การดูแลสุขภาพเชิงรุกด้วยระบบวัดคลื่นสมองอัจฉริยะ

Preventive Healthcare by Intelligent EEG system

วรพงษ์ ณรงค์วงวัฒนา

Worapong Narongwongwathana

พลเชษฐ์ ทนันชนะ

Polachet Tananchana

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดูแลสุขภาพเชิงรุกด้วยระบบวัดคลื่นสมองอัจฉริยะ

Preventive Healthcare by Intelligent EEG system

โดย

วรพงษ์ ณรงค์วงวัฒนา

พลเชษฐ์ ทนันชนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

สขหมู.....
เลขทะเบียน 144349
วัน.เดือน.ปี 24 พ.ย. 2559

.b 12820088
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การดูแลสุขภาพเชิงรุกด้วยระบบวัดคลื่นสมองอัจฉริยะ

PREVENTIVE HEALTHCARE BY INTELLIGENT EEG SYSTEM

ผู้จัดทำ นายพลเชษฐ์ ทนันชนะ รหัสประจำตัว 55010830

นายวรพงษ์ ณรงค์วงวัฒนา รหัสประจำตัว 55011075

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ. ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน การดูแลสุขภาพเชิงรุกด้วยระบบวัดคลื่นสมองอัจฉริยะ
นักศึกษา นาย พลเชษฐ์ ทนันชนะ รหัสประจำตัว 55010830
นาย วรพงษ์ ณรงค์วงวัฒนา รหัสประจำตัว 55011075

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์
ปีการศึกษา 2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

บทคัดย่อ

ปัญหาโรคเครียดและออฟฟิซซินโดรมเป็นปัญหาขั้นรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อคนจำนวนมากทั่วโลก เนื่องจากโรคเครียดและโรคออฟฟิซซินโดรมนั้นเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจ เช่น อาการปวดศีรษะ ปวดหลัง ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรควิตกังวล โรคจิต หรือโรคซึมเศร้า เป็นต้น ซึ่งโรคเหล่านี้ส่งผลให้คุณภาพชีวิตตกต่ำลง รวมถึงคุณภาพในการทำงานที่ลดน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ในทุกๆปีภาครัฐและเอกชนต้องสูญเสียเงินมหาศาลเพื่อใช้ในการฟื้นฟูผู้ได้รับผลกระทบจากโรคทั้งสอง จากการศึกษาพบว่าจำนวนผู้ได้รับผลกระทบนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆปี แต่กลับถูกเมินเฉยหรือไม่ได้รับการใส่ใจในการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาเหล่านี้เท่าที่ควร จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการป้องกันสุขภาพเพื่อแก้ปัญหาในเชิงรุก ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุและส่งเสริมให้ผู้คนมีแนวโน้มหันมาสนใจปัญหาด้านนี้มากขึ้น โดยได้นำเทคโนยีการวัดคลื่นสมองที่สามารถสวมใส่และพกพาสะดวก รวมถึงการสร้างนาฬิกาที่สามารถวิเคราะห์กิจกรรมต่างๆเพื่อบ่งบอกถึงความเสี่ยงในการเกิดโรคออฟฟิซซินโดรมอีกด้วย โดยจุดประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์นี้คือการสร้างอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับความเครียดและโรคออฟฟิซซินโดรมเพื่อลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างๆขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Preventive Healthcare by Intelligent EEG system
Student	Mr.Polachet Tananchana Student ID 55010830
	Mr.Worapong Narongwongwathana Student ID 55011075
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Chuchart Pintavirooj

ABSTRACT

Stress and office syndrome are serious problems that affect a large number of people and tend to develop health problems that can interfere with work and quality of life. In fact, the Institute reports that up to 90 percent clinical studies have shown that stress and office syndrome are major cause of cardiovascular disease, depression, suicide and substance abuse. The treatment's cost is more than ten million Baht each year in health care expenses. According to these problems we designed to use wearable technology which can be tracked and managed to helping them reduce their problems. Low-cost single dry-sensor EEG Neurosky headset and intelligent watch made with Arduino was used in this project. The EEG signal are analyzed to indicate stress level and the Office syndrome can be detected by intelligent watch. The goals of this research is to detect stress and Office syndrome and reduce chance to be the diseases.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และคำปรึกษาจากบุคคลหลายท่าน ตลอดทั้งให้ความรู้ในการทำโครงงานแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณหลักสูตรวิศวกรรมชีวการแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่สนับสนุนเครื่องมือ สถานที่และงบประมาณในการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบเครื่องในวิทยานิพนธ์นี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความสนับสนุน แนะแนวทาง ให้ความกรุณาตรวจผลงานและแก้ไขข้อบกพร่องในเอกสารและชิ้นงานให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆอย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ถ่ายทอดวิชา ความรู้ต่างๆแก่คณะผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่เลี้ยงดู อบรมสั่งสอนและให้การศึกษาอย่างดี ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ และยังให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน รวมถึงเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำในการทำสิ่งต่งๆให้ประสบความสำเร็จ

วรพงษ์ ณรงค์วงวัฒนา
พลเชษฐ์ ทนันชนะ
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญรูป.....IX
สารบัญตาราง.....XII
บทที่ 1 1
บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 1
1.4 ขอบเขตการวิจัย..... 1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 3
หลักการและทฤษฎี 3
2.1 สัญญาณคลื่นสมอง (Brain Signal) 3
2.1.1 การเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง.....3
2.2 Electroencephalogram (EEG).....3
2.2.1 คลื่นเดลต้า (Delta) 4
2.2.2 คลื่นเธต้า (Theta) 4
2.2.3 คลื่นแอลฟา (Alpha)..... 4
2.2.4 คลื่นเบต้า (Beta)..... 5
2.2.5 คลื่นเอสเอ็มอาร์ (Sensorimotor,SMR) 5
2.2.6 คลื่นแกมม่า (Gamma)..... 6
2.3 การวัด บันทึกและจัดเก็บสัญญาณคลื่นสมองอีอีจี (EEG)..... 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.1 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดเพื่อวัดสัญญาณไฟฟ้าสมอง 8
2.3.2 มาตรฐานในการกำหนดตำแหน่งการวัดสัญญาณ 8
2.4 การสื่อสารระหว่างสมองมนุษย์และคอมพิวเตอร์ 9
2.5 Neurosky MindWave™ EEG Headset 9
2.5.1 ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณสมอง Neurosky's MindWave Headset 10
2.5.2 ThinkGear Packets 13
2.5.3 ThinkGearStreamParser C API 22
2.5.4 ThinkGear Command Bytes 26
2.6 โรคเครียด (Stress Disease) 29
2.6.1 ความหมายของความเครียด 29
2.6.2 อาการเมื่อเข้าสู่ภาวะเครียด 29
2.6.3 สาเหตุของความเครียด 30
2.6.5 แนวทางการฟื้นตัวจากสภาวะเครียด 31
2.7 ออฟฟิศซินโดรม (Office syndrome) 34
2.7.1 นิ่วในถุง น้ำดี 34
2.7.2 กระเพาะ ปัสสาวะอักเสบ 34
2.7.3 โรคเครียด นอนไม่หลับ 34
2.7.4 ความดัน โลหิตสูง 35
2.7.5 โรคอ้วน 35
2.7.6 กรดไหลย้อน 35
2.7.7 ปวดหลังเรื้อรัง 35
2.7.8 ไมเกรน ปวดศีรษะเรื้อรัง 35
2.7.9 มือชา เอ็น อักเสบ นิ้วล็อก 35
2.7.10 ต้อหิน ตาพร่ามัว 36
2.7.11 วิธีการป้องกัน 36
2.7.12 ท่าบริหาร บำบัดโรคออฟฟิศซินโดรม (Office syndrome) 36

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8 ภาวะขาดน้ำ (Dehydration) 37
2.8.1 สาเหตุของภาวะขาดน้ำ 37
2.8.2 อาการของภาวะขาดน้ำ 37
2.8.3 ภาวะขาดน้ำรุนแรง 38
2.8.4 การรักษาภาวะขาด 38
2.8.5 การป้องกัน 38
2.9 ระบบฝังตัว หรือ สมองกลฝังตัว (Embedded System) 39
2.9.1 องค์ประกอบพื้นฐานของของระบบสมองกลฝังตัว 39
2.9.2 ทรัพยากรระบบและการออกแบบระบบสมองกลฝังตัว 40
2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 40
2.10.1 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ 40
2.10.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ 41
2.10.3 การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 41
2.10.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 41
2.11 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) 44
2.11.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส(Synchronous) 44
2.11.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) 45
2.11.3 ความเร็วในการสื่อสาร 45
2.11.4 ทิศทางของการสื่อสารข้อมูล 45
2.11.5 ลักษณะการเชื่อมต่อของการสื่อสารแบบอนุกรม 45
2.11.6 การสื่อสารอนุกรมแบบ I^2C (Inter Integrate Circuit Bus) 46
2.12 การสื่อสารไร้สายแบบ Bluetooth 48
2.12.1 หลักการทำงานของ Bluetooth 49
2.12.2 ความถี่คลื่นวิทยุ 49
2.12.3 ระยะเชื่อมต่อของบลูทูธ 49
2.12.4 ส่วนประกอบของชุดข้อมูล 49

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.12.5 อัตราเร็วในการแลกเปลี่ยนข้อมูล 50
2.12.6 หลักการทำงานของบลูทูธ 50
2.12.7 รูปแบบการสื่อสาร (Application protocol) 50
2.13 จอแสดงผล OLED (Organic Light Emitting Diodes) 51
2.13.1 ส่วนประกอบจอแสดงผลแบบ OLED 51
2.13.2 หลักการทำงานจอแสดงแบบ OLED 52
2.14 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor) 52
2.14.1 การคำนวณเพื่อหาค่ามุม PITCH และมุม Roll จากเซนเซอร์ 53
บทที่ 3 55
วิธีดำเนินการวิจัย 55
3.1 ออฟฟิศซินโดรม 55
3.1.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง 55
3.1.2 เครื่องมือและวิธีการทดลอง 55
3.2 การวัดระดับความเครียด 58
3.2.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง 58
3.2.2 เครื่องมือและวิธีการทดลอง 58
3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือ 62
3.3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ 62
3.3.2 ส่วนของซอฟแวร์ 66
บทที่ 4 68
ผลการทดลอง 68
4.1 ผลการทดลองของออฟฟิศซินโดรม 68
4.1.1 ผลการทดลองวัดมุมของข้อมือ 68
4.1.2 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา 71
4.2 ผลการทดลองการวัดระดับความเครียด 71
4.2.1 ผลการทดลองวัดคลื่นสมอง 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.2 ผลการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจ 73
4.2.3 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา 75
บทที่ 5 78
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 78
5.1 สรุปผลการวิจัย 78
5.1.1 ผลการทดลองของออฟฟิศซินโดรม 78
5.1.2 ผลการทดลองการวัดระดับความเครียด 78
5.2 ข้อเสนอแนะ 79
เอกสารอ้างอิง 80
ภาคผนวก 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 สัญญาคลื่นเดลต้า....4
2.2 สัญญาคลื่นเธต้า....4
2.3 สัญญาคลื่นแอลฟา....5
2.4 สัญญาคลื่นเบต้า....5
2.5 สัญญาคลื่นเอสเอ็มอาร์....5
2.6 สัญญาคลื่นแกมม่า....6
2.7 สเปกตรัม(Spectrum) ของสัญญาณ EEG ในแต่ละช่วงความถี่....7
2.8 ขั้นตอนจัดเก็บสัญญาณอีอีจี....7
2.9 การติดขั้ววัด ณ บริเวณต่างๆของศีรษะ....8
2.10 MindWave Mobile Headset....9
2.11 Arduino Uno....42
2.12 Arduino Micro....43
2.13 Arduino Yún....43
2.14 Arduino program....44
2.15 แสดงการส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม....44
2.16 แสดงสายส่ง (bus) 8 บิท ซึ่งถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา....45
2.17 แสดงข้อมูล 1 ไบต์ ในการส่งแบบ Asynchronous....45
2.18 แสดงการเชื่อมต่อกันแบบ อนุกรม....46
2.19 แสดงลักษณะการการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I^2C BUS....47
2.20 แสดงการการเขียนหรืออ่านข้อมูลแบบ I^2C BUS....47
2.21 แสดงเงื่อนไขการเริ่มและหยุดของ I^2C BUS....48
2.22 แสดงถึงรหัสควบคุมของ I^2C BUS....48
2.23 แสดงการรับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS....49
2.24 แสดงองค์ประกอบของจอแสดงผลแบบ OLED....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.25 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเซนเซอร์วัดความเร่ง 53

2.26 แสดง มุม pitch และ มุม roll 54

3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บการวางของข้อมือ 56

3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการกระพริบของดวงตา 56

3.3 แสดงการทดลอง 57

3.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 58

3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ 59

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคลื่นสมองและอัตราการกระพริบ 59

3.7 รูปแบบวีดีโอที่ใช้ในการทดลอง 60

3.8 ลักษณะของห้องที่ใช้ในการทดลอง 61

3.9 รูปแบบข้อมูลที่ได้จากการทดลองภาวะเครียด 62

3.10 หมวกวัด EEG 63

3.11 หน้าต่างโปรแกรม Eagle7.5.0 64

3.12 Schematicsของนาฬิกาวัดสัญญาณ 64

3.13 ลายวงจรของนาฬิกาวัดสัญญาณ 65

3.14 วงจรภายในนาฬิกา 65

3.15 นาฬิกาที่พร้อมใช้งาน 66

3.16 โครงสร้างการตรวจวัด ออฟฟิศซินโดรม 67

3.17 โครงสร้างการตรวจวัด ออฟฟิศซินโดรม 67

4.1 ผลที่ได้จากการทดลองวัดมุมของข้อมือ 68

4.2 ผลที่ได้จากการวัดมุมของข้อมือ 69

4.3 ผลที่ได้จากการวัดมุมของข้อมือเฉลี่ย เปรียบเทียบระหว่างนั่งทำงาน และ เดิน 70

4.4 แสดงค่า Attention (สีแดง) เปรียบเทียบกับค่า Meditation (สีน้ำเงิน) ในแต่ละนาที 72

4.5 แสดงถึงผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย Attention และ Meditation ของผู้เข้าร่วมทดลอง 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นหัวใจ 73
4.7 อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยของ subject แต่ละคน 74
4.8 ผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจของ subject แต่ละคน 75
4.9 แสดงอัตราการกระพริบตาเฉลี่ยในแต่ละนาที 77
4.10 แสดงอัตราการกระพริบตาเฉลี่ย ขณะดูคลิปทั้งสามชนิด 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ชนิดของสัญญาณคลื่นสมองที่แบ่งตามความถี่ 6

2.2 ความหมายของรหัส 16

2.3 ความหมายของรหัส(2) 17

3.1 ตารางแสดงวัสดุอุปกรณ์ของนาฬิกาวัดสัญญาณ 63

4.1 อัตราการกระพริบตา ขณะทำกิจกรรมต่างๆ 71

4.2 แสดงค่าAttention และ Meditation เฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 71

4.3 อัตราการกระพริบตาเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด ขณะรับชมคลิปวีดีโอ 76

4.4 อัตราการกระพริบตาเฉลี่ยในขณะรับชมคลิปวีดีโอทั้งสามแบบของผู้เข้าร่วมการทดลอง 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มปัจจุบันนั้น ประเทศไทยเข้าสู่ยุคสมัยของผู้สูงอายุ ซึ่งสิ่งที่ตามมาคือมีผู้ป่วยที่ควรได้รับการดูแลมากขึ้น. ทำให้บุคคลในวัยผู้ใหญ่ปัจจุบัน ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพของตนเองมากขึ้น ดังนั้นผู้ทำวิจัย จึงเห็นว่า ทางรักษาที่ดีที่สุด ก็คือการป้องกันโรคก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง. และเนื่องจากปัจจุบัน ผู้ใช้มีความนิยมในการใช้อุปกรณ์ที่สามารถพกพาติดตัวได้. จึงเกิดความคิดในการพัฒนาอุปกรณ์ที่เพิ่มความสะดวกในการใช้ชีวิต และ แจ้งเตือนถึงพฤติกรรมที่อาจก่อให้เกิดโรค ที่สามารถติดตัวไว้ได้ตลอดเวลา.

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. มีความรู้ความความเข้าใจในสัญญาณไฟฟ้าพื้นฐานของสมอง(EEG).
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างจากทฤษฎีที่เรียนรู้กับผลการทดลองที่ได้จริง.
3. ศึกษาพยาธิสภาพต่างๆ ที่บ่งบอกถึงการเป็นโรคบางประเภท.
4. สามารถนำผลที่ได้จากการเรียน และ ทดลองมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. สัญญาณไฟฟ้าพื้นฐานของสมอง(EEG) มีความคล้ายคลึงกันระหว่างทฤษฎี และ ผลที่ได้จากทดลองจริง และ สามารถเห็นความแตกต่างของคลื่นสมองในภาวะอารมณ์ที่แตกต่างกันได้.
2. สามารถจำแนกความแตกต่างทางกายภาพ ที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงของโรคต่างๆได้.
3. อุปกรณ์ที่สร้างสามารถทำนายความเสี่ยงของโรคที่สนใจได้แม่นยำมากกว่า 70 %

1.4 ขอบเขตการวิจัย

สามารถสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผล ค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ดังนี้ สัญญาณไฟฟ้าสมอง(EEG) องศาของข้อมือ ตลอดจนสามารถนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาความเสี่ยงในการเกิด โรคจากการทำงาน(Office Syndromes) ภาวะความเครียด โดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าสมอง และ เซนเซอร์วัดมุมแบบ 3 แกน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจด้านสัญญาณไฟฟ้าของสมองมากขึ้น.
2. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการวิเคราะห์ วิจัยการทดลองมากขึ้น.
3. สามารถนำหลักการจากอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันสำหรับบุคคลทั่วไป และ ผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงได้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 สัญญาณคลื่นสมอง (Brain Signal)

โดยปกติแล้วในการประกอบกิจกรรมใดๆของมนุษย์จะเกิดจากการสั่งการจากสมอง ผ่านทางเซลล์ประสาท โดยทำการส่งสัญญาณไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นอวัยวะอื่นๆให้เคลื่อนไหวอย่างต้องการ คลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain wave) หรือ คลื่นสมอง จะมีลักษณะเคลื่อนไหวขึ้นและลง เหมือนคลื่นทั่วไป โดยใช้หน่วยการวัดเป็นรอบต่อนาที เมื่ออยู่ในภาวะปกติ คลื่นไฟฟ้าสมองก็เป็นปกติ แต่เมื่อเกิดความผิดปกติของสมอง เช่น ภาวะชัก ภาวะสับสน ความผิดปกตินั้นก็สามารถตรวจได้จากการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง สัญญาณคลื่นสมองดังกล่าวสามารถตรวจวัดได้โดยใช้ที่เรียกว่า Electroencephalogram (EEG)

2.1.1 การเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง

คลื่นไฟฟ้าสมองเกิดจากผลรวมของกระแสไฟฟ้าของกลุ่มเซลล์ในสมอง ที่เรียกว่า นิวรอน (Neuron) ซึ่งมีจำนวนมากมายเป็นพันล้านเซลล์ที่สามารถส่งสัญญาณถึงกันได้ โดยการแลกเปลี่ยนไอออนผ่านเยื่อเซลล์ ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้น ณ จุดหนึ่งของเซลล์ มีการเหนี่ยวนำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนต่อไปทั่วทั้งเซลล์และเมื่อเซลล์ประสาทผ่านไปถึงปลายทาง จะทำการกระตุ้นเซลล์ถัดไปโดยหลั่งสารเคมีที่เรียกว่า สารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ส่งผลให้เกิดการนำกระแสประสาทต่อไปเป็นทอดๆ จนถึงหน่วยประมวลผล ได้แก่สมอง ไขสันหลัง หรือส่งไปยังหน่วยตอบสนองเช่น สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า

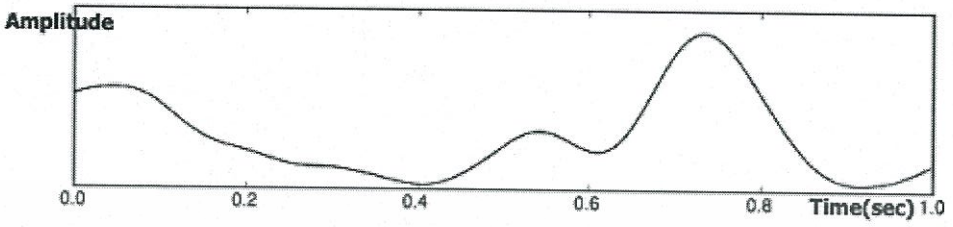
2.2 Electroencephalogram (EEG)

อีอีจี คือสัญญาณไฟฟ้าที่วัดจากบริเวณหนังศีรษะหรือผิวสมองภายในกะโหลก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการทำงานของเซลล์ประสาทหรือสมองในบริเวณที่ทำการตรวจวัด โดยสัญญาณที่ได้จะมีช่วงความถี่ประมาณ 5-10 เฮิรตซ์ (Hertz) และมีขนาดแรงดัน(Voltage) ในระดับมิลลิโวลต์ (Millivolt) อีกทั้งยังเป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมีหลายองค์ประกอบปะปนอยู่ ส่งผลให้การบันทึกและการวิเคราะห์สัญญาณอีอีจีเป็นสิ่งที่ยาก และมีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัย ในการศึกษาสัญญาณอีอีจี นักประสาทวิทยานิยมศึกษาในแง่ของย่านความถี่ที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของร่างกายมนุษย์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คลื่นเดลต้า (Delta)

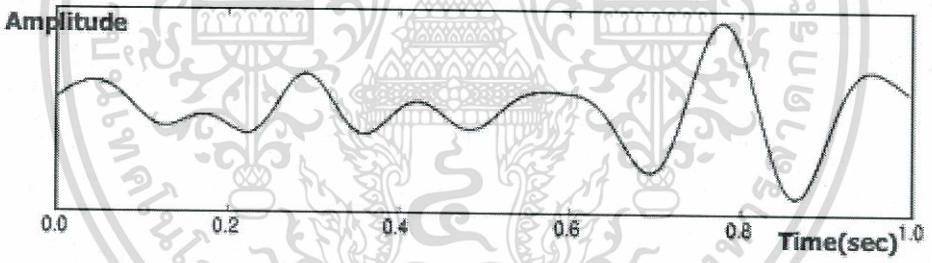
ความถี่ประมาณ 4 เฮิรตซ์ ใช้ศึกษาการทำงานของสมองขณะหลับลึกและอาการบกพร่องทางสมอง



รูปที่ 2.1 สัญญาคลื่นเดลต้า

2.2.2 คลื่นเธต้า (Theta)

ความถี่ประมาณ 4-8 เฮิรตซ์ สัมพันธ์กับการทำงานของสมองเมื่อร่างกายกำลังหลับ ไม่ลึก หรือขณะสะลึมสะลือ

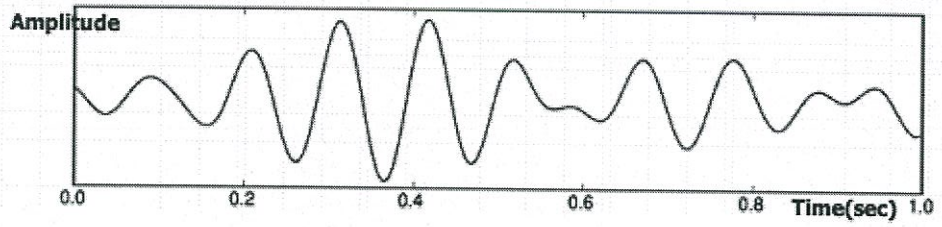


รูปที่ 2.2 สัญญาคลื่นเธต้า

2.2.3 คลื่นแอลฟา (Alpha)

ความถี่ประมาณ 8-12 เฮิรตซ์ ตรวจวัดได้ง่ายเมื่อ หลับตา และทำจิตใจให้ผ่อนคลาย สัญญาณที่มีความถี่ย่านที่คล้ายกันนี้อีกประเภทหนึ่งได้แก่ มิวริทึม (Mu, μ-rhythm) ซึ่งเป็นสัญญาณที่เกี่ยวกับการสั่งการเคลื่อนไหวของมือและแขนจากสมองส่วนที่เรียกว่า มอเตอร์ คอร์เทก (motor cortex) ที่จะมีแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อสมองคิดอยากจะเคลื่อนไหวอวัยวะ และลดลงเมื่อเกิดเคลื่อนไหวไปแล้ว

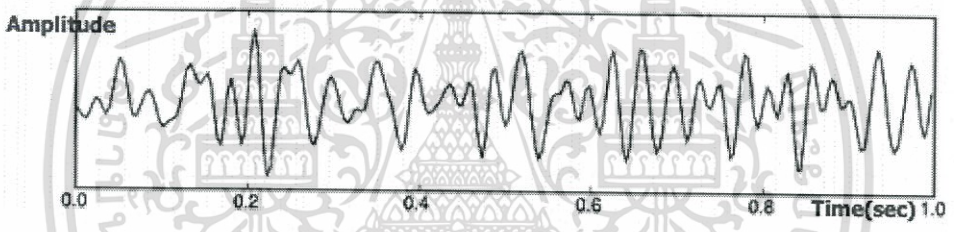
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สัญญาคลื่นแอลฟา

2.2.4 คลื่นเบต้า (Beta)

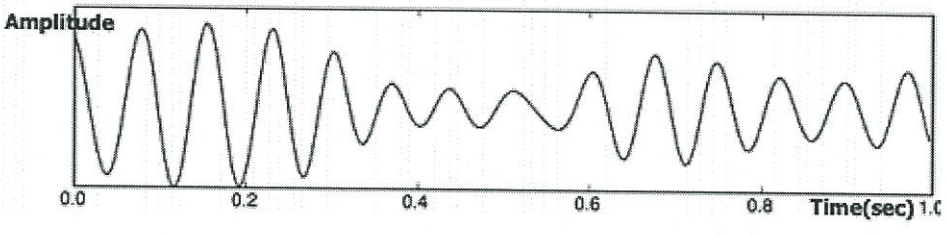
ความถี่ย่านที่สูงกว่า 12 เฮิรตซ์ขึ้นไป สัมพันธ์กับกิจกรรมที่เกิดในขณะที่รู้สึกตัวและปัจจัยหลายอย่างเช่น การวิตกกังวล การรับสารเคมี สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 2.4 สัญญาคลื่นเบต้า

2.2.5 คลื่นเอสเอ็มอาร์ (Sensorimotor,SMR)

ความถี่ประมาณ 12-16 เฮิรตซ์ เกี่ยวกับการรู้สึกตัว การมีสติ การรับรู้ของร่างกายในขณะนั้น

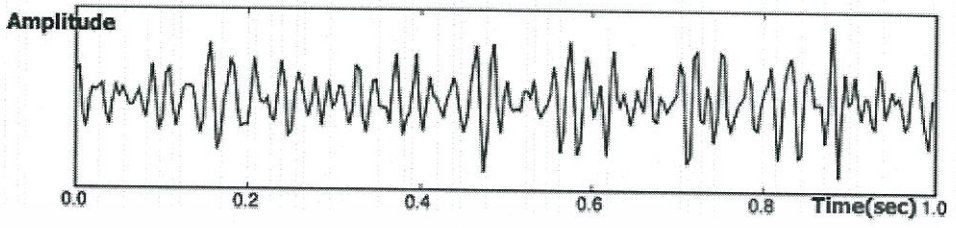


รูปที่ 2.5 สัญญาคลื่นเอสเอ็มอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 คลื่นแกมม่า (Gamma)

ความถี่ประมาณ 26-100 เฮิรตซ์ จะเกี่ยวกับด้านความคิดและจิตใจ เช่น ความกลัว การแก้ไขปัญหา การเรียนรู้ การมีสติรู้ จักคิดเป็นตน

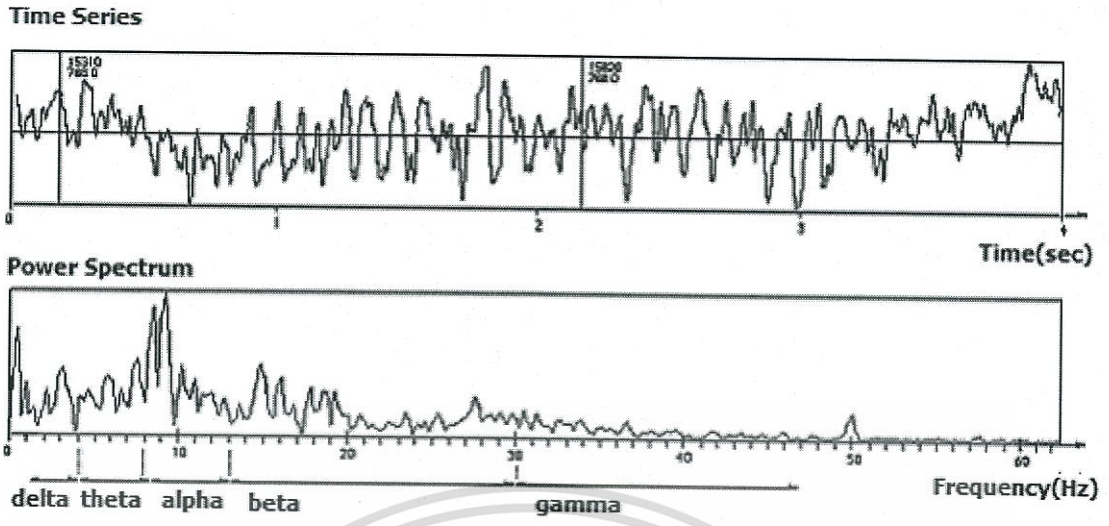


รูปที่ 2.6 สัญญาคลื่นแกมม่า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของสัญญาณคลื่นสมองที่แบ่งตามความถี่

ชนิด	ความถี่ (Hertz)	กิจกรรมที่ตรวจวัดได้
Gramma	>30	เกี่ยวกับจิตใจ การรับรู้ แยกแยะถูกผิด
Beta	13-30	กิจกรรมที่ทำขณะร่างกายตื่นอยู่หรือถูกปลุกเร้าจากสิ่งต่างๆ
Alpha	8-12	หลับตา ผ่อนคลายหรือกำลังฝัน
Theta	4-7	กำลังใช้จินตนาการ จิตใจจดจ่อหรือหลับๆตื่นๆ
Delta	0.5-3	หลับลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 สเปกตรัม(Spectrum) ของสัญญาณ EEG ในแต่ละช่วงความถี่

2.3 การวัด บันทึกและจัดเก็บสัญญาณคลื่นสมองอีอีจี (EEG)

การจัดเก็บสัญญาณอีอีจี (EEG)ทั่วไป มีขั้นตอนดังภาพที่ ขั้นตอนแรกคือใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าขั้ววัดสัญญาณ(Electrode) ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณหนังศีรษะของผู้ใช้ ขั้ววัดจะมีหลากหลายชนิด ทั้งแบบที่เป็นแผ่นแปะ (Plate) และแบบหมวกครอบศีรษะ (Cap) ที่เห็นในภาพ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากจะต้องนำไปขยายสัญญาณด้วยวงจรขยาย เนื่องจากมีขนาดแรงดันที่ต่ำมากในระดับมิลลิโวลต์

รูปที่ 2.8 ขั้นตอนจัดเก็บสัญญาณอีอีจี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดเพื่อวัดสัญญาณไฟฟ้าสมอง

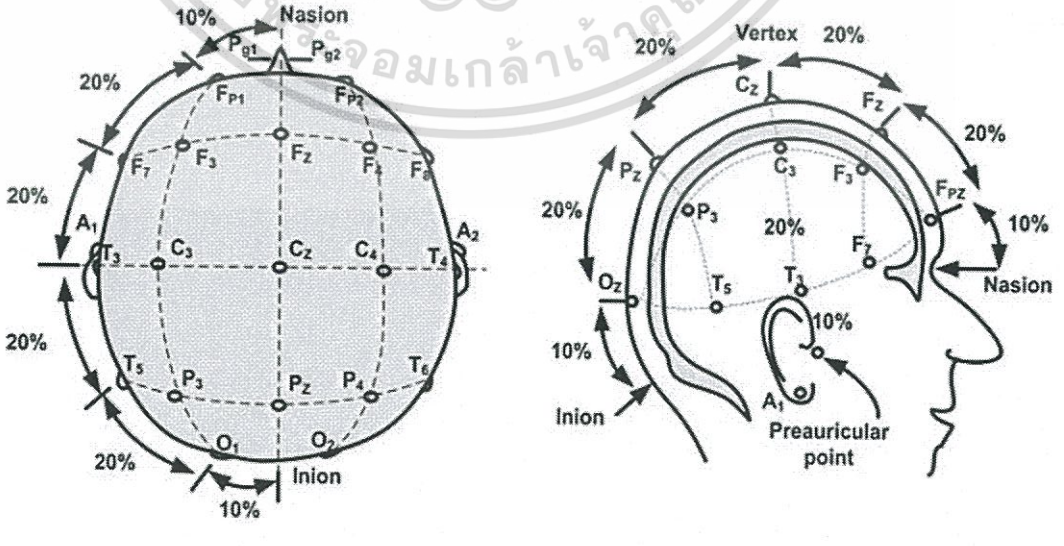
การเลือกตำแหน่งของจุดที่วัดสัญญาณบนศีรษะ เนื่องจากสมองแต่ละส่วนจะมีหน้าที่หรือความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่แตกต่างกันไป ส่วนใหญ่จะใช้ตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดโดยอ้างอิงตามระบบ 10 – 20 EEG system ดังภาพ

2.3.2 มาตรฐานในการกำหนดตำแหน่งการวัดสัญญาณ

ระบบ 10-20 System (Technologies, 2007) เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับวิธีการกำหนดตำแหน่งในการแปะขั้ววัดสัญญาณ (Electrode) ลงบนหนังศีรษะเพื่อวัดสัญญาณอีอีจี (EEG) โดยตำแหน่งของจุดที่แปะขั้ววัดจะต้องสัมพันธ์กับกายภาพของจุดเส้นประสาทและสมองส่วนต่างๆ ซึ่งในแต่ละบริเวณจะถูกกำกับด้วยตัวอักษรและตัวเลขเพื่อบ่งบอกถึงพื้นที่สมอง (lobe) แต่ละส่วนตัวอักษรที่ใช้กำกับจุดต่างๆ มีดังนี้

F - Frontal lobe สมองส่วนหน้า
FP - Frontal Pole สมองส่วนหน้าบริเวณหน้าผาก
T - Temporal lobe สมองส่วนขมับ
C - Central lobe สมองส่วนกลาง
P - Parietal lobe สมองส่วนบน
O - Occipital lobe สมองส่วนท้ายทอย

สมองส่วนกลาง (Central, C) เป็นส่วนที่ไม่ได้อยู่ติดกับกะโหลกชั้นนอก (Cerebral Cortex) ดังนั้นจึงใช้ขั้ววัดตรวจจับจากหนังศีรษะได้ไม่ดีนัก จุด C จึงใช้อ้างอิงถึงในบางวัตถุประสงค์เท่านั้น ตัวเลขที่ใช้กำกับจะแบ่งเป็นเลขคู่และเลขคี่ตามภาพ



รูปที่ 2.9 การติดขั้ววัด ณ บริเวณต่างๆของศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

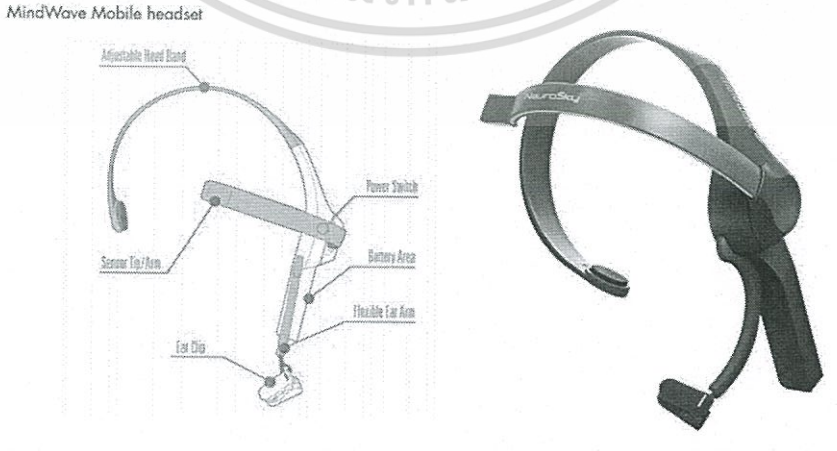
2.4 การสื่อสารระหว่างสมองมนุษย์และคอมพิวเตอร์

(Brain Computer Interface, BCI)

บีซีไอ (BCI) คือช่องทางการเชื่อมต่อและสื่อสารระหว่างสมองมนุษย์กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ให้สามารถทำกิจกรรมบางอย่างหรือสื่อสารได้ตามต้องการ โดยผู้ที่จะใช้งานระบบต้องเป็นผู้ที่มีสติสัมปชัญญะ ลักษณะการทำงานของบีซีไอคือ ต้องมีในการสื่อสารระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ แบ่งแยกลำดับขั้นการทำงานของสมอง (Brain State) ได้ และตรวจจับหรือแยกแยะได้แบบทันทีทันใด (Real Time) ระบบบีซีไอถูกนำมาใช้เพื่อสังเกต (monitor) ดูการทำงานของสมอง วิเคราะห์สัญญาณคลื่นสมองอีอีจี (Electro-encephalography EEG) และนำไปสั่งการอวัยวะเทียมต่างๆด้วย

2.5 Neurosky MindWave™ EEG Headset

Neurosky MindWave เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ให้ถูกและง่ายขึ้น โดยถูกออกแบบให้อยู่ในลักษณะของหมวก(Headset) ภายในประกอบไปด้วย ขั้ววัดไฟฟ้าแบบแห้ง(Dry electrode) ซึ่งมีทั้งหมด 2 ขั้ว คือ บริเวณใบหูสำหรับเป็นตำแหน่งอ้างอิง และบริเวณหน้าผากสำหรับวัดสัญญาณอีอีจี โดยมีความถูกต้องในแยกแยะคลื่นสมองขณะมีสมาธิกับขณะปกติถึง 86 เปอร์เซ็นต์ Neurosky MindWave Headset จะอ่านค่าสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการทำงานของสมองและบันทึกเป็นข้อมูลดิบ (Raw-Brainwave) หรือผ่านอัลกอริทึมที่จะปรับขนาดเป็นช่วง 0-100 ที่สามารถนำไปแปลงเป็นข้อมูลคลื่นสมองในเชิงความถี่ (Power Spectrum EEG) เช่น Delta Alpha Beta Theta Gamma นอกจากนี้ยังสามารถแยกระดับความผ่อนคลายและระดับสมาธิได้อีกด้วย ข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางบลูทูธ (bluetooth) สู่คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟนทั้งในระบบแอนดรอยด์และไอโอเอส ด้วยน้ำหนักที่เบาและแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ถึง 8 ชั่วโมง จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบบีซีไออย่างแพร่หลาย



รูปที่ 2.10 MindWave Mobile Headset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณสมอง Neurosky's MindWave Headset

2.5.1.1 Poor_Signal Quality

เป็นตัวแปร จำนวนเต็มไร้เครื่องหมายขนาด 1 ไบท์ บ่งบอกถึงคุณภาพของสัญญาณที่ได้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255. ทุกค่าที่มากกว่ากว่า 0 นั้นหมายถึงว่าสัญญาณที่ได้นั้นมีสัญญาณรบกวนรวมอยู่ด้วย ซึ่งค่าที่มากกว่าก็สื่อว่ามีสัญญาณรบกวนที่มากกว่าด้วยเช่นกัน ซึ่งค่า 200 มีความหมายว่า อิเล็กโทรดรดนั้น ไม่ได้สัมผัสกับผิวหนังของผู้ถูกวัด ซึ่งค่าดังกล่าว จะตอบสนองทุกๆ 1 วินาที เพื่อแสดงค่าใกล้เคียงกับค่าจริงในปัจจุบัน.

ซึ่งค่า Poor_Signal Quality ที่มีค่า อาจมาจากหลายสาเหตุ ดังนี้

1. เซนเซอร์ , กราวด์ หรือ reference electrode นั้นไม่ได้เชื่อมต่อกับผิวหนัง
2. เซนเซอร์ , กราวด์ หรือ reference electrode ไม่แนบสนิทกับผิวหนัง (เช่น ติดผม , ขน)
3. การเคลื่อนไหวของผู้สวมใส่ที่มากเกินไป
4. สภาพแวดล้อมที่มีไฟฟ้าสถิตเข้าข้น เช่น บริเวณที่มีเสาไฟฟ้าแรงสูง หรือไฟฟ้าสถิตที่เกิดจากผู้สวมใส่เอง
5. สัญญาณร่างกายอื่นๆอาจรบกวนสัญญาณสมองที่วัดได้นี้ เช่น สัญญาณไฟฟ้าหัวใจ กล้ามเนื้อกล้ามเนื้อตา เป็นต้น.

สัญญาณรบกวน เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากในการใช้จริง ซึ่ง ฟิลเตอร์ภายในอุปกรณ์ และอัลกอริทึมภายในวงจรถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ เพื่อลดหรือชดเชยสัญญาณที่ได้ให้มีความถูกต้องมากที่สุด หากผู้ใช้สนใจเพียงสัญญาณ eSense เช่น Attention หรือ Meditation ไม่จำเป็นต้องกังวลเรื่องสัญญาณรบกวนดังกล่าวมากนัก เพราะค่าดังกล่าวจะไม่อัพเดทหากมีการรบกวนเกิดขึ้น ค่า Poor-Signal จะมีความสำคัญมากขึ้นหากเป็นงานที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง เช่น งานวิจัยทางการแพทย์

2.5.1.2 eSense(tm) Meters

สำหรับทุกค่าของ eSense เช่น Attention Meditation จะรายงานค่าออกมาในรูปแบบสเกล 1-100 ซึ่งค่าที่อยู่ในช่วง 40-60 จะถูกพิจารณาว่าเป็นค่าปกติ ที่เรียกว่า Baseline สำหรับการวัดสัญญาณไฟฟ้าทางสมอง ค่าที่อยู่ในช่วง 60-80 เป็นค่าที่สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าสูงกว่าค่าปกติ ค่าที่อยู่ในช่วง 80-100 จะเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์สูง มีความหมายว่ามีค่าพารามิเตอร์ที่แสดงนั้นอย่างเข้มข้น และมีนัยยะสำคัญสูง ในทางเดียวกันค่าที่อยู่ระหว่าง 20-40 จะหมายถึงมีค่าดังกล่าวค่อนข้างต่ำ ส่วนค่าที่อยู่ในช่วง 1-20 สื่อถึงค่าดังกล่าวที่มีค่าต่ำมาก ซึ่งอาจสื่อถึงความว้าวุ่นใจ ปั่นป่วน หรือความผิดปกติบางอย่าง ขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล

eSense meter ที่มีค่า 0 นั้นมีความหมายเฉพาะคือ อุปกรณ์ไม่สามารถคำนวณค่าที่สามารถเชื่อถือได้ ซึ่งอาจเกิดจากการรบกวนของ noise หรือ สาเหตุต่างๆที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ในหัวข้อก่อนหน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 Attention eSense

เป็นข้อมูล ขนาด1 ไบท์แบบไร้เครื่องหมาย ซึ่งค่าดังกล่าวบ่งบอกถึง "โฟกัส" หรือ "ความสนใจ" ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น (แต่มีเสถียรภาพ) ภาวะจิตใจ ค่าจะอยู่ในช่วง 0-100 การรบกวนความคิด ขาดโฟกัส หรือความวิตกกังวลอาจลดระดับความสนใจเมตร โดยทั่วไปโดยค่าเริ่มต้นนี้การส่งออกของข้อมูลค่าถูกเปิดใช้งาน ปกติจะส่งออกในทุกๆ 1 วินาที.

2.5.1.4 Meditation eSense

เป็นข้อมูล ขนาด1 ไบท์แบบไร้เครื่องหมาย ซึ่งค่าดังกล่าวบ่งบอกถึง ภาวะจิตใจ "ความสงบ" และ "ผ่อนคลาย" ข้อมูลมีค่าอยู่ในช่วง 1-100 ซึ่งค่าดังกล่าววัดทางจิตใจ ไม่ใช่ร่างกาย ดังนั้นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อร่างกายนั้น อาจไม่ได้ทำให้ค่าดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นได้. อย่างไรก็ตาม คนส่วนใหญ่นั้น เมื่ออยู่ในภาวะที่ร่างการนั้นผ่อนคลาย มักช่วยให้จิตใจผ่อนคลายลงด้วย. และมีการพบว่าการหลับตานั้นเป็นการปิดการทำงานของจิตใจที่เกิดจากการทำงานของสมองในการรับภาพจากภายนอก ดังนั้นการปิดตาทำให้ค่า Meditation นั้นเพิ่มมากขึ้นได้. การรบกวนความคิด ความวิตกกังวล ความปั่นป่วน และสิ่งเร้าประสาทสัมผัสอาจลดระดับการทำสมาธิได้ โปรดดูที่ " eSense Meter" ข้างต้นสำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการตีความในระดับ eSenseโดยทั่วไปโดยค่าเริ่มต้นนี้การส่งออกของข้อมูลค่าถูกเปิดใช้งาน ปกติจะส่งออกในทุกๆ 1 วินาที.

2.5.1.6 8Bit_Raw Wave Value.

ค่า 1 ไบท์แบบไม่คิดเครื่องหมาย มีค่าเท่ากับ RAW Wave Value (16-bit) แบบคิดเครื่องหมาย ซึ่งอธิบายไว้ด้านล่าง, ยกเว้นค่านั้นๆจะถูกสเกลด้วย ตัวแปรแบบไม่คิดเครื่องหมาย. และเอาท์พุตที่มีนัยสำคัญขนาด 8 บิต (ซึ่งค่าที่ได้ เป็นค่าเฉพาะของแต่ละ อุปกรณ์การวัด) การแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบดังกล่าวทำให้สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ในแบนวิธ ที่ถูกจำกัด ที่ 9600 เบาธ์เรท

แม้ว่าค่า 8 บิตจะออกเมื่อ 8 BIT RAWเป็นเอาท์พุทที่ถูกเปิดใช้งาน , แต่การคำนวณทั้งหมดจะดำเนินการยังอยู่ในพื้นฐานของความแม่นยำสูงสุดของคลื่นดิบข้อมูลที่มีอยู่กับฮาร์ดแวร์ ThinkGear จึงไม่มีข้อมูลที่จะถูกยกเลิกภายใน เฉพาะค่า8 BIT RAW ที่แสดงเพื่อประหยัดแบนด์วิดธ์ โดยค่าเริ่มต้นนี้การส่งออกของข้อมูลค่าถูกปิดใช้งาน เหมือน 16 บิต RAW ทั่วไป มูลค่าคลื่นที่8BIT_RAW มูลค่าคลื่นโดยทั่วไปจะมีการส่งออก 128 ครั้งต่อวินาทีหรือประมาณหนึ่งครั้งในทุก 7.8 มิลลิวินาที ข้อมูลค่านี้จะใช้ได้เฉพาะในโมดูล ThinkGear ไม่สามารถใช้ได้กับThinkGear ASIC (เช่นเป็น MindWave และ MindWave มือถือ)

2.5.1.7 Raw_maker Section Start

ค่านี้ไม่ใช่ค่าข้อมูลจริงๆ เป็นเพียงค่าเริ่มต้นซึ่งใช้เฉพาะ ในการหาความผิดพลาดในการส่งที่ต้องการความแม่นยำและความเชื่อมต่อของข้อมูล ซึ่งค่าถูกกำหนดไว้ที่ 0x00 ซึ่งโดยปกติแล้วค่าดังกล่าวจะไม่มีการส่งออก. สำหรับข้อมูลที่ส่งออกทุกๆ 1 วินาที ข้อมูลค่านี้จะใช้ได้เฉพาะในโมดูล ThinkGear ไม่สามารถใช้ได้กับThinkGear ASIC (เช่นเป็น MindWave และ MindWave มือถือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.8 Raw Wave Value (16 -bit)

ข้อมูลนั้นจะถูกบรรจุภายใน ข้อมูล 2 ไบท์ , ซึ่งนำมารวมกันเป็น สัญญาณดิบเพียงสัญญาณเดียว. ซึ่งค่าของสัญญาณนั้นคือจำนวนเต็ม 16 บิตแบบคิดเครื่องหมายซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -32768 ถึง 32767. ค่าไบท์แรกเป็นค่าของบิตที่มีออเดอร์ที่สูงกว่าจาก 2-คอมไพล์เมน ขณะที่บิตถัดมาจะมาจากออเดอร์ที่ต่ำกว่า. กระบวนการการผันกลับของข้อมูล คือการเลื่อนไบท์ไปจากเดิม 8 บิต

```
short raw = (Value[0]<<8) | Value[1];
```

ซึ่ง Value[0] คือข้อมูลออเดอร์สูงกว่า, Value[1]คือออเดอร์ที่ต่ำกว่านั่นเอง.

ในระบบที่ กระบวนการทางบิตของข้อมูลมีความยุ่งยากในการทำนั้น อาจใช้กระบวนการดังต่อไปนี้แทนที่ได้เช่นกัน ซึ่งค่าข้อมูลดิบ จะถูกแสดงออกมาในช่วง -32768 ถึง 32767.

```
raw = Value[0]*256 + Value[1];
if( raw >= 32768 ) raw = raw - 65536;
```

อย่างไรก็ตาม ในภาษาจาวาจะใช้ตามหลักข้างต้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่อง กระบวนการในการแยก รหัส 0x80(ข้อมูลดิบ). ซึ่งเกิดจากภาษา java นั้น ไม่มีข้อมูลแบบไรเครื่องหมาย จึงต้องระมัดระวังในการรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน

```
private int[] highlow = new int[2];
highlow[0] = (int)(payload[index] & 0xFF);
highlow[1] = (int)(payload[index+1] & 0xFF);
raw = (highlow[0] * 256) + highlow[1];
if( raw > 32768 ) raw -= 65536;
```

เครื่องมือวัดแต่ละโมเดลล์ แสดงค่าข้อมูลดิบที่อยู่ในช่วง -32768 ถึง 32767 เท่านั้น ตัวอย่างเช่น Thinkgear ASIC จะแสดงค่าข้อมูลดิบอยู่ที่ประมาณ -2048 ถึง 2047 ขณะที่ Thinkgear Module สามารถแสดงได้ที่ 0 ถึง 1023. จึงต้องศึกษาการแปลงข้อมูลในแต่ละโมดูลประกอบด้วย

ซึ่งโดยปกติ ข้อมูลเหล่านี้จะไม่แสดงออกมา. เมื่อเลือกแสดงออก ค่าจะแสดงผลข้อมูลดิบมาให้ 128 ครั้งต่อวินาที หรือประมาณ ทุกๆ 7.8 มิลลิวินาที ในขณะที่ Thinkgear ASIC จะมีค่าแสดงผลข้อมูลดิบมาให้ 512ครั้งต่อวินาที หรือประมาณ ทุกๆ 2 มิลลิวินาที เนื่องจากอัตราส่งข้อมูลที่สูงนั้น เป็นไปได้เฉพาะข้อมูลดิบ ขนาด 16 บิตบนพอร์ตการสื่อสารทางซีเรียลที่ 57600 หรือมากกว่าเท่านั้น สำหรับ อัตราการส่งที่ 9600 ให้พิจารณา ข้อมูลดิบ8 บิต(8Bit_RawWave Value)ที่กล่าวไปตามขั้นต้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.9 EEG_Power

ข้อมูลจะถูกแสดงออกเป็นค่าของแมกนิจูดของ 8 ข้อมูลความถี่ที่ได้รับการยอมรับทั่วไปของคลื่นสมอง ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวแปรทศนิยมขนาด 4 ไบต์ จำนวน 8 ข้อมูล ดังนี้

1. Delta (0.5-2.75 Hz)
2. Theta (3.5-6.75 Hz)
3. Low-Alpha (7.5-9.25 Hz)
4. High-Alpha (10-11.75 Hz)
5. Low-Beta (13-16.75 Hz)
6. High-Beta (18-29.75 Hz)
7. Low-Gamma (31-39.75 Hz)
8. Mid-Gamma (41-49.75 Hz)

ค่าต่างเหล่านี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย จึงมีนัยสำคัญเพียงเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลอื่นๆหรือตัวมันเองเท่านั้น ในการพิจารณาในเชิงปริมาณ. รูปแบบตัวแปรทศนิยมที่เป็นไปตามมาตรฐาน big-endian IEEE 745, ซึ่งเป็นข้อมูลประเภททศนิยม* ใน C ขนาด 32 ไบต์ ถูกใช้ในตัวแปรแบบอาเรย์ของทศนิยม. ซึ่งโดยปกติข้อมูลดังกล่าว จะแสดงผลทุกๆ 1 วินาที

2.5.1.10 Eye Blink Strength

ค่าดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้ใน TGCD และ TGC APIs. หรือโมเดลทุกๆโมเดลในปัจจุบัน โดยเป็นค่าที่แสดงถึงการกระพริบตา ซึ่งอยู่ในช่วง 1 ถึง 255 แล้วถูกแสดงออกมาเป็นค่าการตรวจจับการกระพริบตา. ซึ่งเป็นค่าที่มีความเกี่ยวข้องกับการกระพริบตา แล้วเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย.

2.5.1.11 Mind-wandering Level

เป็นข้อมูลขนาดหนึ่งไบต์ที่รายงานระดับความเข้มของจิตใจที่ปั่นป่วน ของผู้ใช้ แสดงค่าช่วงจาก 0 ถึง 10 ค่าเป็น 0 หมายถึงระดับคือ N / A ค่า 1-10 แสดงถึงระดับ (กับค่าที่สูงกว่าบ่งบอกระดับที่สูงขึ้นของจิตใจที่ปั่นป่วน

2.5.2 ThinkGear Packets

ค่าต่างๆที่ได้จากการวัดจะถูกส่งออกมาในรูปแบบข้อมูลดิจิตอลแบบ Asynchronous ทางซีเรียล ซึ่งจะถูกแยกออกมาแล้วตีความว่าเป็นข้อมูลที่เรียกว่า “Packets” ซึ่งจะถูกนำมาแยกอีกครั้งเป็นข้อมูลดังจะได้อธิบายนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล “ThinkGear Packet” ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. Packet Header.
2. Packet Payload.
3. Payload Checksum.

ThinkGear Packets เป็นกระบวนการส่งค่าข้อมูล จากโมเดล สู่ผู้รับ (PC , Micro Proocessor หรืออุปกรณ์ใดๆที่สามารถรับข้อมูลทางซีเรียลได้) โดยการโปรแกรมของผู้รับแต่ละแพลตฟอร์มนั้นย่อมแตกต่างกัน รวมถึง กระบวนการทำงาน ภาษา ซึ่งนอกเหนือจากการกล่าวในข้อมูลฉบับนี้. จะกล่าวเพียงกระบวนการในการแยกข้อมูลที่ 3 แบบที่ได้กล่าวไปข้างต้นออกจากกัน และความหมายของข้อมูลที่ได้นั้นๆ

รูปแบบการส่งข้อมูลนี้ ถูกออกแบบมาให้มีความแม่นยำและยืดหยุ่น ประกอบไปด้วย Header Checksumเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ ในขณะที่ข้อมูล Payload สามารถเพิ่มปริมาณของข้อมูลเพิ่มเติมเข้าไปได้ หรือนำบางอย่างที่ไม่ต้องการออกได้ในอนาคต โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างการส่งข้อมูล นั้นหมายความว่าทุกแอพพลิเคชั่นที่ร้างขึ้นมาสามารถนำมาปรับใช้กับอุปกรณ์ที่ใหม่กว่าได้โดยไม่เกิดปัญหาในการแยกข้อมูล

2.5.2.1 Packet Structure

Packet ถูกส่ง แบบ Asynchronous ไบต์. โดยการส่งอาจเป็นระบบ UART, Serial Com, USB, Bluetooth, file หรืออื่นใดที่สามารถรับการส่งข้อมูลได้. โดนแต่ละชุดข้อมูลจะประกอบไปด้วยHeader ตามมาด้วย Payload และจบด้วย Payload’s Checksum ดังแสดง

[SYNC] [SYNC] [PLENGTH] [PAYLOAD...] [CHKSUM]

^^^^^^^^(Header)^^^^^^^ ^^(Payload)^^ ^(Checksum)^

ส่วนของข้อมูล Payload นั้น มีขนาดอยู่ที่ 169 ไบต์ ซึ่งแต่ละ [SYNC] [PLENGTH] และ [CHKSUM] เป็นข้อมูลขนาด 1 ไบต์ทุกตัว นั่นหมายความว่า ข้อมูลที่ได้จะต้องมีอย่างน้องที่สุด 4 ไบต์ และ มีค่าได้มากที่สูด 173 ไบต์

2.5.2.2 Packet Header

ค่า Header จะประกอบไปด้วย 3 ไบท์ คือ สอง synchronization [SYNC] bytes (0xAA 0xAA), และตามด้วย [PLENGTH] (Payload length) ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[SYNC] [SYNC] [PLENGTH]

---

^^^^^^^^ (Header) ^^^^^^

ข้อมูล [SYNC] ทั้งสองไบต์ใช้เพื่อบ่งบอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นของข้อมูลทั้ง Packet ซึ่งแต่ละไบต์มีค่า 0xAA (จำนวนเต็ม 170) , ซิงโคลไนเซชันนั้นมีขนาดรวม 2 ไบต์ ใช้เป็นเหมือนหนึ่งเดียว เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการหาจุดเริ่มต้นของชุดข้อมูล อย่างไรก็ตามยังมีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการรับข้อมูลได้อีก เนื่องจากค่าดังกล่าวอาจเป็นค่าที่เท่ากับค่าของข้อมูลภายใน ทำให้มีการจับจุดเริ่มต้นที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงมีข้อมูล [PLENGTH] และ [CHKSUM] ร่วมด้วยเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นให้หายไป

ค่า [PLENGTH] บ่งบอกถึงความยาวของข้อมูล Data Payload ที่ส่งมา ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0-169 เท่านั้น หากค่าที่ได้รับสูงกว่าค่าดังกล่าวแสดงว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น และ พึงระลึกว่าค่าของข้อมูลนี้เป็นความยาวของข้อมูล Pay Load เท่านั้น ไม่ใช่ค่าของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะเป็น [PLENGTH]+4.

2.5.2.3 Data Payload

เป็นข้อมูลไบต์แบบต่อเนื่อง จำนวนของข้อมูลที่อยู่ภายในได้ถูกกำหนดไว้แล้วด้วย [PLENGTH] จาก Packet Header ซึ่งความหมายของแต่ละข้อมูลได้ถูกอธิบายไว้แล้วจากหัวข้อด้านบน ในส่วนนี้จะอธิบายถึงลำดับของข้อมูลที่ได้มาในโครงสร้างของ Pay Load และก่อนการแยกข้อมูลดังกล่าวออกมานั้นจะต้องทำหลังจากได้รับ [CHKSUM] เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นถูกต้องอย่างแท้จริง

2.5.2.4 Payload Checksum.

ค่าตัวแปร [CHKSUM] จะต้องนำมาใช้ในการตรวจสอบ Data Payload ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1. รวมจำนวนไบต์ทั้งหมดที่เราได้รับมาจาก Data Payload
2. ได้ค่าผลรวมของจำนวนบิตขนาด 8ไบต์
3. แปลงค่าผันกลับ (one's compliment inverse) ข้อมูลที่ได้มาขั้นต้น.

ฝั่งที่ทำการรับข้อมูลจะต้องทำตามขั้นตอนทั้ง 3 ข้อข้างต้น เพื่อคำนวณหา Checksum ของ Data Payload ที่ได้รับมา. แล้วเปรียบเทียบกับค่า [CHKSUM] หากแตกต่างกันแล้วแสดงว่า ค่าที่ได้รับมาจาก Packet นั้นผิดพลาด. หากเป็นค่าเดียวกัน จึงจะสามารถนำค่า Pay Load นี้ไปใช้ในกระบวนการคัดแยกได้.

2.5.2.5 Data Payload Structure.

เมื่อค่า Checksum ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ไบต์ของ Data Payload จะเข้าสู่การคัดแยกข้อมูล ซึ่งภายใน Data Payload จะประกอบไปด้วยอนุกรมของค่าของข้อมูล(Data Values) ซึ่งแต่ละไบต์ข้อมูล จะถูกเรียกว่า DataRow. โดยแต่ละ DataRowจะประกอบไปด้วยข้อมูลว่า ข้อมูลนั้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอะไร ขนาดของข้อมูลนั้นๆมีขนาดกี่ไบต์ และข้อมูลนั้นๆมีค่าเท่าไหร่ ดังนั้นการแยกข้อมูลจะต้องแยกข้อมูลออกมาเป็นแต่ละ DataRow ก่อน ซึ่ง DataRow Format เป็นดังนี้

([EXCODE]...) [CODE] ([VLENGTH]) [VALUE...]

^^^^(Value Type)^^^^ ^^(length)^^ ^^(value)^^

ข้อมูลนี้ อาจเริ่มต้นด้วย 0 หรือ มากกว่า (EXCODE) ซึ่งอาจเป็นค่า 0x55 โดยค่า [EXCODE] ถูกใช้ในการจำแนกระดับของข้อมูล ซึ่งใช้ร่วมกับ [CODE] เพื่อบ่งบอกประเภทของข้อมูลนั้นๆ ที่ Data Row บรรจุอยู่. ดังนั้นในการเริ่มต้นการแยกข้อมูลทุกครั้งจะต้องเริ่มจากการรับค่า[EXCODE] และ [CODE] ก่อนเสมอ เพื่อให้ราบว่าข้อมูลที่บรรจุอยู่นั้นเป็นข้อมูลประเภทใด.

ค่า [CODE] ในแต่ละ [EXCODE] จะบ่งบอกประเภทของงข้อมูลใน DataRow. ยกตัวอย่างเช่น [EXCODE] ระดับ0 , [CODE] 0x04 จะหมายถึงข้อมูลนั้นคือค่า eSense Attention. ซึ่งการเทียบค่าเหล่านี้สามารถดูได้จากตาราง ความหมายของรหัส

หากค่า [CODE] มีค่าอยู่ระหว่าง 0x00 และ 0x7F แล้ว ค่า [VALUE...] แล้วข้อมูลจะมีค่าอยู่ที่ 1 ไบต์ซึ่งกรณีดังกล่าวจะไม่มีไบต์ [VLENGTH] นั่นหมายความว่าค่าของข้อมูลจริงนั้นจะเป็นค่าที่อยู่ถัดจาก [CODE] โดยตรง.

อย่างไรก็ตามหากค่า [CODE] มีค่ามากกว่า 0x7F แล้ว ไบต์ของ [VLENGTH] จะเป็นไปตามแต่ละ [CODE] ซึ่งจะบอกถึงจำนวนไบต์ใน [VALUE] ซึ่งบอกได้ตามตาราง “Multiple Byte Value”เนื่องจากค่าของบข้อมูลไม่อาจส่งได้ภายในไบต์เดียว

ตารางที่2.2 ความหมายของรหัส

Single-Byte CODEs			
Extended Code Level	[CODE]	[LENGTH]	Data Value Meaning
0	0x02	-	POOR_SIGNAL Quality (0-255)
0	0x03	-	HEART_RATE (0-255)Once/s on EGO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่2.2 (ต่อ) ความหมายของรหัส

0	0x04	-	ATTENTION eSense (0 to 100)
0	0x05	-	MEDITATION eSense (0 to 100)
0	0x06	-	8BIT_RAW Wave Value (0-255)
0	0x07	-	RAW_MARKER Section Start (0)

ตารางที่2.3 ความหมายของรหัส(2)

Multi-Byte CODEs			
0	0x80	2	RAW Wave Value: a single big-endian 16-bit two's-compliment signed value (high-order byte followed by low-order byte) (-32768 to 32767)
0	0x81	32	EEG_POWER: eight big-endian 4-byte IEEE 754 floating point values representing delta, theta, low-alpha high-alpha, low-beta, high-beta, low-gamma, and mid-gamma EEG band power values
0	0x81	24	ASIC_EEG_POWER: eight big-endian 3-byte unsigned integer values representing delta, theta, low-alpha high-alpha, low-beta, high-beta, low-gamma, and mid-gamma EEG band power values

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

144349

ตารางที่2.3 (ต่อ) ความหมายของรหัส

0	0x86	2	RRINTERVAL: two byte big-endian unsigned integer representing the milliseconds between two R-peaks
Any	0x55	-	NEVER USED (reserved for [EXCODE])
Any	0xAA	-	NEVER USED (reserved for [EXCODE])

เมื่อใดก็ตามที่ โมเดลเปิดใหม่ ระบบจะเริ่มการส่งข้อมูลแบบมาตรฐานเสมอ ซึ่งจะมี Output ออกมาเพียงบางค่าเท่านั้น การเปิดหรือปิดค่าที่เราต้องการนั้นจะต้องกระทำผ่านคำสั่งที่จะกล่าวในหัวข้อ “Thinkgear Command Bytes.”

2.5.2.6 ตัวอย่างการแยกข้อมูล

byte: value // Explanation

[0]: 0xAA // [SYNC]

[1]: 0xAA // [SYNC]

[2]: 0x08 // [PLENGTH] (payload length) of 8 bytes

[3]: 0x02 // [CODE] POOR_SIGNAL Quality

[4]: 0x20 // Some poor signal detected (32/255)

[5]: 0x01 // [CODE] BATTERY Level

[6]: 0x7E // Almost full 3V of battery (126/127)

[7]: 0x04 // [CODE] ATTENTION eSense

[8]: 0x12 // eSense Attention level of 18%

[9]: 0x05 // [CODE] MEDITATION eSense

[10]: 0x60 // eSense Meditation level of 96%

[11]: 0xE3 // [CHKSUM] (1's comp inverse of 8-bit Payload sum of 0x1C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.7 ตัวอย่างโค้ด C ในการแยกข้อมูล

```
#include <stdio.h>
#define SYNC 0xAA
#define EXCODE 0x55
int parsePayload( unsigned char *payload, unsigned char pLength ) {
unsigned char bytesParsed = 0;
unsigned char code;
unsigned char length;
unsigned char extendedCodeLevel;
int i;
/* Loop until all bytes are parsed from the payload[] array... */
while( bytesParsed < pLength ) {
/* Parse the extendedCodeLevel, code, and length */
extendedCodeLevel = 0;
while( payload[bytesParsed] == EXCODE ) {
extendedCodeLevel++;
bytesParsed++;
}
code = payload[bytesParsed++];
if( code & 0x80 ) length = payload[bytesParsed++];
else length = 1;
/* TODO: Based on the extendedCodeLevel, code, length,
* and the [CODE] Definitions Table, handle the next
* "length" bytes of data from the payload as
* appropriate for your application.
*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
printf( "EXCODE level: %d CODE: 0x%02X length: %d\n",
extendedCodeLevel, code, length );
printf( "Data value(s):" );
for( i=0; i<length; i++ ) {
printf( " %02X", payload[bytesParsed+i] & 0xFF );
}
printf( "\n" );
/* Increment the bytesParsed by the length of the Data Value */
bytesParsed += length;
}
return( 0 );
}
int main( int argc, char **argv ) {
int checksum;
unsigned char payload[256];
unsigned char pLength;
unsigned char c;
unsigned char i;
/* TODO: Initialize 'stream' here to read from a serial data
* stream, or whatever stream source is appropriate for your
* application. See documentation for "Serial I/O" for your
* platform for details.
*/
FILE *stream = 0;
stream = fopen( "COM4", "r" );
/* Loop forever, parsing one Packet per loop... */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while( 1 ) {
/* Synchronize on [SYNC] bytes */
fread( &c, 1, 1, stream );
if( c != SYNC ) continue;
fread( &c, 1, 1, stream );
if( c != SYNC ) continue;
/* Parse [PLENGTH] byte */
while( true ) {
fread( &pLength, 1, 1, stream );
if( pLength ~= 170 ) break;
}
if( pLength > 169 ) continue;
/* Collect [PAYLOAD...] bytes */
fread( payload, 1, pLength, stream );
/* Compute [PAYLOAD...] chksum */
checksum = 0;
for( i=0; i<pLength; i++ ) checksum += payload[i];
checksum &= 0xFF;
checksum = ~checksum & 0xFF;
/* Parse [CKSUM] byte */
fread( &c, 1, 1, stream );
/* Verify [PAYLOAD...] chksum against [CKSUM] */
if( c != checksum ) continue;
/* Since [CKSUM] is OK, parse the Data Payload */
parsePayload( payload, pLength );
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
return( 0 );
}
```

2.5.3 ThinkGearStreamParser C API

เป็นไลบลารี่ ใช้ในกระบวนการคัดแยกข้อมูลให้ง่ายขึ้นโดยการใช้เพียง 2 ฟังก์ชัน ทำให้ไม่ต้องกังวลในการแยกข้อมูลอีกต่อไป.โดยซอร์สโค้ด จะบรรจุอยู่ใน .h header และ .c เพื่อลดความซับซ้อนโดยการใช้ API จะประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ประกาศ Handler (Callback) function ซึ่งจับข้อมูลที่ได้จากการคัดแยก
2. เตรียมฟังก์ชั่นที่เรียกว่า THINKGEAR_initParser()
3. แต่ละไบต์ที่รับมาจาก DataStreme จะนำเข้าสู่ THINKGEAR_initParser() ซึ่งจะเรียกการใช้ตัวแปรที่กำหนดในข้อ1 . เมื่อพบข้อมูลที่แยกได้

โดยภายในประกอบไปด้วย

Constants

```
/* Parser types */
#define PARSER_TYPE_NULL 0x00
#define PARSER_TYPE_PACKETS 0x01 /* Stream bytes as ThinkGear Packets */
#define PARSER_TYPE_2BYTERAW 0x02 /* Stream bytes as 2-byte raw data */
/* Data CODE definitions */
#define PARSER_BATTERY_CODE 0x01
#define PARSER_POOR_SIGNAL_CODE 0x02
#define PARSER_ATTENTION_CODE 0x04
#define PARSER_MEDITATION_CODE 0x05
#define PARSER_RAW_CODE 0x80
```

THINKGEAR_initParser()

```
/**
* @param parser Pointer to a ThinkGearStreamParser object.
* @param parserType One of the PARSER_TYPE_* constants defined
* above. PARSER_TYPE_PACKETS or
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
* PARSER_TYPE_2BYTERAW.
* @param handleDataValueFunc A user-defined callback function that will
* be called whenever a data value is parsed
* from a Packet.
* @param customData A pointer to any arbitrary data that will
* also be passed to the handleDataValueFunc
* whenever a data value is parsed from a
* Packet.
*
* @return -1 if @c parser is NULL.
* @return -2 if @c parserType is invalid.
* @return 0 on success.
*/
int
THINKGEAR_initParser( ThinkGearStreamParser *parser, unsigned char
parserType,
void (*handleDataValueFunc)(
unsigned char extendedCodeLevel,
unsigned char code, unsigned char numBytes,
const unsigned char *value, void *customData),
void *customData );
```

THINKGEAR_parseByte()

```
/**
* @param parser Pointer to an initialized ThinkGearDataParser object.
* @param byte The next byte of the data stream.
*
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
* @return -1 if @c parser is NULL.
* @return -2 if a complete Packet was received, but the checksum failed.
* @return 0 if the @c byte did not yet complete a Packet.
* @return 1 if a Packet was received and parsed successfully.
*/
int
THINKGEAR_parseByte( ThinkGearStreamParser *parser, unsigned char byte );
```

2.5.3.1 ตัวอย่างการใช้งาน

```
#include <stdio.h>
#include "ThinkGearStreamParser.h"
/**
* 1) Function which acts on the value[] bytes of each ThinkGear DataRow as
it is received.
*/
Void
handleDataValueFunc( unsigned char extendedCodeLevel,
unsigned char code,
unsigned char valueLength,
const unsigned char *value,
void *customData ) {
if( extendedCodeLevel == 0 ) {
switch( code ) {
/* [CODE]: ATTENTION eSense */
case( 0x04 ):
printf( "Attention Level: %d\n", value[0] & 0xFF );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
break;
/* [CODE]: MEDITATION eSense */
case( 0x05 ):
printf( "Meditation Level: %d\n", value[0] & 0xFF );
break;
/* Other [CODE]s */
default:
printf( "EXCODE level: %d CODE: 0x%02X vLength: %d\n",
extendedCodeLevel, code, valueLength );
printf( "Data value(s):" );
for( i=0; i<valueLength; i++ ) printf( " %02X", value[i] &
0xFF );
printf( "\n" );
}
}
}
/**
* Program which reads ThinkGear Data Values from a COM port.
*/
int
main( int argc, char **argv ) {
/* 2) Initialize ThinkGear stream parser */
ThinkGearStreamParser parser;
THINKGEAR_initParser( &parser, PARSER_TYPE_PACKETS,
handleDataValueFunc, NULL );
/* TODO: Initialize 'stream' here to read from a serial data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
* stream, or whatever stream source is appropriate for your
* application. See documentation for "Serial I/O" for your
* platform for details.
*/
FILE *stream = fopen( "COM4", "r" );
/* 3) Stuff each byte from the stream into the parser. Every time
* a Data Value is received, handleDataValueFunc() is called.
*/
unsigned char streamByte;
while( 1 ) {
fread( &streamByte, 1, stream );
THINKGEAR_parseByte( &parser, streamByte );
}
}
```

2.5.4 ThinkGear Command Bytes.

หลังจากเปิด ระบบของโมเดลจะเข้าสู่การทำงานมาตรฐาน ซึ่งสามารถปรับแต่งแก้ไขเพิ่มเติมได้ให้เหมาะสมกับกับการใช้งานหนึ่งๆซึ่งมีผลกับการทำงานของอุปกรณ์

คำสั่งในการควบคุมนั้นจะส่งสู่ ThinkGear Hardware ผ่านทาง UART เดียวกับที่ใช้ในการส่งข้อมูลออกมา โดยคำสั่งจะเป็นค่าขนาด 1 ไบต์(8-bit)

2.5.4.1 Command Byte Syntax

คอมมานต์ไบต์อยู่ในรูปแบบขนาด 8 บิต โดยแต่ละการเซตและยกเลิกเซต ค่าไบต์ต่ำสุด4บิตสุดท้าย จะใช้สำหรับโหมดการควบคุม เช่น 9600 หรือ 58600 baud การแสดงผลAttention ได้รับการอนุญาตหรือไม่ เป็นต้น 4บิตสูงสุด เรียกว่า Command Page ใช้จำแนกความหมายของบิตที่ต่ำกว่านั้นๆ.

ตัวอย่างเช่น Command Byte ของ 0x0Eมีรูปแบบของบิตคือ 0000 1110 ค่าบิตสูง 4 บิตแรกคือ 0000, ซึ่งมีความหมายถึง Command Page 0. ซึ่งอธิบายไว้ในตารางด้านล่าง. ซึ่ง ค่าบิตต่ำคือ 1110 ซึ่งใช้ในการกำหนดค่าของ Baudrate , raw wave output , Meditation output, Attention Output เนื่องจาก Baud Rateมีค่าเป็น 1 ค่าของโมเดลจะถูกเซตเป็น 57600. raw wave output , Meditation outputถูกเซตให้เป็น 1 หมายความว่าการแสดงค่าของของข้อมูลทั้งสองได้รับการอนุญาต และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Attention Output ถูกกำหนดให้เป็น 0 ดังนั้น ข้อมูลดังกล่าวจะไม่ได้รับอนุญาตให้แสดงผลออกมาเป็นต้น

ก่อนการ ใช้งานต้องจำไว้ว่าคำสั่งนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละเวอร์ชันของโมเดล โดยเวอร์ชัน 1.6 อย่าง Mindwave หรือ MindwaveMobile จะใช้ได้เพียง Page 0. สำหรับเวอร์ชัน1.7 จะมีการเพิ่มคำสั่งมาได้อีกในอนาคต

Firmware 1.6 Command Byte

Page 0 (0000____) (0x0_): **

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable attention output

bit[1] (____0010): Set/unset to enable/disable meditation output

bit[2] (____0100): Set/unset to enable/disable raw wave output

bit[3] (____1000): Set/unset to use 57.6k/9600 baud rate

Page 1 (0001____) (0x1_):

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable EEG powers output

bit[1] (____0010): Set/unset to use 10-bit/8-bit raw wave output

Page 15 (1111____) (0xF_):

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable Testmode

Firmware 1.7 Command Byte

Page 0 (0000____) (0x0_): STANDARD/ASIC CONFIG COMMANDS* **

00000000 (0x00): 9600 baud, normal output mode

00000001 (0x01): 1200 baud, normal output mode

00000010 (0x02): 57.6k baud, normal+raw output mode

00000011 (0x03): 57.6k baud, FFT output mode

Page 1 (0001____) (0x1_): RAW WAVE OUTPUT

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable raw wave output

bit[1] (____0010): Set/unset to use 10-bit/8-bit raw wave output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bit[2] (____0100): Set/unset to enable/disable raw marker output

bit[3] (____1000): Ignored

Page 2 (0010____) (0x2_): MEASUREMENTS OUTPUTS

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable poor quality output

bit[1] (____0010): Set/unset to enable/disable EEG powers (int) output

bit[2] (____0100): Set/unset to enable/disable EEG powers

(legacy/floats) output

bit[3] (____1000): Set/unset to enable/disable battery output***

Page 3 (0011____) (0x3_): ESENSE OUTPUTS

bit[0] (____0001): Set/unset to enable/disable attention output

bit[1] (____0010): Set/unset to enable/disable meditation output

bit[2] (____0100): Ignored

bit[3] (____1000): Ignored

Page 6 (0110____) (0x6_): BAUD RATE SELECTION* **

01100000 (0x60): No change

01100001 (0x61): 1200 baud

01100010 (0x62): 9600 baud

01100011 (0x63): 57.6k baud

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โรคเครียด (Stress Disease)

2.6.1 ความหมายของความเครียด

ความเครียดเป็นอารมณ์หรือความรู้สึกโกรธ เสียใจ กดดัน ไม่สบายใจ สับสน คับข้องใจ หรือเป็นสภาวะจิตใจและร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป ที่เกิดขึ้นมาเพราะมีปัญหาที่ยังแก้ไขไม่ได้ เป็นผลจากการที่บุคคลต้องปรับตัวต่อสิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้าต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมที่กดดันหรือคุกคามให้เกิด ความทุกข์ ความไม่สบายใจความเครียดถ้าเกิดขึ้นมาก จะมีผลเสียต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิต แต่ถ้าเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้คนเราเอาชนะอุปสรรคและสิ่งท้าทายได้ สามารถแบ่งความเครียดได้เป็นสองประเภท คือ

1. Acute stress คือความเครียดที่เกิดขึ้นทันทีและร่างกายก็ตอบสนองต่อความเครียดนั้นทันทีเหมือนกัน โดยมีการหลั่งฮอร์โมนความเครียด เมื่อความเครียดหายไปร่างกายก็จะกลับสู่ปกติเหมือนเดิมฮอร์โมนก็จะกลับสู่ปกติ ตัวอย่างสาเหตุของความเครียด เช่น เสียง อากาศเย็นหรือร้อน ชุมชนที่คนมากๆ เป็นต้น

2. Chronic stress หรือความเครียดเรื้อรังเป็นความเครียดที่เกิดขึ้นทุกวันและร่างกายไม่สามารถตอบสนองหรือแสดงออกต่อความเครียดนั้น เมื่อเกิดเป็นระยะเวลานาน ความเครียดนั้นก็จะสะสมเป็นความเครียดเรื้อรัง ตัวอย่าง เช่น ความเครียดที่ทำงานหรือจากความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล เป็นต้น

ความเครียด มีอยู่ 3 ระดับ คือ

1.ระดับความเครียดปกติ เช่น กำลังเครียดกับการทำงาน ความเครียดประเภทนี้ถือว่ามีประโยชน์
2.ระดับความเครียดเสียสมดุล มีผลทำให้นอนไม่หลับ ทานอาหารไม่ได้ ระดับนี้ถือว่าให้โทษต้องปรับตัว
3.ระดับสูญเสียฟังก์ชั่น ไม่สามารถทำงานได้ ไม่สามารถไปเรียนได้ ไม่อยากมีชีวิตอยู่ ถือเป็นขั้นที่อันตราย จำเป็นต้องรีบปรึกษาแพทย์ทันที

2.6.2 อาการเมื่อเข้าสู่ภาวะเครียด

ผลกระทบต่อร่างกาย

1. ความแรงและอัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น

2. มีการหลั่งฮอร์โมนอดรีนาลีนและอื่นๆสู่กระแสเลือด

3. ม่านตาขยาย เหงื่อออกมาก อุณหภูมิร่างกายสูง รวมถึงมีการหดเกร็งกล้ามเนื้อ

4.มีอาการดังต่อไปนี้ นอนหลับไม่สินท เบื่ออาหาร คลื่นไส้ ปากแห้ง ท้องเสีย ปวดหลัง

ผลกระทบทางจิตใจและอารมณ์

1.เกิดภาวะซึมเศร้า วิตกกังวล หรืออาจมีความโกรธแค้นควบคู่ไปด้วย

2.ขาดสมาธิ หลงลืม ประหม่า

3.ตัดสินใจไม่ได้ สับสนวุ่นวาย หวดระแวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 สาเหตุของความเครียด

1. ความกดดัน
2. เกิดจากความวิตกกังวล
3. เกิดจากความคับข้องใจ
4. เกิดจากการขัดแย้งภายในจิตใจ
5. เกิดจากความผิดปกติทางด้านร่างกายของตนเอง

2.6.4 วิธีการป้องกัน

สามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ

1.การผ่อนคลายทางร่างกาย เช่น การออกกำลังกาย การนวด การพักผ่อน การรับประทานอาหาร

2.การลดความตึงเครียดทางจิตใจ เช่น การสร้างอารมณ์ขัน การคิดในเชิงบวก การดูภาพยนตร์ การฟังเพลง การหัวเราะ การหายใจลึกๆ การทำสมาธิ การใช้เทคนิคความเงียบ เพื่อยับยั้งความคิดของตนเอง

เทคนิคการผ่อนคลายความเครียดส่วนใหญ่เป็นการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ และการทำจิตใจให้สงบเป็นหลัก สามารถทำได้ด้วยตัวเอง

2.6.4.1 การฝึกเกร็งและคลายกล้ามเนื้อ

- นั่งในท่าสบาย
- เกร็งกล้ามเนื้อไปทีละกลุ่ม ค้างไว้สัก 10 วินาที แล้วคลายออก จากนั้นก็เกร็งใหม่สลับกันไปประมาณ 10 ครั้ง ค่อยๆ ทำไปจนครบทั้ง 10 กลุ่ม
- เริ่มจากการกำมือ และเกร็งแขนทั้งซ้ายขวาแล้วปล่อย
- บริเวณหน้าผาก ใช้วิธีเลิกคิ้วให้สูง หรือขมวดคิ้วจนชิดแล้วคลาย
- ตา แก้ม และจมูก ใช้วิธีหลับตา ย่นจมูกแล้วคลาย
- ขากรรไกร ริมฝีปากและลิ้น ใช้วิธีกัดฟัน เม้มปากแน่นและใช้ลิ้นดันเพดานโดยหุบปากไว้แล้วคลาย
- คอ โดยการก้มหน้าให้คางจรดคอ เงยหน้าให้มากที่สุดแล้วกลับสู่ท่าปกติ
- อก หลัง และไหล่ โดยหายใจเข้าลึกๆ แล้วเกร็งไว้ ยกไหล่ให้สูงที่สุดแล้วคลาย
- หน้าท้องและก้น ใช้วิธีแขม่วท้อง ขมิบกันแล้วคลาย
- งอนิ้วเท้าเข้าหากัน กระดกปลายเท้าขึ้นสูง เกร็งขาซ้ายและขวาแล้วปล่อย

การฝึกเช่นนี้จะทำให้รับรู้ถึงความเครียดจากการเกร็งกล้ามเนื้อกลุ่มต่างๆ และรู้สึกสบายเมื่อคลายกล้ามเนื้อออกแล้ว

2.6.4.2 การฝึกการหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝึกการหายใจเป็นการใช้กล้ามเนื้อกระบังลมบริเวณหน้าท้องแทนการหายใจโดยใช้กล้ามเนื้อหน้าอกเมื่อหายใจเข้า หน้าท้องจะพองออก และเมื่อหายใจออก หน้าท้องจะยุบลง หายใจเข้าลึกๆ และช้าๆ กลั้นไว้ชั่วครู่แล้วจึงหายใจออก ลองฝึกเป็นประจำทุกวัน จนสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ การหายใจแบบนี้จะช่วยให้ร่างกายได้รับออกซิเจนมากขึ้น ทำให้สมองแจ่มใส ร่างกายกระปรี้กระเปร่า ไม่ง่วงเหงาหาวนอน พร้อมเสมอสำหรับภารกิจต่างๆ ในแต่ละวัน

2.6.4.3 การทำสมาธิเบื้องต้น

เลือกสถานที่ที่เงียบสงบ ไม่มีใครรบกวน เช่น ห้องพระ ห้องนอน ห้องทำงานที่ไม่มีคนพลุกพล่าน หรือมุมสงบในบ้าน เพียงจิตใจจดจ่ออยู่กับลมหายใจเข้าออกเท่านั้น อย่าคิดฟุ้งซ่านเรื่องอื่น เมื่อจิตใจแน่วแน่จะช่วยขจัดความเครียด ความวิตกกังวล ความเศร้าหมอง เกิดปัญญาที่จะคิดแก้ไขปัญหาและเอาชนะอุปสรรคต่างๆ ในชีวิตได้อย่างมีสติ มีเหตุมีผล และยังช่วยให้สุขภาพร่างกายดีขึ้นด้วย

2.6.4.4 การใช้เทคนิคความเงียบ

- เลือกสถานที่ที่สงบเงียบ มีความเป็นส่วนตัว และควรบอกผู้ใกล้ชิดว่าอย่าเพิ่งรบกวนสัก 15 นาที
- เลือกเวลาที่เหมาะสม เช่น หลังตื่นนอน เวลาพักกลางวัน ก่อนเข้านอน ฯลฯ
-นั่งหรือนอนในท่าที่สบาย ถ้านั่งควรเลือกเก้าอี้ที่มีพนักพิงศีรษะอย่าไขว่ห้างหรือกอดอก
- หลับตา เพื่อตัดสิ่งรบกวนจากภายนอก
- หายใจเข้าออกช้าๆ ลึกๆ
- ทำใจให้เป็นสมาธิ

ฝึกครั้งละ 10-15 นาที ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง แรกๆ ให้เอานาฬิกามาวางตรงหน้า และลืมตาดูเวลาเป็นระยะๆ เมื่อฝึกบ่อยเข้าจะกะเวลาได้อย่าง

2.6.4.5 การปรับตัวเพื่อส่งเสริมสุขภาพจิต

หาผู้ที่สามารถให้คำปรึกษาได้ อาจเป็นเพื่อน ครอบครัว คนใกล้ชิด ผู้ให้คำปรึกษา (Counselor) หรือจิตแพทย์ หลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากับปัญหาไปสักระยะหนึ่ง พยายามไม่คาดหวังในสิ่งต่าง ๆ มากจนเกินไป หลีกเลี่ยงการเกิดอารมณ์รุนแรง ออกกำลังกายทุกวัน สนใจศึกษาคำสอนของศาสนา ปรับปรุงเรื่องมนุษย์สัมพันธ์

2.6.5 แนวทางการฟื้นตัวจากสภาวะเครียด

Recovery Stress หมายถึงกระบวนการตรงกันข้ามกับกิจกรรมหรือพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเครียดหรือก็คือกระบวนการฟื้นตัวจากภาวะเครียด โดยหลักการพื้นฐานที่ช่วยในการลดความเครียดทั้งทางร่างกาย และทางจิตใจ ก็คือการหลีกเลี่ยงจากสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียด ซึ่งกิจกรรมที่ใช้ในการลดความเครียดนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล บางคนใช้การออกกำลังกายเพื่อลดความเครียดทางจิตใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่บางคนอ่านหนังสือหรือนอนหลับ ถึงแม้ว่ากิจกรรมจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล แต่กระบวนการที่เกิดขึ้นเพื่อคลายเครียดนั้นมีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการคลายเครียดพื้นฐานได้ 4 แบบดังนี้

1.การแยกออกจากสิ่งที่ก่อให้เกิดความเครียดทางจิตใจ (Psychological detachment) คือการหยุดคิดถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับงาน เช่น ปัญหาที่เกิดขึ้นในที่ทำงาน ความสัมพันธ์ในที่ทำงาน หรือโอกาสต่างๆ อันเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความเครียด

2.การผ่อนคลาย (Relaxation) การลดการกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความเครียดและการเพิ่มอารมณ์ในทางบวกเป็นหลักสำคัญในการฟื้นฟูความเครียด เนื่องจากการถูกกระตุ้นให้เกิดความเครียดเป็นเวลานานจะก่อส่งผลต่อสุขภาพจนอาจทำให้เป็นสาเหตุของโรคต่างๆได้ ดังนั้นกระบวนการซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการถูกกระตุ้นเป็นแนวทางที่สำคัญที่จะช่วยในการช่วยฟื้นฟูความเครียด อีกปัจจัยหนึ่งนั่นก็คืออารมณ์เชิงบวกที่เกิดจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความผ่อนคลายซึ่งส่วนมากเป็นกิจกรรมในยามว่าง จะสามารถช่วยลดผลที่เกิดขึ้นจากอารมณ์ในเชิงลบได้

3. ประสบการณ์การเรียนรู้ (Mastery experiences) หมายถึง การทำกิจกรรมอื่นๆที่ไม่เกี่ยวกับงานที่ทำ เป็นการเปิดโอกาสในการเพิ่มประสบการณ์ในด้านอื่นๆและเป็นการสร้างระยะห่างระหว่างสิ่งที่ก่อให้เกิดความเครียดกับบุคคล กิจกรรมเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องยากเกินความสามารถ แต่อาจจะไม่ง่ายจนเกินไปต้องอาศัยความพยายามพอสมควร

4. การควบคุมในช่วงเวลาพัก (Control during leisure time) เป็นการสร้างความพึงพอใจในตัวเองที่ได้ทำงานสำเร็จ โดยความรู้สึกที่ได้ทำกิจกรรมที่เลือกทำในเวลาพักผ่อนสำเร็จจะเป็นตัวส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการฟื้นตัวนั้นดีขึ้น เปรียบได้กับเป็นตัวควบคุมบังคับให้เกิดการฟื้นฟูขึ้น

2.6.5.1 การรับมือกับความเครียด

วิธีการรับมือกับความเครียดนั้นให้ผลแตกต่างกันไปในแต่ละสถาณการณ์ วิธีการเดียวกันอาจให้ผลไม่เหมือนกันหรือไม่ได้ผลเลยก็มี วิธีการจัดการกับความเครียดนั้นมีหลายวิธีเช่น หาต้นตอของปัญหา ปรึกษานักบำบัด ปฏิเสธปัญหาหรือเบี่ยงเบนความสนใจจากปัญหาตรงหน้าไปสู่สิ่งอื่น ดังนั้นสามารถเลือกใช้วิธีการเหล่านี้ร่วมกันในการคลายความเครียด โดยหลักการในการเลือกใช้แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับความเครียด ชนิดของสาเหตุความเครียด ประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการปัญหาของบุคคล เป็นต้น ดังนั้นการนิยามวิธีการรับมือปัญหาอาจกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการจัดการกับความต้องการในด้านความสัมพันธ์กับบุคคล และ สภาวะแวดล้อมที่ส่งเสริมให้เกิดภาวะตึงเครียด โดนกิจกรรมที่เลือกนั้นจะต้องมีความสอดคล้องกันระหว่างความสามารถของบุคคลกับทักษะที่ต้องใช้อาจกล่าวได้อีกอย่างคือกิจกรรมต้องไม่ยากหรือไม่ง่ายจนเกินไป และเป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมาย มีจุดสิ้นสุด จะเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูความเครียดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5.2 แนวคิดการรับมือและการฟื้นฟูตัวเองจากความเครียด

1. การช่วยเหลือตนเอง

- พยายาม คิดคำนึงถึงว่า อะไรที่ทำให้คุณรู้สึก เครียดและอะไรจะช่วยให้คุณ รู้สึกดีขึ้น บางสิ่งบางอย่างคุณก็อาจจะต้อง มานั่งคุย นั่งถกปัญหา กับเพื่อนร่วมงานหรือผู้จัดการของคุณ อย่างไรก็ตามมีหลายวิธี ที่เราจะสามารถ ช่วยตนเองได้ก่อน
- ปรับสิ่งแวดล้อมในที่ทำงาน ให้รู้สึกสบาย ถ้าต้องเข้าไปทำงาน ถ้าไม่สามารถทำได้ ก็ขอความช่วยเหลือ จากบุคลากรที่เกี่ยวข้องในที่ทำงาน
- ลองพยายามพัฒนาความสัมพันธ์ ที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน สิ่งนี้จะช่วยให้เกิด เครือข่ายในการช่วยเหลือ ซึ่งกันและกันในที่ทำงาน
- เรียนรู้ที่จะปฏิเสธรับงาน ถ้าคุณไม่สามารถทำงาน หรือ รับผิดชอบงานพิเศษ นั้นได้ แน่ใจเถอะว่าคุณ สามารถหาคำอธิบาย ได้ว่า ทำไม
- ออกไปเดินเล่น หรือ ออกไปสูดอากาศบริสุทธิ ในช่วงกลางวัน การออกกำลังกายและแสงแดด ดีต่อสุขภาพทั้งทางด้าน จิตใจ และร่างกาย
- กินอาหารให้ครบหมู่ อุดมไปด้วย ผลไม้และผัก ดื่มน้ำให้พอเพียง
- พยายาม อย่าดื่ม แอลกอฮอล์ มากไป การดื่มมากไปจะทำให้คุณรู้สึก แย่ลง และในระยะยาว จะทำให้คุณ เครียดมากขึ้น
- ทำงานตามจำนวนชั่วโมงปกติ และหยุดพัก หรือใช้วันหยุดตามสิทธิที่มี เป็นเรื่องสำคัญที่คนเราจะต้อง หยุดพักการทำงานบ้าง
- รักษาสมดุลของคุณภาพ ของงาน และ ชีวิต อย่าละเลยชีวิตครอบครัว หรือความสัมพันธ์ กับบุคคลอื่นนอกเรื่องงานการ

2. การรักษาด้วยยา

ในบางกรณีซึ่งขึ้นกับความรุนแรงของความเครียด แพทย์อาจจะให้ยาต้านความซึมเศร้ามากิน ถึงแม้ว่ายาต้านความซึมเศร้าจะมีวัตถุประสงค์หลัก ในการรักษาโรคซึมเศร้า แต่แพทย์หลายท่านก็ใช้ยานี้ในโรคหรือภาวะอื่นๆ เช่น ความวิตกกังวลในรูปแบบต่างๆ

3. การรักษาเสริมเพื่อให้สมบูรณ์

การนวดหรือการรักษาด้วยน้ำมันหอมระเหย สามารถช่วยส่งเสริมให้เกิดความผาสุก ทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่รู้สึกสบายๆ ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถผ่อนคลายปัญหา ถึงแม้ว่าแทบจะไม่มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่า การรักษาด้วยน้ำมันหอมระเหย จะมีประสิทธิภาพในการรักษาภาวะความเครียดหรือไม่ แต่ก็พอจะมีรายงานบ้างที่สนับสนุนถึงประโยชน์ของการรักษาแบบนี้ อย่างไรก็ดี การรักษาด้วยน้ำมันหอมระเหย ก็อาจจะไม่เหมาะสมกับทุกๆคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษาเสริมอื่นๆ ที่อาจช่วยเช่น การฝังเข็ม การสร้างมโนภาพในทางดี และการนวดกดจุดตามฝ่ามือ ฝ่าเท้า อย่างไรก็ตามยังไม่มีการวิจัยที่ดีเพียงพอที่จะบอกได้ว่า การรักษาดังกล่าวจะได้ประสิทธิภาพจริงหรือไม่ ควรปรึกษาแพทย์ประจำบ้านของท่านเสมอ ก่อนจะเริ่มการรักษาดังกล่าว

2.7 ออฟฟิศซินโดรม

เป็นกลุ่มอาการที่พบบ่อยในคนวัยทำงานออฟฟิศ เนื่องจากสภาพแวดล้อมในที่ทำงานไม่เหมาะสม การนั่งทำงานตลอดเวลา ไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออักเสบ และปวดเมื่อยตามอวัยวะต่างๆ อาทิ หลัง ไหล่ บ่า แขน หรือข้อมือ ส่วนบางรายที่มีอาการของหมอนรองกระดูกเคลื่อนอยู่แล้ว หากทำงานในอิริยาบถที่ผิดจะทำให้มีอาการรุนแรงมากขึ้น กลุ่มคนทำงานที่มีอายุ 16-24 ปี มีความเสี่ยงของการเกิดภาวะดังกล่าวสูงถึงร้อยละ 55 เนื่องจากต้องทำงานหนัก ประกอบอิริยาบถในการทำงานไม่เหมาะสม ทั้งนั่งหลังค่อม การทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์นานๆ สูงกว่า 6 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่เปลี่ยนอิริยาบถ นอกจากนี้ ปัญหาความเครียดก็ส่งผลต่อการเกิดภาวะนี้ด้วย โดยพบสูงถึงร้อยละ 80 สำหรับประเทศไทยเคยสำรวจในคนทำงานที่สำนักพิมพ์แห่งหนึ่งจำนวน400 คนพบว่าร้อยละ 60 มีภาวะดังกล่าว ไม่เพียงแต่อิริยาบถของคนทำงานที่ไม่เหมาะสม สภาพโต๊ะทำงานยังเป็นปัจจัยสำคัญด้วย ทั้งโต๊ะทำงานที่ไม่เป็นระเบียบไม่สะดวกในการหยิบสิ่งของ เก้าอี้มีลักษณะไม่เหมาะสมคือที่พิงรองรับหลังไประสิทธิภาพ รวมทั้งการกดแป้นคีย์บอร์ดที่ไม่มีตัวรองรับข้อมือ จะทำให้มีการกระดกข้อมือขึ้นลงซ้ำๆ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการอักเสบบริเวณเส้นเอ็น รวมทั้งเกิดภาวะพังผืดหนา ทำให้เกิดอาการชาบริเวณนิ้ว และข้อมือสำหรับผู้ ที่อายุ 25-39 ปี ก็หนีไม่พ้นโรคนี้เช่นกัน ด้วยสภาพการทำงานที่ต้องรีบเร่ง ล้วนมีส่วนทำให้พฤติกรรมของคนเปลี่ยนไป ทั้งการใช้คอมพิวเตอร์วันละหลาย ๆ ชั่วโมง การอดอาหาร อดหลับอดนอนเพื่อให้งานเสร็จ ทำให้ร่างการต้องแบกรับความตรึงเครียดปราศจากการผ่อนคลาย ออฟฟิศซินโดรมประกอบด้วย 10 โรคเบื้องต้นดังนี้

2.7.1 นิ่วในถุง น้ำดี

การกินอาหารที่มีไขมันสูงเป็นประจำอาจก่อให้เกิดนิ่วในถุงน้ำดี ซึ่งมักพบในหญิงที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป คนอ้วนมักเป็นโรคนี้มากกกว่าคนผอม โดยยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลให้เกิดโรคนี้ เช่น กรรมพันธุ์ การอักเสบและการคลั่งของน้ำดีในถุงน้ำดี การทานยาคุมกำเนิดเป็นเวลานาน ๆ โดยเมื่อเป็นนิ่วในถุงน้ำดีแล้ว ถ้าไม่รีบรักษาอาจจะก่อให้เกิดอาการเรื้อรังตามมาได้

2.7.2 กระเพาะ ปัสสาวะอักเสบ

การนั่งทำงานนาน ๆ จนบางครั้งลืมเข้าห้องน้ำ ทำให้ต้องอั้นปัสสาวะเป็นประจำ เป็นสาเหตุของโรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ ซึ่งมักจะเกิดจากเชื้อแบคทีเรียเข้าไปทางท่อปัสสาวะ ทำให้เกิดการอักเสบ โดยโรคนี้พบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย

2.7.3 โรคเครียด นอนไม่หลับ

โรคเครียด เป็นโรคที่มีโอกาสพบได้มากสำหรับคนวัยทำงานเลยทีเดียว ทั้งผู้ที่เริ่มทำงานใหม่หรือทำงานมาแล้วเป็นสิบปี ซึ่งบางคนอาจจะไม่รู้ตัวก็ได้ ว่ากำลังเผชิญอยู่กับภาวะเครียดรุมเร้า วิธีการหลีกเลี่ยงที่ง่ายที่สุดก็คือ พยายามไม่เครียด รู้จักผ่อนคลายเสียบ้าง แค่คุณลองทิ้งงานไปเดินเล่นสัก 10 นาที ก็ถือว่าได้ผ่อนคลายแล้วบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ความดัน โลหิตสูง

เป็นภัยเงียบที่ไม่มีอาการ มักพบเมื่ออายุ 40 ปีขึ้นไป ซึ่งเกิดจากปัจจัยบางอย่าง ได้แก่ การมีประวัติคนในครอบครัวเป็นโรคนี้แบบไม่ทราบสาเหตุ จะมีโอกาสเป็นโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าคนอื่น ๆ ถึง 3 เท่า นอกจากนี้ยังเกิดจากโรคอ้วน ความเครียด การรับประทานอาหารรสเค็ม การสูบบุหรี่ ดื่มเหล้า หรือผู้ที่ทำงานนั่งโต๊ะในสำนักงาน จะมีความเสี่ยงสูงกว่าผู้ที่ทำงานใช้กำลัง ความดันโลหิตสูงไม่ใช่แค่เรื่องความดัน แต่อาจนำมาซึ่งเส้นเลือดแตก อัมพฤกษ์ อัมพาต ไตวาย พิการ และหัวใจวายอีกด้วย

2.7.5 โรคอ้วน

พบว่าโรคอ้วนเป็นกันมากขึ้นในคนวัยทำงาน โดยเฉพาะพวกที่ชอบทำงานไปด้วยรับประทานไปด้วย ไม่มีเวลาออกกำลังกาย ซึ่งผู้หญิงสามารถอ้วนได้ง่ายกว่าผู้ชาย โดยโรคอ้วนยังเป็นบ่อเกิดของโรคสำคัญ ๆ มากมาย เช่น เบาหวาน โรคหัวใจ ไขมันในหลอดเลือดสูง ความดันโลหิตสูง เป็นต้น ผู้ที่เป็นโรคอ้วน ควรดูแลใส่ใจเรื่องอาหารการกินเป็นพิเศษ ควรปรึกษาโภชนากร และควรหาเวลาออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

2.7.6 กรดไหลย้อน

ผู้ที่รับประทานอาหารไม่เป็นเวลา เคี้ยวอาหารไม่ละเอียด เครียดจนอาหารไม่ย่อย และผู้ที่สูบบุหรี่ หรือดื่มเหล้าจัด มักเสี่ยงกับการเป็นโรคกรดไหลย้อน นอกจากนี้ผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้มาเป็น 10 ปี อาจนำไปสู่การเกิดโรคมะเร็งหลอดอาหารส่วนปลายได้อีกด้วย

2.7.7 ปวดหลังเรื้อรัง

การนั่งอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์วันละ 8 ชั่วโมง อาจเป็นสาเหตุสำคัญของอาการปวดคอ บ่า ไหล่ หลัง แขน ขา และสะโพก อันเกิดเนื่องมาจากโรคเกี่ยวกับกระดูกสันหลัง ควรพบแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยและรักษาได้อย่างถูกต้อง

2.7.8 ไมเกรน ปวดศีรษะเรื้อรัง

ในขณะทำงานหากมีภาวะเครียด อาจทำให้มีอาการปวดหัวบริเวณขมับด้านหน้าศีรษะ หรือหลังต้นคอ นั่นคือสัญญาณเตือนให้ถึงสภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคไมเกรน การพักผ่อนไม่เพียงพอ แสงแดด ความร้อน และขาดฮอร์โมนบางชนิดก็เป็นปัจจัยก่อให้เกิดโรคนี้ได้เช่นกัน

2.7.9 มือชา เอ็น อักเสบ นิ้วล็อก

การอักเสบของ ปลอกหุ้มเอ็นข้อมือ เส้นเอ็นนิ้วมือ มีอัตราการเป็นที่สูงขึ้นเนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์ การจับเมาส์ในท่าเดิมนานๆ ทำให้กล้ามเนื้อกดทับเส้นประสาท และเส้นเอ็นจนอักเสบ จนเกิดพังผืดยึดจับบริเวณนั้นเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดอาการปวดของปลายประสาทนิ้วล็อค หรือข้อมือล็อก และในปัจจุบันนี้หนุ่มสาวรุ่นใหม่มักมีอาการเจ็บปวดนิ้วหัวแม่มือ เนื่องมาจากการใช้เครื่อง สมาร์ทโฟนหรือเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ ที่ต้องเกร็งนิ้วเวลากด ทำให้เกิดอาการเส้นเอ็นอักเสบ ปวดตามข้อนิ้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.10 ต้อหิน ตาพร่ามัว

ผู้ที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป มีความเสี่ยงสูงในการเป็นโรคต้อหิน หรือกำลังเป็นโรคนี้โดยไม่รู้ตัว และที่อันตรายที่สุดคือ ถ้าไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้องตาอาจบอดได้ สาเหตุเกิดจากการใช้สายตานาน ๆ การอักเสบ หรือติดเชื้อของกระจกตาของการใส่คอนแทคเลนส์ การที่มีความดันในลูกตาสั้นหรือยาวมาก ๆ ผู้ป่วยโรคต่อมไทรอยด์ และกรรมพันธุ์ ดังนั้นควรตรวจสุขภาพตาเป็นประจำทุกปี เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต้อหินและภัยร้ายต่าง ๆ ในดวงตาก็จะไม่ถามหาอีกด้วย

2.7.11 วิธีการป้องกัน

การวินิจฉัยสาเหตุของออฟฟิศซินโดรม แบ่งเป็น 2 แนวทางคือ รักษาที่สาเหตุทำได้โดยแบบผ่าตัดและไม่ผ่าตัด และอีกแนวทางคือการรักษาเพื่อบรรเทาอาการ เช่น การรับประทานยา การฉีดยา หรืออาจมีการทำกายภาพบำบัดร่วมด้วย อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการป้องกัน ควรทำงานให้ถูกอิริยาบถ โดยเฉพาะเวลานั่งควรให้หลังชิดติดพนัก และอย่าให้หลังงอคอตกเป็นอันขาด นอกจากนี้ยังควรพักสายตาและปรับเปลี่ยนไปทำกิจกรรมอื่นๆบ้าง เพื่อให้กล้ามเนื้อผ่อนคลายและรู้สึกไม่เครียดจนเกินไป

2.7.12 ท่าบริหาร บำบัดโรคออฟฟิศซินโดรม (Office syndrome)

นักวิทยาศาสตร์กายภาพ ระบุว่า ท่าบริหารจัดโครงสร้างและยืดหยุ่นร่างกายอย่างถูกวิธี สามารถช่วยให้บรรเทาอาการปวดเฉพาะส่วนซึ่งเกิดจาก **ออฟฟิศซินโดรม** ได้ ซึ่งท่าบริหารอย่างง่ายที่สามารถนำไปปฏิบัติด้วยตนเอง มีทั้งหมด 6 ท่า ซึ่งจะช่วยเพิ่มสมรรถนะและความยืดหยุ่น รวมถึงผ่อนคลายกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ เช่น คอ ไหล่ สะบัก หลัง และขา

ท่าที่ 1 บริหารต้นคอ เริ่มต้นด้วยการไขว้แขนขวาไปด้านหลัง เอียงคอไปด้านซ้าย แล้วเอื้อมมือซ้ายข้ามศีรษะไปวางแนบด้านข้างของศีรษะด้านขวา แล้วทำเช่นเดียวกันนี้กับอีกข้างหนึ่ง

ท่าที่ 2 บริหารบ่าและไหล่ ยืนตัวตรง ประสานมือเหยียดแขนไปข้างหน้า ก้มศีรษะพร้อมกับยืดตัวไปข้างหน้าเล็กน้อย ค้างไว้แล้วนับ 1-10

ท่าที่ 3 บริหารสะบักและหน้าอก ยืนตัวตรง กางแขนทั้งสองข้างออกในลักษณะตั้งฉาก แล้วค่อยๆ ดึงแขนไปด้านหลัง

ท่าที่ 4 บริหารขาด้านหลังและหลังส่วนล่าง ยืนตัวตรง ชูแขนทั้งสองข้างเหนือศีรษะ แล้วค่อยๆ ก้มตัวลงเอามือทั้งสองข้างวางแนบพื้นหรือแตะปลายเท้า โดยไม่งอเข่า

ท่าที่ 5 บริหารขาด้านหลัง น่อง และหลังส่วนล่าง ทำต่อเนื่องจากท่าที่ 4 โดยยังอยู่ในท่าก้มตัวสอดมือทั้งสองไว้ด้านหลัง หัวเข่า แล้วค่อยๆ งอเข่าทั้งสองข้าง ค้างไว้แล้วนับ 1-10

ท่าที่ 6 บริหารหลังส่วนล่าง ยืนตัวตรง ยกแขนทั้งสองข้างเหนือศีรษะ ประสานมือเอาไว้ แล้วค่อยๆ เอนตัวไปด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ภาวะขาดน้ำ (Dehydration)

ภาวะขาดน้ำ (Dehydration) คือ ภาวะที่ร่างกายสูญเสียน้ำและเกลือแร่บางชนิดจนอวัยวะต่างๆ ไม่สามารถทำงานตามปกติได้ เพราะว่าน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเลือด น้ำย่อย ปกติร่างกายเราจะสูญเสียน้ำประมาณ 10 ถ้วย หรือ2.5 ลิตรทางเหงื่อ ลมหายใจและการขับถ่าย นอกจากน้ำแล้วร่างกายยังเสียเกลือแร่ที่สำคัญเช่น โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต และแมกนีเซียม จึงก่อให้เกิดอาการผิดปกติต่างๆขึ้น เกลือแร่

2.8.1 สาเหตุของภาวะขาดน้ำ

ภาวะขาดน้ำมีกลไกเกิดได้จาก การดื่มน้ำน้อย การเสียน้ำ จากทั้งดื่มน้ำน้อยและเสียน้ำพร้อมๆกัน หรือจากภาวะผิดปกติบางอย่าง หรือจากบางโรค

- การดื่มน้ำน้อย เมื่อร่างกายเสียน้ำมากกว่าปกติ เช่น จากเหงื่อ แต่ดื่มน้ำชดเชยได้น้อย ร่างกายจะเกิดภาวะขาดน้ำได้ เช่น ในหน้าร้อน อาจเกิดภาวะ/โรคลมแดดได้ หรือในภาวะปกติแต่ดื่มน้ำน้อยจนปริมาณน้ำในเลือดไม่พอต่อการคงความดันโลหิต (เลือด) ดังนั้นเมื่อเราเปลี่ยนท่าทางจาก นอน หรือ จากนั่ง เป็นการลุกขึ้นยืนทันที จะก่อให้เกิดภาวะความดันโล หิตต่ำชั่วคราวทันที (วิงเวียน หน้ามืด จะเป็นลม จนเกิดการล้มได้) จากการลดลงของปริมาณการไหลเวียนเลือด เพราะเลือดส่วนหนึ่งไปขังอยู่ที่ขาตามแรงโน้มถ่วงของโลก กลไกนี้ พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ หรือจากการดื่มน้ำน้อยเมื่อมีอาการไข้สูง เป็นต้น
- การเสียน้ำ เป็นกลไกที่เป็นสาเหตุบ่อยที่สุดของภาวะขาดน้ำ ได้แก่ การที่ร่างกายเสียน้ำ ซึ่งมักเกิดร่วมกับการเสียเกลือแร่ โดยสาเหตุที่พบบ่อย คือ จากอาการท้องเสีย นอกจากนั้น เช่น จากอาเจียนมาก เหงื่อออกมาก (เช่น ในฤดูร้อน ในที่แออัด ในสถานที่อบอ้าว) หรือโรคที่เป็นสาเหตุให้ปัสสาวะมากผิดปกติ เช่น โรคไตเรื้อรังบางชนิด โรคเนื้องอกสมองบางชนิด และโรคเบาหวาน
- ทั้งดื่มน้ำน้อยและเสียน้ำพร้อมๆกัน เช่น ในฤดูร้อน หรือ เมื่อมีไข้สูง
- ภาวะผิดปกติบางอย่าง หรือบางโรค ที่ทำให้น้ำและเกลือแร่ในร่างกายซึมออกจากหลอดเลือดเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อหรือ ในช่องต่างๆของร่างกาย น้ำและเกลือแร่ในหลอดเลือดจึงลดปริมาณลง จนส่งผลให้ความดันโลหิตต่ำลง จนก่ออาการจากการขาดน้ำได้ เช่น ในโรคไข้เลือดออกระยะรุนแรง ภาวะติดเชื้อในกระแสโลหิต (ภาวะพิษเหตุติดเชื้อ/ภาวะติดเชื้อในกระ แสเลือด) โรคตับแข็งในระยะมีน้ำในช่องท้อง และภาวะผิวหนังถูกไฟไหม้รุนแรง

2.8.2 อาการของภาวะขาดน้ำ

- ผิวแห้ง ริมฝีปากแห้ง
- หิวน้ำ
- ปัสสาวะน้อยลง
- ไม่มีแรง
- ปวดศรีษะ

ในกรณีผู้ที่ขาดน้ำอย่างรุนแรงจะสังเกตเห็นอาการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระหายน้ำอย่างมาก
- สับสนกระวนกระวาย เด็กอาจจะซึมลง
- ผิวหนัง ปากจะแห้งมาก
- ไม่มีเหงื่อ
- ไม่ปัสสาวะ หรือปัสสาวะออกน้อยมาก
- ตาโหล
- ผิวแห้งสูญเสียความยืดหยุ่น เมื่อเราดึงผิวหนังขึ้นมาผิวจะตั้งได้ดังรูป
- หากเป็นเด็กทารกบริเวณขม่อมจะบุ๋มลง
- ความดันต่ำ ชีพขจรเร็ว
- หายใจเร็ว
- ซึม หรือหมดสติ

2.8.3 ภาวะขาดน้ำรุนแรง

โดยทั่วไป เมื่อได้รับการรักษาทันเวลา ภาวะขาดน้ำมักไม่รุนแรง รักษาแก้ไขได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อปล่อยให้อาการรุนแรงมาก ความรุนแรงจะสูงจนถึงเสียชีวิตได้ นอกจากนั้นความรุนแรงของภาวะขาดน้ำยังขึ้นกับ

สาเหตุ เช่น ถ้าเกิดจากดื่มน้ำน้อย ความรุนแรงก็จะน้อยและขึ้นกับอายุ เช่น ความรุนแรงจะสูงขึ้นในผู้ป่วยเด็ก โดยเฉพาะเด็กอ่อนและเด็กเล็ก รวมทั้งผู้สูงอายุ เพราะเป็นผู้ที่ดูแลตนเองไม่ได้ หรือ ได้น้อย และร่างกายอ่อนแอ จากมีภูมิคุ้ม กันต้านทานโรคต่ำ ผลข้างเคียงจากภาวะขาดน้ำ เมื่อขาดน้ำไม่มาก คือ ภาวะความดันโลหิตต่ำขณะเปลี่ยนท่าทางดังได้กล่าวแล้ว แต่เมื่อขาดน้ำมาก อาจเกิดโรคลมแดด การล้มจากวิงเวียนจากความดันโลหิตต่ำ (อาจเกิดกระดูกหัก หรือ อุบัติเหตุต่อศีรษะได้) หรือ เมื่อความดันโลหิตต่ำมากๆ อาจส่งผลให้เกิดไตวายเฉียบพลันได้

2.8.4 การรักษาภาวะขาด

แนวทางการรักษาภาวะขาดน้ำ ได้แก่ การแก้ไขให้ร่างกายมีน้ำเพียงพอ และให้เกลือแร่สำคัญต่างๆกลับมามีสมดุลตามปกติ ซึ่ง ได้แก่ การดื่มน้ำมากๆเพิ่มกว่าปกติ และ/หรือการดื่มน้ำเกลือแร่ในกรณี เสียเหงื่อ ท้องเสีย หรือ อาเจียน เมื่อมีอาการไม่มาก และยังกิน ดื่มได้ แต่กรณีอาการรุนแรง การรักษาคือ การให้น้ำและเกลือแร่ผ่านทางหลอดเลือดดำ

นอกจากนั้น คือ การรักษาสาเหตุ เช่น การให้ยาปฏิชีวนะเมื่อท้องเสียเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น และการรักษาประคับประคองตามอาการ เช่น การพักผ่อน ให้ยาลดไข้ หรือ ให้ยาบรรเทาอาการคลื่นไส้

2.8.5 การป้องกัน

- รักษาสุขอนามัยพื้นฐาน (สุขบัญญัติแห่งชาติ) ลดโอกาสติดเชื้อทางเดินอาหาร เพื่อลดโอกาสเกิดอาการไข้ ท้องเสีย และคลื่นไส้ อาเจียน
- ดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอในทุกๆวัน อย่างน้อยวันละ 6-8 แก้วเมื่อไม่มีโรคต้องจำกัดน้ำดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดื่มน้ำสะอาดให้มากขึ้น อย่างน้อยวันละ 8-10 แก้ว (หรือให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไป) เมื่อต้องเสียเหงื่อ หรือ เสียน้ำเพิ่มขึ้น เช่น เล่นกีฬา มีไข้ ท้อง เสีย
- หลีกเลี่ยงการอยู่ในที่อบอ้าว หรือ แสงแดดจัด
- ป้องกัน รักษา ควบคุม โรคที่ทำให้มีปัสสาวะมาก เช่น โรคเบาหวาน และ โรคไตเรื้อรัง

2.9 ระบบฝังตัว หรือ สมองกลฝังตัว (Embedded System)

ระบบประมวลผล ที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความ ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งมีความแตกต่างจากระบบประมวลผล (CPU) ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจาก การที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ มีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย จุดประสงค์หลักในการใช้งานระบบฝังตัวคือการควบคุม แสดงผล หรือเสริมการทำงานให้กับอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานแบบ real – time

2.9.1 องค์ประกอบพื้นฐานของของระบบสมองกลฝังตัว

ส่วนประกอบที่เป็นหัวใจสำคัญของระบบ คือ ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นส่วนที่มีหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบ ประกอบด้วย

- MPU (Micro processing Unit) เป็นส่วนที่จะกำหนดความเร็วในการประมวลผล
- แรม (RAM) เป็นหน่วยความจำสำหรับ MPU ให้ทำงานตามโปรแกรม ข้อมูลจะสูญหายเมื่อไม่จ่ายไฟเข้าระบบ
- รอม (ROM) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ไม่มีความจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ ข้อมูลจะไม่หายไปไหน แม้จะไม่จ่ายไฟ จึงมักใช้เป็นที่เก็บคำสั่งขณะเริ่มต้นการทำงานหลังจากเริ่มจ่ายไฟให้ระบบ เช่น ระบบปฏิบัติการ เป็นต้น
- อินพุต (Input) ซึ่งเป็นส่วนรับสัญญาณต่างๆจากการเชื่อมต่อเซนเซอร์หรืออินพุตอื่นๆ โดยจะส่งข้อมูลเหล่านี้ไปในรูปของข้อมูลดิจิตอลให้กับ MPU เพื่อนำไปประมวลผลต่อต่อ โดยทั่วไปเรียกว่าอินพุตพอร์ต ในกรณีที่มีสัญญาณต่างๆ ที่จะต้องผ่านอินพุตพอร์ตเป็นจำนวนมาก จะต้องมีการสวิตช์ระหว่างการอ่านอินพุตพอร์ตแต่ละช่องสัญญาณ ซึ่งต้องมีการปรับจังหวะเวลาให้เข้ากับการทำงานของ MPU ด้วย
- เอาต์พุต (Output) ซึ่งหมายถึงตัวขับเคลื่อน (Actuator) และอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆ ซึ่งเป็นช่องทางออกของสัญญาณที่เกิดจากผลการคำนวณของ MPU โดยมีการเปลี่ยนแปลงของมูลแบบดิจิตอลออกไปยังเอาต์พุตพอร์ต ซึ่งต้องมีการปรับจังหวะเช่นเดียวกับอินพุต

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บัส (Bus) สามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดได้แก่ บัสภายในซึ่งเป็นกลุ่มของสายสัญญาณภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ร่วมกันสำหรับส่งผ่านข้อมูลระหว่าง MPU หน่วยความจำ และอินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน และบัสภายนอกเป็นกลุ่มของสายที่ส่งข้อมูลระว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

2.9.2 ทรัพยากรระบบและการออกแบบระบบสมองกลฝังตัว

โดยทั่วไประบบสมองกลฝังตัวจะประกอบขึนจากทรัยากรระบบเชิงฮาร์ดแวร์ ได้แก่ เอ็มพียู (Micro processing Unit: MPU) หน่วยความจำ อุปกรณ์อินพุต เป็นต้น ทรัยากรระบบเชิงซอฟท์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม ข้อมูล เป็นต้น การออกแบบระบบสมองกลฝังตัว คือ การนำเอาข้อกำหนดเฉพาะด้านความต้องการมาจัดสรรเข้ากับทรัยากรเหล่านั้น ทรัพยากรของระบบประกอบด้วย MPU หน่วยความจำและโปรแกรม เรียกว่า งานหรือแทสค์ ซึ่งระบบสมองกลฝังตัวมักนิยมออกแบบโดยการนำแทคส์ย่อยมารวมกัน เพื่อให้ได้ฟังก์ชันตามข้อกำหนดที่ต้องการ โดยการเลือกแทสค์ใดแทสค์หนึ่งจากแทสค์ที่กำลังทำงานพร้อมกันอยู่ขึ้นมาทำงานนั้น หารระบบต้องตอบสนองความต้องการแทสค์ที่เรียกขึ้นมาใหม่นั้นในเวลาที่กำหนด และเสร็จสิ้นงานภายในเวลาที่กำหนด เรียกแทสค์ที่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาเช่นนี้ว่า เรียลไทม์แทสค์(Real-time task) จากนิยามข้างต้นเราจำเป็ฯต้องระมัดระวังในการออกแบบระบบโดยควรแยกย่อยเป็นแทสค์แต่ละตัวที่มาจากความต้องการ รวมทั้งมีการกำหนดตารางเวลลาหรือลำดับการทำงานระหว่างแทสค์เหล่านั้น โดยคำนึงถึงเซตของทรัยากรเป็นสำคัญด้วย

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นระบบที่ประกอบด้วยหน่วยความจำทั้งแบบชั่วคราว(RAM)และแบบถาวร(ROM) หน่วยประมวลผลและพอร์ตอินพุต เอาท์พุตภายในตัว สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม ระบบอื่นๆตามต้องการได้ จัดเป็นระบบฝังตัวชนิดหนึ่ง

2.10.1 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์

มีเกณฑ์การจำแนกหลายชนิดเช่น จำนวนอินพุตและเอาท์พุต ขนาดของหน่วยความจำชั่วคราว แต่ส่วนมากจะแบ่งตามสถาปัตยกรรม ตัวอย่างที่พบได้ส่วนมากเช่น

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)

2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel,Phillips)

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)

4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7,ARM9 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips, Analog Device, Sumsung, STMicroelectronics)

5. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)

6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Intruments)

8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)

9. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)

10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต RABBIT SEMICONDUCTOR)

11. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

2.10.2 ภาษาที่ใช้ในการเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้ในเบื้องต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์บางตระกูล จะใช้ได้ครบทุกภาษา แต่บางตระกูลจะใช้ได้บางภาษา ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต Software (โดยทั่วไปจะเรียกว่า Editor And Complier) ที่ใช้เขียนภาษาไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ได้แก่

1.ภาษา Assembly

2.ภาษา Basic

3.ภาษา C

4.ภาษา Pascal

2.10.3 การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

นำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

2.10.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงาน ซึ่งมีการพัฒนาแบบ open source มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายในการใช้งานเนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆขึ้นมาสนับสนุนการใช้งาน ด้วยรูปแบบที่ไม่ซับซ้อน รวมถึงมีการพัฒนาแบบ open source คือการเปิดเผยข้อมูลด้าน Hardware และ Software ทำให้มีการนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีราคาไม่แพง มี source code สำเร็จจำนวนมาก ซึ่งเหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด ทั้งแบบดิจิตอลและแบบอนาลอกเพื่อนำไปรับค่าจากอุปกรณ์ตรวจจับ (sensor)แบบต่างๆ รวมไปถึงการควบคุมอุปกรณ์เอาท์พุตต่างๆเช่น หลอดไฟ มอเตอร์ เป็นต้น หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น

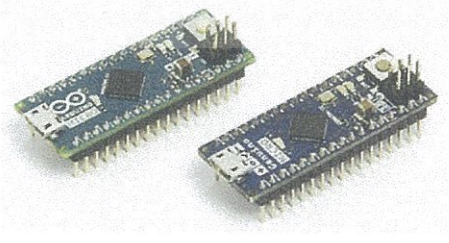
2.10.4.1 รุ่นต่างๆของ Arduino

ปัจจุบันมีผลิตออกมามากกว่า 20 รุ่น โดยมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านขนาด จำนวนพิน ชนิดขของหน่วยประมวลผล รวมถึงคุณสมบัติพิเศษที่เพิ่มเข้ามาเพื่อการทำงานโดยเฉพาะ ซึ่งเพิ่มความสะดวกในการใช้งานยิ่งขึ้น เช่น

Arduino UNO เป็นบอร์ดพื้นฐานที่ใช้งานง่าย สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆได้ เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น

รูปที่ 2.11 Arduino Uno

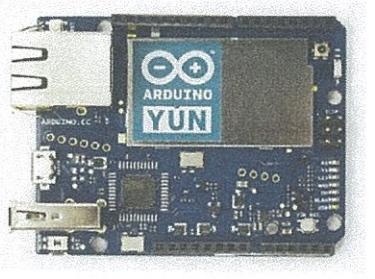
Arduino Micro เป็นบอร์ดขนาดเล็ก มีจำนวนพินที่น้อยกว่ารุ่นอื่นๆ เหมาะสำหรับใช้ในงาน **built-in** ภายในอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด เป็นต้น



รูปที่ 2.12 Arduino Micro

Arduino Yún เป็นบอร์ดที่ถูกเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปภายใน เช่น Ethernet, Wifi, ช่องสำหรับ Micro-SD card เหมาะสำหรับการใช้งานด้าน Internet of Things

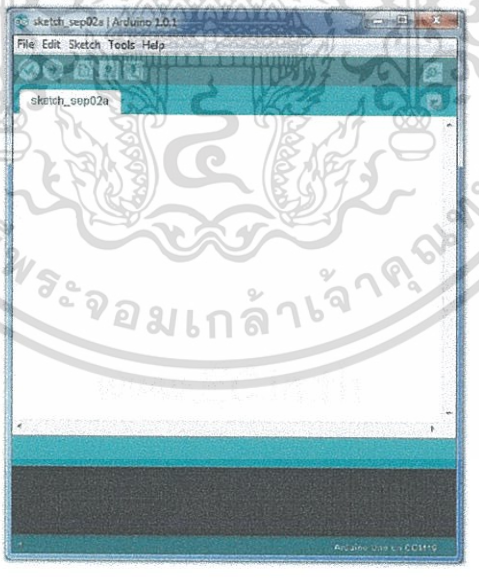
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 Arduino Yún

2.10.4.2 การโปรแกรม Arduino

โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบ open-source ทำให้การเขียนและการอัพโหลดโปรแกรมเป็นไปอย่างง่ายดาย Arduino IDE นั้นสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการทั้ง Windows Mac OS X และ Linux ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือ C++ ที่มีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) เพียงแต่มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนให้ต่างไปจากเดิมเล็กน้อย เพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและเพิ่มความง่าย สะดวกกว่าการเขียนแบบมาตรฐานโดยตรง



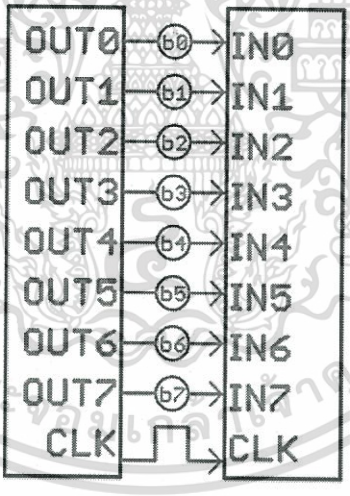
รูปที่ 2.14 Arduino program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

ในการทำงานของระบบฝังตัว(Embedded System) จะต้องมีการทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ชนิดอื่น มีการรับ-ส่งข้อมูล ผ่านโปรโทคอลการสื่อสารซึ่งมีมากมายหลายร้อยชนิด ซึ่งเราสามารถจำแนกออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆคือ การสื่อสารแบบขนาน และแบบอนุกรม โดยการสื่อสารแบบขนานนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลทีละหลายๆบิท ซึ่งจำเป็นต้องใช้สายสำหรับส่งข้อมูลเป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ทีละมากๆ การสื่อสารแบบอนุกรมเป็ฯการส่งข้อมูลทีละบิทผ่านสายเพียงไม่กี่เส้น โดยส่วนมากไม่เกินสี่เส้น การส่งข้อมูลจะทำได้ช้ากว่าแต่ใช้สายน้อยกว่า

รูปที่ 2.15 แสดงการสส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม



รูปที่ 2.16 แสดงสายส่ง (bus) 8 บิท ซึ่งถูกควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรรมแบ่งตามลักษณะการส่งข้อมูล แบ่งออกได้เป็น

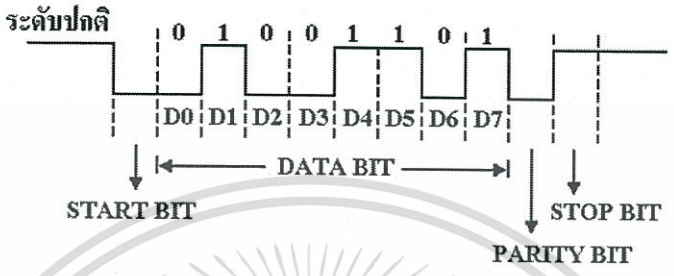
2.11.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส(Synchronous)

เป็นการส่งข้อมูลครั้งละหลายๆไบต์ โดยทำงานร่วมกับสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์ตัวรับและตัวส่งสอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

มีรูปแบบการสื่อสารแบบรับส่งข้อมูลทีละไบต์ นิยมใช้มากในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีหลายโปรโตคอลเช่น Inter-Integrated Circuit (I^2C), Serial Peripheral Interface (SPI), Universal Serial Bus (USB) เป็นต้น



รูปที่ 2.17 แสดงข้อมูล 1 ไบต์ ในการส่งแบบ Asynchronous

แต่ละบิตจะมีความหมายเฉพาะ โดย Start bit จะบอกจุดเริ่มต้นของข้อมูล มีขนาด 1 บิต Data Bit จะแสดงถึงข้อมูลมีได้ 5 ถึง 8 บิต Parity Bit ใช้สำหรับบอกถึงความผิดพลาดของข้อมูล และStop Bit ที่บอกถึงจุดสิ้นสุดของข้อมูล มีขนาด 1ถึง 2 บิต

2.11.3 ความเร็วในการสื่อสาร

หมายถึงจำนวนบิตที่รับส่งต่อวินาที โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 110 150 300 1200 2400 4800 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที ทั้งตัวรับและตัวส่งต้องมีความเร็วในการสื่อสารที่เท่ากัน

2.11.4 ทิศทางของการสื่อสารข้อมูล

สามารถแบ่งทิศทางการสื่อสารของข้อมูลได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แบบทิศทางเดียว (Simplex) เป็นทิศทางการสื่อสารข้อมูลแบบที่ข้อมูลจะถูกส่งจากทิศทางหนึ่งไปยังอีกทิศทางโดยไม่สามารถส่งข้อมูลย้อนกลับมาได้ เช่นระบบวิทยุ หรือโทรทัศน์

2. แบบกึ่งสองทิศทาง (Half Duplex) เป็นทิศทางการสื่อสารข้อมูลแบบที่ข้อมูลสามารถส่งกลับกันได้ 2 ทิศทาง แต่จะไม่สามารถส่งพร้อมกันได้ โดยต้องผลัดกันส่งครั้งละทิศทางเท่านั้น เช่น วิทยุสื่อสาร

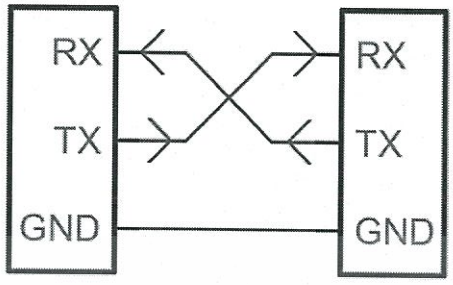
3. แบบสองทิศทาง (Full Duplex) เป็นทิศทางการสื่อสารข้อมูลแบบที่ข้อมูลสามารถส่งพร้อม ๆ กันได้ทั้ง 2 ทิศทาง ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบโทรศัพท์

2.11.5 ลักษณะการเชื่อมต่อของการสื่อสารแบบอนุกรม

บัสแบบอนุกรมประกอบไปด้วยสายเพียงสองเส้นสำหรับส่งข้อมูลและรับข้อมูล ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพินที่ชื่อว่า Tx (transmiiter) และ Rx (Receiver) เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยสายเชื่อมต่อจาก Rx ของอุปกรณ์ตัวแรกจะต้องนำไปเชื่อมต่อกับ Tx ของอุปกรณ์อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

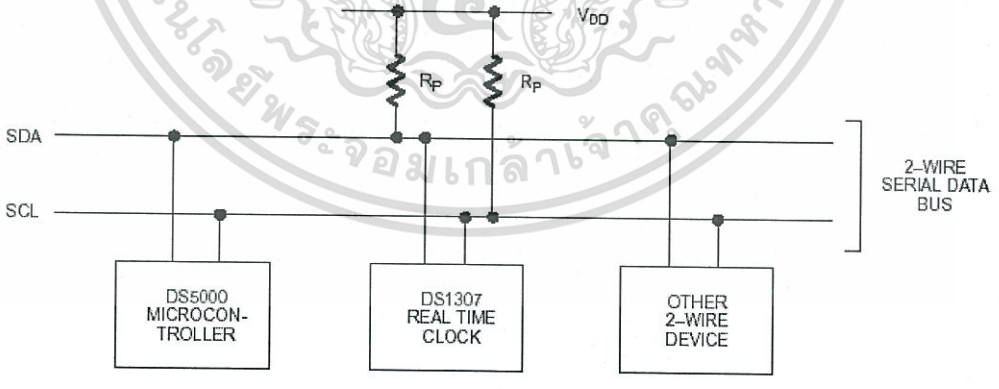
ตัว โดยจะสื่อสารกันแบบ Full duplex คือการส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน หรือแบบ Half duplex คือการส่งแบบผลัดกันส่งข้อมูลไปมา



รูปที่ 2.18 แสดงการเชื่อมต่อกันแบบ อนุกรม

2.11.6 การสื่อสารอนุกรมแบบ I²C (Inter Integrate Circuit Bus)

ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit Bus (IIC) นิยมเรียกสั้นๆว่า I²C bus เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลายๆตัวเข้าด้วยกันได้ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ SCL ,SDA สำหรับติดกับอุปกรณ์แบบ 2 ทิศทาง โดยที่ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทานแบบ pull up 2-10K เนื่องจากเอาต์พุตมีลักษณะเป็น แบบ Open Darin หรือเป็นแบบ Open Collector เพื่อให้เอาต์พุตเชื่อมต่อกันได้หลายตัวดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะการการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I²C BUS

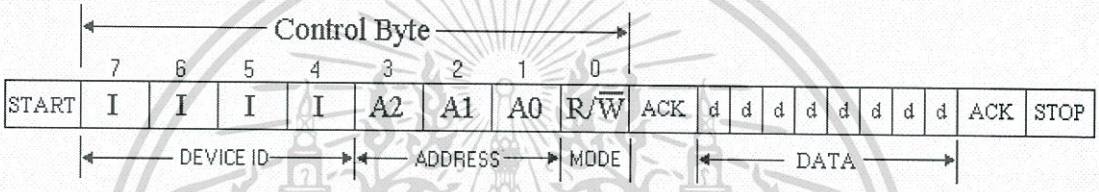
เนื่องจากรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยระบบบัสเช่นนี้ คือใช้สายเชื่อมต่อเพียงสองเส้นแต่สารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลายๆตัวร่วมกันในบัสเดียวได้ จึงนิยมนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากระบบการทำงานของวงจรต้องการให้มีขนาดเล็กและใช้งานได้หลากหลาย จึงมีผู้นำระบบการเชื่อมต่อแบบนี้ไปใช้เป็นมาตรฐานในการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์แต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.6.1 การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์แบบ I²C BUS

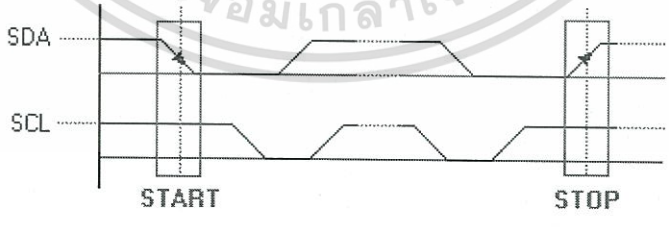
การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I²C BUS ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัส แล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบ ด้วยรหัส ประจำตัวอุปกรณ์ Device ID ,Device Address ,และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ รับทราบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการ จะติดต่อด้วยก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้อง เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการ จะติดต่อด้วยก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้องและเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรเลอร์จะต้องส่ง สถานะสิ้นสุด (STOP Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่า สิ้นสุดการใช้บัส

รูปที่ 2.20 แสดงการการเขียนหรืออ่านข้อมูลแบบ I²C BUS



2.11.6.2 การกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ I²C BUS

ลักษณะการกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ I²C BUS เกิดเมื่อต้องการส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 มาเป็น 0 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1 และเมื่อสิ้นสุดการการใช้บัส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (STOP Conditions) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 0 มาเป็น 1ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1



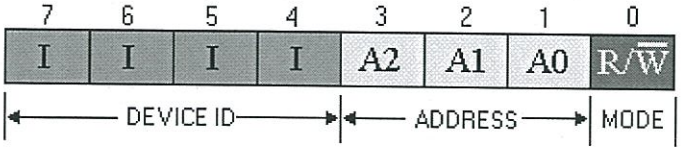
รูปที่ 2.21 แสดงเงื่อนไขการเริ่มและหยุดของ I²C BUS

2.11.6.3 รหัสควบคุมของ I²C BUS (Control Byte)

รหัสควบคุมของ I²C BUS ประกอบด้วยรหัสประจำตัวของอุปกรณ์ (Device ID) ประกอบด้วยบิต 1-7 และบิต 0 เป็นบิตควบคุมการเขียนอ่าน โดย รหัสประจำตัวของอุปกรณ์ ประกอบด้วยรหัสประจำตัวจากผู้ผลิต Product ID 4 บิต (บิต 4-7) ที่เปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้ และ Device Address 3 บิต (บิต 1-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

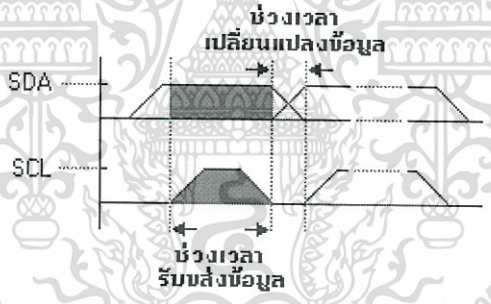
ซึ่งผู้ใช้ สามารถ กำหนด เองได้ รวมแล้วเป็นรหัส 7 บิท ใช้ระบุตัวอุปกรณ์ ที่ต่ออยู่บนบัส จะมีค่าซ้ำกันไม่ได้ สำหรับบิตควบคุมการเขียนอ่าน (Mode) บิต 0 เมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 0 และเมื่อต้องการ อ่านข้อมูล จากอุปกรณ์ ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 1



รูปที่ 2.22 แสดงถึงรหัสควบคุมของ I^2C BUS

2.11.6.3 ช่วงเวลารับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS

ในสภาวะการรับ-ส่งข้อมูล จะกระทำในขณะที่ขา SCL เป็น 1 และการเปลี่ยนแปลงข้อมูล จะกระทำในขณะที่ขา SCL เป็น 0



รูปที่ 2.23 แสดงการรับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS

2.12 การสื่อสารไร้สายแบบ Bluetooth

บลูทูธ (Bluetooth) คือ ระบบการสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กโทนิคแบบสองทาง ที่ใช้เทคนิคการส่งคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) เป็น สื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์ต่างชนิดกัน โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ โดยปัจจุบัน เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายบลูทูธ ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากไม่จำกัดพื้นที่ มิต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นสายสัญญาณ สามารถเชื่อมต่อได้ไกล เช่น การส่งข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องหนึ่งไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกเครื่องหนึ่ง หากส่งผ่านสายสัญญาณ จำเป็นต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์เสริมเพื่อทำให้อุปกรณ์ทั้งสองเชื่อมต่อกันได้ แต่เทคโนโลยีบลูทูธ ช่วยให้การส่งข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองสะดวกขึ้นโดยการส่งผ่านคลื่นวิทยุ

2.12.1 หลักการทำงานของ Bluetooth

ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลที่ใช้เชื่อมต่อ โดยตรงระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้กันชนิดนี้ ในแต่ละเครือข่าย จะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่ง เรียกว่า มาสเตอร์(Master) หรือตัวแม่ข่าย ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและประสานงานให้กับอุปกรณ์ตัวอื่นๆในเครือข่ายเดียวกัน ส่วนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อตัวอื่นๆ เรียกว่า สลาฟ (Slave) หรือตัวลูกข่าย ตามความเหมาะสมซึ่งภายในเครือข่ายจะมีการจัดการกันเองอัตโนมัติด้วยโปรโทคอลมาตรฐาน อุปกรณ์บลูทูธแต่ละตัวจะมีแอดเดรส (Address) หรือการระบุตำแหน่ง ซึ่งเป็นรหัสประจำตัวที่ไม่ซ้ำกับอุปกรณ์ตัวอื่น มีความยาวขนาด 48 บิต เรียกว่า บีดี แอดเดอ (BD_ADDR) ใช้ในการจำแนกอุปกรณ์แต่ละตัวและใช้ในการระบุความถี่ที่ใช้อุปกรณ์นั้นๆ

2.12.2 ความถี่คลื่นวิทยุ

ความถี่มาตรฐานสำหรับเทคโนโลยีบลูทูทประมาณ 2.4 – 2.483 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ซึ่งช่วงความถี่ที่ใช้งานอาจแตกต่างกันบ้างในบางประเทศ เนื่องจากความถี่ที่ใช้สำหรับบลูทูท เป็นความถี่สาธารณะ (Unlicensed frequency) ไม่ต้องขออนุญาตการใช้งานความถี่ดังกล่าวจากหน่วยงานกำหนดหรือจัดสรรความถี่ของประเทศนั้นๆ ทำให้การใช้งานความถี่นี้แออัด อาจถูกรบกวนจากสิ่งต่าง ๆ เช่น คลื่นสัญญาณรบกวนจากเครือข่าย ที่อยู่ใกล้กันได้ง่าย ดังนั้นประสิทธิภาพของการใช้งานบลูทูธจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ จำนวนหรือความหนาแน่นของการใช้งานด้วย

2.12.3 ระยะเชื่อมต่อของบลูทูธ

อุปกรณ์บลูทูธแบ่งออกตามความสามารถในการส่งข้อมูลเป็นสามระดับ
ระดับหนึ่ง (Class 1) สามารถรับส่งข้อมูลในรัศมี 100 เมตร ใช้พลังงานประมาณ 100 มิลลิวัตต์
ระดับสอง (Class 2) สามารถรับส่งข้อมูลในรัศมี 10 เมตร ใช้พลังงานประมาณ 2.5 มิลลิวัตต์
ระดับสาม (Class 3) สามารถรับส่งข้อมูลในรัศมี 1 เมตร ใช้พลังงานประมาณ 1 มิลลิวัตต์

2.12.4 ส่วนประกอบของชุดข้อมูล

ข้อมูลที่รับส่งอยู่ในเครือข่ายบลูทูท ถูกแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยๆ เรียกว่า พีดียู (packet data unit: PDU) ซึ่งประกอบไปด้วย

- รหัสการเข้าถึง (Access Code) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลหมายเลขเครือข่ายและแอดเดรสหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ต้นและปลายทาง มีขนาดยาว 72 บิต
- ส่วนหัว (Header) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูล มีขนาดยาว 54 บิต
- ข้อมูล (Payload) คือข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังปลายทาง มีขนาดระหว่าง 0 – 2745 บิต ขึ้นอยู่กับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.5 อัตราเร็วในการแลกเปลี่ยนข้อมูล

ความเร็วสูงสุดพื้นฐานในการส่งข้อมูลของแต่ละช่องสัญญาณประมาณ 1 เมกกะบิตต่อวินาที (Mbps) ทั้งนี้ความเร็วที่ส่งได้จริงอาจน้อยกว่า เนื่องจากความเร็วบางส่วนจะเสียไปจากการควบคุมและจัดการการส่งข้อมูล นอกจากนี้ผู้ใช้ในแต่ละพิโคเน็ต คงต้องแบ่งความสามารถในการส่งข้อมูลกันด้วย ทำให้ความสามารถในการส่งข้อมูลลดลง

2.12.6 หลักการทำงานของบลูทูธ

2.12.6.1 การส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุด้วยการแผ่สเปกตรัม

กระบวนการส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ผู้ส่งจะส่งข้อมูลบนความถี่ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 7 ช่องสัญญาณ โดยส่งข้อมูลไปบนช่องสัญญาณที่เปลี่ยนไปมาอย่างต่อเนื่องตามลำดับที่ได้กำหนดไว้ ผู้รับก็ต้องรับข้อมูลด้วยลำดับความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ของช่องสัญญาณที่ผู้ส่งส่งมาในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการดักจับข้อมูลจากผู้ใช้อื่น เนื่องจากลำดับความถี่ที่ส่งจะเข้าใจกันระหว่างผู้รับและผู้ส่งเท่านั้น

2.12.6.2 รูปแบบสัญญาณค้นหาอุปกรณ์ (Service discovery protocol)

รูปแบบของสัญญาณที่ใช้ในการค้นหาอุปกรณ์ บลูทูธที่อยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งกระบวนการนี้ เริ่มจากอุปกรณ์บลูทูธ ส่งสัญญาณซึ่งมีรูปแบบที่เข้ากันใจระหว่างอุปกรณ์บลูทูท เมื่ออุปกรณ์บลูทูธอื่น พบคลื่นสัญญาณนี้ ก็จะตอบสนองกลับมา โดยส่งแอดเดรสประจำเครื่อง กลับมาด้วยทำให้อุปกรณ์ทั้งสองสามารถเชื่อมต่อกันได้ในขั้นตอนต่อไป

2.12.7 รูปแบบการสื่อสาร (Application protocol)

คำสั่งหรือกระบวนการที่ถูกใช้โดยโปรแกรมประยุกต์ เพื่อกำหนดขั้นตอน กระบวนการในการรับและส่งข้อมูล ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีความเป็นอิสระ โดยเทคโนโลยีหรือโปรแกรมประยุกต์ทั่วไปสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งระบบบลูทูธได้นำเอาโพรโทคอลเหล่านี้มาใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารชนิดต่างๆ เนื่องจากรูปแบบการสื่อสารจะแตกต่างกันเช่น การเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายบลูทูธระหว่างคอมพิวเตอร์พกพาและเมาส์ (mouse) ใช้โพรโทคอลอาร์เอส - 232 (RS-232) การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์พกพาและเครื่องพีดีเอใช้โพรโทคอลแลกเปลี่ยนอ็อบเจกต์ (Object exchange : OBEX) และการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์พกพาผ่านจุดเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์จัดเส้นทาง (router) ใช้โพรโทคอลจุดต่อจุด (Point to Point protocol : PPP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 จอแสดงผล OLED (Organic Light Emitting Diodes)

OLED คือจอภาพที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงเองได้เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า เรียกว่ากระบวนการอิเล็คโทรลูมิเนเซนส์ (Electroluminescence) โดยที่ไม่ต้องพึ่งพาแสง Backlight และจะไม่มีการเปล่งแสดงในบริเวณที่เป็นภาพสีดำ ส่งผลให้สีดำนั้นดำสนิท จอแสดงผลแบบ OLED มีความบางกว่า LCD รวมทั้งมีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจาก OLED มีโครงสร้างที่แตกต่างจาก LCD โดยโครงสร้างของ OLED นั้นประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่เป็นของแข็ง ทำจากวัสดุอินทรีย์มีทั้งแบบ Polymer และโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งมีความหนาเพียง 100-500 นาโนเมตรเท่านั้น และอาจมีชั้นสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ 2 หรือ 3 ชั้น

2.13.1 ส่วนประกอบจอแสดงผลแบบ OLED

- **Substrate** เป็นชั้นผิวหน้าของจอภาพ อาจทำจากกระจก, ฟลอยด์โลหะ หรือพลาสติกใส ซึ่งหากทำจากฟลอยด์หรือพลาสติกใสจะทำให้ได้จอภาพที่มีความยืดหยุ่นสูง

- **Anode** (ขั้วบวก) ทำด้วยวัสดุโปร่งใส (Indium Tinn Oxide ; ITO) เป็นตัวทำหน้าที่ดึงกระแสอิเล็กตรอน

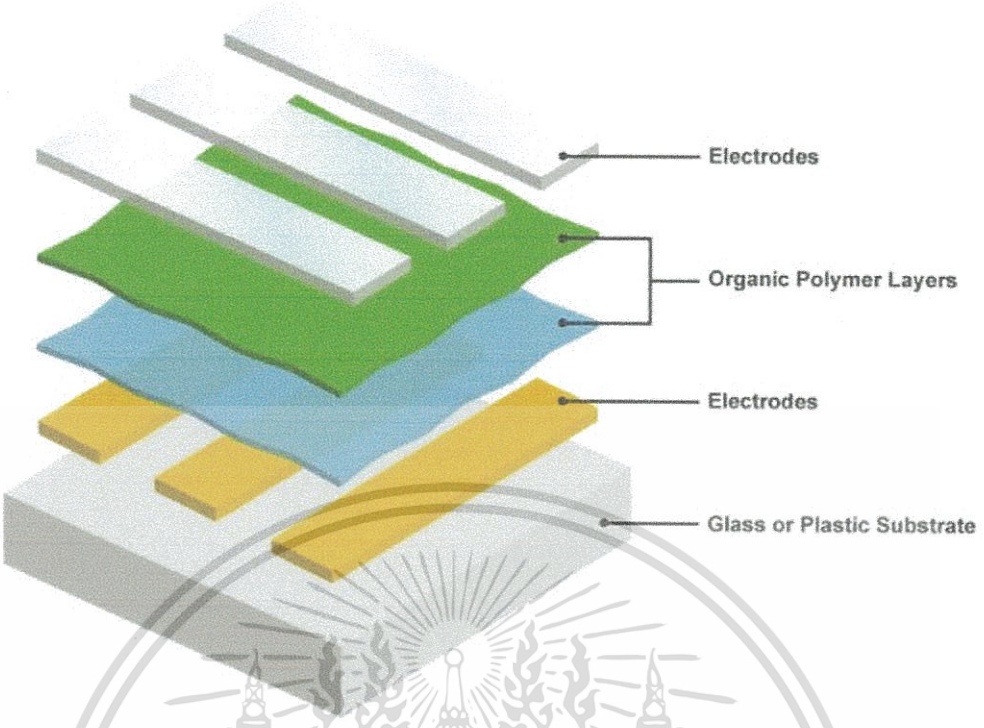
- **Organic Layer** ทำจากสารประกอบอินทรีย์ หรือโพลิเมอร์ของสารอินทรีย์ โดยถูกแบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อยๆ ได้แก่

- **Conducting Layer** ทำจากโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่เป็นสี ทำหน้าที่ส่ง Hole ของอิเล็คตรอนจาก Anode

- **Emissive Layer** ทำจากโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่เป็นสี ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายอิเล็คตรอนจาก Cathode โดยชั้นนี้เป็นชั้นที่ทำให้เกิดการเปล่งแสง

- **Cathode** (ขั้วลบ) อาจทำด้วยวัสดุโปร่งใสหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของ OLED เป็นตัวทำหน้าที่ปล่อยกระแสอีเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงองค์ประกอบของจอแสดงผลแบบ OLED

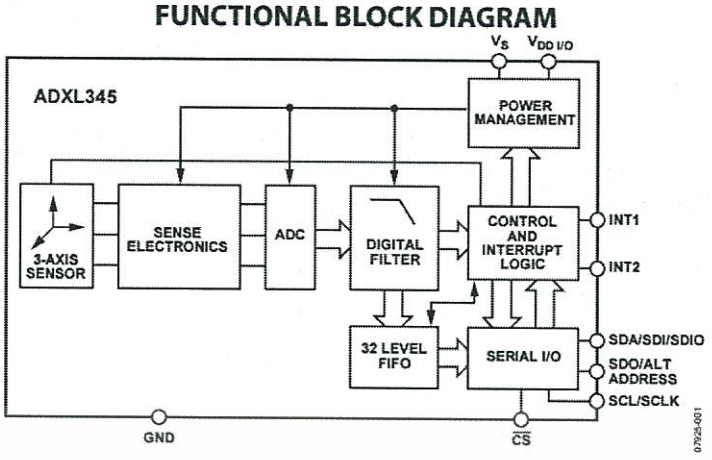
2.13.2 หลักการทำงานจอแสดงแบบ OLED

จอ OLED ได้รับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหรือแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าไหลจาก Cathode ผ่านชั้นสารอินทรีย์ไปยัง Anode โดย Cathode จะส่งอิเล็กตรอนให้ Emissive Layer และ Anode จะทำการดึงอิเล็กตรอนจาก Conductive Layer ทำให้เกิด Electron Holes ขึ้นบนชั้นดังกล่าว ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Electron รวมตัวเข้ากับ Hole ขึ้น ระหว่าง Emissive Layer และ Conductive Layer เนื่องจากอิเล็กตรอนมีระดับพลังงานที่สูงกว่า Holes จึงต้องลดระดับของพลังงานของอิเล็กตรอนลง ด้วยการเปลี่ยนรูปของพลังงานไปเป็นพลังงานแสง เกิดเป็นภาพแสดงขึ้นบนจอ OLED

2.14 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor)

เซนเซอร์วัดความเร่งคือ Sensor วัดความเร่งในแนวแกน x , y , z ด้วยความละเอียดสูง โดยใช้วงจรไฟฟ้าเพื่อให้ผลลัพธ์ทาง Analog หรือ Output Digital ตามชนิดของเซนเซอร์ในการประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดความเร่งสำหรับเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะ Static หรือ Dynamic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเซนเซอร์วัดความเร่ง

2.14.1 การคำนวณเพื่อหาค่ามุม PITCH และมุม Roll จากเซนเซอร์

การคำนวณ roll และ pitch นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของ accelerometer ในงานชิ้นนี้ใช้ accelerometer รุ่น ADXL345 ซึ่งมี Library ที่ช่วยแปลงค่าสัญญาณ analog ที่อ่านได้จากเซนเซอร์ ให้อยู่ในรูปของแรง “g” (หรือความเร่ง) ซึ่งค่าที่ได้นั้นเกิดจากกาคำนวณดังสูตรด้านล่าง

$$G_{acc} = \text{Raw}_{acc} \times \frac{\text{Range}}{2^{\text{resolution}-1}} \qquad (2.1)$$

โดยที่ค่า Range และ resolution เป็นค่าเฉพาะของแต่ละ accelerometer เช่น สำหรับ ADXL345 ค่าทั้งสองนี้คือresolution = 10-bit และRange = +-2 g โดยทั่วไปค่าความเร่งที่วัดได้ในแต่ละแกน (Xg, Yg, Zg) จะมีสัญญาณรบกวนผสมอยู่ จึงควรทำการลดปริมาณสัญญาณรบกวนนี้ออกไปก่อนบ้าง โดยใช้ Low-Pass Filter ดังนี้

$$y(k) = a \times x(k) + (1-a) \times y(k-1) \qquad (2.2)$$

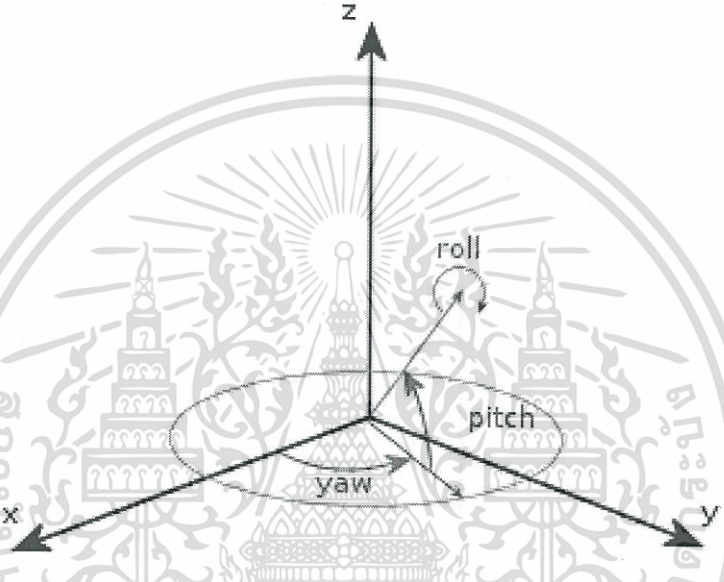
ค่าแอลฟา เป็นค่าคงที่ของ Low pass filter โดยจะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ค่าแอลฟาที่เหมาะขึ้นอยู่กับระบบและรูปแบบการใช้งาน y(k) และ x(k) คือค่าความเร่งหลัง และก่อน filter ตามลำดับ y(k-1) คือค่าความเร่งที่ถูก filter ของ loop ที่แล้ว หลังจากที่ได้ความเร่งที่ถูก filter ของทั้ง 3 แกนมา (fXg, fYg, fZg) จากนั้นสามารถคำนวณหา pitch และ roll ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการสำหรับคำนวณค่ามุม pitch (สมการที่ 2.3) และค่ามุม roll (สมการที่ 2.4) ที่รับค่ามาจากเซนเซอร์วัดความเร่ง

$$\text{pitch} = \arctan\left(\frac{fY_g}{\sqrt{fx_g^2+fZ_g^2}}\right) \tag{2.3}$$

$$\text{roll} = \arctan\left(-\frac{fY_g}{fZ_g}\right) \tag{2.4}$$



รูปที่ 2.26 แสดง มุม pitch และ มุม roll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในวิธีการดำเนินการวิจัยนั้น จำเป็นที่จะต้องแบ่งการดำเนินการตามกลุ่มอาการที่ต้องการทดลองเก็บผล เนื่องจากแต่ละกลุ่มโรคนั้นมีอุปกรณ์และปัจจัยในการตรวจจับที่แตกต่างกัน จึงถูกแยกออกจากกันอย่างสมบูรณ์เพื่อความง่ายต่อการทำความเข้าใจ และชัดเจนของผลการทดลอง.

3.1 ออฟฟิศซินโดรม

ในการออกแบบการทดลองเพื่อการเก็บผลในหัวข้อดังกล่าวนั้น จากการสืบค้าหาข้อมูล และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่าปัจจัยที่บ่งบอกถึงภาวะความเสี่ยงโรคออฟฟิศซินโดรมนั้น เกิดจากการนั่งทำงานหน้าคอมพิวเตอร์เป็นเวลายาวนาน ดังนั้น เป้าหมายในการทดลองคือการหาข้อมูลที่ทำให้สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการทำงานบนโต๊ะทำงานและพฤติกรรมอื่นๆได้

3.1.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

จากการสืบค้าหาข้อมูล และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่าในการนั่งทำงานเป็นเวลานานนั้น ผู้ที่ทำงานจะมีการเคลื่อนไหวของข้อมือที่มีลักษณะเฉพาะตัวอยู่ในช่วงหนึ่งๆ ดังนั้นข้อมูลแรกที่จะทำการเก็บก็คือ การวางมุมของข้อมือนั่นเอง อีกปัจจัยที่ผู้ทำวิจัยสังเกตได้นั่นก็คือ ในการทำงานนั้นผู้ที่ทำงานหน้าคอมพิวเตอร์จำเป็นจะต้องใช้สายตา และสมาธิอย่างมาก ทำให้คาดการณได้ว่าอัตราการกระพริบตานั้นจะต้องลดต่ำลง ดันนั้น ข้อมูลอีกประเภทหนึ่งที่ผู้ทดลองต้องการจะเก็บผลนั่นคือ อัตราการกระพริบตานั่นเอง

3.1.2 เครื่องมือและวิธีการทดลอง

จากหัวข้อก่อนหน้า ทำให้เราทราบถึงข้อมูลที่ต้องการ ในหัวขี้นี้เราจึงจำเป็นที่จะต้องสร้างอุปกรณ์ต้นแบบมาใช้ในการเก็บข้อมูลดังนั้นเครื่องมือมีดังนี้

3.1.2.1 เครื่องมือ

1.สายรัดข้อมือ

สายรัดข้อมือที่สร้างขึ้นนี้ เป็นเพียงอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเท่านั้น โดยเครื่องมือดังกล่าวประกอบไปด้วย Microcontroller AtMega 328 cortex M0 , ADXL345 , Battery เพื่อใช้ในการวัดมุมการวางของข้อมือ คือ Roll และ Pitch เพื่อเก็บข้อมูลหาความแตกต่างได้ง่ายขึ้น .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บการวางของข้อมือ

2. แว่นวัดการกระพริบตา

แว่นตาที่สร้างขึ้นเพียงเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เบื้องต้นใช้ในการเก็บข้อมูลอัตราการกระพริบของดวงตา โดยประกอบไปด้วย อุปกรณ์ดังนี้ Microcontroller Arduino UNO , IR LED Transmitter , IR LED Receiver , LED และ Battery

รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการกระพริบของดวงตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 วิธีการทดลอง

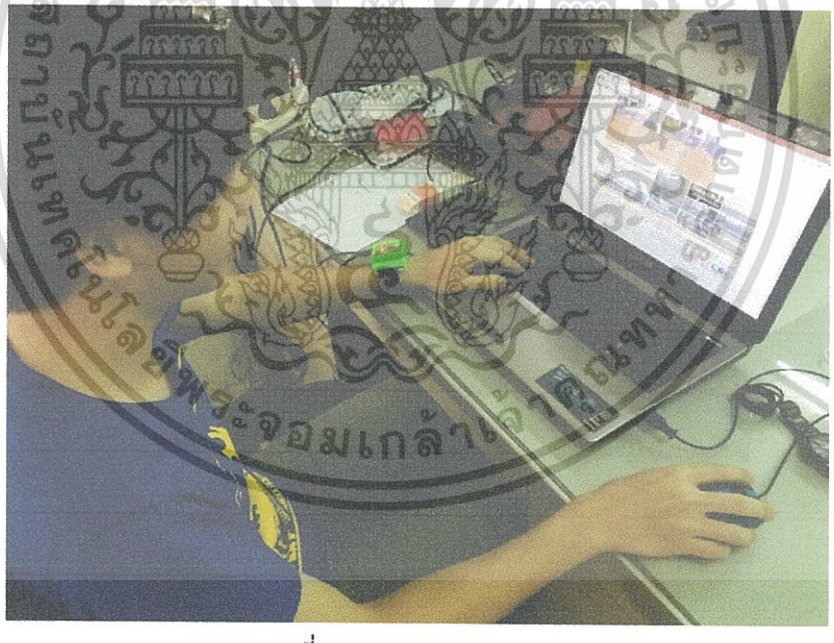
ในการทดลอง ได้ทำการออกแบบการทดลอง คือ การจำลองเหตุการณ์ที่เหมือนกับการทำงานทั่วไปกับคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน โดยให้ผู้ถูกทดลองนำงานที่ตนมี หรือเป็นงานที่ผู้ทดลองได้เตรียมไว้ให้ มาทำพร้อมกับติดอุปกรณ์ที่กล่าวไปก่อนหน้าเพื่อเก็บผลนั้น เป็นเวลา 30 นาที แล้วเก็บข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความแตกต่างกับพฤติกรรมอื่นๆที่เก็บผลไว้เช่นกัน เช่าการยืน หรือเดิน

ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง

1. หาผู้ร่วมการทดลอง ที่สมัครใจ มีสุขภาพร่างกาย และจิตใจที่พร้อม
2. จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมในการทดลอง
3. จัดหาข้อมูลให้ผู้ร่วมทดลองทำ ในขณะที่เก็บข้อมูลอยู่.

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาให้ผู้ถูกทดลองสวมใส่ก่อนที่การทดลองจะเริ่มต้น
2. ผู้ร่วมทดลองจะถูกร้องขอ ให้นั่งทำงานอยู่หน้าคอมพิวเตอร์ โดยอาจทำงานที่ตนมี หรือ งานที่ผู้ทดลองได้จัดเตรียมเอาไว้ เป็นเวลารวมทั้งหมด 30 นาที
3. ในระหว่างการทดลอง จะทำการเก็บผลทั้งการวางข้อมือ และ การกระพริบตา ไปพร้อมๆกัน

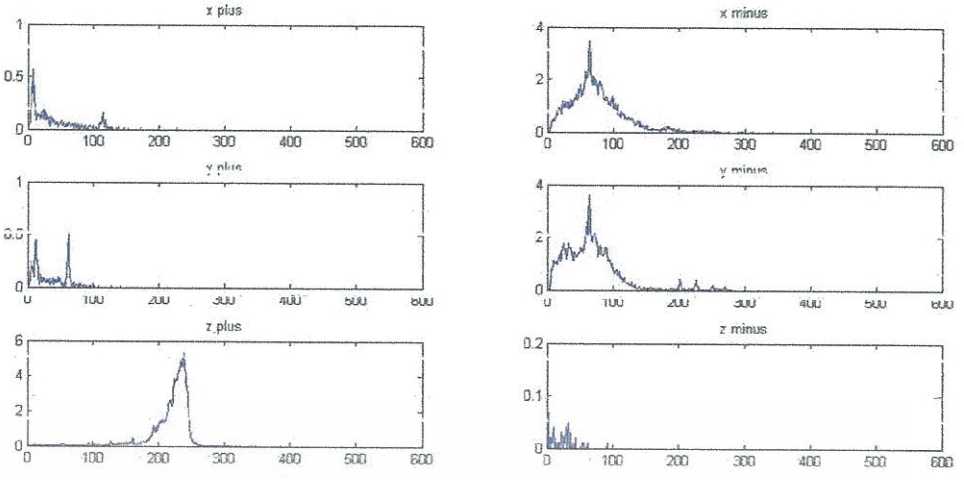


รูปที่ 3.3 แสดงการทดลอง

3.1.2.3 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล

หลังจากการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครแล้ว เราจะนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาแสดงผลด้วย โปรแกรม Matlab เป็นกราฟค่าของมุมการวางมือเพื่อให้ง่ายต่อการวัดผลเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละคน และความแตกต่างของแต่ละพฤติกรรม โดยจะแสดงให้เห็นอย่างละเอียดในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.2 การวัดระดับความเครียด

ในการออกแบบการทดลองเพื่อการเก็บผลในหัวข้อดังกล่าวนั้น จากการสืบค้าหาข้อมูล และการวิเคราะห์ของผู้ทำงานวิจัย พบว่าปัจจัยที่บ่งบอกถึงภาวะความเสี่ยงโรคเครียดนั้น เกิดจากการการที่จิตใจมีความรู้สึกกังวลถึงความไม่แน่นอน ความเครียด การตื่นเต้น และอยู่ในภาวะที่มีความอึดอัด เป็นต้น ดังนั้นผู้ทดลองจึงออกแบบการทดลอง โดยสร้างสถานการณ์ที่คาดว่าทำให้เกิดความเครียดขึ้น แล้ววัดพารามิเตอร์ที่สนใจ คือ อัตราการเต้นของหัวใจ แล้ว สัญญาณคลื่นสมอง เพื่อหาความแตกต่างจากลักษณะปกติที่เกิดขึ้น ในระหว่างมีความเครียด

3.2.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

จากการค้นคว้าหาข้อมูล การจำแนกภาวะความเครียดนี้ เราพบว่าความเครียดที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากสมองโดยตรง นอกจากนั้นยังอาจส่งผลกระทบไปสู่ระบบอื่นๆในร่างกายได้อีก อาทิเช่น ระบบไหลเวียนเลือด ระบบกานเต้นของหัวใจ ระบบประสาทอัตโนวัติต่างๆเป็นต้น ดังนั้นจากการปรึกษากันของผู้ทดลองแล้ว ได้คัดเลือกปัจจัยที่ต้องการจะศึกษา และคาดว่าจะเห็นความแตกต่างได้ โดยการตัดสินใจนั้นได้ ให้ความสำคัญถึงการปรับใช้ได้ในชีวิตจริง ตลอดจน ลดอุปกรณ์ที่อาจจะไม่เกี่ยวเนื่องกับการทดลองหัวข้อก่อนหน้า เพื่อ ลดภาระในการใช้อุปกรณ์จำนวนมาก เพื่อตอบสนองการใช้งานจริงให้ได้มากที่สุด ดังนั้นในการวัดความเครียดนี้ จึงเลือกการวัดจาด คลื่นไฟฟ้าจากสมอง (EEG) ซึ่งคาดการณ์ได้ว่าจะให้ผลที่ชัดเจนแม่นยำ นอกจากนั้นยังวัด อัตราการเต้นของหัวใจ และ อัตราการกระพริบตาร่วมด้วย เพื่อหาความสอดคล้องของข้อมูล โดยในการใช้จริงอาจไม่จำเป็นต้องวัดข้อมูลทั้งหมด อาจเลือกมาเพียงบางพารามิเตอร์ที่ง่ายต่อการใช้ และมีความแม่นยำเพียงพอ

3.2.2 เครื่องมือและวิธีการทดลอง

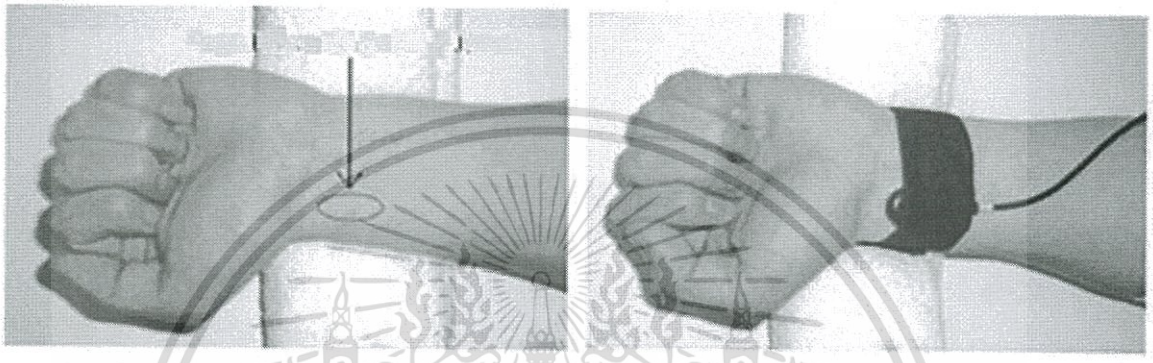
จากหัวข้อก่อนหน้า ทำให้เราทราบถึงข้อมูลที่ต้องการ ในหัวขี้นี้เราจึงจำเป็นที่จะต้องสร้างอุปกรณ์ต้นแบบมาใช้ในการเก็บข้อมูลดังนั้นเครื่องมือมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 เครื่องมือ

1.เครื่องมือวัด อัตราการเต้นของหัวใจ

เครื่องวัดนั้นประกอบไปด้วย Pulse sensor , Microcontroller , สายรัดข้อมือ โดยเครื่องมือนั้นจะทำหน้าที่ วัตรอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านการไหลของเส้นเลือดที่ข้อมือ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นนำข้อมูลอนาลอกที่ได้มาประมวลผล และเก็บข้อมูลผ่าน Matlab เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

2.หมวกวัด คลื่นสมอง และ อัตรากระพริบตา

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดคลื่นสมองและอัตราการกระพริบ

3.2.2.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ เราได้ทำการออกแบบ โดยการจำลองสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความเครียดขึ้นมาผ่านการดูวีดีโอที่ทำให้มีความรู้สึกเครียด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดการทดลองให้ใช้เวลาในการทดลองเก็บข้อมูลทั้งสิ้นเป็นเวลา 15 นาที เนื่องจาก หากใช้ระยะเวลาที่มากจนเกินไปจะทำให้ อาสาสมัครไม่มีสมาธิอยู่กับการทดลอง และทำให้การทดลองไม่ได้ผลการทดลองที่แท้จริง

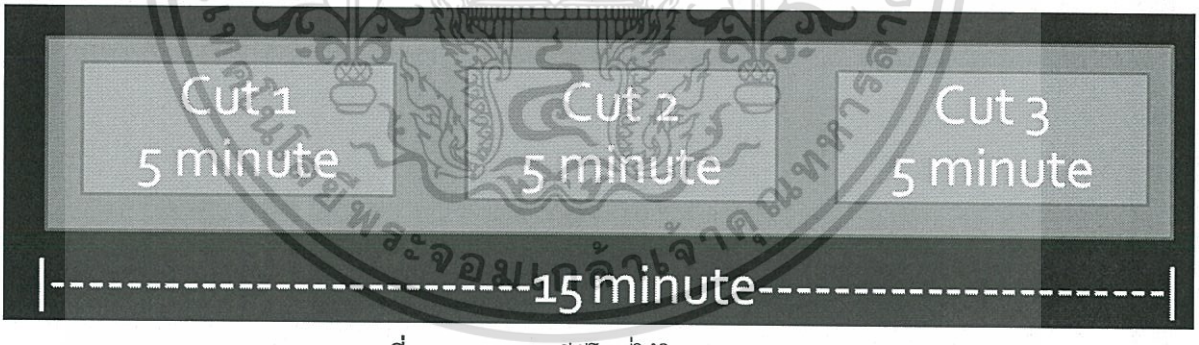
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 ช่วงสั้นๆ คือ ช่วงละ5นาที โดยทำการคัดเลือกวีดีโอที่มีความแตกต่างกัน คือ

2.1 ในช่วง 5 นาทีแรก จะให้อาสาสมัครดูวีดีโอที่ทำให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลาย โดยเป็นวีดีโอภาพวิวธรรมชาติ และมีเพลงบรรเลง ที่นิยมใช้ในการสร้างความสงบให้กับสมอง เช่น ซิมโฟนี่ เป็นต้น เพื่อทำให้อาสาสมัครที่อาจจะผ่านกิจกรรมก่อนการรับการทดลองนั้น กลับสู่ความสงบเหมือนกันทุกคน ก่อนที่จะวัดความเครียด ที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นยังนำข้อมูลนี้เป็นตัวเปรียบเทียบความแตกต่างกับเวลาเครียดได้อีกด้วย

2.2 ในช่วง 5 นาที ถัดมา จะเป็นภาพยนตร์สั้นสยองขวัญ เพื่อทำให้อาสาสมัครนั้นเกิดภาวะความเครียดขึ้นมา โดยวีดีโอที่เลือกมานี้เป็นหนังสั้นที่ได้รับรางวัล”ภาพยนตร์สั้นสยองขวัญแห่งปี 2012”

2.3 5นาทีสุดท้ายจะเป็นการทำให้อาสาสมัครกลับเข้าสู่สภาวะสงบอีกครั้งเพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่างกับก่อนหน้าโดยรูปแบบวีดีโอนั้นเหมือนกับช่วง 5 นาทีแรกนั้นเอง



รูปที่ 3.7 รูปแบบวีดีโอที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง

1. หาผู้ร่วมการทดลอง ที่สมัครใจ มีสุขภาพร่างกาย และจิตใจที่พร้อม
2. จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมในการทดลอง
3. จัดหาข้อมูลให้ผู้ร่วมทดลองทำ ในขณะที่เก็บข้อมูลอยู่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

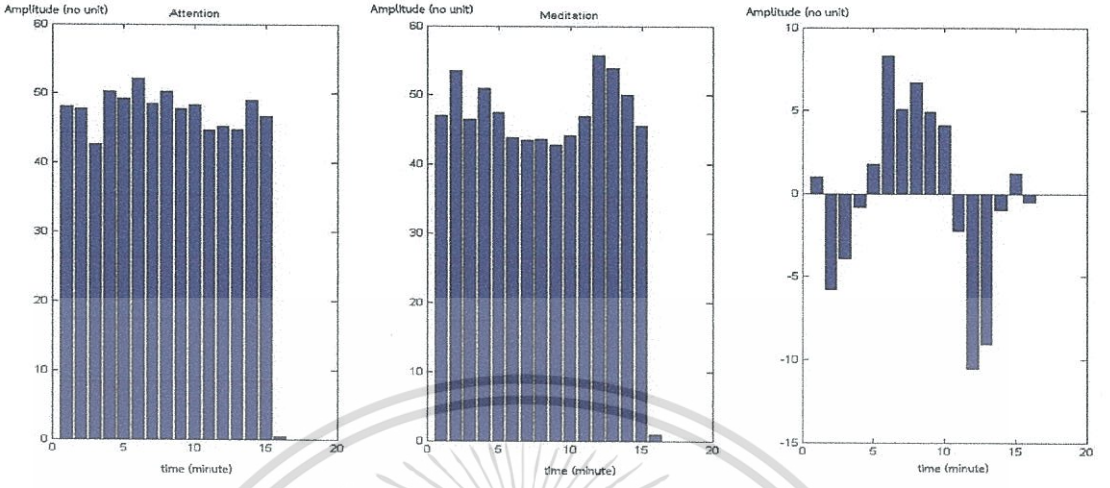
1. นำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาให้ผู้ถูกทดลองสวมใส่ก่อนที่การทดลองจะเริ่มต้น
2. ผู้ร่วมทดลองจะถูกร้องขอ ให้นั่งทำงานอยู่หน้าคอมพิวเตอร์ โดยอาจทำงานที่ตนมี หรือ งานที่ผู้ทดลองได้จัดเตรียมเอาไว้ เป็นเวลารวมทั้งหมด 30 นาที
3. ในระหว่างการทดลอง จะทำการเก็บผลทั้งการวางข้อมือ และ การกระพริบตา ไปพร้อมๆกัน

รูปที่ 3.8 ลักษณะของห้องที่ใช้ในการทดลอง

3.2.2.3 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล

หลังจากการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครแล้ว เราจะนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาแสดงผลด้วย โปรแกรม Matlab เป็นกราฟค่าของข้อมูลทั้งหมดเพื่อให้ง่ายต่อการวัดผลเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละคน และความแตกต่างของแต่ละภาวะจิตใจ โดยจะแสดงให้เห็นอย่างละเอียดในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รูปแบบข้อมูลที่ได้จากการทดลองภาวะเครียด

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องมือ

หลังจากการเก็บข้อมูลที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการออกแบบ และสร้างเครื่องมือให้ตอบสนองต่อการใช้งานในชีวิตประจำวันได้ และสามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย ดังนั้น การสร้างเครื่องมือสุดท้ายนี้ จึงแบ่งหัวข้อย่อยๆตามงานการออกแบบเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังนี้

3.3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

เป็นส่วนของการนำอุปกรณ์ ที่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันให้มีการทำงานได้ตามที่ต้องการ ตลอดจนสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก ซึ่ง แยกออกเป็นสองส่วน โดยอุปกรณ์ทั้งสองจะทำงานร่วมกันเพื่อ ตรวจจับความเสี่ยงที่จะเกิดอาการ ออฟฟิศซินโดรม และ ภาวะความเครียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.1.1 หมวกวัดคลื่นสมอง

เป็นอุปกรณ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าของสมอง โดยงานชิ้นนี้ใช้ Neurosky Mindwave สำเร็จรูปทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ดังกล่าวได้ทำการอธิบายไปแล้วในบทที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 หมวกวัด EEG

3.3.1.2 นาฬิกาวัดสัญญาณ

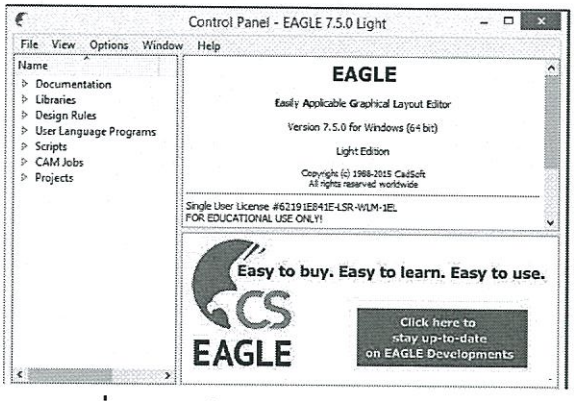
ในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวขึ้นมาให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตลอดจนครอบคลุมงานที่ทำทั้งหมด ทำให้มีรายละเอียดอยู่หลากหลาย ดังจะอธิบายดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงวัสดุอุปกรณ์ของนาฬิกาวัดสัญญาณ

อุปกรณ์	จำนวน	การทำงาน
Atmega 328P	2	เป็นหน่วยประมวลผลทั้งหมดของการทำงาน
Bluetooth HC05	1	รับค่าจากหมวกวัด EEG มาประมวลผล
Tact Switch	2	สำหรับสื่อสารกับผู้ใช้งาน
Slide Switch	1	เปิด-ปิดนาฬิกาวัดสัญญาณ
Micro USB female	2	อัพโหลดโปรแกรม และ ชาร์จแบตเตอรี่
Li-Po Battery	1	แหล่งพลังงานของนาฬิกาวัดสัญญาณ
ADXL 345	1	วัดค่ามุมแบบ3แกน
OLED Display	1	แสดงผลและแจ้งเตือน
R 1005 10k	4	เป็นส่วนประกอบการทำงาน
C 1005 0.1Uf	2	เป็นส่วนประกอบการทำงาน

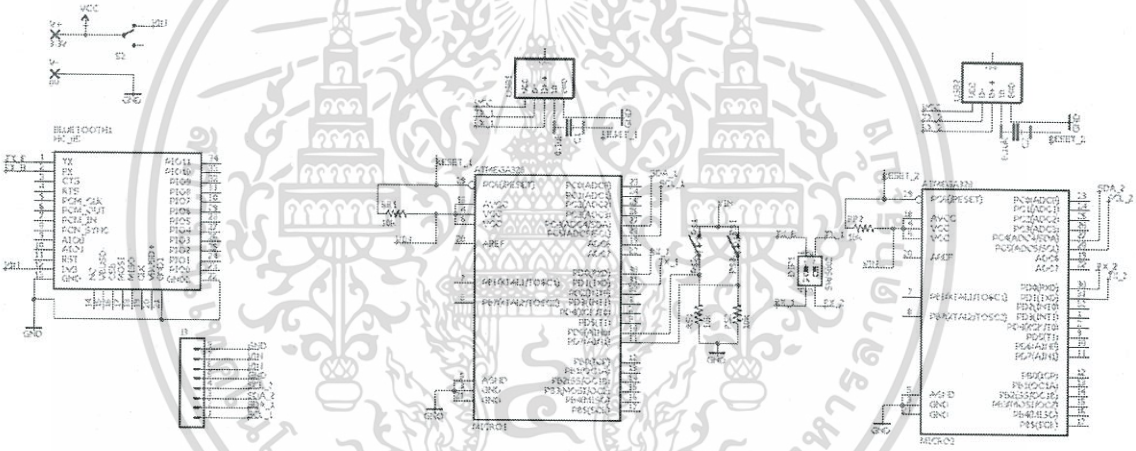
หลังจากทราบอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการสร้างทั้งหมดแล้ว กระบวรการถัดมาคือการสร้างอุปกรณ์ และออกแบบวงจร โดยหลังจากการทดสอบการใช้งานแล้ว จึงนำการต่อวงจรทั้งหมดมาลงสู่โปรแกรม Eagle7.5.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการออกแบบลายวงจร ตลอดจนจำลองการทำงานของวงจรด้วย ซึ่งก่อนการใช้งานนั้นจำเป็นจะต้อง จัดเตรียมไลบารี่ของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยสามารถหาได้ทั่วไปบนอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 หน้าต่างโปรแกรม Eagle7.5.0

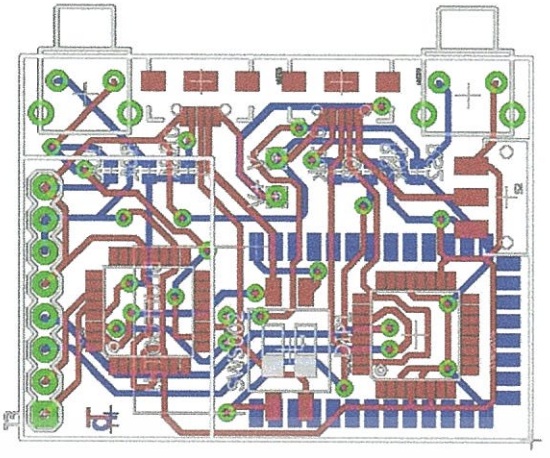
เมื่อเตรียมทุกอย่างครบแล้วถัดมาคือการนำอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกันโดยได้ทำการวาดตามรูปแบบที่ได้ทำการทดสอบไว้ก่อนแล้ว จะมี Schematic ดังแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 3.12 Schematicsของนาฬิกาวัดสัญญาณ

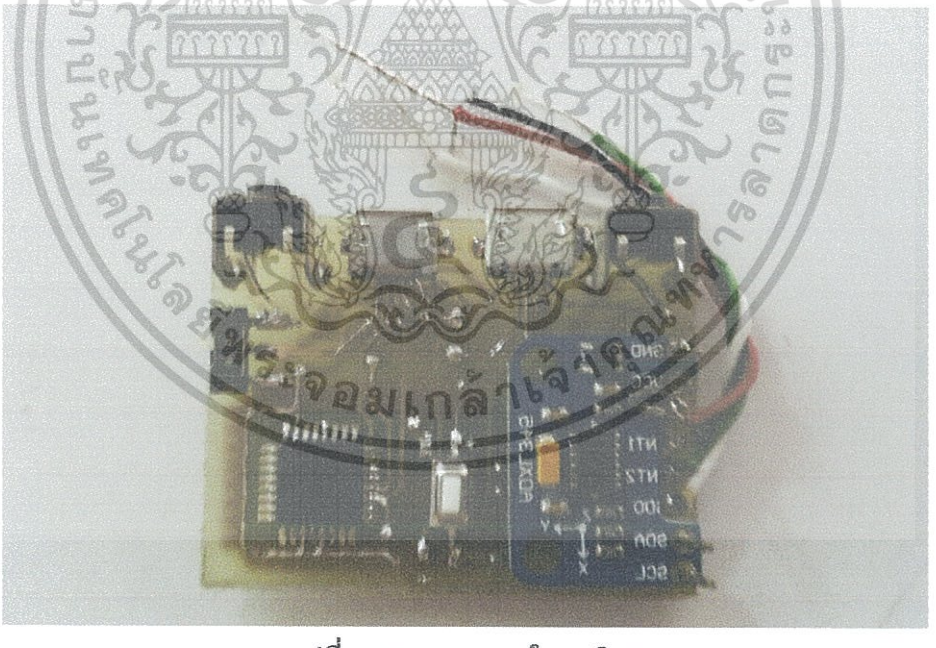
หลังจากวาดลายได้อย่างถูกต้องครบถ้วนแล้ว ขั้นตอนถัดมาที่มีความสำคัญไม่แพ้กันคือการสร้างลายวงจรตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยออกแบบลายไว้ในรูปแบบ 2ด้านโดยสีแดงจะเป็นด้านหน้า และ สีน้ำเงินจะเป็นด้านหลัง และทำวงจรออกมาโดยมีขนาด3.5x4 เซนติเมตร ดังแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



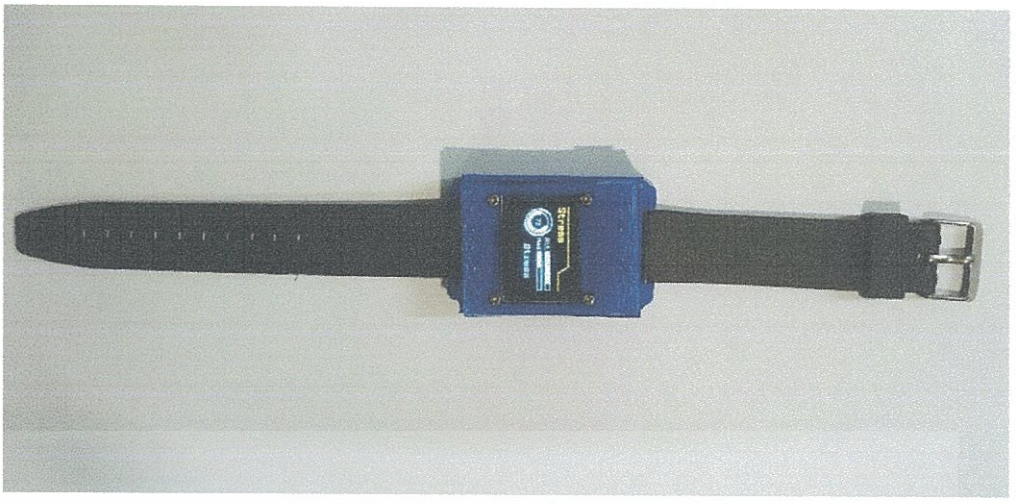
รูปที่ 3.13 ลายวงจรของนาฬิกาวัดสัญญาณ

เมื่อทำการออกแบบลายวงจรได้ตามที่ต้องการแล้วขั้นตอนถัดมาคือการกัดปริ้นท์ลายวงจร PCB เมื่อได้วงจรที่ต้องการแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อของวงจรที่ได้กับวงจรที่ออกแบบนั้น ว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์ หากถูกต้องแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการสุดท้ายคือการบัดกรีอุปกรณ์ที่มีทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่3.1 จึงจะเสร็จสิ้น โดยอุปกรณ์ที่ได้จะเป็นดังนี้



รูปที่ 3.14 วงจรภายในนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 นาฬิกาที่พร้อมใช้งาน

3.3.2 ส่วนของซอฟแวร์

มีความสำคัญอย่างมากในการใช้งาน เนื่องจากหลังจากฮาร์ดแวร์ที่มีความพร้อมแล้ว เมื่อได้รับข้อมูลที่เราต้องการทั้งหมดแล้ว จะต้องนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผลเพื่อตรวจหาความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ตลอดจนพัฒนาอุปกรณ์ให้มีการทำงานให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงได้อย่างง่ายดาย ดังนั้นจึงแบ่งย่อยได้ดังนี้

3.3.2.1 อัลกอริทึม ออฟฟิศซินโดรม

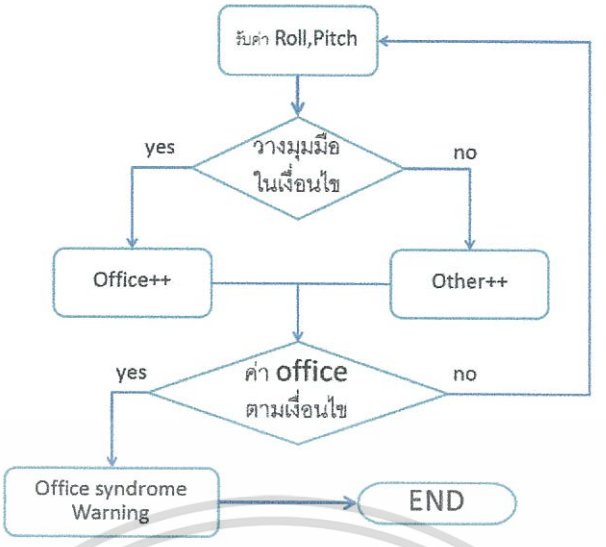
สำหรับออฟฟิศซินโดรมนั้น พารามิเตอร์ที่เราใช้ในการตรวจวัดนั้น คือ ค่าการวางมุมของข้อมือ ซึ่งประกอบไปด้วย Roll และ Pitch ซึ่งได้จากการแปลงข้อมูลที่ได้จาก ADXL345 ซึ่งเป็นโมดูลที่มีค่าการวัดแกนใน 3 แกน ดังนี้

$$\boldsymbol{roll = tan^{-1}\left(\frac{-y}{z}\right) * 180/\pi} \quad (3.1)$$

$$\boldsymbol{Pitch = tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) * 180/\pi} \quad (3.2)$$

หลังจากทำการแปลงข้อมูลแล้ว เราจะนำค่าที่ได้มาคำนวณ พร้อมกับการเก็บค่าชั่วคราว เพื่อทำการวัดความเสี่ยงที่อาจจะเกิด “ออฟฟิศซินโดรม”

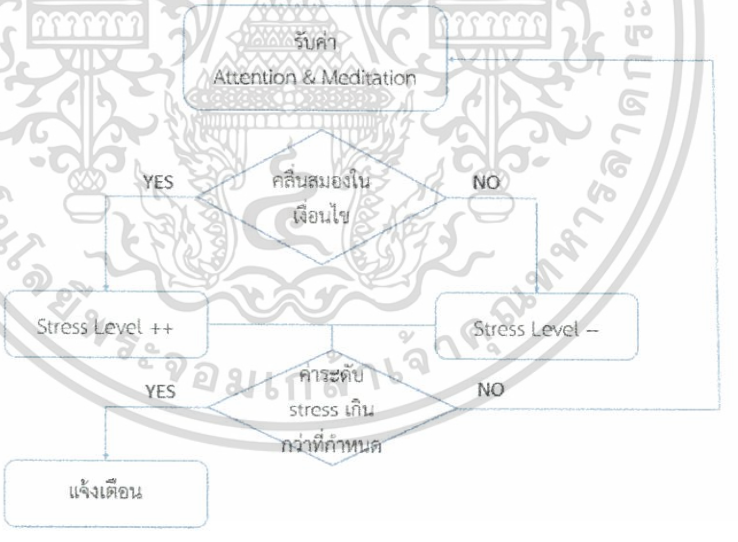
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โครงสร้างการตรวจวัด ออฟฟิศซินโดรม

3.3.1.3 อัลกอริทึม ภาวะความเครียด

ในการตรวจวัดระดับความเครียดนั้น จะรับข้อมูลมาจากหมวกวัด



รูปที่ 3.17 โครงสร้างการตรวจวัด ออฟฟิศซินโดรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

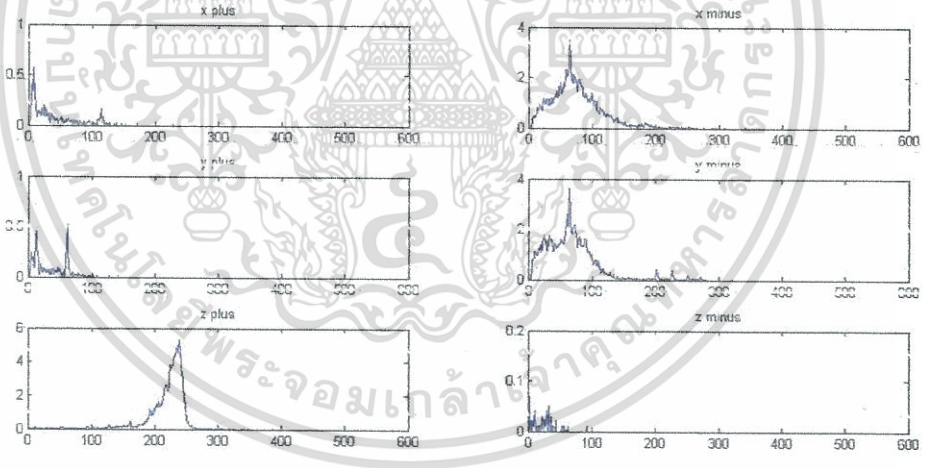
จากการทดลองที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ทำให้ได้ผลการทดลองเป็นสองส่วน ตาม กลุ่มของโรคดังนี้

4.1 ผลการทดลองของออฟฟิศซินโดรม

ในการทดลองของโรคออฟฟิศซินโดรมนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตรวจสอบการวางมุมของข้อมือ นอกจากนั้น ยังได้ทำการวัดอัตราการกระพริบของดวงตาเพื่อหานัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับโรคออฟฟิศซินโดรม.

4.1.1 ผลการทดลองวัดมุมของข้อมือ

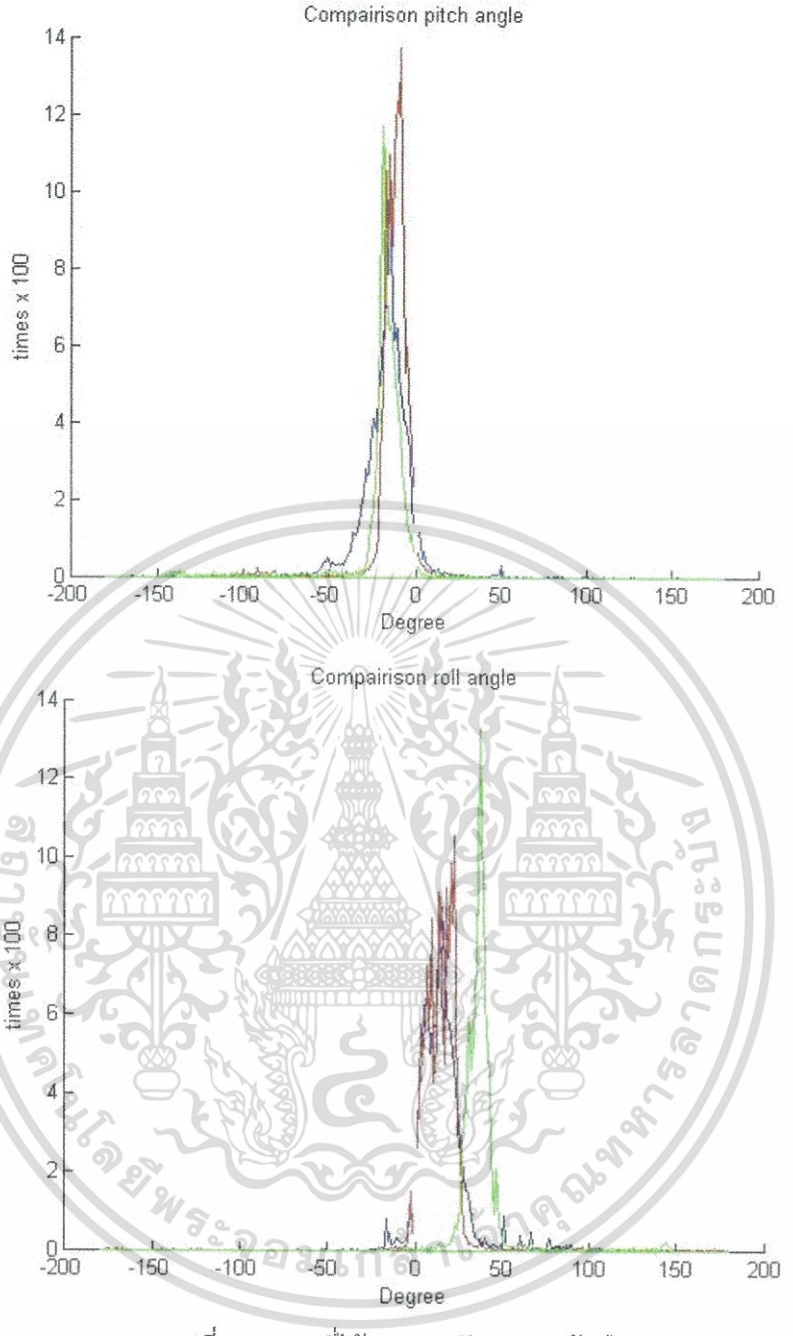
จากการทดลอง การวัดมุมของข้อมือจะได้ผลการทดลองออกมาเป็นจำนวนครั้งที่วัดมุมนั้นๆได้ในเวลา 30นาทีแสดงด้วยแกน y ส่วนแกน X จะแสดงมุมของข้อมือ ดังรูป



รูปที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดลองวัดมุมของข้อมือ

หลังจากได้ข้อมูลดิบมาแล้วขั้นตอนถัดมา คือการนำข้อมูลมาเรียบเรียงใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจมากขึ้น โดยแกน y ส่วนแกน X จะแสดงมุมของข้อมือ -180 ถึง 180 องศา โดยแบ่งกราฟออกเป็น roll และ pitch ดังรูป

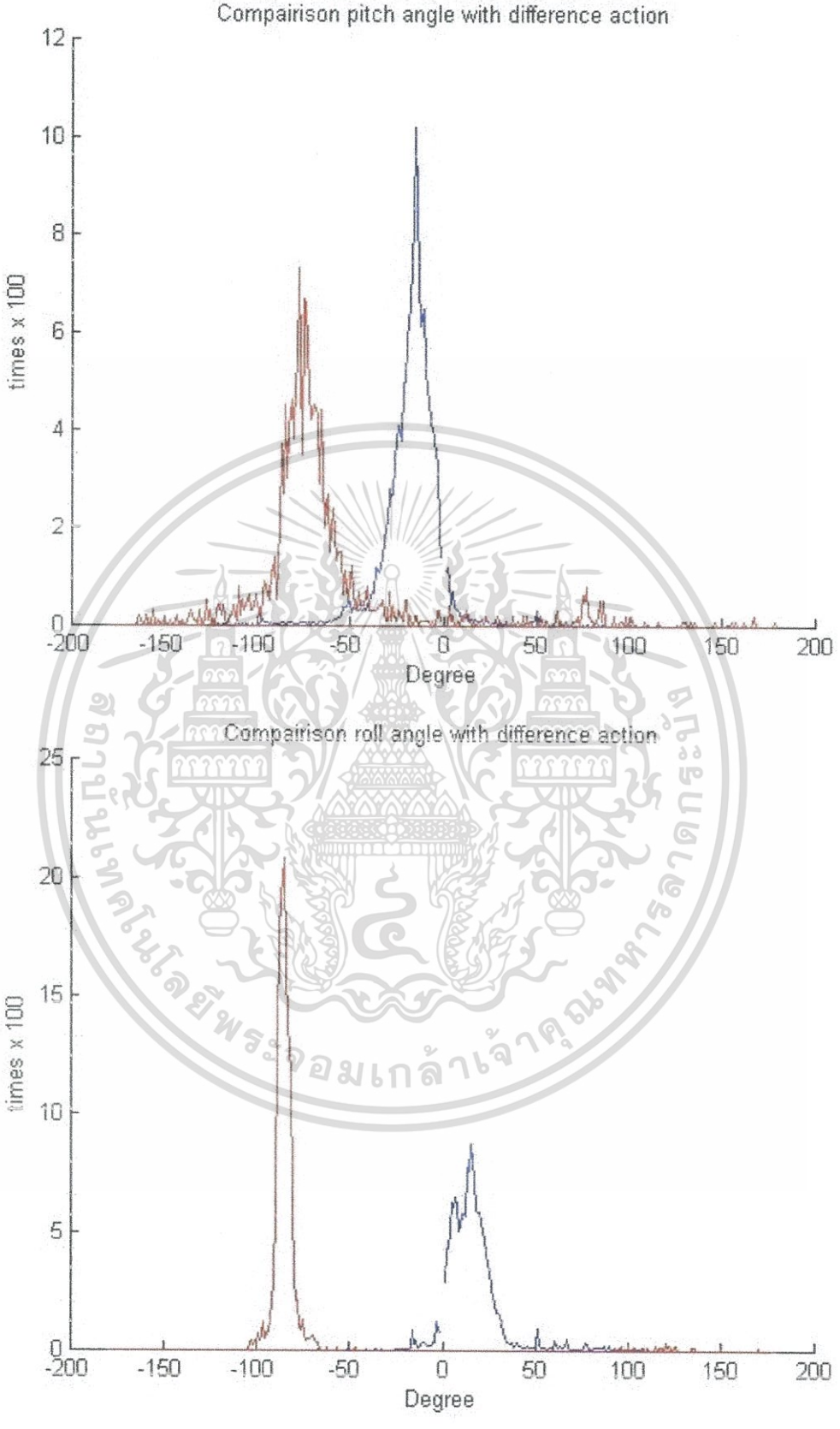
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลที่ได้จากการวัดมุมของข้อมือ

ส่วนสุดท้ายคือกาหาค่าเฉลี่ย ของข้อมูลของแต่ละคนมาแสดง นอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยวัดมุมการวางข้อมือในพฤติกรรมอื่นๆด้วย ซึ่งพฤติกรรมที่เลือกมาคือการวัดมุมในการเดิน เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ โดยสีน้ำเงินจะเป็นกราฟผลที่ได้จากการนั่งทำงาน และ สีแดงเป็นกราฟที่ได้จากการทดสอบเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลที่ได้จากการวัดมุมของข้อมือเฉลี่ย เปรียบเทียบระหว่างนั่งทำงาน และ เดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา

ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตาเฉลี่ยของผู้ทดลองทั้งหมด 10 คน ขณะทำงาน เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 อัตราการกระพริบตา ขณะทำกิจกรรมต่างๆ

กิจกกรมต่างๆ	อัตราการกระพริบ (ครั้ง/วินาที)
ขณะใช้คอมพิวเตอร์	6
ขณะอ่านหนังสือ	2
ขณะดูทีวี	4
ขณะพัก	17

4.2 ผลการทดลองการวัดระดับความเครียด

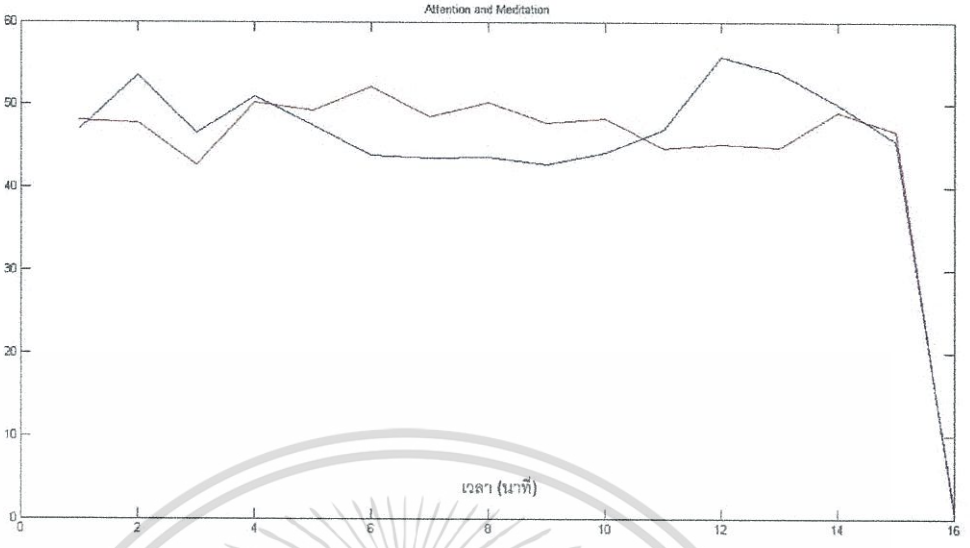
4.2.1 ผลการทดลองวัดคลื่นสมอง

ผลการทดลองวัดความเครียดด้วยเครื่องวัดคลื่นสมองขณะทำการทดลองเรื่องความเครียด ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากเครื่องวัดคลื่นสมอง เป็นเวลาทั้งหมด 15 นาที

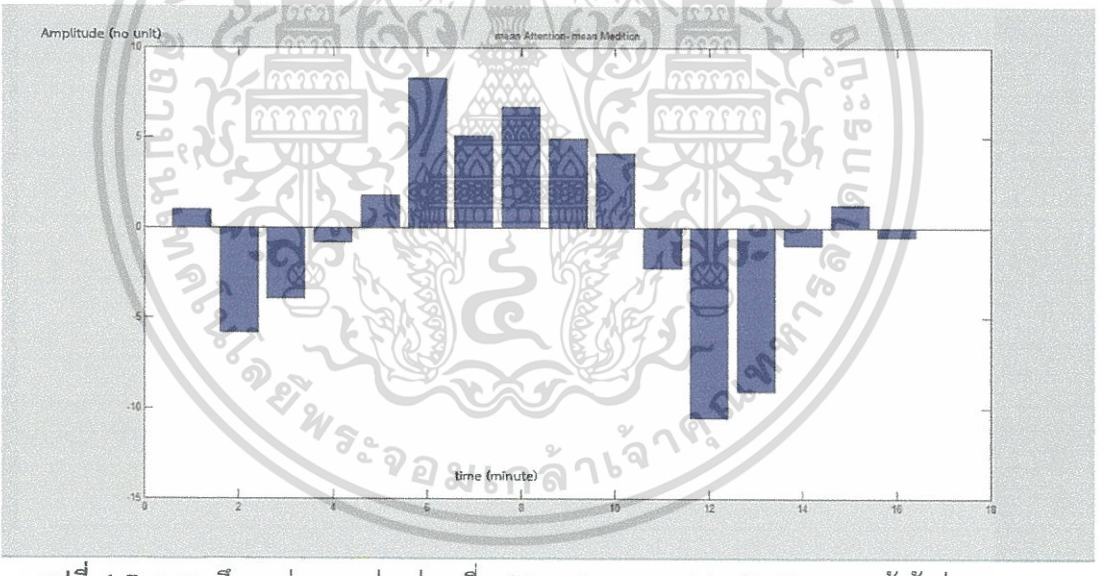
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าAttention และ Meditation เฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด

เวลา (นาที)	Attention (ไม่มีหน่วย)	Meditation (ไม่มีหน่วย)
1	0	53.54
2	47.75	46.53
3	42.63	51.04
4	50.24	47.52
5	49.30	43.90
6	52.20	43.48
7	48.58	43.61
8	50.28	42.83
9	47.77	44.19
10	48.31	46.93
11	44.71	55.83
12	45.29	53.83
13	44.77	50.06
14	49.07	45.51
15	46.75	53.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงค่า Attention (สีแดง) เปรียบเทียบกับค่า Meditation (สีน้ำเงิน) ในแต่ละนาที



รูปที่ 4.5 แสดงถึงผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย Attention และ Meditation ของผู้เข้าร่วมทดลอง

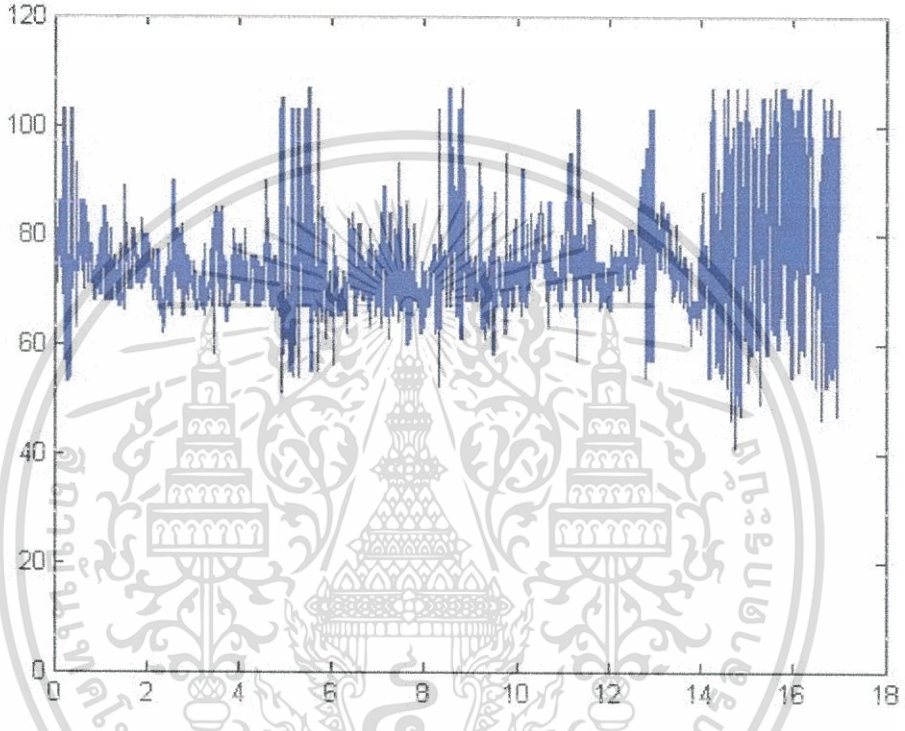
จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าผลต่างของค่าเฉลี่ย attention และ meditation นั้นมีนัยยสำคัญที่กับสมมติฐานของการทดลอง ดังนั้นจึงกำหนดให้ผลต่างของค่าเฉลี่ย attention และ ค่าเฉลี่ย meditation ในแต่ละนาทีเป็นตัวกำหนดสภาวะความเครียดของผู้ร่วมการทดลอง โดยวิธีการจำแนกนี้จะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องเป็นถึง 76 % โดยเทียบกับชนิดของคลิปวีดีโอที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

นอกจากวัดคลื่นสมองแล้ว ผู้วิจัยยังได้ทำการเก็บผลเพิ่มเติม คือในระหว่างที่อาสาสมัครอยู่ในการทดลองวัดคลื่นสมองอยู่นั้น ก็ได้เก็บผลอัตราการเต้นของหัวใจไปด้วยในเวลาเดียวกัน เพื่อหานัยสำคัญของความเครียดที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้

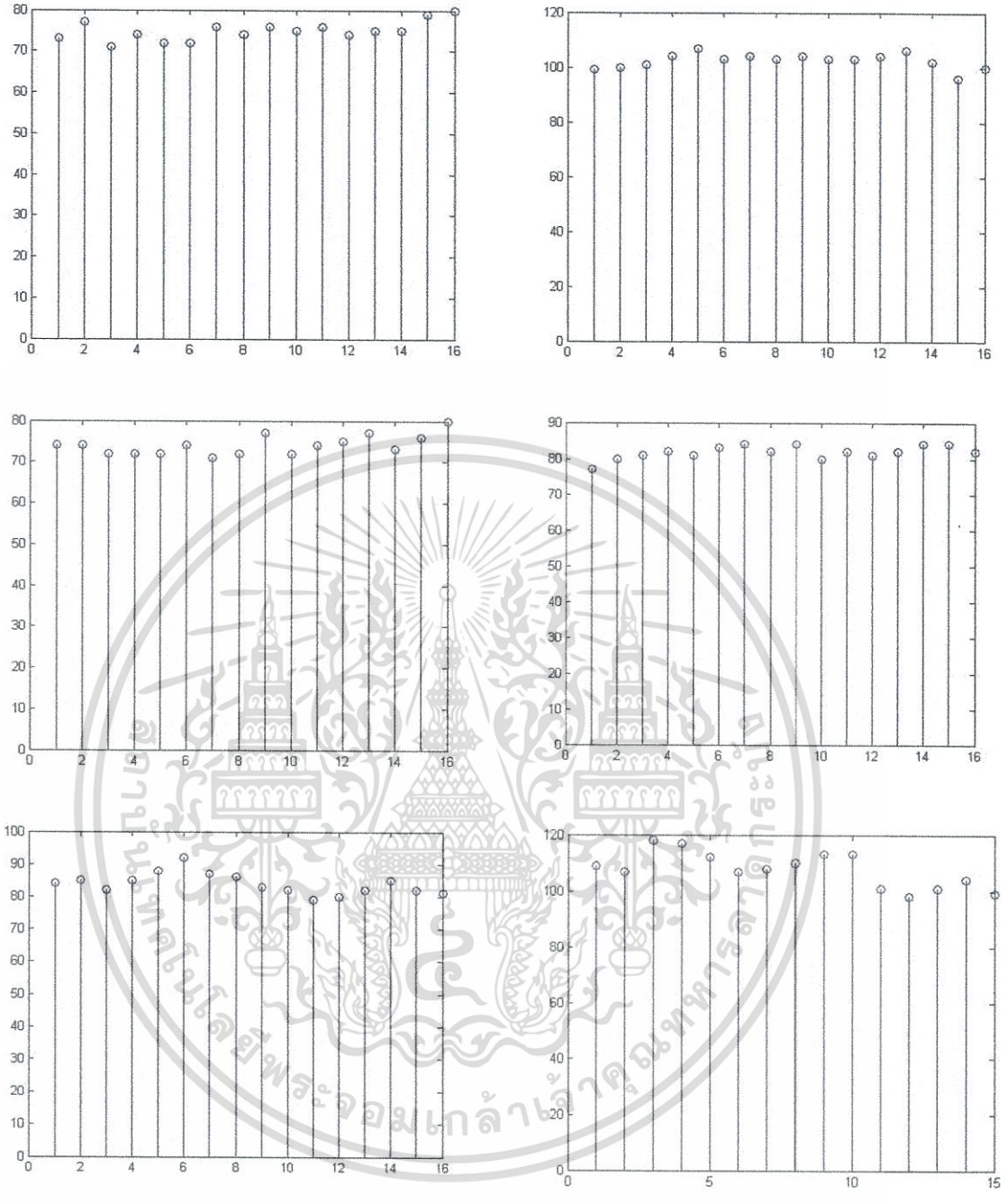
ขั้นแรก หลังจากการเก็บข้อมูลจะได้ลักษณะข้อมูลเป็นเหมือนข้อมูลดิบที่แกน y เป็นแอมปลิจูดของข้อมูล ส่วนแกน X เป็นแกนของเวลา มีหน่วยเป็นนาที



รูปที่ 4.6 ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นหัวใจ

หลังจากได้ข้อมูลดิบมาแล้วขั้นต่อมาคือการตรวจจับหาอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบในขั้นตอนอื่นๆ ซึ่ง ใช้ Moving Average เข้ามาช่วยด้วย โดยรูปที่จะแสดงต่อไปนี้เป็นผลของการหาค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ โดยแบ่งเฉลี่ยเป็นค่าอัตราการเต้นของหัวใจของแต่ละนาทีได้ผลการทดลองดังนี้

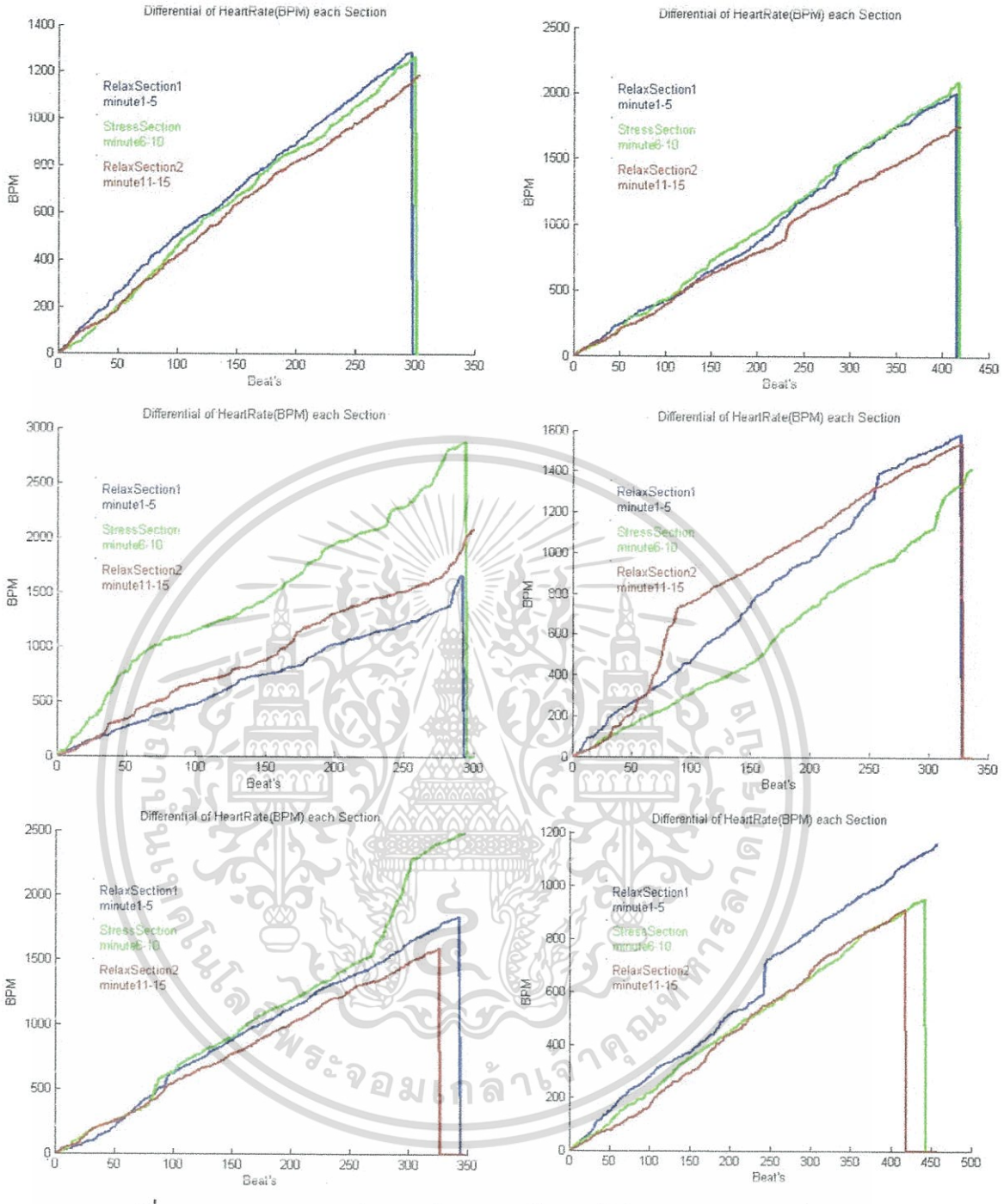
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยของ subject แต่ละคน

นอกจากนั้นยังได้หาข้อมูล ผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ของผู้รับการทดลองแต่ละคนเพิ่มเติมอีกด้วย โดยกราฟสีน้ำเงิน แสดงผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจในช่วง 5 นาทีแรก กราฟสีเขียว แสดงผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจในช่วง 5 นาทีถัดมา และ กราฟสีแดง แสดงผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจในช่วง 5 นาทีสุดท้าย โดยมีผลการทดลอง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจของ subject แต่ละคน

4.2.3 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา

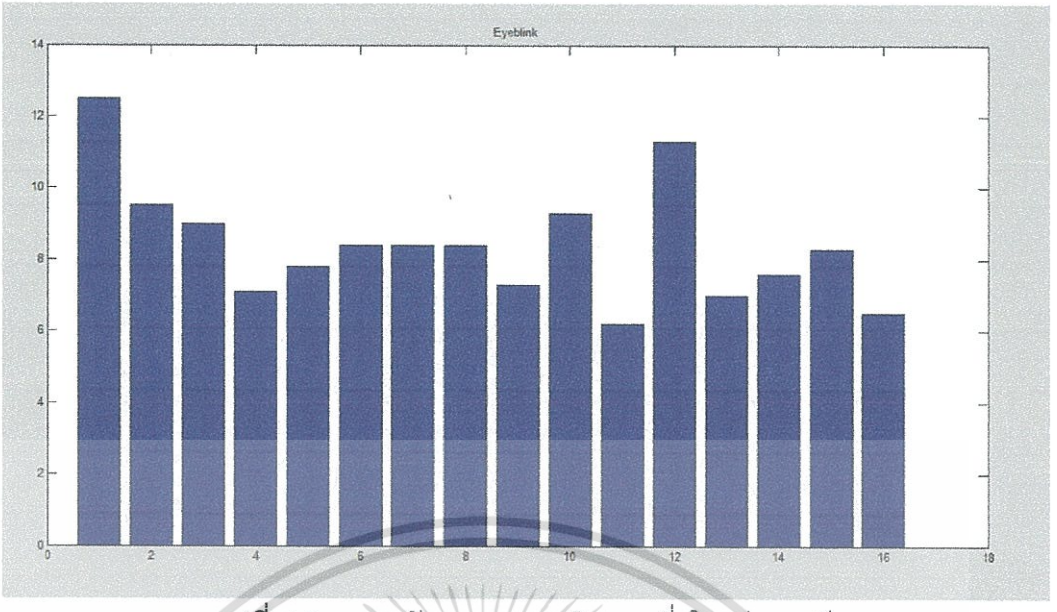
ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตาเฉลี่ยขณะทำการทดลองเรื่องความเครียดของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมดด้วยเครื่องวัดคลื่นสมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 อัตราการกระพริบตาเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด ขณะรับชมคลิปวีดีโอ

เวลา (นาที)	อัตราการกระพริบ (ครั้ง/วินาที)
1	13
2	10
3	9
4	7
5	8
6	8
7	8
8	8
9	7
10	9
11	6
12	11
13	7
14	8
15	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

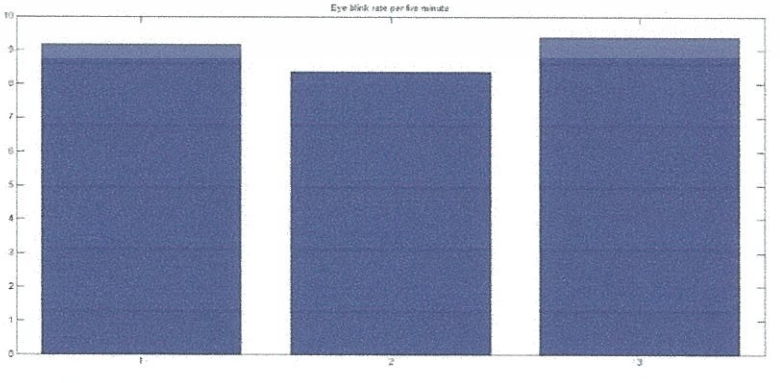


รูปที่ 4.9 แสดงอัตราการกระพริบตาเฉลี่ยในแต่ละนาที

โดยได้ทำการหาอัตราการกระพริบตาเฉลี่ยในแต่ละชนิดของคลิปวีดีโอ ซึ่งประกอบด้วยสามส่วน คือ หนึ่งคลิปที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลายต่อผู้เข้าร่วมการทดลอง สองคือคลิปที่ทำให้ผู้ทดลองรู้สึกกดดัน และสุดท้ายคือคลิปที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลายอีกครั้งเป็นอันสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 4.4 อัตราการกระพริบตาเฉลี่ยในขณะรับชมคลิปวีดีโอทั้งสามแบบของผู้เข้าร่วมการทดลอง

ชนิดของคลิปวีดีโอ	**อัตราการกระพริบ (ครั้ง/วินาที)**
ผ่อนคลาย ครั้งที่ 1	9
เครียด	8
ผ่อนคลาย ครั้งที่ 2	9



รูปที่ 4.10 แสดงอัตราการกระพริบตาเฉลี่ย ขณะดูคลิปทั้งสามชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ต้องการมา ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำข้อมูลนั้นมาเรียบเรียง และ สรุปให้ได้ข้อจำกัดความหรือความหมายที่ได้จากข้อมูล โดยแบ่งได้ตาม บทที่ 4 ดังนี้

5.1.1 ผลการทดลองของออฟฟิศซินโดรม

5.1.1.1 ผลการทดลองวัดมุมของข้อมือ

จากข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง ทำให้เราทราบว่า ในการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์นั้น การวางมุมของข้อมือจะมีลักษณะที่ค้างอยู่ที่มุมหนึ่งๆเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นมุมดังกล่าวยังแตกต่างกันกับพฤติกรรมอื่นๆ ดังตัวอย่างคือการเดิน โดยมุมการวางข้อข้อมือนั้นอยู่ในช่วง roll คือ 0 ถึง 30 องศา และมุม Pitch ที่ -30 ถึง 5 องศา

5.1.1.2 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา

จากข้อมูลผลการทดลองพบว่า อัตราการกระพริบตาของผู้เข้าร่วมการทดลองนั้นจะมีอัตราการกระพริบที่ต่ำเมื่อมีตั้งใจทำงานหรือสนใจในการทำกิจกรรม เช่น การดูโทรทัศน์ หรือ การอ่านหนังสือ เมื่อเทียบกับอัตราการกระพริบตาขณะพูดคุยหรือขณะอยู่ในท่วงท่าผ่อนคลาย โดยเฉลี่ยนั้นขณะทำงานอัตราการกระพริบจะต่ำกว่า 10 ครั้งต่อนาที ทำให้ทราบว่าอัตราการกระพริบตานั้นสัมพันธ์กับกิจกรรมที่กำลังทำอยู่

จากการสรุปทั้งหมดทำให้เราทราบว่า เราสามารถจำแนกพฤติกรรมของบุคคลในการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ ออกจากพฤติกรรมอื่นๆได้ โดยสามารถหาได้จากมุมของข้อมือ และ อัตราการกระพริบตาที่ลดลงอีกด้วย ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายสำหรับอุปกรณ์ที่ผู้ทดลองได้เลือกใช้จำแนกคือมุมของข้อมือเท่านั้น เนื่องจากเพียงตัวแปรเดียวก็มีความแม่นยำเพียงพอในการตรวจจับ ประกอบกับความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นอุปกรณ์พกพาได้

5.1.2 ผลการทดลองการวัดระดับความเครียด

5.1.2.1 ผลการทดลองวัดคลื่นสมอง

จากผลการทดลองพบว่าในขณะที่ผู้ทำการทดลองอยู่ในภาวะกดดันหรือเครียด ค่าผลต่างระหว่าง attention เฉลี่ย กับค่า Meditation เฉลี่ยในแต่ละนาที จะมีค่าต่างกันเกิน 5 ซึ่งเป็นช่วงที่ให้ความแม่นยำในการบ่งบอกถึงภาวะความเครียดของผู้เข้าร่วมการทดลองได้ถูกต้องใกล้เคียงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.2 ผลการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

จากผลการทดลองจะเห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยต่อนาที ของผู้ทดลองนั้นไม่สามารถแยกความแตกต่างของแต่ละช่วงเวลาของของวีดีโอที่ให้ผู้ร่วมทดลองดูได้ นอกจากนั้น ผลรวมของผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจของแต่ละช่วงเวลาตามวีดีโอนั้น ก็ไม่มีรูปแบบที่สามรถแยกได้ด้วยตาเปล่าเช่นกัน ทำให้พารามิเตอร์ดังกล่าวไม่สามารถใช้ในการจำแนกระดับความเครียดที่เกิดขึ้นได้

5.1.2.3 ผลการทดลองวัดอัตราการกระพริบตา

จากผลการทดลองพบว่า ในขณะที่ผู้ทำการทดลองเกิดความเครียด อัตราการกระพริบของดวงตาเฉลี่ยจะลดลงแตกต่างจากขณะที่ดูคลิปวีดีโอที่ทำให้เกิดความผ่อนคลาย ซึ่งมีอัตราการกระพริบที่สูงกว่า ซึ่งผลที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกับได้ทำการทดลองก่อนหน้า แต่เนื่องจากว่าอุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นสมองนั้นมักจะมีปัญหาในเรื่องของหน้าสัมผัสระหว่างหน้าผากของผู้ทำการทดลองกับอิเล็กโทรด ทำให้พารามิเตอร์นี้มีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่ควร จึงทำให้ไม่สามารถใช้พารามิเตอร์นี้กับอัลกอลิทึมสำหรับบ่งบอกระดับความเครียดได้

จากการสรุปทั้งหมดทำให้เราทราบว่า เราสามารถจำแนกได้ถึงระดับความเครียดที่เกิดขึ้นได้จากการวัดคลื่นสมอง และ อัตราการกระพริบตาได้ ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายสำหรับอุปกรณ์ที่ผู้ทดลองได้เลือกใช้จำแนกระดับความเครียดคลื่นสมองเท่านั้น เนื่องจากเพียงตัวแปรเดียวก็มีความแม่นยำสูงที่สุดในการตรวจจับระดับความเครียดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ประกอบกับความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นอุปกรณ์พกพาได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หาข้อมูลการทดลองให้มากขึ้น
2. เพิ่มเติมการเก็บข้อมูลการวางมุมของข้อมือ จากพฤติกรรมอื่นๆให้มากขึ้น เช่น การนั่งอ่านหนังสือ การนอน เป็นต้น
3. สำหรับการตรวจจับความเครียดจากอัตราการเต้นของหัวใจนั้น อาจเป็นไปได้หากใช้อันกอริที่มีความซับซ้อนมากขึ้น หรือ การพิจารณาในเชิงความถี่สเปกตรัม
4. ในการวัดคลื่นสมองนั้นควรทำการทดลอง สถานการณ์อื่นๆให้มากขึ้น ให้ครอบคลุมสาเหตุที่ทำให้เกิดความเครียดมากขึ้น เช่น ความตื่นเต้น เป็นต้น
5. แก้ปัญหาเรื่องหน้าสัมผัสของเครื่องวัดคลื่นสมองกับผู้ทำการทดลองเพื่อปรับปรุงเรื่องความถูกต้องของสัญญาณให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Mark Renfrew. (2009) "A Comparison of Sign al Processing and Classification Methods for Brain-Computer Interface.", Master of Science (Engineering), Department of Electrical Engineering and Computer Science Case Western Reserve University.

[2] Hyunjin Yoon, Sang-Wook Park, Yong-Kwi Lee, and Jong-Hyun Jang. (2013) "Emotion Recognition of Serious Game Players Using a Simple Brain Computer Interface.", IT Convergence Technology Laboratory Electronics and Telecommunications Research Institute Daejeon

[3] Bong Siao Zheng, M Murugappan, Sazali Yaacob. (2012) "Human Emotional Stress Assessment through Heart Rate Detection", in a Customized Protocol Experiment", School of Mechatronics Engineering Universiti Malaysia Perlis

[4] Renato de Aquino Lopes, Edgard A. Lamounier Júnior, Alexandre Cardoso, Ederaldo José Lopes. (2014) "Recovery and Coping Stress Supported by Serious Games.", Federal University of Uberlândia

[5] R. Robbins, M. Stonehill. (2014) "Investigating the Neurosky MindWave EEG headset", Transport Research Foundation

[6] Min, W. and Luo, G. (2009) "Medical Applications of EEG Wave Classification" CHANCE, Vol.22, Issue 4, pp.14-20

[7] Mostow, J., Chang, K. and Nelson, J. (2011) "Toward Exploiting EEG Input in a Reading Tutor", AIED'11 Proceedings of the 15th international conference on Artificial intelligence in education.

[8] Crowley, K. Sliney, A.Pitt, I.Murphy, (2010) "Evaluating a Brain-Computer Interface to Categorise Human Emotional Response", 2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Code รับส่งค่า โชว์ผล จำแนกโรคเครียด และออฟฟิซซินโดรม

Code รับค่า จำแนก และแสดงผล

```
#include <EasyTransfer.h>
#include "U8glib.h"
U8GLIB_SSD1306_128X64
u8g(U8G_I2C_OPT_DEV_0|U8G_I2C_OPT_NO_ACK|U8G_I2C_OPT_FAST);
//Stress
int att=0;int med = 0;int Slv=0; byte signal=199;int Selectpage;
//Office
int roll=0;int pitch = 0;int Olv=0;int FBlv;byte Tigger;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////PICTURE
const uint8_t SICON_bitmap[] PROGMEM = {
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x7f,0xf0,0x0,0x0,0x0,
0x0,0x3,0xf0,0xfc,0x0,0x0,
0x0,0xf,0x0,0x7,0x80,0x0,
0x0,0x38,0x0,0x1,0xe0,0x0,
0x0,0x60,0x0,0x0,0x70,0x0,
0x0,0xc0,0x0,0x0,0x38,0x0,
0x1,0xc0,0x7f,0xe2,0x1c,0x0,
0x7,0x81,0xc0,0x3f,0x6,0x0,
0x7,0x4,0x0,0xf,0xc7,0x0,
0xe,0xc,0x0,0xf,0xe3,0x0,
0x1e,0x18,0x0,0xf,0xe7,0x80,
0x1c,0x30,0x0,0xf,0xf3,0x80,
0x3c,0x60,0x0,0x7,0xf9,0xc0,
0x38,0xc0,0x0,0x3,0xf9,0xc0,
0x38,0x80,0x0,0x1,0xfc,0xe0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x73,0x80,0x0,0x1,0xfc,0xe0,
0x73,0xe0,0x0,0x0,0xfe,0xe0,
0x77,0xf0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x67,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x67,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x67,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x27,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x27,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x27,0xe0,0x0,0x0,0x7e,0x60,
0x33,0xf0,0x0,0x0,0xfe,0x60,
0x33,0xf0,0x0,0x0,0x3c,0xe0,
0x13,0xf8,0x0,0x1,0x8c,0xe0,
0x19,0xfc,0x0,0x1,0xe0,0xe0,
0x19,0xfc,0x0,0x3,0xf9,0xc0,
0xc,0xff,0x0,0x7,0xf9,0xc0,
0xc,0xff,0x80,0x1f,0xf3,0x80,
0x6,0x7f,0x30,0xff,0xe7,0x80,
0x0,0x3f,0x7f,0xff,0xc7,0x0,
0x1,0x1f,0x7f,0xff,0x8e,0x0,
0x0,0xcf,0xff,0xff,0x1c,0x0,
0x0,0x60,0xff,0xfc,0x38,0x0,
0x0,0x30,0xff,0xf0,0xf0,0x0,
0x0,0x1c,0xf,0x3,0xe0,0x0,
0x0,0x7,0x80,0x1f,0xc0,0x0,
0x0,0x1,0xff,0xff,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x1f,0xfc,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x1,0xe0,0x0,0x0
};

const uint8_t office_bitmap[] PROGMEM = {
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,0x0,0x1,0xfb,0xf8,0x0,0x1,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,0x0,0xf,0x0,0x1e,0x0,0x1,0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x80,0x0,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x3c,0x0,0x7,0x80,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x70,0x0,0x0,0x0,0xc0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x1c,0x0,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x60,0x1,0xe0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x1c,0x1,0xc0,0x7f,0xe4,0x30,0x0,0xf0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x30,0x3,0x81,0xc0,0x7f,0xc,0x0,0x30,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x60,0x7,0xc,0x0,0xf,0x8c,0x0,0x18,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0xe0,0xe,0x18,0x0,0x1f,0xce,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0xc0,0x1e,0x30,0x0,0x1f,0xc7,0x0,0xe,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x1,0x80,0x1c,0x60,0x0,0xf,0xe7,0x0,0x6,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x1,0x80,0x18,0x40,0x0,0x7,0xf3,0x80,0x6,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x1,0x0,0x38,0x80,0x0,0x3,0xf3,0x80,0x3,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x3,0x0,0x39,0x80,0x0,0x1,0xf9,0x80,0x3,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x7,0x0,0x33,0xe0,0x0,0x1,0xf9,0xc0,0x3,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x73,0xf0,0x0,0x0,0xfd,0xc0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x73,0xe0,0x0,0x0,0xfc,0xc0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x73,0xe0,0x0,0x0,0xfc,0xc0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x33,0xe0,0x0,0x0,0xfc,0xc0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x33,0xe0,0x0,0x0,0xfc,0xc0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x33,0xe0,0x0,0x0,0xfc,0xc0,0x0,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x33,0xe0,0x0,0x0,0xfd,0xc0,0x0,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x13,0xf0,0x0,0x0,0xf9,0xc0,0x0,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x13,0xf0,0x0,0x0,0x39,0x80,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x19,0xf8,0x0,0x3,0x83,0x80,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0x19,0xfc,0x0,0x3,0xe3,0x80,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x6,0x0,0xc,0xfe,0x0,0xf,0xf3,0x0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x2,0x0,0x4,0x7f,0x0,0x3f,0xe7,0x0,0x1,0x80,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x3,0x0,0x6,0x7f,0x30,0xff,0xce,0x0,0x3,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x3,0x0,0x0,0x3e,0x7f,0xff,0x8e,0x0,0x3,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x1,0x80,0x1,0x9f,0xff,0xff,0x1c,0x0,0x6,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x1,0x80,0x0,0xc7,0xff,0xfc,0x38,0x0,0x6,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x0,0xc0,0x0,0x60,0xff,0xf0,0x70,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x0,0xe0,0x0,0x38,0x3f,0xc1,0xe0,0x0,0x1c,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x0,0x60,0x0,0xe,0x0,0x7,0xc0,0x0,0x38,0x0,0x0,0x0,0x1,

0x80,0x0,0x0,0x0,0x0,0x38,0x0,0x3,0xe0,0x7f,0x0,0x0,0x70,0x0,0x0,0x0,0x1,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x80,0x0,0x0,0x0,0x1c,0x0,0x0,0x7f,0xf8,0x0,0x1,0xe0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0x1c,0x0,0x0,0x3,0xc0,0x0,0x1,0xe0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xe,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0x80,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0xc0,0x0,0x0,0x0,0xc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xc0,0x0,0x0,0x0,0x1,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfc,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x1,0xff,0xff,0xff,0xff
};
const uint8_t home5_bitmap[] PROGMEM = {

0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xc0,0x0,
0x0,0x1f,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfc,0x0,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x3f,0xe0,0x7f,0xff,0xfc,
0x3f,0xc0,0x3f,0xff,0xfc,
0x3f,0x80,0x1f,0xc7,0xfc,
0x7f,0x0,0x1f,0x83,0xfe,
0x7f,0x0,0x1f,0x3,0xfe,
0x7f,0x0,0x1f,0x1,0xfe,
0x7f,0x0,0x1f,0x3,0xfe,
0x7f,0x0,0x1f,0x83,0xfe,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x7f,0x80,0x3f,0xcf,0xfe,
0x7f,0xc0,0x3f,0xff,0xff,
0x7f,0xe0,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xc1,0xfe,
0x7f,0xf9,0xff,0x80,0xfe,
0x3f,0xe0,0xff,0x1c,0xfc,
0x3f,0xc4,0x7f,0x3e,0xfc,
0x3f,0x9e,0x3e,0x7f,0xfc,
0x1f,0x9f,0x3e,0x7f,0xf8,
0x1f,0xff,0x80,0xff,0xf8,
0xf,0xff,0xc1,0xff,0xf0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x0,0x7f,0xff,0xfe,0x0,
0x0,0x1f,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x0,0x7e,0x0,0x0
};
const uint8_t home4_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x0,0xfe,0x0,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x7f,0xff,0xfe,0x0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc,
0x3f,0xe7,0xff,0xcf,0xfc,
0x7f,0xc1,0xff,0x7,0xfc,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x81,0xfe,0x3,0xfe,
0xff,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0xff,0xc1,0xff,0x7,0xfe,
0xff,0xe7,0xff,0x8f,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xfe,0x0,0x7f,0xfc,
0x7f,0xf8,0x0,0x1f,0xfc,
0x3f,0xe1,0xff,0x87,0xfc,
0x3f,0xc7,0xff,0xe3,0xf8,
0x1f,0xcf,0xff,0xf3,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x0,0xff,0xff,0xfe,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfc,0x0,
0x0,0x1f,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0x80,0x0,
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t home3_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x0,0x7e,0x0,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x1f,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x7f,0xff,0xfe,0x0,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc,
0x3f,0xe7,0xff,0xcf,0xfc,
0x7f,0xc1,0xff,0x7,0xfc,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0xff,0xc1,0xff,0x7,0xfe,
0xff,0xe3,0xff,0xcf,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc,
0x3f,0xe0,0x0,0xf,0xfc,
0x3f,0xf0,0x0,0x1f,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfc,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xc0,0x0,
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0
};

const uint8_t home2_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x0,0x18,0x0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfe,0x0,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xfc,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc,
0x3f,0xc1,0xff,0x87,0xfe,
0x7f,0xc1,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x80,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x80,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0xc1,0xff,0x3,0xff,
0x7f,0xe3,0xff,0x87,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xdf,0xff,0xf3,0xfe,
0x7f,0xcf,0xff,0xf3,0xfe,
0x3f,0xcf,0xff,0xe3,0xfe,
0x3f,0xe7,0xff,0xe7,0xfc,
0x1f,0xe3,0xff,0xcf,0xfc,
0x1f,0xf1,0xff,0xf,0xf8,
0xf,0xf8,0x8,0x3f,0xf8,
0xf,0xfe,0x0,0x7f,0xf0,
0x7,0xff,0xe7,0xff,0xe0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x0,0x7f,0xff,0xff,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfc,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0x1,0xff,0xc0,0x0,
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0,0x0
};

const uint8_t home1_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x0,0x7e,0x0,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x1f,0xff,0xf8,0x0,
0x0,0x7f,0xff,0xfe,0x0,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xff,0xff,0xe0,
0xf,0xff,0xff,0xff,0xf0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xff,0xff,0xf8,
0x3f,0xe3,0xff,0x8f,0xfc,
0x3f,0xc1,0xff,0x7,0xfc,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfc,
0x7f,0x80,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0x81,0xff,0x3,0xfe,
0x7f,0xc1,0xff,0x7,0xfe,
0x7f,0xf7,0xff,0xdf,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x7f,0xf0,0x0,0xf,0xfe,
0x7f,0xf0,0x0,0xf,0xfe,
0x7f,0xf0,0x0,0xf,0xfe,
0x7f,0xf0,0x0,0xf,0xfe,
0x3f,0xf0,0x0,0x1f,0xfc,
0x3f,0xf8,0x0,0x1f,0xfc,
0x3f,0xf8,0x0,0x3f,0xf8,
0x1f,0xfc,0x0,0x3f,0xf8,
0xf,0xfe,0x0,0x7f,0xf0,
0xf,0xff,0x0,0xff,0xf0,
0x7,0xff,0xc3,0xff,0xe0,
0x3,0xff,0xff,0xff,0xc0,
0x1,0xff,0xff,0xff,0x80,
0x0,0xff,0xff,0xff,0x0,
0x0,0x3f,0xff,0xfc,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xc0,0x0,
0x0,0x0,0x0,0x0,0x0
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t signal_bitmap[] PROGMEM = {
0x0,0x0,
0x7,0x0,
0x1f,0xc0,
0x3f,0xe0,
0x70,0x70,
0xe0,0x38,
0xcf,0x98,
0x98,0xc8,
0xf0,0x78,
0xf7,0x78,
0x7d,0xf0,
0x38,0xe0,
0x1d,0xc0,
0xf,0x80,
0x0,0x0
};
const uint8_t WarnStress_bitmap[] PROGMEM = {
0x0,0x0,0x1c,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x3e,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x7f,0x0,0x0,
0x0,0x0,0xff,0x0,0x0,
0x0,0x0,0xff,0x80,0x0,
0x0,0x1,0xff,0x80,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xc0,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0xf,0xc3,0xf0,0x0,
0x0,0xf,0x81,0xf0,0x0,
0x0,0x1f,0x81,0xf8,0x0,
0x0,0x1f,0x81,0xf8,0x0,
0x0,0x3f,0x81,0xfc,0x0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x0,0x3f,0x81,0xfc,0x0,
0x0,0x7f,0x81,0xfe,0x0,
0x0,0x7f,0x81,0xfe,0x0,
0x0,0xff,0xc3,0xff,0x0,
0x1,0xff,0xc3,0xff,0x80,
0x1,0xff,0xc3,0xff,0x80,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xc3,0xff,0xe0,
0x7,0xff,0xc3,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xc7,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xe3,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xc1,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xc1,0xff,0xfc,
0x3f,0xff,0xc1,0xff,0xfc,
0x3f,0xff,0xc3,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc
};
const uint8_t Offwarn_bitmap[] PROGMEM = {
0x0,0x0,0x1c,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x3e,0x0,0x0,
0x0,0x0,0x7f,0x0,0x0,
0x0,0x0,0xff,0x0,0x0,
0x0,0x0,0xff,0x80,0x0,
0x0,0x1,0xff,0x80,0x0,
0x0,0x3,0xff,0xc0,0x0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x0,0x3,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0x7,0xff,0xe0,0x0,
0x0,0xf,0xff,0xf0,0x0,
0x0,0xf,0xc3,0xf0,0x0,
0x0,0xf,0x81,0xf0,0x0,
0x0,0x1f,0x81,0xf8,0x0,
0x0,0x1f,0x81,0xf8,0x0,
0x0,0x3f,0x81,0xfc,0x0,
0x0,0x3f,0x81,0xfc,0x0,
0x0,0x7f,0x81,0xfe,0x0,
0x0,0x7f,0x81,0xfe,0x0,
0x0,0xff,0xc3,0xff,0x0,
0x1,0xff,0xc3,0xff,0x80,
0x1,0xff,0xc3,0xff,0x80,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x3,0xff,0xc3,0xff,0xc0,
0x7,0xff,0xc3,0xff,0xe0,
0x7,0xff,0xc3,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xc7,0xff,0xf0,
0xf,0xff,0xe3,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xc1,0xff,0xf8,
0x1f,0xff,0xc1,0xff,0xfc,
0x3f,0xff,0xc1,0xff,0xfc,
0x3f,0xff,0xc3,0xff,0xfe,
0xff,0xff,0xe7,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0xff,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x7f,0xff,0xff,0xff,0xff,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfe,
0x3f,0xff,0xff,0xff,0xfc
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t FB5_bitmap[] PROGMEM ={
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x0,0x10,
0x44,0x20,0x8,0x88,
0x47,0xe0,0xf,0x88,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x80,0x80,0x4,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x80,0x80,0x4,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0xf,0xc0,0x4,
0x80,0x1f,0xe0,0x4,
0x80,0x30,0x30,0x4,
0x80,0x60,0x18,0x4,
0x80,0x40,0x8,0x8,
0x40,0xc0,0xc,0x8,
0x40,0x80,0x4,0x8,
0x40,0x80,0x4,0x10,
0x20,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
0x0,0x3f,0xf0,0x0
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t FB4_bitmap[] PROGMEM ={
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x0,0x10,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x41,0xe0,0x1e,0x8,
0x83,0x0,0x3,0x4,
0x86,0x0,0x1,0x84,
0x81,0xe0,0x1e,0x4,
0x81,0xe0,0x1e,0x4,
0x81,0xe0,0x1e,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0xf,0xe0,0x4,
0x80,0x38,0x38,0x4,
0x80,0x20,0x8,0x4,
0x80,0x60,0xc,0x8,
0x40,0x40,0x4,0x8,
0x40,0x40,0x4,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x10,
0x20,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
0x0,0x3f,0xf0,0x0
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t FB3_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x18,0x10,
0x40,0x60,0xc,0x8,
0x41,0xc0,0x3,0x88,
0x47,0x0,0x0,0x8,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x38,0x70,0x4,
0x80,0x6c,0xd8,0x8,
0x41,0x87,0x8e,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x10,
0x20,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
0x0,0x3f,0xf0,0x0
};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const uint8_t FB2_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x0,0x10,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x47,0xf0,0x3f,0xc8,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x40,0x7f,0xfc,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x10,
0x20,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
0x0,0x3f,0xf0,0x0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
};

const uint8_t FB1_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x0,0x10,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x43,0xf0,0x1f,0x88,
0x46,0x18,0x30,0xc8,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x80,0x4,0x4,
0x80,0xc0,0xc,0x8,
0x40,0x30,0x30,0x8,
0x40,0x1f,0xe0,0x8,
0x40,0x0,0x0,0x10,
0x20,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x0,0x3f,0xf0,0x0
};
const uint8_t FB0_bitmap[] PROGMEM =
{
0x0,0x7f,0xf8,0x0,
0x1,0x80,0x6,0x0,
0x2,0x0,0x1,0x0,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x8,0x0,0x0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0x20,0x0,0x0,0x10,
0x40,0x0,0x0,0x8,
0x43,0xf0,0x1f,0x88,
0x46,0x18,0x30,0xc8,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x83,0xe0,0x1f,0x4,
0x81,0xc0,0xe,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0x0,0x0,0x4,
0x80,0xff,0xfc,0x4,
0x80,0xff,0xfc,0x8,
0x40,0xff,0xfc,0x8,
0x40,0x7f,0xf8,0x8,
0x40,0x3f,0xf0,0x10,
0x20,0x1f,0xe0,0x20,
0x10,0x0,0x0,0x20,
0xc,0x0,0x0,0xc0,
0x3,0x0,0x0,0x1,0x0,
0x0,0xc0,0xe,0x0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0x0,0x3f,0xf0,0x0
};

//create object
EasyTransfer ET;

struct RECEIVE_DATA_STRUCTURE{
  //put your variable definitions here for the data you want to receive
  //THIS MUST BE EXACTLY THE SAME ON THE OTHER ARDUINO
    int att;
  int med;
  int signal;
  int pitch;
  int roll;
  int modeSend;
  int slv;
  int Olv;
  int feedback;
  char first = '*';
  byte tigger;
};

//give a name to the group of data
RECEIVE_DATA_STRUCTURE mydata;

void setup(){
Serial.begin(57600);
  //start the library, pass in the data details and the name of the serial port. Can be Serial, Serial1, Serial2, etc.
  ET.begin(details(mydata), &Serial);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void loop(){
ReceiveValue();
u8g.firstPage();
    do  {
      drawMenu();
    } while( u8g.nextPage() );

//ClearVal();
}
void ReceiveValue(void)
{
  if(ET.receiveData()){

   if (mydata.first == '*'){

    switch (mydata.modeSend)
    {
      case 1 :
      Serial.println("Mode 1");
Selectpage=mydata.modeSend;
signal=mydata.signal;Serial.println(signal);
Slv=mydata.slv;Serial.println(Slv);
Olv=mydata.Olv;Serial.println(Olv);
        break;
      case 2 :
        Serial.println("Mode 2");
Selectpage=mydata.modeSend;
pitch=mydata.pitch;
roll=mydata.roll;
Olv=mydata.Olv;
Serial.println(pitch);
Serial.println(roll);
Serial.println(Olv);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        break;

      case 3 :
        Serial.println("Mode 3");
Selectpage=mydata.modeSend;
att=mydata.att;
med=mydata.med;
Slv=mydata.slv;
signal=mydata.signal;
Serial.println(signal);
Serial.println(att);
Serial.println(med);
Serial.println(Slv);
        break;
case 4 :
       Serial.println("Mode 4");
      Selectpage=mydata.modeSend;
        break;
case 5 :
      Serial.println("Mode 5");
      Selectpage=mydata.modeSend;
        break;
case 6 :
        Serial.println("Mode 6");
        Selectpage=mydata.modeSend;
        FBlv = mydata.feedback;
        signal=mydata.signal;
        Tigger = mydata.tigger;
        Serial.println(FBlv);
        Serial.println(signal);
        Serial.println(Tigger);

        break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      default :
        break;
    }
  }
  else;

  }
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void drawMenu(void)
{
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////HOME menu
if (Selectpage== 1 )
{
//SET UP
u8g.setFont(u8g_font_6x10);
//BG


//Menu bar
u8g.setFont(u8g_font_9x15);
u8g.drawStr(0,15, "HOME");
if (signal == 0){ u8g.drawBitmapP( 115,0,2,15, signal_bitmap);}
// upper boarder
u8g.drawLine(0,0, 90, 0);
u8g.drawLine(90,0, 100 , 15);
u8g.drawLine(100,15, 128, 15);

u8g.setFont(u8g_font_6x10);
//Stress level value
u8g.drawStr(50, 25, "Stress");
    u8g.drawFrame(50,27,66,5);//Scale for stress
    int Slv2 = map2max(Slv,0,30,0,66);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    u8g.drawBox(50,27,Slv2,5);

//u8g.setFont(u8g_font_5x7);
    if (Slv>20)          {u8g.drawBitmapP( 0,17,5,40, home5_bitmap);  u8g.drawStr(3,64,
"Stress");}
else if (Slv>15 && Slv <21){u8g.drawBitmapP( 0,17,5,40, home4_bitmap);  u8g.drawStr(0,64,
"Confuse");}
else if (Slv>10 && Slv <16){u8g.drawBitmapP( 0,17,5,40, home3_bitmap);  u8g.drawStr(0,64,
"Fatigue");}
else if (Slv>5 && Slv <11){u8g.drawBitmapP( 0,17,5,40, home2_bitmap);  u8g.drawStr(2,64,
"Neutral");}
else if (Slv>0  && Slv <6){u8g.drawBitmapP( 0,15,5,40, home1_bitmap);  u8g.drawStr(6,63,
"HAPPY");}
else    {u8g.drawBitmapP( 0,15,5,40, home1_bitmap);  u8g.drawStr(6,63, "HAPPY");}

//Office syndrome level value
u8g.drawStr(50,47, "Office  Syn");
u8g.drawFrame(50,49,66,5);//Scale for Office syndrome
     int Olv2 = map2max(Olv,0,60,0,66);
  // Serial.print("OLV2:");    Serial.println(Olv2);
   u8g.drawBox(50,49,Olv2,5);
//u8g.setFont(u8g_font_6x10);

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////office syndrome page
else if(Selectpage== 2 ){
//////////////////////////////////////////////////SET UP
u8g.setFont(u8g_font_6x10);//widthxHeight
// BG
u8g.drawBitmapP( 0,17,16,67, office_bitmap);//draw pic
u8g.setFont(u8g_font_6x10);
u8g.drawStr(3 ,58, "Pitch");
u8g.drawStr(99,58, "Roll");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Olv>=50)
{u8g.drawStr(51,64, "Risk");}


//////////////////////////////////////////////////menu bar
u8g.setFont(u8g_font_9x15);
u8g.drawStr(0,15, "OFFICE SYN.");
// upper boarder
u8g.drawLine(0,0, 99, 0);
u8g.drawLine(99,0, 109 , 15);
u8g.drawLine(109,15, 128, 15);
//u8g.drawStr(63,47, "30");use
//u8g.drawStr(103,47, "40");use

if(roll<0)
{u8g.setFont(u8g_font_6x10);
u8g.drawStr(3,26, "Neg");
roll=abs(roll);
}

if(pitch<0)
{
u8g.drawStr(108,26, "Neg");pitch=abs(pitch);
}

u8g.setFont(u8g_font_9x15);
//left side(Roll)
// u8g.drawStr(2,45, "100");
  char buf[9];
  sprintf(buf,"%d",roll);
    if(roll<=9)
    {u8g.drawStr(10,45,buf ); }
    else if(roll >= 100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {u8g.drawStr(2,45,buf ); }
    else{u8g.drawStr(6,45,buf );}

//right side(Pitch)
// u8g.drawStr(98,45, "100");
  char buf2[9];
  sprintf(buf2,"%d",pitch);
      if(pitch<=9)
      {u8g.drawStr(104,45,buf2 ); }
      else if(pitch >= 100)
      {u8g.drawStr(98,45,buf2 ); }
      else{u8g.drawStr(102,45,buf2 );  }

//center(Office)
//u8g.drawStr(53,40, "100");
u8g.setFont(u8g_font_6x10);
  char buf1[9];
  sprintf(buf1,"%d",Olv);
      if(Olv<=9)
      {u8g.drawStr(59,40,buf1 ); }
      else if(Olv >= 100)
      {u8g.drawStr(53,40,buf1 ); }
      else{u8g.drawStr(56,40,buf1 ); }
}

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////Stress menu
else if(Selectpage== 3 )
{
//////////////////////////////////////////////////////set up
u8g.setFont(u8g_font_6x10);//front setpu (widthxHeight)
u8g.drawBitmapP( 0,20,6,44, SICON_bitmap);//draw pic
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//Stress Level value
int Slv2=map2max(Slv,0,30,0,100);
char buf[9];
  sprintf(buf,"%d",Slv2);
    if(Slv2==0)
    {u8g.drawStr(20,46,buf ); }
    else if(Slv2==100)
    {u8g.drawStr(13,46,buf ); }
    else{u8g.drawStr(17,46,buf );}
u8g.setFont(u8g_font_courB10);//Setfront
     if(Slv2>80)              {u8g.drawStr(55,63, "STRESS");}
else if (Slv2>60 && Slv2 <81){u8g.drawStr(55,63, "CONFUSE");}
else if (Slv2>40 && Slv2 <61){u8g.drawStr(55,63, "FATIGUE");}
else if (Slv2>20 && Slv2 <41){u8g.drawStr(53,63, "NEUTRAL");}
else if (Slv2>0  && Slv2 <21){u8g.drawStr(60,63, "HAPPY");}
else                         {u8g.drawStr(60,63, "Happy");}

u8g.setFont(u8g_font_6x10);
//Attention value
u8g.drawStr(47,33, "Att");
int att2=map2max(att,0,100,0,60);
    u8g.drawBox(67,26,att2,7);
    u8g.drawFrame(67,26,60,7); // Attention2 from watch

//Meditation value
u8g.drawStr(47,45, "Med");
int med2=map2max(med,0,100,0,60);
  u8g.drawBox(67,38,med2,7);
  u8g.drawFrame(67,38,60,7); // Meditation2 from watch

//////////////////////////////////////////////////////menu bar
u8g.setFont(u8g_font_9x15);
u8g.drawStr(0,15, "Stress");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(signal==0){u8g.drawBitmapP(115,0,2,15, signal_bitmap);}
// upper boarder
u8g.drawLine(0,0, 90, 0);
u8g.drawLine(90,0, 100 , 15);
u8g.drawLine(100,15, 128, 15);

}
//////////////////////////////////////////////////////////////Office warning
else if (Selectpage == 4)
{

  // graphic commands to redraw the complete screen should be placed here
u8g.setFont(u8g_font_7x13);
u8g.drawBitmapP( 0,17,5,39, Offwarn_bitmap);//draw pic
u8g.drawFrame(23,18,105,34);//Scale for stress

u8g.setFont(u8g_font_6x10);
u8g.drawStr(97,62, "ENTER");
  u8g.drawFrame(95,53,33,11);
u8g.drawStr(90,13, "CANCLE");
 u8g.drawFrame(88,3,40,13);
u8g.drawStr(33,31, "YOU're at risk");
u8g.drawStr(42 , 47, "for OFFICE SYN.");
//u8g.drawStr(42,47, "You're at risk for");
//u8g.drawStr(90,58, " Later");
//upper menu
u8g.setFont(u8g_font_9x15);
u8g.drawStr(0,15, "WARNINIG ");
}
//////////////////////////////////////////////////////Stress Warning
else if(Selectpage == 5)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
u8g.setFont(u8g_font_7x13);
u8g.drawStr(33 , 31, "Stress");

u8g.drawBitmapP( 0,17,5,39, WarnStress_bitmap);//draw pic
u8g.drawFrame(23,18,105,34);//Scale for stress


u8g.setFont(u8g_font_6x10);
//u8g.drawStr(97,62, "ENTER");
u8g.drawStr(97,13, "ENTER");
  u8g.drawFrame(95,3,33,12);
//u8g.drawStr(90,13, "CANCLE");
u8g.drawStr(90,62, "CANCLE");
 u8g.drawFrame(88,53,40,11);
u8g.drawStr(42,47, "Recovery mode?");
//u8g.drawStr(90,58, " Later");
//upper menu
u8g.setFont(u8g_font_9x15);
u8g.drawStr(0,15, "WARNINIG ");

}
////////////////////////////////////////////////////////////////Feedback
else if (Selectpage == 6)
{
int FBlv2=map2max(FBlv,0,300,0,128);
if (FBlv2<26)
{
u8g.drawBitmapP(0,25,4,30, FB5_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(30,40,98,2);

}else if (FBlv2>25 && FBlv2<51){
u8g.drawBitmapP(10,25,4,30, FB4_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(40,40,88,2);u8g.drawBox(0,40,9,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}else if (FBlv2>50 && FBlv2<76){
u8g.drawBitmapP(35,25,4,30, FB3_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(65,40,63,2);u8g.drawBox(0,40,34,2);

}else if (FBlv2>75 && FBlv2<101){
u8g.drawBitmapP(60,25,4,30, FB2_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(91,40,39,2);u8g.drawBox(0,40,64,2);

}else if (FBlv2>100 && FBlv2<120)
{
u8g.drawBitmapP(85,25,4,30, FB1_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(115,13,63,2);u8g.drawBox(0,40,84,2);

}else if (FBlv2 >= 128)
{
u8g.drawBitmapP(98,25,4,30, FB0_bitmap);//draw pic
u8g.drawBox(0,40,98,2);

}else{Serial.println(FBlv);}
u8g.setFont(u8g_font_6x10);

switch (Tigger){
case 1:
u8g.drawStr(0,14, "RECOVERY MODE"); break;

case 2:
u8g.drawStr(0,14, "CLAIM DOWN.");break;

case 3:
u8g.drawStr(0,14, "TAKE A DEEP BREATH.");break;

case 4:u8g.drawStr(0,14, "CLOSE YOUR EYES.");break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case 5:
u8g.drawStr(0,14, "TRY NOT TO THINK.");break;

default :break;}
//////////////////////////////////////////////////////menu bar

// upper boarder

  if (signal == 0)
{  u8g.drawBitmapP( 115,0,2,15, signal_bitmap);}

}

else ;

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

int map2max(int x,int min1,int max1,int min2,int max2)
{
   x=map(x, min1, max1, min2, max2);
  if(x>max2){x=max2;}
    else if(x<min2){x=min2;}else;
    return(x);
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

code ส่งค่า

```
#include <EasyTransfer.h>
#include <SoftwareSerial.h>
// button variable
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const byte Button_1 = 6;     // pin button 1
const byte Button_2 = 7;     // pin button 2
//const byte Source_vcc = 5;   // Source to button
byte buf_button = 0;
byte buttonpress = 0;
byte Mode = 1, lastMode = 1; // mode1=home mode2=office mode3=stress
byte Warning = 0; // indicater type of alarm -> 1 Water,2 Office,3 Stress
unsigned long LastbuttonTime = 0, LastbuttonCount = 0;
unsigned long LastTransfer=0;unsigned long lasttime_feeback=0;
SoftwareSerial mySerial(10, 11);

//Headset variable
#define DEBUGOUTPUT 0
#define powercontrol 10
byte generatedChecksum = 0;
byte checksum = 0;
byte payloadLength = 0;
byte payloadData[40] = {0};
byte poorQuality = 0;
byte attention = 0;
byte meditation = 0;
byte poorQuality2 ;
byte attention2 ;
byte meditation2 ;
unsigned long lastReceivedPacket = 0;
unsigned long toi;
boolean bigPacket = false;

//ADXL variable
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>
unsigned long lastADXL_Time, lastADXL_time2minute;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int roll, pitch;
unsigned int Sitwork_buff=0, walking_buff, another_buff; //condition to alarm
unsigned int Sitwork2min_buff, walking2min_buff, another2min_buff;
Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified(12345);
//create object
EasyTransfer ET;

//Sress Variable
unsigned long lasttime_Stress=0;unsigned long timetest=0;byte Tigger=1;
int Slv=0;int mins=0;int avgAtt=0;int avgMed=0;unsigned int slv=0;int FBlv;int minFB=0;



struct SEND_DATA_STRUCTURE{
  //put your variable definitions here for the data you want to send
  //THIS MUST BE EXACTLY THE SAME ON THE OTHER ARDUINO
  int att;
  int med;
  int signal;
  int pitch;
  int roll;
  int modeSend;
  int slv;
  int Olv;
  int feedback;
  char first = '*';
  byte tigger;
};

//give a name to the group of data
SEND_DATA_STRUCTURE mydata;

void setup(){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.begin(57600);
mySerial.begin(9600);
 ET.begin(details(mydata), &Serial);
  pinMode(Button_1, INPUT);
  pinMode(Button_2, INPUT);

Serial.println("Let Start");
  if (!accel.begin())
  {
    /* There was a problem detecting the ADXL345 ... check your connections */
    Serial.println("Ooops, no ADXL345 detected ... Check your wiring!");
    while (1);
  } /* Set the range to whatever is appropriate for your project */
  accel.setRange(ADXL345_RANGE_16_G);
  //start the library, pass in the data details and the name of the serial port. Can be Serial,
Serial1, Serial2, etc.

}

byte SelectMode()
{
  if (1)//check button
  {
      if (digitalRead(Button_1) > 0)
      {
        LastbuttonTime = millis();
        buf_button = 1;
        buttonpress= 0;
      }
      else if (digitalRead(Button_2) > 0)
      {
        LastbuttonTime = millis();
        buf_button = 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      buttonpress= 0;
    }
    else if ( digitalRead(Button_1) == 0 && digitalRead(Button_2) == 0 && buf_button >=
0 && millis() - LastbuttonCount > 999 && millis() - LastbuttonTime <= 100)
    {
      LastbuttonCount = millis();
      byte qq = buf_button;
      buf_button = 0;
      buttonpress= qq;
    }
    else
      buttonpress= 0;
}
if(2)//check Mode
{
    if(Warning >0)
    {
       switch (Warning)
       {
           case 1:
              Mode = 4;
              break;
           case 2:
              Mode = 4;
              break;
           case 3:
              Mode = 5;
              break;
           default:
              break;
       }
      }
    else;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(Mode ==1)
{
  switch(buttonpress){
    case 1:
      lastMode = 1;
      Mode = 2;
      break;
    case 2:
      lastMode = 1;
      Mode = 3;
      break;
    default:
      break;
    }
  }
else if(Mode ==2)
{
  switch(buttonpress){
    case 1:
      lastMode = 2;
      Mode = 3;
      break;
    case 2:
      lastMode = 2;
      Mode = 1;
      break;
    default:
      break;
    }
  }
else if(Mode ==3)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  switch(buttonpress){
    case 1:
      lastMode = 3;
      Mode = 1;
      break;
    case 2:
      lastMode = 3;
      Mode = 2;
      break;
    default:
      break;
    }
  }
else if(Mode ==4)
{
  switch(buttonpress){
    case 1:
      Mode = lastMode;
      Warning = 0;
      break;
    case 2:
      Mode = lastMode;
      Warning = 0;
      break;
    default:
      break;
    }
  }
else if(Mode ==5)
{
  switch(buttonpress){
    case 1:
      Mode = 6;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Warning = 0;
            break;
          case 2:
            Mode = lastMode;
            Warning = 0;
            break;
          default:
            break;
          }
        }
        else if(Mode ==6)
      {
        switch(buttonpress){
          case 1:
//            Mode = lastMode;
//            Warning = 0;
//            break;
          case 2:
            Mode = lastMode;
            Warning = 0;
            break;
          default:
            break;
          }
        }
       else;
     }
     return Mode;
}

byte ReadOneByte() {
  int ByteRead;
  toi = millis();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  while (!Serial.available() && millis()-toi <= 50);
  ByteRead = Serial.read();

#if DEBUGOUTPUT
  Serial.print((char)ByteRead);   // echo the same byte out the USB serial (for debug purposes)
#endif

  return ByteRead;
}
void HeadsetValue() {
  if (ReadOneByte() == 170)  {
    if (ReadOneByte() == 170)    {
      payloadLength = ReadOneByte();
      if (payloadLength > 169)        //Payload length can not be greater than 169
        return;
      generatedChecksum = 0;
      for (int i = 0; i < payloadLength; i++) {
        payloadData[i] = ReadOneByte();            //Read payload into memory
        generatedChecksum += payloadData[i];
      }

      checksum = ReadOneByte();          //Read checksum byte from stream
      generatedChecksum = 255 - generatedChecksum;   //Take one's compliment of generated checksum

      if (checksum == generatedChecksum) {
        poorQuality = 200;
        attention = 0;
        meditation = 0;

        for (int i = 0; i < payloadLength; i++) { // Parse the payload
          switch (payloadData[i]) {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 2:
          i++;
          poorQuality = payloadData[i];
          bigPacket = true;
          break;
        case 4:
          i++;
          attention = payloadData[i];
          break;
        case 5:
          i++;
          meditation = payloadData[i];
          break;
        case 0x80:
          i = i + 3;
          break;
        case 0x83:
          i = i + 25;
          break;
        default:
          break;
      } // switch
    } // for loop

#if !DEBUGOUTPUT

    if (bigPacket) {
      poorQuality2 = poorQuality;
      attention2 = attention;
      meditation2 = meditation;
      //mySerial.print("PoorQuality: ");
      //mySerial.print(poorQuality, DEC);
      //Serial.print(" Attention: ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          //mySerial.print(attention, DEC);
          //Serial.print(" meditation: ");
          //mySerial.print(meditation, DEC);
          //Serial.print(" Time since last packet: ");
          //Serial.print(millis() - lastReceivedPacket, DEC);
          lastReceivedPacket = millis();
          //mySerial.print("\n");
        }
#endif
        bigPacket = false;
      }
      else {
        // Checksum Error
      }  // end if else for checksum
    } // end if read 0xAA byte
  } // end if read 0xAA byte
}

void ADXL_Read(int de_lay) {
  if ((millis() - lastADXL_Time) >= de_lay) {
    sensors_event_t event;
    accel.getEvent(&event);
    lastADXL_Time = millis();
    float x = event.acceleration.x;
    float y = event.acceleration.y;
    float z = event.acceleration.z;
    roll = ((atan2(-y, z) * 180) / M_PI);
    pitch = ((atan2(x, z) * 180) / M_PI); //(atan2(x,sqrt(y*y+z*z)*180)/M_PI);
    if (roll >= 0 && roll <= 30 && pitch >= -40 && pitch <= 5) {
      Sitwork2min_buff++;
      //Serial.print("Siting Work");
      //Serial.println(Sitwork2min_buff);
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else if (roll >= -100 && roll <= -50 && pitch >= -100 && pitch <= -40) {
      walking2min_buff++;
      //Serial.print("Siting Work");
      //Serial.println(Sitwork2min_buff);
    }
    else {
      another2min_buff++;
      //Serial.print("Siting Work");
      //Serial.println(Sitwork2min_buff);
    }
    if ((millis() - lastADXL_time2minute) >= 120000) {//check pass 2minutee
      lastADXL_time2minute = millis();
      if (Sitwork2min_buff > walking2min_buff && Sitwork2min_buff > another2min_buff ) {
//2minute sitwork
        Sitwork_buff++;
        Sitwork2min_buff = 0;
        walking2min_buff = 0;
        another2min_buff = 0;
      }
      else if (walking2min_buff > Sitwork2min_buff && walking2min_buff >
another2min_buff) { //2minute walking
        walking_buff++;
        Sitwork2min_buff = 0;
        walking2min_buff = 0;
        another2min_buff = 0;
      }
      else {                                                    //2minute another
        another_buff++;
        Sitwork2min_buff = 0;
        walking2min_buff = 0;
        another2min_buff = 0;
      }
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if ((Sitwork_buff + walking_buff + another_buff)%15 == 0 && Sitwork_buff >=12) { //
check when time pass 15*2 minute to drink water(12/15)
      //Serial.println("Drink Some Water");
      Mode = 4;// turn to office alarm
      Warning = 1;
      Sitwork_buff++;

    }
    if ((Sitwork_buff + walking_buff + another_buff) >= 60 && Sitwork_buff >= 50) { //
check when time pass 60*2 minute to check office syndrome(50/60)
      //Serial.println("Office syndrome Risky");
      Warning = 2;
      Mode = 4; // turn to office alarm
      Sitwork_buff = 0;
      walking_buff = 0;
      another_buff = 0;
    }
    else if ((Sitwork_buff + walking_buff + another_buff) >= 60 && Sitwork_buff < 50) {
      //Serial.println("Office syndrome Don't Risk");
      Sitwork_buff = 0;
      walking_buff = 0;
      another_buff = 0;
    }
  }
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
int stressAl(byte att, byte med)
{

if(millis()-lasttime_Stress>=1000 )

{//Serial.println("H");
   if( mins <= 60 && mins>= 0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  { avgAtt += att;avgMed += med;mins++;  }

    if(mins == 61) {

    mins=0;
    avgAtt /= 60; avgMed /= 60;
    int diff = avgAtt - avgMed;

  if (diff < 5 && (avgAtt < avgMed))

    { Slv--;avgAtt=0;avgMed =  0; }
          else  { Slv++;avgAtt=0;avgMed=0; }

}

  if (Slv<0){Slv=0;}
lasttime_Stress = millis();
  if (Slv == 30){Mode = 5;Slv =0;mins=0;avgAtt=0;avgMed=0;}
   return(Slv);

    }
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
int feedback(byte att, byte med)
{

if(millis()-lasttime_feeback>=1000 )

{
      int diff = att - med;minFB++;
  if (diff < 5 && (att < med))
     { FBlv++;} else  { FBlv--;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (FBlv<0){FBlv=0;}
  if (minFB==300 || FBlv>200){Mode =1;minFB=0;FBlv=0;}

       if(minFB%10 == 0)
{
Tigger++;
if(Tigger >5){Tigger =1;}
}
lasttime_feeback = millis();
   return(FBlv);
   }}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void loop(){

  switch(SelectMode()){// function for each mode here

case 1:
    ADXL_Read(100);
    HeadsetValue();
    stressAl(attention2,meditation2);
    if(millis()-LastTransfer>=100)
    {
//used variable
  mydata.first;
  mydata.modeSend =1;
  mydata.signal=poorQuality2;
  mydata.slv=Slv;
  mydata.Olv=Sitwork_buff;
  ET.sendData();
     LastTransfer = millis();
    }
    break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 case 2:
    ADXL_Read(100);
    if(millis()-LastTransfer>=100)
    {

mydata.first;
mydata.modeSend =2;
mydata.Olv=Sitwork_buff;
mydata.pitch=pitch;
mydata.roll=roll;
   ET.sendData();
        LastTransfer = millis();
    }
    break;

  case 3:
    HeadsetValue();
    stressAl(attention2,meditation2);
    if(millis()-LastTransfer>=100)
    {
  mydata.first;
  mydata.modeSend =3;
  mydata.signal=poorQuality2;
  mydata.slv=Slv;
  mydata.att=attention2;
  mydata.med=meditation2;
     ET.sendData();
    LastTransfer = millis();
    }
    break;
  case 4:
    if(millis()-LastTransfer>=100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
   mydata.first;
   mydata.modeSend =4;
   ET.sendData();
      LastTransfer = millis();
    }
    break;
  case 5:
    if(millis()-LastTransfer>=100)
    {
     mydata.first;
     mydata.modeSend =5;
     ET.sendData();
      LastTransfer = millis();
    }
    break;
 case 6:
    HeadsetValue();
    feedback(attention2,meditation2);
    if(millis()-LastTransfer>=100)
    {
   mydata.first;
   mydata.modeSend = 6;
   mydata.feedback = FBlv;
   mydata.tigger = Tigger;
   ET.sendData();
   LastTransfer = millis();
    }
    break;
   default :
    break;
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้