

輔助性人因導向智慧型代理人系統-子計畫六：輔助性人因導向智慧型腦波辨識與居家保健代理人系統之研製(2/3)

Assistive Ergonomic Based Intelligent EEG Recognition and Home Care Agent Systems

¹陳世中 Shih-Chung Chen

¹南台科技大學電機工程研究所 Department of Electrical Engineering, Southern Taiwan University

一、中文摘要

腦電圖(Electroencephalogram)的量測，最主要是利用電極紀錄頭皮下的微弱電壓訊號，這些隨著時間變化的訊號波形，即是我們一般所認知的腦波或稱為腦電波。現今的腦波研究，除了討論心理層面或是各種疾病對腦波的影響之外，還有許多的研究單位，正在探討如何利用人類的腦波訊號來與外界溝通和傳遞訊息。而這項腦波辨識技術就被稱為 BCI (Brain computer interface)也就是所謂的腦機介面。

台灣有許多輔具，均需仰賴國外進口，不但價錢昂貴，且不符合國人身形，再加上維修訓練、售後服務...等問題，因此國人自行研發高科技輔具，已刻不容緩！針對身心障礙者生活輔具的研發設計，需從身心障礙者生活層面，探討其需求及問題點，以解決生活上的不便利，達到居家照護與保健的目的。

本研究的目標，就是設計出一套腦機介面控制系統(BCI system)，來幫助脊髓或中樞神經受損，無法自主運動的重障者病患(如漸凍人、脊椎損傷患者)以及肢障患者。希望藉由這項 BCI 技術讓他們能與外界傳遞溝通訊息，和自我照顧的能力。除此之外，我們利用可程式樂高(LEGO)積木作為的機構元件，設計了可變形的科技輔具，希望協助重障者完成居家照護與保健的目的。之所以利用樂高組件進行輔具設計，主要是因為 LEGO 積木具極高的可變異性。構思具創意的 LEGO 機構，再經由微電腦控制、感測器等現代科技的幫助，設計出肢障患者所需之科技輔具，藉以達到自製低成本客製化輔具之目的。我們發現透過 LEGO 積木的幫助，不僅縮短了客製

輔具開發的時間，且能隨著使用者的需求，隨時調整軟體參數與硬體機構。

除了 LEGO 機構的可變異性優點外，我們同時也運用電子電路技術，自製低成本生理監視器，觀察生理訊號(如心電圖、體溫等)，評估個案在使用輔具的過程中，是否會增加生理上的負擔？務必盡量讓使用者能夠在不導致疲勞的情況下，輕易且舒適的使用輔具，以達居家照護與保健之目的。

關鍵字：腦波、BCI system、科技輔具、客製化輔具、LEGO

Abstract

The measurement of EEG is to record the tiny voltage signal by the electrodes under the scalp and the wave signals that are so-called brain wave or Electroencephalogram always vary with time. In addition to the relationship between psychological diseases and EEG, a lot of researchers are engaged on gaining knowledge about how to communicate and transfer information with others using EEG signal, except for psychological diseases. The technique for EEG recognition is called BCI or Brain computer interface.

Most of the scientific assistive devices are foreign products. These products are always not only expensive but also unsuitable for Taiwanese body size. Besides, these products still have the maintenance and service problems. It is necessary to develop our scientific assistive devices for the

disabled by ourselves. Regarding scientific assistive devices research, we must take care of the physical support and psychology need of the disabled during the design period. According to the real needs of the disabled, we can solve the problem of the disabled.

The goal of our research is to design one kind of BCI system that can help the serious disabled with spine/central nervous disease or without upper limb/ foot. This BCI technique can help the disabled to communicate with others and take care of themselves. We adopted LEGO modules as our mechanical components in this thesis because of the variability of LEGO modules. We designed the low-cost customized scientific assistive devices for the disabled with the help of creative LEGO mechanical structure, microcontroller and sensors. We found the development time cost was reduced and we make modification for the mechanical structure and adjust the parameters at any time.

In addition to the special variability of LEGO modules, we also adopted electronic circuit technology to implement biomedical circuits for measuring the biomedical signal (i.e. ECG, body temperature) to evaluate whether the subject has overloaded with using the scientific assistive devices or not. Finally, we must do our best to let the user use assistive devices easily, to solve the inconvenience on life.

Keyword : EEG,BCI system,Assistive Technology, Customized of assistive,LEGO

二、緣由與目的

隨著醫療科技的進步，各種輔具和醫療器材不斷被研發出來，但針對脊髓或中樞神經受損、無法自主運動、無法用言語表達或是全身癱瘓而大腦未受損的患者而言，他們要如何達到自我照護，以及如何傳遞訊息給親人和照護人員彼此溝通等，這些都是需要研究的課題。針對這幾項問題，我們計畫設計出一套大腦人機介面系統，作

為重障患者生活中的一項可用的溝通輔具，進而可對周邊裝置，進行簡易的控制，以達到自我居家照護與保健的功能。除了腦波 BCI 的溝通輔具外，關於居家保健與照護所需輔具的研發，我們則利用 LEGO 積木極高的可變異性，設計了具創意輔具機構，再經由微電腦、感測器等現代控制科技的幫助，設計出以肢障患者為主之科技輔具，藉以達到低成本、客製化的目的，也同時解決重障者居家照護與保健的問題。

三、研究方法

本研究計畫主要分兩大部分，分別為腦波辨識代理人系統及居家保健代理人系統等兩部分，以下將一一說明其中之功能與特色。

首先，關於腦波辨識代理人系統，亦可分為兩大部份：(1) 事件相關誘發電位分析 (2) 大腦人機介面。

3-1 事件相關誘發電位分析

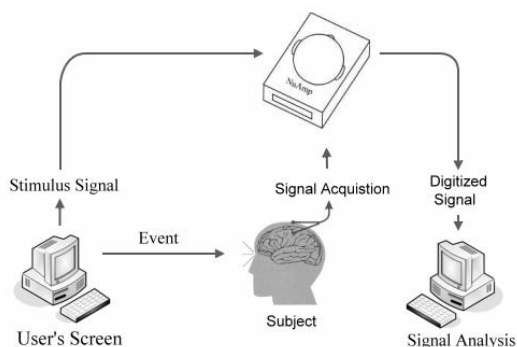


圖 1. 事件相關誘發電位分析

腦波辨識代理人之系統架構，最主要是針對 α 波與事件相關誘發電位(Event-Related Potentials) 的實驗，所建構而成的系統，如圖1所示。

實驗流程是由受測者所使用的螢幕端產生刺激事件(如：聲音、閃光、圖片...等刺激方式)給受測者，並利用 NuAmps 放大器擷取刺激事件編碼訊號與受測者腦波訊號，傳送到另一台腦波分析端的主機上，來萃取受測者的事件誘發電位。

3-2 大腦人機介面

此系統的架構如圖 2.所示，可分為三個步驟區塊：(1) 腦波訊號擷取 (2) 數位訊號處理 (3) 控制周邊儀器。

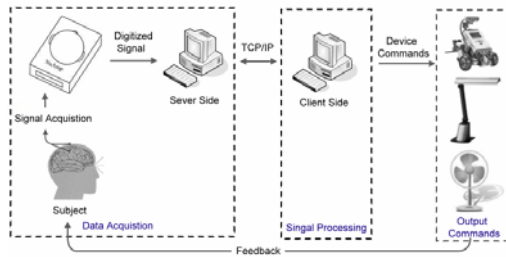


圖 2. 大腦人機介面系統架構

3-2-1 腦波訊號擷取

微弱的腦波訊號藉由電極帽的電極，從受測者的頭皮感測直接取得後，在經過類比訊號放大器放大後，再將腦波訊號進行類比訊號轉成數位訊號，最後再將訊號存回 Server 端的電機主機中。Server 端的主機則會利用網路 TCP/IP 的通訊協定，將腦波儀收集到的腦波訊號建構成封包，並傳送至 Client 端的主機中，來分析腦波特徵。

3-2-2 數位訊號處理

在 Client 端接收到腦波資料後，則利用自適應濾波器 (Adaptive Filter) 或獨立成份分析 (Independent Component Analysis)，將眼動干擾訊號加以濾除，再透過資料統計與快速傅利葉轉換分析，來觀測 α 波或視覺誘發電位 (VEP) 的變化。

3-2-3 控制周邊儀器

此區塊是由 Client 端的電腦，將量測到的腦波訊號經過數位訊號處理後，將特徵值給擷取出來，並將特徵值加以比對後，轉換成控制訊號，再送出命令到各周邊儀器上在進行控制。

3-3 實驗方法

我們藉由 α 波與 VEP 特徵來控制 LED 燈明滅。

3-3-1、控制 LED 燈明滅

- One Session (total time: 20 min)
 - 20 trials (1min /trial)
- Subject
 - 4 male (age: 24 ~ 25)

在這實驗中，奇數 trial 會要求受測者控制 LED 燈的亮，而偶數 trial 為控制 LED 燈的滅，並觀測每位受測者在控制 LED 燈所花的時間。

我們實驗中所設定擷取腦波參數為如下：

- Sample Rate : 1000
- Filter :
 - High Pass Filter : 0.1 Hz
 - Low Pass Filter : 30 Hz
 - Notch Filter : 60 Hz
- A/D Resolution : 32 Bit
- Reference : Cz
- Record Channel : Oz

3-4 居家保健代理人系統

居家保健代理人系統包括居家保健與科技輔具部分，如心電圖、體溫等簡易生理訊號量測，創意樂高之科技輔具研製，以下將一一說明。

3-4-1 心電圖量測

原始的心電訊號振幅極為微弱，約 1mv 左右的範圍，所以如果要達到可以觀測的程度，就必須將訊號放大到一定的電壓位準，而前級類比電路的目的，即在將由人體量測到的微弱心電訊號放大，一般至少需放大至 1~2V 之間才符合理想。在心電圖之硬體方塊圖，首先利用儀表放大器做為前置放大，將信號放大 50 倍，再利用高通濾波器、增益放大器及低通濾波器組成增益頻寬，其頻帶寬為 0.1Hz~100Hz，最後，再由帶拒濾波器除去 60Hz 市電雜訊。經由 PSpice 軟體模擬，得知實際上 60Hz 增益為 32.605dB，而最低點 57.544Hz 增益為 29.697dB。

3-4-2 體溫量測

量測體溫訊號元件主要以半導體溫度感測器來量測，本系統利用 LM35 溫度感測器，其原因為輸出電壓是與攝氏溫標呈線性關係，當 0°C 時輸出為 0V，每升高 1°C，輸出電壓增加 10mV。

在常溫下，LM35 不需要額外的校準處理即可達到的 $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ 準確率。將其輸出電壓接上非反向放大器，將信號放大 10 倍，方便觀察與記錄。

3-5 創意樂高之科技輔具設計

本系統以肌肉萎縮症個案為例，利用LEGO積木極高的可變異性，以及機構設計的創意，再經由微電腦、感測器等現代控制科技的幫助，設計出以肢障患者為主之運動機能訓練之科技輔具。利用機構的特色及遊戲式操作方式，提高個案對輔具使用的動機及慾望，並能夠在不增加生理負擔的狀態下，使用科技輔具，協助完成居家保健與照護的需求。本系統設計的第一套輔具為翻書機，使個案能在不需醫護人員的陪同下，自行翻閱書本，降低人力資源；透過可程式樂高積木，不僅將輔具機構的設計流程縮短，並運用微電腦與電子電路技術，自製低成本控制板，控制LEGO積木，達到快速且符合個人化、客製化的需求，大大降低開發成本及開發時間。

3-5-1 翻書機硬體控制板電路設計

用來控制翻書機之控制板，主要元件有ADXL、多工器及A/D轉換，ADXL主要來偵測人體動作，並以多工器來選擇通道，由於ADXL輸出為類比訊號，故需要A/D轉換器，將類比信號轉換為數位信號後，才能透過電腦並列埠，將資料輸入至電腦中。由於翻書機的操作，需控制兩軸(上下及左右)，利用並列埠輸出信號控制多工器來選擇通道，將類比信號轉換為數位信號，再將數位訊號由並列埠將輸入至電腦中。圖3為控制板硬體實體圖。

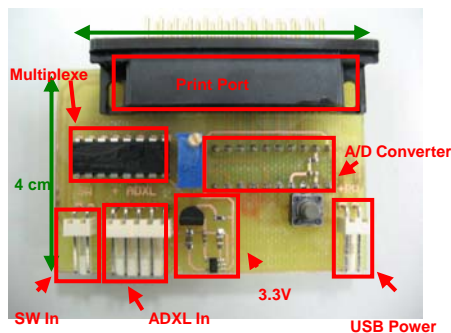


圖3. 控制板硬體實體圖

3-5-2 翻書機控制軟體之人機介面設計

本研究利用 LabVIEW 軟體發展工具來撰寫軟體翻書機控制程式，透過 visa 函數存取串列埠 (com port)，讀取接收到的資料，再透過數值轉換的過程，顯示出控制板傳送過來的數值，以方便控制翻書機。LabVIEW 是一套非常適合控制的圖控程式語言，程式開發時間較短，操作更為方便。圖 4 為翻書機之人機介面，個案在實際操作翻書機前，必須先經過訓練，以軟體模擬方式，提供給個案訓練，並以 LED 燈來代替實際馬達控制。透過 Fuzzy 模糊控制理論，讓電腦自動運算閾值，不須醫護人員手動設定複雜的參數，只須“one-touch”的動作，將程式打開後，個案便能自行操作翻書機。因此，降低了繁複的準備時間，也降低了人力資源。在人機介面的畫面設計，主要有總開關：防止誤動作的發生；波形顯示與 LED 燈顯示：方便醫護人員觀察，同時也讓使用者了解自己的動作狀態；模糊運算：電腦自動運算閾值，使醫護人員無須手動設定複雜的參數；勵志標語：使個案在使用輔具的過程中，激發個案的潛能與欲望。

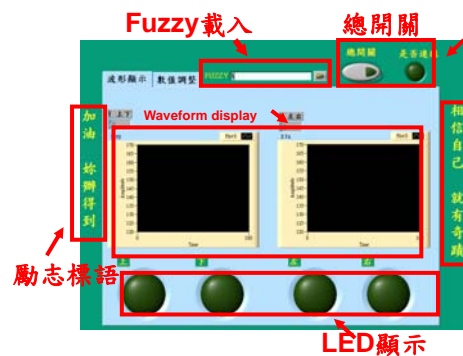


圖4. 翻書機程式之人機介面

3-5-3 模糊演算法

在近年中，模糊邏輯已經成功應用在各種不同的領域之中，尤其是在控制系統以及圖樣識別 (pattern recognition) 等領域。模糊邏輯是由 Zadeh 教授於 1965 年所提出一種以數學模型來描述語意式的模糊資訊的方法，我們可以將其視為是傳統集合理論的一種推廣型式。在傳統的集合理論中，論域裡的一個元素與一個集合之間的關係，若不是 “屬於”，就是 “不屬於”，亦即，

一個元素對一個集合的歸屬程度是『明確(二元)』的，也就是說：不是 0 就是 1；而『模糊集合』是傳統明確集合的一種推廣，對此集合的歸屬程度是介於 0 到 1 之間的任意值。因此，當我們的數據傳到電腦後，必須透過一些數值運算後才能變成有用的數據，供我們來觀察使用。首先，我們使用 Fuzzy 模糊演算法，來對使用者的數據進行 Fuzzy 法則的運算與判斷，再決定馬達的動作。

3-5-4 翻書機機構設計

圖5為翻書機實體機構，以可程式樂高積木為核心，配合各式零組件完成機構設計，並在黏書棒及輔助黏書棒加上魔術黏土，以磨擦力及黏性，完成翻頁之動作。機構上主要有兩顆伺服馬達，一顆主要控制黏書棒上下活動，另一顆放置於旋轉平台上，控制左右翻面。配合自製低成本控制板及軟體設計，來操作翻書機。透過USB(有線)或藍芽(無線)的通訊介面，均可自由操作。機構重點分別為黏書棒：可上下活動，並可將書本之頁面黏起。輔助黏書棒：可輔助黏書面黏起後之翻頁功能。旋轉平台：利用齒輪組功能，可左右旋轉黏書棒，造成左翻頁面或右翻頁面之功能。導軌設計：可依照書本大小及厚度調整其導軌，方便固定書本。



圖5. 翻書機實體機構

四、實驗結果與討論

在腦波辨識代理人系統實驗中，以 α 波進行“控制 LED 燈明滅”的實驗結果部份，我們可以從表 1. 可以看出四名受測者中，平均最快控制 LED 明滅燈的時間為 3.1 秒，而最久為 13.6 秒。

表 1. 四名受測者利用 α 波控制 LED

Subject	Trials										平均	標準差
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th		
S1_開燈	6	3	4	3	4	2	3	2	2	2	3.1	±1.3
S1_關燈	11	2	2	4	3	3	4	2	5	3	3.9	±1.1
S2_開燈	9	4	3	8	13	4	21	3	3	3	7.1	±3.6
S2_關燈	6	15	4	8	7	6	14	12	3	19	9.4	±5.3
S3_開燈	2	6	3	3	6	6	23	5	3	4	6.1	±1.6
S3_關燈	5	6	8	3	8	3	4	6	2	3	4.8	±2.1
S4_開燈	6	4	39	3	18	2	4	25	15	20	13.6	±12.1
S4_關燈	9	18	7	9	7	2	2	5	16	21	9.6	±6.6

註：(單位：秒)在表中的粗體數字代表為偏值，在計算均值和標準差時不列入計算。

以 10 位受測者，學習翻書機之操作，接受 5~10 分鐘的訓練後，翻閱 20 張頁面(左翻 10 張及右翻 10 張)的正確率。受測者平均成功率有 86.5% 以上，由此可知，受測者只需經過短時間的學習與適應，便可利用感測器控翻書機。表 2 為個案實際操作翻書機之正確率，個案每次接受 5~10 分鐘訓練，一週五次，為期一個月。經過訓練後，個案之翻頁成功率也有 82%。

表2. 個案之翻頁測試成功次數

個案	向左翻頁	向右翻頁	總成功率
1.	8/10 (80%)	8/10 (80%)	80%
2.	8/10 (80%)	7/10 (70%)	75%
3.	8/10 (80%)	8/10 (80%)	80%
4.	8/10 (80%)	8/10 (80%)	80%
5.	8/10 (80%)	9/10 (90%)	85%
6.	8/10 (80%)	8/10 (80%)	80%
7.	8/10 (80%)	8/10 (80%)	80%
8.	8/10 (80%)	9/10 (90%)	85%
9.	9/10 (90%)	9/10 (90%)	90%
10.	8/10 (80%)	9/10 (90%)	85%
平均	81%	83%	82%

註：(成功次數/翻頁次數)

五、結論

在我們目前在腦波辨識代理人系統的初步實驗結果，由於每位受測者對 LED 燈的控制，所花的時間有所不同，所以在未來的部份，則會加入演算法來自動調整適合每一位受測者的閾值。

在腦波控制的對象與複雜程度的部份，雖然

目前只有控制螢幕畫面模擬的 LED 燈明滅，以後則會透過電腦主機上的 PrintPort，把控制訊號實際輸出到外部周邊裝置，並加以控制。未來的研究，也會加入摩斯碼編碼方式，讓本系統從控制單一裝置，延伸到可以控制更多樣的周邊儀器。理論部份則會再深入探討其它腦波特徵如：運動想像、P300、視覺穩態刺激等腦波特徵。

至於居家保健代理人系統的實驗成果，由表 2 的數據來看，該肌肉萎縮患者的個案(一位小學五年級小女生)在經短暫的訓練後，其藉由控制翻書機翻書的成功率可達 82%，顯見該翻書機輔具，可滿足該個案的需求，而經由這樣的翻書機輔具，我們也發現，個案因喜歡該翻書機的操作，而勤於練習，也因此達到了居家保健、復健的功能。

六、誌謝

在此，我們向國科會表達誠摯感謝之意，感謝國科會提供編號第 95-2221-E-218-008-MY3 號計畫之研究經費。使我們可以順利進行相關腦波辨識與居家保健代理人系統之研究，而且有令人滿意的初步研究成果，謹此致謝。

七、參考文獻

- [1] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T.M. Vaughan, (2002) "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clin. Neurophysiol.* vol. 113, pp. 767-791,.
- [2] J.R. Wolpaw, D.J. McFarland, and T.M. Vaughan, (June 2000) "Brain computer interface research at the Wadsworth Center," *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, vol. 8, pp. 222-226.
- [3] A. Williams, "The qualitative impact of using LEGO MINDSTORMS robots to teach computer engineering," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 46, no. , p. 206, 2003.
- [4] Cook AM, Hussey SM. (2002) *Assistive Technologies: Principles and Practice. 2nd. St Louis, Missouri: Mosby*;
- [5] 劉育芳, (民國 94 年) "人腦-電腦介面系統臨床實驗流程之分析研究", 國立臺南大學資訊教育研究所論文, 。
- [6] 蕭子健、王智昱、儲昭偉, (2005) 虛擬儀控程式設計 *LabVIEW 7X*, 高立圖書有限

公司。

- [7] 探奇自然科學教室(Touch_classroom) 機器人科學實驗
http://tw.myblog.yahoo.com/touch_classroom/
- [8] LEGO 機器人-台南市 Discovery 探索教室-機器人教育推廣中心
<http://tw.myblog.yahoo.com/robot-mindstorms>
- [9] LEGO® MINDSTORMS® NXT - Powered by NI LabVIEW
<http://www.ni.com/academic/mindstorms/>
- [10] eRobot 機器人學苑
<http://www.erobot.com.tw/>