

## ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth Accelerometer Sensor

พงษ์พันธ์ สมแพง<sup>1</sup> และ ธัญญ จารุวิทย์โกวิท

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต 110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 โทรศัพท์ 0-2954-7300 ถึง 29 ต่อ 498  
Email: pongpun.sompang@gmail.com

### บทคัดย่อ

การล้มเป็นสาเหตุหนึ่งของการเจ็บป่วยและเสียชีวิตของผู้สูงอายุ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth accelerometer sensor ที่สามารถตรวจจับการล้ม บอกลักษณะการล้มในรูปแบบว่า ล้มไปด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย หรือด้านขวา ภายหลังการล้ม ระบบสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวรู้สึกตัวของผู้ล้มได้ ทำให้สามารถประเมินความรุนแรงที่เกิดจากการล้มได้ งานวิจัยนี้เลือกใช้ Bluetooth accelerometer sensor ซึ่งมีเซนเซอร์วัดความเร่งขนาด 3 แกน (3-axis accelerometer) เป็นเซนเซอร์วัดความเร่งแกน X Y และ Z และส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายแบบบลูทูธ 4.0 (Bluetooth version 4.0) ไปยังสมาร์ทโฟน (Smartphone) ระบบปฏิบัติการ android 4.3 ขึ้นไปแล้วประมวลผลด้วยโปรแกรมตรวจจับการล้มโดยใช้หลักการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เมื่อเกิดเหตุการณ์ล้ม โปรแกรมจะเก็บข้อมูลการล้มและแจ้งเตือนขอความช่วยเหลือในรูปแบบเสียง และข้อความแจ้งเตือนที่สมาร์ทโฟน ของผู้ล้มเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ที่อยู่ใกล้เคียง พร้อมกับส่งข้อความแจ้งลักษณะการล้ม และตำแหน่งที่ล้มไปยังหมายเลขโทรศัพท์ผู้ติดต่อฉุกเฉินที่ตั้งค่าไว้ เพื่อการช่วยเหลือผู้ล้มได้อย่างรวดเร็ว ระบบสามารถตรวจจับการล้ม บอกลักษณะการล้มได้ถูกต้องอยู่ในระดับ 83.33% ความเร็วในการแจ้งเตือน 3.69 วินาที

**คำสำคัญ**—สมาร์ทโฟน; เซนเซอร์วัดความเร่ง; โปรแกรมตรวจจับการล้ม; แจ้งเตือน

### 1. บทนำ

การล้มอาจส่งผลร้ายแรงถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ผู้ที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ซึ่งการล้มอาจทำให้กระดูกหัก กระดูกเคลื่อน หรืออันตรายถึงชีวิต ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth accelerometer sensor ได้ออกแบบโดยใช้ความรู้จากบทความงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจจับการล้ม ประกอบการศึกษาและนำความรู้ด้านต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน

บทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1] ได้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการล้มโดยสร้างอุปกรณ์ สื่อสารด้วยบลูทูธ ส่งข้อมูลไปที่คอมพิวเตอร์ ประมวลผลด้วยหลักการ Signal vector magnitude ดัดอุปกรณ์บริเวณเข็มขัดที่เอวตรวจวัดพฤติกรรมเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ความแม่นยำ 86.7% [2] [3] [5] [6] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับการล้มโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง เข็มทิศดิจิทัล Electronic compass ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟนมาพิจารณา พฤติกรรมเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ เทคนิคการกรองสัญญาณแบบ High-pass filtering และ Discrete wavelet transform เทคนิคการประมวลผลด้วยอัลกอริทึม Support vector machine เทคนิคการประมวลผลค่า (Threshold algorithm) ซึ่งผลที่ได้พบว่าให้ความถูกต้องอยู่ในระดับสูง อุปกรณ์ตรวจจับเป็นสมาร์ทโฟน มีขนาดใหญ่ [4] ได้ทำการวิจัยคัดแยกรูปแบบพฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยใช้สมาร์ทโฟนเก็บค่าของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้น นำมาสร้างเงื่อนไขของต้นไม้ตัดสินใจ มีความแม่นยำที่ 80.29% [7] หาดำเนินการที่ตีพิมพ์ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการล้ม โดยกำหนดตำแหน่งที่ใช้เปรียบเทียบในการติดตั้งอุปกรณ์ดังนี้ บริเวณหัวไหล่ เอว หน้าแข้ง และต้นขา อุปกรณ์ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง และไจโรสโคป นำสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัวมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการขีดแบ่งค่า อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ มีสายไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์มาก [8] เสนอระบบตรวจจับเฝ้าระวังการล้มในลักษณะของการล้มไปด้านหน้าและล้มไปด้านหลัง โดยอาศัยการหาค่ามุมที่เปลี่ยนไปของสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งขนาด 3 แกน จำนวน 2 ตัวติดตั้งบริเวณหน้าอกและบริเวณเอว นำค่าสัญญาณที่ได้ไปผ่านกระบวนการขีดแบ่งค่าวิเคราะห์ว่าเป็นการล้ม [9] ใช้เซนเซอร์วัดความเร่งขนาด 3 แกน และไจโรสโคป ตรวจจับพฤติกรรมล้ม 4 ประเภท ได้แก่ ล้มไปด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา โดยอาศัยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ และ Machine learning ในการช่วยวิเคราะห์ อุปกรณ์เป็นลักษณะของเข็มขัดรัดที่อกมีขนาดใหญ่ มีความแม่นยำที่ 81% [10] นำเสนอการตรวจจับการล้มโดยสร้างอุปกรณ์ตรวจจับการล้ม ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งขนาด 3 แกน 2 ตัว และไจโรสโคปขนาด 3 แกน 2 ตัวที่

เหมือนกัน แล้วนำอุปกรณ์ไปติดตั้งที่บริเวณหน้าอก 1 ตัวที่เหลือทำการติดตั้งที่บริเวณต้นขา นำค่าความเร่ง และมุมมองค่าที่ได้จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ มาวิเคราะห์ โดยใช้อัลกอริทึม Linear acceleration และ Rotational rate อุปกรณ์นี้สร้างความยุ่งยากในการสวมใส่ [11] หากความแม่นยำของข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความเร่ง ที่ติดตั้งไว้บริเวณกลางหน้าอกไปยังเครื่องประมวลผล ความแม่นยำของข้อมูลต่ำกว่า 75% ไม่สามารถนำมาใช้ได้จริง [12] พัฒนาระบบแจ้งเตือนฉุกเฉินส่วนบุคคล โดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่ง ขอความช่วยเหลือเวลาเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่งต่อพ่วงกับเครื่อง PDA ใช้วิธีการต้นไม้ตัดสินใจเพื่อจำแนกค่าต่าง ๆ ว่าแตกต่างกันอย่างไร อุปกรณ์นี้ต้องต่อพ่วงเข้ากับเครื่อง PDA เท่านั้น ไม่สามารถใช้งานได้สะดวก จากบทความงานวิจัยที่ได้ศึกษาส่วนใหญ่อุปกรณ์ตรวจจับการล้มและตรวจจับพฤติกรรมอาการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์มีขนาดใหญ่ ไม่สามารถบอกลักษณะการล้ม และไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวหลังการล้มได้

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับการล้มที่มีขนาดเล็ก ประหยัดพลังงานให้สามารถตรวจจับการล้ม บอกลักษณะการล้ม แจ้งเตือนขอความช่วยเหลืออย่างทันทีทันใด เมื่อทราบลักษณะการรู้สึกตัวหลังจากการล้ม ผู้ติดต่อดูแลจะสามารถประเมินความรุนแรงของการล้ม เพื่อวางแผนการช่วยเหลือผู้ล้มต่อไป

## 2. วิธีวิจัยและการออกแบบ

### 2.1. อุปกรณ์ที่ใช้วิจัยและพัฒนา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา มี 2 ชนิดคือ สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ android 4.3 ขึ้นไปรองรับการสื่อสารไร้สายแบบบลูทูธ 4.0 รูปที่ 1 (a) และ Bluetooth accelerometer sensor ขนาด 37.3mm X 37.3mm X 7mm ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ CR2032 รองรับการสื่อสารไร้สายแบบบลูทูธ 4.0 ผ่านเทคโนโลยี Bluetooth low energy มีอายุการใช้งานแบตเตอรี่นานสูงสุด 1.5 ปี รูปที่ 1 (b) [13]



(a)

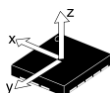


(b)

รูปที่ 1. แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา (a) สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ android 4.3 ขึ้นไปและ (b) Bluetooth accelerometer sensor

### 2.2. ความสัมพันธ์ค่าความเร่งกับรูปแบบการล้ม

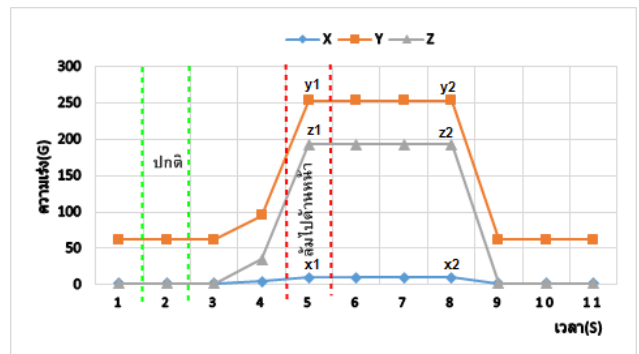
เซนเซอร์วัดความเร่งของแรงโน้มถ่วง ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำหน้าที่วัดความเร่งโดยอาศัยการวัดแรงที่กระทำต่อน้ำหนัก อ้างอิงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงโลกซึ่งแรงโน้มถ่วงของโลกจะชี้ไปที่แกนกลางโลกเสมอ



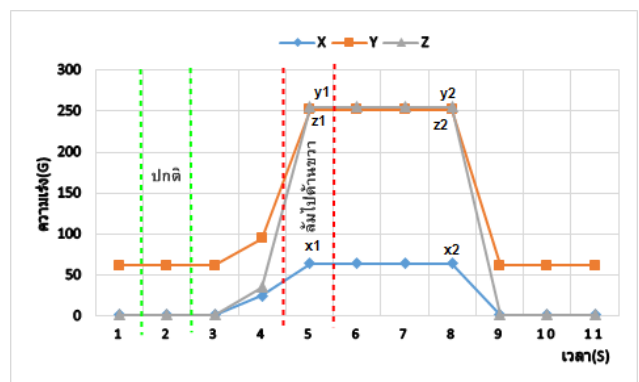
รูปที่ 2. แสดงทิศทางความเร่งแกน x y z ของ IC nano accelerometer [14]

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วง g จากเลขฐานสองแปดบิตแปลงเป็นเลขฐานสิบแกน X Y และ Z ที่ได้จาก Bluetooth accelerometer sensor ในช่วงเวลาที่เกิดการล้ม โดยทำการทดลองในแต่ละรูปแบบจำนวน 30 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เช่น ปกติ ล้มไปด้านหน้า ด้านขวา ด้านซ้าย ด้านหลัง ดังรูปที่ 3 - 6 ตามลำดับ

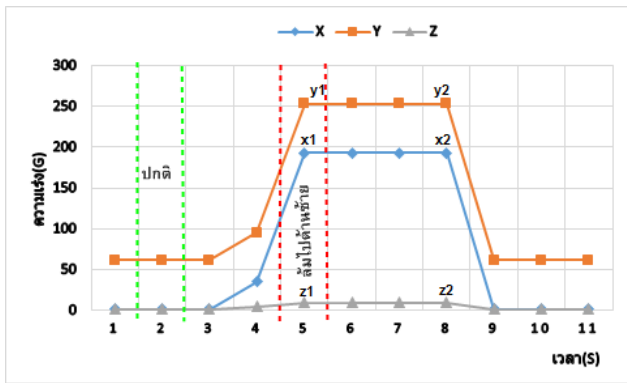
จากรูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงตามแนวแกน X Y และ Z ในกรณีล้มไปด้านหน้า ที่เวลา 1 วินาทีถึงเวลา 3 วินาที ยืนปกติมีค่าความเร่งคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อล้มไปด้านหน้าที่จุด y1, z1 ค่าความเร่งของแกน Y Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นแต่ที่จุด x1 ค่าความเร่งของแกน X เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ล้มแล้วอยู่นิ่งถึงจุด x2, y2 และ z2 ที่เวลา 5 วินาทีถึงเวลา 8 วินาที แล้วลุกขึ้นยืนปกติที่เวลา 9 วินาทีถึงเวลา 11 วินาทีค่าความเร่งตามแนวแกน Y และ Z ลดลงกลับมาคงที่ และรูปที่ 4 กราฟแสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงตามแนวแกน X Y และ Z ในกรณีล้มไปด้านขวา ที่เวลา 1 วินาทีถึงเวลา 3 วินาที ยืนปกติมีค่าความเร่งคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อล้มไปด้านขวาที่จุด x1, y1, z1 ค่าความเร่งของแกน X Y และ Z มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 3 แกน ล้มแล้วอยู่นิ่งถึงจุด x2, y2 และ z2 ที่เวลา 5 วินาทีถึงเวลา 8 วินาที แล้วลุกขึ้นยืนปกติที่เวลา 9 วินาทีถึงเวลา 11 วินาทีค่าความเร่งตามแนวแกน Y และ Z ลดลงกลับมาคงที่ รูปที่ 5 และรูปที่ 6 ก็มีค่าความเร่งตามแนวแกนที่แตกต่างกันไป แสดงให้เห็นความเร่งของแรงโน้มถ่วงแต่ละแกน มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันตามรูปแบบการล้มแต่ละลักษณะจึงใช้การเปลี่ยนแปลงนี้ในการสร้างเงื่อนไขต้นไม้ตัดสินใจขึ้น



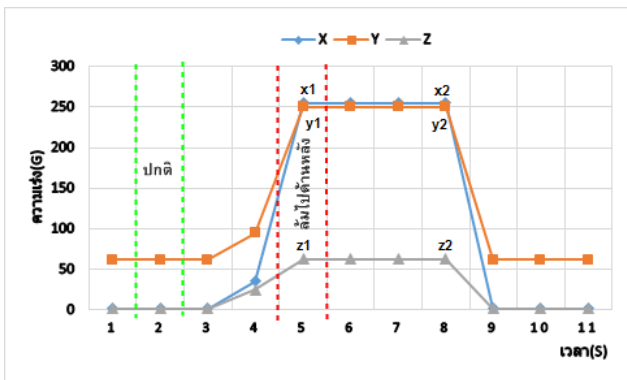
รูปที่ 3. แสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงแกน x y z กรณีล้มไปด้านหน้า



รูปที่ 4. แสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงแกน x y z กรณีล้มไปด้านขวา



รูปที่ 5. แสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงแกน x y z กรณีล้มไปด้านซ้าย



รูปที่ 6. แสดงค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงแกน x y z กรณีล้มไปด้านหลัง

### 2.3. ขั้นตอนวิธีของโปรแกรมตรวจจับการล้ม

ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการตรวจจับการล้มด้วยหลักการต้นไม้ตัดสินใจโดยเริ่มจากการเชื่อมต่อ Bluetooth accelerometer sensor เข้ากับโปรแกรมผ่านการสื่อสารไร้สายแบบบลูทูธ 4.0 รับค่าเริ่มต้นคือความเร่งการยืน เดิน ที่ร่างกายตั้งฉากกับพื้นโลก ดังรูปที่ 7 ระบบจะเริ่มการตรวจจับการล้มตามที่โปรแกรมไว้ โปรแกรมมีความสามารถตรวจสอบความแตกต่างระหว่างการนอนลงในด้านต่าง ๆ ปกติกับการล้มในด้านต่าง ๆ ซึ่งถ้าเป็นการนอนลงปกติจะไม่เกิดการแจ้งเตือนโดยเปรียบเทียบเงื่อนไขตามสมการ

$$Fall_n = M \wedge X \wedge Y \wedge Z \quad (1)$$

เมื่อ n = รูปแบบลักษณะการล้ม

$\wedge$  = ตัวเชื่อมประพจน์ตรรกศาสตร์ "และ"

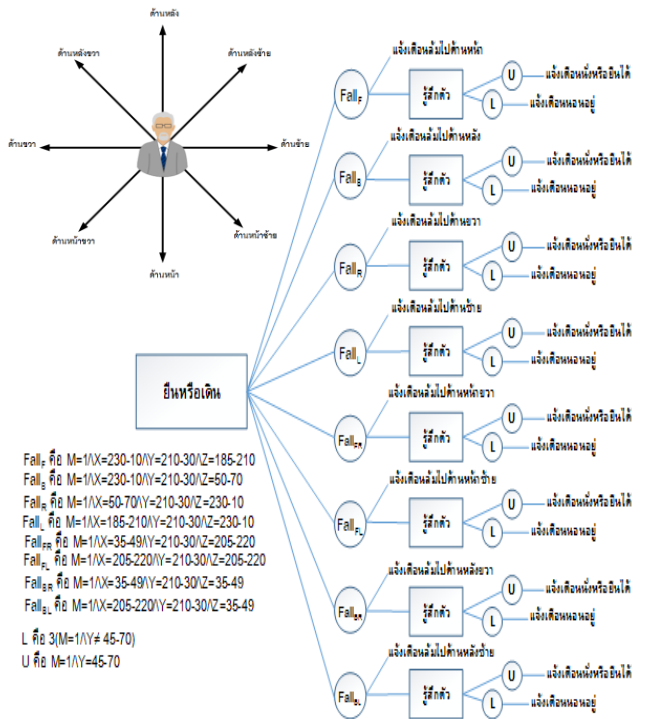
M = ค่าการเคลื่อนที่จาก Bluetooth accelerometer sensor เมื่อเคลื่อนที่ M = 1 อยู่กับที่ M = 0

X = ค่าความเร่งแกน x จาก Bluetooth accelerometer sensor

Y = ค่าความเร่งแกน y จาก Bluetooth accelerometer sensor

Z = ค่าความเร่งแกน z จาก Bluetooth accelerometer sensor

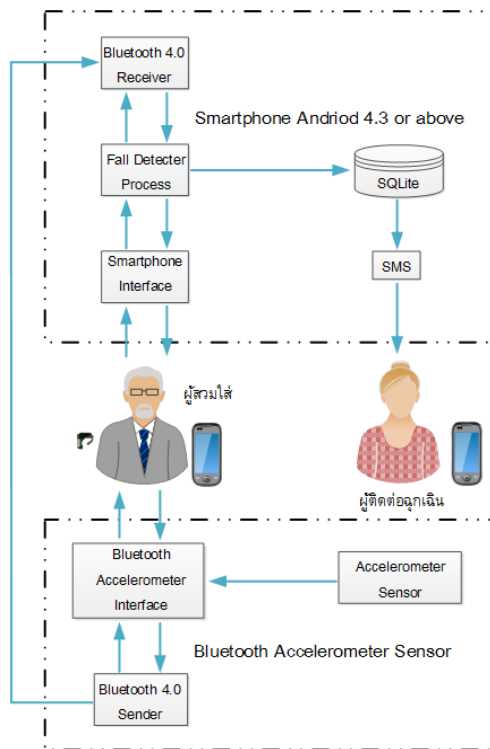
ถ้า  $Fall_n$  เป็นจริงตามสมการ (1) เช่นล้มไปด้านหน้า  $Fall_F$  ด้านขวา  $Fall_R$  ด้านซ้าย  $Fall_L$  ด้านหลัง  $Fall_B$  และด้านอื่นที่อาจเป็นไปได้คือ ล้มไปด้านหน้าทางซ้าย ด้านหน้าทางขวา ด้านหลังทางซ้าย ด้านหลังทางขวา จะทำการเก็บค่าการล้ม ส่งเสียงแจ้งเตือนพร้อมส่งข้อความลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่การล้ม ไปยังผู้ติดต่อฉุกเฉิน หลังเกิดเหตุการณ์ล้มขึ้นแล้วยังรู้สึกตัวเคลื่อนไหวได้สามครั้งจะส่งข้อความแจ้งเตือนอีกครั้งว่ารู้สึกตัวเคลื่อนไหวได้ในลักษณะนอนอยู่ L หรือลักษณะลุกขึ้นนั่งหรือยืนได้ U หรือถ้าหลังเกิดเหตุการณ์ล้มขึ้นแล้วไม่มีการแจ้งเตือนเลยแสดงว่าผู้ล้มไม่มีความรู้สึกตัวหรือหมดสติ



รูปที่ 7. แสดงขั้นตอนวิธีโปรแกรมตรวจจับการล้ม

### 2.4. โครงสร้างและการทำงานของระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างของระบบไว้ดังรูปที่ 8 สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนเริ่มจากส่วนแรกเป็นสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการ android 4.3 ขึ้นไป โดยมี Bluetooth 4.0 Receiver รับข้อมูลจาก Bluetooth accelerometer sensor แล้วส่งไปประมวลผลที่ Fall Detector Process ซึ่งจะประมวลผลว่าเป็นลักษณะการล้มแบบใด เมื่อทราบลักษณะการล้มระบบจะส่งข้อมูลการล้มไปเก็บที่ฐานข้อมูล SQLite เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะการล้ม วัน เวลา ตำแหน่งที่ล้มเป็น ละติจูด ลองจิจูด และส่งข้อความลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่ไปยังผู้ติดต่อฉุกเฉิน พร้อมเสียงแจ้งเตือน แสดงข้อความลักษณะการล้มที่ Smartphone Interface ส่วนที่สองคือ Bluetooth accelerometer sensor ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งวัดค่าความเร่งแกน X Y และ Z ส่งข้อมูลไปยัง Bluetooth Accelerometer Interface และส่งต่อข้อมูลในรูปแบบการสื่อสารไร้สายไปยังสมาร์ตโฟนด้วย Bluetooth 4.0 Sender



รูปที่ 8. แสดงโครงสร้างของระบบ

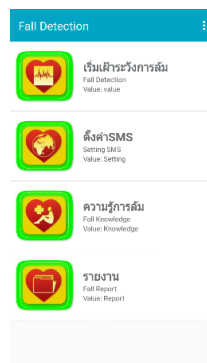
การทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 9 เริ่มโดยติดตั้ง Bluetooth accelerometer sensor บริเวณหน้าอก เปิดโปรแกรม เชื่อมต่อกับสัญญาณบลูทูธ 4.0 เลือกเซนเซอร์เพื่อตรวจจับการล้ม Bluetooth accelerometer sensor จะส่งข้อมูลให้กับโปรแกรมทำการประมวลผลเมื่อมีการล้มเป็นไปตามโปรแกรมกำหนดจะเก็บค่าลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่ วัน เวลา ลงในฐานข้อมูลของสมาร์ทโฟนพร้อมแสดงผล ส่งเสียงแจ้งเตือนที่สมาร์ทโฟนของผู้ล้มเพื่อขอความช่วยเหลือจากผู้ที่อยู่ใกล้เคียง และส่งข้อความลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่การล้ม ไปยังผู้ติดต่อฉุกเฉินเพื่อขอความช่วยเหลือ ผู้ติดต่อฉุกเฉินเปิดข้อความก็จะทราบลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่การล้ม สามารถค้นหาตำแหน่งผู้ล้มจาก Google map ได้



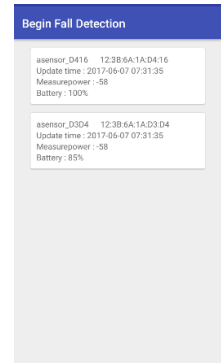
รูปที่ 9. แสดงการทำงานของระบบ

## 2.5. หน้าจอโปรแกรม

หน้าเมนูหลักของโปรแกรมเฝ้าระวังตรวจจับการล้ม ประกอบด้วย 4 เมนู คือ เริ่มเฝ้าระวังการล้ม ตั้งค่าข้อความ ความรู้การล้ม รายงาน เมื่อกดปุ่มตั้งค่าข้อความสามารถตั้งการส่งข้อความไปยังผู้ติดต่อฉุกเฉินได้ กดปุ่มเริ่มเฝ้าระวังการล้มโปรแกรมจะเริ่มค้นหา Bluetooth accelerometer sensor เมื่อค้นหาพบจะเป็นดังรูปที่ 10 (b) เลือก Bluetooth accelerometer sensor เพื่อเริ่มเฝ้าระวังตรวจจับการล้ม เมื่อตรวจพบการล้มจะแสดงข้อความลักษณะการล้มพร้อมเสียงแจ้งเตือนที่หน้าจอสมาร์ทโฟนเก็บข้อมูลการล้ม และส่งข้อความลักษณะการล้ม ตำแหน่งที่อยู่การล้มไปยังผู้ติดต่อฉุกเฉินดังรูปที่ 10 (c) และสามารถกดปุ่มรายงานตรวจดูบันทึกเหตุการณ์ล้มย้อนหลังได้ดังรูปที่ 10 (d)



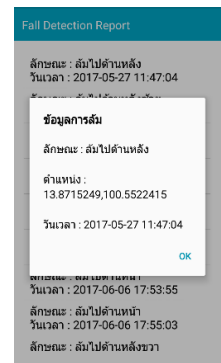
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 10. แสดงหน้าจอโปรแกรม (a) หน้าเมนูหลัก (b) หน้าเลือกเซนเซอร์ (c) หน้าแจ้งเตือน (d) หน้ารายงาน

## 3. การทดสอบการทำงานของระบบ

จำลองลักษณะการล้มแล้วนอนไปด้านต่างๆ ด้วยหุ่นที่มีรูปร่างเหมือนมนุษย์จริง ผู้ทดสอบจริงและกล่องสี่เหลี่ยมขนาดความสูงเท่ามนุษย์จริง เนื่องจากการล้มไปด้านหน้าและด้านหลังอาจเป็นอันตรายกับผู้ทดสอบจริงจึงใช้หุ่นทดสอบแทน โดยทดสอบให้หุ่นยืนแล้วล้มไปด้านหลัง ด้านหน้า ผู้ทดสอบจริงเดินยืนแล้วล้มไปด้านซ้าย ด้านขวา และใช้กล่องสี่เหลี่ยมขนาดความสูงเท่ามนุษย์จริงทดสอบการล้มไปด้านหลังซ้าย ด้านหลังขวา ด้านหน้าซ้าย และด้านหน้าขวา ดังรูปที่ 11 - 14



รูปที่ 11. แสดงการล้มแล้วนอนไปด้านหลัง



รูปที่ 12. แสดงการล้มแล้วนอนไปด้านหน้า



รูปที่ 13. แสดงการล้มแล้วนอนไปด้านซ้าย



รูปที่ 14. แสดงการล้มแล้วนอนไปด้านขวา

#### 4. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ผลการทดสอบความถูกต้องการล้มและความถูกต้องการรู้สึกตัวหาค่าได้จากสมการ

$$A_n = T_n/N \times 100 \quad (2)$$

$$A_s = T_s/T_n \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ n = รูปแบบลักษณะการล้ม

s = รูปแบบลักษณะนอนอยู่หรือลักษณะลุกขึ้นนั่งหรือยืนได้หลังจากเกิดการล้ม

$T_n$  = จำนวนครั้งที่ตรวจจับการล้มได้ตรงลักษณะการล้มพร้อมแจ้งเตือน

$T_s$  = จำนวนครั้งที่ตรวจจับได้หลังการล้มแล้วรู้สึกตัวเคลื่อนไหวได้ตรงลักษณะนอนอยู่หรือลักษณะลุกขึ้นนั่งหรือยืนได้พร้อมแจ้งเตือน

N = จำนวนครั้งที่ทดสอบ

$A_n$  = ความถูกต้องการล้ม (%)

$A_s$  = ความถูกต้องการรู้สึกตัว (%)

ทดสอบจำนวน 30 ครั้งต่อรูปแบบลักษณะการล้มแล้วนอนไปด้านต่าง ๆ ตามการทดสอบที่จำลองขึ้น แล้วนำมาสรุปผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1. แสดงผลความถูกต้องและเวลาในการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการล้ม

รูปแบบลักษณะการล้ม	ความถูกต้องการล้ม (%)	ความเร็วในการแจ้งเตือน (s)	ความถูกต้องการรู้สึกตัว (%)
ด้านหลัง	86.66%	3.63	100%
ด้านหน้า	86.66%	3.69	100%
ด้านซ้าย	83.33%	3.67	100%
ด้านขวา	83.33%	3.65	100%
ด้านหลังซ้าย	90%	3.57	100%
ด้านหลังขวา	90%	3.57	100%
ด้านหน้าซ้าย	89%	3.61	100%
ด้านหน้าขวา	89%	3.59	100%

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นระบบสามารถแจ้งเตือนการล้มตรงกับรูปแบบลักษณะการล้มมีความถูกต้องการล้มไปด้านหลัง ด้านหน้า ด้านซ้าย ด้านขวา ด้านหลังซ้าย ด้านหลังขวา ด้านหน้าซ้าย ด้านหน้าขวาอยู่ในระดับ 83.33% - 90% ระยะเวลาในการแจ้งเตือนอยู่ในระดับ 3.57 - 3.69 วินาที บอกการรู้สึกตัวเคลื่อนไหวได้หลังจากเกิดการล้มตรงตามลักษณะนอนอยู่ ลักษณะลุกขึ้นนั่งหรือยืนได้ถูกต้อง 100%

#### 5. สรุป

ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth accelerometer sensor ที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับการล้ม บอกลักษณะการล้มว่า ล้มไปด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย หรือด้านขวา ระบบสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวรู้สึกตัวของผู้ล้มภายหลังการล้มได้ ทำให้ผู้ติดต่อฉุกเฉินสามารถประเมินความรุนแรงที่เกิดขึ้นได้ จากผลการทดสอบพบว่าระบบตรวจจับความถูกต้องการล้มอยู่ในระดับ 83.33% - 90% ความถูกต้องการรู้สึกตัว 100% อย่างไรก็ตามระบบที่พัฒนายังมีข้อจำกัดเรื่องการส่งข้อมูลที่ล่าช้าจาก Bluetooth accelerometer sensor ไปยังสมาร์ตโฟน ในกรณีนี้ที่สมาร์ตโฟนและ Bluetooth accelerometer sensor อยู่ห่างกันเกินกว่าสิบเมตร เนื่องจากความแรงของสัญญาณบลูทูธลดลงทำให้ส่งข้อมูลได้ไม่ต่อเนื่อง

งานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยจะพัฒนาความสามารถของระบบให้สามารถตรวจจับการล้มจาก Bluetooth accelerometer sensor มากกว่า 1 ตัวในระบบเดียว ซึ่งการสื่อสารของเครือข่ายบลูทูธ สามารถรองรับอุปกรณ์ได้ถึง 8 ตัวในเครือข่ายที่อยู่บริเวณเดียวกัน เพื่อการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ ผู้ที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ให้จำนวนมากขึ้นในสมาร์ตโฟนเครื่องเดียว

### เอกสารอ้างอิง

- [1] M.Irwan Nari, Sena S.Suprpto, Ilman H. Kusumah, Widyawardana Adiprawita, "A Simple Design of Wearable Device for Fall Detection with Accelerometer and Gyroscope", *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) November 29-30*, Indonesia, 2016, pp.88-91.
- [2] Yu-Wei Hsu, Kuang-Hsuan Chen, Jing-Jung Yang, Fu-Shan Jaw, "Smartphone-based Fall Detection Algorithm Using Feature Extraction", *9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI 2016)*, Taiwan, 2016, pp.1535-1540.
- [3] Lih-Jen Kau, et al., "A Smart Phone-Based Pocket Fall Accident Detection, Positioning, and Rescue System", *IEEE journal of biomedical and health informatics*, vol. 19, no. 1, January 2015
- [4] Lin Fan, Zhongmin Wang, "Human activity recognition model based on Decision tree", *International Conference on Advanced Cloud and Big Data*, 2013, pp. 64-68.
- [5] V. Q. Viet, G. Lee, and D. Choi, "Fall Detection based on Movement and Smart Phone Technology", in *IEEE RIVF Int. Conf. on Computing and Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF)*, Ho Chi Minh City, 2012, pp.1-4.
- [6] S-H. Fang, Y-C. Liang, and K-M. Chiu, "Developing a Mobile Phone-based Fall Detection System on Android Platform", in *IEEE Conf. on Computing, Communications and Applications (ComComAp)*, Hong Kong, 2012, pp. 143-146
- [7] D. Liang, G. Zhao, Y. Guo, and L. Wang, "Pre-impact Detection of Falls Using Wireless Body Sensor Network", in *Proc. IEEE-EMBS Int. Conf. on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, Hong Kong and Shenzhen, China, Jan. 2012, pp.763-766
- [8] P. Mostarac, R. Malaric, M. Jurcevic, H. Hegedus, A. L-Ekuakille, and P. Vergallo, "System for monitoring and fall detection of patients using mobile 3-axis accelerometers sensors", in *IEEE Int. Workshop on Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA)*, Bari, May 2011, pp. 456-459
- [9] O. Ojetola, E. I. Gaura, and J. Brusey, "Fall Detection with Wearable Sensors – SAFE (SmArt Fall dEtection)", in *7th IEEE Int. Conf. on Intelligent Environments, Nottingham*, 2011, pp. 318-321
- [10] X. Yu, "Approaches and Principles of Fall Detection for Elderly and Patient", *10th Int. Conf. of IEEE e-health Networking Applications and Services (HealthCom)*, Singapore, 2008, pp.42-47.
- [11] A. M. Khan, Y.K. Lee, and T.-S. Kim, "Accelerometer Signal-based Human Activity Recognition Using Augmented Autoregressive Model Coefficients and Artificial Neural", *30th Annual International IEEE EMBS Conference 2008*, Canada, 2008, pp.5172-5175.
- [12] A. Y. Jeon, J. H. Kim, I. C. Kim, J. H. Jung, S. Y. Ye, J. H. Ro, S. H. Yoon, J. M. Son, B. C. Kim, B. J. Shin, G. R. Jeon, "Implementation of the Personal Emergency Response System using a 3-axis Accelerometer", *6th International Special Topic Conference on ITAB 2007*, Tokyo, 2008, pp. 223-226.
- [13] บริษัท aprbrother, **Bluetooth accelerometer sensor** [ออนไลน์], 1 มกราคม 2560. แหล่งที่มา <https://blog.aprbrother.com/product/asensor>
- [14] บริษัท STMicroelectronics, **nano accelerometer** [ออนไลน์], 12 มกราคม 2560. แหล่งที่มา <http://www.st.com/en/mems-and-sensors/lis3dh.html>



พงษ์พันธ์ สมแพง นักศึกษา

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม  
วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์