

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง

Brain Waves Control of Electrical Devices

ธงชัย จินาพันธ์¹

ดวงกมล สุขแก้วมณี¹

ดุสิต โพธิ์พันธุ์¹

ณัฐพร พวงเกตุ¹

ปกร ประกอบศิลป์¹

บทคัดย่อ

ผู้ที่สูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย (Lock in Syndrome) ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุจากอุบัติเหตุหรือเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของระบบประสาทที่ผิดปกติ ผู้พิการเหล่านี้จะสูญเสียความสามารถในการใช้อวัยวะเพื่อควบคุมการสั่งการการเคลื่อนไหว ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์โดยอาศัยพื้นฐานของเทคโนโลยีด้านการสื่อสารระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ (Brain-Computer Interface : BCI) เป็นการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเลือกสำหรับผู้สูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายให้กลับมาใช้ชีวิตประจำวันได้ปกติ ด้วยการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ (ได้แก่ เทคโนโลยีการพิมพ์อักษรและการควบคุมการทำงานของอวัยวะเทียมหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า) ด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะที่เกิดการวางแผนการเคลื่อนไหวมือขวาจากตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า F3 โดยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่ทำการวัดและบันทึกได้ จะถูกส่งมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกลักษณะเด่นไปควบคุมอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 4 คน หญิง 1 คน ที่มีสุขภาพแข็งแรง อายุระหว่าง 22 – 28 ปี ไม่เคยมีประวัติเกี่ยวกับโรคหรืออุบัติเหตุทางสมอง ผลการวิจัยพบว่า ค่าความแม่นยำ

¹ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

เฉลี่ยของการควบคุมการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองอยู่ที่ 88 % โดยที่ค่าความแม่นยำของอาสาสมัครแต่ละคนไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ การสื่อสารระหว่างสมองกับคอมพิวเตอร์ การจินตนาการเคลื่อนไหว
การควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

Abstract

The loose of motor functions had high impact on the human daily life. The disabled people or Locked in Syndrome caused from degenerative neuron-muscular diseases or spinal cords injury. They could not possibly control or moving their bodies as normal in their daily life. The possibility to communicate emotions, thoughts and need was thus a primary requirement for these patients and many efforts had been made to open a communication path between them and the external world. A Brain - Computer Interfaces (BCI) transformed signals originating from the human brain into commands that could control devices or applications. BCI provided a new non – muscular communication channel, which could be used to assist patient who had highly compromised motor functions. The recent study of BCI focused on the innovation to serve the disabled people to support the people back to the normal life such as control of the computer for typing, othesis control devices, electrical control devices by developing the electrical signal from the brain. In this study we recorded and transformed the brain signals, which were intentionally modulated by a user or BCI based on motor imagery (MI) into control commands from the electrode F3 to control the electrical devices. We employed 5 subjects (4 males 1

female) ages between 22 – 28 years old for electrical lighting on/off test devices and achieved the accuracy 88 %

Keyword Brain computer Interface, Control of Electrical Devices, Motor Imagery Feature

บทนำ

ความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติและช่วยเหลือตัวเองได้เป็นความต้องการสูงสุดของผู้ที่สูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย (Locked in Syndrome) เช่น ผู้ป่วยอัมพาต ผู้ป่วยโรค Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บที่ไขสันหลัง (Spinal cord injury) หรือระบบประสาทเสียหายอย่างรุนแรง คนกลุ่มนี้จะมีขีดจำกัดในการเคลื่อนไหวมือ แขน หรือขา แต่ยกเว้น สมองและดวงต่ายังคงสามารถทำงานได้เป็นปกติ (Albis, 2009: 1) โดยข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า ประชากรทุก ๆ 100,000 คนเป็นโรค ALS ประมาณ 2 คนต่อปี อายุเฉลี่ยที่เกิดขึ้นของโรคอยู่ระหว่าง 60-65 ปี ดังนั้น โอกาสที่จะพบโรค ALS ในคนอายุมากจึงมีมากกว่าในคนอายุน้อย ซึ่งผู้พิการกลุ่มนี้จะไม่สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างอิสระ และวิธีการที่จะทำให้คนกลุ่มนี้กลับไปมีความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ เช่น มีความสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขั้นพื้นฐานได้จะต้องอาศัยเทคโนโลยีการสื่อสารที่สั่งงานจากสมองสู่คอมพิวเตอร์ (Brain Computer Interface: BCI) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับควบคุมคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการสั่งการจากสมองโดยตรงไปยังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ภายนอกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยไม่ผ่านช่องทางปกติจากสมองสู่กล้ามเนื้อ (Wolpaw et al., 2002: 60-63)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง

2. เพื่อนำฮาร์ดแวร์และฮาร์ดแวร์ไปใช้งานสำหรับควบคุมการปิด-เปิดไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองของผู้พิการทางการเคลื่อนไหว

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็น ชาย 4 คน หญิง 1 คน มีสุขภาพแข็งแรงเป็นพนักงานจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี อายุระหว่าง 22 – 28 ปี (อายุเฉลี่ย 24ปี) อาสาสมัคร มีสถิติการใช้คอมพิวเตอร์ในแต่ละวัน 2 – 6 ชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย 4 ชั่วโมงต่อวัน) อาสาสมัครไม่เคยใช้งานเครื่องบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองมาก่อน มีสายตาสปกติ และไม่เคยมีประวัติการรักษาเกี่ยวกับโรคหรืออุบัติเหตุทางสมอง

สมมติฐานของการวิจัย

ฮาร์ดแวร์และฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมการปิด-เปิดไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงพอในการใช้งานจริงของผู้พิการทางการเคลื่อนไหว

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองคือ Emotiv Epoc ที่ผลิตโดย Emotiv inc. Australia มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

เครื่องมือประกอบด้วยขั้ววัดสัญญาณ 14 ขั้ว จัดเรียงตามมาตรฐานนานาชาติ 10-20 หรือ International 10-20 Systems (Duvina et al., 2012: 5) ได้แก่ AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2 มีอัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling rate) ที่ 128 Hz. (2048 Hz ที่ภายใน) ส่วนความละเอียดของการสุ่มสัญญาณ ที่ 16 bits กรองสัญญาณที่ความถี่ 0.2-45 Hz. (Band pass filter) สกัดสัญญาณไฟฟ้า AC ที่ 50 และ 60 Hz. สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางสมองจะบันทึกผ่านขั้วไฟฟ้า (electrode) จากนั้นจะนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองมาผ่านกระบวนการขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้นในระดับ 1000 ถึง 2000 เท่า เพื่อนำสัญญาณที่มีระดับที่แรงเพียงพอไปจำแนกสัญญาณรบกวน (Artifact) ที่ไม่ต้องการออกไป ได้แก่ สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ (EMG) สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวดวงตา

(EOG) สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าอื่น ๆ (Electric and Magnetic field) เพื่อแยกเอาเฉพาะสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ที่ต้องการใช้งานไปผ่านกระบวนการเลือกลักษณะเด่นของสัญญาณ (Feature Extraction) โดยเชื่อมต่อไปยังคอมพิวเตอร์แบบไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz.

กระบวนการแปลผลสัญญาณ (Translation Algorithm) เป็นการกำหนดรูปแบบของการควบคุมสัญญาณให้เป็นไปตามที่ต้องการ เพื่อจะนำไปเป็นอินพุตสำหรับการสร้างคำสั่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า โดยการทำงานทั้งหมดในส่วนนี้จะควบคุมโดยบล็อกเชตที่เรียกว่า emotive API ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับแผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจะใช้วิธีการเชื่อมต่อผ่านพอร์ต RS232 เพื่อนำคำสั่งจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Visual Basic 2008 และ C++ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป

การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองได้ดำเนินการตามลำดับต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองมีรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1.1 ติดต่อรับสมัครพนักงานจากนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี สำหรับเป็นกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งกรอกข้อมูลส่วนบุคคล ตรวจการมองเห็นและการได้ยิน ประวัติการเจ็บป่วยและการใช้ยาทางจิตเวช

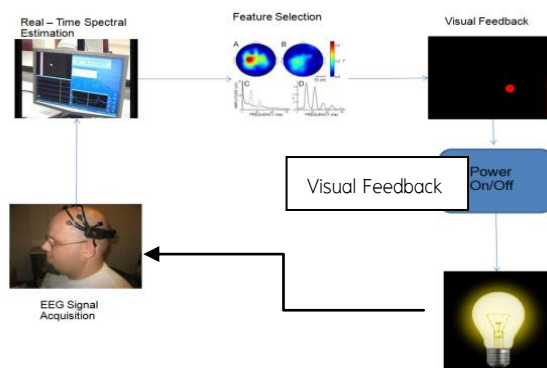
1.2 นำข้อมูลที่ได้มาคัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด นัดหมายอาสาสมัครเพื่อประชุมชี้แจงเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการทดลอง การเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลอง และให้ลงนามในแบบฟอร์มแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย พร้อมกับจัดทำตารางนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เพื่อมาดำเนินการในห้องทดลองที่จัดเตรียมไว้

1.3 จัดเตรียมห้องทดลอง ติดตั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประมวลผลการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตารางนัดหมาย

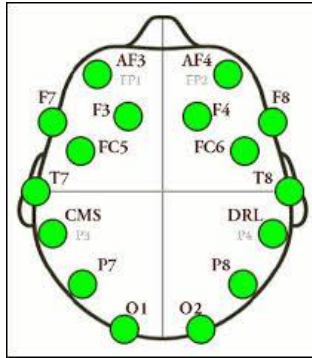
1.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองมาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้วยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Accuracy) และความผิดพลาด (Error Rate)

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ทฤษฎี และงานวิจัยทางด้านประสาทสรีระวิทยาและเครื่องมือ รวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระดับที่คนทั่วไปสามารถซื้อหาได้ง่ายราคาไม่แพง เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือที่สามารถเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพทดแทนความสามารถที่สูญเสียไปของมือหรือแขน



ภาพ 1 เส้นทางการไหลของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพ 2 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของเครื่องบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง Emotiv Epoc

ผังการทำงานของส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วยสัญญาณ (EEG) ที่ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วจะถูกส่งมาใช้ควบคุมหรือแทนที่การทำงานของ การกดปุ่มคลิกเมาส์ตรวจจับและส่งผ่านไปยังภาคส่วนต่าง ๆ ตามภาพ 1

กระบวนการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากระทำโดยเมื่อสมอง คิดวางแผนเคลื่อนไหวมือขวาสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในย่านความถี่ μ ที่ตำแหน่ง F3 จะลดระดับสัญญาณต่ำลงเมื่อเทียบกับ base line ซึ่งเรียกว่า Event Related De-Synchronization หรือ ERD ขณะที่เมื่อผ่านกระบวนการคิดไปแล้วระดับของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองจะยกระดับสูงขึ้นจากระดับต่ำสุดก่อนหน้านั้นเรียกว่า Event Related Synchronization หรือ ERS หลังจากเกิดการเคลื่อนไหวไปแล้ว อาสาสมัครจะต้องคิดหรือจินตนาการว่ากำลังยกแขนขวา (ไม่ต้องยกแขนขึ้นจริง) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 วินาที ในขณะเดียวกันที่จอภาพจะปรากฏ cube สีเหลืองจะเคลื่อนที่จากกึ่งกลางไปทางขวาของกรอบสี่เหลี่ยม (ภาพ 3) เป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับ (Visual Feedback) เพื่อให้ผู้ทำการทดลองทราบว่าเกิดการเคลื่อนไหวครบถ้วนถูกต้องตามกระบวนการ (Process) ที่ออกแบบไว้



ภาพ 3 รูปภาพของ cube ที่แสดงผลของทิศทางการเคลื่อนไหวและทำให้เกิดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

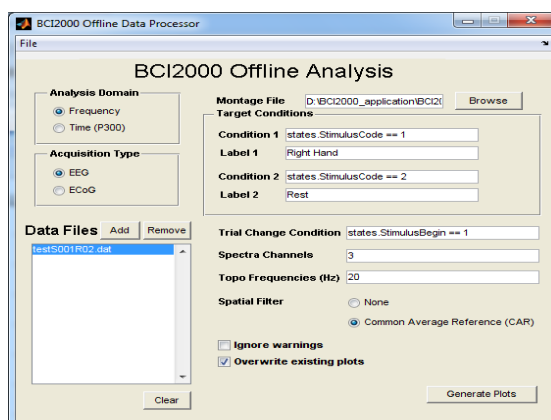
ด้วยวิธีดังกล่าวการเคลื่อนไหวที่เป็นจริงของแขนแขนจึงไม่จำเป็น เนื่องจากทำให้เกิดสัญญาณรบกวน EMG และ EOG

ผลลัพธ์ของการจำแนกลักษณะเด่น ERD จากสภาวะของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะที่อาสาสมัครอยู่ในสภาวะสมองว่าง (rest) กับสภาวะจินตนาการการเคลื่อนไหว แขนสามารถจำแนกได้จากค่า สัมประสิทธิ์การอธิบาย (ค่า r^2) แปลความหมายได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะของคลื่นสมองที่เกิดจากการวางแผนการเคลื่อนไหว แขนขา กับสภาวะของคลื่นสมองในขณะผ่อนคลาย มีค่าสหสัมพันธ์ $r = -0.617$ ดังนั้น สัมประสิทธิ์การอธิบายจะเท่ากับ $r^2 = 0.381$

การวิเคราะห์และสกัดลักษณะเด่น ERD ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม BCI2000 (Schalk et al., 2004, p.1040) คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่นไฟฟ้าสมองในย่าน Mu และ Beta Rhythm จะเหมือนกันสำหรับมนุษย์ทุกคนแต่รูปแบบเชิงพื้นที่และความถี่ (spatial pattern and exact frequency) ที่เกิดขึ้นจะไม่ซ้ำกันเพื่อให้ระบบ BCI ที่ออกแบบไว้สามารถตอบสนองการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของสัญญาณเข้าที่ดี ซึ่งตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ความถี่และ

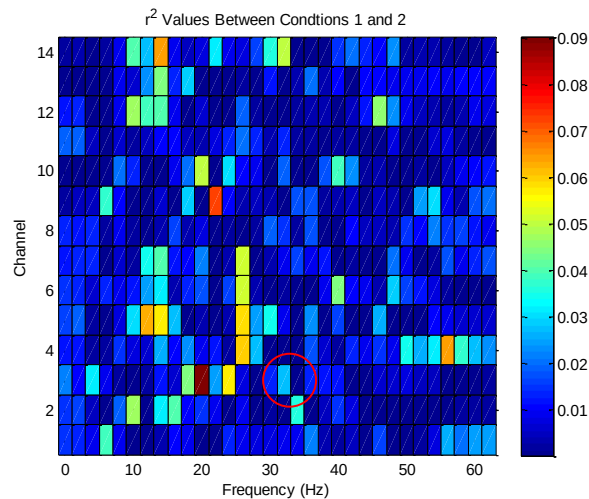
ตำแหน่งของข้อไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมของผู้ใช้งาน โดยเลือกใช้โปรแกรม BCI2000 ในการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง เพราะเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและไม่มีค่าใช้จ่าย

วิธีดำเนินการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม BCI2000 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่นำมาเป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกลักษณะเด่น ERD/ERS ที่ต้องการของอาสาสมัครแต่ละคน ด้วยโปรแกรม BCI2000 ดังภาพ 4

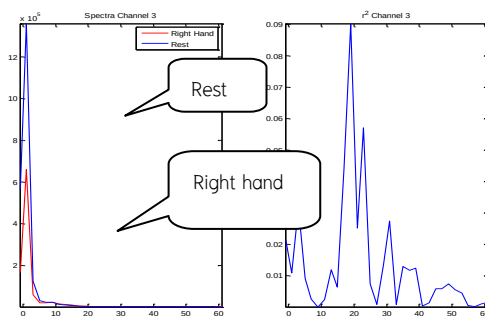


ภาพ 4 หน้าต่าง Offline Analysis ของโปรแกรม BCI2000

โปรแกรมจะทำการคำนวณและแสดงผลข้อมูล โดยแสดงรายละเอียดตำแหน่งของข้อไฟฟ้าและความถี่ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวมือขวาแสดงผลด้วยค่า R^2 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 หรือสี่เหลี่ยมในภาพ 5 แสดงถึงการเคลื่อนไหวมือขวาที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของข้อไฟฟ้าและความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนในภาพ 6 แสดงย่านความถี่และตำแหน่งของข้อไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวมือขวาในโดเมนความถี่

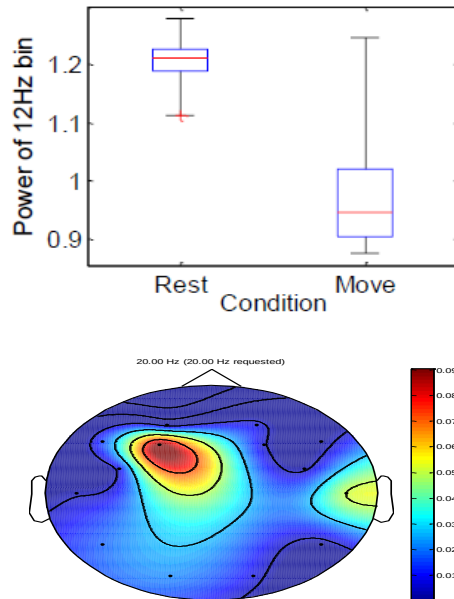


ภาพ 5 ตัวอย่างค่า R^2 ขณะที่เกิดการเคลื่อนไหวมือขวาที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของ
ขั้วไฟฟ้าและความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง



ภาพ 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันระหว่างสภาวะผ่อนคลายและขณะจินตนาการ
เคลื่อนไหวแขนขวาในโดเมนความถี่

เมื่อนำคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่า พื้นที่สมอง
ที่ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวหรือกำมือขวาสำหรับการทดลองนี้ ได้แก่ บริเวณ Parietal
, Frontal และ Temporal Lobe ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่มีอิทธิพลสูงซึ่งตอบสนองต่อการ
เคลื่อนไหวมือขวา คือ ตำแหน่ง F3 ที่ความถี่ 8 Hz. ดังแสดงในภาพ 7



ภาพ 7 แสดงค่า R^2 ของพื้นที่สมองในบริเวณที่ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหว
แขนขวา (ERD) ที่ความถี่ 20Hz ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3

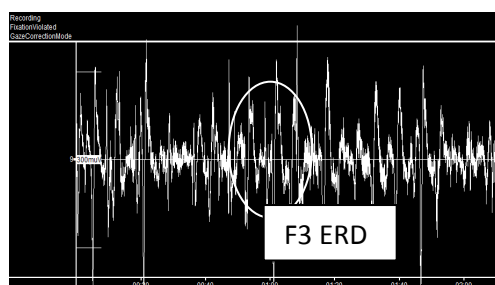
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยนำเอาคุณลักษณะเด่นของของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ในขณะที่เกิดการจินตนาการการเคลื่อนไหวแขนข้างขวามาประยุกต์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการทดลองพบว่า เมื่อจินตนาการยกมือขวาสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง จะลดระดับต่ำลง (ERD) cube สีเหลืองจะเริ่มเคลื่อนที่จากกึ่งกลางไปทางขวาและเมื่อเสร็จสิ้นการเคลื่อนไหว (ในทางปฏิบัติไม่ได้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นจริง) สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองจะลดระดับลง (ERD) สังเกตได้จาก cube

สีเหลือง จะเคลื่อนที่ไปชิดกรอบขวาแล้วกลับมาอยู่กึ่งกลางซึ่งก็คือตำแหน่งที่สมองอยู่ในสภาวะผ่อนคลายภาพของสัญญาณที่ตอบสนองต่อคลื่นไฟฟ้าสมองดังภาพ 3

สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้จะผ่านการแยกองค์ประกอบเพื่อจำแนกเอาลักษณะเด่นของสัญญาณออกมาตัวอย่างของรูปสัญญาณที่มีองค์ประกอบ ERD ที่ชัดเจนดังภาพ 8 ซึ่งเป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะที่สภาวะของสมองเกิดการคิดหรือจินตนาการเคลื่อนไหวมือขวา



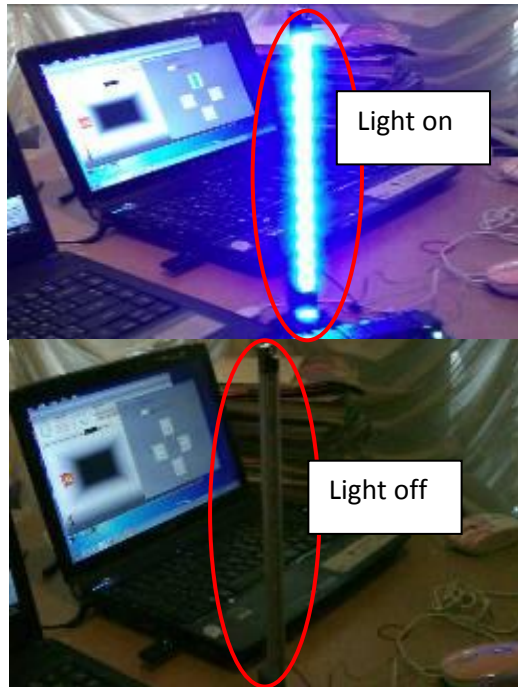
ภาพ 8 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตอบสนองขณะเกิดการจินตนาการเคลื่อนไหว

2. ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 2 การนำซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ไปใช้งานสำหรับการควบคุมการปิด-เปิดไฟฟ้ด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยไม่ผ่านเส้นทางปกติทางกล้ามเนื้อ การนำเอาสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่จำแนกคุณลักษณะของสัญญาณ (EEG Feature classification) แล้วมาเป็นสัญญาณอินพุทของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาพ 9



ภาพ 9 Program ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

คลื่นไฟฟ้าสมองที่สกัดได้จะถูกส่งผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอตรหัส และจำแนกคุณลักษณะของสัญญาณไปเป็นอินพุทของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ออกแบบมารองรับสัญญาณสำหรับนำไปแทนที่คำสั่งการคลิกเมาส์เมื่อสัญญาณจาก คำสั่งคลิกเมาส์ถูกแทนที่ด้วยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองภาคควบคุมสัญญาณอุปกรณ์ ภายนอก (External Devices Control) จะส่งสัญญาณควบคุมโดยการเชื่อมต่อผ่าน ช่องสัญญาณ RS232 เพื่อขับวงจรขยายสัญญาณรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์สำหรับ การเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพ 10 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า 1 ช่องสัญญาณ

ตาราง 1 ผลการทดสอบการควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง

Subject	Training Duration (minutes)	Passed (times)	Failed (times)	Accuracy (%)
S1	30	8	2	80
S2	30	9	1	90
S3	30	9	1	90
S4	30	8	0	80
S5	30	8	2	80

จากตาราง 1 ผลการวิจัยพบว่าค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองอยู่ที่ 88 % โดยที่ค่าความแม่นยำของอาสาสมัครแต่ละคนไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผล

ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยนำเอาคุณลักษณะเด่นของของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะที่เกิดกิจกรรมการวางแผนการหรือจินตนาการเคลื่อนไหวแขนข้างขวามาประยุกต์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยการถอดรหัสลักษณะเด่น ERD ที่ตรวจจับได้ขณะที่สมองเกิดจินตนาการเคลื่อนไหวแขนข้างขวาไปออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของการใช้งานจริงคือระยะเวลาในการฝึกทดลองใช้ (Training Period) การเคลื่อนไหวมือหรือแขนที่เกิดขึ้นเองภายใต้การจินตนาการของมนุษย์ (Voluntary Movement) เพื่อทำให้เกิดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความแรงหรือมีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้นั้นเปรียบเสมือนเด็กที่หัดควบคุมการเคลื่อนไหวเช่นการหัดเดินการหัดหยิบ การจับสิ่งของเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของรูปร่างและลักษณะเด่นของสัญญาณ

คลื่นไฟฟ้าสมองปกติมีระดับที่ต่ำมากระดับไมโครโวลต์ กระบวนการได้มาซึ่งลักษณะเด่นของสัญญาณ ตลอดจนกระบวนการถอดรหัสสัญญาณ จนกระทั่งสามารถนำไปออกแบบโปรแกรมที่ใช้งานได้นั้น มีความสลับซับซ้อนมากดังนั้น การฝึกฝนความชำนาญในการจินตนาการหรือการวางแผนการเคลื่อนไหวเพื่อที่จะให้ได้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปสนับสนุนการทำงานของโปรแกรมให้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำนั้น จึงต้องใช้กระบวนการกรองสัญญาณ (Filter) และกระบวนการจำแนกลักษณะเด่น (Feature extraction and Classification)ที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการปฏิบัติ

1. ฮาร์ดแวร์ของเครื่องบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่พัฒนาขึ้นมาเหมาะสมสำหรับผู้พิการทางการเคลื่อนไหวที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ตั้งแต่ไหล่ลงมา ผู้ป่วยที่เป็นโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงมีขีดจำกัดในการเคลื่อนไหวมือ แขน หรือ ขา ในการใช้งานคอมพิวเตอร์ โดยต้องมีผู้ช่วยในการติดตั้งเครื่องมือก่อนใช้งาน

2. ควรมีระยะเวลาการฝึกทักษะการใช้เครื่องมือในระยะเริ่มต้นอย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนใช้งานจริงเพื่อความแม่นยำในการใช้งาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. นักพัฒนานวัตกรรมสามารถนำเครื่องมือนี้ไปประยุกต์กับการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์โดยปราศจากการสัมผัส (Touchless) เช่น แป้นพิมพ์ อุปกรณ์ชี้เป้า (Pointer) เมาส์ หรือ Touch pad สำหรับผู้พิการทางการเคลื่อนไหว พัฒนาเกมส์และอุปกรณ์การเล่นเกมส์โดยไม่สัมผัส และพัฒนาระบบการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำกายภาพบำบัด (Rehabilitation control devices).

2. นักการตลาดสามารถนำเอาเครื่องมือนี้ไปวิเคราะห์กลไกการเชื่อมโยงของการตัดสินใจการเลือกซื้อสินค้า ด้วยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของดวงตาสำหรับงานวิจัยด้านการตลาดและการประชาสัมพันธ์

3. การประยุกต์ใช้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองร่วมกับพื้นที่สมองส่วนอื่นหรือในย่านความถี่อื่นหรือรูปแบบอื่น (Feature) ในลักษณะการทำงานแบบลูกผสม (Hybrid) เช่น ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (กนก พานทอง, 2554: 55) ได้แก่ ERD/ERS+P300, ERD/ERS+SSVEP อาจเป็นวิธีการทางเลือกที่จะทำให้ลดระยะเวลาการฝึกฝนและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดให้น้อยลง

เอกสารอ้างอิง

กนก พานทอง, เสรี ชัดแจ้ง และกาญจนา พิทักษ์วัฒนานนท์. (2554). ผลของความยากของข้อสอบ และความสามารถของผู้สอบที่มีต่อคลื่นไฟฟ้าสมอง: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทดสอบด้านเลขคณิต. **วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา**. 9(1): 62-77.

Albis, T. (2009). **A Predictive Speller for a Brain Computer Interface Based on Motor Imagery**: AI&R Lab Artificial Intelligence and Robotics laboratory of Politecnico di Milano.

Duvinage, M., Castermans, T., Dutoit, T., Petieau, M., Hoellinger, T., Saedeleer, C. D., & Cheron, G. (2012). A P300-based quantitative comparison between the Emotiv Epoc headset and a medical EEG device. **Biomedical Engineering**. 7(65): 748-764.

Schalk, G., McFarland, D. J., Hinterberger, T., Birbaumer, N., & Wolpaw, J. R. (2004). BCI2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. 51(6): 1034-1043.

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. **Clinical Neurophysiology**. 113: 767-791.