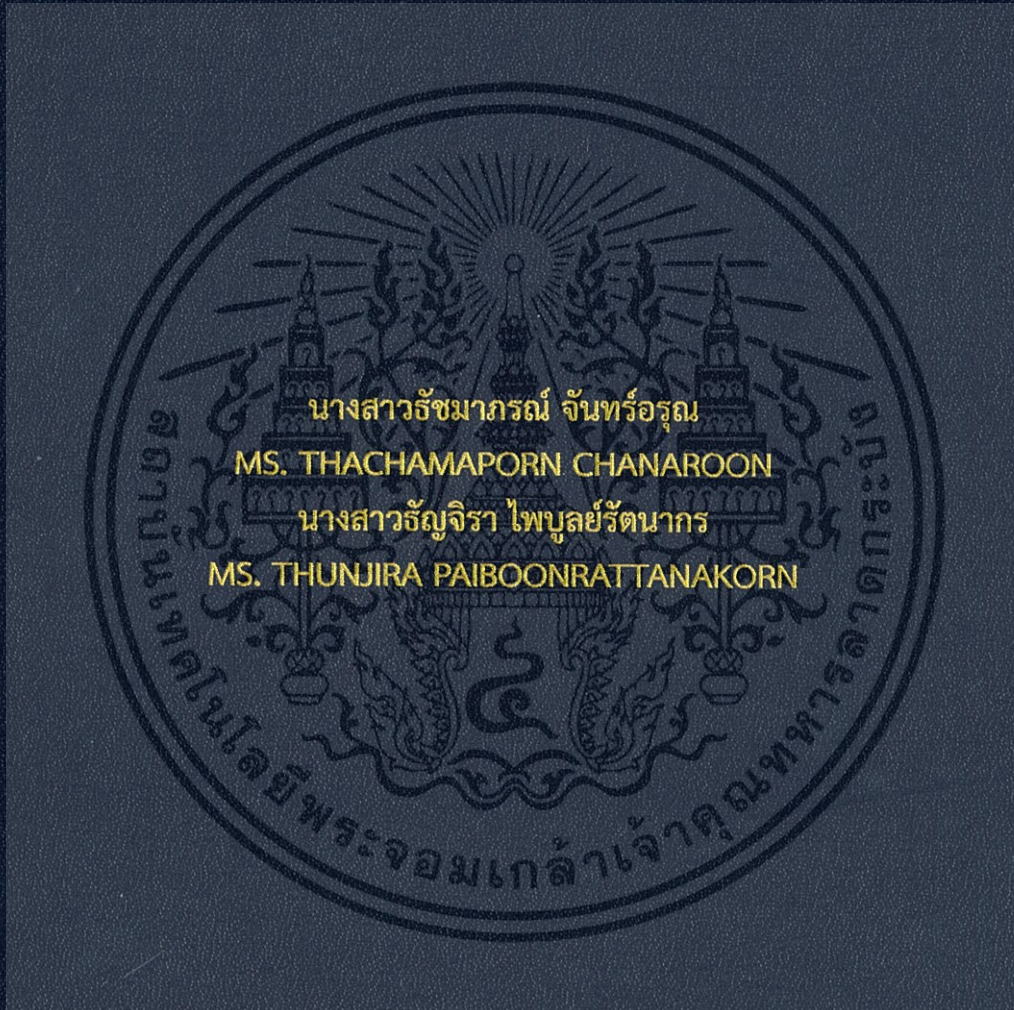


การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบ
เพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว
DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE
FOR MEASURING RANGE OF MOTION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบ
เพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว
DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE
FOR MEASURING RANGE OF MOTION



นางสาวธัชมาภรณ์ จันทร์อรุณ
MS. THACHAMAPORN CHANAROON
นางสาวธัญจิรา ไพบุญรัตน์นการ
MS. THUNJIRA PAIBOONRATTANAKORN

b.00265329

TB00101

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE
FOR MEASURING RANGE OF MOTION



MS. THACHAMAPORN CHANAROON
MS. THUNJIRA PAIBOONRATTANAKORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว
นักศึกษา นางสาวธัชมาภรณ์ จันทร์อรุณ
นางสาวธัญจิรา ไพบูลย์รัตนกร
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.มนัสชนก จงประสิทธิ์พร

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว ซึ่งพิสัยการเคลื่อนไหว คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวตามแนวการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ข้อต่อใด ข้อต่อหนึ่ง โดยพิสัยการเคลื่อนไหวสามารถบอกถึงความสามารถในการยืดหยุ่นและการเคลื่อนไหวได้ด้วย วิธีที่ใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวในปัจจุบันเป็นการวัดโดยใช้เครื่องวัดมุม (Goniometer) ซึ่งในการวัด จะต้องอาศัยประสบการณ์และทักษะของผู้วัด โดยการใช้การประมาณด้วยสายตาทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในการอ่านค่ารวมถึงค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดมีความแปรปรวนสูงส่งผลให้ความแม่นยำในการวัดต่ำ จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ขึ้น ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบนี้ จะมีการทำอุปกรณ์ต้นแบบรวมถึงพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ควบคุมกันเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างง่ายดาย และสะดวกมากขึ้น โดยอุปกรณ์ต้นแบบรวมถึงโปรแกรมนี้ใช้ชื่อว่า “ROMie” ซึ่งประกอบด้วย Inertial Measurement Units เป็นองค์ประกอบหลัก โดยหลังจากจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบและโปรแกรมแล้วนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าทางสถิติ 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแม่นยำของสัญญาณ (Accuracy) การทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณ (Sensitivity) และการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่น (Confident Interval) ของข้อมูลภายในช่วง 95% ที่ค่ามุม 30, 45, 60, 90 และ 180 โดยทดสอบค่ามุม ละ 40 ครั้ง ซึ่งจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าความแม่นยำของสัญญาณทั้งหมดมีค่ามากกว่า 95% ค่า ความไวในการตรวจจับสัญญาณมีค่ามากกว่า 0.5 และค่า p-value มากกว่า 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design and Development of a Prototype for Measuring Range of Motion
Student	Ms. Thachamaporn Chanaroon Ms. Thunjira Paiboonrattanakorn
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2017
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Manutchanok Jongprasithporn

ABSTRACT

Range of motion (ROM) is the motion that shows how far human can move their joints in different directions. The ability to perform ROM can help human maintain mobility and flexibility. The transitional device for measuring ROM is Goniometer, a manual method. This method is depended on users' experience and skill which could lead to wrong interpretation and results. The purpose of this project is to design and develop a prototype for measuring Range of Motion (ROM) by using Inertial Measurement Units (IMUs). The prototype, called ROMie, is including hardware and software. ROMie had been validated for accuracy, sensitivity and 95% Confident Interval at 30, 45, 60, 90 and 180 degree. At each angle, ROMie was tested for forty times. The results showed that ROMie has the overall accuracy greater than 95%, sensitivity greater than 0.5 and p-value of Confident Interval greater than 0.05.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ผศ.ดร.มนัสชนก จงประสิทธิ์พร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดีตลอดจนกระทั่งปริญญานิพนธ์สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายเทพภากร สิทธิวันชัย ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ รวมถึงความรู้ในทุกๆ ด้าน

ดร.พลชัย โชติปรายนกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ รวมทั้งการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล และ รศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขที่ตีมาโดยตลอด

นางสาวสุกัญญา ยังหอกิจไพศาล นักกายภาพบำบัดปฏิบัติการหัวหน้างานเวชศาสตร์ฟื้นฟู และนางสาวพลอยขวัญ ชูสนิท นักกายภาพบำบัด สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้คำแนะนำ รวมถึงการได้มีโอกาสเข้าไปทดสอบอุปกรณ์และโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่มอบโอกาสในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงงบประมาณที่สนับสนุนในการดำเนินการ

คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาปริญญานิพนธ์นี้ให้ดียิ่งๆ ขึ้นไปในอนาคต

สุดท้ายปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จไม่ได้ ถ้าไม่ได้บิดา มารดา ที่คอยให้ความรัก ความห่วงใย กำลังใจในการทำงาน และสมาชิกในกลุ่มที่คอยให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดทำปริญญานิพนธ์

นางสาวธัชมาภรณ์ จันทร์อรุณ

นางสาวธัญจิรา ไพบูลย์รัตนกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เซนเซอร์.....	3
2.1.1 ความหมายของเซนเซอร์.....	3
2.1.2 เซนเซอร์ Inertial Measurement Unit.....	4
2.2 บัส I2C.....	10
2.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I2C	10
2.2.2 หลักการของบัส I2C.....	11
2.2.3 ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของบัส I2C.....	11
2.3 โปรแกรม Putty.....	12
2.3.1 กระบวนการการเข้าใช้ทรัพยากรจากระยะไกล.....	12
2.3.2 วิธีการใช้งาน Putty	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน	14
2.4.1 คุณสมบัติและความสามารถของภาษาไพธอน.....	14
2.4.2 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมไพธอน.....	16
2.5 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic.NET	17
2.5.1 โครงสร้างของภาษา Visual Basic.....	17
2.5.2 ตัวแปรและประเภทข้อมูล	18
2.6 การเคลื่อนไหวของร่างกาย.....	19
2.6.1 ข้อต่อของร่างกาย.....	19
2.6.2 การเคลื่อนไหวของข้อต่อร่างกาย.....	21
2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ	22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ.....	33
3.1.1 เซนเซอร์ IMU	33
3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
3.1.3 แบตเตอรี่.....	34
3.1.4 กล่องบรรจุอุปกรณ์.....	34
3.2 การเขียนคำสั่งเพื่อให้อุปกรณ์อ่านค่าความเร็วและความเร่งในแต่ละทิศทาง	36
3.2.1 การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์.....	36
3.2.2 การรับค่าจากอุปกรณ์.....	37
3.2.3 การนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์ไปใช้ผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล.....	38
3.3 วิธีคำนวณเพื่อใช้ในการหาค่าพิสัยการเคลื่อนไหว.....	39
3.3.1 กรณีมีอุปกรณ์ต้นแบบตัวเดียว.....	39
3.3.2 กรณีมีอุปกรณ์ต้นแบบ 2 ตัว.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับข้อมูลจากอุปกรณ์.....	41
3.4.1 เลือกใช้ 1 อุปกรณ์ในการวัด.....	45
3.4.2 เลือกใช้ 2 อุปกรณ์ในการวัด.....	46
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์.....	48
4.1.1 การทดสอบจำนวนกลุ่มตัวอย่างของข้อมูล.....	48
4.1.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของสัญญาณ.....	49
4.1.3 การทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณ.....	51
4.1.4 การวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล.....	56
4.2 การนำอุปกรณ์ต้นแบบไปให้นักกายภาพบำบัดทดลองใช้.....	56
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล.....	58
5.2 ข้อจำกัด.....	59
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	59
5.4 งานในอนาคต.....	59
หนังสืออ้างอิง	60
ภาคผนวก	พ1

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน.....	17
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดแต่ละประเภทข้อมูลตัวแปร.....	19
ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของความสามารถการเคลื่อนไหว ส่วนของร่างกายในท่าทางต่างๆ.....	24
ตารางที่ 2.4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความ สามารถในการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในท่าทางต่างๆ ระหว่างเพศหญิงและชาย.....	25
ตารางที่ 4.1 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยใช้อำนาจในการทดสอบสมมติฐานเป็น 95%.....	49
ตารางที่ 4.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยใช้อำนาจในการทดสอบสมมติฐานเป็น 99%.....	49
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในแต่ละมุม.....	50
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (%Accuracy) ในค้ำมุมต่างๆ.....	51
ตารางที่ 4.5 ค่าทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ 95%	52
ตารางที่ 4.6 ค่าทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ 99%	55
ตารางที่ 4.7 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล.....	56

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น	5
รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมส	6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก	7
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง	8
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง	9
รูปที่ 2.6 การแบ่งประเภทของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง	10
รูปที่ 2.7 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I2C	11
รูปที่ 2.8 ลักษณะโปรแกรม Putty	13
รูปที่ 2.9 ชนิดและรูปทรงของข้อต่อกระดูกในส่วนต่างๆ ของร่างกาย	21
รูปที่ 2.10 ลักษณะของเครื่องวัดมุม	22
รูปที่ 2.11 รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายที่จุดต่อต่างๆ	23
รูปที่ 2.12 การทดลองโดยใช้เซนเซอร์ตรวจสอบการหมุน	26
รูปที่ 2.13 การทดลองโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าการโค้งงอติดกับเสื้อผ้าที่สามารถสวมใส่ได้	27
รูปที่ 2.14 การทดลองโดยเซนเซอร์ Inertial Measurement Units บนหน้าแข้งและต้นขา	27
รูปที่ 2.15 การทดลองที่ใช้ Kinetic Sensor	27
รูปที่ 2.16 ลักษณะการติดอุปกรณ์ที่ต้นขาและหน้าแข้ง	28
รูปที่ 2.17 การสอบเทียบตัวเซนเซอร์จากแกนของหุ่นยนต์	29
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนในการดำเนินงาน	31
รูปที่ 3.2 แผนภูมิการไหลของการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ต้นแบบ	32
รูปที่ 3.3 ลักษณะของเซนเซอร์ Inertial Measurement Unit (g) ลักษณะของโมดูลรุ่น GY-91 (ข) ลักษณะแกนของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม	33
รูปที่ 3.4 ลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	34
รูปที่ 3.5 ลักษณะของลิเทียมโพลิเมอร์แบตเตอรี่ (Lithium-Polymer Battery)	34
รูปที่ 3.6 ลักษณะของกล่องที่ใช้บรรจุตัวอุปกรณ์	35
รูปที่ 3.7 ลักษณะภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 ลักษณะของการต่ออุปกรณ์โดยใช้การสื่อสารแบบ I2C.....	36
รูปที่ 3.9 ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Putty.....	37
รูปที่ 3.10 ลักษณะการรับค่าจากอุปกรณ์ในโปรแกรม Putty.....	38
รูปที่ 3.11 ลักษณะของข้อมูลจากอุปกรณ์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซลภายใต้นามสกุล .csv.....	38
รูปที่ 3.12 ลักษณะการเคลื่อนที่ในลักษณะ Elbow Flexion	39
รูปที่ 3.13 ลักษณะแกนของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม.....	39
รูปที่ 3.14 ลักษณะการติดอุปกรณ์ที่ต้นขาและหน้าแข้ง.....	40
รูปที่ 3.15 แผนภูมิการไหลของข้อมูล.....	42
รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงลักษณะการเลือกว่าต้องการใช้ 1 หรือ 2 อุปกรณ์.....	44
รูปที่ 3.17 หน้าต่างเพื่อเตรียมเข้าสู่การบันทึกค่า.....	44
รูปที่ 3.18 (ก) หน้าต่างแสดงรูปอธิบายประกอบการเลือกแกนในการการวัดมุม (ข) หน้าต่างแสดง ค่ามุมและกราฟที่ได้จากการคำนวณ.....	45
รูปที่ 3.19 หน้าต่างสำหรับเลือกแกนที่ต้องการวัดและกรอกความยาวซึ่งจำเป็นในการคำนวณ.....	46
รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงค่ามุมที่ได้จากการคำนวณ รวมถึงรูปที่แสดงลักษณะการกวาดของอุปกรณ์.....	47
รูปที่ 4.1 วิธีการทดสอบเมื่อเทียบกับโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer).....	50
รูปที่ 4.2 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 30 องศา.....	53
รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 45 องศา.....	53
รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 60 องศา.....	54
รูปที่ 4.5 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 90 องศา.....	54
รูปที่ 4.6 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 180 องศา.....	55
รูปที่ 4.7 คณะผู้จัดทำได้นำอุปกรณ์รวมถึงโปรแกรมไปให้นักกายภาพบำบัดทดลองใช้.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์

พิสัยการเคลื่อนไหว (Range of Motion) คือความสามารถในการเคลื่อนไหวตามแนวการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ข้อต่อใดข้อต่อหนึ่ง ซึ่งพิสัยการเคลื่อนไหวมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก อาทิ การนั่ง การเดิน การวิ่ง หรือการสวมใส่เสื้อผ้า [1] ประโยชน์ที่เราได้จากพิสัยการเคลื่อนไหวนอกเหนือจากการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างสะดวกสบายแล้ว ยังสามารถป้องกันอุบัติเหตุ หรือป้องกันการเจ็บป่วยเนื่องจากสุขภาพร่างกายได้อีกด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อพิสัยการเคลื่อนไหวมีหลากหลายปัจจัย เช่น อายุ ความอ้วน การบาดเจ็บของร่างกายจากการทำงานหรือเล่นกีฬา เป็นต้น ซึ่งอายุเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อพิสัยการเคลื่อนไหว โดยในกลุ่มผู้สูงอายุส่วนมากจะมีปัญหาเกี่ยวกับระบบข้อต่ออีกทั้งความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลให้การเคลื่อนไหวร่างกายทำได้ยากขึ้น ซึ่งอาการเหล่านี้จะเสื่อมไปตามเวลาหรืออายุที่มากขึ้น ทำให้พิสัยการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุเหล่านี้ลดลงไปด้วย [2] จากข้อมูลของระบบสถิติทางการลงทะเบียนการปกครองพบว่าประชากรผู้สูงอายุภายในประเทศในปีพุทธศักราช 2559 มีจำนวนมากกว่า 9 ล้านคนและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น [3] จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการในการวัดหรือทดสอบพิสัยการเคลื่อนไหวเพื่อที่จะได้นำไปสู่การรักษาต่อไป โดยนอกจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นแล้วผู้ป่วยที่เพิ่งเข้ารับการผ่าตัดเกี่ยวกับข้อต่างๆ หรือผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำก็ส่งผลทำให้พิสัยการเคลื่อนไหวของร่างกายเสื่อมลงได้ด้วยเช่นกัน [4], [5]

ในปัจจุบันเครื่องมือที่นักกายภาพบำบัดใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวในเบื้องต้นคือ เครื่องวัดมุม (Goniometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วัดมุมของข้อต่อต่างๆโดยอาศัยการอ่านค่าตัวเลขด้วยสายตา ทำให้มีข้อจำกัดเกิดขึ้นคือผู้ที่อ่านค่าหรือผู้วัดต้องอาศัยความชำนาญในการวัดและอ่านค่า อีกทั้งยังมีความแปรปรวนในการวัดสูง ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเครื่องวัดมุมมีความแม่นยำต่ำ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ทางผู้จัดทำเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับพิสัยการเคลื่อนไหวของร่างกาย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 1 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงต้องการลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่านข้อมูลโดยใช้สายตา และหาวิธีเพื่อสนับสนุนนักกายภาพบำบัดให้สามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น จึงได้จัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น ซึ่งเป็นการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหวที่มีความแม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

ในการจัดทำปฏิญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว มีจุดประสงค์ในการจัดทำอยู่ 3 ประการ ดังนี้

1. เพื่อใช้ประโยชน์จากความรู้เกี่ยวกับเรื่องปัจจัยของมนุษย์ (Human Factors) ในการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบและโปรแกรมที่ใช้ควบคู่กันอย่างเหมาะสม
2. เพิ่มประสิทธิภาพในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวให้มีความแม่นยำมากขึ้น
3. ช่วยนักกายภาพบำบัดให้สามารถวัดพิสัยการเคลื่อนไหวของร่างกายผู้ป่วยได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

ในการจัดทำปฏิญานิพนธ์ ได้กำหนดขอบเขตเพื่อจำกัดหรือวางกรอบของปัญหาให้เด่นชัดมากขึ้น โดยขอบเขตของการจัดทำมีอยู่ 3 ประการ ดังนี้

1. สร้างอุปกรณ์ในการวัดการเคลื่อนไหวโดยใช้อุปกรณ์วัดความเฉื่อย (Inertial Measurement Unit, IMU)
2. สร้างโปรแกรมเพื่อรองรับสัญญาณและใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวควบคู่กับอุปกรณ์ต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Visual Basic.NET
3. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของอุปกรณ์ต้นแบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการจัดทำปฏิญานิพนธ์นี้ คาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการจัดทำอยู่ 2 ประการ ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถใช้งานได้จริงและมีประโยชน์กับผู้ป่วย รวมถึงสนับสนุนการทำงานของนักกายภาพบำบัดได้จริง
2. ผู้ที่พบเห็นจะเล็งเห็นถึงความสำคัญของพิสัยการเคลื่อนไหวของร่างกาย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 2 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นกรออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัยการเคลื่อนไหว โดยทำการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ รวมถึงเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมกับอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว ซึ่งทางที่มผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำอุปกรณ์ต้นแบบ การเขียนโปรแกรมเพื่อรับสัญญาณและการแสดงผลบนหน้าจคอมพิวเตอร์ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปฏิญานิพนธ์ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 เซนเซอร์
- 2.2 I2C Bus
- 2.3 โปรแกรมฟุตตี้
- 2.4 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน
- 2.5 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic.NET
- 2.6 การเคลื่อนไหวของร่างกาย
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซนเซอร์

2.1.1 ความหมายของเซนเซอร์

เซนเซอร์ (Sensor) หมายถึงอุปกรณ์ที่ตรวจจับและตอบสนองข้อมูลจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งข้อมูลที่รับเข้ามาสามารถเป็นได้ทั้ง แสง ความร้อน การเคลื่อนไหว ความชื้น ความเร็วหรือปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ โดยทั่วไปแล้วสัญญาณที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์จะแปลงเป็นข้อมูลที่ปรากฏอยู่บนหน้าจอ ซึ่งมนุษย์สามารถอ่าน และเข้าใจได้ง่าย เซนเซอร์ได้ถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในการตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ เพื่อนำไปแสดงผลการตรวจวัดหรือจัดเก็บบันทึกเป็นข้อมูลในระบบการวัด

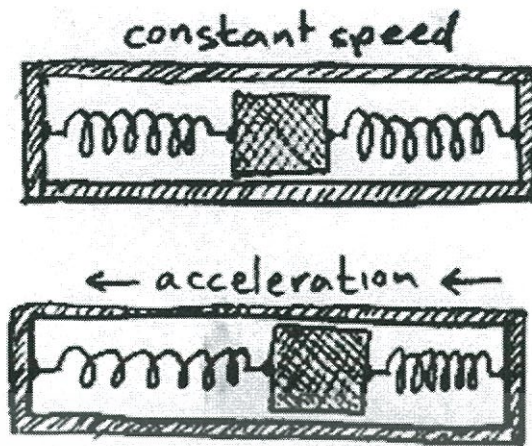
2. ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมสภาพของกระบวนการ ใช้เพื่อตรวจวัดข้อมูลที่เป็นตัวแปรทางฟิสิกส์ ซึ่งส่วนมากจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อแสดงสถานะหรือสภาพของระบบในขณะที่ปฏิบัติการ เช่น เซนเซอร์วัดความเร็วในรถยนต์ และมีเตอร์วัดความเร็ว เป็นต้น โดยทั่วไปสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์จะถูกป้อนไปเป็นข้อมูลให้กับอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการของระบบ เพื่อให้การทำงานของระบบเป็นไปตามที่ผู้ใช้งานต้องการ [6]

2.1.2 เซนเซอร์ Inertial Measurement Unit

เซนเซอร์ Inertial Measurement Unit หรือเซนเซอร์ IMU เป็นระบบที่บรรจุอยู่ในระบบนำร่องด้วยแรงเฉื่อย (Inertial Navigation System, INS) ใช้ในการวัดและรายงานความเร่งเชิงเส้น ความเร็วเชิงมุม และสนามแม่เหล็กที่อยู่รอบๆ อุปกรณ์ โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้เซนเซอร์ชนิดนี้กับอุตสาหกรรมการบินและยานอวกาศ เช่น ดาวเทียม ยานยนต์ไร้คนขับ (UAVs) เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันเซนเซอร์ IMU จะถูกใช้ควบคู่กับระบบ GPS โดยเซนเซอร์ IMU จะทำงานเมื่อ GPS ไม่สามารถทำงานได้ อาทิ ในอุโมงค์ ในอาคาร หรือเมื่อมีสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์รบกวน [7] ซึ่งเซนเซอร์ IMU จะมีลักษณะเป็นกล่องโดยภายในบรรจุส่วนประกอบหลัก 3 อย่าง คือเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer), เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) และ เซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก (Magnetometer) โดยเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมจะมีอย่างละ 3 ตัว โดยจะถูกติดตั้งเข้าไปในแต่ละแนวแกนที่ต้องการวัดซึ่งแต่ละแนวแกนจะตั้งฉากกันเพื่อใช้สำหรับการวัดความเร่งและความเร็วใน 3 ทิศทาง โดยองค์ประกอบต่างๆ ของเซนเซอร์ IMU จะมีหน้าที่ดังนี้

2.1.2.1 เซนเซอร์วัดความเร่ง

เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความเร่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง เซนเซอร์วัดความเร่งมี 2 แบบคือ แบบเชิงกลและแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยเซนเซอร์นี้จะตอบสนองต่อความเร่งด้วยการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมาซึ่งแปรผันตามค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้ อีกทั้งยังเป็นเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ซึ่งเมื่อเอียงไปทางซ้ายขวา หรือในทิศทางอื่นๆ จะกลับการแสดงผลหน้าจอให้ตรงกับแนวแกนที่เคลื่อนที่หรือเอียงในขณะนั้น โดยหลักการของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 2.1



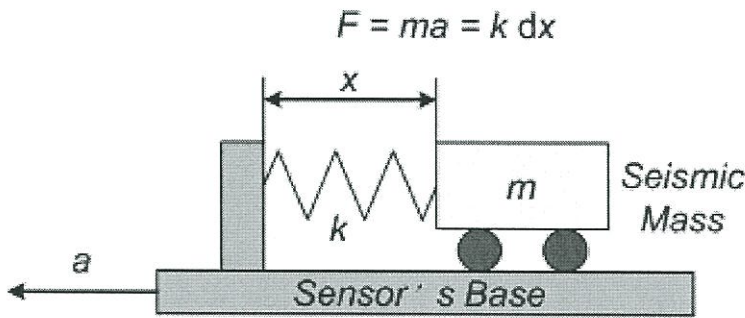
รูปที่ 2.1 หลักการของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น [8]

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงได้ว่า ขณะนี้อุปกรณ์อยู่ในสถานะนิ่งเฉย (Static) หรือเคลื่อนไหวทันทีทันใดหรือหยุดทันทีทันใด (Dynamic) ทำให้เซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นเป็นเซนเซอร์สำหรับบอกสถานการณ์เอียง (Tilt Sensor) ได้อีกด้วย โดยสามารถแบ่งลักษณะการตรวจวัดของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นได้ 2 ลักษณะ คือ

- การตรวจวัดการช็อก (Shock) คือการตรวจวัดอัตราเร่งขนาดมหาศาลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ หรือการตรวจวัดการสั่นสะเทือน (Vibration) หรือการตรวจวัดอัตราเร่งขนาดเล็กที่เกิดขึ้นซ้ำกันไปเรื่อยๆ
- การตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการระบุตำแหน่ง ความเร็ว และระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่

การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการวัดความเร่งจำเป็นต้องทราบถึงวิธีการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ อย่างละเอียดเพื่อที่จะสามารถนำไปเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งโดยปกติแล้วอุปกรณ์วัดความเร่งจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

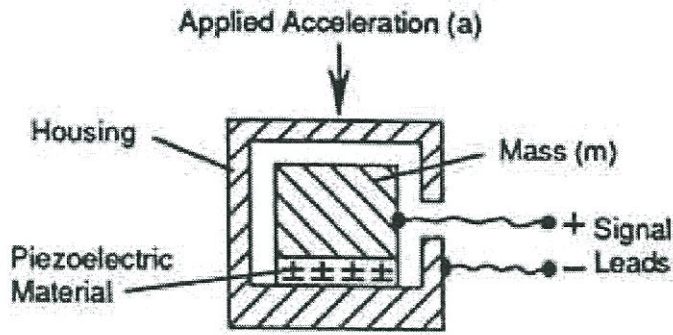
1. อุปกรณ์วัดอัตราเร่งแบบไซสมิกแมส (Seismic Mass Accelerometer) อาศัยหลักการตรวจวัดระยะการกระจัดเชิงเส้นแล้วนำไปคำนวณหาอัตราเร่งที่เกิดขึ้น ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายได้คือ วัตถุชิ้นหนึ่งจะมีความเร่งได้ต้องมีแรงกระทำ โดยยิ่งมีแรงกระทำมากก็จะมี ความเร่งมาก ในขณะเดียวกันแรงต้านการเคลื่อนที่ก็จะมากด้วย นอกจากนี้เมื่อมีแรงมาทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ จะทำให้เกิดระยะการกระจัดซึ่งแปรผันตรงกับแรงที่มากกระทำกับวัตถุ จากความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมาถูกนำไปใช้เป็นหลักการพื้นฐานของอุปกรณ์วัดอัตราเร่งแบบไซสมิกแมสในการตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุ



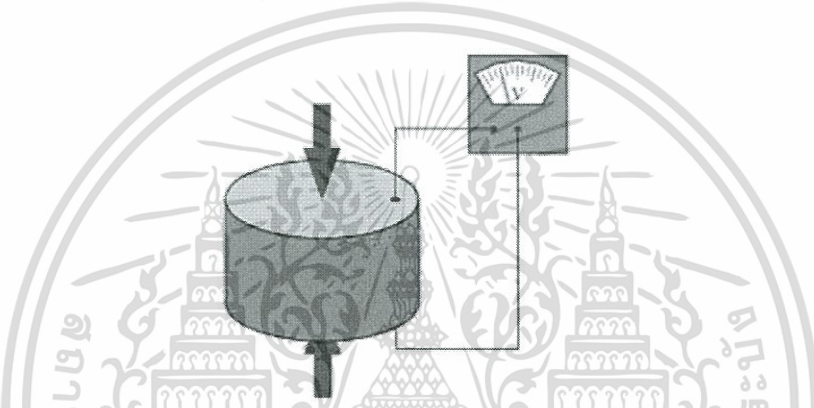
รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมส [9]

จากรูปที่ 2.2 โครงสร้างนี้มีมวล m ที่เรียกว่ามวลตรวจการสั่นไหว (Seismic Mass) ยึดติดอยู่กับสปริงที่มีค่าคงที่สปริง (Spring Constant) เท่ากับ k และมวลนี้สามารถเคลื่อนที่ในแนวระดับได้ ซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่ออัตราเร่งของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะกระจัดของมวล m มีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะแปรผันตาม เมื่ออัตราเร่งของวัตถุมีค่าลดลงทำให้มวล m เคลื่อนที่ไปดันสปริงเมื่ออัตราเร่งของวัตถุหยุดลงจะทำให้มวล m เคลื่อนที่กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิม (ตำแหน่งอ้างอิง) โดยในทางปฏิบัติสามารถวัดระยะกระจัดของมวล m ได้โดยอาศัยอุปกรณ์วัดอีกชนิดหนึ่งคือ มิเตอร์วัดระยะกระจัดเชิงเส้น (LVDT, Potentiometer) ซึ่งอุปกรณ์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมสจะนิยมใช้ในการตรวจวัดลักษณะการช็อก (Shock) และลักษณะการสั่นสะเทือน (Vibration) ที่มีความถี่ต่ำมากๆ เช่น ในเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว หรือในเครื่องมือตรวจวัดการปะทุใต้ดินของภูเขาไฟ เป็นต้น

2. อุปกรณ์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของผลึกเพียโซอิเล็กทริกถูกค้นพบโดย Pierre และ Jacques Curie ในปี ค.ศ.1880 ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อถูกแรงทางกลมากระทำผลึกจะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมาและเป็นสัดส่วนกับแรงกระทำนั้น โดยคุณสมบัติพิเศษนี้ถูกดัดแปลงและนำไปใช้สร้างอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ซึ่งผลึกเพียโซอิเล็กทริกที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ ผลึกควอตซ์และผลึกโซเดียมโพแทสเซียมโพแทสเซียมตาเตรต (Sodium Potassium Tartrate) เพราะมีความทนทานต่อแรงที่มากกระทำและราคาไม่แพง โดยโครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกแสดงดังรูปที่ 2.3



Basic Accelerometer



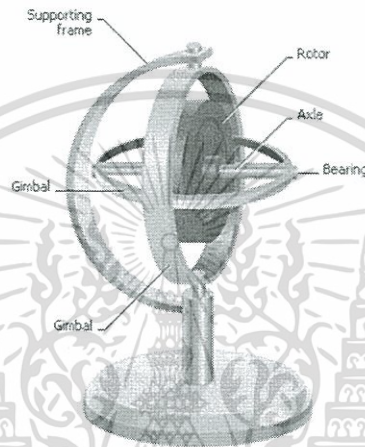
รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก [9]

หลักการการทำงานของอุปกรณ์การวัดความเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกคือ เมื่อมวลเกิดอัตราเร่ง (ถูกกด) จะส่งผ่านแรงกดไปกระทำกับผลึกที่ยึดติดอยู่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้น และสายสัญญาณจะนำสัญญาณออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยที่เอาต์พุตจะต้องมีวงจรขยายประจุไฟฟ้า (Charge Amplifier) เพื่อขยายค่าประจุไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแรงดันเอาต์พุตตามสัดส่วนของอัตราเร่งที่เกิดขึ้น อุปกรณ์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกตอบสนองต่อความถี่สูงได้ดีซึ่งจะทำให้ตอบสนองที่ความถี่ต่ำได้ไม่ตึงอีกทั้งมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา และสามารถใช้งานที่มีอัตราเร่งสูงได้ถึง $250,000 \text{ m.s}^{-2}$ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับทัชสกรีน (Touch Screen) ที่ใช้เซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นในการตรวจจับการเคลื่อนไหวนิ้วมือของผู้ใช้เมื่อนิ้วลากบนหน้าจออย่างรวดเร็ว อุปกรณ์วัดความเร่งจะจับความเร่งตามที่นิ้วเคลื่อนไหวแล้วส่งให้หน้าจอเลื่อนไปตามความเร่งที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา7และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

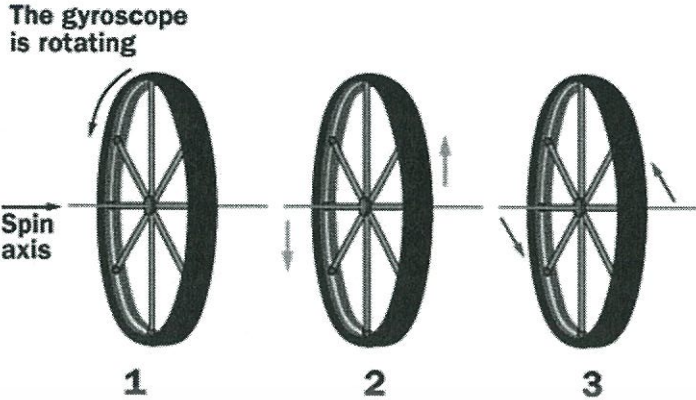
2.1.2.2 อุปกรณ์วัดสภาพการเอียง

อุปกรณ์วัดสภาพการเอียง (Gyroscope) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยความเฉื่อยของล้อหมุนเพื่อช่วยรักษาทิศทางของแกนหมุน ประกอบด้วยล้อหมุนที่บรรจุอยู่ในกรอบทำให้สามารถเอียงในทิศทางที่หลากหลายได้โดยอิสระ โดยจะระบุทิศทางเดิมเสมอเมื่อไม่มีแรงบิด (Torque) มากระทำ นิยมนำมาใช้สำหรับตรวจวัดสภาพการเอียงของวัตถุ เช่น เครื่องบิน เรือ หุ่นยนต์ จรวด หรือจรวดดาวเทียม เป็นต้น โดยส่วนประกอบพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียงแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง [10]

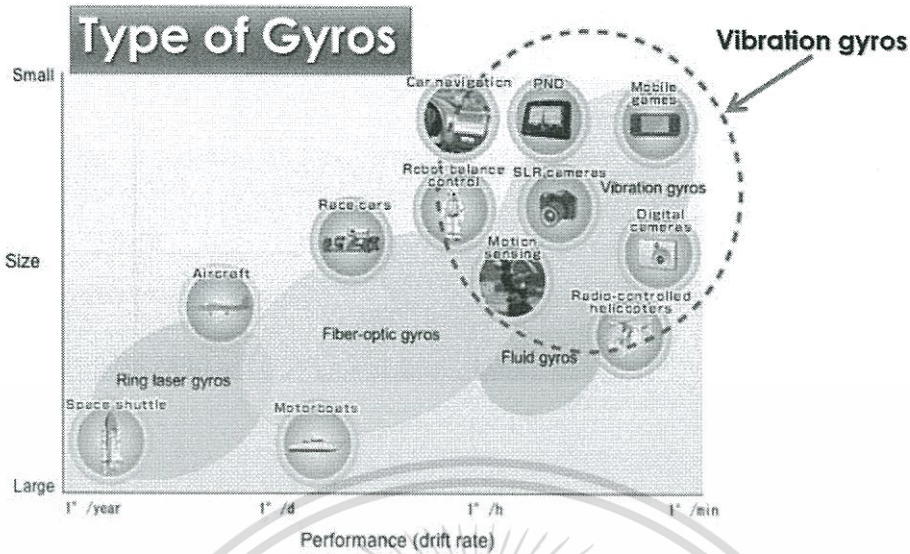
อุปกรณ์วัดสภาพการเอียงถูกคิดค้นขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1852 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ฌอง โบนาปาร์ต เลอง ฟูโกลต์ (Leon Foucault) โดยประดิษฐ์ล้อที่ติดตั้งอยู่ในวงแหวนที่หมุนได้ เมื่อหมุนล้อนั้น ล้อจะหมุนในทิศทางเดิมในอากาศ โดยไม่ขึ้นอยู่กับการเอียงของกรอบหรือวงแหวนที่ล้อมรอบอยู่ซึ่งทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถเป็นเครื่องบ่งชี้ทิศทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง [10]

จากรูปที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง เมื่อวงล้ออยู่นิ่ง ล้อจะห้อยลงตามลักษณะที่ผูกเชือกไว้ เมื่อทำการหมุนล้อล้อจะสามารถคงสภาพได้เหมือนอยู่ในสภาวะไร้น้ำหนัก ทั้งนี้เป็นเพราะการทำงานของอุปกรณ์เป็นไปตามกฎของนิวตันคือ มวลจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่เมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ โดยเมื่ออุปกรณ์หมุนไป 90 องศาจุดบนจะเปลี่ยนตำแหน่ง 90 องศาและเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ในขณะที่เดียวกันจุดล่างจะหมุนขึ้นมา 90 องศาจะเคลื่อนที่ไปทางขวาทำให้วงล้อเกิดการหมุนควงโดยไม่เกิดการพลิกของล้อ ดังนั้นแกนหมุนจะอยู่กับที่ตลอดเวลา เมื่อนำคุณสมบัติของอุปกรณ์ไปสร้างอุปกรณ์วัดระดับจะสามารถวัดได้ว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์วัดสภาพการเอียงมีการเอียงไปจากตำแหน่งเดิมแค่ไหน ซึ่งกรอบที่ล้อมรอบจะสามารถบอกมุมที่เปลี่ยนไปได้ โดยในปัจจุบันอุปกรณ์วัดสภาพการเอียงมีให้เลือกหลากหลายชนิดซึ่งมีหลักการทำงานและราคาที่แตกต่างกันไป โดยประเภทที่นิยมนำมาใช้กันคือ Vibratory MEMS Gyroscope เนื่องจากมีขนาดเล็ก มีลักษณะการใช้งานง่ายและราคาไม่แพง รวมถึงเหมาะกับการใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยอุปกรณ์วัดสภาพการเอียงสามารถแบ่งประเภทได้ตามรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 9 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การแบ่งประเภทของอุปกรณ์วัดสภาพการเอียง [11]

2.2 บัส I2C

บัส I2C (Inter-IC Communication) หมายถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I2C ได้รับการพัฒนาโดยบริษัทฟิลิปส์ (Philips) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายคือต้องการไอซี (IC) หรือโมดูล (Modules) ที่สามารถติดต่อ สิ่งงาน รวมถึงควบคุมได้ภายในสายสัญญาณเพียง 2 เส้น โดยเส้นหนึ่งคือสายสัญญาณนาฬิกาใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงานหรือเรียกว่าสายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม หรือ SCL (Serial Clock line) และอีกเส้นหนึ่งคือสายข้อมูลบนบัส I2C หรือเรียกได้ว่าสายข้อมูลอนุกรม หรือ SDA (Serial Data line) ในการใช้งานต้องกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัว โดยจำเป็นต้องใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสถานะโลจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

2.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I2C

สายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกา เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (Bi-Directional line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานกับแรงดันไว้ตลอดเวลาเพื่อให้สายสัญญาณทั้ง 2 เส้นมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ยังไม่มี การติดต่อใช้งานและช่วยป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุตของ อุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I2C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรทรานเปิด (Open-Drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open-Collector) อัตราการถ่ายเทข้อมูลบนบัส I2C มีขนาด 100-400 กิโลบิตต่อวินาที อุปกรณ์ ที่ต่อร่วมบนบัส I2C จะต้องมีความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสายข้อมูล และสายสัญญาณนาฬิกาไม่เกิน 400 pf

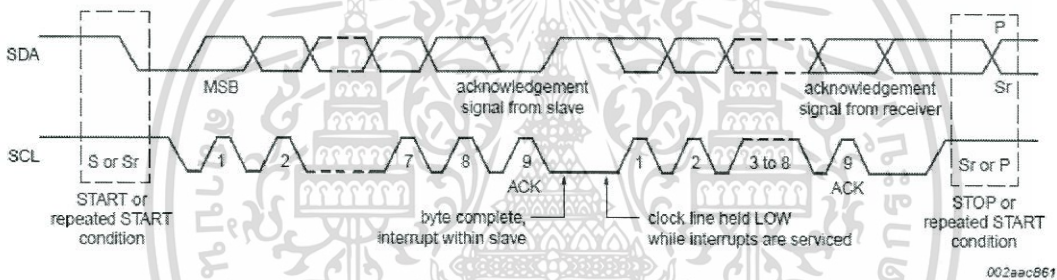
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 10.จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 หลักการของบัส I2C

บัส I2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นคือสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกา อุปกรณ์ที่สามารถต่อกับบัสนี้ได้หลากหลายจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัสเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่และอุปกรณ์ใดเป็นตัวรับหรือส่ง โดยอุปกรณ์บนบัส I2C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและส่งซึ่งบางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียวแต่จะไม่มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งอย่างเดียว

- ข้อกำหนดสำคัญ 2 ประการของการติดต่อภายในบัส I2C คือ
1. การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น
 2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สายสัญญาณนาฬิกามีสถานะลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ โดยถ้ารักษาข้อมูลไว้ไม่ได้สัญญาณที่เกิดขึ้นจะถูกทำให้เป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.2.3 ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของบัส I2C



รูปที่ 2.7 สถานะที่เกิดขึ้นบนบัส I2C [12]

จากรูปที่ 2.7 แสดงสถานะที่เกิดขึ้นบนบัส I2C มีด้วยกัน 5 สถานะ ดังนี้

1. บัสว่าง (Bus Not Busy) สถานะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสายข้อมูลและสายสัญญาณมีลักษณะลอจิกสูงทั้งคู่ โดยมีหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้
2. เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล (Start Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสายข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกจากสูงไปต่ำในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีสถานะลอจิกสูง
3. ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (Data Valid) สถานะนี้เกิดขึ้นถัดจากสถานะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสายข้อมูลคือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์สถานะลอจิกที่ขาของสายข้อมูลต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สายสัญญาณนาฬิกามีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์ที่ควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสถานะหยุดหรือสถานะเริ่มต้นก็ได้ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 11 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รับรู้ข้อมูล (Acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากการถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับ โดยตัวส่งข้อมูลจะทำการส่งข้อมูล 1 บิตหรือเรียกว่าบิตรับรู้ (Acknowledge Bit) ซึ่งมีสถานะเป็นลอจิกสูงหลังการส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์ที่ควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือกำลังติดต่อยู่ในขณะนั้นจะเกิดบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำเพื่อตอบสนองว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

5. หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (Stop Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสายข้อมูล มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สายสัญญาณนาฬิกามีสถานะลอจิกสูง

2.3 โปรแกรม Putty

โปรแกรม Putty เป็นโปรแกรมลูกข่ายที่ใช้เชื่อมต่อไปยังเครื่องผู้ให้บริการผ่านโปรโตคอล (Protocol) Telnet หรือ SSH (Secure Shell) โดยโปรแกรม Putty กำเนิดขึ้นในปี ค.ศ.1997 จนถึงปัจจุบัน เป็นโปรแกรมที่มีหน้าที่ในการติดต่อ เชื่อมต่อทางไกลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง โดยวิธีการ Telnet หรือ Secure Shell (SSH) จากเครื่องลูก (Client) ในการเข้าไปจัดการ พิมพ์คำสั่ง หรือส่งคำสั่งในเครื่องแม่ (Server) ด้วยระบบ Command-Line Interface ซึ่งเปรียบเสมือนทำในเครื่องแม่โดยที่ไม่ต้องทำในเครื่องนั้นจริงๆ [13] โดยโปรแกรม Putty มีประโยชน์และข้อดีดังนี้

- เป็นโปรแกรมฟรี และโปรแกรมมีขนาดเล็ก
- รองรับการเชื่อมต่อเครื่องผู้ให้บริการได้หลายรูปแบบ
- ง่ายต่อการใช้งาน และง่ายต่อการตั้งค่าต่างๆ ของการเชื่อมต่อ
- เหมาะสมกับผู้ใช้งานทุกระดับ

2.3.1 กระบวนการการเข้าใช้ทรัพยากรจากระยะไกล [14]

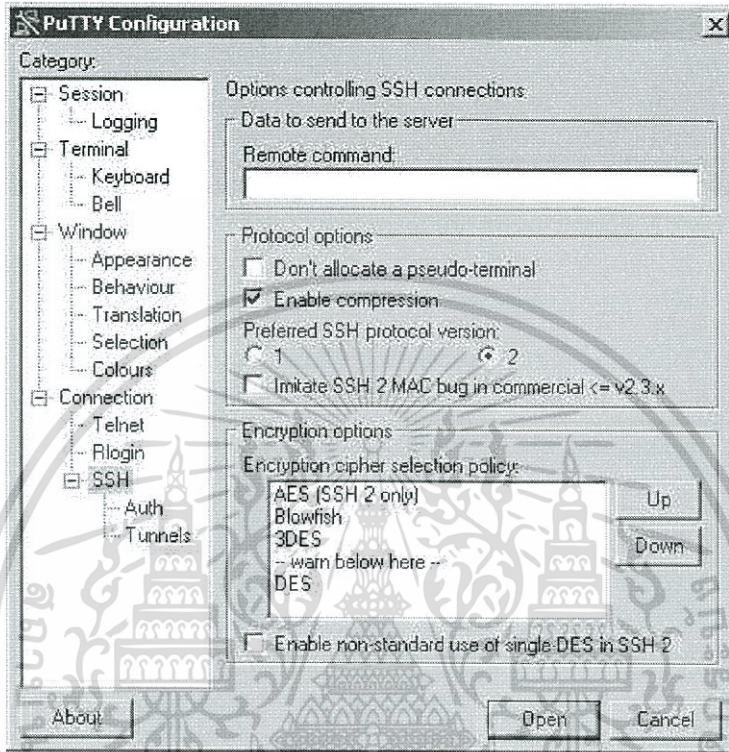
1. SSH (Secure Shell, RFC 4250-4256) เป็นโปรโตคอลการเชื่อมต่อที่มีความปลอดภัยมากกว่า Rlogin หรือ Telnet นอกจากนี้การยืนยันตัวตน (Authentication) มีความปลอดภัยมากขึ้นเนื่องจากการเข้ารหัสที่เรียกว่า Public Key Cryptography รวมถึงสนับสนุนการทำงานอื่นๆ เช่น Tunneling, TCP port forwarding และ X11 Connection และสามารถโอนย้ายแฟ้มต่างๆ โดยใช้งานร่วมกับโปรโตคอล SFTP และ SCP ได้

2. Rlogin (RFC 1282) เป็นโปรโตคอลเชื่อมต่อที่ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูล โดยใช้งานผ่าน Port 513 และสามารถทำการเข้าสู่ระบบ (Login) โดยไม่ต้องใส่รหัสผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 12 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Telnet (RFC 854) ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูลเช่นเดียวกับ Rlogin แต่ใช้งานบน Port 23 และการเข้าสู่ระบบ (Login) ต้องมีการใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน

2.3.2 วิธีการใช้งาน Putty



รูปที่ 2.8 ลักษณะโปรแกรม Putty [15]

จากรูปที่ 2.8 สามารถอธิบายการใช้งานของโปรแกรมได้ดังนี้ [13], [14], [16]

1. Session เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกำหนดเครื่องปลายทางที่จะเชื่อมต่อ โดยจะต้องใส่หมายเลขไอพี (IP Address) ของเครื่องปลายทาง, พอร์ต (Port) ที่จะเชื่อมต่อและรูปแบบของการเชื่อมต่อ ซึ่งได้แก่ Raw, Telnet, Rlogin, SSH และ Serial
2. Terminal เป็นการกำหนดรูปแบบหรือคุณลักษณะทางคีย์บอร์ด และการจัดการตัวอักษรผ่านทาง Putty Terminal กับเครื่องปลายทางนั้นๆ
3. Window เป็นการกำหนดคุณลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม การแสดงผล และจำนวนบรรทัดที่ต้องการให้แสดงผลได้
4. Connection เป็นส่วนกำหนดลักษณะการเชื่อมต่อแบบต่างๆที่ผู้ใช้งานต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 13 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน

ไพธอน (Python) คือ ภาษาระดับสูงที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมอีกภาษาหนึ่งที่มีความสามารถสูง และใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ถูกสร้างขึ้นโดยนักพัฒนาโปรแกรมที่มีชื่อว่า Guido Van Rossum ภาษาไพธอนได้รับอิทธิพลมาจากภาษา ABC ซึ่งมีความสามารถในการจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Exception Handling) ได้ดีและนำความสามารถที่โดดเด่นของภาษาระดับสูงอื่นๆ มาประยุกต์ดัดแปลงเปลี่ยนแปลงอีกด้วย ส่งผลให้ภาษาไพธอนเป็นที่นิยมและใช้งานอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นภาษาที่สามารถเรียนรู้ได้อย่างง่ายดาย รวดเร็ว รูปแบบการเขียนโปรแกรมมีความกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพสูง จากการนำเอาคุณลักษณะที่โดดเด่นของภาษาอื่นๆ มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอด จึงทำให้ถูกเรียกว่าเป็นภาษาที่มีหลายมุมมอง (Multi-Paradigm Languages) ซึ่งเป็นการผสมผสานรวมเอาแนวความคิดในการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบต่างๆ ไว้ด้วยกัน

2.4.1 คุณสมบัติและความสามารถของภาษาไพธอน

ไพธอนถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ขึ้นกับแพลตฟอร์ม (Platform Independent) หรือสามารถทำงานได้ในหลายระบบ เช่น ระบบปฏิบัติการตระกูลวินโดวส์ (Windows NT, 2000, 2008, XP, 7, 8, 8.1) ตระกูลยูนิกซ์-ลินุกซ์ (Unix, Linux) และตระกูลแมค (Macintosh) ภาษาไพธอนเป็นซอฟต์แวร์เสรี (Open Source Software) เหมือนภาษาพีเอชพี (PHP) ทำให้ทุกคนสามารถนำไพธอนมาพัฒนาโปรแกรมได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และด้วยคุณสมบัติความเป็นซอฟต์แวร์เสรีทำให้มีโปรแกรมเมอร์ทั่วโลกสามารถร่วมมือกันพัฒนาให้ไพธอนมีความสามารถสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้สามารถครอบคลุมงานในลักษณะต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง สามารถสรุปคุณสมบัติและความสามารถของภาษาไพธอนได้ดังต่อไปนี้

1. ภาษาไพธอนถูกสร้างขึ้นมาจากภาษาซี ทำให้ไวยากรณ์ทางภาษาล้ำกับภาษาซี ดังนั้นผู้ที่เคยเขียนโปรแกรมภาษาซีสามารถปรับตัวในเขียนภาษาไพธอนได้ง่าย

2. ภาษาไพธอนเป็นภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ (Readability) เขียนโปรแกรมได้กระชับ (Writability) เนื่องจากมีโครงสร้างของภาษาที่ไม่ซับซ้อนสามารถเข้าใจได้ง่าย เป็นภาษาที่มีความเสถียร (Reliability) และความยืดหยุ่นสูง (Flexibility)

3. มีความสามารถในการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติ (Garbage Collection) สามารถบริหารจัดการพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้งานทำให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การแปลภาษาของไพธอนเป็นแบบประมวลผลทีละบรรทัด ทำให้ใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมและการคอมไพล์ไม่มาก เหมาะกับงานด้านการดูแลระบบ (System Administration) เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา¹⁴ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไวยากรณ์อ่านง่าย เนื่องจากภาษาไพธอนได้กำจัดการใช้สัญลักษณ์ที่ใช้ในการกำหนดขอบเขตของโปรแกรมออกไปโดยใช้การย่อหน้าแทนทำให้สามารถอ่านโปรแกรมที่เขียนได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการเขียน Docstring ซึ่งเป็นข้อความสั้นๆ ที่ใช้อธิบายการทำงานของฟังก์ชันคลาสและโมดูลได้
6. ภาษาไพธอนถูกสร้างขึ้นโดยรวบรวมคุณสมบัติที่โดดเด่นของภาษาต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน อาทิ ภาษา C, C++, Java, Perl, ABC, Modula-3, Matlab, ANSI C, Lisp, Smalltalk และ Tcl เป็นต้น
7. ภาษาไพธอนสนับสนุนการประมวลผลทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
8. ไพธอนมีฟังก์ชันที่สนับสนุนการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลได้หลากหลายชนิด เช่น MySQL, Sybase, Oracle, Informix, ODBC และอื่นๆ
9. ไพธอนนำเสนอโครงสร้างตัวแปรใหม่ (Built-in Object Types) เพื่อให้ผู้เขียนโปรแกรมสะดวกในการพัฒนางานมากขึ้น เช่น ลิสต์ (List), ดิกชันนารี (Dictionary), ทัพลี (Tuple) หรือเซต (Set) เป็นต้น ซึ่งโครงสร้างตัวแปรใหม่เหล่านี้มีความง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง
10. ภาษาไพธอนเป็นภาษาประเภท Server Side Script คือ ภาษาไพธอนจะทำงานด้านฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) แล้วส่งผลลัพธ์กลับมาฝั่งลูกข่าย (Client) ทำให้มีความปลอดภัยสูง
11. มีเครื่องมือสำหรับสร้าง Internet Script หรือ CGI Script สำหรับเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านซ็อกเก็ต (Sockets API) จึงทำให้สามารถเชื่อมต่อและใช้งานแอปพลิเคชันต่างๆ แบบระยะไกลได้ เช่น FTP, Gopher, SSH เป็นต้น
12. ภาษาไพธอนใช้พัฒนาเว็บเซอร์วิส (Web Service) รวมทั้งให้บริการการสร้างเว็บไซต์สำเร็จรูปที่เรียกว่า Content Management Framework (CMF)
13. ไพธอนอนุญาตให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถสร้าง Dynamic Link Library (DLL) จากภาษาอื่นๆ เพื่อใช้งานร่วมกับไพธอนได้ เช่น .dll ของวินโดวส์ เป็นต้น
14. ไพธอนสามารถใช้สำหรับสร้างอินเตอร์เฟซซึ่งก็คือ Tkinter API ที่ได้รับอิทธิพลมาจาก Tcl/Tk ที่ทำงานบนยูนิกซ์มาก่อน ซึ่งสนับสนุนกราฟฟิกของ X windows, วินโดวส์ หรือ Macintosh จุดเด่นที่สำคัญของการใช้ Tkinter API คือช่วยให้ผู้พัฒนาโปรแกรมไม่จำเป็นต้องแก้ไขรหัสต้นฉบับเมื่อนำไปทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ¹⁵ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ไพธอนมีไลบรารีที่สนับสนุนงานด้านการสร้างภาพกราฟฟิกและการประมวลผลภาพ (Image Processing) มากมาย เช่น การปรับความคมชัดของภาพ การอ่านไฟล์ภาพขนาดใหญ่ การบันทึกไฟล์ในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

16. ไพธอนสนับสนุนการทำงานแบบ Dynamic Typing คือสามารถเปลี่ยนชนิดของข้อมูลได้ง่ายและสะดวก

17. สนับสนุนให้สามารถเขียนโปรแกรมจาวาร่วมกับไพธอนได้โดยใช้ Jython โดยทำงานอยู่บน Java Virtual Machine (JVM)

18. สนับสนุนการเขียนโปรแกรมร่วมกับ .NET Framework ของไมโครซอฟต์โดยการใช้ IronPython

19. ไพธอนสนับสนุนการสร้างเอกสาร PDF โดยไม่ต้องติดตั้ง Acrobat Writer

20. ไพธอนสนับสนุนการสร้าง Shockwaves Flash (SWF) โดยไม่ต้องติดตั้ง Macromedia Flash

2.4.2 โครงสร้างการเขียนโปรแกรมไพธอน

โดยปกติของภาษาในการเขียนโปรแกรมทั่วไปทุกโปรแกรมจะมีฟังก์ชันหลักที่เรียกว่า Main Function ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ควบคุมการทำงานของคำสั่ง และฟังก์ชันย่อยอื่นๆ ในโปรแกรม ยกตัวอย่าง Main Function ในโปรแกรมภาษา C ดังต่อไปนี้

```
void doit ( int x ) { x = 5; }  
  
int main ( ) {  
    int z = 27;  
    doit(z);  
    printf('z is now %d\n', z);  
    return 0; }
```

สำหรับภาษาไพธอนจะมีหรือไม่มีฟังก์ชัน Main ก็ได้ โดยไพธอนจะคิดว่าฟังก์ชัน Main เป็นเพียงฟังก์ชันทั่วไปไม่ได้มีความหมายเหมือนในภาษาระดับสูงอื่นๆ เช่น C/C++ หรือ Java เป็นต้น โดยในตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาไพธอน [17]

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน

ขอบเขต	ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมไพธอน	ความหมาย
1	<code>#!/usr/bin/python</code>	คอมเมนต์ หรือประกาศตัวแปลภาษา
2	<code>import sys, getopt</code>	นำเข้าไลบรารี หรือคลาสของไพธอนมาใช้งาน
3	<pre>def display(): print("Python programming") def main() : print("I'm the Main function") display() if __name__ == "__main__": main()</pre>	ประกาศตัวแปร ฟังก์ชัน และคำสั่งควบคุมต่างๆ รวมถึงฟังก์ชัน Main ด้วย

2.5 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic.NET

Visual Basic.NET (VB.NET) เป็นภาษาในการเขียนโปรแกรมแบบ Event-Driven Programming หรือการเขียนโปรแกรมที่ขึ้นกับเหตุการณ์ โดยภาษา Visual Basic นั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้และการทำงาน โดยถูกพัฒนามาจากภาษา Basic ซึ่งเป็นภาษาเขียนโปรแกรมที่เข้าใจง่ายสำหรับผู้เริ่มต้นภาษา Visual Basic สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมแบบ Rapid Application Development (RAD) และ Graphical User Interface (GUI) การเข้าถึงฐานข้อมูล และอื่นๆ ที่ทำงานภายใต้ .NET Framework อีกทั้งยังสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างเต็มรูปแบบ และยังคงถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว สามารถสร้างโปรแกรม GUI อย่างง่ายไปจนถึงซับซ้อน [18]

2.5.1 โครงสร้างของภาษา Visual Basic

พื้นฐานในการเขียนโปรแกรมคือการแสดงผลออกมาผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยในการเขียนโปรแกรมจะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. โมดูล (Module) เป็นข้อมูลแบบ Reference Type ที่ใช้สำหรับห่อหุ้มวัตถุ ตัวแปร หรือเมธอด ข้อมูลภายในโมดูลสามารถเข้าถึงได้อย่างสาธารณะจากภายนอก

2. Function Procedure เป็นส่วนประกอบของโปรแกรมเพื่อรวบรวมโค้ดให้ทำงานให้สำเร็จ ในภาษา Visual Basic จะมีฟังก์ชัน 2 แบบคือ Sub และ Function ซึ่งสิ่งที่แตกต่างกันคือ Sub จะไม่มีการ Return ค่ากลับ

3. Statement คือคำสั่งการทำงานของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะทำงานเริ่มต้นจากฟังก์ชัน Main โดยคำสั่งใน Visual Basic จะแบ่งแยกด้วยการขึ้นบรรทัดใหม่

4. คลาส (Classes) คือประเภทข้อมูลแบบ Reference Type เหมือนกับโมดูล แต่คลาสจะสามารถนำไปสร้างวัตถุได้ โดยสามารถที่จะใช้คลาสแทนโมดูลได้

5. การอธิบาย (Comment) ใช้สำหรับอธิบายโปรแกรม ซึ่งตัวนี้จะถูกเพิกเฉยจากคอมไพเลอร์ และไม่มีผลต่อการทำงานของโปรแกรม โดยสามารถใช้เครื่องหมาย ‘ แล้วตามด้วยข้อความที่ต้องการอธิบาย

6. ข้อความ (Literals) คือข้อความหรือตัวอักษรใดๆ ที่สามารถกำหนดเป็นค่าของข้อมูลประเภทต่างๆ ได้

7. คำสงวน (Keywords) คือคำหรือกลุ่มคำที่สงวนไว้ในภาษา Visual Basic เพื่อใช้สำหรับคอมไพเลอร์ในการประมวลผลโปรแกรมที่เขียนขึ้น ซึ่งจะไม่สามารถใช้คำสงวนในการประกาศชื่อตัวแปร ชื่อฟังก์ชัน คลาส และอื่นๆ ที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ได้

2.5.2 ตัวแปรและประเภทข้อมูล

ตัวแปรเป็นสิ่งสำคัญในการเขียนโปรแกรมทุกภาษา ซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ เพื่อที่จะนำมาใช้ได้ภายหลังในโปรแกรม โดยในภาษา Visual Basic จะต้องประกาศตัวแปรก่อนที่จะนำไปใช้งาน ในการประกาศตัวแปรจะใช้คำสั่ง Dim ตามด้วยชื่อของตัวแปร และคำสั่ง As จากนั้นตามด้วยประเภทของตัวแปร เช่น

Dim a As Integer = 5

Dim b As Integer = 10

Dim c As Integer

C = a + b

ในการเขียนโปรแกรมจำเป็นต้องจัดการข้อมูลที่ต่างประเภทกันให้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรม ซึ่งสามารถแบ่งรายละเอียดแต่ละประเภทข้อมูลตัวแปรได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดแต่ละประเภทข้อมูลตัวแปร

ประเภทข้อมูล	โครงสร้างข้อมูล	ขนาด	ช่วงของข้อมูล
Boolean	Boolean	aaaaaa	True or False
Byte	Byte	1 byte	0 to 255
Char	Char	2 bytes	0 to 65535
Decimal	Decimal	16 bytes	+/-7.9...E+28
Integer	Int32	4 bytes	-2,147,483,648 to 2,147,483,647

2.6 การเคลื่อนไหวของร่างกาย

การเคลื่อนไหวของมนุษย์เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นกล้ามเนื้อลายที่อยู่ตามแขนขาและลำตัว โดยที่เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวจะเกิดแรงดึงไปที่กระดูก ซึ่งถ้ากระดูกมีเพียงท่อนเดียวการหดตัวของกล้ามเนื้อก็ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวใดๆ แต่การที่กระดูกในร่างกายมีหลายท่อนมาเรียงต่อกัน เป็นข้อต่อที่มีลักษณะหลายแบบทำให้การเคลื่อนที่ระหว่างกระดูกนั้นๆ มีได้หลายทิศทางเกิดการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น [19]

2.6.1 ข้อต่อของร่างกาย

ข้อต่อ (Joint) คือตำแหน่งที่กระดูกแต่ละชิ้นเชื่อมต่อกัน มีบทบาทสำคัญโดยทำหน้าที่ช่วยให้กระดูกแต่ละชิ้นต่อเข้าด้วยกันเพื่อประกอบเป็นรูปร่าง และทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว โดยการทำงานร่วมกันระหว่างกระดูกและกล้ามเนื้อ รวมทั้งยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการเสียดสีระหว่างกระดูกที่เชื่อมต่อกัน โดยข้อต่อแบ่งออกได้ 3 ประเภท [20] ดังนี้

2.6.1.1 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้

ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Immovable Joint) ได้แก่ข้อต่อของกะโหลกศีรษะ จัดเป็นข้อต่อที่มีความแข็งแรงมาก ทำหน้าที่เชื่อมต่อกระดูกกะโหลกศีรษะให้แนบสนิท

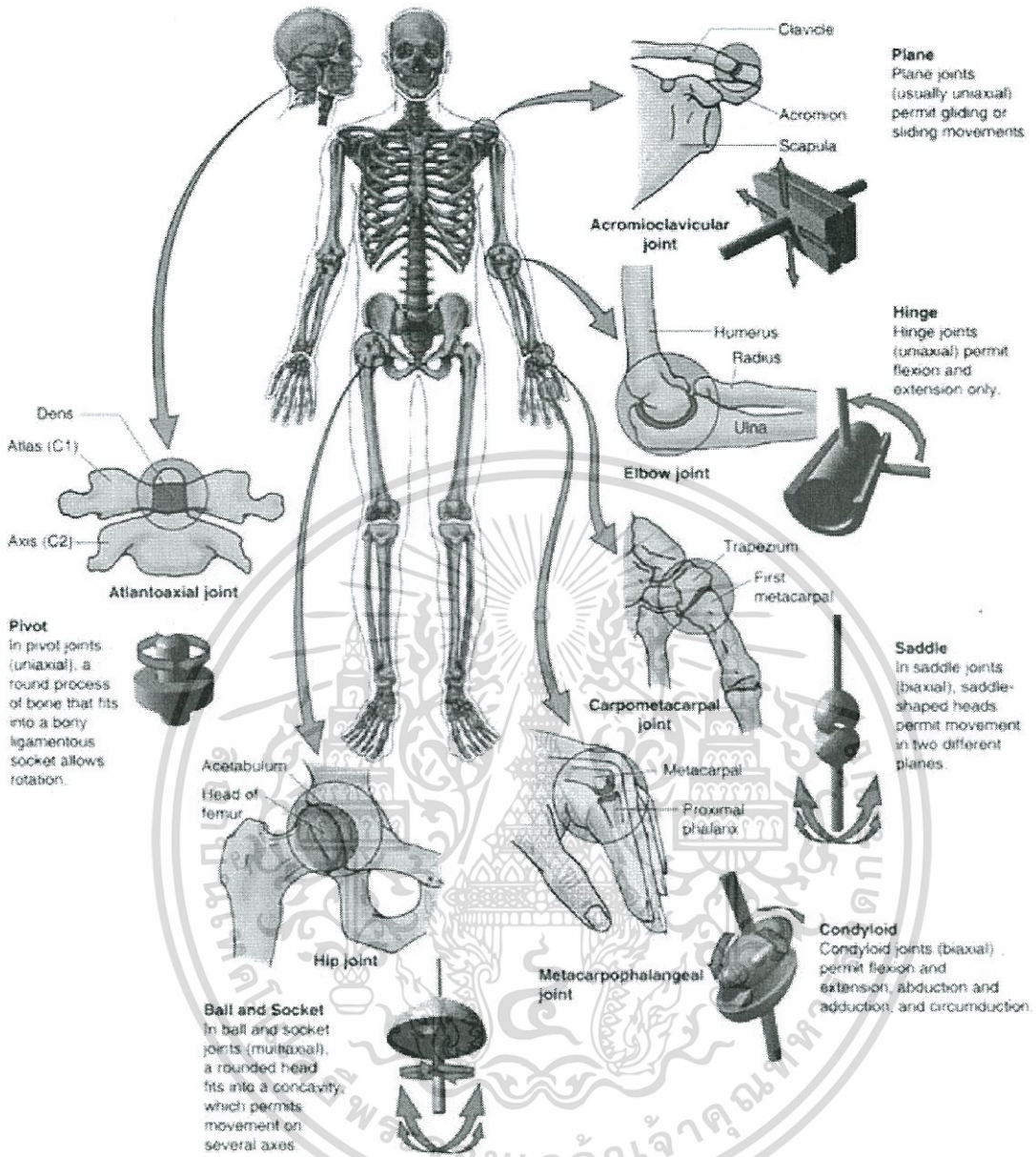
2.6.1.2 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย

ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย (Movable Joint) เป็นข้อต่อที่รอยต่อของกระดูกยึดติดกันด้วยกระดูกอ่อน ได้แก่ ข้อต่อของกระดูกซี่โครง ข้อต่อกระดูกสันหลัง และข้อต่อกระดูกเชิงกราน

2.6.1.3 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก

ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก (Synovial Joint) เป็นข้อต่อที่ทำให้กระดูกที่เชื่อมต่อกันสามารถเคลื่อนไหวได้ในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยภายในมีช่องว่างและในโพรงมีน้ำไขข้อ (Synovial Fluid) ช่วยให้ข้อต่อเคลื่อนที่ได้สะดวก ได้แก่

1. ข้อต่อแบบบานพับ (Hinge Joint) เป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะบานพับประตูทำให้เกิดการงอเข้าหรือเหยียดออกได้ เช่น ข้อต่อบริเวณข้อศอก ข้อต่อบริเวณเข่า ข้อต่อระหว่างข้อนิ้ว
 2. ข้อต่อแบบลูกกลมในเบ้ากระดูก (Ball and Socket Joint) เป็นข้อต่อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างอิสระหลายทิศทาง เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกต้นแขนกับกระดูกสะบัก และข้อต่อระหว่างกระดูกต้นขากับกระดูกเชิงกราน
 3. ข้อต่อแบบสไลด์ (Gliding Joint) ประกอบด้วยกระดูกแบน 2 ชิ้น เช่น ข้อต่อกระดูก ข้อนิ้ว ข้อต่อกระดูกข้อเท้า ข้อต่อกระดูกสันหลัง
 4. ข้อต่อแบบอานม้า (Saddle Joint) เป็นข้อต่อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้บางส่วน เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือกับกระดูกนิ้วหัวแม่มือ
 5. ข้อต่อแบบเดือย (Pivot Joint) จัดเป็นข้อต่อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะการก้ม การเงย การบิดตัวไปด้านซ้ายหรือด้านขวา เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกต้นคอกับฐานของกะโหลกศีรษะ
 6. ข้อต่อแบบปุ่ม (Condyloid Joint) มีลักษณะคล้ายข้อต่อแบบลูกกลมในเบ้าแต่เคลื่อนไหวได้น้อยกว่า เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือกับกระดูกนิ้วมือ
- โดยสามารถแบ่งชนิดและรูปทรงของข้อต่อกระดูกในส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ดังรูปที่ 2.9



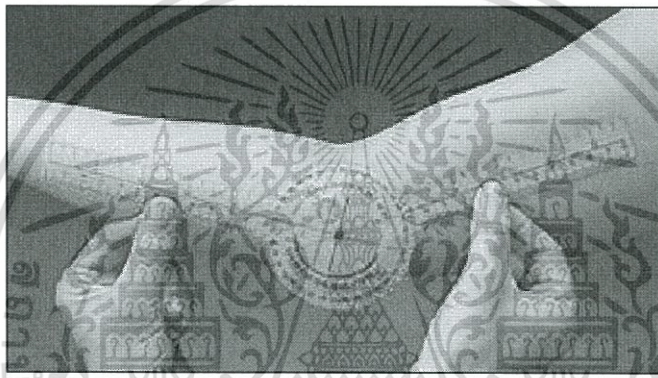
รูปที่ 2.9 ชนิดและรูปร่างของข้อต่อกระดูกในส่วนต่างๆ ของร่างกาย [21]

2.6.2 การเคลื่อนไหวของข้อต่อร่างกาย

การเคลื่อนไหวของร่างกายมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงกันของระบบต่างๆ ทั้งระบบประสาท กล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นกระดูก รวมถึงระบบการสร้างพลังงานหรือเผาผลาญอาหาร ซึ่งต้องทำงานร่วมกันในด้านชีวกลศาสตร์ของการทำงานบ่อยครั้งที่จะอ้างอิงถึงการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยใช้จุดต่อของกระดูกหรือข้อต่อของร่างกายเพื่อดูระยะทาง (Mobility) และทิศทาง (Flexibility) ของข้อต่อนั้นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของข้อต่อซึ่งมีหลายชนิด โดยข้อมูลการเคลื่อนไหวนิยมนับเป็นค่าของมุมของข้อต่อต่างๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของร่างกาย (Range of Motion, ROM)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 21 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนไหวของข้อต่อร่างกาย (Joint Motion) เป็นการวัดความสามารถในการหมุนหรือความยืดหยุ่นที่ข้อต่อต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากมุมที่เกิดจากส่วนของร่างกายที่มาเชื่อมต่อกันเป็นข้อต่อนั้นๆ โดยเครื่องมือที่นิยมใช้วัดมุมข้อต่อร่างกายคือเครื่องวัดมุม (Goniometer) ซึ่งมีลักษณะคล้ายไม้โปรแทรกเตอร์ที่มีสองขาเชื่อมต่อกันที่ศูนย์กลางของแผ่นวงกลมเพื่อใช้ในการวัดมุมของแขนหรือส่วนของร่างกายอื่นๆ โดยวิธีการวัดจะใช้การวางทาบศูนย์กลางของจุดเชื่อมต่อของขาวัดไว้ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของข้อต่อที่ต้องการวัด โดยจะใช้ขาข้างหนึ่งของไม้วัดวางแนบในแนวกลางของส่วนของร่างกายเพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิงและขาของไม้วัดอีกข้างไปแนบกับแกนของส่วนของร่างกายอีกด้านหนึ่งค่ามุมระหว่างขาของไม้วัดสามารถอ่านได้ที่แผ่นวงกลม โดยเครื่องวัดมุมมีลักษณะดังรูปที่ 2.10 [22]

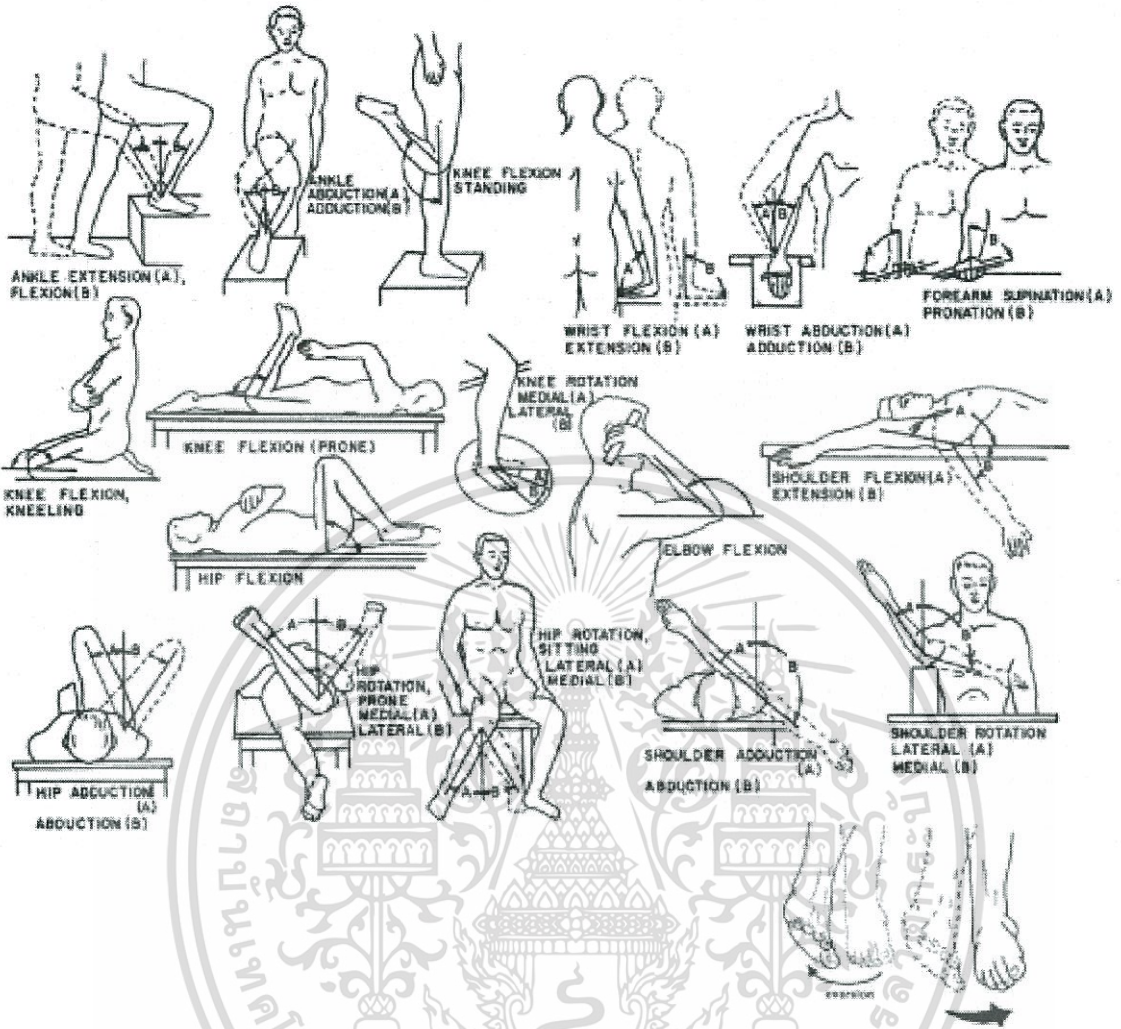


รูปที่ 2.10 ลักษณะของเครื่องวัดมุม [23]

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

2.6.3.1 รูปทรงข้อต่อกระดูก

ความแตกต่างของรูปทรงข้อต่อกระดูกทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนที่ของร่างกายที่เชื่อมต่อกันในส่วนนั้นๆ เช่น ข้อต่อแบบบานพับจะเคลื่อนที่ได้ในแกนเดียว หรือข้อต่อแบบลูกกลมในเบ้ากระดูกทำให้ร่างกายส่วนนั้นเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางและมีรัศมีที่มากกว่า โดยรูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายที่จุดต่อต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายที่จุดต่อต่างๆ

ในการเคลื่อนที่ตามท่าทางต่างๆ จะมีความมาตรฐานของแต่ละท่าทางการเคลื่อนไหวเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ว่าผู้ป่วยมีพิสัยการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติหรือไม่ โดยตารางที่ 2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นต์ไทรล์ของความสามารถในการเคลื่อนไหวส่วนองร่างกายในท่าทางต่างๆ

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของความสามารถในการเคลื่อนไหว
 ส่วนของร่างกายในท่าทางต่างๆ [22]

ส่วนของร่างกาย	ลักษณะการเคลื่อนไหว	ค่าเฉลี่ย (องศา)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (องศา)	เปอร์เซ็นต์ไทล์ (องศา)	
				5	95
Shoulder	Flexion	188	12	168	208
	Extension	61	14	38	84
	Abduction	134	17	106	162
	Adduction	48	9	33	63
Elbow	Flexion	142	10	126	159
Wrist	Flexion	90	12	70	110
	Extension	99	13	78	120
	Abduction	27	9	12	42
	Adduction	47	7	35	59
Hip	Flexion	113	13	92	134
	Abduction	53	12	33	73
	Adduction	31	12	11	51
	Medial Rotation (prone)	39	10	23	56
	Lateral Rotation (prone)	34	10	18	51
	Medial Rotation (sitting)	31	9	16	46
Knee	Lateral Rotation (sitting)	30	9	15	45
	Flexion, Voluntary	125	10	109	142
	Flexion, Arm Assist	144	9	129	159
	Flexion, Voluntary (standing)	113	13	92	134
	Flexion, Forced (kneeling)	159	9	144	174
	Medial Rotation (sitting)	35	12	15	55
Ankle	Lateral Rotation (sitting)	43	12	23	63
	Flexion	35	7	23	47
	Extension	38	12	18	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.2 อายุและเพศ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อท่าทางและความสามารถในการเคลื่อนไหวมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล โดยเฉพาะเรื่องการเสื่อมสภาพของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยภาวะข้อเสื่อม (Osteoarthritis) มักพบได้ในผู้สูงอายุ และเป็นหนึ่งในโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยเมื่ออายุมากกว่า 35 ปีขึ้นไป กระดูกมักจะบางลง ซึ่งภาวะนี้มักจะเกิดในผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 45 ปีขึ้นไปมากกว่าผู้ชาย รวมถึงผู้หญิงมักจะมีกระดูกบางและมีการสลายของมวลกระดูกมากกว่าผู้ชาย ซึ่งตารางที่ 2.4 แสดงความแตกต่างของความสามารถในการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในท่าทางต่างๆ ระหว่างเพศหญิงและเพศชาย

ตารางที่ 2.4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความสามารถในการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในท่าทางต่างๆ ระหว่างเพศหญิงและชาย [22]

การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกาย	ค่าเฉลี่ย (องศา)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง*
	ชาย	หญิง	
Shoulder Abduction (reward)	59.8	61.4	103
Elbow Flexion-Extension	142.1	149.9	105
Wrist Flexion-Extension	141.4	154	109
Wrist Adduction-Abduction	62.2	72.7	117
Hip Flexion (with extended knee)	83.5	86.8	104
Hip Flexion (with bent knee)	117.9	121.0	103
Knee Flexion-Extension	140.5	140.1	100
Ankle Flexion-Extension	62.6	66.9	107

*เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างคำนวณโดยเอาข้อมูลค่าเฉลี่ยของเพศหญิงตั้งและหารด้วยข้อมูลเพศชายคูณด้วย 100

ภาวะข้อเสื่อม สามารถพบได้ในข้อต่อที่ใช้ในการรับน้ำหนักตัว ซึ่งในประเทศไทยพบว่าผู้มีผู้ป่วยที่ป่วยเป็นโรคจำนวนมาก สาเหตุเกิดจากข้อเข่าซึ่งเป็นข้อต่อที่ใหญ่ที่สุดในร่างกายที่ใช้รับน้ำหนัก และเนื่องจากวัฒนธรรมของไทยที่มีการนั่งคุกเข่า นั่งพับเพียบ หรือนั่งยองๆ โดยผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อมมีอาการสำคัญ ได้แก่ การติดแข็งของข้อ การจำกัดการเคลื่อนไหว และความสามารถในการทำงานของ

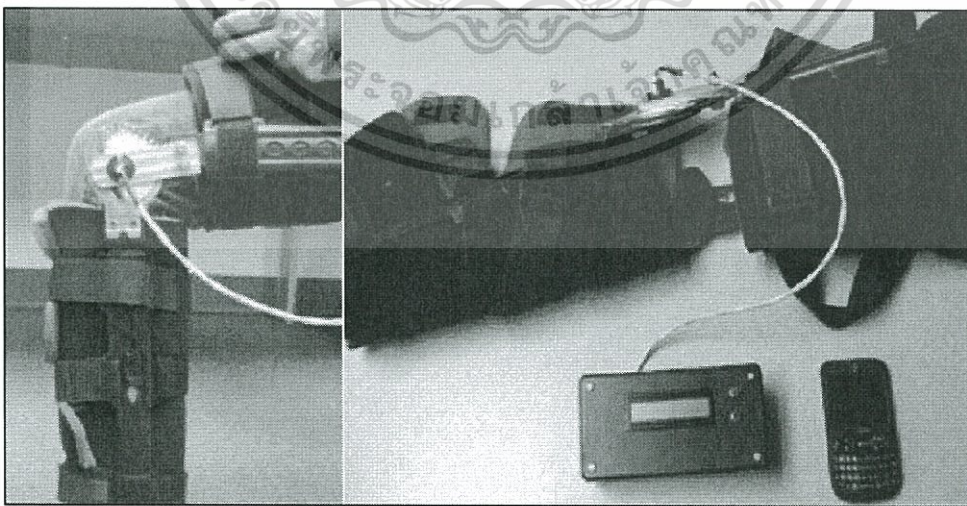
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเข่าลดลง ส่งผลให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่แย่ลงผู้ป่วยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม เพื่อลดอาการปวด และแก้ไขการผิดรูปของเข่า เช่น เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวในการงอและเหยียดของข้อเข่าเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้ป่วยให้สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างง่ายดายมากขึ้น

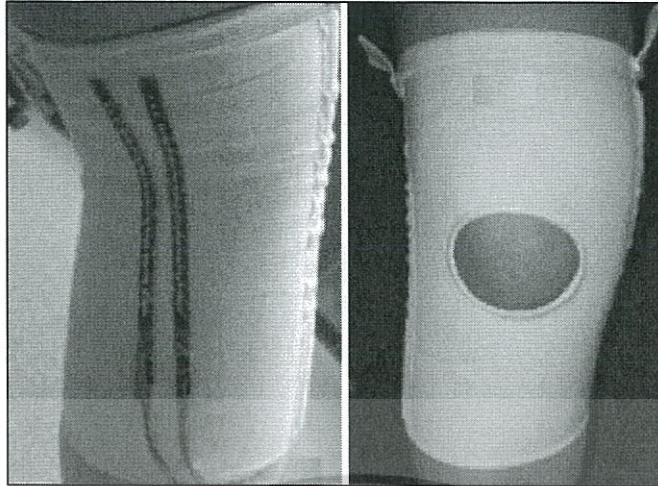
จากสถิติจำนวนผู้ป่วยทั้งหมดที่เข้ารับการรักษาที่กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลกลางในปี พ.ศ. 2551 มีผู้ป่วยด้วยข้อเข่าเสื่อมมากเป็นอันดับสามรองจากผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังและปวดคอ ซึ่งในปี พ.ศ. 2552 ข้อเข่าเสื่อมเป็นโรคที่มีสถิติผู้ป่วยสูงสุดของกลุ่มงานฯ [24]

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

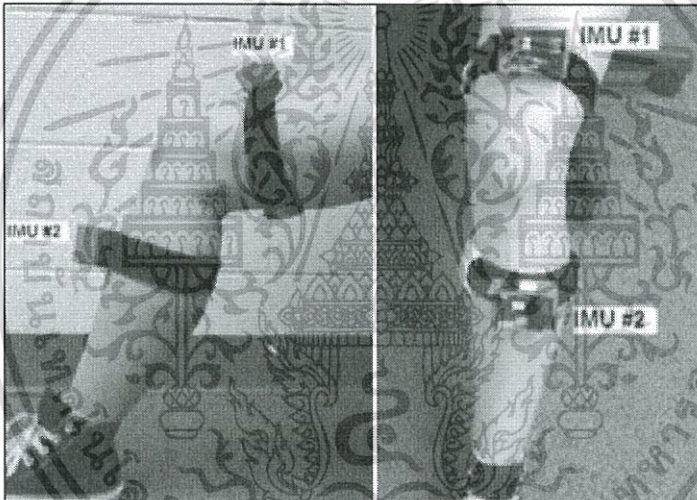
ในการจัดทำปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้ข้อมูลโดยอ้างอิงจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำปฏิญานินพนธ์ เพื่อให้สามารถเข้าใจงานที่จะต้องจัดทำ และทำให้การจัดทำปฏิญานินพนธ์ครั้งนี้มีความถูกต้องมากที่สุด โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดทำให้ทราบได้ว่า การวัดพิสัยการเคลื่อนไหวสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เซนเซอร์ตรวจสอบการหมุน (Encoder) โดยจะใช้เซนเซอร์ติดไว้กับสายรัดที่สวมใส่ได้ การใช้เสื้อผ้าที่สามารถสวมใส่ได้ควบคู่กับเซนเซอร์วัดค่าการโค้งงอ (Flex-Sensors) โดยจะใช้ตัวเซนเซอร์ 2 ตัวติดใต้ผ้ารัดพุงเข่าซึ่งทำจากผ้ายืดเพื่อใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวของเข่า การใช้เซนเซอร์ Inertial Measurement Units (IMU) [25] หรือการใช้ Kinetic Sensor [26] ดังรูปที่ 2.12, 2.13, 2.14 และ 2.15 ตามลำดับ



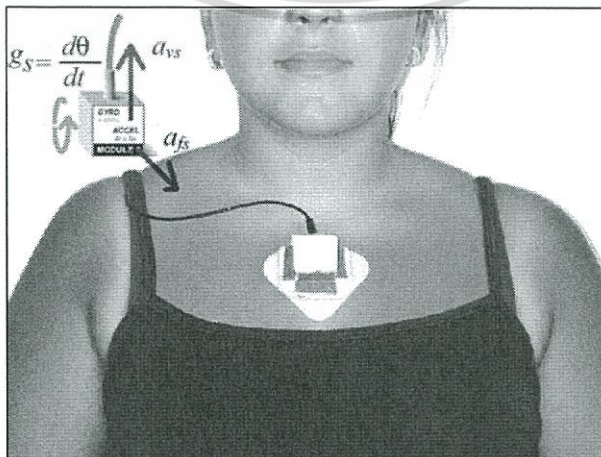
รูปที่ 2.12 การทดลองโดยใช้เซนเซอร์ตรวจสอบการหมุน [25]



รูปที่ 2.13 การทดลองโดยใช้เซนเซอร์วัดค่าการโค้งงอติดกับเสื้อผ้าที่สามารถสวมใส่ได้ [25]



รูปที่ 2.14 การทดลองโดยเซนเซอร์ Inertial Measurement Units บนหน้าแข้งและต้นขา [25]



รูปที่ 2.15 การทดลองที่ใช้ Kinetic Sensor [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการทดลองในแต่ละแบบจะมีข้อเสียแตกต่างกันไป เช่น ปัญหาเกี่ยวกับตำแหน่งของ เซนเซอร์ที่คลาดเคลื่อน น้ำหนักของเซนเซอร์ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้ในระยะเวลาต่างๆ อายุการใช้งานของเซนเซอร์ที่ไม่มีความทนทาน เป็นต้น โดยภายหลังจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การใช้เซนเซอร์ Inertial Measurement Units (IMU) เป็นวิธีที่มีข้อเสียน้อยที่สุด โดยการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวที่ใช้เซนเซอร์ Inertial Measurement Units ในเซนเซอร์แต่ละตัวจะประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer) ที่ใช้ในการหามุมการงอของเข่า และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) ที่ทำหน้าที่ในการกำจัดผลกระทบของการสั่นสะเทือนจากเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น และยังมี การส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แบบไร้สายโดยวิธีบลูทูธ [25] หลังจากนั้นนำสัญญาณจากเครื่องวัดความเร่งไปคำนวณหามุมของการงอของข้อต่อสะโพกและมุมการงอของเข่าเพื่อหาพิสัยการเคลื่อนไหว [5] ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ลักษณะการติดอุปกรณ์ที่ต้นขาและหน้าแข้ง [5]

ในการหาค่าความเร่งลัพธ์สามารถคำนวณได้จากผลรวมระหว่างความเร่งในแนวสัมผัส $(\dot{\omega}_T \times r_{KT})$ และความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง $(\omega_T \times (\omega_T \times r_{KT}))$ ดังสมการที่ 2.1

$$\ddot{r}_{KT} = \dot{\omega}_T \times r_{KT} + \omega_T \times (\omega_T \times r_{KT}) \quad (2.1)$$

โดย \ddot{r}_{KT} คือความเร่งลัพธ์ของอุปกรณ์ต้นแบบ

r_{KT} คือระยะจากจุดหมุนถึงอุปกรณ์ต้นแบบ

ω_T คือความเร็วเชิงมุมที่วัดได้จากอุปกรณ์ต้นแบบ

$\dot{\omega}_T$ คือความเร่งเชิงมุมที่วัดได้จากอุปกรณ์ต้นแบบ

จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาพิสัยการเคลื่อนไหวได้ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{(O_T - \ddot{i}_{KT})_y}{(O_T - \ddot{i}_{KT})_z} \quad (2.2)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{(O_T - \ddot{i}_{KT})_y}{(O_T - \ddot{i}_{KT})_z} \quad (2.3)$$

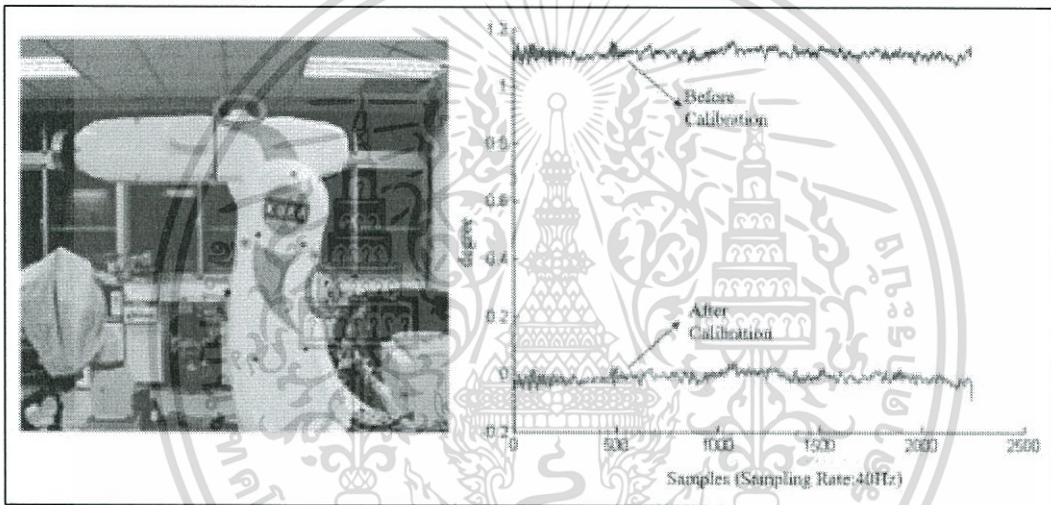
โดย θ_1 คือมุมที่วัดได้โดยเทียบกับแกนอ้างอิงของอุปกรณ์ต้นแบบที่ต้นขา

θ_2 คือมุมของอุปกรณ์ต้นแบบที่หน้าแข้งสามารถกวาดไปได้

O_T คือความเร่งเชิงเส้นจากอุปกรณ์

ก่อนการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้มีการสอบเทียบของเครื่องมือวัด โดยใช้แขนของหุ่นยนต์เป็นมาตรฐาน

ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การสอบเทียบตัวเซนเซอร์จากแขนของหุ่นยนต์ [5]

หลังจากศึกษางานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าวิธีการใช้เซนเซอร์ Inertial Measurement Units มีข้อดีมากมายไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความสะดวกสบาย ราคาไม่แพง เป็นแบบไร้สาย มีน้ำหนักเบา ระบบการวัดมีความเที่ยงตรงและ สามารถให้ผลคล้ายกันเมื่อมีการทดลองซ้ำ

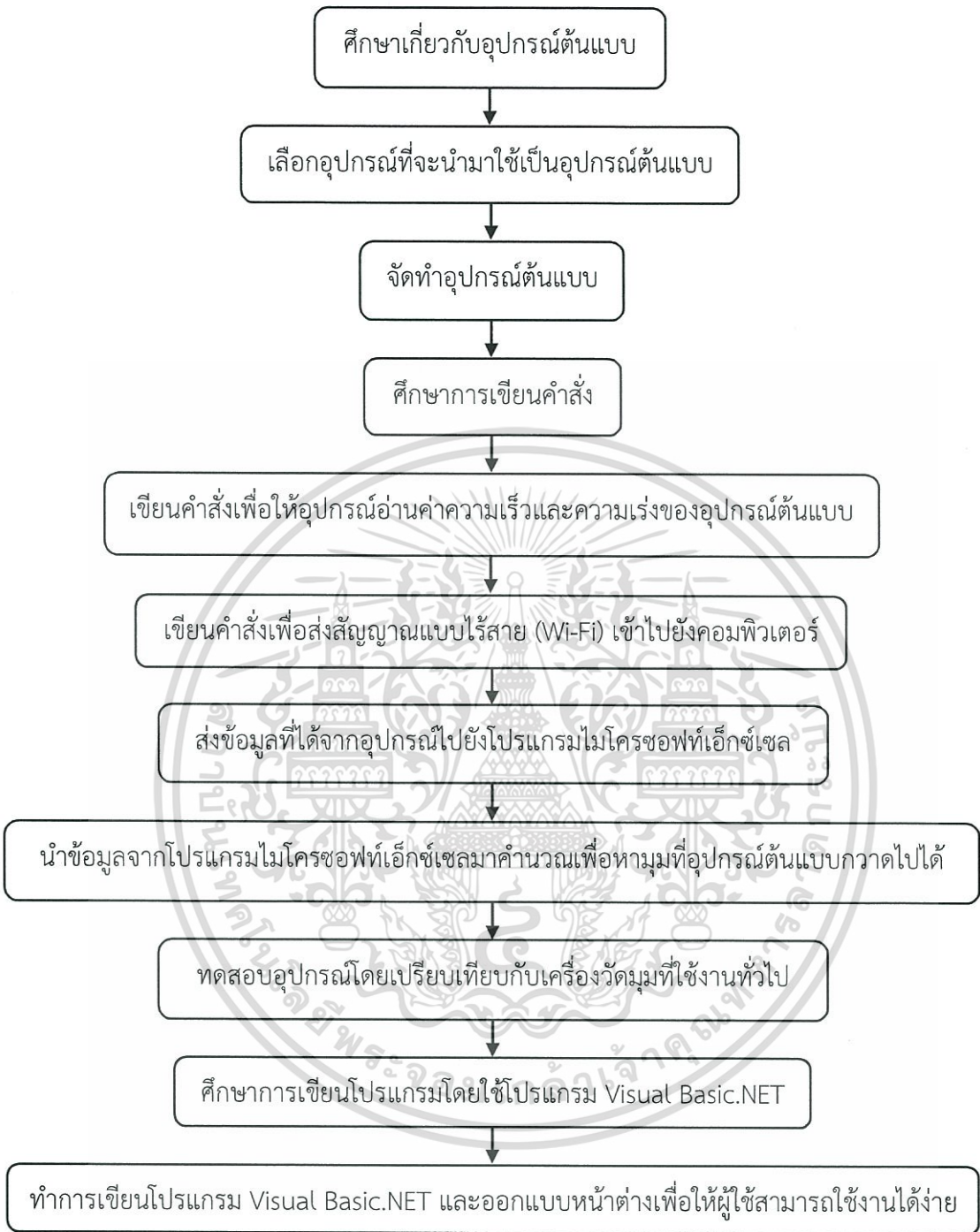
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานจัดทำปฏิญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อใช้วัดพิสัย การเคลื่อนไหว จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทางทีมผู้วิจัยได้รับทราบถึงข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการจัดทำปฏิญานิพนธ์ครั้งนี้ โดยภายหลังจาก การศึกษานั้น ทางทีมผู้วิจัยสามารถทำการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

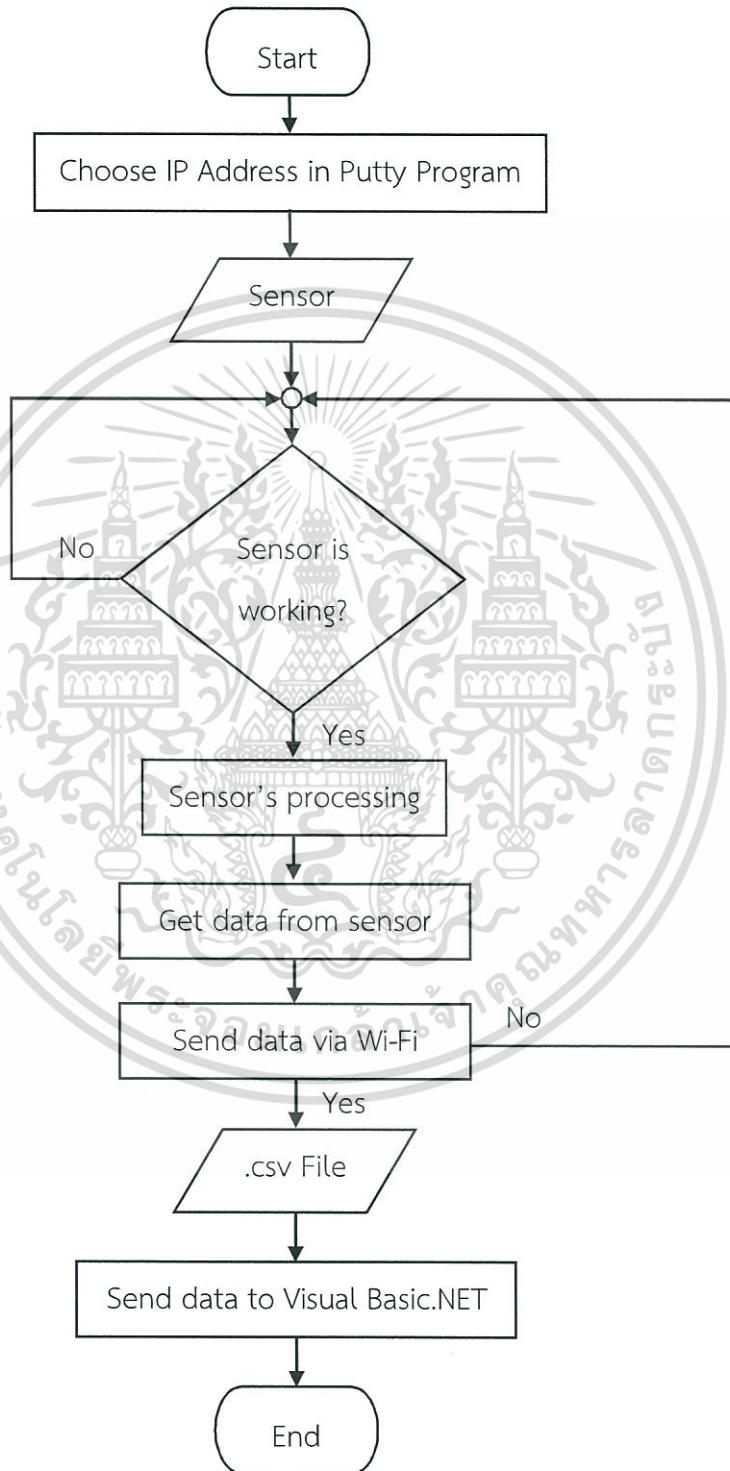
- 3.1 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ
- 3.2 การเขียนคำสั่งเพื่อให้อุปกรณ์อ่านค่าความเร็วและความเร่งในแต่ละทิศทาง
- 3.3 วิธีคำนวณเพื่อใช้ในการหาค่าพิสัยการเคลื่อนไหว
- 3.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว

ในการจัดทำปฏิญานิพนธ์ครั้งนี้ ทางทีมผู้วิจัยได้มีการดำเนินงานในหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ ขั้นตอนของการศึกษาในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน รวมไปถึงการลงมือปฏิบัติงานจริง ทั้งใน เรื่องของการทำตัวอุปกรณ์ต้นแบบ ไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์ต้นแบบ หรือการเขียน คำสั่งเพื่อใช้ในการสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบให้เป็นไปตามที่ทางทีมผู้วิจัยต้องการ และการเขียน โปรแกรมเพื่อใช้ในการทำหน้าที่ต่างผู้ใช้งานเพื่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต้นแบบ และทำให้สามารถอ่านค่าของ พิสัยการเคลื่อนไหวได้อย่างง่ายดายมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนในการดำเนินงาน

ในการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อทำการรับค่าความเร็วเชิงมุม และความเร่งเชิงเส้น การส่งผ่านของสัญญาณแสดงได้ตามแผนภาพการไหล (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.2



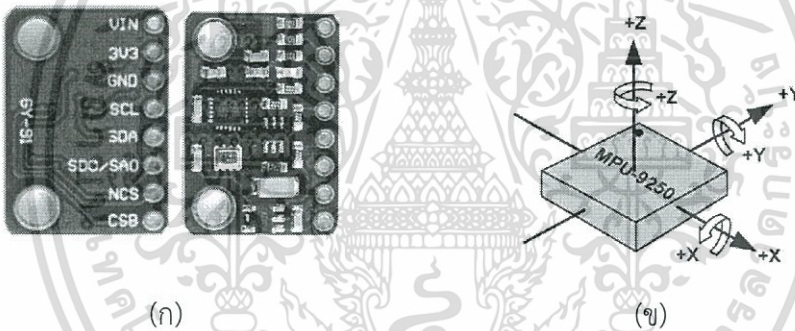
รูปที่ 3.2 แผนภูมิการไหลของการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ต้นแบบ

3.1 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ

ในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบต้องอาศัยส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามความต้องการ โดยในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบมีส่วนประกอบหลากหลายส่วน ดังนี้

3.1.1 เซนเซอร์ IMU

เซนเซอร์ IMU (Inertial Measurement Unit) ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer) และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) ซึ่งในเซนเซอร์แต่ละตัวจะสามารถวัดความเร่งและความเร็วได้ 3 แนวแกน ใช้ในการวัดค่าความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมตามลำดับ ซึ่งในการทำอุปกรณ์ต้นแบบจะใช้โมดูล (Module) รุ่น GY-91 ขนาดกว้าง 14.3 มิลลิเมตร, ยาว 20.5 มิลลิเมตร โดยมีชิป MPU-9250 (เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม 3 แกน, เซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น 3 แกน, เซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก 3 แกน) ซึ่งเป็นชิปที่มีขนาดเล็กและใช้พลังงานต่ำ [27] โดยลักษณะของเซนเซอร์ MPU-9250 และลักษณะแกนของ MPU-9250 เป็นดังรูปที่ 3.3



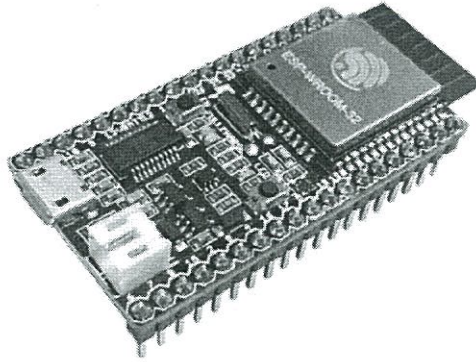
รูปที่ 3.3 ลักษณะของเซนเซอร์ Inertial Measurement Unit (ก) ลักษณะของโมดูลรุ่น GY-91 (ข) ลักษณะแกนของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม

3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ใช้สำหรับบรรจุคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการเพื่อรับข้อมูลจากเซนเซอร์ IMU และนำข้อมูลที่ได้ออกไปประมวลผล โดยในการทำอุปกรณ์ต้นแบบนี้ใช้บอร์ด NodeMCU-32S ซึ่งมีชิปไอซีรุ่น ESP-WROOM-32 ที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อไร้สาย (Wi-Fi) และบลูทูธ (Bluetooth) รวมถึงรองรับการพัฒนาอุปกรณ์ผ่านภาษาไพธอน (Python) ได้ รวมถึงมีการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตไมโครยูเอสบี (MicroUSB) โดยตัวชิปของ ESP-WROOM-32 จะมีการป้องกันอุปกรณ์ทำให้มีสัญญาณรบกวนน้อยลงและทำให้การทำงานโดยรวมมีเสถียรภาพมากขึ้น [28] ซึ่งลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาจัดทำเป็นอุปกรณ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

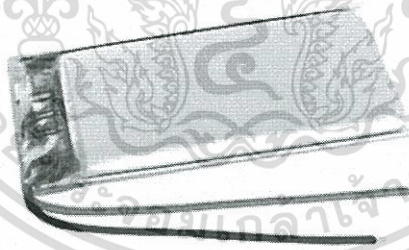
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

3.1.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) ใช้สำหรับให้พลังงานกับอุปกรณ์ต้นแบบ โดยในการทำอุปกรณ์ต้นแบบจะใช้ ลิเทียมโพลิเมอร์แบตเตอรี่ (Lithium-Polymer Battery) 3.7 โวลต์ ขนาดกว้าง 24 มิลลิเมตร ยาว 33 มิลลิเมตร และความจุ 1200 มิลลิแอมป์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับความจุ สามารถนำไปติดตั้งบนอุปกรณ์ได้ง่าย โดยของเหลวด้านในไม่ติดไฟทำให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน ลดความเสี่ยงในการเกิดการระเบิด รวมถึงมีแรงดันคงที่และสามารถจ่ายกระแสได้ปริมาณมากกว่าความจุ [29], [30] โดยลักษณะของแบตเตอรี่เป็นไปตามรูปที่ 3.5

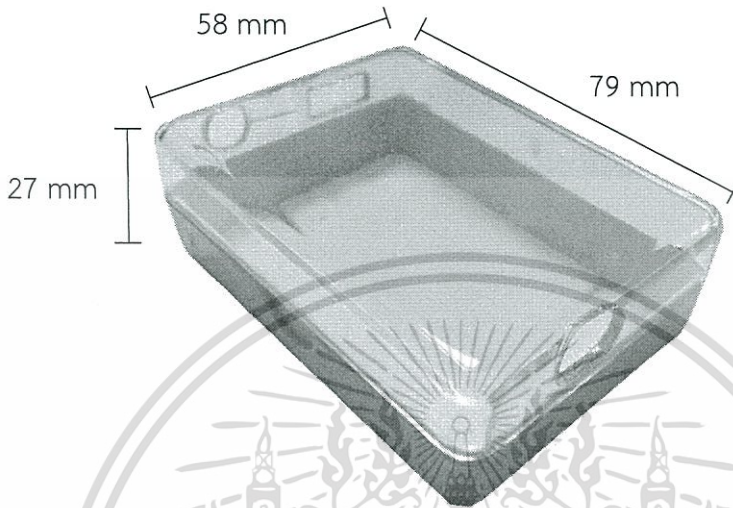


รูปที่ 3.5 ลักษณะของลิเทียมโพลิเมอร์แบตเตอรี่ (Lithium-Polymer Battery)

3.1.4 กล่องบรรจุอุปกรณ์

ในการจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบนอกเหนือจากจัดทำตัวอุปกรณ์แล้วยังได้มีการจัดทำกล่องบรรจุ โดยกล่องบรรจุที่ทำการจัดทำขึ้นนั้นมีขนาด 79 x 58 x 27 มิลลิเมตร และทำมาจากพลาสติกจำพวกพอลิสไตรีน (Polystyrene) เนื่องจากมีน้ำหนักเบาทำให้ผู้ใช้รู้สึกสะดวกเมื่อต้องทำการเคลื่อนไหวร่างกายส่วนนั้นๆ รวมถึงไม่มีการรบกวนสัญญาณไร้สาย (Wi-Fi) โดยนำอุปกรณ์ต้นแบบบรรจุลงไปในกลุ่มเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำมาติดตามส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างสะดวก ซึ่งกล่องบรรจุนี้จะมีลักษณะที่สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³⁴ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิด-ปิดได้ ด้านบนใสทำให้สามารถเห็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ต้นแบบด้านในได้ และมีช่องสำหรับเสียบสายไมโครยูเอสบี (Micro USB), สวิตช์เปิด-ปิดแบตเตอรี่ (Switch) รวมถึงช่องสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ โดยกล่องที่ออกแบบนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะของกล่องที่ใช้บรรจุตัวอุปกรณ์

หลังจากนำส่วนประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นมาประกอบรวมกันแล้ว จะได้อุปกรณ์ต้นแบบตามลักษณะที่ต้องการ ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.7



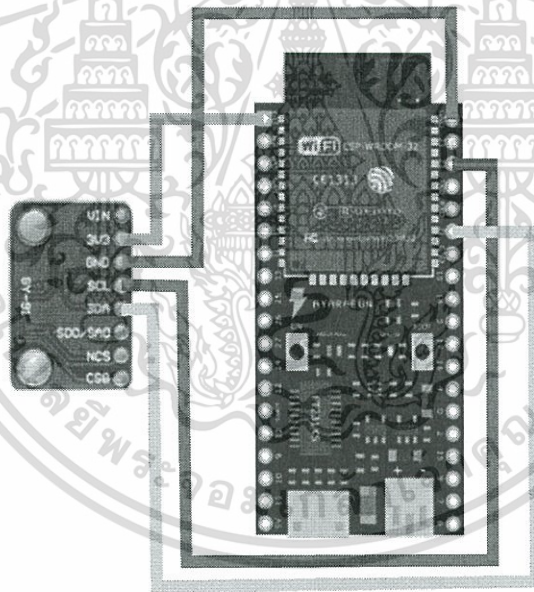
รูปที่ 3.7 ลักษณะภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ

3.2 การเขียนคำสั่งเพื่อให้อุปกรณ์อ่านค่าความเร็วและความเร่งในแต่ละทิศทาง

ภายหลังจากทำอุปกรณ์ต้นแบบสำเร็จแล้ว ทางทีมผู้วิจัยได้ศึกษาและเขียนคำสั่งเพื่อให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันเองภายในองค์ประกอบย่อยๆ ของอุปกรณ์ รวมถึงทำให้สัญญาณที่ออกมาจากอุปกรณ์สามารถเก็บได้ในคอมพิวเตอร์ภายใต้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) โดยในการเขียนคำสั่งเพื่อรองรับข้อมูลมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) กับอุปกรณ์ MPU-9250 จะใช้การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C BUS (Inter Integrate Circuit Bus : IIC) เป็นรูปแบบการสื่อสารโดยใช้สัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล ซึ่งการสื่อสารนี้จะมีการใช้จำนวนของสายสัญญาณเพียง 2 เส้น ทำให้ลดจำนวนสายสัญญาณและขนาดของอุปกรณ์ รวมถึงสามารถเพิ่มจำนวนอุปกรณ์เข้าไปได้อย่างง่ายดายและไม่ซับซ้อน โดยมีลักษณะการต่อดังรูปที่ 3.8



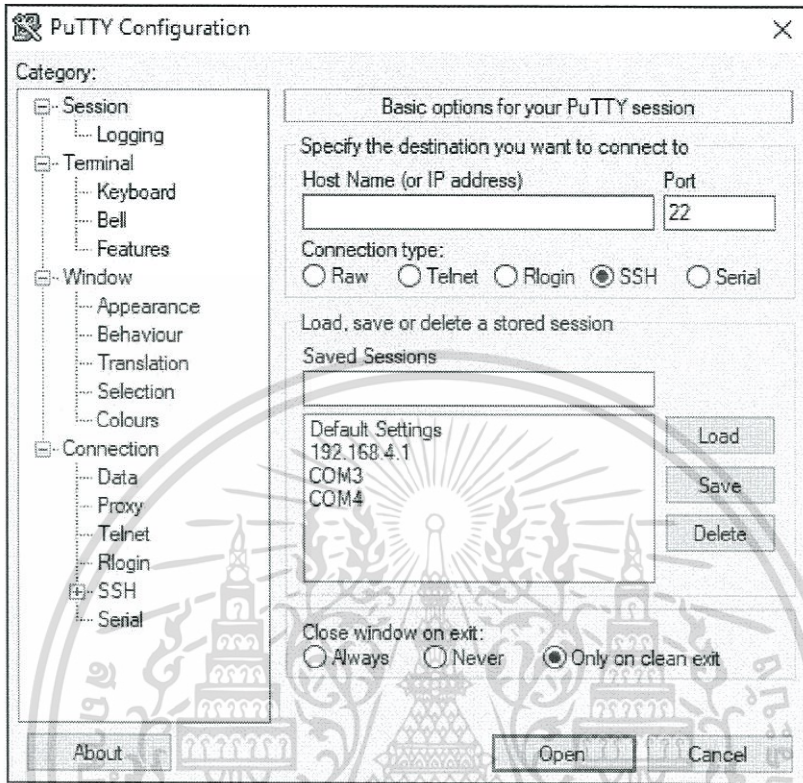
รูปที่ 3.8 ลักษณะของการต่ออุปกรณ์โดยใช้การสื่อสารแบบ I2C [31]

นอกจากนี้ในตัวอุปกรณ์ยังมีชิป ESP-WROOM-32 บนบอร์ด NodeMCU32S ซึ่งมีตัวกระจายสัญญาณไร้สาย (Wi-Fi) สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ในการรับสัญญาณโดยไม่ต้องเชื่อมต่อสายแลน (LAN) ในการเชื่อมต่อ โดยใช้โปรแกรมพุตตี้ (Putty) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเชื่อมต่อข้อมูลในเครือข่ายที่มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากต้องมีการเข้ารหัสและสามารถรัน (Run) คำสั่งบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³⁶ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปลายทางได้ รวมถึงสามารถเชื่อมต่อได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว แล้วตัวโปรแกรมยังมีขนาดเล็กทำให้ไม่เปลืองพื้นที่การจัดเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะของโปรแกรมเป็นไปตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Putty

3.2.2 การรับค่าจากอุปกรณ์

การรับค่าความเร็วเชิงมุมและความเร่งเชิงเส้นจากอุปกรณ์ต้นแบบ ได้ใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการเขียนโปรแกรม โดยใช้ภาษาไพทอน (Python) เนื่องจากมีความซับซ้อนน้อยกว่าภาษาซี (C) หรือ ซีพลัสพลัส (C++) รวมถึงมีโครงสร้างที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยมีการใช้ร่วมกับระบบ Command Line สำหรับป้อนคำสั่งเพื่อใช้ในการดึงข้อมูลจากคำสั่ง (Code) ที่ทำการเขียนไว้ รวมถึงเชื่อมต่อกับโปรแกรมพุดดี (Putty) เพื่อรับข้อมูลจากอุปกรณ์ โดยมีลักษณะการรับข้อมูลเป็นดังรูปที่ 3.10

```

192.168.4.1 - PuTTY
2299,-46,-19,-83,256,24,48,20,1
2300,-46,-19,-83,268,24,48,20,1
2301,-46,-18,-83,256,18,48,20,1
2302,-46,-19,-83,262,18,36,20,1
2303,-46,-19,-83,262,18,42,20,1
2304,-46,-19,-83,250,24,42,20,1
2305,-46,-19,-83,256,30,42,20,1
2306,-46,-19,-83,250,18,36,20,1
2307,-46,-19,-83,250,6,36,20,1
2308,-45,-19,-83,262,18,42,20,1
2309,-46,-19,-82,256,18,48,20,1
2310,-46,-19,-82,256,12,42,20,1
2311,-46,-19,-83,256,24,36,20,1
2312,-46,-19,-83,262,18,36,20,1
2313,-46,-19,-83,250,30,30,20,1
2314,-46,-19,-83,262,18,48,20,1
2315,-46,-19,-83,256,24,48,20,1
2316,-46,-19,-83,256,24,42,20,1
2317,-46,-19,-83,262,24,42,20,1
2318,-46,-19,-83,250,18,48,20,1
2319,-46,-18,-83,238,-12,61,20,1
2320,-45,-19,-82,268,48,42,23,1
2321,-46,-19,-83,238,0,36,17,1

```

รูปที่ 3.10 ลักษณะการรับค่าจากอุปกรณ์ในโปรแกรม Putty

3.2.3 การนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์ไปใช้ผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล

เมื่อสามารถรับสัญญาณจากอุปกรณ์ได้แล้ว หลังจากนั้นจะนำค่าสัญญาณจากอุปกรณ์เพื่อไปเปิดในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ภายใต้นามสกุล .csv ซึ่งค่าที่ได้จากโปรแกรมจะเป็นค่าความเร็วเชิงมุมและความเร่งเชิงเส้นในแต่ละแกน โดยจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.11 ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหามุมที่อุปกรณ์กวาดไปที่เวลานั้นได้ด้วย

===== PuTTY log 2017.10.27 13:58:19 =====								
3841	-46	-19	-82	268	30	30	5	4
3842	-46	-19	-83	268	24	30	2	8
3843	-46	-19	-83	262	24	24	2	7
3844	-46	-19	-82	262	18	30	2	7
3845	-46	-19	-83	262	12	42	14	6
3846	-46	-18	-82	256	24	48	2	6
3847	-46	-18	-82	256	18	42	2	5
3848	-46	-18	-82	262	12	42	2	5
3849	-46	-18	-83	262	12	42	2	4
3850	-46	-19	-83	262	24	36	22	4
3851	-46	-19	-83	262	24	36	25	3
3852	-46	-19	-83	250	12	42	19	3
3853	-46	-19	-82	256	12	48	19	3
3854	-46	-19	-83	250	18	48	25	2
3855	-46	-19	-83	256	24	42	13	2
3856	-46	-19	-83	262	18	42	25	1
3857	-46	-19	-82	262	24	30	19	1
3858	-46	-19	-83	268	12	54	12	1
3859	-46	-19	-83	268	18	36	20	1
3860	-46	-19	-83	256	24	42	20	1
3861	-46	-19	-83	262	18	30	20	1
3862	-46	-19	-83	268	12	36	20	1
3863	-46	-18	-83	256	18	42	20	1
3864	-46	-19	-83	256	30	42	20	1
3865	-46	-18	-83	274	24	36	23	1
3866	-46	-19	-83	262	6	48	17	1
3867	-46	-19	-83	268	24	30	20	1

รูปที่ 3.11 ลักษณะของข้อมูลจากอุปกรณ์ในไมโครซอฟท์เอ็กเซลภายใต้นามสกุล .csv

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีคำนวณเพื่อใช้ในการหาค่าพิสัยการเคลื่อนไหว

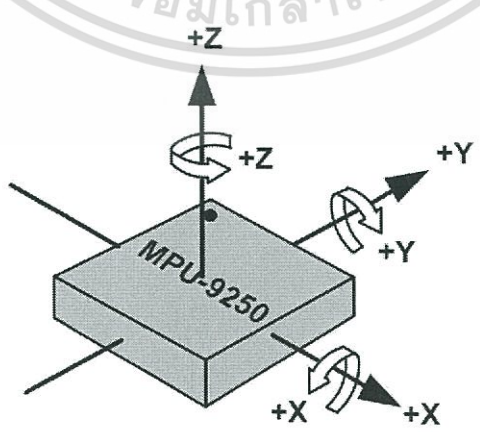
หลังจากสามารถเก็บค่าข้อมูลทำให้ทราบความเร็วและความเร่งของอุปกรณ์ต้นแบบได้แล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเพื่อหามุมที่อุปกรณ์เคลื่อนที่ไป โดยสามารถแบ่งการคำนวณในการหาพิสัยการเคลื่อนไหวได้ 2 กรณี คือ

3.3.1 กรณีมีอุปกรณ์ต้นแบบตัวเดียว

ในการคำนวณจะมีการใช้อุปกรณ์ต้นแบบในการเก็บข้อมูลความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที) โดยความถี่ที่อุปกรณ์ต้นแบบสามารถเก็บได้คือ 50 เฮิร์ต ทำการทดลองโดยการนำอุปกรณ์ต้นแบบมาถือไว้ในท่า Elbow Flexion ดังรูปที่ 3.12 และหมุนแขนประมาณ 90 องศา นำค่าที่ได้มาอ่านในรูปแบบของกราฟตามแกนหมุนของอุปกรณ์ที่มีทั้งหมด 3 แกนดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ลักษณะการเคลื่อนที่ในลักษณะ Elbow Flexion



รูปที่ 3.13 ลักษณะแกนของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม [32]

นำข้อมูลของแต่ละแนวแกนไปคำนวณเพื่อหาค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงไป ($\Delta\theta$) โดยใช้สมการที่ 3.1

$$\omega_{av} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (3.1)$$

โดย ω_{av} คือ ความเร็วเชิงมุมเฉลี่ยของช่วงเวลา $t_2 - t_1$

$\Delta\theta$ คือ ผลต่างขนาดมุมที่วัดได้ในช่วงเวลา $t_2 - t_1$

Δt คือ ผลต่างของเวลา

จากนั้นนำค่า $\Delta\theta$ ของแต่ละช่วงเวลามาหาผลรวมจะได้ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวทั้งหมด

3.3.2 กรณีมีอุปกรณ์ต้นแบบ 2 ตัว

อุปกรณ์ต้นแบบตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นแกนอ้างอิงระดับ ส่วนอุปกรณ์ต้นแบบอีกตัวหนึ่งใช้สำหรับวัดมุมที่อุปกรณ์ตัวนี้กวาดไปได้เมื่อเทียบกับแกนอ้างอิงซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งในการคำนวณได้ทดลองติดอุปกรณ์เข้ากับขาของเครื่องวัดมุมทั้ง 2 ด้านเพื่อวัดพิสัยการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะการติดอุปกรณ์ที่ต้นขาและหน้าแข้ง [5]

ในการคำนวณกรณีมีอุปกรณ์ต้นแบบ 2 ตัวจะทำการคำนวณโดยอ้างอิงตามรูปที่ 3.14 โดยในการหาค่าความเร่งลัพธ์สามารถคำนวณได้จากผลรวมระหว่างความเร่งในแนวสัมผัส ($\dot{\omega}_1 \times r_1$) และความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง ($\omega_1 \times (\omega_1 \times r_1$) ดังสมการที่ 3.2

$$\ddot{r}_1 = \dot{\omega}_1 \times r_1 + \omega_1 \times (\omega_1 \times r_1) \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 40 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดย \ddot{r}_1 คือความเร่งลัพธ์ของอุปกรณ์ต้นแบบ
 r_1 คือระยะจากจุดหมุนถึงอุปกรณ์ต้นแบบ
 $\dot{\omega}_1$ คือความเร็วเชิงมุมที่วัดได้จากอุปกรณ์ต้นแบบ
 ω_1 คือความเร่งเชิงมุมที่วัดได้จากอุปกรณ์ต้นแบบ

จากนั้น นำค่าจากอุปกรณ์ที่ ROMie #1 บวกกับค่าความเร่งโน้มถ่วง เพื่อหาค่าความเร่งเชิงเส้นทั้งหมด ดังสมการที่ 3.3

$$O_i = a_i + g_i \quad (3.3)$$

จากสมการที่ 3.2 และ 3.3 สามารถคำนวณหาพิสัยการเคลื่อนไหวได้ดังสมการที่ 3.4 และ 3.5

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{(O_1 - \ddot{r}_1)_y}{(O_1 - \ddot{r}_1)_z} \quad (3.4)$$

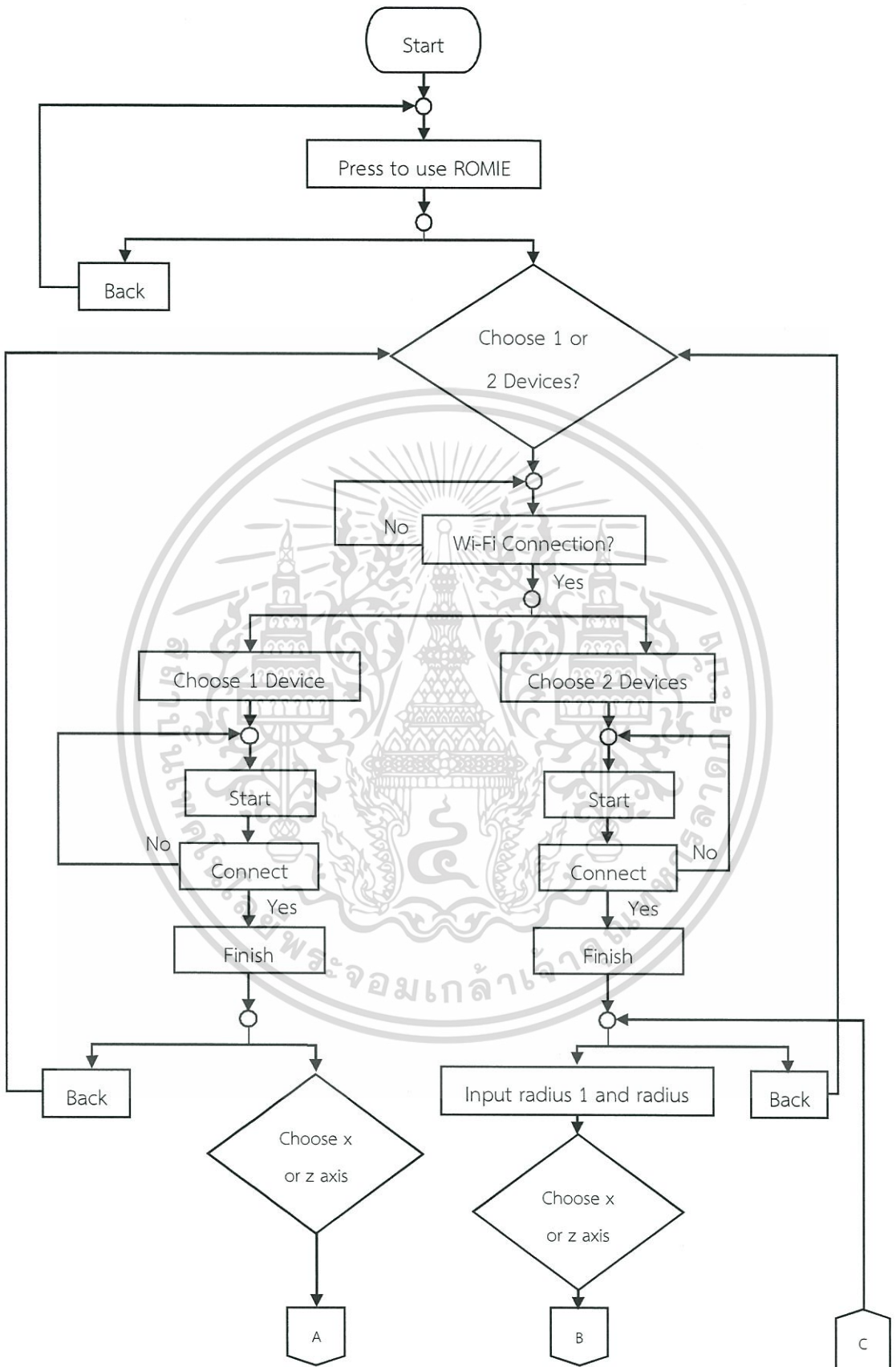
$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{(O_2 - \ddot{r}_2)_y}{(O_2 - \ddot{r}_2)_z} \quad (3.5)$$

- โดย θ_1 คือมุมที่วัดได้โดยเทียบกับแกนอ้างอิงของอุปกรณ์ต้นแบบที่ ROMie #1
 θ_2 คือมุมของอุปกรณ์ต้นแบบที่ ROMie #2 สามารถกวาดไปได้

แล้วนำค่ามุมที่ได้ในหน่วยเรเดียน (Radian) เปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยองศา (Degree) โดยคูณด้วย $\frac{180}{\pi}$ หรือมีค่าประมาณ 57.29 (1 เรเดียน เท่ากับ 57.29 องศา)

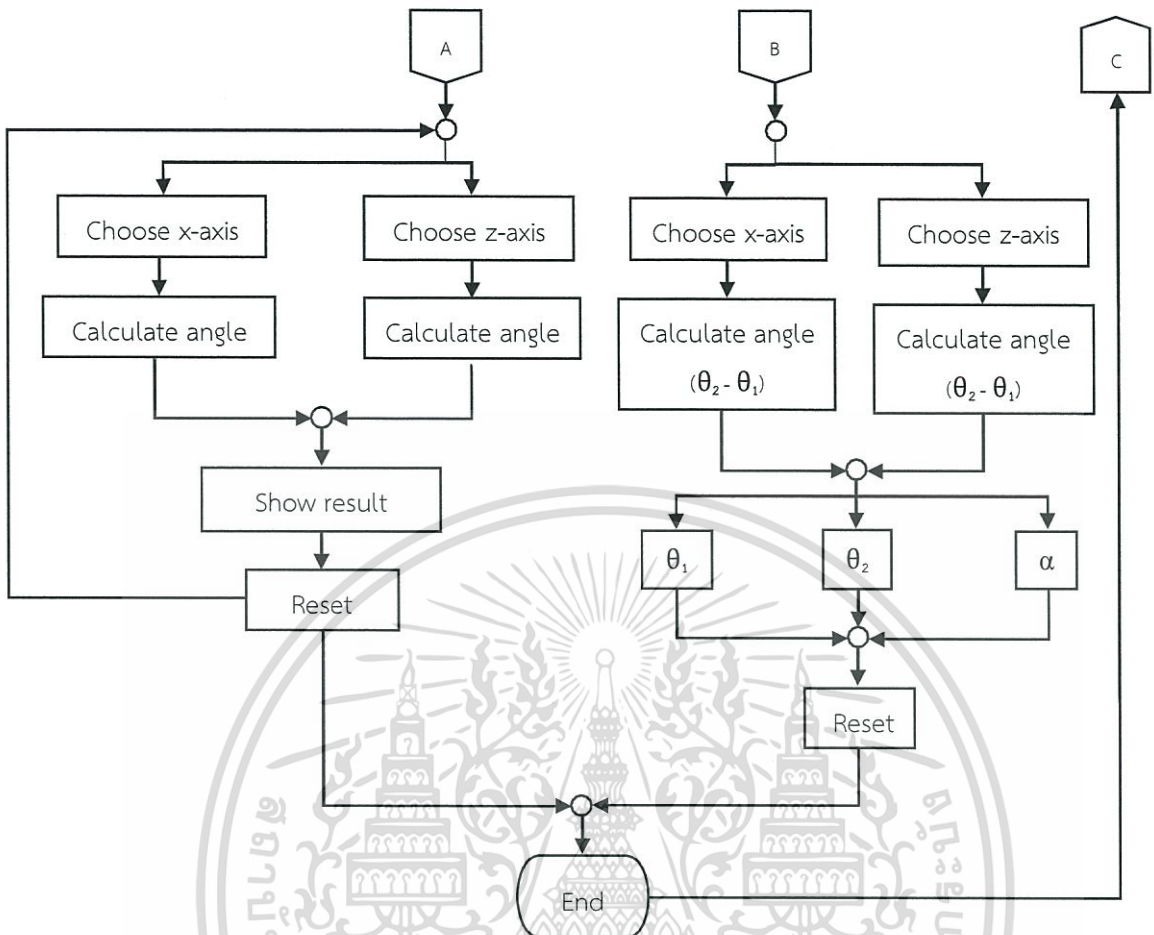
3.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับข้อมูลจากอุปกรณ์

หลังจากทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวัดพิสัยการเคลื่อนไหว รวมถึงเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์การวัด และคำนวณพิสัยการเคลื่อนไหว ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโปรแกรมสำหรับผู้ใช้ในการใช้งานได้ง่ายขึ้น โดยในการออกแบบโปรแกรมสำหรับผู้ใช้งานมีการศึกษาและเขียนหน้าผู้ใช้งานในโปรแกรม Visual Basic.NET มีขั้นตอนตามแผนภูมิการไหล (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.15



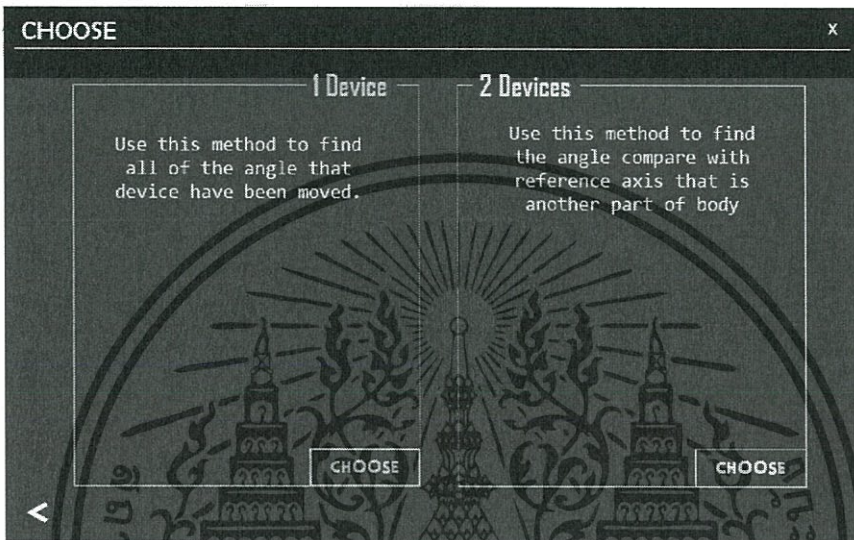
รูปที่ 3.15 แผนภูมิการไหลของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



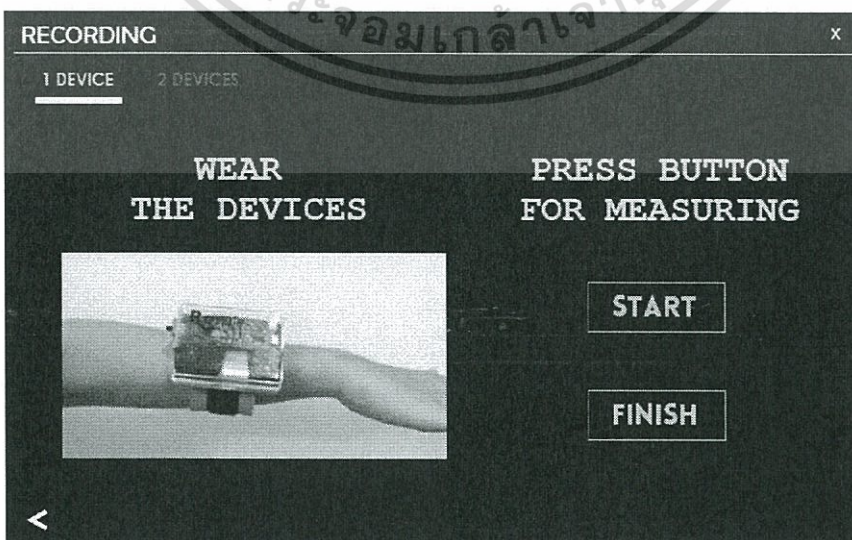
รูปที่ 3.15 แผนภูมิการไหลของข้อมูล (ต่อ)

ในการใช้งานของโปรแกรมนั้น เริ่มต้นจากการที่ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าต้องการใช้ 1 หรือ 2 อุปกรณ์ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งจะเลือกใช้งาน 1 อุปกรณ์ในกรณีที่ต้องการวัดมุมที่กวาดไปได้ของส่วนของร่างกายเพียงส่วนเดียว และเลือกการใช้งาน 2 อุปกรณ์เมื่อต้องการวัดส่วนของร่างกาย 2 ส่วนว่าทำมุมกันเป็นเท่าใด โดยที่อุปกรณ์ตัวที่ 1 จะใช้ในการวัดมุม ส่วนอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งจะใช้เป็นแกนอ้างอิงสำหรับมุมที่กวาดไปได้



รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงลักษณะการเลือกว่าต้องการใช้ 1 หรือ 2 อุปกรณ์

เมื่อทำการเลือกลักษณะที่ต้องการวัดแล้วระบบจะเข้าสู่การบันทึกค่าดังรูปที่ 3.17 โดยเริ่มจากให้ผู้ใช้งานสวมใส่สายรัดรวมถึงติดอุปกรณ์ตามส่วนที่ต้องการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว หลังจากนั้นทำการกดปุ่ม START



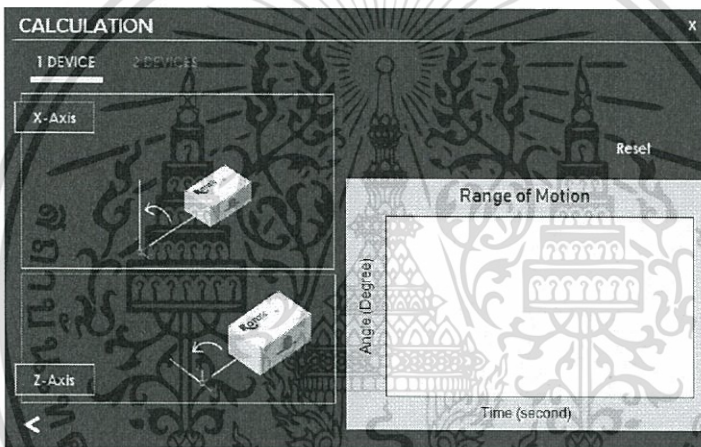
รูปที่ 3.17 หน้าต่างเพื่อเตรียมเข้าสู่การบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

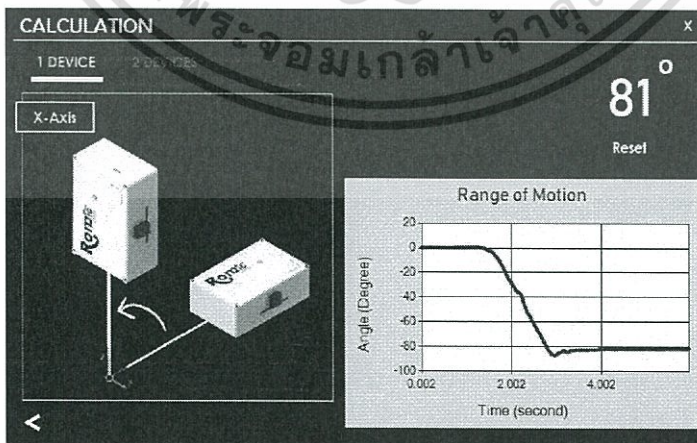
หลังจากทำการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม FINISH เพื่อเชื่อมต่อไปยังหน้าที่ผู้ใช้งานทำการเลือกไว้ โดยในการเลือกแต่ละลักษณะจะมีสัญลักษณ์แสดงว่าผู้ใช้เลือกลักษณะแบบใดอยู่ ทำให้ลดข้อผิดพลาดในการใช้งานลงและทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น ซึ่งในการคำนวณมุมที่อุปกรณ์เคลื่อนที่ไปได้นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

3.4.1 เลือกใช้ 1 อุปกรณ์ในการวัด

ในการเลือกใช้เพียง 1 อุปกรณ์ ผู้ใช้สามารถเลือกแกนที่ต้องการให้โปรแกรมคำนวณซึ่งมีแกน x และ z โดยจะมีรูปแสดงถึงการหมุนในแนวแกนที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานและเข้าใจได้ง่ายขึ้น ภายหลังจากการกดเลือกแล้วนั้นระบบจะทำการคำนวณออกมาเป็นหน่วยองศา รวมถึงแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่อุปกรณ์กวาดไปได้ (องศา) และเวลา (วินาที) ดังรูปที่ 3.18



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.18 (ก) หน้าต่างแสดงรูปอธิบายประกอบการเลือกแกนในการการวัดมุม

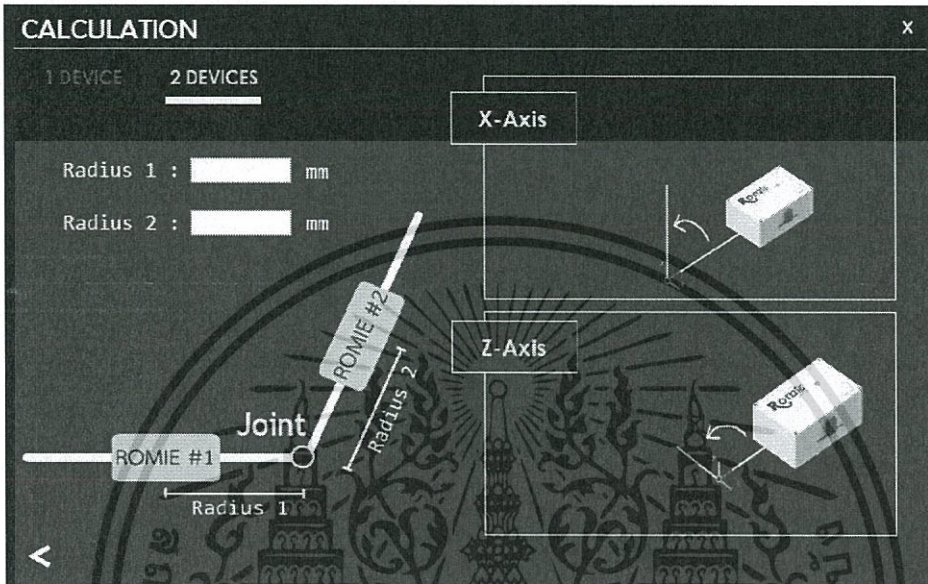
(ข) หน้าต่างแสดงค่ามุมและกราฟที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 เลือกใช้ 2 อุปกรณ์ในการวัด

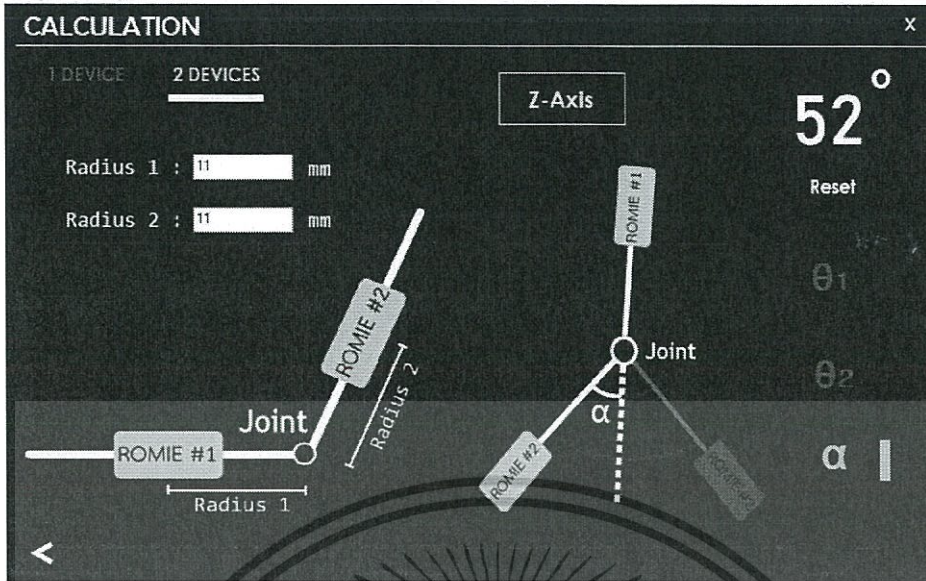
ในการเลือกใช้ 2 อุปกรณ์ ผู้ใช้จะต้องทำการกรอกค่าความยาวของอุปกรณ์จนถึงจุดหมุนหรือข้อต่อของร่างกาย แล้วจึงเลือกแกนที่ต้องการจะวัดซึ่งจะมีแกน X และ Z เช่นเดียวกับกรณีใช้ 1 อุปกรณ์ในการวัด โดยแสดงดังรูปที่ 3.19 หลังจากนั้นระบบจะทำการเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างการคำนวณมุมต่อไป



รูปที่ 3.19 หน้าต่างสำหรับเลือกแกนที่ต้องการวัดและกรอกความยาวซึ่งจำเป็นในการคำนวณ

ในการแสดงผลค่าของมุมต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะแสดงผลในรูปแบบตัวเลขในหน่วยองศา ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งหน้าต่างการคำนวณมุมสำหรับ 2 อุปกรณ์ ผู้ใช้จะสามารถเลือกมุมที่ต้องการวัดได้ 3 แบบ

1. มุมที่วัดกับอุปกรณ์อ้างอิง (θ_1)
2. มุมที่อุปกรณ์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั้งหมด (θ_2)
3. มุมของข้อต่อระหว่างการเคลื่อนที่ทั้งหมด (α)



รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงค่ามุมที่ได้จากการคำนวณ รวมถึงรูปที่แสดงลักษณะการกวาดของอุปกรณ์

หลังจากผู้ใช้งานทำการวัดเสร็จแล้ว ให้ทำการเปิดเข้ามาในโปรแกรม Visual Basic.Net โดยผู้ใช้งานจำเป็นต้องกดปุ่มเลือกว่าต้องการวัดตามแกน X หรือแกน Z เพื่อคำนวณมุมที่ผู้ใช้สามารถทำได้ จากนั้นกดปุ่ม Reset เมื่อต้องการวัดค่าใหม่

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

เมื่อจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบรวมถึงเขียนโปรแกรมในการรองรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต้นแบบแล้ว ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลจากการดำเนินงาน โดยแบ่งขั้นตอนทดสอบการดำเนินงานวิจัยเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์

4.2 การนำอุปกรณ์ต้นแบบไปให้นักกายภาพบำบัดทดลองใช้

4.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์

ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของสัญญาณ จะทำการทดสอบในค่ามุม 30, 45, 60, 90 และ 180 องศา โดยทดสอบแต่ละมุมจำนวน 40 ครั้ง แล้วนำไปทดสอบค่าทางสถิติต่างๆ ทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้

4.1.1 การทดสอบจำนวนกลุ่มตัวอย่างของข้อมูล

ในการทดสอบจำนวนกลุ่มข้อมูลจะใช้อำนาจในการทดสอบสมมติฐานเป็น 95% (Power Value 0.95) และ 99% (Power Value 0.99) ตามค่ามุมต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมแต่ละมุม แล้วนำมาคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทำการทดสอบในโปรแกรมมินิแทป (Minitab) โดยใช้เครื่องมือ Power and Sample Size for one-sample t [33] ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป (Minitab)

โดยใช้อำนาจในการทดสอบสมมติฐานเป็น 95%

มุม (องศา)	30	45	60	90	180
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.550551	0.310336	0.311239	0.32107	0.526562
ค่าความแตกต่าง (ค่าเฉลี่ย-ขีดจำกัดควบคุมทางต่ำ)	1.40759	2.16348	3.06319	4.41597	8.87242
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (ครั้ง)	5	3	3	3	3

ตารางที่ 4.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากการวิเคราะห์ในโปรแกรมมินิแทป (Minitab)

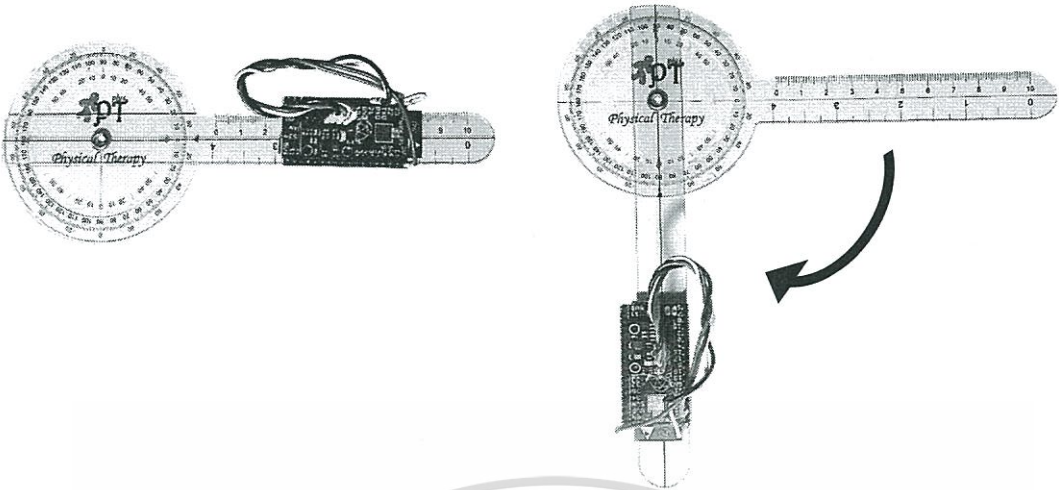
โดยใช้อำนาจในการทดสอบสมมติฐานเป็น 99%

มุม (องศา)	30	45	60	90	180
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.550551	0.310336	0.311239	0.32107	0.526562
ค่าความแตกต่าง (ค่าเฉลี่ย-ขีดจำกัดควบคุมทางต่ำ)	0.207595	0.363479	0.663186	0.815973	1.67242
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (ครั้ง)	173	21	9	8	6

จากตารางจะเห็นว่า ควรทำการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับค่าที่ได้จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 โดยทางที่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทั้งหมด 40 ครั้งในแต่ละมุมที่ต้องการทดสอบ ซึ่งในความจริงนั้นค่ามุม 30 องศา ถือเป็นมุมที่เล็กมากและไม่ได้นำมาใช้ในการวัด จึงถือได้ว่าจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบมีความเพียงพอ

4.1.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของสัญญาณ

ความแม่นยำ (Accuracy) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าหรือแสดงว่าค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง โดยในการทดสอบความแม่นยำของสัญญาณจะทำการทดสอบเทียบกับโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) ในค่ามุมและขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 4.1 วิธีการทดสอบเมื่อเทียบกับโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer)

เมื่อทำการทดสอบวัดที่มุม 30, 45, 60, 90, 180 ซึ่งวัดซ้ำจำนวน 40 ครั้งในแต่ละมุม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย, พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย, พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในแต่ละมุม

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	พิสัย (Range)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
30	29.9076	2.2985	0.5506
45	44.9135	1.2041	0.3103
60	60.0632	1.4277	0.3112
90	89.9160	1.6121	0.3211
180	179.8724	2.1994	0.5266

นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ โดยสามารถคำนวณค่าความแม่นยำได้ตามสมการที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 [34]

$$\%Accuracy = 100 - \%Error \quad (4.1)$$

โดยที่ $Relative\ error = \frac{|x_{mea} - x_t|}{x_t}$ (4.2)

$$\%Error = Relative\ Error \times 100 \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ⁵⁰ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ X_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

X_t คือ ค่าจริง (True value)

เมื่อคำนวณค่าความแม่นยำออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วจากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ จะได้ผลออกมาดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (%Accuracy) ในค่ามุมต่างๆ

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ย (Mean) ของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	พิสัย (Range) ของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ
30	98.5870	4.8863	1.1905
45	99.4346	1.8255	0.4308
60	99.5904	1.2374	0.3292
90	99.7227	1.0442	0.2394
180	99.7470	0.6761	0.1584

จากตารางจะเห็นได้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดอยู่ที่ 98.5870% ซึ่งมากกว่า 95% จึงถือได้ว่าสามารถยอมรับได้ตามหลักสถิติศาสตร์ [35]

4.1.3 การทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณ

ความไวในการตรวจจับสัญญาณ (Sensitivity) เป็นคุณลักษณะที่บอกถึงสัดส่วนของการรับรู้ว่ามีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อมีการส่งสัญญาณออกมา โดยในระบบตรวจจับการส่งสัญญาณคือสัดส่วนที่ระบบแจ้งว่าเกิดการส่งสัญญาณขึ้นจริง ซึ่งสัดส่วนการเกิดสัญญาณนั้นสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 4.4 [36]

$$\text{ความไวในการตรวจจับ} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4.4)$$

เมื่อ TP คือ จำนวนเหตุการณ์ในลักษณะจับสัญญาณได้ถูก (Hit)

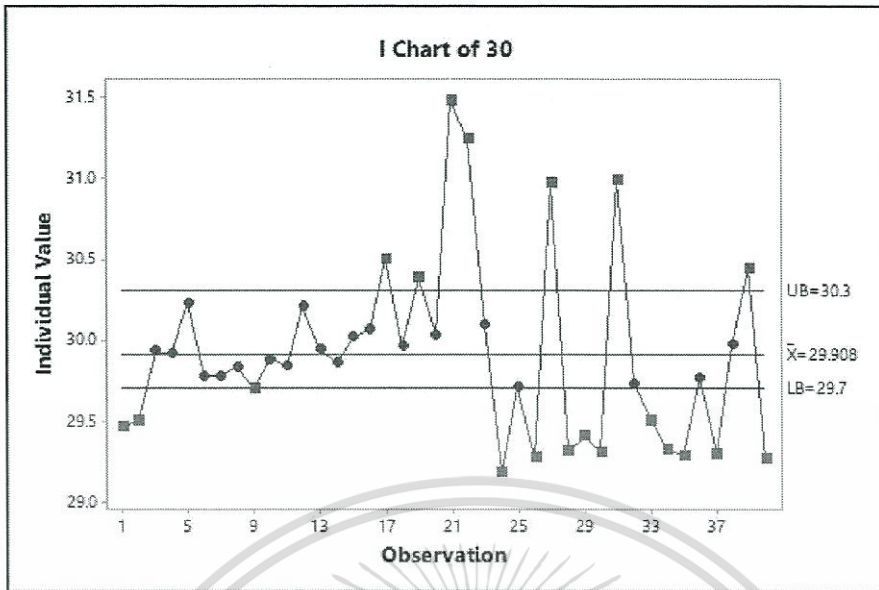
FN คือ จำนวนเหตุการณ์ในลักษณะพลาดการจับสัญญาณ (Miss)

เมื่อนำค่ามุมที่คำนวณได้มาหาจำนวนเหตุการณ์ในลักษณะจับสัญญาณได้ถูกและพลาดการจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ในการวัดคือ 95% ของมุมที่นำมาทดสอบ ซึ่งถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 95% จะถือว่าเป็นค่าเหตุการณ์ในลักษณะจับสัญญาณได้ถูก ส่วนถ้านอกเหนือจากนั้นจะถือว่าเป็นค่าเหตุการณ์ในลักษณะพลาดการจับสัญญาณโดยจะพบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ในช่วง 95% มีค่าความไวในการตรวจจับจากการคำนวณเป็นไปดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ 95%

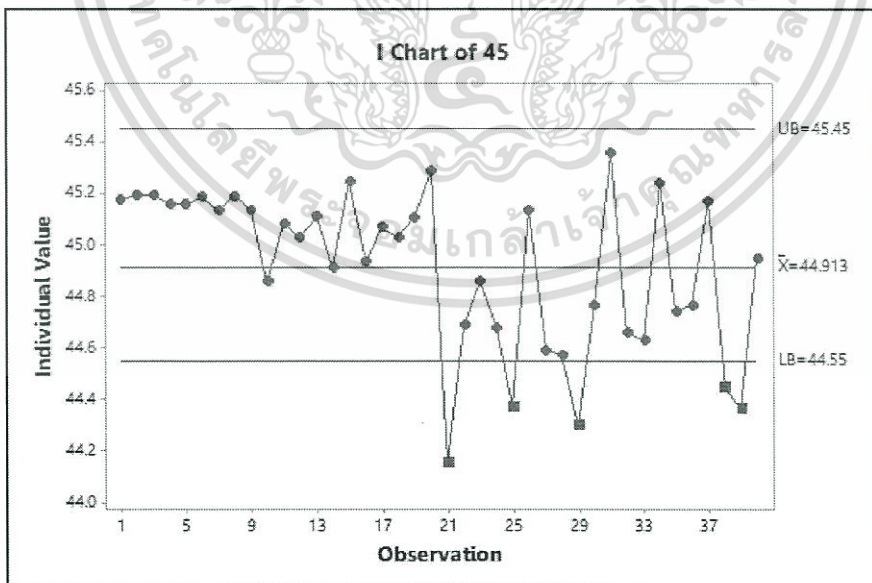
มุม (องศา)	จำนวนที่จับสัญญาณได้ถูก (Hit)	จำนวนที่พลาดการจับ สัญญาณ (Miss)	ความไวในการตรวจจับ (Sensitivity)
30	40	0	1
45	40	0	1
60	40	0	1
90	40	0	1
180	40	0	1

นอกจากนี้ทางทีมผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการวัด 99% ของมุมที่นำมาทดสอบมาตรวจสอบร่วมด้วย โดยรูปที่ 4.2 แสดงจำนวนข้อมูลภายในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 30 องศาหรือภายในช่วง 29.7 ถึง 30.3 ซึ่งความกว้างของช่วงดังกล่าวค่อนข้างน้อย ทำให้โอกาสที่ข้อมูลจะตกอยู่ในช่วงนี้มีค่าน้อยไปด้วย โดยในการทดสอบข้อมูล มีข้อมูลที่อยู่นอกช่วง 99% หรือพลาดการจับสัญญาณ (Miss) ทั้งหมด 20 ข้อมูล ซึ่งมีความไวในการตรวจจับสัญญาณเท่ากับ 0.5



รูปที่ 4.2 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุ่ม 30 องศา

เนื่องจากความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุ่ม 45 หรือภายในช่วง 44.55 ถึง 45.45 มีช่วงที่กว้างขึ้นทำให้โอกาสที่มีข้อมูลอยู่ภายในช่วงนี้มีค่ามากกว่ามุ่ม 30 โดยจากรูปที่ 4.3 แสดงจำนวนข้อมูลที่อยู่นอกช่วง 99% หรือพลาดการจับสัญญาณ (Miss) ทั้งหมด 5 ข้อมูล ซึ่งมีความไวในการตรวจจับสัญญาณเท่ากับ 0.875

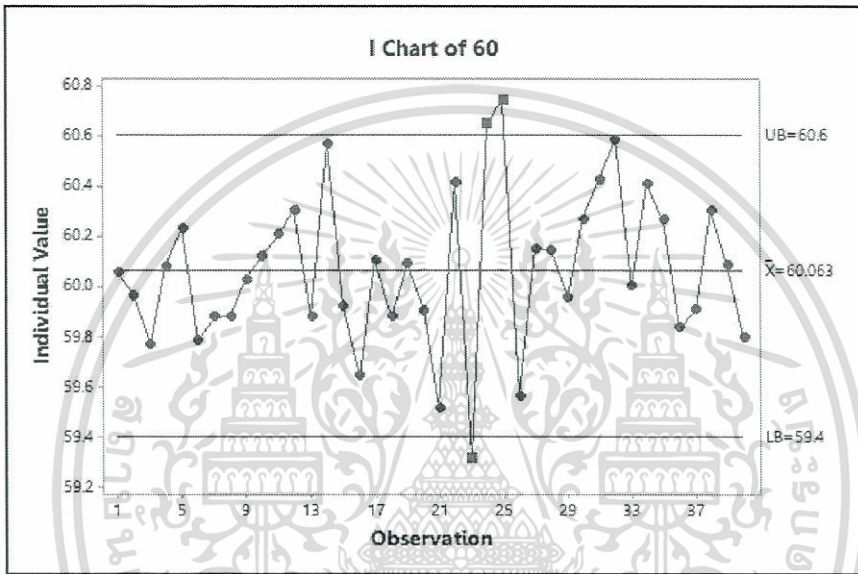


รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุ่ม 45 องศา

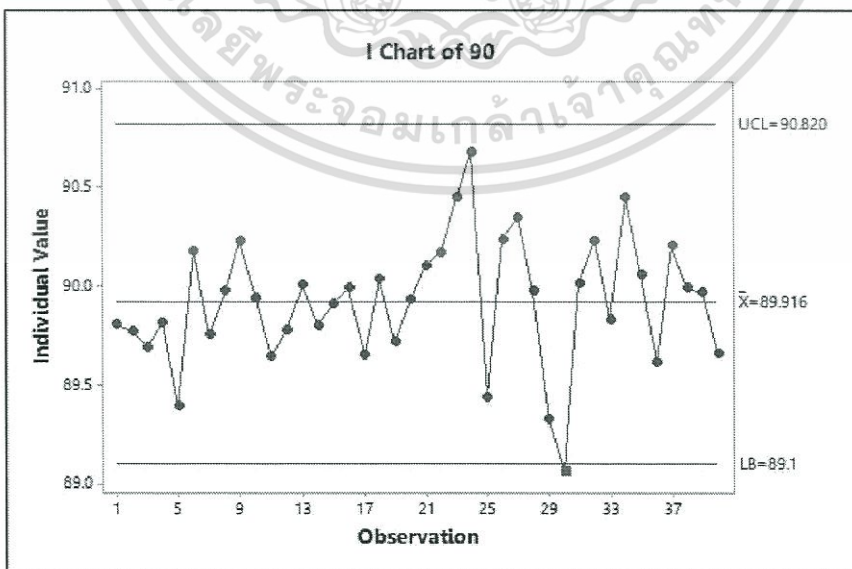
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 60, 90 และ 180 หรือภายในช่วง 59.4 ถึง 60.6, 89.1 ถึง 90.82 และ 178.348 ถึง 181.397 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงช่วงที่มีความกว้างเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสที่มีข้อมูลอยู่ภายในช่วงต่างๆ นี้มีมากขึ้น ซึ่งจากการทดสอบข้อมูลพบว่าจำนวนข้อมูลที่อยู่ นอกช่วง 99% หรือพลาดการจับสัญญาณ (Miss) ของมุม 60, 90 และ 180 มีจำนวนทั้งหมด 3, 1 และ 0 ข้อมูล ซึ่งมีความไวในการตรวจจับสัญญาณเท่ากับ 0.925 , 0.975 และ 1 ตามลำดับ โดยสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6

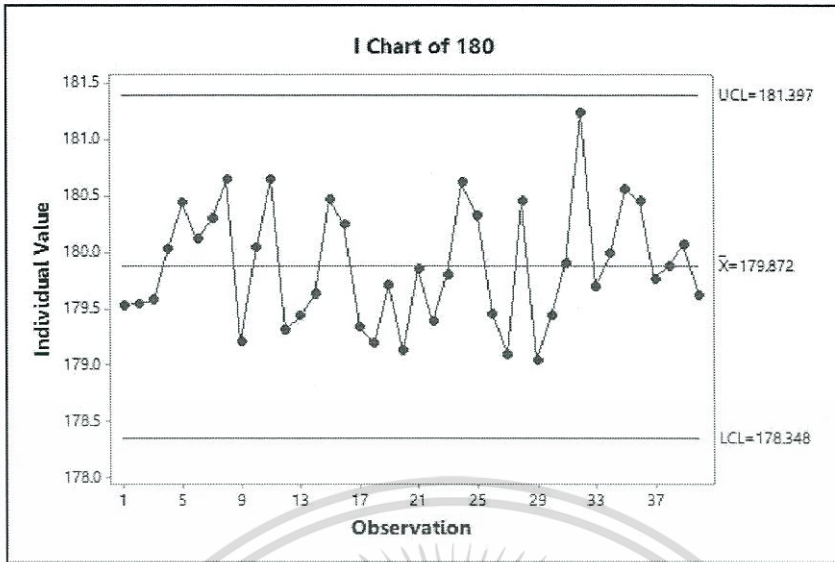


รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 60 องศา



รูปที่ 4.5 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนภูมิควบคุมสำหรับแต่ละข้อมูลในช่วงความเชื่อมั่น 99% ของมุม 180 องศา

จากการทดสอบสามารถสรุปจำนวนที่จับสัญญาณถูก (Hit), จำนวนที่พลาดการจับสัญญาณ (Miss) และค่าความไวในการตรวจจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ 99% ของมุมต่างๆ ดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าทดสอบความไวในการตรวจจับสัญญาณโดยใช้เกณฑ์ 99%

มุม (องศา)	จำนวนที่จับสัญญาณได้ถูก (Hit)	จำนวนที่พลาดการจับสัญญาณ (Miss)	ความไวในการตรวจจับ (Sensitivity)
30	20	20	0.5
45	35	5	0.875
60	37	3	0.925
90	39	1	0.975
180	40	0	1

จากข้อมูลข้างต้น จะพบว่าความไวในการจับสัญญาณที่น้อยที่สุดมีค่ามากกว่า 0.5 แต่เนื่องจากทางทีมผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ 99% ในการวัดซึ่งเป็นค่าที่มีความละเอียดสูง อีกทั้งในการทำการวัดจริงไม่ได้ใช้ในการวัดค่าในมุมเล็กๆ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

4.1.4 การวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล

ในการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล จะนำข้อมูลที่ได้จากการวัดในค่ามุมต่างจำนวน 40 ครั้งไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรมมินิแทป (Minitab) ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ One sample t-test เมื่อทำการวิเคราะห์ออกมาจะได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล

มุม (องศา)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)	P-Value
30	29.9076	0.5506	0.295
45	44.9135	0.3103	0.086
60	60.0632	0.3112	0.207
90	89.9160	0.3211	0.106
180	179.8720	0.5270	0.133

เมื่อพิจารณาจากค่า P-value แล้วพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 95% จึงสามารถทำการสรุปได้ว่า ค่าที่วัดออกมาได้นั้นไม่มีความแตกต่างจากค่าจริงตามนัยทางสถิติ [35]

4.2 การนำอุปกรณ์ต้นแบบไปให้นักกายภาพบำบัดทดลองใช้

หลังจากทางคณะผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์แล้ว ได้มีการนำตัวอุปกรณ์รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ควบคุมกันไปให้นักกายภาพบำบัด สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ทดลองใช้งาน ดังรูปที่ 4.3 โดยได้รับคำแนะนำให้แก้ไขด้านการปรับเปลี่ยนรูปร่างของสายรัดให้มีความแน่นพอดีกับส่วนของร่างกาย นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการรัดส่วนต่างๆ ของร่างกายควรกำหนดตำแหน่งที่ใช้ในการรัดให้มีระยะใกล้ข้อต่อมากขึ้นเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนน้อยลง เนื่องจากการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ห่างจากจุดหมุนหรือข้อต่อที่ต้องการวัด มีผลทำให้เกิดการขยับของอุปกรณ์รวมทั้งการเกร็งของกล้ามเนื้อขณะทำการเคลื่อนไหวทำให้การอ่านค่าเกิดการคลาดเคลื่อนได้



รูปที่ 4.7 คณะผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์รวมถึงโปรแกรมไปให้นักกายภาพบำบัดทดลองใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา⁵⁷ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับใช้ในการวัดพิสัย การเคลื่อนไหว รวมถึงยังมีการพัฒนาหน้าต่างผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่อใช้ร่วมกับอุปกรณ์ต้นแบบ ด้วย เนื่องจากในปัจจุบันนักกายภาพบำบัดใช้เครื่องวัดมุม (Goniometer) ในการอ่านค่าพิสัยการ เคลื่อนไหว ซึ่งต้องอาศัยทักษะความเชี่ยวชาญรวมถึงทำการวัดโดยใช้การประมาณด้วยสายตา ซึ่งอาจเป็น ผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า เพื่อที่จะลดข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบขึ้น โดยใช้เซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม เพื่อใช้ในการหามุมที่อุปกรณ์ สามารถเคลื่อนที่ไปได้ รวมถึงสามารถส่งสัญญาณโดยผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) หลังจากนั้นนำค่าที่ ได้รับจากอุปกรณ์มาคำนวณค่าพิสัยการเคลื่อนไหวผ่านหน้าต่างผู้ใช้งาน ซึ่งจะสามารถเลือกจำนวน อุปกรณ์ในการวัดได้ด้วย โดยมี 2 ลักษณะได้แก่ 1 อุปกรณ์และ 2 อุปกรณ์ รวมถึงแกนที่จะใช้ในการวัด ซึ่ง ได้แก่แกน x และแกน z โดยหลังจากเลือกลักษณะที่ต้องการจะวัดแล้วนั้น หน้าต่างผู้ใช้งานจะทำการ คำนวณผลโดยแสดงผลเป็นค่ามุมที่มีหน่วยเป็นองศา โดยหลังจากการจัดทำอุปกรณ์ต้นแบบและหน้าต่าง ผู้ใช้งานแล้วนั้น ทางทีมผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์และโปรแกรมที่ได้ไปทดสอบและวิเคราะห์ค่าทางสถิติ 3 ด้าน ได้แก่ ความแม่นยำของสัญญาณ (Accuracy) ความไวในการตรวจจับสัญญาณ (Sensitivity) และระดับ ความเชื่อมั่น (Confident Interval) ของข้อมูลภายในช่วง 95% จากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ แล้วนั้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำมีค่ามากกว่า 95% ความไวในการตรวจจับสัญญาณมีค่ามากกว่า 0.5 และผลจากความเชื่อมั่นของข้อมูลแสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานโดยมีค่า p -value มากกว่า 0.05 ซึ่งสรุปผลได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้นั้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการวัดพิสัย การเคลื่อนไหวได้จริง

5.2 ข้อจำกัด

จากข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์พบว่าเมื่อใช้อุปกรณ์ในการวัดมุมในขนาดเล็กๆ จะทำให้ความแม่นยำของอุปกรณ์ต่ำลง นอกจากนี้เครื่องวัดมุม (Goniometer) ที่ใช้ในการสอบเทียบ (Calibration) สามารถวัดได้เพียงแกน Z เพียงแกนเดียว ซึ่งทำให้ค่าที่ได้ออกมาในแกน X อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ รวมทั้งตำแหน่งที่ใช้ในการติดมีผลต่อความแม่นยำของข้อมูล เพราะตำแหน่งที่ต่างกันมีผลต่อการรัดแน่นของสายรัด ซึ่งอาจมีผลทำให้อุปกรณ์มีความคลาดเคลื่อนได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ปรับปรุงรูปแบบของหน้าต่างผู้ใช้ในโปรแกรม Visual Basic.NET ในส่วนของการจัดเก็บข้อมูล เพื่อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลที่ทำกรวัดได้ในระยะยาว และสามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บมาวิเคราะห์ได้อย่างง่ายดาย รวมถึงขนาดของกล่องที่ใช้ในการบรรจุอุปกรณ์สามารถทำให้มีขนาดเล็กลงกว่านี้ได้ ซึ่งจะทำให้มีน้ำหนักเบา ง่ายต่อการวัดมากขึ้นและมีความสะดวกสบายในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ก่อนการใช้งาน ควรมีการเปิดอุปกรณ์แล้วหมุนไปมา เพื่อให้อุปกรณ์เตรียมพร้อมสำหรับการวัดข้อมูล ทำให้ข้อมูลที่วัดมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง

5.4 งานในอนาคต

ในอนาคตอาจจะมีการเพิ่มหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส (Touch Screen) ลงไปบนตัวอุปกรณ์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยหน้าต่างผู้ใช้งาน หรือคอมพิวเตอร์ในการวัดข้อมูล รวมถึงเพิ่มรูปแบบการใช้งาน โดยพัฒนาหน้าต่างผู้ใช้งานให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อใช้วัดค่าต่างๆ อย่างหลากหลายมากขึ้น เช่น ในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดการเคลื่อนไหวของนักกีฬาแล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางด้านร่างกายและป้องกันการบาดเจ็บจากการแข่งขัน ในด้านอุตสาหกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหรือใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของพนักงานให้เป็นไปตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปวัดการทรงตัวของมนุษย์เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระบบและวิธีการทำงานสำหรับคนที่ต้องทำงานบนที่สูงหรือต้องทรงตัวบนสภาพพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวย และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเตือนเมื่อเกิดการล้มของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 59 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] Erin McLaughlin, “What Is Range of Motion (ROM)? - Definition, Types, Testing & Exercises,” *Study.com*. [Online]. Available: <http://study.com/academy/lesson/what-is-range-of-motion-rom-definition-types-testing-exercises.html>. [Accessed: 23-Oct-2017].
- [2] Shelley Elizabeth Clark, “THE ROLE OF BODY MASS INDEX (BMI) ON TOTAL KNEE REPLACEMENT REHABILITATION.” .
- [3] กรมกิจการผู้สูงอายุ, “ข้อมูลสถิติจำนวนผู้สูงอายุประเทศไทย ปี 2559.” [Online]. Available: http://www.dop.go.th/main/knowledge_detail.php?id=0864d7d94b4118cfea1201016aefbf7a&type=34. [Accessed: 24-Aug-2017].
- [4] S. Maria Amado João, M. Nomura Nishizaki, C. Hitomi Yamamoto, V. Lúcia Perino Barbosa, and J. Ferreira Sauer, “Obesity Effect on Children Hip and Knee Range of Motion,” *Int. J. Clin. Med.*, vol. 05, no. 09, pp. 490–497, 2014.
- [5] C.-Y. Chiang, K.-H. Chen, K.-C. Liu, S. J.-P. Hsu, and C.-T. Chan, “Data Collection and Analysis Using Wearable Sensors for Monitoring Knee Range of Motion after Total Knee Arthroplasty,” *Sensors*, vol. 17, no. 2, Feb. 2017.
- [6] “Physical Control and Sensors.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/hciit8/physical-control-and-sensors?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [7] กรมแผนที่ทหาร, “INERTIALMEASUREMENTUNIT.pdf.” .
- [8] “Accelerometer - ThaiMulticopter.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/thaimulticopter/acc>. [Accessed: 28-Sep-2017].
- [9] B. Engineering, “Biomedical Engineer SWU: Accelerometer,” *Biomedical Engineer SWU*, 2554. .
- [10] B. Engineering, “Biomedical Engineer SWU: Sensor Gyro,” *Biomedical Engineer SWU*, 2554. .
- [11] Dept.Computer Engineering, Chiang Mai University, “Gyroscopes | Micro/Embedded Systems 2556,” *Micro/Embedded Systems 2556*. .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 60 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] "I2C Communication: Case study of GY-30 (Ambient Light Sensor)." [Online]. Available: <https://www.arduitronics.com/article/47/i2c-communication-case-study-of-gy-30-ambient-light-sensor>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [13] "PuTTY (โปรแกรม Putty โปรแกรม Telnet จากเครื่องลูก) 0.70." [Online]. Available: <https://software.thaiware.com/10912-PuTTY-Telnet-Download.html>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [14] Mr. Krittidech Pomuang, "โปรแกรม Putty." [Online]. Available: http://www.research-system.siam.edu/images/coop/IT_Department/Network_and_Device_management_by_network_simulator_program/06_ch2.pdf. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [15] "ใช้งานโปรแกรม PuTTY."
- [16] "การรีโมทผ่านเข้าตัว Server ผ่าน โปรแกรม Putty," *การรีโมทผ่านเข้าตัว Server ผ่าน โปรแกรม Putty ~ CentOS Ubuntu*, 19-Dec-2010. .
- [17] ผศ.ดร. สุชาติ คุ่มมะณี, "Programming Expert with Python เชี่ยวชาญการเขียนโปรแกรมด้วยไพธอน." [Online]. Available: <https://isan.msu.ac.th/suchart/Python/ProgrammingExpertwithPython.pdf>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [18] "แนะนำให้รู้จักกับภาษา Visual Basic - MarcusCode." [Online]. Available: <http://marcuscode.com/lang/visual-basic/introduction>. [Accessed: 04-May-2018].
- [19] นายแพทย์ อี๊ด ลอประยูร, "กายวิภาคศาสตร์ทางกีฬาสำหรับบุคคลากรทั่วไป."
- [20] "ระบบโครงกระดูก," *maceducation*. [Online]. Available: <http://www.maceducation.com/e-knowledge/2434205100/03.pdf>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [21] "บทเรียน::เรื่องการเคลื่อนที่ของคน::" [Online]. Available: http://www.wangchan.ac.th/teacher_issue/t712/unit42.html. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [22] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นริศ เจริญพร, "ชีวกลศาสตร์ในการทำงาน." [Online]. Available: <http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/master%2054109%20unit%207.pdf>. [Accessed: 21-Jan-2018].
- [23] "Goniometer Elbow Measurement - Image Mag." [Online]. Available: https://imagemag.ru/img-ba_goniometer-elbow-measurement.html. [Accessed: 21-Jan-2018].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 61 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [24] สายชล ชินชัยพงษ์, “361 การศึกษาติดตามผลผู้ป่วยที่ได้รับการฟื้นฟูภายหลังจากผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า,” 15:50:39 UTC.
- [25] Saba Bakhshi Khayani, “Development Of Wearable Sensors For Body Joint Angle Measurement,” University of Denver, 2011.
- [26] K. A. Bijan Najafi*, F. L. Anisoara Paraschiv-Ionescu, and P. R. Christophe J. Büla, “Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor: Monitoring of Daily Physical Activity in the Elderly (PDF Download Available),” *ResearchGate*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/10702088_Ambulatory_System_for_Human_Motion_Analysis_Using_a_Kinematic_Sensor_Monitoring_of_Daily_Physical_Activity_in_the_Elderly. [Accessed: 11-Sep-2017].
- [27] “10DOF 4-in-1 MPU-9250 and BMP280 Multi-Sensor Module,” *TD Egypt*. [Online]. Available: <https://www.tdegyp.com/product/gy-91-10dof-4-in-1-mpu-9250-bmp280-multi-sensor-module/>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [28] “NodeMCU-32S WiFi+Bluetooth Development Board (ESP-WROOM-32).” [Online]. Available: <http://www.arduino.codemobiles.com/product/255/nodemcu-32s-wifibluetooth-development-board-esp-wroom-32>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [29] K. Jaiyen, “[BATTERY] Li-Po Battery EP.01 ความเข้าใจเกี่ยวกับแบตเตอรี่.” [Online]. Available: <http://doc.inex.co.th/lipo-batt-ep01/>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [30] “แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม-โพลีเมอร์ (Lithium-Polymer) VS ลิเทียมไอออน (Lithium-ion).” [Online]. Available: <https://www.beyondsoho.com/article/5/แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม-โพลีเมอร์-lithium-polymer-vs-ลิเทียมไอออน-lithium-ion>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [31] “IMU 9DOF - MPU-9250,” *Drotek SAS*. [Online]. Available: <https://drotek.com/shop/en/421-mpu9250-gyro-accelerometer-magnetometer.html>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [32] InvenSense, “MPU-9250 Product Specification Revision 1.1.” [Online]. Available: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [33] วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์, “การหาจำนวนตัวอย่างในการทดสอบสมมติฐาน.” [Online]. Available: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/fq141_p71-73.pdf. [Accessed: 04-Mar-2018].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ⁶² และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [34] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ผศ.ดร.นวกัทรรา หนูนาค, “Accuracy / ความถูกต้อง ความแม่นยำ - Food Wiki | Food Network Solution,” *Food Network Solution*. [Online]. Available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4289/accuracy-%E0%B8%84>. [Accessed: 03-Feb-2018].
- [35] “สูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง,” คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. [Online]. Available: http://www.edu.ru.ac.th/images/edu_files/formulation_example.pdf. [Accessed: 03-Feb-2018].
- [36] M. Jongprasithporn, N. Yodpijit, R. Srivilai, and P. Pongsophane, “A smartphone-based real-time simple activity recognition,” in *Control, Automation and Robotics (ICCAR), 2017 3rd International Conference on*, 2017, pp. 539–542.

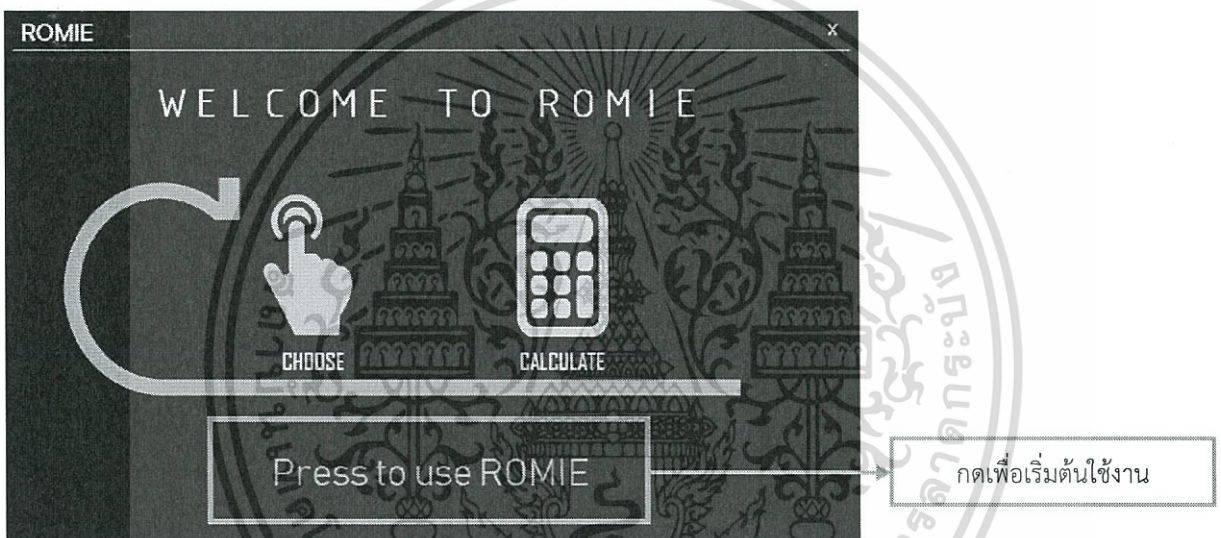


ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานโปรแกรม ROMie (โปรแกรมสำหรับการคำนวณพิธีการเคลื่อนไหว)

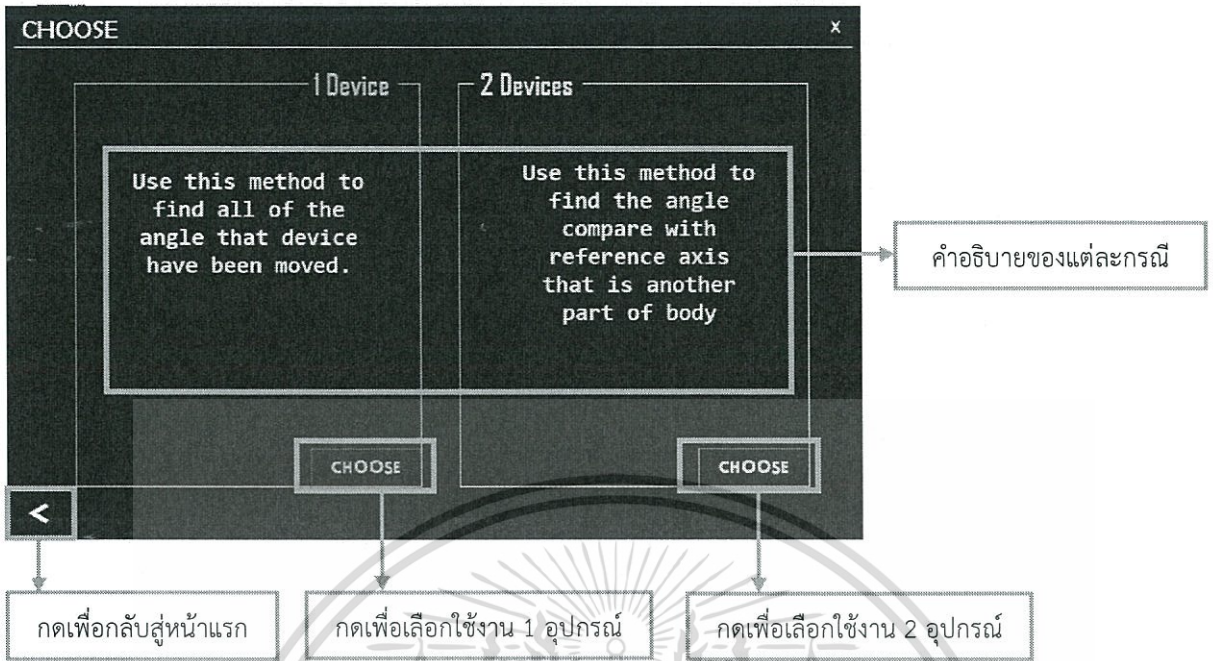
1. เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม

เมื่อทำการเปิดโปรแกรมจะพบกับหน้าจอตั้งรูป โดยโปรแกรมนี้สามารถเลือกจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดรวมถึงสามารถคำนวณและแสดงผลออกมาเป็นค่ามมที่มีหน่วยเป็นองศาได้



2. เลือกจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการวัดพิธีการเคลื่อนไหว

หลังจากกดเข้าใช้งานแล้วจะปรากฏหน้าให้เลือกจำนวนอุปกรณ์ โดยภายในโปรแกรมจะสามารถเลือกได้สองแบบคือเลือกใช้งาน 1 อุปกรณ์ (1 Device) เมื่อต้องการที่จะใช้วัดมุมที่กวาดไปได้ของส่วนของร่างกายเพียงส่วนเดียว และเลือกใช้งาน 2 อุปกรณ์ (2 Devices) เมื่อต้องการวัดส่วนของร่างกาย 2 ส่วนว่าทำมุมกันเป็นเท่าใดโดยที่อุปกรณ์ตัวที่ 1 จะใช้ในการวัดมุม ส่วนอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งจะใช้เป็นแกนอ้างอิงสำหรับมุมที่กวาดไปได้



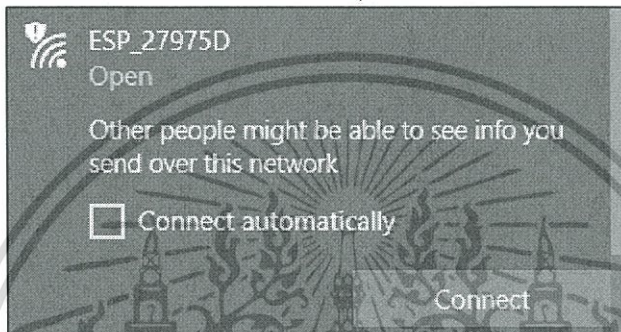
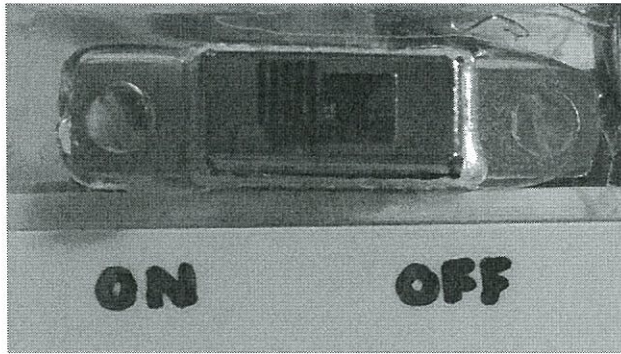
2.1 กรณีเลือกใช้งาน 1 อุปกรณ์

เมื่อทำการเลือกจำนวนอุปกรณ์แล้วจะเข้าสู่หน้าการบันทึกค่า โดยเริ่มจากผู้ใช้งานต้องสวมใส่สายรัดรวมถึงติดอุปกรณ์ตามส่วนที่ต้องการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว

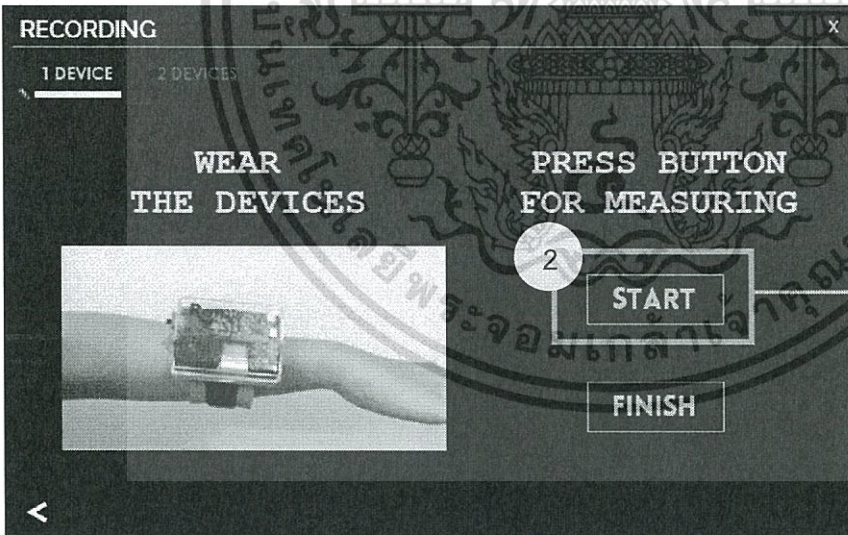


โดยก่อนที่จะเริ่มทำการวัดผู้ใช้งานต้องเปิดสวิตซ์ของตัวอุปกรณ์ก่อน จากนั้นทำการเชื่อมต่อ Wi-Fi ของตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ^๒ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



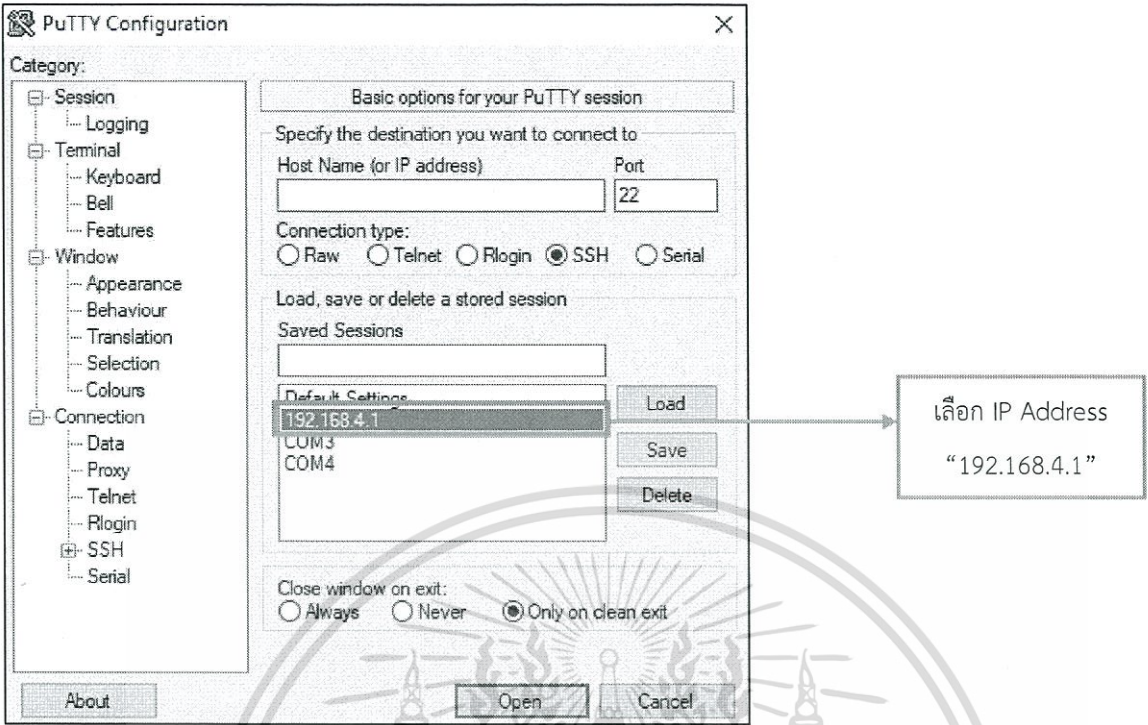
หลังจากนั้นทำการกดปุ่ม "START"



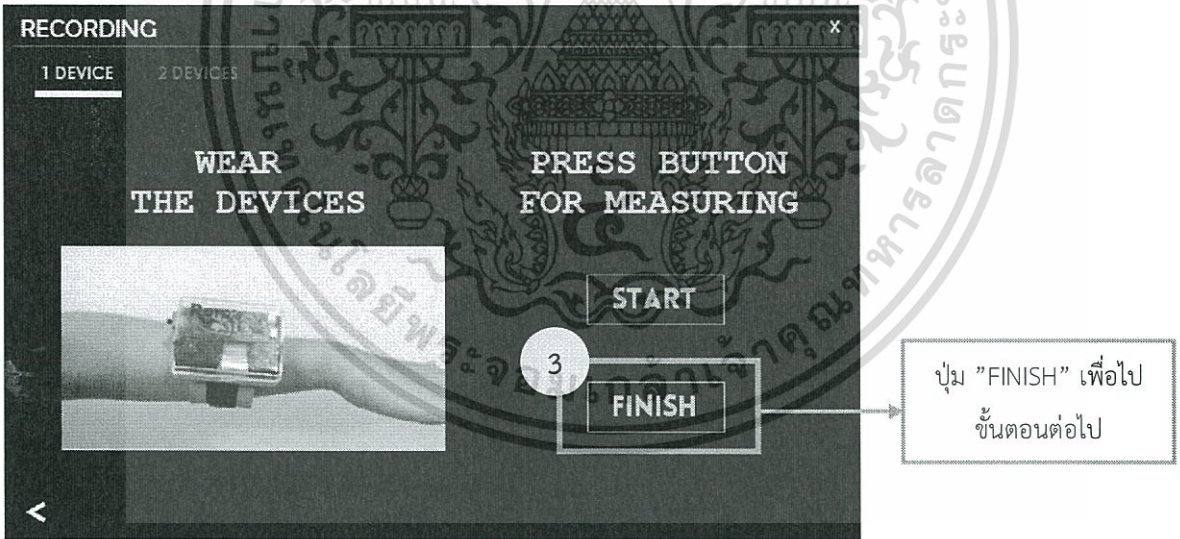
ปุ่ม "START" เมื่อต้องการ
เริ่มวัดพิสัยการเคลื่อนไหว

โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง PuTTY จากนั้นทำการกดเลือก IP Address "192.168.4.1" และกดปุ่ม Open เพื่อเริ่มบันทึกข้อมูล และเมื่อผู้ใช้งานทำการวัดเรียบร้อยแล้วให้ทำการกดปุ่มปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ม3 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

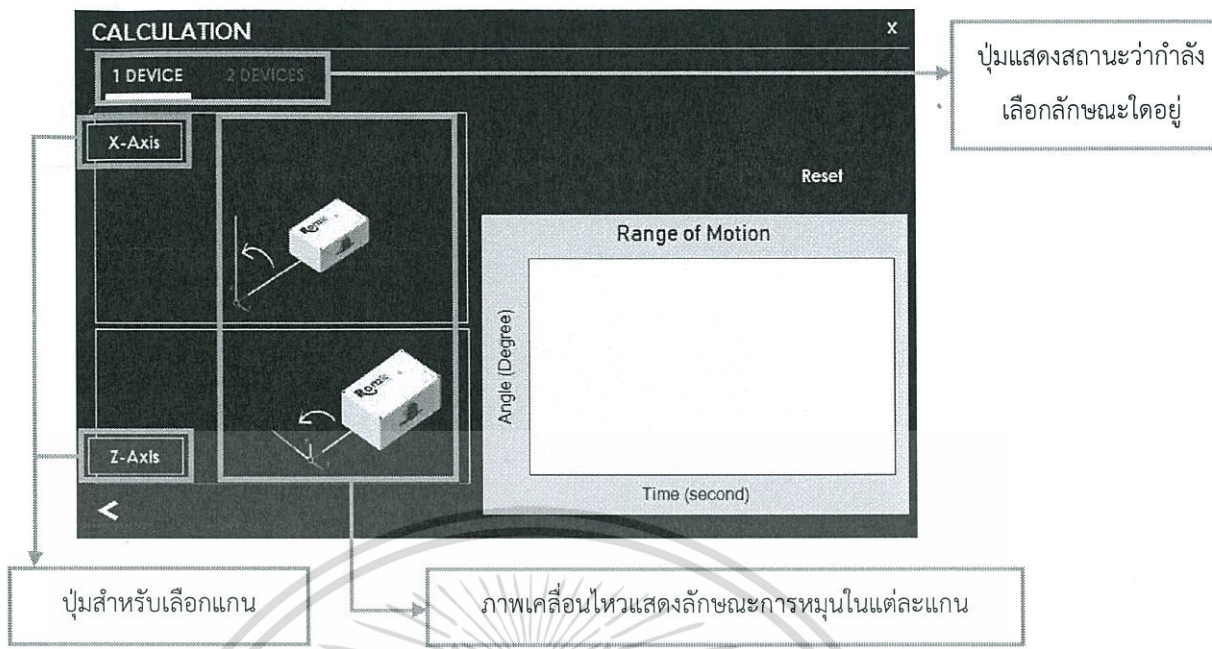


เมื่อทำการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวเรียบร้อยแล้วจึงกดปุ่ม "FINISH"

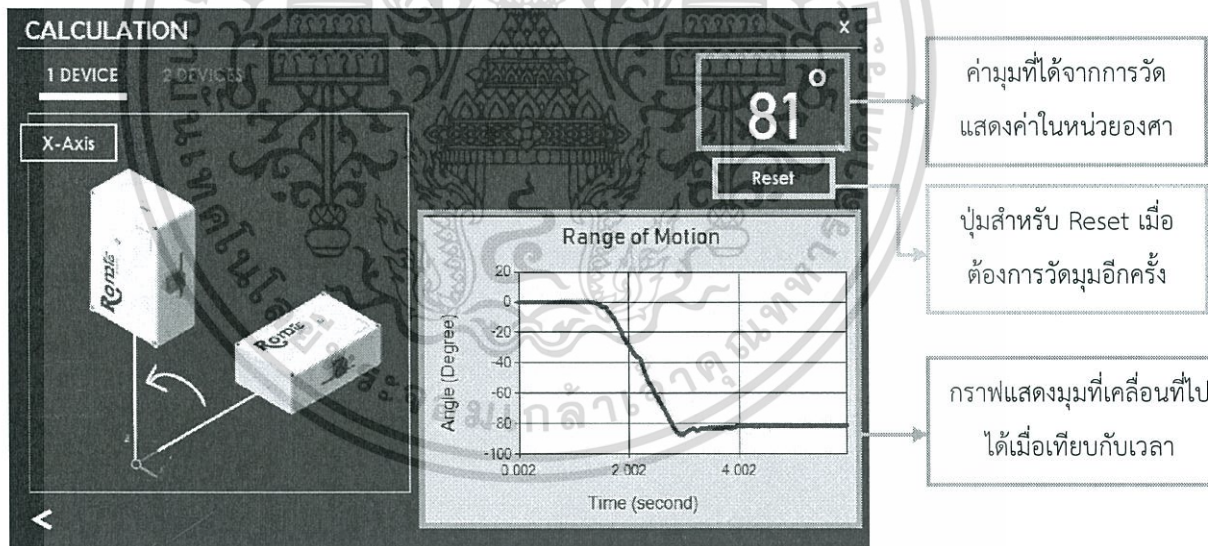


ต่อไปเป็นการเลือกแกนเพื่อแสดงค่าที่ได้จากการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว โดยจะมี 2 ลักษณะคือ แกน X และแกน Z ในโปรแกรมจะมีภาพเคลื่อนไหวแสดงลักษณะของแต่ละแกน ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ได้ทำการหมุนอุปกรณ์ให้มีลักษณะเคลื่อนที่ไปในรูปแบบใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ๗4 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



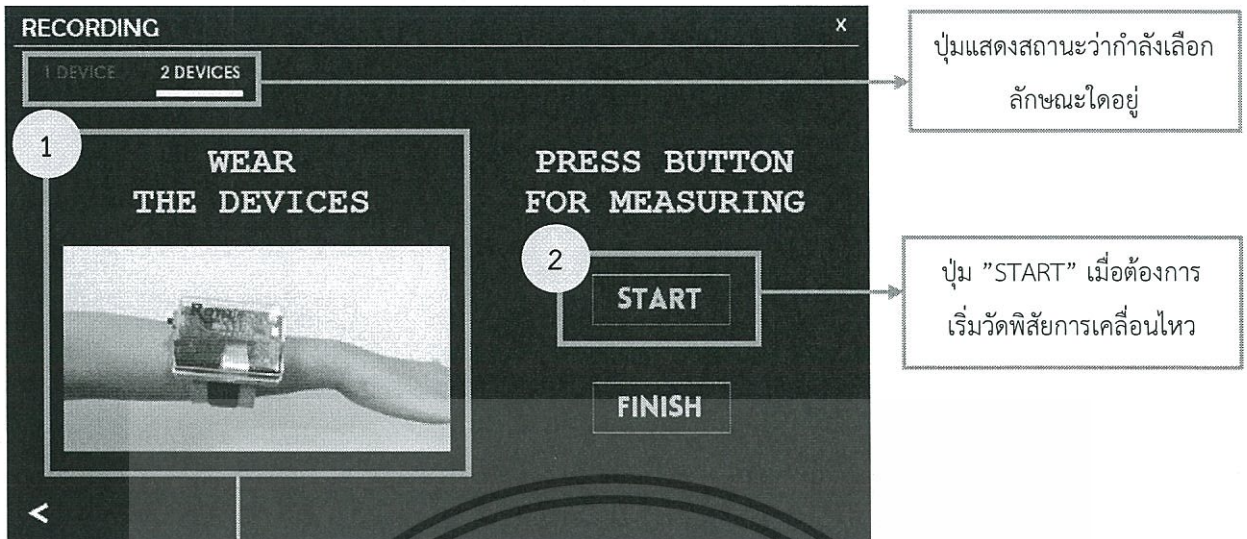
เมื่อเลือกแกนเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลออกมาเป็นมุม (หน่วยเป็นองศา) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่อุปกรณ์กวาดไปได้ (องศา) และเวลา (วินาที)



2.2 กรณีเลือกใช้งาน 2 อุปกรณ์

เมื่อทำการเลือกจำนวนอุปกรณ์แล้ว จะเข้าสู่หน้าการบันทึกค่าเช่นเดียวกับกรณีเลือกใช้งาน 1 อุปกรณ์ โดยเริ่มจากสวมใส่สายรัดรวมถึงติดอุปกรณ์ตามส่วนที่ต้องการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว หลังจากนั้นทำการกดปุ่ม “START”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

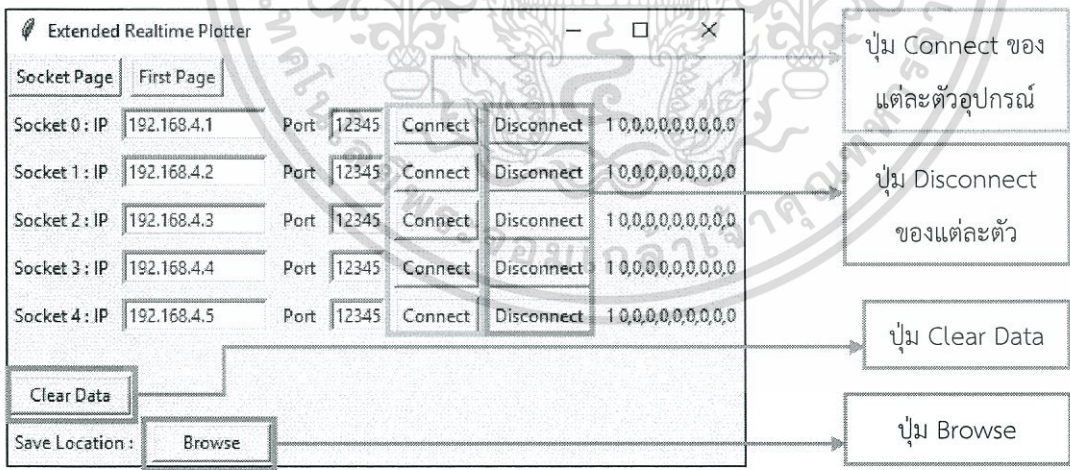


ปุ่มแสดงสถานะว่ากำลังเลือก
ลักษณะโดยอยู่

ปุ่ม "START" เมื่อต้องการ
เริ่มวัดพัลส์การเคลื่อนไหว

ทำการสวมใส่ตัวอุปกรณ์ตามภาพเคลื่อนไหวที่แสดงการติดอุปกรณ์

โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Extended Realtime Plotter ขึ้นมา จากนั้นกรอก IP Address ของแต่ละอุปกรณ์ และกดปุ่ม "Connect" เมื่อต้องเริ่มวัดพัลส์การเคลื่อนไหว โดยเมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองตัวแล้วให้กดปุ่ม "Clear Data" เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งสองตัวอ่านค่าได้พร้อมกัน จากนั้นกดปุ่ม "Disconnect" เมื่อต้องการสิ้นสุดการวัด และกด "Browse" เพื่อบันทึกค่าที่ได้จากการวัด จากนั้นกดปิดโปรแกรมเพื่อกลับเข้าสู่ ROMie



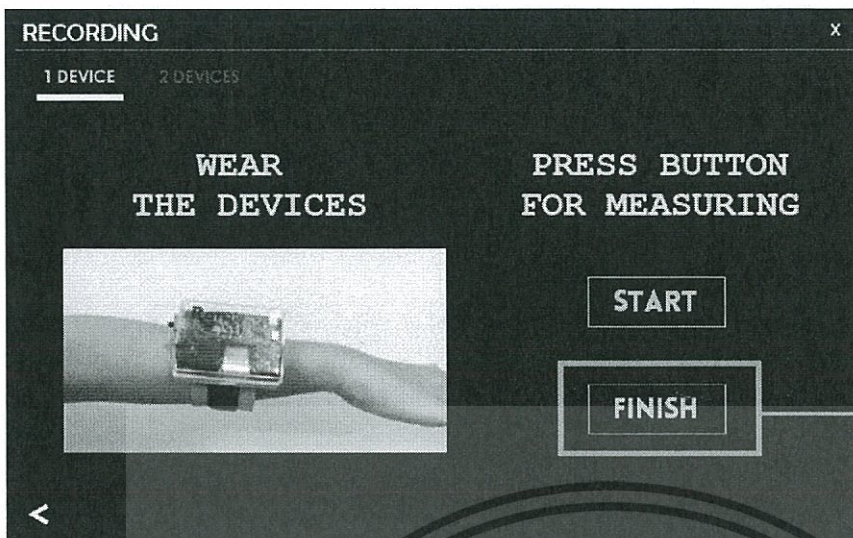
ปุ่ม Connect ของ
แต่ละตัวอุปกรณ์

ปุ่ม Disconnect
ของแต่ละตัว

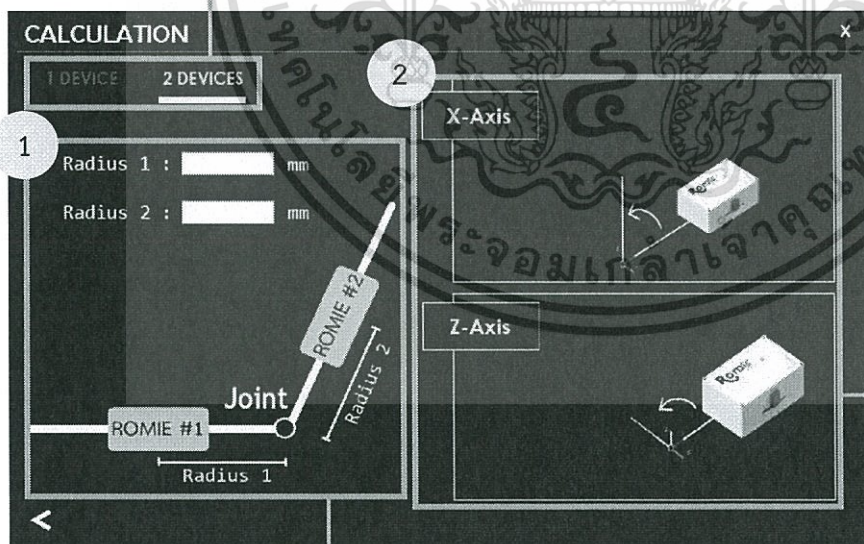
ปุ่ม Clear Data

ปุ่ม Browse

เมื่อทำการวัดพัลส์การเคลื่อนไหวเรียบร้อยแล้วจึงกดปุ่ม "FINISH"



ต่อไปผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องกรอกค่าความยาวจนถึงจุดหมุนของอุปกรณ์ตัวที่ 1 (Radius 1) และของอุปกรณ์ตัวที่ 2 (Radius 2) โดยดูจากภาพประกอบด้านล่าง หลังจากนั้นจะเป็นการเลือกแกนเพื่อแสดงค่าที่ได้จากการวัดพิสัยการเคลื่อนไหวโดยจะมี 2 ลักษณะคือ แกน X และแกน Z ในโปรแกรมจะมีภาพเคลื่อนไหวแสดงลักษณะของแต่ละแกนขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานได้ทำการหมุนอุปกรณ์ให้มีลักษณะเคลื่อนที่ไปในรูปแบบใด



ปุ่มแสดงสถานะว่ากำลังเลือกลักษณะโดยอยู่

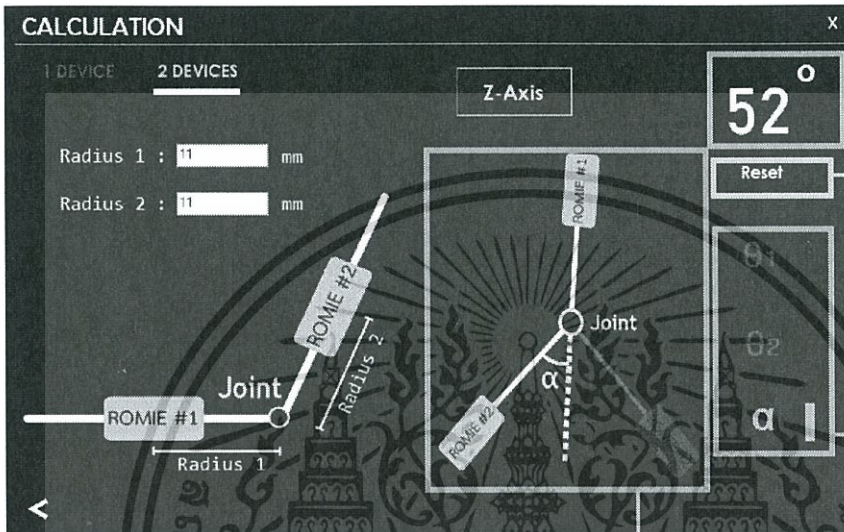
สำหรับเลือกแกนที่ต้องการใช้สำหรับการวัดพิสัยการเคลื่อนไหว

ส่วนสำหรับกรอกค่าความยาวจนถึงจุดหมุน (Radius)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ๗7 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกแกนเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลเป็นค่ามุม (หน่วยเป็นองศา) และมีภาพประกอบเพื่อแสดงว่าค่ามุมที่แสดงเป็นของมุมใดอยู่ โดยจะแบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. มุมที่ ROMie #1 (อุปกรณ์อ้างอิง) เคลื่อนที่ไปได้ (θ_1)
2. มุมที่ ROMie #2 สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั้งหมด (θ_2)
3. มุมของข้อต่อระหว่างการเคลื่อนที่ทั้งหมด (α)



- ค่ามุมที่ได้จากการวัด แสดงค่าในหน่วยองศา
- ปุ่มสำหรับ Reset เมื่อ ต้องการวัดมุมอีกครั้ง
- ปุ่มสำหรับเลือกมุมที่ ต้องการในการวัด

ภาพประกอบแสดงมุมที่ผู้ใช้งานได้เลือกไว้

