
組別 **Team ID**：202513

專題屬性 **Category**：AIoT 應用 (**AIoT Applications**)

專題名稱 **Project**：基於腦機介面之 SSVEP 腦波智慧控制系統 (**SSVEP-Based Brain-Computer Interface Intelligent Control System**)

一、指導老師 **Advisor**：李朱慧老師 (**Prof. Chu-Hui Lee**)

二、組員 **Team members**：江育峰(11114008)、周聿朗(11114146)、吳俊誼(11114095)、林冠豪(11114116)、徐偉哲(11114129)、張家泰(11114017)

三、系統環境 **System environment**：

(一)軟體 **Software**：

作業系統 **Operating System**：Windows

語言 **Programing language**：Python

開發工具 **Toolkits**：Google Colaboratory、MATLAB、Visual Studio Code、The OpenBCI GUI、VirtualBox、Home Assistant

(二)硬體 **Hardware**：

開發板：OpenBCI Ganglion 信號採集板、Arduino 開發板、Raspberry pi 5 樹梅派

受控裝置：Tapo L530e 智慧燈泡、Eve Energy 智慧插座、Eve Flare 燈球、12V RGB 霓虹柔性燈條

四、簡介：

(一)系統簡述：

本研究旨在開發一套基於腦機介面的 SSVEP 智能控制系統，透過閃爍光源（不同頻率）誘發視覺皮層產生對應腦電圖，系統提供五種頻率可利用鍵盤 QWERT 變換，來呼叫想控制電器的五個對應指令；使用者只需注視燈條，4 秒內即可完成識別並控制電器，並且介面會顯示混淆矩陣，使用者可以知道當次的預測是否正確。

(二)特色：

- **硬體創新**：採用 4 通道 OpenBCI 開發板，僅需前額與枕葉四個電極，以極少通道實現高通道功能，提升舒適性與實用性。
- **刺激方式升級**：以可定制形狀的 LED 燈條取代傳統螢幕作為視覺刺激源，安裝靈活，完美整合於各類家電旁。
- **使用者體驗**：使用者僅需注視目標燈條，系統能在 4 秒內完成識別並控制電器，過程安靜無需動作，實現「即視即控」。
- **融合算法**：後端採用機器學習集成模型與 EEGNet+FBCCA 混合深度學習架構，透過資料擴增確保模型兼具高準確度與可靠性。

-
- **電器整合：**系統能與多樣化的現代智能電器無縫整合，展現高度的應用彈性與創意，是 SSVEP 與 AIoT 的結合。

五、Introduction：

Introduction

This study aims to develop a Steady-State Visual Evoked Potential (SSVEP)-based brain-computer interface (BCI) for intelligent control. The system utilizes flickering light sources at different frequencies to elicit corresponding responses in the visual cortex. Five distinct frequencies are provided, which can be cycled through using the Q-W-E-R-T keys on a keyboard to map to and trigger five corresponding control commands for the target appliance. Users simply need to gaze at the target light strip, and the system can complete the identification and execute the control command within 4 seconds. The interface displays a confusion matrix, allowing users to immediately see whether the current prediction was correct.

Features

- **Minimalist Hardware:** Uses a low-cost, 4-channel OpenBCI headset with an optimized electrode montage for comfortable, practical wearability without sacrificing performance.
- **Flexible Stimulation:** Replaces bulky screens with customizable LED strips, allowing for seamless integration directly onto any household device.
- **Intuitive Interaction:** Users control devices simply by gazing at a target for under 4 seconds, enabling a silent, motionless "see-and-control" experience.
- **Hybrid AI Model:** Combines an ensemble of machine learning classifiers with a specialized EEGNet hybrid model, ensuring robust and accurate real-time prediction.
- **Seamless Smart Home Integration:** Directly commands a wide variety of devices through Home Assistant, creating a practical fusion of BCI and AIoT.