



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือช่วยวินิจฉัย คัดกรองและการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

(The development of tool for diagnostic and monitoring patients with Parkinson's disease)

ศาสตราจารย์ นายแพทย์ รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

พญ.อรอนงค์ จิตรกฤษฎากุล

พญ.จิรดา ศรีเงิน

ดร.ฐศักดิ์ ธนวัฒน์

ศูนย์ความเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททุนการวิจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือการแพทย์ และเวชภัณฑ์เพื่อทดแทนการนำเข้าและลดภาระรายจ่ายของประเทศ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจมาโดยตลอด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ แพทย์ บุคลากรทางการแพทย์ บุคลากรทางการศึกษา ผู้ป่วยและ ผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ ทางด้านการแพทย์และสาธารณสุขต่อไป

ศ.นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องมือช่วยวินิจฉัย คัดกรองและการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาแบบแผนของอาการสั่นในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันเพื่อนำมาใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคจากภาวะอื่น และศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่น เพื่อนำมาใช้ทดแทนการให้คะแนนอาการสั่นในการประเมินทางคลินิกโดยใช้ Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) และสร้างระบบการเก็บข้อมูลการสั่นของผู้ป่วยพาร์กินสันและผู้ป่วยในกลุ่มการเคลื่อนไหวผิดปกติ ด้วยระบบสื่อสารอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูลจะถูกเก็บในระบบเครือข่ายก่อนเมฆ

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ระยะ 1) การคิดค้นและพัฒนาเซ็นเซอร์ทางห้องปฏิบัติการให้ประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพียงพอในการนำมาทดสอบการใช้งานได้จริงกับผู้ป่วย ระบบประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์วัดการสั่น ชุดซอฟต์แวร์วิเคราะห์สัญญาณการสั่น และชุดรับข้อมูลการวาดรูปก้นหอย (spiral drawing) และวิเคราะห์การสั่นจากรูปวาดก้นหอย 2) คัดเลือกผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษาที่คลินิกพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าและไม่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดออก จำนวน 100 ราย ทดสอบการใช้เครื่องมือวัดอาการสั่น และผลิติดูอุปกรณ์วัดการสั่น ชุดซอฟต์แวร์วิเคราะห์สัญญาณการสั่น จำนวน 40 เครื่อง สำหรับทดลองใช้ในรพ.อย่างน้อย 20 แห่ง

ผลการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยระยะที่ 1 มีคืบหน้าและออกแบบพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดและอาการสั่น ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ชุดรับสัญญาณการเคลื่อนไหวที่เชิงเส้นและเชิงมุม ทั้ง 6 แนวแกน 2. ซอฟต์แวร์ (Software) ชุดวิเคราะห์และแสดงผลสัญญาณในเชิงเวลา ความถี่และคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สามารถบันทึกข้อมูลผ่าน คอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์ ระบบปฏิบัติการ android ได้ มีการรูปแบบลักษณะของเครื่องวัดอาการสั่นที่ทันสมัย sensor board มีขนาดเล็กลง ออกแบบให้เป็นในรูปแบบนาฬิกาข้อมือ และต่อยอดให้สามารถวัดอัตราการเต้นของชีพจร ตั้งเวลาในการวัดได้ได้ ส่วนการส่งสัญญาณสามารถผ่านระบบ bluetooth เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ทั้งใน Computer PC, notebook และมือถือระบบ

ปฏิบัติการ Android ได้ และพัฒนาการ software ในการส่งสัญญาณให้มีความเสถียรมากขึ้น และลดความคลาดเคลื่อนของการส่งสัญญาณ

สรุปผล

ในพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น ระยะที่ 1 และ 2 มีการเน้นการใช้งานได้จริงของเครื่องมือทางการแพทย์ มีการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานจริง จึงมีการพัฒนาต่อยอดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ ความสวยงาม ความปลอดภัย และเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น

Abstract

The development of tool for diagnostic and monitoring patients with Parkinson's disease.

Purpose:

To study pattern of tremor symptoms in Parkinson's disease patient for differential diagnosis from other symptoms, including related movement disorder and study measure parameters of tremor and create the system to collect the data with wireless internet.

Method:

This study particularize 2 periods 1) To develop assisted device for detect tremor symptoms, including tremor assessment device with tremor analysis software and spiral drawing 2) To enroll population who have tremor symptom 100 sample and manufacture 40 device give to 20 hospital for test this device.

Results:

This study during in period 1, to design and develop tremor device for diagnostic and monitoring patients with Parkinson's disease. This device include hardware that can detect accelerometer 3 axial and gyroscope 3 axial and tremor analysis software that show angular rate, angular rms, peak rate, peak frequency and other parameters and can save the data by notebook or android technology.

Tremor device was designed modern form, small sensor board as a wristwatch and can take pulse rate. This device can set time to test. In part of the signal made stably and reduce to send error signal.

Conclusion:

In the part of develop tremor device in episode 1 and 2 focus on practical use of medical device, that save the data from user and have to design with regard to available use in daily, safety, smart and technology is more modern.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทนำ (Introduction)	1-2
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	
วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	
วิธีดำเนินงานวิจัย(Materials& Method)	9-13
ผลการดำเนินวิจัย (Results)	14-28
สรุปผล (Conclusion)	29
ภาคผนวก	30
ประวัติผู้วิจัย	31-49

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงไดอะแกรมของ differential capacitive layout	3
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทั่วไปของ gyroscopes	4
ภาพที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบที่นำเสนอ	6
ภาพที่ 4 กระบวนการทำงานของระบบตรวจวัดและวิเคราะห์ความสั่น	9
ภาพที่ 5 กระบวนการประมวลผลสัญญาณจากการลากเส้นรูปก้นหอย	10
ภาพที่ 6 ภาพตัวอย่างแบบทดสอบการลากเส้นบนแท็บเล็ต	10
ภาพที่ 7 เครื่องelectromyography (EMG) และเครื่องaccelerometry	14
ภาพที่ 8 การพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่นวิเคราะห์ 6 แนวแกน accerelometer และ gyroscope	15
ภาพที่ 9 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นเก่าและรุ่นใหม่	15
ภาพที่ 10 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นที่มีขนาดแผงอิเล็กทรอนิกส์ที่เล็กลง แต่ละรุ่น	16
ภาพที่ 11 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 1 มีชุดรับสัญญาณ จุด 1 และชุดส่งสัญญาณ จุด 2	16
ภาพที่ 12 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณรวมกัน	16
ภาพที่ 13 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 1 และรุ่น 2	17
ภาพที่ 14 โปรแกรมเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น รุ่น 1 และรุ่น 2	17
ภาพที่ 15 ส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board)	19-20
ภาพที่ 16 แบบชั้นเดียว (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดใหญ่	20

สารบัญภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 17 รุ่นที่ 2 แบบ 2 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดเล็กกลง	21
ภาพที่ 18 รุ่นที่ 3 แบบ 4 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดเล็กลงมากกว่ารุ่นที่ 2	21
ภาพที่ 19 โปรแกรมวิเคราะห์อาการสั้น ใช้ในคอมพิวเตอร์ notebook ระบบ windows 7-10	22
ภาพที่ 20 การพัฒนาแสดงผลระบบ android ในระยะแรก	22
ภาพที่ 21 แผนภาพการกำหนด Concept ของเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น	24
ภาพที่ 22 เขียนภาพ Sketch เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น	25
ภาพที่ 23 การออกแบบผลิตภัณฑ์ 3D เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น	26
ภาพที่ 24 ลักษณะ 3D เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น มีสายรัดข้อมือและสามารถ lock ได้	26
ภาพที่ 25 ภาพ 3D ขนาดและลักษณะแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	26
ภาพที่ 26 Design Finalization เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั้น	27

เลขที่ข้อตกลง	สวรศ. 59-012
รายงานช่วงระยะตั้งแต่	16 ธันวาคม 2558 – 15 ธันวาคม 2559
ชื่อหัวหน้าโครงการ	ศาสตราจารย์ นายแพทย์รุ่งโรจน์ พิทยศิริ

บทนำ (Introduction)

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

โรคพาร์กินสันเป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาทที่พบได้มากกว่าร้อยละ 50 ในผู้ป่วยที่มาพบแพทย์ในกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ (Movement Disorders) ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุของโรคอย่างชัดเจน แต่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายว่าเซลล์ประสาทที่สร้างสารโดปามีน (dopaminergic neurons) ในบริเวณ Substantial nigra par compacta และส่วนที่เกี่ยวข้องใน striatum ของสมองก้อนใหญ่มีความเสื่อมอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้เกิดอาการหลักทางการเคลื่อนไหวของโรคพาร์กินสัน ได้แก่ อาการสั่นเมื่ออยู่นิ่ง (Resting tremor) การเคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) แข็งเกร็ง (Rigidity) การเดินติดขัดและเสียการทรงตัว (Postural instability) ในปัจจุบันการวินิจฉัยโรคพาร์กินสันให้แม่นยำนั้นจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และความเชี่ยวชาญของแพทย์ผู้ตรวจรักษา ร่วมกับใช้เกณฑ์การวินิจฉัยของ United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank's clinical criteria ซึ่งประกอบด้วย bradykinesia, rigidity, 4-6 Hz resting tremor และ postural instability ซึ่งการประเมินอาการบางอย่างในผู้ป่วยพาร์กินสัน เช่น อาการสั่นซึ่งสามารถตรวจวัดในเชิงปริมาณได้ด้วยเครื่องมือตรวจวัดอาการสั่นได้ โดยทางคณะผู้วิจัยคาดว่าในโรคพาร์กินสันอาจมีแบบแผนของอาการสั่นที่จำเพาะและสามารถช่วยในการวินิจฉัยแยกโรคจากภาวะอื่นที่มีอาการสั่นคล้ายคลึงกับโรคพาร์กินสันได้ เช่น ในโรค Essential tremor และ atypical parkinsonism อื่นๆ ซึ่งในแต่ละโรคมีแนวทางการรักษาที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ดังนั้นหากสามารถหาแบบแผนของอาการสั่นดังกล่าวได้ อาจช่วยทำให้การวินิจฉัยโรคพาร์กินสันมีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากการวินิจฉัยแล้ว การประเมินผู้ป่วยเพื่อติดตามอาการ และดูแลตอบสนองต่อยาของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน มีความสำคัญมากเนื่องจากผู้ป่วยบางรายอาจมีปัญหาในเรื่องของการตอบสนองต่อยาไม่สม่ำเสมอ เช่น มีอาการยุกยิก (dyskinesia) อาการแข็งเกร็ง (rigidity) หรือ อาการสั่น (tremor) ที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงที่ยาออกฤทธิ์หรือหมด

ฤทธิ์ ซึ่งในปัจจุบันต้องใช้การประเมินทางคลินิกร่วมกับการใช้แบบประเมิน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) โดยผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมแล้วเท่านั้น ทำให้การประเมินดังกล่าวถูกจำกัดเพียงในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่เป็นโรงเรียนแพทย์เท่านั้น นอกจากนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนในการในคะแนนไม่ตรงกันในผู้ประเมินแต่ละรายอีกด้วย ทางผู้วิจัยคาดว่าจะการตรวจวัดค่าการสั่นโดยใช้เครื่องวัดการสั่น อาจนำมาใช้ทดแทนการให้คะแนนอาการสั่นในแบบประเมิน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) ซึ่งจะสามารถ ลดความคลาดเคลื่อนของการให้คะแนนและทำให้สามารถนำไปใช้ประเมินและติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสันในโรงพยาบาลที่ไม่มีแพทย์เฉพาะทางสาขาประสาทวิทยาหรือการเคลื่อนไหวผิดปกติได้

ในปัจจุบันการตรวจวัดอาการสั่นสามารถทำได้โดยการตรวจโดยใช้เครื่อง electromyography (EMG) และเครื่อง accelerometry แต่ทั้งสองเครื่องนี้ก็ยังคงมีข้อจำกัดอยู่บางประการเช่น เครื่อง electromyography (EMG) นั้นไม่สามารถวัด tremor amplitude ได้ ในขณะที่เครื่อง accelerometry สามารถบันทึกได้เพียงแค่ 1 มิติและในปัจจุบันนี้ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ผลิตเครื่องวัดการสั่น ภายใต้ชื่อการค้า “Motus” ซึ่งเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพในการประเมินอาการสั่น แต่ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของ ชุดรับสัญญาณที่มีเพียง 1 แนวแกนเท่านั้น และมีราคาค่อนข้างสูง(>1,000,000 บาท) ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ค้นคว้าและออกแบบพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแบบแผนของอาการสั่นในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันเพื่อนำมาใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคจากภาวะอื่น
2. เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่น เพื่อนำมาใช้ทดแทนการให้คะแนนอาการสั่นในการประเมินทางคลินิกโดยใช้ Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)
3. เพื่อสร้างระบบการเก็บข้อมูลการสั่นของผู้ป่วยพาร์กินสันและผู้ป่วยในกลุ่มการเคลื่อนไหวผิดปกติด้วยระบบสื่อสารอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูลจะถูกเก็บในระบบเครือข่ายก่อนเมฆ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็น ศึกษาแบบแผนจำเพาะของอาการสั่นในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันเพื่อนำมาใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคจากภาวะอื่นและ ศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องตรวจวัดการสั่นเพื่อนำมาใช้ทดแทนการให้คะแนนอาการสั่นในการประเมินทางคลินิกโดยใช้ Unified Parkinson's Disease Rating Scale

วิธีการดำเนินการวิจัย (Materials& Method)

การวิจัยระยะที่ 1

การคิดค้นและพัฒนาเซ็นเซอร์ทางห้องปฏิบัติการและทดสอบการทำงานจนกระทั่งแน่ใจว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพียงพอในการนำมาทดสอบการใช้งานได้จริงกับผู้ป่วยระบบประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่

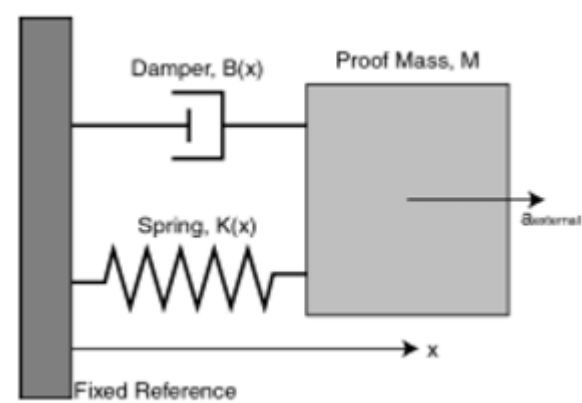
1. อุปกรณ์วัดการสั่น (tremor assessment device) และชุดซอฟต์แวร์วิเคราะห์สัญญาณการสั่น (tremor analysis software) จำนวน 40 เครื่อง สำหรับทดลองใช้ในรพ.อย่างน้อย 20 แห่ง
2. ชุดรับข้อมูลการวาดรูปก้นหอย (spiral drawing) และวิเคราะห์การสั่นจากรูปวาดก้นหอย

1.1 วัตถุประสงค์

สร้างอุปกรณ์วัดสัญญาณการสั่นและการเคลื่อนไหวของร่างกายที่สามารถวัด 6 แกน ได้แก่ การเคลื่อนที่เชิงมุม 3 แกน และการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง 3 แกน โดยการวัดการเคลื่อนที่เชิงมุมสามารถวัดได้เร็วสุด 2000 องศาต่อวินาทีและการวัดการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรงสามารถวัดความเร่งได้มากที่สุด 8G อุปกรณ์ส่งสัญญาณข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านระบบไร้สาย โดยมีซอฟต์แวร์ที่สามารถบันทึกข้อมูลการสั่น ทำการวิเคราะห์ในเชิงความถี่ และแสดงผลการวัดได้ในหน่วยวัดต่างๆ ได้แก่ ค่าความเร่งเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular rate), ค่าองศาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular rms), ค่าน้ำหนักของความถี่หลัก (Peak rate), ค่าความถี่หลัก (Peak frequency), และ ค่าการกระจายตัวของความถี่ (Q)

1.2 Accelerometer

Accelerometer ทำหน้าที่แปลงความเร่งเชิงเส้นตรงหรือเชิงมุมเป็นสัญญาณขาออก โดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน $F=ma$ โดยวัดแรงจากความเร่งของวัตถุที่ทราบน้ำหนัก มีวิธีการต่างๆ ในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุแต่วิธีการที่ใช้กับ accelerometer เป็นการวัดการเคลื่อนที่ไปจากที่เดิมของวัตถุที่มีการยึดติดกับสปริงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงไดอะแกรมของ differential capacitive layout

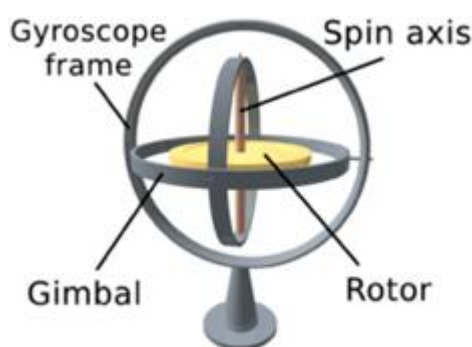
โดยแรงที่กระทำกับน้ำหนักของวัตถุรวมถึงแรงจากความเร่งภายนอก แรงจาก damping (เป็นสัดส่วนกับความเร็ว) และแรงคืนตัว restorative force ของสปริง (เป็นสัดส่วนกับตำแหน่ง) แสดงได้เป็น

$$\vec{F} = M\vec{a}_{external} = M \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} + B(\vec{x}) \frac{d\vec{x}}{dt} + K(\vec{x})\vec{x}$$

เนื่องด้วย accelerometer ทำงานที่ความถี่ห่างจาก resonant frequency ของสปริง ดังนั้นเราสามารถละเลยค่า damping ได้ และสปริงมีค่าคงที่เป็น $K(x)$ ที่สามารถสมมติว่าเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งได้ สมการขณะที่น้ำหนักไม่มีการเคลื่อนที่ทำให้ restorative force มีค่าเป็นแรงจากความเร่งของน้ำหนัก ค่าการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมของสปริง x สามารถแปลงเป็นค่าทางไฟฟ้าได้โดยใช้ค่าความแปรผันของความต้านทานของ piezoresistive หรือโดยการแปลงค่า capacitance ที่เปลี่ยนแปลงของวัตถุที่มีการนำไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง Accelerometer มี 3 ประเภท ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุที่แตกต่างกัน ได้แก่ Piezoresistive, Piezoelectric, และ Differential Capacitive

1.3 Gyroscope sensor

Gyroscope เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้วัดค่าการเรียงตัว (orientation) โดยใช้หลักการ conservation of angular momentum ในความเป็นจริงแล้ว gyroscope แบบเมคานิกจะมีการหมุนล้อหรือแผ่นจานโดยอิสระทุกทิศทาง การทรงตัวหรือ orientation จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากโดยอิทธิพลจากแรงหรือทอร์กจากภายนอกถ้ามีโมเมนตัมเชิงมุม (angular momentum) ขนาดใหญ่ที่เกิดจากการหมุนแผ่นจานด้วยความเร็วสูง



รูปที่ 2 แสดงลักษณะทั่วไปของ gyroscopes

Gyroscope แบบอื่นเช่นโดยใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์, microchip-packaged MEMS สามารถพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป หรือโดยการใช้ solid-state ring lasers, fibre optic gyroscopes, หรือที่มีความไวมากๆ ได้แก่ quantum gyroscope

การประยุกต์ใช้ gyroscopes เช่นการใช้วัด inertial navigation system ในที่ที่เข็มทิศแม่เหล็กไม่สามารถทำงานได้ หรือ มีความแม่นยำไม่เพียงพอ หรือใช้ในการสร้างความเสถียรสำหรับเครื่องบินบังคับวิทยุ หรือ unmanned aerial vehicles (UAV) หรือใช้ในการวัดทิศทางสำหรับการขุดเจาะอุโมงค์ที่ให้ความแม่นยำสูงมาก โดยหลักการพื้นฐานของ gyroscopes ได้จากสมการ

$$\tau = \frac{d\mathbf{L}}{dt} = \frac{d(I\boldsymbol{\omega})}{dt} = I\boldsymbol{\alpha}$$

โดยเวกเตอร์ $\mathbf{T}$ และ $\mathbf{L}$ เป็น ทอร์กบน gyroscope และค่า angular momentum ค่า I เป็นค่า moment of inertia ค่า $\boldsymbol{\omega}$ เป็นค่าความเร็วเชิงมุม และเวกเตอร์ $\boldsymbol{\alpha}$ เป็นความเร่งเชิงมุม ทอร์ก $\mathbf{T}$ ที่กระทำตั้งฉากกับแกนหมุน ซึ่งตั้งฉากกับ $\mathbf{L}$ ทำให้เกิดการหมุนรอบแกนที่ตั้งฉากกับทั้งสองแรงดังกล่าว เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า precession โดยความเร็วเชิงมุมของ precession เป็นผลจาก

$$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\Omega}_p \times \mathbf{L}.$$

precession แสดงให้เห็นถึงว่าหากเราหมุน gyroscopes รอบแกนนอนและมีการรองรับเล็กน้อยจากมุมมุมหนึ่ง gyroscopes จะไม่หล่นลงแต่จะยังคงหมุนรอบแกนดังกล่าว แต่ถ้าไม่มีการรองรับเลย gyroscopes จะค่อยๆเอียงลงรอบๆแกนโดยหมุนแบบ precession turning โดยอัตรา precession ค่อยๆเพิ่มขึ้น

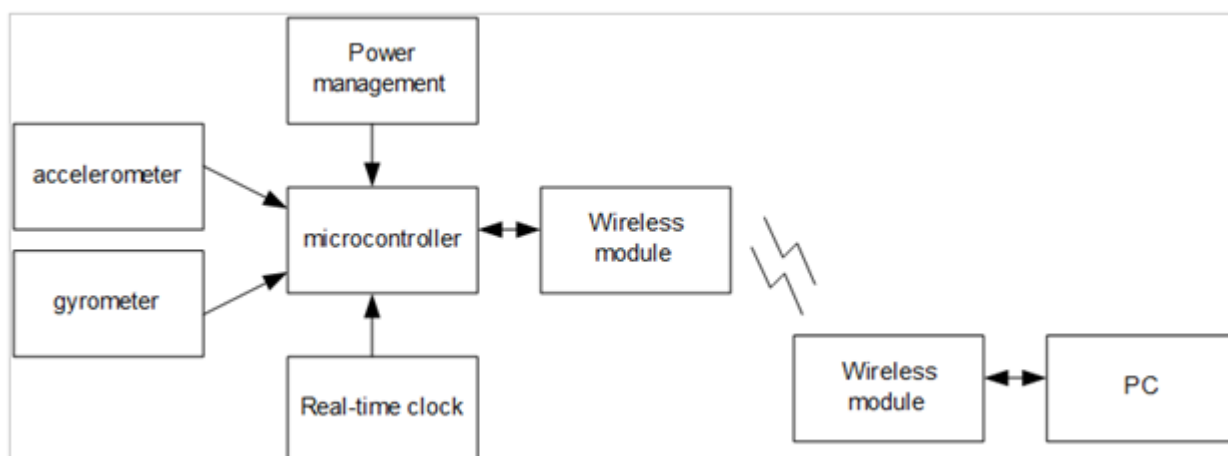
1.4 คุณสมบัติของอุปกรณ์วัดการสั่น

อุปกรณ์วัดสัญญาณการสั่นและการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นอุปกรณ์ที่สามารถ

- วัดสัญญาณการสั่นและการเคลื่อนไหวโดยอุปกรณ์ติดตั้งที่บริเวณมือ
- วัดอัตราการเคลื่อนที่เชิงมุมโดยสามารถวัดได้ค่าสูงสุด 2000 องศาต่อวินาที
- วัดอัตราการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรงเป็นความเร่งโดยวัดได้สูงสุด 8G
- ส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยัง PC ด้วยช่องสัญญาณ Bluetooth

1.5 ส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดสัญญาณการสั่น

อุปกรณ์วัดสัญญาณการสั่นของร่างกายเนื่องจากโรคพาร์กินสัน ประกอบด้วยส่วนต่างๆตามไดอะแกรมรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบที่น่าเสนอ

ระบบประกอบด้วยส่วนประกอบสองส่วนได้แก่ส่วน sensor และส่วนประมวลผล โดยส่วน sensor board เป็นบอร์ดขนาดเล็กที่สามารถยึดติดกับนิ้วมือเพื่อทำหน้าที่ตรวจวัดสัญญาณการสั่น sensor board เชื่อมต่อกับส่วนประมวลผลผ่านสายสัญญาณที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบ serial ชนิด I2C ไปยังชุด microcontroller

ชุดประมวลผลเป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า โดยขณะใช้งานจะถูกยึดติดกับบริเวณข้อมือ ทำหน้าที่รับสัญญาณการสั่นที่เป็นสัญญาณ digital โดยทำการจัดรูปแบบเป็น X, Y, Z ของสัญญาณ Accelerometer และ gyroscope sensor รวมทั้งหมด 6 แกน หรือ 6 parameters ส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ผ่านการสื่อสารไร้สายระยะสั้นเช่น Bluetooth 2.4GHz ส่วนอุปกรณ์ sensor gyroscope จะมีความสามารถในการวัดค่าสูงสุดของอัตราการเหวี่ยงเชิงมุมเป็น 2000 องศาต่อวินาที โดยศึกษาได้จากเอกสาร data sheet และ accelerometer จะสามารถวัดได้สูงสุด 8G โดยค่า G เป็นค่าความเร่งที่เป็นผลจากแรงดึงดูดโลก

1.6 Calibration of sensors

เซ็นเซอร์ที่ออกจากสายการผลิต แม้ว่าจะได้รับการปรับค่าให้ถูกต้องแล้ว ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุต่างๆดังนี้

- ผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงระหว่างการประกอบ
- ผลของความผิดพลาดขนาดเล็กเนื่องจากการติดตั้งตัวเซ็นเซอร์เข้ากับแผงวงจร
- ผลของการวางตัว (alignment) ที่ผิดพลาดอันเกิดจากการประกอบแผงวงจรเข้ากับวัสดุขึ้นรูปเพื่อห่อหุ้มแผงวงจร

อย่างไรก็ตาม ความจำเป็นในการ calibration ขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งานตัวเซ็นเซอร์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ค่าที่ปรับไว้แล้วจากโรงงานหรือสายการผลิตจะเพียงพอต่อการใช้งานทั่วไป แต่หากผู้ใช้งานต้องการความถูกต้องแม่นยำเป็นการเฉพาะก็สามารถทำการ calibration ได้โดยมีวิธีการที่ขึ้นกับผู้ผลิตแต่ละ

ราย ในเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้งาน ทางผู้ผลิตได้อำนวยความสะดวกในการ calibration โดยผู้พัฒนาแอปพลิเคชันสามารถทำการ calibration ได้โดยใช้เฟิร์มแวร์ที่สนับสนุนโดยผู้ผลิต โดยเฟิร์มแวร์จะทำหน้าที่กระตุ้นเซ็นเซอร์ด้วยค่าที่กำหนดไว้ และนำผลที่เซ็นเซอร์วัดได้เทียบกับค่าที่ควรจะเป็น แล้วคำนวณหาค่า offset และค่า gain ที่เหมาะสม จากนั้นทำการบันทึกค่าดังกล่าวลงบนเซ็นเซอร์เพื่อให้ค่าวัดที่ถูกต้องต่อไป

1.7 ซอฟต์แวร์วิเคราะห์การสั่น

การทำงานในส่วนของการประมวลผลข้อมูลนั้นจะทำในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือคอมพิวเตอร์พกพา โดยจะทำการออกแบบซอฟต์แวร์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนการแสดงผลสัญญาณ ส่วนของข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลการทดสอบและผู้ทำการทดสอบ และสุดท้ายคือส่วนของการแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่คำนวณได้ การแสดงผลสัญญาณสามารถที่จะแสดงได้ทั้งแบบ Real-time คือ แสดงผลข้อมูลของที่ได้จากการวัดในเวลาขณะนั้นๆ โดยจะแสดงสัญญาณของค่าความเร็วเชิงมุมในกราฟด้านบน ส่วนในกราฟด้านล่างจะแสดงกราฟของสัญญาณหลังจากทำการแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) และการแสดงผลอีกแบบจะเป็นแบบ offline คือจะทำการอ่านข้อมูลจากไฟล์ที่ได้ทำการบันทึกไว้และนำขึ้นมาแสดงผลได้เช่นกัน ส่วนของข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นจะประกอบด้วย ข้อมูลคนไข้พื้นฐานเพื่อใช้ในการระบุตัวบุคคล ข้อมูลของการทดสอบ เช่น ประเภทการทดสอบ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ แพทย์ที่ทำการรักษาหรือผู้ที่ทำการทดสอบ เป็นต้น เมื่อทำการวัดสัญญาณเสร็จสิ้นก็อาจจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ค่า RMS Angular Rate, ค่า RMS Angle, Peak Magnitude, Peak Frequency และค่า Q เพื่อนำค่าเหล่านี้ไปใช้ในการวินิจฉัยเพื่อทำการรักษาต่อไป โดยความหมายของค่าต่างๆดังแสดง RMS angular rate เป็นค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของข้อมูลดิบ RMS angle เป็นค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของอินทิเกรชันของข้อมูลดิบ Peak Magnitude เป็นขนาดสูงสุดขององค์ประกอบความถี่ Peak Frequency เป็นความถี่ที่มีค่าขนาดขององค์ประกอบความถี่สูงสุด Q เป็นค่าที่หามาจากค่า Peak Magnitudeหารด้วยครึ่งหนึ่งของความกว้างของแถบความถี่หลัก (main lobe)

2. ชุดรับข้อมูลการวาดรูปก้นหอย (spiral drawing) และวิเคราะห์การสั่นจากรูปวาดก้นหอย

2.1 วัตถุประสงค์

พัฒนาระบบช่วยในการวินิจฉัยและคัดกรองผู้ป่วยในกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติบนแท็บเล็ตเคลื่อนที่ โดยระบบสามารถที่จะใช้ช่วยแพทย์ในการบันทึกข้อมูล และช่วยในการวินิจฉัยความสั่นของมือจากการเขียนรูปก้นหอย โดยระบบจะเก็บข้อมูลการลากเส้นลงบนแท็บเล็ตเคลื่อนที่ โดยจะจำลองแบบทดสอบการเขียนจากแบบทดสอบของ Fahn, Tolosa, Marin Tremor Rating Scale มาไว้บนแท็บเล็ตเคลื่อนที่ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลการทดสอบของคนไข้ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนการทดสอบแบบเดิมซึ่งต้องเขียนลงบนกระดาษได้ ระบบยังสามารถช่วยวิเคราะห์ความสั่นจากการวาดรูปก้นหอยของคนไข้ในเบื้องต้นได้ โดยใช้วิธีการแปลงข้อมูลการลากเส้นรูปก้นหอยจากพิกัดคาร์ทีเซียน มาเป็น

พิกัดเชิงขั้ว จากนั้นจึงแปลงเป็นพิกัดเวลา-ความถี่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสั่น เพื่อเปรียบเทียบและทำการจัดกลุ่มระหว่างกลุ่มคนปกติและคนไข้ในกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลการลากเส้นรูปก้นหอยนั้น ระบบจะอ่านข้อมูลสัญญาณการวาดเส้นรูปก้นหอยจากเครื่องแท็บเล็ตที่บันทึกไว้เข้ามา และนำข้อมูลสัญญาณการวาดเส้นซึ่งเข้ามาในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (x, y) มาผ่านขั้นตอนการแปลงระบบพิกัดมาเป็นระบบเชิงขั้ว (r, Θ) ตามสมการดังนี้

$$\begin{aligned}x &= r \sin \theta + x_0, & y &= r \cos \theta + y_0 \\r &= \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \\ \theta &= \arctan\left(\frac{y - y_0}{x - x_0}\right).\end{aligned}$$

ซึ่งข้อมูลสัญญาณในพิกัดเชิงขั้วนี้จะนำมาใช้คำนวณค่าความสั่น โดยแปลงเป็นพิกัดเวลา-ความถี่เชิงเวลา เนื่องจากแต่ละจุดพิกัดที่บันทึกได้จากเครื่องแท็บเล็ตเคลื่อนที่นั้นถูกบันทึกในเวลาต่อกันอย่างสม่ำเสมอ และในรูปก้นหอยที่สมบูรณ์ ค่า Θ จะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และสม่ำเสมอ เราจึงสามารถคำนวณค่า r ที่เบี่ยงเบนไปจากรูปก้นหอยที่สมบูรณ์ ณ จุดต่างๆ ซึ่งจะได้ค่าสัญญาณในเชิงเวลาซึ่งสามารถนำมาใช้ในขั้นตอนการแปลงเป็นสัญญาณในเชิงเวลา-ความถี่ได้ โดยการแปลงนั้น เราจะใช้ค่า r ที่เบี่ยงเบนไปจากรูปก้นหอยที่สมบูรณ์ที่คำนวณมาได้ในขั้นตอนแรก และสามารถใช้ short-time Fourier transform (STFT) ได้ตามสมการดังนี้

$$\text{STFT}\{x[n]\}(m, \omega) \equiv X(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]w[n - m]e^{-j\omega n}$$

ซึ่งจากการทดลอง เราสามารถที่จะจำแนกการวาดเส้นของคนปกติกับคนไข้ได้จาก ผลรวมของแอมพลิจูดในทุก time component ในช่วงความถี่ที่สูง ซึ่งจะปรากฏเกิดขึ้นในคนไข้โรคพาร์กินสันเท่านั้น

2.3 คุณสมบัติของชุดรับข้อมูลการวาดรูปก้นหอย

ชุดรับข้อมูลการวาดรูปก้นหอยเพื่อวิเคราะห์การสั่นของมือ ต้องสามารถที่จะ

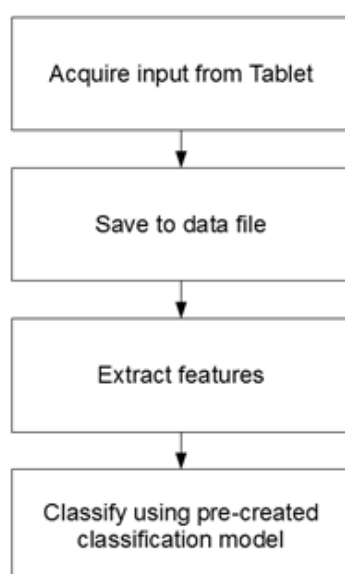
- บันทึกข้อมูลการลากเส้นของคนไข้ตามแบบทดสอบการเขียนของ Fahn, Tolosa, Marin Tremor Rating Scale แทนการทดสอบบนกระดาษ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ต่อได้

- โปรแกรมบนแท็บเล็ตสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการลากเส้นในเบื้องต้นได้ โดยใช้การวิเคราะห์การลากเส้นโดยแปลงผลการลากเส้นจากพิกัดคาร์ทีเซียนมาเป็นพิกัดเชิงขั้ว และวิเคราะห์ในเชิงเวลา-ความถี่ได้
- ข้อมูลการลากเส้นของคนที่ใช้สามารถเลือกให้บันทึกในแท็บเล็ตหรือ SD-Card ได้ และสามารถที่จะส่งข้อมูลไปยัง server กลางได้

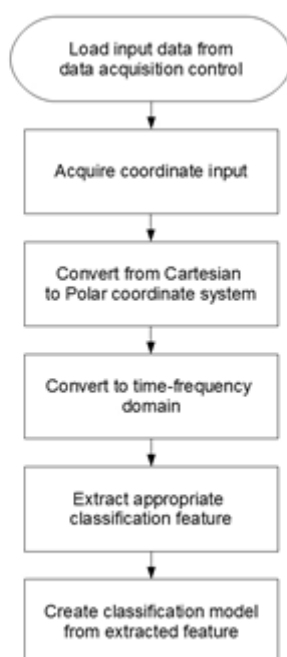
2.4 การออกแบบและการสร้าง

ขั้นตอนการทำงานของระบบชุดรับข้อมูลการวาดรูปกันหอยนั้นเป็นดังรูปที่ 1 โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือเครื่องแท็บเล็ตเคลื่อนที่ และปากกาเฉพาะสำหรับแท็บเล็ต โดยสัญญาณที่ได้จากการวาดเส้นลงบนเครื่องแท็บเล็ตจะเป็นตำแหน่งของเส้นที่ถูกวาดลงไป กระบวนการในการทำงานจะเริ่มจากรับข้อมูลการลากเส้นผ่านจากปากกาลงไปบนแท็บเล็ตเคลื่อนที่ โดยระบบจะบันทึกค่าพิกัดที่เขียนลงบนแท็บเล็ตเพื่อที่จะนำไปประมวลผลเพื่อเลือกลักษณะเฉพาะของข้อมูลที่ได้ และนำไปผ่านการประมวลผลโดยใช้โมเดลจำแนกผู้ป่วย เพื่อแสดงค่าผลลัพธ์ทั้งหมด พร้อมทั้งผลการวิเคราะห์จากระบบ โดยกระบวนการประมวลผลโดยใช้โมเดลจำแนกผู้ป่วยนั้น สามารถทำได้ตามขั้นตอนกระบวนการทำงานของวิธีการสร้างโมเดลจำแนกผู้ป่วยในรูปที่ 2

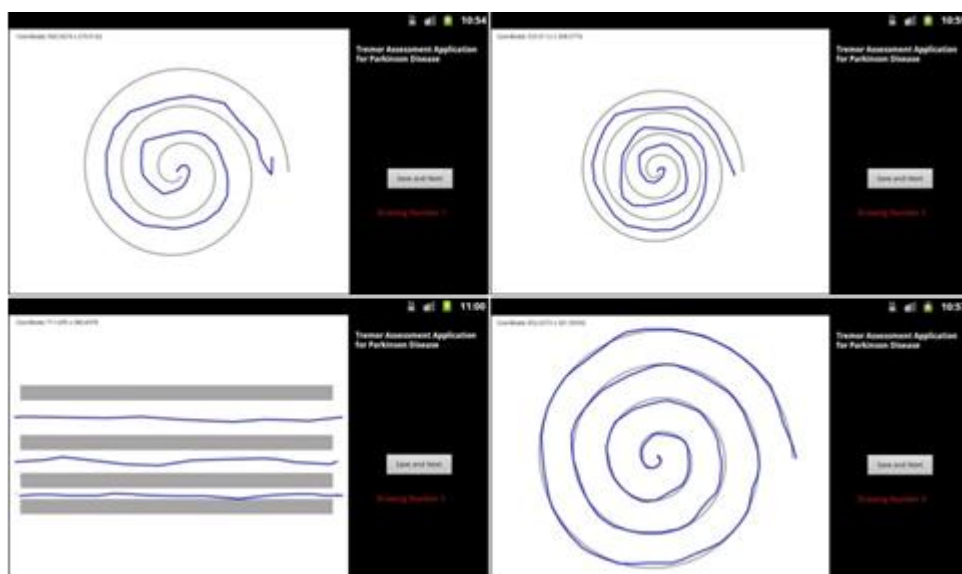
โปรแกรมสำหรับบันทึกข้อมูลและแสดงผลข้อมูลนั้นจะทำการพัฒนาขึ้นสำหรับแท็บเล็ตที่มีความละเอียด 1280 x 800 เพื่อให้การใช้งานทำได้ง่าย และใกล้เคียงกับการเขียนลงบนกระดาษจริงซึ่งจะช่วยให้สิ่งแวดล้อมในการทดสอบเหมาะสมที่สุดสำหรับคนที่ใช้ โดยรูปที่ 3 แสดงภาพตัวอย่างของหน้าจอแบบทดสอบการลากเส้น



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของระบบตรวจวัดและวิเคราะห์ความดัน



รูปที่ 2 กระบวนการประมวลผลสัญญาณจากการลากเส้นรูปก้นหอย



รูปที่ 3 ภาพตัวอย่างแบบทดสอบการลากเส้นบนแท็บเล็ต

การพัฒนาระบบจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการสั่นบนระบบเครือข่ายก่อนเมฆโดย สร้างระบบการเก็บข้อมูลการสั่นของผู้ป่วยพาร์กินสันและผู้ป่วยในกลุ่มการเคลื่อนไหวผิดปกติ โดยข้อมูลการสั่นที่เก็บประกอบด้วยข้อมูลจาก 2 ส่วนคือ 1. เซ็นเซอร์ไจโรสโคปที่ติดตั้งในตำแหน่งต่างๆบนร่างกายผู้ป่วย และ 2. รูปวาดที่วาดโดยผู้ป่วยเปรียบเทียบกับรูปก้นหอยต้นแบบ โดยระบบการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะสามารถเก็บ

ข้อมูลจากอุปกรณ์ทดสอบได้โดยใช้ระบบสื่อสารอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูลจะถูกเก็บในระบบเครือข่ายก่อน
เมฆ และสามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลบนระบบเครือข่ายก่อนเมฆได้

การวิจัยระยะที่ 2

กลุ่มประชากร

ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษาที่คลินิกพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรงพยาบาล
จุฬาลงกรณ์ โดยมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าและไม่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดออก จำนวน 100 ราย

เกณฑ์การคัดผู้ป่วยเข้าร่วมการศึกษาวิจัย (Inclusion criteria)

- ผู้ป่วยมีอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป
- ผู้ป่วยมีอาการสั่นที่มือเป็นอาการหลัก
- ผู้ป่วยแสดงความยินยอมโดยสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและสามารถเซ็นยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เป็น
ลายลักษณ์อักษร

เกณฑ์การคัดออกจากการศึกษาวิจัย (Exclusion criteria)

- ผู้ป่วยที่ไม่สามารถเข้าร่วมตรวจด้วยเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่นได้ตลอดระยะเวลา การ
ทดสอบ
- ผู้ป่วยที่ไม่สามารถหยุดยาที่อาจมีผลต่ออาการสั่น ก่อนการตรวจวัดการสั่น

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

ผู้ป่วยที่สมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัย จะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดของการวิจัย และ
ปฏิบัติตามข้อกำหนดของโครงการวิจัย ดังต่อไปนี้

- ผู้ป่วยจะได้อ่านเอกสารชี้แจงการวิจัยและได้รับการอธิบายถึงโครงการวิจัยโดยละเอียด ได้แก่
วัตถุประสงค์การทำวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ของการวิจัย การปฏิบัติของโครงการวิจัย การ
ถอนตัวออกจากการวิจัย และการเก็บข้อมูลผู้ป่วยเป็นความลับ เป็นต้น โดยผู้ป่วยสามารถซักถาม
ข้อข้องใจเกี่ยวกับการวิจัยและมีเวลาเพียงพอในการตัดสินใจเข้าร่วม การวิจัย จากนั้นจึงแสดงความ
ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร โดยเซ็นยินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
- ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการเจาะเลือดเพื่อตรวจค่าระดับน้ำตาลในเลือด และการทำงานของต่อม
ไทรอยด์

- ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการซักประวัติ ตรวจสัญญาณชีพ ตรวจร่างกายและตรวจ วินิจฉัยโรคพาร์กินสันอย่างละเอียดตามเกณฑ์ของ United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank's clinical criteria for the diagnosis of probable Parkinson's disease
- ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจด้วยเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่น โดยจะต้องหยุดยาที่อาจมีผลทำให้อาการสั่นเป็นมากขึ้นหรือลดลง อย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการตรวจ ซึ่งแพทย์จะทำการติด sensor board ที่บริเวณข้อนิ้วชี้ส่วนต้นของมือในแต่ละข้างและติดตัวเครื่องส่งสัญญาณที่บริเวณข้อมือของผู้เข้าร่วมวิจัย และทำการบันทึกข้อมูลในทาวเวอร์แบบบันทึกและถ่ายเทข้อมูลกับแวนนาบ โดยการบันทึกข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอาการสั่นจะถูกบันทึกครั้งละ 10 วินาที และทำ 3 ครั้ง ในมือแต่ละข้าง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์
- ผู้ป่วยกลุ่มที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคพาร์กินสันจะได้รับการ ประเมินอาการโดยใช้ Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) ในขณะที่ยาหมดฤทธิ์โดยผู้ป่วยต้องหยุดยา รักษาโรคพาร์กินสันทั้งหมดอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการตรวจ ซึ่งจะทำได้โดยแพทย์เฉพาะทาง สาขาการเคลื่อนไหวผิดปกติ 2 คนซึ่งปกปิดข้อมูลซึ่งกันและกัน
- การทดสอบจะใช้เวลาโดยรวมประมาณ 2-3 ชั่วโมง ต่อผู้ป่วยหนึ่งราย ผู้ป่วยจะได้รับการประเมินอาการข้างเคียงจากการตรวจด้วยเครื่องตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่น หากผู้ป่วยมีอาการผิดปกติ ก็สามารถกลับบ้านได้

วิธีการเก็บข้อมูล

- ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมดจะถูกเจาะเลือดเพื่อตรวจค่าระดับน้ำตาลในเลือดและการทำงานของต่อมไทรอยด์
- ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกประเมินด้วย เกณฑ์การวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน United Kingdom Parkinson's Disease Society Brain Bank's clinical criteria for the diagnosis of probable Parkinson's disease ซึ่งจะจำแนกผู้ป่วยออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มพาร์กินสัน และกลุ่มที่ไม่ใช่พาร์กินสัน
- ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกตรวจวัดอาการสั่นโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์การสั่น ซึ่งการแสดงผลสัญญาณสามารถที่จะแสดงได้ทั้งแบบ Real-time คือ แสดงผลข้อมูลของที่ได้จากการวัดในเวลานั้นๆ โดยจะแสดงผลสัญญาณของค่าความเร็วเชิงมุมในกราฟด้านบน ส่วนในกราฟด้านล่างจะแสดงกราฟของสัญญาณหลังจากทำการแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) และการแสดงผลอีกแบบจะเป็นแบบ offline คือจะทำการอ่านข้อมูลจากไฟล์ที่ได้ทำการบันทึกไว้และนำขึ้นมาแสดงผลได้เช่นกัน ส่วนของข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นจะประกอบ ด้วย ข้อมูลคนไข้พื้นฐานเพื่อใช้ในการระบุตัวบุคคล ข้อมูลของการทดสอบ เช่น ประเภท การทดสอบ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ

เป็นต้น เมื่อทำการวัดสัญญาณเสร็จสิ้นก็อาจจะทำการ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ค่า RMS Angular Rate, ค่า RMS Angle, Peak Magnitude, Peak Frequency และค่า Q เพื่อนำค่าเหล่านี้ไปใช้ต่อไป

- ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคพาร์กินสัน จะได้รับการประเมินอาการทางคลินิก โดยแบบประเมิน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)
- ผู้เข้าร่วมวิจัยตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานเครื่องวิเคราะห์อาการสั่น เพื่อประเมินประโยชน์และความเหมาะสมจากการใช้งานเครื่องวิเคราะห์อาการสั่น

หลังจากดำเนินการวิจัยทางคลินิกเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบคัดกรองโดยใช้ข้อมูลเท่าที่รวบรวมได้สำหรับสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจของแพทย์ โดยสามารถให้ความแม่นยำไม่ต่ำกว่า 90% โดยสามารถแยกความแตกต่างระหว่างโรคในกลุ่มการเคลื่อนไหวผิดปกติได้ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ โรคพาร์กินสัน, Essential Tremor, Dystonic Tremor และ Drug-induced Tremor หรือตามปริมาณข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างการทดสอบ และดำเนินการศึกษาวิจัยในการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อพัฒนาสู่ภาคอุตสาหกรรม

สถานที่ทำวิจัยและเก็บข้อมูล

ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสันและกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ แห่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ Chulalongkorn Parkinson's Disease and Related Disorders Center of Excellence

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตึก ส.ก. ชั้น 17 และตึกธนาคารกรุงเทพ ชั้น 3

ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 02 256 4000 ต่อ 3361 โทรสาร 02 252 1303, 02 256 4630

ผลการดำเนินการวิจัย (Result)

1. สรุปผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 1 วันที่ 16 ธันวาคม 2558 ถึงวันที่ 15 มิถุนายน 2559

ทางคณะผู้วิจัยได้ค้นคว้าและออกแบบพัฒนาเครื่องมือในการตรวจวัดและวิเคราะห์อาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ซึ่งประกอบด้วยชุดรับสัญญาณการเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุม ทั้ง 3 แนวแกน และสามารถบันทึก, วิเคราะห์และแสดงผลสัญญาณในเชิงเวลา และความถี่และคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความแรงเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular rate), ค่าองศาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular rms), ค่าน้ำหนักของความถี่หลัก (Peak rate), ค่าความถี่หลัก (Peak frequency), และ ค่าการกระจายตัวของความถี่ (Q) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์อาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและโรคที่มีอาการสั่นอื่นๆ

ด้านการพัฒนาฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. ปัจจุบันเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น มีอยู่หลายประเภท เช่น เครื่อง electromyography (EMG) และเครื่อง accelerometry (ชื่อทางการค้า Motus) แต่ทั้ง 2 เครื่อง มีการตรวจวัดอาการสั่นได้เพียง 3 แนวแกน และเครื่องมีขนาดใหญ่ ราคาสูง 1,000,000 บาท (ภาพที่ 1) ทางคณะผู้วิจัยได้จึงมีการพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น ให้สามารถวัดได้ 6 แนวแกน ชุดรับสัญญาณเชิงเส้น (accelerometer) 3 แนวแกน และตัวรับสัญญาณเชิงมุม (gyroscope) 3 แนวแกน และมีขนาดเล็กกะทัดรัด (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 เครื่อง electromyography (EMG) (ซ้าย) และเครื่อง accelerometry (ชื่อทางการค้า Motus) (ขวา)



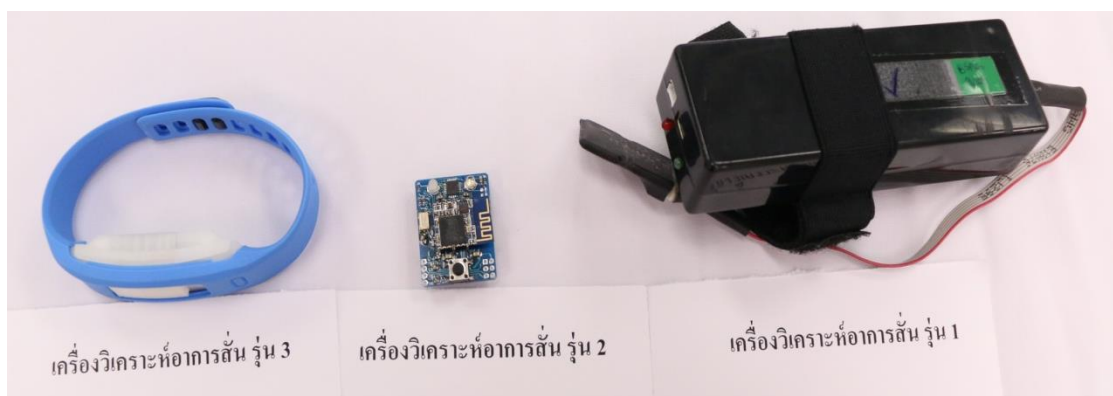
ภาพที่ 2 การพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่นวิเคราะห์ 6 แนวแกน accelerometer และ gyroscope

2. การพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น ให้สามารถวัดได้ 6 แนวแกน ชุดรับสัญญาณเชิงเส้น (accelerometer) 3 แนวแกน และตัวรับสัญญาณเชิงมุม (gyroscope) 3 แนวแกน และมีขนาดที่เล็กลงจากเดิม เพื่อสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้งาน โดยจากเดิมที่ขนาดเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นเก่ามียาว 35 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับขนาดเครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นใหม่ให้มียาว 6 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร (ภาพที่ 3)



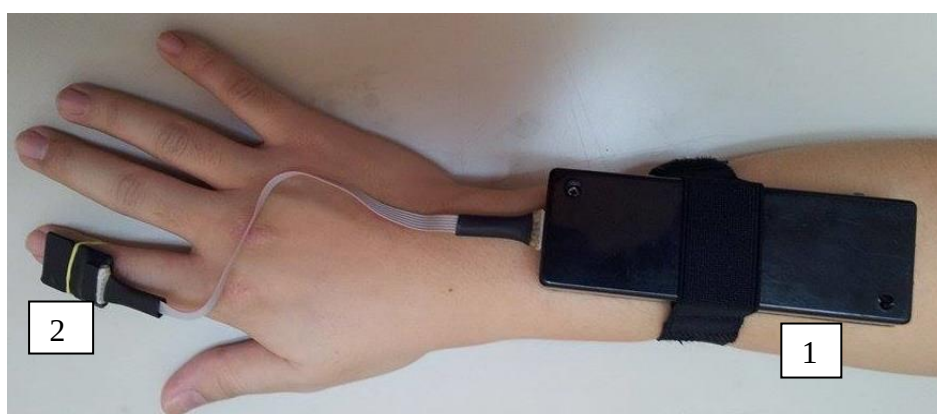
ภาพที่ 3 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นเก่า (ล่าง) และ รุ่นใหม่ (บน)

3. เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 1 มีส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบบชั้นเดียว (pcb 1 layer) sensor board ทำให้อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ส่วนเครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 มีส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบบสองชั้นซ้อนกัน (pcb 2 layer) และลดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้มีขนาดที่เล็กลง ทำให้ขนาดอุปกรณ์เครื่องมือเล็กลงมากขึ้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นที่มีขนาดแผงอิเล็กทรอนิกส์ที่เล็กลง ตามแต่ละรุ่น

4. เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 1 มีการประมวลผลสัญญาณ 2 ชุด ชุดรับสัญญาณ จุด 1 และชุดส่งสัญญาณ จุด 2 แยกจากกัน (ภาพที่ 5) พบว่าการส่งสัญญาณข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน ทำให้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนไปด้วย แต่เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 การประมวลผลสัญญาณสัญญาณ ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณรวมกัน (ภาพที่ 6) มีการส่งสัญญาณที่ดีกว่า ทำให้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลลดลง



ภาพที่ 5 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นแรก มีชุดรับสัญญาณ จุด 1 และชุดส่งสัญญาณ จุด 2



ภาพที่ 6 เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่นสอง ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณรวมกัน

5. เครื่องวิเคราะห์ท่าการสั่นรุ่น 1 การออกแบบตัวยึดเครื่องบนแขนและตัวส่งสัญญาณที่ปลายนิ้วมือ ใช้เป็นสายยึดที่แขนและใช้ตีนตุ๊กแก ส่วนเครื่องวิเคราะห์ท่าการสั่นรุ่น 2 ชุดรับสัญญาณและแปลงสัญญาณรวมกันในแผงวงจร PCB ทำให้อาเนกเล็กลง โดยสามารถติดที่ปลายนิ้ว ท่อนแขน หรือตำแหน่งต่างๆ ตามร่างกายได้ทุกส่วน (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ตำแหน่งติดเครื่องวิเคราะห์ท่าการสั่น รุ่นแรก (ซ้าย) และเครื่องวิเคราะห์ท่าการสั่น รุ่นสอง (ซ้าย)

ด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software)

1. เครื่องตรวจวิเคราะห์ท่าการสั่นรุ่น 1 การแสดงผลข้อมูลให้มีการส่งสัญญาณการวัดท่าการสั่นผ่านระบบ blueooth เพื่อทำการประมวลผลการวิเคราะห์ท่าการสั่น ต้องวิเคราะห์ผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล PC เท่านั้น ส่วนเครื่องตรวจวิเคราะห์ท่าการสั่นรุ่น 2 มีการพัฒนาทำการประมวลผลการวิเคราะห์ท่าการสั่นได้ทั้งคอมพิวเตอร์ และ notebook computer เพื่อความสะดวกในการทำงานมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 โปรแกรมเครื่องตรวจวิเคราะห์ท่าการสั่น รุ่น 1 และรุ่น 2

2. เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น ทั้ง 2 รุ่น สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่า RMS angular rate, ค่า RMS angle, peak magnitude, peak frequency และค่า Q ได้ แต่เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 มีการเพิ่มข้อมูลที่สามารถกำหนดเวลาในการทดสอบการวิเคราะห์ได้ ตามแต่ผู้วิเคราะห์ข้อมูลกำหนด โดยการบันทึกข้อมูลมีเวลาเป็นช่วงระบุ ช่วงที่ 10s, 30s, 60s หรือสามารถเพิ่มตามความต้องการของผู้ตรวจได้

3. เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 1 มีการประมวลผลสัญญาณสัญญาณ ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณแยกกัน ทำให้ข้อมูลวิเคราะห์คลาดเคลื่อน แต่เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 การประมวลผลสัญญาณสัญญาณ ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณรวมกัน ทำให้ข้อมูลวิเคราะห์ลดการคลาดเคลื่อนของข้อมูล

2. สรุปผลการดำเนินงาน ครั้งที่ 2 วันที่ 15 มิถุนายน 2559 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม 2559

การดำเนินการศึกษาวิจัยระยะที่ 2 คณะผู้วิจัยอยู่ระหว่างกำลังพัฒนาอุปกรณ์ และพัฒนาเครื่องมือช่วยวินิจฉัย คัดกรองและการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสันในส่วนต่างๆ หลังจากมีการทดสอบโปรแกรม และอุปกรณ์จริงในภาคสนามแล้ว จึงนำข้อผิดพลาดจากเครื่องมือรุ่นที่ 1 และ 2 มาพัฒนาอุปกรณ์โปรแกรมของตัวของอุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น และสิ่งสำคัญมากที่สุด คือการออกแบบตัวของอุปกรณ์ให้มีลักษณะการใช้งานที่สะดวกมากที่สุด รูปลักษณะของตัวอุปกรณ์มีความทันสมัยในโลกปัจจุบัน แต่ยังคงเอกลักษณ์เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board)
2. ส่วนของโปรแกรมแสดงผลวิเคราะห์
3. การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์

ด้านการพัฒนาส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board)

การพัฒนาส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board) (ภาพที่ 11) ยังมีการคงหลักการทำงานในส่วนที่ได้อยู่และมีการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีขนาดเล็กลง แต่เพิ่มความสมบูรณ์แบบในการจัดการสัญญาณมากยิ่งขึ้น ลดข้อผิดพลาดของการทำงานให้น้อยที่สุด ดังนี้

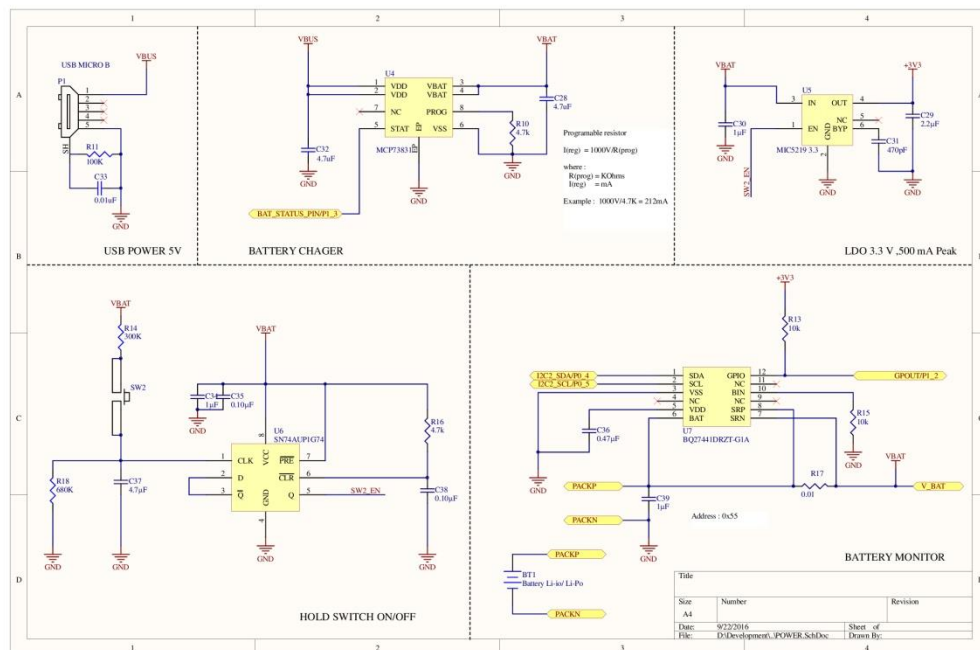
1. การพัฒนาชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนไหว (BMI160) ชนิดวัดความเร่งเชิงเส้น (accelerometer) และชนิดวัดความเร็วเชิงมุม (gyroscope) ด้วยความเร็วในการวัดเป็น 100 ครั้งต่อวินาที สัญญาณความเร่งสูงสุดที่วัดได้ที่ 8G และสัญญาณความเร็วเชิงมุมที่วัดได้อยู่ที่ 2000 degree/sec สัญญาณที่วัดจะส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต (PSOC CY8C4247) ผ่านการ

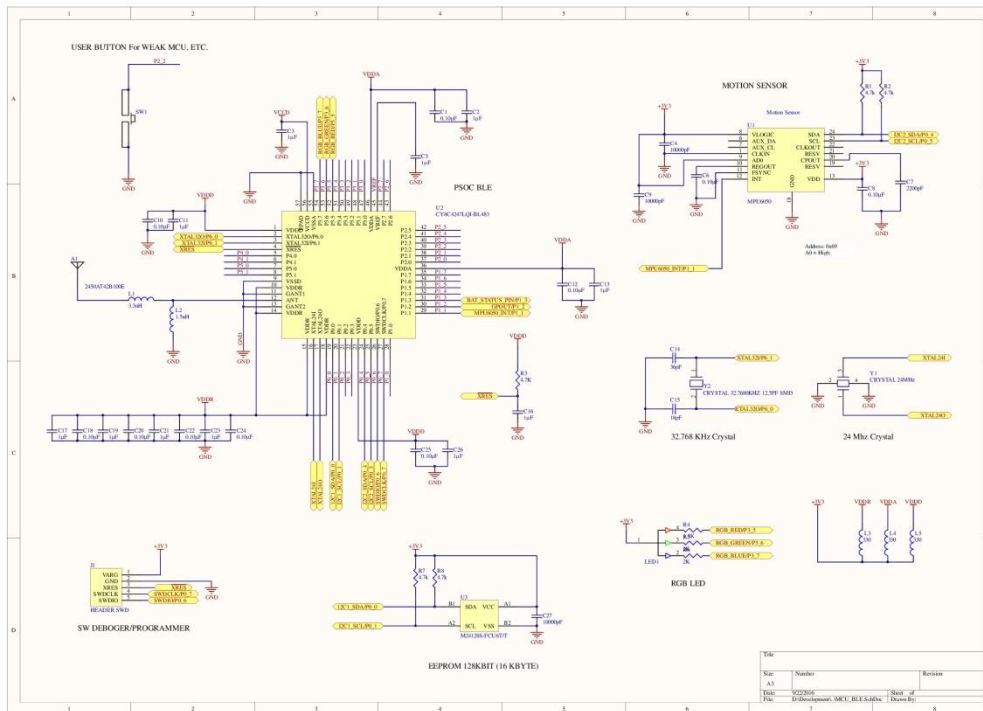
เชื่อมต่อคิิตอลโดยใช้โปรโตคอลแบบ IIC ซึ่งอุปกรณ์มีการผิดพลาดน้อยมาก ทำให้การรับสัญญาณการสั้นจากผู้ทดสอบมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

2. การพัฒนาชุดแบตเตอรี่ โดยมีการใช้ระบบจะได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดไม่ต่ำกว่า 100mAh ระดับแรงดันถูกแปลงเป็นระดับ 3.3V ใช้ regulator MIC5524 เพื่อใช้ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ในระบบ พลังงานไฟฟ้า สำหรับชาร์จไปยังแบตเตอรี่สามารถชาร์จด้วยอัตรา 30-100mA โดยใช้ MCP73831 ทำหน้าที่เป็น charge controller โดยระดับพลังงานที่แบตเตอรี่สามารถ monitor ด้วยคอนโทรลเลอร์ได้ ผ่านอุปกรณ์วัดความจุของแบตเตอรี่ BQ27441 จะมีการส่งสัญญาณแจ้งระดับความจุปัจจุบันของแบตเตอรี่ไปยังคอนโทรลเลอร์ผ่านการสื่อสารแบบ IIC สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังหน่วยสื่อสารไร้สายชนิด Bluetooth Low Energy (BLE) ซึ่งอยู่ภายในตัวคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ tablet ซึ่งมีซอฟต์แวร์วิเคราะห์การสั้น

คุณลักษณะ (Features) พิเศษจากเดิม คือ

1. วัดสัญญาณการสั้นจากผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยวัดที่บริเวณนิ้วมือ และมือ
2. ในการวัดค่าสูงสุดของอัตราการเหวี่ยงเชิงมุมเป็น 2000 องศาต่อวินาที
3. ในการวัดส่วน accelerometer และ gyroscope ได้สูงสุด 8G
4. ส่งสัญญาณผ่านไปยัง PC ด้วยช่องสัญญาณ Bluetooth ซึ่งสะดวกต่อผู้ใช้งาน
5. มีซอฟต์แวร์ทำหน้าที่แสดงผล และประมวลผล โดยแปลงสัญญาณ time series เป็น frequency





ภาพที่ 9 ส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board)

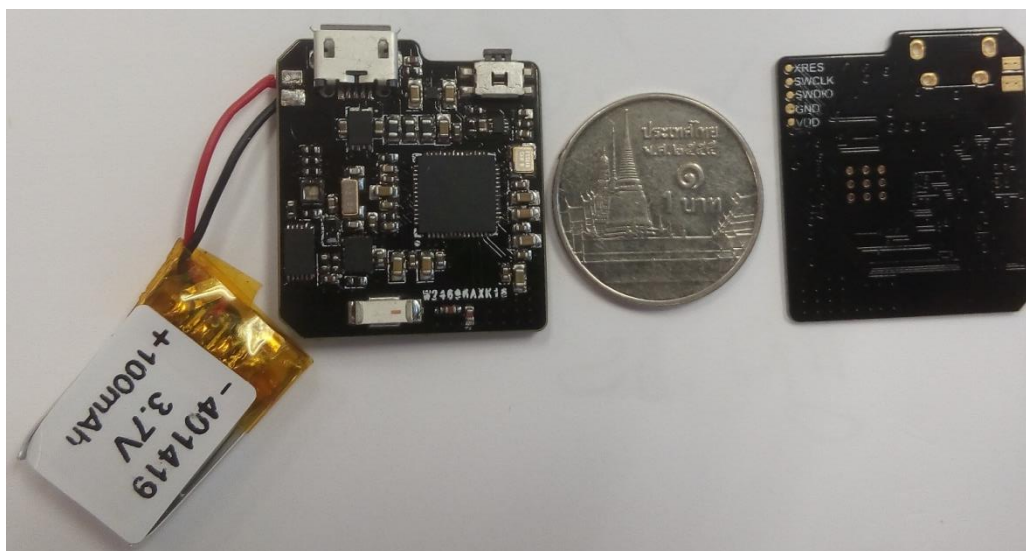
3. เครื่องตรวจวินิจฉัยอาการสั่น มีการพัฒนาอุปกรณ์แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB sensor board) ให้มีการใช้งานที่เป็นมาตรฐานและเกิดการผิดพลาดน้อยที่สุด และมีขนาดเล็กลง ดังต่อไปนี้
- รุ่นที่ 1 แบบชั้นเดียว (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดใหญ่ (ภาพที่ 12)
 - รุ่นที่ 2 แบบ 2 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดเล็กลง (ภาพที่ 13)
 - รุ่นที่ 3 แบบ 4 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer) เครื่องวิเคราะห์จึงมีขนาดเล็กลงมากกว่ารุ่นที่ 2 (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 10 เครื่องตรวจวินิจฉัยอาการสั่นรุ่นที่ 1 แบบชั้นเดียว (pcb 1 layer)



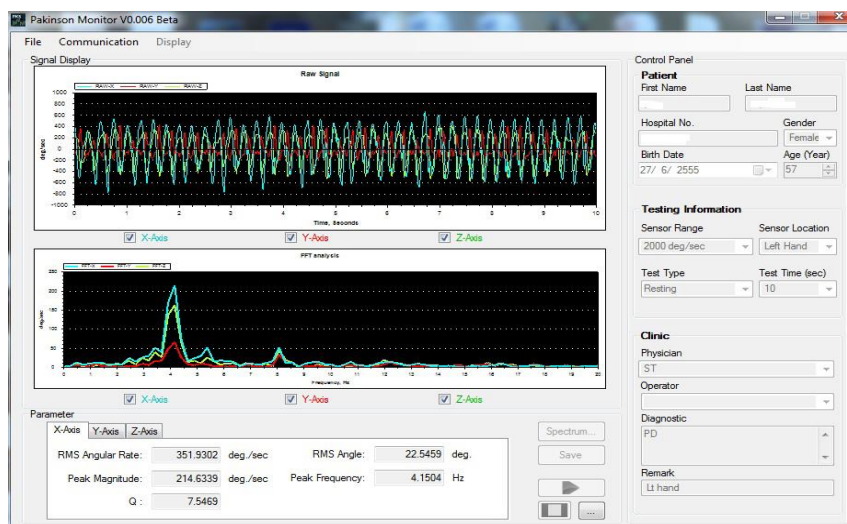
ภาพที่ 11 เครื่องตรวจวินิจฉัยอาการสั่นร่นที่ 2 แบบ 2 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer)



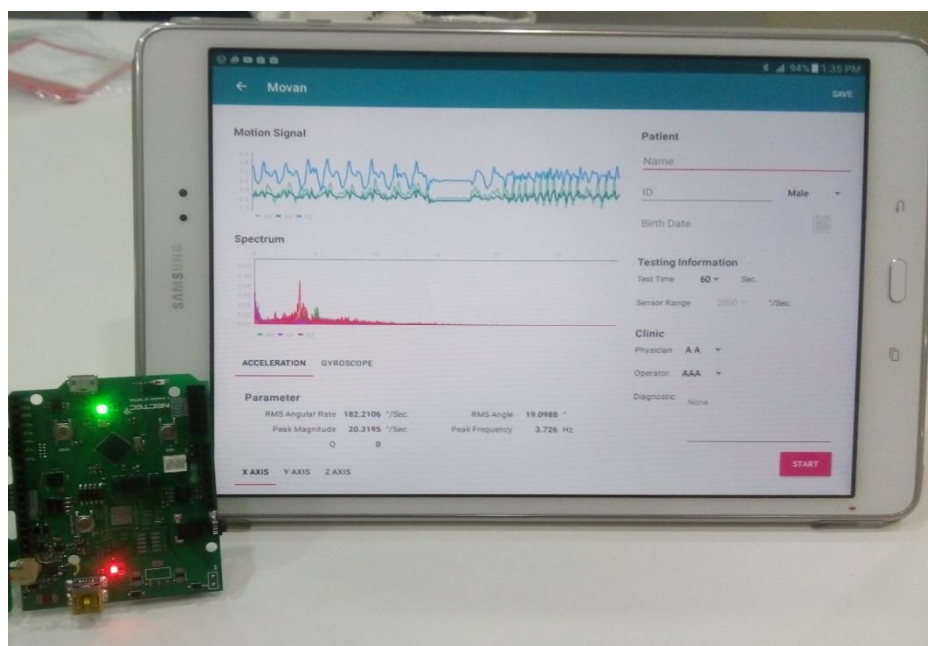
ภาพที่ 12 เครื่องตรวจวินิจฉัยอาการสั่นร่นที่ 3 แบบ 4 ชั้นซ้อนกัน (pcb 1 layer)

ด้านการพัฒนาส่วนของโปรแกรมแสดงซอฟต์แวร์วิเคราะห์อาการสั่น

1. มีการพัฒนาแสดงผลข้อมูลให้มีการส่งสัญญาณการวัดอาการสั่นผ่านระบบ bluetooth เพื่อทำการประมวลผลการวิเคราะห์การสั่นผ่านคอมพิวเตอร์ notebook , Computer PC (ภาพที่ 15) ซึ่งมีขนาดเล็กลงมาจากเดิม และพัฒนาแสดงผลโดยใช้กับโทรศัพท์ android ในระยะแรก



ภาพที่ 13 โปรแกรมวิเคราะห์ห้อการสั่น ใช้ในคอมพิวเตอร์ notebook ระบบ windows 7-10



ภาพที่ 14 การพัฒนาแสดงผลระบบ android ในระยะแรก

2. เครื่องวิเคราะห์ห้อการสั่น ทั้ง 3 รุ่น สามารถแสดงผลค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่า RMS angular rate, ค่า RMS angle, peak magnitude, peak frequency และค่า Q ได้ แต่รุ่น 3 มีการเพิ่มข้อมูลที่สามารถกำหนดเวลาในการทดสอบการวิเคราะห์แล้วแต่ผู้วิเคราะห์ข้อมูล โดยการบันทึกข้อมูลมีเวลาเป็นช่วงระบุ ช่วงที่ 10s, 30s, 60s และสามารถเพิ่มตามความต้องการของผู้ตรวจได้ และวัดสัญญาณการสั่นและการเคลื่อนไหวของร่างกายที่สามารถวัด 6 แกน ได้แก่ การเคลื่อนที่เชิงมุม 3 แกน และการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง 3 แกน

3. เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 2 และรุ่น 3 การประมวลผลสัญญาณ ชุดรับสัญญาณและชุดส่งสัญญาณรวมกัน แต่เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นรุ่น 3 มีการพัฒนาอุปกรณ์รับสัญญาณ ทำให้ข้อมูลวิเคราะห์ลดการคลาดเคลื่อนของข้อมูล

ด้านการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์

ในพัฒนาเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น ระยะที่ 1 และ 2 มีการเน้นการใช้งานได้จริงของเครื่องมือทางการแพทย์ เมื่อนำเครื่องมือไปทดสอบการใช้งานจริง มีการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานจริง เพื่อพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับปัจจุบันและเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น

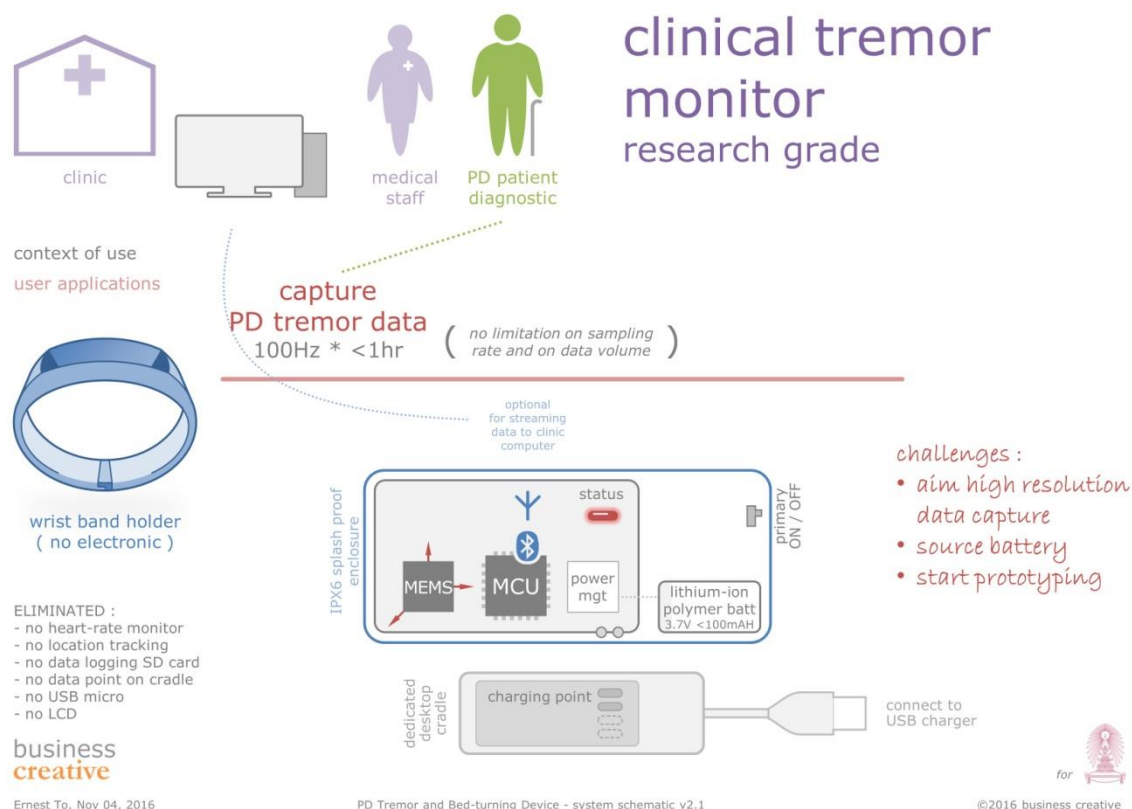
ทางทีมวิจัยได้รับความร่วมมือกับทางอาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัทเอกชน ร่วมในการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น มีการประชุมเพื่อเสนอความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ ประกอบด้วย

1. การคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยของตัวผลิตภัณฑ์ (Functions)
2. ความสวยงามตัวผลิตภัณฑ์ (Aesthetic)
- 3.ความเหมาะสมกับสรีระศาสตร์ (Ergonomics)
4. ความปลอดภัยในการใช้งาน (Safety)
5. ต้นทุนในการผลิตกับการจำหน่าย (Cost)
6. ความแข็งแรงทนทานในตัวผลิตภัณฑ์ (Durable)
7. การดูแลและการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์จากการใช้งาน (Maintenance)
8. วัสดุและการผลิต
9. การขนส่ง เมื่อผลิตออกจำหน่าย

ในกระบวนการออกแบบจึงมีการวางขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนด Concept ของเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น (ภาพที่ 17)

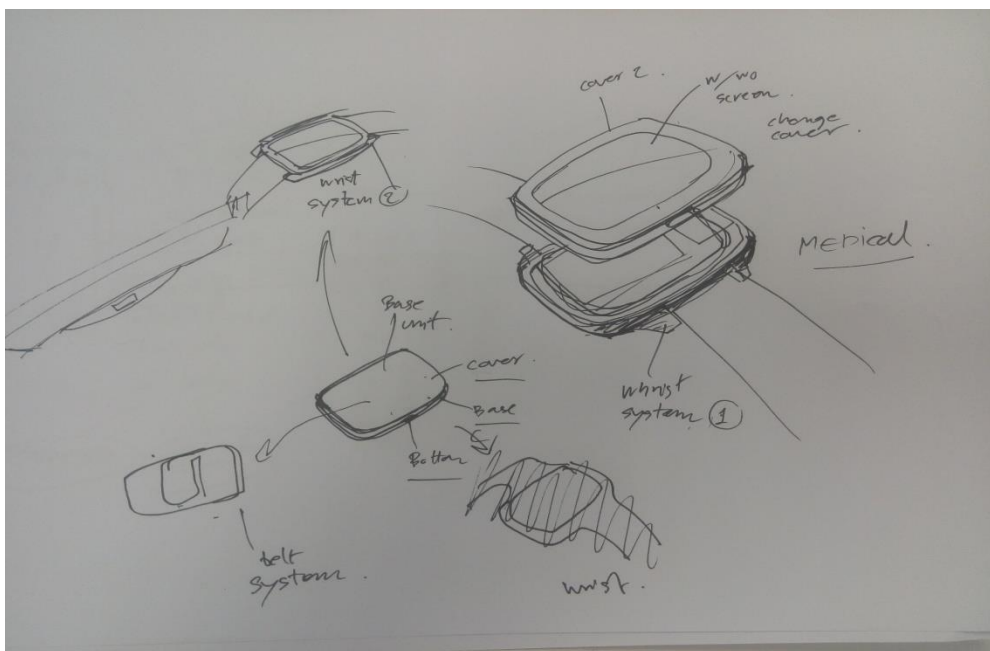
- การใช้งานเครื่องตรวจวิเคราะห์การสั่น สามารถใช้งานที่ตำแหน่ง เช่น แขน ขา ศรีษะ ปลายนิ้ว หน้า เป็นต้น ผู้ใช้งานเป็นเจ้าของที่ทางการแพทย์ทดสอบกับผู้ป่วย รูปร่างการใช้งานให้เหมาะสมกับเครื่องมือแพทย์ การทำงานของอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้งานอะไรบางอย่างของเครื่องมือ การเก็บข้อมูลเป็นรูปแบบไหน เครื่องมือต้องปลอดภัยสูง สุดท้ายวิเคราะห์การออกแบบในตลาดว่ามีทิศทางแบบไหนบ้าง (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 15 แผนภาพการกำหนด Concept ของเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความคิด IDEA เบื้องต้น

-เนื่องจากเครื่องมือวิเคราะห์การสั่นมีการใช้งานบริเวณมือเป็นหลักได้มีการวางแผนพัฒนาต่อยอดในรูปแบบสายรัดข้อมือ เพิ่ม function ให้สามารถวัดอัตราการเต้นของชีพจร และเครื่องสามารถ charge แบตเตอรี่ได้ โดยมีการร่างภาพเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่นและประชุมปรึกษากับทีมวิจัย แพทย์ วิศวกร และนักออกแบบ ควรปรับหรือเพิ่มเติมจุดใดอีกหรือไม่ (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 16 เขียนภาพ Sketch เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น

ขั้นตอนที่ 3 เลือกแบบเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น

ทีมผู้วิจัยได้เลือกแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และทำการวาดภาพ 3D การจัดวางแผงอิเล็กทรอนิกส์ ของเครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น โดยมีช่อง USB สำหรับ charge แบตเตอรี่ได้ ส่วนด้านบนเป็นแผ่นเรียบหรือกระจก ด้านล่างมีส่วนโค้งเพื่อสัมผัสกับผิวหนัง (ภาพที่ 19) รูปแบบการสวมใส่กับข้อมือสายสามารถสอดผ่านตัวเครื่องมือได้และมีตะขอเกี่ยวกับเครื่องมือ สามารถมองเห็นแผงวงจรเครื่องมือได้ (ภาพที่ 20) และมีการกำหนดลักษณะแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ต้องมีขนาดเท่าไรบาง เพื่อใช้ในการออกแบบขนาดดังนี้ (ภาพที่ 21)

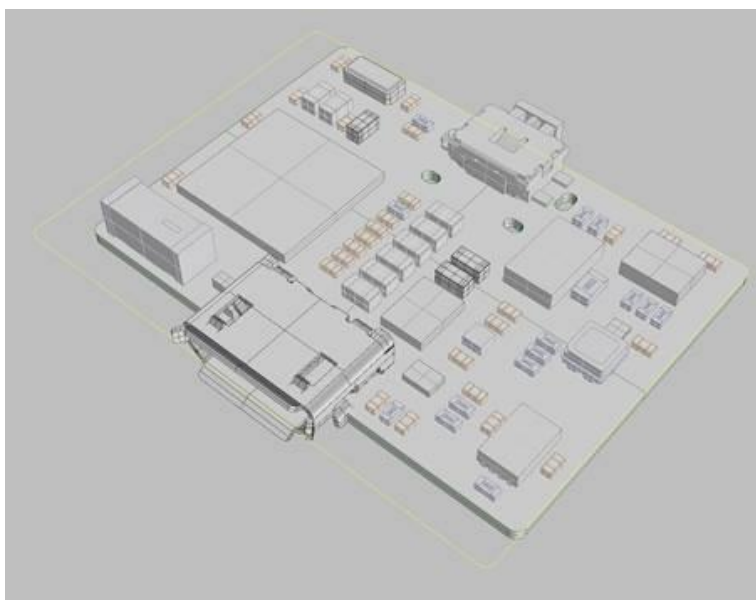
- 1) Battery size referable for 401420, max 50x15x22.
- 2) Micro USB
- 3) Micro USB 2mm
- 4) Internal headroom and chip antenna
- 5) 'Pillow' surface at the bottom of the housing
- 6) Two screw posts CHANGED PCB has 1mm
- 7) LED light shield made a 5x5 clear



ภาพที่ 17 การออกแบบผลิตภัณฑ์ 3D เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น



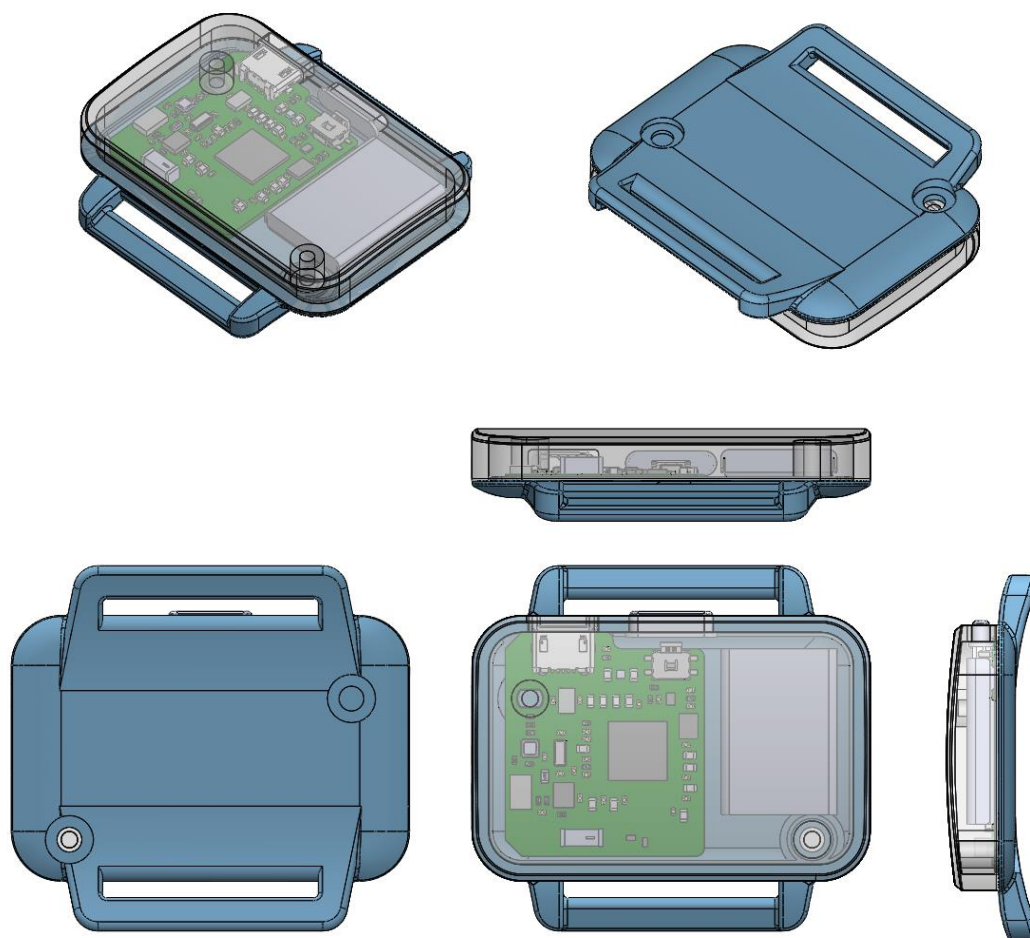
ภาพที่ 18 ลักษณะ 3D เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น มีสายรัดข้อมือและสามารถ lock ได้



ภาพที่ 19 ภาพ 3D ขนาดและลักษณะแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนที่ 4 Design Finalization

การออกแบบเครื่องตรวจวิเคราะห์อากาศสั่งงาน ดังภาพ 3D ลักษณะด้านบนเป็นกระจก หรือ พลาสติกใส ขอบด้านเป็นลักษณะมน ไม่แหลม สามารถถอดสายนาฬิกาได้ ด้านล่างมีลักษณะมน โค้งตามสรีระร่างกาย เพื่อให้แนบชิดกับผิว มีรูเสียบสายวัดชีพจรได้ ดังภาพ 3D (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 20 Design Finalization เครื่องตรวจวิเคราะห์อากาศสั่ง

รายงานและเอกสารการจัดประชุมสัมมนา เกี่ยวกับโรคพาร์กินสันและเครื่องมือวิเคราะห์การสั่น

เนื่องจากศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์โรคพาร์กินสัน ได้จัดการประชุมเกี่ยวกับโรคพาร์กินสัน อาการสั่นในโรคพาร์กินสัน โรคอื่นๆ และการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น โดยมีการจัดงานประชุมใหญ่ๆ ในรอบปี 2559-2560 มี 3 งานประชุมใหญ่ ทั้งแพทย์ พยาบาล ดังนี้

1. งานประชุมวิชาการ 2nd CHULA Intensive Movement Disorders Camp เมื่อวันที่ 30 กันยายน ถึง วันที่ 2 ตุลาคม 2559 โรงแรมคลาสสิก คามิโอ อยูธยา จำนวน 3 วัน 2 คืน มีอาจารย์แพทย์ แพทย์ประจำบ้าน และแพทย์ประจำบ้านต่อยอดสาขาประสาทวิทยาจากสถาบันต่างๆ เข้าร่วมประชุมจำนวน 115 คน มีการบรรยายเกี่ยวกับกลุ่มโรคความเคลื่อนไหวผิดปกติ โรคพาร์กินสัน อาการสั่น และการประยุกต์การใช้งาน เครื่องมือวิเคราะห์การสั่นกับผู้ป่วยในทางคลินิกได้อย่างไร



ภาพที่ 21 งานประชุมวิชาการ 2nd CHULA Intensive Movement Disorders Camp



ภาพที่ 22 ภาพรวมอาจารย์แพทย์ แพทย์ประจำบ้าน แพทย์ประจำบ้านต่อยอดสาขาประสาทวิทยา
งานประชุมวิชาการ 2nd CHULA Intensive Movement Disorders Camp





ภาพที่ 23 โซนการจัดโชว์ผลงานนวัตกรรมเครื่องวัดอาการสั่น

2.งานประชุมวิชาการ เรื่อง Applied Investigations in Movement Disorders for General Neurologists ในวันที่ 21 มีนาคม 2560 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ มีแพทย์ประจำบ้านและแพทย์ประจำบ้านต่อยอดสาขาประสาทวิทยาจากสถาบันต่างๆ เข้าร่วมงานจำนวน 62 คน มีการบรรยายเกี่ยวกับโรคพาร์กินสันและการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางการแพทย์เกี่ยวกับโรคพาร์กินสัน เครื่องวิเคราะห์การสั่น ไมเท้าเลเซอร์ เครื่องถ่วงมือลดสั่น เป็นต้น ดังภาพ





ภาพที่ 24 ศ.นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ นำเสนอผลงานนวัตกรรมเครื่องวัดอาการสั่นแก่แพทย์ประจำบ้าน
สาขาประสาทวิทยา



ภาพที่ 25 การบรรยายในงานประชุมวิชาการเรื่อง Applied Investigations in Movement Disorders
for General Neurologists



ภาพที่ 26 ภาพรวมอาจารย์แพทย์ประสาทวิทยาและแพทย์ประจำบ้าน งานประชุมวิชาการเรื่อง
Applied Investigations in Movement Disorders for General Neurologists

3. งานประชุมวิชาการ การพยาบาลผู้ป่วยพาร์กินสันครั้งแรกในประเทศไทย ประจำปี 2559 ณ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย มีแพทย์ พยาบาล และนักกายภาพบำบัด เข้าร่วมงาน 166 คน มีการบรรยายเกี่ยวกับโรคพาร์กินสัน อาการเคลื่อนไหวผิดปกติ อาการสั่น และการประยุกต์ใช้งานเครื่องมือทางการแพทย์ในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน การใช้เครื่องวิเคราะห์การสั่น การใช้ไม้เท้าเลเซอร์ การใช้ยาทางหน้าท้อง การนวด และการพยาบาลต่างๆกับผู้ป่วยพาร์กินสัน ดังภาพ



“ ประมวลภาพประชุมวิชาการ
การพยาบาลผู้ป่วยพาร์กินสัน ”







ภาพที่ 27 ภาพรวมงานประชุมวิชาการ การพยาบาลผู้ป่วยพาร์กินสันครั้งแรกในประเทศไทย

การดำเนินงานในช่วงต่อไป

1. มีเครื่องตรวจวิเคราะห์การสั่นต้นแบบ ตามแบบผู้วิจัยได้ออกแบบพร้อมใช้งาน
2. ทดสอบการใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์อาการสั่น กับผู้ป่วยในกลุ่มสุขภาพดี จำนวน 100 คน
3. ดำเนินการคัดเลือกโรงพยาบาลที่เหมาะสมในการใช้เครื่องมือ เป็นโรงพยาบาลทั่วประเทศ ที่มีแพทย์ประสาทวิทยา แพทย์อายุรกรรมทั่วไป แพทย์ประจำบ้านประสาทวิทยา ในเบื้องต้นจำนวน 10 โรงพยาบาล
4. ดำเนินการจัดทำคู่มือและอบรมการใช้เครื่องวิเคราะห์อาการสั่นแก่โรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการ เพื่อให้แพทย์ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขากการเคลื่อนไหวผิดปกติหรือสาขาประสาทวิทยาสามารถนำเครื่องมือไปใช้ในการตรวจอาการสั่นของผู้ป่วยเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้อง

อุปสรรคในการดำเนินงาน และแนวทางแก้ไข

อุปสรรคในการดำเนินงาน	แนวทางแก้ไข
1.การออกแบบเครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่นให้มีขนาดเล็ก และสามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้ ก่อนข้างมีความละเอียด และซับซ้อน อาจเกิดความล่าช้าในการผลิตเครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น	มีการจัดประชุม อภิปรายความก้าวหน้าของการผลิตในส่วน hardware และ software ประจำทุกเดือน พร้อมทั้งร่วมหาทางแนวทางแก้ไขปัญหาที่พบระหว่างดำเนินการผลิตเครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น
2.แพทย์ที่ไม่ได้เชี่ยวชาญ อาการทางระบบประสาท อาจไม่มีความเข้าใจในการวัดการสั่น การใช้อุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น	จัดทำคู่มือและอบรมการใช้เครื่องมือวิเคราะห์อาการสั่น แก่แพทย์ประสาทวิทยา แพทย์อายุรกรรมทั่วไป แพทย์ประจำบ้านประสาทวิทยาในโรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการ

สรุปผลการดำเนินงาน (Conclusion)

คณะผู้วิจัยได้อยู่ระหว่างดำเนินการศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องมือช่วยวินิจฉัย คัดกรองและการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ระยะที่ 1 ได้มีการพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์เครื่องมือ และโปรแกรมวัดสัญญาณการสั่น ทั้งส่วนของออกแบบ Hardware การพัฒนา Software และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้รูปแบบลักษณะของเครื่องวัดอาการสั่นที่ทันสมัย sensor board มีขนาดเล็กลง ออกแบบให้เป็นในรูปแบบนาฬิกาข้อมือ และต่อยอดให้สามารถวัดอัตราการเต้นของชีพจร ตั้งเวลาในการวัดได้ได้ ส่วนการส่งสัญญาณสามารถผ่านระบบ bluetooth เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ทั้งใน Computer PC, notebook และมือถือระบบปฏิบัติการ Android ได้ และพัฒนาการ software ในการส่งสัญญาณให้มีความเสถียรมากขึ้น และลดความคลาดเคลื่อนของการส่งสัญญาณ เพื่อให้การนำไปใช้ประเมินและคัดกรองอาการสั่นในผู้ป่วยพาร์กินสันมีความแม่นยำ ทั้งยังนำองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาวิจัยเผยแพร่ให้แก่แพทย์ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาการเคลื่อนไหวผิดปกติหรือแพทย์สาขาประสาทวิทยาสามารถนำเครื่องมือไปใช้ในการตรวจอาการสั่นของผู้ป่วยเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้อง ซึ่งจะได้มีการจัดอบรมแก่แพทย์ พยาบาล หรือสหสาขาวิชาชีพ เกี่ยวข้องกับการตรวจประเมิน วินิจฉัย คัดกรอง และการติดตามการรักษาผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ให้สามารถใช้เครื่องมือดังกล่าวได้อย่างถูกต้องต่อไป