ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง แบบ 3 แกน

โดย

นางสาวสุภาวี มาทำมา รหัส B5207657

นางสาวทิพย์พากร หงษ์คำ รหัส B5222612

นางสาวกมลชนก จิระสุโข รหัส B5229338

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2546

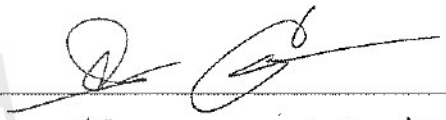
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556

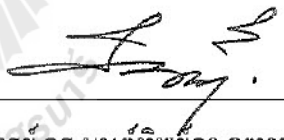
ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน

คณะกรรมการสอบโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม)
กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์)
กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2556

โครงงาน	ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน
ผู้จัดทำ	1. นางสาวสุภาวี มาทำมา รหัส B5207657
	2. นางสาวทิพย์พากร หงษ์คำ รหัส B5222612
	3. นางสาวกมลชนก จิระสุโข รหัส B5229338
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม
สำนักวิชา	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษา	1/2556

บทคัดย่อ

โครงงานเรื่อง ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอวิธีการตรวจจับการหกล้ม ด้วยการเปรียบเทียบวิธี Discrete Wavelet Transform (DWT) กับ วิธีที่ไม่ได้ใช้ Wavelet จากโปรแกรม MATLAB ซึ่งระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการช่วยดูแลผู้สูงอายุเวลาอยู่บ้านคนเดียวได้จริง โดยพัฒนาโปรแกรมให้สามารถส่งสัญญาณหรือข้อความไปยังผู้ดูแล ในกรณีเกิดการหกล้มขึ้นเมื่อไม่มีผู้ดูแลอยู่ด้วย ในการทดลองนั้นเซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน จะถูกติดตั้งบริเวณใต้อกของผู้ทดสอบซึ่งเป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด จากการทดสอบทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ ใต้อก เอว ข้อมือ และข้อเท้า โดยทดสอบจากท่าล้มจำนวน 4 ท่า ได้แก่ ล้มไปข้างหน้า ข้างหลัง ด้านข้างทางซ้าย และด้านข้างทางขวา ค่าสถิติของความเร่งในพฤติกรรมเหล่านี้จะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบและประมวลผล ระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ภาครับและภาคส่ง ที่ภาคส่ง eZ430-Chronos Watch จะส่งสัญญาณความเร่ง 3 แกน ในแกน x, y, z เข้ามายังภาครับ คือ eZ430-Chronos RF Access Point ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ และถูกประมวลผลสัญญาณด้วย DWT และวิธีที่ไม่ได้ใช้ Wavelet วิธีที่ไม่ได้ใช้ Wavelet นั้นจะดูค่าความแปรปรวนของความเร่งว่าอยู่ในช่วงของพฤติกรรมใด ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ การนอน การยืนหรือเดิน และการล้ม ในขั้นตอนแรกได้ทำการทดสอบโดยใช้ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการนอนและการยืนหรือเดินมาใช้ โดยถ้าค่าความแปรปรวนที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าความแปรปรวนสูงสุดของการยืนหรือเดินที่ตั้งไว้ ระบบจะแสดงผลว่ามีการหกล้มเกิดขึ้น จากการตรวจสอบด้วยวิธีนี้มีความแม่นยำในการตรวจจับการหกล้มได้เพียง 15 % เท่านั้น จึงได้เปลี่ยนมาตรวจสอบด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนสูงสุดของก่อนล้มและขณะล้ม มีความแม่นยำในการตรวจจับการหกล้ม 70% ซึ่งถือว่าดีกว่าวิธีแรก

ค่อนข้างมาก โครงงานนี้จึงได้นำวิธีประมวลผลสัญญาณด้วย DWT มาใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับการหกล้มจากคุณสมบัติ Multi-Resolution ของ Wavelet โดยโครงงานนี้ ได้ทำการทดสอบจาก Wavelet 5 ชนิด ได้แก่ Daubechies, Haar, Symlet, Coiflet และ Biorthogonal พบว่า Daubechies โดยให้ความแม่นยำในการตรวจจับการหกล้มได้ดีที่สุด มีความแม่นยำถึง 85%

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง ระบบตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มโดยเซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกนนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และคำแนะนำจากบุคคลดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำชี้แนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณ นายอรรคชัย ภูผานิล ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกๆ คนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้สำหรับส่วนดีของโครงงานชิ้นนี้ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงงานหากโครงงานชิ้นดีมีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวสุภาวี มาทำมา
นางสาวทิพย์พากร หงษ์คำ
นางสาวกมลชนก จิระสุโข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 หลักการ และเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษาโครงงาน	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 บทนำ	4
2.2 Wavelet Transform	4
2.3 การแปลงเวฟเลตและวิธีการสกัดลักษณะเด่นของสัญญาณ	4
2.4 การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform)	5
2.5 การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transfo m)	7
2.6 การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform)	9
2.6.1 การวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียด (Multi-Resolution Analysis :MRA)	9
2.6.2 การวิเคราะห์แบบตัวกรองสัญญาณ (Filter Bank Analysis)	12
2.7 ประสิทธิภาพของระบบ	16
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	**17**
3.1 บทนำ	17
3.2 การออกแบบระบบ	17
3.2.1 คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค	18
3.2.2 eZ430-Chronos Watch	19

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3 การทำงานของระบบ	20
3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของ eZ430-Chronos Watch	21
3.5 การเลือก Threshold	26
3.5.1 Variance max ของการนอนและเดิน	26
3.5.2 R^{DWT}	26
3.5.3 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**30**
4.1 บทนำ	30
4.2 ทดสอบการหกล้มด้วยวิธีใช้ค่า Variance เท่านั้น (ไม่ได้ใช้ Wavelet)	30
4.2.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก)	30
4.2.1.1 ขั้นตอนการทดลอง	30
4.2.1.2 ผลการทดลอง	32
4.2.1.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	34
4.2.2 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)	35
4.2.2.1 ขั้นตอนการทดลอง	35
4.2.2.2 ผลการทดลอง	35
4.2.2.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	37
4.2.3 Variance max ก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)	38
4.2.3.1 ขั้นตอนการทดลอง	38
4.2.3.2 ผลการทดลอง	38
4.2.3.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	40
4.3 วิธีการใช้ DWT ด้วย Wavelet ชนิด Db4 Level 3	41
4.3.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)	41
4.3.3.1 ขั้นตอนการทดลอง	41
4.3.3.2 ผลการทดลอง	41
4.3.3.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3.2 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)	44
4.3.2.1 ขั้นตอนการทดลอง	44
4.3.2..2 ผลการทดลอง	44
4.3.2.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**47**
5.1 สรุปผลการทดลอง	47
5.2 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงงาน	47
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	47
5.4 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	**49**
ภาคผนวก	**51**
ภาคผนวก ก	**52**
1. คุณสมบัติของ นาฬิกา eZ430-Chronos Watch	52
2. การเขียนโปรแกรม	52
2.1 ไม่ได้ใช้ Wavelet (ใช้ Variance เท่านั้น)	52
2.1.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)	52
2.1.2 Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก)	57
2.1.3 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)	61
2.2 ใช้ Wavelet DWT Db4 Level 3	66
2.2.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)	66
2.2.2 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)	70
ภาคผนวก ข	**76**
1. การตรวจสอบความถูกต้องของ eZ430-Chronos Watch	76
2. การเลือกตำแหน่งที่ติดตั้ง eZ430-Chronos Watch	77
ประวัติผู้เขียน	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตารางค่า Variance max ของ Coefficient Db 4 Level 3	25
3.2	ตารางค่า Variance max เฉลี่ยของแต่ละท่า	25
4.1 (ก)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 1	32
4.1 (ข)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 2	33
4.1 (ค)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 3	34
4.2 (ก)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1	35
4.2 (ข)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2	36
4.2 (ค)	แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3	37
4.3 (ก)	แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1	38
4.3 (ข)	แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2	39
4.3 (ค)	แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3	40
4.4 (ก)	แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1	41
4.4 (ข)	แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2	42
4.4 (ค)	แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5 (ก)	แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1	44
4.5 (ข)	แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2	45
4.5 (ค)	แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3	46
ข.1	ค่า Sensitivity ของตำแหน่งที่ติดตั้ง eZ430-Chronos Watch	60
ข.2	ความถูกต้องในการตรวจจับการหกล้มของ Wavelet แต่ละชนิด	77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 รูปแบบสัญญาณของเวฟเลต	5
2.2 การวิเคราะห์สัญญาณด้วยฟังก์ชันเวฟเลต	6
2.3 คุณสมบัติการปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเลต	6
2.4 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 1 และ 2	7
2.5 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 3	8
2.6 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 4	8
2.7 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 5	8
2.8 ลักษณะการกระจายละเอียดลำดับต่างๆ	11
2.9 การแยกสัญญาณด้วยตัวกรองแบบ 2 ช่องสัญญาณ	12
2.10 การแปลงกลับสัญญาณด้วยตัวกรองแบบ 2 ช่องสัญญาณ	13
2.11 การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยโดยใช้โครงสร้างต้นไม้แบบทวิภาค	13
2.12 Wavelet Toolbox Main Menu ในโปรแกรม MATLAB	14
2.13 การปรับชนิดของ Wavelet	15
3.1 อุปกรณ์ระบบ	17
3.2 คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ยี่ห้อ ACER รุ่น Aspire 4730Z	18
3.3 eZ430-Chronos Watch	19
3.4 รายละเอียดเมนู	20
3.5 ความเร่งทั้ง 3 แกน มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา	21
3.6 สัญญาณ Approximation และสัญญาณ Detail ของ Wavelet DWT ชนิด Db4	23
3.7 สัญญาณ Detail ของ Wavelet DWT ชนิด Db4 Level 3	24
3.8 Threshold จากการใช้ค่า Variance ของการเดินและนอน	26
3.9 DWT Db4 ทั้ง 8 ระดับ	27
3.10 กราฟพลังงานของ Detail ระดับต่างๆ (cfs) ของ Db4 เทียบกับสัญญาณดั้งเดิม (acc_{sum})	28
3.11 ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม	29
4.1 ติดตั้งอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch	30
4.2 Code ใน MATLAB	31

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.1 eZ430-Chronos Watch, Vernier LABQ LabQuest และ Accelerometer	76
ข.2 กราฟเปรียบเทียบความเร่งทั้ง 3 แกนของ eZ430-Chronos Watch และVernier LABQ LabQuest	76

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางการแพทย์ ส่งผลให้สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้น ทำให้ประชากรสูงอายุมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่พบบ่อยในผู้สูงอายุคือการล้ม และการล้มมักจะเกิดทั้งในบ้านและนอกบ้านในช่วงกลางวัน การล้มในผู้สูงอายุจะส่งผลเสียในระยะยาวอย่างมาก เนื่องจากการลดลงของสมรรถภาพร่างกายของผู้สูงอายุ ทำให้ต้องพึ่งพาผู้อื่น มีความกลัว ความไม่มั่นใจ และอาจทำให้เกิดการล้มซ้ำได้ง่าย อย่างไรก็ตาม การที่ผู้สูงอายุได้รับการช่วยเหลืออย่างรวดเร็วหลังจากล้มสามารถลดความรุนแรงจากการบาดเจ็บ ลดระยะเวลาในการเจ็บป่วย ลดค่ารักษาพยาบาล และลดอัตราการเสียชีวิตในผู้สูงอายุได้ [1] การตรวจจับการล้มในผู้สูงอายุ หรือ การจำแนกระหว่างการล้มและกิจกรรมตามปกติของผู้สูงอายุในงานวิจัยที่ผ่านมา โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธี Threshold ค่าสูงสุดของความเร่งลัพธ์ในโดเมนเวลาเป็นหลัก [2]-[10] แม้ว่ามีบางงานวิจัยที่ใช้พารามิเตอร์อื่นร่วมด้วย [4]-[7] เช่น Autoregressive Model ท่าทางหลังจากล้ม ความเร็วของศีรษะ เป็นต้น วิธี Threshold ค่าสูงสุดของความเร่งลัพธ์นี้ได้รับความนิยมเนื่องจากมีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนและให้ประสิทธิภาพการตรวจจับสูง อย่างไรก็ตาม วิธี Threshold ค่าสูงสุดของความเร่งลัพธ์ มีแนวโน้มที่จะให้ผลการตรวจจับผิดพลาดได้ในกรณีที่ผู้สูงอายุล้มด้วยความเร่งไม่สูงนัก เช่น ล้มแบบทรุดตัว หรืออาจทำกิจกรรมบางอย่างที่รวดเร็ว เช่น ทิ้งตัวลงนอน นั่งลงหรือลุกขึ้นค่อนข้างเร็ว เป็นต้น [7] ด้วยวิธี DWT ที่ให้ผลการจำแนกรูปแบบสัญญาณที่ดีในงานวิจัยที่ผ่านมา นั่นแสดงว่า สัญญาณที่ได้จากแต่ละกิจกรรมมีรูปแบบเฉพาะที่สามารถจำแนกได้ โครงงานนี้จึงใช้ DWT มาตรวจจับสัญญาณความเร่งลัพธ์ของการล้ม โดยใช้วิธี Threshold ค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งลัพธ์สำหรับจำแนกพฤติกรรมการหกล้มจากพฤติกรรมอื่นๆ

1. 1 หลักการ และเหตุผล

ปัจจุบันเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นเทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสาร การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ขนาดเล็กๆ จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ อาทิเช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจและนำผลข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างความรู้ใหม่ เพื่อที่จะตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างอัตโนมัติ เทคโนโลยีไร้สายนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลากหลายสาขา ไม่ว่าด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม ด้านการรักษาความปลอดภัย และด้านการแพทย์ โดยในด้านการแพทย์นั้นมีการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในหลายงาน เช่น การตรวจวัดคนไข้ผ่านทางระบบเครือข่ายไร้

สายโดยระบบนี้จะใช้เซ็นเซอร์ที่สามารถวัดค่าที่จำเป็นสำหรับการรักษา เช่น ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเข้ามาช่วยในการตรวจรักษาคนไข้ และอีกด้านที่มีการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์ไร้สายคือการใช้งานกับผู้สูงอายุ โดยประยุกต์เซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมและลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ว่าในขณะนั้นผู้สูงอายุมีการหกล้มหรือไม่ ซึ่งหากเราสามารถตรวจจับการหกล้มนี้ได้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการลดอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ หรือมีการแจ้งเตือนหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นในกรณีที่ในขณะนั้นไม่มีผู้ดูแลผู้สูงอายุ

อุปกรณ์ eZ430-Chronos™ Development Tool เป็นอุปกรณ์วัดความเร่งในแนวแกน x, y, และ z ซึ่งพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อแบ่งแยกลักษณะพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยค่าความเร่งในแนวแกน x, y, และ z จะผ่านการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์แบบเวฟเลตทรานส์ฟอร์ม (Wavelet Transform) ซึ่งเวฟเลตทรานส์ฟอร์ม เป็นการนำเอาสัญญาณมาผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ และตัวกรองความถี่สูง เพื่อทำการแยกสัญญาณออกเป็นส่วนที่เป็นความถี่ต่ำและส่วนที่เป็นความถี่สูง โดยตัวกรองความถี่ต่ำก็คือ Scaling Function และตัวกรองความถี่สูงก็คือ Wavelet Function ซึ่งหลักการนี้สามารถวิเคราะห์สัญญาณและแบ่งแยกความแตกต่างของลักษณะสัญญาณที่ผ่านเข้ามาและยังสามารถลดจำนวนตัวอย่างของสัญญาณที่ต้องการทำการวิเคราะห์ลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของของสัญญาณเดิมทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น เราจึงใช้การแปลงเวฟเลตแบบ DWT ในการวิเคราะห์สัญญาณการหกล้ม ที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาสั้นๆ เพราะ DWT นั้น สามารถที่จะแสดงข้อมูลบางส่วนของสัญญาณที่วิธีวิเคราะห์แบบอื่นอาจจะไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น ข้อมูลประเภทจุดแตกหัก (Breakdown Point), ความไม่ต่อเนื่องที่อนุพันธ์สูงๆ, ความเหมือนกับตัวเอง (Self-Similarity) และด้วยความสามารถในการมองสัญญาณในมุมมองที่ต่างไปจากวิธีอื่นๆ และความสามารถในการวิเคราะห์ได้ทั้งช่วงความถี่และช่วงเวลาเฉพาะช่วงที่เราสนใจได้ ทำให้สามารถพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเฉพาะช่วงได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ดังนั้น เวฟเลตทรานส์ฟอร์ม จึงเป็นหลักการที่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์การหกล้มของมนุษย์ที่ต้องการรายงานผลอย่างรวดเร็วนั่นเอง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง eZ430-Chronos™ Development Tool เพื่อตรวจจับการหกล้ม
2. เพื่อศึกษาหลักการ Wavelet Transform
3. เพื่อศึกษาโปรแกรม MATLAB
4. เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการประกอบวิชาชีพ

1.3 ขอบเขตของการศึกษาโครงงาน

1. ศึกษาความรู้พื้นฐานในการใช้โปรแกรม MATLAB
2. ศึกษาการใช้อุปกรณ์ eZ430-Chronos™ Development Tool ผ่านโปรแกรม MATLAB
3. พัฒนาโปรแกรมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการตรวจจับการหกล้ม

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง eZ430-Chronos™ Development Tool เพื่อตรวจจับการหกล้ม
2. มีความรู้ความเข้าใจในการประยุกต์ใช้งานหลักการ Wavelet Transform มาใช้งานจริง
3. มีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานโปรแกรม MATLAB
4. มีความรู้นำไปประยุกต์ใช้ประกอบวิชาชีพ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเกี่ยวกับขอบเขตของโครงงานที่จะทำ
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเวฟเลตทรานส์ฟอร์ม (Wavelet Transform)
3. จัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
4. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ อุปกรณ์ eZ430-Chronos™ Development Tool เบื้องต้น
5. ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม MATLAB
6. เขียนคำสั่งในโปรแกรม MATLAB เพื่อประยุกต์ใช้งานกับ eZ430-Chronos™ Development Tool เพื่อตรวจจับการหกล้ม
7. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม
8. จัดทำรูปเล่มรายงานของโครงงานเพื่อเสนออาจารย์ประจำสาขาวิชา

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของ Wavelet Transform เพื่อการหาผลสรุปพฤติกรรมการล้มของมนุษย์ผ่านโปรแกรม MATLAB รวมถึงวิธีการหาค่าประสิทธิภาพของระบบ

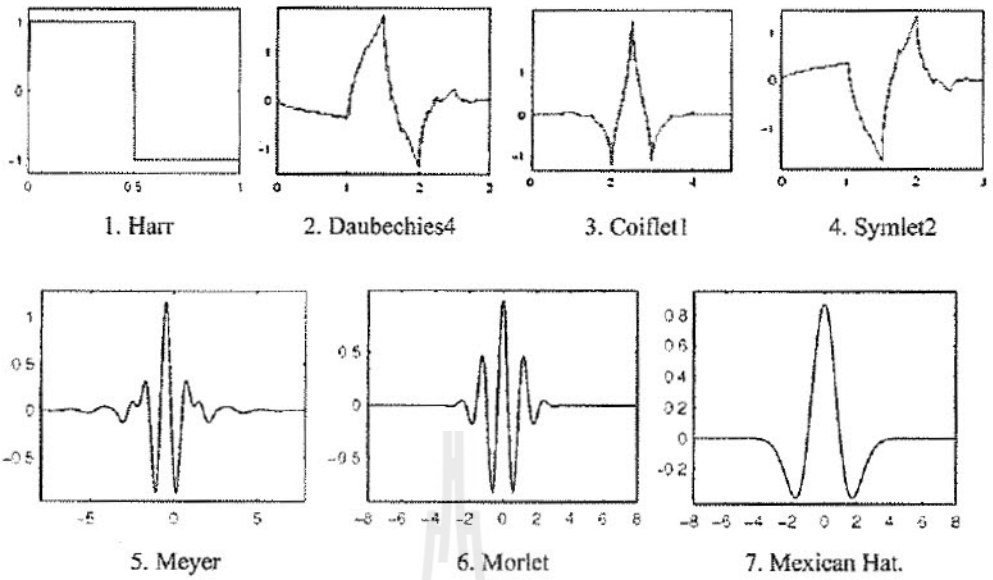
2.2 Wavelet Transform

Wavelet Transform คือ การคำนวณค่าความเหมือนของสัญญาณ x(t) ต่อ Wavelet Function ที่ Scale และ Delay ต่างๆ หรือค่าสัมประสิทธิ์ของ Base Function ของ Wavelet Domain และสัญญาณดังกล่าวสามารถสังเคราะห์กลับคืนมาด้วย โดยเป็นค่าคงที่ขึ้นกับ Wavelet ชนิดต่างๆ ค่าสัมประสิทธิ์นี้บอกถึงองค์ประกอบของสัญญาณที่ Scale และ Delay ต่างๆ ซึ่งทำให้เรารู้ว่าสัญญาณที่ความถี่ใดเกิดขึ้นในเวลาใดบ้าง ในลักษณะเดียวกันกับ Fourier Analysis ซึ่งก็คือการแปลงสัญญาณที่ต้องการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของ Linear Combination ของ Base Signals ที่เป็นพื้นฐานและง่ายต่อการสังเคราะห์ จะแตกต่างกันแค่เพียงที่ Base Signals จาก Sine Function ที่ความถี่ต่างๆ เป็น Wavelet Function ที่ Scale และ Delay ต่างๆ และจากการที่ Wavelet Function มีหลากหลายชนิด ไม่จำกัดอยู่แค่ Sine Function เราสามารถเลือกชนิดที่เหมาะสมกับสัญญาณที่จะวิเคราะห์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการประมวลผลได้

Wavelet Transform นั้นเป็นวิธีการวิเคราะห์สัญญาณที่พัฒนาขึ้น เพื่อวิเคราะห์สัญญาณที่มีลักษณะไม่คงที่ และเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างแกนเวลา และการสเกล ซึ่ง Wavelet Transform นั้นสามารถปรับขนาดหน้าต่าง (Windows) ได้แบบอัตโนมัติโดยจะใช้หน้าต่างที่สั้นกับความถี่สูง และหน้าต่างที่กว้างกับความถี่ต่ำ ทำให้สามารถเลือกคุณลักษณะทางเวลาและความถี่ได้

2.3 การแปลงเวฟเลตและวิธีการสกัดลักษณะเด่นของสัญญาณ

การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์วิธีหนึ่งที่ใช้ในการอธิบายโครงสร้างของระบบสัญญาณที่ประกอบด้วยสัญญาณเฉพาะหลายๆ สัญญาณมารวมกันเป็นสัญญาณหนึ่ง โดยสัญญาณเฉพาะนี้จะเป็นรูปคลื่นเล็กๆ ที่เรียกว่า "เวฟเลต" ซึ่งจะเป็นรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Oscillatory) และขนาดของคลื่นจะลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วโดยรูปแบบสัญญาณของเวฟเลตนั้นจะมีรูปแบบต่างๆ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบสัญญาณของเวฟเลต

หลักของกระบวนการแปลงเวฟเลตนั้น มีการพัฒนาการมาจากการแปลงสัญญาณพื้นฐานที่มีอยู่เดิม แต่ได้มีการปรับรูปแบบให้มีความเหมาะสมกับงานที่เฉพาะทางมากขึ้น ซึ่งจะสามารถแก้ไขส่วนด้อยของกระบวนการแปลงสัญญาณพื้นฐานแบบเก่าได้ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกระบวนการแปลงสัญญาณพื้นฐานแบบเก่านั้น ในหัวข้อต่อไป จึงได้ทำการอธิบายความหมายและกระบวนการของการแปลงสัญญาณพื้นฐานแบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องไว้เพื่อให้เป็นพื้นฐานความเข้าใจในการนำไปใช้งานต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4 การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform)

การแปลงเวฟเลตของสัญญาณจะแสดงในรูปของผลรวมสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) และองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version)ในระดับต่างๆ ดังรูปที่ 2.2 โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตทำหน้าที่เป็นค่าน้ำหนักขององค์ประกอบความถี่แต่ละระดับ ในการนำเวฟเลตหลายๆ อันมารวมกันเป็นเซตเพื่อจะใช้□ในการอธิบายสัญญาณหรือระบบใดๆ นั้น คลื่นเวฟเลตแต่ละตัวจะต้องมีโครงสร้างมาจากฟังก์ชันเดียวกัน ซึ่งฟังก์ชันนี้จะเป็นฟังก์ชันต้นกำเนิดที่เรียกว่า เวฟเลตแม่ (Mother Wavelet) โดยที่คลื่นเวฟเลตแต่ละอันในกลุ่มจะเกิดจากการปรับสเกล (Scale ; a) หรือการแสดงการยืดหรือหดตัวของเวฟเลตแม่ดังรูปที่ 2.3 ส่วนการเลื่อนตำแหน่ง (Translation or Shifting ; b) จะเป็นการแสดงตำแหน่งบนแกนเวลาโดยจะสามารถเขียนสมการของเวฟเลตได้ดังนี้

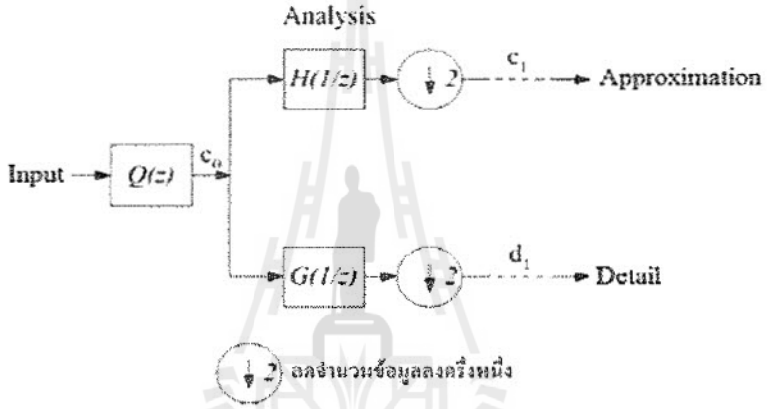
$$\psi a,b(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2.1)$$

เมื่อ $\psi(t)$ คือ ฟังก์ชันของเวฟเลตแม่ที่มีการปรับสเกล

a คือ พารามิเตอร์ของการปรับสเกล (Scaling)

b คือ พารามิเตอร์การเลื่อนตำแหน่ง (Shifting)

ซึ่งในสมการจะมีการปรับค่าเพื่อให้สัญญาณที่ได้หลังจากปรับสเกลแล้วมีพลังงานเท่ากับเวฟเลตแม่เสมอด้วย



รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์สัญญาณด้วยฟังก์ชันเวฟเลต

รูปที่ 2.3 คุณสมบัติการปรับสเกลของฟังก์ชันเวฟเลต

เมื่อนำสัญญาณใดๆ มาผ่านกระบวนการแปลงเวฟเลตก็เปรียบเหมือนการแตกสัญญาณนั้นให้ออกมาดังรูปของเวฟเลตแม่ที่การปรับสเกลและตำแหน่งที่แตกต่างกันไป ซึ่งรูปแบบของการแปลงเวฟเลต โดยทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transform) และการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform)

2.5 การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง (Continuous Wavelet Transform)

รูปแบบการแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่องนั้น มีลักษณะการวิเคราะห์สัญญาณในทุกๆ ค่าของความถี่ซึ่งสามารถเขียนรูปแบบแทนการแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่องได้ดังนี้

$$CWT_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\, \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \qquad (2.2)$$

เมื่อ $f(t)$ คือ สัญญาณที่ทำการแปลงเวฟเลต

$\psi(t)$ คือ เวฟเลตแม่ (Mother Wavelet)

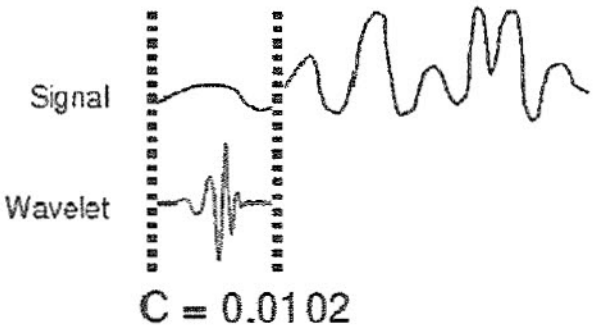
a คือ พารามิเตอร์ของการปรับสเกล (Scaling)

b คือ พารามิเตอร์การเลื่อนตำแหน่ง (Shifting)

เทอมของ $\psi(t)$ เป็นเทอมของเวฟเลตแม่ที่เทียบได้กับเทอมของฟังก์ชันหน้าต่างในการแปลงฟูริเยร์ช่วงเวลาสั้นนั่นเอง แต่ในการแปลงเวฟเลตจะมีการเปลี่ยนคุณสมบัติด้วยการเปลี่ยนค่าของพารามิเตอร์ a และ b ทำให้ในช่วงที่มีความถี่สูงจะมีช่วงเวลาในการวิเคราะห์ที่แคบและในช่วงที่มีความถี่ต่ำจะมีช่วงเวลาวิเคราะห์ที่กว้าง ซึ่งด้วยวิธีการดังกล่าวจะเป็นการลดข้อด้อยของการวิเคราะห์ด้วยวิธีการแปลงฟูริเยร์ช่วงเวลาสั้นได้ โดยกระบวนการของการแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่องนั้นได้แสดงขั้นตอนไว้ดังนี้

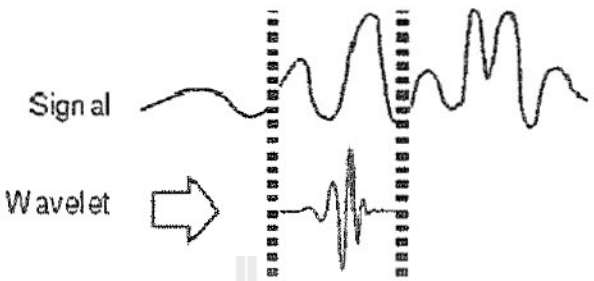
1. นำเวฟเลตแม่มาเปรียบเทียบกับส่วนแรกซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของสัญญาณในสเกลแรก

2. คำนวณสัมประสิทธิ์ซึ่งผลการวิเคราะห์จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวฟเลตแม่ ในสเกลแรกซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้รูปร่างของเวฟเลตแม่ด้วยโดยขั้นตอนที่ 1 และ 2 นั้น แสดงวิธีการได้ดังรูปที่ 2.4



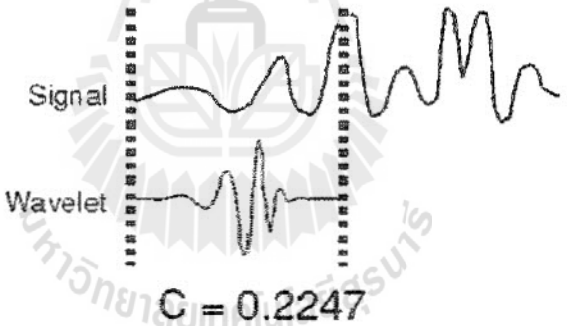
รูปที่ 2.4 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 1 และ 2

3. เลื่อนตำแหน่งการวิเคราะห์ไปทางด้านขวาและทำขั้นตอนที่ 1 และ 2 ซ้ำ จนกระทั่งครอบคลุมช่วงสัญญาณทั้งหมดในการปรับความละเอียดครั้งแรก ดังรูปที่ 2.5



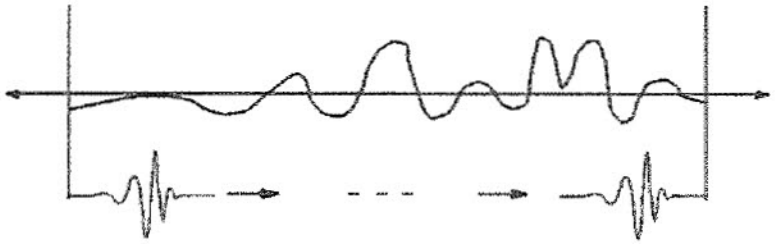
รูปที่ 2.5 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 3

4. เปลี่ยนอัตราการปรับความละเอียด ดังรูปที่ 2.6 โดยทำการขยายสเกลและทำตามขั้นตอนที่ 1-3 อีกครั้ง



รูปที่ 2.6 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 4

5. ทำตามขั้นตอนที่ 1-4 อีกครั้งจนครบทุกอัตราการปรับความละเอียด ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กระบวนการแปลงเวฟเลตในขั้นตอนที่ 5

จากขั้นตอนทั้งหมด ผลของการวิเคราะห์ที่ได้จะอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ของแต่ละค่า การปรับสเกลและทุกตำแหน่งของการเลื่อนสัญญาณ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำทางด้านเวลาและความถี่ก็ตามกระบวนการในการวิเคราะห์ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างมากและข้อมูลของผลลัพธ์ที่ได้ก็มีความซับซ้อนเกินความจำเป็นด้วยเหตุผลดังกล่าวการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น [9]

2.6 การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform)

การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยเป็นการแปลงเวฟเลตรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะการวิเคราะห์โดยพัฒนารูปแบบการปรับสเกลและการเลื่อนตำแหน่งในลักษณะเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยการเวฟเลตแบบเต็มหน่วยนั้น จำเป็นต้องกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อความเข้าใจในกระบวนการมากขึ้น ดังนี้

2.6.1 การวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียด (Multi – Resolution Analysis : MRA)

การวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียด เป็นการวิเคราะห์สัญญาณที่เลือกระดับความละเอียดได้โดยการนำสัญญาณเล็กๆ ที่ปรับค่าตามสเกล a ซึ่งมี b หลายๆ ตำแหน่งมารวมกันเกิดเป็นสัญญาณที่ระดับความละเอียดที่เลือกไว้และเมื่อนำสัญญาณทั้งหมดมารวมกันแล้วจะทำให้ได้สัญญาณต้นแบบดั้งเดิมคืนมา ซึ่งหลักการในการวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียดนั้น สามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีของสเปซเวกเตอร์ (Space Vector) ดังนี้

สเปซเวกเตอร์ คือ สเปซของสัญญาณที่เกิดจากการรวมกันของสัญญาณย่อยๆ ที่เรียกว่าฟังก์ชันพื้นฐาน (Basis Function) ซึ่งเมื่อกำหนดให้ V เป็นสเปซเวกเตอร์ที่มี j แสดงถึงระดับความละเอียดและจำนวนฟังก์ชันพื้นฐานที่ประกอบกันขึ้นเป็นฟังก์ชันนั้นแล้ว สามารถเรียกฟังก์ชันนี้ว่าฟังก์ชันของการปรับความละเอียด (Scaling Function ;$\Phi(t)$) ซึ่งการปรับค่าความละเอียดจะปรับตามค่าของความถี่ โดยถ้าช่วงความถี่ต่ำระดับความละเอียดก็จะอยู่ในระดับที่ต่ำเช่นเดียวกับช่วงความถี่สูงระดับความละเอียดก็จะอยู่ในระดับที่สูงด้วย โดยพบว่าในการปรับระดับความละเอียดลดลงมาหนึ่งระดับฟังก์ชันพื้นฐานจะมีความถี่ลดลงครั้งละ 2 เท่า โดยเมื่อใช้คุณสมบัติของการวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายระดับความละเอียดแล้ว จะสามารถวิเคราะห์สัญญาณ $f(t)$ ที่ไปอยู่สเปซที่ระดับ j ใดๆ ได้ดังสมการ

$$f_j(t) = \sum_k c_k^j \Phi_k^j(t) \qquad (2.3)$$

โดยกำหนดให้

c_k^j คือ ค่าสัมประสิทธิ์จากการปรับระดับความละเอียด j ณ ตำแหน่งที่ k ใดๆ

j คือ ระดับความละเอียด

k คือ ตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ในสัญญาณ

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันการปรับความละเอียดในสเปซใดๆ จะสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\Phi_k^j = 2^{\frac{-j}{2}}\Phi(2^j t - k)\,; j,k \in z \tag{2.4}$$

โดยกำหนดให้

Z คือ เซตของจำนวนเต็มซึ่ง

จากสมการ จะพบว่า เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ c_k^j ที่ได้คูณกับฟังก์ชันการปรับความละเอียดที่ตำแหน่ง k ใดๆ ที่ระดับความละเอียด j จะทำให้ได้ $f(t)$ หรือสัญญาณต้นแบบกลับคืนมา ในการวิเคราะห์ที่ระดับความละเอียดที่ต่ำลงอีก จะทำให้สัญญาณบางส่วนหายไปอยู่ในอีกปริภูมิหนึ่งซึ่งเรียกว่า "ปริภูมิเวกเตอร์เวฟเลต" (Wavelet Vector Space ; W^j) ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันพื้นฐาน ที่เรียกว่า "ฟังก์ชันเวฟเลต" (Wavelet Function ; $\psi(t)$) โดยสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\psi_k^j(t) = \frac{1}{2^{\frac{j}{2}}}\psi(2^j t - k) \tag{2.5}$$

ซึ่งถ้ากำหนดให้ $g_j(t)$ เป็นสัญญาณที่เกิดจากฟังก์ชันพื้นฐาน ($\psi_k^j(t)$) ภายในปริภูมิเดียวกันมารวมกันเป็นสัญญาณใดๆ จะได้ว่า

$$g_j(t) = \sum_k d_k^j \psi_k^j(t) \tag{2.6}$$

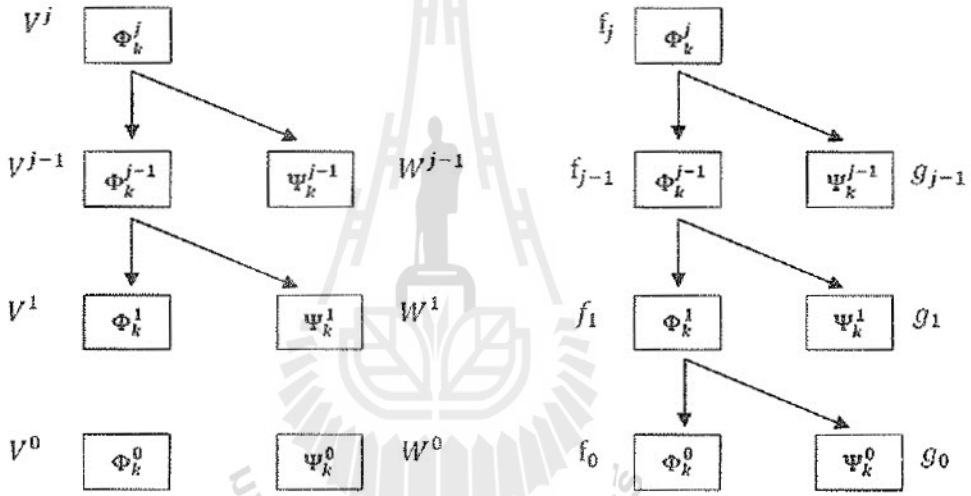
เมื่อกำหนดให้ d_k^j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ จากการปรับระดับความละเอียด j ณ ตำแหน่งที่ k ใดๆ เพื่อเกิดเป็นสัญญาณ $g(t)$ ดังนั้นจากความสัมพันธ์ $V_{j-1} \oplus W_{j-1} = V_j$ จะได้ว่า

$$f_j(t) = f_{j-1}(t) + g_{j-1}(t) \tag{2.7}$$

ถ้า $f(t) \in V^j$ สามารถแตกกระจายให้ $f(t)$ ให้มีความละเอียดน้อยลงได้จากความสัมพันธ์ของ $V_{j-1} \oplus W_{j-1} = V_j$ ในขณะเดียวกัน V_j สามารถแตกต่อไปอีกเรื่อยๆ จนกระทั่ง $j = 0$ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_j = V^0 \oplus W^0 \oplus W^1 \ldots \oplus W^{j-1} \tag{2.8}$$

ในทำนองเดียวกัน $f_j = f_{j-1} + g_{j-1}$ ก็สามารถกระจาย f_{j-1}, g_{j-1} ได้เช่นกัน โดยสามารถเขียนแผนภาพการกระจายสัญญาณไปยังความละเอียดลำดับต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะการกระจายละเอียดลำดับต่างๆ

โดยจะสามารถแสดงลักษณะของสัญญาณ $f(t)$ ในรูปของฟังก์ชันของการปรับความละเอียดและฟังก์ชันเวฟเลตได้ดังนี้

$$f(t) = f_0 + g_0 + g_1 + g_2 + \ldots + g_{j-1} \tag{2.9}$$

ดังนั้นสัมประสิทธิ์เวฟเลตจึงสามารถคำนวณได้จากสมการการโปรเจคชัน (Projection) ดังสมการ

$$c_k^j = \langle f(t), \Phi_k^j(t) \rangle \tag{2.10}$$

$$d_k^j = \langle f(t), \psi_k^j(t) \rangle \tag{2.11}$$

โดยกำหนดให้

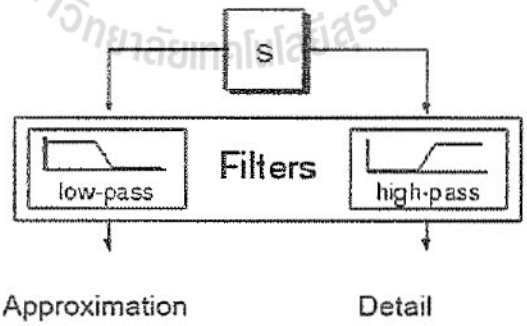
(,) คือ การทำผลคูณจุด (Dot product)

เมื่อทำการแตกกระจายสัญญาณ $f(t)$ จนถึงระดับความละเอียดที่ j สัมประสิทธิ์ c_k^j จะถูกแตกออกเป็นจนเป็นสัมประสิทธิ์ c_k^0 และกลุ่มของเซต $d_k^{j-1}, \ldots, d_k^j, d_k^1, d_k^0$ ในระดับความละเอียดต่างๆ กัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวก็คือลักษณะของการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยนั่นเอง

2.6.2 การวิเคราะห์แบบตัวกรองสัญญาณ (Filter Bank Analysis)

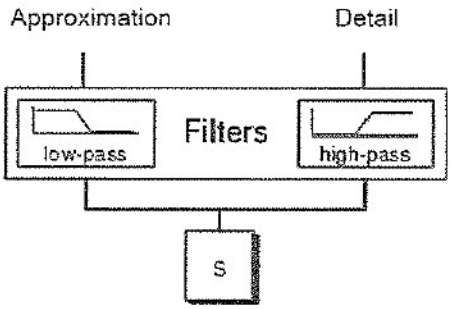
การวิเคราะห์ตัวกรองสัญญาณนั้น จะทำการแยกสัญญาณต้นแบบเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่มีความถี่ต่ำกับส่วนที่มีความถี่สูง โดยจะใช้ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) สำหรับแยกองค์ประกอบส่วนที่ความถี่ต่ำ และใช้ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) สำหรับแยกองค์ประกอบความถี่สูงโดยสัญญาณที่ได้มานั้นจะผ่านอัตราสุ่มลง (Down Sampling) ด้วย 2 ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ลดลงครึ่งหนึ่ง ในการวิเคราะห์แต่ละขั้นโดยสรุปคือ เมื่อนำสัญญาณต้นแบบมาผ่านการวิเคราะห์ด้วยการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยแล้ว จะทำให้สัญญาณต้นแบบถูกแยกองค์ประกอบด้วยตัวกรองความถี่สูงและตัวกรองความถี่ต่ำ ซึ่งจะแยกความถี่ได้ตามช่วงที่ต้องการ และผลที่ได้จะถูกลดอัตราสุ่มครึ่งหนึ่งทำให้ได้สัญญาณเป็นสองส่วน คือ

- สัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง ที่เรียกว่า “Detail”
- สัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ ที่เรียกว่า “Approximation”



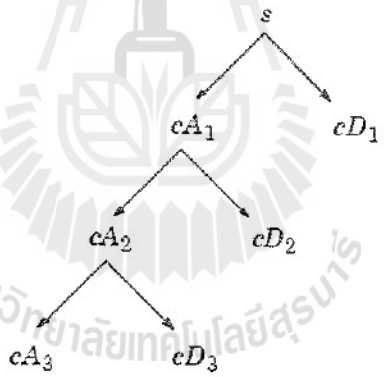
รูปที่ 2.9 การแยกสัญญาณด้วยตัวกรองแบบ 2 ช่องสัญญาณ

นอกจากนี้ ในโครงสร้างที่กลับกัน การวิเคราะห์แบบสร้างกลับสองช่องสัญญาณ (Reconstruction 2 Channel Synthesis Filter Bank) จะนำส่วนของสัญญาณ ความถี่สูงและความถี่ต่ำมารวมกันเป็นสัญญาณต้นแบบได้ซึ่งกระบวนการนี้ว่าการสังเคราะห์สัญญาณ (Synthesis) โดยได้แสดงกระบวนการไว้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การแปลงกลับสัญญาณด้วยตัวกรองแบบ 2 ช่องสัญญาณ

และเมื่อเอาตัวกรองแบบสองช่องสัญญาณมาเรียงต่อกันโดยใช้สัญญาณทางด้านความถี่ต่ำมาใช้ในการแยกองค์ประกอบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการแปลงเวฟเลตซ้ำในสัญญาณความถี่ต่ำนั้น สามารถเรียกโครงสร้างของการแปลงเวฟเลตลักษณะนี้ว่ามีโครงสร้างต้นไม้แบบทวิภาค (Dyadic Tree Structure) ซึ่งได้แสดงการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยโดยอาศัยโครงสร้างดังกล่าว

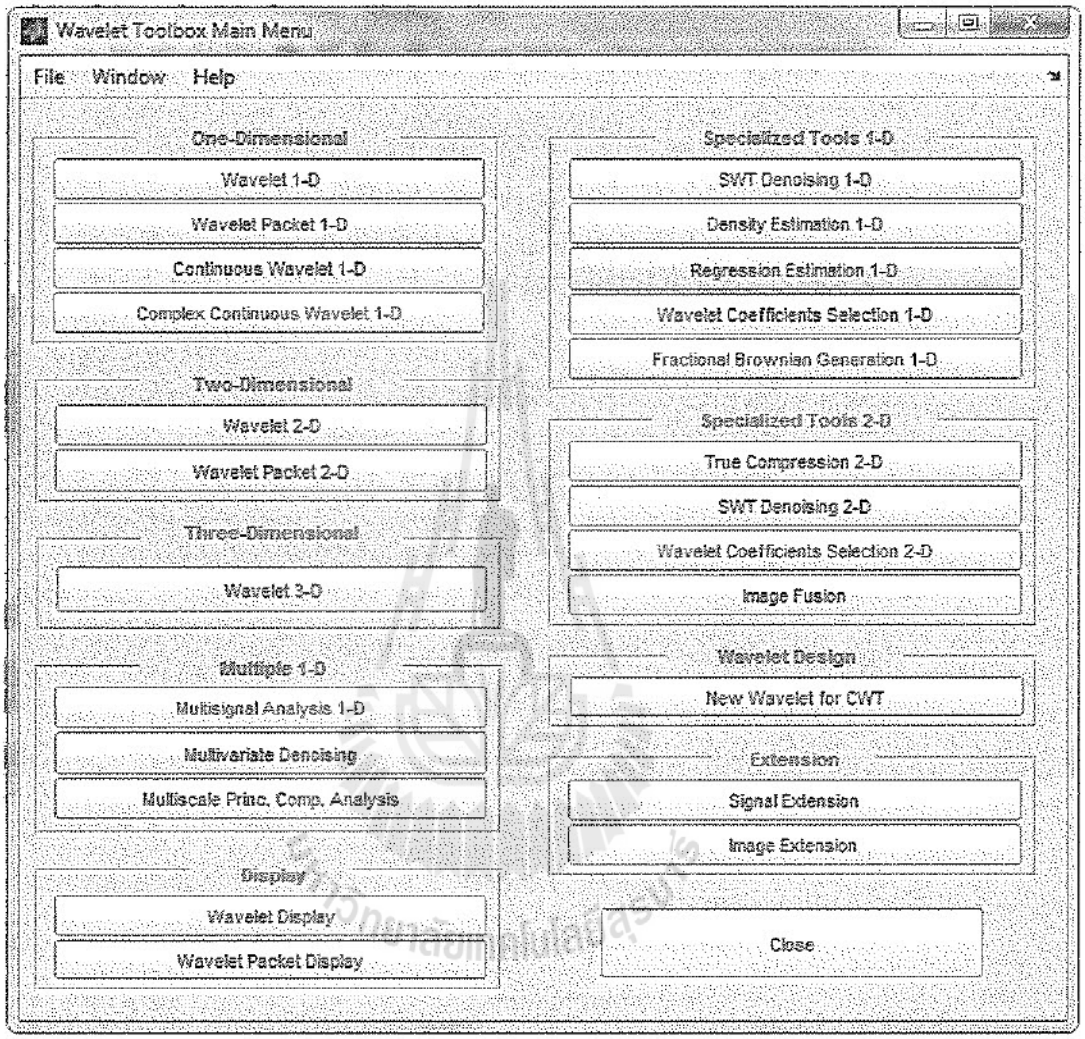


รูปที่ 2.11 การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยโดยใช้โครงสร้างต้นไม้แบบทวิภาค

เมื่อกำหนดให้

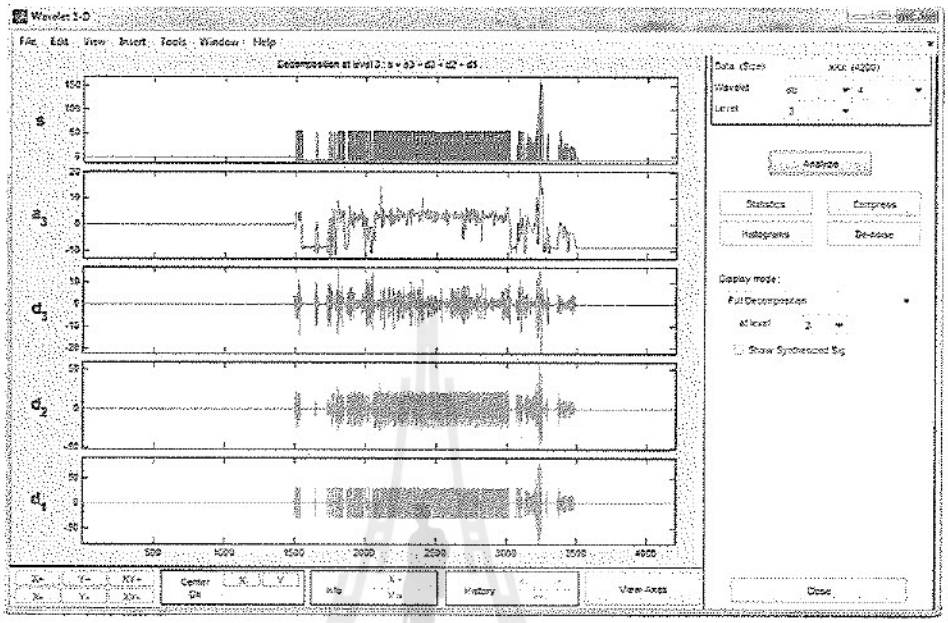
cD_n	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง (Detail Coefficients)
cA_n	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximation Coefficients)
n	คือ	ค่าระดับความละเอียดซึ่งจะเป็นเลขจำนวนเต็ม ตั้งแต่ 1, 2, …, ∞

ซึ่งในโปรแกรม MATLAB ได้มีคำสั่ง Wavemenu เพื่อเปิดใช้ฟังก์ชัน Wavelet ในรูปแบบต่างๆ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Wavelet Toolbox Main Menu ในโปรแกรม MATLAB

เราสามารถเรียกใช้ Wavelet ชนิดต่างๆได้โดยง่ายโดยการใช้คำสั่ง Wavemenu ดังตัวอย่างรูปที่ 2.13 ข้างล่าง



รูปที่ 2.13 การปรับชนิดของ Wavelet

เราสามารถปรับชนิดของ Wavelet ตามความต้องการ และในตัวโปรแกรม MATLAB ได้มีชุดคำสั่งพื้นฐานที่เกี่ยวข้องใน Wavelet ดังนี้

Function	**Name Purpose**
dwt	One-step decomposition
wavedec	Decomposition
idwt	One-step reconstruction
waverec	Full reconstruction
wrcoef	Selective reconstruction
upcoef	Single reconstruction
detcoef	Extraction of detail coefficients
appcoef	Extraction of approximation coefficients
upwlev	Recomposition of decomposition structure
ddencmp	Provide default values for de-noising and compression
wdencmp	Wavelet de-noising and compression
wden	Automatic Wavelet de-noising

2.7 ประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับการล้มของ eZ430-Chronos Watch วัดได้จากค่า Sensitivity และ ค่า Specificity [7,11] ซึ่งคำนวณจากเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ 4 เหตุการณ์ คือ

1. TP (True Positive) เกิดการล้มจริง และ eZ430-Chronos Watch ตรวจจับว่าล้มจริง
2. FP (False Positive) ไม่เกิดการล้ม แต่ eZ430-Chronos Watch ตรวจจับว่าล้ม
3. TN (True Negative) ไม่เกิดการล้ม และ eZ430-Chronos Watch ตรวจจับได้ถูกต้องว่าไม่ล้ม
4. FN (False Negative) เกิดการล้ม แต่ eZ430-Chronos Watch ไม่สามารถตรวจจับได้ว่าล้ม

โดยที่ค่า Sensitivity คือ ความสามารถในการตรวจจับอย่างถูกต้องว่าล้มจริง คำนวณได้จากสมการที่ 2.12

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \tag{2.12}$$

ค่า Specificity คือ ความสามารถในการตรวจจับอย่างถูกต้องว่าไม่ล้ม คำนวณได้จากสมการที่ 2.13

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \tag{2.13}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การออกแบบและการทำงานของระบบ

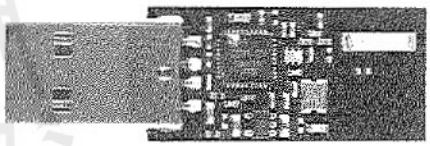
3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบระบบการทำงานของระบบ การเขียนโปรแกรมควบคุมและระบบการทำงานของ eZ430-Chronos Watch กับโปรแกรม MATLAB

3.2 การออกแบบระบบ

ระบบการตรวจรู้ของ eZ430-Chronos Watch แสดงเป็นแผนภาพโดยรวมดังรูปที่ 3.1

eZ430-Chronos Watch



eZ430-Chronos RF Access Point

คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ACER Aspire 4730Z

รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ระบบ

โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คและชุดอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค

รูปที่ 3.2 คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ยี่ห้อ ACER รุ่น Aspire 4730Z

คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค

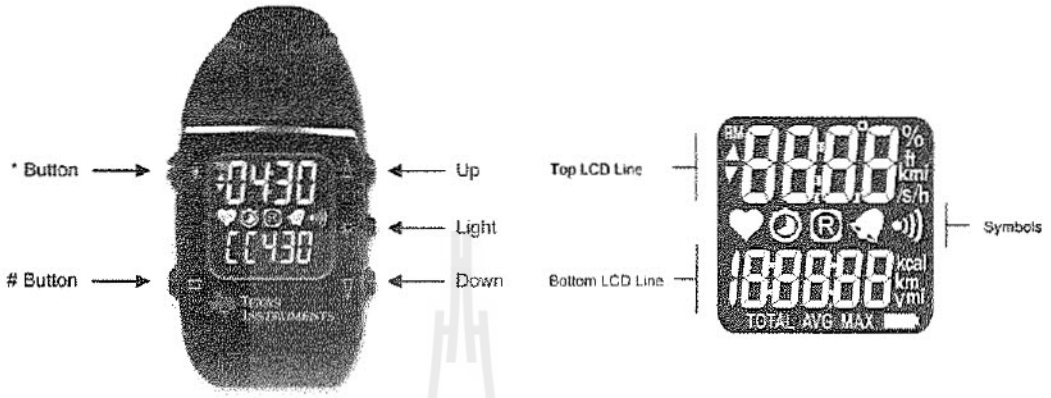
- Intel Pentium Dual-Core T3200
- Chipset Mobile Intel GL40 Express
- หน้าจอไวด์สกรีน 14.1 inch WXGA (1280x800)
- Graphic Card Intel GMA 4500M HD
- Memory 1 GB DDR2
- Hard Disk 160 GB 5400 RPM

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>หมายเหตุ</u> สามารถใช้คอมพิวเตอร์รุ่นอื่นๆได้

3.2.2 eZ430-Chronos Watch

อุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch ที่ใช้ในโครงงาน



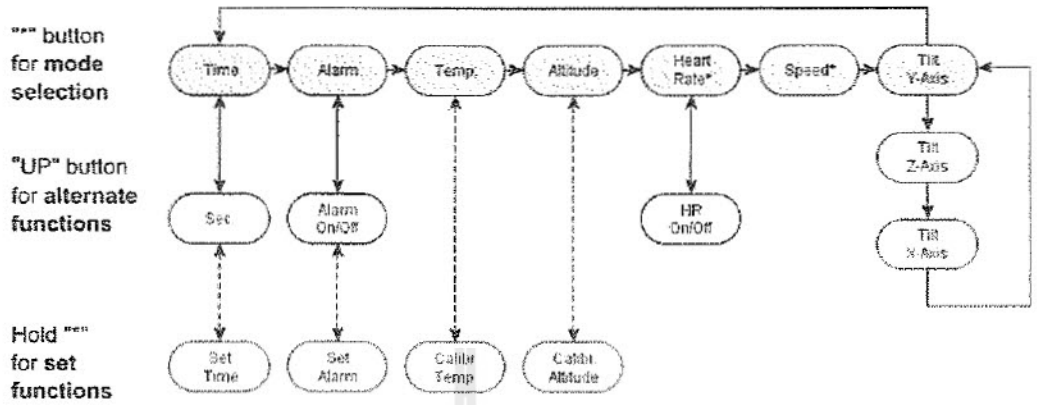
รูปที่ 3.3 eZ430-Chronos Watch

รายละเอียด :

TI eZ430-Chronos Development Watch - 433MHz เป็นชุดพัฒนาจาก TI สำหรับทำ Wireless Application ทำมาในรูปแบบของนาฬิกาข้อมือ

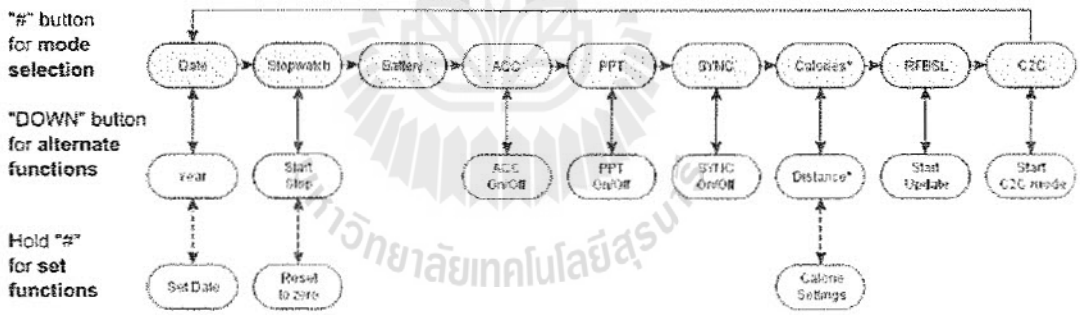
ใช้งานได้ 2 แบบคือ แบบ Stand Alone และแบบ eZ430-Chronos Watch เชื่อมต่อกับ PC eZ430-Chronos Watch Based on CC430F6137 เป็นการนำ MSP430 รวมกับ Sub-1-GHz Wireless Transceiver สามารถ Reprogrammed ตามความต้องการของผู้ใช้งานผ่าน Wireless Application มีการรวมฟังก์ชันการทำงานหลายๆ อย่างเข้าไปในนาฬิกาได้แก่ Temperature, 3-Axis Accelerometer, Battery Voltage, Pressure Sensor สามารถจับคู่สัญญาณ Wireless เข้ากับ Heart Rate Monitors, Pedometers หรืออุปกรณ์อื่นที่อยู่บนพื้นฐานของ RF Transceivers เช่น CC430 หรือ CC11xx Series

Top Modes:



To modify values in set function use "UP"/ "DOWN" , press "#" for next item and "*" to store

Bottom Modes:



To modify values in set function use "UP"/ "DOWN" , press "#" for next item and "*" to store

รูปที่ 3.4 รายละเอียดเมนู

3.3 การทำงานของระบบ

1. ภาคของการรับค่าอ่านค่าและทำการเชื่อมต่อ eZ430-Chronos Watch เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่าน eZ430-Chronos RF Access Point แล้วเขียนโปรแกรม MATLAB เพื่อเชื่อมต่อระบบการทำงานให้กับเครื่อง eZ430-Chronos Watch พร้อมที่จะทำงาน

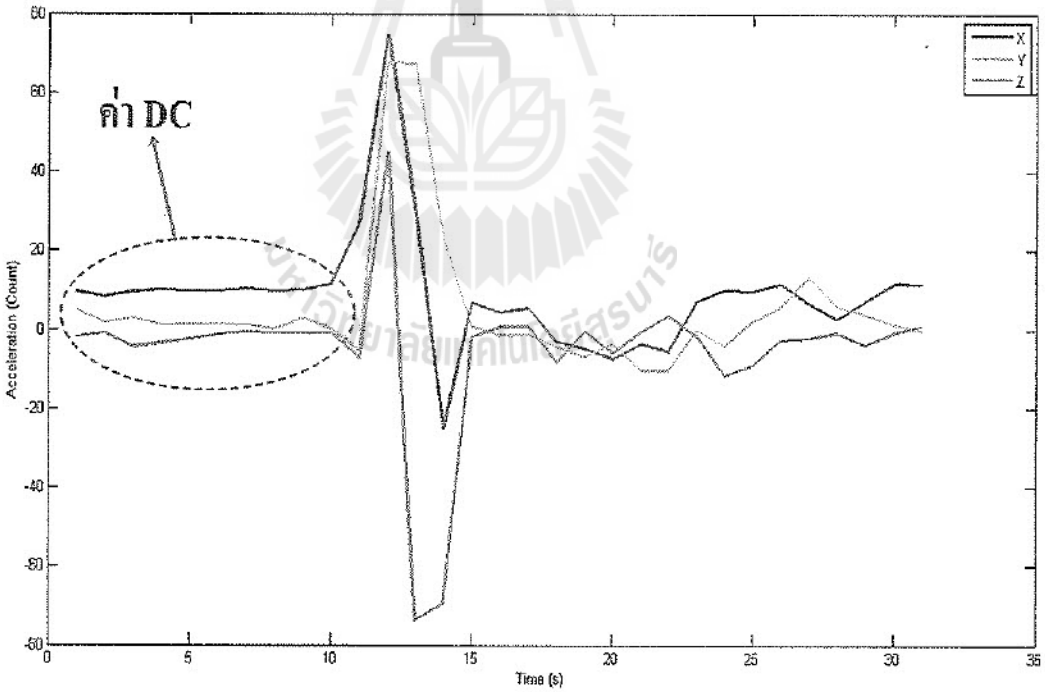
2. ภาคของการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในส่วนนี้จะทำการสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการ Interface ข้อมูลเข้ากับโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมาเพื่อประมวลผลว่าข้อมูลที่ได้รับมาจะอยู่ในสถานะอะไร

3. ภาคของการแสดงผลรายงานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อทำการประมวลผลแล้วถ้าข้อมูลที่ได้รับมาก็จะทำการแสดงผลออกทางโปรแกรม MATLAB โดยแสดงออกมาอยู่ในรูปของกราฟและตัวอักษร

3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของ eZ430-Chronos Watch

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของ eZ430-Chronos Watch เพื่อบอกถึงลักษณะการยืนหรือเดิน การนอน และการหกล้มผ่านโปรแกรม MATLAB ทำได้โดย

1. ขั้นแรกเราได้ทำการเช็คตัว Sensor วัดความเร่งใน eZ430-Chronos Watch และพบว่ามีค่าผิดเพี้ยนเกิดขึ้นดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ความเร่งทั้ง 3 แกน มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

เราได้จึงทำการเขียนโปรแกรมเพื่อปรับให้ตัว eZ430-Chronos Watch นั้นเกิดความเสถียรโดยการเก็บค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้งของตัว eZ430-Chronos Watch โดยค่าเฉลี่ยที่ได้นั้นมาจากการหาผลรวมของค่าในแนวแกน x แกน y และแกน z ดังสมการ [7,9]

$$acc_{sum} = \sqrt{acc_x^2 + acc_y^2 + acc_z^2} \tag{3.1}$$

เมื่อ acc_x คือ ค่าความเร่งในแนวแกน x
acc_y คือ ค่าความเร่งในแนวแกน y
acc_z คือ ค่าความเร่งในแนวแกน z

และนำค่าความเร่งที่ได้นั้นมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อไปปรับให้ค่าที่อ่านได้นั้นเสถียร

eZ430-Chronos Watch นั้นมีความเพี้ยนเกิดขึ้นจึงต้องปรับค่าโดยการที่หาค่าเฉลี่ยค่าเริ่มต้นของ eZ430-Chronos Watch เพื่อนำไปลบออกจากสถานะปัจจุบันของตัว eZ430-Chronos Watch ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยค่าเฉลี่ยหาได้จากสมการ [7]

$$\bar{X} = \frac{\sum acc_{sum}}{N} \tag{3.2}$$

เมื่อ acc_{sum} คือ ผลรวมของความเร่งในแนวแกน x y และ z
N คือ จำนวนตัวอย่าง

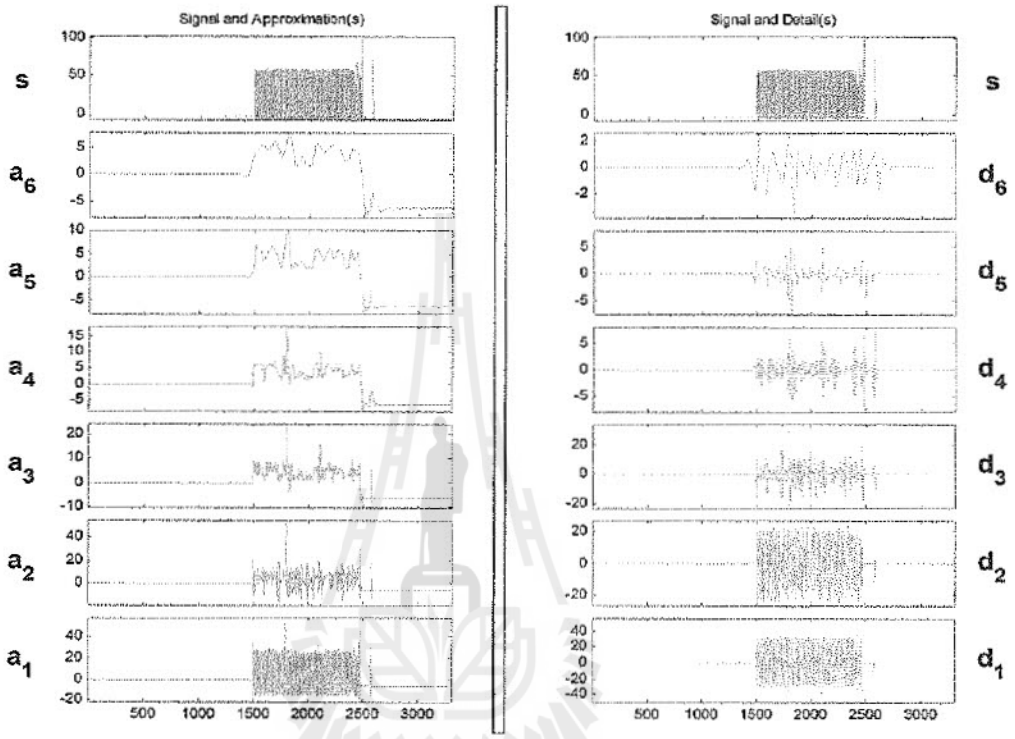
โดยที่ค่าเริ่มต้นของการหาค่าเฉลี่ย eZ430-Chronos Watch เราจะนำ eZ430-Chronos Watch นั้นวางบนพื้นราบเพื่อให้ทราบค่าผิดเพี้ยนที่ได้ เราทำการหาค่าเฉลี่ยทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

จากนั้นเรานำค่าเฉลี่ยผลรวมของแนวแกน x y และ z ในปัจจุบันมาลบออกด้วยค่าเฉลี่ยที่ได้จากความผิดเพี้ยนดังสมการ[7] สามารถดูโค้ดของโปรแกรมได้ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2

$$\text{Total} = (\text{Mean}(\text{Sum}(x,y,z)) - \text{Mean}(\text{Error})) \tag{3.3}$$

โดยที่ Total คือ ค่าเฉลี่ยที่แท้จริงที่ปรากฏ
Mean(Sum(x,y,z)) คือ ค่าเฉลี่ยผลรวมของแนวแกน x y และ z
Mean(Error) คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากความผิดเพี้ยน

2. นำสัญญาณที่ปรับค่าแล้วมาผ่าน Wavelet ซึ่งในการทดลองได้เลือกใช้ Wavelet DWT ชนิด Db4 Level 3 จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่า Variance ซึ่งหาได้จากเมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาข้างต้นผ่านตัว Wavelet เราจะได้สัญญาณที่เป็น Approximation กับสัญญาณ Detail ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 สัญญาณ Approximation และสัญญาณ Detail ของ Wavelet DWT ชนิด Db4

เรานำเพียงแค่สัญญาณ Detail มาวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาค่า Variance ในสมการ [7]

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X}^2)}{N-1} \tag{3.4}$$

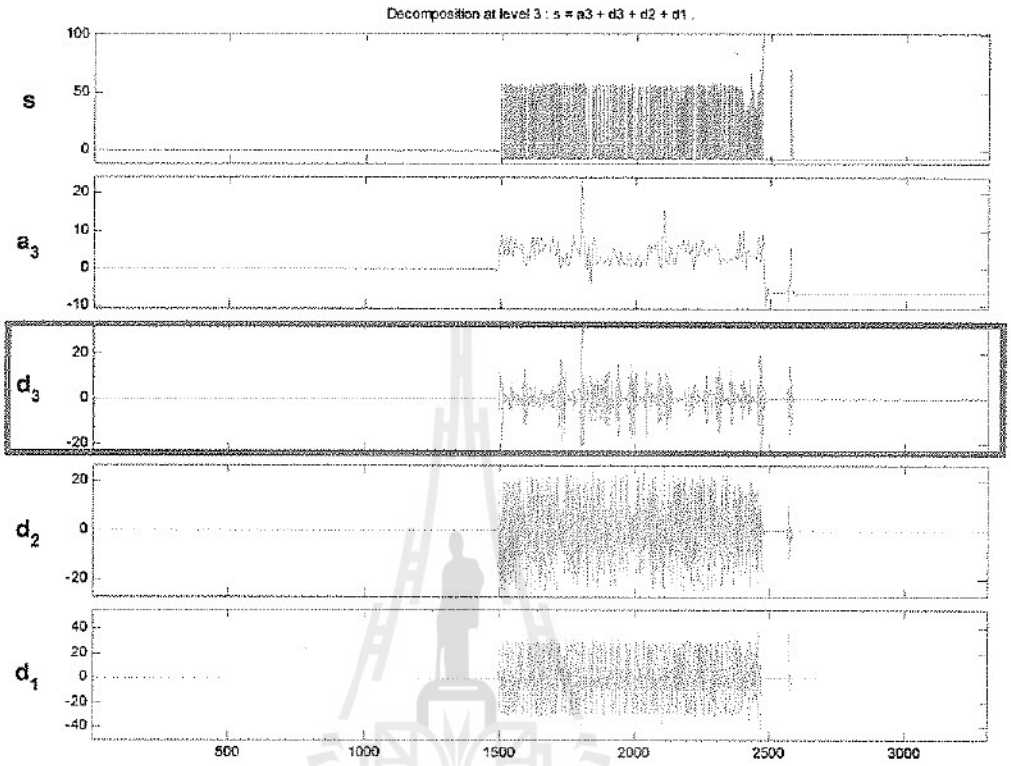
เมื่อ X_i คือ $acc_{sum}(i)$

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ acc_{sum}

N คือ จำนวน acc_{sum} ทั้งหมด

ซึ่งในตัวโปรแกรม MATLAB มีคำสั่ง var (x) อยู่แล้วจึงง่ายต่อการหาค่า Variance นั้น คือ นำค่าที่ได้จากการผ่าน Wavelet มาแล้วก็คือค่า Detail มาใส่ยังตัวแปร x แล้วนำมาเข้าในคำสั่ง var(x) จะได้ค่า Variance ออกมา

ภาพนี้เราได้เลือกสัญญาณ d3 มาใช้งานเพราะเห็นค่าความแตกต่างของสัญญาณชัดเจนที่สุด



รูปที่ 3.7 สัญญาณ Detail ของ Wavelet DWT ชนิด Db4 Level 3

3. เมื่อได้ค่า Variance เราก็ทำการหาค่า Threshold เพื่อที่จะระบุว่า ณ เวลานั้นทำการหกล้มหรือไม่ซึ่งค่า Threshold นั้นจะพิจารณาจากค่า Variance โดยยกตัวอย่างได้ดังนี้

จากการทดลอง ทำการหกล้มด้วยวิธีประมวลผลผ่าน Db 4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance ก่อนล้มและขณะล้มทั้งหมด 10 ครั้ง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางค่า Variance max ของ Coefficient Db 4 Level 3

ท่าล้ม / ครั้งที่	ล้มไปข้างหน้า		ล้มไปข้างหลัง		ล้มไปทางซ้าย		ล้มไปทางขวา	
	ก่อนล้ม	ขณะล้ม	ก่อนล้ม	ขณะล้ม	ก่อนล้ม	ขณะล้ม	ก่อนล้ม	ขณะล้ม
1	143.38	148.28	103.86	108.47	75.85	78.51	88.31	95.07
2	22.58	21.51	135.44	145.89	87.61	89.32	64.71	92.71
3	22.55	31.53	38.67	49.36	157.12	175.69	99.99	113.35
4	64.33	71.63	68.72	81.22	211.70	214.08	34.38	59.22
5	78.11	79.33	149.29	156.77	90.08	110.91	23.89	24.99
6	109.03	136.42	77.06	80.76	40.11	51.11	104.72	114.46
7	56.23	56.89	107.79	122.58	81.25	110.53	46.08	48.58
8	84.90	86.94	32.14	34.96	40.58	52.40	152.04	169.81
9	81.23	88.87	59.29	74.80	66.56	79.60	12.05	23.52
10	7.61	18.01	29.87	43.35	49.29	57.74	56.56	73.94
ค่าเฉลี่ย	**67**	**73.94**	**80.21**	**89.82**	**90.01**	**101.99**	**68.27**	**81.57**

เมื่อได้ผลที่มาจากการทดลองนำมาหาค่าเฉลี่ยก่อนล้มและขณะล้มได้ดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหา Threshold ซึ่ง Threshold ก็คือ ค่าที่ตั้งไว้เพื่อเป็นจุดตรวจสอบว่า ค่าที่รับมาถึงค่ากำหนดไว้หรือไม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

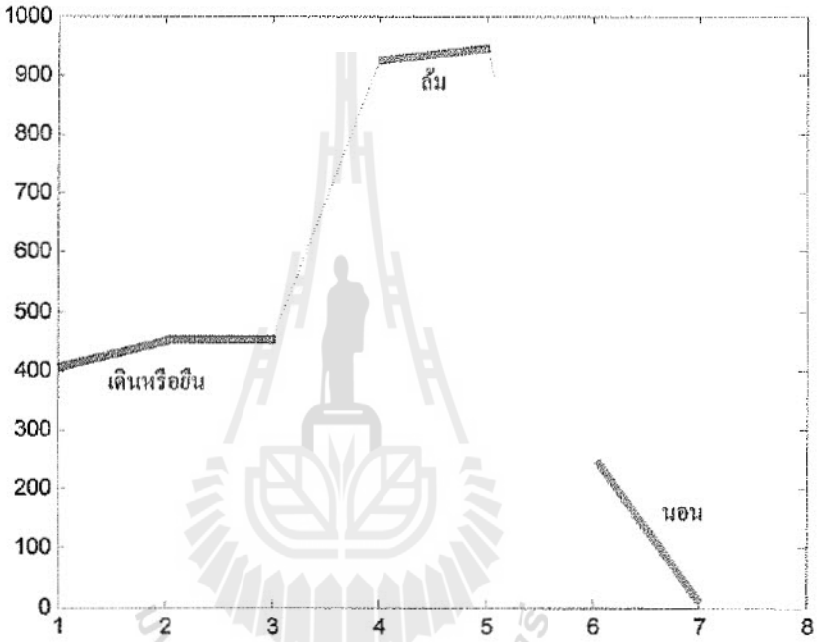
ตารางที่ 3.2 ตารางค่า Variance max เฉลี่ยของแต่ละท่า

ท่าล้ม	ก่อนล้ม	ขณะล้ม
ล้มไปข้างหน้า	67	73.94
ล้มไปข้างหลัง	80.21	89.82
ล้มไปทางซ้าย	90.01	101.99
ล้มไปทางขวา	68.27	81.57
ค่าเฉลี่ย	**76.37**	**86.83**

3.5 การเลือก Threshold

3.5.1 Variance max ของการนอนและเดิน

ทำการยืน เดินและนอนอย่างละ 10 ครั้ง จากนั้นหาค่า Variance max เฉลี่ยของทั้ง 3 อย่าง พบว่าค่า Variance max เฉลี่ยของการยืนและเดิน อยู่ในช่วงเดียวกันดังรูปที่ 3.8 จึงนำแค่เพียงค่า Variance max เฉลี่ยของการเดินและนอนมาใช้เป็น Threshold เท่านั้น โดยที่ถ้าค่า Variance max ที่ได้ในขณะทดสอบ มากกว่าค่า Variance max ของการเดิน ระบบจะแสดงผลว่ามีการล้มเกิดขึ้น



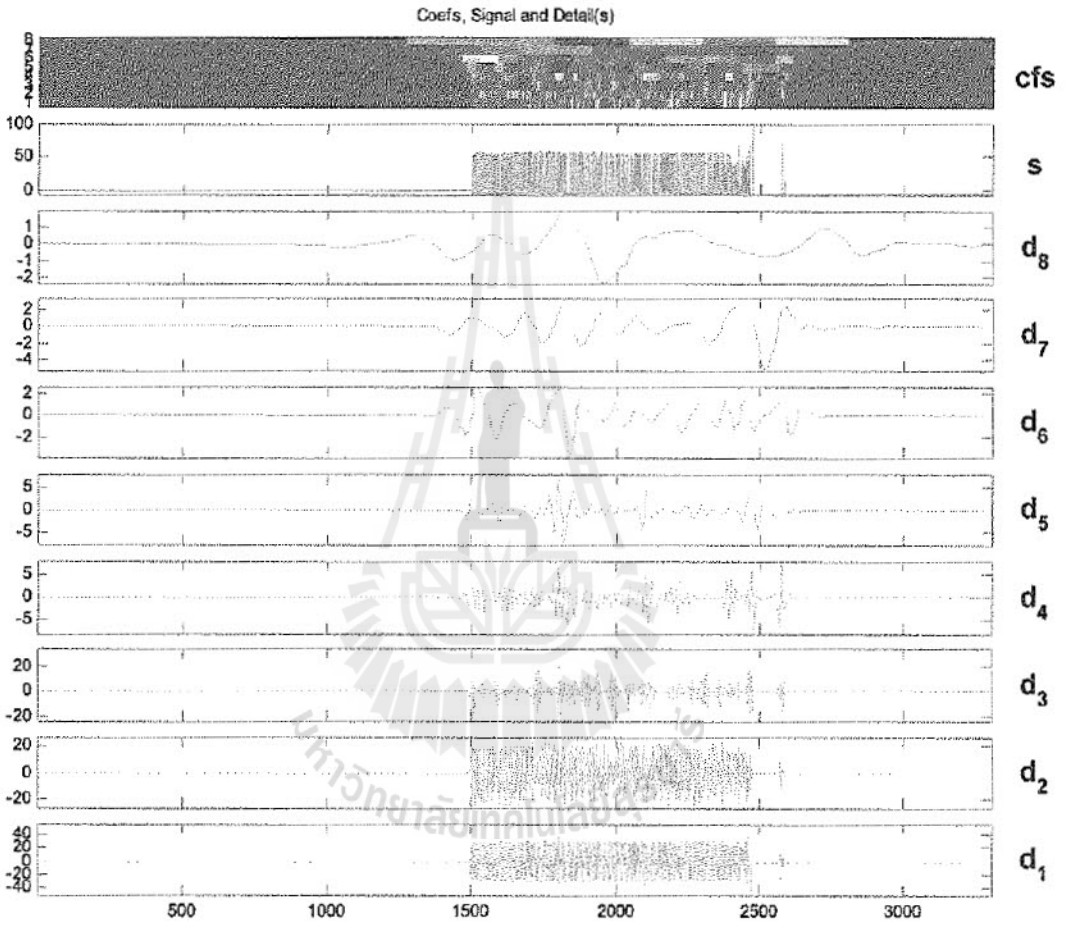
รูปที่ 3.8 Threshold จากการใช้ค่า Variance ของการเดินและนอน

3.5.2 R^{DWT}

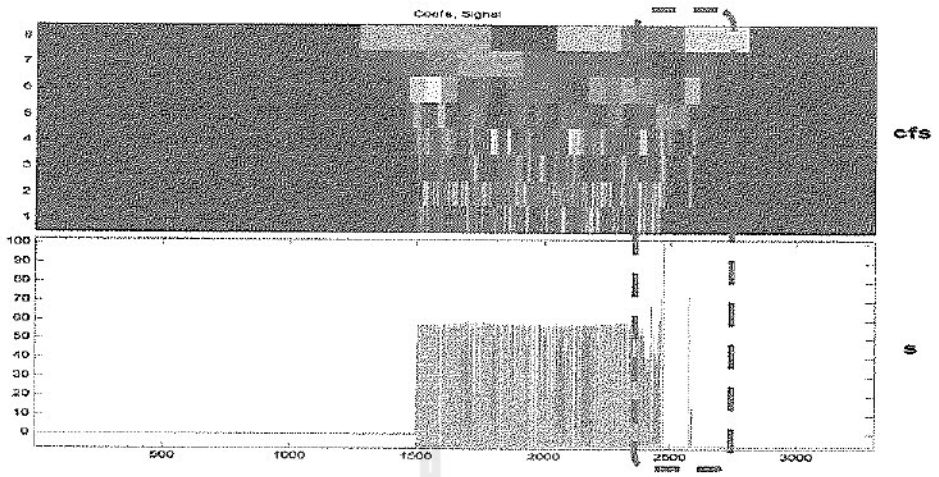
นำสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมการที่ (3.1) มา Feed เข้า Wavemenu ในโปรแกรม MATLAB จากนั้นเลือกชนิดของ DWT ดูกราฟ cfs (ค่า Absolute Value ของ Wavelet Coefficients) เปรียบเทียบกับกราฟสัญญาณ acc_{sum} ว่าช่วงที่มีการล้มเกิดขึ้น ระดับใดมีสีแดงเยอะ แสดงว่าระดับนั้นมีความเข้มของพลังงานมากที่สุด ในรูปที่ 3.9 นี้เป็นตัวอย่างของ DWT Db4 ทั้ง 8 ระดับ ส่วนรูปที่ 3.10 แสดงความเข้มของพลังงานอยู่ที่ระดับ 4 และ 5 นำระดับที่ได้เข้าสมการ R^{DWT} เพื่อหาค่า Threshold [11]

$$R^{\mathrm{DWT}} = \frac{\sum_{j=\alpha}^{\beta} d_j^2}{\sum_{j=1}^{J} d_j^2}$$

เมื่อ $\alpha = 4, \beta = 5$ และ $J = 8$



รูปที่ 3.9 DWT Db4 ทั้ง 8 ระดับ



รูปที่ 3.10 กราฟพลังงานของ Detail ระดับต่างๆ (cfs) ของ Db4 เทียบกับสัญญาณดั้งเดิม (acc_{sum})

จากการทดลองพบว่า วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับการหกล้ม เพราะค่าที่ได้จากการหกล้มเกิดขึ้นเร็วมาก ไม่เป็นคาบที่ชัดเจน และที่สำคัญการดูระดับของพลังงานค่อนข้างยาก เห็นพลังงานไม่ชัดเจน วิธีนี้จึงไม่ได้นำไปใช้ในการทดลอง

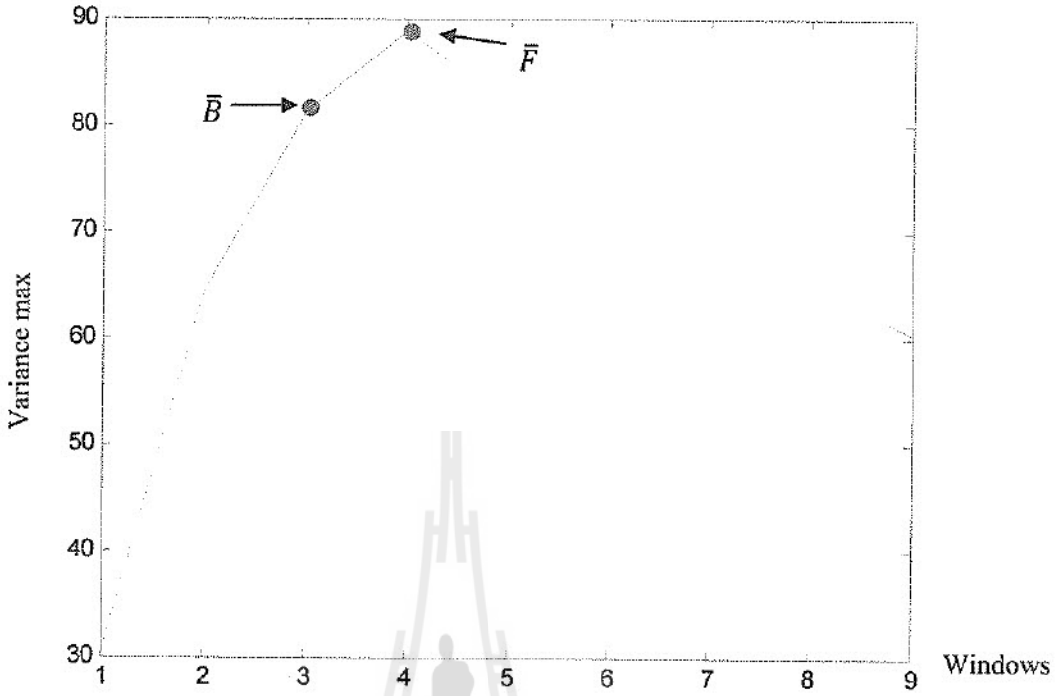
3.5.3 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม

ทำการล้มทั้งหมด 4 ท่า ได้แก่ ล้มไปข้างหน้า ข้างหลัง ด้านข้างทางซ้าย และด้านข้างทางขวา ล้มท่าละ 10 ครั้ง แล้วหาค่า Variance max เฉลี่ย ของก่อนล้มและขณะล้ม ของแต่ละครั้ง จากนั้นนำ ค่าที่ได้ทั้งก่อนล้มและขณะล้มมาเฉลี่ยอีกครั้ง เพื่อหาค่ากลางของ Threshold ดังสมการ ซึ่งถ้าค่า Variance max ที่รับมามากกว่า Threshold แสดงว่ามีการหกล้ม

$$Threshold = \frac{\bar{B} + \bar{F}}{2}$$

เมื่อ $\bar{B}$ = ค่า Variance เฉลี่ยของก่อนล้ม

$\bar{F}$ = ค่า Variance เฉลี่ยของขณะล้ม



รูปที่ 3.11 ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบว่าการทดสอบแบบใดให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับพฤติกรรมการหกล้มได้ดีที่สุด โดยมีการทดลองดังนี้คือ

4.2 ทดสอบการหกล้มด้วยวิธี ใช้ค่า Variance เท่านั้น (ไม่ได้ใช้ Wavelet)

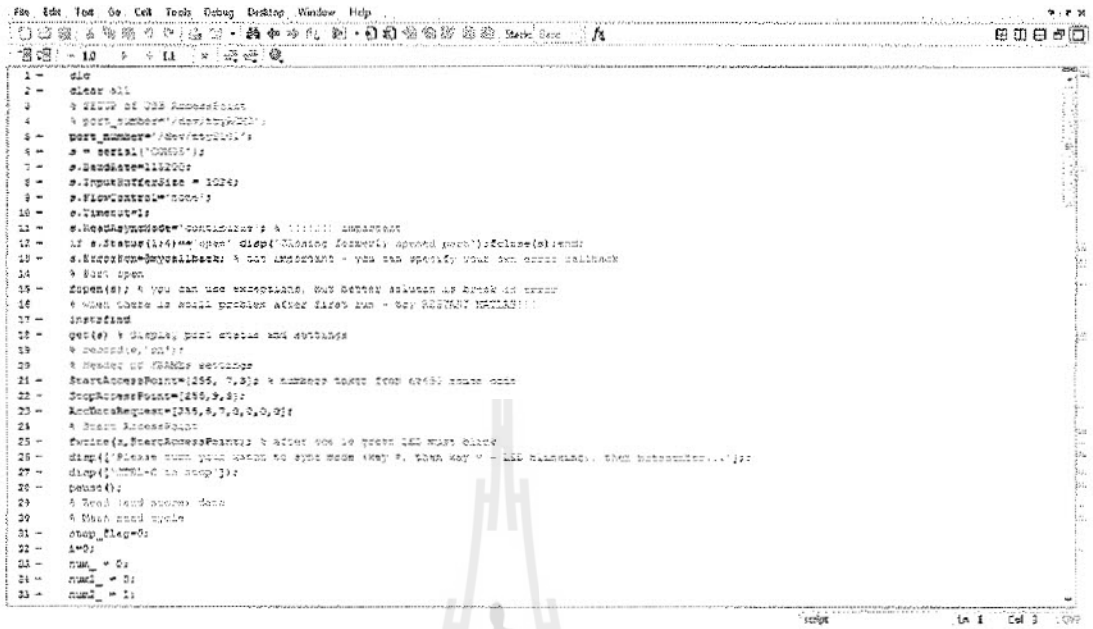
4.2.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก)

4.2.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch

รูปที่ 4.1 การติดตั้งอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch

2. ทำการเปิดโปรแกรม MATLAB ขึ้นมาแล้วทำการรัน Code ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2.1.1 ลงในตัวโปรแกรมพร้อมทั้งกดเปิดตัวนาฬิกา



รูปที่ 4.2 Code ในโปรแกรม MATLAB

3. ให้ผู้ทดสอบนั้นยืนอยู่กับที่ประมาณ 10 วินาทีเพื่อรอให้เครื่องนั้นมีความเสถียรเสียก่อน จากนั้นเก็บค่า Variance ของการนอนเป็นเวลา 30 วินาที แล้วกดหยุดการส่งสัญญาณที่ eZ430-Chronos Watch บันทึกค่าที่ได้

4. ทำตามขั้นตอนที่ 1-3 เพื่อบันทึกค่าการนอน อีก 9 ครั้ง และการยืน/เดิน 10 ครั้ง

5. นำค่าสูงสุด ของแต่ละครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่า Threshold

6. นำค่า Threshold ที่ได้ ไปใส่ใน Code แล้วทำการทดสอบ กับผู้ทดสอบทั้ง 3 คน

4.2.1.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการตรวจสอบการหกล้มด้วยวิธี ใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดินโดยไม่ลบค่า DC ออก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 (ก-ค)

ตารางที่ 4.1 (ก) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 1

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ล้ม
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 11 FP = 10 TN = 15 FN = 9

Sensitivity = 11/(11+9) = 0.55 = 55%

Specificity = 15/(15+10) = 0.6 = 60%

ตารางที่ 4.1 (ข) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 2

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ล้ม
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	0	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	3	ยืน/เดิน

TP = 11 FP = 10 TN = 15 FN = 9

Sensitivity = 11/(11+9) = 0.55 = 55%

Specificity = 15/(15+10) = 0.6 = 60%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 (ค) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก) ของผู้ทดสอบคนที่ 3

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	5	-
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 16 FP = 5 TN = 20 FN = 4

Sensitivity = 16/(16+4) = 0.8 , = 80%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

4.2.1.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบของทั้ง 3 คน มีความแตกต่างกัน ซึ่งผู้ทดสอบที่ 1 ที่เป็นผู้เก็บค่า Threshold ต้นแบบ ได้ค่า Sensitivity หรือค่าความแม่นยำในการตรวจจับการหกล้มน้อยกว่าผู้ทดสอบที่ 3 อาจเกิดจากจังหวะการทิ้งตัวผู้ทดสอบที่แตกต่างกัน ซึ่งทำการยึดค่าของผู้ทดสอบที่ 1 เป็นหลัก

จากตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.2 (ก), (ข) และ (ค) สังเกตว่ามีความถูกต้องของการตรวจสอบการหกล้มต่ำ สำหรับการล้มไปข้างหน้านั้นมีความถูกต้อง 100% ส่วนท่าอื่นๆ จะผิดพลาดไปเป็นการยืน/เดิน ทำให้นำมาหาค่า Sensitivity ของการล้ม ได้เพียง 55 % เท่านั้น ยังเกิดการตรวจจับการหกล้มผิดพลาดค่อนข้างมาก

4.2.2 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)

4.2.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

ทำเช่นกับการทดลองที่ 4.2.1 แต่เปลี่ยนเป็นรัน Code ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2.1.2

4.2.2.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการตรวจสอบการหกล้มด้วยวิธี ใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดินโดยลบค่า DC ออกแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ก-ค)

ตารางที่ 4.2 (ก) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	5	-
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	3	นอน
ล้มไปข้างหลัง	5	0	นอน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	0	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	0	ยืน/เดิน

TP = 3 FP = 5 TN = 20 FN = 17

Sensitivity = 3/(3+17) = 0.15 = 15%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

ตารางที่ 4.2 (ข) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	0	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 10 FP = 5 TN = 20 FN = 10

Sensitivity = 10/(10+10) = 0.5 = 50%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 (ค) แสดงผลการทดสอบ Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	5	-
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	2	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 11 FP = 0 TN = 25 FN = 9

Sensitivity = 11/(11+9 = 0.55 = 55%

Specificity = 25/(25+0) = 1 = 100%

4.2.2.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 (ก) จะเห็นว่าผู้ทดสอบที่ 1 ระบบสามารถตรวจสอบการหกล้มได้ต่ำมาก เพียง 15 % เท่านั้น ผู้ทดสอบที่ 2 และ 3 ได้ผลการทดสอบที่ดีกว่า แต่ก็ยังไม่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบการหกล้มได้จริง เพราะมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องต่ำ

อย่างไรก็ตามผู้จัดทำได้ทำการทดสอบเพื่อหาค่าที่แตกต่างระหว่างการลบค่า DC และไม่ลบค่า DC โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบแบบ Offline พบว่า มีการลบค่าออกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างกันมากนักในผู้ทดสอบที่ 2 และ 3 ส่วนผู้ทดสอบที่ 1 ที่ผลการทดสอบที่ต่ำมากๆ นั้น อาจเกิดจาก การที่มีค่าค้างในตัวอุปกรณ์มากเกินไป เพราะไม่ได้ทำการ Calibrate อุปกรณ์ หลังจากทำการทดสอบมาเป็นเวลานาน

4.2.3 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)

4.2.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch

2. ทำการเปิดโปรแกรม MATLAB ขึ้นมาแล้วทำการรัน Code ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2.1.3 ลงในตัวโปรแกรมพร้อมทั้งกดเปิดตัวนาฬิกา

3. ให้ผู้ทดสอบนั้นยืนอยู่กับที่ประมาณ 10 วินาทีเพื่อรอให้เครื่องนั้นมีความเสถียรเสียก่อน จากนั้นทำการล้ม เพื่อเก็บค่า Variance ก่อนล้มและขณะล้ม แล้วกดหยุดการส่งสัญญาณที่ eZ430-Chronos Watch บันทึกค่าที่ได้

4. ทำตามขั้นตอนที่ 1-3 จนครบ10 ครั้ง

5. นำค่าที่ได้ ของแต่ละครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นค่า Threshold

6. นำค่า Threshold ที่ได้ ไปใส่ใน Code แล้วทำการทดสอบ กับผู้ทดสอบทั้ง 3 คน

4.2.3.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการตรวจสอบการหกล้มด้วยโดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม มาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตาราง ที่ 4.3 (ก-ค)

ตารางที่ 4.3 (ก) แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ล้ม
นอนตะแคงขวา	5	0	ล้ม
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	0	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	5	-

TP = 14 FP = 15 TN = 10 FN = 6

Sensitivity = 14/(14+6) = 0.7 = 70%

Specificity = 10/(10+15) = 0.4 = 40%

ตารางที่ 4.3 (ข) แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	-

TP = 14 FP = 5 TN = 20 FN = 6

Sensitivity = 14 /(14+6) = 0.7 = 70%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

ตารางที่ 4.3 (ค) แสดงผลการทดสอบใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	5	-
ล้มไปข้างหลัง	5	2	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	-

TP = 14 FP = 5 TN = 20 FN = 6

Sensitivity = 14 /(14+6) = 0.7 = 70%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

4.2.3.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าการ เลือกใช้ค่า Threshold ก่อนล้มและขณะล้ม มาหาค่าเฉลี่ย จะได้ผลการทดลองดีขึ้น จากการเลือก Threshold ในแบบแรกค่อนข้างมาก โดยมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นเป็น 70% ระบบสามารถตรวจสอบการล้มไปข้างหน้าได้แม่นยำที่สุด คือสามารถตรวจสอบได้ถูกต้องทั้งหมด จากการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง ส่วนการล้มท่าอื่นๆ ก็มีความแม่นยำสูงเช่นกัน แต่ยังไม่สามารถตรวจจับได้ถูกต้องทั้งหมด

4.3 วิธีการใช้ DWT ด้วย Wavelet ชนิด Db4 Level 3

4.3.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)

4.3.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

ทำเช่นกับการทดลองที่ 4.2.1 แต่เปลี่ยนเป็นรัน Code ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2.2.1 เพื่อประมวลผลผ่าน DWT ด้วย Wavelet Db4 Level 3

4.3.1.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการตรวจสอบการหกล้มด้วยวิธีประมวลผลผ่าน DWT ด้วย Wavelet Db4 Level3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน ดังแสดงในตาราง ที่ 4.4 (ก-ค)

ตารางที่ 4.4 (ก) แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	2	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	5	-
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	1	ยืน/เดิน

TP = 9 FP = 0 TN = 25 FN = 11

Sensitivity = 9 / (9+11) = 0.45 = 45%

Specificity = 25/(25+0) = 1 = 100%

ตารางที่ 4.4 (ข) แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	0	ล้ม
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	2	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	2	ยืน/เดิน

TP = 6 FP = 5 TN =20 FN = 14

Sensitivity = 6 / (6+14) = 0.3 = 30%

Specificity = 20/(20+5) = 0.8 = 80%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 (ค) แสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่3

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	5	-
นอนคว่ำ	5	3	ยืน/เดิน
นอนตะแคงซ้าย	5	0	ยืน/เดิน
นอนตะแคงขวา	5	0	ยืน/เดิน
ยืน/เดิน	5	2	นอน
ล้มไปข้างหน้า	5	1	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	3	ยืน/เดิน

TP = 10 FP = 0 TN =25 FN = 10

Sensitivity = 10 / (10+10) = 0.5 = 50%

Specificity = 25/(25+0) = 1 = 100%

4.3.1.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่า การประมวลผลผ่าน DWT ด้วย Wavelet Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของการนอนและเดิน ยังมีความแม่นยำในการทดสอบการหกล้มค่อนข้างต่ำ จากผู้ทดสอบทั้ง 3 คน ได้ผลการทดสอบสูงสุดเพียง 50% เท่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ตรวจสอบการหกล้มที่เกิดจริง

4.3.2 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)

4.3.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

ทำเช่นกับการทดลองที่ 4.2.1 แต่เปลี่ยนเป็นรัน Code ในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 2.2.2 เพื่อประมวลผลผ่าน DWT ด้วย Wavelet Db4 Level 3

4.3.2.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองการตรวจสอบการหกล้มด้วยวิธีประมวลผลผ่าน DWT ด้วย Wavelet Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ดังแสดงในตาราง ที่ 4.6 (ก-ค)

ตารางที่ 4.5 (ก) แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 1

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	0	ยืน/เดิน
นอนคว่ำ	5	5	-
นอนตะแคงซ้าย	5	5	-
นอนตะแคงขวา	5	5	-
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	5	-
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	5	-

TP = 17 FP = 0 TN = 25 FN = 3

Sensitivity = 17/(17+3) = 0.85 = 85%

Specificity = 25/(25+0) = 1 = 100%

ตารางที่ 4.5 (ข) แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 2

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	0	ยืน/เดิน
นอนคว่ำ	5	5	-
นอนตะแคงซ้าย	5	5	-
นอนตะแคงขวา	5	5	-
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	2	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	5	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 15 FP = 0 TN = 25 FN = 5

Sensitivity = 15 /(15+5) = 0.75 = 75%

Specificity = 25/ (25+0) = 1 = 100%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 (ต) แสดงผลแสดงผลการทดสอบ DWT Db4 Level 3 โดยใช้ Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว) ของผู้ทดสอบคนที่ 3

Activity	Test	Accuracy	Error
นอนหงาย	5	0	ยืน/เดิน
นอนคว่ำ	5	5	-
นอนตะแคงซ้าย	5	5	-
นอนตะแคงขวา	5	5	-
ยืน/เดิน	5	5	-
ล้มไปข้างหน้า	5	3	ยืน/เดิน
ล้มไปข้างหลัง	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางขวา	5	4	ยืน/เดิน
ล้มไปด้านข้างทางซ้าย	5	4	ยืน/เดิน

TP = 15 FP = 0 TN = 25 FN = 5

Sensitivity = 15 /(15+5) = 0.75 = 75%

Specificity = 25/(25+0) = 1 = 100%

4.3.2.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่า การประมวลผลผ่าน Db4 Level3 โดยใช้ค่า Threshold ก่อนล้มและขณะล้ม ให้ความแม่นยำในการตรวจสอบการหกล้มค่อนข้างสูง ในผู้ทดสอบที่ 1 ได้ค่า Sensitivity (สามารถตรวจสอบได้ถูกต้องว่ามีการหกล้มเกิดขึ้นจริง) 85% และได้ค่า Specificity (ความสามารถในการตรวจสอบว่าไม่มีการหกล้มเกิดขึ้น) 100 %

พฤติกรรมการหกล้มทั้งหมดที่ได้ทำการทดสอบ เกิดการตรวจสอบผิดพลาดไปเป็นการยืน/เดิน อาจเกิดจากการเก็บค่าแบบ Windows และนำค่าเฉลี่ยของ Windows นั้นๆ มาแสดงผล จึงทำให้เมื่อมีการหกล้มเกิดขึ้น ได้ค่าเฉลี่ยไม่สูงพอที่ระบบจะแสดงผลว่าเกิดการหกล้ม

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการที่จะทำให้ระบบตรวจจับการหกล้มได้ถูกต้องและแม่นยำนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. การเลือกตำแหน่งที่ติดตั้งนาฬิกา
2. การเลือกชนิดของ Wavelet
3. การเลือกค่า Threshold

จะเห็นได้ว่า เมื่อผู้ทดสอบติดตั้งอุปกรณ์ที่บริเวณใต้อก เลือกใช้ Wavelet ชนิด Db4 Level 3 และเลือกค่า Threshold โดยการใช้ค่า Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม จากนั้นทำการทดสอบการล้มทั้ง 4 ท่า ได้ค่า Sensitivity 85% และ Specificity 100% ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด

5.2 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ eZ430-Chronos Watch
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม MATLAB ในการควบคุมการทำงานของ eZ430 Chronos Watch
3. การใช้วิธีการ DWT เพื่อประมวลสัญญาณความเร่งและดึงรูปลักษณะของสัญญาณที่ระดับความละเอียดต่างๆ มาใช้เพื่อตรวจจับการหกล้ม
4. ได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น
5. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีมาปฏิบัติและประยุกต์ใช้ได้จริง

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. มีความเพี้ยน ของสัญญาณความเร่ง เกิดขึ้นในตัว Hardware แม้จะวาง Hardware อยู่นิ่งๆ ก็ตาม
2. ต้องนำ Hardware มา Calibrate ใหม่ทุกครั้ง เพื่อดูว่า Hardware เก็บความเร่งถูกต้องหรือไม่ ทำให้เสียเวลาในการทดสอบมาก
3. แต่ละพฤติกรรมมีความเร่งของการล้มใกล้เคียงกันทำให้ระบบตรวจจับได้ยาก
4. ไม่ทราบค่า Sampling Rate ของ Hardware

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดทำ Hardware ที่สามารถปรับค่าต่างๆ ได้เองอย่างเหมาะสม เช่น Sampling Rate
2. ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน ควบคู่กับเซ็นเซอร์อื่นๆ เพื่อการตรวจจับการหกล้มที่แม่นยำมากขึ้น เช่น Body Heat , Heart Rate
3. การติดตั้ง eZ430-Chronos Watch ที่ใต้อก ควรติดตั้งให้แนบชิดกับลำตัว
4. การเลือก Threshold มีผลต่อการตรวจจับการหกล้ม
5. โปรแกรมที่ใช้สามารถนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้
6. พัฒนา Hardware เพื่อให้สามารถตรวจสอบพฤติกรรมต่างๆที่ใกล้เคียงกับ การหกล้มได้ เช่น การทรุดตัว การนั่งอย่างรวดเร็ว
7. ในการทดสอบการหกล้มนั้น แม้จะทดสอบบนที่นอน ก็ควรทดสอบด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจมีการบาดเจ็บเกิดขึ้นจริงได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

[1] Stefano Abbate, Marco Avvenuti, Paolo Corsini, Janet Light and Alessio Vecchio (2010). Monitoring of Human Movements for Fall Detection and Activities Recognition in Elderly Care Using Wireless Sensor Network: a Survey, Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design, Yen Kheng Tan (Ed.), ISBN: 978-953-307-321-7, InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/wireless-sensor-networks-application-centricdesign/monitoring-of-human-movements-for-fall-detection-and-activities-recognition-in-elderly-care-using-wi

[2] A.K. Bourke, C.N. Scanaill, K.M. Culhane, J.V.O'Brien, and G.M. Lyons, "An optimum accelerometer configuration and simple algorithm for accurately detecting falls", Proceeding of the 24th IASTED International Multi-Conference Biomedical Engineering, 2006.

[3] A.K. Bourke, J.V. O'Brien, and G.M. Lyons,"Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm", Gait & Posture Journal, Vol. 26, 2007, pp.194–199.

[4] M. Kangas, A. Konttila, I. Winblad and T. Jämsä, "Determination of simple thresholds for accelerometry-based parameters for fall detection", Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2007, pp.1367-1370.

[5] C. Wang, C. Chiang, P. Lin, Y. Chou, I. Kuo, C. Huang, and C. Chan, "Development of a Fall Detecting System for the Elderly Residents", Proceedings of the 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2008, pp.1359–1362.

[6] Marco Benocci, Carlo Tacconi, Elisabetta Farella, Luca Benini, Lorenzo Chiari, Laura Vanzago "Accelerometer-based fall detection using optimized ZigBee data streaming", Microelectronics Journal, Vol. 41, Issue 11, November 2010, pp. 703–710

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[7] P. Jantaraprim, P. Phukpattaranont, C. Limsakul and B. Wongkittisuksa "Improving the Accuracy of a Fall Detection Algorithm Using Free Fall Characteristics," in: NECTEC Technical Journal, NECTEC-ACE2009 Special Edition, September, 2009, pp. 239-247.

[8] นางสาวศศิวรรณ ไพยารมณ์. 2551. ระบบตรวจสอบการหกล้มและพฤติกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[9] นางสาวอนุสรา บุมี, นางสาวปวิตรา สิงหพันธ์, นายธนาคาร ลือศรานนท์. 2555. ตรวจจับพฤติกรรมมนุษย์โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน. โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[10] P. Jantaraprim, P. Phukpattaranont, C. Limsakul, and B. Wongkittisuksa, "Evaluation of Fall Detection for the Elderly on a Variety of Subject Groups", International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology, 22-26 April, 2009, pp. 42-45.

[11] Barralon. P, Vuillerme. N and Noury. N, "Walk Detection With a Kinematic Sensor: Frequency and Wavelet Comparison," in: Conference Proceeding:. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference, vol. 1, 30 Aug-3 Sept, 2006, pp. 1711-1714.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

1. คุณสมบัติของ นาฬิกา eZ430-Chronos Watch

- Fully functional sports watch based on the CC430F6137, MSP430 with integrated <1GHz wireless transceiver
- Watch reprogrammable for custom wireless applications
- Highly integrated watch includes on-board 3-axis accelerometer, pressure sensor, temperature sensor, battery voltage sensor
- 96-Segment LCD display driven directly by CC430
- Can be paired wirelessly with heart rate monitors, pedometers or other devices based on RF transceivers like the CC430 or CC1111
- Includes an eZ430 USB emulator that connects the Chronos to a PC for real-time, in-system programming and debugging
- Includes IAR Kickstart and Code Composer Studio integrated development environments

2. การเขียนโปรแกรม

2.1 ไม่ได้ใช้ Wavelet (ใช้ Variance เท่านั้น)

2.1.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ยังไม่ได้ลบค่า DC ออก)

```
clc
clear all
% SETUP of USB AccessPoint
% port_number='/dev/ttyACM0';
port_number='/dev/ttyS101';
s = serial('COM4');
s.BaudRate=115200;
s.InputBufferSize = 1024;
s.FlowControl='none';
s.Timeout=1;
s.ReadAsyncMode='continuous'; % !!!!!! important
```

```
if s.Status(1:4)=='open' disp('Closing formerly opened port');fclose(s);end;
s.ErrorFcn=@mycallback; % not important - you can specify your own error callback
% Port open
fopen(s); % you can use exceptions, but better soluton is break on error
% when there is still problem after first run - try RESTART MATLAB!!!
instrfind
get(s) % display port status and settings
% record(s,'on');
% Header of FRAMEs settings
StartAccessPoint=[255, 7,3]; % numbers taken from ez430 souce code
StopAccessPoint=[255,9,3];
AccDataRequest=[255,8,7,0,0,0,0];
% Start AccessPoint
fwrite(s,StartAccessPoint); % after cca 1s green LED must blink
disp(['Please turn your watch to sync mode (key #, then key v - LED blinking), then
pressenter...']);
disp(['CTRL+C to stop']);
pause();
% Read (and store) data
% Main read cycle
stop_flag=0;
i=0;
num_ = 0;
num1_ = 0;
num2_ = 1;
num3_ = 1;
N = 4;
k_=751;
q_=900;
tic
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
while stop_flag<1000
  i=i+1;
  try
    fwrite(s,AccDataRequest);
    a=fread(s,7,'int8');
    X=a(1);
    Y=a(2);
    Z=a(3);
    data(i,1)=X;
    data(i,2)=Y;
    data(i,3)=Z;
    % disp(pozice);
    % stop on idle
    if ((X==0) & (Y==0) & (Z==0)) stop_flag=stop_flag+1;end;
    if ((X~=0) | (Y~=0) | (Z~=0)) stop_flag=0;end;
  catch
    % disp('RS232 dropout');
  end;
  if ( mod(i, 300) == 0 )
    if ( num_ <= N )
      disp(['Please___Wait']);
      num_ = num_ +1;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
      sum_=x+y+z;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        total=sqrt(sum_);
        total_acc( samples) = total ;
        mean_(num_) = mean(total);
        var_(num_) =var(total);
      else
        mean_10 = mean ( mean_(1:N) ) ;
        var_10 = mean ( var_(1: N) );
        num_ = num_ +1 ;
        num1_ = num1_ +1 ;
        samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
        samples_1 = ((num_-1)*300+1 ):i;
        cx=data(samples,1);
        x=cx.*cx;
        cy=data(samples,2);
        y=cy.*cy;
        cz=data(samples,3);
        z=cz.*cz;
        sum_=x+y+z;
**************************************************
       total=sqrt(sum_);
        xXx(samples_1) = total;
        xyz = xXx(samples_1);
        var_xyz=var(xyz)
         var_xyz_idx (num1_) = var_xyz;
**************************************************
        if ( var_xyz <68.7) %(xXx(samples_1) <30)
           disp(['Lying__!!!!!!!!!!']);
           toc;Aways_ = toc;
           motion_ = 0;
           endless1_(num3_) = Aways_;
```

นำสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แกน
ที่เข้ามาไปหาค่า Variance

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_xyz > 68.71 & var_xyz <586)
            disp(['Stand&walk__!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_ = toc;
            motion_ = 1;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_xyz > 586.1)
            disp(['Fall__!!!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_ = toc;
            motion_ = 2;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          q_=q_+150;
          k_=k_+150;
        end
      end
    end
    disp(['Sync mode off, or communications lost? -> Game over']);
    fwrite(s,StopAccessPoint);
    % plot(Time_idx ,var_xyz_idx) ;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
% subplot(2,1,1), plot(endless1_,xXx)
% subplot(2,1,2), plot(endless1_,endless_)
```

2.1.2 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)

```
clc
clear all
% SETUP of USB AccessPoint
% port_number='/dev/ttyACM0';
port_number='/dev/ttyS101';
s = serial('COM4');
s.BaudRate=115200;
s.InputBufferSize = 1024;
s.FlowControl='none';
s.Timeout=1;
s.ReadAsyncMode='continuous'; % !!!!!! important
if s.Status(1:4)=='open' disp('Closing formerly opened port');fclose(s);end;
s.ErrorFcn=@mycallback; % not important - you can specify your own error callback
% Port open
fopen(s); % you can use exceptions, but better soluton is break on error
% when there is still problem after first run - try RESTART MATLAB!!!
instrfind
get(s) % display port status and settings
% record(s,'on');
% Header of FRAMEs settings
StartAccessPoint=[255, 7,3]; % numbers taken from ez430 souce code
StopAccessPoint=[255,9,3];
AccDataRequest=[255,8,7,0,0,0,0];
% Start AccessPoint
fwrite(s,StartAccessPoint); % after cca 1s green LED must blink
```

```
disp(['Please turn your watch to sync mode (key #, then key v - LED blinking), then
pressenter...']);
disp(['CTRL+C to stop']);
pause();
% Read (and store) data
% Main read cycle
stop_flag=0;
i=0;
num_ = 0;
num1_ = 0;
num2_ = 1;
num3_ = 1;
N = 4;
k_=751;
q_=900;
tic
while stop_flag<1000
  i=i+1;
  try
    fwrite(s,AccDataRequest);
    a=fread(s,7,'int8');
    X=a(1);
    Y=a(2);
    Z=a(3);
    data(i,1)=X;
    data(i,2)=Y;
    data(i,3)=Z;
    % disp(pozice);
    % stop on idle
    if ((X==0) & (Y==0) & (Z==0)) stop_flag=stop_flag+1;end;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
   if ((X~=0) | (Y~=0) | (Z~=0)) stop_flag=0;end;
catch
   % disp('RS232 dropout');
end;
if ( mod(i, 300) == 0 )
   if ( num_ <= N )
      disp(['Please___Wait']);
      num_ = num_ +1;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
      sum_=x+y+z;
       total=sqrt(sum_);
       total_acc( samples) = total ;
      mean_(num_) = mean(total);
      var_(num_) =var(total);
   else
      mean_10 = mean ( mean_(1:N) ) ;
      var_10 = mean ( var_(1: N) );
      num_ = num_ +1 ;
      num1_ = num1_ +1 ;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      samples_1 = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
```

```
y=cy.*cy;
cz=data(samples,3);
z=cz.*cz;
sum_=x+y+z;
**************************************************
total=sqrt(sum_)- mean_10*ones(300,1);
xXx(samples_1) = total;
xyz = xXx(samples_1);
var_xyz=var(xyz)
var_xyz_idx (num1_) = var_xyz;
**************************************************
  if ( var_xyz <109.5)
   disp(['Lying__!!!!!!!!!!']);
   toc;Aways_ = toc;
   motion_ = 0;
   endless1_(num3_) = Aways_;
   endless_(num2_) = motion_;
   num2_ = num2_ +1 ;
   num3_ = num3_ +1 ;
end
if( var_xyz > 109.6 & var_xyz <692.5)
   disp(['Stand&walk__!!!!!!!!!!']);
   toc;Aways_ = toc;
   motion_ = 1;
   endless1_(num3_) = Aways_;
   endless_(num2_) = motion_;
   num2_ = num2_ +1 ;
   num3_ = num3_ +1 ;
end
if( var_xyz > 692.6)
```

นำสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แกน ที่เข้ามาลบออกด้วยค่า DC แล้ว จึงนำไปหาค่า Variance

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
            disp(['Fall__!!!!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_= toc;
            motion_= 2;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          q_=q_+150;
          k_=k_+150;
        end
    end
end;
disp(['Sync mode off, or communications lost? -> Game over']);
fwrite(s,StopAccessPoint);
plot(Time_idx ,var_xyz_idx);
```

2.1.3 Variance max ของก่อนล้มและขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)

```
clc
clear all
% SETUP of USB AccessPoint
% port_number='/dev/ttyACM0';
port_number='/dev/ttyS101';
s = serial('COM19');
s.BaudRate=115200;
s.InputBufferSize = 1024;
s.FlowControl='none';
s.Timeout=1;
s.ReadAsyncMode='continuous'; % !!!!!! important
if s.Status(1:4)=='open' disp('Closing formerly opened port');fclose(s);end;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
s.ErrorFcn=@mycallback; % not important - you can specify your own error callback
% Port open
fopen(s); % you can use exceptions, but better soluton is break on error
% when there is still problem after first run - try RESTART MATLAB!!!
instrfind
get(s) % display port status and settings
% record(s,'on');
% Header of FRAMEs settings
StartAccessPoint=[255, 7,3]; % numbers taken from ez430 souce code
StopAccessPoint=[255,9,3];
AccDataRequest=[255,8,7,0,0,0,0];
% Start AccessPoint
fwrite(s,StartAccessPoint); % after cca 1s green LED must blink
disp(['Please turn your watch to sync mode (key #, then key v - LED blinking), then
pressenter...']);
disp(['CTRL+C to stop']);
pause();
% Read (and store) data
% Main read cycle
stop_flag=0;
i=0;
num_ = 0;
num1_ = 0;
num2_ = 1;
num3_ = 1;
N = 4;
k_=751;
q_=900;
tic
while stop_flag<1000
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
i=i+1;
try
   fwrite(s,AccDataRequest);
   a=fread(s,7,'int8');
   X=a(1);
   Y=a(2);
   Z=a(3);
   data(i,1)=X;
   data(i,2)=Y;
   data(i,3)=Z;
   % disp(pozice);
   % stop on idle
   if ((X==0) & (Y==0) & (Z==0)) stop_flag=stop_flag+1;end;
   if ((X~=0) | (Y~=0) | (Z~=0)) stop_flag=0;end;
catch
   % disp('RS232 dropout');
end;
if ( mod(i, 300) == 0 )
   if ( num_ <= N )
      disp(['Please___Wait']);
      num_ = num_ +1;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
      sum_=x+y+z;
      total=sqrt(sum_);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        total_acc( samples) = total ;
        mean_(num_) = mean(total);
        var_(num_) =var(total);
      else
        mean_10 = mean ( mean_(1:N) ) ;
        var_10 = mean ( var_(1: N) );
        num_ = num_ +1 ;
        num1_ = num1_ +1 ;
        samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
        samples_1 = ((num_-1)*300+1 ):i;
        cx=data(samples,1);
        x=cx.*cx;
        cy=data(samples,2);
        y=cy.*cy;
        cz=data(samples,3);
        z=cz.*cz;
        sum_=x+y+z;
**************************************************
        total=sqrt(sum_) - mean_10*ones(300,1);
        xXx(samples_1) = total;
        var_xXx = var(xXx(samples_1));
        var_xXx_idx (num1_) = var_xXx;
**************************************************
        Time_idx (num1_) = toc;
        if ( var_xXx <68)
          disp(['Lying__!!!!!!!!!!']);
          toc;Aways_= toc;
          motion_= 0;
          endless1_(num3_) = Aways_;
          endless_(num2_) = motion_;
```

นำสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แกน ที่เข้ามาไปลบออกด้วยค่า DC แล้วจึงนำไปหาค่า Variance

```
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_xXx > 69 & var_xXx < 576)
            disp(['Stand/walk__!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_= toc;
            motion_= 1;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_xXx > 577)
            disp(['Fall__!!!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_= toc;
            motion_= 2;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          q_=q_+150;
          k_=k_+150;
        end
      end
end;
disp(['Sync mode off, or communications lost? -> Game over']);
fwrite(s,StopAccessPoint);
plot(Time_idx ,var_xXx_idx) ;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 ใช้ Wavelet DWT Db4 Level 3

2.2.1 Variance max ของการนอนและเดิน (ลบค่า DC ออกแล้ว)

```
clc
clear all
% SETUP of USB AccessPoint
% port_number='/dev/ttyACM0';
port_number='/dev/ttyS101';
s = serial('COM19');
s.BaudRate=115200;
s.InputBufferSize = 1024;
s.FlowControl='none';
s.Timeout=1;
s.ReadAsyncMode='continuous'; % !!!!!!! important
if s.Status(1:4)=='open' disp('Closing formerly opened port');fclose(s);end;
s.ErrorFcn=@mycallback; % not important - you can specify your own error callback
% Port open
fopen(s); % you can use exceptions, but better soluton is break on error
% when there is still problem after first run - try RESTART MATLAB!!!
instrfind
get(s) % display port status and settings
% record(s,'on');
% Header of FRAMEs settings
StartAccessPoint=[255, 7,3]; % numbers taken from ez430 souce code
StopAccessPoint=[255,9,3];
AccDataRequest=[255,8,7,0,0,0,0];
% Start AccessPoint
fwrite(s,StartAccessPoint); % after cca 1s green LED must blink
disp(['Please turn your watch to sync mode (key #, then key v - LED blinking), then
pressenter...']);
disp(['CTRL+C to stop']);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
pause();
% Read (and store) data
% Main read cycle
stop_flag=0;
i=0;
num_ = 0;
num1_ = 0;
num2_ = 1;
num3_ = 1;
N = 4;
k_=751;
q_=900;
tic
while stop_flag<1000
   i=i+1;
   try
      fwrite(s,AccDataRequest);
      a=fread(s,7,'int8');
      X=a(1);
      Y=a(2);
      Z=a(3);
      data(i,1)=X;
      data(i,2)=Y;
      data(i,3)=Z;
      % disp(pozice);
      % stop on idle
      if ((X==0) & (Y==0) & (Z==0)) stop_flag=stop_flag+1;end;
      if ((X~=0) | (Y~=0) | (Z~=0)) stop_flag=0;end;
   catch
      % disp('RS232 dropout');
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
end;
if ( mod(i, 300) == 0 )
   if ( num_ <= N )
      disp(['Please___Wait']);
      num_ = num_ +1;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
      sum_=x+y+z;
      total=sqrt(sum_);
      total_acc( samples) = total ;
      mean_(num_) = mean(total);
      var_(num_) =var(total);
   else
      mean_10 = mean ( mean_(1:N) ) ;
      var_10 = mean ( var_(1: N) );
      num_ = num_ +1 ;
      num1_ = num1_ +1 ;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      samples_1 = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
```

```
        sum_=x+y+z;
**************************************************
        total=sqrt(sum_)- mean_10*ones(300,1);
        xXx(samples_1) = total;
        [c,l] = wavedec(xXx(samples_1),3,'db4');
        clear cd3 ;                          การนำสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แกน
        cd3 = detcoef(c,l,3);                ลบออกด้วยค่า DC แล้วนำมาผ่าน
        var_cd3 = var(cd3)                   Wavelet DWT Db4 Level 3จากนั้น
        var_cd3_idx (num1_) = var_cd3;       นำไปหาค่า Variance
**************************************************
        Time_idx (num1_) = toc;
       if ( var_cd3 <44.4)
          disp(['Lying__!!!!!!!!!!']);
          toc;Aways_= toc;
          motion_= 0;
          endless1_(num3_) = Aways_;
          endless_(num2_) = motion_;
          num2_ = num2_ +1 ;
          num3_ = num3_ +1 ;
       end
       if( var_cd3 > 44.41 & var_cd3 <424.2)
          disp(['Stand&walk__!!!!!!!!!!']);
          toc;Aways_= toc;
          motion_= 1;
          endless1_(num3_) = Aways_;
          endless_(num2_) = motion_;
          num2_ = num2_ +1 ;
          num3_ = num3_ +1 ;
       end
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        if( var_cd3 > 424.3)
          disp(['Fall__!!!!!!!!!!!!']);
          toc;Aways_ = toc;
          motion_ = 2;
          endless1_(num3_) = Aways_;
          endless_(num2_) = motion_;
          num2_ = num2_ +1 ;
          num3_ = num3_ +1 ;
        end
        q_=q_+150;
        k_=k_+150;
      end
    end
end;
disp(['Sync mode off, or communications lost? -> Game over']);
fwrite(s,StopAccessPoint);
 plot(Time_idx ,var_cd3_idx) ;
```

2.2.2 Variance max ของก่อนล้มและ ขณะล้ม (ลบค่า DC ออกแล้ว)

```
clc
clear all
% SETUP of USB AccessPoint
% port_number='/dev/ttyACM0';
port_number='/dev/ttyS101';
s = serial('COM19');
s.BaudRate=115200;
s.InputBufferSize = 1024;
s.FlowControl='none';
s.Timeout=1;
s.ReadAsyncMode='continuous'; % !!!!!!! important
```

```
if s.Status(1:4)=='open' disp('Closing formerly opened port');fclose(s);end;
s.ErrorFcn=@mycallback; % not important - you can specify your own error callback
% Port open
fopen(s); % you can use exceptions, but better soluton is break on error
% when there is still problem after first run - try RESTART MATLAB!!!
instrfind
get(s) % display port status and settings
% record(s,'on');
% Header of FRAMEs settings
StartAccessPoint=[255, 7,3]; % numbers taken from ez430 souce code
StopAccessPoint=[255,9,3];
AccDataRequest=[255,8,7,0,0,0,0];
% Start AccessPoint
fwrite(s,StartAccessPoint); % after cca 1s green LED must blink
disp(['Please turn your watch to sync mode (key #, then key v - LED blinking), then
pressenter...']);
disp(['CTRL+C to stop']);
pause();
% Read (and store) data
% Main read cycle
stop_flag=0;
i=0;
num_ = 0;
num1_ = 0;
num2_ = 1;
num3_ = 1;
N = 4;
k_=751;
q_=900;
tic
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
while stop_flag<1000
  i=i+1;
  try
    fwrite(s,AccDataRequest);
    a=fread(s,7,'int8');
    X=a(1);
    Y=a(2);
    Z=a(3);
    data(i,1)=X;
    data(i,2)=Y;
    data(i,3)=Z;
    % disp(pozice);
    % stop on idle
    if ((X==0) & (Y==0) & (Z==0)) stop_flag=stop_flag+1;end;
    if ((X~=0) | (Y~=0) | (Z~=0)) stop_flag=0;end;
  catch
    % disp('RS232 dropout');
  end;
  if ( mod(i, 300) == 0 )
    if ( num_ <= N )
      disp(['Please___Wait']);
      num_ = num_ +1;
      samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
      cx=data(samples,1);
      x=cx.*cx;
      cy=data(samples,2);
      y=cy.*cy;
      cz=data(samples,3);
      z=cz.*cz;
      sum_=x+y+z;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        total=sqrt(sum_);
        total_acc( samples) = total ;
        mean_(num_) = mean(total);
        var_(num_) =var(total);
      else
        mean_10 = mean ( mean_(1:N) ) ;
        var_10 = mean ( var_(1: N) );
        num_ = num_ +1 ;
        num1_ = num1_ +1 ;
        samples = ((num_-1)*300+1 ):i;
        samples_1 = ((num_-1)*300+1 ):i;
        cx=data(samples,1);
        x=cx.*cx;
        cy=data(samples,2);
        y=cy.*cy;
        cz=data(samples,3);
        z=cz.*cz;
        sum_=x+y+z;
**************************************************
        total=sqrt(sum_)- mean_10*ones(300,1);
        xXx(samples_1) = total;
        [c,l] = wavedec(xXx,3,'db4');
        clear cd3 ;
        cd3 = detcoef(c,l,3);
        var_cd3 = var(cd3)
        var_cd3_idx (num1_) = var_cd3;
**************************************************
        Time_idx (num1_) = toc;
       if ( var_cd3 <43)
          disp(['Lying__!!!!!!!!!!']);
```

การนำสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แกน ไปลบด้วยค่า DC แล้วนำมาผ่าน Wavelet DWT Db4 Level 3จากนั้น นำไปหาค่า Variance

```
            toc;Aways_ = toc;
            motion_ = 0;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_cd3 > 44 & var_cd3 < 81)
            disp(['Stand/walk__!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_ = toc;
            motion_ = 1;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          if( var_cd3 > 82)
            disp(['Fall__!!!!!!!!!!!!']);
            toc;Aways_ = toc;
            motion_ = 2;
            endless1_(num3_) = Aways_;
            endless_(num2_) = motion_;
            num2_ = num2_ +1 ;
            num3_ = num3_ +1 ;
          end
          q_=q_+150;
          k_=k_+150;
        end
      end
    end;
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

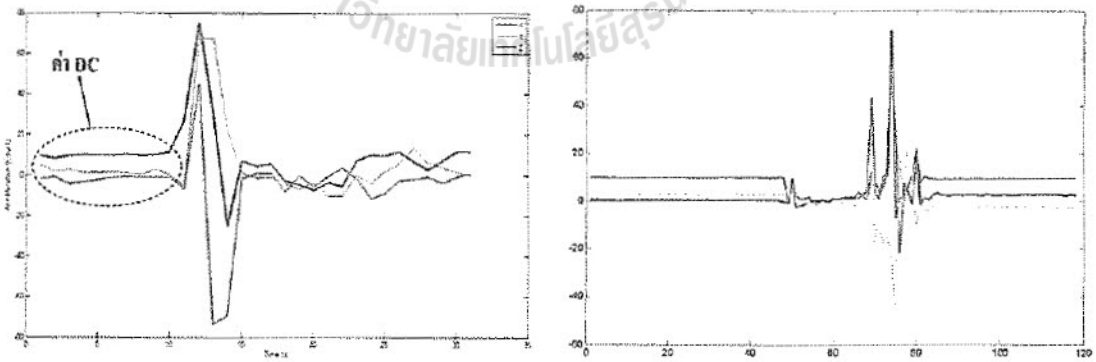
```
disp(['Sync mode off, or communications lost? -> Game over']);
fwrite(s,StopAccessPoint);
plot(Time_idx ,var_cd3_idx) ;
```

ภาคผนวก ข

1. การตรวจสอบความถูกต้องของ eZ430-Chronos Watch

ก่อนการทดลอง ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของ eZ430-Chronos Watch ว่ามีความแม่นยำมากเพียงใดเมื่อเทียบกับ Vernier LABQ LabQuest ซึ่งเชื่อมต่อกับ Accelerometer ที่เป็นเซนเซอร์วัดความเร่งแบบ 3 แกน เหมือนกัน ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเร่งที่ได้ระหว่าง Accelerometer จาก Vernier LABQ LabQuest และค่าความเร่งจาก eZ430-Chronos Watch โดยปล่อยให้ Accelerometer และ eZ430-Chronos Watch ในแนวดิ่งแล้วนำค่าความเร่งในแต่ละแกนมาเปรียบเทียบกัน

รูปที่ ข.1 eZ430-Chronos Watch, Vernier LABQ LabQuest และ Accelerometer



eZ430-Chronos Watch Vernier LABQ LabQuest

รูปที่ ข.2 กราฟเปรียบเทียบความเร่งทั้ง 3 แกนของ eZ430-Chronos Watch และVernier LABQ LabQuest

จะพบว่า ค่าความเร่งที่ได้จาก Vernier LABQ LabQuest จะค่อนข้างแม่นยำกว่าค่าความเร่งที่ได้จาก eZ430-Chronos Watch เนื่องจากว่า eZ430-Chronos Watch มีค่า DC มากสังเกตได้จากกราฟช่วงแรกซึ่งความเป็นจริงค่าความเร่งในแต่ละแกนต้องเป็นศูนย์ ในการทดลองจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อกำจัดค่า DC ออกไปให้ค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ถึงแม้ว่าค่าที่ได้จาก Vernier LABQ LabQuest จะดีกว่าก็ตาม แต่ในทางปฏิบัติแล้ว Vernier LABQ LabQuest มีขนาดใหญ่ สายเชื่อมต่อจาก Accelerometer นั้นค่อนข้างสั้นจึงไม่สะดวกต่อการใช้ตรวจสอบการหกล้ม และที่สำคัญการนำข้อมูลออกจาก Vernier LABQ LabQuest นั้นค่อนข้างยุ่งยากเพราะ Vernier LABQ LabQuest ไม่สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ได้

2. การเลือกตำแหน่งที่ติดตั้ง eZ430-Chronos Watch

ตำแหน่งที่ได้ทำการทดสอบการติดตั้ง eZ430-Chronos Watch มีทั้งสิ้น 4 ตำแหน่ง ได้แก่ ข้อมือ ข้อเท้า ใต้อกและเอว ความถูกต้องในการตรวจสอบการหกล้มของแต่ละตำแหน่งเป็นดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ค่า Sensitivity ของตำแหน่งที่ติดตั้ง eZ430-Chronos Watch

ตำแหน่งที่ติดตั้ง / ผู้ทดสอบคนที่	ข้อมือ	ข้อเท้า	ใต้อก	เอว
1	30%	10%	45%	15%
2	15%	20%	30%	35%
3	20%	35%	50%	50%

จากตารางที่ ข.1 พบว่าค่า Sensitivity ที่ดีที่สุด คือ การติดตั้ง eZ430-Chronos Watch ไว้ใต้อก เนื่องจากว่า

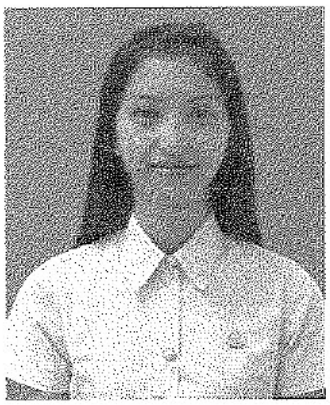
1. ติดตั้งไว้ที่ข้อมือ เวลาทำกิจกรรมต่างๆ เช่น เดิน วิ่ง มือเราจะแกว่ง ทำให้ยากแก่การตรวจจับการหกล้ม

2. ติดตั้งไว้ที่ข้อเท้า เวลาเราก้าวเท้าสูงๆ ระบบจะฟ้องว่ามีการล้มเกิดขึ้น ตำแหน่งนี้จึงไม่เหมาะแก่การติดตั้ง eZ430-Chronos Watch

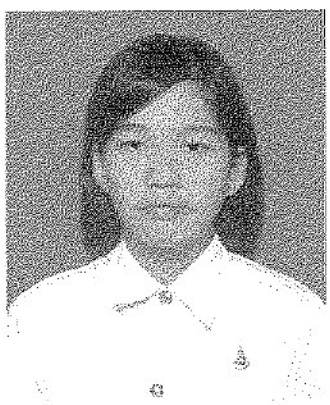
3. ติดตั้งไว้ที่เอว eZ430-Chronos Watch จะถูกมัดไว้กับเข็มขัด การติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งนี้เกิดการแกว่งของ eZ430-Chronos Watch เมื่อเราทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้เกิดการตรวจจับผิดพลาด

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุภาวี มาทำมา เกิดเมื่อวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลแสตอ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นางสาวทิพย์พากร หงษ์คำ เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลเมืองปัก อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอัสสัมชัญนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นางสาวกมลชนก จิระสุโข เกิดเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลโคกสูง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ตอนปลายจากโรงเรียนมารีย์วิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2552 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี