สมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัด

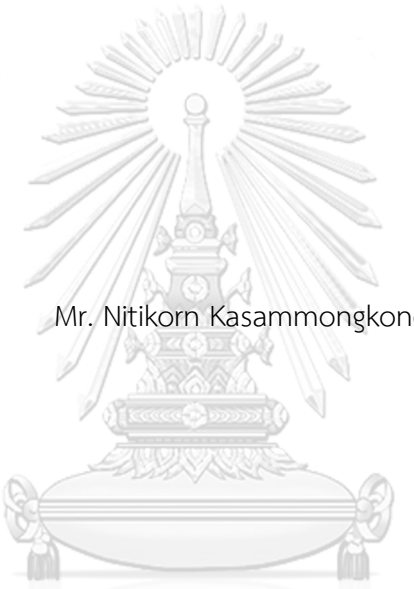
นายนิธิกร เกษมมงคลชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Smart Hub based on Brain-Computer Interface by Low-Cost Devices

Mr. Nitikorn Kasammongkonchai



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science
Department of Computer Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมาร์ทยับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัด
โดย	นายนิธิกร เกษมมงคลชัย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ โคตรจรัส)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นิธิกร เกษมมงคลชัย : สมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัด. (Smart Hub based on Brain-Computer Interface by Low-Cost Devices) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.เศรษฐา ปานงาม

งานวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สมาร์ทฮับแบบพกพาบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินวิธีการควบคุมอุปกรณ์ด้วยสัญญาณสมอง โดยสมาร์ทฮับที่กล่าวมานั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบสมาร์ทโฮม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่างานส่วนใหญ่ได้ใช้วิธีการควบคุมอุปกรณ์ด้วยสัญยาณสมองโดยใช้การกระพริบตาและระดับค่าความสนใจ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ข้อสรุปว่าในงานวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ระบบเครือข่าย WiFi สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ และ จะใช้การกระพริบตาและระดับค่าความสนใจในการควบคุมเป็นหลัก ในการทดลองของงานวิทยานิพนธ์นี้มีผู้ทดลองทั้งหมด 10 คน โดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 จะทดลองโปรแกรมที่ 1 ถึง 5 และ โปรแกรมที่ 2 จะทดลองโปรแกรมที่ 5 ถึง 1 จากผลการทดลองพบว่าค่าความแม่นยำในการใช้ค่าความสนใจนั้นมีค่ามากกว่าการกระพริบตา 2 ครั้ง แต่การใช้ค่าความสนใจในการควบคุมจะใช้เวลามากกว่า จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ในการออกแบบวิธีการควบคุมสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นควรใช้ 1 วิธีการควบคุม ต่อ 1 คำสั่ง และ วิธีการควบคุมไม่ควรมีความซับซ้อนมากจนเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6170378521 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORD: Brain-Computer Interface (BCI), headset, Electroencephalogram (EEG), Smart hub

Nitikorn Kasammongkonchai : Smart Hub based on Brain-Computer Interface by Low-Cost Devices. Advisor: Assoc. Prof. SETHA PAN-NGUM

This work designed a portable Brain-Computer Interface (BCI) Smart Hub system using a low-cost BCI headset. The aim was to introduce a new and evaluate existing BCI control methodologies. Smart Hub is part of the smart home system. In this work, we focus on the development and comparison of BCI control methodologies based on smart hub systems. From survey similar works, we found several works had used attention and Eye Blink to control BCI. From the literature survey, we conclude that our system used a WiFi network for communication and the BCI control methods chosen were attention and Eye Blink. Five BCI control methodologies, all based on eye blinks and attention, were evaluated by 10 subjects. As a result, we conclude that the attention accuracy is more than double blink but the attention required more activation time than a double blink. As the result, the control methodology should use 1 methodology with 1 command and shouldn’t complexity for good performance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Computer Science Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. เศรษฐา ปานงาม และกรรมการทุกท่านที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือ ในการดำเนินงานวิทยานิพลนี้ให้ประสบความสำเร็จด้วยดี และขอขอบคุณ นายธนพนธ์ แสนใจงาม ที่ช่วยสร้างอุปกรณ์สมาร์ทฮับ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครับที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุน ให้ทำงานวิทยานิพลนี้ขึ้นมาได้สำเร็จ

นิธิกร เกษมมงคลชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

1. ที่มาและความสำคัญ 1

1.1 วัตถุประสงค์ 2

1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน 2

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1.1 การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมอง (Brain Computer Interface) .. 3

2.1.2 ระบบฮับอัจฉริยะ (Smart Hub) 3

2.1.3 Electroencephalogram(EEG) 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

3. วิธีดำเนินงานวิจัย 18

3.1 การทำงานของระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัด 18

3.2 การออกแบบโปรแกรมและวิธีการควบคุม 23

3.2.1 การออกแบบโปรแกรมคำสั่งการกระพริบตา 23

3.2.2 โปรแกรมบันทึกค่าความสนใจ 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การออกแบบหน้าจอโปรแกรมด้วยภาษา python 28
3.4 การประเมินผล 29
3.4.1 การจำลองโปรแกรมที่จะนำมาเปรียบเทียบ 29
3.4.2 ขั้นตอนการเก็บผลงานวิจัย 33
3.4.2.1 ความเร็วในการตอบสนอง 34
3.4.2.2 ความแม่นยำ 34
3.4.2.3 ความชำนาญ 34
3.4.2.4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 35
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 35
4.1 ความเร็วในการใช้งาน 35
4.1.1 ความเร็วในการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตา 35
4.1.2 ความเร็วในการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้ค่าความสนใจ 35
4.1.3 วิเคราะห์ความเร็วในการใช้งาน 36
4.2 ความแม่นยำในการใช้งาน 36
4.2.1 ความแม่นยำในแต่ละโปรแกรม 36
4.2.2 ความแม่นยำในแต่ละการควบคุม 37
4.2.2.1 ผลความแม่นยำในการใช้ค่าความสนใจ 37
4.2.2.2 ผลความแม่นยำในการใช้การกระพริบตา 37
4.2.3 วิเคราะห์ความแม่นยำในการใช้งาน 37
4.3 ความชำนาญในการใช้งาน 38
4.4 ความพึงพอใจ 40
4.4.1 ความพึงพอใจด้านซอฟต์แวร์ 40
4.4.2 ความพึงพอใจด้านฮาร์ดแวร์ 40
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 สรุปผลการวิจัย 41
5.1.1 สรุปการออกแบบระบบฮับอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด 41
5.1.2 สรุปการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับระบบอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด 42
5.2 ข้อเสนอแนะ 42
บรรณานุกรม 44
ภาคผนวก 47
ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมทดลอง 47
ข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจ 47
ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ 48
ประวัติผู้เขียน 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ที่มาและความสำคัญ

การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง (Brain computer interface) ในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้งานหลายด้าน เช่น การแพทย์, การควบคุมเกมส์, ช่วยนั่งสมาธิ และการควบคุมอุปกรณ์

โดยงานวิจัยเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองส่วนใหญ่จะให้ความสนใจกับกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้พิการ และ ผู้ป่วยติดเตียง ซึ่งกลุ่มคนเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการดูแลโดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี[1] จึงมีผู้ที่ทำวิจัยเกี่ยวกับระบบอำนวยความสะดวกบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง และหนึ่งในหัวข้อที่เป็นที่นิยมคือ บ้านอัจฉริยะ(Smart Home) บนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง[2][3] ระบบบ้านอัจฉริยะ[4]เป็นระบบที่นำเทคโนโลยีเครือข่ายมาใช้ภายในบ้านทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งการอุปกรณ์จากระยะไกล เช่น เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ,ควบคุมเครื่องปรับอากาศ และ ควบคุมโทรทัศน์ เป็นต้น หรือสามารถดูข้อมูลภายในบ้าน เช่น สภาพอากาศ ,กล้องวงจรปิด และ สัญญาณกันขโมย เป็นต้น โดยงานวิจัยเหล่านี้ช่วยให้กลุ่มคนดังกล่าวมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

ทว่าอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณสมอง(Head set) ส่วนใหญ่ นั้น มีราคาสูง และ บางรุ่นติดตั้งยาก เนื่องจากใช้ electrode เป็นแบบเปียกที่จำเป็นต้องฉีดของเหลวเพื่อทำให้จับสัญญาณได้ดี และหากมีช่องสัญญาณมากจะทำให้ใช้เวลาในการติดตั้งนานขึ้นไปด้วย เช่นรุ่น B-Alert X-24 ราคา 634,300 บาท ถูกใช้ในงานวิจัย[5] ใช้เวลาติดตั้งประมาน 10 นาที[6] เป็นต้น ดังนั้นกลุ่มคนดังกล่าวจำเป็นต้องมีเงินทุนเพียงพอและสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยเพื่อที่สามารถใช้นวัตกรรมเหล่านี้ได้ จากปัญหาที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณสมองรุ่น Mind Wave Mobile ของ NeuroSky ที่มีราคาประหยัดและติดตั้งง่ายมาใช้ แต่ด้วยราคาที่ถูกและติดตั้งง่ายทำให้ประสิทธิภาพด้อยกว่าอุปกรณ์อื่น เช่น สัญญาณรบกวนจากกล้ามเนื้อ และ จำนวนช่องสัญญาณ 1 ช่อง จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถตรวจจับสัญญาณได้เพียง 4 ชนิด คือ สัญญาณดิบ(Raw Data) ค่าความสนใจ(Attention) ,ค่าสมาธิ(Meditation) และ การกระพริบตา(Eye blink) มาออกแบบระบบควบคุมสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด ที่สามารถใช้งานง่ายและติดตั้งสะดวก

จากการค้นหาข้อมูลเบื้องต้นในงานวิจัยลักษณะเดียวกัน คือการออกแบบระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยการใช้อุปกรณ์ราคาประหยัด พบว่าส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์รับสัญญาณสมองรุ่น Mind Wave Mobile ซึ่งบางงานสามารถพกพาได้[3]แต่ก็มีข้อจำกัดต่าง ๆ ทั้งเรื่องระยะการสื่อสารของอุปกรณ์ และ การติดตั้งที่ไม่สะดวก ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบให้อุปกรณ์ทั้งชุดสามารถพกพาออกนอกสถานที่ได้ และติดตั้งได้สะดวกโดยจะออกแบบเป็นลักษณะปลั๊กพ่วง นอกจากนี้ ในแต่ละงานมีการใช้รูปแบบการควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แตกต่างกันออกไป[3,7,8,9] โดยส่วนใหญ่เป็นการใช้ ค่าความสนใจ และ การกระพริบตา ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบรูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ด้วยสัญญาณสมองจากที่ออกแบบเอง และ อ้างอิงจากงานวิจัยลักษณะเดียวกันว่าแบบใดที่มีความแม่นยำและรวดเร็วมากที่สุดและนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้

1.1 วัตถุประสงค์

งานวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด

1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.2.1 ระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองจะควบคุมอุปกรณ์ปิดและเปิดเท่านั้น

1.2.2 ระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง จะใช้ค่าความจดจ่อและการกระพริบตาในการสั่งงานและควบคุม

1.2.3 พัฒนาระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองให้สามารถใช้งานง่าย

1.2.4 พัฒนาระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองให้ติดตั้งสะดวก

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในงานวิทยานิพนธ์สมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองนั้นมีขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด 7 ขั้นตอนได้แก่

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2) ออกแบบระบบและพัฒนาระบบของสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง

3) ออกแบบฮาร์ดแวร์สมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง

4) ออกแบบการทดลองระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง

5) ดำเนินการทดลองระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง

6) การประเมินผลการทดลอง

7) สรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิทยานิพนธ์สมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัดนั้นคาดว่าจะมีประโยชน์โดยสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อ

1. นำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับคนที่เคลื่อนไหวไม่สะดวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คนที่เคลื่อนไหวไม่สะดวกสามารถพกพาอุปกรณ์ไปใช้ที่อื่นได้อย่างสะดวก

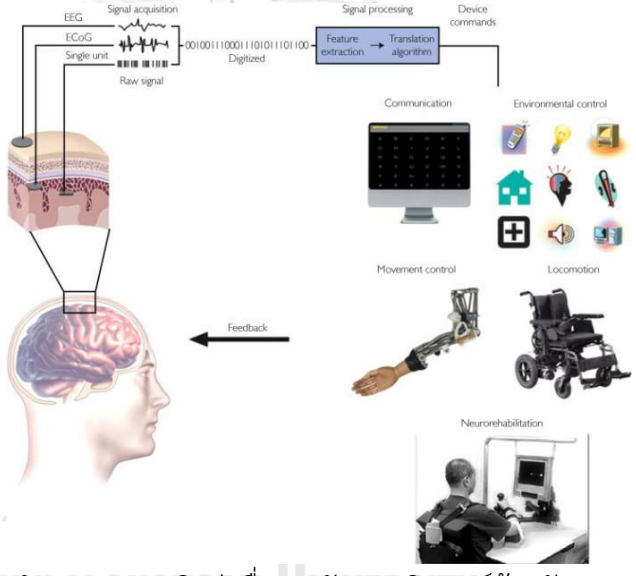
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบไปด้วย การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมอง (Brain Computer Interface), ระบบฮับอัจฉริยะ(Smart Hub) และ Electroencephalography(EEG)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมอง (Brain Computer Interface)

การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง [10] คือรูปแบบการสื่อสารระหว่างสมองและคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะรับสัญญาณไฟฟ้าจากสมองมาประมวลผลสัญญาณไฟฟ้า และเครื่องมือจะทำการวัดและบันทึกสัญญาณสมองและส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทำงานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมอง [10]

การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณสมองมีส่วนประกอบทั้งหมด 4 อย่างได้แก่

Signal Acquisition เป็นการวัดสัญญาณสมองด้วยเซ็นเซอร์เฉพาะทางก่อนจะส่งให้คอมพิวเตอร์

Feature Extraction เป็นการวิเคราะห์จำแนกสัญญาณออกเป็นชั้น

Feature Translation เป็นการแปลสัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์ให้ออกมาเป็นข้อมูลที่ต้องการ

Device Output เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการแปลสัญญาณมาแสดงผล

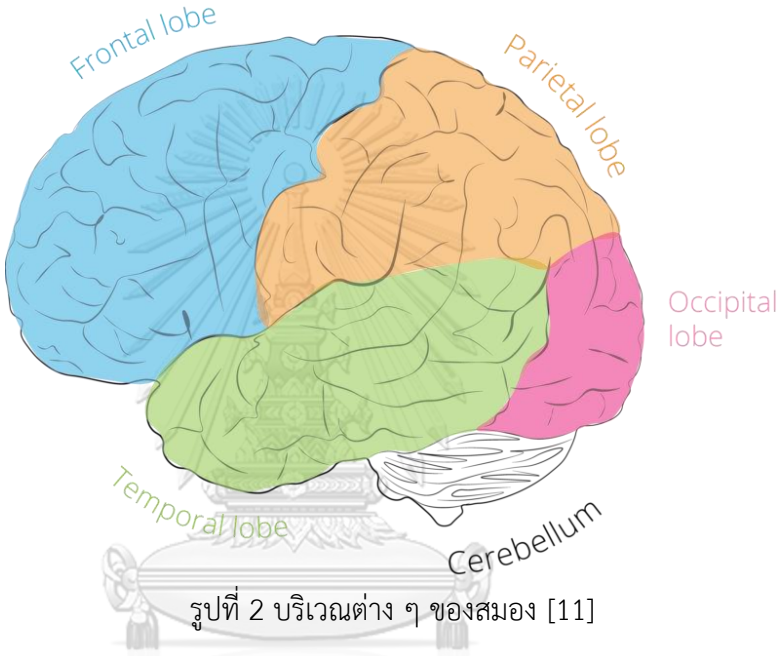
2.1.2 ระบบฮับอัจฉริยะ (Smart Hub)

ระบบฮับอัจฉริยะ หรือ ระบบฮับบ้านอัจฉริยะคือ[4] ฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอุปกรณ์อัตโนมัติภายในบ้านและควบคุมการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เหล่านั้น การทำงานของระบบฮับอัจฉริยะ จะเป็นอุปกรณ์หรือบริการที่ติดตั้งอยู่กับที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนสะพานที่ค่อยส่ง

ข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชั่นกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่ซึ่งสามารถเป็นระบบเชื่อมต่อกับสายหรือไร้สายก็ได้

2.1.3 Electroencephalogram(EEG)

Electroencephalogram หรือ EEG เป็นส่วนหนึ่งของสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับการบันทึกสัญญาณไฟฟ้า ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของสมอง [11] โดยเราสามารถบันทึกสัญญาณเหล่านี้ได้จากการสวมใส่อุปกรณ์ที่เรียกว่า Head Set ที่มีเซนเซอร์ที่เรียกว่า Electrodes ติดอยู่บนพื้นผิวศีรษะ ซึ่งตำแหน่งที่ติดนั้นจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป สามารถแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 บริเวณต่าง ๆ ของสมอง [11]

Occipital cortex จะรับผิดชอบเรื่องการประมวลผลข้อมูลที่เป็นภาพ

Parietal cortex จะรับผิดชอบเรื่องการเคลื่อนไหวและกระตือรือร้นกับสิ่งที่ต้องการจะทำ

Temporal cortex จะรับผดชอบเรื่องการประมวลผลภาษาและการแปลความหมาย

Frontal cortex ส่วนนี้จะทำหน้าที่ให้เราสามารถควบคุมร่างกาย คิดวิเคราะห์ และ ควบคุมพฤติกรรม

โดยสัญญาณ EEG สามารถนำไปจำแนกเป็นคลื่นความถี่ชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้[12]

Delta เป็นความถี่ต่ำ มีความถี่น้อยกว่า 4 Hz

Theta เป็นความถี่ที่อยู่ระหว่าง 4 ถึง 7 Hz

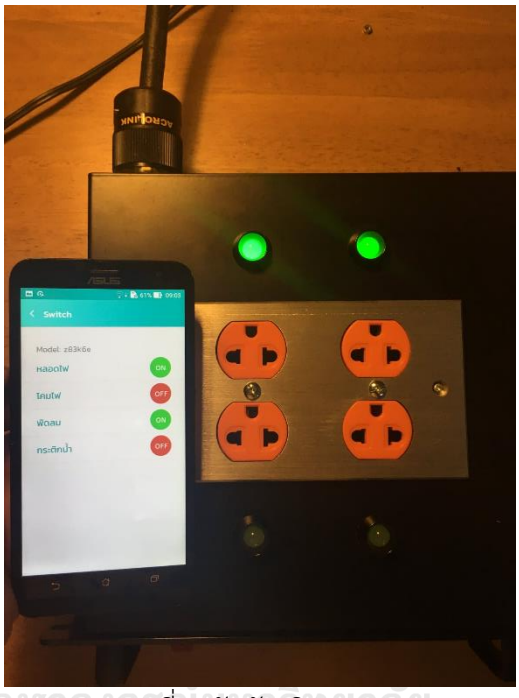
Alpha เป็นความถี่ที่อยู่ระหว่าง 7 ถึง 12 Hz

Beta เป็นความถี่ที่อยู่ระหว่าง 12 ถึง 30 Hz

Gamma เป็นความถี่สูง มีค่ามากกว่า 30 ถึง 50 Hz ขึ้นไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้อ้างอิงการออกแบบฮาร์ดแวร์มาจากงานของ นายธนพนธ์ แสนใจงาม นายชานนท์ เต็มไชยวณิช และ นางสาวกฤติยา วุฒิ [13] เรื่อง แอพพลิเคชั่นสำหรับฮับอัจฉริยะ งานวิจัยของโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ Smart Home ให้สะดวกมากขึ้น ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวผู้ใช้งานสามารถสั่งงาน Smart Hub ผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยข้อมูลจะส่งไปที่ฐานข้อมูลจากนั้นจึงส่งไปให้ Arduino ทำการส่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้า เปิด/ปิด ดังรูปที่ 3



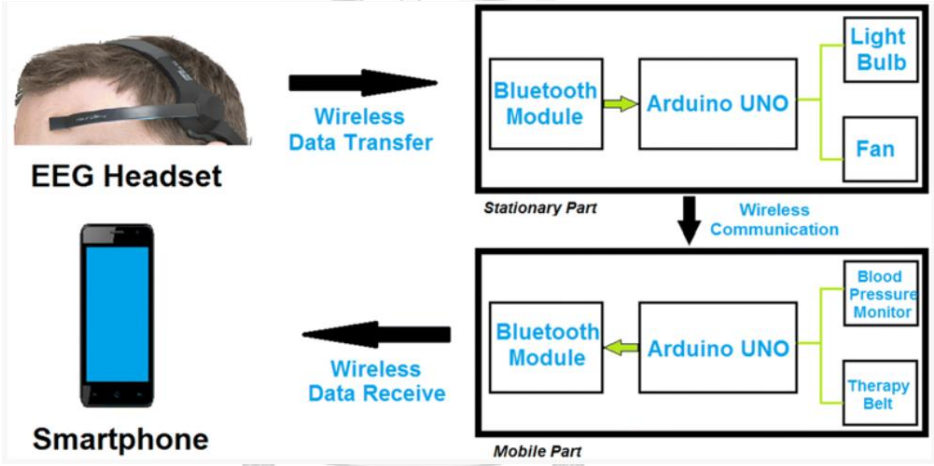
รูปที่ 3 ฮับอัจฉริยะ [13]

นอกจากนี้ยังสามารถสั่งงานด้วยเสียงผ่านสมาร์ทโฟนได้อีกด้วย รวมถึงมีการแสดงค่าใช้จ่ายการใช้งานของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบนี้ได้ใช้ Firebase ที่เป็น Real Time Database เป็นฐานข้อมูล ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดว่าบริเวณที่ติดตั้งจำเป็นต้องมีสัญญาณ Wi-Fi

จากข้อเสนอแนะ ผู้เขียนได้แบ่งเป็น 2 ด้านได้แก่ ด้านฮาร์ดแวร์ ได้แนะนำว่า ควรออกแบบวงจรให้มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา ที่สำคัญควรคำนึงถึงราคาต้นทุนที่ใช้ก่อนทำการออกแบบ ต่อมาด้านซอฟต์แวร์ ควรมีการตรวจสอบสถานะของเครื่องฮับอัจฉริยะว่ามีการทำงานอยู่หรือไม่และมีระบบการเชื่อมต่อ Wi-Fi โดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำงานวิจัยดังกล่าวมาพัฒนาต่อยอดโดยรวมเข้ากับนวัตกรรมการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง ซึ่งจากข้อแนะนำดังกล่าวจะต่อยอดในเรื่องของการพกพาและใช้งานให้สะดวกยิ่งขึ้น

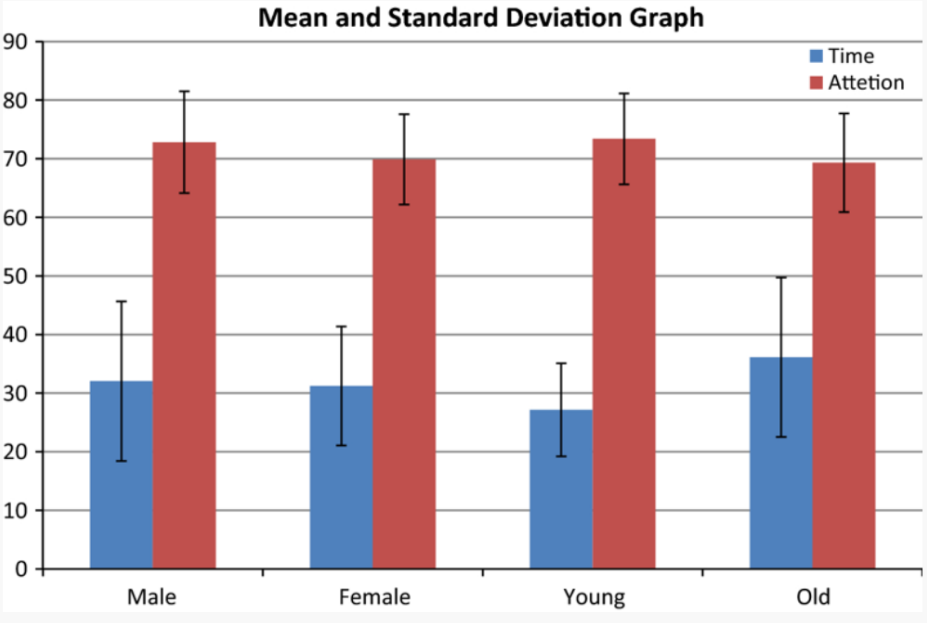
ในส่วนของการระบบการควบคุมผู้วิจัยได้สำรวจงานที่มีความเกี่ยวข้องคือ เป็นระบบอัจฉริยะที่ใช้อุปกรณ์รับสัญญาณสมองที่มีราคาถูก มาออกแบบการควบคุม ซึ่งมีดังต่อไปนี้

งานวิจัยของ Syed Rehan Abbas Jafri และคณะ [3] ได้สร้างระบบการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองไร้สายสำหรับบ้านอัจฉริยะและระบบทางการแพทย์ ซึ่งระบบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1 ส่วนหลัก ซึ่งอยู่กับที่ เป็นส่วนที่รับข้อมูลจากเครื่องวัดสัญญาณสมอง และควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านเช่น หลอดไฟ และ พัดลม 2 ส่วนพกพา เป็นส่วนที่ได้รับข้อมูลต่อจากส่วนหลักทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องมือทางการแพทย์ เช่น เครื่องวัดความดัน และ อุปกรณ์ส่งเสียงสัญญาณเตือน จากนั้นส่งข้อมูลให้โทรศัพท์มือถือแสดงผลโดยแต่ละส่วนจะส่งสัญญาณผ่านสัญญาณบลูทูธ ทำให้ขอบเขตการใช้งานนั้นมีระยะอยู่ที่ 10 เมตรควบคุมโดยใช้การประพริบตา เพื่อเลือกอุปกรณ์และใช้ ความจดจ่อ (Attention) เพื่อสั่งงานอุปกรณ์ เปิด/ปิด ในการรับคำสั่งจากสัญญาณสมอง งานวิจัยดังกล่าวได้ใช้เทคโนโลยี ThinkGear ที่มีโปรแกรม eSence ในการตรวจจับการกระพริบตา และ ตรวจวัดค่าความสนใจ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 หลักการทำงานของบ้านอัจฉริยะด้วยสัญญาณสมองไร้สาย[3]

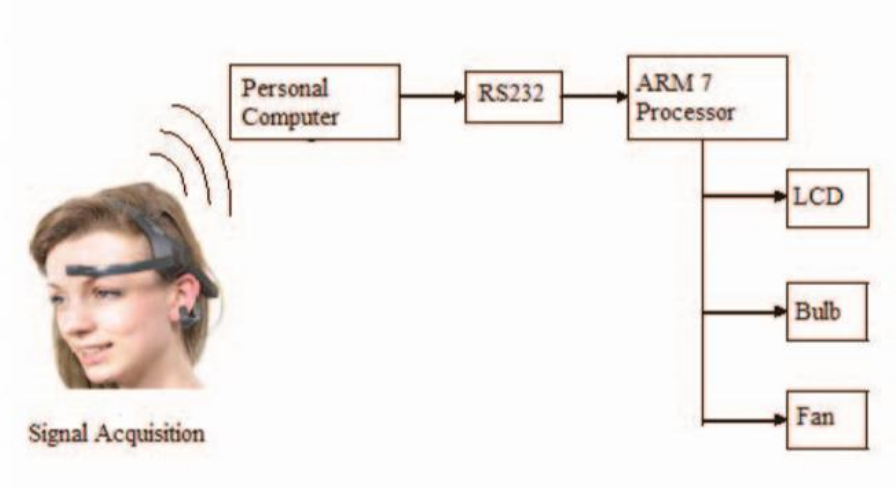
ในงานวิจัยของโครงการนี้ได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 60 คน แบ่งเป็น ชาย 30 และหญิง 30 คน ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าเฉลี่ยความสนใจของผู้ชายนั้นสูงกว่าผู้หญิงเล็กน้อย และ ผู้ที่อายุน้อยกว่า 50 ปี มีค่าความสนใจมากกว่าและสามารถเพิ่มค่าความสนใจได้เร็วกว่า ผู้ที่อายุมากกว่า 50 ดังรูปที่ 5 ผู้เขียนได้สรุปว่าระบบนี้สามารถเพิ่มระยะการควบคุมได้โดยการเปลี่ยนจากสัญญาณบลูทูธเป็นสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย และ หากเกิดเหตุการณ์ที่เครื่องตรวจจับสัญญาณสมองหยุดทำงาน จะทำให้อุปกรณ์บางตัวไม่ทำงานและในส่วนพกพาแบตเตอรี่สามารถอยู่ได้ 4 ถึง 5 ชั่วโมง



รูปที่ 5 แผนภาพค่าความสนใจในแต่ละช่วงอายุ[3]

จากข้อสรุปที่กล่าวมาทำให้สรุปได้ว่าค่าความสนใจของแต่ละบุคคลมีความไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับอายุและเพศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดหาทางแก้ปัญหาโดยการให้ผู้ใช้งานตั้งค่าระดับความสนใจที่เหมาะสมกับตนเองก่อนใช้งานเพื่อแยกสถานะปกติและจดจ่อของแต่ละบุคคลได้ และออกแบบระบบให้ใช้สัญญาณ Wi-Fi เป็นการส่งข้อมูล เพื่อเพิ่มลดข้อจำกัดเรื่องระยะทางการใช้งาน และใช้อุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณ Raspberry Pi 3 ที่มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้มาใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้

งานวิจัยของ Anupama A. Ghodake และ S. D. Shelke [7] เรื่องการควบคุมระบบบ้านอัตโนมัติด้วยสมอง งานวิจัยของโครงการนี้ได้ออกแบบระบบสำหรับอำนวยความสะดวกในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น พัดลม และ หลอดไฟ ให้กับผู้พิการและผู้สูงอายุโดยใช้การสั่งงานด้วยสมอง ในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ EEG รุ่น Mind Wave Mobile ของ NeuroSky เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และใช้ เทคโนโลยี ThinkGear ที่มากับ อุปกรณ์ Mind Wave Mobile ในการตรวจจับการกระพริบตา และ ค่าความสนใจ การออกแบบฮาร์ดแวร์ ได้ใช้อุปกรณ์ จอ LCD, LPC2148 และ วงจรรีเลย์ โดยอุปกรณ์ที่สามารถสั่งงานได้ ได้แก่ หลอดไฟ และ พัดลม ในระบบนี้ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM-7 ในการประมวลผล ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบการทำงานของ Brain Controlled Home Automation System[7]

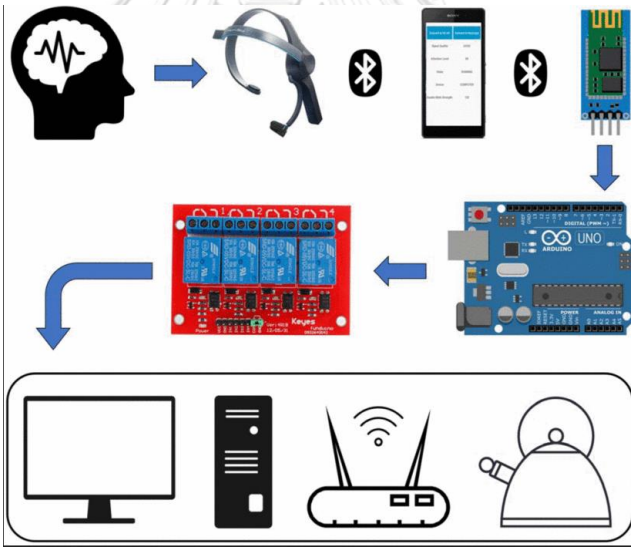
ผลการออกแบบการควบคุมหลอดไฟ ผู้ใช้ต้องเพิ่มค่าความสนใจให้ถึงระดับ 20 จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มเก็บข้อมูลค่าความสนใจ 5 วินาที และหาค่าเฉลี่ย โดยโปรแกรมจะทำทั้งหมด 4 รอบ และจะหาค่าเฉลี่ยจากผลลัพธ์ที่ได้มา หากค่าเฉลี่ยค่าความสนใจเกินกว่าเกณฑ์ ซึ่งที่กำหนดระบบจะเปิดทำงานหลอดไฟ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยของโครงการนี้มีค่าความสนใจอยู่ที่ 40 และหากผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยความสนใจมากกว่าเกณฑ์อีกครั้ง ระบบจะปิดการทำงานของหลอดไฟ โดยการสั่งงานแต่ละครั้งจะใช้เวลาอย่างน้อย 20 วินาที

ผลการออกแบบการควบคุมพัดลม ผู้ใช้ต้องเพิ่มค่าความสนใจให้ถึงระดับ 20 จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มเก็บข้อมูลค่าความสนใจ 5 วินาที และหาค่าเฉลี่ย โดยโปรแกรมจะทำทั้งหมด 4 รอบ และจะหาค่าเฉลี่ยจากผลลัพธ์ที่ได้มา หากค่าเฉลี่ยค่าความสนใจเกินกว่าเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยของโครงการนี้มีค่าความสนใจอยู่ที่ 40 และหากผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยความสนใจมากกว่าเกณฑ์อีกครั้ง ระบบจะปิดการทำงานของพัดลม โดยการสั่งงานแต่ละครั้งจะใช้เวลาอย่างน้อย 20 วินาที ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 การเชื่อมต่อของระบบ Brain Controlled Home Automation System[7]

ข้อสรุปของงานวิจัยดังกล่าวได้กล่าวไว้ว่าการใช้ Mind Wave Mobile นั้นสามารถใช้งานได้ง่ายเพียงแค่เชื่อมต่อกับโปรแกรมก็สามารถใช้งานได้ทันที และ ค่าความสนใจที่คำนวณมานั้นมีค่าอยู่ที่ 1 – 100 จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการใช้ Mind Wave Mobile นั้นทำให้การใช้งานสัญญาณ EEG นั้นสามารถการใช้งานได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น และในงานวิทยานิพนธ์นี้เรื่องการควบคุมจะใช้ค่าความสนใจ รวมกับค่าการกระพริบตา 2 ครั้ง เพื่อเป็นการลดระยะเวลาการสั่งการและทำให้การสั่งการแม่นยำมากขึ้น

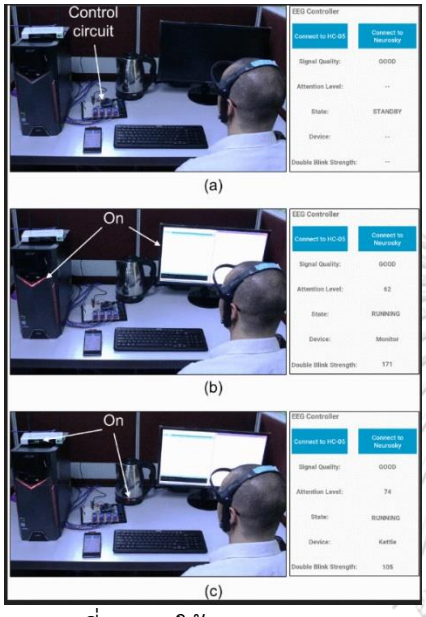
ในงานวิจัยของ Marwan Nafea และ คณะ [8] ได้ทำงานวิจัยเรื่องระบบควบคุมด้วยสัญญาณสมองสำหรับควบคุมแอพพลิเคชั่นบ้านอัจฉริยะ เพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้พิการและผู้สูงอายุ ในระบบนี้ได้ใช้ Mind Wave Mobile ของ NeuroSky เพื่อบันทึกสัญญาณ EEG และใช้เทคโนโลยี ThinkGear ในการวิเคราะห์สัญญาณการกระพริบตาและค่าความสนใจ การควบคุมแอพพลิเคชั่นในการสั่งงานบ้านอัจฉริยะ จากนั้น Android Application จะทำการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO ผ่าน HC-05 Bluetooth Module ดังรูป 8



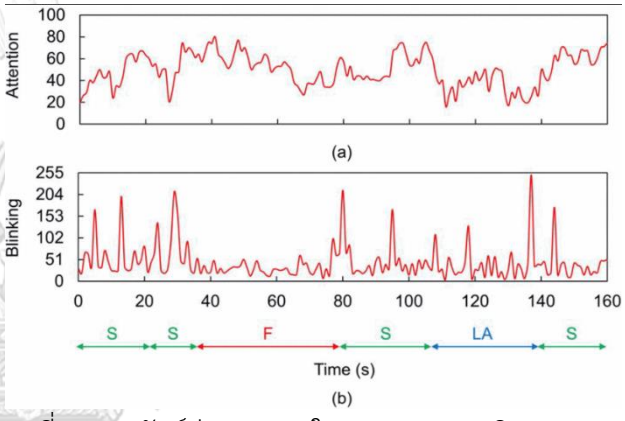
รูปที่ 8 ระบบการทำงานของ Brainwave-Controlled System for Smart Home Applications [8]

ซึ่งในระบบนี้จะใช้การสื่อสารผ่านสัญญาณ Bluetooth ทำให้ใช้พลังงานน้อยและพกพาสะดวก ในระบบนี้จะให้ผู้ใช้งานทำการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ จำนวน 4 ชิ้น โดยการกระพริบตา 2 ครั้ง และระดับค่าความสนใจ โดยเริ่มจากกระพริบตา 2 ครั้งจะเป็นการเริ่มสั่งงาน เมื่อผู้ใช้งานได้เลือกแล้วผู้ใช้จำเป็นต้องทำให้ค่าความสนใจสูงขึ้นให้อยู่ระหว่าง 50 ถึง 100 จากนั้นจึงกระพริบตา 2 ครั้ง จะเป็นการสั่งการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ เมื่อสั่งการเสร็จแล้วระบบจะกลับไปอยู่หน้าหลัก

ผลลัพธ์การออกแบบระบบพบว่า การเปิดคอมพิวเตอร์นั้นใช้ค่าการกระพริบตาอยู่ที่ 171 และ ค่าความสนใจอยู่ที่ 62 และการเปิด Wi-Fi และ กาต้มน้ำใช้ค่าการกระพริบตาอยู่ที่ 105 และ ค่าความสนใจอยู่ที่ 74 ดังรูปที่ 9 ในรูป แสดงถึงตัวอย่างค่าความสนใจและค่าการกระพริบตา จากการทดลอง พบว่าการกระพริบตา 2 ครั้งนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าการกระพริบตาครั้งเดียว ในขณะที่ค่าความสนใจนั้นต้องมีค่ามากกว่า 50 เป็นเวลา 10 วินาที ต่อครั้ง



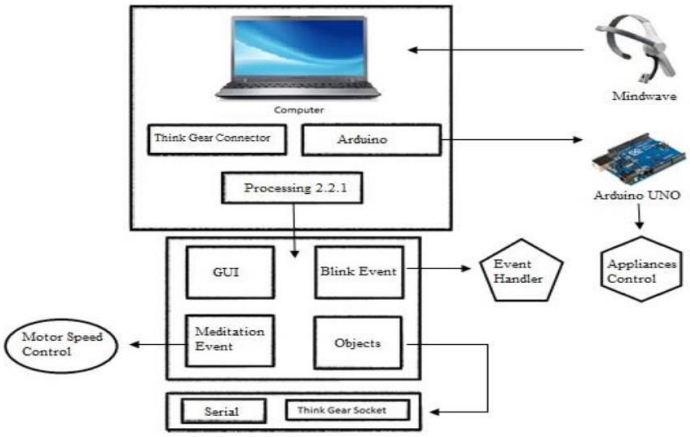
รูปที่ 9 การใช้งานระบบ [8]



รูปที่ 10 ผลลัพธ์ค่าความสนใจและการกระพริบตา[8]

ผู้เขียนได้บอกว่าผลงานในอนาคตควรใช้เครื่องบันทึกสัญญาณ EEG ที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีเซนเซอร์มากกว่านี้เพื่อทำให้ผลลัพธ์ดียิ่งขึ้นและควรมีความยืดหยุ่น และการสื่อสารของระบบควรเปลี่ยนเป็นระบบ Wi-Fi และการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเพื่อทำให้สามารถใช้ได้หลายสถานที่ ทำให้งานวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มระยะ และการใช้วงจรรีเลย์มาช่วยจะทำให้ใช้งานอุปกรณ์ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ คำสั่งการกระพริบตามีการเพิ่มมากกว่า 2 ครั้ง เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการสั่งการและยังเป็นการเพิ่มรูปแบบการสั่งการอื่น ๆ อีกด้วย

งานวิจัยของ M.H. Masood และ คณะ [9] เรื่องการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองบนพื้นฐานของการควบคุมบ้านอัจฉริยะด้วยสัญญาณ EEG เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้พิการและผู้ที่ต้องการความดูแล ในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้ Mind Wave Mobile ในการบันทึกสัญญาณ EEG ซึ่งจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสัญญาณบลูทูธและส่งข้อมูลมาที่คอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ได้ติดตั้งโปรแกรม ThinkGear Connector ในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การตรวจจับการกระพริบตาและค่าความสนใจ ดังรูปที่ 11



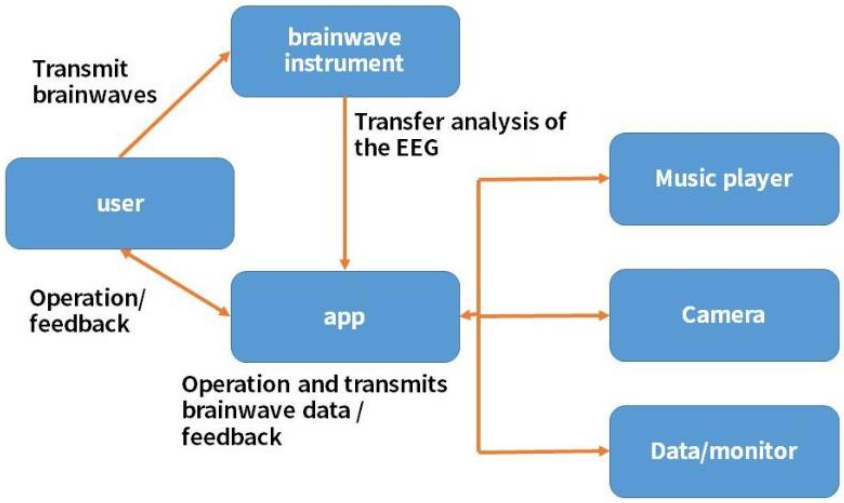
รูปที่ 11 การทำงานของระบบ Brain Computer Interface Based Smart Home Control Using EEG Signal [9]

การเริ่มใช้งานผู้ใช้จะต้องทำการกระพริบตาให้ได้ค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3 ครั้ง จากนั้นระบบจะขึ้นหน้าจอให้ผู้ใช้ได้เลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจะสั่งงาน ดังรูปที่ 12 การเลือกอุปกรณ์ ระบบจะมีลูกศรเปลี่ยนไปอุปกรณ์อื่น ทุก ๆ 5 วินาที หากผู้ใช้งานต้องสั่งงานอุปกรณ์ใดให้กระพริบตาให้ได้ค่ามากกว่าเกณฑ์ 2 ครั้ง ส่วนการควบคุมระดับความเร็วของพัดลม ระบบจะให้ผู้ใช้งานเพิ่มค่าสมาธิ ซึ่งจะมีทั้งหมด 3 ระดับได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และ เร็ว เมื่อค่าสมาธิมีค่าต่ำกว่า 33 ตามเร็วของพัดลมจะอยู่ในระดับต่ำ หากอยู่ระหว่า 33 ถึง 66 ความเร็วของพัดลมจะอยู่ในระดับปานกลาง และถ้ามากกว่า 66 พัดลมจะอยู่ในระดับเร็ว

รูปที่ 12 หน้าโปรแกรม Brain Computer Interface Based Smart Home Control Using EEG Signal [9]

ผู้เขียนได้กล่าวสรุปว่าระบบที่ได้ออกแบบมานั้นไม่จำเป็นต้องใช้การขยับร่างกายส่วนอื่น ๆ นอกจากดวงตา และ ความชำนาญในการใช้งานระบบนั้นอยู่ที่ร้อยละ 70 นอกจากนี้ระบบยังสามารถเพิ่มอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้มากขึ้น การใช้งานการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองนั้นสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้พิการและผู้สูงอายุและสามารถเปลี่ยนแปลงความเป็นอยู่ของคนเหล่านี้ให้ดียิ่งขึ้น จากข้อสรุปดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการนำระบบการสั่งการในงานวิจัยดังกล่าวมาพัฒนาการสั่งการให้สามารถสั่งการได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นโดยนำรูปแบบการสั่งจากรูปแบบการสั่งการต่าง ๆ มาเปรียบเทียบเพื่อหาว่ารูปแบบใดรวดเร็วและแม่นยำที่สุด ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกและมีความชำนาญในการใช้งานระบบมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยของ Wei Yen Hsu และ คณะ [14] ได้ทำงานวิจัยเรื่องการควบคุมการถ่ายรูปและการเปลี่ยนเพลงด้วยสัญญาณสมอง งานวิจัยของโครงการนี้ได้ใช้สัญญาณ EEG ควบคุมโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน ด้วยสัญญาณบลูทูธ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ผังการทำงานของระบบ [14]

โดยงานวิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบวัดค่าความสนใจระหว่าง 3 วินาที และ 5 วินาที และ เปรียบเทียบระหว่างการขยิบตาและการขยิบตาแรง กับกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 10 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดต้องนอนหลับมาอย่างเพียงพอ หรือประมาณ 8 ชม. และ ต้องไม่ดื่มเครื่องดื่มมึนเมามาก่อนเข้ารับการทดลอง ซึ่งผลการทดลองพบว่าค่าความสนใจที่ใช้เวลา 3 วินาที นั้นดีกว่าค่าความสนใจที่ใช้เวลา 5 วินาที ได้ใช้ค่านี้ในการควบคุมการถ่ายรูปและการขยิบตาแรงนั้นสามารถตรวจจับได้ง่ายและแม่นยำกว่าการขยิบตาธรรมดาได้ใช้สัญญาณนี้ควบคุมการเปลี่ยนเพลง ผู้เขียนได้แนะนำว่าในอนาคตควรศึกษาเกี่ยวกับการทำให้อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ EEG ให้มีขนาดเล็กลงและพกพาได้สะดวก

ยิ่งขึ้น จากข้อแนะนำดังกล่าวทำให้งานวิทยานิพนธ์นี้จะทำการออกแบบให้ระบบมีขนาดเล็กโดยไม่ใช้โทรศัพท์มือถือ และสามารถพกพาออกนอกสถานที่ได้ทั้งชุด

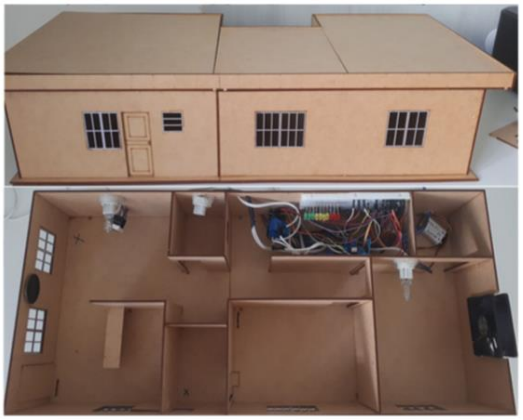
จากงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยได้นำผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าความสนใจ โดยจะใช้ระยะเวลาค่าความสนใจอยู่ที่ 3 วินาที และรูปแบบการเก็บผลการทดลองว่าให้ผู้ทดลองทำการทดสอบทั้งหมดคนละ 10 ครั้งและหาค่าเฉลี่ยที่ได้มาใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ และการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างว่าผู้ทดสอบต้องมีการนอนหลับมาอย่างน้อย 8 ชม. และไม่ดื่มเครื่องดื่มมึนเมาก่อนจะมาเข้ารับการทดสอบ

งานวิจัยของ Wilson G. de Oliveira และ คณะ [15] เรื่อง A proposal for Internet of Smart Home Things based on BCI system to aid patients with amyotrophic lateral sclerosis ได้สร้างระบบบ้านอัจฉริยะที่สั่งการด้วยสมอง โดยให้แอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนรับสัญญาณ EEG จาก อุปกรณ์รับสัญญาณ EEG รุ่น Mind Wave Mobile โดยจะใช้การกระพริบตามาควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของบ้านอัจฉริยะเป็นหลัก

ในงานวิจัยของโครงการนี้ได้แบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องน้ำ ดังรูปที่ 14 โดยในห้องนอนจะสามารถควบคุม เปิด/ปิด พัดลม และ หลอดไฟ ในส่วนของห้องนั่งเล่นสามารถควบคุม เปิด/ปิด หลอดไฟ และ โทรทัศน์ โดยการควบคุมโทรทัศน์ยังสามารถควบคุมระดับเสียงและเปลี่ยนช่องสัญญาณได้อีกด้วย และห้องน้ำผู้ใช้สามารถควบคุม เปิด/ปิด หลอดไฟ โดยการควบคุมนั้นผู้ใช้งานต้องรอให้เคอร์เซอร์มาหยุดอยู่ที่ตำแหน่งห้องที่ต้องการควบคุม จากนั้นให้กระพริบตาระบบจะทำการเปลี่ยนเคอร์เซอร์มาอยู่ในหมวดควบคุมอุปกรณ์ในห้อง ให้ผู้ใช้รอจนกว่าเคอร์เซอร์จะมาหยุดอยู่ที่คำสั่งที่ต้องการสั่งการและให้กระพริบตาเพื่อเป็นการสั่งการคำสั่งนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 14 หน้าโปรแกรม A proposal for Internet of Smart Home Things based on BCI system to aid patients with amyotrophic lateral sclerosis [15]



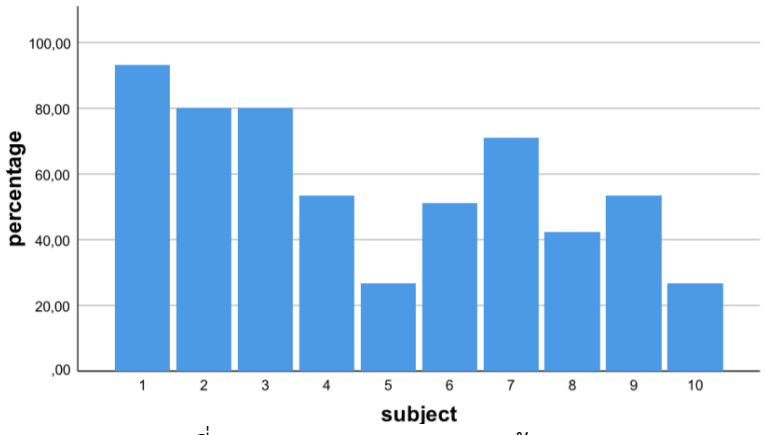
รูปที่ 15 ต้นแบบบ้านอัจฉริยะที่ใช้ในการทดลอง [15]

ในการทดลองของงานวิจัยของโครงการนี้ผู้เขียนได้ทำต้นแบบบ้านอัจฉริยะดังรูปที่ 15 และให้ผู้ทดสอบทำการทดลองจำนวน 10 คน อายุ 25 ถึง 70 ปี โดยผู้ทดสอบได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีประสบการณ์การใช้งานอุปกรณ์บันทึกสัญญาณ EEG และ กลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์การใช้งานอุปกรณ์บันทึกสัญญาณ EEG ก่อนเริ่มการทดสอบ ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์ได้ทำการทดลองใช้ระบบจำนวน 3 ครั้ง และแต่ละครั้งได้ทำการเก็บจำนวนครั้งที่ผู้ทดลองกระพริบตาเพื่อคำนวณค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดโดยใช้สูตร

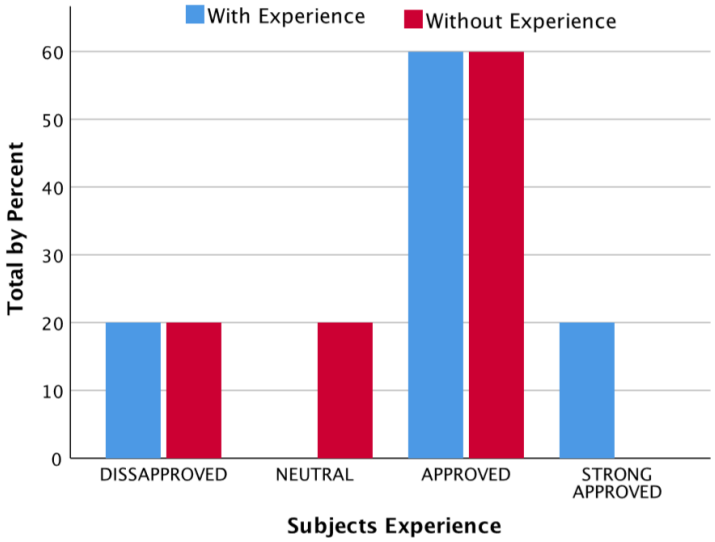
$$hits = 1\ (\frac{errors}{PIS}) \quad (1)$$

จากรูปที่ 16 บ่งบอกได้ว่าอาจต้องแยกผลลัพธ์เป็นรายบุคคล เนื่องจากข้อแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มที่มีประสบการณ์นั้นจะมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ 66.67 และกลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 48.89 และในรูปที่ 16 ได้แสดงถึงการใช้งานของกลุ่มตัวอย่างโดยคนที่ใช้งานได้ประสิทธิภาพแย่ที่สุดนั้นอยู่ที่ร้อยละ 26.67 และคนที่ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 93.33 ผู้เขียนได้ทำการสรุปว่างานวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาช่วยเหลือผู้ป่วยติดเตียงได้ ทั้งยังมีราคาประหยัด นอกจากนี้มากกว่าร้อยละ 80 นั้นถูกใจการใช้งานระบบนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 16 ผลการทดลองความถูกต้อง [15]



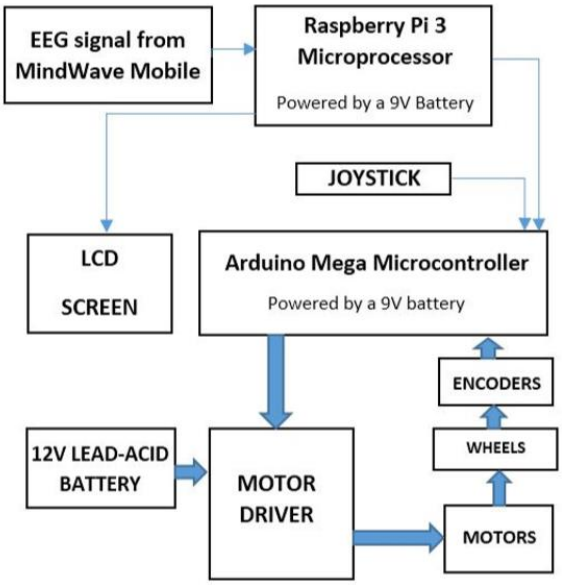
รูปที่ 17 ผลความพึงพอใจระหว่างผู้มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ [15]

โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้แบบจำลองในการทำการทดสอบ ทำให้การนำไปใช้จริงนั้นอาจจำเป็นต้องทำการติดตั้งและเดินสายอุปกรณ์ ทำให้การติดตั้งลำบากและไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบระบบ ให้เป็นรูปแบบสมาร์ทฮับที่สามารถติดตั้งง่ายและสามารถเคลื่อนย้ายสะดวก

จากการทดลองของงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยได้นำการคำนวณค่าความผิดพลาดมาใช้ในงาน โดยจะคำนวณทั้ง False Positive Rate และ False Negative Rate เพื่อหาความแม่นยำ อีกทั้งการจำแนกกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีประสบการณ์ และ ไม่มีประสบการณ์

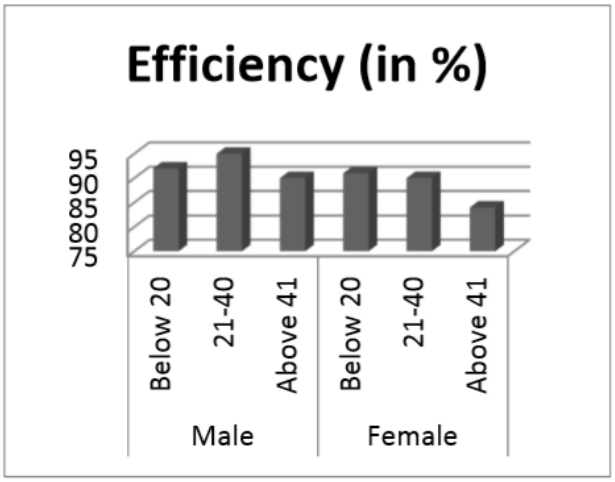
งานวิจัยของ Ahmed Maksud และ คณะ [16] เรื่อง low-cost EEG Based Electric Wheelchair with Advanced Control Features ได้ออกแบบเก้าอี้เข็นสำหรับผู้พิการที่สามารถควบคุมด้วยสัญญาณ EEG และ Joystick ด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด ใช้อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ EEG รุ่น Mind Wave Mobile ในงานวิจัยของโครงการนี้ได้ใช้ Raspberry pi 3 เป็นส่วนประมวลผล

สัญญาณ EEG โดยการประมวลผลนั้นได้ใช้เทคโนโลยี ThinkGear ของ NeuroSky ในการตรวจจับสัญญาณการกระพริบตาและค่าความสนใจ จากนั้นจะแสดงผลลัพธ์ผ่านหน้าจอแสดงผล LCD และส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega ไปควบคุมมอเตอร์ ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ระบบการทำงานของ low-cost EEG Based Electric Wheelchair with Advanced Control Features [16]

การสั่งการจะใช้ค่าความสนใจและการกระพริบตาเป็นหลัก เมื่อค่าความสนใจเพิ่มขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะสั่งการให้เริ่มทำงานไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไป ข้างหน้า ถอยหลัง หันซ้าย หรือ หันขวา และเมื่อผู้ใช้งานทำการขยิบตาแรงจะเป็นการเลือกคำสั่งที่ต้องการ จากนั้นการกระพริบตาอีกครั้งจะเป็นการสั่งให้หยุดการทำงาน ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 100 คน ที่มีเพศและอายุแตกต่างกัน และมีความบกพร่องทางร่างกาย โดยการประเมินประสิทธิภาพได้ผลดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 ผลการทดลองประสิทธิภาพ [16]

จากการประเมินค่า Efficiency ซึ่งผลงานวิจัยดังกล่าวได้คำนวณจากสมการ (2)

$$Efficiency = \frac{\text{Time required to complete using joystic}}{\text{Time required to complete using EEG wave}} \times 100 \quad (2)$$

จากสมการดังกล่าวผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำวิธีการประเมิน Efficiency มาใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ เช่นการควบคุมแบบปกติมาเปรียบเทียบกับการควบคุมโดยการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง ว่ามีความแตกต่างมากน้อยเพียงใด

ในงานวิจัยเรื่อง Consumer-grade EEG devices: are they usable for control tasks ของ Rytis Maskeliunas และ คณะ [17] ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับ การเปรียบเทียบอุปกรณ์จับสัญญาณสมองรุ่น Emotiv EPOC และ Neurosky MindWave. โดยจะประเมินผลอุปกรณ์โดยจับสถานะความสนใจและการผ่อนคลาย และ การตรวจจับการกระพริบตา ในงานวิจัยได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 คน โดยการกระพริบตานั้นได้ใช้การหาค่าของแอมพลิจูดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุด โดยจะทำการหาค่าเฉลี่ยออกมาเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์การกระพริบตา โดยจะทำการแยกสัญญาณรบกวนที่เกิดจากกล้ามเนื้อนอกเหนือจากการกระพริบตา เช่นการขยับกล้ามเนื้อบนใบหน้าที่ทำให้แอมพลิจูดสูงกว่าการกระพริบตาปกติ หรือ การขบฟัน ที่อาจทำให้เกิดแอมพลิจูดต่ำ แต่ไม่เท่ากับการกระพริบตา ในส่วนของค่าความสนใจ จากการหาข้อมูลและคู่มือได้ระบุไว้ว่าได้ใช้เทคโนโลยี eSence ในการประมวลผลค่าความสนใจ ผลการทดลองในการตรวจจับการกระพริบตาแสดงให้เห็นว่า Neurosky MindWave มีความแม่นยำน้อยกว่า ร้อยละ 50 ในขณะที่ Emotiv device นั้นมีความแมนยำมากกว่าร้อยละ 75 และในส่วนของการใช้ค่าความสนใจและการผ่อนคลาย Emotiv device มีความแม่นยำมากกว่าประมาณร้อยละ 9 จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า Emotiv device นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า Neurosky MindWave

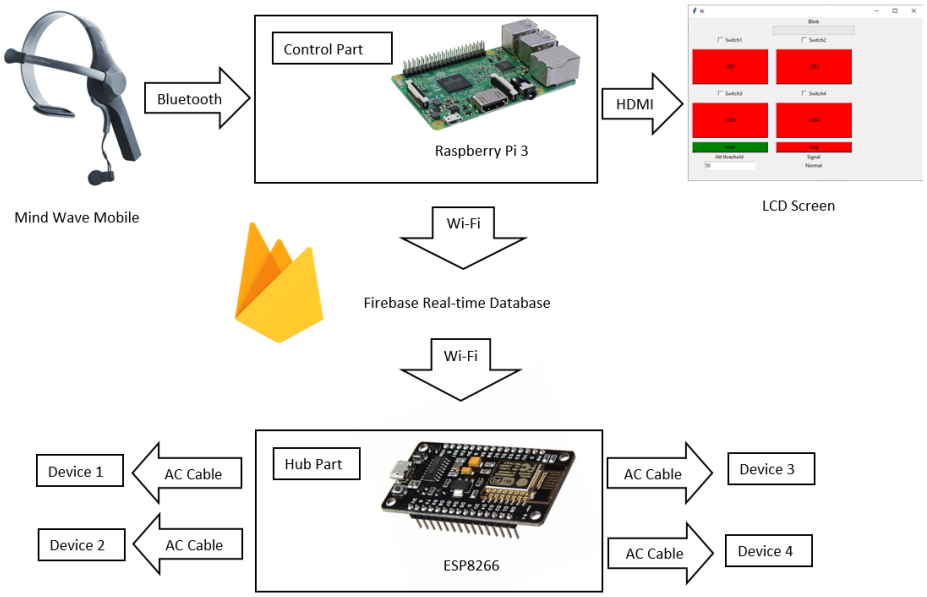
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้มีเป้าหมายที่จะใช้ Neurosky MindWave Mobile ที่เป็นอุปกรณ์จับสัญญาณที่มีราคาถูก ติดตั้งง่าย และ พกพาสะดวก ถึงแม้ว่า Neurosky MindWave Mobile จะมีประสิทธิภาพที่ด้อยกว่าแต่มีราคาถูกกว่า Emotiv device จึงเป็นอุปกรณ์ที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์นี้มากกว่า และในส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุมด้วยการกระพริบตาโดยใช้ Neurosky MindWave Mobile ของผู้วิจัยได้ใช้วิธีการออกแบบจากงานวิจัยดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ โดยปรับปรุงโปรแกรมการกระพริบตาให้สามารถควบคุมโดยใช้การกระพริบตาติดต่อกันได้

จากงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการควบคุมที่ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดคือการกระพริบตา ตามที่งาน [8] ได้กล่าวไว้ และได้ออกแบบให้ระบบนั้นสื่อสารผ่านระบบ Wi-Fi เป็นส่วนใหญ่ และในการทดลองทางผู้วิจัยได้นำเอางานที่มีรูปแบบการควบคุมที่แตกต่างกันมาทำการเปรียบเทียบได้แก่งาน [3][8][9] และนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ โดยงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อได้แก่ ความเร็วในการตอบสนอง ความแม่นยำ ความชำนาญ และ ความพึงพอใจ

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การทำงานของระบบสมาร์ทฮับบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยอุปกรณ์ราคาประหยัด



รูปที่ 20 ภาพรวมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 20 ภาพรวมการทำงานของระบบจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุม โดยส่วนนี้จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์รับสัญญาณสมองผ่านสัญญาณเครือข่ายบลูทูธ และจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาออกเป็นคำสั่งต่าง ๆ ก่อนจะส่งไปที่ฐานข้อมูลและแสดงผลบนหน้าจอแสดงผล ในส่วนนี้จะใช้ Raspberry Pi 3 ในรูปที่ 21 ที่เป็นมินิคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux [21] ถูกออกแบบมาให้สามารถเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ด้วยพอร์ต GPIO ซึ่งบอร์ด Raspberry Pi 3 นั้นมีรายละเอียด ดังนี้

รูปที่ 21 Raspberry Pi 3 [22]

- Cortex-A53-64bit
- No. of Cores 4 Cores
- GPU VideoCore IV
- Memory microSD
- USB Port 4 x USB 2.0
- HDMI 1 x full size HDMI
- Wi-Fi 802.11 n
- Bluetooth 4.1 LE
- GPIO 40 pin
- Dimension 85mm x 56mm
- Power Rating 1.13A 5V

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะทำหน้าที่ รับสัญญาณ EEG, ประมวลผล, ส่งข้อมูล และ แสดงผล เนื่องจากมีราคาประหยัด และมีประสิทธิภาพดี ทั้งยังมีขนาดที่เล็กสามารถพกพาได้สะดวก ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์นี้ ในส่วนต่อไปคือส่วนสมาร์ทฮับในส่วนนี้จะรับคำสั่งมาจากฐานข้อมูลและจะสั่งการ เปิด หรือปิดอุปกรณ์โดยงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 4 ชิ้น ผ่านวงจรรีเลย์ ในการรับข้อมูลจากฐานข้อมูลในส่วนของสมาร์ทฮับได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ที่มีขนาดเล็กและสามารถรับสัญญาณ Wi-Fi ได้ โดยทั้ง 2 ส่วนของระบบจะสื่อสารผ่านระบบเครือข่าย Wi-Fi เป็นหลักและส่งข้อมูลผ่านฐานข้อมูลที่ชื่อว่า Firebase Real-Time Database และในงานวิทยานิพนธ์นี้การควบคุมด้วยสมองจะใช้อุปกรณ์ Mind Wave Mobile [18] ของ NeuroSky ที่เป็นอุปกรณ์สัญญาณ EEG ส่งข้อมูลด้วยระบบไร้สายมีน้ำหนัก 90 กรัม มีช่องสัญญาณ 1

ช่อง รองรับระบบ Windows(XP/7/8/10) Mac(OSX 10.8 ถึงปัจจุบัน) iOS(iOS 8 ถึงปัจจุบัน) และ Android(Android 2.3 ถึงปัจจุบัน) รายละเอียดดังนี้

รูปที่ 22 Mind Wave Mobile NeuroSky [18]

- Uses TGAM1 module
- Automation wireless pairing
- Single AAA Battery
- 8 hours battery run time
- BT/BLE dual mode module (10 meters range)
- Bluetooth dongle not include
- Static Headset ID (headsets have a unique ID for pairing purposes)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุปกรณ์ Mind Wave Mobile ใช้ Electrode แบบแห้ง ทำให้สามารถสวมใส่ได้ง่ายและรวดเร็ว ที่สำคัญคือมีราคาประหยัดเมื่อเทียบกับรุ่นอื่น ตามตารางที่ 1

รุ่น	ผู้จัดจำหน่าย	ราคาโดยประมาณ (บาท)
Dry EEG Head set	Cognionics	840,000 - 1,300,000
Multi Position Band	Cognionics	57,000 - 120,000
Active two	Biosemi	480,000 - 2,600,000
Enobio	NeuroElectrics	150,000 - 790,000

Quick Caps	Comupme dics Neuro Scan	1,700,000 - 2,500,000
actiCHamp	Brain Products	1,000,000 - 3,000,000
NeXus-32	Mind Media	763,000
B-Alert X24	Advanced Brain Monitoring	634,300
B-Alert X10	Advanced Brain Monitoring	316,300
EPOC+	Emotiv	25,400
EPOC	Emotiv	22,200
Versus	SenseLabs	12,700
BrainLink	Macrotellect Ltd.	11,800
Insight	Emotiv	9,500
Muse	InteraXon Icn.	9,500
Melon EEG head band	Melon, Inc.	4,700
Mind Wave Mobile	NeuroSky	4,100

ตารางที่ 1 รายชื่อและราคาอุปกรณ์วัดสัญญาณสมอง [19]

ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์นี้ โดย Mind Wave Mobile จะเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi 3 ผ่านระบบสัญญาณเครือข่ายบลูทูธ ที่มีระยะการสื่อสารอยู่ที่ 10 เมตร โดยจะส่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้คอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยี ThinkGear SDK ซึ่งมีรายระเอียดดังต่อไปนี้

โดยข้อมูลที่ส่งมาจะได้แก่ สัญญาณ Raw Data, Delta, Theta, Alpha, Beta และ Gamma และ การกระพริบตา อีกทั้งยังมี Attention และ Meditation eSenses จาก ThinkGear SDK [20]

ThinkGear [25] คือ เทคโนโลยีที่อยู่ในอุปกรณ์บันทึกสัญญาณสมอง NeuroSky จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับสัญญาณสมอง รวมถึงเซนเซอร์ที่รับสัญญาณ โดย ThinkGear นั้นจะอยู่ในรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไมโครโปรเซสเซอร์ คอยทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากสัญญาณสมอง และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบของ eSence Methers และสัญญาณดิบ (Raw Data) และยังมีค่าอื่น ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

eSecnce Methers มี 2 ประเภทได้แก่ ค่าความสนใจ (Attention) และ ค่าสมาธิ (Meditation) โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 100 โดยในค่าระหว่าง 40 ถึง 60 เป็นสถานะปกติ (neutral) ที่ถูกกำหนดโดยรูปแบบการวัดสัญญาณสมอง ในค่าระหว่าง 60 ถึง 80 เป็นสถานะสูงขึ้นเล็กน้อย(slightly elevated) ซึ่งระดับเหล่านี้สามารถตีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบุคคลแต่ละคน และ ค่าระหว่าง 80 ถึง 100 เป็นสถานะสูง(elevated) ในทำนองเดียวกันในค่าระหว่าง 20 ถึง 40 บ่งชี้ว่าเป็นสถานะน้อย(reduced) และค่าระหว่าง 1 ถึง 20 เป็นสถานะน้อยมาก(strongly lowered) โดยแต่ละระดับได้บ่งชี้สถานะต่าง ๆ เช่น ความวุ่นวายใจ, การก่อกวน และ ความผิดปกติ ตามประเภทของ eSenses

POOR_SIGNAL Quality จะเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของสัญญาณระหว่าง ThinkGear กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เช่น สมาร์ทโฟน หรือ คอมพิวเตอร์ โดยจะมีค่าอยู่ที่ 0 ถึง 255 ซึ่งค่าที่แสดงออกมาหมายถึงสัญญาณรบกวนที่พบเจอจากการเชื่อมต่อ แต่ถ้าหากว่ามีค่ามากกว่า 200 จะหมายถึงเซนเซอร์ อิเล็กโทรดนั้นไม่ได้ติดกับผิวหนัง

RAW Wave Value จะเป็นข้อมูล 16-bit จะมีค่าอยู่ระหว่าง -32768 ถึง 32767 และจะส่งมา 128 ครั้ง ต่อวินาที หรือประมานครั้งละ 7.8 มิลิวินาที ต่อ ครั้ง แต่ถ้าเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ ThinkGear ASIC ที่อยู่ในอุปกรณ์ MaindWave Mobile จะส่งข้อมูลมา 512 ครั้ง ต่อ วินาที หรือ 2 มิลิวินาที ต่อครั้ง

EEG_POWER จะเป็นข้อมูลคลื่นความพี่แต่ละชนิดโดยใน eSence นี้จะมีทั้ง หมด 8 ความถี่ด้วยกัน ได้แก่

- Delta มีความถี่อยู่ที่ 0.5 – 2.75 Hz
- Theta มีความถี่อยู่ที่ 3.5 – 6.75 Hz
- Low-alpha มีความถี่อยู่ที่ 7.5 – 9.25 Hz
- High-alpha มีความถี่อยู่ที่ 10 – 11.75 Hz
- Low-beta มีความพี่อยู่ที่ 13 – 16.75 Hz
- High-beta มีความพี่อยู่ที่ 18 – 29.75 Hz
- Low-gramma มีความถี่อยู่ที่ 31 – 39.75 Hz
- Mid-gramma มีความถี่อยู่ที่ 41 – 49.75 Hz

ค่าเหล่านี้เป็นข้อมูล 4 บิต ซึ่งไม่มีหน่วย ดังนั้น ค่าแต่ละค่าจึงมีความหมายในตัวมันเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Eye Blink Strength ค่านี้จะแสดงถึงความแรงในการกระพริบตา ซึ่งจะมีค่าอยู่ที่ 0 ถึง 255 แต่ในThinkGear Serial Stream Api ในปัจจุบันนั้น ยังไม่รองรับค่านี้ และในภาษา Python เองก็ไม่มี library ที่สามารถอ่านค่านี้ได้เช่นกัน

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้นำค่า RAW DATA มาคำนวณให้อยู่ในหน่วยของ โวลต์ โดยสูตรที่ (1)

$$V = (\text{Raw Value} * (1.8/4096))/ 2000 \quad (1)$$

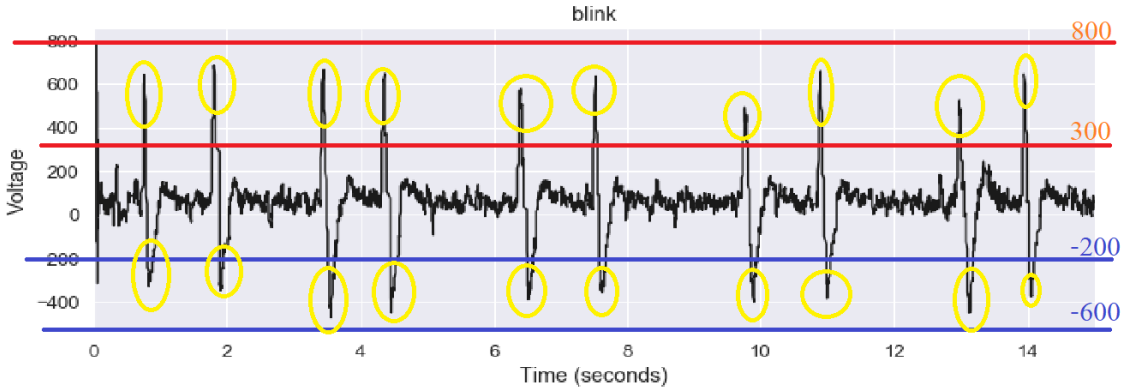
และนำค่าโวลต์ ที่ได้มาออกแบบโปรแกรมตรวจจับการกระพริบตา ในส่วนของการควบคุมด้วยค่าความสนใจผู้วิจัยได้ใช้ eSence Methers ประเภท ค่าความสนใจ (Attention) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ค่าความสนใจในการควบคุม [3][8][9] โดยจะมีค่า 1 – 100 ตามที่กล่าวมา

3.2 การออกแบบโปรแกรมและวิธีการควบคุม

ในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ผู้วิจัยได้ใช้ภาษา python บนโปรแกรม python IDE การออกแบบซอฟต์แวร์ผู้วิจัยได้อ้างอิงข้อสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพบว่าการกระพริบตานั้นเป็นรูปแบบการควบคุมที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ตามที่งานวิจัย [8] ได้บอกไว้ ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบการควบคุมโดยใช้การกระพริบตาเป็นหลัก

3.2.1 การออกแบบโปรแกรมคำสั่งการกระพริบตา

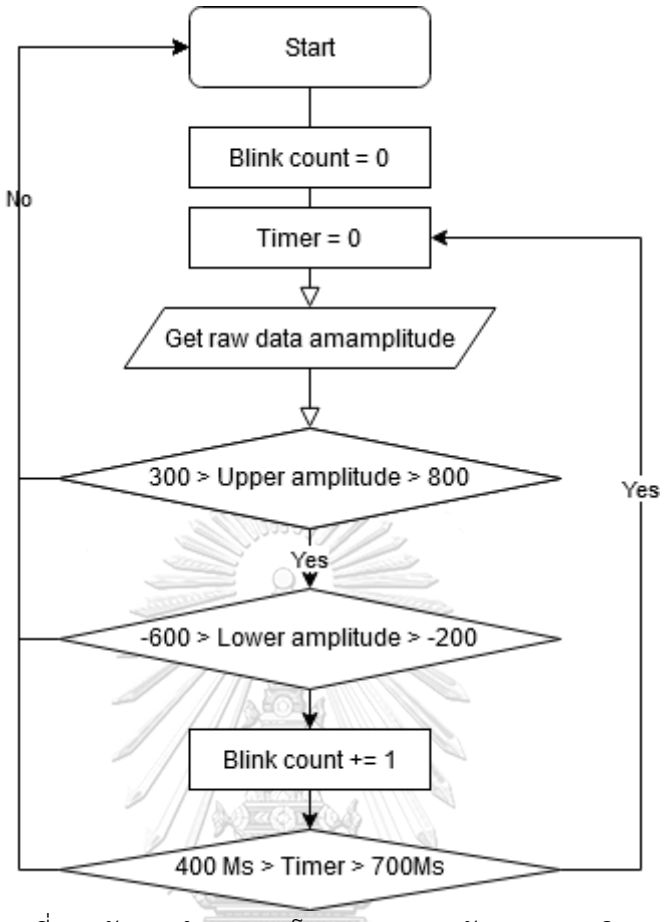
ในส่วนของการสร้างโปรแกรมคำสั่งการกระพริบตา จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้อุปกรณ์บันทึกสัญญาณสมองด้วย Mind Wave Mobile ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ เทคโนโลยี ThinkGear SDK [20] ในการตรวจจับการกระพริบตา [3][7][8][9] และ [16] แต่ผู้วิจัยพบว่าในโปรแกรมภาษา Python ไม่สามารถใช้เทคโนโลยี ThinkGear SDK ได้ ดังนั้นจึงได้ค้นหาปลั๊กอินส์ที่สามารถใช้แทนได้ และพบว่า ปลั๊กอินส์ Python-mindwave-mobile [24] เป็นปลั๊กอินส์ที่ทำให้สามารถใช้เทคโนโลยี ThinkGear SDK ในภาษา Python ได้ แต่ปลั๊กอินส์ตัวนี้ไม่สามารถตรวจจับการกระพริบตาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องออกแบบและสร้างโปรแกรมตรวจจับการกระพริบตา โดยผู้วิจัยได้อ้างอิงการออกแบบโปรแกรมตรวจจับการกระพริบตาจากงานวิจัย [17] โดยให้ผู้ทดลองทำการทดสอบทำการกระพริบตาและหาค่าแอมพลิจูดในด้านบวก ว่ามีค่าอยู่ที่ระหว่างเท่าใด เช่นเดียวกับแอมพลิจูดในด้านลบ ก็จะหาค่าว่าจุดต่ำสุดสูงสุดและจุดต่ำสุดน้อยที่สุดอยู่ที่ใด ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 การหาค่าแอมพลิจูดสูงที่สุดและน้อยที่สุดของด้านบวกและลบ

โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีผู้ทดลองทำการบันทึกค่าการกระพริบตาทั้งหมด 3 คน โดยจะให้ทำการกระพริบตาปกติเป็นระยะเวลาหนึ่ง และนำข้อมูลที่ได้มาหาผลลัพธ์ ซึ่งผลที่ได้คือ แอมพลิจูดในด้านบวกจะอยู่ที่ 300 ถึง 800 ไมโครโวลต์ และใน แอมพลิจูดด้านลบจะอยู่ที่ -200 ถึง -600 ไมโครโวลต์ โดยสัญญาณการกระพริบตาจะเป็นแบบยอดถึงยอด (peak to peak) ที่ไม่มากและไม่น้อยเกินระดับแอมพลิจูดที่กำหนดไว้ดังวงกลมสีเหลืองในรูป นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้กับคำสั่งที่ต้องใช้การกระพริบตาติดต่อกัน โดยการกระพริบตา 1 ครั้ง จะใช้เวลาอยู่ที่ 400 ถึง 700 มิลลิวินาที [23] ดังนั้นผู้วิจัยเลยออกแบบโปรแกรมให้การกระพริบตาครั้งถัดไปต้องใช้เวลามากกว่า 400 และน้อยกว่า 700 มิลลิวินาที จะนับเป็น ถึงจะนับว่าเป็นการกระพริบตาติดต่อกัน ดังรูปที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 24 ผังการทำงานของโปรแกรมตรวจจับการกระพริบตา

3.2.2 โปรแกรมบันทึกค่าความสนใจ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้อุปกรณ์ Mind Wave Mobile [3][7][8][9] และ [16] ได้ใช้เทคโนโลยี ThinkGear SDK ในการบันทึกค่าความสนใจ โดยใช้เทคโนโลยี eSence Meters [20] ที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ ในรูปแบบของค่าความสนใจ (Attention) โดยค่าที่ได้จะอยู่ที่ 0 ถึง 100 ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ เทคโนโลยี ThinkGear SDK โดยใช้ปลั๊กอินส์ Python-mindwave-mobile [24] ดังที่กล่าวไปในหัวข้อง 3.2.1 เพื่อบันทึกค่าความสนใจในภาษา Python โดยผู้วิจัยได้นำโปรแกรมบันทึกค่าความสนใจที่ได้นี้มาใช้กับ โปรแกรมที่จำลองมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [3][8][9] ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ก็ได้ใช้วิธีบันทึกค่าความสนใจแบบเดียวกัน ดังที่กล่าวมา

จากการทดลองและออกแบบโปรแกรมตรวจจับการกระพริบตา ผู้วิจัยได้ออกแบบรูปแบบการควบคุมมา 2 วิธี ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองการใช้งานโปรแกรมในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งหมด 5 โปรแกรมตามตารางที่ 2

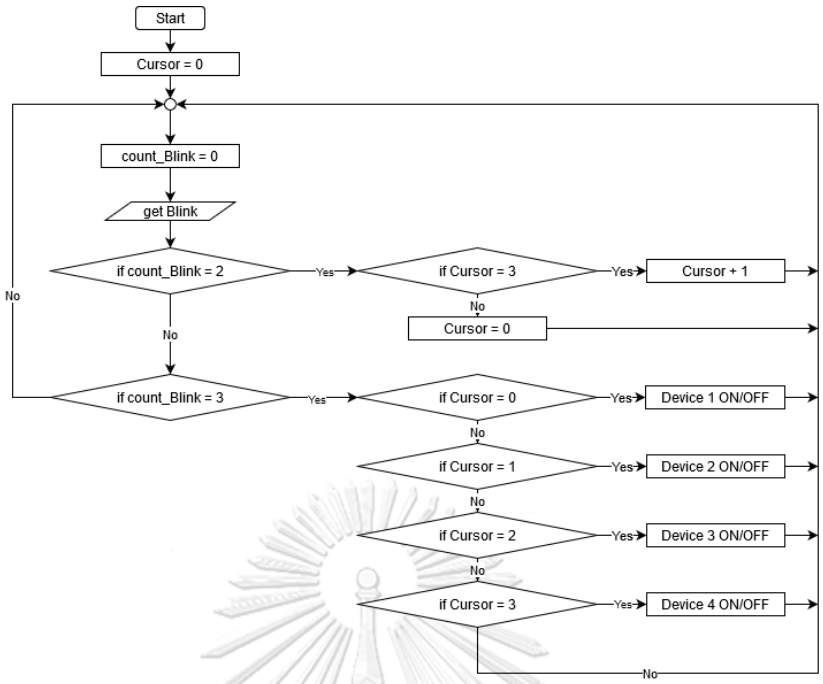
ลำดับโปรแกรม	รูปแบบการควบคุม	ที่มา
1	เลือกอุปกรณ์ : กระพริบตา 2 ครั้ง	ออกแบบเอง

	สั่งอุปกรณ์ : กระพริบตา 3 ครั้ง	
2	เลือกอุปกรณ์ : กระพริบตา 2 ครั้ง สั่งอุปกรณ์ : หาค่าเฉลี่ยค่าความสนใจ	[3]
3	เลือกอุปกรณ์ และ สั่งอุปกรณ์ : กระพริบตาติดต่อตามลำดับโปรแกรม เช่น โปรแกรมที่ 2 กระพริบตา 3 ที	ออกแบบเอง
4	เลือกอุปกรณ์ : เคอร์เซอร์จะเคลื่อนที่ไปอุปกรณ์ทุก 5 วินาที สั่งอุปกรณ์ : กระพริบตา 2 ครั้ง	[9]
5	การเลือก และ สั่งอุปกรณ์ : โปรแกรมจะมีทั้งหมด 4 โหมด โหมดที่ 1 : กระพริบตา 2 ครั้ง เพื่อเริ่มโปรแกรม โหมดที่ 2 : กระพริบตา 2 ครั้ง เพื่อเลือกอุปกรณ์ โหมดที่ 3 : เพิ่มค่าความสนใจให้มากกว่าเกณฑ์ 10 วินาที โหมดที่ 4 : โปรแกรมจะสั่งงานอุปกรณ์	[8]

ตารางที่ 2 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

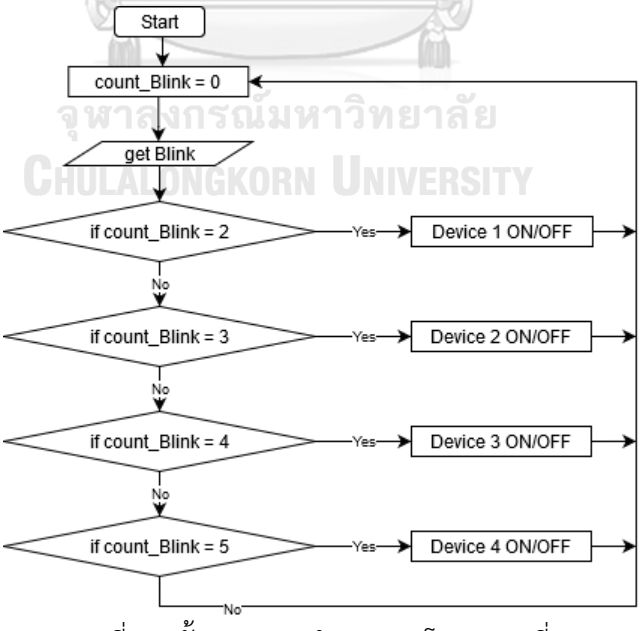
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2 ทางผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรมมา 2 โปรแกรม คือโปรแกรมที่ 1 และโปรแกรมที่ 2 โดยอ้างอิงจากการศึกษาและการทดลองเบื้องต้น ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้



รูปที่ 25 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 1

จากรูปที่ 25 คือการทำงานของโปรแกรมที่ 1 โดยจะผู้ใช้สามารถควบคุมโปรแกรมโดยการกระพริบตา 2 ครั้งเพื่อเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการโดยเมื่อสั่งคำสั่งเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปยังปุ่มถัดไปแต่ถ้าเคอร์เซอร์อยู่ปุ่มสุดท้ายจะกลับไปยังปุ่มแรกและการกระพริบตา 3 ครั้งเพื่อสั่งการอุปกรณ์ที่มีเคอร์เซอร์อยู่เปิดหรือปิด

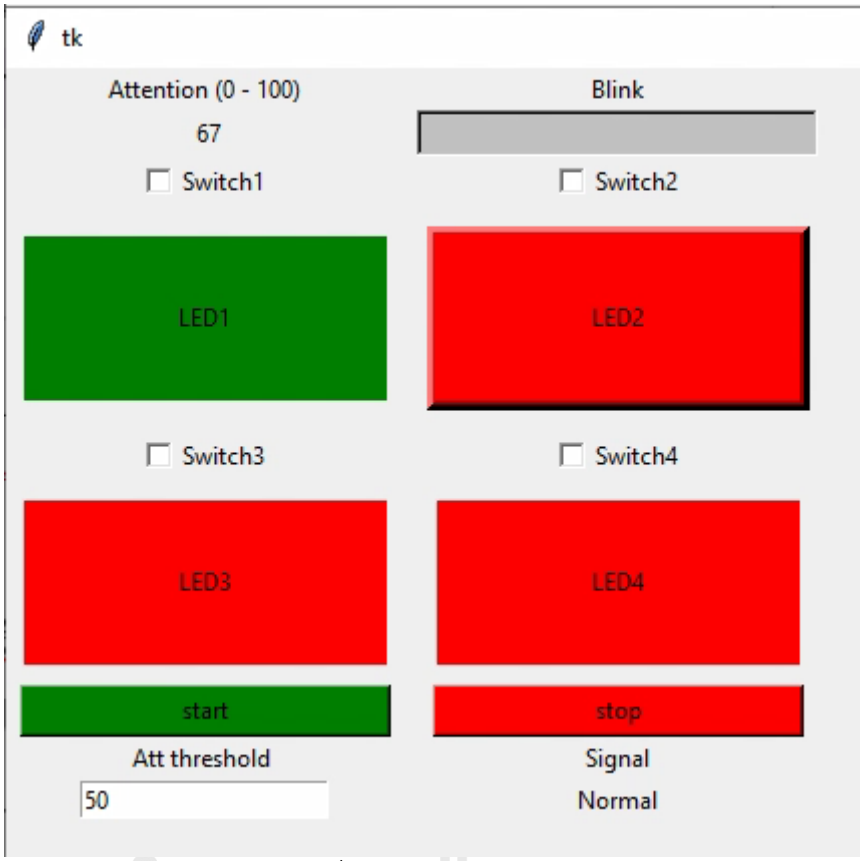


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 26 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 3

จากรูปที่ 26 จะเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 3 ที่ใช้จำนวนการกระพริบตาเพื่อระบุว่าต้องการจะสั่งการอุปกรณ์ใด ยกตัวอย่างเช่น หากกระพริบตา 2 ครั้งจะเป็นการสั่งการอุปกรณ์ที่ 1 เปิดหรือปิด, 3 ครั้ง สั่งการอุปกรณ์ที่ 2, 4 ครั้งสั่งการอุปกรณ์ที่ 3 และ 5 ครั้งเป็นการสั่งการอุปกรณ์ที่ 4

3.3 การออกแบบหน้าจอโปรแกรมด้วยภาษา python



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 27 User Interface

จากรูปที่ 27 เป็นการออกแบบหน้าจอด้วยโปรแกรม python โดยใช้ปลั๊กอินส์ Tkinter [25] โดยส่วนประกอบโปรแกรมมีดังต่อไปนี้ ส่วนบนของโปรแกรมด้านซ้ายจะเป็นตัวเลขที่แสดงค่าความสนใจและด้านขวาจะเป็นแถบที่แสดงสถานะ โดยการกระพริบตาแต่ละครั้งหลอดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่หากเกินเวลาที่กำหนดหลอดจะลดลงไปอยู่ที่จุดเริ่มต้นเพื่อเริ่มต้นใหม่ ส่วนต่อมาคือปุ่มซึ่งสามารถควบคุมโดยใช้เมาส์ หรือ สัญญาณสมองก็ได้ โดยจะมีเคอร์เซอร์ที่เป็นขอบของปุ่ม โดยเมื่ออุปกรณ์ถูกสั่งให้เปิดพื้นหลังของปุ่มจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว แต่ถ้าหากสั่งให้อุปกรณ์ปิดพื้นหลังจะเป็นสีแดง ส่วนถัดมาที่อยู่ล่างของปุ่มอุปกรณ์คือปุ่มเริ่มและหยุดการทำงาน และต่อมาด้านล่างทางด้านซ้ายคือช่องสำหรับตั้งเกณฑ์ค่าความสนใจและทางด้านขวาคือ สถานการณ์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับสัญญาณสมอง

3.4 การประเมินผล

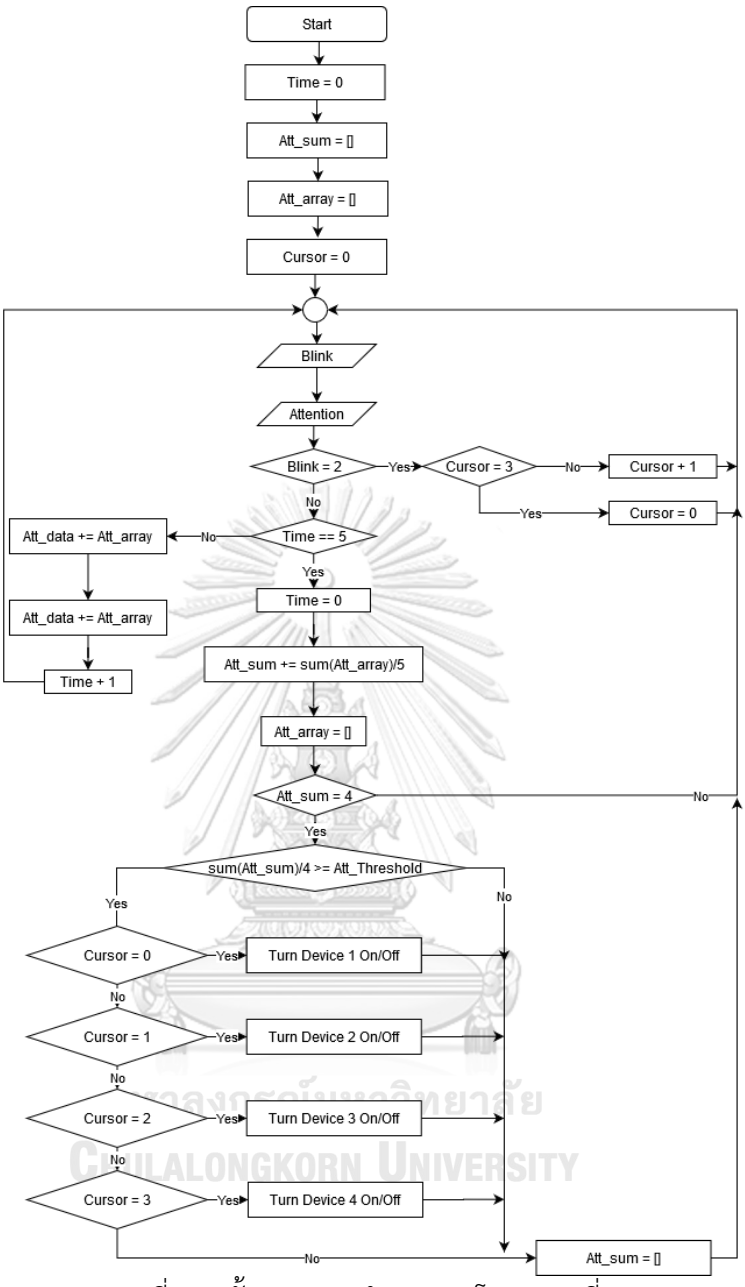
3.4.1 การจำลองโปรแกรมที่จะนำมาเปรียบเทียบ

ลำดับโปรแกรม	งานวิจัย	รูปแบบการควบคุม
โปรแกรมที่ 2	เรื่องการควบคุมระบบบ้านอัตโนมัติด้วยสมอง[3]	หาค่าเฉลี่ยของค่าความสนใจ และการกระพริบตา 2 ครั้ง
โปรแกรมที่ 5	ระบบควบคุมด้วยสัญญาณสมองสำหรับควบคุมแอพพลิเคชั่นบ้านอัจฉริยะ[8]	การกระพริบตา 2 ครั้ง และ เพิ่มค่าความสนใจ
โปรแกรมที่ 3	เรื่องการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองบนพื้นฐานของการควบคุมบ้านอัจฉริยะด้วยสัญญาณ[9]	การกระพริบตา 2 ครั้ง

ตารางที่ 3 รูปแบบการควบคุมที่จะนำมาเปรียบเทียบในงานวิทยานิพนธ์นี้

ทางผู้วิจัยได้จำลองรูปแบบการควบคุมด้วยสัญญาณสมองที่แตกต่างกันโดยอ้างอิงจากงานตามตารางที่ 3 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

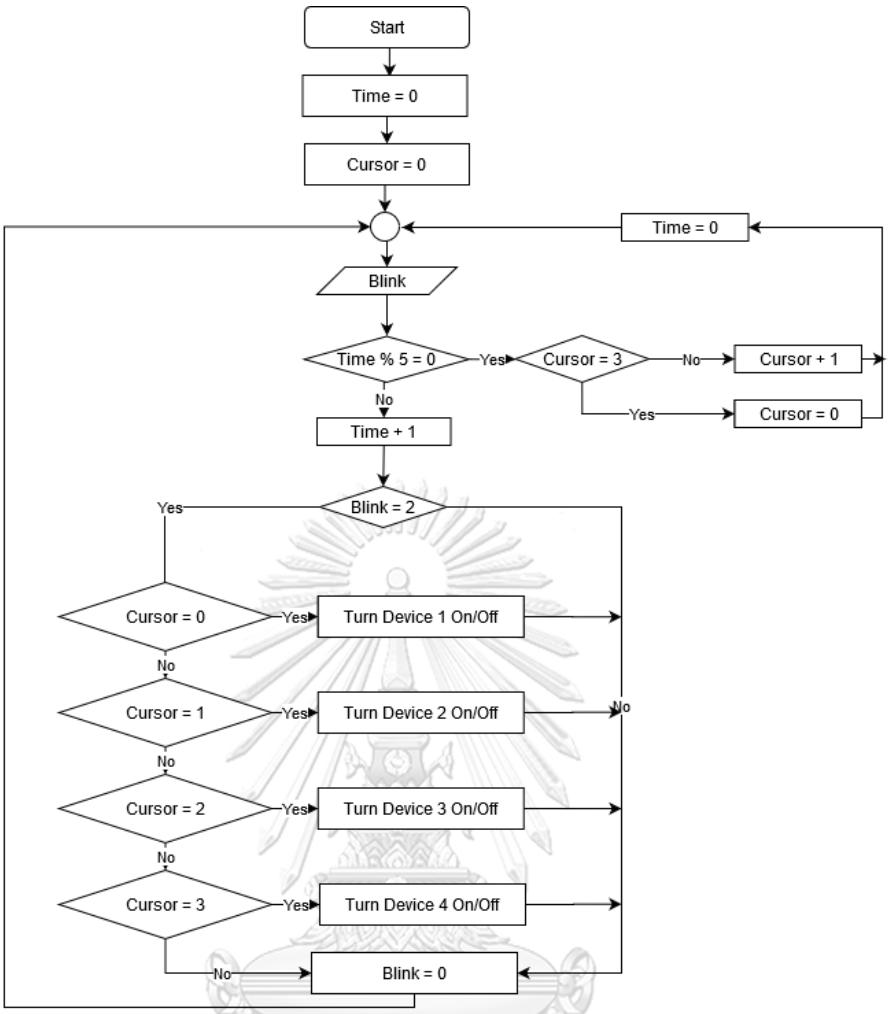
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 28 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 2

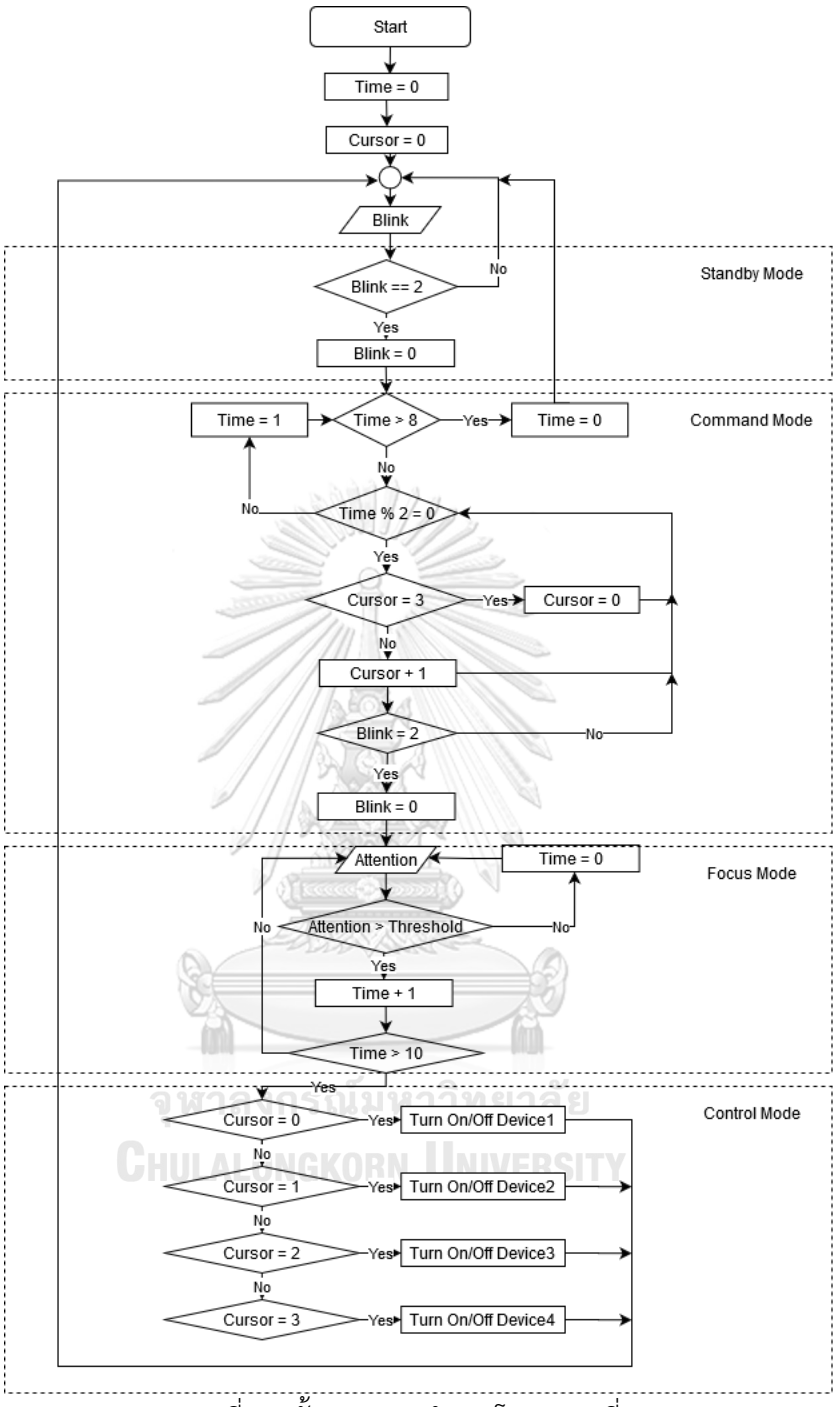
รูปที่ 28 จะเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 2 ซึ่งรูปแบบการควบคุมนี้มาจากงานวิจัยเรื่องการควบคุมระบบบ้านอัตโนมัติด้วยสมอง โดย [3] จากรูปที่ 28 ผู้ใช้ต้องเพิ่มค่าความสนใจภายใน 5 วินาที โดยโปรแกรมจะเก็บค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นจำนวน 4 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยรวมอีกทีหากค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโปรแกรมจะทำการสั่งการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ โดยจะใช้การกระพริบตา 2 ครั้งเพื่อเป็นการเลือกอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 29 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมที่ 4

รูปที่ 29 จะเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 4 ซึ่งรูปแบบการควบคุมนี้มาจากงานวิจัยเรื่องการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองบนพื้นฐานของการควบคุมบ้านอัจฉริยะด้วยสัญญาณอัจฉริยะ โดย [8] จากรูปที่ 29เมื่อเริ่มโปรแกรมจะมีเคอร์เซอร์ที่จะเคลื่อนที่เปลี่ยนไปยังปุ่มถัดไปทุก ๆ 5 วินาที เมื่อเคอร์เซอร์ถึงปุ่มสุดท้ายก็จะวนกลับมาที่ปุ่มแรก เมื่อผู้ใช้ต้องการ ต้องรอให้เคอร์เซอร์มาหยุดอยู่ที่ปุ่มอุปกรณ์ที่ต้องการและกระพริบตา 2 ครั้ง

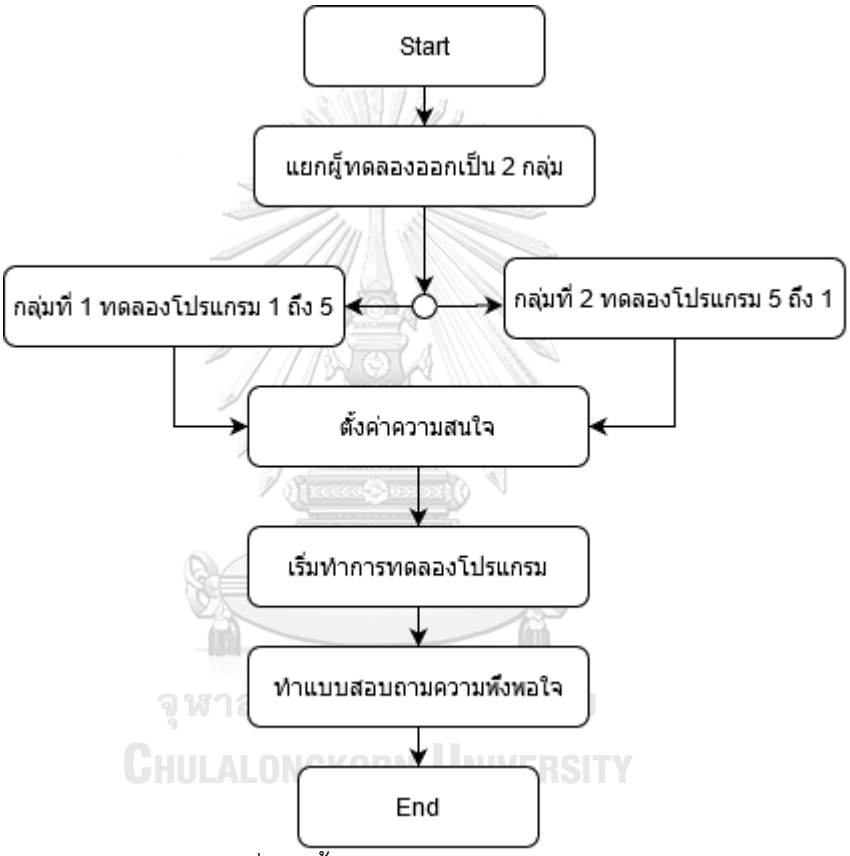


รูปที่ 30 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมที่ 5

รูปที่ 30 จะเป็นขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ 5 ซึ่งรูปแบบการควบคุมนี้มาจาก งานวิจัยเรื่องระบบควบคุมด้วยสัญญาณสมองสำหรับควบคุมแอพพลิเคชั่นบ้านอัจฉริยะ[9] โดย จากรูปที่ 30 จะสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 โหมดด้วยกัน ได้แก่ โหมดเตรียมการใช้งาน ในส่วนนี้จะเป็นส่วนเริ่มแรกเมื่อเริ่มใช้โปรแกรม โดยผู้ใช้โปรแกรมจะต้องกระพริบตา 2 ครั้งเพื่อไปโหมดถัดไป คือ โหมดควบคุม โดยจะมีเคอร์เซอร์ที่จะเปลี่ยนตำแหน่งไปในแต่ละปุ่มทุก ๆ 2 วินาที ซึ่งเคอร์เซอร์จะวน

อยู่ทั้งหมด 2 รอบ หากไม่มีการสั่งการใด ๆ ก็จะกลับสู่โหมดเตรียมพร้อม แต่หากมีการกระพริบตา 2 ครั้ง จะเป็นการเลือกควบคุมอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เคอร์เซอร์อยู่ ในโหมดถัดไป ต่อไปคือโหมดเพิ่มค่าความสนใจ โดยผู้ใช้จะต้องเพิ่มค่าความสนใจให้มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดติดต่อกันเป็นเวลา 10 วินาที เมื่อทำสำเร็จแล้วระบบจะเข้าสู่โหมดสั่งการต่อไป ในโหมดสั่งการจะเป็นการที่ระบบส่งข้อมูลคำสั่งไปที่ฐานข้อมูล เพื่อให้อุปกรณ์สมาร์ทฮับสั่งการอุปกรณ์ที่เรากำหนดเปิดหรือปิด แล้วจากนั้นจึงกลับไปสู่โหมดเตรียมพร้อม

3.4.2 ขั้นตอนการเก็บผลงานวิจัย



รูปที่ 31 ขั้นตอนการเก็บผลการทดลอง

จากรูปที่ 31 งานวิทยานิพนธ์นี้ได้ผู้เข้าร่วมทั้งหมด 10 คน แบ่งเป็น ชาย 4 คน และ หญิง 6 คน โดยผู้ทดลองมีอายุกลุ่มอายุ 25 ถึง 30 จำนวน 8 คน และ อายุ 55 ถึง 60 จำนวน 2 คน ในการทดลองผู้ทดลองได้ติดตั้งอุปกรณ์จับสัญญาณสมองให้ผู้ทดลองและให้ผู้ทดลองนั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิง และมีการอธิบายการทำงานของโปรแกรมต่าง ๆ ก่อนเริ่มการเก็บผลผู้วิจัยจะให้ผู้ทดลองทดสอบค่าความสนใจ โดยจะวัดสถานะปกติและสถานะจดจ่อเพื่อหาเกณฑ์ค่าความสนใจก่อนเริ่มทดสอบโปรแกรมที่ต้องใช้ค่าความสนใจ นอกจากนี้ยังได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 5 คน โดยกลุ่มที่ 1 จะทดลอง โปรแกรมที่ 1 ถึง 5 และกลุ่มที่ 2 จะทดลองโปรแกรมที่ 5 ถึง 1 เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ในการหาค่าความชำนาญ ในการทดลองระหว่างโปรแกรมจะมีการพัก 1 นาที เมื่อผู้ทดลองได้ทำการทดลองทั้ง 5 โปรแกรม เสร็จ ผู้วิจัยจะให้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยงานวิทยานิพนธ์นี้ได้วิเคราะห์ผลลัพธ์ ออกเป็น 4 หัวเรื่อง ได้แก่

3.4.2.1 ความเร็วในการตอบสนอง

ในการวัดความเร็วในการตอบสนองของงานวิทยานิพนธ์นี้ จะทำการวัดเวลาที่ใช้โดยให้โปรแกรมจับเวลาที่ใช้ในการสั่งการตามแต่ละคำสั่ง และคำนวณออกมาว่าคำสั่งที่ใช้แต่ละครั้งนั้นใช้เวลาเท่าใด ซึ่งในการกระพริบตา โปรแกรมจะเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มกระพริบตาครั้งแรก และจะบันทึกเวลาเมื่อสั่งการสำเร็จ แต่หากสั่งการไม่สำเร็จโปรแกรมจะไม่บันทึกเวลาที่ใช้และจะหยุดนับเวลา ในส่วนของการเพิ่มค่าความสนใจโปรแกรมจะเริ่มจับเวลาเมื่อค่าความสนใจนั้นมีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และโปรแกรมจะบันทึกเวลาเมื่อสั่งการสำเร็จ แต่หากสั่งการไม่สำเร็จโปรแกรมจะไม่บันทึกเวลาและหยุดนับเวลา

3.4.2.2 ความแม่นยำ

ในงานทยานิพนธ์นี้ได้มีการใช้สูตรคำนวณในการหาค่าความแม้นยำ จาก [26] โดยจะทำการหาค่าความผิดพลาดทั้งหมด ได้แก่ ค่าผลลบปลอม (False Negative Rate) และ ค่าผลบวกปลอม (False Positive Rate) จากนั้นจึงนำค่าความผิดพลาดที่ได้มาหาค่าความแม้นยำตามสูตรที่ (3)

$$Accuracy = \frac{\mathrm{TP}+TN}{\mathrm{TP}+TN+FP+FN}$$

(3)

TP = ค่าผลบวกจริง (True Positive) ได้จากการสั่งการที่ถูกต้องแต่ละครั้ง

TN = ค่าผลลบจริง (True Negative) ได้จากการสั่งการที่ผู้ทดลองไม่ต้องการให้เกิดขึ้น

FP = ค่าผลบวกปลอม (False Positive) ได้จากการที่โปรแกรมไม่ทำอะไรเมื่อไม่สั่งการ

FN = ค่าผลลบปลอม (False Negative) ได้จากการที่ผู้ใช้สั่งการแต่โปรแกรมไม่ทำตาม

3.4.2.3 ความชำนาญ

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ให้ผู้ที่ไม่มีประสบการณ์การใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับสัญญาณสมองมาทดลองใช้งาน ระบบที่ผู้วิจัยออกแบบ และนำค่าความแม่นยำแต่ละ ครั้งมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

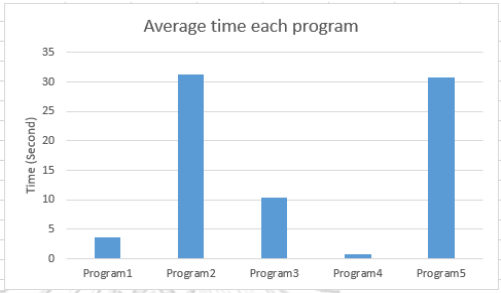
วิเคราะห์เพื่อดูว่าผู้ใช้งานมีความชำนาญในการใช้งานมาก ขึ้นเท่าใดและต้องฝึกใช้อย่างต่ำกี่ครั้ง

3.4.2.4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

เมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้นผู้วิจัยจะให้ผู้ทดสอบทำการทำแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรม

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ความเร็วในการใช้งาน



รูปที่ 32 ค่าเฉลี่ยเวลาการใช้งานของแต่ละโปรแกรม

4.1.1 ความเร็วในการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตา

ในงานวิทยานิพนธ์นี้โปรแกรมที่ 1, 3 และ 4 เป็นโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตาในการสั่งการเป็นหลัก จากรูปที่ 1 จะพบได้ว่าเวลาเฉลี่ยของการสั่งการแต่ละครั้งนั้นไม่เกิน 10 วินาที และโปรแกรมที่มีการสั่งการเร็วที่สุดคือ โปรแกรมที่ 4 เนื่องมาจากเป็นโปรแกรมที่ใช้จำนวนการกระพริบตาไม่เกิน 2 ครั้ง ทำให้ง่ายต่อการจับจังหวะการกระพริบตา ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตาที่ใช้เวลามากที่สุดคือโปรแกรมที่ 3 เนื่องจากใช้จำนวนการกระพริบตาติดต่อกันเป็นจำนวนมาก โดยสูงสุดอยู่ที่ 5 ครั้ง ทำให้สามารถจับจังหวะได้ยากกว่า จะเห็นได้ว่าหากมีการกระพริบตาติดต่อกันมากขึ้น จะทำให้เวลาในการสั่งการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.1.2 ความเร็วในการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้ค่าความสนใจ

ในงานวิทยานิพนธ์นี้โปรแกรมที่ 2 และ 5 เป็นโปรแกรมที่ใช้ค่าความสนใจเป็นหลัก จากรูปที่ 31 จะพบได้ว่าเวลาเฉลี่ยของการสั่งการโดยใช้ค่าความสนใจนั้นจะอยู่ที่ 30 วินาที ซึ่งโปรแกรมที่ 2 นั้นเป็นโปรแกรมที่จะคำนวณค่าเฉลี่ยค่าความสนใจดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อ 3.4.1 ทำให้เวลาในการสั่งการที่เร็วที่สุดนั้นอยู่ที่ 20 วินาที และในส่วนของโปรแกรมที่ 5 นั้นการจะสั่งการได้เร็วที่สุดนั้นอยู่ที่ประมาน 20 วินาทีเช่นเดียวกันเพราะต้องผ่านโหมดต่าง ๆ จึงจะสามารถสั่งการได้แต่ละครั้ง

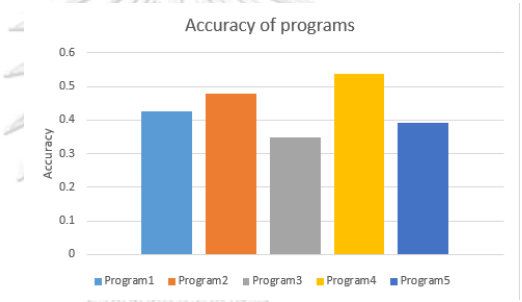
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.3 วิเคราะห์ความเร็วในการใช้งาน

จากการทดลองพบว่าการใช้การกระพริบตานั้นสามารถสั่งการได้รวดเร็วกว่าการใช้ค่าความสนใจเพราะ การกระพริบนั้นเป็นการใช้กล้ามเนื้อต่างกับการใช้ค่าความสนใจที่ใช้สมาธิและความตั้งใจจึงใช้เวลามากกว่า ซึ่งการใช้ค่าความสนใจในการทดลองนี้ใช้เวลาเฉลี่ย 30 วินาที เพราะในการทดลองโปรแกรมได้ตั้งเวลาในการสั่งการประมาณ 10 วินาที จากการคาดการโปรแกรม 3 เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้สั่งการได้เร็วที่สุดแต่ จากรูปที่ 32 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่ 3 นั้นเป็นโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตานั้นใช้เวลามากที่สุด จากการสัมภาษณ์ผู้ทดลองให้ความเห็นว่าโปรแกรมที่ 3 นั้น เป็นโปรแกรมที่ควบคุมยาก และควบคุมไม่ได้ดังใจ การที่จะกระพริบตาให้ตรงตามจังหวะนั้นเป็นเรื่องยาก

4.2 ความแม่นยำในการใช้งาน

4.2.1 ความแม่นยำในแต่ละโปรแกรม

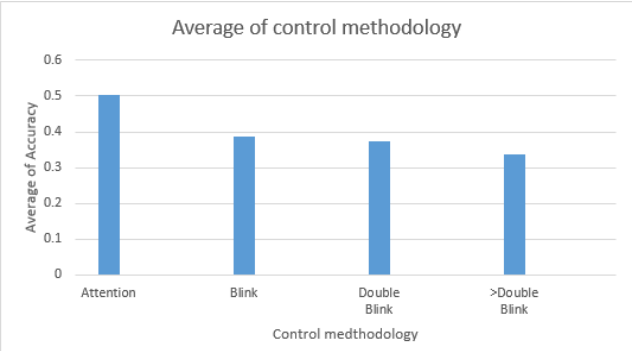


รูปที่ 33 ความแม่นยำของแต่ละโปรแกรม

จากรูปที่ 33 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่ 4 นั้นมีความแม่นยำมากที่สุดเพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายและใช้การกระพริบตา 2 ครั้งในการควบคุมเพียงอย่างเดียว ส่วนโปรแกรมที่มีความแม่นยำน้อยที่สุดนั้นคือโปรแกรมที่ 3 เนื่องจากใช้การควบคุมการกระพริบตากับคำสั่งหลายคำสั่งทำให้เกิดความผิดพลาดเช่น กระพริบตาต่อเนื่องไม่ตรงตามจำนวนที่ต้องการ ในด้านโปรแกรมที่ใช้ค่าความสนใจโปรแกรมที่ 2 นั้นมีความแม่นยำที่มากกว่าโปรแกรมที่ 5 อันเนื่องมาจากความซับซ้อนของโปรแกรมที่ 5 นั้นมีมากและเข้าใจยากกว่า ในโปรแกรมที่ 1 และ 4 ทั้งสองโปรแกรมนี้ได้ใช้วิธีการกระพริบตาเหมือนกันแต่โปรแกรมที่ 4 นั้นมีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งสิ่งที่แตกต่างกันคือโปรแกรมที่ 1 นั้นใช้การกระพริบตาในการควบคุมและเลือกอุปกรณ์ แต่ในโปรแกรมที่ 4 นั้นใช้การกระพริบตาเป็นการควบคุมและใช้การเลือกอุปกรณ์เป็นออโตเมชันที่จะเปลี่ยนอุปกรณ์ทุก 5 วินาที โดยสรุปแล้วการออกแบบให้โปรแกรมมีความแม่นยำมากขึ้นนั้นจำเป็นต้องใช้ 1 รูปแบบการควบคุม ต่อ 1 คำสั่ง และโปรแกรมต้องเข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 ความแม่นยำในแต่ละการควบคุม



รูปที่ 34 ความแม่นยำของแต่ละการวิธีการควบคุม

4.2.2.1 ผลความแม่นยำในการใช้ค่าความสนใจ

จากรูปที่ 34 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของค่าความสนใจเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 จากการทดลองและสัมภาษณ์ผู้ทดลองได้มีปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการเพิ่มค่าความสนใจ เช่น อาการง่วงจากการนอนหลับที่ไม่เพียงพอ แต่จากการใช้ค่าความสนใจนั้นจะใช่แค่กับ 1 คำสั่งเท่านั้น ทำให้เกิดความผิดพลาดน้อย ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นมักเกิดจากการที่การที่ผู้ทดลองเพิ่มค่าความสนใจให้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดได้ช้า

4.2.2.2 ผลความแม่นยำในการใช้การกระพริบตา

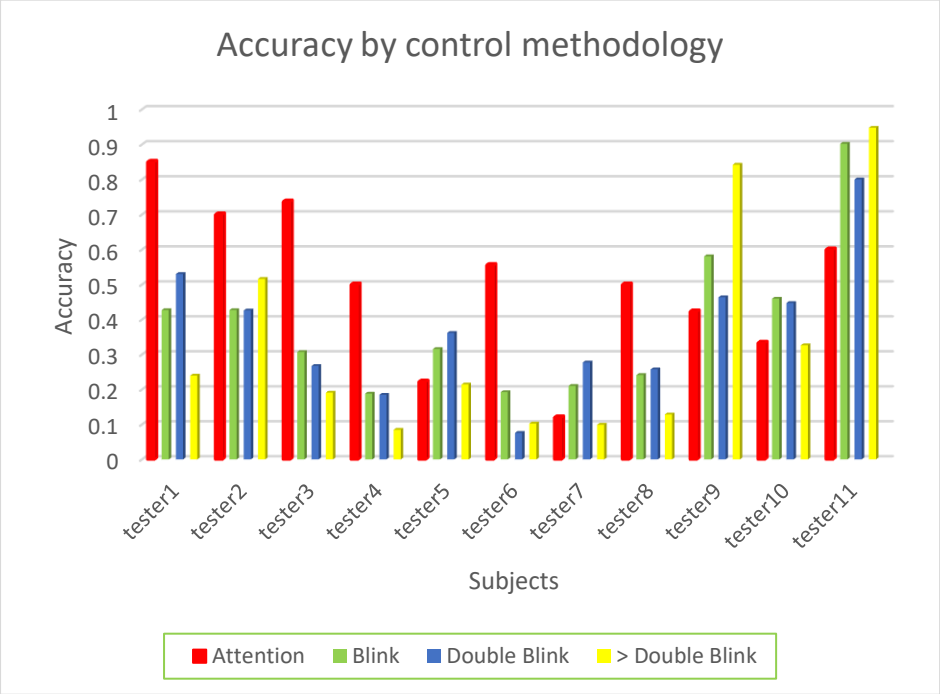
จากรูปที่ 34 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการกระพริบตาเฉลี่ยอยู่ที่ 0.39 จากการทดลองได้แยกการกระพริบตาออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การกระพริบตา 2 ครั้ง และการกระพริบตามากกว่า 2 ครั้ง จากการทดลองพบว่ายิ่งการกระพริบตาติดต่อกันมีจำนวนมากขึ้นทำให้การควบคุมยากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแม่นยำต่ำลงดังรูปที่ 33 ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดนั้นมาจาก การกระพริบตาติดต่อกันเป็นจำนวนมากทำให้เกิดความเมื่อยล้า และการที่มีสัญญาณรบกวนจากกล้ามเนื้อบนใบหน้า ทำให้ควบคุมจังหวะการกระพริบตาไม่เป็นไปตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ยิ่งโปรแกรมที่ใช้การกระพริบตากับหลายคำสั่งทำให้ความผิดพลาดสูงขึ้น

4.2.3 วิเคราะห์ความแม่นยำในการใช้งาน

ผลจากการทดลองความแม่นยำทำให้เห็นว่า ความแม่นยำของค่าความสนใจนั้นมีมากกว่าการกระพริบตา จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้การใช้ค่าความสนใจมีความแม่นยำมากกว่าคือ การที่โปรแกรมที่ได้ใช้วิธีเพิ่มค่าความสนใจกับการควบคุม 1 คำสั่ง ต่างจากการกระพริบตาที่ใช้กับหลายคำสั่ง แต่จากการออกแบบ โดยใช้ค่าความสนใจกับหลายคำสั่งนั้นทำได้ยากกว่าการกระพริบตา แต่การกระพริบตานั้นมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนบนใบหน้า และจาก

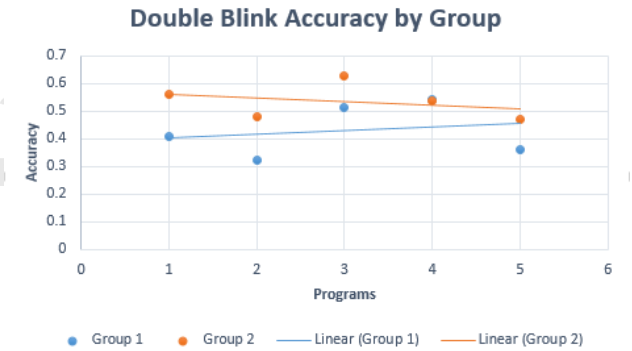
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดลองพบว่าความแม่นยำของการกระพริบตาและการใช้ค่าความสนใจของแต่ละบุคคลนั้นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความถนัด ดังรูปที่ 35



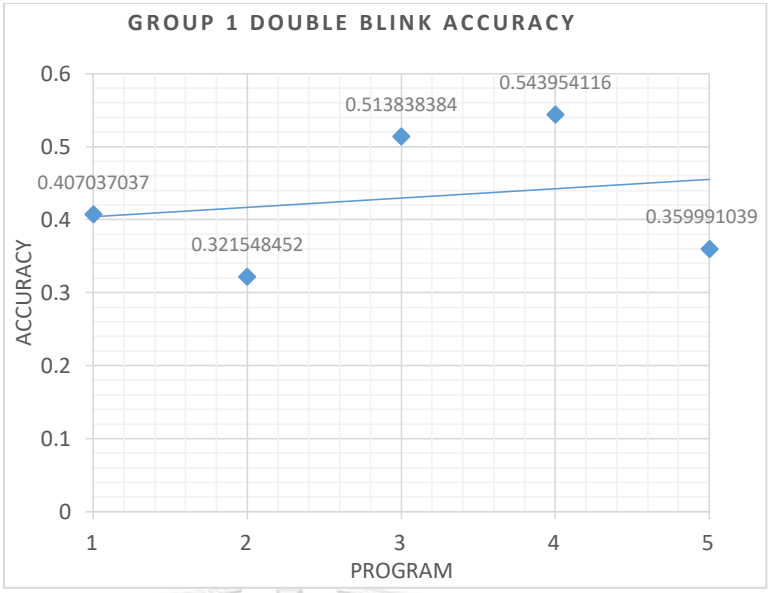
รูปที่ 35 ความแม่นยำวิธีการควบคุมของแต่ละบุคคล

4.3 ความชำนาญในการใช้งาน



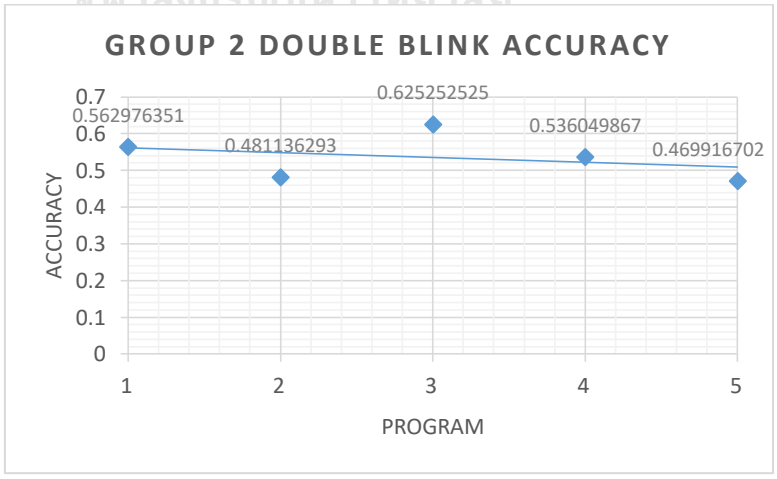
รูปที่ 36 ความแม่นยำของการกระพริบตา 2 ครั้ง แบ่งตามกลุ่ม

จากรูปที่ 36 จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่ 1 ที่ทดลองโปรแกรม 1 ถึง 5 นั้น มีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับกลุ่มที่ 2 ที่ ทดลองโปรแกรม 5 ถึง 1 อย่างไรก็ตามรูปที่ 36 แสดงให้เห็นว่าผู้ทดลองบางคนใช้เวลาในการควบคุมได้ดีกว่าโปรแกรมแรกที่ทดลอง แต่บางกลุ่มนั้นจะใช้เวลามากขึ้นเนื่องจากความเหนื่อยล้าจากการกระพริบตา



รูปที่ 37 ความแม่นยำของการกระพริบตาของผู้ทดลองกลุ่ม 1

ในกลุ่มนี้จะทดลองโปรแกรมที่ 1 ถึง 5 โดยมีผู้ทดลองเป็น ชาย 1 คน หญิง 4 คน และมีอายุ 25 ถึง 30 จำนวน 4 คน และ 50 ถึง 60 จำนวน 1 คน ในการทดลองผู้วิจัยบางคนได้มีการเรียนรู้ที่ดีมากโดยสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิธีการควบคุมโดยการกระพริบตา ซึ่งคนเหล่านี้มีอายุอยู่ที่ช่วง 25 ถึง 30 ในส่วนของคนที่อายุ 50 ถึง 60 นั้น จะมีการเรียนรู้การใช้งานที่ค่อนข้างช้าและต้องการคำอธิบายที่ละเอียด และหลายรอบ โดยรวมแล้วการกระพริบตานั้นผู้ทดลองมีความชำนาญมากขึ้น ดังรูปที่ 37 จากการสัมภาษณ์บางคนที่มีค่าความแม่นยำน้อยกว่าครั้งแรกมักจะมีความเมื่อยล้าสะสมระหว่างการทดลอง



รูปที่ 38 ความแม่นยำของการกระพริบตาของผู้ทดลองกลุ่ม 2

ในกลุ่มนี้จะทดลองโปรแกรมที่ 5 ถึง 1 โดยมีผู้ทดลองเป็น ชาย 3 คน หญิง 2 คนและมีอายุ 25 ถึง 30 จำนวน 4 คน และ 50 ถึง 60 จำนวน 1 คน เหมือนกับการทดลองของกลุ่ม

ที่ 1 นั้นคือกลุ่มคนที่อายุ 25 ถึง 30 จะมีความชำนาญมากว่ากลุ่มอายุ 50 ถึง 60 และจากการสัมภาษณ์คนที่มีค่าความแม่นยำน้อยกว่าครั้งแรก มักจะมีความเมื่อยล้าสะสมระหว่างการทดลอง ดังรูปที่ 38

4.4 ความพึงพอใจ

	ดีมาก	ดี	ปกติ	พอใช้	ควรปรับปรุง
ตัวอย่างที่ 1	4	1	2	5	3
ตัวอย่างที่ 2	1	2	3	4	5
ตัวอย่างที่ 3	4	1	2	5	3
ตัวอย่างที่ 4	4	5	2	3	1
ตัวอย่างที่ 5	4	3	1	5	2
ตัวอย่างที่ 6	1	2	3	4	5
ตัวอย่างที่ 7	1	2	3	4	5
ตัวอย่างที่ 8	4	3	2	1	5
ตัวอย่างที่ 9	5	4	3	2	1
ตัวอย่างที่ 10	1	5	4	3	2

ตารางที่ 4 ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อโปรแกรม

4.4.1 ความพึงพอใจด้านซอฟต์แวร์

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้ทดลองส่วนใหญ่ชอบโปรแกรมที่ 4 ที่สุดและไม่ชอบโปรแกรมที่ 5 มากที่สุด จากข้อเสนอแนะจากผู้ทดลองได้บอกไว้ว่าโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่เข้าใจการใช้งานได้ง่ายและไม่ต้องเรียนรู้การใช้งานนาน จากแบบสอบถามโปรแกรมที่ 1 และ 4 นั้น มีการตอบสนองที่ดีและง่ายต่อการเรียนรู้การใช้งานตรงกันข้ามกับโปรแกรมที่ 3 และ 5 ที่มีการตอบสนองช้าและใช้งานลำบาก ส่วนโปรแกรมที่ 2 นั้น ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ค่อนข้างดี และ จากการออกแบบซอฟต์แวร์ทั้งส่วนต่อประสานโปรแกรมและความเหมาะสมนั้นอยู่ในระดับปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.2 ความพึงพอใจด้านฮาร์ดแวร์

	การพกพา	สะดวก	ติดตั้ง	ปลอดภัย	พอใจ
tester1	4	3	5	5	4
tester2	5	4	4	5	4
tester3	4	4	4	4	4
tester4	4	4	5	5	4
tester5	3	3	3	3	3
tester6	4	4	4	4	4
tester7	4	4	4	5	5
tester8	4	4	5	5	4

tester9	4	4	5	3	3
tester10	3	4	4	4	3
เฉลี่ย	3.9	3.8	4.3	4.3	3.8

ตารางที่ 5 ระดับความพึงพอใจด้านฮาร์ดแวร์ (5 มากที่สุด, 1 น้อยที่สุด)

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าด้านฮาร์ดแวร์โดยรวมอยู่ในระดับดีโดยเฉพาะเรื่องการติดตั้งและความปลอดภัย แต่ในการติดตั้งระบบยังมีข้อจำกัดในอยู่นั้นคือในพื้นที่นั้นต้องมีสัญญาณ Wi-Fi ดังนั้นทุกครั้งที่ไปติดตั้งในสถานที่ใหม่จึงต้องตั้งค่า Wi-Fi ใหม่ทุกครั้ง ในด้านความปลอดภัยอุปกรณ์ที่ได้ทำการติดตั้งนั้นไม่ได้มีอันตรายต่อผู้ใช้ โดยเฉพาะอุปกรณ์จับสัญญาณสมอง นอกจากนี้ในเรื่องการพกพา ผู้ทดลองให้ความเห็นว่าชุดอุปกรณ์นั้น สามารถพกพาได้สะดวก ง่ายต่อการพกเข้ากระเป๋า ทั้งยังมีขนาดกะทัดรัดสามารถวางอุปกรณ์ไว้ในที่ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในบ้านหรือนอกบ้าน แต่ ณ จุดติดตั้งต้องมีปลั๊กไฟและสัญญาณ Wi-Fi

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปการออกแบบระบบฮับอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบฮับอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด ผู้วิจัยจึงทดลองและเปรียบเทียบวิธีการควบคุมที่ถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์รับสัญญาณสมอง ที่มีราคาประหยัด และได้ข้อสรุปว่าการใช้ค่าความสนใจนั้นมีความแม่นยำมากกว่าการกระพริบตาติดต่อกัน 2 ครั้ง แต่ค่าความสนใจจะใช้เวลาในการสั่งการมากกว่า เพื่อออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพผู้วิจัยได้พบว่าควรออกแบบให้วิธีการควบคุม 1 วิธีต่อ 1 คำสั่ง และควรออกแบบระบบให้สามารถปรับค่าการกระพริบตาและค่าความสนใจให้เหมาะกับผู้ใช้ และระบบต้องไม่มีความซับซ้อนมาก เช่น การที่โปรแกรมมีหลายโหมด และ มีเงื่อนไขต่าง ๆ ในการใช้งาน หรือ การควบคุมที่ยากต่อการเข้าใจทำให้ต้องอาศัยการเรียนรู้เป็นเวลานาน ซึ่งการออกแบบโปรแกรมที่ไม่ซับซ้อนนั้นควรที่จะออกแบบให้โปรแกรมสามารถง่ายต่อการเข้าใจ และ อาศัยทักษะในการควบคุมให้น้อยที่สุด เช่น การเพิ่มค่าความสนใจไม่ควรใช้เวลานานเกินไป หรือ การกระพริบตาติดต่อกันเป็นจำนวนหลายครั้ง หรือ การใช้ 1 คำสั่ง ต่อ 1 การควบคุม เป็นต้น นอกจากนี้ความแม่นยำของกลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 ได้แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำครั้งสุดท้ายที่ได้ทดลองนั้นมีค่ามากกว่าครั้งแรกที่ได้ทดลอง เพราะระหว่างการทดลองผู้ทดลองได้มีการเรียนรู้การทำงานและวิธีการใช้งานโปรแกรมกับอุปกรณ์จับสัญญาณสมองได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ สามารถดูได้จากความเร็วและความแม่นยำในตอนท้ายของการทดลองของในแต่ละกลุ่ม จาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสัมภาษณ์หลังการทดลองพบว่าผู้ทดลองเริ่มเข้าใจวิธีการควบคุมที่เหมาะกับตนเอง เช่น วิธีการกระพริบตาติดต่อกันให้เป็นจังหวะ หรือ วิธีการเพิ่มค่าความสนใจในแบบของตนเอง แสดงให้เห็นว่าคนส่วนใหญ่สามารถเรียนรู้การควบคุมระบบฮับอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองได้

5.1.2 สรุปการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับระบบอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองด้วยอุปกรณ์ราคาประหยัด

ในงานวิทยานิพนธ์นี้นอกจากการออกแบบระบบให้มีราคาประหยัดแล้วยังออกแบบระบบให้สามารถพกพาได้และง่ายต่อการติดตั้ง จากแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าผู้ทดลองพึงพอใจกับระบบที่มีราคาถูกและพกพาง่าย นอกจากนี้ผู้ทดลองยังให้ความเห็นด้วยว่าอุปกรณ์รับสัญญาณสมองนั้นดูเป็นมิตรกับผู้ใช้ แต่ยังมีปัญหาเรื่องจุดรับสัญญาณของอุปกรณ์รับสัญญาณสมองคือ ในระหว่างการทดลองเมื่อมีการใช้งานไประยะหนึ่งเซนเซอร์ที่รับสัญญาณนั้นมักจะมีการเคลื่อนที่จากจุดเดิมจากการกระพริบตา เพราะขนาดของอุปกรณ์ไม่พอดีกับผู้ทดลอง ทำให้ต้องมีการปรับจุดรับสัญญาณเป็นระยะ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตผู้วิจัยหวังว่าความรู้ที่ได้จากงานวิทยานิพนธ์นี้จะถูกนำไปต่อยอด เรื่องการออกแบบระบบอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเรื่องการออกแบบระบบอัจฉริยะบนพื้นฐานการควบคุมด้วยสมอง และการออกแบบฮาร์ดแวร์ที่สะดวกในการพกพาและติดตั้ง

ในการต่อยอดการออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับระบบอัจฉริยะ บนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมองโดยใช้อุปกรณ์ราคาประหยัด ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรใช้วิธีการควบคุมในหลายรูปแบบ และ ใช้หนึ่งรูปแบบการควบคุมต่อหนึ่งคำสั่ง นอกจากนี้ในการใช้วิธีการกระพริบตาในการควบคุมควรใช้การกระพริบตาไม่เกิน 2 ครั้ง หรือ ไม่ควรใช้การกระพริบตาติดต่อกันเป็นจำนวนมากเกินไป เพื่อหลีกเลี่ยงความเมื่อยล้าส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการใช้งานมากขึ้น และควรใช้การหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณการกระพริบตาและมีการกำหนดจังหวะเวลาการกระพริบตาก่อนใช้งานเพราะเนื่องจากแต่ละบุคคลนั้นมีความถนัดในการใช้รูปแบบการกระพริบตาต่อเนื่องที่ไม่เหมือนกัน เช่นเดียวกับการใช้ค่าความสนใจ ควรมีการวัดค่าเฉลี่ยของค่าความสนใจในขณะจดจ่อและเวลาที่ใช้เพิ่มค่าความสนใจ เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ค่าความสนใจ จากทั้งสองประเด็นแสดงให้เห็นว่าแต่ละบุคคลนั้นมีความถนัดในการควบคุมที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นในอนาคตการออกแบบวิธีการควบคุมด้วยสมองให้ครอบคลุมกับผู้ใช้งานควรออกแบบระบบที่สามารถตั้งค่าได้ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานแต่ละคน ในเรื่องการออกแบบระบบนั้นควรออกแบบระบบที่ไม่มีความซับซ้อน เช่น ควรเป็นระบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และ ใช้ทักษะการควบคุมไม่มาก

ในการต่อยอดการออกแบบฮาร์ดแวร์ สำหรับระบบอัจฉริยะบนพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยสมอง โดยอุปกรณ์ราคาประหยัดนั้น ในเรื่องการใช้สัญญาณ Wi-Fi นั้น มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ เช่นในพื้นที่นั้นต้องมีสัญญาณ Wi-Fi ในอนาคตสามารถนำระบบ GSM (Global System for Mobile) มาใช้เพื่อทดแทนเรื่องพื้นที่ได้ ในส่วนของการควบคุม ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi ในส่วนควบคุมและ ESP8266 ในส่วนฮับ ซึ่งทั้ง 2 อุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดกะทัดรัดเหมาะสำหรับนำไปใช้ออกแบบระบบที่มีขนาดเล็ก แต่ปัญหาที่พบคือ ESP8266 นั้นมีความจุที่ไม่มากและมีจำกัดทำให้ ในอนาคตการที่จะออกแบบให้มีฟังก์ชั่นมากขึ้นนั้นอาจทำได้ยาก ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับ ESP8266 ด้วยภาษา C++ หากต้องการที่จะใช้ ESP8266 ให้มีประสิทธิภาพมากที่มากขึ้นนั้นควรพัฒนาด้วยภาษา C จะทำให้ใส่โปรแกรมได้มากกว่าและประมวลผลได้เร็วกว่า ในด้านการควบคุมฮาร์ดแวร์ ESP8266 นั้นมีพอร์ตที่จำกัดทำให้อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้นั้นมีจำกัดไปด้วย ซึ่งปัญหานี้มีสามารถแก้ได้ด้วยการใช้ ไอซีขยายพอร์ต แต่ก็ต้องใช้ความจุมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อข้อจำกัดด้านความจุและประสิทธิภาพดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้

ในส่วนของอุปกรณ์รับสัญญาณสมอง Mind Wave Mobile นั้น ในงานวิทยานิพนธ์นี้มีปัญหาเรื่องการติดตั้งเนื่องจากศีรษะของผู้ทดลองบางคนไม่พอดีกับอุปกรณ์ และไม่สามารถปรับให้พอดีได้

ซึ่งในอนาคตควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะกับศีรษะของผู้ใช้ และควรมีการกำจัดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ที่จะมีผลต่อการควบคุม และจากการหาข้อมูลในปัจจุบันได้พบว่าได้มี EEG module ของ NeuroSky ที่ชื่อว่า EEG: TGAM [27] ซึ่งเป็น module แบบเดี่ยวกับที่ติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ MindWave mobile โดยเราสามารถนำ module มาประยุกต์กับอุปกรณ์สวมใส่ที่เราออกแบบเองได้ โดยอาจทำเป็น ยางรัดศีรษะเพื่อให้อุปกรณ์สามารถสวมใส่ได้กับรัดศีรษะทุกขนาด และ นอกจากนี้ยังมีราคาถูกกว่า ซึ่งราคาปัจจุบันอยู่ที่ 1388.38 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, “ข้อมูลประชากรกลางปี”, http://bps.moph.go.th/new_bps/ข้อมูลประชากรกลางปี
2. Nataliya Kosmyna, Franck Tarpin-Bernard, Nicoias Boonneford and Bertrand Rivet, “Fesibility of BCI Control a Realistic Smart Home Environment”, frontiers in Human Neuroscience, 2016
3. Syed Rehan Abbas Jafri, Tehreem Hamid, Rabia Mahmood, Muhamad Asjad Alam, Talha Rafi and Muhammad, “Wireless Brain Computer Interface for Smart Home and Medical System”, Wireless Personal Communications, 2018
4. อรรถพล กัณหเวก, “ความหมายของ Smart Home”, https://www.arm.co.th/Knowledge.aspx?id=2
5. Noel G. Tavares and R. S. Gad, “Steady-State Visual Evoked Potential-Based Real Time BCI from Smart Appliance Control”, Cognitive Informatics and Soft Computing, 2017
6. Bmedical, “B-Alert 24 Channel Wireless EEG”, https://bmedical.com.au/product-category/neuroscience/b-alert-x24-wireless-eeg/
7. Anupama A. Ghodake, S. D. Shelke, “Brain controlled home automation system”, 2016 10th International Conferences, 2016
8. Marwan Nafea, Amirah’Aisha Badrul Hisham, Nurul Ashikin Abdul-Kadir, Fauzan Khairi Che Harun, “Brainwave-Controlled System for Smart Home Application”, 2018 2nd International Conferences, 2018
9. M.H. Masood, Masood Ahmad, M. Ali Kathia, R.Z.Zafar, A.N. Zahid, “Brain Computer Interface Based Smart Home Control Using EEG Signal”, Sci Int(Lahore), 2016
10. Jerry J. Shih, Dean J. Krusienski and Jonathan R, Wolpaw, “Brain-Computer Interfaces in Medicine”, Mayo Clin Proc, 2012
11. Bryn Farnsworth, Ph.D., “What is EEG(Electroencepphalography) and How Does it Work?”, https://imotions.com/blog/what-is-eeg/, 2018

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. Seidi Suurmets, PhD Fellow, “Neural Oscillations - Interpreting EEG Frequency Bands”, https://imotions.com/blog/neural-oscillations/, 2018
13. ธนพนธ์ แสนใจงาม, ชานนท์ เต็มไชยวณิช และ กฤติยา วุฒิ, “แอปพลิเคชั่นสำหรับฮับอัจฉริยะ”, โครงงานการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพรุจอมเกล้าธนบุรี, 2560
14. Wei-Yen Hsu, Nai-En Chang, Yi-Ting Lin, Kuan-Ying Chen, Chih-Xiang Hsu, “Photograph Taking and Music Selection Using Brain Wave Control”, Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), 2016
15. Wilson G. de Oliveira Junior, Juliana M. de Oliveira, Roberto Munoz, Victor Hugo C. de Albuquerque, “A proposal for Internet of Smart Home Things based on BCI system to aid patients with amyotrophic lateral sclerosis”, Neural Computing and Applications, 2018
16. Ahmed Maksud, Rakibul Islam Chowdhury, Tanima Tasmin Chowdhury, Anowarul Fattah, Celia Shahanaz, Sayeed Shafayet Chowdhury, “Low-Cost EEG Based Electric Wheelchair with Advanced Control Features”, TENCON 2017, 2017
17. Rytis Maskeliunas, Robertas Damasevicius, Ignas Martisius and Mindaugas Vasiljevas, “Consumer-grade EEG devices: are they usable for control tasks?”,PeerJ, 2016
18. NeuroSky, “Mind Wave Mobile 2”, https://store.neurosky.com/pages/mindwave
19. “Headset Lists”, https://www.syngli.com/neurotech.php
20. Masasoomeha, “ThinkGear Serial Stream Guide”, https://cdn.hackaday.io/files/11146476870464/ThinkGearSerialStreamGuide.pdfw , 2017
21. “What is Linux”, https://www.linux.com/what-is-linux/
22. Nick Heath, “What is the Raspberry Pi 3”, https://www.zdnet.com/article/what-is-the-raspberry-pi-3-everything-you-need-to-know-about-the-tiny-low-cost-computer/, 2017
23. Troy Bedinghaus, Johnstone M. Kim, “Why You Blink Your Eyes”, https://www.verywellhealth.com/why-do-we-blink-our-eyes-3879210, 2020

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24. robintibor ,“python-mindwave-mobile”, https://github.com/robintibor/python-mindwave-mobile

25. “Tkinter”,https://docs.python.org/3/library/tkinter.html, 2020

26. Google, “Classifiaction Accuracy”, https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/accuracy, 2020

27. NeuroSky, “ThinkGear AM”, http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/biosensors/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมทดลอง

	เพศ	อายุ	เคยมีประสบการณ์ใช้เครื่องวัดสัญญาณสมอง	เป็นผู้พิการ
ผู้ทดลอง 1	ชาย	21	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 2	หญิง	23	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 3	หญิง	55	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 4	หญิง	59	ไม่	ใช่ (หูซ้ายหนวก)
ผู้ทดลอง 5	หญิง	30	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 6	หญิง	26	ใช่	ไม่
ผู้ทดลอง 7	หญิง	26	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 8	ชาย	26	ใช่	ไม่
ผู้ทดลอง 9	ชาย	27	ไม่	ไม่
ผู้ทดลอง 10	ชาย	25	ไม่	ไม่

ตารางที่ 6 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้ารับการทดลอง

ข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจ

	ผู้ทดลอง									
หัวข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ด้านฮาร์ดแวร์										
1.1 ขนาดของอุปกรณ์มีความเหมาะสมระดับใด	ดี	ดีมาก	ดี	ดี	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้
1.2 สามารถพกพาได้สะดวกระดับใด	พอใช้	ดี	ดี	ดี	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ดี
1.3 ระยะเวลาในการติดตั้งรวดเร็วเหมาะสมในระดับใด	ดีมาก	ดี	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดี
1.4 รู้สึกปลอดภัยในการใช้งานระบบในระดับใด	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	ดี
1.5 ผู้ใช้พึงพอใจกับชุดอุปกรณ์ในระดับใด	ดี	ดี	ดี	ดี	พอใช้	ดี	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	พอใช้
2. ซอฟต์แวร์										
2.1 การออกแบบหน้าตาโปรแกรมดูเป็นมิตรกับผู้ใช้งานในระดับใด	พอใช้	ดีมาก	ดี	พอใช้	พอใช้	พอใช้	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	พอใช้
2.2 ปุ่มและรายระเอียดของโปรแกรมมีขนาดเหมาะสมในระดับใด	ดี	ดีมาก	ดี	ดี	ไม่ดี	พอใช้	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	พอใช้
2.3 สามารถเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมได้เร็วในระดับใด										

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1 โปรแกรมที่ 1	ดีมาก	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
2.3.2 โปรแกรมที่ 2	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	พอใช้	ปรับปรุง	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี
2.3.3 โปรแกรมที่ 3	ดีมาก	ดี	พอใช้	พอใช้	ปรับปรุง	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.3.4 โปรแกรมที่ 4	ดีมาก	พอใช้	ดี	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.3.5 โปรแกรมที่ 5	ดี	ปรับปรุง	พอใช้	ดี	ปรับปรุง	ดี	พอใช้	ดีมาก	พอใช้	ดี
2.4 โปรแกรมสามารถตอบสนองได้ในระดับใด										
2.4.1 โปรแกรมที่ 1	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี	ปรับปรุง	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดี
2.4.2 โปรแกรมที่ 2	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้	ดี	ปรับปรุง	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี
2.4.3 โปรแกรมที่ 3	พอใช้	ดี	พอใช้	พอใช้	ปรับปรุง	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี
2.4.4 โปรแกรมที่ 4	ดีมาก	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.4.5 โปรแกรมที่ 5	ดี	ไม่ดี	พอใช้	ดี	ปรับปรุง	ดี	พอใช้	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.5 สามารถควบคุมโปรแกรมได้ดังใจในระดับใด										
2.5.1 การควบคุมโดยใช้ค่าความสนใจ	พอใช้	ดี	พอใช้	ดี	พอใช้	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.5.2 การควบคุมโดบการกระพริบตา	พอใช้	ดีมาก	ดี	ดี	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้
2.6 ผู้ใช้พึงพอใจกับการออกแบบซอฟต์แวร์ในระดับใด	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี
3. อื่น ๆ										
3.1 ผู้ใช้พึงพอใจกับระบบโดยรวมในระดับใด	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี	พอใช้	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ดี

ตารางที่ 7 ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ทดลอง

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ

	ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ
ผู้ทดลอง 1	โปรแกรมที่ 5 โหมดเลือกอุปกรณ์ เปลี่ยนอุปกรณ์เร็วเกินไป
ผู้ทดลอง 2	โปรแกรมที่ 1 ชอบเพราะใช้งานง่าย โปรแกรมที่ 2 ทดลองใช้แล้วปวดตาและใช้ความรู้สึกเยาะเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	โปรแกรมที่ 3 ดี แต่การกระพริบตาหลายครั้งทำให้บางทีโปรแกรมไม่ทำตามที่ต้องการ โปรแกรมที่ 4 เร็วเกินไปใช้งานไม่ทัน โปรแกรมที่ 5 ซับซ้อนเกินความเข้าใจและจำเป็น
ผู้ทดลอง 3	อยากให้การกระพริบตาแล้วสามารถเปลี่ยนแปลงได้เลยโดยไม่ต้องทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง
ผู้ทดลอง 4	ในความเห็นส่วนตัวคิดว่าปุ่มอุปกรณ์น่าจะทำเป็นรูปภาพเช่น ผลไม่ สัตว์ จะน่าสนใจมากกว่า
ผู้ทดลอง 5	-
ผู้ทดลอง 6	-
ผู้ทดลอง 7	ในโปรแกรมที่ 5 และ 2ในส่วนของการใช้ค่าความสนใจควรมีภาพให้ผู้ทดลองจดจ่อภาพจริง เพราะผู้ใช้ทั่วไปไม่สามารถรู้ได้ว่าควรจดจ่ออยู่ที่จุดใด
ผู้ทดลอง 8	-
ผู้ทดลอง 9	-
ผู้ทดลอง 10	-

ตารางที่ 8 ข้อมูลความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อแสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	Nitikorn Kasammongkonchai
วัน เดือน ปี เกิด	11 December 1994
สถานที่เกิด	Bangkok Thailand
ที่อยู่ปัจจุบัน	98/169 ซอยประชาอุทิศ 33 แยก 7 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University