

生醫工程實驗 期末專題報告

E E 護法現身

第八組 電機四
B02901026 莊侑霖
B02901105 吳政儒
B02901108 吳省澤

一、實驗目的

利用測量腦波得到的 EEG 來實現電影哈利波特 (Harry Potter) 中的咒語，期盼達到以腦波控制代替魔杖施咒，最後實作出以腦波控制護法咒：疾疾護法現身 (Expecto Patronum) 的效果。

二、實驗說明

根據哈利波特情節描述，護法咒和心中念想及意志力程度有關，在施法時要想著非常快樂開心的回憶，才會有強大的護法咒產生，除此之外，護法咒的特點是獨一無二、因人而異，每個人的護法（生物）都與眾不同。由於腦波中部分頻率的波段與注意力及放鬆度有關，因此我們透過測量 EEG 信號來探討專注度，作為施咒時心智堅定程度的指標；並根據因人而異的聲紋辨識不同施咒者，以表現護法的獨特性，而呈現護法圖像方式則是全息投影 (Hologram)。

三、實驗儀器與元件

- EEG headset (NeuroSky MindWave module)
- Arduino
- 藍芽模組 (HC05)
- 簡易全息投影模型 (螢幕+透明壓克力板)

四、實驗原理與設計

腦波收集

使用 MindWave 收集 single channel 的 EEG 訊號，配戴時須將前方電極緊貼額頭，並夾上耳垂的貼片。

藍芽通訊

MindWave 藍芽通訊協定：

Head (2 bytes)	Payloadlength (1 byte)	Payload (4~169 bytes)	Checksum (1 byte)
-------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------

1. Head

藍芽會連續傳送固定格式的封包，封包的格式如上述，封包的 head 用 [0xaa 0xaa] 表示，只要程式讀取到連續兩個 0xaa，就代表程式讀取到一個新的封包的開頭。

2. Checksum

最後面的 checksum 是在檢驗這個封包的結尾，在讀取 payload 的時候將所有 payload 的值用 8bit 的記憶體不停相加累積，讀完 payload 的時候把 checksum 的值和累積的值相加，若剛好能得到 11111111 則表示這個封包已結束且這個封包是正確完整的，以防藍芽在傳送過程中讀取到一些隨機出現的 error，所以程式在讀取藍芽訊號時，必須先確定最後的 checksum 是正確的，才能開始分析 payload 裡面的值。

3. Payload

在 head 之後的 1 個 byte 記錄著 payload 的長度，而 payload 紀錄真正的腦波內容，其傳送的内容包含 raw data、attention value、mediation value、poor quality value 還有各種頻段腦波的電位值：

content	head	Length (bytes)	Transmission frequency (Hz)
raw data	0x80	2	512
attention value	0x4	1	1
mediation value	0x5	1	1
poor quality value	0x2	1	1
各種頻段腦波	0x83	24	1

raw data 指的就是最原始的腦波電壓值，其值範圍為 -32768~32767，但通常電壓數值只會在 -2048~2047 之間。

attention value 和 mediation value 指的是 MindWave 利用讀取來的腦波值經由頻譜分析所估計出的專注度和放鬆程度。

poor quality value 是腦波數值的正確性，通常可以反映出腦波儀是否有緊貼額頭並正確讀取腦波，如果使用者有正確操作並正確讀取腦波，那此值通常為0。

各種頻段腦波指的是將最基本的腦波頻譜分割成八個不同頻段的腦波訊號，每個頻段腦波的 amplitude 值各佔 3 個 bytes，其八種不同的腦波訊號由出現順序來排序依序為：delta波、theta波、low-alpha波、high-alpha波、low-beta波、high-beta波、low-gamma波、high-gamma波。

在payload中，因為這5種資料會根據自己的 transmission frequency 在其中穿插傳遞，因此程式必須先辨認最前端的 head，比如說在讀取 payload 的過程中，當讀取到 0x80 就知道後面 2 bytes 代表的是 raw data 的值，在讀完 raw data 數值之後發現下一個是 0x83，那就能知道接下來的 24 bytes 代表的是各種頻段腦波的數值。

了解 MindWave 的藍芽通訊協定後，本實驗使用 HC05 藍芽模組讀取 MindWave 傳來的藍芽訊號並用 Arduino 過濾非 raw data 的訊號，將剩下的 raw data 訊號藉由 serial port 丟給 python 做後續的分析處理，之所以只擷取 raw data 的訊號其中一個原因是其他的數值的 transmission frequency 只有 1 Hz，對於即時分析腦波專注度來說速度太慢，另一為我們不確定裡面的 attention value 是如何計算的，因此我們才打算擷取最原始的訊號並傳入 python code 做專注度分析。

腦波專注度分析

正常情況下，人體的腦神經細胞活動時會放出微小的電磁波，這些電磁波可以被收集成腦電訊號 (Electroencephalography Signal) 加以利用。訊號依照頻率可以區分為若干個類別： α 波介於 8~13 Hz，強度落在 30~50 μ V，在平靜且有意識的狀態會產生，會因思考、眨眼或其他刺激的出現而消失； β 波介於 14~30 Hz，強度落在 5~20 μ V，當人處於精神集中或警覺的狀態時會產生，在思考或是接收感官刺激時特別明顯； θ 波介於 4~7 Hz，強度落在 30 μ V 以下，當人處在壓力下、意識被干擾或是處於深層放鬆時會出現； δ 波介於 0.5~3 Hz，強度落在 100~200 μ V，在清醒時，成人幾乎測量不到此波段的訊號，只有在深層睡眠、無意識時才會出現； γ 波介於 31~50 Hz，強度落在 5~10 μ V，和感官知覺的形成有關。

在本次專題中，我們藉由分析較易蒐集且和思考相關的 α 波與 β 波來測量專注度。首先，將從 MindWave 接收到的 raw data 切成每 100 筆 sample 為一個 segment，相鄰兩個 segment 有 50 筆 sample 重疊。再者，將 segment 通過快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform) 從 time domain 轉為 frequency domain，如此就可以針對目標頻段操作。為了評估 α 波與 β 波的強度，我們計算出各自的功率譜密度 (Power Spectral Density) 函數，

$$PSD(n) = \frac{F(n)F^*(n)}{N}$$

再加總成能量 E，

$$E_{\alpha} = \sum_{f=8}^{13} PSD(f)$$
$$E_{\beta} = \sum_{f=14}^{30} PSD(f)$$

最後以兩者的比值 R 作為專注度的指標，

$$R = \frac{E_{\alpha}}{E_{\beta}}$$

R 越大代表專注度越低， R 越小代表專注度越高。

在實驗中，為了避免腦波的跳動造成專注度測量的困難，我們紀錄最新 10 筆 R 值，並設定一個閾值 T ，以 10 筆資料中超過閾值 T 的比例作為調整投影影像清晰度的依據。

聲紋辨識

Hotword Detection 是一種辨識特定關鍵字 (Hotword) 的語音技術，通常字數落在兩到三個字，與一般的語音辨識技術不同的地方在於 Hotword Detection 是隨時都在運作，允許使用者在任何時間點觸發辨識，而一般的語音辨識都會需要使用者指示何時開始辨識。常見的應用有行動個人助理，如 Google 的 Google Assistant，其關鍵字是 OK, Google，Apple 的 Siri，其關鍵字是 Hey, Siri。

在本次專題中的聲紋辨識情境是讓使用者隨時念出護法咒咒語 Expecto Patronum，適用於 Hotword Detection，故我們最後選擇使用 Snowboy，一個客製化的 Hotword Detection Engine，實作此功能。Snowboy 使用了深度類神經網絡與許多最佳化技術來達成高正確率，其中細節因為商業機密並沒有公開。

在實驗中，首先我們需錄下每位使用者念護法咒咒語時的聲音三次，上傳至 Snowboy 伺服器訓練出專屬的聲紋辨識模型，將模型下載後即可即時從麥克風接收聲音訊號偵測關鍵字（咒語），並根據不同使用者的模型，辨識出施咒者進而投影出不同的護法。

全息投影

又稱全像術，為一種利用干涉及繞射記錄物體反射或透射光波中全部資訊（振幅、相位）的技術，通過不同的方位和角度觀察物體三維成像，可以看到被拍攝的物體的不同的角度，因此記錄得到的像可以使人產生立體視覺，彷彿物體就在那裡一樣。

在實驗中我們以21吋螢幕及一塊方型透明壓克力板來做為投射，並用很多黑色厚紙板建造模型來達到較佳的視覺呈現效果，而我們也發現厚紙板與壓克力板的間距是影響影像立體擬真程度的關鍵。

五、實驗流程



六、成果



Youtube 影片：<https://youtu.be/WHJ5gaGfQxl>

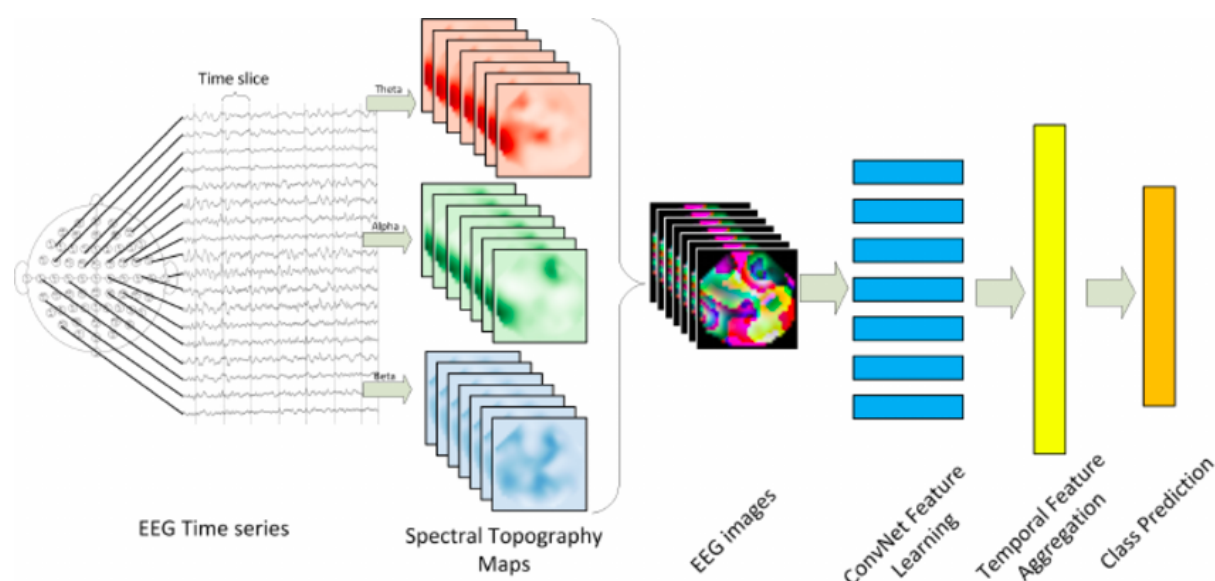
Google Drive 影片：<https://goo.gl/w4upp8>

程式碼：<https://github.com/frankyjuang/EEGxpecto-Patronum>

七、問題與討論

多個 channels 與單一 channel 的比較

因為我們在實驗中所運用的腦波儀 MindWave 只支援 single channel 偵測腦波，所以只能夠偵測基礎的 alpha、beta、theta、delta 等腦波來分析專注度、放鬆度等數值，對於最起始想做的腦波身分辨識資料顯得非常不足，通常腦波辨識是將受測者頭部布滿感測電極，而多個腦波 time series signal 的訊號組成二維的 data set，可將其組合成多張 EEG images，然後可用 CNN 的 machine learning 方法訓練出一個可以辨識不同 EEG images 擁有者的模型，藉由 single channel 所得出的 dataset 只有一個維度，很難藉由 CNN 來得出一個有效的模型。



可辨識的 feature 探討

藉由 MindWave 得出的腦波訊息主要有以下兩個缺點：

1. 非侵入式偵測

因為 MindWave 是由體外偵測的方式來偵測腦波，和侵入式偵測比起來多了頭骨的遮蔽，讓我們無法準確測量一些強度較小但可能很重要的訊號，比如說大腦皮層某部分神經元的觸發訊號，通常又稱為脈衝序列 (spike train)。

2. single channel

和 multi-channel 相比，我們沒有辦法有效預測大腦不同區塊產生的腦波，這是腦波辨識的一個重要依據，在同樣的情緒或是思考下，不同受測者活化的腦區可能是不同的，但藉由 single channel 的偵測我們無法得知此類信息。

從以上缺點可得知對於腦波身分辨識和偵測一些特定腦功能觸發（如強光刺激）用此種方式是不夠的，但對於偵測比較 general 的大腦狀態 MindWave 是可以勝任的，比如說偵測 alpha、beta、theta、delta 等腦波。

實作其他咒語的可能

在原本的構想中，我們有想要呈現像是繳械咒（Expelliarmus）、漂浮咒（Wingardium Leviosa）等其他耳熟能詳的咒語，可以讓中咒者手中的物品飛離掌握或是使物體在半空飄浮與緩緩飛過，而且還可以結合 EMG 等生理訊號來產生更有趣的效果，不過對於硬體實作上的呈現方式似乎十分不理想，在理論研究及應用層面上也較缺乏其可觀性。

八、應用

由於器材限制，本次實驗是以聲紋辨識來代替腦波辨識，而在生活中，除了常見的人臉及虹膜辨識之外，腦波辨識也將是未來作為安全保障及身分認證的新興應用。

另外，腦機介面（Brain-Computer Interface, BCI）的應用趨勢也逐漸成長，相關議題如雜訊的降低、系統的自我學習以及使用者的自我訓練等等，也許可以透過護法來評估心智功能的影響，如精神壓力偵測或注意力降低，藉由偵測腦活性（brain activity），以監控其精神狀態。值得一提的是，本次實驗對於娛樂及遊戲產業方面，也會是一個可能的應用情境，若能整合 AR/VR 裝置，就能呈現電影中場景，來讓使用者在遊戲中以腦波召喚護法，更加身歷其境的體驗。

參考資料

1. Ning-Han Liu * Cheng-Yu Chiang and Hsuan-Chin Chu "Recognizing the Degree of Human Attention Using EEG Signals from Mobile Sensors "(2013).
2. Lotte, Fabien, et al. "A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces." Journal of neural engineering 4.2 (2007): R1.
3. Bashivan, Pouya, et al. "Learning representations from EEG with deep recurrent-convolutional neural networks." arXiv preprint arXiv:1511.06448 (2015).
4. 科技政策研究與資訊中心(STPI)
<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10227>
5. Snowboy, a Customizable Hotword Detection Engine.
<https://snowboy.kitt.ai/>