ที่ พณ 0706.1/21108-008127

กองสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา
563 ถนนนนทบุรี
ต.บางกระสอ อ.เมืองนนทบุรี
จ.นนทบุรี 11000

6 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ส่งหนังสือสำคัญการจดทะเบียนสิทธิบัตร

เรียน นางสาวเบญจมาศ พวงสาขา
เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ. พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี 12120

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. หนังสือสำคัญการจดทะเบียน 1 ฉบับ
2. ตารางอัตราค่าธรรมเนียมรายปี 1 ฉบับ

โดยหนังสือนี้กองสิทธิบัตร ได้ส่งหนังสือสำคัญการจดทะเบียนสิทธิบัตร เลขที่ 81120 ตามสิ่งที่ส่งมาด้วย และขอเรียนให้ทราบว่า ท่านมีหน้าที่ตามกฎหมายที่จะต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีทุกปี เริ่มต้นปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร ซึ่งนับแต่วันยื่นคำขอเป็นต้นไปตามบัญชีอัตราค่าธรรมเนียมที่กำหนดโดยกฎกระทรวงด้านหลังหนังสือนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสิริณัฏฐ์ อนุพันธ์)
นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ

กลุ่มหนังสือสำคัญและกำกับการจดทะเบียน
โทร. 0-2547-4639
โทรสาร. 0-2547-4639

หมายเหตุ : ขอให้ท่านตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ในหนังสือสำคัญที่ส่งมานี้
หากพบว่ามีการพิมพ์ผิดในส่วนใด ขอได้โปรดติดต่อกลุ่มหนังสือสำคัญฯโดยด่วน

ข้อควรรู้ที่สำคัญสำหรับผู้ทรงสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
การชำระค่าธรรมเนียมรายปี

ผู้ทรงสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร มีหน้าที่ ที่จะต้องดำเนินการเพื่อคงไว้ซึ่งสิทธิในสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร นั้น ตามกฎหมาย ซึ่งกำหนดให้มีการชำระค่าธรรมเนียมรายปี เริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และต้องชำระภายใน 60 วันนับแต่วันเริ่มต้นระยะเวลาของ ปีที่ 5 และของทุก ๆ ปีต่อไป หากไม่ชำระภายในกำหนดเวลาข้างต้น ต้องเสียค่าธรรมเนียมเพิ่มร้อยละ 30 โดยต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีพร้อมทั้งค่าธรรมเนียมเพิ่มภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวัน นับแต่วันสิ้นกำหนดเวลาชำระ

เมื่อกำหนดเวลาอีก 120 วันแล้ว ถ้ายังไม่ชำระค่าธรรมเนียมรายปีและค่าธรรมเนียมเพิ่ม ถือว่าสิ้นอายุการคุ้มครอง และจะถูกเพิกถอนสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนั้น

ตัวอย่างการนับวันชำระค่าธรรมเนียมรายปี

การนับระยะเวลาชำระค่าธรรมเนียมรายปี **ให้นับตั้งแต่วันที่ยื่นคำขอ** เช่น ยื่นคำขอไว้เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2550 จะต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีตั้งแต่วันเริ่มต้นของปีที่ 5 คือ **เริ่มชำระวันที่ 20 เมษายน 2554** และของปีต่อ ๆ ไปจนครบกำหนดอายุการคุ้มครอง โดย**วันสุดท้ายของการชำระภายใน 60 วันคือ 19 มิถุนายน 2554 หากไม่ชำระในช่วงแรก** จะต้องเสียค่าธรรมเนียมเพิ่มร้อยละ 30 ของยอดที่ต้องชำระ และจะ**ต้องชำระ**ภายใน 120 วัน **คือภายในวันที่ 17 กันยายน 2554**

ตารางอัตราค่าธรรมเนียมรายปี

ปีที่	สิทธิบัตร (ประดิษฐ์)	สิทธิบัตร (ออกแบบ)	อนุสิทธิบัตร	ปีที่	สิทธิบัตร (ประดิษฐ์)	สิทธิบัตร (ออกแบบ)	อนุสิทธิบัตร
5	1000	500	750	13	8200		
6	1200	650	1500	14	10000		
7	1600	950	เมื่อครบ	15	12000		
8	2200	1400	อายุปีที่ 6	16	14200		
9	3000	2000	แล้ว	17	16600		
10	4000	2750	สามารถ	18	19200		
11	5200		ต่ออายุได้	19	22000		
12	6600		2 ครั้ง	20	25000		
ชำระคราวเดียว		7500	2000	ชำระคราวเดียว	140000		

การต่ออายุอนุสิทธิบัตร ครั้งที่ 1 (สำหรับ ปีที่ 7-8) 6000 บาท
การต่ออายุอนุสิทธิบัตร ครั้งที่ 2 (สำหรับ ปีที่ 9-10) 9000 บาท

กลุ่มคัดค้านและเปลี่ยนแปลง (ติดต่อฝ่ายค่าธรรมเนียมรายปี)
โทร 0-2547-4711

เลขที่สิทธิบัตร 81120

สป/200 – ข

สิทธิบัตรการประดิษฐ์

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถือสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี) ปรากฏในสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ	1301003766
วันขอรับสิทธิบัตร	3 กรกฎาคม 2556
ผู้ประดิษฐ์	นางสาวสุรภา เทียมจรัส และคณะ
ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์	อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย

ให้ผู้ทรงสิทธิ[illegible]ธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 11 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

หมดอายุ ณ วันที่ 2 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2576

(ลงชื่อ).....

(นางสาวนุสรา กาญจนกูล)

รองอธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปฏิบัติราชการแทน

อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา

ผู้ออกสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

หมายเหตุ

1. ผู้ทรงสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้นสิทธิบัตรจะสิ้นอายุ
2. ผู้ทรงสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวก็ได้
3. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามสิทธิบัตรและการโอนสิทธิต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

049062

รายละเอียดของการประดิษฐ์
ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์
อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย

1. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สาย ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับช่วยวินิจฉัยและประเมินการทำกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยที่อาจเกิดจากผลของโรค หรืออุบัติเหตุต่างๆ ประกอบด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่สามารถวัดและแสดงการเคลื่อนไหวของข้อต่อแบบเรียลไทม์ (real time) โดยอาศัยการวัดค่าจากเซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน (tri-axial accelerometer) และเซนเซอร์สนามแม่เหล็กแบบสามแกน (tri-axial magnetometer) ทำงานร่วมกัน ซึ่งเซนเซอร์ทั้งสองจะเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลที่ถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านเครือข่ายข้อมูลแบบไร้สาย โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งอยู่บนสายรัด สามารถแปลงสัญญาณที่วัดได้เป็นข้อมูลคุณลักษณะต่างๆ สำหรับการประเมินพัฒนาการของผู้ใช้ ประกอบด้วยมุม ความเร็วในการทำท่ากายภาพบำบัด จำนวนครั้งที่ทำได้ รวมทั้งระบบยังสามารถบอกท่ากายภาพบำบัดที่ผู้ป่วยกำลังทำอยู่ เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้อง อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวตามการประดิษฐ์นี้ สามารถแสดงผลในขณะที่ทำการวัด เพื่อให้ผู้ป่วยหรือผู้ที่ทำกายภาพบำบัดเห็นผลได้ทันที และยังเป็นแรงกระตุ้นให้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ ตัวระบบจะทำการจัดเก็บสัญญาณ และคุณลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นที่แปลงได้จากสัญญาณ (พร้อมภาพถ่าย หรือวีดีโอ) เก็บเป็นประวัติการรักษาเพื่อการประเมินผลการรักษาในระยะยาวต่อไป

อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามการประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการวินิจฉัย และประเมินเพื่อทำการฟื้นฟูผู้ป่วย เนื่องจากวิธีการที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อาทิเช่น การวัดด้วยอุปกรณ์โกนิโอมิเตอร์(goniometer) อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก การจัดวางเครื่องมือ การอ่านค่าอุปกรณ์ของผู้วัด ทักษะและความชำนาญของผู้วัด ซึ่งค่าการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (range of motion) ของผู้ป่วยจะส่งผลถึงการวินิจฉัยและประเมินอาการของผู้ป่วย นอกจากข้อจำกัดในเรื่องทักษะความชำนาญของผู้วัดแล้ว ระยะเวลาที่ใช้ในการวัด จำนวนบุคลากรนักกายภาพบำบัดที่ไม่เพียงพอก็ยังเป็นอีกข้อจำกัดหนึ่งของการทำกายภาพบำบัด

2. สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิศวกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย

3. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามารับการรักษาด้วยโรคที่เกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ รวมโครงร่างได้ทวีจำนวนมากขึ้น ผู้ป่วยเหล่านี้จะต้องเข้ารับการประเมินการวัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เพื่อช่วยในการวินิจฉัยฟื้นฟูสมรรถภาพแก่ผู้ป่วย เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยเหล่านั้นกลับคืนสู่สภาพใกล้เคียงกับปกติมากที่สุดในด้านสภาพร่างกาย จิตใจ การประกอบอาชีพ และการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมอย่างมีความสุขพอสมควรแก่อัตภาพ

ถึงแม้ว่าวิธีที่ใช้วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อในปัจจุบัน อาทิเช่น การวัดด้วยเครื่องมือโกนิโอมิเตอร์ (goniometer) จะเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและใช้งานง่าย แต่ข้อจำกัดของการใช้โกนิโอมิเตอร์ก็มีมากมาย เช่น ในการวัดมุมรอบข้อต่อนั้น จะต้องวางอุปกรณ์ลงบนตำแหน่งที่เป็นจุดหมุนของข้อต่อพอดี ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องอาศัยทักษะของผู้วัดที่มีความรู้ในเรื่องกายวิภาคและมีประสบการณ์ เนื่องจากตำแหน่งจุดหมุนของข้อต่อบนตัวผู้ป่วยแต่ละคนขึ้นกับลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันมาก จึงจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์ช่วยในการประเมินตำแหน่งของข้อต่อที่ถูกต้อง และเพื่อให้การวัดมุมการเคลื่อนที่ของข้อต่อนั้นทำได้ง่ายขึ้น จึงประดิษฐ์อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยชุดเซนเซอร์ถูกติดตั้งบนสายรัด ก่อนนำสายรัดมารัดบริเวณอวัยวะที่ต้องการทำกายภาพบำบัด สายรัดนี้จะทำการวัดการเคลื่อนที่ของข้อต่อ แล้วส่งสัญญาณไปยังหน่วยประมวลผลข้อมูล แล้วแสดงออกมาเป็นท่าทางหรือลักษณะต่างๆ ช่วยให้การวินิจฉัยและประเมินการทำกายภาพบำบัดได้ง่ายขึ้น ซึ่งอุปกรณ์วัดมุมที่ใช้ติดตามร่างกายที่เคยปรากฏมาก่อนหน้านี้ ประกอบด้วย

1. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 4660829 เรื่อง "Body joint position monitoring system." เป็นการใช้อุปกรณ์สองชิ้นมาใช้ในการวัด ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองถูกติดตั้งบนร่างกายสองตำแหน่งรอบจุดหมุนที่ต้องการบำบัด โดยจะใช้สัญญาณไฟฟ้าในการหาค่ามุมสัมพัทธ์ระหว่างทั้งสองส่วน
2. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 4667685 เรื่อง "Goniometric feedback device and method for monitoring angles of body joints" เป็นการใช้อุปกรณ์สองชิ้นมาใช้ในการวัด และอุปกรณ์ทั้งสองถูกติดตั้งบนร่างกายสองตำแหน่งรอบจุดหมุนที่ต้องการบำบัดเช่นกัน แต่มุมที่วัดได้จะแสดงในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแอลอีดี (LED)
3. สิทธิบัตรอเมริกา ประกาศโฆษณาคำขอเลขที่ US20120220904 A1 เรื่อง "Apparatus and method for measuring an anatomical angle of a body" เป็นการนำโกนิโอมิเตอร์ที่ใช้เลเซอร์มาใช้แทนแขนทั้งสองข้าง ทำให้สามารถวัดแขนและขา หรือส่วนของร่างกายได้แม่นขึ้น เพราะแขนวัดยาวกว่า

4. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 4436099 เรื่อง "Instrument for measuring the range of motion associated with a human body joint" เป็นอุปกรณ์วัดเป็นชิ้นย่อยสองชิ้นที่พับได้ แต่ละชิ้นใช้ติดบนร่างกายตำแหน่งรอบจุดหมุนที่ต้องการบำบัด และมุมที่วัดได้จะได้จากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการงอ

5. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 5027688 "Brace type angle-detecting device for musical tone control" เป็นอุปกรณ์วัดที่เป็นชิ้นยาว สามารถงอได้ ซึ่งค่ามุมของการงอจะวัดได้โดยการใช้โทนเสียงดนตรี

6. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 7661309 เรื่อง "Angle and force measurement instrument" เป็นเป็นการใช้อุปกรณ์สองชิ้นมาใช้ในการวัด และสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย (wireless) ได้

7. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 6871413 เรื่อง "Miniaturized inclinometer for angle measurement with accurate measurement indicator" เป็นอุปกรณ์วัดมีสองส่วนที่ใช้ติดกับร่างกายรอบจุดหมุนเช่นกัน แต่การวัดมุมได้จากการเปรียบเทียบค่าของเซนเซอร์ทั้งสองในการวัดมุม

โดยอุปกรณ์เหล่านี้ต่างประกอบด้วยแขนวัดสองข้าง ใช้ติดกับร่างกายสองส่วนรอบจุดหมุนที่ต้องการบำบัด และใช้สัญญาณที่อ่านได้จากเซนเซอร์บนแขนทั้งสองในการคำนวณค่ามุม ซึ่งอุปกรณ์วัดที่มีมาก่อนนั้น ประกอบด้วยแขนวัดสองข้าง ทำให้ตัวอุปกรณ์มีขนาดที่ใหญ่ ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยอาจเกิดความรำคาญได้ นอกจากนี้ในการวัดมุมล่างตำแหน่ง เช่น หัวไหล่ อาจเกิดการติดแขนวัดของอุปกรณ์ได้ แต่ชุดอุปกรณ์ติดตัวขนาดเล็กที่เป็นชิ้นเดียวเป็นหลักที่มีมาก่อน ประกอบด้วย

1. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 7478009 เรื่อง "Apparatus and method for evaluating a hypertonic condition" เป็นอุปกรณ์วัดที่ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer), เซนเซอร์วัดความเร็วมุม (gyroscope) และเซนเซอร์วัดแรง (force sensor) หนึ่งชุด ใช้ติดบนส่วนของร่างกายที่ต้องการบำบัด เช่น ข้อเท้า เมื่อผู้ใช้งานทำการงอเข่าก็จะสามารถวัดมุมการงอได้ แต่ทั้งนี้มุมของการหมุนที่ได้จะเป็นการหมุนในระนาบเดียว เช่น หัวเข่าหรือข้อศอกเป็นต้น

2. สิทธิบัตรอเมริกา เลขที่คำขอ 6873931 เรื่อง "Accelerometer based angular position sensor" เป็นอุปกรณ์วัดที่ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) สองตัว ถูกติดตั้งไว้ใกล้ๆ กัน แต่ทำมุมซึ่งกันและกัน ทำให้การคำนวณแม่นขึ้น แต่ทั้งนี้เซนเซอร์วัดความเร่งทั้งคู่ต้องติดอยู่ในระนาบเดียวกับการหมุน

ทั้งนี้ การประดิษฐ์ที่กล่าวมานี้ จะใช้วัดมุมการเคลื่อนที่ในระนาบเดียวเท่านั้น ดังนั้นการใช้งานจึงจำกัดเพียงการงอ/ยืด ของข้อศอกหรือหัวเข่าเท่านั้น แต่สำหรับการเคลื่อนที่ชนิดอื่น เช่น การหมุนของหัวไหล่นั้นเป็นการเคลื่อนที่ใน 3 มิติ ดังนั้นมุมของการหมุนจึงต้องมีอย่างน้อยสองส่วน นั่นคือ มุมกับแกนตั้งและมุมการหมุนในระนาบนอน จึงทำให้ไม่สามารถวัดมุมการหมุนใน 3 มิติได้

จึงคิดค้นประดิษฐ์อุปกรณ์วัดมุมการหมุนของข้อต่อใน 3 มิติขึ้น โดยอาศัยคุณสมบัติของเซนเซอร์สองชนิดร่วมกันในการคำนวณมุมทั้งสองที่ใช้ในการอธิบายการหมุนใน 3 มิติ โดยทั้งนี้เซนเซอร์เหล่านี้มีขนาดเล็กพอที่จะนำมาประกอบรวมกันในอุปกรณ์วัดชิ้นเดียว

4. การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับช่วยวินิจฉัยและประเมินการทำกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยที่อาจเกิดจากผลของโรค หรืออุบัติเหตุต่างๆ ตามหลักเวชศาสตร์ฟื้นฟู ประกอบด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ (1) ซึ่งติดตั้งอยู่บนร่างกายของผู้ป่วย ประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน (tri-axial accelerometer)(2) และเซนเซอร์สนามแม่เหล็กแบบสามแกน (tri-axial magnetometer)(3) ทำงานร่วมกัน เซนเซอร์ทั้งสองจะเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยประมวลผล (4) ที่ ถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย (5) ผ่านเครือข่ายข้อมูลแบบไร้สาย โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งอยู่บนสายรัด (6) ซึ่งยึดติดอยู่กับบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่ต้องการทำกายภาพบำบัด เช่น การทำกายภาพบำบัดบริเวณไหล่ จะทำการยึดสายรัด (6) ไว้ที่ข้อมือ เพื่อทำการวัดมุมการเคลื่อนที่ของไหล่ หรือ การทำกายภาพบำบัดบริเวณขา จะทำการยึดสายรัด (6) ไว้ที่ข้อเท้า เพื่อทำการวัดมุมการเคลื่อนที่ของขา นอกจากนี้หน่วยประมวลผล (4) ยังเชื่อมต่อเข้ากับวิถีทางหามุม (7) ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งสอง เพื่อคำนวณหามุมการเคลื่อนที่ของร่างกาย ประกอบด้วยการรับสัญญาณเริ่มต้น (8) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้งสอง และส่งต่อไปยังระบบการอ่านค่าเซนเซอร์เริ่มต้น (9) โดยกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น a_0 และ m_0 จากนั้นจะรอจนกว่าจะได้รับสัญญาณจบ (10) จากกระบวนการตรวจจับสัญญาณแบบอัตโนมัติจาก คุณลักษณะการกระจายตัวและค่าของสัญญาณ จากนั้นจะส่งต่อไปยังระบบการอ่านค่าเซนเซอร์สิ้นสุด (11) โดยกำหนดค่าสิ้นสุด เป็น a_1 และ m_1 แล้วส่งไปยังกระบวนการคำนวณค่ามุมและการคำนวณมุมขจัด (12) เพื่อทำการคำนวณมุมการเคลื่อนที่ และส่งข้อมูลค่ามุมที่คำนวณได้ไปยังคอมพิวเตอร์ (13) เพื่อทำการจัดเก็บหรือประมวลผลต่อไป โดยการจัดเก็บข้อมูลจะใช้การบันทึกภาพ และ/หรือ ภาพเคลื่อนไหวจากกล้องหรือกล้องวีดีโอ ตลอดจนบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการรักษาของผู้ป่วยเป็นฐานข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ (13) เช่น ข้อมูลคนไข้ ข้อมูลกระบวนการรักษา (protocol) ข้อมูลเกี่ยวกับการทำกายภาพบำบัดในแต่ละครั้ง เพื่อประเมินการรักษาต่อไป นอกจากนี้อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย สามารถเพิ่มชนิดของเซนเซอร์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ และยังสามารถรวมส่วนประมวลผลไว้บนฝั่งเซนเซอร์ เพื่อลดเวลาในการประมวลผลและลดอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ ในการใช้งาน อุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายจะถูกติดมาบนสายรัดที่ไม่กีดขวางต่อการเคลื่อนที่ ตลอดจนสามารถนำไปรัดบนอวัยวะที่ใกล้กับข้อต่อที่ต้องการจะวัดการเคลื่อนไหวได้ต่อไป

โดยค่าการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (range of motion) จะเป็นตัวบอกถึงสุขภาวะของผู้ป่วย เพื่อนำไปประเมินและวินิจฉัยอาการผู้ป่วย และพัฒนาต่อไป ซึ่งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์นี้

และเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็กโลกแบบสามแกน (tri-axial magnetometer) ซึ่งจะให้ค่าสัญญาณเป็นแบบคลื่นซีโนโซลเดียล (sinusoidal) ในแต่ละจุดของช่วงการหมุน ทำให้เราสามารถคำนวณจำนวนครั้งของการทำท่ากายภาพบำบัดได้ จากการนับจำนวนพีค (peak) ของสัญญาณ และคำนวณเวลาในการทำท่าทางจากระยะห่างระหว่างพีค (peak) ของสัญญาณได้อีกด้วย ทั้งนี้การทำท่าทางกายภาพในแต่ละท่าจะมีรูปแบบสัญญาณตามเวลาที่ต่างกัน ทำให้สามารถระบุได้ว่าท่ากายภาพที่ผู้ป่วยกำลังทำอยู่นั้นตรงกับท่าที่นักกายภาพต้องการให้ทำหรือไม่ และมีความต่างไปจากท่ามาตรฐานมากน้อยเพียงใด ซึ่งสัญญาณที่วัดได้จะถูกแปลงเป็นข้อมูลที่เป็นคุณลักษณะต่างๆ เพื่อประเมินพัฒนาการของผู้ป่วย โดยจะคำนวณจากค่าของมุม ความเร็วในการทำท่ากายภาพบำบัด จำนวนครั้งที่ทำได้ ซึ่งจะแสดงเป็นท่ากายภาพบำบัดที่ผู้ป่วยกำลังปฏิบัติอยู่ เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้อง และสามารถแจ้งเตือนผู้ป่วยในกรณีที่ท่ากายภาพผิดวิธีหรือทำผิดท่า

ตามรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมในระนาบแนวนอน (a_h) มุมในระนาบแนวตั้ง (a_v) และมุมขจัด (a) โดยจะทำการหมุนเวคเตอร์ในระนาบแนวนอน (ah) ก่อน จึงหมุนในระนาบแนวตั้ง (av) ต่อไป จะได้มุมขจัด (a) ที่เป็นมุมระหว่าง ah และ av สำหรับการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์ในแต่ละครั้ง จะต้องอ่านค่าที่ได้จากแกนทั้งสาม (ซึ่งเป็นเวคเตอร์ 3 มิติ) รวมถึงการวางตัวของเซนเซอร์ในขณะที่อ่านค่า เช่น ค่าของเซนเซอร์ความเร่งที่อ่านได้จากตำแหน่งที่ 0 และ 1 นั้น จะได้ค่าที่ต่างกันออกไป เซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน (2) นั้น จะบอกถึงค่าความเร่ง ทั้งที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวอุปกรณ์ที่ติดเซนเซอร์และความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นหากอุปกรณ์นี้หยุดนิ่งค่าที่อ่านได้ที่เป็นเวคเตอร์สามมิตินั้น จะชี้ลงพื้นเสมอ (มุม av) ส่วนเวคเตอร์ที่อ่านได้จากเซนเซอร์สนามแม่เหล็กนั้นจะชี้ไปยังขั้วโลกเหนือ (แม่เหล็ก) เสมอเช่นกัน ดังนั้นจึงนำค่ามุมที่วัดได้จากเซนเซอร์ความเร่ง มาใช้ในการคำนวณมุมการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง และค่าจากเซนเซอร์สนามแม่เหล็ก มาใช้ในการคำนวณมุมการเคลื่อนที่ในระนาบนอน เพื่อเป็นข้อมูลในการอธิบายการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ของร่างกายใน 3 มิติต่อไป

ตามรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างตำแหน่งการวางอุปกรณ์และแกนอ้างอิงท้องถิ่นที่ต่างกัน ซึ่งในการคำนวณมุมจะเริ่มจากการแปลงค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์ ซึ่งเป็นแกนอ้างอิงท้องถิ่นให้เป็นค่าบนแกนอ้างอิงร่วมก่อน จากนั้นจึงทำการคำนวณมุมในแกนอ้างอิงร่วม โดยกำหนดให้ v_0 และ v_1 เป็นค่าที่อ่านได้จากตำแหน่งที่ 0 และ 1 ตามลำดับ และให้เมตริกซ์ R เป็นเมตริกซ์การหมุน สำหรับแปลงค่าของเซนเซอร์จากแกนอ้างอิงท้องถิ่นเป็นแกนอ้างอิงร่วม แล้วมุมของการหมุนนั้นสามารถหาได้จากมุมระหว่างเวคเตอร์ R (v_0) และ R (v_1) ซึ่งในการคำนวณเมตริกซ์การหมุน R นี้ก่อน จากนั้นจึงทำการคำนวณมุมการหมุน โดยกระบวนการคำนวณเมตริกซ์การหมุน R นี้ต้องอาศัยการวัดมุมของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนร่างกาย เพื่อทำการคำนวณ แต่การวัดมุมบนร่างกายนี้อาจไม่สะดวกในการใช้งานจริง เนื่องจากการวัดมุมติดตั้งนั้นจะต้องพิจารณาจากตำแหน่งของกระดูกในร่างกาย และปริมาณกล้ามเนื้อที่ต่างกันด้วย จึงได้คิดค้นวิธีการคำนวณ

เมตริกซ์การหมุนนี้โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนด มุม θ_g ระหว่าง R (v_0) และ R (v_1) นั้นหาได้จาก

$$\theta_g = \cos^{-1}((R\, v_0)^T (R\, v_1) / (\|R\, v_0\| \, \|R\, v_1\|))$$

จากคุณสมบัติของเมตริกซ์การหมุน พบว่า $R^T R$ เป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์ ดังนั้น $(R\, v_0)^T (R\, v_1) = v_0^T R^T R\, v_1 = v_0^T v_1$ นอกจากนี้การหมุนเวคเตอร์นั้นจะไม่เปลี่ยนขนาดของ ($\|R\, v_0\| = \text{sqrt}(v_0^T R^T R\, v_0) = \|v_0\|$) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\theta_g &= \cos^{-1}((R\, v_0)T\, (R\, v_1) / (\|R\, v_0\| \, \|R\, v_1\|)) \\ &= \cos^{-1}(v_0^T\, v_1 / (\|v_0\| \, \|v_1\|)) \\ &= \theta_l\end{aligned}$$

เมื่อ θ_l คือมุมของการหมุนในแกนอ้างอิงท้องถิ่น

ดังนั้นมุมของการหมุนที่คำนวณในแกนอ้างอิงร่วมนั้น จะมีค่าเท่ากับมุมที่คำนวณได้ในแกนอ้างอิงท้องถิ่นโดยตรง จึงทำให้เราสามารถคำนวณมุมการหมุนได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงการติดตั้งอุปกรณ์บนร่างกายผู้รับการบำบัดเป็นพิเศษแต่อย่างใด

ตามรูปที่ 3 แสดงภาพแสดงมุมต่างๆ ของอุปกรณ์ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดของการหมุน โดยแสดงการเปรียบเทียบค่าของเซนเซอร์ในตำแหน่งตั้งต้น 0 และค่าในตำแหน่งสุดท้ายของการหมุน 1 เพื่อใช้ในการคำนวณมุมการหมุนจากเซนเซอร์ทั้งสอง ซึ่งจะแสดงมุมต่างๆ ของอุปกรณ์ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งเริ่มต้น 0 และตำแหน่งสิ้นสุดของการหมุน 1 โดยที่มุม v_0 และ v_1 เป็นมุมในระนาบแนวตั้งที่วัดได้จากเซนเซอร์ความเร่ง (2) และมุม h_0 กับ h_1 เป็นมุมในระนาบแนวนอนที่วัดได้จากเซนเซอร์สนามแม่เหล็ก (3) ซึ่งโดยปกตินั้นเราจะคำนวณ v_0, v_1, h_0 และ h_1 จากเมตริกซ์การหมุน R ที่ใช้ในการแปลงแกนอ้างอิงท้องถิ่นเป็นแกนอ้างอิงร่วม โดยมุมของการหมุนในระนาบนอนและตั้ง คือ a_v และ a_h นั้น สามารถคำนวณได้จาก v_1-v_0 และ h_1-h_0 ตามลำดับ และจากข้อมูลข้างต้นพบว่ามุมทั้งสอง คือ a_v และ a_h นั้นสามารถคำนวณได้โดยตรงจากข้อมูลเซนเซอร์ในแกนอ้างอิงท้องถิ่น เมื่อ a_0 และ a_1 เป็นค่าของเซนเซอร์ความเร่งที่จุด 0 และ 1 แล้วมุมในการหมุน เมื่อเทียบกับแกนตั้งหรือ a_v สามารถคำนวณได้จาก

$$a_v = \cos^{-1}(a_0^T a_1 / (\|a_0\| \, \|a_1\|)) \qquad (2)$$

และหาก m_0 และ m_1 เป็นค่าของเซนเซอร์สนามแม่เหล็กที่จุด 0 และ 1 แล้วมุมในการหมุนเมื่อเทียบกับระนาบนอนหรือ a_h ก็คือ

$$a_h = \cos^{-1}(m_0^T m_1 / (\|m_0\| \, \|m_1\|)) \qquad (3)$$

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมในระนาบนอน a_h ระนาบตั้ง a_v และมุมขจัด a

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการวางอุปกรณ์และแกนอ้างอิงท้องถิ่นที่ต่างกัน

รูปที่ 3 แสดงภาพแสดงมุมต่างๆ ของอุปกรณ์ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดของการ

5 หมุน

รูปที่ 4 แสดงการทำงานของอุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย

รูปที่ 5 แสดงวิถีทางหามุมในการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อคำนวณหามุม

6. วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

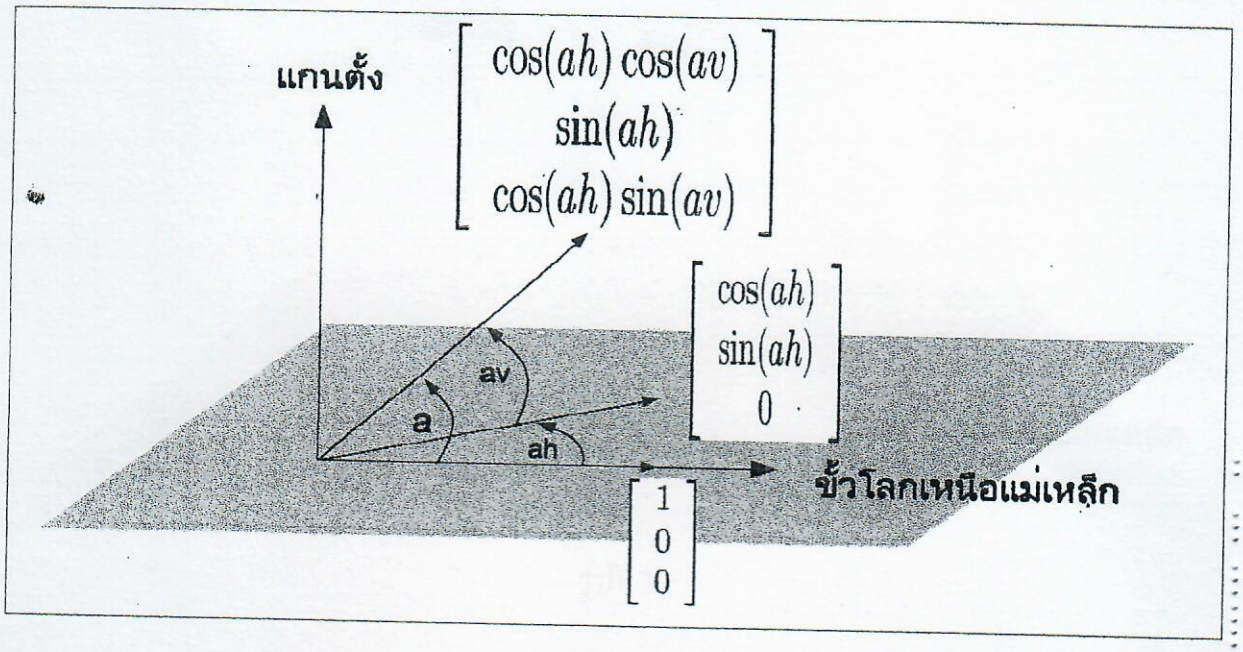
1. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามการประดิษฐ์นี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ (1) ซึ่งติดตั้งอยู่บนร่างกายของผู้ป่วย ประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน (tri-axial accelerometer)(2) และเซนเซอร์สนามแม่เหล็กแบบสามแกน (tri-axial magnetometer)(3) ทำงานร่วมกัน เซนเซอร์ทั้งสองจะเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยประมวลผล (4) ที่ถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย (5) โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งอยู่บนสายรัด (6) ซึ่งยึดติดอยู่กับบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่ต้องการทำกายภาพบำบัด โดยที่หน่วยประมวลผล (4) เชื่อมต่อเข้ากับวิถีทางหามุม (7) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งสอง เพื่อคำนวณหามุมการเคลื่อนที่ของร่างกาย ประกอบด้วยการรับสัญญาณเริ่มต้น (8) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซนเซอร์ทั้งสอง และส่งต่อไปยังระบบการอ่านค่าเซนเซอร์เริ่มต้น (9) โดยกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น a_0 และ m_0 จากนั้นจะรอจนกว่าจะได้รับสัญญาณจบ (10) และส่งต่อไปยังระบบการอ่านค่าเซนเซอร์สิ้นสุด (11) โดยกำหนดค่าสิ้นสุด เป็น a_1 และ m_1 แล้วส่งไปยังกระบวนการคำนวณค่ามุมและการคำนวณมุมขจัด (12) เพื่อทำการคำนวณมุมการเคลื่อนที่ และส่งข้อมูลค่ามุมที่คำนวณได้ไปยังคอมพิวเตอร์ (13) เพื่อทำการจัดเก็บหรือประมวลผลต่อไป

2. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง การจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ (13) สามารถจัดเก็บข้อมูลโดยการบันทึกภาพ และ/หรือภาพเคลื่อนไหวจากกล้องหรือกล้องวีดีโอ

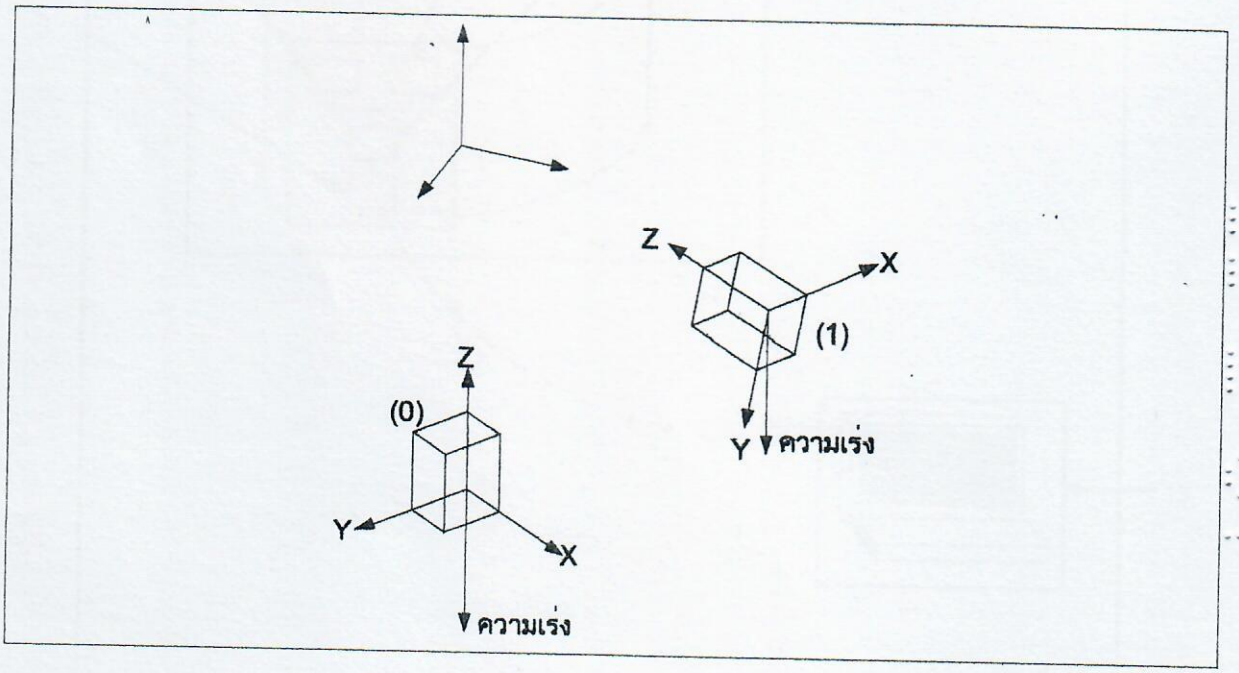
3. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง การวัดค่าและแสดงการเคลื่อนไหวของข้อต่อจะแสดงแบบเรียลไทม์ (real time)

4. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง มีระบบการแจ้งเตือนคุณลักษณะท่าทางเมื่อทำท่ากายภาพผิดวิธี

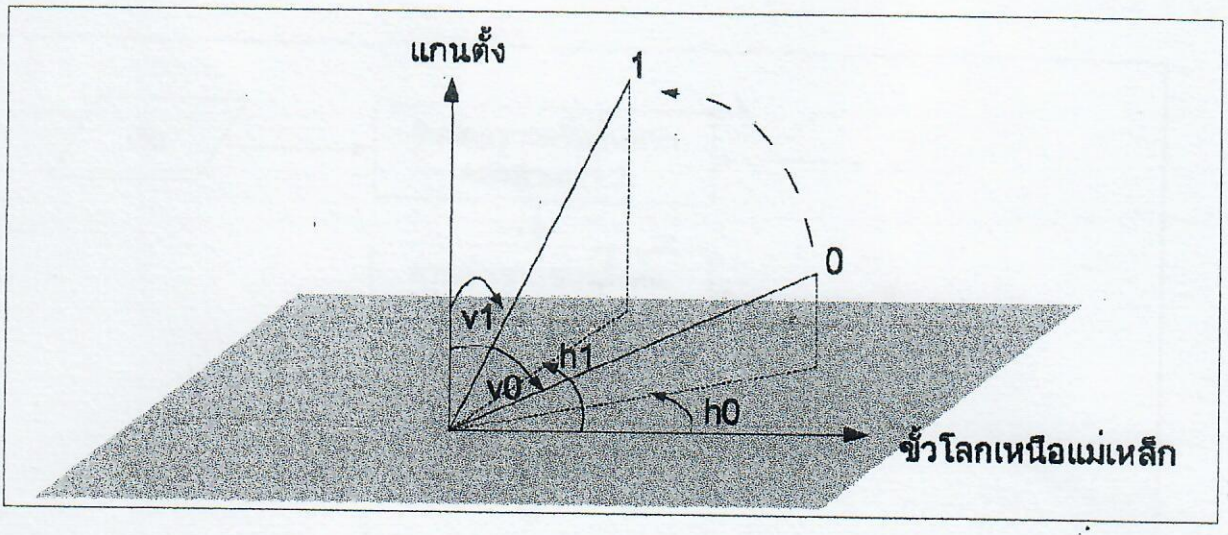
5. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยเซนเซอร์ไร้สาย ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง มีการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการรักษาเป็นฐานข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ (13) เพื่อประเมินการรักษา


แกนตั้ง
$\begin{bmatrix} \cos(ah)\cos(av) \\ \sin(ah) \\ \cos(ah)\sin(av) \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} \cos(ah) \\ \sin(ah) \\ 0 \end{bmatrix}$
av
a
ah
ขั้วโลกเหนือแม่เหล็ก
$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

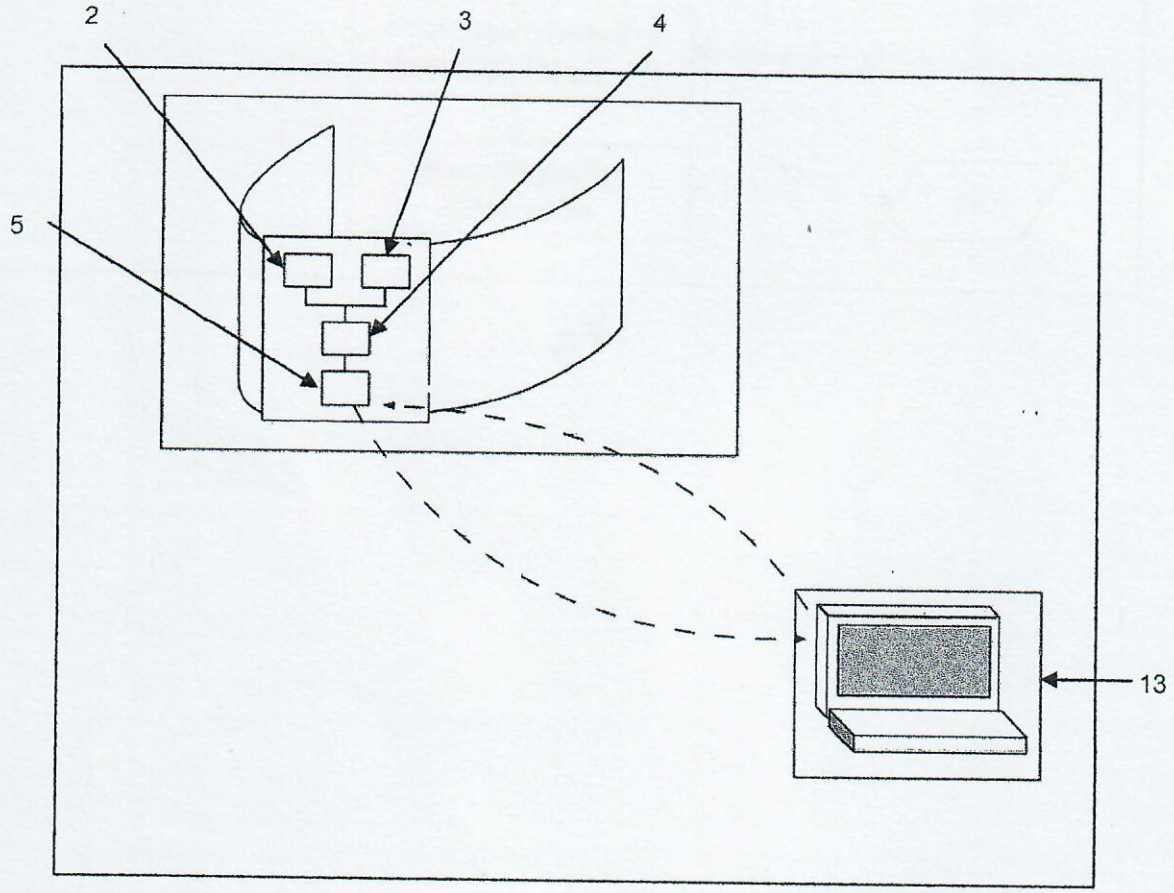
รูปที่ 1


Z
X
(1)
Y
ความเร่ง
Z
(0)
Y
X
ความเร่ง

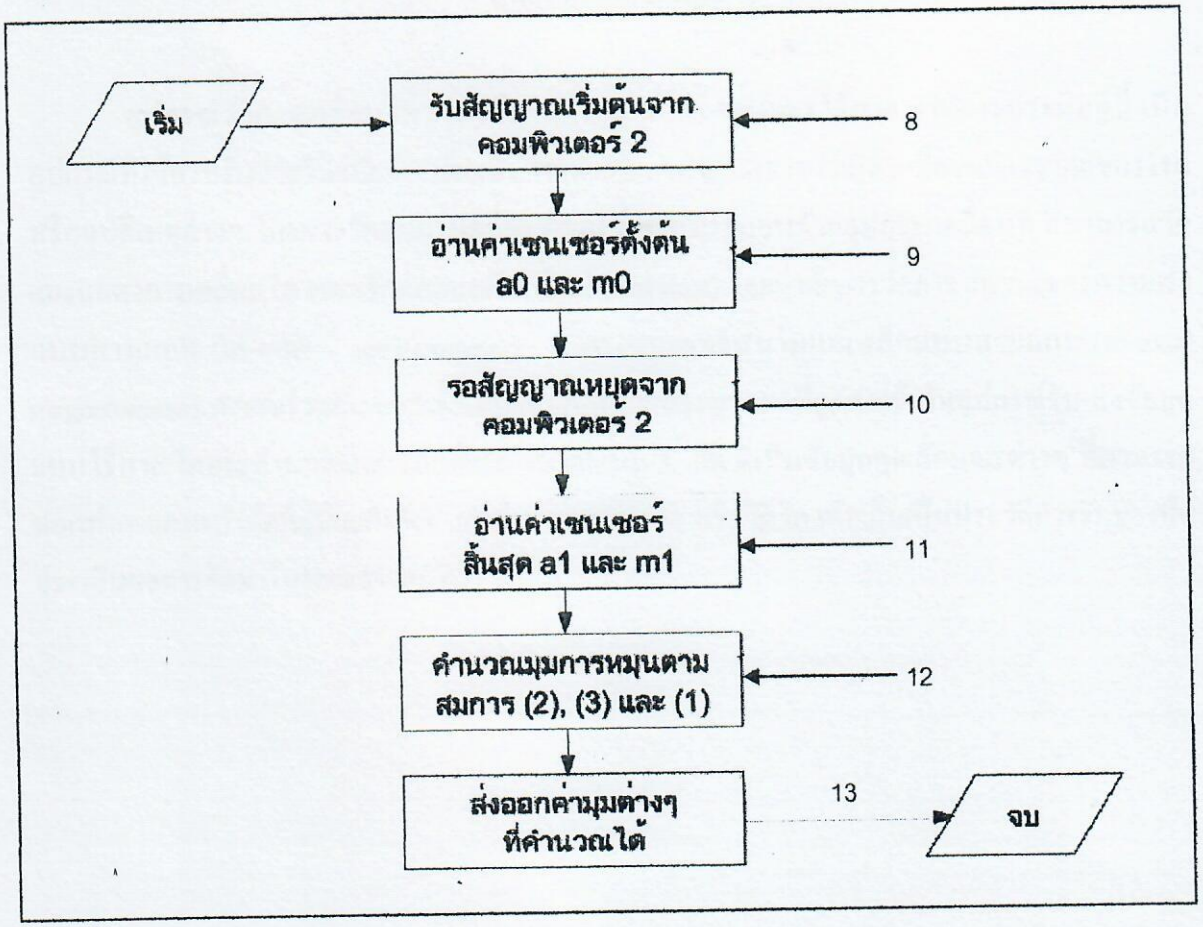
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4


เริ่ม
รับสัญญาณเริ่มต้นจาก คอมพิวเตอร์ 2
8
อ่านค่าเซนเซอร์ตั้งต้น a0 และ m0
9
รอสัญญาณหยุดจาก คอมพิวเตอร์ 2
10
อ่านค่าเซนเซอร์ สิ้นสุด a1 และ m1
11
คำนวณมุมการหมุนตาม สมการ (2), (3) และ (1)
12
ส่งออกค่ามุมต่างๆ ที่คำนวณได้
13
จบ

รูปที่ 5

บทสรุปการประดิษฐ์

อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สาย ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับช่วยวินิจฉัยและประเมินการทำกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยที่อาจเกิดจากผลของโรคหรืออุบัติเหตุต่างๆ โดยการวัดมุมการเคลื่อนที่ของข้อต่อ ประกอบด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่สามารถวัดและแสดงการเคลื่อนไหวของข้อต่อแบบเรียลไทม์ (real time) โดยอาศัยการวัดค่าจากเซนเซอร์ความเร่งแบบสามแกน (tri-axial accelerometer) และเซนเซอร์สนามแม่เหล็กแบบสามแกน (tri-axial magnetometer) ทำงานร่วมกัน และเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลที่ถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยจะคำนวณมุมการเคลื่อนที่ในรูปแบบ 3 มิติ ที่เป็นข้อมูลคุณลักษณะต่างๆ ที่สามารถบอกท่ากายภาพบำบัดที่ผู้ป่วยกำลังทำอยู่ ผ่านทางภาพถ่าย หรือวีดีโอ เพื่อเก็บเป็นประวัติการรักษา เพื่อประเมินผลการรักษาในระยะยาวต่อไป