

**ระบบนำทางคนตาบอด**  
**BLIND NAVIGATION SYSTEM**



**ปริญญาโท เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พ.ศ. 2556**

ระบบนำทางคนตาบอด  
BLIND NAVIGATION SYSTEM



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบนำทางคนตาบอด

BLIND NAVIGATION SYSTEM

ผู้จัดทำ นางสาว สุพัชญา เต็มทอง รหัสนักศึกษา 53011755

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์  
นักศึกษา

ระบบนำทางคนตาบอด  
นางสาวสุพิชญา แต้มทอง รหัสประจำตัว 53011755

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ดร.เทอดศักดิ์ ลีมหาทอง

### บทคัดย่อ

ในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา ต้องการอุปกรณ์ช่วยนำทางเพื่ออำนวยความสะดวก และป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานปะทะชนกับสิ่งกีดขวางใดๆ ในขณะที่สัญจร อย่างไรก็ตามอุปกรณ์นี้ไม่สามารถป้องกันผู้ใช้งานได้กับทุกระดับความสูงของสิ่งกีดขวางได้

ยิ่งไปกว่านั้นอุปกรณ์นี้สามารถส่งพิกัด ณ ตำแหน่งปัจจุบันของคนตาบอดไปยังผู้ดูแลคนตาบอดผ่านSMS โดยที่ข้อความจะถูกส่งออกมาทันทีเมื่อคนตาบอดแตะ User Interface เพื่อส่งข้อความขอความช่วยเหลือและอีกกรณีคือคนตาบอดเกิดการหกล้ม เมื่อฝั่งผู้ดูแลคนตาบอดได้รับข้อความจะแสดงเป็นแผนที่บนอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android เพื่อให้เข้าช่วยเหลือคนตาบอดได้ทันที่

โครงการนี้จึงได้กล่าวถึง อุปกรณ์ระบบนำทางคนตาบอดผ่านระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งประกอบด้วยระบบตรวจจับวัตถุกีดขวางและวัดระยะห่างจากวัตถุในระยะที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้พิการทางสายตา โดยใช้ Ultrasonic sensor ควบคุมการทำงานโดย Microcontroller ซึ่งจะทำการประมวลผลแล้วแจ้งเตือนผู้ใช้งานให้รับรู้ถึงอุปสรรคสิ่งกีดขวางขณะสัญจรบนบาทวิถี ผ่านระบบปฏิบัติการ Android

<b>Thesis Title</b>	Blind Navigation System
<b>Student</b>	Miss Supatchaya Tamtong
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering
<b>Program</b>	Electronics Engineering
<b>Year</b>	2013
<b>Thesis Advisor</b>	Dr.Thurdsak Leauhatong

## Abstract

Presently, one of the most important tools of the blinds' daily life is the Blind Navigation, it is used for helping them to travel conveniently and protecting them from colliding with the obstacles. However, the Blind Navigation itself cannot guarantee that it can protect the blind from all level of height of the obstacles.

Moreover, this device can transmit the coordinates at the current location of the blind to the blind helper by SMS, a message will be sent out when the blind tap to User Interface of Message Help and other cases, when blind falls. When a blind helper get the message, will have to display as a map on Android devices, to provide timely aid to the blind.

From these reasons, this project refer to Blind Navigation that composes of an ultrasonic sensor controlled by a microcontroller board . A microcontroller board receives the signal from sensor and then processes. The resultant from the microcontroller board will be sent to alarming android device to warn user to know about the obstacles available in range.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและการให้คำปรึกษาของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร.เทอดศักดิ์ ลีหาทอง , อาจารย์อตุลย์ พองวีระ, รุ่นพี่ทุกคนในห้องโปรเจค ตลอดจนรุ่นพี่ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ซึ่งให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจและแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการเขียนโครงการฉบับนี้ขึ้น ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยห่วงใยและให้การสนับสนุนในการศึกษา รวมไปถึงขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือผู้จัดทำในทุกๆด้านตลอดมา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงการฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญรูปภาพ.....	v
สารบัญตาราง.....	vii
บทที่1 บทนำ.....	1
บทที่2 ระบบนำทางคนตาบอด.....	2
บทที่3 การทำงานของระบบนำทางคนตาบอด.....	18
บทที่4 ผลการทำงานของระบบนำทางคนตาบอด.....	34
บทที่5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	69
ภาคผนวก	
เอกสารอ้างอิง	

## สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 รูปแสดงโครงสร้างของระบบนำทางคนตาบอด.....	2
รูปที่ 2.2 รูปแสดงสถาปัตยกรรมของ Android.....	6
รูปที่ 2.3 รูปแสดงโครงสร้างการทำงานของ Android Activity.....	8
รูปที่ 2.4 รูปแสดงแผนผังการทำงานของ Service class.....	9
รูปที่ 2.5 รูปแสดงวงรอบการทำงานของ Content Provider.....	9
รูปที่ 2.6 รูปแสดงวงจรการทำงานของ Broadcast Receiver.....	10
รูปที่ 2.7 รูปแสดง Application life cycle.....	11
รูปที่ 2.8 รูปแสดง SRF05.....	13
รูปที่ 2.9 รูปแสดงการตรวจจับวัตถุของอัลตราโซนิก.....	13
รูปที่ 2.10 รูปแสดงขาของ SRF05 และโหมดการทำงาน.....	14
รูปที่ 2.11 รูปแสดงไดอะแกรมแสดงสัญญาณที่ส่งไปยัง SRF05 และสัญญาณที่ตอบรับกลับมายัง SRF05.....	15
รูปที่ 2.12 รูปแสดงไดอะแกรมแสดงสัญญาณที่ส่งไปยัง SRF05 และสัญญาณที่ตอบรับกลับมายัง SRF05.....	15
รูปที่ 2.13 รูปแสดง IOIO board Q.....	15
รูปที่ 3.1 รูปแสดง Main Activity User Interface.....	18
รูปที่ 3.2 รูปแสดงการตรวจวัดแบตเตอรี่ภายนอก ที่ใช้ในระบบนำทางคนตาบอด.....	20
รูปที่ 3.3 รูปแสดง Info Activity User Interface.....	21
รูปที่ 3.4 รูปแสดงการเตือนขอความช่วยเหลือของผู้พิการทางสายตาดบน Google Map.....	25

## สารบัญรูปรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.5 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนรับข้อมูลเบอร์โทรศัพท์.....	28
รูปที่ 3.6 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนวัดระยะและเตือนระยะอันตราย.....	29
รูปที่ 3.7 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือ.....	30
รูปที่ 3.8 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือจากการล้ม.....	31
รูปที่ 3.9 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนตรวจวัดแบตเตอรี่อุปกรณ์Android.....	32
รูปที่ 3.10 รูปแสดงแผนผังการทำงานของส่วนตรวจวัดแบตเตอรี่ ที่ใช้เป็นไฟเลี้ยง IOIO board Controller.....	33
รูปที่ 4.1 รูปแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์พร้อมใช้งาน.....	39
รูปที่ 4.2 รูปแสดงกราฟความเร่งในการนั่งต่อเวลา.....	40
รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินต่อเวลา.....	46
รูปที่ 4.4 รูปแสดงกราฟความเร่งในการวิ่งต่อเวลา.....	50
รูปที่ 4.5 รูปแสดงกราฟความเร่งในการกระโดดต่อเวลา.....	53
รูปที่ 4.6 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปข้างหน้าต่อเวลา.....	56
รูปที่ 4.7 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปข้างหลังต่อเวลา.....	58
รูปที่ 4.8 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปทางซ้ายต่อเวลา.....	60
รูปที่ 4.9 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปทางขวาต่อเวลา.....	62
รูปที่ 4.10 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินขึ้นบันไดต่อเวลา.....	65
รูปที่ 4.11 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินลงบันไดต่อเวลา.....	68

## สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 5.1 รูปแสดงแผนผังการทำงานรวมฝั่งผู้พิการทางสายตา.....	69
รูปที่ 5.2 รูปแสดงแผนผังการทำงานรวมฝั่งผู้ดูแลคนตาบอด.....	70



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตาราง2.1 ตารางแสดงการพัฒนาารุ่นของ Android.....	3
ตาราง4.1 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 1.....	34
ตาราง4.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 2.....	35
ตาราง4.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 3.....	36
ตาราง4.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.1.....	36
ตาราง4.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.2.....	40
ตาราง4.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.3.....	47
ตาราง4.7 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.4.....	50
ตาราง4.8 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.5.....	53
ตาราง4.9 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.6.....	56
ตาราง4.10 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.7.....	58
ตาราง4.11 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.8.....	60
ตาราง4.12 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.9.....	62
ตาราง4.13 ตารางแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1.10.....	65

## บทที่ 1

### บทนำ

ในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางสายตา ต้องการอุปกรณ์ช่วยนำทางเพื่ออำนวยความสะดวกและป้องกันไม่ให้ผู้ใช้งานชนปะทะกับสิ่งกีดขวางใดๆ ในขณะที่สัญจรบนบาทวิถี ผู้จัดทำจึงได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ช่วยเหลือคนคนกลุ่มนี้ “ระบบนำทางคนตาบอด(Blind Navigation)” ขึ้นเพื่อลดหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามก็อุปกรณ์นี้ไม่สามารถป้องกันผู้ใช้งานได้กับทุกระดับความสูงของสิ่งกีดขวางที่ผู้พิการทางสายตาเดินผ่านบนบาทวิถี

โครงการนี้จึงได้กล่าวถึง อุปกรณ์ระบบนำทางคนตาบอดผ่านระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งประกอบด้วยระบบตรวจจับวัตถุกีดขวางและวัดระยะห่างจากวัตถุในระยะที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้พิการทางสายตา โดยใช้ Ultrasonic sensor(SRF-05) ควบคุมการทำงานโดย Microcontroller IOIO board-Q ซึ่งจะทำให้การประมวลผลแล้วแจ้งเตือนผู้ใช้งานให้รับรู้ถึงอุปสรรคสิ่งกีดขวางขณะสัญจรบนบาทวิถีมากกว่านั้น อุปกรณ์นี้ยังสามารถแจ้งเตือนเป็นแผนที่บนอุปกรณ์ Android ของญาติหรือผู้ดูแลเมื่อผู้พิการทางสายตาเกิดการล้มหรือกดส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

การทำงานของระบบนำทางคนตาบอดแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของเซนเซอร์ชนิด Ultrasonic sensor ตัวรับตัวส่งของเซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานที่ความถี่ 40KHz วัดระยะทางได้ในช่วง 1 เซนติเมตรถึง 4 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ใกล้ เหมาะกับการตรวจจับสิ่งกีดขวางระหว่างการเดิน ส่วนที่สองคือ ส่วนของอุปกรณ์ Android เช่น มือถือหรือแท็บเล็ตที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android และ ส่วนที่สามคือ ส่วนของบอร์ดพัฒนาระบบปฏิบัติการ Android สำเร็จรูปซึ่งมี Microcontroller(PIC24FJ128) ในตัวบอร์ดดังกล่าวทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อตัวมือถือหรืออุปกรณ์ที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android ตั้งแต่ version 2.1 ขึ้นไป โดย Sensor ดังกล่าวทำหน้าที่ตรวจวัดระยะทางและส่งค่าให้ IOIO board-Q เพื่อส่งค่าไปประมวลผลเป็นระยะทางค่าต่างๆที่วัดได้จากสิ่งกีดขวางที่อยู่ข้างหน้า รวมไปถึงฟังก์ชันวัดความเร่งเพื่อตรวจจับการล้ม โดยจะส่ง SMS ไปยังญาติหรือผู้ดูแลอัตโนมัติเมื่อตรวจพบการล้มของผู้พิการทางสายตา รวมถึงมีการส่งข้อความแสดงพิกัดของคนตาบอดไปยัง Web Application ของโรงพยาบาลและรถพยาบาลเพื่อให้ผู้พิการทางสายตาได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการตรวจวัดแบตเตอรี่ทั้งในแบตเตอรี่ในอุปกรณ์ Android และแบตเตอรี่ภายนอกที่ใช้เป็นไฟเลี้ยงของ Microcontroller ผ่าน Application “BlindHelper” ที่เขียนขึ้นผ่านโปรแกรม Eclipse และถูกติดตั้งไว้ผ่านมือถือหรือแท็บเล็ตที่รองรับระบบปฏิบัติการ Android ดังกล่าวข้างต้น

ในส่วนของผู้ดูแลคนตาบอดจะมี Application ที่รองรับ SMS ขอความช่วยเหลือจากผู้พิการทางสายตา โดยเมื่อมีการรับ SMS จากผู้พิการทางสายตาจะแสดงตำแหน่งของผู้พิการทางสายตาบนแผนที่ Google Map อัตโนมัติเพื่อบอกตำแหน่งที่ผู้พิการทางสายตาอยู่

## บทที่ 2

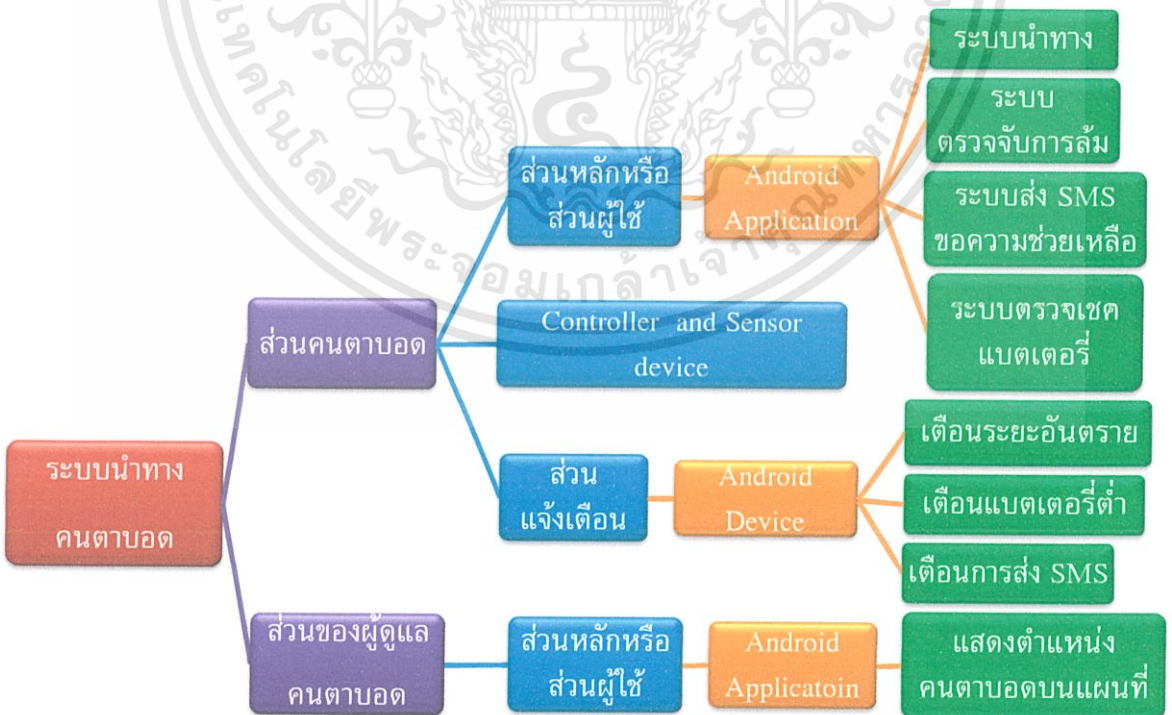
### ระบบนำทางคนตาบอด

ในปัจจุบันประเทศไทยมีจำนวนคนพิการทางสายตาประมาณร้อยละหนึ่ง ของจำนวนประชากรทั้งหมด หรือประมาณ 6 แสนคน ซึ่งในจำนวนนี้มีประมาณ 2 แสนคนที่เป็นคนตาบอดสนิทและอีกประมาณ 4 แสนคนเป็นคนพิการทางสายตาบางส่วน เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นได้ คนพิการทางสายตาโดยส่วนมากจะใช้ระบบนำทางสำหรับคนพิการตาบอด ซึ่งเป็นเครื่องมือธรรมดาที่มีประโยชน์ต่อพวกเขา แต่ในบางสถานการณ์อาจไม่เหมาะสม โดยเฉพาะสถานที่ที่ไม่คุ้นเคย ทิศทาง และสิ่งกีดขวางต่างๆ ผู้พิการทางสายตาจึงอาศัยถามทางจากคนทั่วไปทำให้ ไม่สะดวก ผู้จัดทำจึงคิดสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ ผู้พิการทางสายตาให้สามารถ เปิดโลกทัศน์จากการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ ได้มากขึ้น และสามารถเข้าช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาได้ทันทั่วทั้งที่เมื่อผู้พิการทางสายตาต้องการความช่วยเหลือ หรือเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับผู้พิการทางสายตา

#### 2.1 ความสำคัญของระบบนำทางคนตาบอด

การเดินทางของผู้พิการทางสายตา ซึ่งไม่สามารถมองเห็นเส้นทางในการเดินถือเป็นเรื่องอันตราย หากบุคคลเหล่านั้นเดินไปปะทะสิ่งกีดขวางระหว่างเดินทาง จะมีความสามารถในการช่วยเหลือตนเองได้น้อยกว่าบุคคลผู้ซึ่งมีสายตาปกติ อุปกรณ์ระบบนำทางคนตาบอดจึงเป็นส่วนหนึ่งที่เข้ามาช่วยลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปะทะชนสิ่งกีดขวางระหว่างการเดินทาง ลดอุบัติเหตุต่างๆอันจะเกิดขึ้นกับผู้พิการทางสายตา และช่วยให้ผู้ดูแลคนตาบอดและโรงพยาบาลที่รองรับ สามารถทราบถึงตำแหน่งที่อยู่ของผู้พิการทางสายตา และเข้าช่วยเหลือได้ทันทั่วทั้งที่เมื่อผู้พิการทางสายตาต้องการความช่วยเหลือหรือเมื่อตรวจพบอุบัติเหตุจากการล้มของผู้พิการทางสายตา

#### 2.2 โครงสร้างของระบบนำทางคนตาบอด



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของระบบนำทางคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างหลักของระบบนำทางคนตาบอดจะเห็นว่าระบบนำทางคนตาบอดนั้นประกอบไปด้วยสองส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนของผู้พิการทางสายตาและส่วนของญาติหรือผู้ดูแลผู้พิการทางสายตา ซึ่งจะแยกอธิบายโดยละเอียดดังนี้

## 2.2.1 ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้

### 2.2.1.1 Android Application

#### 2.2.1.1.1 ความหมายและองค์ประกอบ

แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ เน็ตบุ๊ก ทำงานบนลินุกซ์ เคอร์เนล เริ่มพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์จากนั้นบริษัทแอนดรอยด์ถูกซื้อโดยกูเกิล และนำแอนดรอยด์ไปพัฒนาต่อ ภายหลังจากพัฒนาในนามของ Open Handset Alliance ทางกูเกิลได้เปิดให้นักพัฒนาสามารถแก้ไขโค้ดต่างๆด้วยภาษาจาวา และควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางชุด Java libraries ที่กูเกิลพัฒนาขึ้นแอนดรอยด์ได้เป็นที่รู้จักต่อสาธารณชนเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 โดยทางกูเกิลได้ประกาศก่อตั้ง Open Handset Alliance กลุ่มบริษัทฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์ ที่ร่วมมือกันเพื่อพัฒนา มาตรฐานเปิดสำหรับอุปกรณ์มือถือ ลิขสิทธิ์ของโค้ดแอนดรอยด์นี้จะใช้ในลักษณะของซอฟต์แวร์เสรีโทรศัพท์เครื่องแรกที่สามารถใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้คือ เอชทีซีดีเอ็มเอออกจำหน่ายเมื่อ 22 ตุลาคม 2551 เวอร์ชันล่าสุดของแอนดรอยด์คือ 4.3(JellyBean)

รุ่นพัฒนาของแอนดรอยด์จะใช้รหัสชื่อเป็นชื่อขนมหวาน โดยมีตัวอักษรขึ้นต้นเรียงลำดับกัน

รุ่น	ชื่อเล่น	API Level	ลินุกซ์ เคอร์เนล	เปิดตัว
1.0	Apple Pie	1		23 กันยายน 2551
1.1	Banana Bread	2		9 กุมภาพันธ์ 2552
1.5	Cupcake (คัพเค้ก)	3	2.6.27	30 เมษายน 2552 <sup>[6]</sup>
1.6	Donut (โดนัท)	4	2.6.29	15 สิงหาคม 2552 (SDK)
2.0	Eclair (เอแคลร์)	5	2.6.29	26 ตุลาคม 2552 <sup>[7]</sup>
2.0.1	Eclair (เอแคลร์)	6	2.6.29	3 ธันวาคม 2552
2.1	Eclair (เอแคลร์)	7	2.6.29	12 มกราคม 2553 (SDK) <sup>[8]</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2	Froyo (โฟรชเซนโยเกิร์ต)	8	2.6.32 <sup>[9]</sup>	20 พฤษภาคม 2553 (SDK)
2.3	Gingerbread (ขนมปังขิง)	9	2.6.35 <sup>[10]</sup>	6 ธันวาคม 2553 (SDK)
2.3.3	Gingerbread (ขนมปังขิง)	10	2.6.35	9 กุมภาพันธ์ 2554 (SDK)
3.0	Honeycomb (รวงผึ้ง)	11	2.6.36 <sup>[11]</sup>	22 กุมภาพันธ์ 2554 (SDK)
3.1	Honeycomb (รวงผึ้ง)	12	2.6.36	10 พฤษภาคม 2554 (SDK)
3.2	Honeycomb (รวงผึ้ง)	13	2.6.36	15 กรกฎาคม 2554 (SDK)
4.0	Ice Cream Sandwich (แซนด์วิชไอศกรีม)	14	3.0.1 <sup>[12]</sup>	19 ตุลาคม 2554 (SDK)
4.0.3	Ice Cream Sandwich (แซนด์วิชไอศกรีม)	15		16 ธันวาคม 2554 (SDK)
4.1	Jelly Bean (เจลลี่บี้น)	16	3.0.31	28 มิถุนายน 2555
4.2	Jelly Bean (เจลลี่บี้น)	17	3.4.0	29 ตุลาคม 2555
4.3	Jelly Bean (เจลลี่บี้น)	18	3.4.0	24 กรกฎาคม 2556
4.4	KitKat (คิตแคต)	19	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่กำหนด

### ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการพัฒนา รุ่นของแอนดรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณสมบัติและความสามารถของแอนดรอยด์

1. การเชื่อมต่อ เทคโนโลยีของแอนดรอยด์นั้นมีความสามารถในการเชื่อมต่อที่ประกอบด้วย GSM/EDGE , CDMA , Bluetooth , Wi-Fi , NFC และ WiMAX
2. Messaging สนับสนุนการทำงานของ SMS , MMS
3. ระบบฐานข้อมูล แอนดรอยด์นั้นมี SQLite ในการเก็บข้อมูล (Data)
4. เว็บเบราว์เซอร์ แอนดรอยด์นั้นจะมี Google Chrome ถูกติดตั้ง มาให้พร้อมใช้งานทันที
5. มีเดีย (Media) แอนดรอยด์นั้นสนับสนุนไฟล์วีดีโอ เสียง และรูปภาพในรูปแบบของ MPEG4 , H.264 , MP3 , AAC , JPG และ PNG
6. สตรีมมิง (Streaming) แอนดรอยด์สนับสนุน RTP/RTSP และ HTMLProgressive Download
7. มัลติทัช (Multi-touch) แอนดรอยด์นั้นรองรับการสั่ง ที่หน้าจอได้มากกว่าการสัมผัส 1 จุด
8. การสนับสนุนฮาร์ดแวร์อื่นๆ ในแอนดรอยด์นั้นสามารถรองรับการทำงานเช่น กล้องถ่ายรูป ,GPS , เซ็นเซอร์ , การวัดอัตราความเร็วและเทอร์โมมิเตอร์ เป็นต้น

### ข้อดีของแอนดรอยด์

1. แอนดรอยด์เป็นโปรแกรมเสรี บริษัทมือถือสามารถนำไปใช้กับโทรศัพท์ของตัวเองได้ฟรี พัฒนาต่อยอดได้ ทำให้โทรศัพท์มีราคาต่อคุณภาพคุ้มค่า เกิดความหลากหลาย
2. แอนดรอยด์มีชุดพัฒนาแอปพลิเคชันให้ใช้ฟรี หมายความว่าเราสามารถเขียนแอปพลิเคชันขึ้นมาเพื่อใช้งานเอง หรือเพื่อการค้า
3. มี Marketให้คุณโหลดแอปพลิเคชันฟรี
4. การทำงานบนพื้นฐานของลินุกซ์ แอนดรอยด์จึงมีประสิทธิภาพที่ยอดเยี่ยมในการเชื่อมต่อกับ ดาวเทียม กล้อง และอินเทอร์เน็ต สิ่งเหล่านี้คือจุดประสงค์ของแอนดรอยด์
5. มีความปลอดภัย ความเสถียรภาพสูง
6. แอนดรอยด์ใช้งานสะดวกมาก เพราะมีบริการต่างๆของกูเกิลติดมากับแอนดรอยด์เลย
7. แอนดรอยด์อนุญาตให้เราอัปเดตตัวระบบปฏิบัติการได้เอง ไม่ต้องรอรจากทางผู้ผลิตมือถือหากมีปัญหา ก็สามารถหาคนช่วยเหลือได้มาก

### ข้อเสียของ Android

1. Process : เราไม่สามารถปิด Process เองได้ ถ้าเปิดโปรแกรมอะไรขึ้นมามันจะรันอยู่อย่างนั้นตลอดซึ่งจะทำให้เครื่องช้าลงเรื่อยๆ ต้องมาลงโปรแกรม Task Manager คอยปิด Process ทำให้ยุ่งยากมากขึ้น
2. เมื่อเทียบกับ Window Mobile ในแง่ความแพร่หลายของโปรแกรม, การใช้งานGPS และการใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่เป็น Windows แล้ว Android ยังสู้ไม่ได้แน่นอน อีกทั้ง การใช้งานร่วมกับภาษาไทยยังไม่รู้ว่าจะทำได้ดีขนาดไหนอีกด้วย
3. ใช้งานยากเพราะเมนูซับซ้อน ต้องทำความเข้าใจก่อน
4. ต้องต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลาจึงจะใช้ฟังก์ชันได้เต็มที่

### ข้อเด่นของแอนดรอยด์

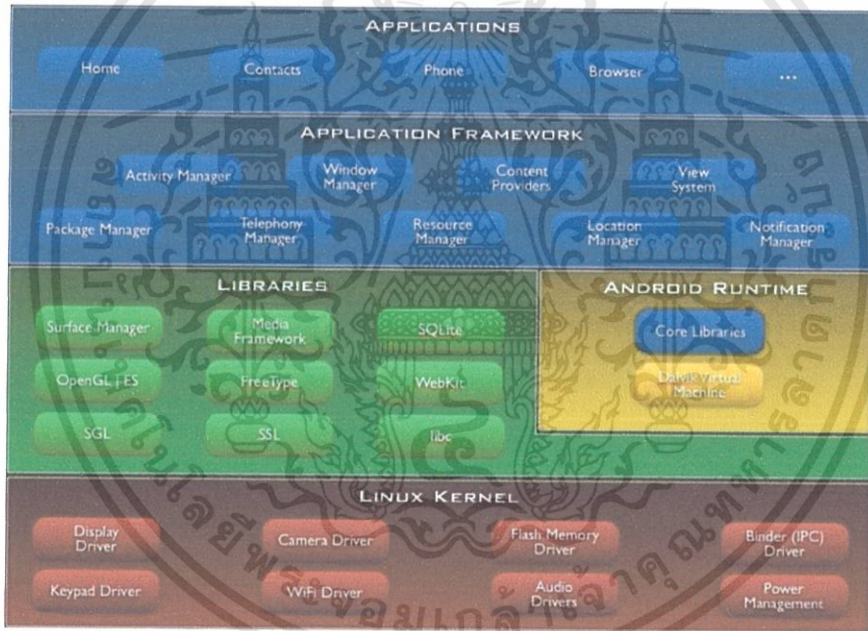
เนื่องจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีส่วนแบ่งตลาดของอุปกรณ์ด้านนี้ขึ้นทุกขณะ ทำให้กลุ่มผู้ใช้งาน และกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรม ให้ความสำคัญกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มมากขึ้นเมื่อมองในด้านของกลุ่มผลิตภัณฑ์บริษัทที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ มีการนำเอา ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไปใช้ในสินค้าของตนเอง พร้อมทั้ง ยังมีการปรับแต่งให้ระบบปฏิบัติการมีความสามารถ การจัดวาง โปรแกรมและลูกเล่นใหม่ๆ ที่แตกต่างจากคู่แข่งในท้องตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มสินค้าที่เป็น มือถือรุ่นใหม่ (Smart Phone) และอุปกรณ์จอสัมผัส (Touch Screen) โดยมีคุณลักษณะแตกต่างกันไป เช่นขนาดหน้าจอ ระบบโทรศัพท์ ความเร็วของหน่วยประมวลผล ปริมาณหน่วยความจำ แม้กระทั่ง อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ(Sensor)หากมองในด้านของการพัฒนาโปรแกรม ทางบริษัท กูเกิ้ล ได้มีการพัฒนา Application Framework ไว้สำหรับนักพัฒนาใช้งาน ได้อย่างสะดวก และไม่เกิดปัญหาเมื่อนำชุดโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา ไปใช้กับอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะต่างกัน เช่นขนาดจออุปกรณ์ ไม่เท่ากัน ก็ยังสามารถใช้งานโปรแกรมได้เหมือนกัน เป็นต้น

### สถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์(Android Architecture)

แอนดรอยด์เป็นซอฟต์แวร์ที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อนกัน เรียกว่า Layer โดยรวมเอาระบบปฏิบัติการ (Operating System), มิดเดิลแวร์ (Middleware) และแอปพลิเคชันที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้สำหรับทำงานบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่(MobileDevices)เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น



รูปที่2.2 แสดงสถาปัตยกรรม Android

#### 1.) ชั้นแอปพลิเคชัน (Application)

ชั้นนี้จะเป็นชั้นที่อยู่บนสุดของโครงสร้างสถาปัตยกรรม Android ซึ่งเป็นส่วนของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน เช่น แอปพลิเคชันรับ/ส่งอีเมล, SMS, ปฏิทิน, แผนที่, เว็บเบราว์เซอร์, รายชื่อผู้ติดต่อ เป็นต้น ซึ่งแอปพลิเคชันจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ .apk โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในไดเรกทอรี data/app (รูปตัวอย่างของ application)

#### 2.) ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นนี้จะอนุญาตให้นักพัฒนาสามารถเข้าเรียกใช้งาน โดยผ่าน API (Application Programming Interface) ซึ่ง Android ได้ออกแบบไว้เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการใช้งาน application component โดยในขั้นนี้ประกอบด้วยแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์คดังนี้

- **View System** เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานสำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน เช่น lists, grids, text boxes, buttons และ embeddable web browser
- **Location Manager** เป็นส่วนที่จัดการเกี่ยวกับค่าตำแหน่งของเครื่องอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่
- **Content Provider** เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการเข้าถึงข้อมูลที่มีการใช้งานร่วมกัน (Share data) ระหว่างแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลผู้ติดต่อ (Contact)
- **Resource Manager** เป็นส่วนที่จัดการข้อมูลต่างๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของโค้ดโปรแกรม เช่น รูปภาพ, localized strings, layout ซึ่งจะอยู่ในไดเรกทอรี res/
- **Notification Manager** เป็นส่วนที่ควบคุมอีเวนต์ (Event) ต่างๆ ที่แสดงบนแถบสถานะ (Status bar) เช่น ในกรณีที่ได้รับความหรือสายที่ไม่ได้รับและการแจ้งเตือนอื่นๆ เป็นต้น
- **Activity Manager** เป็นส่วนควบคุม Life Cycle ของแอปพลิเคชัน

### 3.) ชั้นไลบรารี (Library)

Android ได้รวบรวมกลุ่มของไลบรารีต่างๆ ที่สำคัญและมีความจำเป็นเอาไว้มากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม โดยตัวอย่างของไลบรารีที่สำคัญเช่น

- **System C library** เป็นกลุ่มของไลบรารีมาตรฐานที่อยู่บนพื้นฐานของภาษา C ไลบรารี (libc) สำหรับ embedded system ที่มีพื้นฐานมาจาก Linux
- **Media Libraries** เป็นกลุ่มการทำงานมัลติมีเดีย เช่น MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, และ PNG
- **Surface Manager** เป็นกลุ่มการจัดการรูปแบบหน้าจอ การวาดหน้าจอ
- **2D/3D library** เป็นกลุ่มของกราฟิกแบบ 2 มิติ หรือ SGL (Scalable Graphics Library) และแบบ 3 มิติ หรือ OpenGL

**FreeType** เป็นกลุ่มของบิตแมป (Bitmap) และเวกเตอร์ (Vector) สำหรับการเรนเดอร์ (Render) ภาพ

**SQLite** เป็นกลุ่มของฐานข้อมูล โดยนักพัฒนาสามารถใช้ฐานข้อมูลนี้เก็บข้อมูลแอปพลิเคชันต่างๆ ได้

**Browser Engine** เป็นกลุ่มของการแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์โดยอยู่บนพื้นฐานของ Webkit ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Google Chrome

#### 3.1) Android Runtime

เป็นชั้นย่อยที่อยู่ในชั้นไลบรารี ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ

**Dalvik VM (Virtual Machine)** ส่วนนี้ถูกเขียนด้วยภาษา Java เพื่อใช้เฉพาะการใช้งานในอุปกรณ์เคลื่อนที่ Dalvik VM จะแตกต่างจาก Java VM (Virtual Machine) คือ Dalvik VM จะรันไฟล์ .dex ที่คอมไพล์มาจากไฟล์ .class และ .jar โดยมี tool ที่ชื่อว่า dx ทำหน้าที่ในการบีบอัดคลาส Java ทั้งนี้ไฟล์ .dex จะมีขนาดกะทัดรัดและเหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่มากกว่า .class เพื่อต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

**Core Java Library** ส่วนนี้เป็นไลบรารีมาตรฐาน แต่ก็มีแตกต่างจากไลบรารีของ Java SE (Java Standard Edition) และ Java ME (Java Mobile Edition)

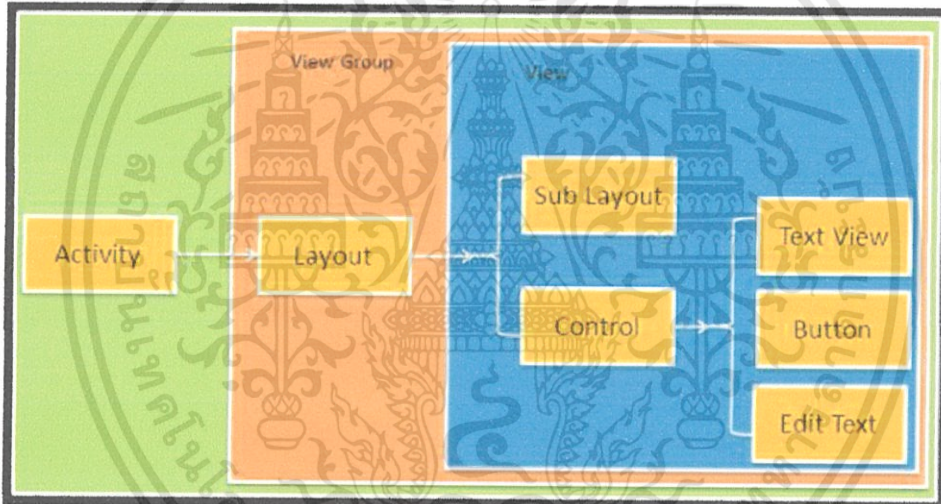
### 4.) ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ Android นั้นถูกสร้างบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux โดยในชั้นนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานหลายๆ ส่วน แต่โดยส่วนมากแล้วจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์โดยตรง เช่น การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) การจัดการโพรเซส (Process Management) การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking) เป็นต้น

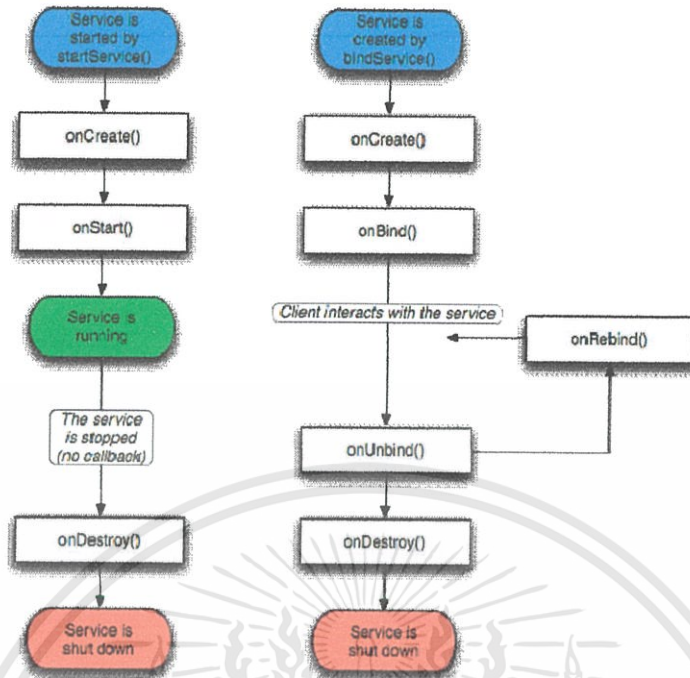
ส่วนประกอบของ แอปพลิเคชัน (Application Component) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

**1. Activity** คือ Application Component ที่ใช้ในการควบคุมการสร้าง User Interface เช่น การแสดงผลหน้าจอรายการอีเมล, การแสดงผลหน้าจอแบบฟอร์มการส่งอีเมล เป็นต้น รวมถึงควบคุมการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับ User Interface ด้วย เช่น เมื่อผู้ใช้เลือกรายการอีเมลก็จะทำการตอบสนองผู้ใช้โดยการแสดงข้อมูลรายการ อีเมลที่เลือก เป็นต้น สำหรับการสร้าง Activity นั้น ทำได้โดยการสร้าง Class และให้สืบทอดจาก Class Activity หรือสืบทอดจาก Class ใด ๆ ก็ตามที่ได้รับการสืบทอดมาจาก Class Activity โดย Activity หนึ่ง ๆ จะควบคุมการแสดงผล User Interface หนึ่ง ๆ เท่านั้น และนั่นแสดงให้เห็นว่า Application หนึ่ง ๆ จะประกอบด้วย Activity จำนวนมากที่ทำงานร่วมกันอยู่ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า Activity จะทำงานร่วมกัน แต่ Activity เหล่านี้ยังคงเป็นอิสระจากกัน



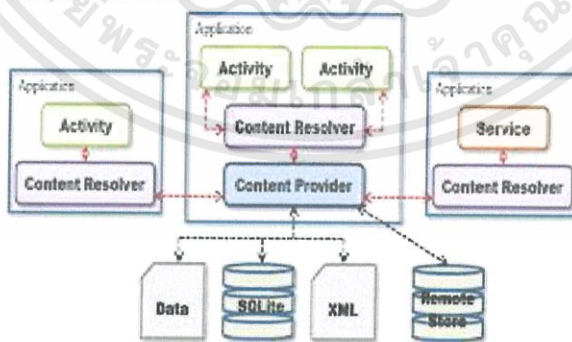
รูปที่ 2.3 รูปแสดงโครงสร้างการทำงานของ Android Activity

**2. Service** คือ Application Component ที่ไม่มี User Interface และจะทำการประมวลผลใน Background กล่าวคือเป็นการประมวลผลที่ดำเนินไปพร้อมกับที่ผู้ใช้สามารถไปใช้งาน Application อื่น ๆ ได้ หรือกล่าวอีกมุมหนึ่ง การประมวลผลใน Background คือการประมวลผลที่สามารถทำงานขนานกันกับการทำงานอื่น ๆ ของผู้ใช้ ทั้งนี้ก็เพื่อทำให้เกิดการทำงานใด ๆ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในหน้าจอ นั้น ๆ ได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะการทำงานนั้นต้องใช้ระยะเวลานาน เช่น การใช้ Service เปิดเพลง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถไปใช้ Application อื่น ๆ ได้ แต่เพลงยังคงเล่นอยู่ หรือ การใช้ Service ดาวน์โหลดข้อมูลใด ๆ ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถไปใช้ Application อื่น ๆ ได้ แต่การดาวน์โหลดยังคงดำเนินอยู่ เป็นต้น สำหรับการสร้าง Service นั้นทำได้โดยการสร้าง Class และให้สืบทอดจาก Class Service หรือสืบทอดจาก Class ใด ๆ ก็ตามที่ได้รับการสืบทอดมาจาก Class Service



รูปที่ 2.4 รูปแสดงแผนผังการทำงานของ Service class

3. Content Provider คือ Application Component ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมข้อมูลใด ๆ ของ Application ที่ต้องการ Share ให้ Application อื่น ๆ สามารถนำข้อมูลนั้น ๆ ไปใช้งานได้ หรือกล่าวในทางกลับกันก็คือ Application ใด ๆ สามารถนำข้อมูล (รวมถึงแก้ไขข้อมูลได้ ถ้า Content Provider อนุญาต) ของ Application อื่น ๆ มาใช้งานได้ โดยกระทำผ่าน Content Provider เช่น System ได้จัดเตรียม Content Provider ที่เป็นข้อมูลรายชื่อผู้ติดต่อ (Contact) ไว้ เพื่อให้ Application ที่ต้องการใช้ข้อมูลรายชื่อผู้ติดต่อนี้ สามารถนำข้อมูลไปใช้หรือแก้ไขข้อมูลได้ เป็นต้น สำหรับการสร้าง Content Provider นั้น ทำได้โดยการสร้าง Class และให้สืบทอดจาก Class `ContentProvider` หรือสืบทอดจาก Class ใด ๆ ก็ตามที่ได้รับ การสืบทอดมาจาก Class `ContentProvider`

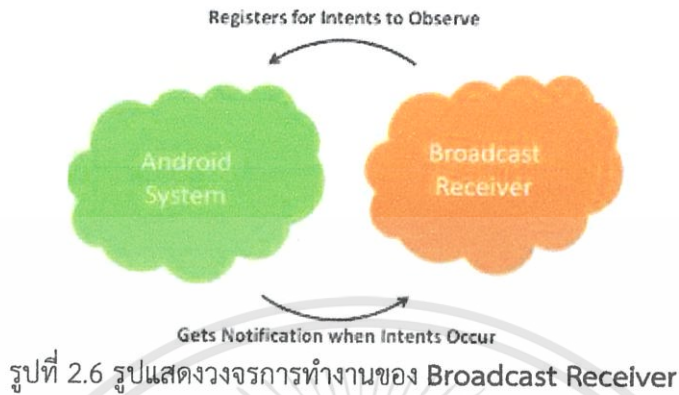


รูปที่ 2.5 รูปแสดงแผนผังการทำงานของ Content Provider

4. Broadcast Receiver คือ Application Component ที่ไม่มี User Interface โดยจะทำหน้าที่รับรู้สิ่ง ที่เกิดขึ้นของ System และนำมาบอกให้ผู้ใช้ได้รับรู้ เช่น เมื่อ Battery ต่ำ, เมื่อหน้าจอถูก Capture, เมื่อมีการ พักหน้าจอ เป็นต้น ทั้งนี้ Application ใด ๆ สามารถนำ Broadcast Receiver มาใช้ประโยชน์ได้ เช่น เมื่อ Application ได้ Download ข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว เป็นต้น ซึ่งโดยส่วนมากแล้วการตอบสนองของ Broadcast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver จะกระทำผ่าน Notification เพื่อแจ้งสิ่งที่เกิดขึ้นให้ผู้ใช้ได้รับรู้ สำหรับการสร้าง Broadcast Receiver นั้น ทำได้โดยการสร้าง Class และให้สืบทอดจาก Class BroadcastReceiver หรือสืบทอดจาก Class ใด ๆ ก็ตามที่ได้รับสืบทอดมาจาก Class BroadcastReceiver



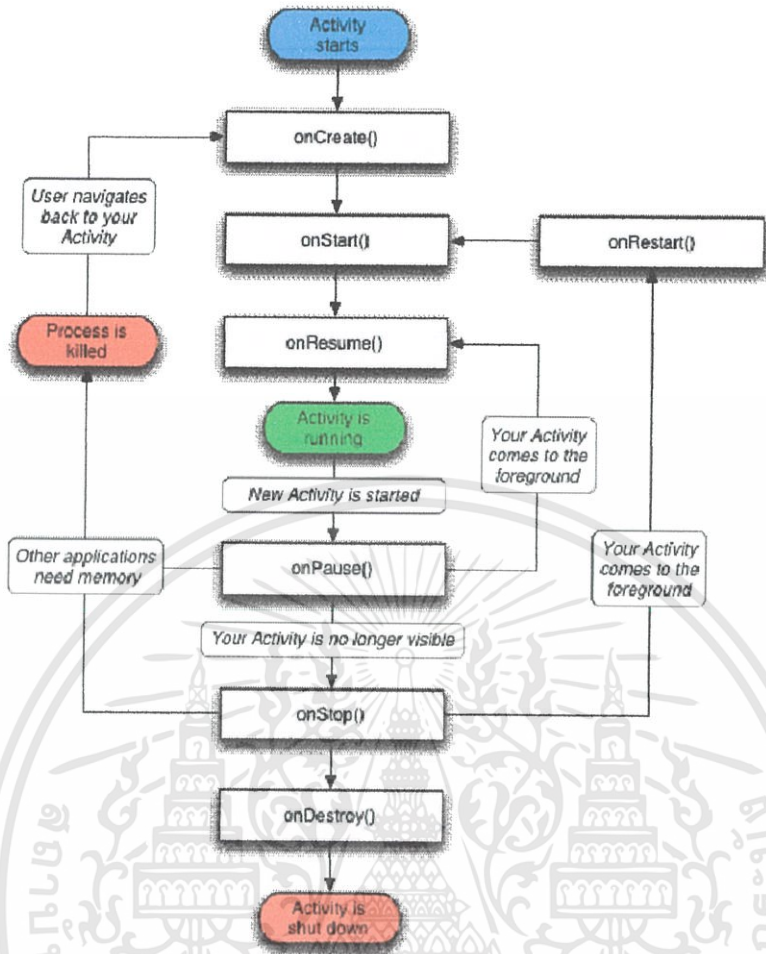
รูปที่ 2.6 รูปแสดงวงจรการทำงานของ Broadcast Receiver

### วงรอบชีวิตของแอปพลิเคชัน (Application Life Cycle)

โดยปกติแล้วแอปพลิเคชันจะทำงานแยกกันในแต่ละโปรเซส และในแต่ละโปรเซสอาจจะมี Activity/Service ที่ทำงานอยู่มากกว่า 1 Activity/Service ดังนั้นในแต่ละแอปพลิเคชันอาจจะมีมากกว่า 1 Activity ซึ่งในการเริ่มทำงานนั้น Activity แบบซิงโครนัส (Synchronous) จะเริ่มทำงานด้วย startActivity() และสำหรับ Activity แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) จะเริ่มทำงานด้วย startSubActivity() โดยในแต่ละ Activity จะมีวงรอบชีวิต (Life Cycle) ที่แยกจากกันโดยชัดเจน ซึ่งมีสถานะการทำงานหลักดังนี้

- **onCreate (Bundle savedInstanceState)** ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้งานเมื่อเริ่มทำงาน ในกรณีที่มีการเรียกใช้งานเมธอด (Method) นี้ Android Framework จะนำ Bundle object ไปบันทึกไว้ใน Activity ก่อนที่ Activity จะทำงาน ซึ่งจากนั้นจะตามด้วยฟังก์ชัน onStart()
- **onStart()** ส่วนนี้เป็นการระบุว่า Activity นั้นๆ จะถูกแสดงขึ้นมา จากนั้นสถานะจะถูกย้ายไปเป็นสถานะ onResume แต่ถ้า Activity นั้นไม่สามารถทำงานได้ด้วยเหตุผลบางอย่าง สถานะจะถูกย้ายไปเป็นสถานะ onStop
- **onRestart()** ส่วนนี้จะเป็นการระบุว่า Activity นั้นจะถูกแสดงขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะตามด้วยสถานะ onStart()
- **onResume()** ส่วนนี้จะถูกเรียกเมื่อ Activity นั้นๆ มีการติดต่อกับผู้ใช้งาน เช่น นักพัฒนาต้องการเรียก Activity นั้นขึ้นมาทำงานอีกรอบหนึ่ง หลังจากที่ Activity นั้นอยู่ในสถานะ onPause
- **onPause()** ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้เมื่อ Activity นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นการทำงานทางเบื้องหลัง (Background)
- **onStop()** ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้งานเมื่อผู้ใช้ไม่ต้องการใช้งาน Activity นั้นๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ซึ่งจะตามด้วยสถานะ onRestart() เมื่อต้องการกลับมาทำงานที่ Activity นั้นอีกครั้ง หรือตามด้วยสถานะ onDestroy() เมื่อต้องการปิด Activity นั้นๆ
- **onDestroy()** ส่วนนี้จะถูกเรียกเมื่อมีการปิดการทำงานของแต่ละ Activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 รูปแสดง Application Life Cycle

### 2.2.1.1.2 ส่วนหลักฝั่งผู้พิการทางสายตา(ตาบอด)

#### 1.1). ระบบนำทาง

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ จะเป็นส่วนของ Android Application ซึ่งเป็น User Interface ที่ทำให้ผู้พิการทางสายตา(ตาบอด) สามารถรู้ได้ว่าบริเวณด้านหน้าของเส้นทางที่กำลังเดินมีสิ่งกีดขวางในระยะทางน้อยกว่า 1 เมตรหรือไม่ ส่วนนี้จะช่วยลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการเดินปะทะชนกับผู้พิการทางสายตา(ตาบอด) โดยส่วน Android Application จะทำงานร่วมกับ IOIO board-Q controller ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่าง Ultrasonic Sensor(SRF-05) ค่าที่รับมาจาก Sensor จะถูกนำมาประมวลผลเป็นระยะทางและแจ้งเตือนระยะที่เป็นอันตราย และ ส่วนที่เป็นระบบขอความช่วยเหลือโดยการส่ง SMS ผู้พิการทางสายตาสามารถส่ง SMS ขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ตั้งค่าไว้เมื่อแตะบริเวณกลางหน้าจอโทรศัพท์ทันที และสามารถรู้ได้ว่าส่ง SMS ไปแล้วจากการสั่นและเสียงเตือนเมื่อแตะกลางจอ

#### 1.2). ระบบตรวจจับการล้ม

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ ในส่วนของ Android Application จะทำการตรวจวัดความเร่งในแต่ละแกนสามมิติผ่าน Accelerometer ที่มีอยู่แล้วในอุปกรณ์ Android แล้วหาขนาดของความเร่งในสามมิติ

(Magnitude) ขนาดที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่า  $25\text{m/s}^2$  โดยเมื่อ Magnitude ของความเร่งมีค่ามากกว่า  $25\text{ m/s}^2$  มีการส่ง SMS แสดงตำแหน่งของผู้พิการทางสายตาไปยังญาติอัตโนมัติและมีเสียงเตือนว่า ได้ส่งข้อความขอความช่วยเหลือไปยังญาติหรือผู้ดูแลคนตาบอดเรียบร้อยแล้ว

### 1.3). ระบบส่ง SMS

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ ในส่วนของ Android Application จะมีการส่ง SMS ระบุตำแหน่งบนแผนที่ของคนตาบอด (S.O.S.:latitude,longitude) ไปยังเบอร์โทรศัพท์ของญาติหรือผู้ดูแลและคนตาบอดเพื่อขอความช่วยเหลือ ตัวอย่าง S.O.S:13.824444,100.559236 โดยข้อความจะถูกส่งออกไปก็ต่อเมื่อเกิดเหตุการณ์ 2 กรณี คือ

- 1). คนตาบอดแตะบริเวณกลางหน้าจออุปกรณ์ Android
- 2). อุปกรณ์ Android ตรวจจับพบการล้มของคนตาบอด

### 1.4). ระบบตรวจเช็คแบตเตอรี่

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ ในส่วนของ Android Application จะมีการตรวจเช็คแบตเตอรี่ตลอดเวลาหากพบว่าแบตเตอรี่ในอุปกรณ์ Android ของคนตาบอดเหลือน้อยกว่า 30% จะมีการแจ้งเตือนเสียงไปยังคนตาบอดให้ทราบ เพื่อเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการเดินทางของคนตาบอด

#### 2.2.1.1.2 ส่วนหลักฝั่งผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา(ญาติ)

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ ในส่วนของ Android Application ทางฝั่งของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน Android Application ที่อยู่ในอุปกรณ์ Android ของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาเอง และ Android Application ที่อยู่ในอุปกรณ์ Android ของคนตาบอด

#### 1). ส่วน Android Application ที่อยู่ในอุปกรณ์ Android ของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา

ส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้ ในส่วนของ Android Application ทางฝั่งของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาจะมี Android Application เพื่อรองรับข้อความขอความช่วยเหลือของคนตาบอด โดยเมื่อมี SMS แจ้งเตือนพิกัดส่งมายังอุปกรณ์ Android ของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาก็จะแสดงแผนที่ Google Map แสดงตำแหน่งที่อยู่ของคนตาบอดบนอุปกรณ์ Android ของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตาอัตโนมัติ

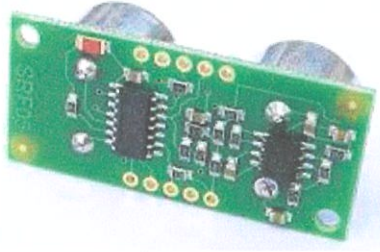
#### 2). ส่วน Android Application ที่อยู่ในอุปกรณ์ Android ของผู้พิการทางสายตา

เพื่อให้มั่นใจว่าผู้พิการทางสายตา(ตาบอด) จะสามารถใช้งานระบบนำทางคนตาบอดได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ดูแลคนตาบอดควรต้องตั้งค่า Android Application ในอุปกรณ์Android ของคนตาบอดก่อนทุกครั้ง โดยเริ่มต้นการใช้งานเมื่อเปิด Android Application โปรแกรมจะทำการตรวจวัดค่าจากแบตเตอรี่ภายนอกซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นไฟเลี้ยงของ IOIO board controller ซึ่ง IOIO Controller จะทำงานก็ต่อเมื่อค่าไฟเลี้ยงมีค่าไม่น้อยกว่า 5 volts แต่ไม่เกิน 12 volts ดังนั้นเมื่อผู้ดูแลคนตาบอดเห็นค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียง 5 volts มากๆ จะสามารถทราบได้ทันทีว่าควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ 9 volts ก้อนใหม่ในกล่องอุปกรณ์ อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องตั้งค่าก่อนคนตาบอดนำอุปกรณ์มาใช้งานคือ การตั้งค่าเบอร์โทรศัพท์ของผู้ดูแลคนตาบอดเพื่อรองรับการส่ง SMS เพื่อขอความช่วยเหลือของคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

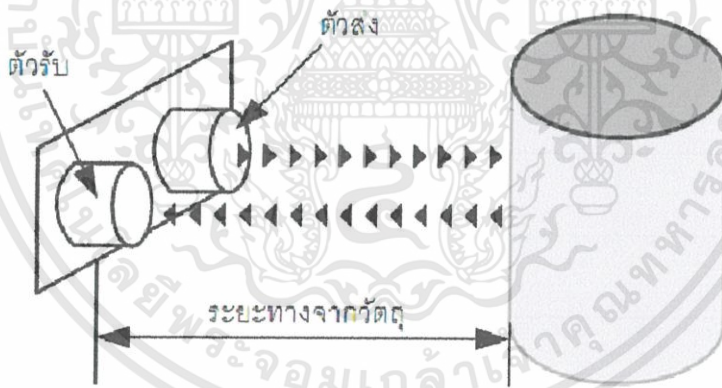
## 2.2.1.2 Controller and Sensor device

### 2.2.1.2.1 Ultrasonic Sensor(SRF05)



รูปที่ 2.8 SRF05

Ultrasonic sensor หรือเซ็นเซอร์วัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นวงจรวัดตรวจจับวัตถุที่สามารถวัดระยะได้ตั้งแต่ 1 เซนติเมตรไปจนถึง 4 เมตร SRF05 จะทำการส่งสัญญาณอัลตราโซนิกออกไป แล้ววัดระยะเวลาที่มีสัญญาณสะท้อนตอบกลับมาเอาต์พุตที่ได้จาก SRF05 จะอยู่ในรูปของความกว้างพัลส์ ซึ่งสัมพันธ์กับระยะทางของวัตถุที่ตรวจจับได้ ความถี่สัญญาณอัลตราโซนิกของ SRF05 คือ 40kHz ถูกส่งออกไปในอากาศด้วยความเร็ว 1.125 ฟุตต่อมิลลิวินาที (ประมาณ 346 เมตร/วินาที) โมดูลตัวนี้ใช้ไฟ 5V เป็นทั้งตัวส่งและตัวรับในตัวเดียวกัน อีกทั้งยังสามารถ ส่ง Output ออกมาให้ใช้งานได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็น RS232 PWM หรือจะเป็น Analog โดยใช้การยิงคลื่นไปกระทบกับวัตถุ และสะท้อนกลับมา อ่านค่าที่ได้ออกมาแล้วแปลงข้อมูลเป็นระยะ RS232PWM หรือ Analog ไปใช้งานได้ทันทีดังภาพ (<http://www.inex.co.th>)



รูปที่ 2.9 การตรวจจับวัตถุของอัลตราโซนิก

#### 2.2.1.2.1.1 คุณสมบัติของชุดโมดูลเตือนระยะห่างระหว่างวัตถุ

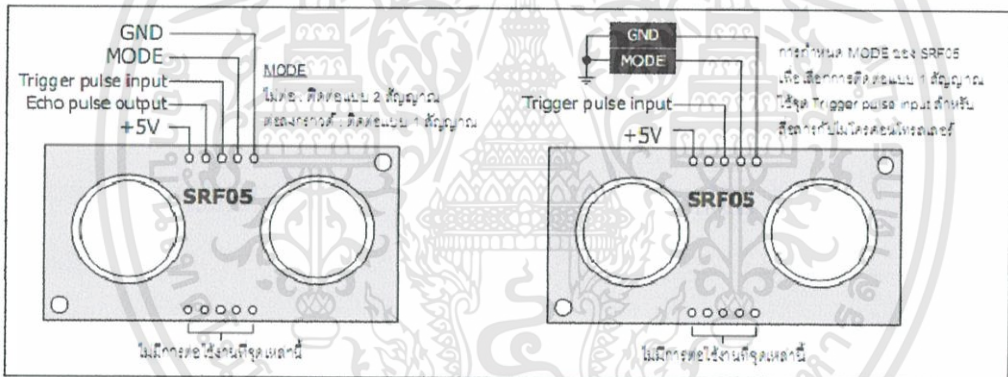
SRF05 เป็นแผงจรวัดตรวจจับและวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความเที่ยงตรงสูง ถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายโดยใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 1 หรือ 2 ขาขึ้นอยู่กับข้อกำหนดรูปแบบการทำงานทางฮาร์ดแวร์ เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานด้านหุ่นยนต์ระยะทางที่ได้นั้นจะต้องมีการคำนวณค่ากลับทางคณิตศาสตร์เมื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วถือว่าเป็นเรื่องยุ่งยากพอสมควร ดังนั้น SRF05 จึงประมวลผลค่าทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เหล่านี้ไว้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นส่งผลลัพธ์ที่วัดได้ออกมาเป็นพัลส์ที่มีความกว้างสัมพันธ์กับระยะทางที่วัดได้ การส่งผลลัพธ์ที่วัดได้ออกมาเป็นในเชิงความกว้างของสัญญาณพัลส์อาจจะดูว่ายากกว่าการส่งเป็นข้อมูลดิจิตอลออกมาแต่การส่งออกมาเป็นข้อมูลดิจิตอลอาจต้องใช้สายสัญญาณจำนวนมากซึ่งทำให้ต้องใช้ขาพอร์ตในการเชื่อมต่อเป็นจำนวนมากตามไปด้วยดังนั้นหากส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลัพท์ออกมาในรูปของสัญญาณพัลส์ จะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว จึงทำให้สะดวกมากในการนำมาเชื่อมต่อ กับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1.2.1.2 จุดต่อการใช้งานของ SRF05 มีจุดต่อสำหรับใช้งานอยู่ทั้งหมด 5 จุดดังรูป

1. ขาไฟเลี้ยง (+5V) สำหรับต่อไฟเลี้ยงแรงดัน +5V
2. ขา Echo Pulse Output (ECHO) เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจาก SRF05 ซึ่งการใช้งานจะนำขานี้ไปต่อเข้ากับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับ ความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกมาเพื่อแปลความหมายออกมาเป็นระยะทางอีกครั้งหนึ่ง
3. ขา Trigger Pulse Input (TRIGGER) เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาทีเพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40kHz ออกสู่อากาศจากตัวส่ง นอกจากนี้ในโหมด 1 สัญญาณจะใช้จุดนี้เป็นจุดสื่อสารข้อมูลอนุกรมเพื่อรับส่งค่าการวัดกับไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ขา MODE สำหรับเลือกรูปแบบการติดต่อกับ SRF05 ปล่อยลอยไว้ (NC) : เลือกให้ติดต่อแบบ 2 สัญญาณ ผ่านจุดต่อ ECHO และ TRIGGER ต่อลงกราวด์ : เลือกให้ติดต่อแบบ 1 สัญญาณ ผ่านจุดต่อ TRIGGER
5. ขา GND สำหรับต่อกราวด์

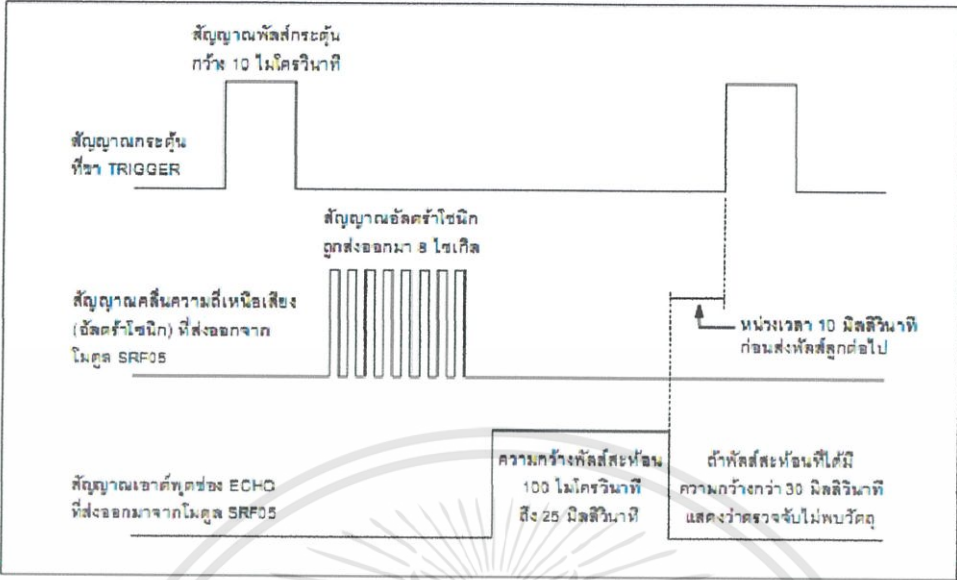


รูปที่ 2.10 แสดงขาสัญญาณของ SRF05 และการกำหนดโหมดทำงาน

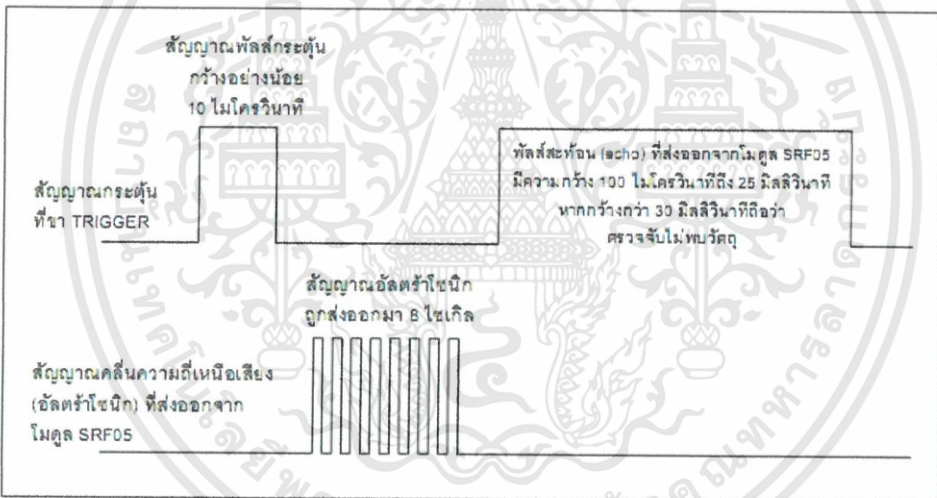
#### 2.2.1.2.1.3 การใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการเขียนโปรแกรมภาษาจาวา สำหรับ Android เพื่อใช้งานโมดูล SRF05 สิ่งที่ต้องทำคือ สร้าง ฟังก์ชันในการติดต่อเพื่ออ่านค่าและประมวลผล ฟังก์ชันที่นำมาใช้อ่านระยะทางที่วัดได้จากโมดูล SRF05 เริ่มต้นด้วยการกำหนดให้ขาพอร์ต RP10(ขา47) ของIOIO board controller ต่อกับขา ECHO ของโมดูล SRF05 และกำหนดให้เป็นพอร์ต เพื่อเริ่มต้นทำงานส่วนขา TRIGGER ของโมดูลSRF05 ต่อเข้ากับพอร์ต RP17(ขา48) ของIOIO board controller ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้เป็นเอาต์พุตเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์บวกที่มีความกว้าง 5 ถึง 10ไมโครวินาที เพื่อเป็นการกระตุ้นให้โมดูลSRF05 เริ่มต้นกระบวนการวัดระยะทางทันทีที่โมดูล SRF05 ได้รับสัญญาณพัลส์บวกเข้าที่ขา TRIGGER โมดูล SRF05 จะดำเนินการสร้างขบวนพัลส์ความถี่ 40 kHz ออกสู่อากาศขบวนพัลส์ความถี่เหนือเสียงหรืออัลตราโซนิกกลุ่มนี้จะเดินทางเป็นเส้นตรง จนกระทั่งกระทบวัตถุ ที่ขวางอยู่เบื้องหน้า ทำให้ขบวนพัลส์อัลตราโซนิกสะท้อนกลับเข้ามายังตัวรับของโมดูลSRF05 หลังจากนั้น หน่วยประมวลผลภายในโมดูล SRF05 จะวิเคราะห์และให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นความกว้างพัลส์บวกที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางที่ตรวจจับได้ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

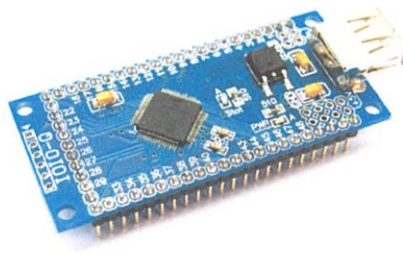


รูปที่ 2.11 ไตอะแกรมเวลาแสดงสัญญาณที่ส่งไปยัง SRF05 และสัญญาณที่ตอบรับกลับมาจากSRF05



รูปที่ 2.12 ไตอะแกรมเวลาแสดงสัญญาณที่ส่งไปยัง SRF05 และสัญญาณที่ตอบรับกลับมาจากSRF05

2.2.1.2.2 IOIO board Q



รูปที่ 2.13 IOIO board Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด IOIO เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็นบอร์ดอินพุตเอาต์พุตเพื่อช่วยให้อุปกรณ์อัจฉริยะที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android OS) หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android device) ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต หรือเอนเตอร์เทนเมนต์เพลเยอร์อย่างเครื่องเล่นเพลง MP3 และวิดีโอ ให้สามารถต่อกับอุปกรณ์ผ่านนอกได้ผ่านทางพอร์ต USB คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ :

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC24FJ128DA ที่มีโมดูล USB OTG อยู่ภายใน จึงสามารถทำงานเป็น USB โฮสต์ได้ และบรรจุเฟิร์มแวร์ IOIO มาพร้อมใช้งาน ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันกระทำทางฝั่งอุปกรณ์แอนดรอยด์เท่านั้น ไม่ต้องเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์อีก

- มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 48 ช่อง
- มีอินพุตอะนาล็อก 16 ช่อง ต่อเข้ากับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิตภายในตัวชิป
- มีเอาต์พุต PWM ความละเอียด 10 บิต 9 ช่อง
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART 4 ชุด
- มีขาต่อระบบบัส 2 สาย 3 ชุด รองรับการทำงานกับบัส I2C
- มี USB Connector แบบ A ทำให้ใช้สายเชื่อมต่อพอร์ต USB ที่มีมากับอุปกรณ์แอนดรอยด์ในการเชื่อมต่อได้ทันที โดยไม่ต้องดัดแปลงใดๆ
- มี LED แสดงผลการทำงาน และ LED แสดงสถานะไฟเลี้ยง
- ไฟเลี้ยง 5 ถึง 12V
- แหล่งจ่ายไฟบนบอร์ด มี 2 ชุดคือ +3.3V สำหรับเลี้ยงวงจรและไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC24FJ128 และ +5V 1500mA แบบสวิตซ์ ซึ่งทำให้นำไปเลี้ยงอุปกรณ์แอนดรอยด์ที่นำมาต่อร่วมด้วยได้

เป็นบอร์ดที่พัฒนาขึ้นโดย YTAI (<http://ytai-mer.blogspot.com/>) ในแบบโอเพ่นซอร์สที่เปิดรายละเอียดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และแบบของแผ่นวงจรพิมพ์ ตลอดจนเฟิร์มแวร์ที่ใช้ควบคุม เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปดัดแปลงและต่อยอดด้วยตนเองได้ การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แอนดรอยด์ใช้รูปแบบการสื่อสารแบบ ADB ออกแบบให้สามารถทำงานกับอุปกรณ์แอนดรอยด์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตั้งแต่เวอร์ชัน 1.5

การพัฒนาแอปพลิเคชันกับบอร์ด IOIO และอุปกรณ์แอนดรอยด์จะเน้นการพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์แอนดรอยด์เป็นหลัก ด้วยชุดพัฒนา Android Development kit (ADK) ที่ทาง Google แจกฟรี โดยมีการเตรียมไลบรารีและ API (Application Programming Interface) ที่ใช้ในการควบคุมบอร์ด IOIO มาให้พร้อม ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อกับพอร์ตอินเอาต์พุตมาตรฐาน, อินพุตอะนาล็อกเพื่ออ่านค่าแรงดันไฟฟ้า, เอาต์พุต PWM เพื่อส่งสัญญาณพัลส์ออกไปควบคุมมอเตอร์หรือความสว่างของหลอดไฟ ทำให้ลดเวลาในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ภายนอกของอุปกรณ์แอนดรอยด์ลงได้อย่างมาก ผู้พัฒนาสามารถมุ่งเน้นไปที่การเขียนโปรแกรมบนอุปกรณ์แอนดรอยด์ จากนั้นติดตั้งแอปพลิเคชันที่พัฒนาแล้วลงในอุปกรณ์แอนดรอยด์ ทำการเชื่อมต่อกับบอร์ด IOIO ผ่านพอร์ต USB แล้วรันแอปพลิเคชันนั้นๆ เพื่อทดสอบการทำงาน

### 2.2.3 ส่วนแจ้งเตือน

ส่วนแจ้งเตือน เป็นการแจ้งเตือนผ่านAndroid Device(Android Smart phone) ถือได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบนำทางคนตาบอด เพราะระบบนำทางคนตาบอดจะไม่มีประโยชน์หากไม่มีการแจ้งเตือนให้ผู้พิการทางสายตารับรู้ถึงการใช้งานApplication (BlindHelper) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือส่วนแจ้งเตือนระยะอันตราย และส่วนแจ้งเตือนการส่ง SMS ขอความช่วยเหลือ

#### 2.2.3.1 ส่วนแจ้งระยะอันตราย

ส่วนแจ้งเตือนระยะอันตรายจะทำงานเมื่อผู้พิการทางสายตาเดินผ่านบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางในระยะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 เมตร ซึ่งส่วน Vibrator Notification และ Sound Notification จะทำงานโดยแสดง Output ออกมาในรูปแบบของการสั่น และมีเสียงเตือนผ่าน Smart Phone(Android Device) ให้ผู้ใช้งานสามารถทราบได้ว่าบริเวณด้านหน้าของผู้พิการทางสายตามีสิ่งกีดขวาง

#### 2.2.3.2 ส่วนแจ้งเตือนการส่ง SMS

ส่วนแจ้งเตือนการส่ง SMS จะทำงานต่อเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้น 2 กรณีคือ

1). เมื่อผู้พิการทางสายตาใช้มือถือและบริเวณกลางหน้าจอ Smart Phone(Android Device) SMS จะถูกส่งออกไปเพื่อขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดเอาไว้ซึ่งอาจจะเป็นเบอร์ของญาติ หรือผู้ดูแลผู้พิการทางสายตานั้น สิ่งที่จะทำให้ผู้พิการสามารถทราบได้ว่า SMS นั้นได้ถูกส่งออกไปตามการร้องขอแล้วคือจะมีเสียงเตือนว่าการส่งข้อความสำเร็จหรือไม่และมีการสั่นเตือนผ่าน Smart Phone(Android Device)

2). เมื่ออุปกรณ์ Android ตรวจจับการล้มของผู้พิการทางสายตา SMS จะถูกส่งออกไปเพื่อขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดเอาไว้ซึ่งอาจจะเป็นเบอร์ของญาติ หรือผู้ดูแลผู้พิการทางสายตานั้นอัตโนมัติ สิ่งที่จะทำให้ผู้พิการสามารถทราบได้ว่า SMS นั้นได้ถูกส่งออกไปตามการร้องขอแล้วคือจะมีเสียงเตือนว่าการส่งข้อความสำเร็จและมีการสั่นเตือนผ่าน Smart Phone(Android Device)

#### 2.2.3.2 ส่วนแจ้งเตือนเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ของอุปกรณ์ Android

เพื่อในผู้พิการทางสายตาสามารถวางแผนการเดินทางเมื่อทราบว่าแบตเตอรี่ของอุปกรณ์Androidใกล้หมด ส่วนแจ้งเตือนเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ของอุปกรณ์ Android จะมีส่วนโปรแกรมที่ตรวจเช็คแบตเตอรี่ของอุปกรณ์Android ตลอดเวลา เมื่อโปรแกรมตรวจพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่มีค่าน้อยกว่า 30% โดยจะมีการแจ้งเตือนแบบ Sound notification คือแจ้งเตือนผ่าน Sound notification เป็นเสียงว่าแบตเตอรี่เหลือน้อยกว่า 30%

## บทที่ 3

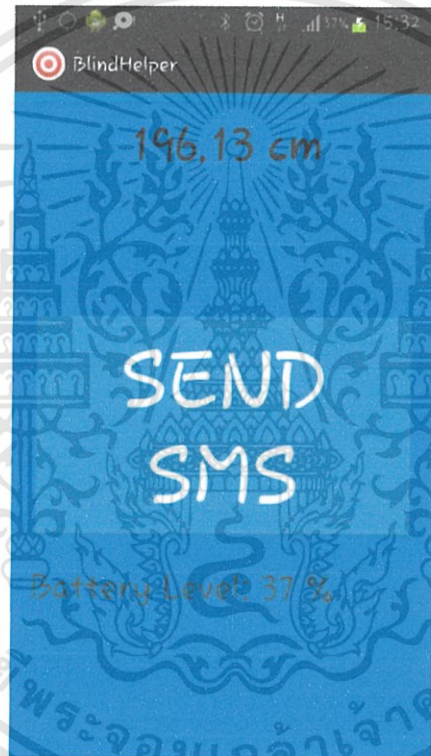
### การทำงานของระบบนำทางคนตาบอด

ในแต่ละส่วนของการทำงาน ทำงานสัมพันธ์กัน โดยส่วนหลักจะทำงานสัมพันธ์กันกับส่วน Controller และ Sensor ซึ่งมีผลต่อการทำงานของส่วนที่ใช้ในการแจ้งเตือนไม่ว่าจะเป็นการแจ้งเตือนในระบบสั้นหรือเสียง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด Method และ class ต่างๆ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลผ่าน Android Device

#### 3.1 Code การทำงาน

##### 3.1.1 Code การทำงานในส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้งานในส่วนของผู้พิการทางสายตา(ตาบอด)

###### 3.1.1.1 MainActivity.java



รูปที่ 3.1 Main Activity User Interface

## 3.1.1.1.1 code แสดงการวัดระยะทาง

```

        pulse = ioio_.openPwmOutput(48, 1);
        echo = ioio_.openPulseInput(47,
PulseInput.PulseMode.POSITIVE);
        Thread t = new Thread(new Runnable() {
            public void run(){
                while (true)
                    try{
                        Thread.sleep(1000);
                    }
                    catch(InterruptedException e)
                    { }
                    hd.post(new Runnable(){
            public void run(){
                try {
                    pulse.setPulseWidth(40);
                    dis = (float) ( 1000000 * echo.waitForPulseGetDuration() / 58);
                    txtRange.setText(String.format("%.2f", dis) + " cm");
                }
            }
        });
    }
}

```

## 3.1.1.1.2 code แสดงการวัดแสดงการวัดแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ Android

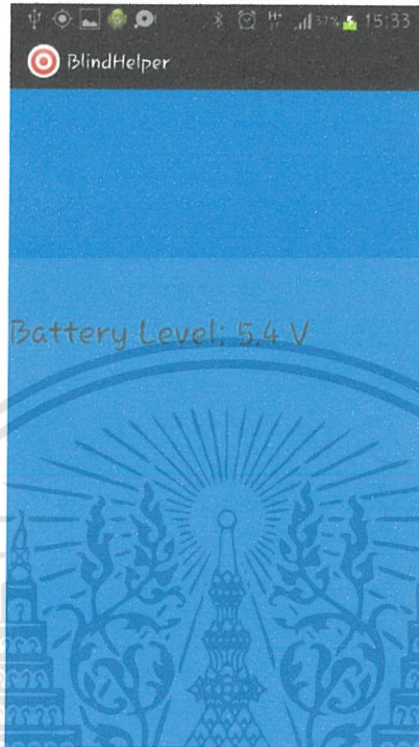
```

private BroadcastReceiver myBatteryReceiver= new
BroadcastReceiver(){
    @Override
    public void onReceive(Context arg0, Intent arg1) {
        int bLevel = arg1.getIntExtra("level", 0);
        batteryLevel.setText("Battery Level: " + String.valueOf(bLevel) +
" %");
    }
}

```

## 3.1.1.2 Code VoltmeterActivity.java

## 3.1.1.1 Code แสดงการวัดแบตเตอรี่ภายนอกที่ใช้เป็นไฟเลี้ยงของ IOIO board controller



รูปที่ 3.2 รูปแสดงการตรวจวัดแบตเตอรี่ภายนอกที่ใช้ในระบบนำทางคนตาบอด

```

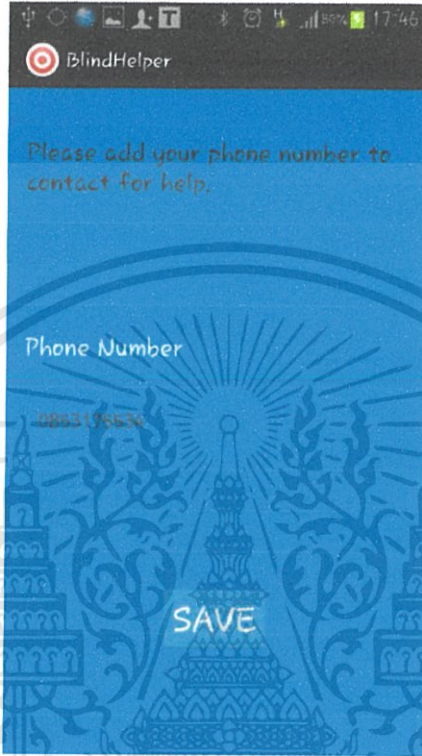
class Looper extends BaseIOIOLooper {
    AnalogInput ain;
    protected void setup() throws ConnectionLostException {
        ain = ioio_.openAnalogInput(44);
        runOnUiThread(new Runnable() {
            public void run() {
            }});
    }
    public void loop() throws ConnectionLostException {
        runOnUiThread(new Runnable() {
            public void run() {
                try {
                    txtGetVoltage.setText(String.format("Battery Level: "+ "%.2F",
                    2*ain.getVoltage()) + " V");
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                } catch (ConnectionLostException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        });
        try {
            Thread.sleep(100);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
    protected IOIOLooper createIOIOLooper() {
        return new Looper();
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก code จะเห็นว่ามีการเปิดใน port 44 ของ IOIO board Controller ให้เป็น Analog Input โดยมี method “ain.getVoltage( )” ทำหน้าที่อ่านค่าจาก Analog Input ที่ port 44 ของ IOIO board Controller และแสดงผลเป็นค่าแรงดัน(แสดงค่าเป็นตัวเลขทศนิยม)

### 3.1.1.1.3 Code InfoActivity.java



รูปที่ 3.3 Info Activity User Interface

3.1.1.1.2.1 ส่วนที่ให้ผู้ดูแลผู้พิการทางสายตา  
เพื่อกรอกเบอร์โทรศัพท์เพื่อรองรับการส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

```
final EditText phone = (EditText)findViewById(R.id.editText1);
Button btSave = (Button)findViewById(R.id.button1);
```

### 3.1.1.1.2.1.1 ส่วนส่งข้อความ

เนื่องจากข้อความที่ถูกส่งออกมาจากเบอร์โทรศัพท์ของผู้พิการทางสายตา จำเป็นต้องมีข้อมูลที่แสดงค่า Latitude และ Longitude เพื่อให้ Application ปลายทางที่อยู่ฝั่งผู้ดูแลคนตาบอดสามารถแสดงตำแหน่งที่อยู่ของผู้พิการทางสายตาเป็นแผนที่บน Google Map ได้ จึงต้องมีการติดต่อกับ GPS module ที่อยู่ในอุปกรณ์ Android ของผู้พิการทางสายตา ดังแสดงดัง code ต่อไปนี้

```
Notification localNotification1 = localNotification;
localNotification1.defaults = (0x1 | localNotification1.defaults);
Notification localNotification2 = localNotification;
localNotification2.defaults = (0x2 | localNotification2.defaults);
localNotificationManager.notify(3, localNotification);
String number =
MainActivity.this.getSharedPreferences(MainActivity.this.PREFS_NAME,
0).getString("data", "");

Intent mapIntent = new Intent();
mapIntent.setClassName(MainActivity.this.getPackageName(),
MainActivity.this.getPackageName() + ".SMSAlertMap");
mapIntent.putExtra("message", "hello");
MainActivity.this.gps = new GPSTracker(MainActivity.this);

if (MainActivity.this.gps.canGetLocation())
{
double latitude = MainActivity.this.gps.getLatitude();
double longitude = MainActivity.this.gps.getLongitude();
new
StringBuilder(":").append(latitude).append(",").append(longitude).toString();
Toast.makeText(MainActivity.this.getApplicationContext(), "Your Location is
- \nLat: " + latitude + "\nLong: " + longitude, 1).show();

Intent intent = new Intent();
intent.setClassName(MainActivity.this.getPackageName(),
MainActivity.this.getPackageName() + ".SMSAlertMap");
intent.putExtra("message", "Hello World");
intent.putExtra("latitude", latitude);
intent.putExtra("longitude", longitude);
}
}
```

ค่าตัวแปรต่างๆที่รับมา ได้แก่ latitude ,longitude ,number และ message จะถูกนำมาใช้ในการส่งข้อความขอความช่วยเหลือไปยังผู้ดูแลคนตาบอด ดัง code ต่อไปนี้

```

try
{
    while (true)
    {
        double latitude = MainActivity.this.gps.getLatitude();
        double longitude = MainActivity.this.gps.getLongitude();
        String message2 = "D" + latitude + "D" + longitude + "D";
        String message = ":" + latitude + "," + longitude;
        SmsManager.getDefault().sendTextMessage(number, null, "S.O.S." +
message1, null, null);
        SmsManager.getDefault().sendTextMessage(number, null, message2, null,
null);
        Toast.makeText(MainActivity.this.getApplicationContext(), "SMS Sent!",
1).show();
        new Thread(new Runnable()
        {
            public void run()
            {
                SoundPool localSoundPool = new SoundPool(10, 3, 0);
                localSoundPool.play(localSoundPool.load(MainActivity.this,raw.sent, 1),
100.0F, 100.0F, 1, 1, 0.0F);
            }
        }).start();
        MainActivity.this.gps.showSettingsAlert();
        return;
    }
}

```

จาก code ข้างต้นค่าของ parameter ต่างๆ ที่สำคัญเป็นไปดังนี้

1. number เป็น parameter ที่รับค่ามาจาก Activity อื่นที่ไม่ใช่ MainActivity(InfoActivity) ค่าที่ผู้ใช้งานป้อนในหน้า InfoActivity (เบอร์โทรศัพท์) จะถูกนำมาใช้เป็นเบอร์ปลายทางในการส่งข้อความขอความช่วยเหลือของผู้พิการทางสายตา
2. latitude และ longitude
  - latitude เป็นค่าพิกัดในแกนแนวนอนของโลกซึ่งค่าที่ถูกเก็บใน parameter นี้ได้จากค่า latitude ณ ตำแหน่งที่ผู้พิการทางสายตาอยู่ ณ ขณะส่ง SMS ที่ GPS ของอุปกรณ์ Android สามารถตรวจจับได้
  - longitude เป็นค่าพิกัดในแกนแนวตั้งของโลกซึ่งค่าที่ถูกเก็บใน parameter นี้ได้จากค่า longitude ณ ตำแหน่งที่ผู้พิการทางสายตาอยู่ ณ ขณะส่ง SMS ที่ GPS ของอุปกรณ์ Android สามารถตรวจจับได้
3.
  - 3.1 message เป็น parameter ที่ นำค่าในข้อ 2 มาแทนที่ใน String “:latitude,longitude” ในแต่ละตำแหน่ง เพื่อให้ method

“SmsManager.getDefault().sendTextMessage(number, null, "S.O.S." + message1, null, null);” สามารถทำงานได้ คือสามารถส่งข้อความใน parameter “message1” ไปยังเบอร์โทรศัพท์ปลายทางที่ถูกเก็บค่าไว้ใน parameter “number” ได้
  - 3.2 message เป็น parameter ที่ นำค่าในข้อ 2 มาแทนที่ใน String

“DlatitudeDlongitudeD” ในแต่ละตำแหน่ง เพื่อให้ method

“SmsManager.getDefault().sendTextMessage(number, null, message2, null, null);” สามารถทำงานได้ คือสามารถส่งข้อความใน parameter “message2” ไปยังเบอร์โทรศัพท์ปลายทางที่ถูกเก็บค่าไว้ใน parameter “number” ได้

## 3.1.2 Code การทำงานในส่วนแจ้งเตือน

## 3.1.2.1 Code ส่วนแจ้งเตือนสิ่งกีดขวาง

```
Vibrator notiVib =(Vibrator)getSystemService(Context.VIBRATOR_SERVICE);

    if (dis <= 100){

        notiVib.vibrate(3000);
        new Thread(new Runnable() {
            public void run() {
                SoundPool msSoundPool = new SoundPool(10, AudioManager.STREAM_MUSIC, 0);
                int soundId = msSoundPool.load(MainActivity.this, R.raw.beware, 1);

                msSoundPool.play(soundId, 100.0f, 100.0f, 1, 1, 0f);
            }
        }).start();
```

## 3.1.2.2 Code ส่วนแจ้งเตือนการส่งข้อความ

```
new Thread(new Runnable() {
    public void run() {
        SoundPool msSoundPool = new SoundPool(10,AudioManager.STREAM_MUSIC, 0);
        int soundId = msSoundPool.load(MainActivity.this, R.raw.sent, 1);
        msSoundPool.play(soundId, 100.0f, 100.0f, 1, 1, 0f);
    }
}).start();
} catch (Exception e) {

    Toast.makeText(getApplicationContext(),"SMS failed, please try again
    later!",Toast.LENGTH_LONG).show();
    new Thread(new Runnable() {
        public void run() {
            SoundPool msSoundPool = new SoundPool(10,AudioManager.STREAM_MUSIC, 0);
            soundId = msSoundPool.load(MainActivity.this, R.raw.failed, 1);
            msSoundPool.play(soundId, 100.0f, 100.0f, 1, 1, 0f);
        }
    }).start();
    e.printStackTrace();
}
```

### 3.1.3 Code การส่งข้อมูลระหว่าง Activity

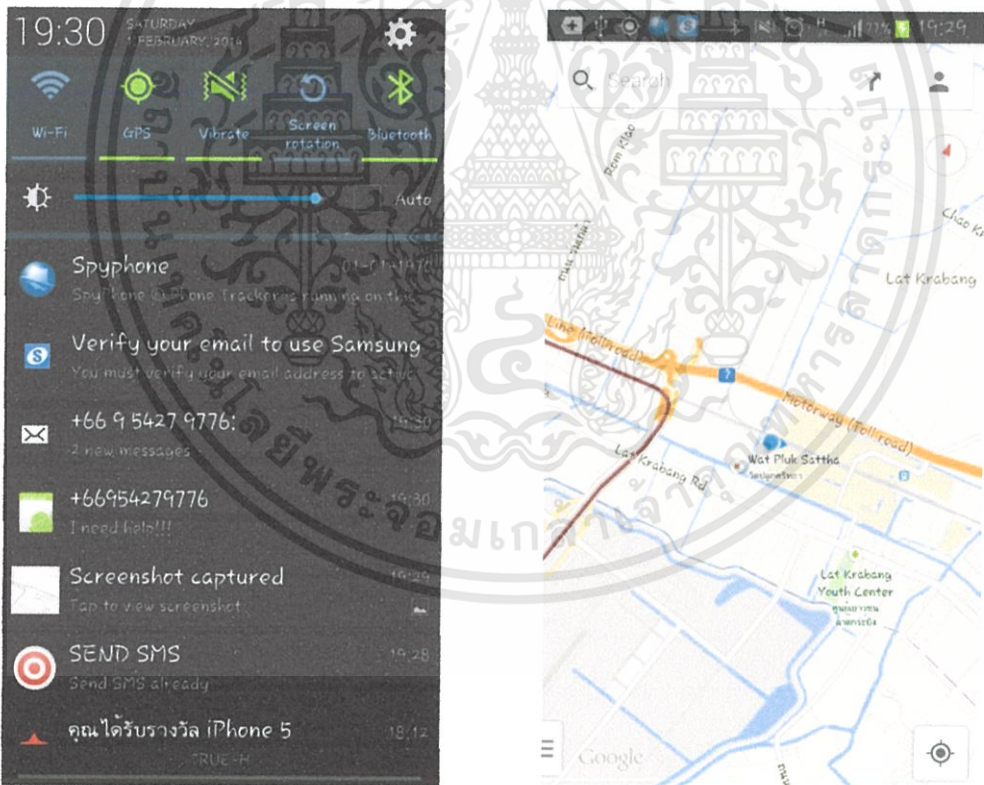
InfoActivity.java ส่งค่าเบอร์โทรศัพท์ที่ผู้ดูแลผู้พิการทางสายตารอกลงใน Edit Text เพื่อใช้เป็น ตัวแปรในการส่งข้อความใน MainActivity.java

```
SharedPreferences setPref = getSharedPreferences(PREFS_NAME,
Context.MODE_PRIVATE);
SharedPreferences.Editor editor = setPref.edit();
editor.putString("data", phone.getText().toString());
editor.commit();
```

MainActivity.java รับค่าเบอร์โทรศัพท์จาก InfoActivity.java เพื่อส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

```
String number = MainActivity.this.getSharedPreferences
(MainActivity.this.PREFS_NAME, 0).getString("data", "");
```

### 3.1.2 Code การทำงานในส่วนหลักหรือส่วนผู้ใช้งานในส่วนของผู้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา(ญาติ)



รูปที่ 3.4 รูปแสดง การแจ้งเตือนการขอความช่วยเหลือของผู้พิการทางสายตาดบน Google Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.1.3 Code การการแจ้งเตือนการขอความช่วยเหลือของผู้พิการทางสายตาดบน Google Map

```

@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.mapview);
    mapView = (MapView) findViewById(R.id.mapView);
    mapView.setBuiltInZoomControls(true);
    mapView.setTraffic(true);
    mapController = mapView.getController();
    mapController.setZoom(17);

    extras = getIntent().getExtras();
    latitude = extras.getString("latitude");
    longitude = extras.getString("longitude");
    lat = Double.parseDouble(latitude);
    lng = Double.parseDouble(longitude);
    moveTo = new GeoPoint((int)(lat*1E6), (int)(lng*1E6));
    mapView.getController().setCenter(moveTo);
    circleOverlay = new CircleOverlay(this, lat, lng,
(300*15)/mapView.getZoomLevel(),Color.BLUE);
    mapView.getOverlays().clear();
    mapView.getOverlays().add(circleOverlay);
    gps = new GPSTracker(SMSAlertMap.this);

    if(gps.canGetLocation()){
        latitudeSource = gps.getLatitude();
        longitudeSource = gps.getLongitude();

        String url = "http://maps.google.co.th/maps?saddr=" +
latitudeSource + "," + longitudeSource + "&daddr=" + latitude + "," +
longitude;
        Intent intent = new Intent(Intent.ACTION_VIEW,
Uri.parse(url));
        intent.setClassName("com.google.android.apps.maps",
"com.google.android.maps.MapsActivity");
        startActivity(intent);
    }else{
        gps.showSettingsAlert();
    }

    all_geo_points = getDirections(latitudeSource, longitudeSource,
Double.parseDouble("13.828652"), Double.parseDouble("100.568408"));
    mapView.getOverlays().add(new PathOverlay(all_geo_points));

    List<Overlay> mapOverlays = mapView.getOverlays();
    Drawable drawable =
this.getResources().getDrawable(R.drawable.ic_launcher);

    MyItemizedOverlay itemizedoverlay = new
MyItemizedOverlay(drawable, this);
    OverlayItem overlayitem = new OverlayItem(moveTo, "", "");

    itemizedoverlay.addOverlay(overlayitem);
    mapOverlays.add(itemizedoverlay);

    txtInfo = (TextView) findViewById(R.id.txtInfo);

```

```

        geocoder = new Geocoder(this);
        String text = String.format("Lat:\t %f\nLong:\t %f",
Float.parseFloat(latitude), Float.parseFloat(longitude));
        txtInfo.setText(text);

        try {
            List<Address> addresses =
geocoder.getFromLocation(Double.parseDouble(latitude),
Double.parseDouble(longitude), 10);
            for (Address address : addresses) {
                txtInfo.append("\n" + address.getAddressLine(0));
            }
            int lat = (int)(Double.parseDouble(latitude) * 1000000);
            int lon = (int)(Double.parseDouble(longitude) *
1000000);

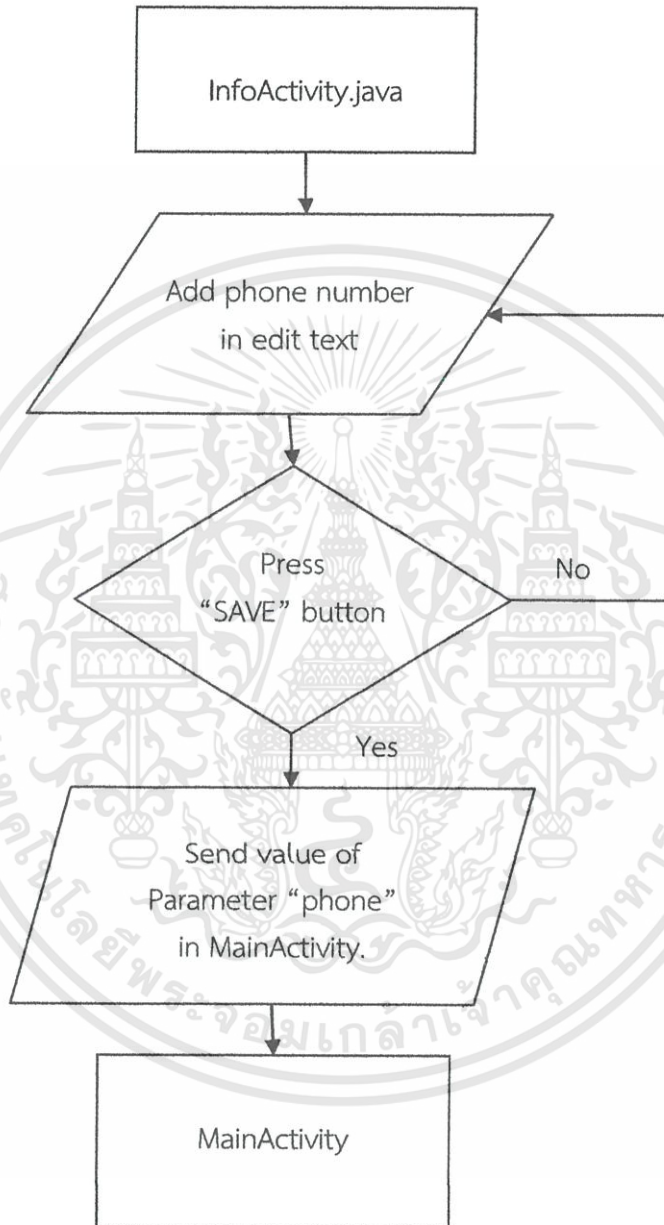
            GeoPoint point = new GeoPoint(lat,lon);
            mapController.animateTo(point);

        } catch (IOException e) {
            Log.e("LocateMe", "Could not get Geocoder data", e);
        }
    }
}

```

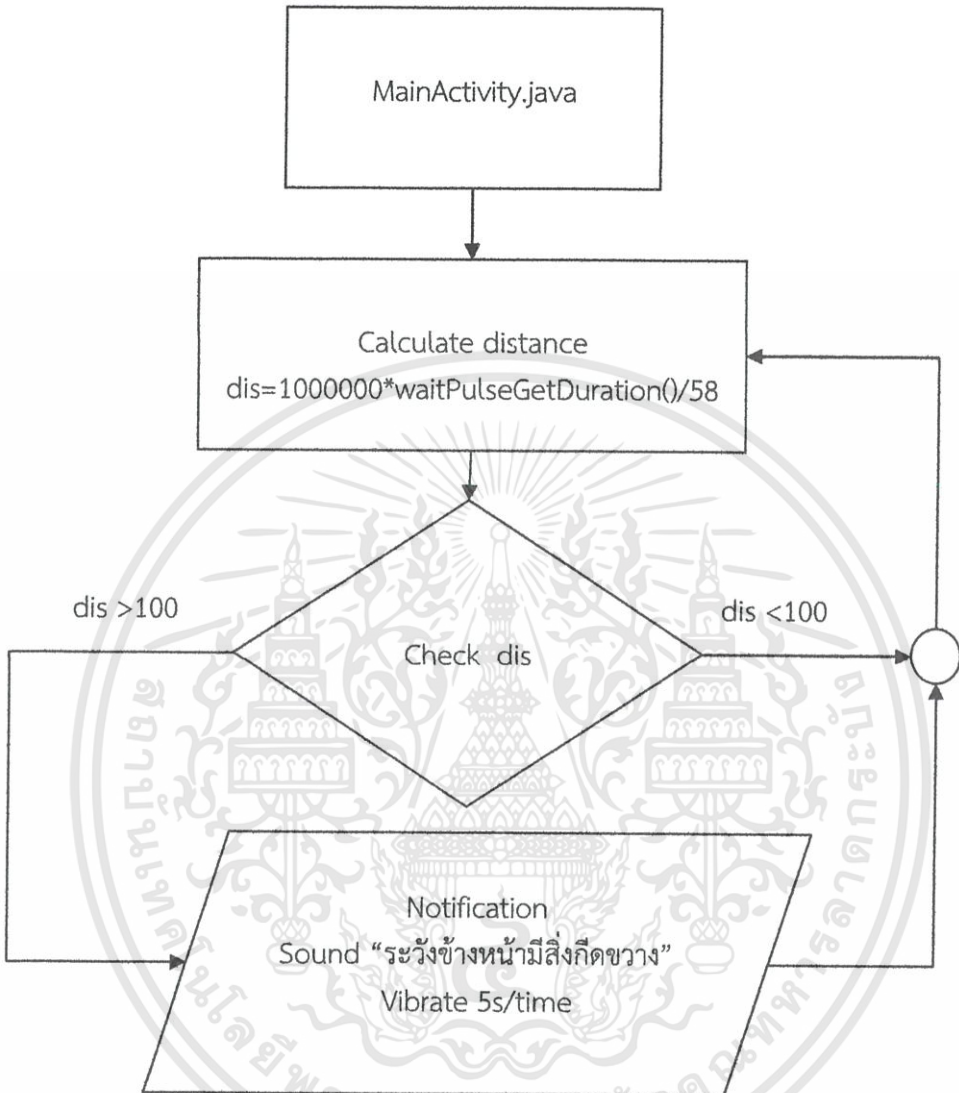
### 3.2. แผนผังการทำงานของระบบนำทางคนตาบอด

3.2.1 แผนผังการทำงานส่วนรับข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ผู้ดูแลและผู้พิการทางสายตาเพื่อส่งข้อความขอความช่วยเหลือ



รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานส่วนรับข้อมูลเบอร์โทรศัพท์

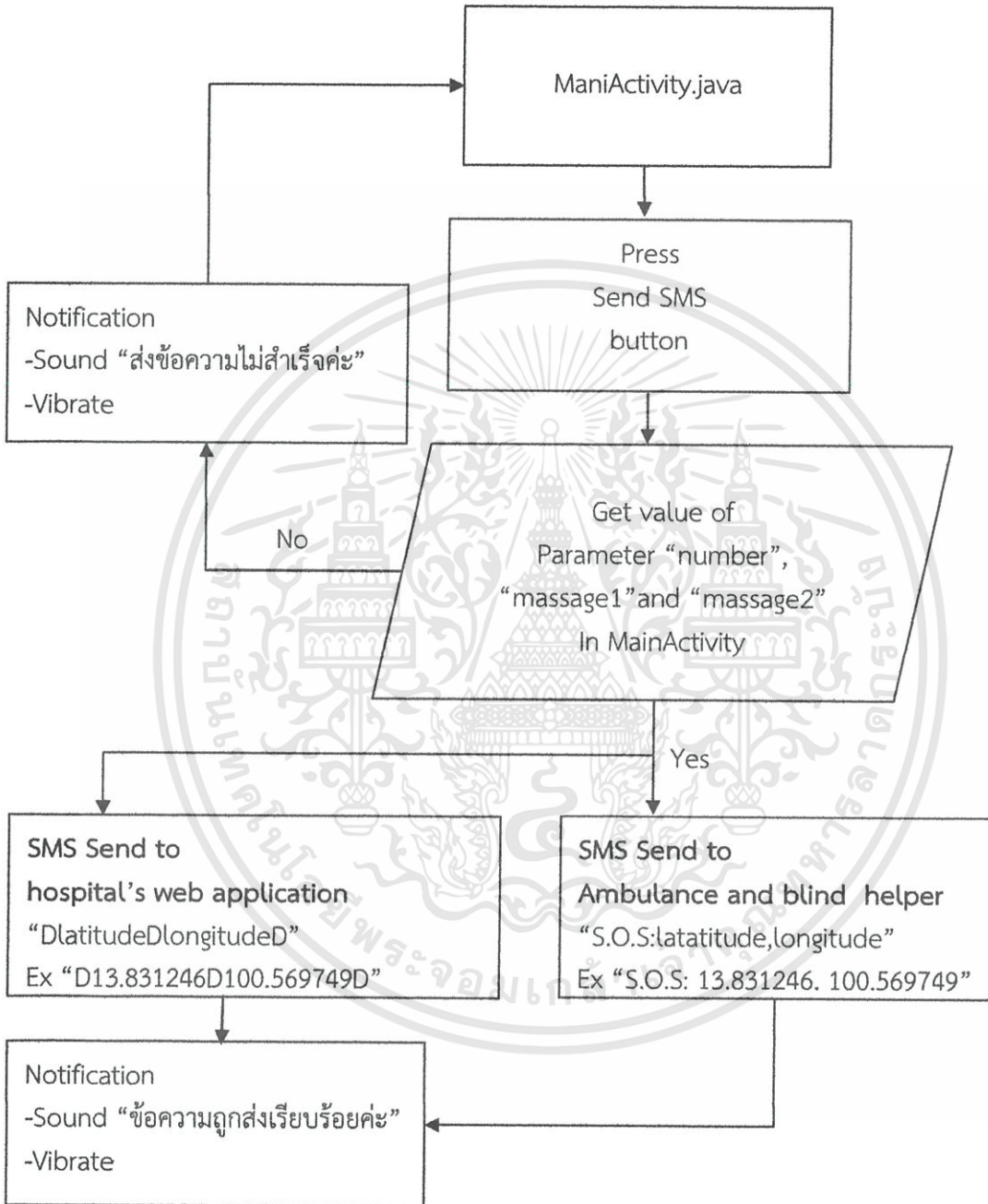
## 3.2.2 แผนผังการทำงานส่วนวัดระยะทางและเตือนระยะอันตราย



รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานส่วนวัดระยะทางและเตือนระยะอันตราย

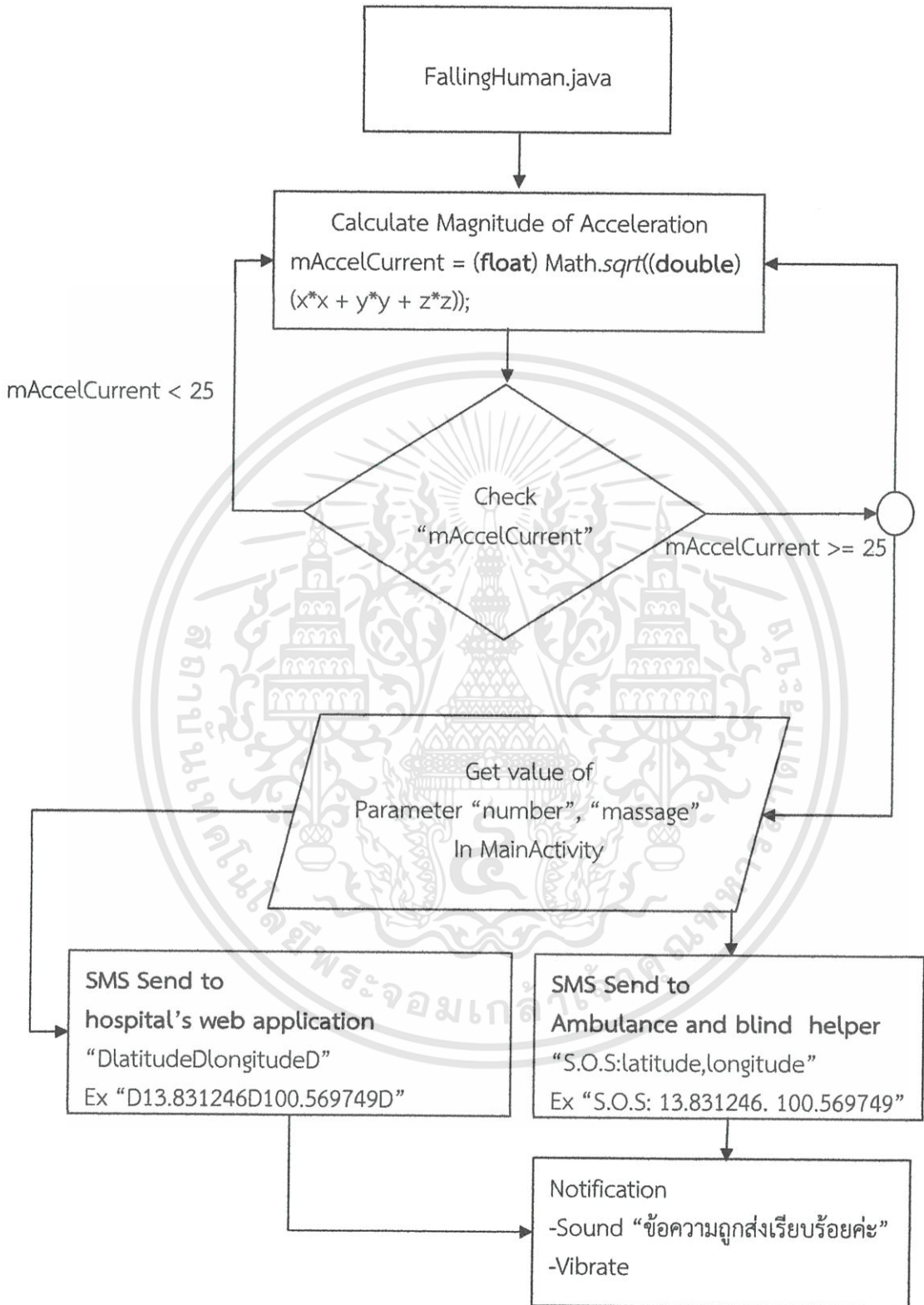
## 3.2.2 แผนผังการทำงานส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

## 3.2.2.1 แผนผังการทำงานส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือจากการกดปุ่ม



รูปที่ 3.7 แผนผังการทำงานส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

## 3.2.2.2 แผนผังการทำงานส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือจากการล้ม (Falling detector)

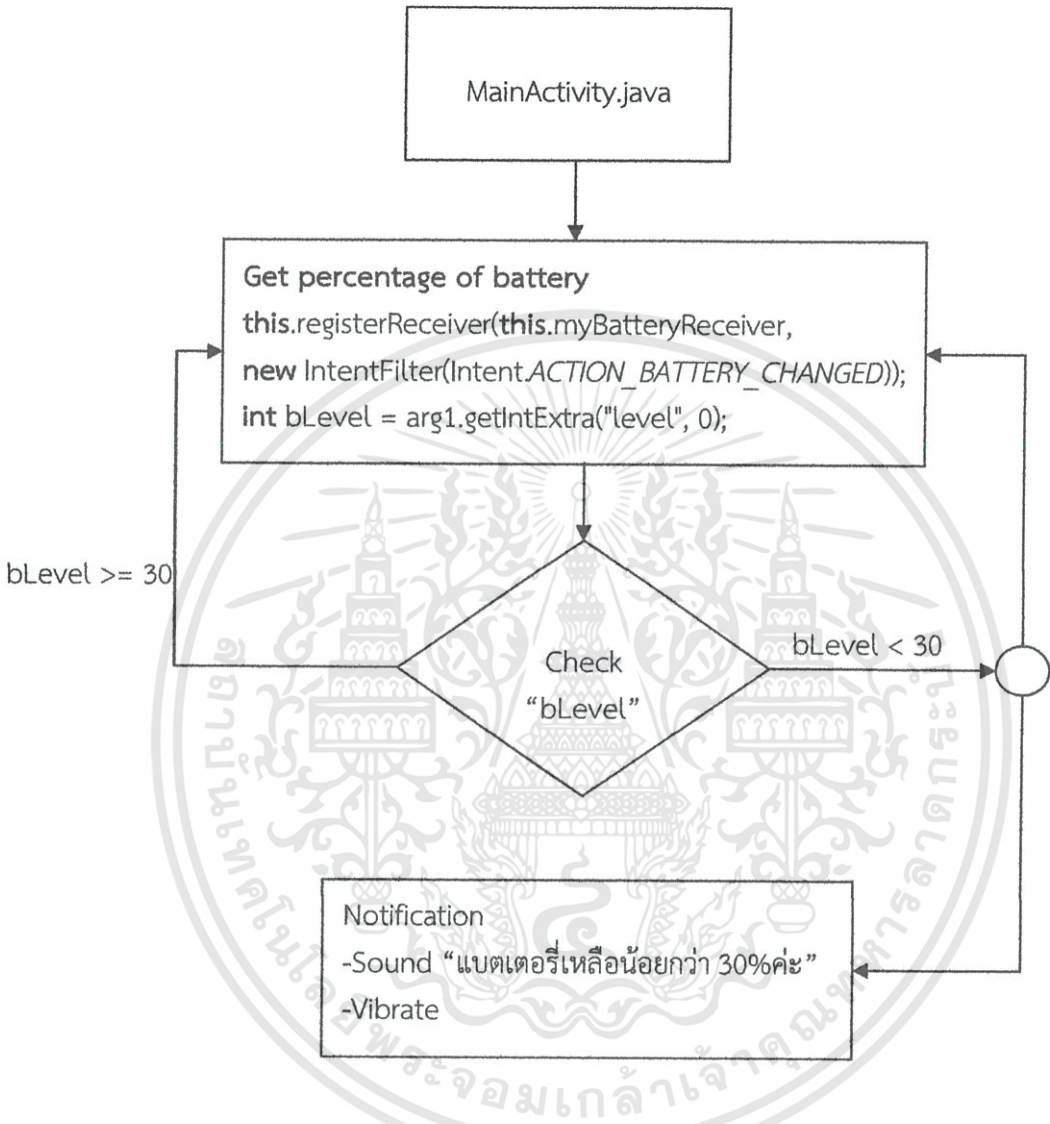


รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานส่วนส่งข้อความขอความช่วยเหลือจากการล้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

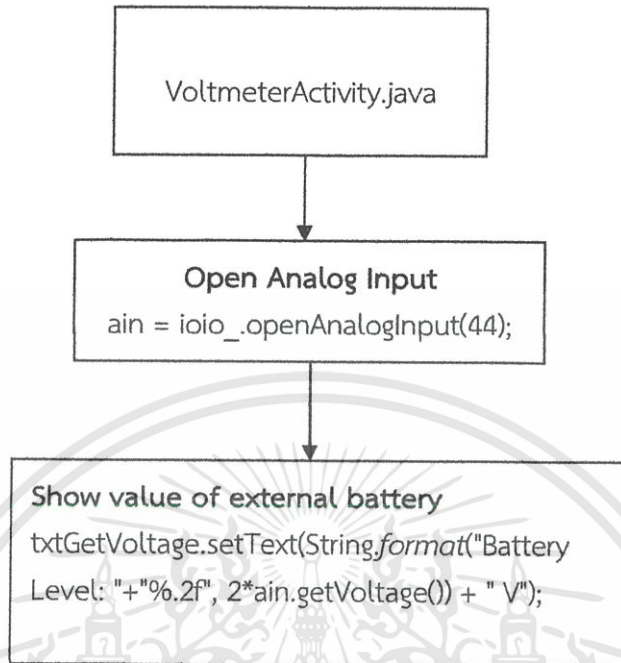
## 3.2.3 แผนผังการทำงานส่วนเซคแบตเตอรี่

## 3.2.3.1 แผนผังการทำงานส่วนเซคแบตเตอรี่อุปกรณ์ Android



รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานส่วนเซคแบตเตอรี่อุปกรณ์ Android

### 3.2.3.2 แผนผังการทำงานส่วนเชคแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นไฟเลี้ยง IOIO board controller



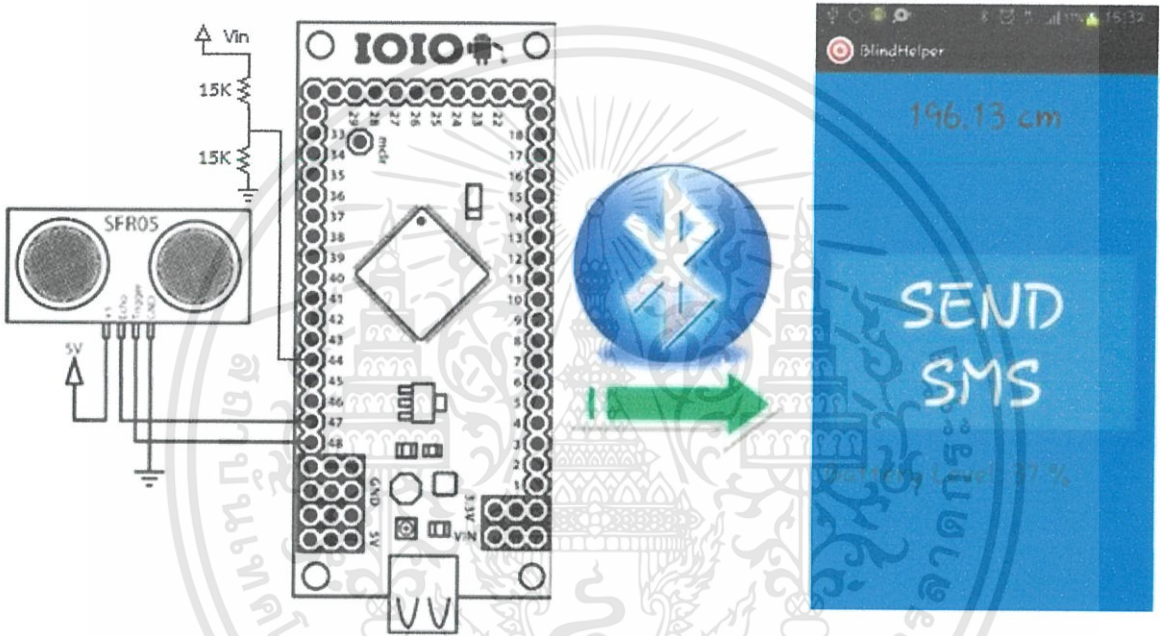
รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานส่วนเชคแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นไฟเลี้ยง IOIO board controller

## บทที่ 4

## ผลการทำงานของระบบนำทางคนตาบอด

## 4.1 การทดลองที่ 1

ต่อวงจรดังรูป และบันทึกระยะทางที่ Ultrasonic Sensor (SRF05) วัดได้จากการแสดงผลผ่านหน้าจอ Android Device (Smart Phone; Samsung Galaxy Note II) โดยการเชื่อมต่อกับ IOIO board-Q Controller ผ่าน Bluetooth เทียบกับระยะทางจริงที่วัดจากตลับเมตร



รูปที่ 4.1 ภาพแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์พร้อมใช้งาน

## ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระยะทางจริง (cm.)	ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2	ทดลองครั้งที่ 3
20	20.37	20.44	20.01
40	40.11	40.05	40.13
60	60.56	59.45	60.14
80	80.22	80.11	80.67
100	101.45	100.98	101.02
120	120.24	120.34	120.21
140	140.04	142.00	140.56
160	159.89	160.01	160.04
180	180.66	180.24	179.98
200	202.04	200.12	200.15
220	221.22	200.78	220.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

240	240.40	242.53	240.42
260	262.31	260.91	257.98
280	281.48	280.07	281.01
300	304.30	306.62	305.33
320	327.09	325.46	331.24
340	350.56	347.29	354.11
360	376.27	380.66	379.90
380	428.01	413.45	417.04
400	521.89	526.01	538.71

ตาราง 4.1 ผลการทดลองที่ 1

## 4.2 การทดลองที่ 2

วัดระดับ Amplitude ของการสะท้อนกับวัตถุต่างๆ โดยกำหนดความถี่ 40kHz ตัวส่งสัญญาณ ขนาด 5Vp-p

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ชนิดของ วัตถุ	ค่าแรงดันที่วัดได้ (Vp-p)						
	ระยะ 5 cm.	ระยะ 10 cm.	ระยะ 15 cm.	ระยะ 20 cm.	ระยะ 100 cm.	ระยะ 200 cm.	ระยะ 300 cm.
ผนังปูน	2.20	1.58	1.30	1.00	2.60	0.80	0.80
โลหะ	1.82	1.52	1.20	0.86	2.60	0.70	0.70
พลาสติก	1.74	1.33	0.90	0.90	2.60	0.70	0.70
ลึงกระดาษ	1.42	1.20	0.80	0.80	2.00	0.45	0.45

ตาราง 4.2 ผลการทดลองที่ 2

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ชนิดของวัตถุมีผลในการรับสัญญาณจากการสะท้อน เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นจะพบว่าระดับแอมพลิจูดของสัญญาณสะท้อนกลับลดต่ำลง

## 4.3 การทดลองที่ 3

วัดค่าแรงดันที่ Vin ของ IOIO board Controller โดยใช้ voltmeter เปรียบเทียบกับค่าที่ Android Application สามารถอ่านค่าได้ ตามสมการ  $V_{in} = 2 \cdot a_{in}$  (เมื่อ  $a_{in}$  เป็นค่าที่โปรแกรมวัดค่าแรงดันได้จาก port 44 ของ IOIO board Controller) โดยที่มีที่มาของสมการตาม Voltage Divider ดังนี้

$$a_{in} = (15K / (15K + 15K)) \cdot V_{in}$$

$$= (15/30) \cdot V_{in}$$

$$= V_{in} / 2$$

$$\text{ดังนั้น } V_{in} = 2 \cdot a_{in}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่ Vin ของ IOIO board Controller(Volts)		หมายเหตุ
Voltmeter	Application	
6.05	5.95	IOIO board Controller ทำงานปกติ
6.04	5.92	IOIO board Controller ทำงานปกติ
6.01	5.88	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.82	5.76	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.64	5.59	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.59	5.56	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.47	5.41	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.31	5.29	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.27	5.18	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.22	5.19	IOIO board Controller ทำงานปกติ
5.01	4.96	IOIO board Controller บางฟังก์ชันไม่ทำงาน
4.93	4.84	IOIO board Controller บางฟังก์ชันไม่ทำงาน
4.88	4.63	IOIO board Controller บางฟังก์ชันไม่ทำงาน
4.47	4.31	IOIO board Controller บางฟังก์ชันไม่ทำงาน

ตาราง 4.3 ผลการทดลองที่ 3

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อ แรงดันที่จ่ายเพื่อเป็นไฟเลี้ยงของ IOIO board Controller มีค่าน้อยกว่า 5 volts IOIO board Controller บางฟังก์ชันไม่ทำงาน เนื่องจาก IOIO board Controller จะทำงานเมื่อแรงดันที่จ่ายเพื่อเป็นไฟเลี้ยงมีค่า +5-12 volts

#### 4.4 การทดลองที่ 4

4.4.1 เก็บค่าความเร่งต่อเวลาระหว่างการทำกิจกรรมต่อไปนี้แล้วแสดงเป็นกราฟ พร้อมทั้งบอกค่าที่ใช้เป็น Threshold ในการแจ้งเตือนการล้มของผู้พิการทางสายตา ผ่าน Android Application

##### 4.4.1.1 ขณะผู้พิการทางสายตาอยู่เฉยๆ

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	0.057461	-0.16281	10.50576	10.50718
0.063	0.02873	-0.19154	10.63983	10.6416
0.121	0.047884	-0.18196	10.52491	10.52659
0.184	0.076614	-0.19154	10.52491	10.52693
0.241	0.057461	-0.16281	10.47703	10.47845
0.305	0.047884	-0.13408	10.5728	10.57375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0.363	0.057461	-0.16281	10.52491	10.52633
0.422	0.047884	-0.1245	10.54407	10.54491
0.482	0.057461	-0.18196	10.54407	10.54579
0.541	0.047884	-0.19154	10.53449	10.53634
0.603	0.067038	-0.14365	10.51533	10.51653
0.662	0.057461	-0.17238	10.62068	10.62223
0.721	0.047884	-0.16281	10.53449	10.53586
0.783	0.038307	-0.13408	11.31979	11.32065
5.229	-0.23942	10.00776	0.507571	10.02349
5.293	-0.17238	9.988609	0.335188	9.995718
5.353	-0.22027	9.940725	0.392649	9.950915
5.413	-0.22027	9.969456	0.42138	9.980788
5.472	-0.19154	9.940725	0.430956	9.951906
5.541	-0.18196	9.998186	0.402226	10.00793
5.589	-0.22984	9.979033	0.440533	9.991396
5.655	-0.19154	9.979033	0.354342	9.987159
5.732	-0.23942	9.959879	0.42138	9.971663
5.767	-0.20111	9.931149	0.440533	9.942948
5.828	-0.19154	9.988609	0.488417	10.00238
5.888	-0.23942	9.979033	0.430956	9.991203
5.949	-0.22027	9.940725	0.411803	9.951689
6.007	-0.22027	10.00776	0.430956	10.01946
6.07	-0.20111	9.931149	0.488417	9.945185
6.13	-0.22027	9.921572	0.440533	9.933789
6.192	-0.20111	9.969456	0.402226	9.979593
6.254	-0.249	10.02692	0.526724	10.04383
6.312	-0.23942	9.959879	-0.31604	9.967767
6.369	-0.09577	10.00776	1.359907	10.10019
9.133	-9.63427	-0.32561	0.871489	9.679082
9.193	-9.68215	-0.35434	0.948104	9.734913
9.253	-9.57681	-0.20111	0.957681	9.626673
9.314	-9.73004	-0.35434	0.497994	9.749213
9.377	-9.67258	-0.4118	0.258574	9.68479
9.439	-9.663	-0.45011	0.708684	9.6994
9.497	-9.65342	-0.33519	0.871489	9.698473
9.562	-9.75877	-0.47884	0.363919	9.777282

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

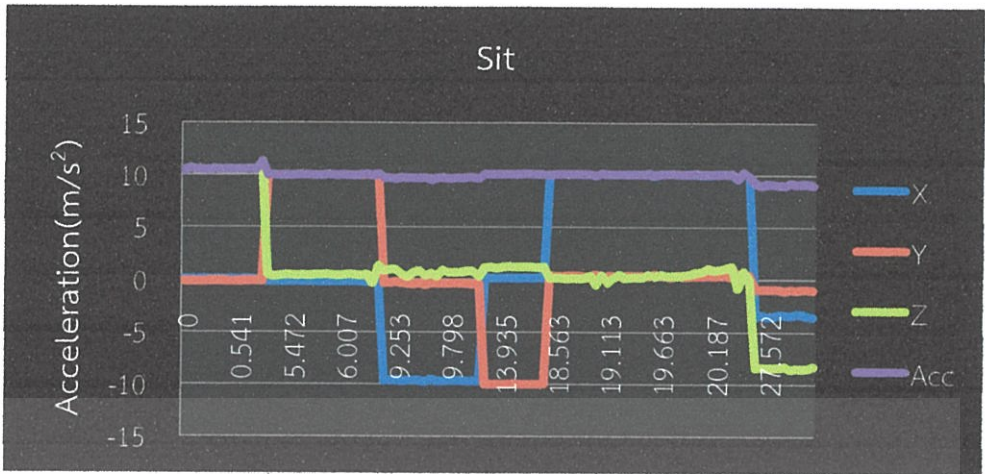
Time (s)	X	Y	Z	Acc
9.623	-9.50977	-0.32561	0.632069	9.536312
9.672	-9.71088	-0.36392	0.335188	9.723478
9.736	-9.71088	-0.4118	0.90022	9.761209
9.798	-9.63427	-0.36392	0.679953	9.665086
9.855	-9.65342	-0.35434	0.699107	9.685187
9.915	-9.68215	-0.4118	0.679953	9.71473
9.976	-9.70131	-0.4118	0.833182	9.745722
10.031	-9.72046	-0.43096	0.775721	9.76088
10.093	-9.71088	-0.42138	0.344765	9.726133
13.761	0.220267	-10.0365	1.177947	10.10778
13.814	0.153229	-10.0078	1.206678	10.08141
13.889	0.172383	-10.0173	1.091756	10.07813
13.935	0.172383	-9.98861	1.225831	10.06502
14.017	0.181959	-9.99819	1.254562	10.07823
14.076	0.153229	-9.97903	1.225831	10.05521
14.116	0.172383	-10.0365	1.197101	10.1091
14.175	0.191536	-10.0269	1.225831	10.10339
14.242	0.134075	-10.0173	1.235408	10.09412
14.297	0.21069	-9.99819	1.149217	10.06622
14.355	0.143652	-9.96946	1.187524	10.04096
18.504	10.01734	0.459687	0.124498	10.02865
18.563	10.08438	0.325611	0.172383	10.09111
18.624	10.05565	0.325611	0.134075	10.06181
18.683	10.04607	0.383072	0.114922	10.05403
18.746	10.11311	0.363919	0.124498	10.12042
18.805	10.06522	0.354342	0.086191	10.07183
18.866	10.10353	0.287304	0.172383	10.10909
18.929	10.05565	0.354342	0.306458	10.06655
18.983	9.931149	0.47884	-0.49799	9.955149
19.043	10.18015	0.162806	0.45011	10.19139
19.113	10.04607	0.363919	-0.30646	10.05733
19.162	10.04607	0.373495	0.162806	10.05433
19.233	10.08438	0.316035	0.507571	10.10209
19.283	10.05565	0.354342	0.134075	10.06278
19.344	10.11311	0.363919	0.191536	10.12147
19.413	10.06522	0.402226	0.181959	10.0749

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
19.463	10.05565	0.363919	0.21069	10.06444
19.533	10.14184	0.325611	0.47884	10.15836
19.618	9.959879	0.47884	0.287304	9.975521
19.663	10.10353	0.316035	0.47884	10.11981
19.702	10.12268	0.373495	0.335188	10.13512
19.763	10.16099	0.229843	0.373495	10.17045
19.829	10.04607	0.440533	0.325611	10.061
19.884	10.06522	0.287304	0.469264	10.08025
19.943	10.08438	0.335188	0.517148	10.10319
20.012	10.13226	0.296881	0.708684	10.16135
20.078	10.02692	0.316035	0.727837	10.05826
20.124	10.02692	0.402226	1.072602	10.09214
20.187	10.06522	0.344765	0.919373	10.113
20.243	10.04607	0.354342	0.957681	10.09783
20.306	10.04607	0.373495	1.101333	10.11316
20.368	10.12268	0.258574	1.292869	10.20819
20.433	9.662998	0.612916	-0.77572	9.713441
20.485	10.27591	0.134075	0.823605	10.30974
20.543	9.873688	0.440533	0.086191	9.883886
27.451	-3.5913	-0.89064	-8.42759	9.204074
27.512	-3.29442	-0.9098	-8.35098	9.023289
27.572	-3.52427	-0.90022	-8.40844	9.161476
27.636	-3.50511	-0.91937	-8.38928	9.138442
27.692	-3.34231	-0.91937	-8.37971	9.068392
27.756	-3.36146	-1.01514	-8.31267	9.023878
27.81	-3.4285	-0.90022	-8.58082	9.28415
27.877	-3.28485	-0.96726	-8.4659	9.132208
27.93	-3.28485	-0.93853	-8.54251	9.200301
27.991	-3.4668	-0.92895	-8.44674	9.177644
28.05	-3.553	-0.97683	-8.26478	9.049013

ตาราง 4.4 ผลการทดลองที่ 4.4.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รูปแสดงกราฟความเร่งในการนั่งต่อเวลา

#### 4.4.1.2 ขณะผู้พิการทางสายตาเดิน

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-2.71024	3.035848	7.651869	8.666767
0.057	-1.34075	2.882619	8.753201	9.312661
0.116	-1.43652	2.509123	9.155427	9.601101
0.173	-1.01514	2.432509	9.653421	10.00681
0.241	-0.64165	2.384625	9.682152	9.992107
0.297	-1.45568	2.930503	9.749189	10.28365
0.362	-1.10133	2.96881	10.13226	10.61553
0.422	0.038307	3.409343	9.921572	10.49108
0.473	-0.36392	4.041412	9.32781	10.17219
0.533	0.019154	4.175488	9.797073	10.64978
0.596	0.258574	4.185065	10.25676	11.08074
0.66	-0.10535	4.376601	11.04206	11.87825
0.717	0.057461	3.936068	10.87925	11.56953
0.786	0.938527	1.953669	10.81222	11.02731
0.843	-0.2873	3.169923	9.011775	9.557356
0.899	0.890643	2.882619	9.222465	9.703432
0.962	0.114922	2.796427	9.318233	9.729475
1.019	-0.88107	3.275268	9.481039	10.06945
1.085	0.038307	3.428497	10.25676	10.81467
1.139	-0.01915	3.677494	9.797073	10.46456
1.215	-0.04788	3.821146	9.969456	10.67677
1.258	0.306458	3.89776	9.414001	10.19362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.322	0.373495	4.07972	9.883265	10.69872
1.402	0.593762	4.462792	10.3238	11.26277
1.478	0.746991	2.719813	10.83137	11.19258
1.539	-0.19154	2.719813	10.29507	10.65
1.602	-0.08619	3.457227	9.11712	9.750986
1.663	-0.01915	2.815581	9.509769	9.917841
1.718	-0.04788	3.303998	9.241618	9.814591
1.784	-0.11492	3.485958	8.829816	9.493722
1.841	0.335188	3.562572	8.983045	9.669507
1.903	0.335188	3.610456	9.394848	10.0703
1.965	0.306458	3.821146	10.42914	11.11135
2.023	0.114922	3.916914	11.55921	12.20535
2.082	-0.11492	3.8403	11.18571	11.82714
2.142	0.086191	3.055001	11.28148	11.68812
2.205	0.229843	1.733402	11.13783	11.27425
2.261	-0.03831	1.762132	9.643845	9.803587
2.318	0.392649	2.480393	8.571242	8.931558
2.384	0.124498	2.499547	10.0748	10.38098
2.448	-0.26815	2.240973	10.4483	10.68928
2.5	-0.55546	3.131616	9.825804	10.32773
2.565	1.896208	3.284845	10.24718	10.9266
2.631	0.23942	2.604892	10.16099	10.49231
2.682	-0.5363	2.5187	9.433155	9.778337
2.742	0.201113	3.169923	10.18015	10.66416
2.805	-0.43096	3.821146	9.835381	10.56038
2.864	0.593762	1.714248	11.54005	11.68178
2.923	-0.35434	2.116474	11.08994	11.29566
2.978	-0.20111	1.944092	10.21845	10.40369
3.04	0.363919	0.938527	9.864111	9.915339
3.104	-0.45011	1.130063	9.586384	9.66325
3.16	-0.38307	1.37906	10.02692	10.12855
3.224	0.497994	1.398214	10.49618	10.6006
3.283	0.47884	1.819593	10.36211	10.53155
3.346	0.90022	1.924938	10.82179	11.02846
3.405	1.417367	2.011129	11.15698	11.42505
3.462	0.727837	2.202666	11.1474	11.38622

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.526	0.967257	1.982399	11.3964	11.6079
3.583	0.679953	0.938527	10.82179	10.88367
3.649	0.191536	1.034295	10.18015	10.23435
3.696	0.067038	1.56102	9.816227	9.939798
3.753	0.344765	1.187524	10.08438	10.15991
3.819	-0.60334	1.790863	9.404425	9.592414
3.872	-0.2873	2.576161	9.002198	9.367962
3.933	-0.42138	2.461239	9.911995	10.22169
3.991	-0.20111	2.442086	10.42914	10.71313
4.053	0.124498	2.470816	11.00375	11.27843
4.118	0.095768	2.528277	10.76433	11.05768
4.172	0.23942	2.365471	10.25676	10.52872
4.238	0.047884	2.604892	10.75475	11.06583
4.292	0.861913	0.909797	12.22958	12.29363
4.352	-0.03831	0.622492	11.31021	11.32739
4.415	0.536301	1.321599	9.701305	9.805589
4.477	0.890643	0.919373	9.710882	9.794883
4.534	0.727837	1.283292	9.32781	9.443761
4.59	0.938527	2.193089	9.586384	9.878726
4.667	0.92895	2.25055	9.643845	9.94644
4.729	1.043872	2.987964	9.959879	10.45068
4.771	0.105345	2.719813	10.71645	11.0567
4.832	0.067038	2.72939	11.0229	11.35599
4.901	-0.02873	2.691083	11.01333	11.33738
4.953	1.934515	1.886631	11.2719	11.59127
5.012	0.957681	0.737414	11.46344	11.52698
5.072	0.737414	1.924938	9.471462	9.693181
5.131	0.727837	1.877054	10.1993	10.39609
5.192	0.402226	1.37906	10.65899	10.75535
5.252	0.191536	2.145205	9.375694	9.619887
5.311	0.325611	2.863465	9.11712	9.561764
5.369	0.727837	2.499547	10.04607	10.37791
5.433	0.009577	2.691083	10.13226	10.48355
5.493	-0.25857	2.738967	10.45787	10.81369
5.552	-0.34477	3.217807	10.93671	11.40547
5.613	0.134075	2.001553	11.35809	11.53388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
5.671	-0.22984	1.206678	11.12825	11.19584
5.734	-0.67995	1.857901	9.959879	10.15447
5.792	-0.85234	2.087744	9.528923	9.792116
5.851	0.306458	0.785298	10.46745	10.50134
5.911	0.881066	1.637634	9.222465	9.40808
5.971	0.411803	2.509123	9.394848	9.732854
6.031	0.162806	2.633622	10.56322	10.88779
6.091	0.124498	2.346318	11.08994	11.33612
6.152	-0.1245	2.671929	10.69729	11.02664
6.212	0.201113	2.70066	10.18015	10.5342
6.271	0.009577	2.930503	11.25275	11.62808
6.333	-0.22027	1.149217	11.98059	12.03759
6.394	-0.19154	1.101333	10.60153	10.6603
6.459	-0.63207	2.27928	8.916007	9.224414
6.511	-0.32561	1.56102	10.21845	10.34213
6.581	-0.84276	1.072602	10.96544	11.04996
6.634	-0.54588	2.126051	8.839393	9.107851
6.702	-0.57461	2.557007	9.490616	9.845824
6.751	-0.14365	2.240973	10.29507	10.53713
6.812	0.105345	2.231396	10.43872	10.67507
6.874	0.105345	2.643199	10.36211	10.69443
6.931	0.067038	2.413355	11.06121	11.32163
6.992	-0.07661	2.691083	11.19529	11.51444
7.052	-0.03831	2.030283	11.20486	11.38738
7.112	-0.25857	1.82917	10.46745	10.62922
7.173	-0.4118	1.848324	9.835381	10.01602
7.234	-0.49799	1.953669	9.308656	9.524489
7.291	-0.88107	2.087744	10.18972	10.43865
7.393	-0.39265	1.244985	11.03248	11.10945
7.443	-0.30646	1.848324	10.25676	10.42647
7.503	-0.39265	2.384625	9.787497	10.08145
7.563	-0.26815	2.049437	10.4866	10.68836
7.622	-0.22984	1.896208	10.82179	10.98907
7.683	-0.05746	2.202666	10.05565	10.29423
7.746	-0.72784	2.365471	9.844957	10.15128
7.804	-1.15879	2.27928	10.31422	10.62643

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
7.864	-0.69911	2.298434	10.77391	11.03851
7.923	-0.08619	2.557007	10.35253	10.66399
7.983	-0.02873	2.719813	10.05565	10.41702
8.044	-0.19154	2.72939	10.00776	10.37505
8.104	-0.73741	2.901772	9.844957	10.29015
8.165	-0.86191	2.825158	10.33338	10.74724
8.224	-0.04788	3.466804	10.51533	11.07219
8.285	-0.17238	1.436521	12.21043	12.29585
8.345	-0.22027	0.881066	10.53449	10.57356
8.407	-0.51715	2.652776	8.925584	9.325808
8.464	-0.42138	2.509123	9.797073	10.12205
8.527	-0.09577	0.957681	12.17212	12.21011
8.586	0.134075	2.231396	9.672575	9.927528
8.648	-0.18196	3.246537	8.868123	9.44546
8.708	0.047884	2.96881	10.03649	10.46649
8.765	0.383072	2.528277	10.63983	10.9428
8.826	0.574608	2.652776	10.20888	10.56355
8.885	0.497994	2.566584	10.25676	10.58473
8.944	0.306458	2.126051	10.74518	10.95778
9.004	0.23942	2.815581	10.81222	11.17537
9.065	-0.45969	2.422932	10.93671	11.21132
9.126	-0.48842	1.149217	11.17613	11.24568
9.184	-0.73741	1.877054	10.25676	10.45315
9.245	-0.7853	2.059013	9.883265	10.12596
9.309	-0.82361	0.737414	11.29106	11.34505
9.367	-0.38307	0.565032	10.4483	10.47057
9.426	-0.04788	1.608904	9.136273	9.27698
9.484	-0.14365	1.56102	10.25676	10.37586
9.545	-0.39265	1.503559	10.40999	10.52534
9.608	-0.39265	1.292869	10.89841	10.98185
9.665	-0.11492	1.762132	10.16099	10.3133
9.726	-0.3735	2.011129	11.09952	11.28643
9.787	-0.09577	3.227384	9.193734	9.744225
9.845	-0.11492	2.528277	10.93671	11.22573
9.907	0.019154	1.972822	10.9846	11.16037
9.967	0.23942	2.164358	10.39084	10.61656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

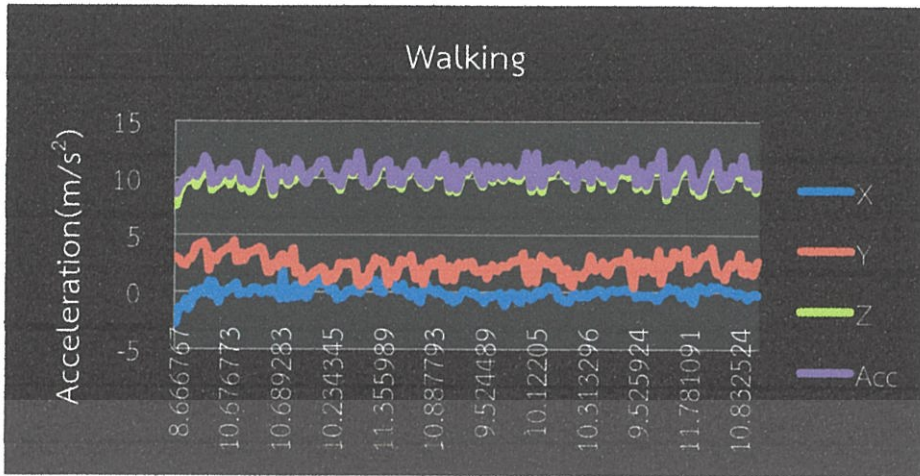
Time (s)	X	Y	Z	Acc
10.028	0.153229	2.231396	10.14184	10.38554
10.088	0.02873	2.691083	9.768343	10.13229
10.153	-0.29688	1.762132	10.59195	10.74163
10.206	0.057461	1.580173	10.40999	10.52939
10.271	0.181959	2.336741	9.126697	9.422848
10.33	0.220267	2.509123	9.739613	10.06003
10.389	0.134075	2.70066	10.21845	10.57016
10.447	0.038307	2.719813	10.56322	10.90782
10.512	0.172383	2.777274	10.42914	10.79398
10.575	0.191536	2.748544	10.52491	10.87957
10.645	0.287304	2.710236	10.3238	10.67749
10.686	0.105345	3.533842	10.13226	10.73135
10.747	0.114922	1.675941	11.38682	11.51007
10.808	0.095768	0.497994	11.70286	11.71384
10.867	-0.38307	2.499547	9.184157	9.525924
10.929	-0.32561	2.834735	9.299079	9.727004
10.991	-0.21069	2.078167	10.40041	10.6081
11.048	-0.34477	1.838747	10.09395	10.26585
11.108	-0.34477	2.691083	9.030929	9.429658
11.167	-0.20111	2.652776	9.730036	10.08718
11.23	-0.30646	2.173935	10.97502	11.19245
11.287	-0.39265	1.771709	11.0229	11.17128
11.348	-0.65122	2.212242	10.59195	10.84009
11.41	-0.61292	3.65834	11.2719	11.86655
11.471	-0.19154	0.890643	12.38281	12.41628
11.532	-0.10535	1.896208	9.950302	10.12992
11.594	0.134075	2.786851	8.207323	8.668602
11.651	0.47884	2.221819	9.394848	9.665865
11.717	0.248997	2.413355	10.01734	10.30696
11.77	0.201113	3.552995	8.935161	9.617761
11.83	0.335188	3.495534	9.931149	10.5337
11.894	0.038307	3.112462	10.40041	10.85622
11.957	-0.35434	3.20823	10.52491	11.00873
12.009	-0.31604	3.246537	11.20486	11.67
12.075	0.038307	3.811569	11.1474	11.78109
12.127	0.172383	1.781286	11.46344	11.60229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
12.219	-0.64165	2.173935	10.4866	10.72877
12.275	-0.84276	2.738967	9.011775	9.456441
12.308	0.201113	2.173935	9.519346	9.766493
12.369	0.526724	2.72939	8.580819	9.019837
12.431	0.469264	3.189077	8.695741	9.273959
12.487	0.248997	3.236961	9.797073	10.32098
12.551	0.076614	3.265691	10.41957	10.91961
12.601	0.114922	3.514688	10.84095	11.39703
12.663	0.545878	3.916914	10.80264	11.50379
12.721	0.440533	2.633622	12.11466	12.40544
12.783	0.488417	1.771709	11.34852	11.49636
12.845	0.517148	1.656788	9.816227	9.968486
12.902	0.335188	1.61848	9.165004	9.312847
12.966	0.201113	1.216254	10.28549	10.3591
13.025	0.02873	2.145205	9.241618	9.487373
13.08	0.143652	2.576161	9.730036	10.06632
13.145	0.02873	2.288857	10.88883	11.12683
13.201	0.019154	2.566584	10.29507	10.61019
13.259	-0.19154	2.633622	10.50576	10.83252
13.32	0.009577	3.41892	10.12268	10.68447
13.383	-0.09577	1.790863	11.84651	11.98149
13.444	-0.21069	1.675941	10.68772	10.82037
13.504	-0.51715	2.470816	9.356541	9.69109
13.559	-0.3735	1.924938	9.816227	10.01016
13.623	-0.17238	1.570596	10.33338	10.45348
13.686	-0.18196	2.346318	8.896853	9.202843
13.741	-0.22027	2.738967	10.08438	10.45204

ตาราง 4.5 ผลการทดลองที่ 4.4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินต่อเวลา

## 4.4.1.3 ขณะผู้พิการทางสายตาวิ่ง

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-0.23942	4.472369	7.479486	8.717919
0.06	0.306458	4.31914	9.385271	10.33597
0.117	0.45011	3.859453	10.00776	10.73561
0.18	1.177947	3.945644	11.09952	11.83871
0.241	1.16837	4.673482	12.3445	13.25116
0.301	-0.21069	5.573701	10.13226	11.56604
0.365	-0.30646	4.434062	7.431602	8.659303
0.419	-1.74298	2.240973	5.573701	6.255084
0.481	-5.70778	1.130063	15.78258	16.82099
0.585	-5.89931	2.403779	18.96208	20.00351
0.597	-1.84832	7.402872	9.232041	11.97704
0.657	1.11091	1.934515	6.617573	6.983462
0.723	3.801992	2.212242	6.895301	8.178896
0.786	4.893748	2.624045	6.454768	8.5146
0.838	-0.17238	-0.2873	19.43134	19.43423
0.903	1.273715	3.045424	13.1298	13.53841
0.966	-2.95923	1.675941	11.82736	12.30659
1.027	-5.23851	0.335188	6.129156	8.069754
1.087	-4.2521	-0.10535	3.706224	5.641593
1.147	-4.66391	2.901772	5.48751	7.764346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.201	-4.29041	3.505111	15.57189	16.52807
1.262	1.11091	5.372589	18.53112	19.32618
1.328	1.455675	2.892196	5.688623	6.54555
1.387	5.046977	2.049437	4.55856	7.103002
1.441	2.604892	-0.2873	8.791509	9.173801
1.498	-1.84832	8.437167	14.68125	17.03353
1.558	1.752556	5.209783	18.39705	19.20064
1.621	-4.15633	2.70066	9.251195	10.49539
1.687	-5.56413	-0.83318	4.922479	7.475592
1.741	-6.56969	0.114922	0.967257	6.641507
1.802	-9.68215	0.47884	1.56102	9.818866
1.859	-10.3621	6.272809	9.509769	15.39991
1.926	-3.74453	3.035848	19.50796	20.09473
1.992	-0.17238	3.754108	14.5759	15.05257
2.043	4.022259	-0.70868	8.504205	9.434103
2.104	6.100426	-1.23541	3.744531	7.263811
2.163	3.620033	0.565032	5.228937	6.384801
2.22	4.242526	9.414001	14.56632	17.85498
2.28	-2.56658	5.142745	18.84716	19.70407
2.34	-4.29041	3.725378	8.293514	10.05328
2.418	-3.11246	0.373495	2.959233	4.310914
2.461	-6.44519	0.248997	1.034295	6.5324
2.544	-6.58884	7.450756	7.067683	12.20159
2.591	-6.09085	3.782839	19.4505	20.72993
2.64	0.995988	7.364564	16.81687	18.38576
2.701	-1.86748	3.217807	13.03403	13.55462
2.768	3.86903	1.101333	3.581726	5.386194
2.827	7.211336	1.790863	1.417367	7.564356
2.889	3.246537	4.778827	15.17924	16.24151
2.942	-4.28083	2.442086	19.51753	20.13016
3.007	-2.74854	6.531382	10.22803	12.44291
3.068	-2.24097	3.198653	4.673482	6.090548
3.13	-3.94564	3.41892	1.177947	5.352073
3.182	-6.29196	3.572149	1.781286	7.45131
3.24	-7.97748	4.434062	14.35563	17.01133
3.301	-4.30956	3.610456	19.50796	20.30192

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

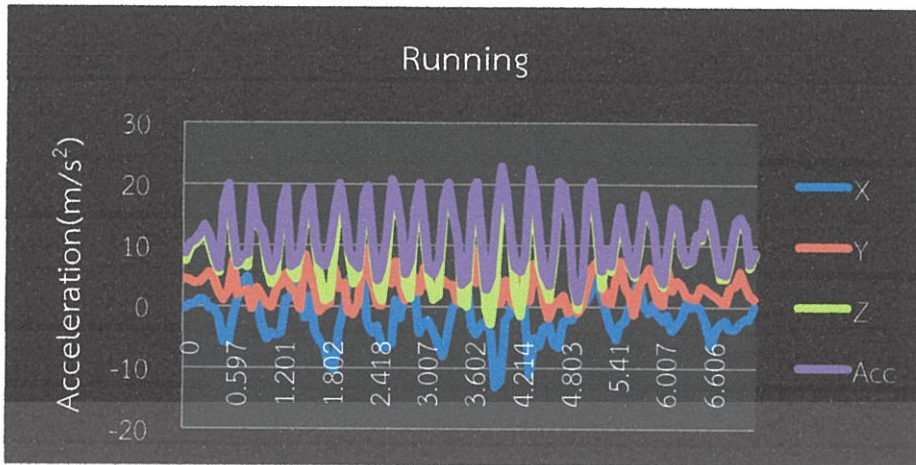
Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.365	-0.18196	3.514688	14.93982	15.34876
3.428	0.670376	0.938527	10.63026	10.69264
3.481	3.581726	0.785298	0.842759	3.762406
3.544	4.10845	1.963245	0.134075	4.5554
3.602	-2.8922	9.500193	15.31331	18.25147
3.661	-4.45322	3.926491	19.51753	20.40055
3.727	-3.03585	5.046977	9.414001	11.10458
3.785	-2.40378	1.608904	-0.32561	2.910798
3.843	-4.15633	-0.19154	-2.7677	4.997194
3.901	-13.0628	5.822699	4.022259	14.85659
3.964	-12.0668	0.68953	19.43134	22.88361
4.023	-1.99198	4.309563	18.02355	18.63837
4.089	-1.24499	1.484405	11.5209	11.68266
4.147	6.349423	0.114922	1.963245	6.647008
4.214	5.659893	-0.54588	-1.37906	5.850998
4.277	-0.02873	7.354988	3.916914	8.333
4.334	-11.0804	0.986411	19.50796	22.4568
4.381	-5.04698	7.067683	16.81687	18.927
4.445	-6.40688	5.382165	7.029376	10.92831
4.518	-3.47638	0.881066	3.811569	5.233504
4.598	-2.82516	-1.74298	1.312023	3.569439
4.623	-5.95677	0.718261	8.159439	10.12796
4.68	-6.58884	0.92895	19.39303	20.50282
4.74	-2.48039	1.838747	19.51753	19.76025
4.803	-1.90579	-0.93853	13.67568	13.83969
4.866	-2.06859	0.038307	3.725378	4.261335
4.925	-0.15323	-0.9481	-0.25857	0.994606
4.982	0.92895	0.258574	4.941632	5.034833
5.046	1.063026	3.371036	18.828	19.15692
5.105	2.777274	6.234501	19.33557	20.5048
5.166	4.568137	7.374141	10.80264	13.85434
5.225	1.819593	4.759673	3.169923	6.001152
5.288	-0.82361	0.881066	9.155427	9.234525
5.345	-3.34231	0.622492	5.832275	6.750848
5.41	-5.21936	4.721366	10.93671	13.00557
5.463	-2.90177	7.460332	14.25029	16.34465

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
5.528	-2.36547	3.246537	10.6111	11.34597
5.588	0.134075	2.020706	6.83784	7.13143
5.642	1.953669	-1.24499	4.960786	5.475053
5.707	4.874595	3.495534	9.394848	11.14646
5.782	0.354342	4.912902	17.71709	18.38906
5.826	-0.91937	6.378153	14.34606	15.7269
5.883	0.430956	3.581726	12.64139	13.14607
5.946	-1.35991	1.053449	5.439626	5.705141
6.007	-2.18351	0.268151	3.323152	3.985344
6.068	-1.16837	6.234501	7.575254	9.880211
6.126	-3.86903	2.75812	15.4857	16.19825
6.188	-2.7677	4.232949	14.50886	15.36506
6.245	-1.8579	3.65834	8.743625	9.658479
6.307	0.545878	1.80044	7.144298	7.387866
6.365	-0.1245	1.484405	7.565677	7.710929
6.424	0.507571	1.37906	11.74117	11.83277
6.487	-0.47884	3.246537	11.01333	11.49185
6.547	-2.40378	2.94008	16.66364	17.09091
6.606	-6.20577	2.27928	12.85208	14.45277
6.668	-3.85945	1.790863	8.8777	9.844599
6.73	-2.74854	1.072602	4.673482	5.52688
6.794	-2.24097	0.574608	4.683059	5.22333
6.845	-3.58173	3.1795	7.489063	8.889547
6.909	-3.56257	3.44765	12.8425	13.76619
6.974	-2.66235	5.784391	13.2543	14.70455
7.027	-1.91536	3.62961	12.31577	12.98156
7.087	-1.91536	1.905785	6.531382	7.068209
7.147	0.114922	1.273715	8.858546	8.950385

ตาราง 4.6 ผลการทดลองที่ 4.4.1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟความเร่งในการวิ่งต่อเวลา

## 4.4.1.4 ขณะผู้พิการทางสายตากระโดด

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-0.32561	1.695095	5.583278	5.844002
0.061	0.114922	1.35033	9.14585	9.245711
0.12	-0.49799	5.765238	15.14093	16.20906
0.185	1.043872	5.142745	19.50796	20.20143
0.241	-2.31759	7.364564	19.39303	20.87337
0.299	-1.87705	3.44765	11.79863	12.43452
0.363	-0.13408	0.344765	4.34787	4.363578
0.419	1.838747	-0.73741	-3.39019	3.926596
0.482	0.574608	-1.64721	-2.01113	2.662352
0.544	-0.5363	0.45011	5.650316	5.693531
0.606	-0.81403	4.07972	15.88792	16.42355
0.666	2.126051	18.40662	18.85673	26.43672
0.72	-3.28485	3.648763	19.51753	20.12555
0.789	-2.58574	6.349423	6.751649	9.622161
0.845	-0.13408	-0.63207	0.670376	0.931071
0.907	1.407791	-0.34477	-4.73094	4.947985
0.962	1.465251	-0.48842	3.715801	4.024014
1.022	-0.05746	2.671929	11.69328	11.9948
1.087	1.091756	16.37634	19.44092	25.4426
1.145	-1.50356	10.50576	19.51753	22.21634
1.204	-2.47082	4.424485	7.182605	8.790382
1.28	-1.1971	-1.53229	-0.54588	2.019639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

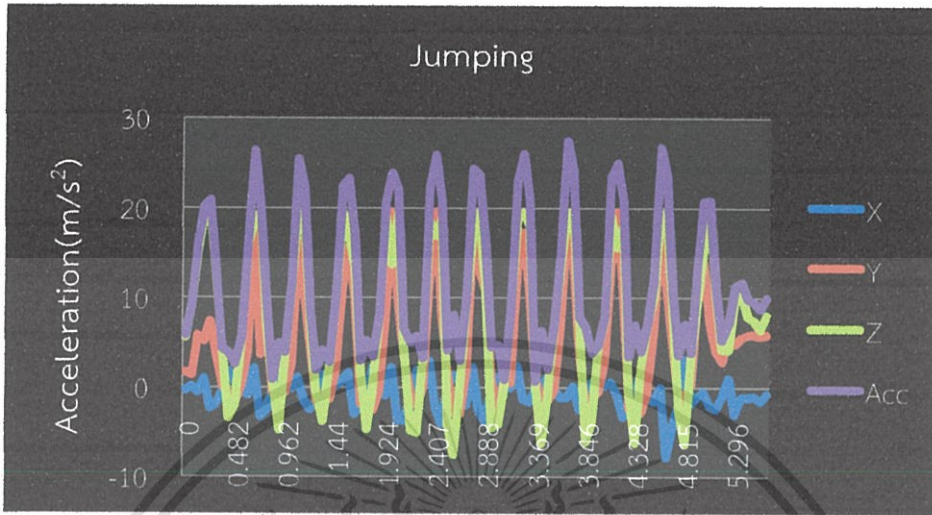
Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.337	1.446098	-0.85234	-3.78284	4.138544
1.38	0.785298	-1.31202	2.48997	2.921993
1.44	0.105345	2.020706	10.05565	10.25721
1.507	0.804452	11.21444	19.49838	22.50772
1.564	1.666364	15.70596	17.10418	23.28104
1.619	-2.98796	10.05565	13.56076	17.14462
1.685	-1.83875	-1.76213	1.695095	3.059321
1.752	-0.90022	-2.21224	-4.68306	5.256943
1.801	2.346318	-2.49955	0.153229	3.431679
1.869	0.134075	-0.17238	8.101978	8.104921
1.924	-0.92895	7.460332	19.23023	20.64755
1.984	2.173935	19.44092	13.77145	23.92338
2.046	-3.67749	9.682152	19.44092	22.02765
2.115	-3.66792	3.409343	4.34787	6.631833
2.161	-1.28329	-0.84276	-4.76925	5.010272
2.22	1.915361	-1.96325	-5.04698	5.74412
2.287	0.383072	0.057461	3.275268	3.298094
2.346	2.96881	12.00932	18.60774	22.34469
2.407	-2.11647	19.51753	16.9701	25.94991
2.462	-4.01268	8.350976	18.73224	20.89826
2.527	-0.04788	1.340753	-4.00311	4.221938
2.588	1.35033	-2.74854	-7.46033	8.064393
2.659	0.871489	-2.92093	0.009577	3.048179
2.709	-1.94409	2.020706	9.557653	9.960496
2.764	2.260126	17.28614	17.13291	24.4429
2.828	-2.50912	13.26388	19.51753	23.731
2.888	-3.74453	10.88883	11.83693	16.51366
2.95	-0.20111	0.277727	-4.51068	4.52369
3.011	1.16837	-2.03028	-4.10845	4.729323
3.072	0.641646	0.584185	0.354342	0.937305
3.124	0.009577	0.526724	8.42759	8.44404
3.185	2.384625	13.17769	18.81843	23.09699
3.249	-1.3216	17.25741	19.51753	26.08637
3.308	-1.6089	10.45787	17.93736	20.82557
3.369	-0.17238	0.6608	0.201113	0.711912
3.424	0.344765	-1.20668	-6.2345	6.359555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.485	1.197101	-1.43652	-0.87149	2.063041
3.548	-0.11492	-0.27773	7.173028	7.179323
3.609	-1.11091	6.83784	13.57034	15.23628
3.668	-1.10133	19.28769	19.4888	27.4416
3.737	0.095768	14.17367	19.51753	24.12128
3.786	-2.43251	3.313575	6.617573	7.790324
3.846	-1.81002	-2.16436	-6.05254	6.677864
3.907	0.574608	-1.13964	-3.61046	3.829406
3.964	0.718261	-0.47884	4.577713	4.658395
4.031	0.201113	2.796427	7.422025	7.933909
4.085	0.574608	13.70441	19.077	23.49623
4.144	-0.71826	19.51753	15.63893	25.02051
4.208	-3.23696	10.12268	17.93736	20.84935
4.268	-2.54743	-2.20267	-0.9481	3.498577
4.328	-0.95768	-3.16992	-6.16746	7.000227
4.384	1.819593	-2.70066	2.442086	4.070413
4.45	-0.86191	-0.26815	7.086837	7.144092
4.507	-1.53229	6.234501	10.22803	12.07599
4.563	-0.03831	18.43535	19.43134	26.78508
4.627	-7.78594	10.88883	19.35473	23.53281
4.687	-4.32872	4.635174	8.475474	10.58566
4.746	-1.91536	-1.7334	-2.57616	3.648273
4.815	3.102885	-0.86191	-6.32069	7.093796
4.865	-1.76213	0.316035	3.457227	3.893252
4.932	-1.09176	9.931149	9.471462	13.76693
4.988	-0.5363	13.85764	15.38993	20.71646
5.06	-2.03028	7.10599	19.4888	20.843
5.114	-2.38463	3.983952	10.08438	11.10194
5.17	-1.05345	2.911349	4.280833	5.283109
5.234	1.043872	5.631162	4.175488	7.08762
5.296	-3.02627	4.817134	9.730036	11.27106
5.347	-1.0343	5.573701	10.3238	11.77781
5.411	-1.11091	5.851429	7.881712	9.879004
5.473	-0.99599	5.93762	7.431602	9.564311
5.531	-1.51314	5.6982	6.454768	8.74203
5.588	-0.71826	5.870583	8.092402	10.0233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.7 ผลการทดลองที่ 4.4.1.4



รูปที่ 4.5 รูปแสดงกราฟความเร่งในการกระโดดต่อเวลา

## 4.4.1.5 ขณะผู้ฝึกทางสายตาล้มไปข้างหน้า

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	0.354342	3.936068	9.595961	10.37789
0.04	0.756568	3.86903	9.595961	10.37421
0.093	0.957681	4.146757	10.50576	11.33506
0.157	0.612916	3.275268	11.72201	12.18641
0.213	-0.36392	4.050989	9.308656	10.15845
0.271	0.354342	3.945644	8.66701	9.529466
0.33	0.181959	3.86903	9.586384	10.33931
0.397	1.11091	2.853889	9.56723	10.04543
0.458	0.670376	2.643199	10.27591	10.63157
0.518	0.134075	3.016694	9.988609	10.43507
0.581	-0.16281	3.284845	10.30465	10.81677
0.637	0.248997	3.198653	10.5728	11.04886
0.696	0.430956	2.978387	9.605537	10.06593
0.758	0.833182	2.853889	9.385271	9.844907
0.822	0.440533	2.99754	9.270349	9.752881
0.879	0.565032	2.815581	10.88883	11.26114
0.936	0.114922	3.572149	10.23761	10.84353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0.995	-0.29688	2.815581	11.49217	11.83578
1.073	-1.78129	2.987964	9.452309	10.07209
1.115	-2.06859	4.395754	8.896853	10.13685
1.175	-1.91536	3.620033	9.548077	10.38937
1.232	-1.56102	2.422932	11.21444	11.57891
1.311	-1.97282	2.566584	9.969456	10.48186
1.36	-1.84832	1.982399	9.902418	10.26665
1.416	-1.79086	0.852336	11.32936	11.50166
1.472	-1.39821	1.541866	10.79306	10.99193
1.548	-0.67995	1.723825	10.50576	10.66794
1.595	-0.83318	1.838747	11.15698	11.33814
1.663	-0.4118	1.771709	10.82179	10.97359
1.714	-0.61292	2.126051	10.46745	10.69875
1.778	0.220267	3.045424	8.24563	8.792812
1.847	-0.60334	2.394202	9.107543	9.43629
1.896	-1.97282	1.465251	11.18571	11.45247
1.957	-1.36948	0.995988	11.69328	11.81526
2.018	-1.38864	1.723825	11.34852	11.56238
2.079	-0.33519	1.091756	10.25676	10.32015
2.141	0.296881	1.177947	9.126697	9.207187
2.203	1.254562	2.193089	8.092402	8.477648
2.255	1.848324	2.020706	7.929596	8.389162
2.316	1.570596	2.844312	10.76433	11.24401
2.379	2.384625	0.574608	10.36211	10.64847
2.439	3.198653	0.871489	9.299079	9.872373
2.497	3.160346	0.325611	10.24718	10.7284
2.564	3.89776	0.833182	8.322245	9.227485
2.618	3.294421	0.670376	8.935161	9.546712
2.676	1.034295	3.754108	4.865018	6.231492
2.741	0.086191	7.718906	3.093309	8.316099
2.798	-3.11246	2.442086	0.067038	3.956728
2.856	-1.6089	-1.52271	-2.83474	3.597631
2.917	-3.11246	8.255207	1.685518	8.982029
2.976	-1.04387	-5.99508	9.864111	11.59014
3.035	4.721366	-2.2697	15.01643	15.90397
3.101	13.70441	-11.655	19.51753	26.54399

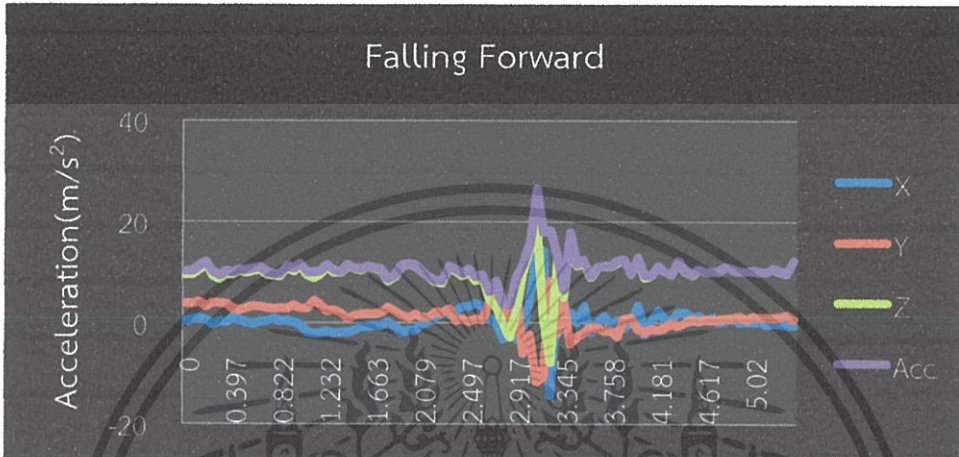
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.171	14.40352	-10.5919	1.283292	17.92478
3.214	-14.3556	8.274361	-7.64229	18.24702
3.276	5.00867	-2.08774	12.20085	13.35314
3.345	-1.23541	4.060566	5.190629	6.705003
3.396	2.317587	-4.16591	17.29571	17.94067
3.459	0.191536	-2.61447	11.36767	11.66602
3.52	3.409343	-1.87705	11.88482	12.50583
3.576	-1.82917	-0.95768	9.107543	9.338649
3.647	0.067038	-0.96726	11.06121	11.10363
3.695	1.369483	-1.52271	11.12825	11.31513
3.758	-0.73741	-1.55144	11.16656	11.29791
3.819	0.651223	-2.71981	12.03805	12.35864
3.879	-0.91937	0.871489	12.49773	12.56177
3.943	0.344765	1.034295	9.768343	9.828996
4	3.409343	-1.16837	12.51689	13.02541
4.056	-2.33674	-1.8579	8.935161	9.420682
4.116	0.612916	-1.13964	9.394848	9.483544
4.181	2.547431	-1.34075	10.88883	11.26293
4.237	0.756568	-0.93853	10.17057	10.24176
4.296	0.440533	-0.03831	9.624691	9.634843
4.358	2.240973	-0.57461	12.0572	12.27714
4.424	2.135628	0.134075	10.21845	10.4401
4.482	1.16837	0.612916	9.519346	9.610344
4.538	1.331176	0.42138	10.65899	10.75005
4.617	0.536301	0.746991	10.08438	10.12622
4.7	1.120486	0.555455	10.17057	10.24717
4.742	0.162806	0.737414	10.26634	10.29407
4.777	0.469264	0.890643	11.12825	11.17369
4.839	1.158794	0.986411	10.6111	10.71967
4.901	0.124498	1.264138	10.15142	10.23058
4.96	0.325611	0.718261	10.17057	10.2011
5.02	0.105345	1.225831	10.36211	10.43489
5.088	0.373495	1.197101	10.13226	10.20957
5.14	-0.32561	1.130063	10.04607	10.11467
5.197	0.02873	1.034295	10.75475	10.80441
5.259	-0.03831	1.254562	10.22803	10.30476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
5.321	-0.45011	1.666364	9.80665	9.957397
5.38	-0.42138	0.737414	12.40197	12.43101

ตาราง 4.8 ผลการทดลองที่ 4.4.1.5



รูปที่ 4.6 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปข้างหน้าต่อเวลา

#### 4.4.1.6 ขณะผู้ฝึกทางสายตล้มไปข้างหลัง

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-0.52672	4.692636	8.379706	9.618615
0.062	-1.52271	5.056554	8.992621	10.42855
0.122	-1.31202	4.520253	9.260772	10.38826
0.181	-1.04387	4.520253	8.456321	9.645295
0.245	-1.01514	4.156334	8.092402	9.153829
0.305	-0.49799	3.715801	7.029376	7.966637
0.368	-0.55546	3.016694	6.234501	6.948236
0.424	-0.26815	2.585738	6.378153	6.887582
0.483	-0.63207	1.331176	7.211336	7.36036
0.549	-0.44053	2.202666	7.795521	8.112703
0.606	-0.50757	2.154782	10.04607	10.28709
0.663	-0.15323	3.485958	10.49618	11.06098
0.723	-0.59376	2.643199	16.57745	16.79735
0.783	-3.10289	0.909797	16.81687	17.12492
0.849	-2.88262	0.325611	9.758766	10.18082
0.903	-0.5363	4.34787	-0.05746	4.381198
0.966	0.68953	12.89996	11.49217	17.2903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.028	3.1795	18.579	19.49838	27.11965
1.082	-2.73897	9.385271	2.786851	10.16621
1.147	1.37906	5.075707	-0.9481	5.344485
1.206	2.863465	5.276821	-3.304	6.852786
1.267	4.989516	11.41555	-2.22182	12.65491
1.329	0.536301	17.6309	-12.2104	21.45299
1.383	-0.15323	8.111555	-1.46525	8.244257
1.448	1.666364	5.449203	0.229843	5.70293
1.511	1.513135	9.730036	1.905785	10.02972
1.57	1.130063	12.95742	1.647211	13.11049
1.623	0.507571	13.06276	1.982399	13.22208
1.686	0.268151	8.647857	6.263232	10.68108
1.756	2.260126	9.318233	5.631162	11.1197
1.81	0.976834	8.322245	6.14831	10.39306
1.87	0.92895	5.353435	7.651869	9.384739
1.926	0.354342	2.336741	9.672575	9.957139
1.985	1.082179	4.443638	7.891289	9.120826
2.049	0.909797	6.818686	6.86657	9.719671
2.105	-0.00958	7.460332	5.822699	9.463639
2.167	-0.01915	4.376601	5.066131	6.694825
2.222	0.335188	3.754108	10.76433	11.40511
2.282	1.120486	4.462792	10.29507	11.27654
2.355	0.21069	5.410896	8.073248	9.721086
2.428	1.656788	5.066131	10.05565	11.38098
2.487	-0.26815	5.717354	13.3788	14.55171
2.524	-0.36392	6.732495	10.56322	12.53158
2.59	0.057461	7.862558	12.3445	14.63591
2.645	-0.88107	7.632715	11.82736	14.10394
2.712	-0.36392	6.224925	9.203311	11.11679
2.769	-0.4118	6.847417	8.954314	11.27991
2.823	-0.83318	6.004658	9.136273	10.96456

ตาราง 4.9 ผลการทดลองที่ 4.4.1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปข้างหน้าต่อเวลา

#### 4.4.1.7 ขณะผู้พิการทางสายตาล้มไปด้านซ้าย

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	4.309563	7.393295	6.071695	10.49279
0.056	4.29041	7.230489	6.023811	10.34282
0.122	3.955221	7.173028	6.167464	10.25347
0.185	4.232949	7.134721	6.493075	10.53481
0.24	4.434062	7.354988	5.995081	10.47367
0.298	4.414908	7.268796	6.38773	10.63626
0.362	4.060566	7.25922	6.368577	10.47584
0.419	3.888184	7.25922	6.359	10.40438
0.48	3.782839	7.354988	6.196194	10.33434
0.544	3.964798	7.153875	6.263232	10.30173
0.602	4.022259	7.211336	5.985504	10.19844
0.668	3.926491	7.058106	5.93762	10.02445
0.718	4.089296	6.943185	6.033388	10.06638
0.779	3.983952	6.876147	6.272809	10.1243
0.858	3.217807	7.201759	6.167464	10.01285
0.907	3.236961	7.067683	6.885724	10.38476
0.959	3.725378	6.627151	6.789956	10.19319
1.026	4.462792	6.014235	6.531382	9.937126
1.082	3.936068	5.889736	5.918467	9.230919
1.144	3.639187	6.196194	4.702212	8.587625
1.201	3.725378	4.874595	4.577713	7.654775

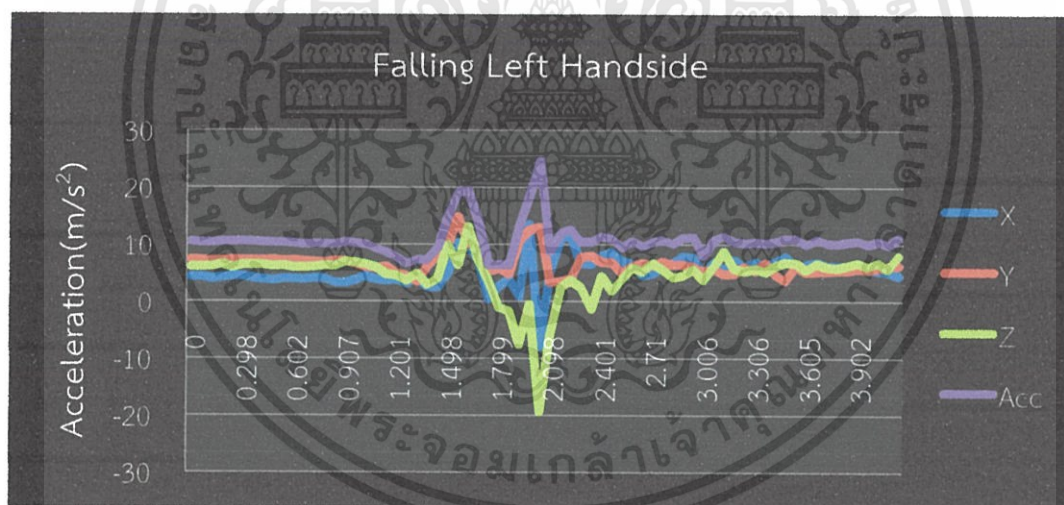
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.259	3.083732	4.577713	3.667917	6.627102
1.323	4.29041	3.41892	4.836287	7.313433
1.39	2.614468	6.110003	2.920926	7.259434
1.44	2.499547	8.044518	4.022259	9.334911
1.498	4.970363	9.892841	9.825804	14.80268
1.556	10.29507	14.8249	6.435614	19.16202
1.622	10.02692	10.13226	13.13938	19.38672
1.684	7.058106	9.500193	7.182605	13.84415
1.746	0.402226	5.324705	3.562572	6.419204
1.799	2.691083	5.707777	-1.11091	6.407399
1.86	3.907337	4.759673	-1.81002	6.418562
1.923	0.794875	10.74518	-7.58483	13.17651
1.98	13.44584	12.51689	-0.60334	18.38007
2.041	-7.94875	12.97657	-19.3547	24.62071
2.098	5.372589	3.39019	-6.11	8.814206
2.16	11.1474	3.581726	2.336741	11.93959
2.237	11.35809	3.955221	3.677494	12.57673
2.292	6.646304	7.699753	2.461239	10.46505
2.339	6.531382	8.00621	-1.35991	10.4215
2.401	8.054094	6.828263	4.395754	11.4375
2.462	8.513782	6.722919	1.80044	10.99653
2.53	7.019799	4.893748	3.849876	9.383384
2.591	6.521805	6.042965	5.889736	10.66491
2.655	4.577713	6.742072	5.171476	9.651692
2.71	4.893748	6.291962	6.722919	10.42762
2.766	6.042965	6.971915	5.66947	10.82903
2.821	6.675035	6.339846	4.185065	10.11259
2.885	7.900866	6.359	4.55856	11.1194
2.941	7.671022	6.023811	5.573701	11.23375
3.006	4.74052	5.295974	3.734955	8.029306
3.069	6.904878	5.602432	6.052542	10.75629
3.126	5.391742	4.76925	8.772355	11.34772
3.183	7.307104	4.865018	5.784391	10.51291
3.249	6.167464	6.100426	5.334281	10.18368
3.306	6.933608	5.286397	5.736507	10.43688
3.391	5.746084	6.703765	5.114015	10.20348

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.419	7.019799	4.654328	6.244078	10.4847
3.488	7.881712	3.687071	6.856994	11.07855
3.545	6.023811	6.215348	6.675035	10.93037
3.605	6.531382	5.066131	5.497087	9.926862
3.67	6.80911	5.190629	6.627151	10.82708
3.724	6.272809	5.324705	6.071695	10.22576
3.788	6.205771	5.382165	5.822699	10.06892
3.839	6.272809	5.382165	6.311116	10.39933
3.902	6.042965	5.717354	6.675035	10.66591
3.964	5.592855	5.592855	6.081272	9.97707
4.026	5.449203	5.832275	6.86657	10.52896
4.087	5.181053	6.186617	5.707777	9.884142
4.142	4.539406	6.320693	7.97748	11.1444

ตาราง 4.10 ผลการทดลองที่ 4.4.1.7



รูปที่ 4.8 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปทางซ้ายต่อเวลา

#### 4.4.1.8 ขณะผู้ฝึกทางสายตาล้มไปด้านขวา

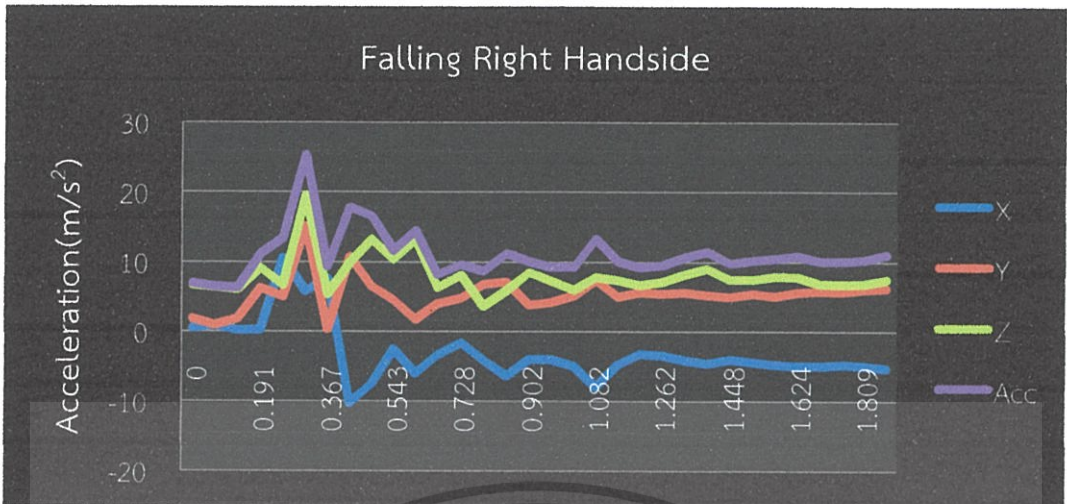
Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	0.497994	1.886631	6.694188	6.97277
0.061	0.948104	0.957681	6.38773	6.528334
0.126	0.162806	1.896208	6.052542	6.344712
0.191	0.277727	6.234501	9.184157	11.10382
0.241	10.62068	4.960786	6.646304	13.47522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0.303	5.784391	15.16009	19.46007	25.33736
0.367	7.651869	0.325611	5.382165	9.360813
0.424	-10.1897	10.77391	9.902418	17.83159
0.48	-7.46991	6.531382	13.23515	16.54169
0.543	-2.44209	4.539406	10.4483	11.65062
0.607	-5.97593	1.781286	13.14896	14.55265
0.667	-3.304	4.022259	6.339846	8.202964
0.728	-1.62806	4.778827	8.140285	9.578726
0.805	-4.11803	6.742072	3.62961	8.694121
0.841	-6.33027	7.134721	5.889736	11.21007
0.902	-3.95522	3.849876	8.446744	10.09023
0.964	-4.00311	4.194642	7.25922	9.290648
1.032	-4.8746	5.161899	5.93762	9.255388
1.082	-7.88171	7.393295	7.795521	13.32488
1.142	-4.69264	5.027823	7.412448	10.11159
1.217	-3.22738	5.573701	6.703765	9.296377
1.262	-3.40934	5.401319	7.115568	9.56186
1.322	-4.06057	5.602432	8.169016	10.70552
1.385	-4.52983	5.24809	9.126697	11.46117
1.448	-3.97438	4.970363	7.450756	9.798669
1.503	-4.33829	5.477933	7.517793	10.26381
1.561	-4.68306	5.085284	7.910442	10.50554
1.624	-4.88417	5.621585	7.862558	10.82946
1.696	-4.85544	5.765238	6.847417	10.18334
1.748	-4.70221	5.746084	6.742072	10.02915
1.809	-4.84586	6.090849	6.83784	10.36035
1.86	-5.24809	6.234501	7.508216	11.08083

ตาราง 4.11 ผลการทดลองที่ 4.4.1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 รูปแสดงกราฟความเร่งในการล้มไปทางขวาต่อเวลา

#### 4.4.1.9 ขณะผู้พิการทางสายตาขึ้นบันได

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-0.17238	2.528277	8.820239	9.177065
0.064	-0.26815	2.873042	8.60955	9.080233
0.112	-0.74699	3.083732	9.11712	9.653459
0.177	-0.57461	3.39019	9.586384	10.18442
0.235	-0.46926	3.303998	10.89841	11.39789
0.295	-0.27773	3.026271	11.29106	11.69288
0.36	-0.04788	2.825158	12.14339	12.46779
0.417	-0.22984	2.154782	11.60709	11.80764
0.476	0.095768	1.484405	10.84095	10.94252
0.536	0.536301	1.331176	10.11311	10.21443
0.604	0.47884	1.580173	8.992621	9.142947
0.655	0.067038	1.551443	8.935161	9.069099
0.721	0.162806	1.934515	9.088389	9.293421
0.778	0.143652	2.442086	9.490616	9.800827
0.836	0.23942	2.662352	10.05565	10.40488
0.897	0.507571	2.585738	10.78348	11.10078
0.962	0.143652	1.733402	11.82736	11.95457
1.027	-0.1245	2.537854	10.63983	10.93902
1.074	-0.13408	1.254562	11.96143	12.02779

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
1.136	-0.62249	0.976834	10.70687	10.76934
1.196	-0.82361	1.532289	9.979033	10.12953
1.257	-0.60334	1.130063	10.21845	10.29844
1.322	-0.02873	1.465251	9.069236	9.186883
1.382	-0.03831	2.183512	9.615114	9.860001
1.437	-0.4118	2.097321	10.16099	10.38336
1.495	-0.45011	2.442086	10.41957	10.71138
1.587	-1.06303	2.461239	11.34852	11.6609
1.639	-0.60334	3.007117	11.23359	11.64476
1.686	-0.9481	0.995988	12.42112	12.497
1.733	0.086191	1.484405	10.09395	10.20288
1.799	-0.19154	1.608904	9.988609	10.11917
1.863	0.009577	1.685518	9.385271	9.535427
1.921	0.402226	1.704672	10.04607	10.19761
1.979	-0.20111	2.413355	8.848969	9.174366
2.036	-0.43096	2.547431	9.979033	10.30807
2.101	0.134075	2.604892	9.797073	10.13835
2.161	0.23942	2.633622	10.15142	10.49021
2.219	-0.45011	2.451663	10.4483	10.74152
2.276	0.325611	2.269703	11.28148	11.51214
2.338	0.047884	2.96881	10.93671	11.3326
2.4	-0.64165	1.704672	11.06121	11.21018
2.466	-0.6608	2.154782	9.950302	10.20237
2.521	-0.68953	2.078167	10.12268	10.35678
2.577	-0.07661	1.436521	10.31422	10.41406
2.638	0.086191	2.212242	9.11712	9.382074
2.7	-0.35434	2.815581	9.394848	9.814083
2.768	-0.49799	2.834735	10.02692	10.43182
2.818	-0.69911	3.141193	10.17057	10.66754
2.879	-0.98641	2.978387	10.72602	11.17548
2.939	-0.6608	2.633622	11.50175	11.8179

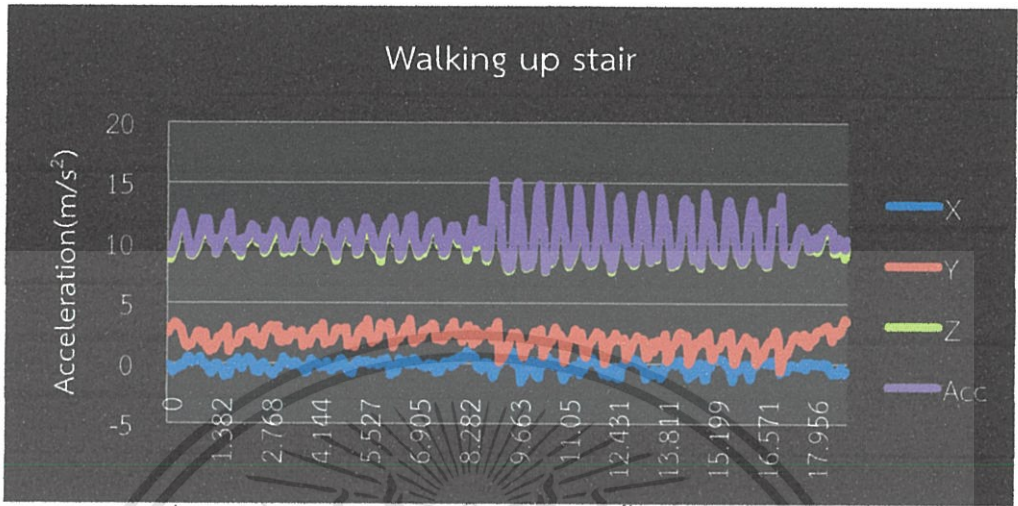
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
3.017	-0.52672	3.112462	10.91756	11.36477
3.058	-0.38307	1.790863	11.28148	11.42916
3.116	0.124498	1.742979	10.14184	10.29128
3.187	0.517148	2.384625	9.126697	9.447247
3.252	0.248997	2.327164	9.375694	9.663402
3.294	-0.10535	1.857901	9.797073	9.972238
3.38	0.076614	2.288857	9.232041	9.511852
3.432	-0.20111	2.748544	9.730036	10.11279
3.477	0.105345	2.432509	10.59195	10.86819
3.539	0.114922	2.375048	11.26232	11.51061
3.602	-0.17238	2.576161	11.5209	11.80667
3.674	-0.23942	2.691083	11.18571	11.50736
3.726	-0.39265	1.407791	11.58794	11.67974
3.779	-0.73741	1.838747	9.720459	9.920287
3.841	-0.67995	2.030283	9.519346	9.757169
3.897	-0.06704	1.608904	9.375694	9.512976
3.969	0.392649	2.020706	9.222465	9.449406
4.015	0.124498	2.633622	9.576807	9.933111
4.077	-0.05746	2.834735	10.40041	10.77996
4.144	-0.00958	2.901772	10.96544	11.3429
4.216	-0.3735	2.355895	11.54005	11.784
4.271	-0.21069	3.313575	11.07079	11.55796
4.319	-0.29688	1.628057	11.48259	11.60123
4.381	0.181959	1.896208	10.06522	10.2439
4.437	-0.17238	1.819593	10.05565	10.22041
4.5	-0.62249	1.810017	9.710882	9.897721
4.561	-0.47884	2.06859	9.270349	9.5104
4.618	-0.13408	2.815581	8.485051	8.941005
4.69	-0.2873	2.920926	9.471462	9.915793
4.775	0.248997	2.748544	10.1993	10.56609
4.807	0.373495	2.806004	11.01333	11.3713

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.859	0.02873	2.863465	11.23359	11.59284
-------	---------	----------	----------	----------

ตาราง 4.12 ผลการทดลองที่ 4.4.1.9



รูปที่ 4.10 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินขึ้นบันไดต่อเวลา

## 4.4.1.10 ขณะผู้พิการทางสายตาลงบันได

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0	-0.99599	3.648763	10.29507	10.96786
0.06	-1.09176	3.227384	10.3238	10.87147
0.125	-0.89064	2.949656	9.998186	10.46219
0.22	-1.06303	3.409343	9.854534	10.48167
0.285	-0.99599	3.620033	9.825804	10.5187
0.34	-0.95768	3.936068	9.586384	10.40714
0.384	-0.99599	3.86903	9.739613	10.52718
0.42	-0.75657	3.620033	9.662998	10.34652
0.482	-0.56503	3.792415	9.797073	10.52066
0.547	-0.64165	4.070143	9.911995	10.73431
0.606	-1.1971	3.62961	10.80264	11.4588
0.665	-0.64165	3.907337	10.05565	10.80718
0.724	-0.9481	3.409343	10.38126	10.96782
0.787	-0.56503	2.375048	11.12825	11.3929
0.841	-0.07661	2.576161	9.998186	10.32503
0.903	-0.11492	2.671929	9.452309	9.823368

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
0.965	-0.44053	2.394202	9.461885	9.770033
1.024	-0.32561	2.786851	8.714894	9.155432
1.088	-0.13408	3.1795	8.848969	9.4038
1.142	-0.34477	3.754108	9.346964	10.07859
1.202	-0.67038	3.323152	10.8601	11.37693
1.264	-0.55546	3.332729	11.22402	11.72153
1.326	-0.62249	2.987964	11.29106	11.6963
1.383	-0.96726	2.796427	10.89841	11.29296
1.446	-0.79488	2.30801	10.65899	10.93493
1.506	-0.56503	2.327164	9.595961	9.890269
1.564	-0.84276	2.365471	9.14585	9.484317
1.625	-0.84276	2.116474	9.366117	9.639184
1.688	-0.71826	2.853889	9.212888	9.671498
1.767	-0.4118	2.94008	9.940725	10.37457
1.8	-0.34477	3.1795	10.34295	10.82611
1.863	-0.18196	2.719813	11.88482	12.19342
1.927	-0.10535	3.074155	11.25275	11.66558
1.986	-0.72784	2.48997	12.19128	12.46422
2.043	-0.54588	1.82917	11.16656	11.32854
2.103	-0.19154	1.896208	9.634268	9.820967
2.163	-0.16281	2.480393	8.954314	9.292933
2.231	-0.4118	1.723825	9.797073	9.956093
2.283	-0.34477	2.48997	9.260772	9.595869
2.344	0.038307	2.643199	9.586384	9.944181
2.409	-0.11492	2.671929	10.09395	10.44224
2.468	-0.20111	3.016694	10.24718	10.6839
2.522	-0.42138	2.844312	11.04206	11.41029
2.585	-0.61292	3.677494	9.940725	10.61686
2.645	-0.79488	2.557007	10.88883	11.21324
2.707	-0.69911	2.212242	10.16099	10.4225
2.767	-0.89064	2.317587	9.730036	10.04182

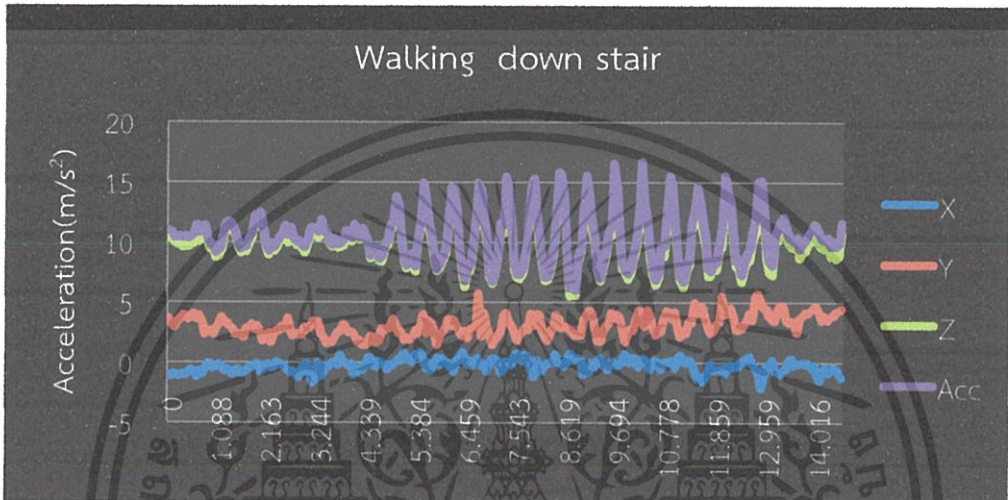
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
2.822	-1.20668	2.375048	9.730036	10.08814
2.882	-0.67038	2.288857	9.500193	9.794995
2.946	-0.21069	2.882619	9.126697	9.573425
3.004	-0.14365	2.75812	9.691729	10.07757
3.062	-0.86191	2.882619	10.74518	11.15846
3.125	-1.65679	3.39019	10.54407	11.19891
3.183	-1.4461	3.122039	10.60153	11.14588
3.244	-0.00958	3.39019	10.35253	10.8935
3.307	-1.13964	2.375048	11.54005	11.83691
3.369	-0.87149	2.126051	10.63026	10.87575
3.428	-0.31604	1.608904	10.72602	10.85062
3.496	-0.3735	1.762132	9.883265	10.04607
3.547	-0.04788	1.723825	9.634268	9.787389
3.605	0.067038	2.097321	10.12268	10.33789
3.683	-0.21069	2.528277	9.528923	9.86088
3.785	0.679953	2.595315	9.586384	9.954735
3.83	0.076614	3.189077	9.672575	10.18503
3.856	-0.06704	2.920926	10.58237	10.97829
3.913	-0.21069	2.537854	10.55364	10.85654
3.962	-0.10535	2.547431	10.04607	10.36456
4.048	-0.99599	2.375048	11.19529	11.4877
4.102	-0.83318	1.742979	11.0229	11.19092
4.146	-0.43096	1.848324	10.21845	10.39321
4.204	-0.61292	1.465251	11.04206	11.1557
4.269	-0.20111	1.436521	10.4866	10.58645
4.339	0.354342	1.61848	9.720459	9.860647
4.386	0.402226	2.193089	8.657434	8.939943
4.447	-0.22027	2.145205	8.848969	9.107946
4.511	-0.3735	1.666364	9.318233	9.473423
4.576	0.114922	1.867477	8.456321	8.660834
4.627	-0.14365	2.825158	8.408437	8.871525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time (s)	X	Y	Z	Acc
4.688	-0.15323	2.671929	9.548077	9.91607
4.748	-0.56503	2.777274	9.701305	10.10682
4.813	-0.1245	2.911349	10.90798	11.29051

ตาราง 4.13 ผลการทดลองที่ 4.4.1.10



รูปที่ 4.11 รูปแสดงกราฟความเร่งในการเดินลงบันไดต่อเวลา

\*\* หมายเหตุ

X = X-axis Acceleration ( $m/s^2$ )

Y = Y-axis Acceleration ( $m/s^2$ )

Z = Z-axis Acceleration ( $m/s^2$ )

Acc = Magnitude of Acceleration ( $m/s^2$ )

$$= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (m/s^2)$$

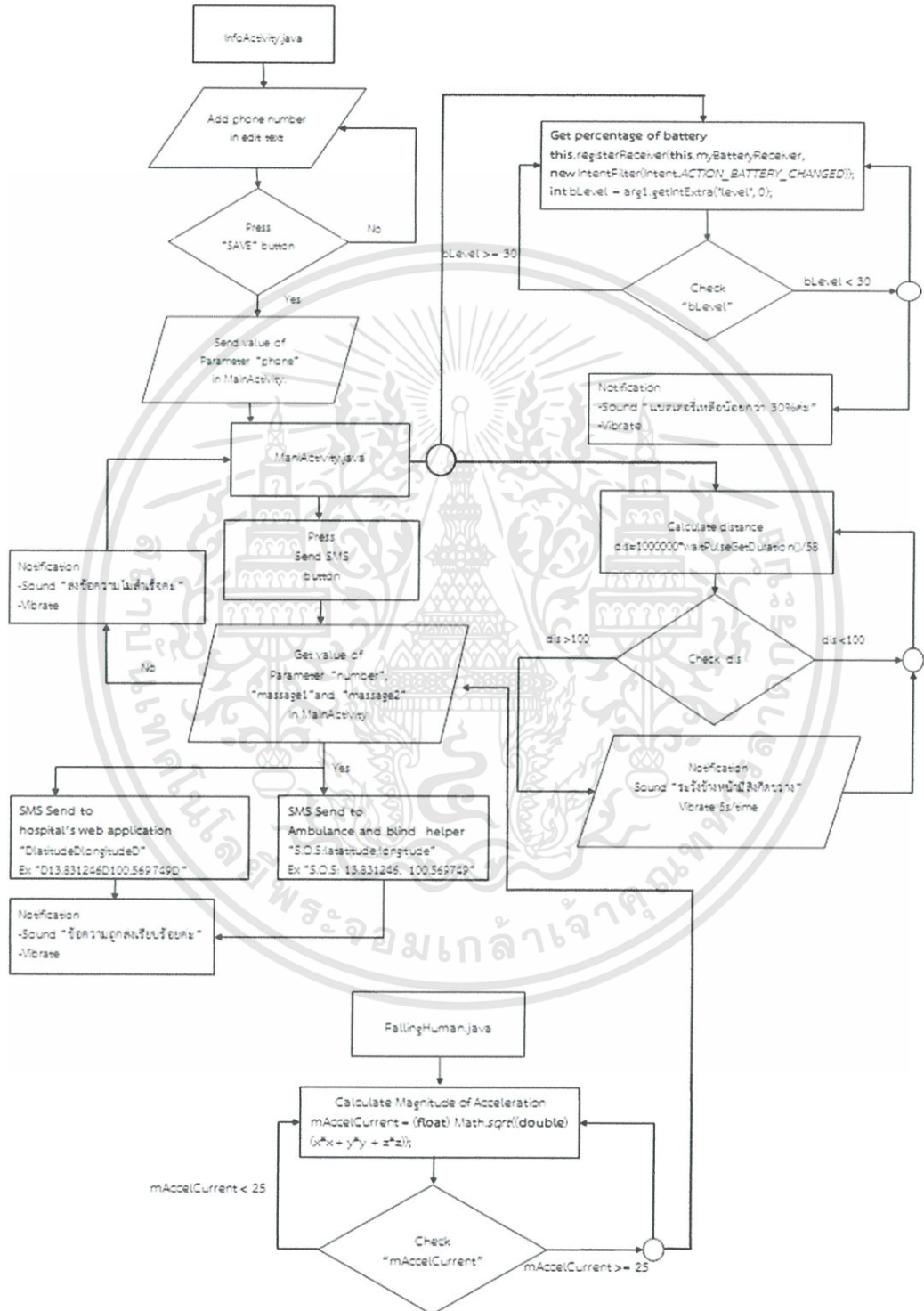
สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากค่าสูงสุดของขนาดความเร่ง (Magnitude of Acceleration) ที่ทำในแต่ละกิจกรรมที่มีแนวโน้มเกี่ยวกับการล้มมีค่าโดยประมาณ  $25 m/s^2$  จึงใช้ค่านี้เป็นค่า Threshold ในการล้มของผู้พิการทางสายตา(ตาบอด)

## บทที่ 5

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

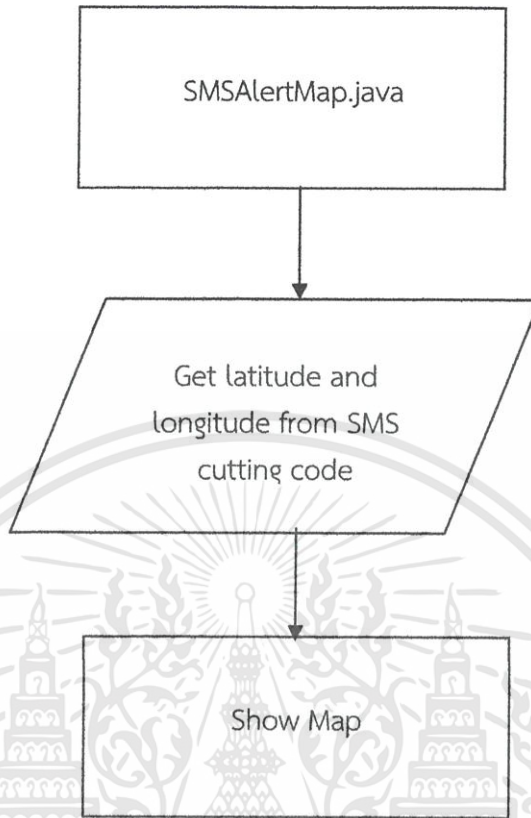
## 5.1 แผนผังการทำงานรวมของระบบนำทางคนตาบอดส่วนบุคคล



รูปที่ 5.1 รูปแสดงการทำงานโดยรวมฝั่งผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.1 แผนผังการทำงานรวมของระบบนำทางคนตาบอดส่วนของคนตาบอด



รูปที่ 5.2 รูปแสดงการทำงานโดยรวมของผู้ดูแลคนตาบอด

## 5.3 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากการเดินทางของผู้พิการทางสายตาประเภทตาบอด เป็นปัญหามาก เพราะผู้พิการทางสายตาจะไม่ทราบเลยว่าสิ่งกีดขวางข้างหน้า ทำให้การเดินทางเป็นปัญหาสำหรับผู้พิการทางสายตา

จากผลการทดสอบอุปกรณ์ระบบนำทางผู้พิการทางสายตาข้างต้น แสดงให้เห็นการทำงานของระบบนำทางผู้พิการทางสายตา สามารถทำงานได้ปกติตามที่สมมติฐานเอาไว้ทั้งในส่วนวัตรระยะทางและนำค่าที่วัดได้มาแจ้งเตือนเพื่อป้องกันการชนสิ่งกีดขวาง และส่วนของการส่งข้อความขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์โทรศัพท์ของเบอร์ที่ผู้ดูแลผู้พิการทางสายตาได้กำหนดเอาไว้ก่อนที่จะนำอุปกรณ์ไปให้ผู้พิการทางสายตาใช้ รวมถึงการส่งข้อความอัตโนมัติเมื่อเครื่องนำทางคนตาบอดสามารถตรวจจับการล้มของคนตาบอดได้ เพื่อนำความช่วยเหลือคนตาบอดได้ทันท่วงทีเมื่อเกิดอุบัติเหตุ โดยที่ผู้พิการทางสายตา สามารถรับรู้ได้ทั้งถึงการแจ้งเตือนอันตราย และถึงการแจ้งเตือนการทำงาน

## 5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

การทำงานกับอุปกรณ์ hardware นั้น มักมีข้อจำกัดและความผิดพลาดที่เกิดจากตัวอุปกรณ์แต่ละชิ้น หรือการประกอบ การเชื่อมต่ออยู่ไม่มากก็น้อย ปัญหาที่มักพบเวลาประกอบวงจรบนแผ่น โปรโตบอร์ด สามารถใช้งานได้ดี แต่เมื่อนำมาทำเป็นตัว hardware แล้วมักจะมี ความผิดพลาดขึ้น ดังที่ผู้จัดทำพบคือ connector ไม่แน่นทำให้ข้อมูลที่รับจาก Sensor เกิดความผิดพลาด ส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมที่เขียนขึ้นแสดงค่าและทำงานผิดพลาด

## 5.5 วิธีการแก้ไขปัญหา

เพิ่มความละเอียดรอบคอบในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัวมากขึ้น เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ ซึ่งเป็นผลให้ลดความผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรมที่เขียนขึ้นอันเนื่องจากการอ่านค่า Input ที่รับได้จาก Sensor เป็นปกติ

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ทำขึ้นไม่สามารถป้องกันผู้ใช้งานได้กับทุกระดับความสูงของสิ่งกีดขวางที่ผู้พอกทางสายตาเดินผ่านบนบาทวิถี เพราะข้อจำกัดในการใช้งานของ Sensor ที่เลือกมาใช้สามารถใช้งานได้ในองศาการวัดที่จำกัด



## ภาคผนวก

ในภาคผนวกจะประกอบไปด้วย Android Activity แต่ละหน้าใน BlindHelper ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบทำทางคนตาบอด ซึ่งแสดงได้ดังนี้

6.1 Application ฝั่งผู้พิการทางสายตา(ตาบอด)

6.1.1 หน้า InfoActivity สำหรับเพิ่มเบอร์โทรศัพท์ที่จะส่ง SMS ขอความช่วยเหลือ



6.1.2 หน้า InfoActivity เมื่อกรอกเบอร์โทรศัพท์เสร็จแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 หน้า Mainactivity แสดงระยะทางที่ Sensor วัดได้ และ ปุ่มส่ง SMS ซึ่งเป็น User interface ในการขอความช่วยเหลือ รวมถึงเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่

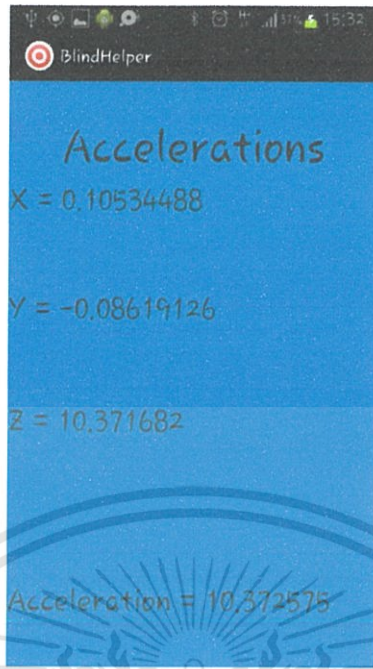


6.4 หน้าจอมือถือแสดงการส่งข้อความขอความช่วยเหลือ



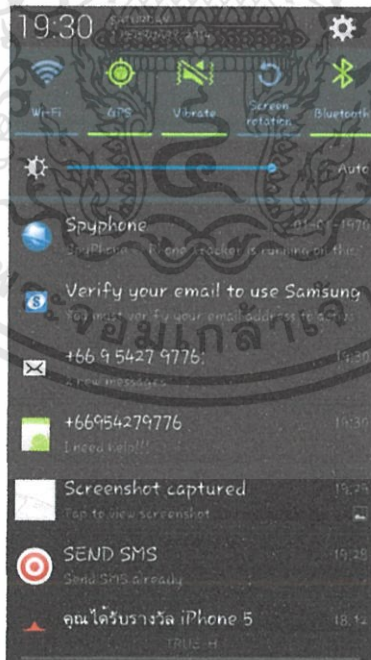
6.5 หน้าจอมือถือแสดงการเช็คแรงดันไฟเลี้ยงของ IOIO board controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6.6 หน้าจอมือถือแสดงการตรวจจับความเร่ง

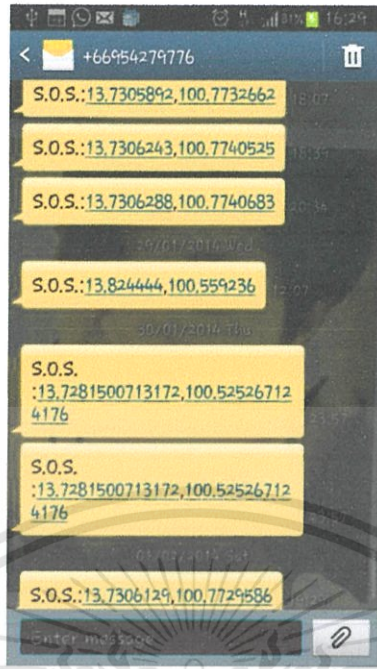
6.1 Application ฝังผู้ดูแลผู้พิการทางสายตา(ญาติ)



1

6.7 หน้าจอมือถือแสดงการแจ้งเตือนผู้ดูแลคนตาบอดเมื่อมีการส่งข้อความขอความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6.8 หน้าจอมือถือแสดงลักษณะของข้อความที่ถูกส่งออกจากอุปกรณ์ Android ของผู้พิการทางสายตา



6.9 หน้าจอมือถือแสดงตำแหน่งบนแผนที่ Google Map ของผู้พิการทางสายตาเมื่อแตะที่ตำแหน่ง 1 ในรูปที่ 6.7

## เอกสารอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ชุมชนวิชาการคณะวิศวกรรมศาสตร์. ฟิสิกส์ เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 2 : พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์อักษรสัมพันธ์ : กรุงเทพมหานคร, 2518.

ชัชวาล นุชเกษม. ระบบตรวจจัดการเข้าใกล้. คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์เวิร์ล, ฉบับที่ 138, พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์ซีเอ็ด : กรุงเทพมหานคร, 2530.

ไพบูลย์ สวัสดิ์ปัญญาโชติ. The Android Develop's Cookbook : รวมโค้ด Android App .—กรุงเทพฯ : ทรุ ดิจิตอล คอนเท้นท์ แอนด์ มีเดีย, 2554, 340 หน้า

ยีน ภู่วรรณ. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่มที่ 1, พิมพ์ครั้งที่ 10, พิมพ์ที่สำนักพิมพ์ นำอักษรการพิมพ์ : กรุงเทพมหานคร, 2530.

สมเกียรติ วงศ์กิจวัฒน์. Android กับการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์โอโนเวตฟ แอ็พเพอริเมนต์ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้