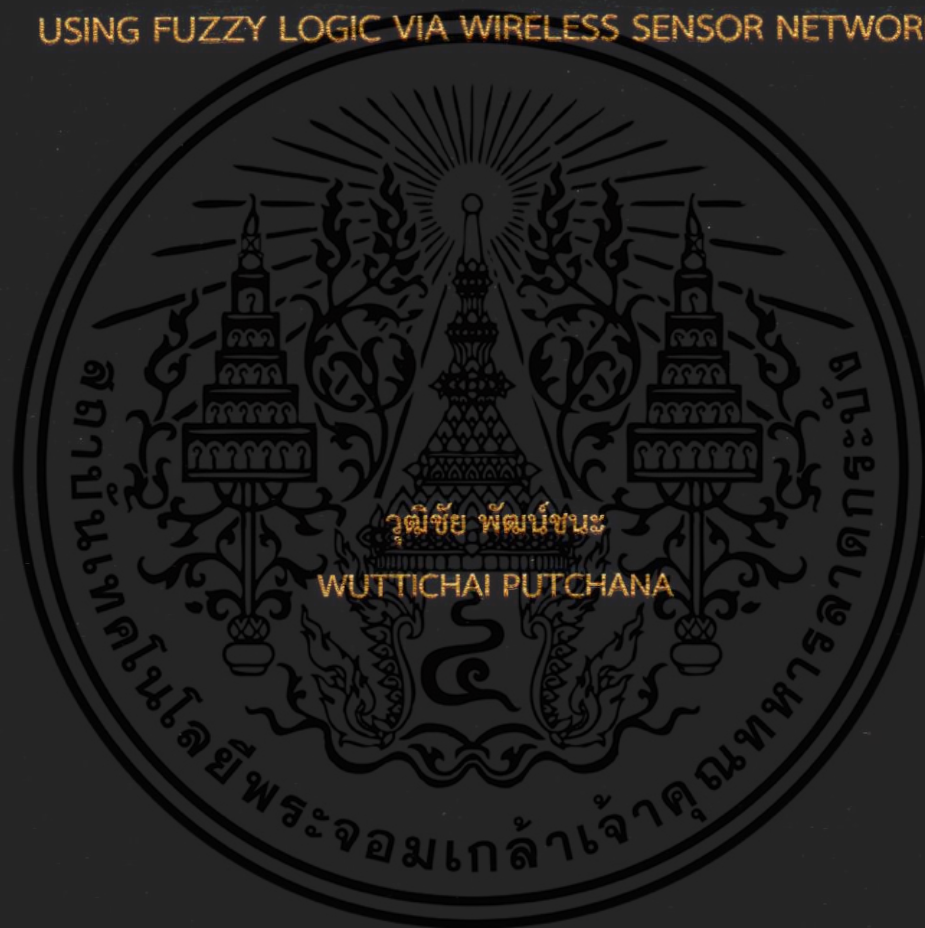


อุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ
โดยใช้ฟัซซีลอจิกผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

WEARABLE DEVICES FOR FALL DETECTION AND MOVEMENT CLASSIFICATION SYSTEM
USING FUZZY LOGIC VIA WIRELESS SENSOR NETWORK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-010-166

อุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ

โดยใช้ฟuzzyลอจิกผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

WEARABLE DEVICES FOR FALL DETECTION AND MOVEMENT CLASSIFICATION SYSTEM
USING FUZZY LOGIC VIA WIRELESS SENSOR NETWORK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-010-166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEARABLE DEVICES FOR FALL DETECTION AND MOVEMENT CLASSIFICATION SYSTEM
USING FUZZY LOGIC VIA WIRELESS SENSOR NETWORK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-010-166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถโดยใช้ฟuzzyลอจิกผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Thesis Title Wearable Devices for Fall Detection and Movement Classification System Using Fuzzy Logic Via Wireless Sensor Network

นักศึกษ นายวุฒิชัย พัฒน์ชนะ

รหัสประจำตัว 54611819

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-010-166

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวกภาค
ผศ.ดร.สุทธิชัย	นพนาศิพงษ์
ศ.ดร.ประยูทธ	อัครเอกตามลิน
รศ.ดร.ยุทธพงษ์	รังสรรค์เสรี
ผศ.ดร.ศรวัฒน์	ชิวปรีชา

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 15.00-17.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-302

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ โดยใช้พีชชีลอจิกผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
นักศึกษา	นายวุฒิชัย พัฒน์ชนะ
รหัสประจำตัว	54611819
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ศรวัฒน์ ชิวปรีชา

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถโดยใช้พีชชีลอจิกผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อเผื่อาระวังสำหรับผู้สวมใส่ อุปกรณ์ที่อาจจะเกิดอุบัติเหตุและถ้าเกิดอุบัติเหตุภายในอาคาร ระบบสามารถระบุตำแหน่งที่อยู่ผู้สวมใส่อุปกรณ์ได้ ระบบที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำพีชชีลอจิกมาใช้ร่วมกับการหาค่าความแปรปรวนและอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งเพื่อช่วยในระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ ได้ 9 ลักษณะด้วยกันคือ ยืน (ST: Stand) นั่ง (SD: Sit Down) ล้มหน้า (FF: Forward Fall) ล้มหลัง (BF: Backward Fall) ล้มซ้าย (LF: Left Fall) ล้มขวา (RF: Right Fall) นอน (LD: Lying Down) เดิน (WK: Walk) และวิ่ง (RN: Run) มีค่าความถูกต้องจากการทดสอบการจำแนกอิริยาบถอยู่ที่ 98% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในจำแนกอิริยาบถได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอยังสามารถระบุตำแหน่งผู้สวมใส่อุปกรณ์ภายในอาคารที่เกิดอุบัติเหตุด้วยวิธีการ Weighted Distance Fingerprint (WDF) ซึ่งเป็นการระบุตำแหน่งภายในอาคาร ร่วมกับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ผลที่ได้จากการทดสอบมีความถูกต้องในการระบุตำแหน่งภายในอาคารอยู่ที่ 85% ทำให้ระบบที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Wearable Devices for Fall Detection and Movement Classification System Using Fuzzy Logic Via Wireless Sensor Network
Student	Mr. Wuttichai putchana
Student ID.	54611819
Degree	Master of Engineering
Program	Telecommunications Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Sorawat Chivapreecha

ABSTRACT

This thesis proposes the design and implementation of wearable devices with the purpose of detecting accidental falls, classifying movements of elderly people and locating the area of accidents in case of indoor via wireless sensor network using fuzzy logic. The proposed system uses fuzzy logic with variance and derivative of acceleration to detecting falls and classifying nine movements include Stand (ST), Sit-down (SD), Backward Fall (BF), Lying Down (LD), Right Fall (RF), Left fall (LF), Forward Fall (FF), Walk (WK) and Run (RN). The results showed that the proposed system can classifying movements with very high accuracy at 98%. In addition, an indoor localization system also apply with the proposed system to locate the area of falling people who wearing the device using weighted distance fingerprint (WDF) algorithm. The indoor localization system can identify correctly with accuracy at 85%. The high accuracy to detecting falls, classifying movements and locating fall areas make the proposed system can apply to use in elderly home.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรวิวัฒน์ ชิวปรีชา อาจารย์ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาและตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการออกแบบและทำการทดลองวงจร และขอขอบคุณพี่และน้องๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคน สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบิดาและมารดาของข้าพเจ้า

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

วุฒิชัย พัฒน์ชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขั้นตอนของการศึกษาวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....	6
2.1 เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน (Triaxial Accelerometer Sensor)	6
2.1.1 การใช้งานเซ็นเซอร์วัดค่าความเร่ง.....	8
2.2 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย.....	9
2.2.1 คุณสมบัติของซิกบี.....	10
2.2.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ซิกบีที่นำมาใช้กับวิทยานิพนธ์.....	12
2.2.3 โปรแกรม X-CTU.....	13
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
2.4 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic).....	18
2.4.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับฟัซซีลอจิก	18
2.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการใช้งานของฟัซซีลอจิก	19
2.5 ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร.....	26
2.5.1 Fingerprint	26
2.5.2 Weighted Distance Fingerprint	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ.....	30
3.1 การออกแบบเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนเป็นอุปกรณ์สวมใส่.....	31
3.1.1 การออกแบบวงจรส่งข้อมูลแบบไร้สาย.....	31
3.1.2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์สวมใส่.....	32
3.1.3 การวัดค่ากำลังสัญญาณ.....	33
3.2 การตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถด้วยพีซีลोजิก.....	34
3.2.1 การออกแบบพีซีลोजิกระบบที่ 1	38
3.2.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการของพีซีลोजิกระบบที่ 1.....	40
3.2.1.2 กฎของพีซีลोजิกระบบที่ 1.....	43
3.2.2 การออกแบบพีซีลोजิกระบบที่ 2.....	46
3.2.2.1 การออกแบบพีซีลोजิกระบบที่ 2.....	48
3.2.2.2 กฎของพีซีลोजิกระบบที่ 2.....	51
3.3 ระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคาร.....	53
บทที่ 4 ผลการทดลองและดำเนินงานวิจัย.....	56
4.1 ผลการทดลองวัดระดับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ความเร่ง โดยใช้ฮอสซิลโลสโคป...	56
4.2 ผลการทดลองเซ็นเซอร์ความเร่งโดยการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล....	58
4.3 ผลการทดลองการออกแบบพีซีลोजิกระบบที่ 1 และพีซีลोजิกระบบที่ 2.....	61
4.3.1 ผลการทดลองการออกแบบระบบที่ 1.....	62
4.3.2 ผลการทดลองการออกแบบระบบที่ 2.....	66
4.4 ผลการแยกกลุ่มอิริยาบถด้วยพีซีลोजิกระบบที่ 1 และระบบที่ 1.....	70
4.5 การทดลองในพื้นที่ใช้งานจริง.....	75
4.6 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร.....	76
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	80
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	81
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	81
เอกสารอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การทำงานของขา g-Select.....	8
2.2	เปรียบเทียบคุณสมบัติของซิกบีในแต่ละรุ่น	13
3.1	กฎของฟิชชีแบบที่ 1 FIS I	43
3.2	ช่วงความเร่งของเซ็นเซอร์ในแต่ละแกน.....	46
3.3	กฎของฟิชชีลอจิกระบบที่ 2.....	51
4.1	การวัดระดับของสัญญาณจากเซ็นเซอร์ความเร่ง.....	60
4.2	การทดสอบแยกอิริยาบถ 5 กลุ่มด้วยฟิชชีลอจิกระบบที่ 1.....	70
4.3	การทดสอบแยกอิริยาบถ 5 กลุ่มด้วยฟิชชีลอจิกระบบที่ 2.....	70
4.4	การทดสอบการแยกการยืนและการนั่ง.....	71
4.5	ผลการจำแนกอิริยาบถล้มหลังกับนอน.....	72
4.6	ผลการจำแนกอิริยาบถการเดินกับการวิ่ง.....	74
4.7	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบที่นำเสนอ.....	75
4.8	ค่ากำลังสัญญาณแต่ละห้องภายในอาคาร.....	77
4.9	การระบุตำแหน่งภายในอาคารวิธีการของ Fingerprint.....	78
4.10	การระบุตำแหน่งภายในอาคารวิธีการของ Weighted Distance Fingerprint.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	จำนวนประชากรในประเทศไทยที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี และสูงกว่า 60 ปี.....	1
2.1	หลักการทำงานของเซ็นเซอร์.....	6
2.2	โครงสร้างของ g-Cell Sensor.....	6
2.3	ลักษณะเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน.....	7
2.4	ทิศทางเซ็นเซอร์กับการตอบสนองของค่าแรงดันเอาต์พุต ที่ย่าน 4 g.....	8
2.5	ลักษณะชิกปี.....	10
2.6	เครือข่ายแบบ Star (broadcast)	11
2.7	เครือข่ายแบบ Mesh.....	11
2.8	เครือข่ายแบบ Cluster Tree.....	12
2.9	การเชื่อมต่อของชิกปีกับโปรแกรม X-CTU.....	14
2.10	หน้าต่าง PC Setting ของโปรแกรม X-CTU.....	14
2.11	หน้าต่าง Range Test.....	15
2.12	การตั้งค่า DH และ DL ของโมดูลชิกปี ทั้ง 2 ตัว.....	16
2.13	การรับและส่งข้อมูล.....	17
2.14	ลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
2.15	ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) กับฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic).....	18
2.16	ความไม่แน่นอน (Uncertainty)	19
2.17	โครงสร้างพื้นฐานของฟัซซีลอจิกแบบ Mamdani-style.....	21
2.18	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก X (Project funding).....	22
2.19	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก y (Project Staffing).....	22
2.20	การทำ Aggregation.....	24
2.21	วิธีการหา Centroid สำหรับการทำให้ Defuzzification.....	24
2.22	โครงสร้างพื้นฐานของฟัซซีลอจิกแบบ Sugeno-style.....	26
2.23	ผลจากมัลติพาร์ทภายในอาคาร.....	27
2.24	ตัวอย่างสัญญาณที่ได้รับผลจากมัลติพาร์ท.....	27
3.1	ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถที่นำเสนอ.....	30
3.2	ระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สายที่ได้จากเซ็นเซอร์ความเร่ง.....	31
3.3	การประกอบวงจรเซ็นเซอร์หัวเข็มขัด.....	32
3.4	การรับข้อมูลแบบไร้สาย.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่		หน้า
3.5	การวัดค่ากำลังสัญญาณการส่งข้อมูลโดยโมดูลชิปปี.....	34
3.6	ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถด้วยพีซีลอจิก.....	35
3.7	แบ่งกลุ่มในการบ่งบอกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 1.....	35
3.8	ค่าความเร่งในแนวแกน z ของการยืนและนั่ง.....	36
3.9	แบ่งกลุ่มในการบ่งบอกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 2.....	37
3.10	ค่าความเร่งในแนวแกน y ของการเดินและวิ่ง.....	37
3.11	แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y.....	39
3.12	แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z.....	39
3.13	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบที่ 1.....	40
3.14	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน x ระบบที่ 1.....	41
3.15	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน y ระบบที่ 1.....	41
3.16	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 1.....	42
3.17	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของการบ่งบอกอิริยาบถระบบที่ 1.....	42
3.18	ตัวอย่างการอนุมานของการล้มซ้ายระบบที่ 1.....	45
3.19	ตัวอย่างการอนุมานของยืนกับนั่งระบบที่ 1.....	45
3.20	แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y ระบบที่ 2.....	47
3.21	แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 2.....	47
3.22	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบที่ 2.....	48
3.23	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน x ระบบที่ 2.....	49
3.24	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน y ระบบที่ 2.....	49
3.25	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 2.....	50
3.26	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับการบ่งบอกอิริยาบถระบบที่ 2.....	50
3.27	ตัวอย่างการอนุมานของการล้มหลังกับนอนระบบที่ 2.....	51
3.28	การทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟฟิก ขณะผู้ทดสอบการยืน.....	52
3.29	การทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟฟิก ขณะผู้ทดสอบล้มไปข้างหน้า	53
3.30	ตำแหน่งการติดตั้ง Router.....	54
3.31		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ความเร่งในแนว y ให้ตั้งฉากกับพื้นโลก.....	56
4.2	ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ความเร่งในแนว x ให้ตั้งฉากกับพื้นโลก.....	57
4.3	การแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	58
4.4	บันทึกข้อมูลไว้ในไฟล์นามสกุล CSV.....	61
4.5	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนว x แบบระบบที่ 1.....	62
4.6	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนว y แบบระบบที่ 1	62
4.7	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 1.....	63
4.8	กระบวนการทำ Aggregation และ Defuzzification ระบบที่ 1.....	65
4.9	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนว x ระบบที่ 2.....	66
4.10	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนว y ระบบที่ 2	66
4.11	ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนว z ระบบที่ 2.....	67
4.12	กระบวนการ Aggregation และ Defuzzification ระบบที่ 2.....	69
4.13	การทำ Center of Gravity (COG) ในกระบวนการ Defuzzification.....	69
4.14	อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร่งในแนวแกน y ของการลุ่มหลังและนอน.....	72
4.15	ความแปรปรวนความเร่งในแนวแกน y ของการเดินและวิ่ง.....	73
4.16	เซนเซอร์เครือข่ายไร้สายของการระบุตำแหน่งภายในอาคาร.....	75
4.17	การทดสอบการระบุตำแหน่งห้องในพื้นที่จริง.....	76
4.18	จำลองพื้นที่ทดสอบและตำแหน่งของ Router.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

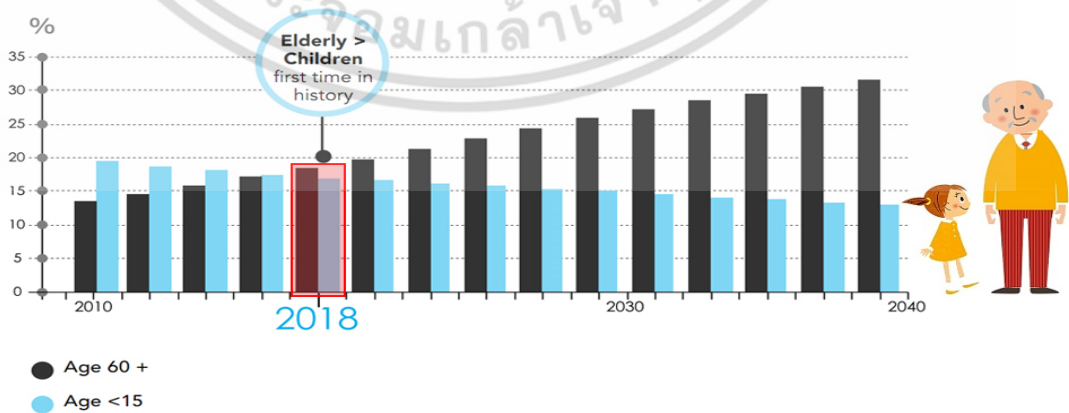
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันสังคมโลกส่วนใหญ่กำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โดยสังคมผู้สูงอายุ (Aging Society)[1] หมายถึง สังคมที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปในอัตราเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 10 ที่อยู่จริงในพื้นที่ต่อประชากรทุกช่วงอายุในพื้นที่เดียวกัน หรือมีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไปในอัตราเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 7 ขึ้นไป ที่อยู่จริงในพื้นที่ต่อประชากรทุกช่วงอายุในพื้นที่เดียวกัน และในอนาคตอันใกล้มีการคาดการณ์ว่าจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์หมายถึง สังคมที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปในอัตราเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 20 ขึ้นไปที่อยู่จริงในพื้นที่ต่อประชากรทุกช่วงอายุในพื้นที่เดียวกัน หรือมีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไปในอัตราเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 14 ขึ้นไป ที่อยู่จริงในพื้นที่ต่อประชากรทุกช่วงอายุในพื้นที่เดียวกัน โดยจากรายงานของ “Live Long and Prosper: Aging in East Asia and Pacific”[2] ได้ให้ข้อมูลว่าร้อยละ 36 ของประชากรโลกที่มีอายุสูงกว่า 65 ปีขึ้นไป หรือคิดเป็นจำนวนประชากรประมาณ 211 ล้านคน ซึ่งเป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออก และภายในปี 2583 จำนวนประชากรผู้ใหญ่วัยทำงานในประเทศเกาหลีใต้จะลดลงมากกว่าร้อยละ 15 ส่วนประเทศจีน ประเทศไทย และประเทศญี่ปุ่น ประชากรผู้ใหญ่วัยทำงานจะลดลงมากกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้สำหรับประเทศจีนจะเทียบเท่ากับจำนวนแรงงานถึง 90 ล้านคน และจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยจากรายงานของสมาคมผู้สูงอายุ[3]ซึ่งนำมาจากข้อมูลประชากรของประเทศไทยปี 2556 ประเทศไทยมีจำนวน 64.6 ล้านคน เป็นผู้สูงอายุมากถึง 9.6 ล้านคน โดยมีการคาดว่าในปี 2573 จะมีจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยประมาณ 17.6 ล้านคน (หรือร้อยละ 26.3) และปี 2583 จะมีจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยถึง 20.5 ล้านคน (หรือร้อยละ 32.1) แสดงแนวโน้มในรูปที่ 1.1

Proportion of the Population under Age 15 and 60 Years or Over: 2010 - 2040



รูปที่ 1.1 จำนวนประชากรในประเทศไทยที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี และสูงกว่า 60 ปี [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุคือการเกิดอุบัติเหตุซึ่งมีสาเหตุจากความเสื่อมและการถดถอยของร่างกายและอวัยวะภายใน อีกทั้งผลจากโรคภัยไข้เจ็บได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของอวัยวะต่างๆลดลงผู้สูงอายุบางรายมองเห็นไม้ขีด ทูตึง การทรงตัวไม่ดี กล้ามเนื้อช่วยพยุงตัวไม่แข็งแรง ระบบประสาทสัมผัสเชื่อมร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่นแสงสว่างไม่เพียงพอ พื้นไม่เรียบ เปียกชื้น เสื้อผ้าที่สวมใส่รุ่มร่าม รองเท้าที่ไม่กระชับและผลข้างเคียงของยาที่รับประทานทำให้เกิดอุบัติเหตุในผู้สูงอายุ ซึ่งการดูแลรักษาหากไม่ถูกต้องเหมาะสมและทันท่วงที จะทำให้ผู้สูงอายุที่ได้รับอุบัติเหตุมีอาการรุนแรงขึ้นเนื่องจากความผิดปกติในระบบต่างๆ ของร่างกายที่มีอยู่ก่อนแล้ว อุบัติเหตุหนึ่งที่พบบ่อยคือ ลื่นหกล้ม พลัดตกหกล้ม ซึ่งถ้าผู้สูงอายุได้รับอุบัติเหตุแล้วได้รับการรักษาที่ทันท่วงทีจะสามารถลดการบาดเจ็บและเสียชีวิตของผู้สูงอายุได้ แต่การที่จะรู้ได้ว่าผู้สูงอายุล้มหรือไม่นั้นต้องมีการสังเกต 24 ชั่วโมง ทำให้ต้องใช้บุคลากรจำนวนมากในการเฝ้าระวัง นอกจากการเฝ้าระวังผู้สูงอายุแล้ว ยังจำเป็นที่จะต้องเฝ้าระวังกับบุคคลอื่นๆ ที่มีสถานะเสี่ยงต่อการล้ม เช่น เด็กที่อยู่ในวัยกำลังเดิน บุคคลที่พิการซ้ำซ้อน (พิการทางสมอง) คนตาบอด เป็นต้น

แนวทางหนึ่งในการใช้ในการเฝ้าระวังคือ ใช้เทคโนโลยีทางการสื่อสารที่ในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างมากและรวดเร็ว จากในอดีตที่มีการรับส่งโดยใช้สายสัญญาณ ปัจจุบันก็ได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้ในการสื่อสารแบบไร้สายกันมากขึ้นและเป็นที่ยอมรับโดยเฉพาะในการดำเนินชีวิตประจำวันได้มีการนำเครื่องมือหรืออุปกรณ์อัตโนมัติต่างๆมาใช้งานแทนมนุษย์ทั้งในด้านอำนวยความสะดวกและเฝ้าระวังความปลอดภัยภายในบ้านทั้งนี้ยังนำมาใช้ในการติดตามรถยนต์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ และยังมีมีการนำการสื่อสารไร้สายมาช่วยในการติดตามสิ่งมีชีวิต เช่น นำมาติดไว้กับสัตว์ต่างๆ เพื่อดูพฤติกรรมการย้ายถิ่นอาศัยในแต่ละช่วงเวลาของปีและได้มีการนำมาใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของเด็กที่ออกจากบริเวณที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งการสื่อสารแบบไร้สายนี้ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจด้วยระบบอนุมานตรรกะคลุมเครือ (Fuzzy Inference System) หรือฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) มาใช้งานเพื่อให้เป็นการตัดสินใจแบบอัตโนมัติร่วมกับเทคโนโลยีไร้สาย ซึ่งเป็นระบบที่อาศัยการคิดหรือแนวการทำงานตามความคิดของมนุษย์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกับความคิดมนุษย์มากที่สุด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์สวมใส่สำหรับระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถโดยใช้ฟัซซีลอจิกมาช่วยในการตัดสินใจ และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายซึ่งสามารถระบุตำแหน่งบริเวณที่อยู่ผู้สวมใส่อุปกรณ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังติดตามดูแลและสำหรับให้ความช่วยเหลืออย่างทันถ่วงทีเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อเรียนรู้หลักการใช้เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน
- 1.2.2 เพื่อออกแบบฟัซซีลอจิกสำหรับตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ
- 1.2.3 ประมวลผลและแสดงผลข้อมูลตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถทั้งหมด 9 ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เพื่อศึกษาการทำงานของการทำงานของการรับและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network: WSN)

1.2.5 เพื่อศึกษาการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เชื่อมต่อและควบคุมการส่งข้อมูลผ่าน WSNมายังคอมพิวเตอร์

1.2.6 เพื่อศึกษาการออกแบบส่วนผู้ใช้ประสานกราฟิก(Graphic User Interface: GUI) เพื่อแสดงผลข้อมูล

1.2.7 เพื่อศึกษาการออกแบบระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

1.3 ขั้นตอนของการศึกษาวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาการทำงานและการอ่านค่าความเร่งของเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน

1.3.2 ออกแบบวงจรเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

1.3.3 ศึกษาและจำลองการทำงานบนโปรแกรม MATLAB เพื่อออกแบบพีซีลจอกในการคำนวณ ประมวลผลและแสดงผลข้อมูล

1.3.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรม Visual Basic 2010 เพื่อใช้ในการสร้างส่วนประสานกราฟิก

1.3.5 ศึกษาออกแบบหน้าต่างส่วนผู้ใช้ประสานกราฟิกโดยมีการแสดงกราฟของข้อมูลและการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

1.3.6 นำเสนอการประยุกต์ใช้งานจริงได้

1.4 ขอบเขตของงานวิทยานิพนธ์

1.4.1 ออกแบบเซ็นเซอร์ติดตั้งในรูปแบบของอุปกรณ์สวมใส่

1.4.2 ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

1.4.3 ออกแบบหน้าต่างส่วนผู้ใช้ประสานกราฟิก

1.4.4 ออกแบบระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถโดยใช้พีซีลจอก

1.4.5 สามารถระบุตำแหน่งของเซ็นเซอร์สำหรับผู้สวมใส่อุปกรณ์ภายในอาคาร

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การที่ประชากรส่วนใหญ่กำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ สุขภาพของผู้สูงอายุเป็นข้อกังวลสำคัญสำหรับสังคมซึ่งการหกล้มหรือการล้มด้วยสาเหตุต่างๆ กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพของผู้สูงอายุและการหกล้มได้รับการพิจารณาเป็นสาเหตุหลักในหมู่ประชากรผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเจ็บป่วยพิการซึ่งหากได้รับการช่วยเหลือทันทีก็สามารถลดความเสี่ยงที่ได้รับในการบาดเจ็บ ส่งผลให้พิการหรือเสียชีวิตและช่วยเพิ่มโอกาสในการที่จะกลับไปดำรงชีวิตได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจจับอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์ที่สามารถแจ้งเตือนสมาชิกในครอบครัวและผู้ดูแลผู้สูงอายุในช่วงเวลาที่สำคัญต่อชีวิตเหล่านั้นดังนั้นความสามารถในการตรวจจับอัตโนมัติของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการหกล้มหรือการล้มจะช่วยให้ทราบถึงการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุได้ทันตัวอย่างงานวิจัยที่มีได้มีการพัฒนาการใช้ระบบตรวจจับอัตโนมัติในการบ่งบอกอิริยาบถคือ Diansheng CHEN และคณะ [5] ได้ทำการออกแบบระบบตรวจจับการล้มอัตโนมัติด้วยเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายซึ่งระบบสามารถบอกถึงการล้มได้ถูกต้อง 97.78% แต่ในงานนี้ไม่สามารถระบุอิริยาบถอย่างอื่นนอกจากนี้ Alfredo Lopez-Yunez [6] ได้นำเสนอแนวทางการตรวจสอบก่อนการล้มด้วยเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน ในสมาร์ตโฟนไร้สาย ที่มีต้นทุนต่ำ และมีความเร็วในการพิจารณาการล้มที่สูง โดยพิจารณาจากมุมเอียงตัวของผู้สูงอายุ แต่ประสิทธิภาพของระบบยังไม่สูงมากนัก Yanjun Li [7] พบว่าเมื่อทำกิจกรรมที่แตกต่างกันสัญญาณจากเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน จะมีการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณปกติ โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณความเร่งที่ไม่เหมือนกันตามกิจกรรมที่ทำจึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การล้ม โดยได้ติดตั้งเซ็นเซอร์ความเร่งที่บริเวณเอวของผู้ทดสอบซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของร่างกายยังมี Bruno Aguiar [8] ได้เสนอการตรวจจับการล้มโดยใช้เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนที่มีอยู่ในสมาร์ตโฟน ซึ่งจะส่งสัญญาณอย่างต่อเนื่อง จะติดตั้งระบบส่งสัญญาณบริเวณเอว ออกแบบเป็นเข็มขัดหรือกระเป๋าที่ติดตั้งบริเวณเอวของผู้ใช้ เมื่อตรวจสอบพบว่าผู้ใช้เกิดการล้มจะถูกแจ้งเตือนตำแหน่งของผู้ใช้ที่มีการติดตามผ่านทาง SMS และอีเมลไปปลายทางที่ถูกเลือกไว้ความถูกต้องของวิธีการตรวจจับในการล้มนี้เมื่อระบบส่งสัญญาณอยู่ที่บริเวณมีความแม่นยำที่ 97.5% แต่ไม่สามารถตรวจจับอิริยาบถอื่นได้ และถ้ามีการใช้สมาร์ตโฟนเช่นมีการโทรศัพท์เข้ามาจะทำให้ไม่สามารถบ่งบอกอิริยาบถการล้มได้ถูกต้อง และ Alan K. Bourke [9] ทำการศึกษาเพื่อประเมินความหลากหลายของการล้ม โดยวิธีการประมวลผลด้วยอัลกอริทึมได้ทดสอบกับกลุ่มหนุ่มสาวสุขภาพที่ดีและได้ติดตั้งอุปกรณ์ไว้ที่เอว สามารถแยกแยะการล้มได้แต่การประมวลผลด้วยอัลกอริทึมไม่สูงนัก ในการประยุกต์ที่กล่าวมาแล้ว ยังมี Jian Yuan [10] ได้ใช้เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับไว้ที่ข้อมือ และ Wang Ye [11] ทำการศึกษารวมและการจำแนกด้วยอัลกอริทึมสำหรับกิจกรรมในชีวิตประจำวันซึ่งให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่ยังคงมีความถูกต้องไม่มากนักเนื่องจากตำแหน่งที่ติดตั้งเซ็นเซอร์คือที่ข้อมือซึ่งมีการขยับได้แม้ไม่ได้มีการขยับเท้าการพัฒนาด้านการออกแบบซอฟต์แวร์เพื่อตรวจสอบการล้มได้มีการพัฒนาเพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่ดีขึ้น

จากงานวิจัยที่กล่าวมาได้มีการนำเทคโนโลยีทางการสื่อสารแบบไร้สายร่วมกับการเทคนิคในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่มนุษย์กระทำมาใช้เพื่อตัดสินใจหรือตรวจสอบอิริยาบถ ซึ่งสามารถตรวจจับอิริยาบถได้ถูกต้อง 90-97% แต่สามารถตรวจจับหรือบ่งบอกอิริยาบถได้เพียง 1-5 อิริยาบถ โดยตำแหน่งการวางตัวตรวจจับอิริยาบถที่ดีที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งเอวของบุคคล และงานวิจัยที่มียังไม่มีการรายงานถึงการตรวจสอบอิริยาบถพร้อมกับการระบุตำแหน่งบุคคล จากการศึกษาวิจัยพบปัญหาและข้อจำกัด ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการออกแบบสร้างอุปกรณ์สวมใส่ที่สามารถระบุอิริยาบถได้ 9 อิริยาบถ ซึ่งอุปกรณ์ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถจะอยู่ในตำแหน่งเอวโดยจะออกแบบเป็นหัวเข็มขัดเพื่อให้สามารถสวมใส่ได้ง่าย และอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นมาสามารถระบุตำแหน่งบุคคลที่สวมใส่ได้ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึง ความสำคัญและที่มาของปัญหาวัตถุประสงค้ขั้นตอนของการศึกษาวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของงานวิทยานิพนธ์และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับความรู้ และการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆและวิธีการพื้นฐานในการระบุตำแหน่งภายในอาคารดังต่อไปนี้

- เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนเพื่อตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากความเร่งที่ได้จากการเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละแกนการติดต่อสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีเพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูล
- การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F26K80ควบคุมให้โมดูลของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลทำงาน
- ทฤษฎีเกี่ยวกับพีซีแอลจิกที่นำมาใช้ในการออกแบบการตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ การสร้างวงจรในการส่งสัญญาณแบบไร้สาย
- วิธีการพื้นฐานในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบการวิเคราะห์การตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ รวมไปถึงการสร้างวงจรเซ็นเซอร์ติดตั้งผู้สูงอายุในรูปแบบของหัวเข็มขัดวิธีการเก็บผลการทดลอง และการออกแบบให้สามารถระบุตำแหน่งภายในอาคารได้

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองอ่านค่าแรงดันจากเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน ผลการทดลองแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลผลการทดลองระยะความสามารถในการเฝ้าระวังของเครื่องมือ(วัตรยะการส่งสัญญาณของเครื่องมือ)ผลการทดลองการวิเคราะห์การตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถแบบต่างๆถึง 9 ลักษณะ และผลการทดลองในการออกแบบระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

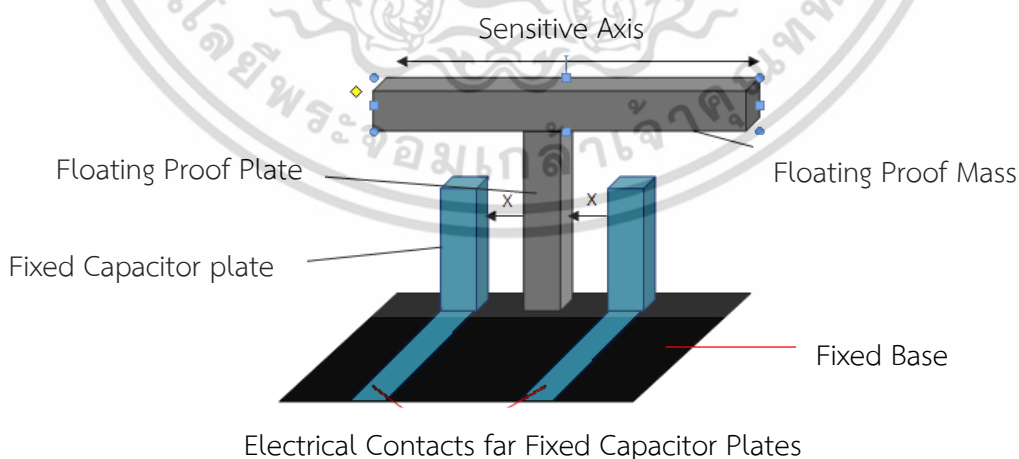
สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถรวมไปถึงการระบุตำแหน่งภายในอาคารการศึกษาข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการใช้งานที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ เช่น เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน (Triaxial Accelerometer Sensor) เทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายหรือซิกบี (Zigbee) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic) และความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

2.1 เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน (Triaxial Accelerometer Sensor)

หลักการการทำงานของตัววัดความเร่ง (Accelerometer) เมื่อวัตถุมีการสั่นสะเทือนหรือการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง คือเมื่อนำตัววัดความเร่งไปยึดติดกับอุปกรณ์ที่ต้องการจะตรวจวัดความเร่ง และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนจะให้ค่าเอาต์พุตออกมาในรูปแบบของแรงดันที่แปรไปตามค่าความเร่ง แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ g-Cell Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเชิงกลของ g-Cell Sensor ซึ่งสร้างขึ้นจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Polysilicon) โดยสามารถจำลองได้เป็นชุดคานาติตมวลกลาง และสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างคานาถาวรได้ ในกรณีที่คานาติตมวลกลางเคลื่อนที่เข้าหาคานาถาวรด้านใดด้านหนึ่ง จะทำให้ระยะห่างระหว่างคานาถาวรด้านนั้นกับคานาติตมวลกลางลดลง ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้คานาถาวรอีกด้าน มีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงค่าความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไป ในส่วน C to V Converter ตามรูปที่ 2.1 ทำหน้าที่ในการแปลงค่าความจุไฟฟ้าที่ได้รับจาก g-Cell Sensor มาเป็นแรงดัน โดยใช้สมการที่ 2.1

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.1)$$

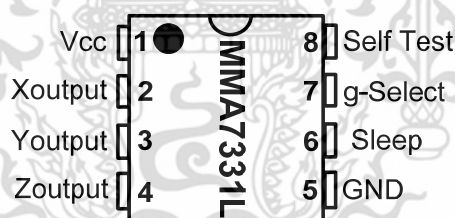
โดยที่

คือค่าแรงดันไฟฟ้า (V)

คือค่าความจุทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็นฟารัด (F)

คือปริมาณประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน เบอร์ MMA7331L ซึ่งรองรับการวัดค่าได้ 3 แกน คือ X_{Output} Y_{Output} และ Z_{Output} สามารถเลือกย่านการวัดได้ 2 ย่าน คือ ±4g และ ±12g ลักษณะเซ็นเซอร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน

เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน ให้ค่าแรงดันในแนวแกน x y และ z เป็นแรงดันออฟเซต (V_{offset}) มีการแปรผันตามแรงดันไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ โดยสามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 2.2

$$V_{offset} (0g) = V_{CC} / 2 \quad (2.2)$$

ซึ่ง V_{offset} จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความเร่ง ส่วนค่าความไวในการวัดจะถูกกำหนดจากขา g-Select ซึ่งจะมีผลต่อค่าในการทดลอง ซึ่ง g-Select สามารถกำหนดจากสถานะลอจิกที่ได้ดังตารางที่ 2.1

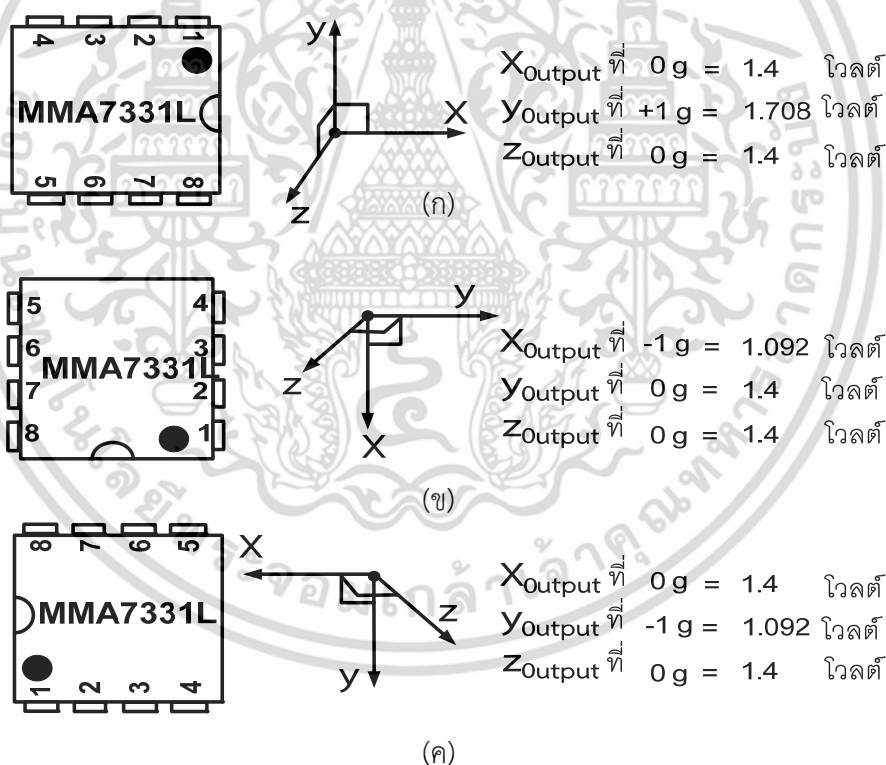
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การทำงานของขา g-Select

g-Select	ย่านการวัด (g-Range)	ค่าความไวในการวัด
Logic 0 (0 V)	± 4 g	308 มิลลิโวลต์ /g
Logic1 (+V _{CC})	± 12 g	83.6 มิลลิโวลต์ /g

2.1.1 การใช้งานเซ็นเซอร์วัดค่าความเร่ง

การวัดค่าความเร่งในแนวแกน x ค่าความเร่งในแนวแกน y และค่าความเร่งในแนวแกน z เมื่อจะใช้เซ็นเซอร์ในการวัดค่าความเร่งจะต้องกำหนดขา ดังนี้ กำหนดขาที่ 6 Sleep = 1 ขาที่ 8 Self Test = 0 และขาที่ 7 g-Select สามารถเลือกได้ตามตารางที่ 2.1 จากนั้นจ่ายแหล่งกำเนิดไฟ 3.3 โวลต์ให้กับเซ็นเซอร์อ่านค่าแรงดันอนุบาลอกที่ขา X_{Output} Y_{Output} และ Z_{Output} แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ทิศทางเซ็นเซอร์กับการตอบสนองของค่าแรงดันเอาต์พุตที่ย่าน 4 g (ก) ค่าความเร่งในแนวแกน y อยู่ในแนวตั้ง (ข) ค่าความเร่งในแนวแกน x อยู่ในแนวตั้ง (ค) ค่าความเร่งในแนวแกน y อยู่ในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนมีทิศทางของแกนที่ตั้งฉากกับพื้นโลกเปลี่ยนไปค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จะเป็นไปตามค่าที่แสดงดังรูปที่ 2.4 กำหนดย่านการวัดไว้ที่ 4 g และแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 2.8 โวลต์ในสภาวะปกติการกำหนดตำแหน่งของเซ็นเซอร์เปลี่ยนแปลงไปตามแกนและทิศทางของวงค่าแรงดันเริ่มต้น

เมื่อวางเซ็นเซอร์ในตำแหน่งในแนวแกน x หรือในแนวแกน y หรือในแนวแกน z ตั้งฉากกับพื้นโลก (± 1 g) ปกติแล้วค่าแรงดันขนานกับพื้นโลกควรจะเป็น 0 โวลต์แต่ในความเป็นจริงจะมีค่าเท่ากับ $V_{CC}/2$ หรือ 1.4 โวลต์ (ที่ $V_{CC}=2.8$ โวลต์ ถ้าค่า V_{CC} ต่างไปจากนี้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ก็จะเปลี่ยนไป โดยแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ 0 g ก็ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 1.4 โวลต์) ค่าแรงดันที่ได้เป็นค่าแรงดันออฟเซตเพื่อใช้เป็นแทน 0 โวลต์สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันอนาล็อกเอาต์พุตที่ค่า g ในตำแหน่งต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$V_{out(Analog)} = V_{offset} + (Sensitivity \times g) \quad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.3 การนำค่าแรงดันอนาล็อกเอาต์พุตต่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์โดยต่อเข้ากับขา A/D เพื่อแปลงเป็นค่าแรงดันดิจิทัลในวิทยานพธ์ฉบับนี้ใช้ความละเอียด 10 บิต คำนวณได้จากสมการที่ 2.4

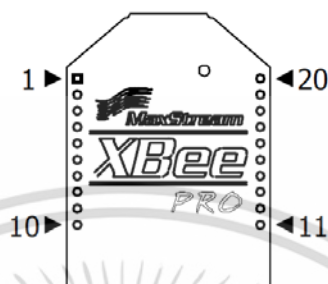
$$ADC_{output} = \frac{V_{(out)Analog} \times 2^n}{V_{DD}} \quad (2.4)$$

2.2 อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

การรับและส่งข้อมูลโดยใช้การสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูง ใช้พลังงานต่ำ จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ซึ่งระบบนี้สามารถทำงานด้วยแบตเตอรี่ขนาดเล็กได้ อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่ใช้ในงานวิจัยเรื่องนี้คือซิกบี (Zigbee) ซิกบีเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกพัฒนาขึ้นให้มีจุดเด่นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งได้มีการกำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่คือ ย่าน 2.4 GHz ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตราการรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล จะอยู่ที่ 250 kbps 40 kbps และ 20 kbps ตามลำดับคือ ใช้พลังงานน้อย สามารถติดตั้งไว้ใช้งาน ได้นานสามารถสร้างเครือข่ายเพื่อการประยุกต์ใช้งานในการระบุตำแหน่งภายในอาคารซึ่งจะแสดง คุณสมบัติที่มีความสามารถต่อการทำงานของตัวชิปปี แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะชิปปี

2.2.1 คุณสมบัติของชิปปี

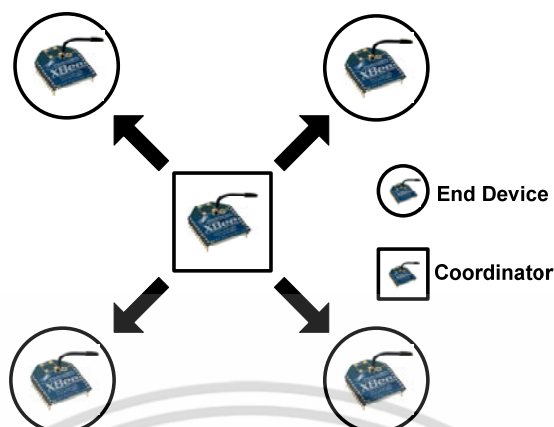
ชิปปีจะมีทางเข้าช่องสัญญาณโดยการใช้ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA) หรือมีทางเข้าช่องสัญญาณหลายๆทางเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันของสัญญาณ มี topology แบบ Star Peer-to-peer และ Mesh ทั้งนี้แต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรสที่มีความยาว 64 บิต หรือ 16 บิต สามารถรองรับได้ 64,000 อุปกรณ์

ในการสร้างเครือข่ายไร้สายของชิปปีนั้นประกอบด้วยโหนดจำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator Node และ Node ลูกข่ายชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสาร และทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal Area Network) ได้โดยชิปปีสามารถแบ่งรูปแบบเครือข่ายได้ เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. เครือข่ายแบบ Star (Broadcast)

การเชื่อมต่อแบบ Star หรือแบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่เฉพาะเจาะจง จุดหมายปลายทางหรือชิปปีทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัวแสดง การรับส่งข้อมูลแบบ Star ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

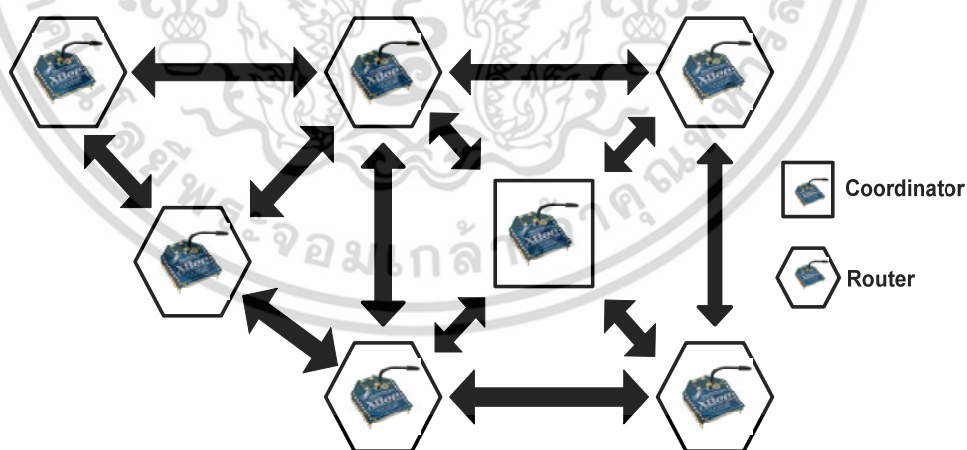


รูปที่ 2.6 เครือข่ายแบบ Star (broadcast)

จากรูปที่ 2.6 การใช้งานแบบ Star จะการส่งรับ-ข้อมูลจากศูนย์กลางที่เรียกว่า Coordinator ซึ่งทำหน้าที่สร้างเครือข่าย โหนดที่เหลือเป็นตัวลูกข่ายของ Coordinator เรียกว่า End Device

2. เครือข่ายแบบ Mesh

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง ข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับ-ส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของผู้ใช้) โดยโหนดทุกโหนดสามารถรับ-ส่งข้อมูลกันเองได้ แสดงดังรูปที่ 2.7



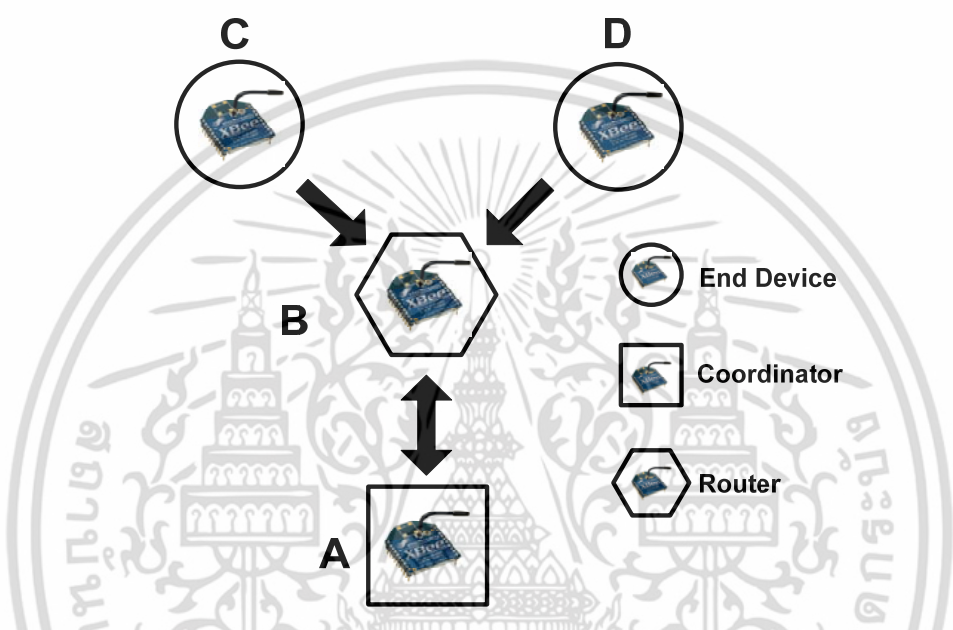
รูปที่ 2.7 เครือข่ายแบบ Mesh

จากรูปที่ 2.7 จะพบว่ามีการใช้งานซิกบียู 2 ลักษณะด้วยกัน คือ Coordinator และ Router ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครือข่ายแบบCluster Tree

การรับและส่งข้อมูลแบบส่งผ่านดังรูปที่ 2.8 คือ ถ้าโหนด A ต้องการติดต่อกับโหนดC แต่โหนดC อยู่ไกลจากโหนดA จนโหนดA ไม่สามารถติดต่อกับโหนดC ได้ แต่โหนดB ที่อยู่ระหว่างโหนดA กับโหนดC ดังนั้น Cluster Tree จะใช้โหนดB เป็นเหมือนตัวกลางเชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่างโหนดA กับโหนดC แสดงเครือข่ายแบบ Cluster Treeแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครือข่ายแบบCluster Tree

จากเครือข่ายไร้สายที่กล่าวมาที่มีการใช้งานซิกบี อยู่ 3 ลักษณะ คือ Coordinator, End Device และ Routerซึ่งในกรณีที่ Coordinator อยู่ไกล ๆ ทำให้ End Device ไม่สามารถรับสัญญาณจาก Coordinator ได้ Router จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลจาก Coordinator ไปให้ End Device ดังนั้นการส่งสัญญาณแบบ Cluster Treeจึงทำให้เหมาะที่ใช้เป็นการศึกษาการรับและส่งข้อมูล จากรูปแบบในการสื่อสารโดยการรับและส่งสัญญาณแบบไร้สายทั้ง 3 แบบในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้การรับส่งแบบ Mesh

2.2.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ซิกบีที่นำมาใช้กับวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้เลือกใช้การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh ซึ่งเป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากข้อมูลสามารถรับและส่งไปถึงเป้าหมายระยะไกลๆ ได้เพราะระบบนี้รับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน และจากการศึกษาอุปกรณ์ซิกบีพบว่าอุปกรณ์ซิกบีที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree และมีระยะรับส่งสัญญาณได้ไกลประมาณ 1500 เมตรมีเพียงรุ่น Series2 Pro เท่านั้น โดยจะใช้ร่วมกับโปรแกรม X-CTU คุณสมบัติของซิกบีในแต่ละรุ่นมีความแตกต่างกัน มีข้อดีต่างกันในบางรุ่น แสดงดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

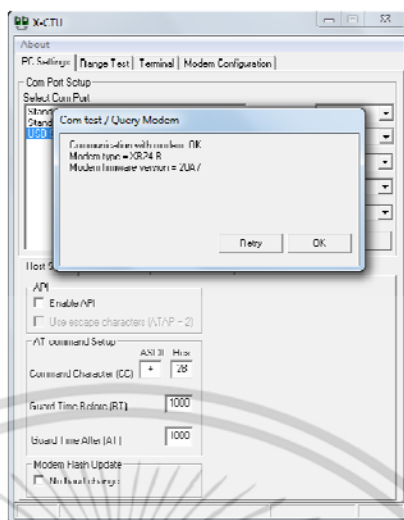
ตารางที่ 2.2เปรียบเทียบคุณสมบัติของชิปปีในแต่ละรุ่น

Feature	Series1	Series2	Series1 Pro	Series2 Pro
Power Input	3.3V @ 50mA	3.3V @ 40mA	3.3V @ 215mA	3.3V @ 295mA
Max data rate (Air)	250kbps	250kbps	250kbps	250kbps
Power Output	1mW output (+0dBm)	2mW output (+3dBm)	60mW output (+18dBm)	50mW output (+17dBm)
Distance	300ft (100m) range	400ft (120m) range	1 mile (1500m) range	1 mile (1600m) range
Antenna	Wire,Chip, UFL,SMA	Wire,Chip, UFL,SMA	Wire,Chip, UFL,SMA	Wire,Chip, UFL,SMA
Peripheral	6 10-bit ADC input pins 8 digital IO pins	6 10-bit ADC input pins 8 digital IO pins	6 10-bit ADC input pins 8 digital IO pins	6 10-bit ADC input pins 8 digital IO pins
Upgrade Firmware	Local	Local(ZNET2.5) or over-air configuration(ZB)	Local	Local(ZNET2.5) or over-air configuration(ZB)
Network	Point to point and multi-point networks	Point to point multi-point Mesh Network	Point to point and multi-point networks	Point to point multi-point Mesh Network

2.2.3โปรแกรม X-CTU

การใช้งานชิปปีจะต้องติดต่อสื่อสารโดยผ่านโปรแกรม X-CTU จะปรากฏหน้าต่างแสดงให้เห็นสถานะ โดยการแสดงรายละเอียด เช่น แสดงชื่อรุ่น แสดงเวอร์ชันที่เพื่อที่จะกำหนดในการติดต่อสื่อสาร เฉพาะตัวที่ต้องการได้ แสดงดังรูปที่ 2.9

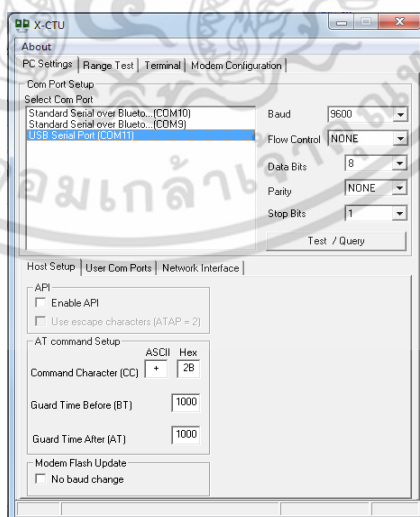
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 หน้าต่างการเชื่อมต่อของชิคปีกับโปรแกรม X-CTU

ในการจะทำให้ชิคปี 2 ตัวขึ้นไป มีการติดต่อสื่อสารกันได้จะต้องตั้งค่าด้วยโปรแกรม X-CTU ซึ่งขั้นตอนการตั้งค่าของชิคปีด้วยโปรแกรม X-CTU มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

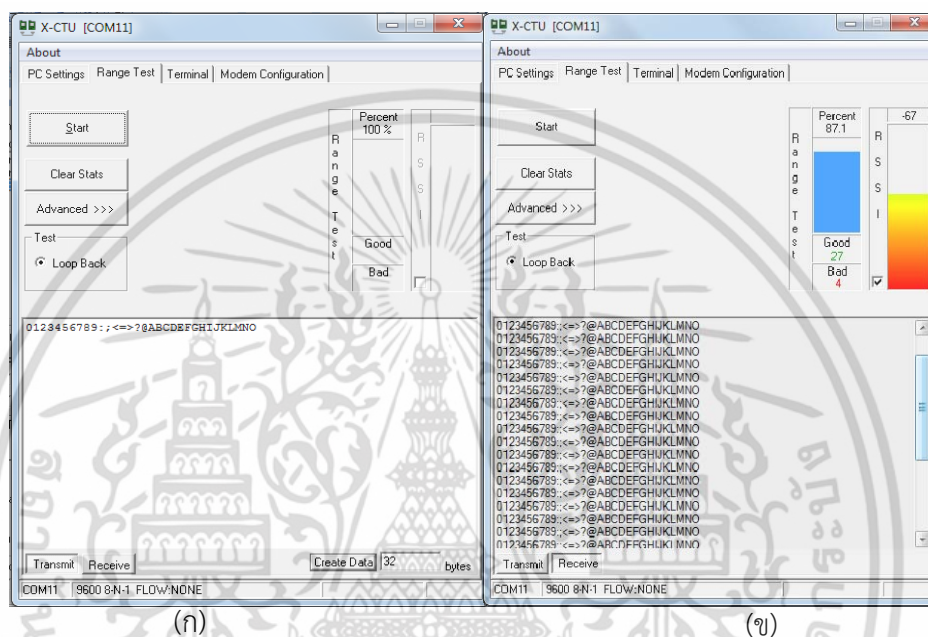
- 1 ส่วน PC Settings ใช้สำหรับในการตั้งค่าและทำการเลือก Port ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับชิคปีซึ่งค่าที่ตั้ง Baud rate , Flow control, Data Bits, Parity และ Stop Bits นั้นต้องตั้งให้ตรงกับที่ตั้งค่าพอร์ตนั้นๆ แล้วทำการกด Test/Query เพื่อทดสอบว่าต่อชิคปีหรือไม่ และเลือกพอร์ตในการใช้งาน ในตัวอย่างพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับโมดูลชิคปีคือพอร์ตคอม 11แสดงดังรูปที่2.10



รูปที่2.10 หน้าต่างPC Setting ของโปรแกรม X-CTU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2 ส่วน Range Test ใช้สำหรับทดสอบการส่งสัญญาณโดยวัดค่าความแรงของสัญญาณผ่านอากาศ (RSSI) ตามรูปที่ 2.11 ซึ่งรูปที่ 2.11(ก) แสดงขณะที่ยังไม่มี การรับ-ส่งสัญญาณ ส่วนในรูปที่ 2.11(ข) แสดงขณะมีการรับส่งสัญญาณโดย แถบสีในรูปที่ 2.11(ข) แสดงถึงความแรงของสัญญาณ

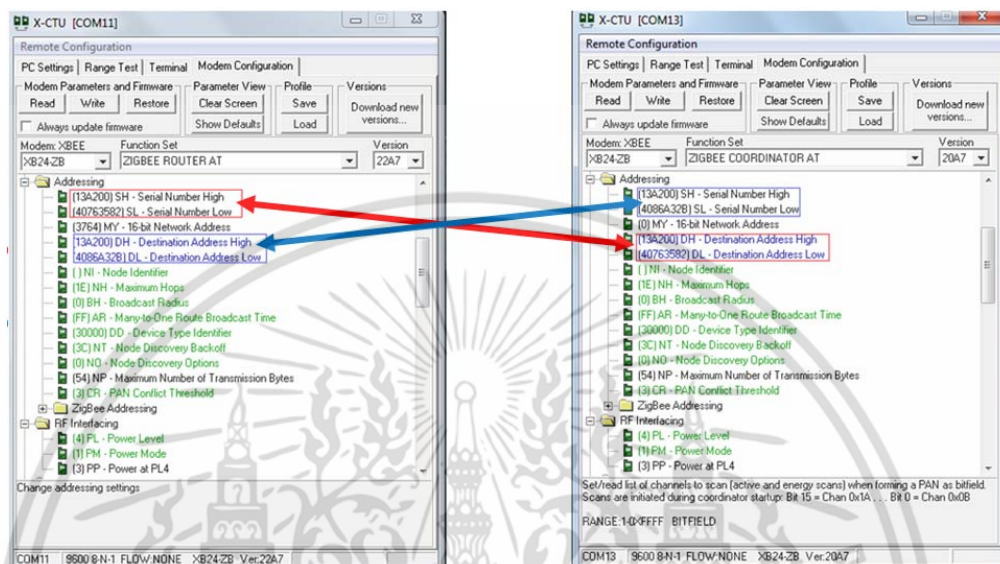


รูปที่ 2.11 หน้าต่าง Range Test (ก) ไม่มี การรับส่งสัญญาณ (ข) รับส่งสัญญาณระหว่างชิป

- 3 ส่วน Modem Configuration ทำหน้าที่ในตั้งค่าตัวแปรเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโมดูลชิปตัวอื่น รวมถึงตั้งค่าในการส่งข้อมูล การเลือกใช้พอร์ต รวมถึงการตั้งค่าในรูปแบบโหมดอื่นๆ ของโมดูลชิปด้วย
- 4 ส่วนรีจิสเตอร์ ID (PAN ID/Personal Area Network ID) ใช้กำหนดหมายเลขเครือข่าย เลือกค่าได้ตั้งแต่ 0x0000 จนถึง 0xFFFF โดยแต่ละเครือข่ายจะไม่สามารถส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายได้ ยกเว้นกำหนดด้วยค่า 0xFFFF จะสามารถส่งข้อมูลไปทุกเครือข่ายได้ แต่จะไม่สามารถรับข้อมูลจากเครือข่ายอื่นได้
- 5 รีจิสเตอร์ SH และ SL (Serial Number High / Low) เป็นรีจิสเตอร์เก็บค่าหมายเลขเฉพาะ หรือ Serial number ของแต่ละโมดูล สามารถใช้เป็นแอดเดรส 64 บิต (SH รวมกับ SL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6 รีจิสเตอร์ DH และ DL (Destination Address High/Low) ใช้กำหนดแอดเดรสของโมดูลตัวรับ ให้กำหนดค่าของรีจิสเตอร์ DH เป็นค่าของ SH และค่าของรีจิสเตอร์ DL เป็นค่าของ SL ของโมดูลตัวรับ แสดงดังรูปที่ 2.12

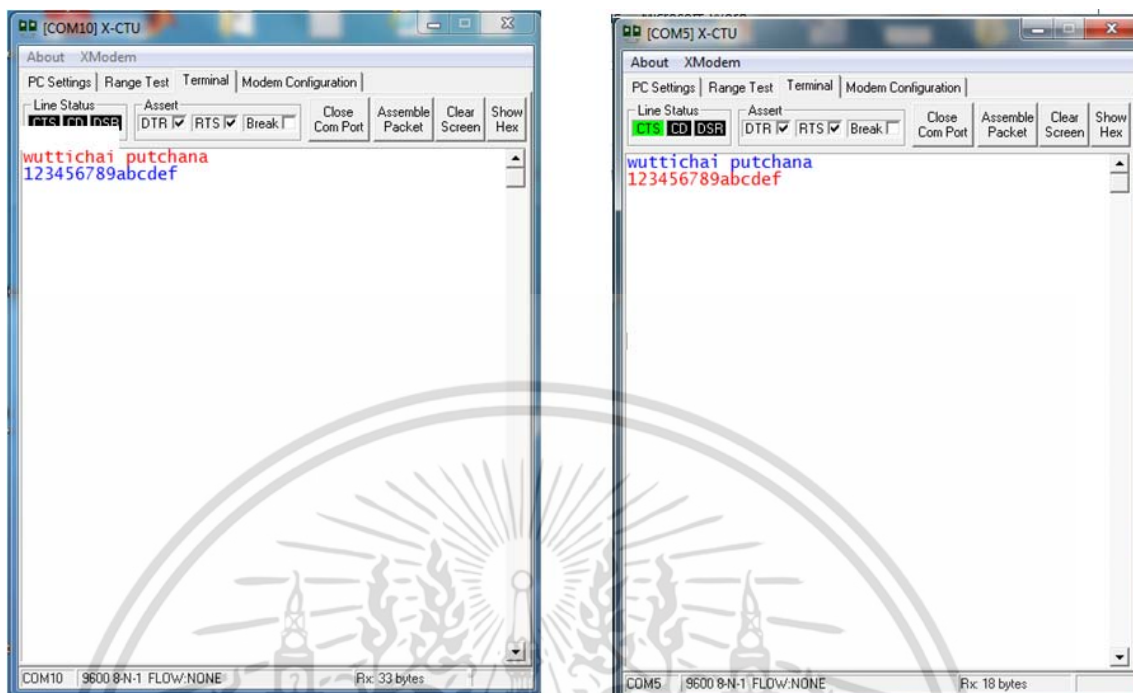


รูปที่ 2.12 การตั้งค่า DH และ DL ของโมดูลชิปทั้ง 2 ตัว

- 7 การตั้งค่าของโมดูลชิปทำได้ 2 ทางคือใช้โปรแกรม X-CTU กับบอร์ด ZX-Zigbee ต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม อีกทางหนึ่งคือใช้ AT Command
- 8 การใช้โมดูลชิปควรจะมีการตรวจสอบตั้งค่าแอดเดรสต่างๆ และรูปแบบของการส่งข้อมูลก่อนนำไปติดตั้งกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมที่ใช้ในการตั้งค่า ทดสอบการสื่อสาร ตรวจสอบความแรงของสัญญาณที่ออกอากาศ (RSSI) โดยการตั้งค่านั้นจะเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบหาโมดูลชิปที่จะใช้งานยกตัวอย่างการรับส่งข้อมูล จากรูป 2.13(ก) เป็นตัวส่งข้อมูลแบบตัวอักษร wuttichaiputchanas่งไปที่รูป 2.13(ข) เป็นตัวรับข้อมูลแบบตัวอักษร wuttichaiputchana จากนั้นลองทดสอบการรับและส่งอีกครั้งโดยใช้ตัวเลขจากรูป 2.13(ข) เป็นตัวส่งข้อมูลแบบตัวเลขกับตัวอักษร 123456789abcdef ส่งไปที่รูป 2.13(ก) เป็นตัวรับข้อมูลแบบตัวเลขกับตัวอักษร 123456789abcdef คือการทำงานของโปรแกรม X-CTU สามารถที่จะรับและส่งข้อมูลผ่านโมดูลชิปดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



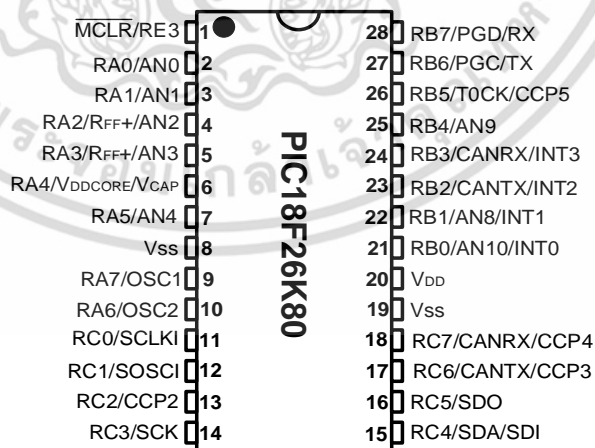
(ก)

(ข)

รูปที่ 2.13 การรับและส่งข้อมูล (ก) ติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตที่ 10 (ข) ติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตที่ 5

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือเบอร์ PIC18F26K80 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC โดยมีรายละเอียดการทำงานในแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

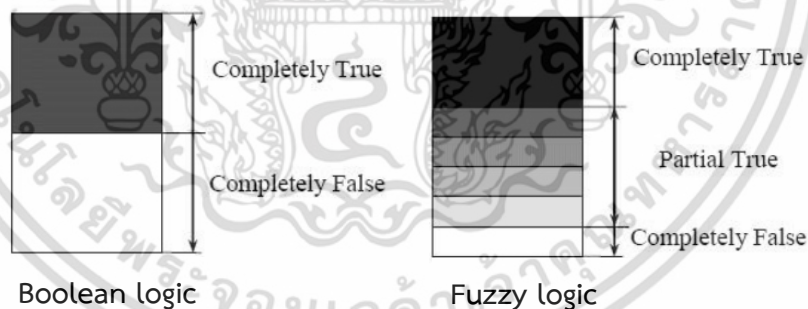
คุณสมบัติของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz
2. ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมกันได้
3. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
4. มี Ram ขนาด 368 ไบต์
5. มี Eeprom ขนาด 256 ไบต์
6. มี A/D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่อง
7. มีระบบ Usart สำหรับการสื่อสารแบบ RS232

2.4 ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic)

2.4.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับระบบฟัชซีลอจิก

ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นเทคนิคแบบหนึ่งในแขนงของงานวิจัยทางด้านปัญญาประดิษฐ์ หรือ Artificial Intelligence (AI) ซึ่งนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในได้ความไม่แน่นอนของข้อมูลและใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัชซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) โดยมีแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial True) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จ (Completely False) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้นดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) กับฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic) [12]

ความเป็นฟัชซี (Fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (Multivalance) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (Bivalance) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัชซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (Uncertainty)” ซึ่งหากกำหนดว่า คนที่อ้วนคือคนที่น้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีน้ำหนัก 74.50 กิโลกรัม ไม่จัดว่าเป็นคนที่อ้วนจะสร้างและกำหนดรูปแบบ (Modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัว รวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีของฟัชซีเซตจะใช้ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายตัวแปร (Linguistic) มากกว่าปริมาณ (Quantitative) ของตัวแปร เช่น การหาความหมายของ “คนที่อ้วน” จะไม่สามารถให้คำนิยามค่าความอ้วนที่ตรงกันและระบุเป็นหนึ่งเดียว (Identical) สำหรับคนอ้วน นาย ก. จะให้ความหมายของ “คนอ้วน” หมายถึงคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 กิโลกรัม นาย ข. ให้ความหมายว่าเป็นคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคำว่าคนอ้วนโดยเปรียบเทียบและในมุมมองของตัวเองตามน้ำหนักของตน ในการทำงานในมุมมองแบบฐานสอง (Binary Sense) จะได้ผลเป็น ใช่ หรือ แต่จะเห็นว่าบุคคลนี้เป็นคนอ้วนน้ำหนักเกือบจะ 75 กิโลกรัม และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม แต่หากพิจารณาจากกลุ่มคนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม บุคคลนี้ก็ไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มคนอ้วน แสดงให้เห็นว่าความอ้วนไม่ได้มีลักษณะความไม่แน่นอนแบบสุ่ม จากการศึกษาปัญหาต่างๆ ไปจะแสดงถึงรูปแบบลักษณะการกระจายของปัญหา

รูปที่ 2.16 เป็นการแสดงให้เห็นว่าแนวทางในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมดมีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (Certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซี หรือคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก



รูปที่ 2.16 ความไม่แน่นอน (Uncertainty) [12]

ฟัซซีจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์ เมื่อพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ (Decision Making) โดยอาศัยเซตของความเป็นสมาชิก (Set Membership)

2.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการของฟัซซีลอจิก

การดำเนินการของฟัซซีลอจิก มีเทคนิควิธีการ 2 แบบ คือ เทคนิควิธีการ Mamdani-style และวิธีการแบบ Sugeno-style ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) การทำ Fuzzification คือ ส่วนที่แปลงข้อมูลจาก Crisp Input เพื่อกำหนดขนาดของฟัซซีเซต (Fuzzy Set) หรือที่เรียกว่าเป็นตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable)
- 2) การทำ Rule Evaluation คือ ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลที่เป็นกฎของภาษา (Linguistic Rule)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทำAggregation คือ กระบวนการในการตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เป็นเหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา

4) การทำDefuzzification คือ ส่วนที่แปลงข้อมูลจากฟัซซีเซต(Fuzzy Set) ที่เป็นตัวแปรทางภาษาให้เป็น Crisp Output

- Mamdani-style

โดยปกติส่วนมากจะใช้เทคนิควิธีการของ Mamdani-styleในฟัซซีลอจิกซึ่งในปี 1995 Professor EbrahimMamdaniจากมหาวิทยาลัยลอนดอน สร้างระบบการอนุมานได้เป็นครั้งแรก ซึ่งนำไปควบคุมเครื่องจักรไอน้ำและหม้อน้ำโดยเขาได้กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ฟัซซีเซตและกฎของฟัซซีจากประสบการณ์ของผู้ดูแลเครื่องจักรไอน้ำและหม้อน้ำจึงเป็นระบบฟัซซีที่มีความนิยมในทางปฏิบัติ เป็นระบบตัวแปรภาษาที่อยู่ในรูปแบบฐานกฎถ้า-ดังนั้น (IF-THEN rule-based form)สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกระบบฟัซซีลอจิกเป็นแบบ Mamdani-style เท่านั้น

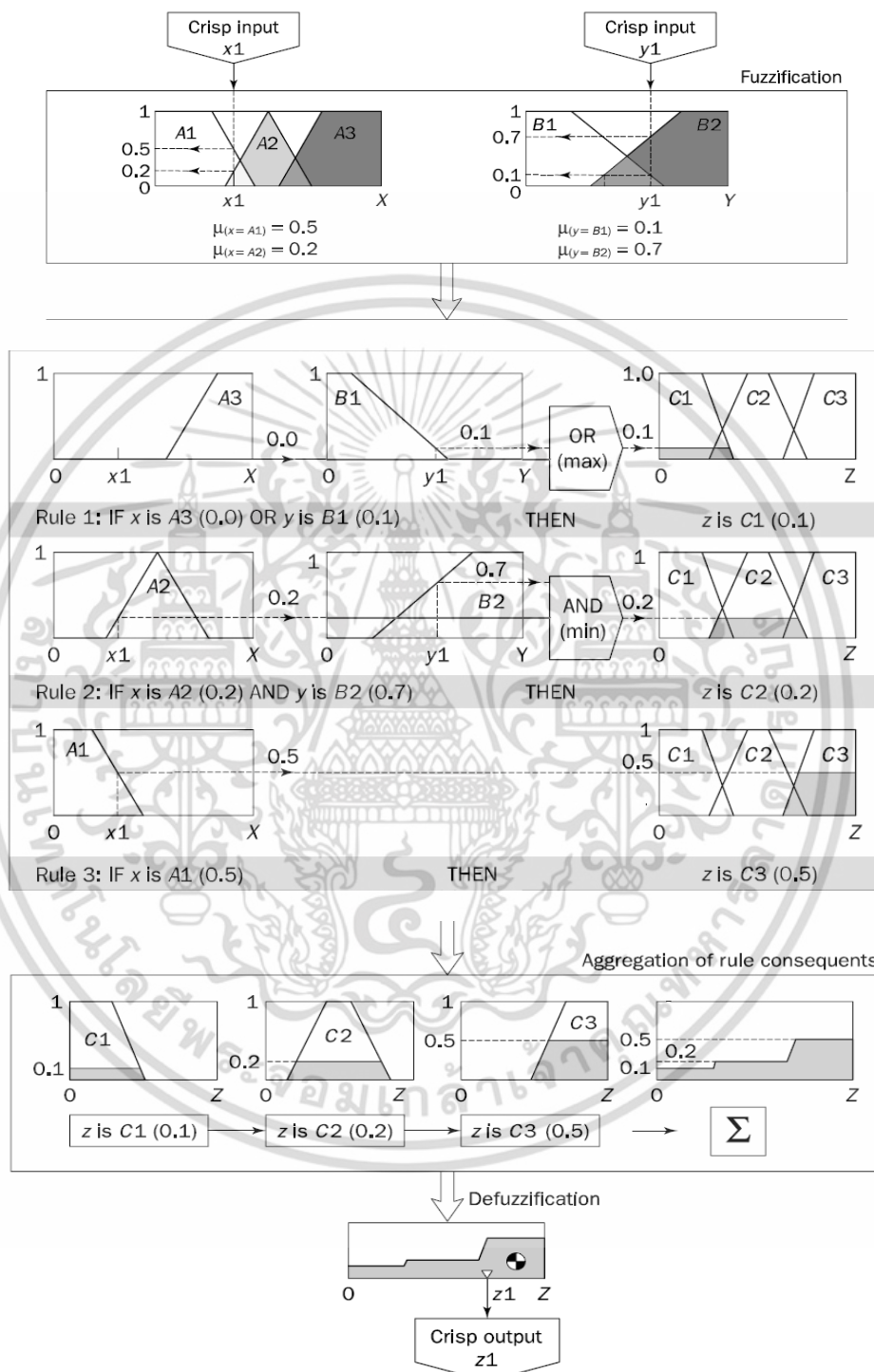
ยกตัวอย่างเช่น 2 อินพุต 1 เอาท์พุท และประกอบไปด้วย 3 กฎ

Rule: 1	IF x is A3	OR y is B1	THEN z is C1	Rule: 1	IF Project_funding is adequate	OR Project_staffing is small	THEN Risk is low
Rule: 2	IF x is A2	AND y is B2	THEN z is C2	Rule: 2	IF Project_funding is marginal	AND Project_staffing is large	THEN Risk is high
Rule: 3	IF x is A1	THEN z is C3		Rule: 3	IF Project_funding is inadequate	THEN Risk is high	

ซึ่ง x y และ z (*Project_funding*, *Project_staffing* และ *Risk*) คือตัวแปรทางภาษา (Linguistic variable) ส่วน A1 A2 และ A3 (*Adequate*, *marginal* และ *Inadequate*) คือตัวแปรทางภาษาที่กำหนดจากฟัซซีเซตของข้อมูล x (*Project_funding*) สำหรับ B1 และ B2 (*Small* และ *large*) คือตัวแปรทางภาษาที่กำหนดจากฟัซซีเซตของข้อมูล y (*Project_staffing*) และในส่วนของ C1 C2 และ C3 (*Low Normal* และ *High*) คือตัวแปรทางภาษาที่กำหนดจากฟัซซีเซตของข้อมูล z (*Risk*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงสร้างพื้นฐานของฟัซซีลอจิกแบบ Mamdani-style จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.17



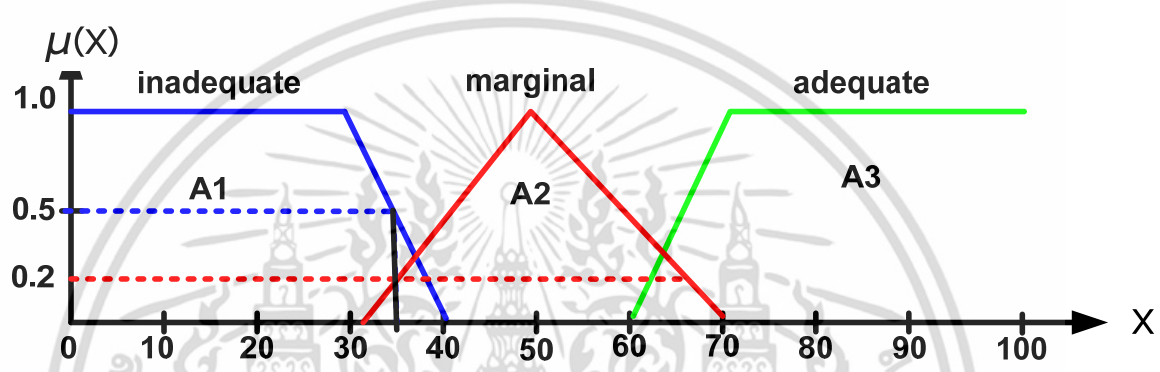
รูปที่ 2.17 โครงสร้างพื้นฐานของฟัซซีลอจิกแบบ Mamdani-style [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงสร้างพื้นฐานของฟัซซี่ลอจิกแบบ Mamdani-style สำหรับตัวอย่างข้างต้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.182.19 และ 2.20 ตามลำดับ

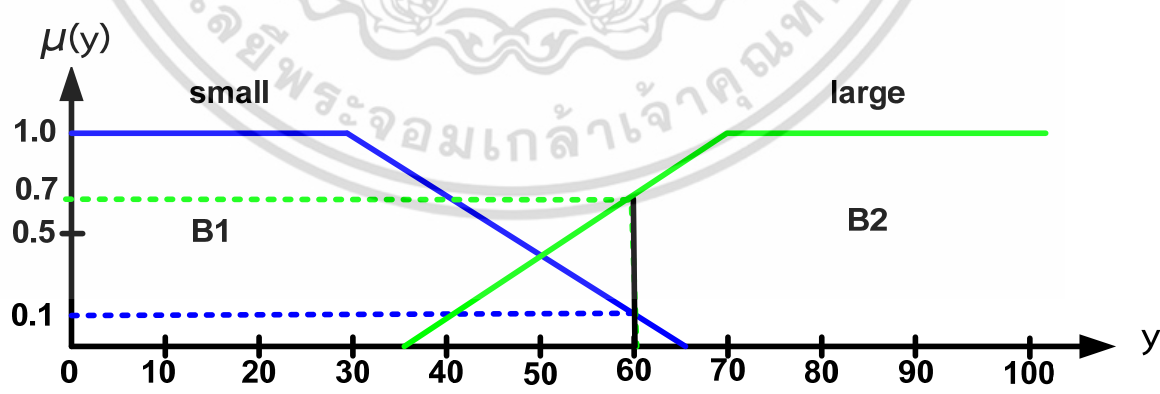
ขั้นตอนที่ 1 การทำ Fuzzification

กำหนดค่าของแกน $x = 35\%$ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการฟังก์ชันความเป็นสมาชิก(Membership function)ของค่าโดยอยู่ในส่วนของ A1(Inadequate) ได้ค่าความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.5 และส่วนของ A2 (Marginal) ค่าความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.2 ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก X (Project funding)

กำหนดค่าของแกน $y = 60\%$ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการฟังก์ชันความเป็นสมาชิก(Membership function)ของค่าโดยอยู่ในส่วนของ B1(Small) ได้ค่าความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.1 และส่วนของ B2 (Large) ค่าความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.7 ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก y (Project Staffing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 การทำ Rule Evaluation

นำค่า $\mu_{(x=A1)} = 0.5, \mu_{(x=A2)} = 0.2, \mu_{(y=B1)} = 0.1, \mu_{(y=B2)} = 0.7$ ไปใช้กับเงื่อนไขในส่วนของ IF ของ Fuzzy Rules และถ้ามีเงื่อนไขมากกว่าหนึ่งเงื่อนไข Fuzzy Operator (AND หรือ OR) จะถูกนำมาใช้จัดการกับกฎเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์จากส่วนของ IF ให้เป็นตัวเลขเพียงตัวเดียว ซึ่งค่านี้ (ค่าความจริง Truth value) จะถูกนำไปใช้กับ Membership function ที่อยู่ในส่วนของ THEN สำหรับการเชื่อมกันของเงื่อนไขในกรณีที่ใช้ OR ซึ่งจะใช้ Operation Union คำนวณจากสมการที่ 2.5

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.5)$$

และสำหรับตัวเชื่อม AND เราจะใช้ Operation Intersection คำนวณจากสมการที่ 2.6

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.6)$$

สำหรับวิธีการคำนวณของตัวเชื่อม AND และ OR ที่แตกต่างกัน ก็ย่อมให้ผลลัพธ์ที่มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องเป็นคนเลือกวิธีที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานสำหรับการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้ใช้วิธีการคำนวณของตัวเชื่อม AND

Rule: 1 IF x is A₃ (0.0)
 OR y is B₁ (0.1)
 THEN z is C₁ (0.1)

$$\mu_{C_1}(z) = \max[\mu_{A_3}(x), \mu_{B_1}(y)] = \max[0.0, 0.1] = 0.1$$

Rule: 2 IF x is A₂ (0.2)
 AND y is B₂ (0.7)
 THEN z is C₂ (0.2)

$$\mu_{C_2}(z) = \min[\mu_{A_2}(x), \mu_{B_2}(y)] = \min[0.2, 0.7] = 0.2$$

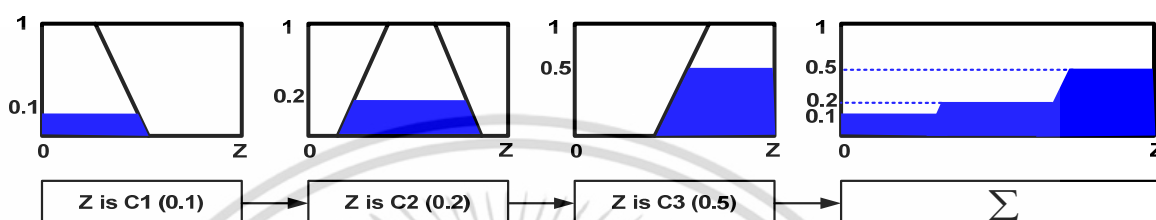
Rule: 3 IF x is A₁ (0.5)
 THEN z is C₃ (0.5)

เนื่องจากไม่มี Fuzzy Operations ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การทำ Aggregation

Aggregation เป็นกระบวนการรวมผลลัพธ์ที่คำนวณจากทุกๆกฎหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าเราจะนำฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากทุกๆกฎที่ถูกขลิบหรือมีการเปลี่ยนแปลงขนาดมาแล้วมารวมกันให้อยู่ในฟัซซีเซต(Fuzzy Set) แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การทำ Aggregation

ขั้นตอนที่ 4 การทำ Defuzzification

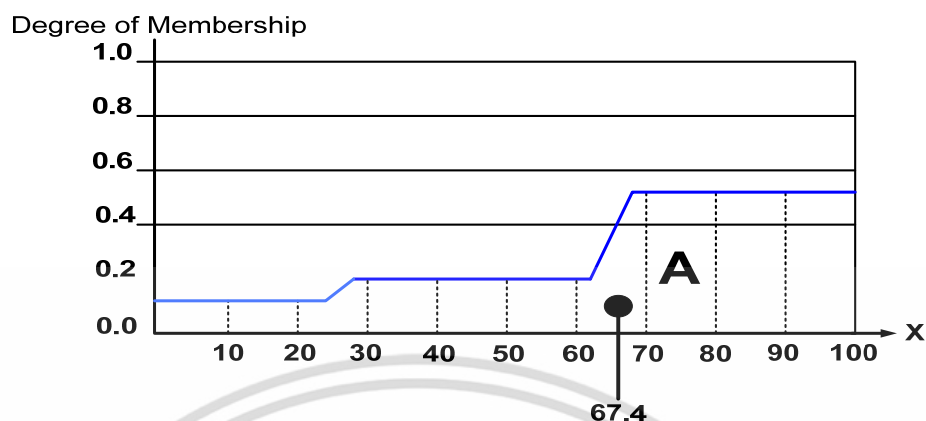
การทำ Defuzzification เป็นกระบวนการสุดท้ายของวิธีการ Fuzzy Logic ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายจะได้ออกเป็นข้อมูลตัวเลขหนึ่งค่า input ของกระบวนการ Defuzzification คือผลลัพธ์ที่ถูกรวมกันจากหัวข้อที่ผ่านมา แล้วเอาที่พหุเป็นตัวเลขหนึ่งตัวมีผู้นำเสนอวิธีการ Defuzzification อยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดวิธีหนึ่งคือ Centroid Technique ซึ่งวิธีนี้จะหาดำแหน่งในแนวแกนอนที่ทำให้เส้นตรงในแนวตั้ง ณ ตำแหน่งนั้นแบ่ง Aggregate Set ออกเป็นสองส่วนเท่าๆกัน ซึ่งในทางคณิตศาสตร์เรียกว่า Center Of Gravity (COG) สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.7

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)} \quad (2.7)$$

$$COG = \frac{(0+10+20) \times 0.1 + (30+40+50+60) \times 0.2 + (70+80+90+100) \times 0.5}{0.1+0.1+0.1+0.2+0.2+0.2+0.2+0.5+0.5+0.5}$$

$$= \frac{3+36+170}{3.1} = 67.4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 วิธีการหาCentroid สำหรับการทำให้Defuzzification

- Sugeno-style

สำหรับวิธีการแบบ Sugeno-style ผลลัพธ์จะต้องถูกคำนวณแบบการหาจุดศูนย์ถ่วง (Centre of gravity) ซึ่งจะมีความซับซ้อนในการคำนวณและใช้เวลาในการคำนวณนาน ดังนั้นวิธีการแบบ Sugeno-style จะอาศัยการคำนวณแบบ Singleton จะใช้เป็นการหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของกฎตามลำดับ สำหรับวิธีการนี้ถูกนำเสนอขึ้นครั้งแรกโดย Michio Sugeno (Zadah of Japan) ในปี 1985 [12] วิธีการแบบ Sugeno-style จะมีความคล้ายกับวิธีการแบบ Mamdani-style โดยความแตกต่างของแบบ Sugeno-style จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะลำดับของกฎฟัซซี่ และได้มีการเลือกใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรอินพุตมาใช้แทนฟัซซี่เซต ซึ่งจะมีรูปแบบของกฎดังนี้

IF x is A

OR y is B

THEN z is $f(x, y)$

ซึ่ง x , y และ z คือตัวแปรทางภาษา ส่วน A และ B คือฟัซซี่เซตของข้อมูล x และ y โดย $f(x, y)$ คือ ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ซึ่งส่วนมากจะนิยมใช้ Zero-order Sugeno Fuzzy Model มาประยุกต์ใช้กับกฎของฟัซซี่ ดังนี้

IF x is A

OR y is B

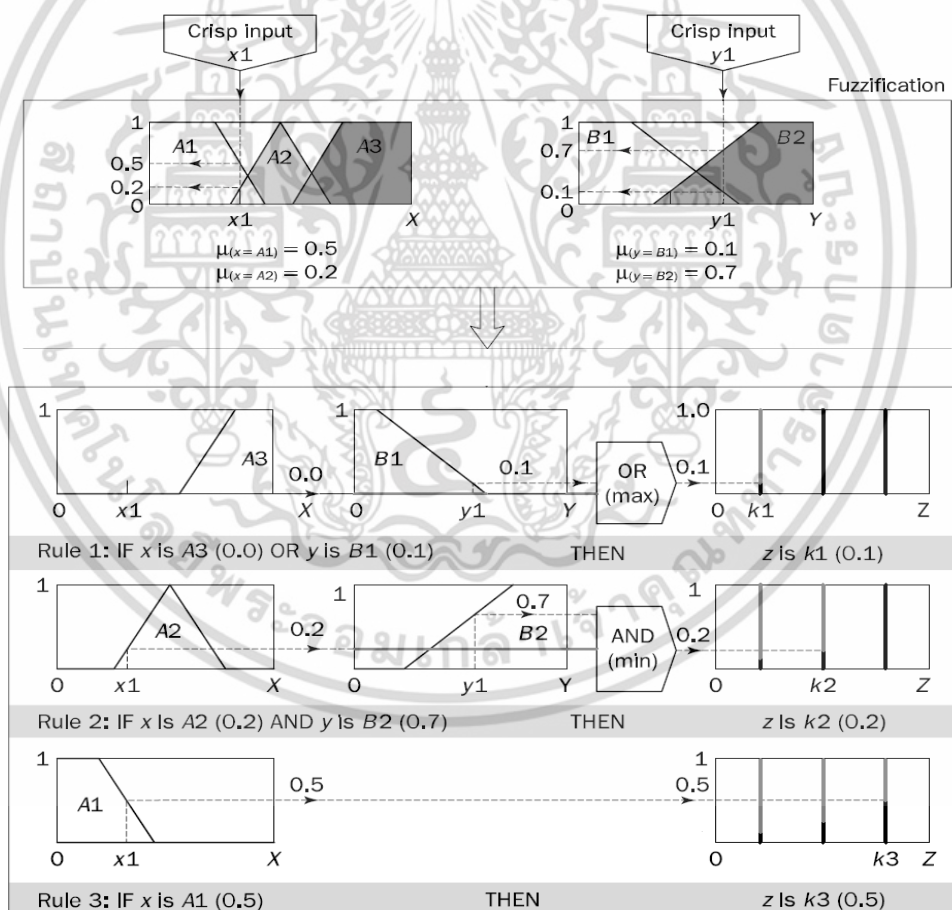
THEN z is k

โดยค่า k เป็นค่าคงที่ ในกรณีนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละกฎของฟัซซี่จะเป็นค่าคงที่ กล่าวคือผลของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) จะถูกแทนด้วยแท่งเดี่ยว (Singleton spikes) แสดงได้ดังรูปที่ 2.22 แสดงกระบวนการของฟัซซี่ลอจิกสำหรับ zero-order Sugeno Fuzzy Model เมื่อ

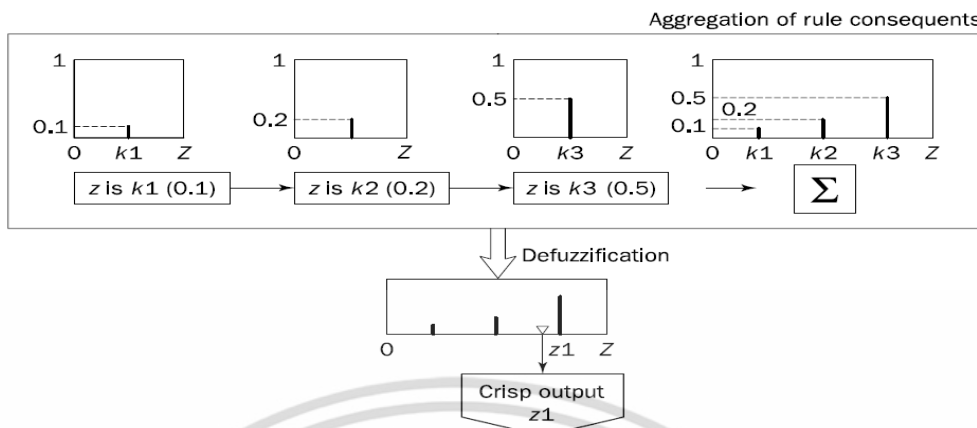
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาเปรียบเทียบฟัซซี่ลอจิกแบบ Mamdani และ Sugeno จะเห็นว่าวิธีการและขั้นตอนการทำงานมีความคล้ายคลึงกันอย่างเห็นได้ชัด มีเพียงแต่เฉพาะกฎที่ให้ผลลัพธ์เป็นแท่งเดียวในวิธีการแบบ Sugeno เท่านั้น

โดยโครงสร้างพื้นฐานของฟัซซี่ลอจิกแบบ Sugeno-style จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.22



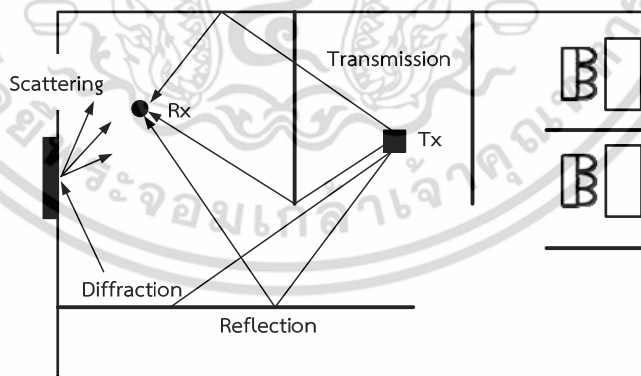
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 โครงสร้างพื้นฐานของฟัซซีลอจิกแบบ Sugeno-style [12]

2.5 ระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

กล่าวถึงเหตุผลที่เลือกใช้เทคนิคการวัดกำลังสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator: RSSI) เหตุเพราะมีค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ในราคาที่ไม่แพงและยังไม่ต้องการอุปกรณ์เสริมในส่วนต่างๆ แต่อย่าง ที่ทราบกันว่าค่าใช้จ่ายในราคาที่ถูกของเทคนิคนี้ก็แลกมาด้วยความแม่นยำที่ไม่สูงนัก เนื่องจากมีปัจจัย หลายอย่างที่มีผลกระทบต่อความเข้มของสัญญาณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบจากมัลติพาร์ท (Multipath Effect) เช่นเกิดการสะท้อนของสัญญาณ (Reflection) การเลี้ยวเบนของสัญญาณ (Diffraction) และการกระเจิงของสัญญาณ (Scattering) เป็นต้น แสดงได้ดังรูปที่ 2.23

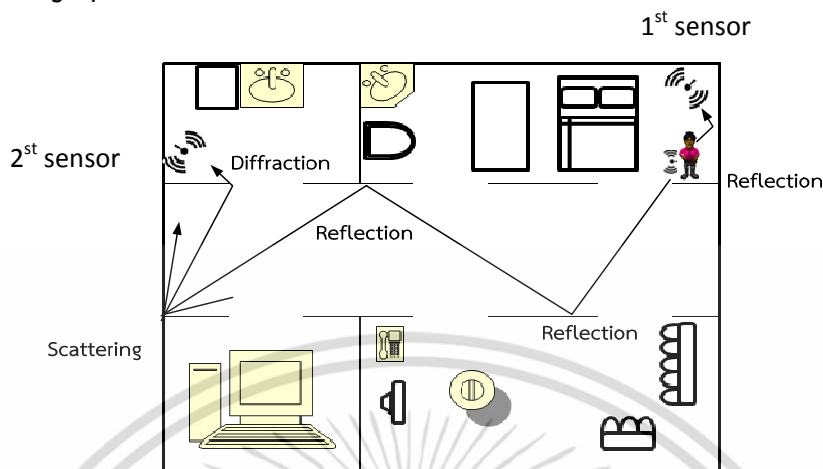


รูปที่ 2.23 ผลจากมัลติพาร์ทภายในอาคาร

ซึ่งสาเหตุเหล่านี้มีผลทำให้กำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์วัดได้มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงกว่าที่ควรจะเป็น และยังในสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีสิ่งกีดขวางมากมายเช่น กำแพง ผนังห้อง หน้าต่าง ประตู ผู้คน และอื่นๆอีกมากมาย ทำให้เกิดผลกระทบจากมัลติพาร์ทได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 Fingerprint



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างสัญญาณที่ได้รับผลจากมัลติพาร์ท

จากรูปที่ 2.24 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่เดินทางจากผู้ใช้ไปยังเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 จะได้รับผลจากมัลติพาร์ทน้อยกว่าสัญญาณที่อาศัยข้อมูลกำลังสัญญาณเพื่อมาคำนวณตำแหน่งควรจะมีการให้ความน่าเชื่อถือหรือน้ำหนักกับข้อมูลกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์แต่ละตัววัดได้ไม่เท่ากัน เช่นในสถานการณ์นี้ควรจะให้น้ำหนักหรือความน่าเชื่อถือกับสัญญาณเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 วัดได้มากกว่าสัญญาณเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 วัดได้ ดังนั้นวิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคารที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะมีการให้ความน่าเชื่อถือกับสัญญาณที่เซ็นเซอร์แต่ละตัววัดได้ไม่เท่ากันโดยมีการใช้วิธีถ่วงน้ำหนัก จากเทคนิคฟังก์ชันปริ้นท์ที่พิจารณาระยะทางยูคลิดตามสมการที่ 2.8

$$dist_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^M (r_m - rssi_{n,m})^2 \quad (2.8)$$

เมื่อ $dist_n(x_n, y_n)$ คือระยะทางยูคลิดระหว่างกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์วัดได้และกำลังสัญญาณในฐานข้อมูล r_m คือกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์ตัวที่ m วัดได้ $rssi_{n,m}$ คือกำลังสัญญาณของจุดอ้างอิงที่ n ในฐานข้อมูลที่เซ็นเซอร์วัดตัวที่ m วัดได้ และ M คือจำนวนเซ็นเซอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

2.5.2 Weighted Distance Fingerprint

การคำนวณหาระยะทางยูคลิดในสมการที่ 2.8 จะให้ความเชื่อถือกับกำลังสัญญาณที่แต่ละเซ็นเซอร์วัดได้เท่าๆ กัน ซึ่งจากสมมุติฐานว่าสัญญาณที่เดินทางจากผู้ใช้ไปยังแต่ละเซ็นเซอร์จะได้รับผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากมัลติพาร์ทไม่เท่ากัน ความน่าเชื่อถือของแต่ละสัญญาณที่รับได้ก็ควรจะไม่เท่ากัน ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอจึงใช้การถ่วงน้ำหนักในการคำนวณหาระยะทางยูคลิดแสดงได้ดังสมการที่ 2.9

$$dist_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^M w_m (r_m - rssi_{n,m})^2 \quad (2.9)$$

เมื่อ w_m คือน้ำหนักหรือค่าความน่าเชื่อถือที่ให้กับกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์ตัวที่ m รับได้

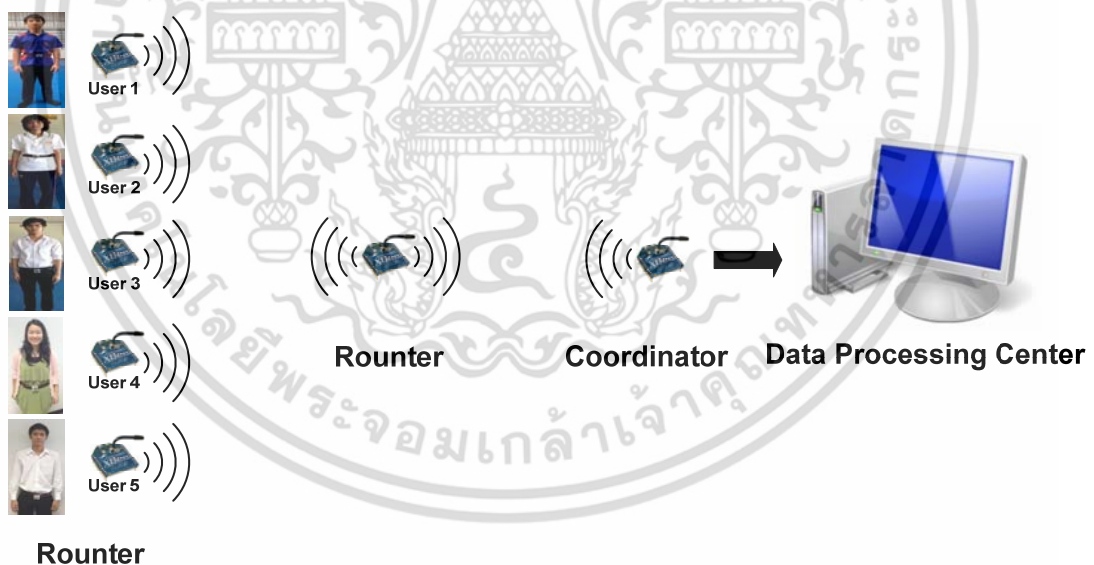
และในประเด็นต่อมาคือค่าน้ำหนักที่เหมาะสมควรจะเป็นเท่าใด เมื่อเราไม่สามารถทราบได้ว่าสัญญาณที่เซ็นเซอร์รับได้นั้น ได้รับผลจากมัลติพาร์ทมากน้อยเพียงใด ทางที่พอจะเป็นไปได้คือการใช้ข้อมูลทางสถิติ โดยการเก็บข้อมูลกำลังสัญญาณซ้ำๆ ในแต่ละจุดอ้างอิง แล้วทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการที่นำเสนอจะทำการจัดกลุ่มให้ชุดกำลังสัญญาณที่ใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยคาดว่าชุดกำลังสัญญาณที่มีลักษณะคล้ายๆ กันจะได้รับผลกระทบจากมัลติพาร์ทใกล้เคียงกัน ยกตัวอย่างจากรูปที่ 2.24 โดยคาดว่ากำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์ทั้ง 2 วัดได้ ไม่ว่าจะผู้ใช้จะอยู่ตำแหน่งใดภายในห้องนอน จะมีชุดกำลังสัญญาณคล้ายกันและคาดหวังว่าผลจากมัลติพาร์ทจากตำแหน่งในห้องนอนมีผลเหมือนกันๆ และหลังจากที่จัดกลุ่มให้ชุดกำลังสัญญาณที่ได้รับผลจากมัลติพาร์ทเหมือนกันอยู่ด้วยกันแล้ว ก็จะทำการค้นหาหาน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับแต่ละกลุ่มกำลังสัญญาณซึ่งขั้นตอนของวิธีการระบุตำแหน่งภายในอาคารที่นำเสนอตั้งกล่าวในหัวข้อถัดไปนี้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถโดยจำแนกถึง 9 ลักษณะ คือ ยืน(ST: Stand) นั่ง(SD: Sit Down) ล้มหน้า(FF: Forward Fall) ล้มหลัง(BF: Backward Fall) ล้มซ้าย(LF: Left Fall) ล้มขวา(RF: Right Fall) นอน(LD: Lying Down) เดิน(WK: Walk) และวิ่ง(RN: Run) ข้อมูลที่ได้ถูกนำไปใช้ในฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) ในการกำหนดอิริยาบถต่างๆ นอกจากนั้นยังออกแบบให้สามารถระบุตำแหน่งภายในอาคารได้

ภาพรวมระบบระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถที่นำเสนอออกแบบขึ้นจะตรวจจับระนาบการยืนของผู้ใช้จากความเร่งที่วัดค่าได้จากเซ็นเซอร์ แล้วให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการรับส่งสัญญาณอนาล็อกที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปวิเคราะห์ว่าเกิดการล้มหรือไม่และระบบยังมีการเก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ว่าผู้ใช้แสดงอิริยาบถใด ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถที่นำเสนอ

การทำงานของระบบตรวจจับการล้มมีการทำงานจากอุปกรณ์หลายส่วนด้วยกัน ประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนทำหน้าที่ในการรับค่าที่ได้จากการเคลื่อนไหว ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจาก เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนแล้วทำการแปลงค่าจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

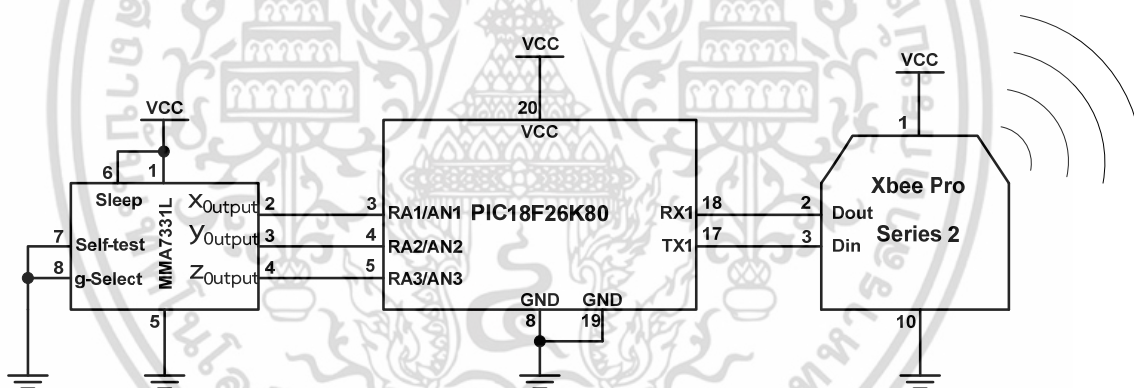
ดิจิทัล จากนั้นทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายจะมีการแสดงผลในรูปแบบผู้ใช้งาน ประสานกราฟิก(Graphic User Interface:GUI) และมีการแสดงกราฟของข้อมูลที่ได้รับ

3.1 การออกแบบเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนเป็นอุปกรณ์สวมใส่

การออกแบบระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ ให้เป็นอุปกรณ์สวมใส่จะต้องคำนึงถึงเรื่อง การออกแบบวงจรที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ถือว่าเป็นข้อจำกัดและท้าทายมากในการออกแบบให้ออกมาสามารถใช้งานได้จริงและลดข้อบกพร่องหรืออายุการใช้งานที่ยืนยาวที่เกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ส่วนการดูแลหรือบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้งานแล้วในแต่ละครั้งนั้น ตัวบุคคลเองก็สามารถตรวจเช็คการทำงานได้ไม่ยุ่งยาก จึงได้ทำการออกแบบให้อยู่ในรูปของหัวเข็มขัด

3.1.1 การออกแบบวงจรส่งข้อมูลแบบไร้สาย

วงจรตัวส่งข้อมูลแบบไร้สายที่รับจากเซ็นเซอร์จากวงจรนี้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลักด้วยกัน 3 ตัว ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน(Accelerometersensor)ไมโครคอนโทรลเลอร์และชิกปีรุ่น Xbee Pro Series2 ดังรูปที่ 3.2



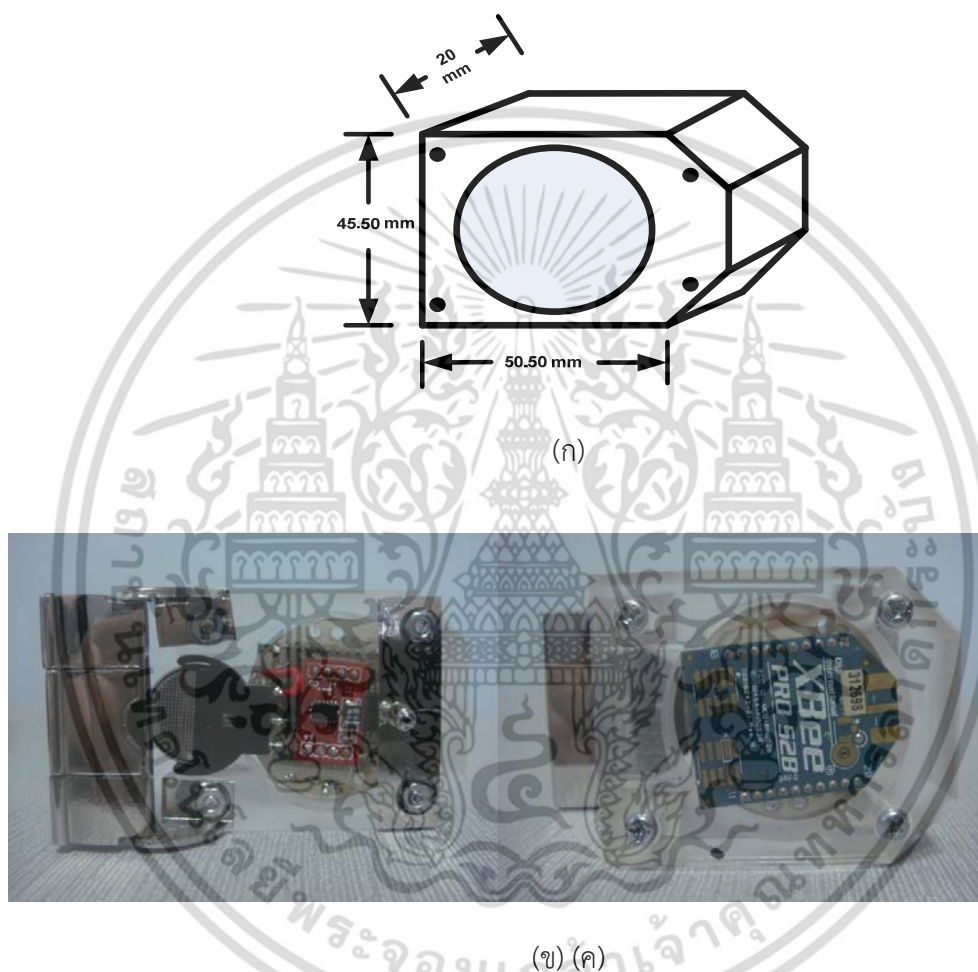
รูปที่ 3.2 ระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สายที่ได้จากเซ็นเซอร์ความเร่ง

การอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกนเลือกเบอร์ MMA7331Lโดยจะต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC18F26K80 ตามรูปที่ 3.2 ขาไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์ควรใช้ไฟจากแหล่งจ่ายเดียวกันเนื่องจากถ้าใช้ไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟคนละแหล่งจะส่งผลให้ค่าผิดพลาด Self-testและg-Selectต่อลงกราวด์(GND)และไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลให้กับชิกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์สวมใส่

การแสดงรูปหัวเข็มขัดที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยจะคำนึงถึงเรื่องการออกแบบวงจรที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาของหัวเข็มขัด จึงจะทำให้ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่และเป็นส่วนหนึ่งสำหรับตัวผู้สวมใส่เองรวมไปถึงการดูแลรักษาก็ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากและอุปกรณ์ที่ใช้จะประกอบด้วย แบตเตอรี่ เซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน ไมโครคอนโทรลเลอร์และชิปปีแสดงดังรูปที่ 3.3



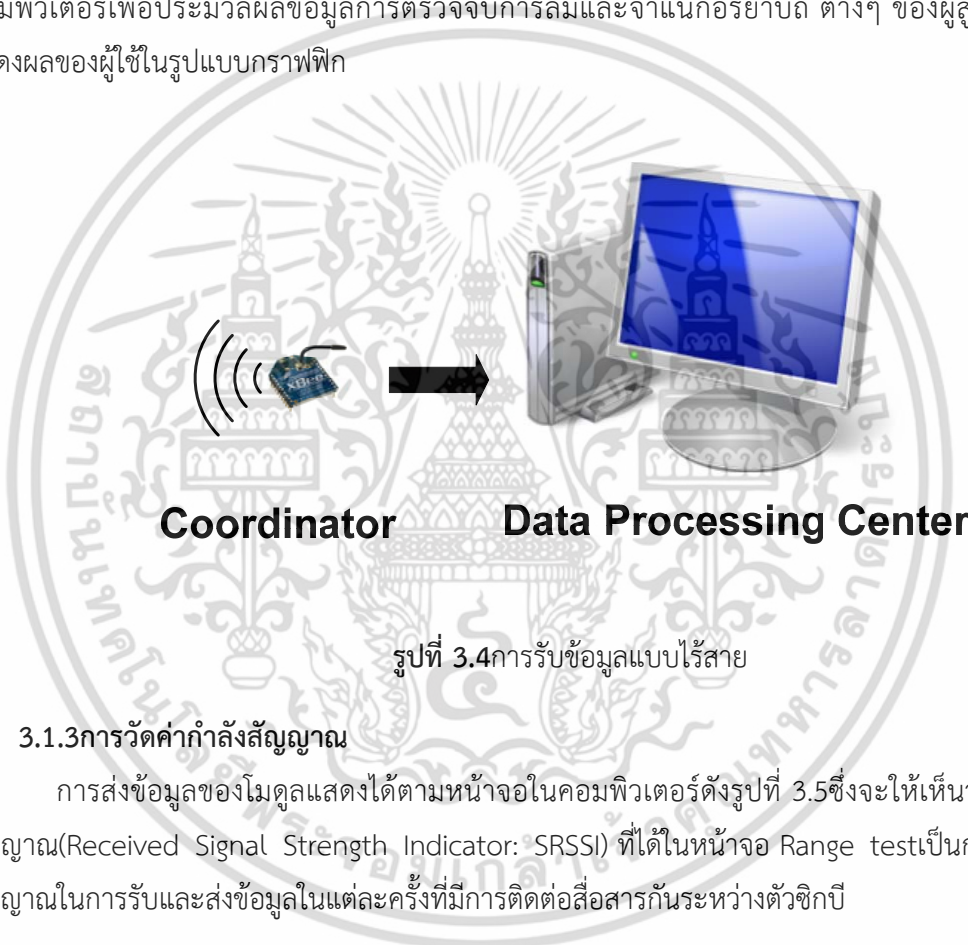
รูปที่ 3.3 การประกอบวงจรเซ็นเซอร์หัวเข็มขัด (ก) ขนาดของหัวเข็มขัด(ข) การประกอบหัวเข็มขัด ด้านล่าง(ค) การประกอบติดหัวเข็มขัดด้านบน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เลือกใช้แบตเตอรี่ 3 โวลต์ เบอร์ CR2032 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร มีความหนา 3.20 มิลลิเมตร มีความจุในการเก็บพลังงาน 225 mAh สามารถให้พลังงานกับ อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ออกแบบขึ้นมามากพอที่จะสามารถทำงานได้ จากรูป 3.3(ก) ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของหัวเข็มขัดมีความกว้างเท่ากับ 45.50 มิลลิเมตรความยาวเท่ากับ 55.50 มิลลิเมตรความหนาเท่ากับ 20.00 มิลลิเมตรจากรูป 3.3(ข)การประกอบหัวเข็มขัดด้านล่างซึ่งแสดงให้เห็นถึงวงจรที่มีขนาดเล็กและมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานให้กับวงจรรวมไปถึงการติดตั้งตำแหน่งของตัวเซ็นเซอร์ความเร่ง 3 แกน จากรูป 3.3(ค)การประกอบหัวเข็มขัดที่เสร็จสมบูรณ์

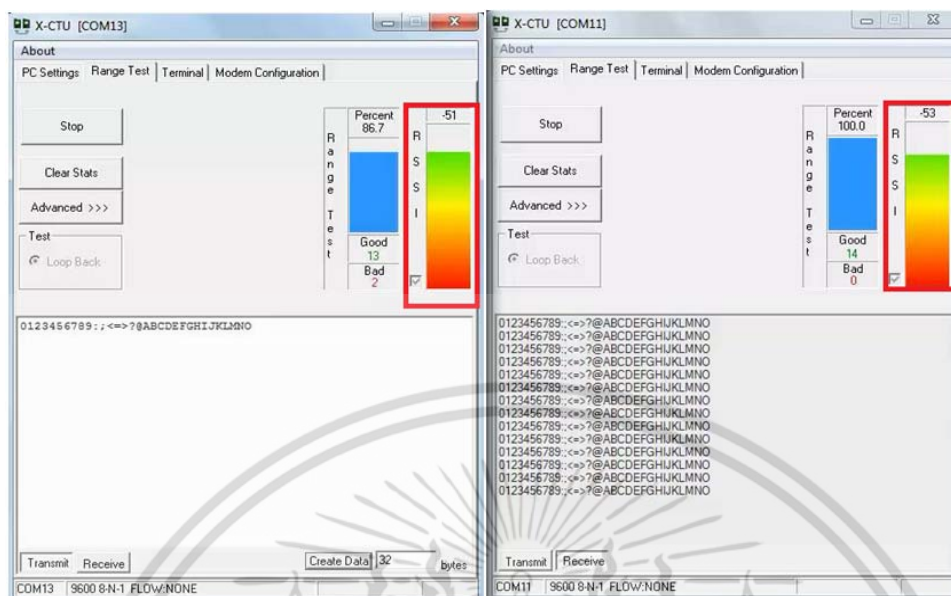
ในส่วนระบบการรับข้อมูลและการประมวลผลสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.4 ตัวรับข้อมูลแบบไร้สายและการประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ รับข้อมูลค่าความเร่งที่ได้จากรูปที่ 3.2 และส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลการตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถ ต่างๆ ของผู้สูงอายุและแสดงผลของผู้ใช้ในรูปแบบกราฟฟิก



3.1.3 การวัดค่ากำลังสัญญาณ

การส่งข้อมูลของโมดูลแสดงได้ตามหน้าจอในคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะทำให้เห็นว่าค่ากำลังสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator: RSSI) ที่ได้ในหน้าจอ Range test เป็นการดูระดับสัญญาณในการรับและส่งข้อมูลในแต่ละครั้งที่มีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างตัวชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

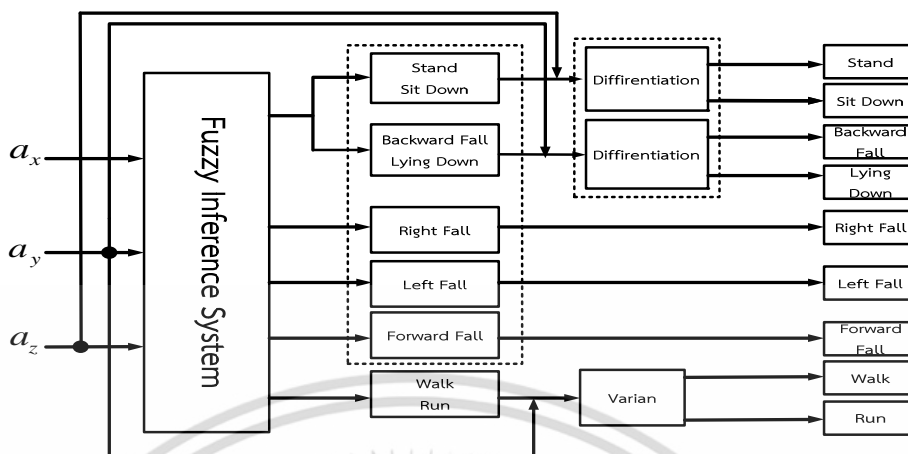
รูปที่ 3.5 การวัดค่ากำลังสัญญาณการส่งข้อมูลโดยโมดูลชิปปี(ก) การวัดค่ากำลังสัญญาณการส่งข้อมูล (ข)
การวัดค่ากำลังสัญญาณการรับข้อมูล

จากรูปที่ 3.5(ก)เป็นการแสดงหน้าต่างการวัดค่ากำลังสัญญาณโดยแสดงในหน้าจอ Range test จะบอกค่าสัญญาณความแรงในหน่วยของ dBm ในตอนส่งข้อมูลจากรูปที่ 3.5(ข) แสดงการวัดค่ากำลังสัญญาณ ของการรับข้อมูลโดยการวัดค่าความกำลังสัญญาณนั้นได้ทดลองเพื่อศึกษาไปใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

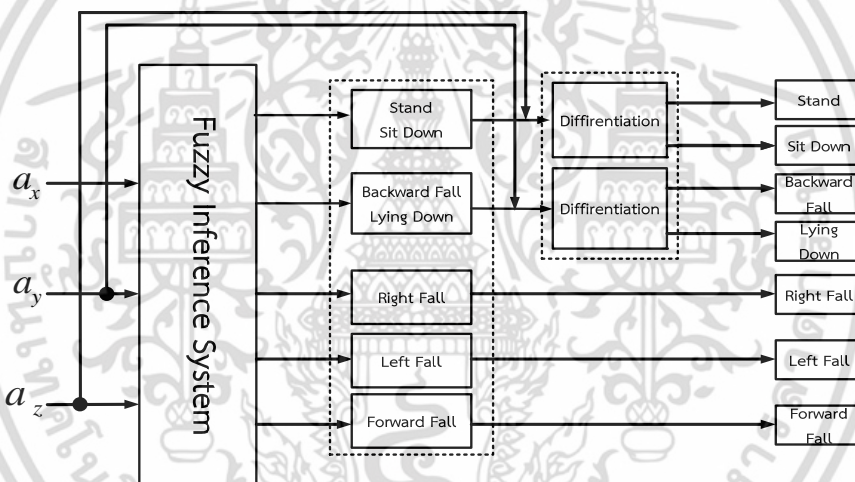
3.2 การตรวจจัดการลัมและจำแนกอิริยาบถด้วยฟuzzyลอจิก

สำหรับหัวข้อนี้อธิบายวิธีการออกแบบฟuzzyลอจิกเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลและใช้หลักเหตุผลที่คล้ายกับการเปลี่ยนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์จึงยากต่อการตัดสินใจ ส่วนระบบที่ได้นำเสนอคือระบบตรวจจัดการลัมและจำแนกอิริยาบถเป็นการจำแนกอิริยาบถได้ทั้งหมด 9 ลักษณะ ตามรูปที่ 3.6 โดยได้แยกการทำงานของระบบออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะแบ่งกลุ่มในการบ่งบอกอิริยาบถได้แก่ ยืนกับนั่ง ล้มไปทางด้านหลังกับนอน ล้มขวา ล้มซ้ายและล้มไปทางด้านหน้าตามรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ระบบตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถด้วยฟัซซี่ลอจิก

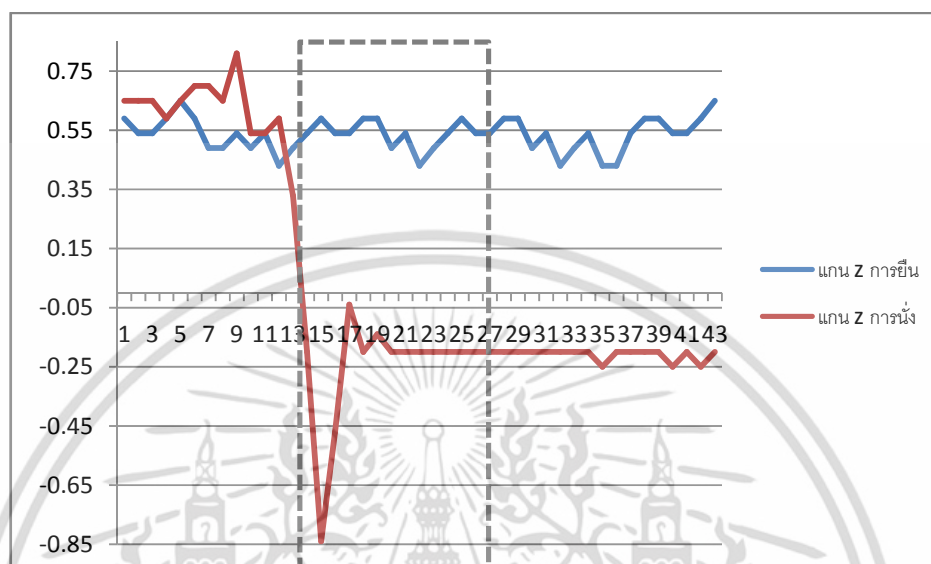


รูปที่ 3.7 แบ่งกลุ่มในการบ่งบอกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 1

จากรูปที่ 3.7 เป็นขั้นตอนที่ 1 แบ่งกลุ่มในการตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถออกเป็นกลุ่มได้แก่ ยืนกับนั่ง ล้มขวา ล้มไปทางด้านหลังกับนอน ล้มซ้ายและล้มไปทางด้านหน้าโดยขั้นตอนนี้ฟัซซี่ลอจิกสามารถที่จะบ่งบอกอิริยาบถได้เลยคือ ล้มขวา ล้มซ้ายและล้มไปทางด้านหน้า ส่วนกลุ่มของ ยืนกับนั่ง ล้มไปทางด้านหลังกับนอน จะใช้ฟัซซี่ลอจิกแยกออกมาว่าอยู่ในกลุ่มใด จากนั้นจึงได้ทำการแยกเป็นครั้งที่สองว่าเป็นอิริยาบถใด โดยการนำเอาค่าความเร่งในแนวแกน y มาหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งเพื่อที่จะบ่งบอกอิริยาบถที่แน่นอนอีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 1 สามารถที่จะบ่งบอกอิริยาบถได้ถึง 7 อิริยาบถ ได้แก่ยืน นั่งนอน ล้มขวา ล้มไปทางด้านหลัง ล้มซ้ายและล้มไปทางด้านหน้าในการแยกแยะอิริยาบถการยืนและการนั่งหรือล้มหลังกับนอนจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลค่าความเร่งในแนวแกน z ที่แตกต่างกันชัดเจนแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณอีกสองแกนมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากการยื่นกับการนั่ง แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ค่าความเร่งในแนวแกน z ของการยืนและนั่ง

จากรูปที่ 3.8 ข้อมูลในกรอบสี่เหลี่ยมพบว่า มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ไม่เท่ากันในการแยกแยะอิริยาบถแบบนี้ จะทำการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยการหาอนุพันธ์ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 3.1

$$\frac{da_z}{dt} = \frac{a_z - a_{z-1}}{t_z - t_{z-1}} \quad (3.1)$$

เมื่อ a_z คือค่าความเร่งที่เวลา หรือค่าความเร่งเวลาปัจจุบัน
 a_{z-1} คือค่าความเร่งที่เวลา หรือค่าความเร่งเวลาก่อนหน้า
 t_z คือเวลาปัจจุบัน
 t_{z-1} คือเวลาก่อนหน้า

จากสัญญาณตัวอย่างในรูปที่ 3.8 สามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งในช่วงเวลา 9 ถึง 17 สำหรับการยืนได้ 0.0111 m/s^2 และสำหรับการนั่งได้ 0.2383 m/s^2 ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร่งสามารถนำมาใช้ร่วมกับสมการที่ 3.1 ในการวิเคราะห์แยกแยะอิริยาบถการยืนกับการนั่งและ ล้มหลังกับนอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

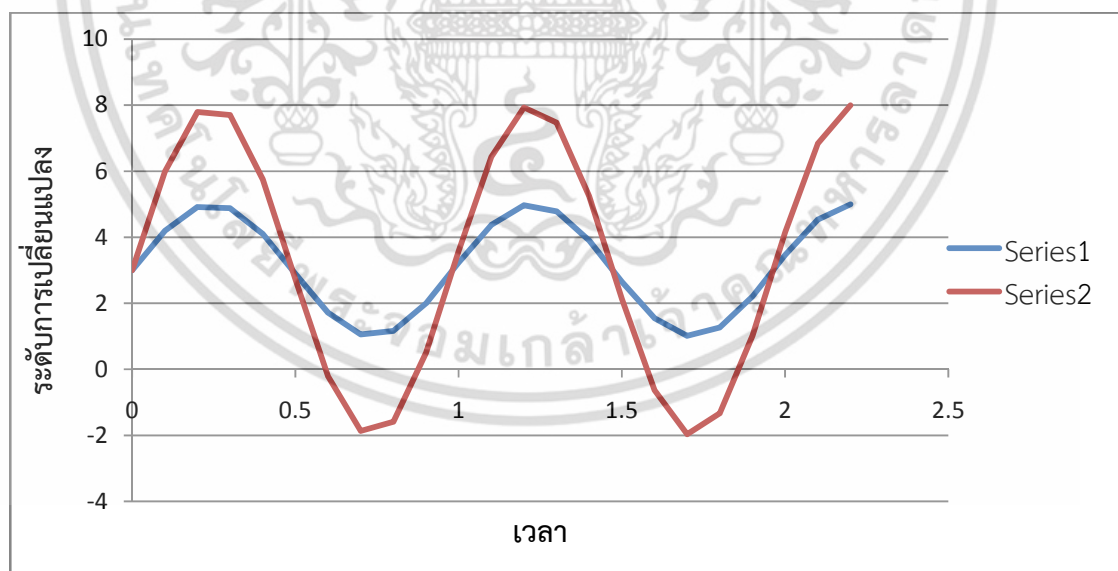
ส่วนขั้นตอนที่สองสามารถแบ่งอิริยาบถ ล้มไปทางด้านหลังกับนอนด้วยวิธีการหาอนุพันธ์และเดินกับนั่งด้วยวิธีการหาค่าความแปรปรวนตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แบ่งกลุ่มในการบ่งบอกอิริยาบถในขั้นตอนที่ 2

จากรูปที่ 3.9 เป็นขั้นตอนที่ 2 ในการบ่งบอกอิริยาบถเดินกับวิ่ง โดยขั้นตอนนี้ที่พีซีล่อจิกจะเป็นการจำแนกเป็นกรณีสุดท้ายที่ไม่ตรงกับอิริยาบถใดๆ ในขั้นตอนที่ 1 จึงทำให้ต้องวิเคราะห์อิริยาบถที่เหลือว่าเป็นอะไร ดังนั้นจึงได้นำเอาค่าความเร่งในแนวแกน y มาหาค่าความแปรปรวนของข้อมูล (Variance) เพื่อที่จะบอกอีก 2 อิริยาบถ ได้แก่ เดินและวิ่ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนคือเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เป็นรอบหรือคาบเหมือนกัน แต่มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เท่ากัน สมมุติข้อมูลตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ค่าความเร่งในแนวแกน y ของการเดินและวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าชุดข้อมูลที่ 2 ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ไม่เท่ากันจึงใช้วิธีการความแปรปรวนของข้อมูลในการแยกแยะความแตกต่างของข้อมูลทั้งสองชุดนี้ ซึ่งสมการความแปรปรวนแสดงการคำนวณจากสมการที่ 3.2

$$s^2 = \frac{\sum (a_i - \bar{a})^2}{n-1} \quad (3.2)$$

s^2 = ค่าความแปรปรวน

a_i = ค่าความแรงของข้อมูล

\bar{a} = ค่าความแรงเฉลี่ยจากความแรงแกนในแนวแกน y

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

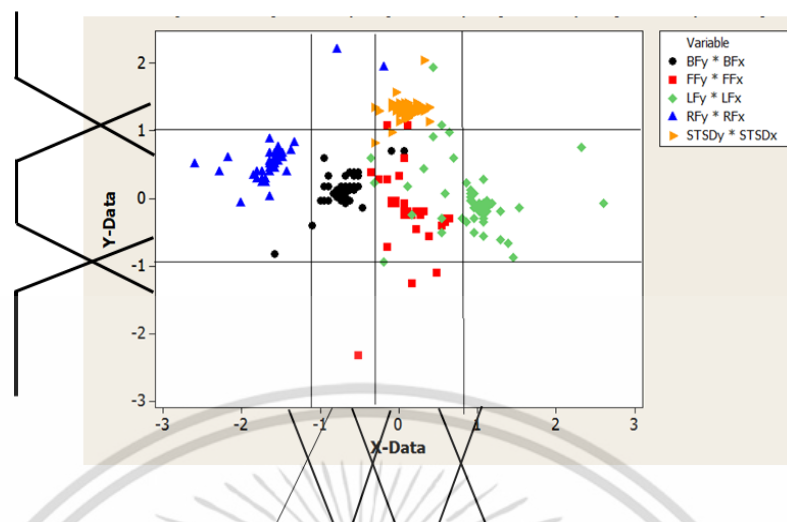
จากตัวอย่างข้อมูลตามรูปที่ 3.10 จะสามารถหาค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลที่ 1 และชุดข้อมูลที่ 2 ได้ 2.054 และ 12.840 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าชุดข้อมูลที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงค่าที่สูงกว่าชุดข้อมูลที่ 1 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบการเก็บสัญญาณการเดินและวิ่งซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ไม่เท่ากันจึงได้นำวิธีการวิเคราะห์ด้วยค่าความแปรปรวนนี้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ เพื่อช่วยในการพิจารณาแยกแยะอิริยาบถการเดินกับการวิ่ง

3.2.1 การออกแบบพีชชีลลอจิกระบบที่ 1

ในการออกแบบเริ่มจากการอ่านค่าความแรงที่อ่านได้ถูกบันทึกให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล csv(.csv) ซึ่งจะบันทึกไว้ทุกๆ 200 มิลลิวินาที ในแต่ละครั้งและในแต่ละอิริยาบถต่างๆที่ได้กำหนดไว้ โดยการบันทึกนั้นจะแยกเป็นชุดของกลุ่มข้อมูลในแต่ละลักษณะการเคลื่อนที่ของผู้เข้าทดลองในการเก็บตัวอย่างข้อมูลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์หรือการบ่งชี้อิริยาบถต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ การยืน การนั่ง ล้มไปทางด้านหน้า ล้มไปทางด้านหลัง การนอน ล้มซ้าย ล้มขวา การเดินและวิ่ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ของแต่ละอิริยาบถโดยการแบ่งกลุ่มเพื่อที่จะสะดวกในการออกแบบการตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถ จึงได้แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ออกเป็น 5 กลุ่มจากอิริยาบถทั้งหมด 9 ลักษณะ คือ 1. การยืนกับนั่ง 2. ล้มไปทางด้านหน้า 3. นอนกับล้มไปทางด้านหลัง 4. ล้มซ้าย 5. ล้มขวา และส่วนการเดินกับวิ่ง อธิบายต่อไปจากนี้

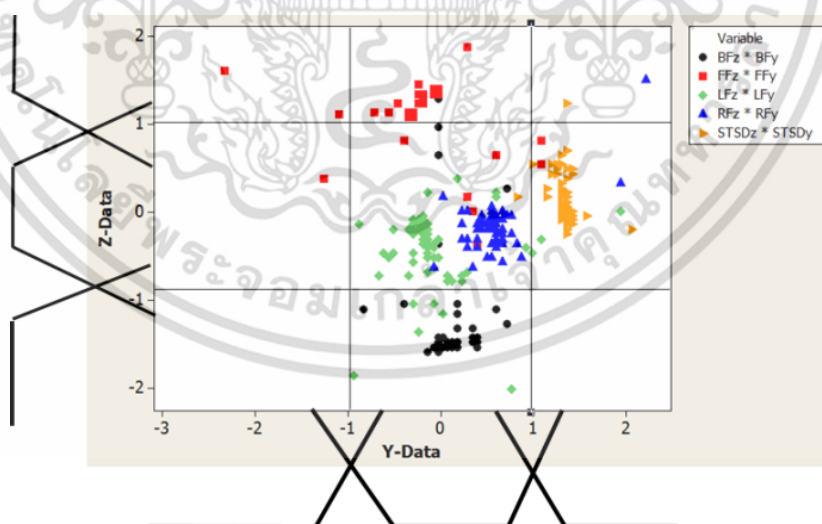
การแบ่งกลุ่มนั้นสามารถที่จะออกแบบการตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถนั้น จึงนำข้อมูลไปเขียนกราฟเป็นแบบแผนภาพกระจาย (Scatter Plots) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละอิริยาบถ จากกราฟในรูปที่ 3.11 แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าความแรงในแต่ละแกนของแต่ละอิริยาบถ แผนภาพแบบกระจายที่ได้จะอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถที่จะกำหนดความเป็นสมาชิกของแต่ละแกนและได้ออกแบบระบบการอนุมานตรรกะคลุมเครือโดยพิจารณาในแกน X-Data กับแกน Y-Data ตามรูปที่ 3.11 และพิจารณาในแกน Y-Data กับแกน Z-Data ตามรูปที่ 3.12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 .แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y

จากรูปที่ 3.11 การนำข้อมูลค่าความเร่งมาเขียนเป็นแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละข้อมูล ทำให้เห็นถึงข้อมูลเป็นกลุ่มและสามารถกำหนดเงื่อนไขการสร้างกฎของฟัซซี่ลอจิกเพื่อใช้สำหรับการออกแบบได้ ข้อมูลของด้านแกน X-Data อยู่ในช่วงค่าความเร่งระหว่าง -3.0 ถึง 3.0 และได้แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ในส่วนของ Y-Data ได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -3.0 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน



รูปที่ 3.12 แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z

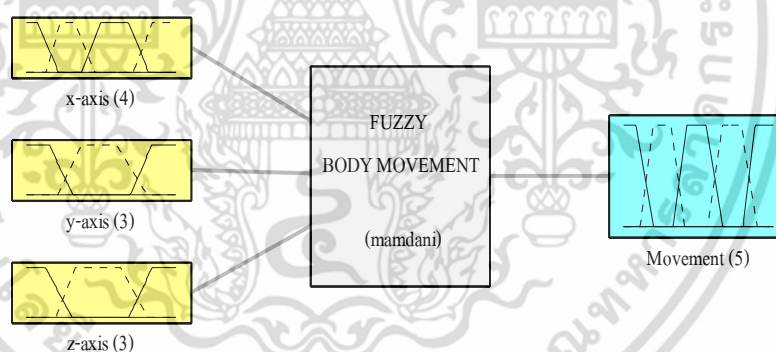
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 การนำข้อมูลค่าความเร่งมาเขียนเป็นแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละข้อมูล ทำให้เห็นถึงข้อมูลเป็นกลุ่มและสามารถกำหนดเงื่อนไขการสร้างกฎของฟัซซี่ลอจิกเพื่อใช้สำหรับการออกแบบได้ ข้อมูลของด้านแกน Y-Data โดยได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -3.0 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ในส่วนของ Z-Data ได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -2.0 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นในการเขียนกราฟระหว่างแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y และกราฟระหว่างแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z นั้น แสดงให้เห็นการแบ่งเป็นช่วงของข้อมูลแล้ว ยังที่จะนำไปออกแบบฟัซซี่ลอจิก โดยเอาค่าของช่วงข้อมูลนั้นกำหนดเป็นกฎของฟัซซี่อีกด้วย ดังนั้นต่อไปจะแสดงการใช้ Fuzzy Logic Toolbox ในโปรแกรม Matlab

3.2.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการของฟัซซี่ลอจิกระบบที่ 1

การจำลอง Fuzzy Logic Toolbox ในโปรแกรม Matlab จึงทำให้ได้ตัวแปรอินพุต 3 อินพุตตัวแปรเอาต์พุต 1 เอาต์พุตและกฎที่ใช้ทั้งหมด 36 กฎ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบที่ 1

ตัวแปรอินพุต : ค่าความเร่งในแนวแกน x ค่าความเร่งในแนวแกน y และค่าความเร่งในแนวแกน z

เมื่อเซ็นเซอร์มีการเคลื่อนที่ จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแต่ละแกนไม่เท่ากัน จากนั้นนำค่าความเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลงไปคำนวณโดยใช้ฟัซซี่ลอจิกในการหาปริมาณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่ง

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแนวแกน x คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ “ลบมาก” “ลบน้อย” “บวกน้อย” และ “บวกมาก” ใช้คำว่า คือ Negative Medium,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

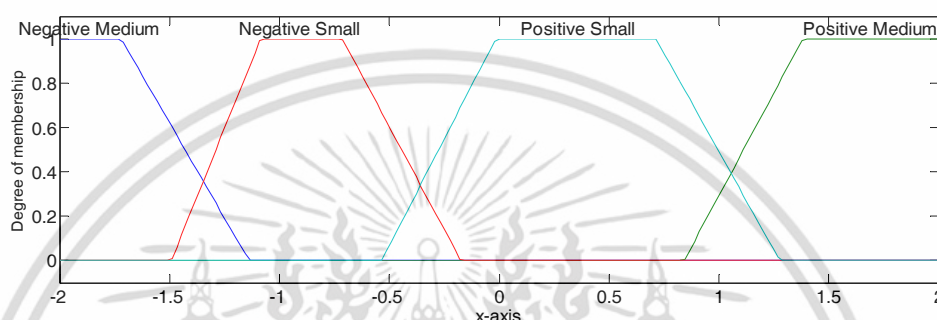
NegativeSmall, PositiveSmall และ PositiveMedium ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.14

Negative Medium [-1.50 -1.50 -1.25 -0.85]

Negative Small [-1.15 -0.75 -0.48 -0.05]

PositiveMedium [-0.35 0.06 0.65 1.05]

Positive' Small [0.75 1.15 1.50 1.50]



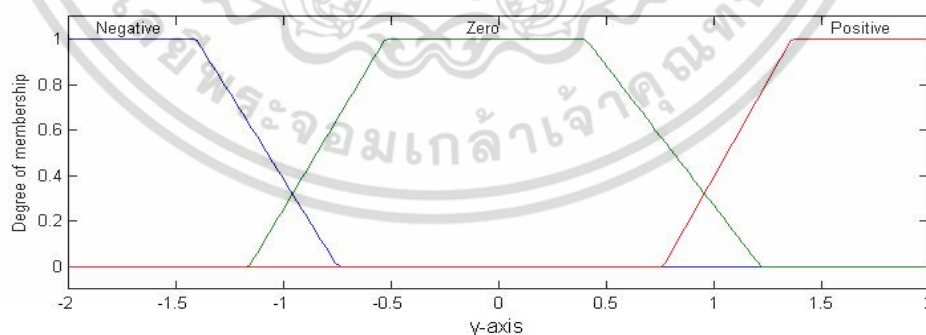
รูปที่ 3.14 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน x ระบบที่ 1

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งทางแกน y คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ “ลบ”, “ศูนย์” และ “บวก” ใช้คำว่า คือ Negative, Zero และ Positive ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.13

Negative [-2 -2 -1.45 -0.75]

Zero [-1.15 -0.55 0.40 1.25]

Positive [0.75 1.35 2.00 2.00]

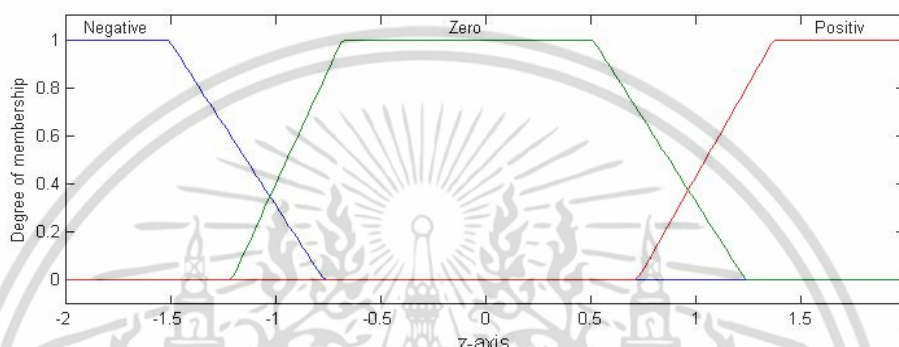


รูปที่ 3.15 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน y ระบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแนวแกน z คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ “ลบ”, “ศูนย์” และ “บวก” ใช้คำว่า คือ Negative, Zero และ Positive ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.16

Negative $[-2 -2 -1.50 -0.75]$
 Zero $[-1.20 -0.65 0.55 1.25]$
 Positive $[0.70 1.35 2.00 2.00]$

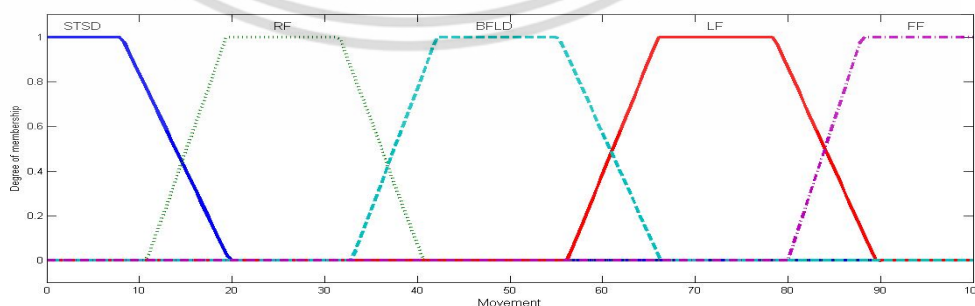


รูปที่ 3.16 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 1

ตัวแปรเอาต์พุต : การบ่งบอกอิริยาบถ

ยูนิเวอร์สของการบ่งบอกอิริยาบถคือ $[0, 100]$ แบ่งออกเป็น 5 ช่วงคือ “ยืนและนั่ง”, “ล้มขวา”, “ล้มหลังและนอน”, “ล้มซ้าย” และ “ล้มหน้า” ใช้คำว่า คือ STSD, RF, BFLD, LF และ FF ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูและในอิริยาบถ “เดินและวิ่ง” จะบอกออกมาท้ายสุด หลังจากที่ไม่ตรงกับ 5 ช่วงในตอนแรก แสดงดังรูปที่ 3.17

STSD $[0 0 10 20]$ LF $[55 65 80 90]$
 RF $[10 18 32 40]$ FF $[80 90 100 100]$
 BFLD $[32 40 55 65]$



รูปที่ 3.17 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของการบ่งบอกอิริยาบถระบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 กฎของฟuzzyลอจิกระบบที่1

สมมติว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งทิศทางตามแนวแกนxแนวแกนyและแนวแกน z ตามลำดับ จึงได้ทำการออกแบบกฎของฟuzzyลอจิกโดยเปรียบเทียบจากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1กฎของฟuzzyลอจิกระบบที่1

ลำดับ	แกนx	แกนy	แกนz	อิริยาบถ
1	PositiveSmall	Positive	Positive	STSD
2	Negative Medium	Zero	Positive	RF
3	Negative Small	Zero	Negative	BFLD
4	Positive Medium	Zero	Positive	LF
5	PositiveSmall	Zero	Zero	FF
6	Negative Medium	Negative	Negative	WKRN
7	Negative Medium	Zero	Negative	WKRN
8	Negative Medium	Positive	Negative	WKRN
9	Negative Small	Negative	Negative	WKRN
10	Negative Small	Positive	Negative	WKRN
11	PositiveSmall	Negative	Negative	WKRN
12	PositiveSmall	Zero	Negative	WKRN
13	PositiveSmall	Positive	Negative	WKRN
14	Positive Medium	Negative	Negative	WKRN
15	Positive Medium	Zero	Negative	WKRN
16	Positive Medium	Positive	Negative	WKRN
17	Negative Medium	Negative	Zero	WKRN
18	Negative Medium	Zero	Zero	WKRN
19	Negative Medium	Positive	Zero	WKRN
20	Negative Medium	Positive	Positive	WKRN
21	Negative Small	Negative	Positive	WKRN
22	Negative Small	Zero	Positive	WKRN

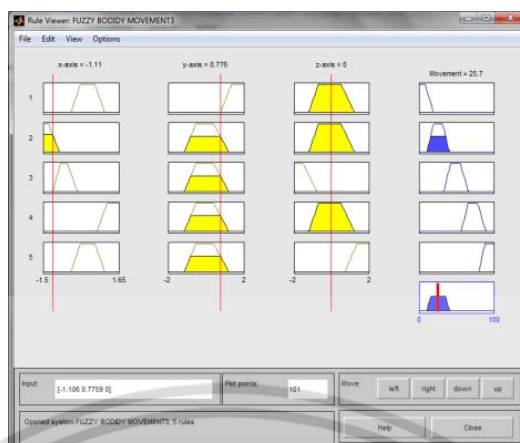
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 กฎของฟuzzyลอจิกระบบที่1(ต่อ)

ลำดับ	แกนx	แกนy	แกนz	อิริยาบถ
23	Negative Small	Positive	Positive	WKRN
24	PositiveSmall	Negative	Positive	WKRN
25	PositiveSmall	Zero	Positive	WKRN
26	Positive Medium	Negative	Positive	WKRN
27	Positive Medium	Positive	Positive	WKRN
28	Negative Small	Negative	Zero	WKRN
29	Negative Small	Zero	Zero	WKRN
30	Negative Small	Positive	Zero	WKRN
31	PositiveSmall	Negative	Zero	WKRN
32	PositiveSmall	Positive	Zero	WKRN
33	Positive Medium	Negative	Zero	WKRN
34	Positive Medium	Zero	Zero	WKRN
35	Positive Medium	Positive	Zero	WKRN
36	Negative Medium	Negative	Positive	WKRN

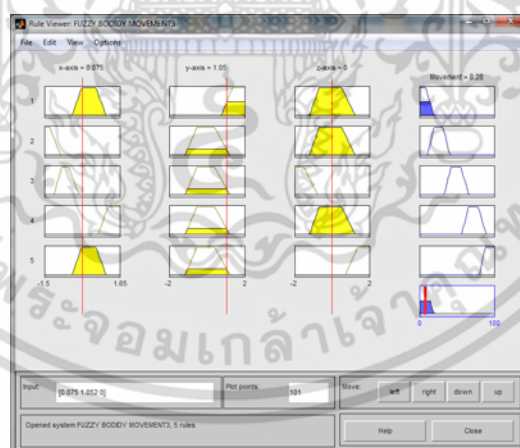
การทำงานวิจัยนี้ใช้วิธีเซนทรอยด์ ดีฟuzzyฟิเคชันเป็นการแปลงตัวแปรฟuzzyให้เป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งทิศทางตามแนวแกนต่างๆ เพื่อบ่งบอกอิริยาบถ

ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่ออธิบายการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ตามรูปที่ 3.18ที่ได้แสดงการบ่งบอกอิริยาบถ โดยให้ทำการป้อนค่าช่วงของความเร่งในช่องอินพุท



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการอนุมานของการล้มซ้ายระบบที่ 1

ยกตัวอย่างการอนุมานระบบ ค่าความเร่งในแนวแกน $x = -1.11 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $y = 0.776 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $z = 0 \text{ m/s}^2$ คำตอบที่ได้อยู่ในช่วงความเป็นสมาชิกของการยืนและไม่ตรงกับสมาชิกตัวอื่นเลย เมื่อเปรียบเทียบอย่างละเอียดแล้วค่าที่ออกมาจากเอาท์พุทจากรูปที่ 3.17 กับเอาท์พุทจากรูปที่ 3.18 ปรากฏว่าค่า Output = 25.7 ซึ่งจะตรงตรงกับในช่วงของการล้มซ้าย (RF)



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการอนุมานของยืนกับนั่งระบบที่ 1

การอนุมานระบบ ยกตัวอย่างเช่นค่าความเร่งในแนวแกน $x = 0.075 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $y = 1.05 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $z = 0 \text{ m/s}^2$ คำตอบ Output = 8.25 เมื่อเปรียบเทียบอย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วค่าที่ออกมาจากเอาท์พุทจากรูปที่ 3.17กับเอาท์พุทจากรูปที่ 3.19ปรากฏว่าค่าOutput = 8.29จะอยู่ในช่วงของยีนกับนั่ง(STSD)

3.2.2 การออกแบบฟิชชีลลิจระบบที่ 2

จากการออกแบบไปแล้วครั้งที่หนึ่ง ผู้ทำงานวิจัยเรื่องนี้มองว่าในครั้งแรกนั้นเป็นการออกระบบที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนต่อการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกและกฎในการใช้งาน ต่อไปนี้จะคำนึงถึงการลดความซับซ้อนโดยการออกแบบใหม่เพื่อให้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีจำนวนที่น้อยรวมไปถึงการใช้กฎด้วยเช่นกัน จากนั้นจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดแล้วว่า การเก็บข้อมูลช่วงของค่าความเร่งของเซ็นเซอร์ในแต่ละแกนโดยการเก็บข้อมูลหลายครั้งซ้ำๆ กันสามารถที่จะนำมาวิเคราะห์อีกในหนึ่งได้ จนได้ช่วงของข้อมูล ดังตารางที่ 3.2

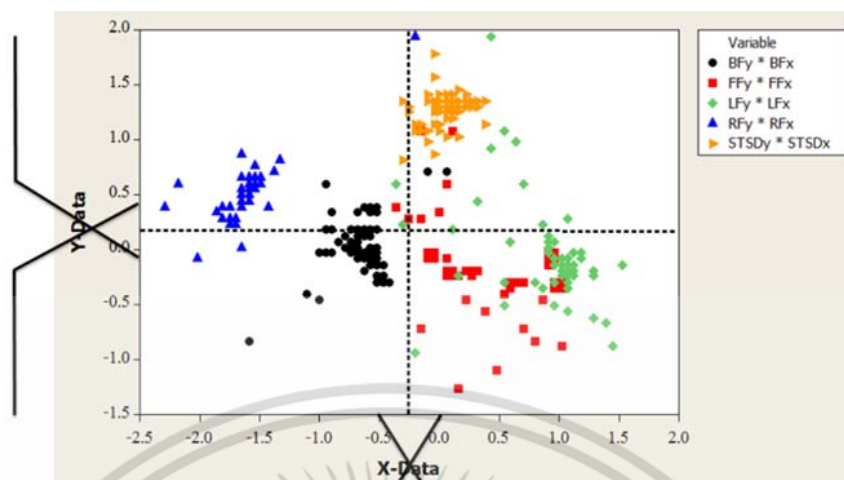
ตารางที่ 3.2 ช่วงความเร่งของเซ็นเซอร์ในแต่ละแกน

อิริยาบถ	X _{output} (m/s ²)	Y _{output} (m/s ²)	Z _{output} (m/s ²)
ยืนและนั่ง(STSD)	-0.25 ถึง 0.58	0.85 ถึง 1.7	-0.25 ถึง 0.65
ล้มขวา(RF)	-1.55 ถึง -0.95	0.55 ถึง 1.15	-0.55 ถึง -0.25
ล้มหลังและนอน(BFLD)	-0.75 ถึง -0.25	-0.25 ถึง 0.35	-1.75 ถึง -1.25
ล้มซ้าย(LF)	0.85 ถึง 1.45	-0.25 ถึง 0.15	-0.55 ถึง 0.25
ล้มหน้า(FF)	-0.25 ถึง 0.35	-0.25 ถึง 0.25	1.25 ถึง 1.75

เมื่อได้กำหนดที่แน่นอนแล้วว่า การแบ่งช่วงของค่าความเร่ง สามารถที่จะออกระบบการตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถนั้น จึงนำข้อมูลไปเขียนกราฟเป็นแบบแผนภาพกระจาย(scatter plots) เป็นครั้งที่สองโดยใช้ข้อมูลชุดเดิมจากครั้งที่หนึ่ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละอิริยาบถ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าความเร่งในแต่ละแกนของแต่ละอิริยาบถจะเป็นแบบเดิม แผนภาพแบบกระจายที่ได้จะอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถที่จะกำหนดความเป็นสมาชิกของแต่ละแกนครั้งใหม่ได้ การออกแบบฟิชชีลลิจดังรูปที่ 3.20 และ 3.21ตามลำดับ

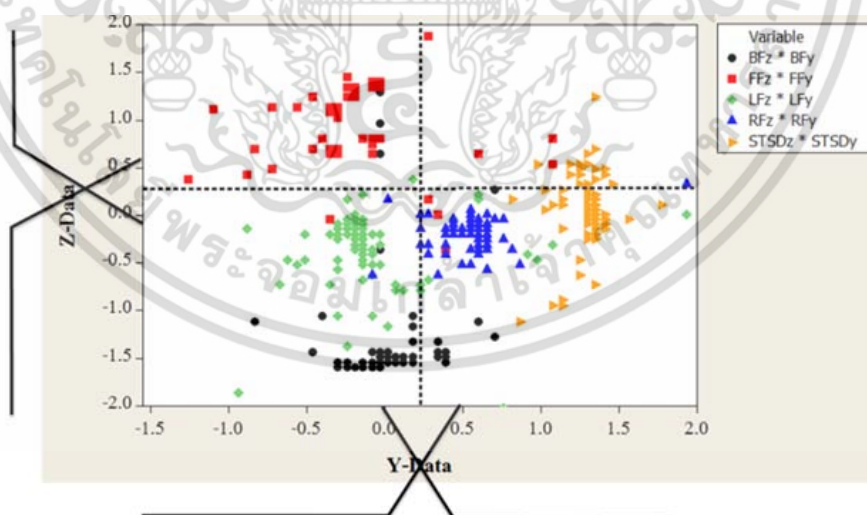
แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละข้อมูล ทำให้เห็นถึงข้อมูลเป็นกลุ่มนั้นก็เพียงพอที่จะสามารถกำหนดเงื่อนไขการสร้างกฎของฟิชชีลลิจเพื่อใช้สำหรับการออกแบบได้ ข้อมูลของด้านแกน X-Data โดยได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -2.5 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ในส่วนของ Y-Data ได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -1.5 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยกันดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y ระดับที่ 2

จากรูปที่ 3.21 เป็นแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของชุดข้อมูลในแต่ละข้อมูล ทำให้เห็นถึงข้อมูลเป็นกลุ่มนั้นก็เพียงพอที่จะสามารถกำหนดเงื่อนไขการสร้างกฎของฟuzzy logic เพื่อใช้สำหรับการออกแบบได้ ข้อมูลของด้านแกน Y-Data โดยได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -1.5 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ในส่วนของ Z-Data ได้กำหนดค่าความเร่งระหว่าง -2.0 ถึง 2.0 และได้แบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วย



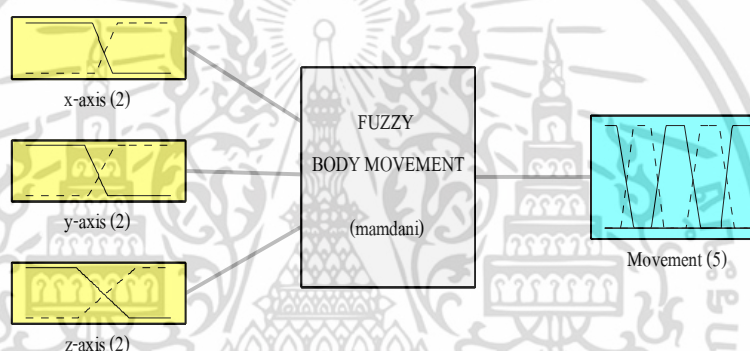
รูปที่ 3.21 แผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z ระดับที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นในการเขียนกราฟระหว่างแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน x กับค่าความเร่งในแนวแกน y และกราฟระหว่างแผนภาพกระจายค่าความเร่งในแนวแกน y กับค่าความเร่งในแนวแกน z นั้น แสดงให้เห็นการแบ่งเป็นช่วงของข้อมูลแล้ว จะนำไปออกแบบฟัซซี่ลอจิกโดยเอาค่าของช่วงข้อมูลนั้นกำหนดเป็นกฎของฟัซซี่ลอจิกอีกด้วย ดังนั้นต่อไปแสดงการใช้ Fuzzy Logic Toolbox ในโปรแกรม MATLAB

3.2.2.1 การออกแบบฟัซซี่ลอจิกระบบที่ 2

การจำลอง Fuzzy Logic Toolbox ในโปรแกรม MATLAB จึงทำให้ได้ตัวแปรอินพุต 3 อินพุตตัวแปรเอาต์พุต 1 เอาต์พุตและกฎที่ใช้มีทั้งหมด 8 กฎ ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบที่ 2

ตัวแปรอินพุต : ค่าความเร่งในแนวแกน x ค่าความเร่งในแนวแกน y และค่าความเร่งในแนวแกน z

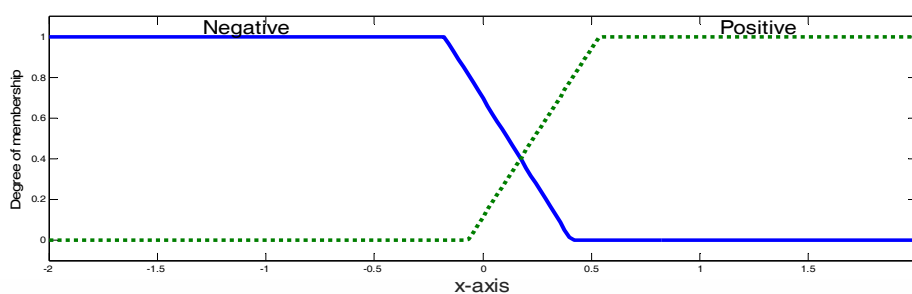
จากเซ็นเซอร์ความเร่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของความเร่งแต่ละแกนไม่เท่ากันเมื่อมีการเคลื่อนที่ของเซ็นเซอร์จากนั้นก็นำค่าของความเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นไปกระทำ โดยใช้ฟัซซี่ลอจิกในการคำนวณปริมาณการเปลี่ยนแปลง

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งในแนวแกน x คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ “ลบ” และ “บวก” ใช้คำว่า คือ Negative และ Positive ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือ ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.23

Negative $[-2.50 \ -2.50 \ -0.50 \ 0]$

Positive $[-0.50 \ 0.15 \ 1.50 \ 1.50]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

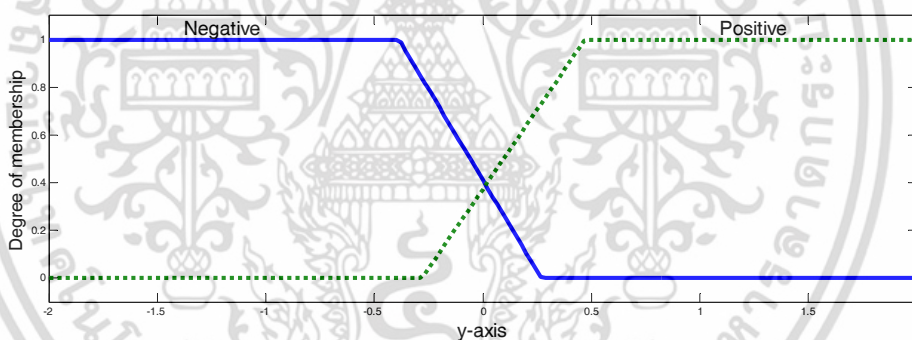


รูปที่ 3.23 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความแรงในแนวแกน ระบบที่2

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความแรงทางแกน y คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ “ลบ” และ “บวก” ใช้คำว่า คือ Negative และ Positive ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.24

Negative $[-1.50 \ -1.50 \ 0 \ 0.50]$

Positive $[0 \ 0.50 \ 2.00 \ 2.00]$



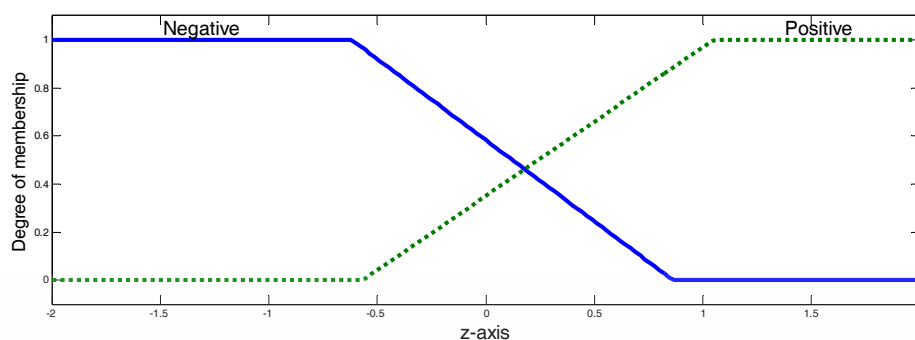
รูปที่ 3.24 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความแรงในแนวแกน ระบบที่2

ยูนิเวอร์สของการเปลี่ยนแปลงของค่าความแรงทางแกน z คือ $[-2.0, 2.0]$ แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ “ลบ” และ “บวก” ใช้คำว่า คือ Negative และ Positive ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู แสดงดังรูปที่ 3.25

Negative $[-2.00 \ -2.00 \ -0.50 \ 0.85]$

Positive $[-0.55 \ 1.05 \ 2.00 \ 2.00]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

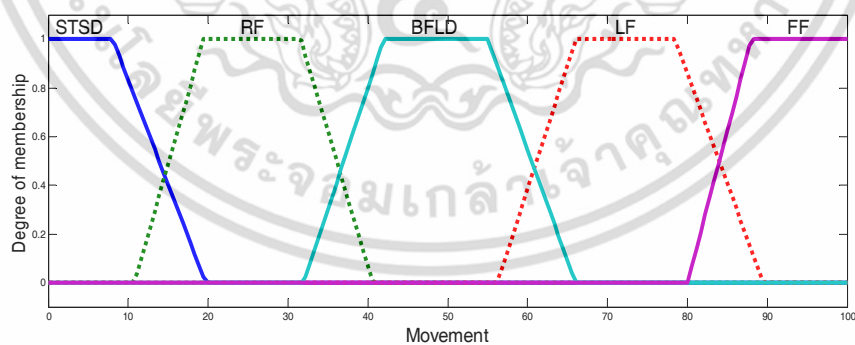


รูปที่ 3.25 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับค่าความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 2

ตัวแปรเอาต์พุต : การบ่งบอกอิริยาบถ

ยูนิเวอร์สของการบ่งบอกอิริยาบถคือ $[0, 100]$ แบ่งออกเป็น 5 ช่วงคือ “ยืนและนั่ง”, “ล้มขวา”, “ล้มหลังและนอน”, “ล้มซ้าย” และ “ล้มหน้า” ใช้ค่าย่อยๆ คือ STSD, RF, BFLD, LF และ FF ตามลำดับ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกคือฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูและในอิริยาบถ “เดินและวิ่ง” จะบอกออกมาท้ายสุด หลังจากที่ไม่ตรงกับ 5 ช่วงในตอนแรก แสดงดังรูปที่ 3.26

STSD	[0 0 10 20]
RF	[10 18 32 40]
BFLD	[32 40 55 65]
LF	[55 65 80 90]
FF	[80 90 100 100]



รูปที่ 3.26 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับการบ่งบอกอิริยาบถระบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 กฎของฟuzzyลอจิกระบบที่2

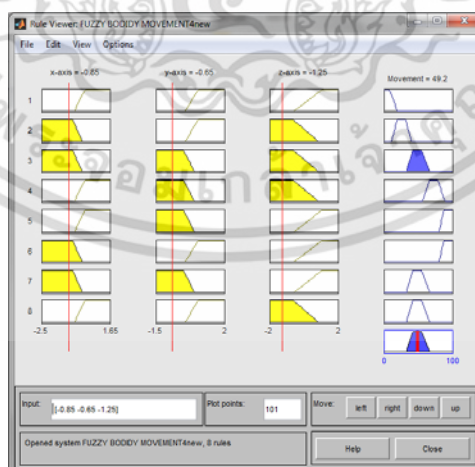
การเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งทิศทางตามค่าความเร่งในแนวแกนxแนวแกนyและแนวแกนz ตามลำดับ จึงได้ทำการออกแบบกฎของฟuzzyลอจิกขึ้นใหม่โดยเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3กฎของฟuzzyลอจิกระบบที่2

ลำดับ	แกนx	แกนy	แกนz	อิริยาบถ
1	Positive	Positive	Positive	STSD
2	Negative	Negative	Positive	RF
3	Negative	Negative	Negative	BFLD
4	Positive	Negative	Negative	LF
5	Positive	Positive	Negative	FF
6	Negative	Positive	Negative	WKRN
7	Negative	Positive	Positive	WKRN
8	Positive	Negative	Positive	WKRN

การทำงานวิจัยนี้ใช้วิธีเซนทรอยด์ ดีฟuzzyฟิเคชันเป็นการแปลงตัวแปรฟuzzyให้เป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงค่าความเร่งทิศทางตามแนวแกนต่างๆ เพื่อบ่งบอกอิริยาบถ

ในส่วนนี้ เป็นการนำเสนอตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่ออธิบายการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้กล่าวมาแล้ว ตามรูปที่ 3.27ที่ได้แสดงการบ่งบอกอิริยาบถ โดยให้ทำการป้อนค่าช่วงของความเร่งในช่องอินพุท

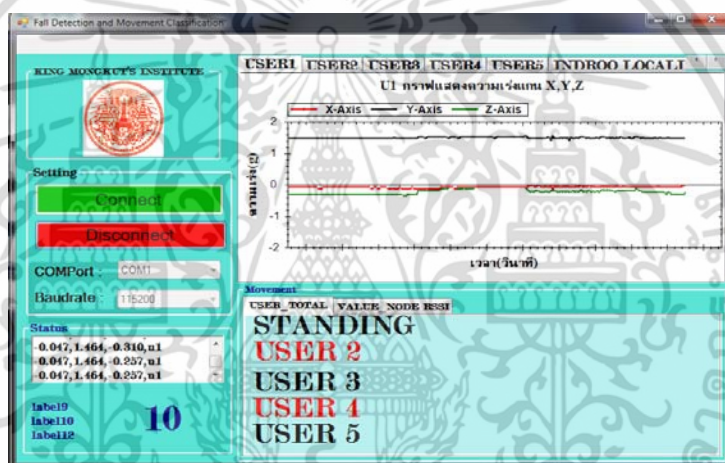


รูปที่ 3.27ตัวอย่างการอนุมานของการล้มหลังกับนอนระบบที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

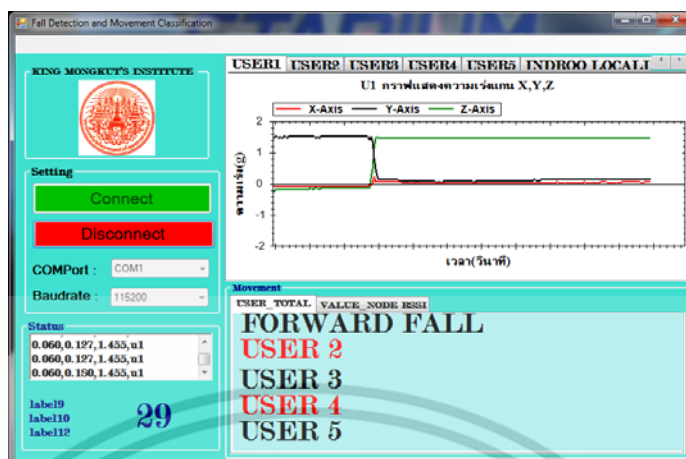
ยกตัวอย่างการอนุมานระบบเช่นค่าความเร่งในแนวแกน $x = -0.85 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $y = -0.65 \text{ m/s}^2$ ค่าความเร่งในแนวแกน $z = -1.25 \text{ m/s}^2$ ค่าตอบที่ได้อยู่ในช่วงความเป็นสมาชิกของการยืนและไม่ตรงกับสมาชิกตัวอื่นเลย เมื่อเปรียบเทียบอย่างละเอียดแล้วค่าที่ออกมาจากเอาต์พุตจากรูปที่ 3.26 กับเอาต์พุตจากรูปที่ 3.27 ปรากฏว่าค่า Output = 49.2 ซึ่งจะไปตรงกับในช่วงของการล้มหลังกับนอน (BFLD)

การทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟิก(GUI)ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดย ทำการตั้งค่า Comport และ Baudrate ให้ตรงกับพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับชิปที่ฝังรับข้อมูลหลังจากกดปุ่ม Connect โปรแกรมจะทำการรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อกับชิปที่ฝังส่งข้อมูลและนำมาแสดงผลอยู่ในรูปของกราฟค่าความเร่งในแนวแกน x ความเร่งในแนวแกน y และความเร่งในแนวแกน z ดังรูปที่ 3.28 และ 3.29 ตามลำดับ



รูปที่ 3.28 การทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟิกขณะผู้ทดสอบการยืน

จากรูปที่ 3.28 ตัวอย่างการแสดงผลการทำงานของโปรแกรมส่วนประสานกราฟิกขณะผู้ทดสอบการยืนนิ่งๆ ถึงจะแสดงออกทั้งในรูปแบบที่เป็นกราฟค่าความเร่งและภาษาเขียนเป็นอักษรอย่างชัดเจน เพื่อให้ง่ายแก่การบ่งบอกอิริยาบถต่างๆ ที่ได้ออกแบบโปรแกรมแสดงผล



รูปที่ 3.29 การทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟฟิกระหว่างผู้ใช้ทดสอบล้มไปข้างหน้า

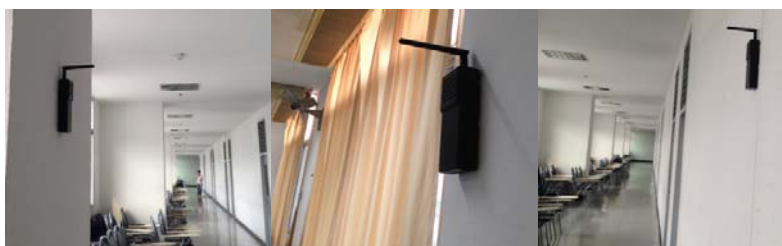
จากรูปที่ 3.29 เป็นตัวอย่างการแสดงผลการทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟฟิกระหว่างผู้ใช้ทดสอบล้มไปข้างหน้า

3.3 ระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

จากบทที่ 2 ในการเลือกวัดระดับสัญญาณโดยใช้เทคนิคการวัดแบบ RSSI เพราะมีต้นทุนไม่สูง และมีอุปกรณ์เสริมไม่มาก แต่ความแม่นยำก็ไม่สูงมากนัก ในการวัดสัญญาณยังมีปัจจัยอีกหลายที่มีผลกระทบต่อความเข้มหรือกำลังสัญญาณ เช่น การสะท้อนของสัญญาณ การเลี้ยวเบนของสัญญาณ การกระเจิงของสัญญาณ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ทำให้ค่าสัญญาณที่ได้ อาจจะมีค่ามากกว่าหรือต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งผลของปัจจัยเหล่านี้มาจากสภาพแวดล้อมและสิ่งกีดขวางต่างๆ เช่น กำแพง ผนัง หน้าต่าง โถง ประตู คน และอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นในการคำนวณข้อมูลที่อาศัยสัญญาณอย่างเดียวกับวิธี Fingerprint ตามสมการที่ 2.13 จะทำให้มีความผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง เพื่อให้ปัจจัยต่างๆ มีผลต่อกำลังสัญญาณลดลงและให้การคำนวณการระบุตำแหน่งมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จึงได้ใช้วิธีการของ Weighted Distance Fingerprint เข้ามาช่วยโดยจะให้ค่าน้ำหนักในแต่ละบริเวณ ของสัญญาณแต่ไหนแต่ไรหมาย ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.17

ในการทำงานของระบบการระบุตำแหน่งภายในอาคารซึ่งได้ใช้วิธีการของการหาระยะทางแบบยูคลิดร่วมกับ Weighted Distance Fingerprint ตามหัวข้อที่ 2.5.2 โดยงานวิจัยเรื่องนี้จะใช้ซิกบีรุ่น Xbee Pro Series2 กำหนดให้ทำหน้าที่เป็น Router จำนวน 3 ตัว หรือเรียกว่าอีกอย่างว่า Router A, Router B และ Router C ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 3.30 ตำแหน่งการติดตั้ง Router (ก) Router A (ข) Router B (ค) Router C

Router จำนวน 3 ตัวจะติดตั้งกระจายให้ครอบคลุมบริเวณมากที่สุด ตามรูปที่ 3.31 โดยในการทดลองได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 11 บริเวณและทำการวัดค่าความแรงของสัญญาณในแต่ละบริเวณ โดยให้ Router A, Router B และ Router C แต่ละตัวทำหน้าที่ในการวัดค่าความแรงของสัญญาณที่อ่านได้จากตัวผู้สูงอายุที่ได้สวมใส่เซ็นเซอร์จากสัญญาณความแรงของ Router A, Router B และ Router C ในแต่ละตัวจะนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักในแต่ละบริเวณ จากสมการที่ 3.1

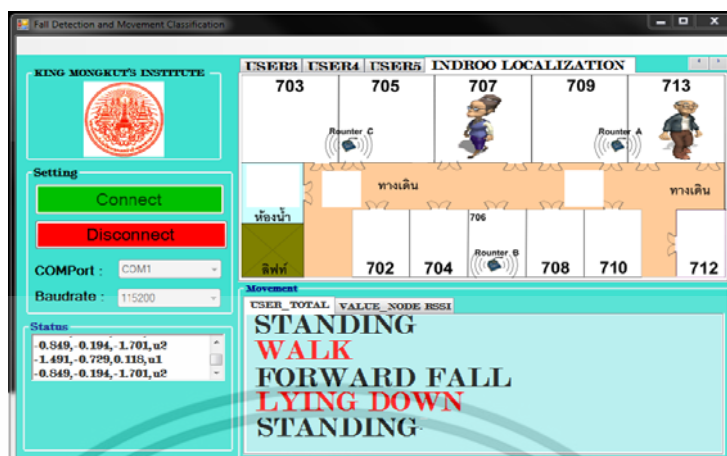
$$w_m = \frac{1/\text{var}_m}{\sum_{m=1}^M 1/\text{var}_m} \quad (3.1)$$

นำค่าน้ำหนัก w_m ไปคำนวณรวมกับวัดค่ากำลังสัญญาณ คำนวณตามสมการที่ 3.2

$$\text{dist}_n(x_n, y_n) = \sum_{m=1}^M w_m (r_m - \text{rssi}_{n,m})^2 \quad (3.2)$$

เมื่อ $\text{dist}_n(x_n, y_n)$ คือระยะทางยูคลิดระหว่างกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์วัดได้และกำลังสัญญาณในฐานข้อมูล r_m คือกำลังสัญญาณที่เซ็นเซอร์ตัวที่ m วัดได้ $\text{rssi}_{n,m}$ คือกำลังสัญญาณของจุดอ้างอิงที่ n ในฐานข้อมูลเซ็นเซอร์ตัวที่ m วัดได้ M คือจำนวนเซ็นเซอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการระบุตำแหน่งและจากสมการที่ 3.2 สามารถระบุตำแหน่งผู้สวมใส่ในตำแหน่งหมายเลขห้องที่อยู่ ณ ตำแหน่งนั้นๆ แสดงดังรูปที่ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 โปรแกรมการตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถของทุกคนและพร้อมทั้งระบุตำแหน่งภายในอาคาร

จากรูปที่ 3.31 ตัวอย่างการแสดงผลการทำงานของโปรแกรมส่วนผู้ใช้ประสานกราฟฟิกของผู้ทดสอบทั้งหมด ถึงจะแสดงออกทั้งในรูปแบบที่เป็นกราฟค่าความเร่งและภาษาเขียนที่ระบุเป็นตัวอักษรอย่างชัดเจนเพื่อให้การตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถต่างๆ ที่ได้ออกแบบโปรแกรมแสดงผลของทุกคน และนอกจากนั้นสามารถดูกราฟหรืออิริยาบถของทุกคนได้ โปรแกรมที่ออกแบบไว้ก็ยังสามารถเลือกที่จะดูของคนใดคนหนึ่งได้อีกด้วยและพร้อมทั้งระบุตำแหน่งภายในอาคารว่ามีผู้สูงอายุคนใดอยู่ในตำแหน่งห้องหมายเลขใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

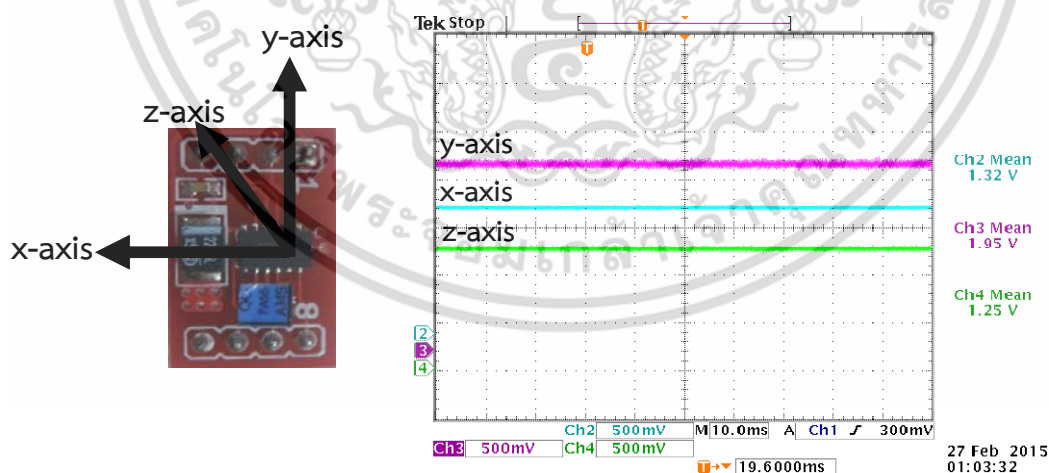
บทที่ 4

ผลการทดลองและดำเนินงานวิจัย

การตรวจจับการลัดและการจำแนกอิริยาบถรวมไปถึงการระบุตำแหน่งภายในอาคารที่ได้นำเสนอ หลังจากการออกแบบวงจร การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการส่งข้อมูลแบบ ไร้สาย การตรวจจับการลัดและการจำแนกอิริยาบถโดยระบบอนุমানตรรกะคลุมเครือและการ ระบุตำแหน่งจะใช้หลักการของการหาระยะทางแบบยูคลิดการออกแบบส่วนประสานกราฟิก(Graphic User Interface:GUI)ในบทนี้จะนำเสนอ ผลการทดลองอ่านค่าแรงดันจากเซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน ผล การทดลองแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ผลการทดลองวัดระดับความแรงของสัญญาณ ผลการ ทำงานของพีซีลلاجิกและผลการทดลองการวิเคราะห์การตรวจจับการลัดและจำแนกอิริยาบถแบบต่างๆ

4.1 ผลการทดลองวัดระดับสัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่งใช้ออสซิลโลสโคป

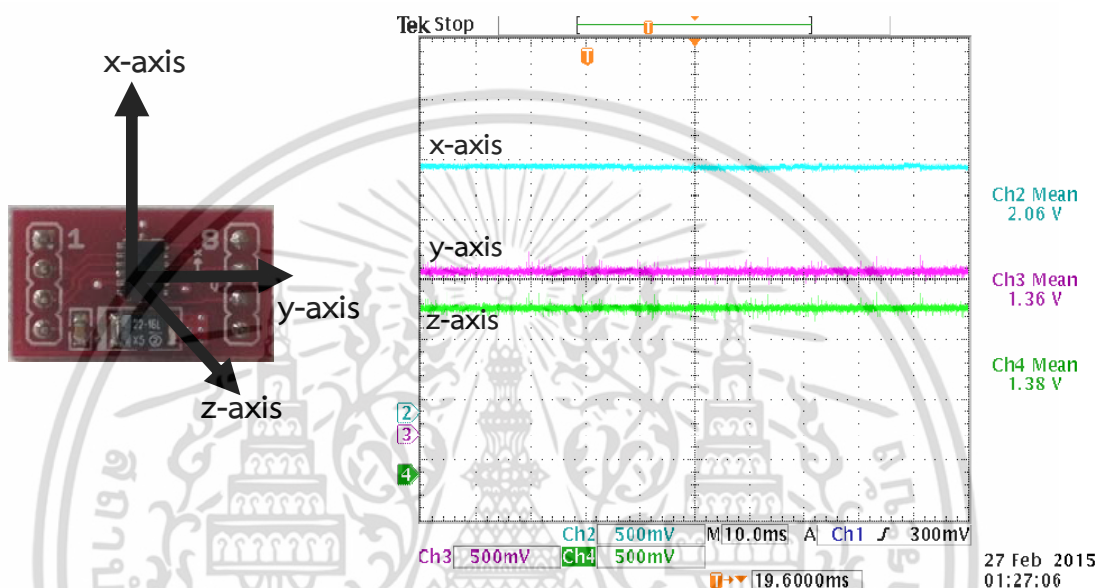
เนื่องจากเซนเซอร์ที่นำมาใช้ในการวิจัยเรื่องนี้มีความเร่งถึง 3 แกนเพราะฉะนั้นจะต้องเริ่มจาก การทดลองวัดระดับสัญญาณในแต่ละแกน เพื่อให้รู้ความเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่ง โดยได้ทดลองการ วางตำแหน่งแกนที่เซนเซอร์สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะต่างๆ โดยกำหนดให้ Ch2 เป็นความเร่ง ในแนวแกนxส่วน Ch3 เป็นค่าความเร่งในแนวแกนyและ Ch4 เป็นความเร่งในแนวแกนz



รูปที่ 4.1 ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ความเร่งในแนว y ให้ตั้งฉากกับพื้นโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 การแสดงสัญญาณที่วัดขณะเซนเซอร์ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือไม่มีการขยับ เมื่อให้ความแรงในแนวแกน y อยู่ในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นโลก พบว่า Ch2 ซึ่งเป็นความแรงในแนวแกน x มีค่าระดับสัญญาณ 1.32 โวลต์ Ch3 เป็นความแรงในแนวแกน y มีค่าระดับสัญญาณ 1.95 โวลต์ และ Ch4 เป็นความแรงในแนวแกน z มีค่าระดับสัญญาณ 1.25 โวลต์ ซึ่งระดับสัญญาณในแนวแกน y จะมีค่าสูงสุด



รูปที่ 4.2 ค่าแรงดันที่วัดจากเซนเซอร์ความแรงในแนว x ให้ตั้งฉากกับพื้นโลก

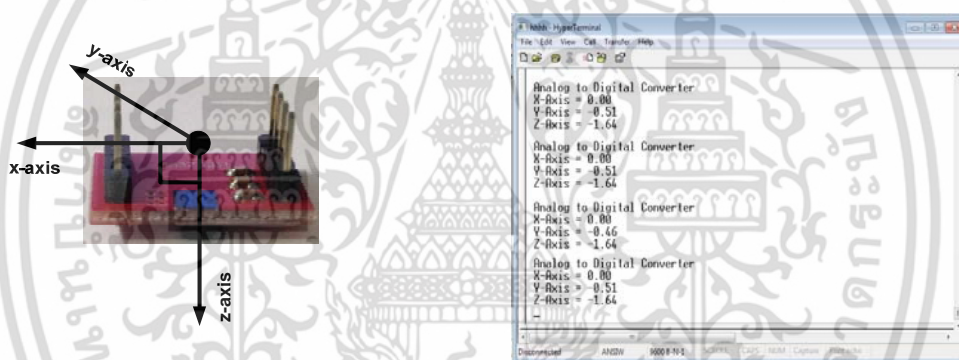
จากรูปที่ 4.2 เมื่อเปลี่ยนให้ความแรงในแนวแกน x ตั้งอยู่ในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นโลก จะได้ค่าระดับสัญญาณที่วัดโดยสัญญาณของความแรงในแนวแกน y อยู่ที่ 1.36 โวลต์ ความแรงในแนวแกน z ที่อยู่นั้นสามารถวัดค่าระดับสัญญาณ 1.38 โวลต์ เท่ากับระดับสัญญาณในแนวแกน y และระดับสัญญาณในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในแนวตั้งสามารถอ่านค่าระดับสัญญาณได้สูงสุดเท่ากับ 2.06 โวลต์

เนื่องจากเซนเซอร์ความแรง 3 แกน จะมีค่าระดับสัญญาณแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางของแต่ละแกน ซึ่งระดับสัญญาณที่เกิดจากการที่ทิศทางเปลี่ยนไปของแต่ละแกนจะถูกนำมาใช้ในวิเคราะห์เพื่อบ่งบอกถึงอิริยาบถในการล้มของบุคคล จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ต้องทดลองการเปลี่ยนทิศทางในลักษณะต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเซนเซอร์และตำแหน่งของการวางเซนเซอร์ในแกนที่แตกต่างกัน ในการทดลองจะทำการทดสอบซ้ำๆ กันสามารถที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแต่ละแกนต่าง ๆ ค่าการเปลี่ยนแปลงของความแรงในแต่ละแกนแสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองเซนเซอร์ความเร่งโดยการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล

เพื่อความถูกต้องในการรับ-ส่งข้อมูล และความรวดเร็วในการส่งข้อมูล จึงได้ทำการทดลองเพื่อเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านค่าความละเอียดถึง 10 บิต โดยผ่านโปรแกรม Hyper Terminal ในการรับค่าและแสดงค่าที่อ่านได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าที่แสดงจะกำหนดให้แสดงค่าความเร่งทั้งในแนวแกน x แนวแกน y และแนวแกน z ต่อเนื่องกันทุกๆ 200 มิลลิวินาทีมีการสื่อสารกันโดยใช้พอร์ตอนุกรม (serial port) จากคอมพิวเตอร์และนำค่าที่ได้มาแสดงที่หน้าต่าง Hyper Terminal ตัวอย่างผลการทดลองรับและส่งค่าแสดงดังในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล

จากการวัดโดยระดับสัญญาณในการทดลองการเปลี่ยนทิศทางของแกนต่าง ๆ ของเซนเซอร์ความเร่งโดยใช้ข้อสซิลโลสโคป ทำให้ทราบว่าค่าของแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามการวางตำแหน่งหรือทิศทางในลักษณะต่างๆ ซึ่งเมื่อแนวแกน y มีทิศทางลงในแนวตั้งจะมีระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.89 m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวตั้งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.98 m/s^2 เมื่อปรับทิศทางให้แนวแกน x ทิศทางลงในแนวตั้งจะมีค่าระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.27 m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวตั้งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.88 m/s^2 เมื่อปรับทิศทางให้ในแนวแกน z ทิศทางลงในแนวตั้งจะมีค่าระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.30 m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวตั้งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.84 m/s^2 ซึ่งระดับสัญญาณของสองแกนที่อยู่ในแนวระดับทุกกรณีจะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อได้ระดับสัญญาณที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแต่ละแกนแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการอ่านค่าโดยใช้


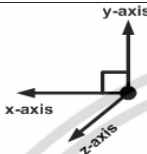

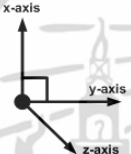





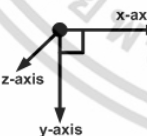
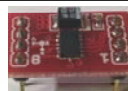
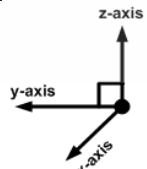
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และส่งข้อมูลไร้สายไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะนำข้อมูลค่าความเร่งที่ได้ไปใช้ในฟิซซึลลจิกต่อไป

จากการอ่านค่าความเร่งที่วัดได้จากเซนเซอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามการวางตำแหน่งหรือเปลี่ยนทิศทางในลักษณะต่างๆ แล้วนั้นจากการทดลองในตอนต้นที่กล่าวมา โดยนำเซนเซอร์ความเร่งไปใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล จึงได้ทำการทดสอบการอ่านซ้ำๆ หลายครั้ง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวัดจากออสซิลโลสโคปกับผลไมโครคอนโทรลเลอร์ค่าระดับสัญญาณที่แสดงมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อทิศทางของแกนอยู่ในทิศทางเดียวกันคือ ซึ่งเมื่อแนวแกน y มีทิศทางลงในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.82m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.85m/s^2 เมื่อปรับทิศทางให้แนวแกน x ทิศทางลงในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.27 m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.79m/s^2 เมื่อปรับทิศทางให้แนวแกน z ทิศทางลงในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณต่ำกว่า -1.35m/s^2 และเมื่อมีทิศทางขึ้นในแนวดิ่งจะมีค่าระดับสัญญาณสูงกว่า 1.74 m/s^2 ซึ่งระดับสัญญาณของสองแกนที่อยู่ในแนวระดับทุกกรณีจะมีค่าใกล้เคียงกันและระดับสัญญาณนี้สามารถที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงทำให้ทราบถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของความเร่งในแต่ละแกนจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.1

จากการทดลองวัดระดับสัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่งโดยใช้ออสซิลโลสโคปกับระดับสัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่งที่ส่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลผลค่าความเร่งในแต่ละแกนแสดงให้เห็นตามตารางที่ 4.1 ว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการรับและส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านโปรแกรม Hyperterminal สามารถใช้ในการรับและส่งข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์การตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถได้

ตารางที่ 4.1 การวัดระดับของสัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่ง

ลักษณะการวางเซนเซอร์	ทิศทางของแกนเซนเซอร์	อ่านค่าจากออสซิลโลสโคป			อ่านค่าจากไมโครโทรลเลอร์		
		x-axis (m/s^2)	y-axis (m/s^2)	z-axis (m/s^2)	x-axis (m/s^2)	y-axis (m/s^2)	z-axis (m/s^2)
		1.43	1.92	1.39	1.39	1.82	1.32
		1.41	1.92	1.44	1.35	1.82	1.35
		1.42	1.94	1.45	1.42	1.84	1.35
		1.39	1.89	1.41	1.39	-1.89	1.31
		1.93	1.35	1.43	1.81	1.31	1.33
		1.90	1.38	1.40	1.89	1.31	1.40
		1.89	1.35	1.43	1.79	1.35	1.33
		1.93	1.36	1.45	1.83	1.34	1.35
		-1.28	1.48	1.51	-1.28	1.38	1.41
		-1.31	1.45	1.50	-1.31	1.45	1.40
		-1.33	1.48	1.51	-1.33	1.28	1.41
		-1.28	1.49	1.54	-1.28	1.39	1.44
		1.52	1.52	-1.32	1.62	1.52	-1.38
		1.55	1.51	-1.34	1.65	1.51	-1.36
		1.51	1.54	-1.32	1.61	1.54	-1.38
		1.54	1.52	-1.35	1.64	1.52	-1.35
		1.34	-1.99	1.29	1.34	-1.85	1.19
		1.36	-2.03	1.25	1.36	-2.13	1.25
		1.30	-1.99	1.27	1.30	-1.97	1.20
		1.34	-1.97	1.29	1.34	-1.87	1.25
		1.43	1.45	1.86	1.33	1.40	1.76
		1.45	1.40	1.85	1.40	1.30	1.75
		1.43	1.45	1.86	1.40	1.35	1.87
		1.41	1.43	1.89	1.46	1.33	1.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการทดลองการรับส่งข้อมูลและการวัดค่ากำลังของสัญญาณเสร็จแล้วต่อไปเป็นทดสอบโปรแกรมการบันทึกข้อมูลความเร่งในอริยาบถต่างๆ ให้อยู่รูปแบบของไฟล์นามสกุลCSV โดยได้ทำการบันทึกทุกๆ 200 มิลลิวินาที เพื่อให้สามารถนำไปพล็อตกราฟในโปรแกรม Excel ได้แสดงในรูป 4.4

	A	B	C	D
1	0.11	1.3	0.27	
2	0.11	1.3	0.27	
3	0.11	1.35	0.17	
4	0.11	1.3	0.27	
5	0.16	1.08	0.65	
6	0.27	0.82	0.65	
7	0	0.82	-0.36	
8	0.06	-0.4	0.97	
9	0.16	-0.35	1.29	
10	-0.74	0.02	-1.48	
11	-0.63	-0.03	-1.54	
12	-0.68	-0.03	-1.54	
13	-0.68	-0.03	-1.54	
14	-0.68	-0.03	-1.54	
15	-0.68	-0.03	-1.54	
16	-0.68	-0.03	-1.54	
17	-0.68	-0.03	-1.54	
18	-0.68	-0.03	-1.54	
19	-0.68	-0.03	-1.54	
20	-0.68	-0.03	-1.54	
21	-0.68	-0.03	-1.54	

รูปที่ 4.4 บันทึกข้อมูลไว้ในไฟล์นามสกุล CSV

จากรูปที่ 4.4 จำนวนข้อมูลที่ถูกบันทึก ข้อมูลที่ถูกบันทึกนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ช่อง AB และ C โดยที่คอลัมน์ A เป็นค่าความเร่งในแนวแกน x ส่วนคอลัมน์ B เป็นค่าความเร่งในแนวแกน y และคอลัมน์ C เป็นค่าความเร่งในแนวแกน z การเก็บข้อมูลลงในไฟล์เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการฟิตชี่ลอจิกในการแยกแยกกลุ่มอริยาบถแยกกระบวนการเป็นฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 1 และฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 2 ซึ่งกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

4.3 ผลการทดลองการออกแบบฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 1 และฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 2

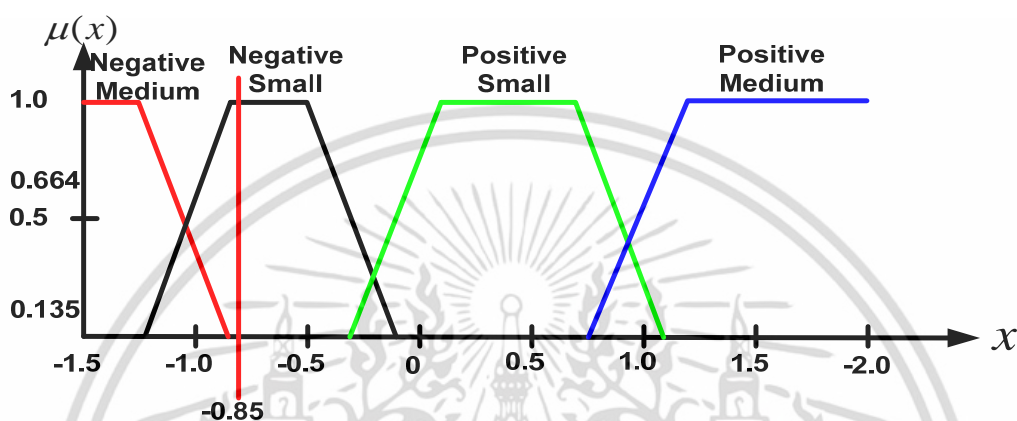
ฟิตชี่ลอจิกได้ทำการออกแบบเป็น 2 ระบบ ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยแบ่งเป็นฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 1 และฟิตชี่ลอจิกระบบที่ 2 ผลจากการทดสอบและการทดลองของทั้งสองแบบกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

4.3.1 ผลการทดลองการออกแบบระบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

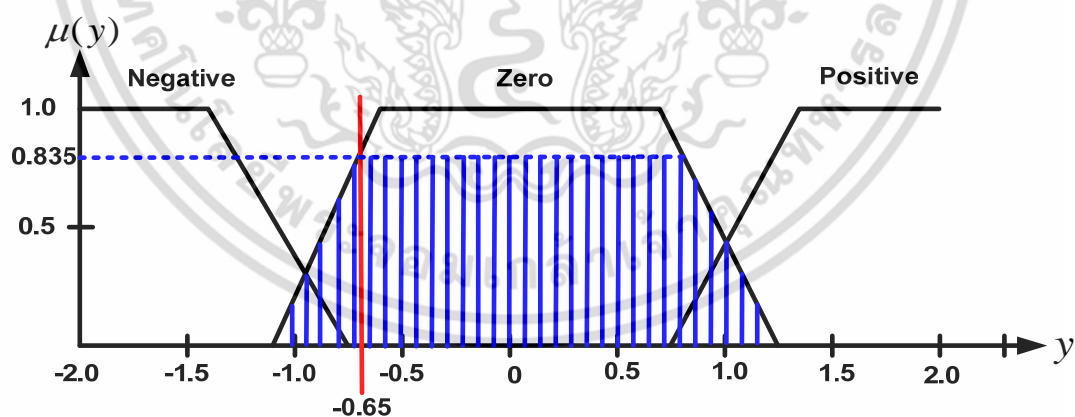
การทำFuzzification

จากการออกแบบmembershipแบบระบบที่ 1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบตัวอย่างหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบระบบที่ 1คือกำหนดค่าความเร็วในแนวแกน $x = -0.85\text{m/s}^2$ อยู่ในส่วนของฟัซซีเซต NegativeSmall และฟังก์ชันความเป็นสมาชิก(Degree of Membership)มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร็วในแนว x แบบระบบที่ 1

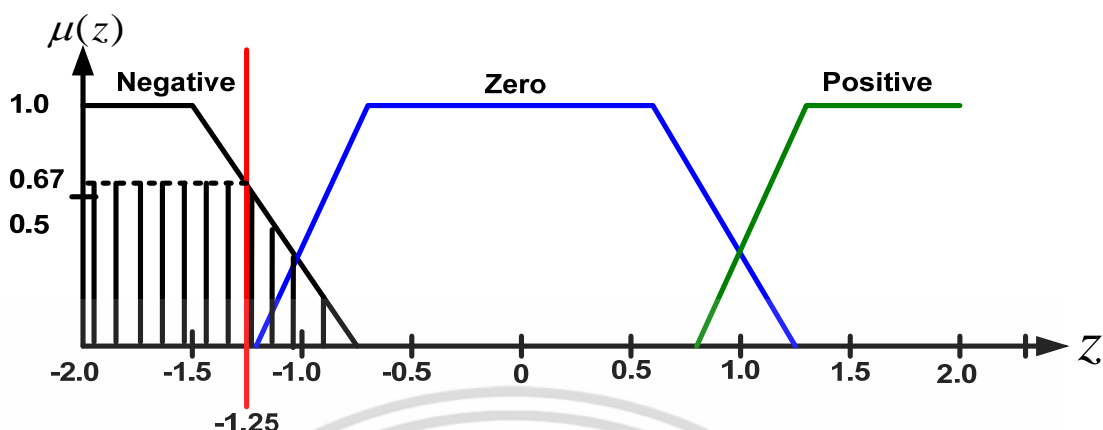
เมื่อค่าความเร็วของ $y = -0.65\text{m/s}^2$ อยู่ในส่วนของฟัซซีเซตZero และค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.835 ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร็วในแนว y แบบระบบที่ 1

เมื่อค่าความเร็วในแนวแกน $z = -1.25\text{m/s}^2$ อยู่ในส่วนของฟัซซีเซตNegativeค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.67 ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



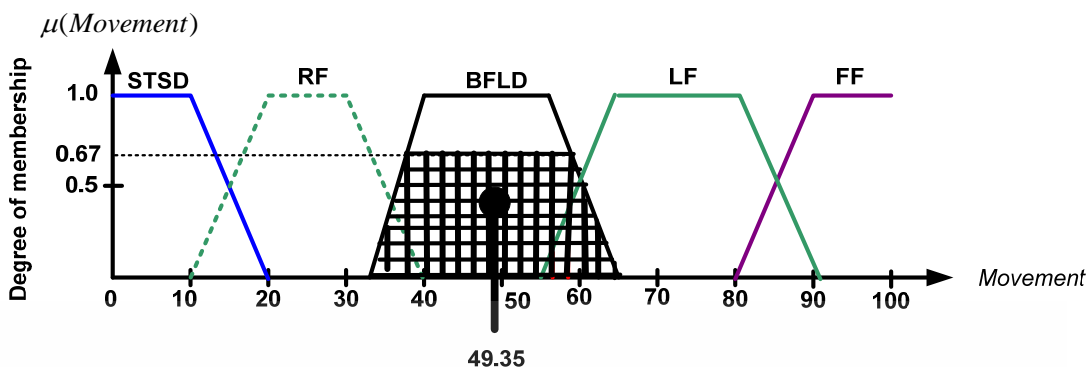
รูปที่ 4.7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนวแกน z ระบบที่ 1

การทำ Rule evaluation

ในขั้นตอนนี้จะต้องใช้ Fuzzy Operation ในการดำเนินการเพื่อใช้การตรวจสอบกฎที่เกิดขึ้นสำหรับ ค่าความเร่งในแนวแกน $x = -0.85 \text{ m/s}^2$, ความเร่งในแนวแกน $y = -0.65 \text{ m/s}^2$ และ ความเร่งในแนวแกน $z = -1.25 \text{ m/s}^2$ ได้ทั้งหมด 36 rule คือ

- Rule: 1 if x is Positive Small 0 \Rightarrow
 and y is Positive 0 \Rightarrow
 and z is Zero 0 \Rightarrow
 then Movement is STSD \Rightarrow then $\min[0,0,0]$
 $\mu(\text{movement}) = 0$
- Rule: 2 if x is Negative Medium \Rightarrow 0
 and y is Zero 0 \Rightarrow
 and z is Zero 0 \Rightarrow
 then Movement is RF then $\min[0,0,0]$
 $\mu(\text{movement}) = 0$
- Rule: 3 if x is Negative Small 1 \Rightarrow
 and y is Zero 0.835 \Rightarrow
 and z is Negative \Rightarrow 0.67
 then Movement is BFLD \Rightarrow then $\min[1,0.835,0.67]$
 $\mu(\text{movement}) = 0.67$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กระบวนการทำ Aggregation และ Defuzzification ระบบที่ 1

ผลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์อิริยาบถโดยใช้กระบวนการ Defuzzification จะสามารถที่จะแยกแยะอิริยาบถที่ผลจาก Rule บอกได้เป็นสองอิริยาบถ และแยกแยะไม่ได้

การทำ Defuzzification

กระบวนการ Defuzzification ใช้หลักการคล้ายกับการหาการหาจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุ Center of Gravity (COG) เรียกว่าการหา Centroid ในการ Defuzzification ซึ่งตัวอย่างของกระบวนการในการคำนวณเพื่อหา COG สำหรับ ค่าความเร่งในแนวแกน $x = -0.85 \text{ m/s}^2$ ความเร่งในแนวแกน $y = -0.65 \text{ m/s}^2$ และความเร่งในแนวแกน $z = -1.25 \text{ m/s}^2$ ตัวอย่างในรูปที่ 4.10 สามารถหาค่า COG โดยการหาพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดในส่วนที่แรเงาคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)} \quad (4.1)$$

$$COG = \frac{(32 \times 0) + (35 \times 0.3) + (42 \times 0.67) + (45 \times 0.67) + (50 \times 0.67) + (55 \times 0.67) + (60 \times 0.5) + (65 \times 0)}{0.3 + 0.3 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.5 + 0.5}$$

$$= \frac{211.22}{4.48} = 49.35$$

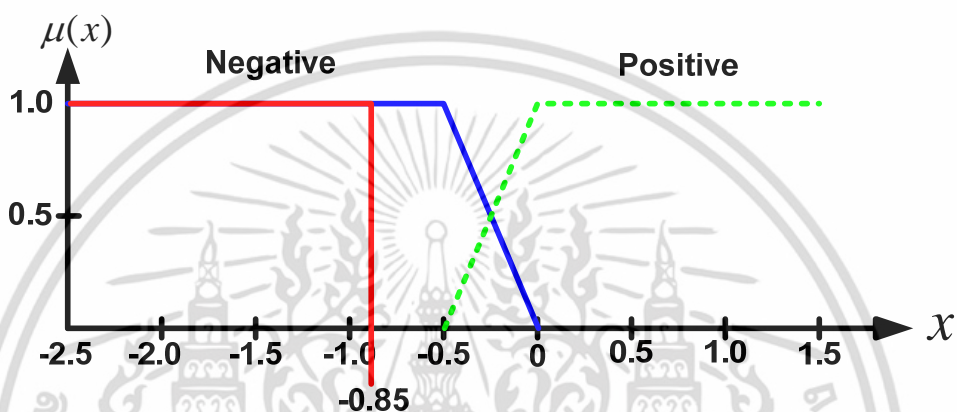
ค่าที่ได้เท่ากับ 49.35 นั้นแสดงให้ว่าการจำแนกอิริยาบถโดยใช้ฟัซซีลอจิกจะในช่วงของอิริยาบถล้มหลังกับนอน (BFLD) ซึ่งตรงตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองการออกแบบระบบที่ 2

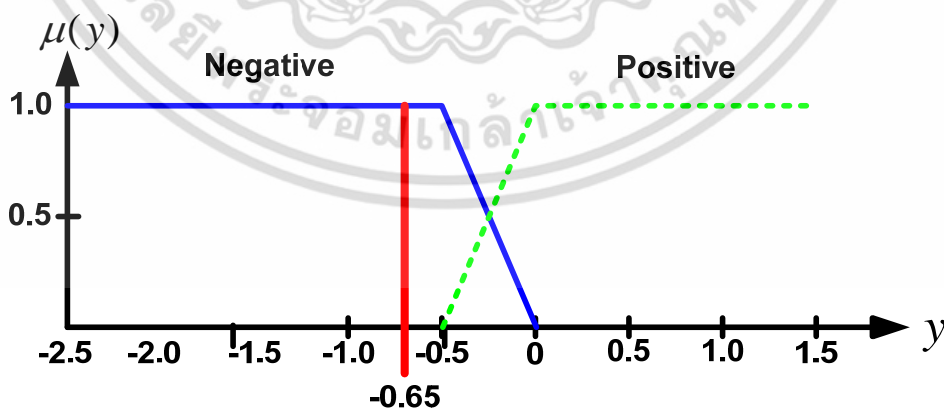
การทำ Fuzzification

จากการออกแบบ Membership แสดงค่าความเร่งในแนวแกน $x = -0.85 \text{m/s}^2$ อยู่ในส่วนของฟัซซีเซต Negative และฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนวระบบที่ 2

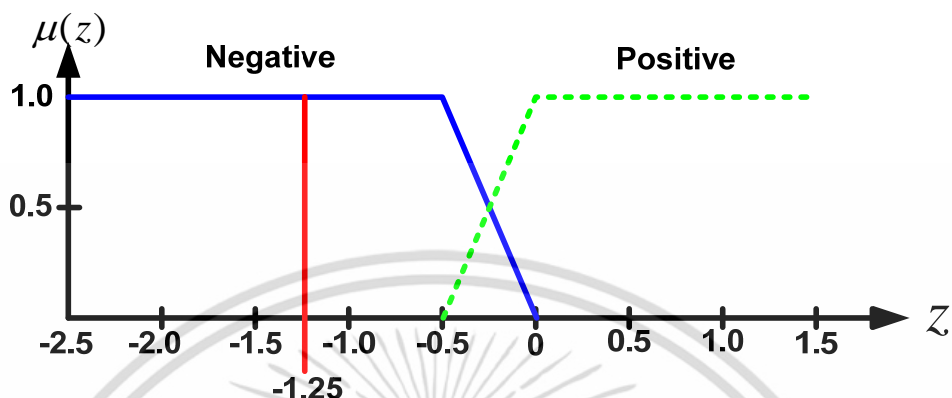
จากค่าความเร่งของ y-axis = -0.65m/s^2 อยู่ในส่วนของฟัซซีเซต Negative และค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร่งในแนวระบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าความเร็วของ $z = -1.25 \text{ m/s}^2$ อยู่ในส่วนของฟัซซีเซต Negative ได้ค่าความเป็นสมาชิกของค่าความเร็วของ z มีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกความเร็วในแนวระบบที่ 2

การทำ Rule evaluation

เกิดขึ้น
ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ FuzzyOperation ในการดำเนินการเพื่อใช้การตรวจสอบกฎที่

Rule: 1 if x isPositive \Rightarrow 0
 and y is Positive 0 \Rightarrow 0
 and z is Positive \Rightarrow 0
 then Movement is STSD \Rightarrow then $\min[0,0,0]$
 $\mu(\text{movement}) = 0$

Rule: 2 if x isNegative 1 \Rightarrow
 and y is Positive \Rightarrow 0
 and z is Negative \Rightarrow 1
 then Movement is RF \Rightarrow then $\min[1,0,1]$
 $\mu(\text{movement}) = 0$

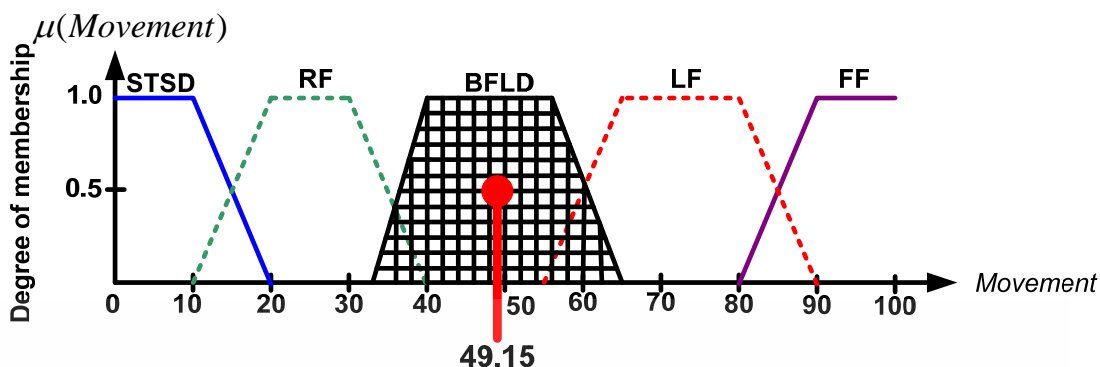
Rule: 3 if x isNegative 1 \Rightarrow
 and y is Negative 1 \Rightarrow
 and z is Negative \Rightarrow 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	then Movement is BFLD	\Rightarrow	then $\min[1,1,1]$
	$\mu(\text{movement}) = 1$		
Rule: 4	if x is Positive 0.	\Rightarrow	
	and y is Negative 1	\Rightarrow	
	and z is Negative 1	\Rightarrow	
	then Movement is LF	\Rightarrow	then $\min[0,1,1]$
	$\mu(\text{movement}) = 0$		
Rule: 5	if x is Positive 0	\Rightarrow	
	and y is Negative 1	\Rightarrow	
	and z is Negative 0	\Rightarrow	
	then Movement is FF	\Rightarrow	then $\min[0,1,0]$
	$\mu(\text{movement}) = 0$		
Rule: 6	if x is Negative	\Rightarrow	1
	and y is Negative	\Rightarrow	0
	and z is Negative	\Rightarrow	0
	then Movement is FF	\Rightarrow	then $\min[1,0,0]$
	$\mu(\text{movement}) = 0$		
Rule: 7	if x is Negative	\Rightarrow	1
	and y is Negative 1	\Rightarrow	
	and z is Negative	\Rightarrow	0
	then Movement is BFLD	\Rightarrow	then $\min[1,1,0]$
	$\mu(\text{movement}) = 0$		
Rule: 8	if x is Negative	\Rightarrow	0
	and y is Negative 0	\Rightarrow	
	and z is Negative	\Rightarrow	1
	then Movement is BFLD	\Rightarrow	then $\min[0,0,1]$
	$\mu(\text{movement}) = 0$		
	การทำ Aggregation		

เป็นกระบวนการในการเอาที่พหุมารวมกันระหว่างแต่ละฟัซซี่เซตโดยพิจารณาค่า Max ในการทำ Aggregation จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

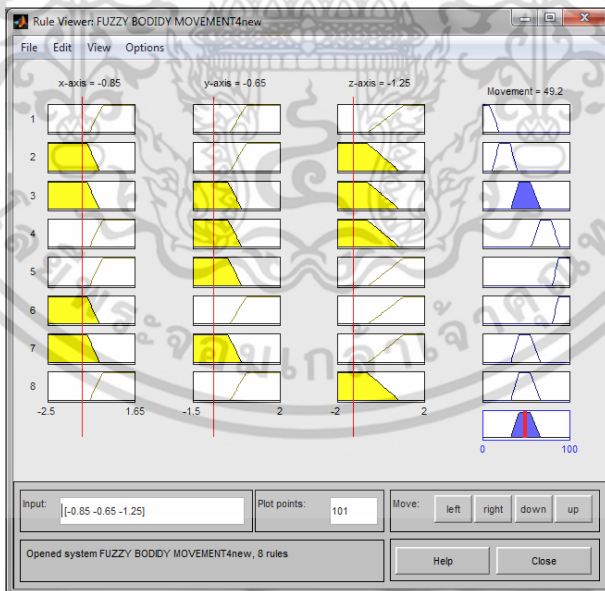


รูปที่ 4.12 กระบวนการ Aggregation และ Defuzzification ระบบที่ 2

จากรูปที่ 4.12 พื้นที่ในส่วนที่แรเงาซึ่งจะมีอิริยาบถที่เป็นไปได้คือ ล้มหลังกับนอน (BFLF) สามารถหาค่า COG ได้

$$COG = \frac{32.95 + 42.15 + 55.25 + 66.25}{1 + 1 + 1 + 1} = \frac{196.60}{4.00} = 49.15$$

การทดสอบความถูกต้องของฟัซซีลอจิกที่ทำการออกแบบขึ้นจึงทำการเปรียบเทียบการหา Centroid ในกระบวนการ Defuzzification ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MatLab โดยใช้การแบ่ง membership function ตาม FIS II ซึ่งการหา Centroid ในกระบวนการ Defuzzification ด้วย MatLab แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การหา Center of Gravity (COG) ในกระบวนการ Defuzzification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่า COG ที่คำนวณได้จากMathLab คือ 49.2 ซึ่งค่าที่ได้ออกแบบขึ้นคือ 49.15 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน จึงแสดงได้ว่าฟัชชีลอจิกที่สร้างขึ้นสามารถคำนวณค่าได้ถูกต้อง

4.4ผลการแยกกลุ่มอิริยาบถด้วยฟัชชีลอจิกระบบที่ 1และระบบที่ 1

จากการระบุอิริยาบถด้วยฟัชชีลอจิกสามารถทำการแยกอิริยาบถได้เป็น 6กลุ่มนั้นผลการทดสอบการแบ่งกลุ่มอิริยาบถถึงค่าที่ถูกต้องกับผิดพลาด และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะทำการทดสอบจากผู้ทดลองทำอิริยาบถต่าง ๆ จำนวน 40 คน เป็นผู้ชายจำนวน 20 คนและเป็นผู้หญิงจำนวน 20 คนโดยคนหนึ่งจะทำ ทั้ง 9 อิริยาบถและอิริยาบถละ 5 ครั้ง รวมแล้วในแต่ละอิริยาบถจะทำการทดสอบผลจากผู้ทดลอง จำนวน 200 ครั้ง ซึ่งแสดงผลของการแยกแยะกลุ่มอิริยาบถทั้ง 6 กลุ่มด้วย FIS I แสดงดังตารางที่ 4.2และผลจากการทดสอบของการแยกกลุ่มอิริยาบถ FIS II แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2การทดสอบแยกอิริยาบถ 5 กลุ่มด้วยฟัชชีลอจิกระบบที่ 1

ชาย+หญิง จำนวน(ครั้ง)	ล้มหน้า FF	ล้มซ้าย LF	ล้มขวา RF	ล้มหลัง กับ นอนBFLD	ยืนกับนั่ง STSD	เดินกับวิ่ง WKRN	รวม
ถูกต้อง	199	200	195	187	185	179	1145
ผิดพลาด	1	0	5	13	15	21	55
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = 95.40%				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด=4.60%			

ตารางที่ 4.3การทดสอบแยกอิริยาบถ 5 กลุ่มด้วยฟัชชีลอจิกระบบที่ 2

ชาย+หญิง จำนวน(ครั้ง)	ล้มหน้า FF	ล้มซ้าย LF	ล้มขวา RF	ล้มหลัง กับ นอนBFLD	ยืนกับนั่ง STSD	เดินกับวิ่ง WKRN	รวม
ถูกต้อง	198	199	197	190	195	187	1166
ผิดพลาด	2	1	3	10	5	13	34
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = 97.15%				เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด= 2.85%			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2สามารถฟิชชีลอจิกระบบที่ 1จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ทดสอบกับค่าความถูกต้องในการทดสอบใช้งานจริง แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่จะบ่งบอกอิริยาบถได้ถูกต้องเท่ากับ 94.40เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 4.60เปอร์เซ็นต์ และจากตารางที่ 4.3ผลจากทดสอบจะเห็นได้ว่าในฟิชชีลอจิกระบบที่ 2 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่จะบ่งบอกอิริยาบถได้ถูกต้องเท่ากับ 97.15เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 2.85เปอร์เซ็นต์ จากวิธีฟิชชีลอจิกระบบที่ 1และฟิชชีลอจิกระบบที่ 2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องวิธีฟิชชีลอจิกระบบที่ 2ถูกต้องมากกว่า และจากที่กล่าวในหัวข้อ 4.5 พบว่าวิธีของฟิชชีลอจิกระบบที่ 2เป็นวิธีที่ใช้ขั้นตอนในการตรวจสอบน้อยกว่าจึงทำให้เกิดความรวดเร็วในการคำนวณ จึงจะส่งผลให้เมื่อมีการคำนวณกับกลุ่มคนที่มากจะรวดเร็วกว่า ดังนั้นจึงเลือกการแยกแยะอิริยาบถด้วยวิธีของฟิชชีลอจิกระบบที่ 2เพื่อให้เหมาะสมในการนำไปใช้ในการแยกแยะอิริยาบถ

ในการจำแนกอิริยาบถจากกระบวนการของฟิชชีลอจิกสามารถแยกอิริยาบถ กลุ่มที่ 1 , 2 และกลุ่มที่ 3 ได้แต่จะมีอีก 3 กลุ่มอิริยาบถที่ต้องแยกแยะเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลการแยกแยะได้ถูกต้องตามอิริยาบถนั้น ๆ วิธีการและผลของการแยกแยะอธิบายดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 4 ยืนกับนั่ง

ในการแยกแยะอิริยาบถการยืนและการนั่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในแนวแกน zชัดเจนซึ่งอีกสองแกนมีการของระดับสัญญาณที่ไม่ชัดเจน ซึ่งถ้ายืนจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงการของระดับสัญญาณในแนวแกน zที่น้อยกว่าการนั่งจึงหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในการแยกแยะ 2 อิริยาบถนี้ผลการทดสอบความถูกต้องแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4การทดสอบการแยกการยืนและการนั่ง

ชาย+หญิง จำนวน(ครั้ง)	ยืน(ST)	นั่ง(SD)	รวม
ถูกต้อง	200	195	395
ผิดพลาด	0	5	5
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = 98.75%		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด = 1.25%	

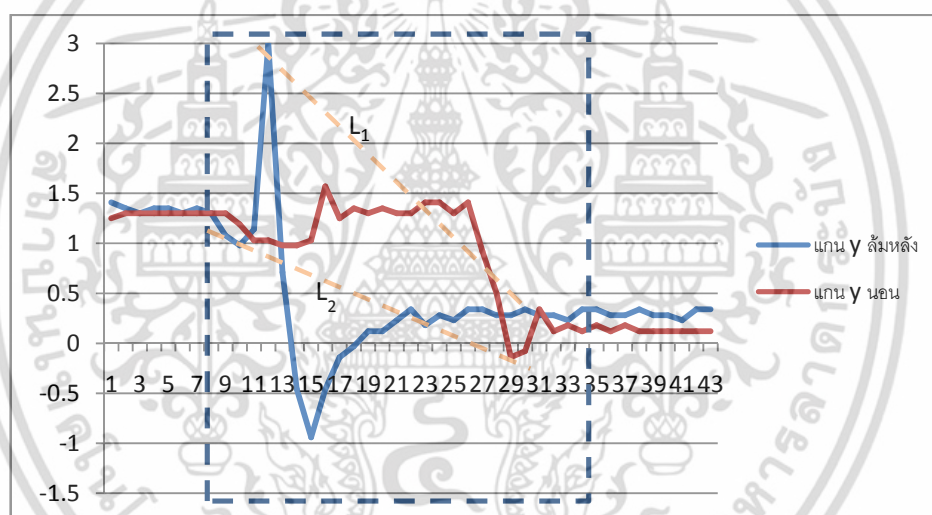
จากผลการทดสอบการแยกอิริยาบถการยืน และการนั่งด้วยวิธีการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล พบว่าค่าความถูกต้องในการแยกจากผู้ทดสอบ 40 คน คนละ 5 ครั้งต่อ 1 อิริยาบถของการยืนถูกต้องทั้งหมด แต่ผลของการนั่งยังมีการผิดพลาดอยู่ 5 ครั้งซึ่งแสดงผลเป็นการยืน ซึ่งผลโดยรวมของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกแยะคือค่าความถูกต้องในการแยกแยะเป็นร้อยละ 98.75เปอร์เซ็นต์และค่าความผิดพลาดในการแยกแยะเป็นร้อยละ 1.25เปอร์เซ็นต์

กลุ่มที่ 5 การนอนและการล้มหลัง

ในการแยกแยะอิริยาบถการนอนและการล้มหลังจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในแนวแกนz และในแนวแกนy ส่วนระดับสัญญาณในแนวแกนx ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ระดับสัญญาณในแนวแกนzที่เปลี่ยนแปลงจะไปคล้ายกับอิริยาบถอื่นกับนั้น จึงพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแนวแกนyซึ่งค่าความเร่งค่าในแนวแกนyที่เปลี่ยนกับเวลาของของการนอน (L_1) กับค่าความเร่งค่าในแนวแกนyที่เปลี่ยนกับเวลาของการนั่ง (L_2) แสดงดังรูปที่ 4.14พบว่าการล้มหลังมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร่งที่รวดเร็วกว่าการล้มหลังจึงหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในแนวแกน z เพื่อแยกแยะ 2 อิริยาบถนี้ผลการทดลองความถูกต้องแสดงดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.14 อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร่งในแนวแกนy ของการล้มหลังและนอน

ตารางที่ 4.5 ผลการจำแนกอิริยาบถล้มหลังกับนอน

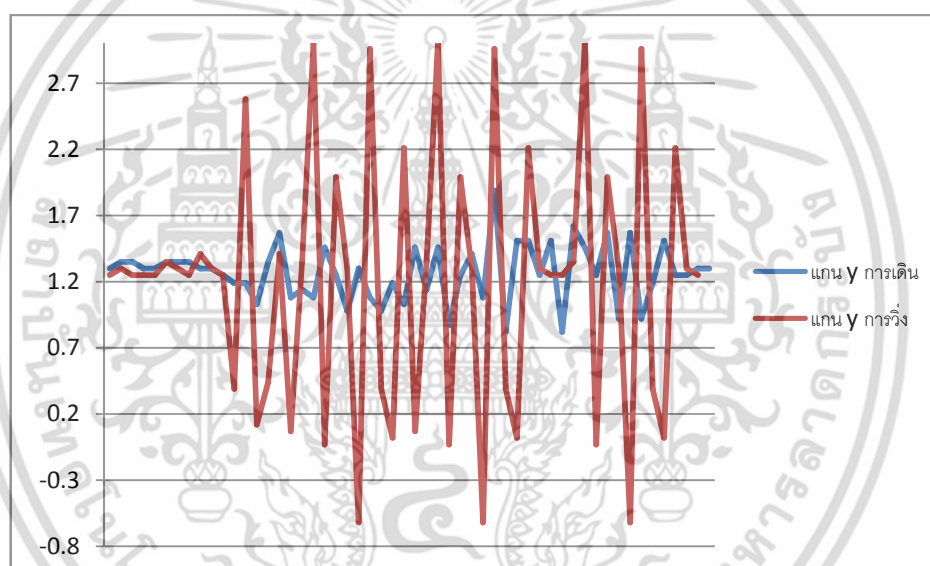
ชาย+หญิง จำนวน(ครั้ง)	ล้มหลัง(BF)	นอน(LD)	รวม
ถูกต้อง	197	194	391
ผิดพลาด	3	6	9
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = 97.75%		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด= 2.25%	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร่งในการแยกแยะอิริยาบถการล้มหลังกับการนอนในตารางที่ 4.5 พบว่าค่าความถูกต้องในการแยกแยะจากผู้ทดสอบ 40 คน คนละ 5 ครั้งต่อ 1 อิริยาบถของการล้มหลังมีความถูกต้อง 197 ครั้งและบอกไม่ถูกต้อง 3 ครั้ง และค่าความถูกต้องในอิริยาบถนอน 194 ครั้ง และไม่ถูกต้อง 6 ครั้ง ซึ่งผลโดยรวมของการแยกแยะคือค่าความถูกต้องในการแยกแยะเป็นร้อยละ 97.75เปอร์เซ็นต์และค่าความผิดพลาดในการแยกแยะเป็นร้อยละ 2.25เปอร์เซ็นต์

กลุ่มที่ 6 การแยกแยะการเดินกับการวิ่ง

การเดินกับการวิ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเป็นรอบหรือคาบเหมือนกัน แต่จะมีระดับสัญญาณสูงสุดไม่เท่ากัน แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความแปรปรวนความเร่งในแนวแกน y ของการเดินและวิ่ง

จึงใช้วิธีการความแปรปรวนของข้อมูลในการแยกแยะการเดินและการวิ่ง โดยสมการของค่าความแปรปรวนคือสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s^2 = \frac{\sum (a_i - \bar{a})^2}{n-1} \quad (4.2)$$

s^2 = ค่าความแปรปรวน

a_i = ค่าความเร่งของข้อมูล

\bar{a} = ค่าความเร่งเฉลี่ยจากความเร่งy ของการยืน ซึ่งมีค่าเป็น 1.35

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ดังนั้นในการจำแนกอิริยาบถเดินกับการวิ่งโดยจะใช้วิธีการหาผลบวกค่าผลต่างของข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ยของการยืน และยกกำลังสองเพื่อให้ผลที่ได้มีแต่ค่าบวกแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลจากนั้นนำค่าของความแปรปรวนที่ได้ของการเดินกับการวิ่งมาเทียบกันพบว่าถ้าเดินจะมีค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่า 1.7 แต่ความแปรปรวนมากกว่า 1.7 จะเป็นการวิ่ง ซึ่งผลการทดสอบการแยกแยะการเดินและการวิ่งแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการจำแนกอิริยาบถการเดินกับการวิ่ง

ชาย+หญิง จำนวน(ครั้ง)	เดิน(WK)	วิ่ง(RN)	รวม
ถูกต้อง	193	191	384
ผิดพลาด	7	9	16
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง = 96.00%		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด = 4.00%	

ในการแยกแยะอิริยาบถการเดินและการวิ่ง จากผู้ทดสอบ 20 ท่าน ในการเดินสามารถแยกแยะได้ถูกต้อง 193 ครั้ง และผิดพลาดเพียง 7 ครั้ง และในการแยกแยะอิริยาบถการวิ่งสามารถแยกแยะได้ถูกต้อง 191 ครั้ง และผิดพลาด 9 ครั้งซึ่งสามารถหาร้อยละความถูกต้องเป็นร้อยละ 96.00เปอร์เซ็นต์และความผิดพลาดร้อยละ 4.00 เปอร์เซ็นต์

การแยกแยะ 9 อิริยาบถ

หลังจากที่ได้ฟิซซีที่สามารถแยกแยะอิริยาบถได้ 9 อิริยาบถจึงทำการทดสอบจากผู้ทดลองกลุ่มเดิมจำนวน 40 คนจำนวนรวมในแต่อิริยาบถ 200 ครั้ง ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบที่นำเสนอ

วิธีการ	FF	LF	RF	BF	LD	ST	SD	WK	RN	จำนวน	ถูกต้อง
แบ่งช่วงข้อมูล	187	184	174	181	177	165	174	-	-	1242	69%
FIS I	188	192	195	190	182	189	180	183	185	1674	93%
FIS II	198	199	197	197	194	200	195	193	191	1764	98%

จากตารางที่ 4.7 พบว่าการระบุอิริยาบถ 9 อิริยาบถ นั้นมีความถูกต้องในทุกอิริยาบถมากกว่า 190 ครั้งจากการทดสอบในแต่อิริยาบถ 200 ครั้ง ซึ่งผลของร้อยละความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 98.00 เปอร์เซนต์ และมีค่าร้อยละความผิดพลาดอยู่ที่ 2.00 เปอร์เซนต์

4.5 การทดลองในพื้นที่ใช้งานจริง

ในการทดลองนี้จะทดสอบการระบุตำแหน่งที่นำเสนอ โดยจะติดตั้งเซนเซอร์จากรูปที่ 4.16 ให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและได้ให้ผู้เข้าทดสอบเข้าและออกห้องจากรูปที่ 4.17 ตามหมายเลขห้องตามตารางที่ 4.9 ซ้ำๆ กันในแต่ละพื้นที่อ้างอิงทั้งหมด 20 ครั้ง เพื่อประเมินว่าวิธีการระบุตำแหน่งที่ได้นำเสนอมีประสิทธิภาพที่จะสามารถทำงานร่วมกับการตรวจจับการล้มและการจำแนกอิริยาบถ



รูปที่ 4.16 เซนเซอร์เครือข่ายไร้สายของการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

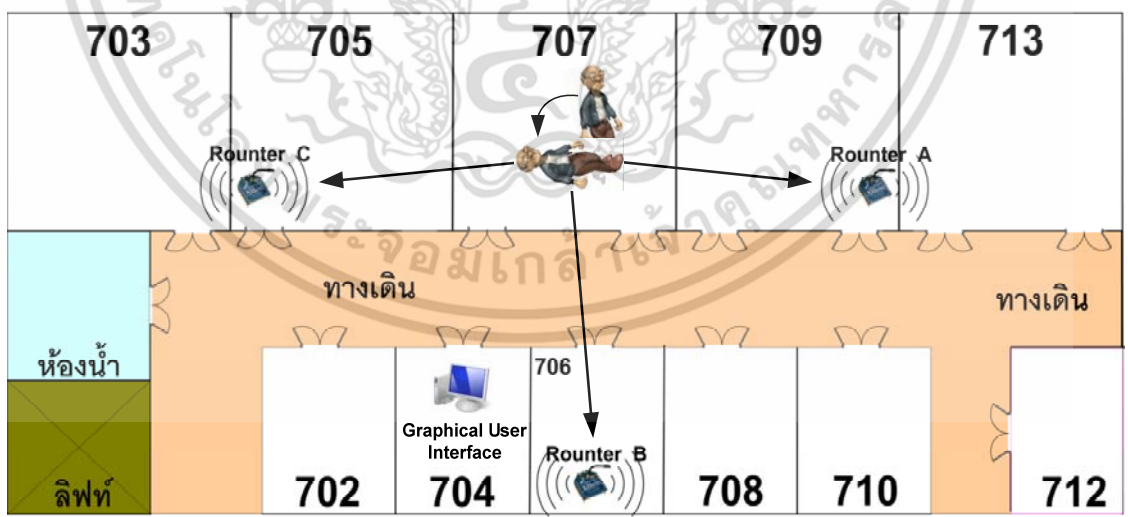
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 การทดสอบการระบุตำแหน่งห้องในพื้นที่จริง

4.6 การระบุตำแหน่งภายในอาคาร

การทดลองนี้จะใช้การระบุตำแหน่งภายในอาคารแบบพื้นที่คร่าวๆ เพียงพอที่ผู้ช่วยเหลือจะสามารถมองเห็นตำแหน่งของผู้สูงอายุ และได้ติดตั้ง Router A ในห้องหมายเลข 709 ติดตั้ง Router B ในห้องหมายเลข 706 และติดตั้ง Router C ในห้องหมายเลข 705 โดยที่ห้องหมายเลข 704 เป็นห้องสำหรับประมวลผลสัญญาณของผู้สูงอายุ แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 จำลองพื้นที่ที่ทดสอบและตำแหน่งของ Router

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.19 แสดงแผนผังบริเวณทดลองในภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการทดลองค่ากำลังของสัญญาณตามห้องทั้งหมด 11 ห้อง ได้ค่ากำลังของสัญญาณ แสดงดังตารางที่ 4.8

ในการทดสอบการระบุตำแหน่ง ให้ผู้ทดสอบเข้าไปในแต่ละพื้นที่อ้างอิงแต่ละหมายเลขห้อง โดยในแต่ละห้องจะเปลี่ยนตำแหน่งไป 20 ครั้ง และนำมาคำนวณหาค่าความถูกต้องซึ่งผลการทดสอบความถูกต้องในการระบุตำแหน่งวิธีการของ Fingerprint แสดงผลตามตารางที่ 4.9 ให้ผลความถูกต้องเฉลี่ยที่ 76.36% ส่วนการระบุตำแหน่งของวิธีการของ Weighted Distance Fingerprint แสดงผลตามตารางที่ 4.10 ให้ผลความถูกต้องเฉลี่ยที่ 85.00%

ผลการทดลองใช้งานจริงในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร ก็สามารถที่จะระบุตำแหน่งของตัวบุคคลได้ เพียงพอที่ผู้ช่วยเหลือจะมองเห็นตำแหน่งการล้มที่แท้จริงของผู้สูงอายุ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่ากำลังสัญญาณแต่ละห้องภายในอาคาร

หมายเลขห้องทดลอง	ค่ากำลังสัญญาณ(-dBm)		
	RouterA	RouterB	RouterC
702	78	62	75
703	75	60	92
704	81	61	74
705	85	62	85
706	86	62	78
707	66	92	79
708	66	90	92
709	87	73	77
710	78	62	76
712	87	80	78
713	67	59	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การระบุตำแหน่งภายในอาคารวิธีการของ Fingerprint

หมายเลขห้องทดลอง	จำนวนการระดมตำแหน่ง	ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์
702	20	13	65%
703	20	16	80%
704	20	17	85%
705	20	16	80%
706	20	17	85%
707	20	18	90%
708	20	15	75%
709	20	12	60%
710	20	13	65%
712	20	14	70%
713	20	17	85%
รวม	220		76.36%

ตารางที่ 4.10 การระบุตำแหน่งภายในอาคารวิธีการของ Weighted Distance Fingerprint

หมายเลขห้องทดลอง	จำนวนการระดมตำแหน่ง	ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์
702	20	16	80%
703	20	18	90%
704	20	16	80%
705	20	16	80%
706	20	18	90%
707	20	19	95%
708	20	19	95%
709	20	17	85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การระบุตำแหน่งภายในอาคารวิธีการของ Weighted Distance Fingerprint (ต่อ)

หมายเลขห้องทดลอง	จำนวนการระบุตำแหน่ง	ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์
710	20	13	65%
712	20	14	70%
713	20	19	95%
รวม	220	185	85%

โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า วิธีการระบุตำแหน่งที่นำเสนอสามารถระบุตำแหน่งในพื้นที่ทดสอบการใช้งานจริงนี้ถูกต้อง 85% ซึ่งสามารถใช้งานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะคอยเฝ้าระวังบุคคลใดบุคคลหนึ่งหรือกลุ่มคนที่มีจำนวนไม่มากนัก เพื่อที่จะคอยดูแลเรื่องความปลอดภัย การเคลื่อนที่ การทำภารกิจส่วนตัวในการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติสุขแล้วนั้น รวมไปถึงไม่เป็นอุปสรรคต่อตัวเองและผู้อื่น จึงได้ทำวิจัยการตรวจจับการล้มและจำแนกอิริยาบถขึ้นมา โดยการออกแบบนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ทฤษฎีการออกแบบด้วยฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) มาช่วยในการจำแนกอิริยาบถรวมถึงการตรวจจับการล้มด้วยเช่นกัน ผู้วิจัยได้คำนึงแล้วว่าการเอาฟัซซีลอจิก เข้าช่วยในงานวิจัยเรื่องนี้ก็เพราะว่าความซับซ้อนในการออกแบบนั้นน้อยกว่า อีกทั้งยังให้ความถูกต้องและแม่นยำในการทำงานซึ่งจะทำให้สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากระบบเองหรือกับผู้ใช้งานก็ตาม

งานวิจัยเรื่องนี้ได้จัดทำระบบตรวจจับการล้มและการอิริยาบถได้ถึง 9 ลักษณะ คือ ยืน นั่ง ล้มไปทางด้านหน้า ล้มไปทางด้านหลัง ล้มซ้าย ล้มขวา นอน เดิน วิ่ง ขึ้นมาเพื่อต้องการที่จะนำไปใช้สำหรับตัวผู้สูงอายุเพื่อคอยดูแลการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปลอดภัยและไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่ชีวิตอีกทั้งคอยติดตามเวลาตัวผู้สูงอายุการเคลื่อนไปมา การทำวิจัยเรื่องนี้ โดยการใช้เซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน ซึ่งให้ค่าเอาต์พุตออกมาเป็นแอนาล็อกโดยการต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล จากนั้นทำการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีระบบประสานกราฟิกกับผู้ใช้เพื่อแสดงข้อมูลที่ได้จากการวัดความเร่งสามมิติด้วยเซนเซอร์ในลักษณะกราฟ รวมถึงการแสดงผลสถานะว่าอยู่ในอิริยาบถใดทั้งหมด 9 ลักษณะ และบ่งบอกว่าเกิดการล้มหรือไม่โดยใช้วิธีการออกแบบฟัซซีลอจิก 2 ครั้งเพื่อมาเปรียบเทียบการออกแบบในงานวิจัยเรื่องนี้

การทดสอบการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาทั้ง 2 ครั้งที่ได้สร้างและออกแบบขึ้นคือ การออกแบบฟัซซีลอจิกระบบที่ 1 การออกแบบฟัซซีลอจิก นั้นโดยกำหนดกฎแบบจัดของชุดข้อมูลเพียงอย่างเดียวทำให้กฎที่ใช้ในการออกแบบฟังก์ชันสมาชิกสมาชิก(Membership)มีจำนวนที่เยอะเกินไปจึงเป็นข้อดีสำหรับการออกแบบระบบนั้น แต่ก็มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงถึง 93% แต่ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลใหม่โดยได้คำนึงถึงความซับซ้อนในการออกแบบระบบ กฎที่ใช้ในการออกแบบฟัซซีลอจิกน้อยกว่าเดิมรวมไปถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดให้ลดลงด้วย จึงเป็นผลทำให้ได้การออกแบบฟัซซีลอจิกระบบที่ 2 นั้นโดยกำหนดกฎแบบจัดแบบแผนภาพกระจายของชุดข้อมูล ทำให้กฎที่ใช้ในการออกแบบ(Membership)มีจำนวนที่ลดลงไป สำหรับการออกแบบระบบนั้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

98% ด้วยแสดงให้เห็นว่าระบบในการตัดสินใจในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยยังทำระบบเพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคารของแบบ 2 มิติ ร่วมกับระบบตรวจจับการล้มโดยโครงข่ายเซนเซอร์ไร้สายการระบุตำแหน่งได้ใช้วิธีการ Weighted Distance Fingerprint (WDF) ซึ่งเป็นวิธีการของเทคนิคฟิงเกอร์ปรีนรวมกับการหาระยะของยูคลิด ซึ่งผลการทดลองการระบุตำแหน่งสามารถบอกตำแหน่งได้ถูกต้องประมาณ 85%

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาของงานวิจัยเรื่องนี้เกิดจากความไม่ชำนาญในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือและโปรแกรมทำให้ใช้เวลานานในการศึกษาข้อมูลการทำอุปกรณ์ชำรุดเนื่องจากความเข้าใจผิดในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อีกด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

เซนเซอร์ควรรีดิคปริเวณแอม และระบบการทำงานเหมาะแก่การใช้ภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคารซึ่งระบบจะพัฒนาในการสร้างเป็นเครือข่าย รวมถึงพัฒนาระบบให้สามารถตรวจสอบอริยบาลได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถพัฒนาต่อไปได้ การนำไปใช้กับผู้บำบัดเวชศาสตร์ฟื้นฟูการนำไปใช้กับนักโทษที่มีอายุมากๆ เพื่อเป็นการเฝ้าระวัง

สามารถพัฒนาในการบอกตำแหน่งของผู้ป่วยว่าอยู่ส่วนไหนภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://thaipublica.org/2015/12/worldbank-10-12-2558/>
- [2] <http://fopdev.or.th/th>
- [3] วีรศักดิ์ เมืองไพศาล.(2557).การจัดการภาวะฉุกเฉินสำหรับผู้สูงอายุ.กรุงเทพฯ: สมาคมพัฒนาวิทยาและ
เวชศาสตร์ ผู้สูงอายุไทย
- [4] <http://www.bnc.ac.th/kmassetblog/index.php?topic=83.0>
- [5] Diansheng CHEN, Yu ZHANG, Wei FENG, Xiyu Li, “A wireless real-time fall detecting system based on barometer and accelerometer,” Proc. IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 1816-1821, July. 2011
- [6] Alfredo Lopez-Yunez, Diana Vasquez, Luis A. Palacio, “A novel approach for high speed wireless pre-fall detection multisensory system,” Proc. IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 857-859, Aug. 2014
- [7] Yanjun Li, GanChen, “A novel approach for high speed wireless pre-fall detection multisensory system,” Proc. IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems, pp. 1216-1220, Nov. 2012
- [8] Bruno Aguiar, “Accelerometer-based fall detection for smartphones,” Proc. The 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems pp. 1-6, June. 2012
- [9] Alan K. Bourke, “Assessment of waist-worn tri-axial accelerometer based fall detection algorithms using continuous unsupervised activities” International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, pp. 2782-2785, Nov. 2010
- [10] Jian Yuan, KokKiongTan, “Power-efficient interrupt-driven algorithms for fall detection and classification of activities of daily living”, IEEE Trans. IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 14, no.3, pp. 1377-1387, March 2015
- [11] Wang Ye, Bai Xiang-yu, “Research of fall detection and alarm applications for the elderly, Proceedings 2013 International Conference, pp. 615-619, Dec. 2013
- [12] M. Negnevitsky, Artificial intelligence: A guide to intelligent systems, Addison Wesley, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13]PanyaSunantasaengtong; SorawatChivapreecha,“Mixed K-means and GA-based weighted distance fingerprint algorithm for indoor localization system”,TENCON 2014 - 2014 IEEE Region 10 Conference, pp. 2159-3442, Oct. 2014



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. งานวิจัยที่ได้รับตีพิมพ์

W Putchana, S Chivapreecha, and TLimpiti “Wireless Intelligent Fall Detection and Movement Classification using Fuzzy Logic” BMEiCON-2012



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายวุฒิชัย พัฒน์ชนะ
 วัน เดือน ปีเกิด 21 สิงหาคม 2527
 ที่อยู่ 112/1 หมู่ 9 ตำบลพรุไทย อำเภอบ้านตาขุน
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84230
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง คณะวิทยาลัยอุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 พ.ศ. 2554 กำลังการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ตำแหน่งหน้าที่การงาน สังกัดภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์
 สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
 นครเหนือเบอร์ภายใน 4431

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] W Putchana, S Chivapreecha, and TLimpiti “Wireless Intelligent Fall Detection and Movement Classification using Fuzzy Logic” BMEiCON-2012
 [2] P. Leevong, S. Meeklin, w.putchana and A. Ratavis “A Development of the Demonstration Based-exercise” The Siam physics congress 2013, Changmai, Thailand, 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Intelligent Fall Detection and Movement Classification using Fuzzy Logic

Wuttichai Putchana, Sorawat Chivapreecha, and Tulaya Limpiti
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, 10520 Thailand
sorawat@telecom.kmitl.ac.th, kltulaya@kmitl.ac.th

Abstract—Global population aging leads to increased interests in preventive healthcare technology. As falls are the most common cause of injury or death in old persons, fall detection and movement classification is one of the key topics in this research area. In this paper we propose a simple wireless intelligent system prototype for fall detection and movement classification for real-time monitoring of the elderly. The portable sensor unit acquires data from a triaxial accelerometer and sends the data wirelessly to a computer using Zigbee technology. Alternative to classic methods, the movement data is analyzed using a fuzzy inference system. The system is designed to distinguish between four movement types: standing, sitting, forward fall, and backward fall. Its classification accuracy is investigated using experimental data. It is observed that the system performs well with high sensitivity and excellent specificity. Additionally, the system is applicable for monitoring rehabilitative patients and is extendable to a larger class of movements and postures.

Index Terms—Fall detection, fuzzy logic, movement classification, triaxial accelerometer, Zigbee technology.

I. INTRODUCTION

Rapid population aging can be seen globally as a result of decreased fertility and mortality rate. In year 2011, 11% of the world populations are older persons (age 60 or older). The proportion is projected to increase to 22% by 2050 and to an alarming 30% by 2100 [1]. This phenomenon poses new challenges for healthcare technologies as well as social adaptations. One of the new research trends is healthcare monitoring of the elderly. Among these, fall detection have been garnered more interests in recent years because it is the common cause of injury in the elderly [2].

Algorithms for fall detection may be categorized into three main classes: acceleration-based, image-based, and template-based. Acceleration-based techniques are the most popular, as they require minimal hardware and have low computational cost. Many methods, e.g., [3]-[6] use simple thresholdings of some scalar functions of accelerations (usually total magnitude) to detect the fall. Because movements and postures can vary significantly between persons, finding a single threshold that is appropriate for all can be cumbersome. There is also information loss in transforming multi-dimensional data to a scalar parameter. On the other hand, the scalar parameter is insufficient for reliable movement classification. More complex approaches are required for this, for example in [7],

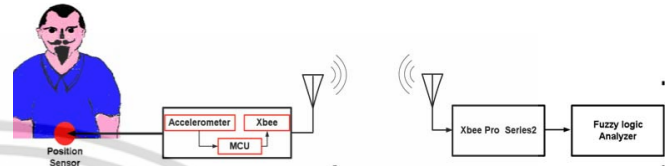


Fig. 1. Block diagram of the proposed system.

[8] but they are often computationally intensive for real-time implementation.

Fuzzy logic [9] has often been used for applications in system controls as well as in classifications, such as in [10], [11]. The fuzzy inference system is beneficial in that data is not required to train the system, as the rules can be designed based on either prior data or expert knowledge of the data characteristics. The inference procedure is also straightforward and can be done quickly once the rules have been designed.

In this paper we propose a simple wireless intelligent movement classification system for real-time monitoring of elderly that can also detect a fall. The data is obtained from a triaxial accelerometer and is sent wirelessly to a computer. The portable sensing unit is compact and user-friendly. To keep the computational cost low we utilize fuzzy logic for movement analysis due to its simplicity and effectiveness. Fuzzy inference is suitable for this type of data because the rules are subjective and flexible. For our preliminary study the system prototype is designed to classify four movement types: standing, sitting, forward fall, and backward fall. Experimental data is used to evaluate the classification accuracy of the proposed algorithm.

II. METHODS

The proposed monitoring system depicted in Fig. 1 consists of a hardware unit attachable to the belt of the user and a fuzzy-logic based computer software for classifying user's movements and detecting any possible falls. In case of the falls, the system also sends out an alarm to the appropriate response unit.

A. Hardware Design

Figure 2 depicts the design of our hardware. The movement data is collected using a triaxial accelerometer ET-MMA7331L (ETT Co., Ltd). The data is sampled at 5 Hz. The signal outputs of the accelerometer are proportional to the magnitude of accelerations in the x -, y -, and z -direction. The

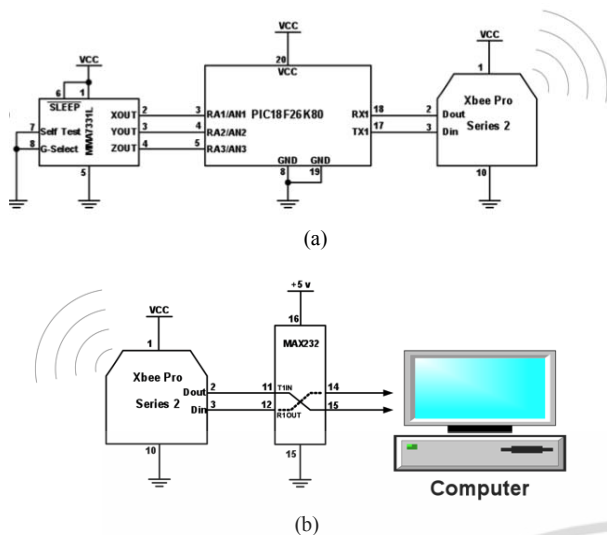
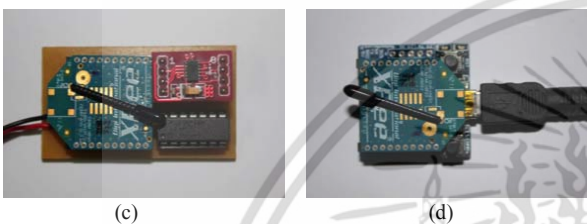


Fig. 2. System hardware. (a) Transmitter schematic. (b) Receiver schematic. (c) Transmitter hardware. (d) Receiver hardware.



PIC18F26K80 microcontroller (Microchip Technology Inc.) converts the voltages received from the sensor from analog to digital with its built-in A/D converter and sends the digitized data to a computer via a wireless communications module using Zigbee technology. For our prototype, Xbee Pro Series 2 model EWLM074 (Digi International Inc.) is used. The overall size of the sensor unit, including the microcontroller and the wireless transmitter, is 5.3 cm tall x 3 cm wide with 1.5 cm thickness. It is small enough to be attached to a belt without obstructing any regular bodily movements.

For usage, the sensor unit is mounted such that in a standing position the y -axis of the accelerometer points vertically downward. The x - z plane is parallel to the ground, with the x -axis pointing from right to left of the body; the z -axis points from front to back, as illustrated in Fig. 3(a). Hence, while standing upright the measured data in the y -direction is ideally $-1g$ when g is the acceleration due to gravity (9.8 m/s^2). Similarly, accelerations in the x - and z -direction are ideally zero. When the user sits, falls forward, or falls backward, the sensor is rotated accordingly. For example, after a forward fall a subject lies face down on the floor. The z -axis rotates upward and experiences an acceleration of $+1g$. The y -axis rotates with the body. Thus it is parallel to the ground and detects no acceleration, while the x -axis remains in the same orientation. An illustration of the axis rotations during a forward fall is shown in Fig. 3(b), with the corresponding sensor measurements in Fig. 4(c).

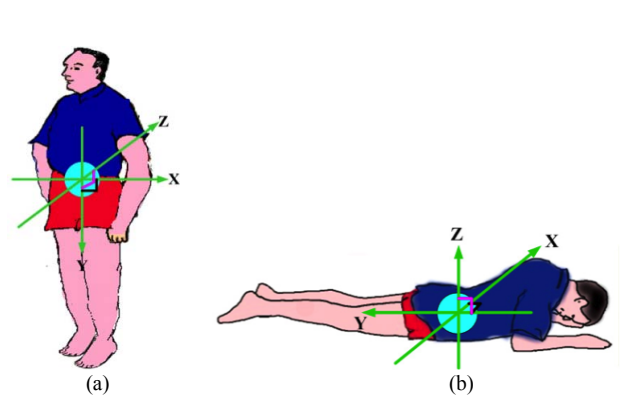


Fig. 3. Rotation of sensor axes from standing to forward fall. (a) Standing. (b) Forward Fall.

B. Fuzzy Inference System

Subsequently, the received signal from the sensor is analyzed to identify the user's current movement. In this preliminary study we have developed an algorithm using fuzzy logic theory to classify four elderly movements of interest: standing (ST), sitting (SI), forward fall (FF), and backward fall (BF). The first two movements are typical activities of daily living (ADL), whereas the last two represent undesired incidents of a fall. Examples of single-trial sensor recordings for the four movements are depicted in Fig. 4, with the user starting in a standing posture before transitioning to the other three positions. It is observed that during the changes in movement the accelerations rapidly and largely fluctuate before stabilizing. Notice also the variations in acceleration magnitudes and directions in each axis between different movements. For our analysis, only stationary data, i.e., the data during which the user stays relatively stationary in that position, is used to design the classifier. To eliminate the transient period, the measured signals are downsampled to 1 Hz before processing.

Fuzzy inference system (FIS) is a process of mapping a given input to an output using the theory of fuzzy sets. We construct an FIS based on the Mamdani technique [12] with three inputs (x -axis, y -axis, and z -axis accelerations) and one output (the inferred movement) using Matlab R2009b (Mathworks Inc.), as depicted in Fig. 5. Here we design the rules and the membership functions based on the training datasets. Alternatively, they can be designed based on prior knowledge or expert knowledge of the movement characteristics.

For each input, the input range of $-1.5g$ to $+1.5g$ are divided using trapezoidal membership functions into five regions of negative medium (NM), negative small (NS), zero (Z), positive small (PS) and positive medium (PM), as shown on Fig. 6(a)-6(c). In addition, the membership function is derived for the movement output [Fig. 6(d)]. Table I describes the rules of the FIS.

To understand the procedure of the fuzzy inference, consider an exemplary three-dimensional acceleration vector $s(t) = [a_x, a_y, a_z] = [0.28g, -0.19g, 1.02g]$ measured at time t . Fuzzy movement inference for this data is completed in four

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

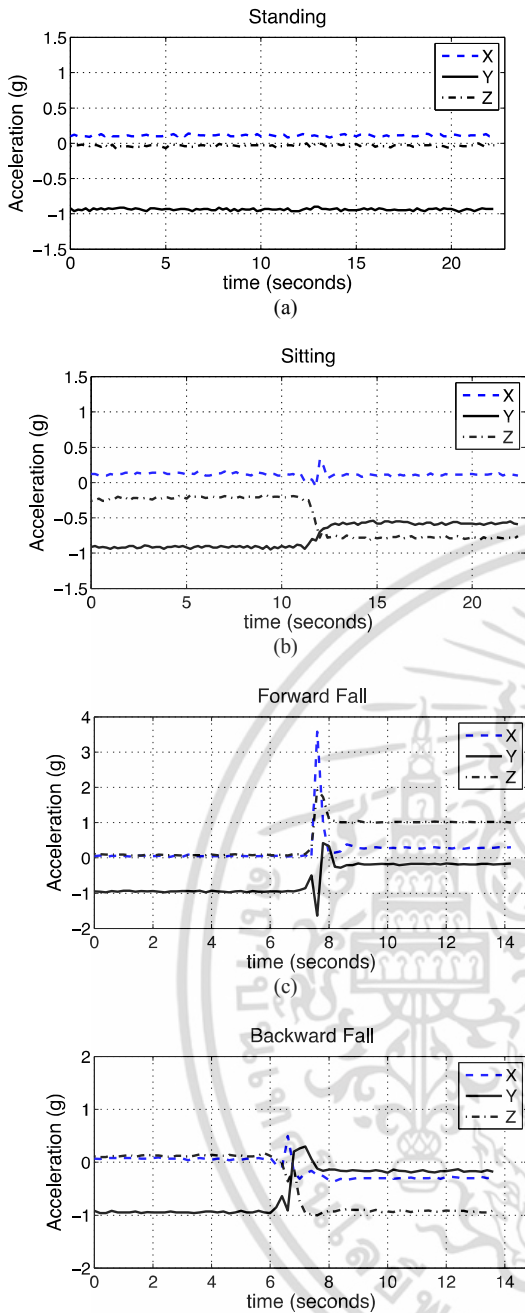


Fig. 4. Examples of single-trial movement recordings. (a) Standing. (b) Sitting. (c) Forward Fall. (d) Backward Fall.

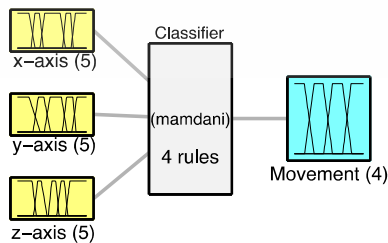


Fig. 5. The proposed FIS.

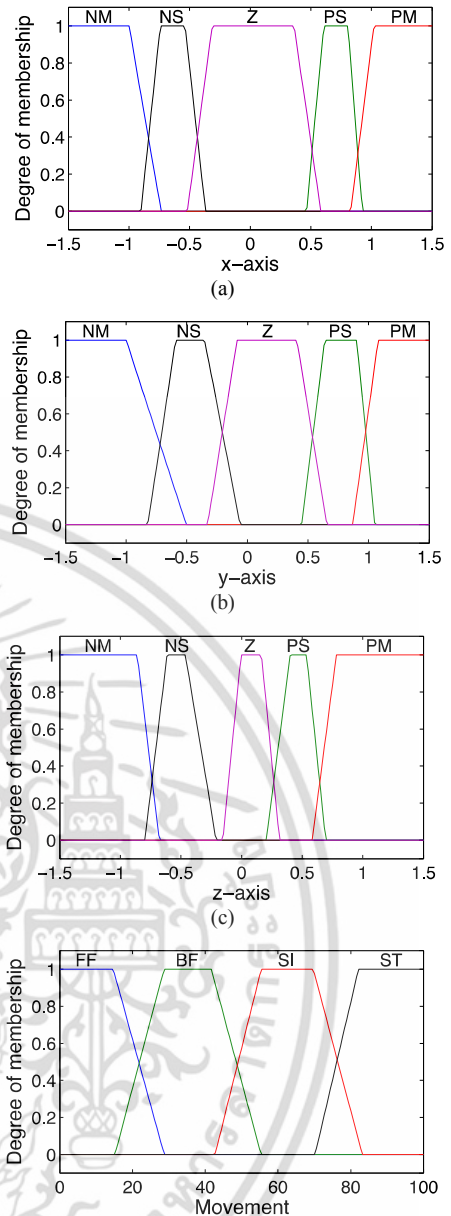


Fig. 6. The membership functions. (a) x-axis. (b) y-axis. (c) z-axis. (d) Movement output.

steps. First, the so-called *fuzzification* step takes the crisp inputs and determines the degree to which these inputs belong to each of the appropriate fuzzy sets. The degrees of membership μ 's for a_x , a_y , and a_z are obtained from the membership functions in Fig. 6(a)-6(c) as

$$\begin{aligned}
 \mu(a_x = Z) &= 1 \\
 \mu(a_y = Z) &= 0.4342 \\
 \mu(a_y = NM) &= 0 \\
 \mu(a_z = PM) &= 1 \\
 \mu(a_z = NM) &= 0 \\
 \mu(a_z = NS) &= 0 \\
 \mu(a_z = Z) &= 0
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Next, this set of fuzzified inputs is applied to the fuzzy rules in the *rule evaluation* step. The fuzzy operators are used to obtain a single number that represents the result of the evaluation and then applied to the consequent membership function. In our case, only *AND* (min) operation is used to evaluate the four rule consequents as follows.

Rule 1: if $a_x = Z \rightarrow$ if 1
and $a_y = Z \rightarrow$ and 0.4342
and $a_z = PM \rightarrow$ and 1
then movement is FF \rightarrow then $\min\{1, 0.4342, 1\}$
 $= 0.4342 = \mu_{FF}(\text{movement})$

Rule 2: if $a_x = Z \rightarrow$ if 1
and $a_y = Z \rightarrow$ and 0.4342
and $a_z = NM \rightarrow$ and 0
then movement is BF \rightarrow then $\min\{1, 0.4342, 0\}$
 $= 0 = \mu_{BF}(\text{movement})$

Rule 3: if $a_x = Z \rightarrow$ if 1
and $a_y = NM \rightarrow$ and 0
and $a_z = NS \rightarrow$ and 0
then movement is SI \rightarrow then $\min\{1, 0, 0\}$
 $= 0 = \mu_{SI}(\text{movement})$

Rule 4: if $a_x = Z \rightarrow$ if 1
and $a_y = NM \rightarrow$ and 0
and $a_z = Z \rightarrow$ and 0
then movement is ST \rightarrow then $\min\{1, 0, 0\}$
 $= 0 = \mu_{ST}(\text{movement})$

The outputs of all rules are combined in the subsequent step into a single fuzzy set corresponding to the output (movement) membership function. Because $\mu_{BF} = \mu_{SI} = \mu_{ST} = 0$, we obtain the aggregated output fuzzy set depicted in Fig. 7. Next, the aggregated output fuzzy set is converted to the crisp output using *defuzzification*. Here we use the centroid method to calculate the center of gravity (CoG),

$$CoG \approx \frac{\sum_{\text{movement}=0}^{30} \mu(\text{movement}) \times \text{movement}}{\sum_{\text{movement}=0}^{30} \mu(\text{movement})} \approx 11.66$$

Finally, the crisp output of 1166 is compared with the movement membership function in Fig. 6(d) to conclude that the classification output is FF (Forward Fall) with the degree of membership equals to 1. This process is repeated for the acceleration vector at each time points to provide the real-time classification of the subject's movement.

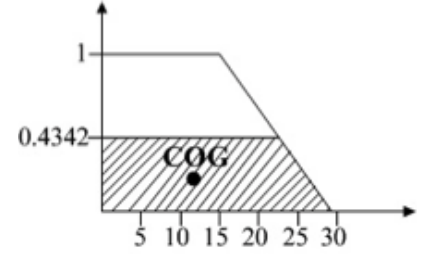


Fig. 7. The aggregated output fuzzy set and CoG.

TABLE I. RULES OF THE PROPOSED FIS.

Movement	Axes		
	x-axis	y-axis	z-axis
Forward Fall	Z	Z	PM
Backward Fall	Z	Z	NM
Sitting	Z	NM	NS
Standing	Z	NM	Z

III. RESULTS

Laboratory-based experimental recordings from 5 subjects (3 males, 2 females) between 20-30 years of age are used to evaluate the efficacy of the proposed fuzzy movement classifier. Ten recordings per movement are collected for a total of 50 recordings from each subject. Each recording after downsampling contains approximately 10 time points. Out of the 50 datasets, 10 are randomly selected and examined to design the membership functions. The remaining datasets are used to test the algorithm at all time points. Since the algorithm operates in real time, on a time-point by time-point basis, the numbers of test data samples are 328 FF samples, 351 BF samples, 419 SI samples, and 686 ST samples (1784 samples total). The classification result is presented in Table II. The inference system is sufficiently accurate. It performs at the highest accuracy of 99.56% for a standing position. This is expected, since standing is the simplest posture. The accuracy for forward fall is also high, at 96.34%. The performance efficiency of the system drops for backward fall and sitting. It is suspected that the body alignments during backward fall and sitting are usually at an incline, which may cause the input values to deviate from the FIS rules. If desired, it is also possible to modify the membership functions and the rules such that the classifying power is tailored to a specific movement of interest.

If we only concern about the fall detection capability, the system can detect the falls (forward and backward) at 86.60% sensitivity and 100% specificity, where

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE II. MOVEMENT CLASSIFICATION RESULTS.

Predicted Movement	True Movements			
	FF	BF	SI	ST
FF	316 (96.34%)	-	-	-
BF	-	272 (77.49%)	-	-
SI	12	79	374 (89.26%)	3
ST	-	-	45	683 (99.56%)

$$\text{sensitivity} = \frac{\# \text{ of true positives}}{\# \text{ of true positives} + \# \text{ of false negatives}}$$

$$\text{specificity} = \frac{\# \text{ of true negatives}}{\# \text{ of true negatives} + \# \text{ of false positives}}$$

IV. DISCUSSION

A fuzzy inference system with hardware prototype has been proposed for fall detection and movement classification. The proposed system is useful for monitoring the elderly as well as rehabilitative patients after joint or muscle surgery. In the preliminary study the system performs fairly well in real-time for classifying simple movements. Nevertheless, the experimental data comes from younger subjects, whose movements are somewhat different from those of older persons. In practice, the system may need some fine-tuning of the FIS.

It is noted that hardware placement is crucial in obtaining proper sensing of axial accelerations. The signals from different subject vary slightly according to each subject's natural movements. Therefore, the system is customizable to each user by designing the fuzzy memberships and rules according to that particular user's sample data, which should also improve its classification accuracy in actual usage.

A closer examination of the fuzzy rules suggests that the differences between a forward fall and a backward fall and between standing and sitting only manifest in the z -axis value. This corresponds to the similarity of body alignments of the said pairs of movements. In fact, the rule for the x -axis input is the same for all movements, suggesting that for these simple movements only 2 axes of acceleration may be suffice. Nevertheless, to classify more complex movements such as walking and running, all three axes or a set of modified inputs would be necessary. For example, to differentiate between a backward fall and lying down, transient data or derivatives of the inputs may be advantageous. Extension of the fuzzy inference system to cover more variety of ADLs and different types of falls is a topic for our future study.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge funding from Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. We also thank Mr. Parmon Yongwattananun and Mr. Kantapit Kaewsuan for experimental data collection.

REFERENCES

- [1] United Nations, "World population prospects: The 2010 revision, volume I: Comprehensive tables." 2011, ST/ESA/SER.A/313.
- [2] M. Vu, N. Weintraub, and L.Z. Rubenstein, "Falls in the nursing home: are they preventable?" *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, vol. 5, no. 6, pp. 401–406, 2004.
- [3] J. Chen, K. Kwong, D. Chang, J. Luk, and R. Bajcsy, "Wearable sensors for reliable fall detection," in *Proceedings of the 27th IEEE Engineering in Medicine and Biology Annual Conference*, Shanghai, China, September 2005, pp. 3551–3554.
- [4] A. Bourke, J. O'Brien, and G. Lyons, "Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm," *J. Gait and Posture*, vol. 26, no. 2, pp. 194–199, 2007.
- [5] J. Dai, X. Bai, Z. Yang, Z. Shen, and D. Xuan, "PerFallID: A pervasive fall detection system using mobile phones," in *Proceedings of the 8th IEEE International conference on Pervasive computing and communications workshops (PERCOM)*, Mannheim, Germany, March 2010, pp. 292–297.
- [6] D. Chen, W. Feng, Y. Zhang, X. Li, and T. Wang, "A wearable wireless fall detection system with accelerators," in *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, Phuket, Thailand, December 2011.
- [7] D. Karantonis, M. Narayanan, M. Mathie, N. Lovell, and B. Celler, "Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring," *IEEE Trans. Info. Tech. in Biomed.*, vol. 10, no. 1, pp. 156–167, 2006.
- [8] S. Paiyarom, P. Tangamchit, R. Keinprasit, and P. Kayasith, "Fall detection and activity monitoring system using dynamic time warping for elderly and disabled people," in *Proceedings of the 3rd International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology*, Singapore, 2009.
- [9] L. Zadeh, "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-3, no. 1, pp. 28–44, 1973.
- [10] X. Binglei, H. Zheng, and M. Hongwei, "Fuzzy-logic-based traffic incident detection algorithm for freeway," in *Proc. 7th International conference on Machine Learning and Cybernetics*, vol. 3, Jul 2008, pp. 1254–1259.
- [11] T. Li, J. Yang, and Z. Chen, "Land evaluation algorithms based on simplified fuzzy classification association rules and grouping fuzzy decision," in *Proc. 2010 7th International conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, vol. 1, Aug 2010, pp. 191–195.
- [12] E. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 1975.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้