แนวคิด .NET Framework ซึ่งเป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน

2.4.1 หลักการเขียนโปรแกรมกับ Microsoft Visual C#

เป็นการเขียนโปรแกรมแบบ Event Driven Programming นั่นคือ การเขียนคำสั่งกำหนดให้โปรแกรมทำงานในเหตุการณ์ที่เราสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของ Windows เช่น ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นปุ่ม, เมนู, ตัวเลือก (หรือออบเจกต์ชนิดต่างๆ) โดยเหตุการณ์ (Event) จะเกิดได้หลายทาง เช่น ผู้ใช้งานคลิก, กดปุ่มคีย์บอร์ด รวมทั้งตัวเครื่องเองได้รับสัญญาณจากภายนอกเข้ามา ก็ทำให้ Event เกิดขึ้นมาได้ ซึ่งเราจะเขียนโค้ดกำหนดการทำงานของโปรแกรมเฉพาะเหตุการณ์ที่เราต้องการให้โปรแกรมทำงานเท่านั้น

2.4.2 ออบเจกต์ (Object)

จะเห็นว่าแอปพลิเคชันนั้นจะประกอบกันมาจากสิ่งต่างๆ เช่น ปุ่มกด, หน้าต่าง ซึ่งเราจะเรียกแต่ละสิ่งที่ประกอบเป็นแอปพลิเคชันว่า ออบเจกต์ (Object)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 คุณสมบัติ (Properties)

ออบเจกต์แต่ละตัวจะมีคุณสมบัติเป็นของตัวเอง เช่น ฟอรั่ม (Form) ก็จะมีคุณสมบัติของฟอรั่ม เช่น ความกว้างของฟอรั่ม ความสูงของฟอรั่ม สีพื้นหลังของฟอรั่ม เป็นต้น ซึ่งแต่ละคุณสมบัติจะสามารถกำหนดค่าได้ เช่น กำหนดให้ฟอรั่มมีสีพื้นหลังเป็นสีขาว เป็นต้นโดยจะเรียกคุณสมบัติต่างๆ ของออบเจกต์ในแอปพลิเคชันเหล่านี้ว่า พร็อพเพอร์ตี้ (Properties)

2.4.3 เมธอด (Method)

นอกจากจะมีคุณสมบัติแล้ว ออบเจกต์ยังมีความสามารถที่ทำให้ออบเจกต์ทำงานได้ เช่น ออบเจกต์ฟอรั่มสามารถแสดงฟอรั่มได้ (Show), สามารถซ่อนฟอรั่มได้ (Hide) เป็นต้น ซึ่งเราเรียกความสามารถของออบเจกต์นี้ว่า เมธอด (Method)

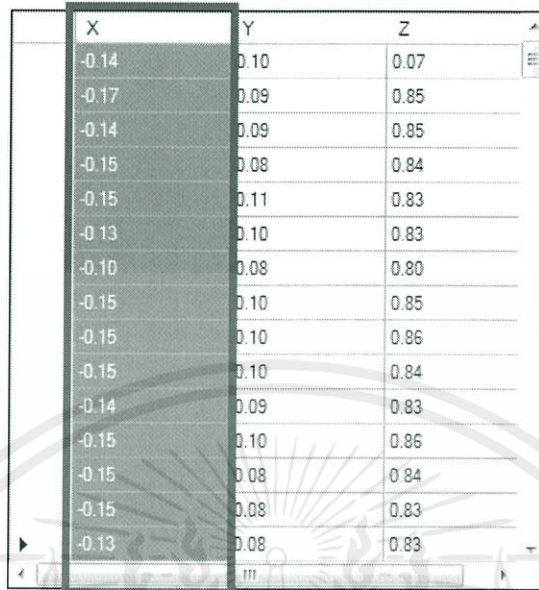
2.4.4 อีเวนต์ (Event)

การทำงานของแอปพลิเคชันบน Windows นั้นเป็นการทำงานแบบ User Interface ทำให้มีเหตุการณ์มากมายที่จะเกิดขึ้นจากการใช้งานแอปพลิเคชันของผู้ใช้ ไม่ว่าจะผู้ใช้จะคลิก ป้อนข้อมูล เลือกข้อมูลจากตัวเลือกหรือเหตุการณ์อื่นๆ อีกมากมายที่อาจจะเกิดขึ้น เราเรียกเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับออบเจกต์นี้ว่า อีเวนต์ (Event)

2.5 ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database)

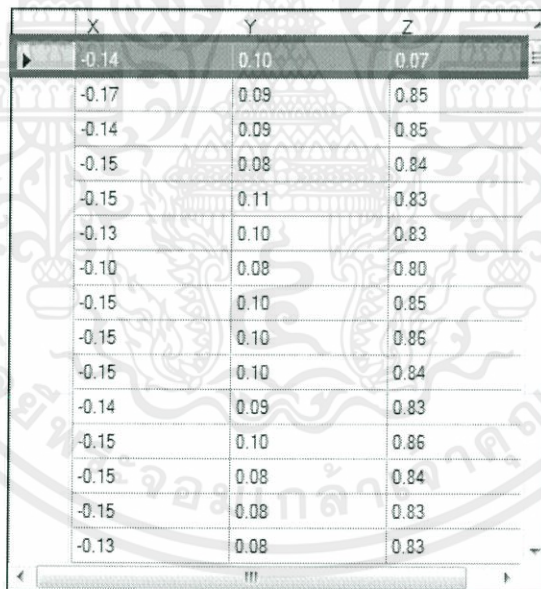
ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ คือ กลุ่มของข้อมูล หรือรูปแบบของแหล่งข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในลักษณะฐานข้อมูล (Database) โดยอาศัยรูปแบบของตาราง (Table) เป็นตัวสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในแต่ละตาราง โดยที่ถ้ามองข้อมูลในลักษณะแนวนอน (Row) จะถูกเรียกว่า เร็คคอร์ด (Record) แต่ถ้ามองในลักษณะแนวตั้ง (Column) จะถูกเรียกว่า ฟิลด์ (Field)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



X	Y	Z
-0.14	0.10	0.07
-0.17	0.09	0.85
-0.14	0.09	0.85
-0.15	0.08	0.84
-0.15	0.11	0.83
-0.13	0.10	0.83
-0.10	0.08	0.80
-0.15	0.10	0.85
-0.15	0.10	0.86
-0.15	0.10	0.84
-0.14	0.09	0.83
-0.15	0.10	0.86
-0.15	0.08	0.84
-0.15	0.08	0.83
-0.13	0.08	0.83

รูปที่ 2.6 กลุ่มของฟิลด์ข้อมูล



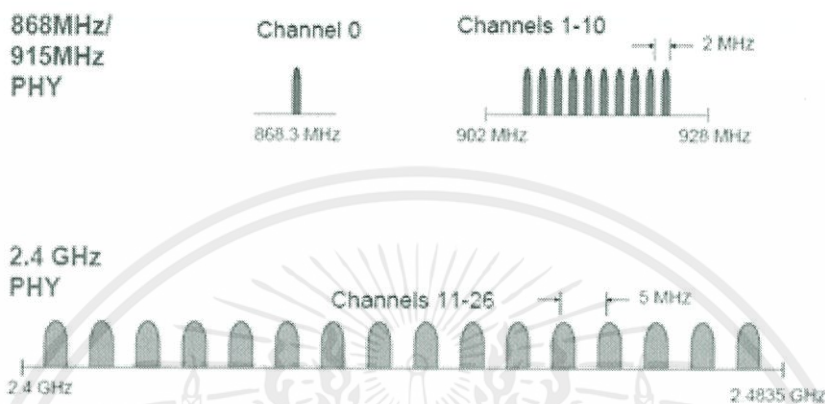
X	Y	Z
-0.14	0.10	0.07
-0.17	0.09	0.85
-0.14	0.09	0.85
-0.15	0.08	0.84
-0.15	0.11	0.83
-0.13	0.10	0.83
-0.10	0.08	0.80
-0.15	0.10	0.85
-0.15	0.10	0.86
-0.15	0.10	0.84
-0.14	0.09	0.83
-0.15	0.10	0.86
-0.15	0.08	0.84
-0.15	0.08	0.83
-0.13	0.08	0.83

รูปที่ 2.7 กลุ่มของเร็คคอร์ด

2.6 โมดูลไร้สายซิกบี (ZigBee)

ZigBee เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ ซึ่งระบบนี้จะไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณาไปใช้

สามารถทำงานในร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก (เช่นถ่าน AAA 2 ก้อน) เหมาะสมกับการใช้งานพวก Monitoring ต่างๆ ZigBee กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่ ดังรูปที่ 2.8 คือ



รูปที่ 2.8 การแบ่งช่องสัญญาณในแต่ละย่านความถี่ [4]

1. ย่านความถี่ 2.4-2.4835 GHz อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps มี 16 ช่องสัญญาณ คือช่องสัญญาณที่ 11-26
2. ย่านความถี่ 902-928 MHz อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps มี 10 ช่องสัญญาณ คือช่องสัญญาณ 1-10
3. ย่านความถี่ 868-870 MHz อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps มี 1 ช่องสัญญาณ คือช่องสัญญาณที่ 0

โดยย่านความถี่ 2.4-2.4835 GHz สามารถใช้งานได้ทั่วโลก ส่วนย่านความถี่ 868-870 MHz และ 902-928 MHz ใช้งานได้ในพื้นที่ของอเมริกาเหนือ ยุโรป ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์

ZigBee สามารถสร้างเป็นเครือข่ายได้ โดยนำเอา Physical Layer และ MAC Layer ของ IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนดการสื่อสารไร้สายแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) มาทำงานใน Layer ที่ต่ำกว่า เช่น เรื่องของ ระดับกำลังสัญญาณ, Link Quality, Access control, Security ฯลฯ

2.6.1 ลักษณะการทำงานของ ZigBee

ZigBee แบ่งตามลักษณะการทำงานได้เป็น 3 แบบ คือ

2.6.1.1 Coordinator มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่าง End Device กับ Router หรือ Coordinator กับ Coordinator ด้วยกัน หรือ Coordinator กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Router กำหนด address ให้กับ Device ที่อยู่ในวงเครือข่าย ไม่ให้ซ้ำกันจัดการเรื่องการ Routing เส้นทาง ซึ่งเทียบได้กับ FFD

ขั้นตอนการทำงานของ ZigBee Coordinator : ZigBee Coordinator จะเริ่มต้นเครือข่าย โดยการตรวจสอบการใช้ช่องสัญญาณวิทยุภายในบริเวณรอบๆ ถ้ามีช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดย Coordinator ตัวอื่น ก็สามารถเริ่มต้นเครือข่ายได้ หลังจากนั้น Coordinator ก็จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย รองรับการทำงานร่วมกันของ ZigBee end-device และรองรับการร้องขออื่นๆ ตามมาตรฐานด้วยเช่นกัน ในปฏิญานิพนธ์นี้ Coordinator รองรับการทำงานร่วมกันของเครือข่าย การออกจากเครือข่าย และการร้องขอการ Binding เท่านั้น

2.6.1.2 End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางสุด ซึ่งจะใช้รับสัญญาณจาก Sensor ที่ปลายทาง โดยที่ใช้พลังงานต่ำในการทำงาน เทียบได้กับ RFD หรือ FFD บางกรณี ขึ้นอยู่กับ Sensor ที่ใช้

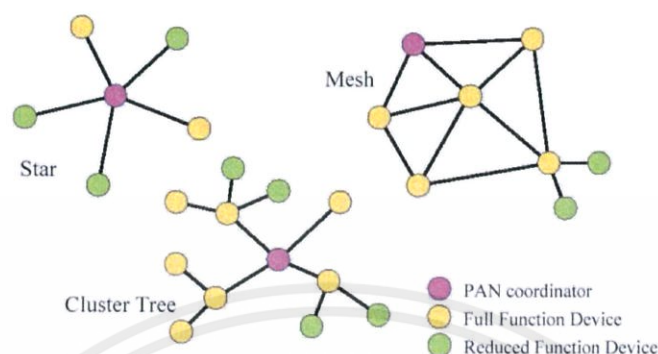
ขั้นตอนการทำงานของ ZigBee end-device : ZigBee end-device จะเริ่มต้นการทำงานโดยการร้องขอการเข้าร่วมเครือข่ายไปยัง Coordinator ประจำเครือข่ายนั้นๆ โดยการตรวจสอบผ่านช่องสัญญาณต่างๆ ว่า Coordinator ใช้ช่องสัญญาณได้อยู่เมื่อเข้าร่วมเครือข่ายแล้ว end-device จึงสามารถทำการร้องขอคำสั่งอื่นๆ ผ่านทาง Coordinator ได้ เช่น การส่งข้อความทั่วไป (Message), การร้องขอการ Binding (Binding request), การขอลออกจากเครือข่าย

2.6.1.3 Router มีหน้าที่ รับส่งข้อมูล ในเส้นทางต่าง ๆ ของเครือข่าย ซึ่งเทียบได้กับ FFD

Full Function Device : FFD เป็น Router ที่เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ใช้พลังงานจาก power line ทำงานได้ในทุก Topology และสามารถทำเป็นจุดเชื่อมต่อกันได้

Reduced Function Device : RFD เหมาะแก่การเชื่อมต่อภายในเครือข่าย ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ไม่สามารถถ่ายทอดข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ ทำได้ง่ายในเครือข่ายที่เป็นแบบ star

ลักษณะของ ZigBee คือมีทางเข้าช่องสัญญาณโดยการใช้ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA) นั่นคือมีทางเข้าช่องสัญญาณหลายๆทาง เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน ระยะทางโดยทั่วไปประมาณ 50 เมตร ทั้งนี้แต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรส ที่มีความยาว 64 หรือ 16 บิต (รองรับได้ 64,000 อุปกรณ์) รูปแบบเครือข่าย ZigBee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบดาว (Star) แบบกลุ่มต้นไม้ (Cluster tree) และแบบตาข่ายร่างแห (Mesh) มีตัวอย่างการสร้างเครือข่ายดังรูปที่ 2.9 โดยในแต่ละเครือข่าย จะต้องต้องมี FFD 1 ตัวทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย เรียกว่า PAN coordinator และ RFD จะเข้าร่วมเครือข่ายกับ PAN coordinator ประจำเครือข่ายนั้นๆ



รูปที่ 2.9 รูปแบบโครงข่ายแบบ Star, Cluster Tree และ Mesh [4]

การประยุกต์ใช้งาน ZigBee นั้นจะแบ่งแยกตามประเภทของข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่ 3 แบบคือ ข้อมูลแบบ Periodic ข้อมูลเป็นช่วงเวลา โปรแกรมสามารถควบคุมอัตราการส่งและตัวตรวจจับสัญญาณกระตุ้น เซ็คข้อมูลและทำให้ข้อมูลไม่เคลื่อนไหว ใช้สำหรับ เซนเซอร์ และมิเตอร์ ข้อมูลแบบ Intermittent เป็นลักษณะที่มีการส่งผ่านข้อมูลเมื่อมีการใช้งาน เช่น สวิตซ์ไฟ และข้อมูล แบบ Repetitive low latency ใช้ในงานที่ต้องการ latency น้อยๆ โดยการสื่อสารจะใช้วิธีจัดสรรช่วงเวลา และสามารถใช้กลไกแบบ GTS เพื่อรับประกันคุณภาพของการบริการ

2.6.2 โครงสร้างของโพรโทคอล ZigBee

2.6.2.1 Application layer เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่ เรียกว่า Application framework โดยมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application layer

2.6.2.2 Application support sub-layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer และทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลรวมถึงการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer

2.6.2.3 Network layer ทำหน้าที่ใช้ในการ routing ข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application layer	ZDO	ZigBee define
Application support sub-layer		
Network layer		
MAC layer		IEEE 802.15.4
Physical layer		

รูปที่ 2.10 โครงสร้างโพรโทคอล ZigBee [4]

จากรูปที่ 2.10 โพรโทคอล ZigBee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer, Application support layer และ Network layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 โดยสำหรับปริญญาโทฉบับนี้ เราจะประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ZigBee กับระบบการติดตามตัวผู้ป่วย ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปในบทที่ 3

2.7 ตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy logic)

ตรรกะคลุมเครือ หรือฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยใช้ประโยชน์จากความยืดหยุ่นข้อมูล ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely true) กับเท็จ (Completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น

2.7.1 ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างตรรกะคลุมเครือ

2.7.1.1 เซตแบบฉบับ

ในเซตแบบฉบับ (Classical set) หรือเซตทวินัย (Crisp set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น เซตในทฤษฎีเซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (Sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใด เซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่งๆ จะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่า คือ 0 ไม่เป็นสมาชิก และ 1 เป็นสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 ฟัชซีเซต

ฟัชซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัชซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัชซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัชซีด้วย ฟัชซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัชซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ

การดำเนินการของฟัชซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป โดยมีการดำเนินการ (Operation) อยู่ 2 แบบคือ Union Intersection และ Complement

- 1) ยูเนียน (Union) ของฟัชซีเซต เทียบเท่ากับ OR operation
- 2) อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัชซีเซต จะเป็น AND operation
- 3) คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัชซีเซต

2.7.1.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัชซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 6 ชนิดดังนี้

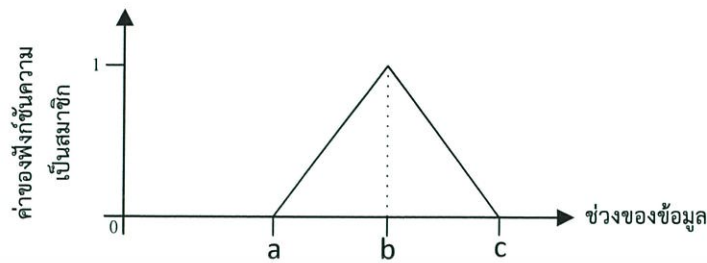
- 1) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function)

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c\}$ เขียนได้

ดัง สมการที่ 2.4

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ or } c \leq x \\ \frac{x}{b-a} - a, & a \leq x \leq b \\ \frac{x}{b-c} + c, & a \leq x \leq b \end{cases} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

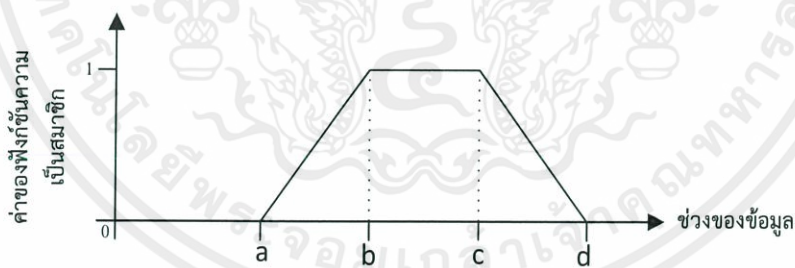


รูปที่ 2.11 รูปแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยมของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

2) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal membership function)

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c, d\}$ เขียนได้ดังสมการที่ 2.5

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ or } d \leq x \\ \frac{x}{b-a} - a, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{x}{c-d} + d, & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.5)$$



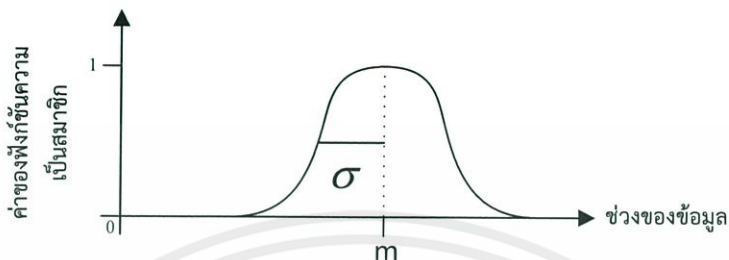
รูปที่ 2.12 รูปแบบฟังก์ชันคางหมูของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

3) ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian membership function)

ฟังก์ชันเกาส์เซียนมีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์คือ $\{m, \sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x; m, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2} \quad (2.6)$$



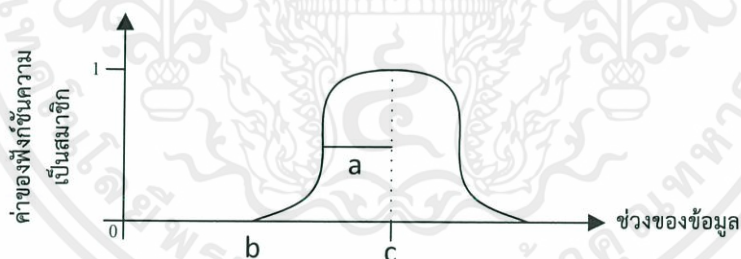
รูปที่ 2.13 รูปแบบฟังก์ชันเกาส์เซียนของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

4) ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped membership function)

ฟังก์ชันรูประฆังคว่ำมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ $\{a, b, c\}$

เขียนได้ดังสมการที่ 2.7

$$f(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.14 รูปแบบฟังก์ชันระฆังคว่ำของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

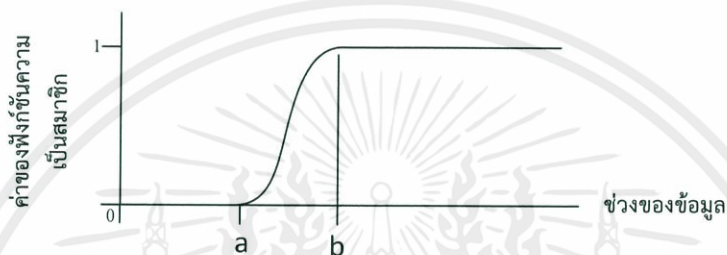
5) ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$ เขียนได้

ดังสมการที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x; a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.8)$$



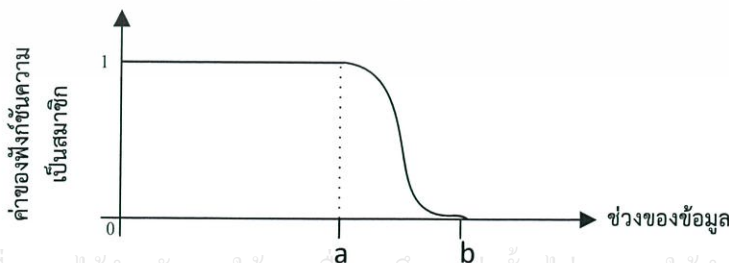
รูปที่ 2.15 รูปแบบฟังก์ชันตัวเอสของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

6) ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$ เขียนได้

ดังสมการที่ 2.9

$$f(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.9)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.16 รูปแบบฟังก์ชันตัวแซดของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดูแบบสไลด์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิก จะต้องเลือกตามความเหมาะสมของ ข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิก หลายค่าได้ และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงานหรือ ตามความต้องการ

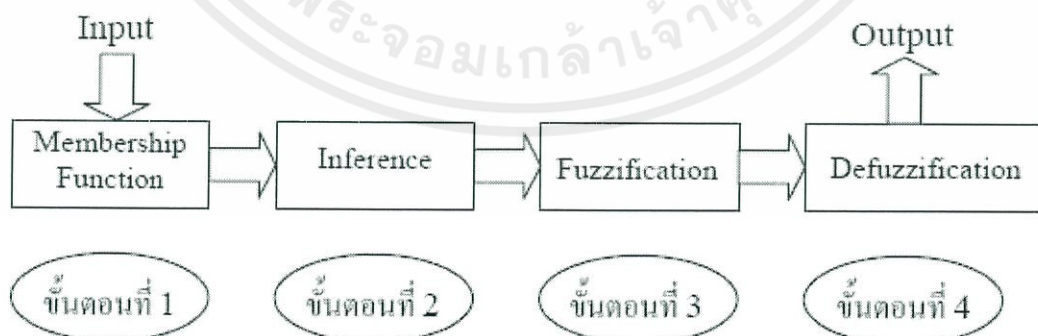
2.7.1.4 ตัวแปรภาษา (Linguistic variable)

เซตแบบฟัซซีสามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปรเช่นเดียวกับ เซตแบบดั้งเดิม เช่น ประโยค “อุณหภูมิในห้องเย็น” คำว่า “เย็น” เป็นคำที่ใช้แสดงปริมาณ อุณหภูมิ ในทางรูปนัย สามารถเขียนได้เป็น ปริมาณอุณหภูมิในห้องเย็น หรือ Temperature Quantity is Cold ตัวแปร Temperature Quantity เป็นตัวแปรภาษา (Linguistic variable) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมากในตรรกะแบบฟัซซี ตัวแปรภาษาช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายทั้งในรูป คุณภาพ โดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic term) และในรูปปริมาณ โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) ซึ่งแสดงความของของเซตแบบฟัซซี พจน์ภาษาใช้สำหรับการแสดง แนวคิดและองค์ความรู้ในการสื่อสารของมนุษย์ ส่วนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีประโยชน์ในการ จัดการกับอินพุตที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข

ในระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) หรือเครื่องจักรอัจฉริยะ (Machine intelligence) มีวิธีการหลายวิธีในการที่จะแสดงองค์ความรู้ของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ตรรกะ (Logic) เฟรม (Frames) โครงข่ายความหมาย (Semantic network) กววิทยา (Ontology) และกฎ (Rules) ซึ่งแบบหลังสุดเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในระบบฟัซซี

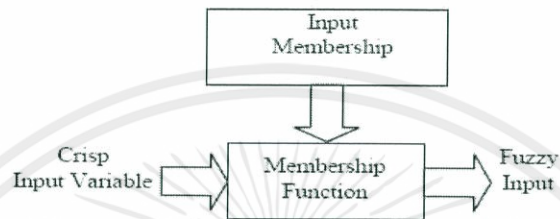
2.7.2 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วนจะแสดงดังรูป ที่ 2.17



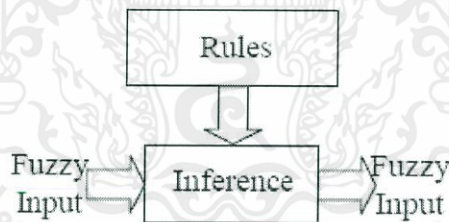
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน รูปที่ 2.17 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก [5]หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 (Membership Function): เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัย เปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี โดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุต (Input) และความสำคัญต่อการเอาต์พุต (Output) ที่น่าสนใจโดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซีการอินพุต ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ขั้นตอนที่ 1 Membership Function [5]

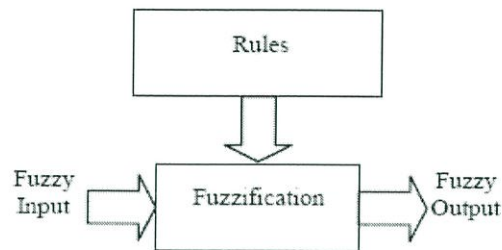
ขั้นตอนที่ 2 (Inference): เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะมีการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการหาตัดสินใจที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ขั้นตอนที่ 2 Inference [5]

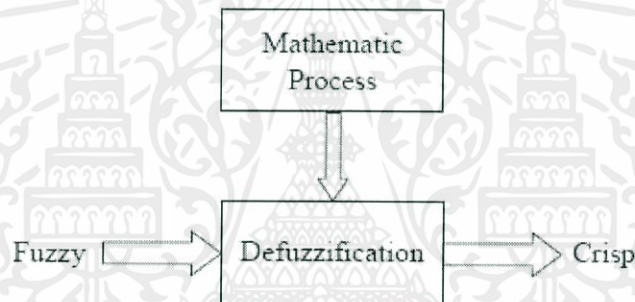
ขั้นตอนที่ 3 (Fuzzification): เป็นการหาฟัซซีเอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุต โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ขั้นตอนที่ 3 Fuzzification [5]

ขั้นตอนที่ 4 (Defuzzification): เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นทวินัยเอาต์พุตตามรูปที่ 2.21 ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ



รูปที่ 2.21 ขั้นตอนที่ 4 Defuzzification [5]

ในปริภูมิพหุคูณนี้จะใช้วิธีการหาจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity: COG) ซึ่งเป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์กลางโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการที่ 2.10

$$WA = \frac{\mu(k_1) \times k_1 + \mu(k_2) \times k_2 + \mu(k_3) \times k_3 + \dots + \mu(k_n) \times k_n}{\mu(k_1) + \mu(k_2) + \mu(k_3) + \dots + \mu(k_n)} \quad (2.10)$$

โดย

WA คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average)

$\mu(k)$ คือ ค่าระดับความเป็นสมาชิก (Membership)

k คือ ค่าของตำแหน่งของระดับสมาชิก

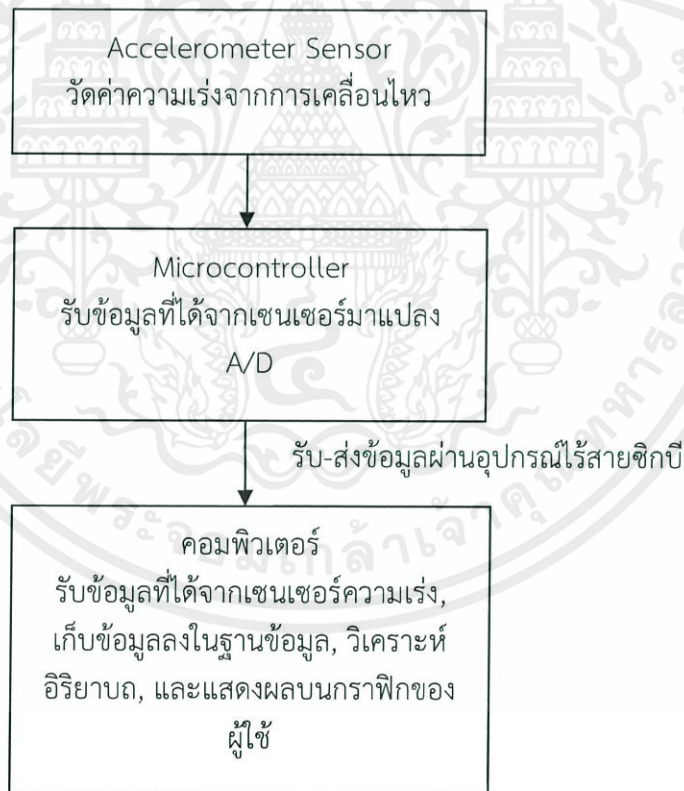
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถที่ออกแบบขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบไปด้วย Accelerometer 3 แกน ทำหน้าที่ในการตรวจวัดค่าความเร่งที่ได้จากการเคลื่อนไหว ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจาก Accelerometer แล้วทำการแปลงค่าจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และมีการแจ้งเตือนในกรณีที่เกิดการล้ม จากนั้นทำการส่งข้อมูลไร้สายโดยใช้โมดูลชิคปี Pro series 2 โดยให้โมดูลชิคปี ที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลไปยังโมดูลชิคปี ฝั่งรับที่ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในคอมพิวเตอร์จะมีการแสดงผลในรูปแบบของ GUI โดยมีการแสดงกราฟของข้อมูลที่ได้รับ พร้อมทั้งผลลัพธ์การวิเคราะห์อิริยาบถแบบเวลาจริง และเก็บข้อมูลดังกล่าวลงในฐานข้อมูล

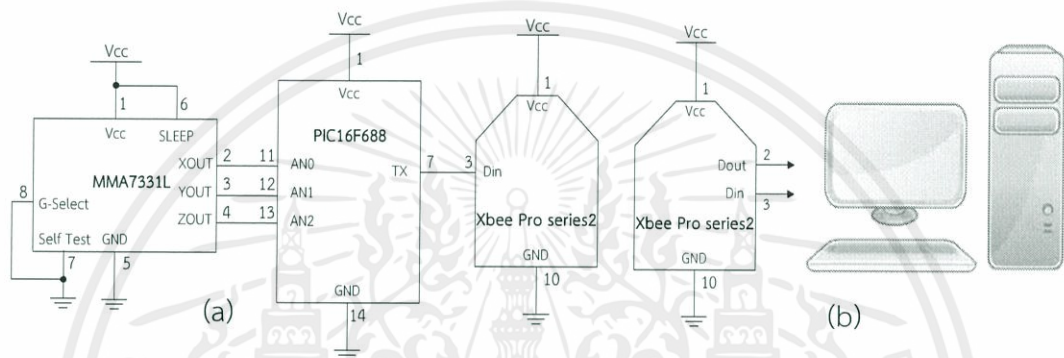


รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

การทำงานของระบบตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถมีการทำงานจากอุปกรณ์หลายส่วนด้วยกัน ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง MMA7331L เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 และใช้โมดูล XBee Pro series 2 โดยมีการเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



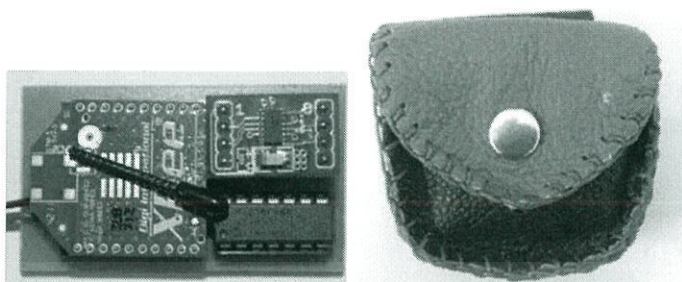
รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (a) ฝั่งส่งข้อมูล (b) ฝั่งรับข้อมูล

เซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง MMA7331L จะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 โดยต่อให้เซนเซอร์อยู่ในโหมดการทำงานแบบโหมดการวัด ในขา Xout Yout และ Zout ของเซนเซอร์ นั้นจะต่อกับ ขาที่ 11 12 และ 13 ของ PIC16F688 ตามลำดับ ขาไฟเลี้ยงของ PIC16F688 และเซนเซอร์ควรใช้ไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายเดียวกัน เนื่องจากถ้าใช้ไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟคนละแหล่งจะส่งผลให้ค่าผิดพลาด ส่วนขา Self-Test G-Select GND ต่อกราวด์ และขาส่งข้อมูลของ PIC16F688 จะทำการต่อกับโมดูล XBee

* G-Select เราจะสามารถเลือกได้ว่าจะเอาแบบใด แต่จะส่งผลต่อค่าความไว และมีผลต่อการหาค่าความเร่งจากกราฟได้

* ค่าที่ได้จาก PIC16F688 จะแปลงข้อมูลเป็นดิจิตอล โดยแบ่งระดับขั้นของสัญญาณ 1024 ระดับ (10 บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ด้านฝั่งส่งข้อมูล และบรรจุภัณฑ์ของอุปกรณ์

รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์ทางด้านฝั่งส่งส่วนของแผ่นวงจรมีขนาด $3.5 \times 5.6 \times 1.7$ เซนติเมตร และบรรจุภัณฑ์ของอุปกรณ์มีขนาด $6 \times 7 \times 2.2$ เซนติเมตร

ในการติดตั้งอุปกรณ์จะติดตั้งที่เข็มขัดของผู้ใช้งานเยื้องไปทางด้านขวา โดยที่ตำแหน่งของอุปกรณ์จะแสดงดังรูปที่ 3.4



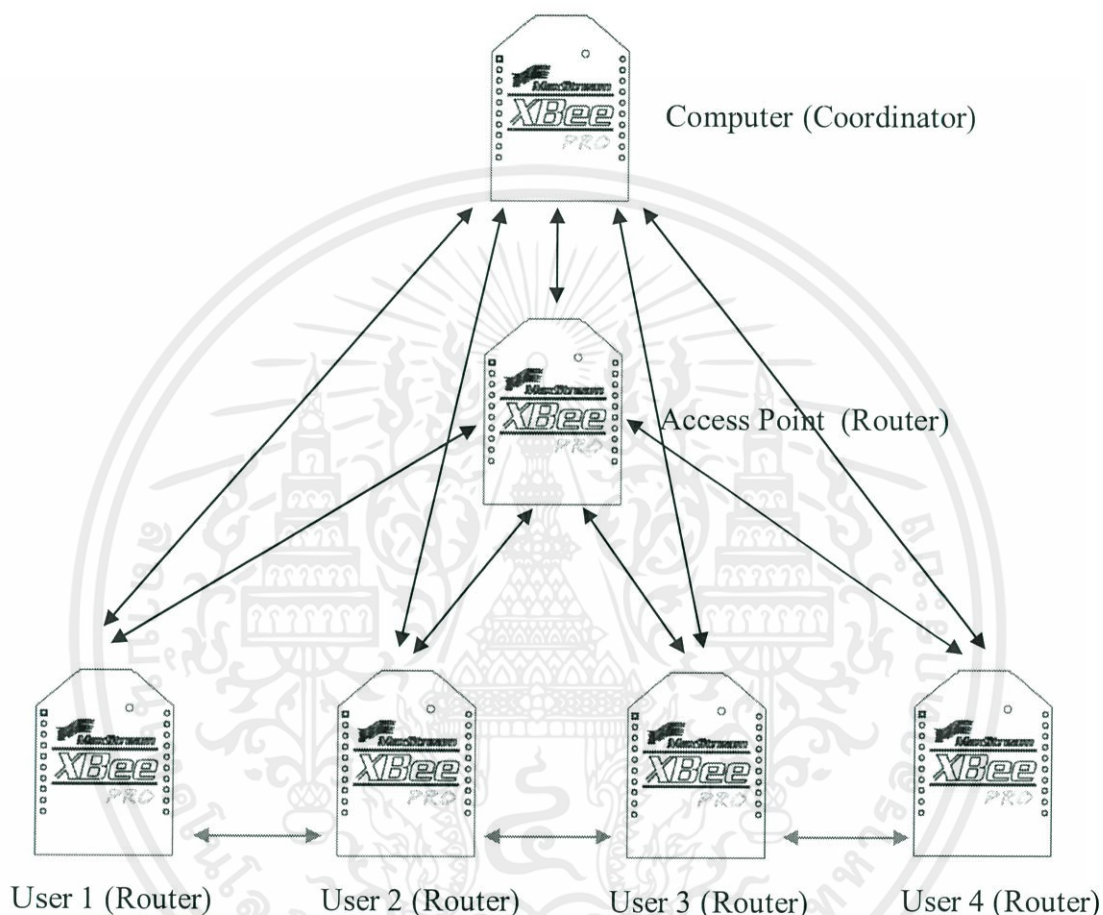
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์กับผู้ใช้งาน

ส่วนอุปกรณ์ฝั่งรับจะเป็นโมดูล ZigBee ต่อกับ Port USB ของคอมพิวเตอร์โดยตรง

3.1.2 การออกแบบระบบรับส่งข้อมูลไร้สายด้วยโมดูล XBee

ในปฏิญานิพนธ์นี้จะใช้โมดูล XBee ทั้งหมด 6 ตัว โดยชิกปีที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับเอกสารสัญญาณหลัก 1 ตัว จะถูกตั้งค่าเป็น Coordinator (ตั้งค่า DH เป็น 00 และ DL เป็น FFFF) ส่วนไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิปที่ทำหน้าที่เป็น Access point และตัวส่งสัญญาณ (ที่ติดกับร่างกายผู้ใช้) อีก 4 ตัว จะถูกตั้งค่า เป็น Router (ตั้งค่า DH และ DL เป็น 00) โดยทำการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ Mesh ลักษณะ โครงข่ายแสดงดังรูปที่ 3.5 โดย PAN ID ต้องตั้งค่าตรงกันสำหรับโมดูล XBee ทั้ง 6 ตัว

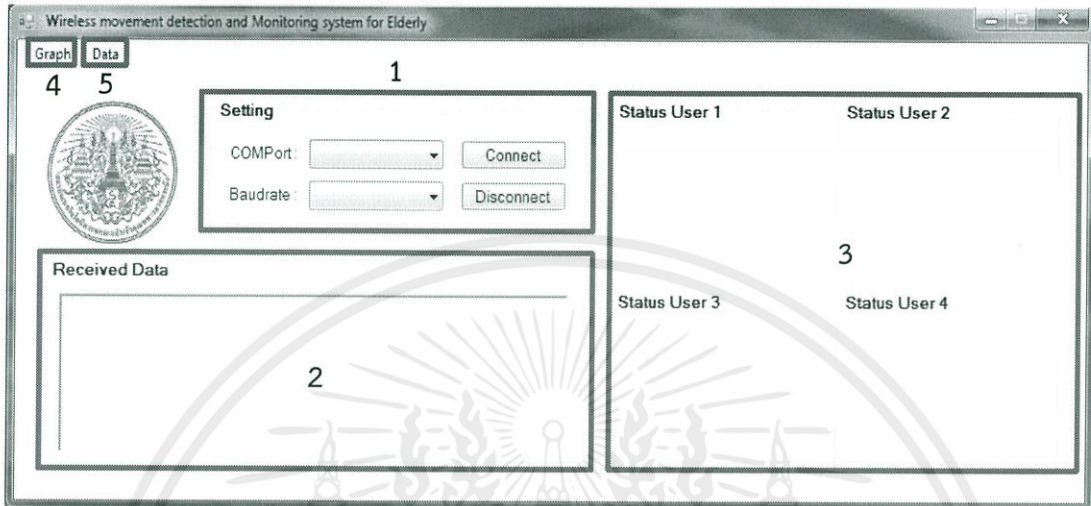


รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อของโครงข่ายแบบ Mesh

จากรูปที่ 3.5 ผู้ใช้งาน (User) ทั้ง 4 คน จะพยายามทำการส่งข้อมูลไปยัง Computer โดยตรง แต่ในกรณีที่ User ใด ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยัง Computer ได้โดยตรง User นั้นจะทำการหาเส้นทางส่ง โดยส่งข้อมูลผ่าน User ใกล้เคียงที่สามารถสื่อสารกับ Computer ได้ หรือส่งผ่าน Access Point ที่ถูกติดตั้งไว้ตามส่วนต่างๆ ของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบส่วนประสานกราฟิกผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.6 ส่วนประสานกราฟิกผู้ใช้งาน

จากรูปที่ 3.6 แสดงส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้ที่ทำการออกแบบขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 ส่วนการตั้งค่าการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม

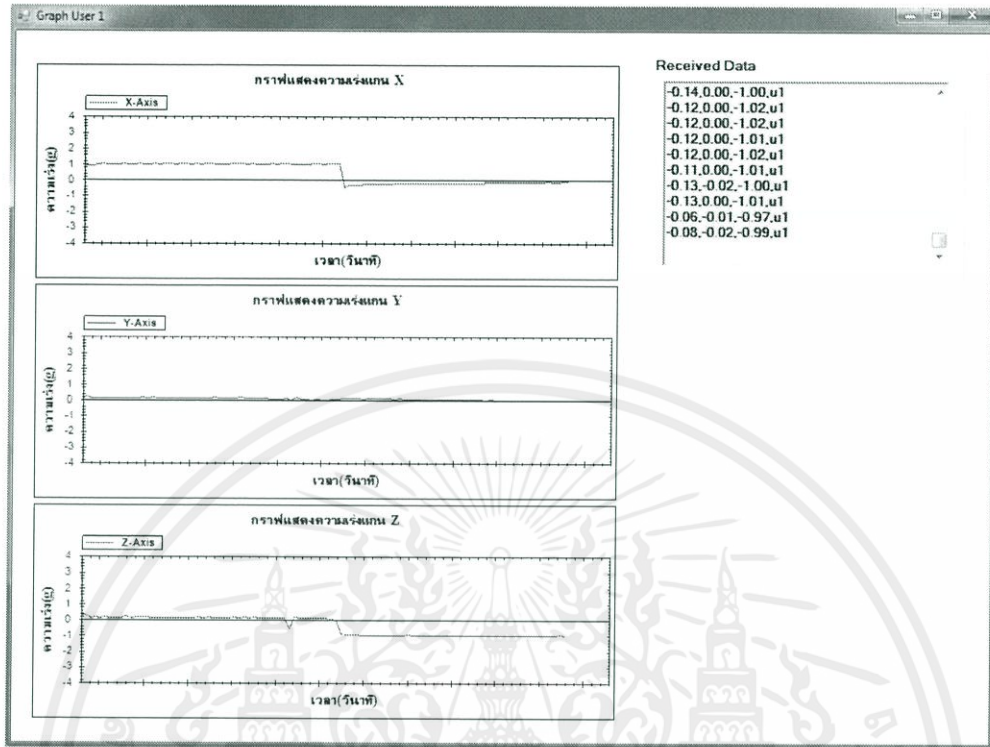
หมายเลข 2 ส่วนแสดงข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

หมายเลข 3 ส่วนแสดงอริยาบถของผู้ใช้งานคนที่ 1, ผู้ใช้งานคนที่ 2, ผู้ใช้งานคนที่ 3 และผู้ใช้งานคนที่ 4

หมายเลข 4 ปุ่มกดเพื่อแสดงกราฟความเร่งเทียบจากแรงโน้มถ่วงแกน X, Y, Z ของผู้ใช้งานคนที่ 1, ผู้ใช้งานคนที่ 2, ผู้ใช้งานคนที่ 3 และผู้ใช้งานคนที่ 4 (ดูรูปที่ 3.7)

หมายเลข 5 ปุ่มกดเพื่อแสดงฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน (รูปที่ 3.8) โดยจะใช้ฐานข้อมูลท้องถิ่น (Local database) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่สามารถสร้างได้จากโปรแกรม Microsoft Visual C# 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 กราฟความแรงในแนวแกน X, Y, Z เทียบกับแรงโน้มถ่วง

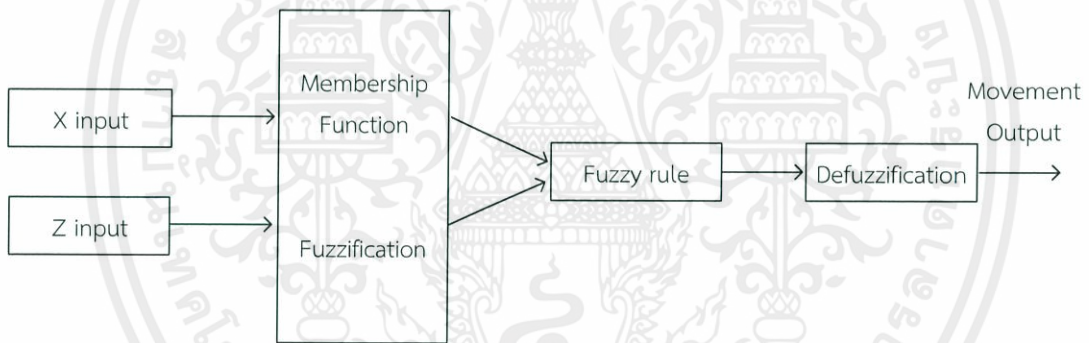
X	Y	Z	Time	Status
0.93	0.01	0.41	13:47:37	มีน
0.93	0.02	0.40	13:47:38	มีน
0.93	0.01	0.41	13:47:38	มีน
0.93	0.00	0.40	13:47:39	มีน
0.93	0.00	0.40	13:47:40	มีน
0.93	0.02	0.41	13:47:40	มีน
0.93	0.02	0.42	13:47:41	มีน
0.93	0.03	0.41	13:47:41	มีน
0.93	0.03	0.40	13:47:42	มีน
0.93	0.02	0.41	13:47:43	มีน
0.93	0.02	0.41	13:47:43	มีน
0.93	0.01	0.40	13:47:44	มีน

รูปที่ 3.8 ฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเชิงพาณิชย์เท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบอัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถ

อัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถถูกโปรแกรมโดยใช้ภาษา C# ในส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการตรวจจับอิริยาบถ 5 แบบ คือยืน (Standing: ST), นั่ง (Sitting: SI), ล้มหน้า (Forward Fall: FF), ล้มหลัง (Backward Fall: BF) และเดิน (Walking: W) โครงสร้างการทำงานของอัลกอริธึมประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ส่วนที่ 1 ใช้ระบบฟัซซีลอจิก ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยขั้นตอนนี้จะใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ความเร่งเพียง 2 แกน คือแกน X และแกน Z ข้อมูลจะถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ เพื่อผ่านขั้นตอนทั้ง 4 ของฟัซซีลอจิก คือใช้ Membership function การทำ Fuzzification แปลงข้อมูลอินพุตที่เป็นค่าตัวเลข มาเป็นตัวแปรทางภาษา จากนั้นนำตัวแปรทางภาษามาสร้างกฎฟัซซี และ ผ่านกระบวนการ Defuzzification เพื่อแสดงข้อมูลออกมาเป็นค่าของเอาต์พุตอิริยาบถ โดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นที่วัดได้ทั้งหมด 5 ชุดต่ออิริยาบถที่สุ่มมาจากผู้ทดสอบ 10 คน อายุระหว่าง 21 ถึง 31 ปี มาทำการออกแบบอัลกอริธึมโดยใช้โปรแกรม Matlab ข้อมูลแต่ละอิริยาบถที่ได้จากเซนเซอร์นั้นจะมีช่วงความเร่งในแกน X และแกน Z ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3.1



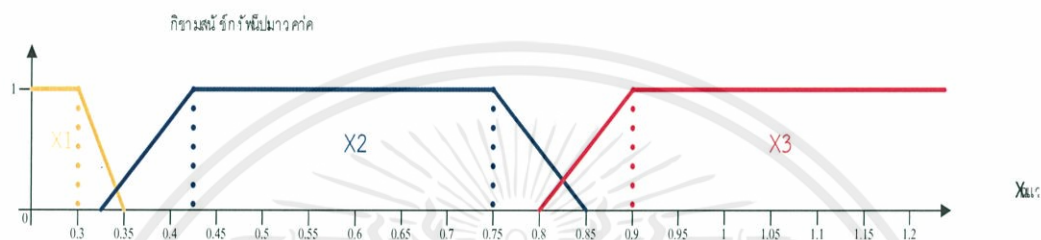
รูปที่ 3.9 การทำงานของอัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 3.1 ช่วงความเร่งของเซนเซอร์ทั้ง 2 แกน ของอิริยาบถยืน นั่ง ล้มหน้า ล้มหลัง และเดิน

อิริยาบถ \ แกน	X-axis (m/s ²)	Z-axis (m/s ²)
ยืน (ST)	0.85 ถึง 1g	-0.3 ถึง 0.2g
นั่ง (SI)	0.7 ถึง 1g	0.4 ถึง 0.7g
ล้มหน้า (FF)	(-0.8) ถึง 0.1g	-1.1 ถึง -0.7g
ล้มหลัง (BF)	(-0.1) ถึง 0.35g	0.7 ถึง 1.05g
เดิน (W)	0.4 ถึง 1.6g	-0.6 ถึง 0.2g

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

จากตารางที่ 3.1 นำค่าความเร่งจากเซนเซอร์มาพิจารณาสร้างฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership function) ขึ้น โดยใช้ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งต้องกำหนดตัวแปรภาษาในแต่ละฟังก์ชัน โดยในฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของแกน X จะมีตัวแปรทางภาษาเป็น X1, X2 และ X3 ดังรูปที่ 3.10 และฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของแกน Z จะมีตัวแปรทางภาษาเป็น Z1, Z2, Z3 และ Z4 ดังรูปที่ 3.11

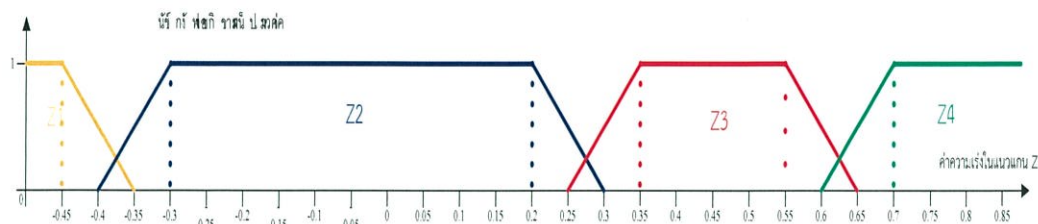


รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุต X

กำหนดให้

- ข้อมูลอินพุต $X (a_x)$ ที่มีค่าน้อยกว่า 0.3 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X1 = 1$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.3 ถึง 0.35 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X1 = -20 * (a_x) + 7$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.35 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X1 = 0$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าน้อยกว่า 0.325 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X2 = 0$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.325 ถึง 0.425 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X2 = 10 * (a_x) - 3.25$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.425 ถึง 0.75 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X2 = 1$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.75 ถึง 0.85 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X2 = -10 * (a_x) + 8.5$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.85 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X2 = 0$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าน้อยกว่า 0.8 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X3 = 0$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.8 ถึง 0.9 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X3 = 10 * (a_x) - 8$
- ข้อมูลอินพุต X มีค่ามากกว่า 0.9 g ค่าตัวแปรทางภาษา $X3 = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอินพุต Z

กำหนดให้

- ข้อมูลอินพุต Z (a_z) มีค่าน้อยกว่า -0.45 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z1 = 1
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -0.45 ถึง -0.35 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z1 = $-10 * (a_z) - 3.5$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่ามากกว่า -0.35 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z1 = 0
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าน้อยกว่า -0.4 g หรือมากกว่า 0.3 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z2 = 0
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -0.4 ถึง -0.3 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z2 = $10 * (a_z) + 4$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -0.3 ถึง 0.2 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z2 = 1
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 ถึง 0.3 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z2 = $-10 * (a_z) + 3$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าน้อยกว่า 0.25 g หรือมากกว่า 0.65 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z3 = 0
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.35 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z3 = $10 * (a_z) - 7$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.35 ถึง 0.55 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z3 = 1
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.55 ถึง 0.65 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z3 = $-10 * (a_z) + 6.5$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าน้อยกว่า 0.6 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z4 = 0
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.7 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z4 = $10 * (a_z) - 6$
- ข้อมูลอินพุต Z มีค่ามากกว่า 0.7 g ค่าตัวแปรทางภาษา Z4 = 1

จากนั้นทำการสร้างกฎ (Rule) จากตัวแปรภาษารวม 4 กฎ เพื่อใช้ในตัดสินใจเลือกอิริยาบถ ดังตารางที่ 3.2 โดยกฎที่สร้างขึ้นในขั้นตอนนี้ สามารถจำแนกอิริยาบถล้มหน้า และล้มหลังได้เลย ส่วนอิริยาบถที่เหลือ จะถูกตัดสินใจเป็นนั่งหรือเดิน และยืนหรือเดิน และต้องนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 ของอัลกอริธึมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 กฎที่ใช้ในตัวแปรภาษา

อิริยาบถ \ แกน	X-axis (m/s ²)	Z-axis (m/s ²)
ล้มหน้า (FF)	X1	Z1
ล้มหลัง (BF)	X1	Z4
นั่ง (SI)/ เดิน (W)	X2	Z3 or Z4
ยืน (ST)/ เดิน (W)	X3	Z3

กฎจากตารางที่ 3.2 จะถูกนำไปแสดงเป็นค่าเอาต์พุตซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 แล้วเอาต์พุตที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการตัดสินใจว่าผู้ใช้นั้นอยู่ในอิริยาบถใด โดยใช้หลักการของ Sugeno ค่าระดับการเป็นสมาชิกนั้นจะมีอยู่ 4 โดยช่วงค่าเอาต์พุตช่วงตั้งแต่ 0-0.1667 จะแสดงอิริยาบถล้มหน้า ช่วงค่าเอาต์พุตช่วงตั้งแต่ 0.1667-0.5 จะแสดงอิริยาบถยืนหรือเดิน ช่วงค่าเอาต์พุตช่วงตั้งแต่ 0.5-0.8333 จะแสดงอิริยาบถนั่งหรือเดิน และช่วงค่าเอาต์พุตช่วงตั้งแต่ 0.8333-1 จะแสดงอิริยาบถล้มหลัง

$$\text{Output} = \frac{(\mu(FF) \times 0) + (\mu(ST/W) \times 0.3333) + (\mu(SI/W) \times 0.6667) + \mu(BF)}{\mu(FF) + \mu(ST) + \mu(SI) + \mu(BF)} \quad (3.1)$$

โดยที่

$\mu(ST)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันการยืนหรือเดิน

$\mu(SI)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันการนั่งหรือเดิน

$\mu(FF)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันการล้มหน้า

$\mu(BF)$ คือ ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันการล้มหลัง

ในขั้นตอนที่ 2 หาก Output = นั่ง/เดิน หรือ ยืน/เดิน เราจะทำการวิเคราะห์เพื่อแยกอิริยาบถเดินต่อไป โดยถ้าอนุพันธ์ความเร่ง $|\Delta X|$, $|\Delta Y|$ หรือ $|\Delta Z|$ มีค่ามากกว่า 0.1 g/s ระบบจะตัดสินใจว่าเป็นอิริยาบถเดิน ซึ่งค่าของ $|\Delta X|$, $|\Delta Y|$, $|\Delta Z|$ หาได้จากสมการที่ 3.2

$$\begin{aligned} |\Delta X| &= |X_n - X_{n-1}| \\ |\Delta Y| &= |Y_n - Y_{n-1}| \\ |\Delta Z| &= |Z_n - Z_{n-1}| \end{aligned} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของการตัดสินใจเลือกอิริยาบถ ถ้าข้อมูลเซนเซอร์ 3 แกน ณ เวลาหนึ่งมีค่าเป็นเวกเตอร์ $(ST) = [a_x, a_y, a_z] = [0g, 0.12g, 0.8g]$ ทำ Fuzzification จะได้ $\mu(a_x = X1) = 0$; $\mu(a_z = Z4) = 1$ นำค่า $\mu(a_x)$ และ $\mu(a_z)$ แทนในกฎฟัซซีทั้ง 4 กฎ ในกรณีนี้ข้อมูลจะเชื่อมต่อกันโดยอินเตอร์เซกชัน (AND operation)

กฎที่ 1 : เมื่อ $a_x = X1$ จะได้ $a_x = 1$

$a_z = Z1$ จะได้ $a_z = 0$

เพราะฉะนั้นค่า $\mu(FF) = \min \{1, 0\} = 0$

กฎที่ 2 : เมื่อ $a_x = X1$ จะได้ $a_x = 1$

$a_z = Z4$ จะได้ $a_z = 1$

เพราะฉะนั้นค่า $\mu(BF) = \min \{1, 1\} = 1$

กฎที่ 3 : เมื่อ $a_x = X2$ จะได้ $a_x = 0$

$a_z = Z3$ หรือ $Z4$ จะได้ $a_z = 1$

เพราะฉะนั้นค่า $\mu(SI) = \min \{0, 1\} = 0$

กฎที่ 4 : เมื่อ $a_x = X2$ จะได้ $a_x = 0$

$a_z = Z4$ จะได้ $a_z = 1$

เพราะฉะนั้นค่า $\mu(ST) = \min \{0, 1\} = 0$

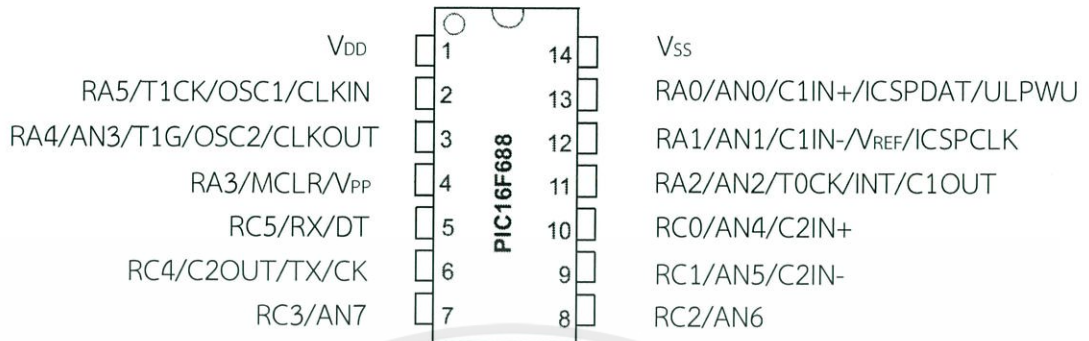
จากนั้นหาค่า Output จากสมการที่ 3.1 ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้คือ 1 ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้ อยู่ในช่วงข้อมูลของอิริยาบถล้มหลัง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688

ในปริิณญาณิพนธ์นี้ ผู้จัดทำเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688 รูปที่ 3.12 แสดงการใช้งานของ PIC16F688 โดยการทำงานของแต่ละขาสรูปได้ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ขาการใช้งานของ PIC16F688 [6]

ตารางที่ 3.3 การทำงานในแต่ละขาของ PIC16F688

ขา	ฟังก์ชัน	ชนิดขาเข้า	ชนิดขาออก	คำอธิบาย
1	RA0	TTL	CMOS	เป็นขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 0
	AN0	อนาลอก	-	ขาอินพุต 0 แปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล
	C1IN+	อนาลอก	-	ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 1
	ICSPDAT	TTL	CMOS	ขากำหนดสัญญาณข้อมูลเอาต์พุตแบบอนุกรม
	ULPWU	อนาลอก	-	ขาอินพุตกระตุ้นด้วยพลังงานต่ำ
2	RA1	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 1
	AN1	อนาลอก	-	อินพุตสัญญาณอนาลอกช่อง 1
	C1IN-	อนาลอก	-	ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 1
	VREF	อนาลอก	-	แรงดันอ้างอิงภายนอกสำหรับ A/D
	ICSPCLK	ST	-	ขากำหนดสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรม
3	RA2	ST	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 2
	AN2	อนาลอก	-	อินพุตสัญญาณอนาลอกช่อง 2
	T0CKI	ST	-	อินพุตสัญญาณ Clock จากภายนอกเข้าสู่ไทม์เมอร์ช่อง 0
	INT	ST	-	อินพุตสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอก
	C1OUT	-	CMOS	ขาเปรียบเทียบเอาต์พุตช่อง 1
4	RA3	TTL	-	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 3
	$\overline{\text{MCLR}}$	ST	-	ขาอินพุตสัญญาณรีเซ็ต (Reset) ด้วยลอจิก (Logic) 0 ซึ่งปกติจะต่อกับตัวต้านทานขนาด 10k Ω เพื่อเชื่อมต่อกับไฟเลี้ยง (VDD) และต่อสวิตช์ (Switch) รีเซ็ตลงกราวด์ (GND)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่ให้ข้อมูลเชิงพาณิชย์และต้องอ้างอิงถึงที่มาของการนำใบนี้ไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) การทำงานในแต่ละขาของ PIC16F688

ขา	ฟังก์ชัน	ชนิดขาเข้า	ชนิดขาออก	คำอธิบาย
	V _{PP}	HV	-	ขาอินพุตแรงดันไฟสูง 13 V ในขณะทำการโปรแกรมให้กับชิพ
5	RA4	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4
	AN3	AN	-	อินพุตสัญญาณอนาล็อกช่อง 3
	T1G	ST	-	ไทม์เมอร์ 1 เกท
	OSC2	-	XTAL	ขาอินพุตของ Crystal ช่อง 2
	CLKOUT	-	CMOS	ขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกาซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ FOSC/4
6	RA5	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 5
	T1CKI	ST	-	อินพุตสัญญาณ Clock จากภายนอกเข้าสู่ไทม์เมอร์ 1
	OSC1	XTAL	-	ขาอินพุตของ Crystal ช่อง 1
	CLKIN	ST	-	ขาอินพุตของสัญญาณนาฬิกาซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับ FOSC/4
7	RC0	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 0
	AN4	อนาล็อก	-	อินพุตสัญญาณอนาล็อกช่อง 4
	C2IN+	อนาล็อก	-	ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 2
8	RC1	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 1
	AN5	อนาล็อก	-	อินพุตสัญญาณอนาล็อกช่อง 5
	C2IN-	อนาล็อก	-	ขาเปรียบเทียบอินพุตช่อง 2
9	RC2	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 2
	AN6	อนาล็อก	-	อินพุตสัญญาณอนาล็อกช่อง 6
10	RC3	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 3
	AN7	อนาล็อก	-	อินพุตสัญญาณอนาล็อกช่อง 7
11	RC4	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4
	C2OUT	-	CMOS	ขาเปรียบเทียบเอาต์พุตช่อง 2
	TX	-	CMOS	เอาต์พุตข้อมูลของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
	CK	ST	CMOS	อินพุต-เอาต์พุตสัญญาณ Clock แบบซิงโครนัสของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) การทำงานในแต่ละขาของ PIC16F688

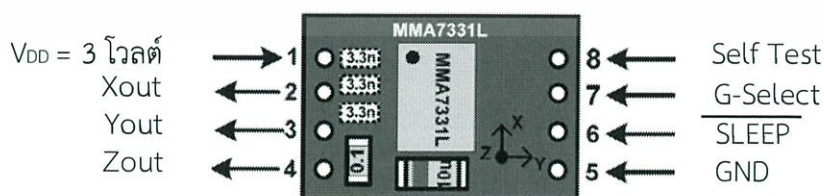
ขา	ฟังก์ชัน	ชนิดขาเข้า	ชนิดขาออก	คำอธิบาย
12	RC5	TTL	CMOS	ขาอินพุต-เอาต์พุตทั่วไปช่อง 4
	RX	ST	CMOS	อินพุตข้อมูลของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
	DT	ST	CMOS	อินพุต-เอาต์พุตสัญญาณ Clock แบบซิงโครนัสของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
13	V _{SS}	Power	-	ขาอินพุตสำหรับต่อไฟเลี้ยงให้กับ PIC โดยการต่อลงกราวด์
14	V _{DD}	Power	-	ขาอินพุตสำหรับต่อไฟเลี้ยงให้กับ PIC โดยจ่ายแรงดันในช่วง 2.0-5.5 โวลต์

3.2.2 Module ET-MMA7331L (3-Axis Analog Output Accelerometer)

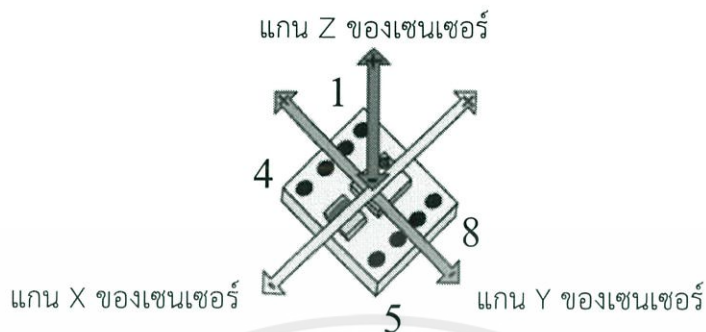
โมดูล ET-MMA7331L เป็นเซนเซอร์ตรวจจับความเร่ง (Accelerometer) เมื่อวัดมุมมีการสั่นสะเทือน หรือการเคลื่อนที่ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า g โดยให้นำตัวโมดูล ไปยึดติดกับอุปกรณ์ที่ต้องการจะตรวจวัด และจะให้ค่าเอาต์พุตออกมาในรูปของสัญญาณอนาล็อกซึ่งโมดูลนี้จะรองรับการวัดค่าได้ 3 แกน คือ X, Y, Z และสามารถเลือกย่านการวัดได้ 2 ย่าน คือ $\pm 4g$ และ $\pm 12g$ ลักษณะเซนเซอร์และขาการใช้งานดูได้จากรูปที่ 3.13 และ 3.14 และการทำงานสรุปได้ในตารางที่ 3.4

คุณสมบัติของโมดูล

- โมดูลทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.2 โวลต์ – 3.6 โวลต์ กินกระแสไฟที่ 400 ไมโครแอมป์
- ให้สัญญาณ Output ที่ขา Xout, Yout, Zout ออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อก
- เลือกย่านการวัด (Sensitivity) ได้ 2 ย่าน คือ $\pm 4g$ และ $\pm 12g$
- สามารถใช้วัดค่าความเร่ง (ค่า G) ได้ทั้ง 3 แกน X, Y, Z
- มี Mode Self test สำหรับ การ Detection แบบ Freefall (วัดขณะที่วัตถุจากที่สูง)
- มี Sleep Mode ใช้กระแสไฟ 3 ไมโครแอมป์
- สามารถอ่านค่า g-Output ได้โดยใช้ ADC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูปที่ 3.13 รูปโครงสร้างโมดูล ET-MMA7331L [7] สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แกนเซนเซอร์ในแนวแกน X, Y และ Z ของโมดูล [7]

ตารางที่ 3.4 การทำงานในแต่ละขาของโมดูลเซนเซอร์

ขา	ชื่อขา	คำอธิบาย	สถานะขา
1	V _{DD}	ขาจ่ายไฟเลี้ยงโมดูล 2.2 โวลต์ - 3.6 โวลต์	อินพุต
2	X _{OUTPUT}	ขาสัญญาณแรงดันเอาต์พุต ในแนวแกน X (อนาล็อก)	เอาต์พุต
3	Y _{OUTPUT}	ขาสัญญาณแรงดันเอาต์พุต ในแนวแกน Y (อนาล็อก)	เอาต์พุต
4	Z _{OUTPUT}	ขาสัญญาณแรงดันเอาต์พุต ในแนวแกน Z (อนาล็อก)	เอาต์พุต
5	V _{SS}	ขาสัญญาณกราวด์	อินพุต
6	SLEEP	ขาสัญญาณ เลือก Sleep Mode ทำงานที่ Logic '0'	อินพุต
7	g-select	ขาสัญญาณ สำหรับเลือกย่านการวัด '0' = Rang 4-g; '1' = Rang 12-g	อินพุต
8	Self Test	ขาสัญญาณสำหรับเลือก Self Test Mode ทำงานที่ลอจิก '1'	อินพุต

สำหรับโมดูล MMA7331L นี้จะให้ค่าแรงดันในแนวแกน XYZ แบบอนาล็อก ซึ่งแรงดันออฟเซต นั้นจะมีการแปรตามแรงดันไฟเลี้ยงโมดูล ($V_{DD} = 2.2 - 3.6$ โวลต์) โดยสามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 3.3

$$V_{OFFSET}(0g) = \frac{V_{DD}}{2} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความไวในการวัดจะถูกกำหนดจากการเลือก g-Select ซึ่งจะมีผลต่อค่าในการทดลอง ซึ่ง g-Select นั้นสามารถกำหนดโดยกำหนดสถานะลอจิก ที่ขา g-select ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การทำงานของขา G-Select

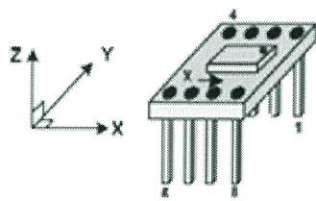
g-select	g-range	ค่าความไวในการวัด
0	$\pm 4\text{-g}$	308 มิลลิโวลต์ /g
1	$\pm 12\text{-g}$	83.6 มิลลิโวลต์ /g

การใช้งานโหมดการวัด (Measurement Mode) : ในโหมดนี้จะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า g ในแนวแกน X, Y และ Z เมื่อจะใช้งานในโหมดนี้จะต้องกำหนดขาคอนโทรลดังนี้คือ กำหนดขา 6 Sleep = 1 , ขา 8 Self Test = 0 ส่วนขา 7 g-Select สามารถเลือกกำหนดได้ตามตารางข้างต้น จากนั้นจึงจ่ายไฟเลี้ยง V_{DD} 2.2 – 3.6 โวลต์ ให้กับ โมดูล แล้วอ่านค่าในส่วน of แรงดันอนุบาลอก ที่ขา X_{OUTPUT} Y_{OUTPUT} และ Z_{OUTPUT} (ใช้มิเตอร์วัดทดสอบ) หรือจะต่อเข้ากับขา A/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาต่อรวมได้เช่นกัน

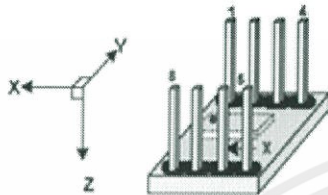
เมื่อโมดูลทำงานในโหมดนี้ตำแหน่งทิศทางของเซนเซอร์ กับค่าอนุบาลอกเอาต์พุต ที่วัดได้จะเป็นไปตามรูปที่ 3.15 ซึ่งในจะกำหนดย่านการวัดไว้ที่ 4-g และไฟเลี้ยงอยู่ที่ 2.8 โวลต์ ในสถานะเซนเซอร์อยู่นิ่ง

เมื่อวางเซนเซอร์ ในตำแหน่งที่แกน X หรือ Y หรือ Z ขนานกับพื้นโลก (0g) ปกติแล้วค่าแรงดันจะมีค่าเท่ากับ $V_{DD} / 2$ หรือ 1.4 โวลต์ ($V_{DD} = 2.8$ โวลต์) ถ้าค่า V_{DD} ต่างไปจากนี้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ก็จะแปรเปลี่ยนไปตามสมการ โดยแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ที่ 0-g อาจเท่ากับ 1.4 โวลต์เสมอไป ซึ่งค่าแรงดันนี้จะเป็ค่าแรงดันออฟเซ็ท เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงแทน 0 โวลต์ สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันอนุบาลอกเอาต์พุต ที่ค่า g ในตำแหน่งต่างๆสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

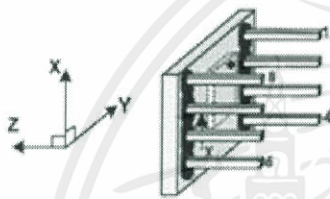
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



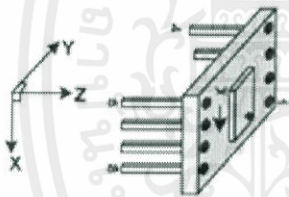
X_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $+1g = 1.708$ โวลต์



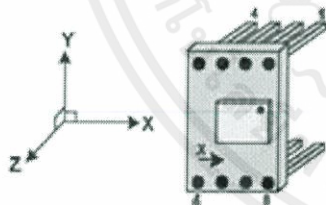
X_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $-1g = 1.092$ โวลต์



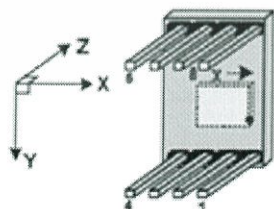
X_{out} ที่ความเร่ง $+1g = 1.708$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์



X_{out} ที่ความเร่ง $-1g = 1.092$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์



X_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $+1g = 1.708$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์



X_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์
 Y_{out} ที่ความเร่ง $-1g = 1.092$ โวลต์
 Z_{out} ที่ความเร่ง $0g = 1.4$ โวลต์

รูปที่ 3.15 ทิศทางของโมดูลเซนเซอร์กับการตอบสนองของค่าอนาล็อกเอาต์พุตที่ย่าน 4-g, VDD [7]
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์การค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{OUT}(Analog) = V_{OFFSET} + (Sensitivity \times g) \quad (3.4)$$

การนำเอาแรงดันอนาล็อกเอาต์พุตที่ได้นี้ไปแปลงเป็นดิจิตอล จะต่อเข้ากับขา ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าดิจิตอลที่อ่านได้จะขึ้นอยู่กับแรงดันอ้างอิงที่ต่อใช้งานกับภาค ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และความละเอียดบิตของค่าเอาต์พุต ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้งาน ตัวอย่างเช่น ให้ความละเอียดบิตของค่าเอาต์พุต ADC เท่ากับ 10 บิตจะได้ค่าเอาต์พุต $2^{10} = 1024$ ระดับซึ่งเราสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับหาค่าเอาต์พุตของ ADC ได้ดังสมการที่ 3.5

$$ADC \text{ เอาต์พุต} = \frac{\text{แรงดันอนาล็อกเอาต์พุตที่วัดได้} \times \text{ความละเอียดบิต}}{V_{ref} \text{ ADC}} \quad (3.5)$$

3.2.3 โมดูล XBee PRO series 2

คุณสมบัติโดยทั่วไป

- ความถี่ในการทำงาน : 2.4 GHz
- สายอากาศ : แบบ Whip
- ระยะทำการกลางแจ้ง (แบบ line-of-sight) : สูงสุดถึง 1 ไมล์ หรือประมาณ 1,500

เมตร

- กำลังส่ง : 50mW (18 dBm)
- ความไวในการรับสัญญาณ : -100 dBm (1% packet error rate)
- การทำงานของขาพอร์ต : สามารถกำหนดผ่านซอฟต์แวร์ X-CTU เพื่อให้ทำงานเป็น
 - o อินพุตอนาล็อกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ความ

ละเอียด 10 บิต

o อินพุตเอาต์พุตดิจิตอล

- ขนาด : 0.96×1.297 นิ้ว หรือ 2.438×3.294 เซนติเมตร
 - ไฟเลี้ยง : 2.8 ถึง 3.4 โวลต์
 - กระแสไฟฟ้า : เมื่อส่งข้อมูล 215 มิลลิแอมป์, รับข้อมูล 55 มิลลิแอมป์, น้อยกว่า 10
- ไมโครแอมป์ ในโหมดพลังงานที่ไฟเลี้ยง +3.3 โวลต์
- อุณหภูมิใช้งาน : -40 ถึง 85 องศาเซลเซียส

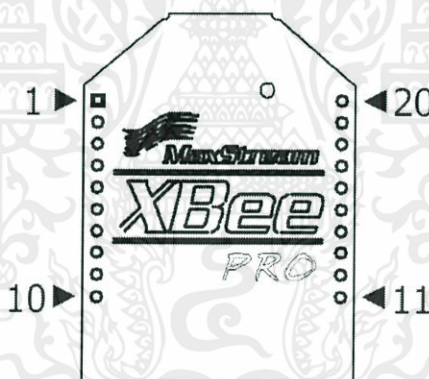
คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูล

- สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์และสเลฟได้
- อัตราถ่ายทอข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ : 250,000 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ไปยังสื่ออื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัตราการถ่ายถอดข้อมูลอนุกรม (บอดเรต) : 1,200 – 115,200 บิตต่อวินาที
- รูปแบบโครงข่ายข้อมูลที่รองรับ : จุดต่อจุด (Point-to-point), จุดต่อหลายจุด (Point-to-multipoint) และเข้ากันได้กับอุปกรณ์ตามมาตรฐานรหัส 802.15.4
- ทางเลือกแอดเดรส : PAN ID, ช่อง (Channel) และ แอดเดรส (Addresses) สำหรับแอดเดรสสามารถกำหนดแอดเดรสได้มากถึง 65,000 รหัส
- เทคโนโลยีในการกระจายคลื่น : DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- รองรับการทำงานทั้งแบบ API และ AT command สามารถกำหนดได้ผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU

การรับรองมาตรฐาน : สหรัฐอเมริกา (FCC part 15.247) OUR-XBEEPRO
 แคนาดา (IC) 4214A XBEE
 ยุโรป (CE) ETSI (ที่กำลังส่งสูงสุด 10dBm)
 ญี่ปุ่น 005NYCA378 (ที่กำลังส่งสูงสุด 10dBm)



รูปที่ 3.16 ลำดับขาของ XBee Pro series 2 [8]

จากรูปที่ 3.16 แสดงลำดับขาของโมดูล XBee Pro series 2 ซึ่งมีหน้าที่ดังสรุปไว้ในตารางที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

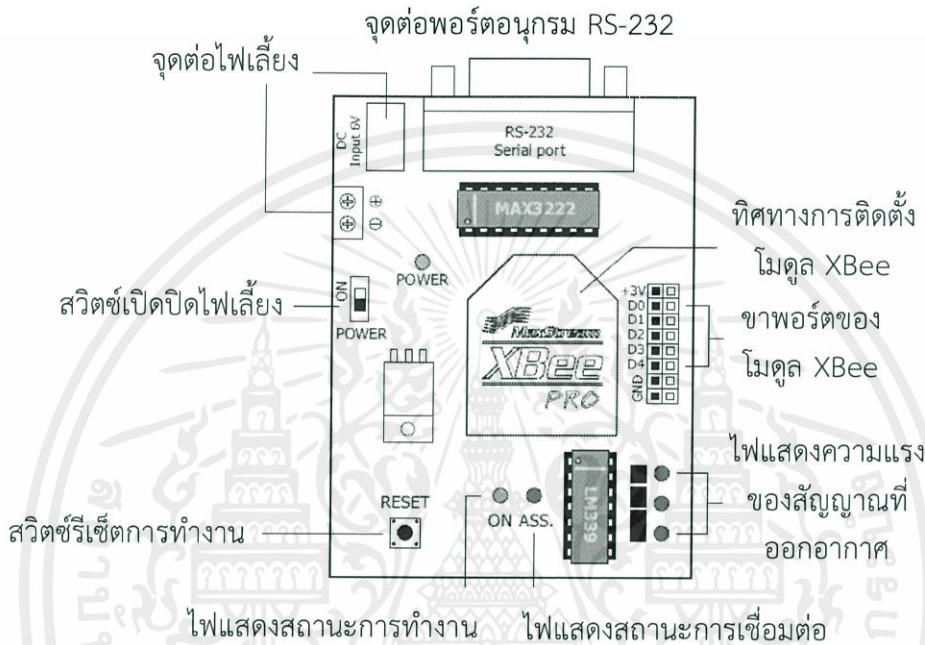
ตารางที่ 3.6 การทำงานในแต่ละขาของโมดูล XBee Pro series 2

ขาที่	ชื่อขา/การทำงาน
1	Vcc : ขาต่อเลี้ยง 3.3 โวลต์
2	Dout : ขาเอาต์พุตส่งข้อมูลอนุกรม
3	Din : ขาอินพุตรับข้อมูลอนุกรม
4	D08 : ขาเอาต์พุตดิจิตอล ช่อง 8
5	RESET : ขารีเซตหลัก (แอกทีฟ “0”)
6	PWM0/RSS1 : ขาเอาต์พุต PWM ช่อง 0 และขาเอาต์พุตแสดงความแรงของการรับสัญญาณ
7	PWM1 : ขาเอาต์พุต PWM1 ช่อง 1
8	ไม่ใช้งาน
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8 : ขาอินพุตรับสัญญาณให้หยุดทำงานเข้าสู่โหมดสลีป หรือเป็นขาอินพุตดิจิตอลช่อง 8
10	GND : ขาต่อกราวด์
11	AD4/DIO4 : ขาอินพุตอนาล็อก 4 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 4
12	CTS/DIO7 : อินพุตรับสัญญาณแจ้งการส่งข้อมูลจากโฮสต์ (Clear-To-Send) ใช้ในการควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล หรือเป็นขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 7
13	ON/SLEEP : ขาแสดงสถานะการทำงาน “1” : อยู่ในโหมดทำงานปกติ “0” : อยู่ในโหมดสลีป
14	VREF : ขาต่อแรงดันอ้างอิงสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลภายใน XBee
15	Associated/AD5/DI5 : ขาแสดงสถานะการเชื่อมต่อ หรือขาอินพุตอนาล็อก 5 หรือขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 5
16	RTS/AD6/DIO6 : ขาเอาต์พุตแจ้งความพร้อมในการส่งข้อมูล (Ready-to-send) ใช้ควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล หรือเป็นขาอินพุตอนาล็อก 6 หรือเป็นขาอินพุตเอาต์
17	AD3/DIO3 : ขาอินพุตอนาล็อก 3 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
18	AD2/DIO2 : ขาอินพุตอนาล็อก 2 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
19	AD1/DIO1 : ขาอินพุตอนาล็อก 1 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
20	AD0/DIO0 : ขาอินพุตอนาล็อก 0 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล

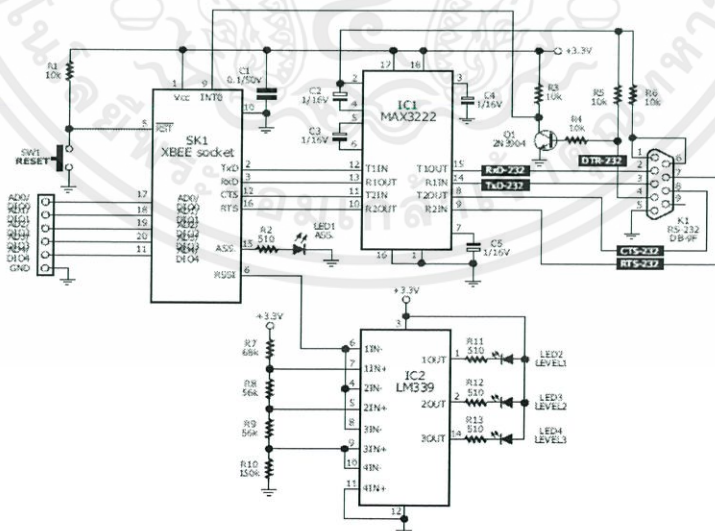
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ZX-XBee บอร์ดเชื่อมต่อโมดูล XBee Pro series 2 กับคอมพิวเตอร์

เป็นบอร์ดสำหรับติดตั้งโมดูล XBee Pro Series 2 เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดของบอร์ด ZX-XBee และการติดตั้งโมดูล XBee Pro Series 2 ลงบนบอร์ด สำหรับวงจรของบอร์ด ZX-XBee แสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 ลักษณะตัวบอร์ด ZX-XBee [8]



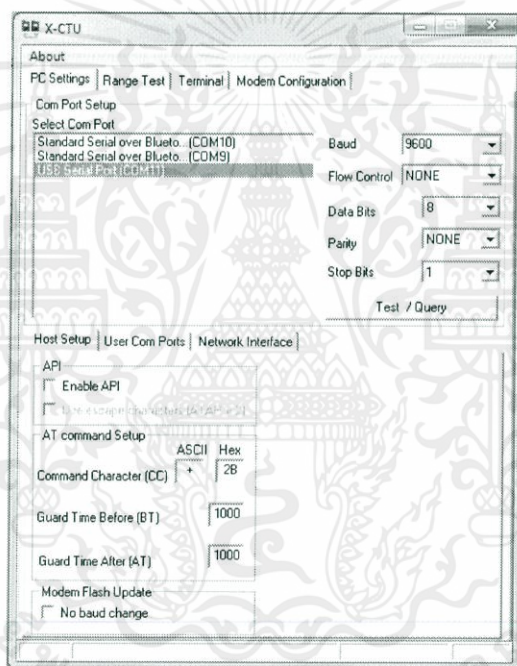
รูปที่ 3.18 วงจรของบอร์ด ZX-XBee [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ส่วนตัวเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 โปรแกรม X-CTU

คือโปรแกรมที่ใช้ในการตั้งค่า ทดสอบการสื่อสาร ตรวจสอบความแรงของสัญญาณที่ออกอากาศ (RSSI) ของ XBee โดยการตั้งค่านั้นจะเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบหาโมดูล XBee ที่จะใช้งาน

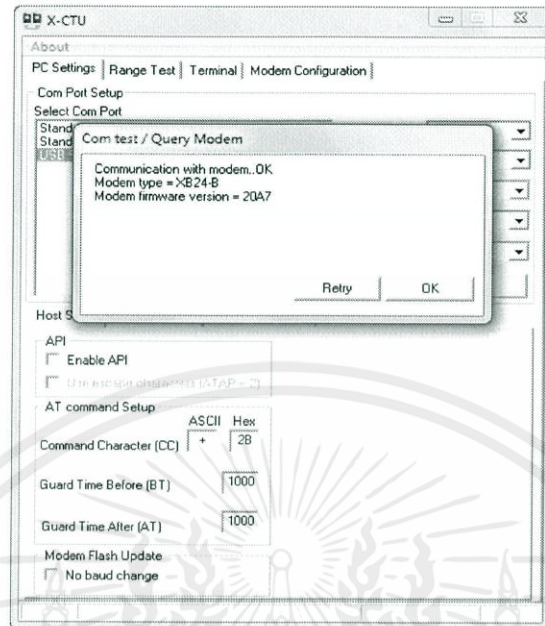
- PC Settings ทำหน้าที่ในการตั้งค่าเลือกค่า และทำการเลือก Port ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับโมดูล XBee ซึ่งค่าที่ตั้งคือ Baud rate , Flow control, Data Bits, Parity และ Stop Bits นั้นต้องตั้งให้ถูกต้อง แล้วทำการกด Test/Query เพื่อทดสอบว่าต่อเชื่อมกับโมดูล XBee ได้หรือไม่ และเลือกพอร์ตในการใช้งาน ในตัวอย่างรูปที่ 3.19 พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับโมดูล XBee คือ พอร์ต COM 11



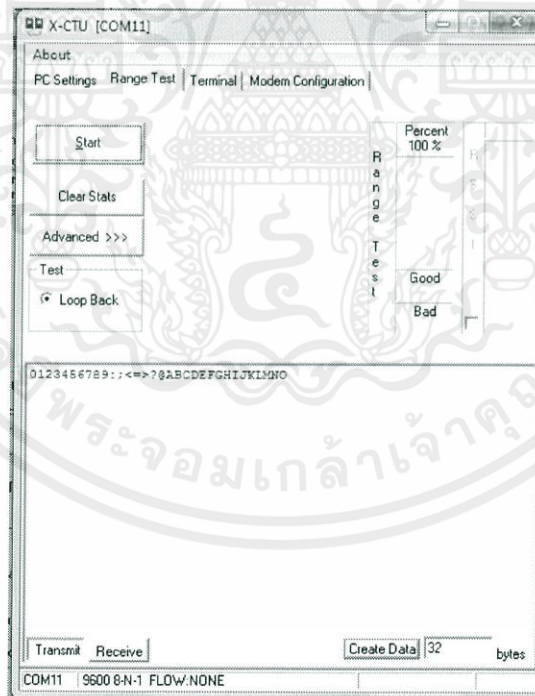
รูปที่ 3.19 หน้าจอของ PC Setting Tab ในโปรแกรม X-CTU

- เมื่อเชื่อมต่อ XBee กับ X-CTU ได้ จะเห็นหน้าจอตั้งรูปที่ 3.20 สามารถวัดความถูกต้องของการรับส่งข้อมูล และความแรงของสัญญาณผ่านอากาศ (RSSI) ได้ตั้งรูปที่ 3.21 และ 3.22 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

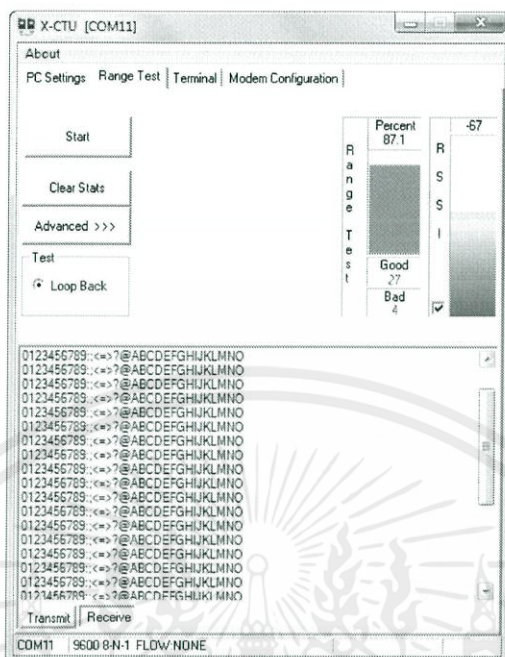


รูปที่ 3.20 โปรแกรม X-CTU เมื่อเชื่อมต่อโมดูล XBee สำเร็จ



รูปที่ 3.21 ความถูกต้องในการรับส่งข้อมูลของโมดูล XBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ความแรงของสัญญาณผ่านอากาศ

- Modem Configuration ทำหน้าที่ในตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโมดูล XBee ตัวอื่น รวมถึงตั้งค่าในการส่งข้อมูล การเลือกใช้พอร์ต รวมถึงการตั้งค่าในรูปแบบโหมดต่างของโมดูล XBee ด้วย

รีจิสเตอร์ ID (PAN ID / Personal Area Network ID) ใช้กำหนดหมายเลขเครือข่ายเลือกค่าได้ตั้งแต่ 0x0000 จนถึง 0xFFFFE โดยแต่ละเครือข่ายจะไม่สามารถส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายได้ ยกเว้นกำหนดด้วยค่า 0xFFFF จะสามารถส่งข้อมูลไปทุกเครือข่ายได้ แต่จะไม่สามารถรับข้อมูลจากเครือข่ายอื่นได้

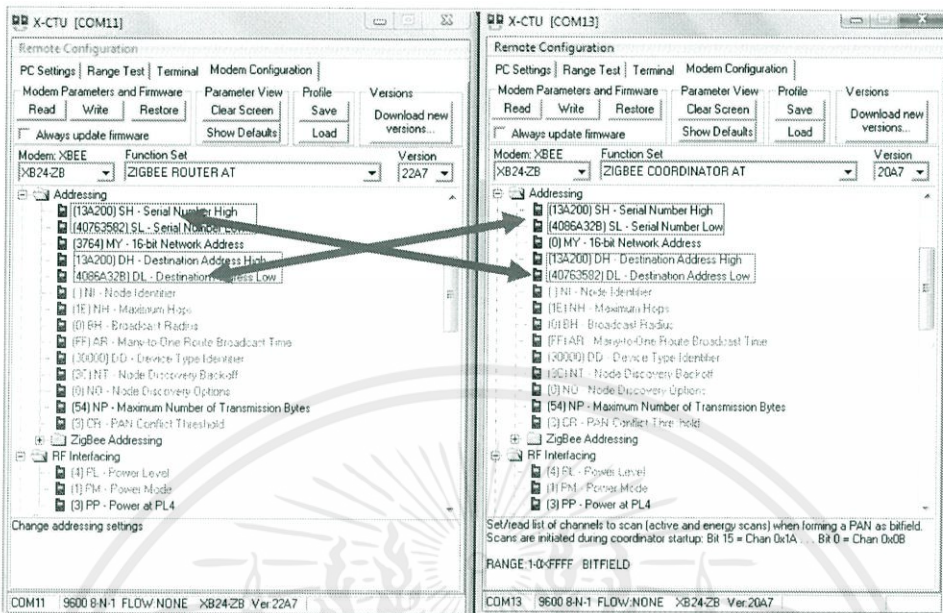
รีจิสเตอร์ SH และ SL (Serial Number High/Low) เป็นรีจิสเตอร์เก็บค่าหมายเลขเฉพาะ หรือ Serial number ของแต่ละโมดูล สามารถใช้เป็นแอดเดรส 64 บิต (SH รวมกับ SL)

รีจิสเตอร์ DH และ DL (Destination Address High/Low) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวรับ ให้กำหนดค่าของรีจิสเตอร์ DH เป็นค่าของ SH และค่าของรีจิสเตอร์ DL เป็นค่าของ SL ของโมดูลตัวรับ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

การตั้งค่าของโมดูล XBee ทำได้ 2 ทางคือใช้โปรแกรม X-CTU กับบอร์ด ZX-XBee ต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม อีกทางหนึ่งคือใช้ AT Command

ก่อนการใช้โมดูล XBee ควรจะทำการตรวจสอบตั้งค่าแอดเดรสต่างๆ และรูปแบบของการส่งข้อมูล ก่อนนำไปติดตั้งกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 การตั้งค่า DH และ DL ของโมดูล XBee Router และ Coordinator

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดลองวัดระดับของสัญญาณ ขณะเซนเซอร์ไม่เคลื่อนไหว

3.3.2 การทดลองการแปลงสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688

3.3.3 การวัด Spectrum ของโมดูล XBee

3.3.4 การวัดระยะทางเทียบกับระดับ Received Signal Strength Indication (RSSI) ของโมดูล XBee

3.3.5 การทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PIC16F688 กับคอมพิวเตอร์ผ่านโมดูล XBee

3.3.6 การทดสอบเก็บข้อมูลความแรงลงในไฟล์ .xls

3.3.7 การเก็บค่าความแรงจากอิริยาบถการเคลื่อนไหวต่างๆของผู้ใช้

3.3.8 การทดสอบอัลกอริทึมจำแนกอิริยาบถ

3.3.9 การทำงานของระบบโดยรวมผ่าน GUI

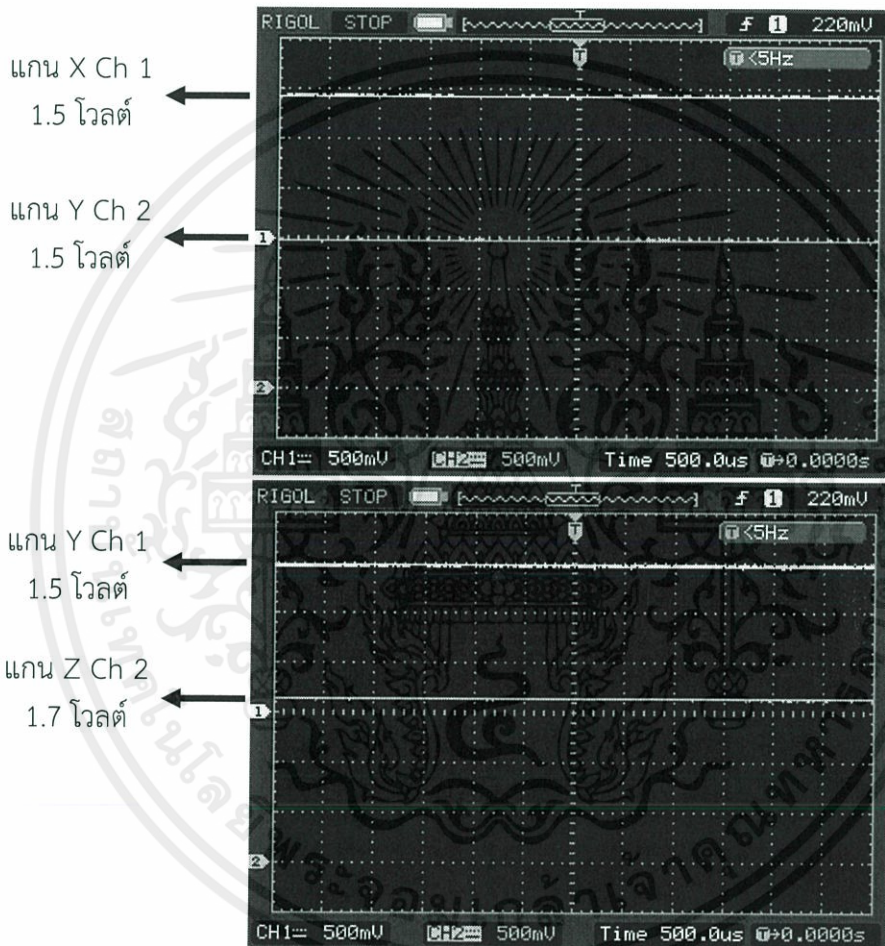
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดระดับของสัญญาณ ขณะเซนเซอร์ไม่เคลื่อนไหว

สัญญาณที่วัดจากเซนเซอร์ขณะเซนเซอร์อยู่นิ่ง แรงดันที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ขณะไม่เคลื่อนไหว

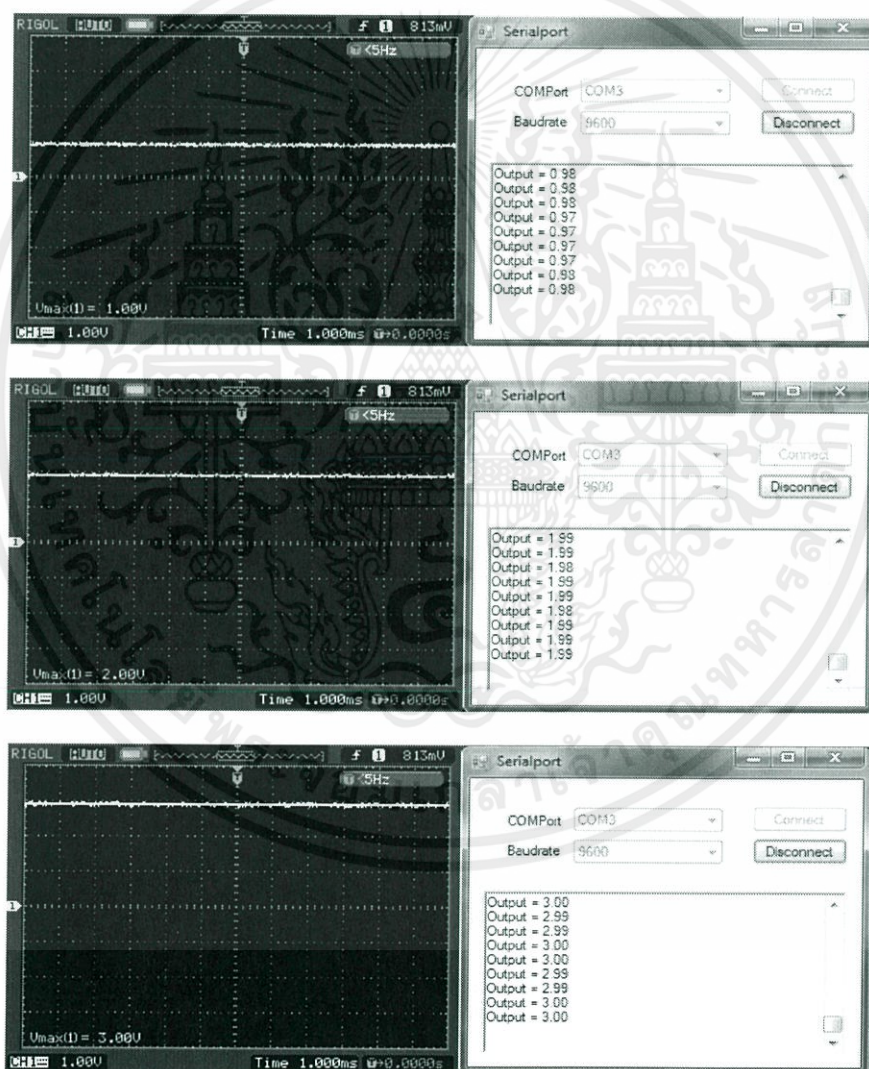
จากกราฟรูปที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของแกน X และแกน Y นั้นจะมีค่าประมาณ 1.5 โวลต์ หรือเท่ากับ 0 g ในแกนที่อยู่แนวระนาบ และค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของแกน Z จะมีค่าประมาณ 1.7 โวลต์ หรือเท่ากับ +1 g ในแกนที่อยู่แนวตั้ง ซึ่งมาจากการตั้ง Sensitivity = 308 มิลลิโวลต์ / g , $V_{DD} = 3$ โวลต์ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่ $0g = 1.5$ โวลต์, $1g = 1.808$ โวลต์ และ $-1g = 1.192$ โวลต์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

4.2 การทดลองการแปลงสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดสอบการแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยได้ทำการนำสัญญาณไฟตรงป้อนเข้าไปทางฝั่งอินพุต และฝั่งเอาต์พุตแสดงค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณไฟตรงผ่านพอร์ตอนุกรม แสดงดังในรูปที่ 4.2

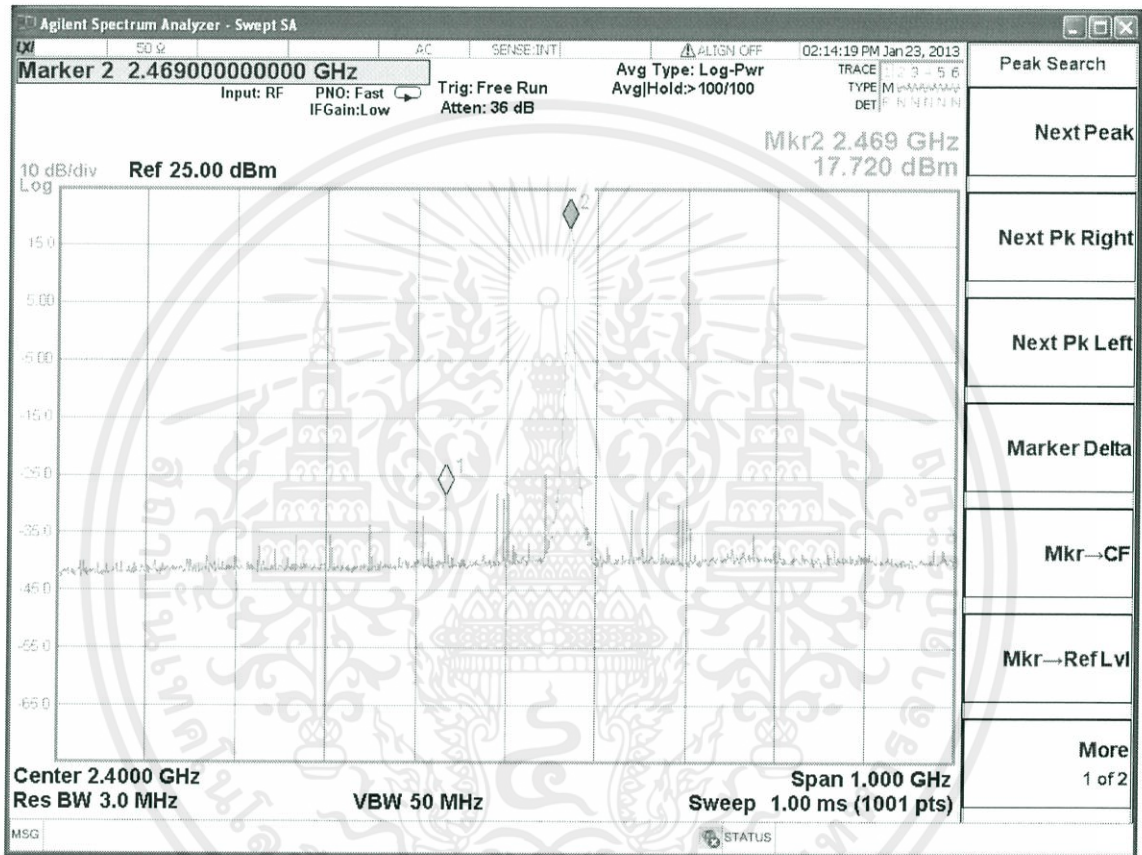


รูปที่ 4.2 การแปลงสัญญาณไฟตรงผ่านพอร์ตอนุกรม ด้านซ้ายแสดงสัญญาณไฟตรงของอินพุต ด้านขวาแสดงค่าสัญญาณดิจิทัล

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตีพิมพ์ หรือแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวัด Spectrum ของโมดูล XBee

ผลการวัด Spectrum กำลังส่งของโมดูล XBee โดยใช้เครื่องวัด Spectrum Analyzer ซึ่งจากการวัดกำลังส่งจริงของโมดูล XBee มีค่า 17.72 dBm เท่ากับ 59.156 mW และความถี่จริงที่ใช้ในการสื่อสารของโมดูล XBee คือ 2.469 GHz แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 Spectrum กำลังส่งของโมดูล XBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดระยะทางเทียบกับระดับ Received Signal Strength Indication (RSSI) ของโมดูล XBee

ในการทดลองได้ทำการวัดค่า RSSI ทั้งในอาคาร และนอกอาคาร ในระยะทางที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 และรูปที่ 4.4 และ 4.5

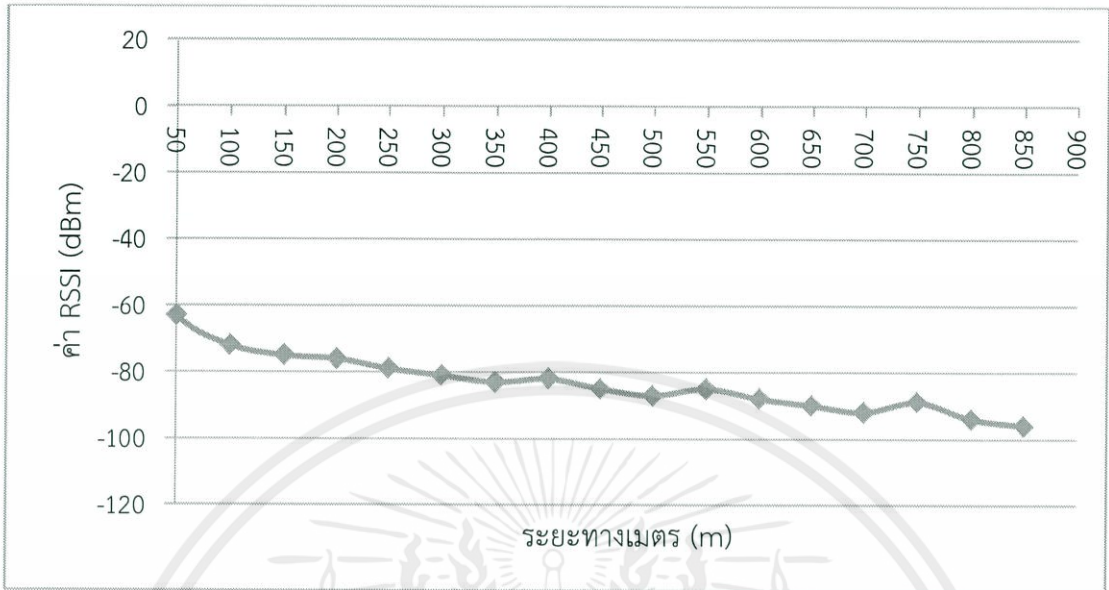
ตารางที่ 4.1 ค่าของ RSSI ที่ระยะต่างๆ ภายนอกอาคาร

ระยะทางเมตร (m)	ค่า RSSI (dBm)	ระยะทางเมตร (m)	ค่า RSSI (dBm)
50	-63	500	-87
100	-72	550	-85
150	-75	600	-88
200	-76	650	-90
250	-79	700	-92
300	-81	750	-89
350	-83	800	-94
400	-82	850	-96

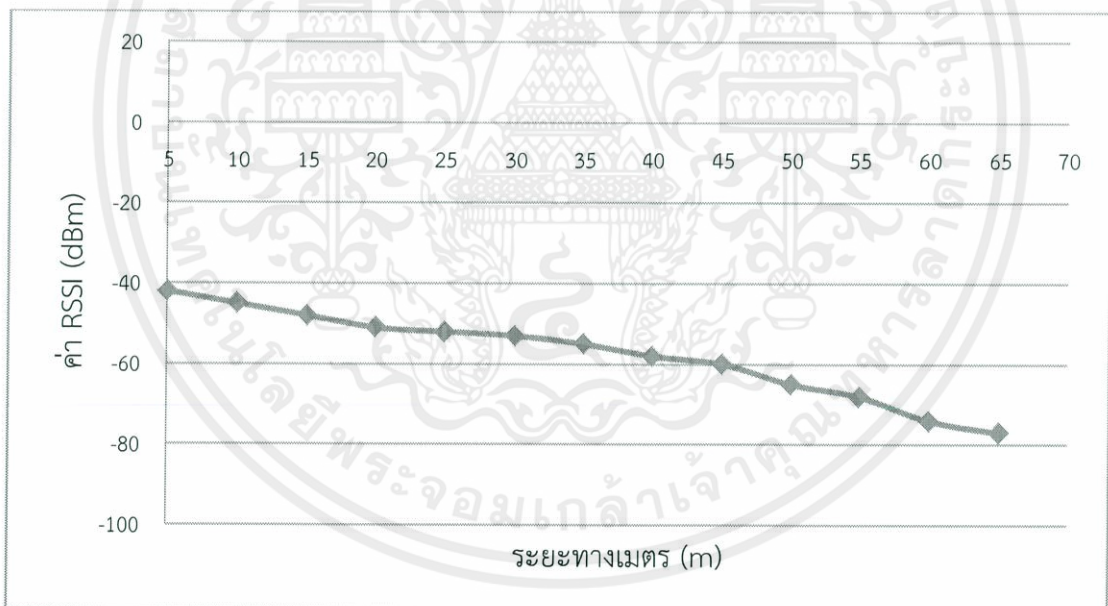
ตารางที่ 4.2 ค่าของ RSSI ที่ระยะต่างๆ ภายในอาคาร

ระยะทางเมตร (m)	ค่า RSSI (dBm)	ระยะทางเมตร (m)	ค่า RSSI (dBm)
5	-42	40	-58
10	-45	45	-60
15	-48	50	-65
20	-51	55	-68
25	-52	60	-74
30	-53	65	-77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า RSSI เทียบกับระยะทางภายนอกอาคาร



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า RSSI เทียบกับระยะทางภายในอาคาร

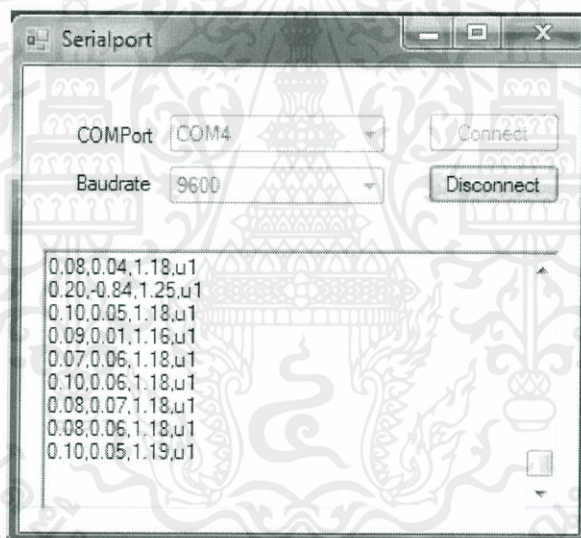
จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 ในการทดลองวัดค่า RSSI ภายนอกอาคารนั้นระยะที่สามารถวัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 850 เมตร ส่วนภายในอาคารจะวัดได้ประมาณ 65 เมตร และจะเห็นว่าที่ระยะทางเท่ากันภายนอกอาคารจะมีค่า RSSI สูงกว่าภายในอาคาร เนื่องจากสัญญาณภายในอาคารไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสัญญาณรบกวนจาก Access Point อื่นๆ และต้องผ่านสิ่งกีดขวาง ดังนั้นในการส่งข้อมูลของโมดูล XBee ภายนอกอาคารจะสามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลกว่าภายในอาคาร

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะทางเพิ่มการวัดระดับค่า RSSI จะมีค่าต่ำลง ซึ่งหมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณจะลดลงด้วย

4.5 การทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PIC16F688 กับคอมพิวเตอร์ผ่านโมดูล XBee

ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่าง PIC16F688 ที่รับค่าจาก เซนเซอร์ความเร่งกับคอมพิวเตอร์โดยผ่าน XBee ซึ่งค่าที่ส่งจาก PIC16F688 คือค่าความเร่งของ แกน X แกน Y และแกน Z พบว่าการรับส่งข้อมูลทำได้ดี โดยทำการรับส่งข้อมูลทุกๆ 0.5 วินาที ข้อมูลที่ส่งในแต่ละครั้งจะอยู่ในรูปแบบ $[a_x, a_y, a_z, \text{User ID}]$ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ข้อมูลของความเร่งที่แสดงผลผ่านโปรแกรม

4.6 การทดสอบเก็บข้อมูลความเร่งลงในไฟล์ .xls

ในการทดลองนี้จะทำการเก็บข้อมูลความเร่งของแต่ละผู้ใช้งานลงในฐานข้อมูล เมื่อต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์สามารถแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ .xls ได้ซึ่งเป็นไฟล์ที่ใช้สำหรับเปิดบนโปรแกรม Microsoft Excel โดยการกดปุ่ม Export to Excel ที่หน้าต่างแสดงข้อมูลของฐานข้อมูลในรูปที่ 4.7 รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเร่งที่ถูกเก็บลงในไฟล์ .xls แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X	Y	Z	Time	Status
0.07	0.07	1.00	18:53:00	ล้มหน้า
0.06	0.08	1.00	18:53:01	ล้มหน้า
0.07	0.08	1.01	18:53:01	ล้มหน้า
0.07	0.08	1.00	18:53:02	ล้มหน้า
0.06	0.08	1.00	18:53:02	ล้มหน้า
0.07	0.07	1.01	18:53:03	ล้มหน้า
0.06	0.08	1.00	18:53:03	ล้มหน้า
0.07	0.07	1.00	18:53:04	ล้มหน้า
0.06	0.07	1.01	18:53:05	ล้มหน้า
0.07	0.07	1.00	18:53:05	ล้มหน้า
0.06	0.09	1.01	18:53:06	ล้มหน้า
0.06	0.06	1.00	18:53:06	ล้มหน้า

รูปที่ 4.7 ข้อมูลในฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน

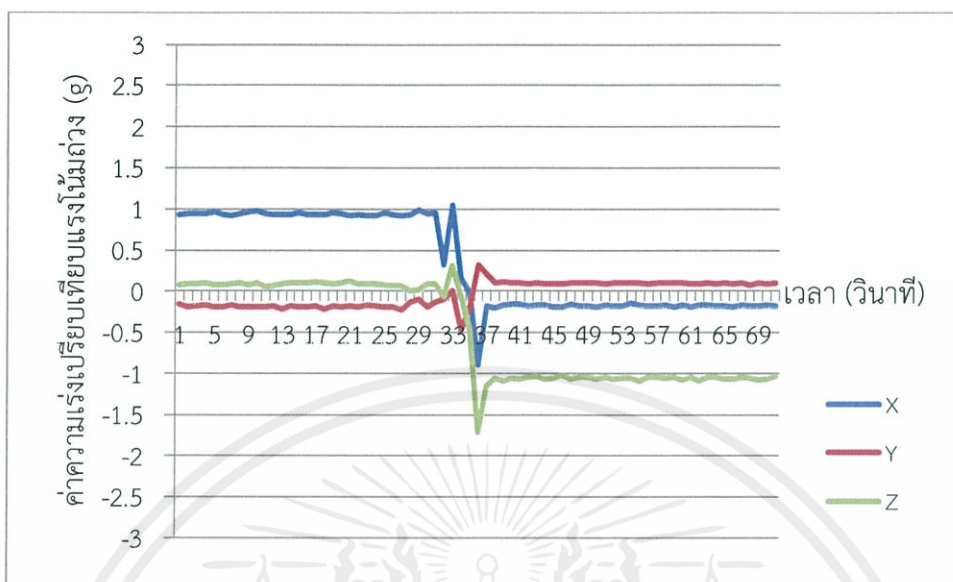
	A	B	C	D	E
1	0.07	0.07	1	18:53:00	ล้มหน้า
2	0.06	0.08	1	18:53:01	ล้มหน้า
3	0.07	0.08	1.01	18:53:01	ล้มหน้า
4	0.07	0.08	1	18:53:02	ล้มหน้า
5	0.06	0.08	1	18:53:02	ล้มหน้า
6	0.07	0.07	1.01	18:53:03	ล้มหน้า
7	0.06	0.08	1	18:53:03	ล้มหน้า
8	0.07	0.07	1	18:53:04	ล้มหน้า
9	0.06	0.07	1.01	18:53:05	ล้มหน้า
10	0.07	0.07	1	18:53:05	ล้มหน้า
11	0.06	0.09	1.01	18:53:06	ล้มหน้า
12	0.06	0.06	1	18:53:06	ล้มหน้า
13	0.06	0.06	1	18:53:07	ล้มหน้า
14	0.07	0.07	1.01	18:53:07	ล้มหน้า
15	0.06	0.09	1	18:53:08	ล้มหน้า
16	0.08	0.08	1.01	18:53:09	ล้มหน้า
17	0.07	0.07	0.99	18:53:09	ล้มหน้า
18	0.07	0.06	1	18:53:10	ล้มหน้า
19	0.08	0.06	1	18:53:10	ล้มหน้า
20	0.07	0.07	1	18:53:11	ล้มหน้า
21	0.06	0.09	1.01	18:53:12	ล้มหน้า
22	0.06	0.08	1	18:53:12	ล้มหน้า
23	0.06	0.07	1.01	18:53:13	ล้มหน้า
24	0.07	0.08	1	18:53:13	ล้มหน้า
25	0.07	0.07	0.99	18:53:14	ล้มหน้า
26	0.06	0.07	1.02	18:53:14	ล้มหน้า

รูปที่ 4.8 ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในไฟล์ .xls

4.7 การเก็บค่าความเร่งจากอิริยาบถการเคลื่อนไหวต่างๆ ของผู้ใช้

ในการเก็บข้อมูลความเร่งเพื่อนำไปวิเคราะห์อิริยาบถ จะติดเซนเซอร์บริเวณหัวเข็มขัดของผู้ใช้และทำการเก็บข้อมูลอิริยาบถทั้ง 5 คือล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ยืน นั่ง และเดิน โดยในช่วงต้นของข้อมูลผู้ใช้จะอยู่ในอิริยาบถยืน หลังจากนั้นจะทำการเปลี่ยนอิริยาบถเป็นอิริยาบถที่ต้องการเก็บข้อมูล โดยให้ผู้ทดลองรักษาสภาพที่เปลี่ยนอิริยาบถแล้วอีกพักหนึ่ง ก่อนที่จะหยุดการเก็บข้อมูล เมื่อนำข้อมูลไปไฟล์ .xls มาพล็อตกราฟจะได้ตัวอย่างข้อมูลดังรูปที่ 4.9-4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างกราฟของอริยาบถล้มหน้า

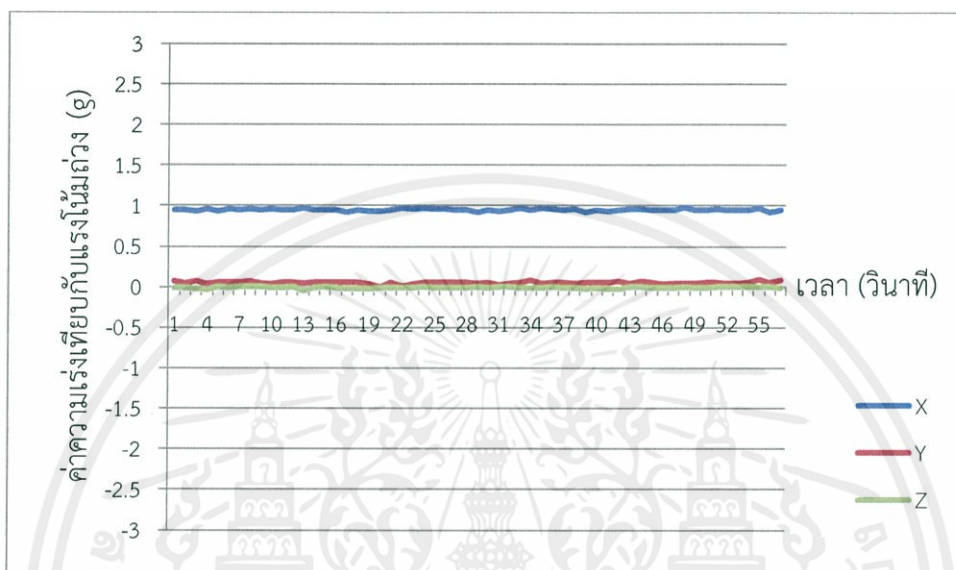
จากรูปที่ 4.9 แสดงการล้มไปด้านหน้า ซึ่งในช่วงเวลาแรกกราฟจะมีลักษณะคงที่ โดยที่แกน X จะมีค่าสูงกว่าแกน Y และ แกน Z นั่นคือแกน X จะอยู่ในแนวตั้ง ในช่วงที่กำลังล้มค่าของเซนเซอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะถูกแสดงในช่วงกลางของกราฟ และหลังจากนั้นผู้ล้มจะอยู่ในสภาพนอน ซึ่งจะทำให้ค่าของเซนเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงท้ายของกราฟ โดยจากกราฟแกน Z จะอยู่ในแนวตั้ง (ค่าติดลบ) และแกน X และ แกน Y เปลี่ยนอยู่ในระนาบ



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างกราฟของอริยาบถล้มหลัง

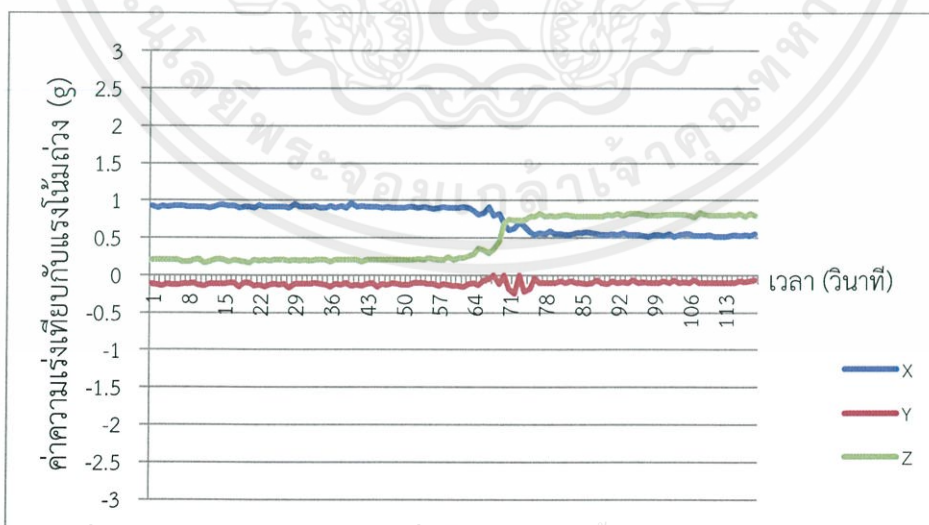
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 ในช่วงแรกกราฟจะเหมือนกับกราฟ ในรูปที่ 4.11 แต่หลังจากเกิดการล้มหลังแล้วตำแหน่งของเซนเซอร์จะเปลี่ยน โดยค่าของแกน Z จะอยู่ในแนวตั้ง (ค่าบวก) และแกน X และ Y จะอยู่ในแนวระนาบซึ่งกลับกับการล้มหน้านั้นเอง



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถยืน

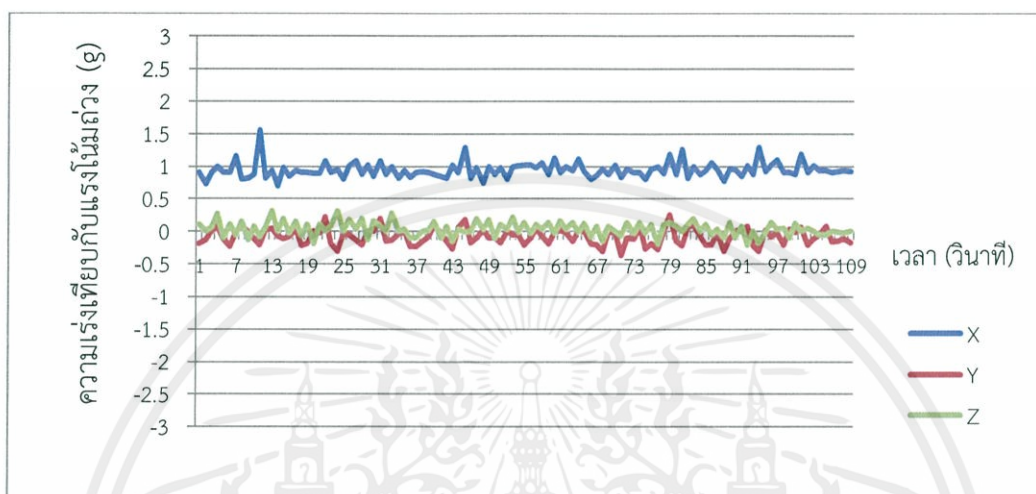
จากรูปที่ 4.11 กราฟไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผู้ใช้อิริยาบถยืนซึ่งแกน X จะอยู่ในแนวตั้ง แกน Y และ Z จะอยู่ในแนวระนาบตลอดเวลา



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถนั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 ในช่วงแรกกราฟจะมีความคล้ายกราฟ ในรูปที่ 4.9 และ 4.10 แต่หลังจากเกิดการนั่ง จะทำให้ค่าแกน Z เพิ่มขึ้น และแกน X ลดลงจากเดิม ส่วนค่าแกน Y จะมีลักษณะอยู่ในแนวเดิม



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างกราฟของอิริยาบถเดิน

จากรูปที่ 4.13 ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่ในลักษณะที่ค่าความเร่งมีค่าไม่สูงเท่ากับการล้ม

4.8 การทดสอบอัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบระบบตรวจจับอิริยาบถทั้ง 5 อิริยาบถ คือยืน นั่ง ล้มหน้า ล้มหลัง และเดิน โดยใช้ข้อมูลทดสอบการจำแนกอิริยาบถ อิริยาบถละ 100 ข้อมูล

อิริยาบถ	จำนวนข้อมูลที่ทดสอบ (ข้อมูล)	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)
ยืน	100	100
นั่ง	100	91
ล้มหน้า	100	96
ล้มหลัง	100	100
เดิน	100	95

จากตารางที่ 4.3 พบว่าอัลกอริธึมสามารถตรวจจับอิริยาบถยืนได้ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการนั่ง 100 ข้อมูล ตรวจสอบถูกต้อง 91% ข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาด 9% ซึ่งตรวจสอบได้เป็นอิริยาบถยืน 6% และอิริยาบถล้มหลัง 3%

ข้อมูลการล้มหน้า 100 ข้อมูล ตรวจสอบถูกต้อง 96% ข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาด 4% ซึ่งตรวจสอบได้เป็นอิริยาบถยืนทั้งหมด

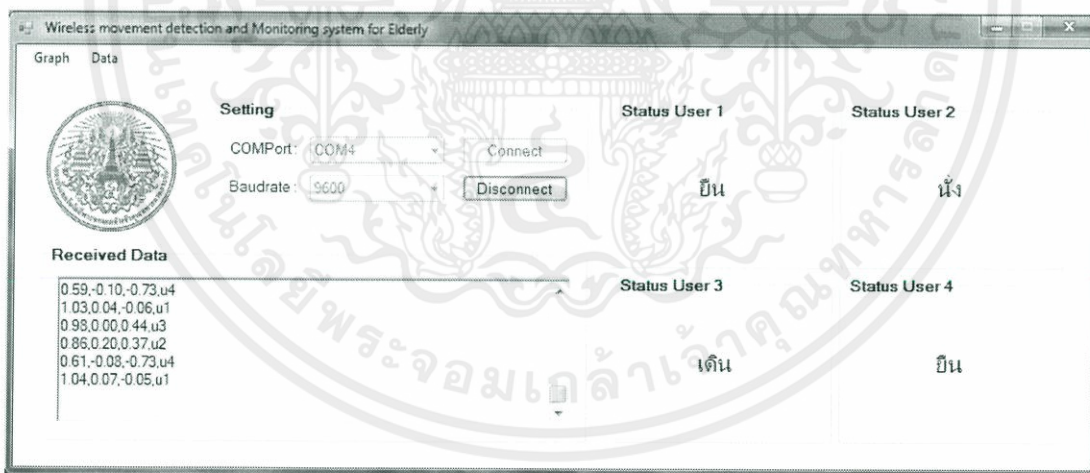
ข้อมูลการล้มหลัง 100 ข้อมูล ตรวจสอบถูกต้อง 100%

ข้อมูลการเดิน 100 ข้อมูล ตรวจสอบถูกต้อง 95% ข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาด 5% ซึ่งตรวจสอบได้เป็นอิริยาบถยืน 3% และอิริยาบถนั่ง 2%

ดังนั้นอัลกอริธึมมีความสามารถในการจำแนกอิริยาบถที่สูงมากโดยเฉพาะการยืนและล้มหลัง

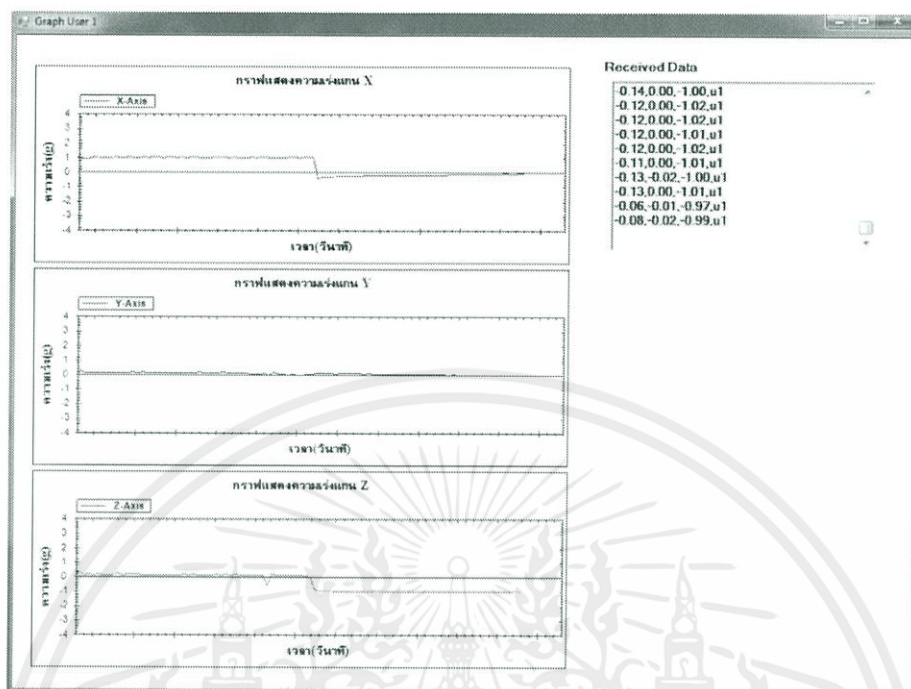
4.9 การทำงานของระบบโดยรวมผ่าน GUI

เราได้ทดสอบการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นทั้งหมด โดยทำการตั้งค่า Comport และ Baudrate ให้ตรงกับพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับโมดูล XBee ฝั่งรับข้อมูล หลังจากกดปุ่ม Connect โปรแกรมจะทำการรับข้อมูลจาก PIC16F688 ที่เชื่อมต่อกับโมดูล XBee ฝั่งส่งข้อมูล โดยที่ข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละคนจะถูกนำค่าความเร่งมาประมวลผลเพื่อจำแนกอิริยาบถ และแสดงกราฟความเร่งในแกน X แกน Y และแกน Z ดังรูปที่ 4.14-4.18

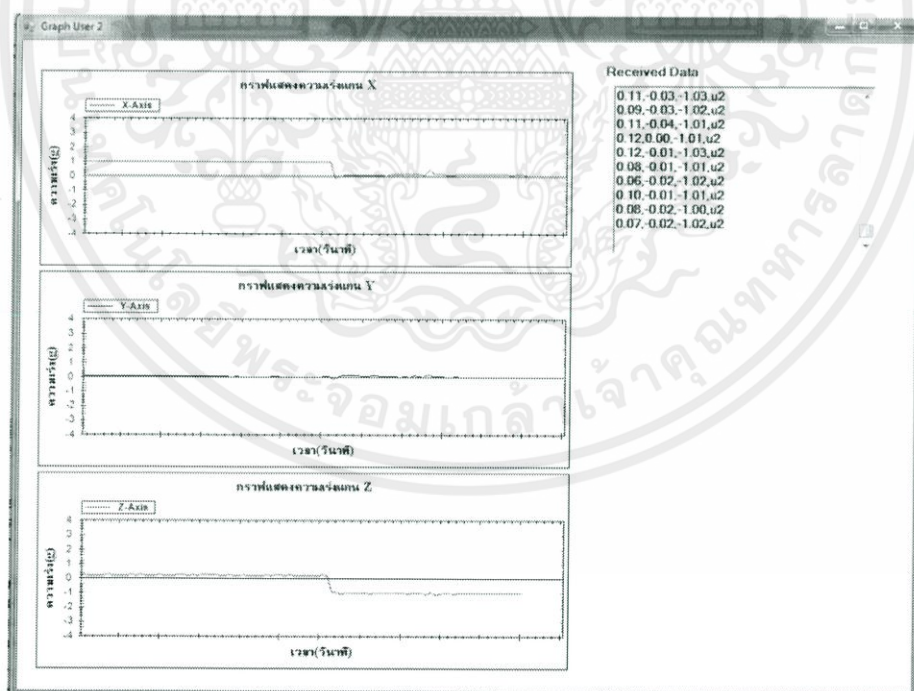


รูปที่ 4.14 การทำงานของโปรแกรม GUI ขณะผู้ใช้งานอยู่ในอิริยาบถต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

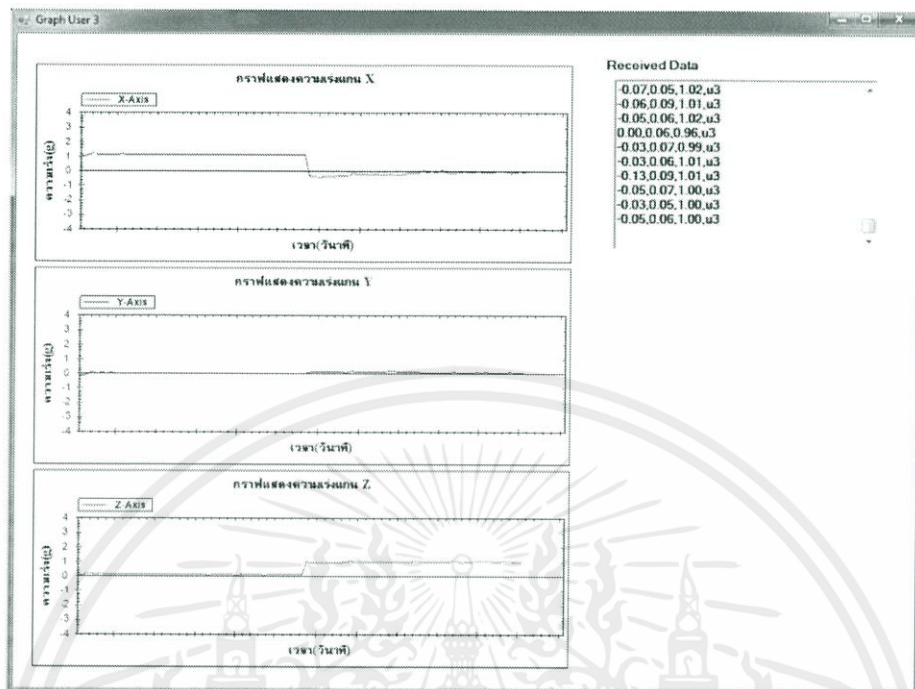


รูปที่ 4.15 กราฟความเร็วในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 1

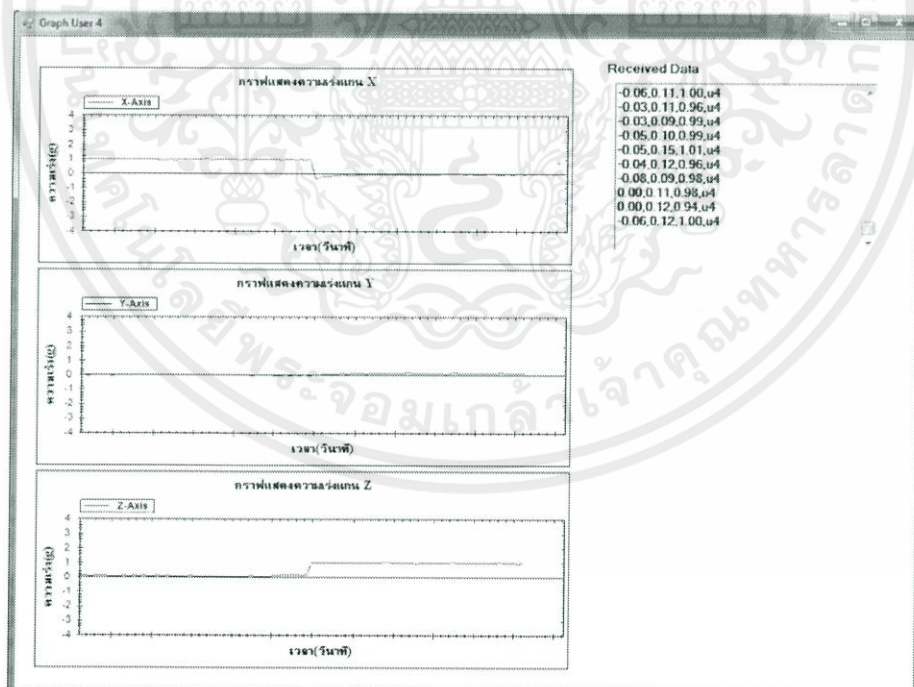


รูปที่ 4.16 กราฟความเร็วในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเทคโนโลยีพระยาภิรมย์วิทยาลัย โดยโรงเรียนได้ขอประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟความแรงในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 3



รูปที่ 4.18 กราฟความแรงในแกน X แกน Y และแกน Z ของผู้ใช้งานคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดย บริษัท ออสมเกิ้ล จำกัด ขอสงวนสิทธิ์ในชื่อและประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปฏิญานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จในการจัดทำระบบจำแนกและติดตามอิริยาบถของผู้สูงอายุแบบไร้สาย ระบบนี้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ติดตัวผู้ใช้ซึ่งมีขนาดเล็กพกพาสะดวก เครื่องข่ายรับส่งข้อมูลไร้สายด้วยโมดูลชิพบีและซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ที่ประกอบไปด้วยฐานข้อมูล อัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถ และส่วนประสานกราฟิกผู้ใช้งาน

ผลการทดสอบการทำงานพบว่า ฮาร์ดแวร์ติดตัวผู้ใช้สามารถวัดข้อมูลความเร่งจากการเคลื่อนไหวได้แบบเวลาจริง (real time) ในส่วนของการจำลองการทำงานของเครือข่ายการรับส่งข้อมูล สามารถทำงานได้ครอบคลุมตึกสามชั้นสำหรับผู้ใช้งาน 4 คนโดยใช้โมดูลชิพบี 6 ตัว และในส่วนของอัลกอริธึมแบบตรรกะคลุมเครือ สามารถจำแนกอิริยาบถของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความถูกต้องแม่นยำค่อนข้างสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

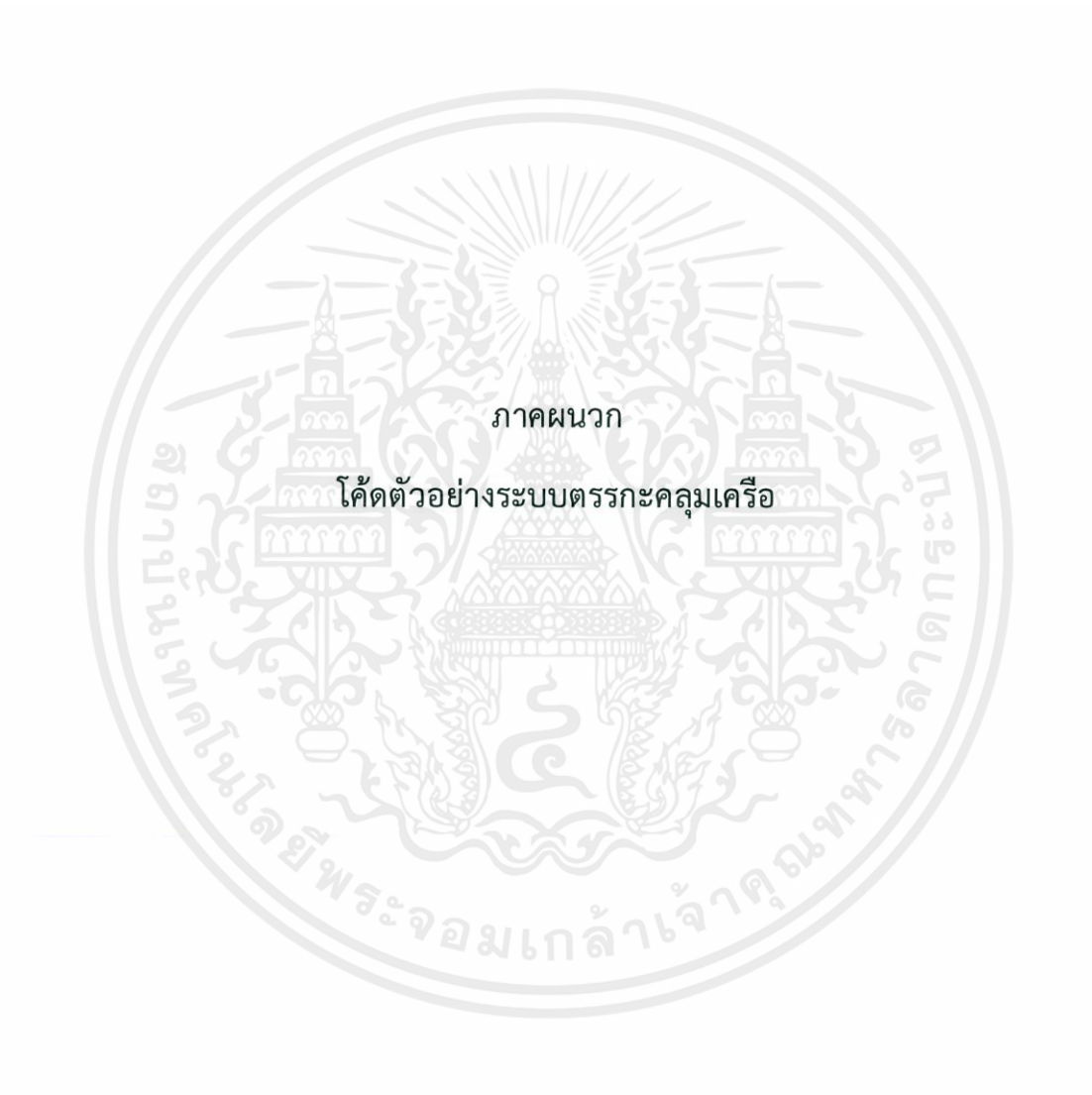
ผลการทดลองเก็บข้อมูลอิริยาบถต่างๆ ในปฏิญานิพนธ์นี้ได้มาจากนักศึกษา ทำให้การเคลื่อนไหวและรูปร่างของผู้ใช้งานอาจมีความคลาดเคลื่อนกับผู้ใช้งานจริงซึ่งเป็นผู้สูงอายุ อีกทั้งเซนเซอร์อาจมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ทำการกำหนดไว้ ทำให้ข้อมูลที่เก็บได้บางส่วนมีความผิดพลาด ในการนำระบบไปใช้งานจึงควรมีการปรับแก้อัลกอริธึมจำแนกอิริยาบถให้เหมาะสมกับลักษณะและพฤติกรรมของผู้ใช้นอกจากนี้การติดตั้งเครือข่ายต้องมีการคำนึงถึงสถานที่ใช้งานจริงเพื่อเลือกจำนวนโมดูลชิพบีและตำแหน่งติดตั้งให้มีความเหมาะสมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Department of Economic and Social Affairs (DESA) Population Division, Population Estimates and Projections Section. "World Population Prospects: The 2006 Revision."
http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/FS_ageing.pdf.
- [2] Freescale Semiconductor, Inc. "±4g, ±9g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer."
http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7331LC.pdf?pspl%20l=1.
- [3] Thaieasyelec. "UART / TTL / RS232 / MAX232 / MAX3232 คืออะไร."
<http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/UART-TTL-RS232-MAX232-MAX3232.html>.
- [4] Thaieasyelec. "Zigbee and Xbee BASIC ตอน Zigbee คืออะไร."
<http://www.thaieasyelec.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538707976&N type=1>.
- [5] ดร.พยุ่ง มีสีจ. "FUZZY LOGIC." <http://alaska.reru.ac.th/text/fuzzylogic.pdf>.
- [6] Microchip. "PIC16F688 Data Sheet."
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41203d.pdf>.
- [7] ETT CO.,LTD. "คู่มือ MODULE ET-MMA7331L." (CD-ROM).
- [8] บริษัท อินโนเวตีฟ แอ็กเพอริเม้นต์ จำกัด. "XBee-PRO โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย 2.4 GHz."
<http://www.inex.co.th/store/manual/XBEE-board.pdf>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการสร้าง Membership function ของความเร่งในแนวแกน X

```
private void OutputFuzzy(string in)
{
    double x1;
    string[] Output = new string[7];
    string[] in1 = in.Split(new string[] { "," }, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
    double Gx = Convert.ToDouble(in1[0]);
    double Gy = Convert.ToDouble(in1[1]);
    double Gz = Convert.ToDouble(in1[2]);
    if (Gx < 0.3)
    {
        x1 = 1;
        Output[0] = x1.ToString();
    }
    else if ((Gx >= 0.3) && (Gx < 0.35))
    {
        x1 = (-20 * Gx + 7);
        Output[0] = x1.ToString();
    }
    else if (Gx >= 0.35)
    {
        x1 = 0;
        Output[0] = x1.ToString();
    }
    Fuzzy(Output);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการสร้าง Rule เพื่อใช้ในการจำแนกอิริยาบถ

```
private void Fuzzy(string[] in2)
{
    double Ff, Fb, SW, Si, V;
    double[] A = new double[2];
    double[] B = new double[2];
    double[] C = new double[2];
    double[] D = new double[2];
    double[] E = new double[2];
    A[0] = Convert.ToDouble(in2[0]);
    A[1] = Convert.ToDouble(in2[3]);
    Ff = A.Min();
    B[0] = Convert.ToDouble(in2[0]);
    B[1] = Convert.ToDouble(in2[6]);
    Fb = B.Min();
    C[0] = Convert.ToDouble(in2[1]);
    D[0] = Convert.ToDouble(in2[5]);
    D[1] = Convert.ToDouble(in2[6]);
    C[1] = D.Max();
    Si = C.Min();
    E[0] = Convert.ToDouble(in2[2]);
    E[1] = Convert.ToDouble(in2[4]);
    SW = E.Min();
    V = ((Ff*(0)) + (SW*(0.3333)) + (Si*(0.6667)) + (Fb))/(Si+SW+Ff+Fb);
    Fuzzy1(V);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการสร้างเงื่อนไข เพื่อใช้ในการจำแนกอิริยาบถ

```
private void Diff1(string[] dv1)
{
    double A21 = Convert.ToDouble(dv1[0]);
    double B21 = Convert.ToDouble(dv1[1]);
    double C21 = Convert.ToDouble(dv1[2]);
    dX1 = Math.Abs(A21 - A11);
    dY1 = Math.Abs(B21 - B11);
    dZ1 = Math.Abs(C21 - C11);
    A11 = A21;
    B11 = B21;
    C11 = C21;
}
private void Fuzzy1(double A1)
{
    if ((A1 >= 0) && (A1 < 0.1667))
    {
        label3.Text = "ล้มหน้า";
    }
    else if ((A1 >= 0.1667) && (A1 < 0.5))
    {
        if ((dX1 >= 0.15) || (dY1 >= 0.15) || (dZ1 >= 0.15))
        {
            label3.Text = "เดิน";
        }
        else
        {
            label3.Text = "ยืน";
        }
    }
    else if ((A1 >= 0.5) && (A1 < 0.8333))
    {
        if ((dX1 >= 0.15) || (dY1 >= 0.15) || (dZ1 >= 0.15))
        {
            label3.Text = "เดิน";
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
    label3.Text = "นั่ง";
}
}
else if ((A1 >= 0.8333) && (A1 <= 1))
{
    label3.Text = "ล้มหลัง";
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้