

# 基於模糊規則庫之手勢識別系統

朱鴻棋

朝陽科技大學

資訊與通訊研究所

助理教授

hcchu@cyut.edu.tw

黃聖智

朝陽科技大學

資訊與通訊研究所

研究生

s10030605@cyut.edu.tw

## 摘要

內建感測元件的智慧型行動裝置已成為人們日常生活中不可或缺的產品。智慧型行動裝置所內嵌之各式感測元件包含有加速規、陀螺儀或光感測器等，而且其中以加速規最為常見。因此，目前已有研究提出處理加速度資訊的演算法來作為手勢動作的識別。本研究提出一個考量手勢動作之加速度特徵值之手勢識別演算法，並以模糊規則庫的方法提供低複雜度之手勢動作識別方法。模擬結果顯示本文所提之方法可判斷出簡單的動作，如 Z 字形、搖晃，向左或右傾斜和翻轉等動作，未來可設定手勢動作所對應之控制功能。

**關鍵詞：**手勢識別、加速規。

## Abstract

Built-in sensing element of smart mobile devices has become an integral part of people's daily lives. Kinds of sensing elements embedded in smart mobile devices contain accelerometers, gyroscopes, or light sensor and accelerometer is the most common sensor. Therefore, there are studies proposed algorithms processing acceleration information as a gesture of recognition. This study proposes a gesture recognition algorithm based on the acceleration characteristics value and utilizes the fuzzy rule base to provide a low complexity gesture recognize method. Simulation results show that the proposed method can identify for the Z-shaped, shaking, left tilt, right tilt and flip gesture action and set the gestures corresponding to the control function in the future.

**Keywords:** gesture recognition、accelerometer.

## 1. 前言

隨著資通訊技術的進步，使得電子消費產品的體積與重量逐漸減小，讓電子消費產品增加其方便性和攜帶性。由於感測元件隨著微機電製程的演進，感測元件的體積小且種類多樣化，如加速規、溫度、濕度、照度、感光、磁力計和陀螺儀等感測元件，透過感測元件所收集到的資料，經過分析運算來取得重要的資訊，再透過這些資訊彙整、分析與處理形成一個感測應用系統，例如環境監控、居家照護和工廠自動化等方面。目前的研究領域中以加速規感測器的應用較為熱門，藉由加速規 (Accelerometer)、陀螺儀 (Gyroscopes) 和磁力計 (Magnetometers) 擷取到的數值並加以分析及整理後，可將其應用在酒駕檢測 [1]、揮棒協調檢測[2]、手勢識別[3]、及手語轉換[4]等領域。然而手勢識別的應用控制自微軟所發表的 Xbox 360 的 kinect 體感套件出現後成為一重要的研究的議題。手勢應用控制運用智慧型手機內建的感測器，擷取到動作的加速度值，並藉此作為動作識別，且將其對應到使用者自行設定的功能，如體感門禁系統[5]、體感簡報系統[6]、手勢互動應用[7]等應用。

行動裝置由於行動通訊及網路頻寬的提升，使得搭載感測器的行動裝置漸漸融入人們日常生活中，目前行動裝置又分為攜帶型遊樂器、個人數位助理、行動電話、智慧型手機及平板電腦其中又以智慧型手機的發展最為快速，具備的功能越來越多，目前的智慧型手機 (Smart Phone) 內建的感測器包括重力感測器 (G-Sensor)、陀螺儀、觸控感測器 (Touch-Sensor) 及光感測器等感測器，而目前智慧型手機的作業系統主要可分為 Android、Windows Phone 8、iOS 6 等三大類。而根據國際數據資訊 (IDC) 2012 年 12 月的資料顯示 Android 系統的全球市占率高達 68.3%，且系統平台具有三項優點 1. 開放式作業系統、2. 軟體開發自由度高和 3. 整合 Google 服務。上述優點讓使用者能自行開發所需要的應用程式。但是由於智慧型手

機運用在手勢識別控制應用上仍存在一些問題，如智慧型手機成本高、計算能力的限制和電池電量消耗等問題。此外，目前大多數辨識手勢軌跡的方法是透過加速規擷取的三軸加速度變化值，計算其總位移距離來當作手勢軌跡，利用此條件來辨識手勢軌跡準確度不高，造成識別手勢軌跡誤判或失敗的機率增加。

因此，本文提出一種利用模糊規則庫之分類方法來識別手勢，我們藉由動作中的轉折點來作為動作特徵值並搭配模糊規則庫以分類出手勢的動作。且本研究所設計的分類器能夠解決識別手勢的問題，藉此能提升手勢動作之成功識別率。

本文的內容組織架構如下，第二部份將描述手勢識別技術之相關研究。第三部份將描述我們所提出的手勢動作識別方法。第四部份為實驗結果與分析。最後，為結論與未來工作。

## 2. 相關研究

在一般的手勢識別系統中，辨識手勢是運用加速規、陀螺儀與磁力計等感測器測量出來的，並藉由歐基里德距離(Euclidean Distance)獲得總位移距離，透過三軸加速規與總位移距離來作為手勢判別的軌跡。但是以這樣的方法來作為手勢識別的軌跡會造成手勢軌跡不準確，並且會使得在辨識手勢上增加失敗或誤判的問題的產生。

在過去手勢識別中文獻大多都以 Wii 遙控器(Wii Remote)[7][8]為研究較多，因為 Wii 遙控器在搭載感測器是較智慧型手機早發表一段時間也因為 Wii 遙控器的體感發展快速，導致研究人員使用 Wii 來作為研究的工具，在 Wii 遙控器體感原理主要分為兩項功能，第一項功能為指向定位，指向定位是透過紅外線感應來追蹤定位座標，其方式為光學感應條(Sensor Bar)內的 LED 發射紅外線，藉由接收光學感應條所發射的紅外線光點來判斷光學感應條與遙控器之間的位置與距離，就如同光線槍或滑鼠一般可以控制螢幕上的游標。第二項功能為動作感應，動作感應則偵測三維空間中的移動及旋轉，其是利用 Wii 遙控器內建的加速規晶片收集 x 軸、y 軸和 z 軸等三軸加速度變化值來判斷動作。因此，結合指向定位與動作感應就可達成所謂的體感操作。

在[7]中提出使用 Wii 遙控器中的光學感應條及自制的一塊擁有 100 顆 LED 的電路板來達到手勢識別的應用，藉由兩手互動，可以達到瀏覽圖片、口頭報告及電子書閱讀等功能，但此方法無法方便的在任何地方使用，因為 Wii

遙控器及電路板無法隨身攜帶，導致其應用只能於固定在特定的地方才能使用。當智慧型手機漸漸融入人們的日常生活中，研究員就將手勢識別轉移到智慧型手機中，而在[3]中，提出一種直覺式使用者介面系統，藉由智慧型手機中的重力感測器紀錄手勢動作的 x 軸、y 軸和 z 軸加速度變化值，透過設計的演算法，以是牛頓運動定律中藉由加速度變化量，以雙積分取得每個時間位移距離，分別在 x 軸、y 軸和 z 軸做運算，獲得各軸位移距離後以三角函數取得 x 軸、y 軸及 z 軸夾角角度  $\theta$ ，綜合位移距離及  $\theta$  後將資料儲存在資料庫中做為判斷相同手勢時的條件，此方法的優點是提升了手勢識別的準確度，但是其缺點是手勢識別之計算量較大且當時的硬體設備容易受到地心引力的影響導致 z 軸數值變化，使得手勢識別的誤判率提升。

由於智慧型手機的製造廠商很多，導致感測器嵌入的位置也不同，有研究人員提出位置不同是否會影響加速度的數值，在[9]中，介紹了四種行動裝置，在這四種行動裝置中也嵌入的加速規感測器，但是其嵌入位置都不相同，其中有兩種行動裝置為同一家製造商，但嵌入的感測器位置也不同，因此假設各家手機所擷取到的加速度值會因為位置的不同而不一樣，於是提出了一個方法來測量感測器放置哪個位置可以測得最好的加速度值，也提出了多種感測器嵌入在同一商品當中，並實驗各種不同手勢動作是否也會影響加速度的值，[9]利用自製的電路板，安裝加速規及陀螺儀，來進行感測器位置的實驗，實驗中發現感測器放置的地方為手握住的位置較佳。在手勢數量的實驗中作者使用了支持向量機(Support Vector Machine, 簡稱 SVM)來擷取特徵值並運用樣本內(Intra-subject)及樣本間(Inter-subject)這兩種方法來分析擷取到的特徵值，並在這兩種分析方法中使用  $K$  次交叉驗證(K-fold cross-validation)來訓練手勢特徵值間的準確度，而  $K$  次交叉驗證是將初始採樣的資料分割成  $k$  個子樣本，留下一個子樣本作為驗證模型的數據，剩下的  $K-1$  個樣本用來訓練，重複  $K$  次後會得到一個估測，最後發現手勢較為相近的容易被誤判。

由於智慧型手機的計算能力受到限制，為了使得手勢辨識的準確率提升及誤判率下降，並開始結合雲端或無線網路技術，來做更複雜的運算以提升識別的準確度，在[10]中研究員提出了一種分類器的方法，而分類器就是所謂

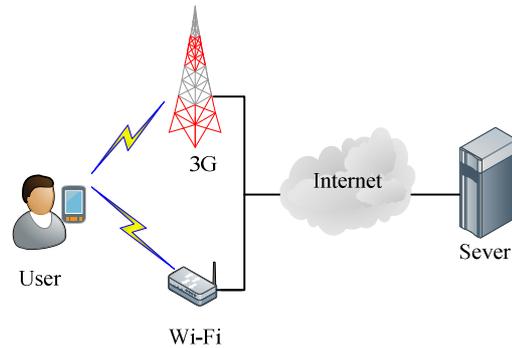
的提取特徵值的一種方式，此方式為使用智慧型手機裡的感測器擷取加速度值，透過 Wi-Fi 或者 3G 網路來傳送資料到後端，藉由後端的訊號分析、特徵提取及主成份分析(Principal Component Analysis, PCA)的過程進而達到手勢識別的工作，其中主成份分析是各種分類器當中的一種方法，而主成份分析是一種分析、簡化數據集的技術。主成份分析用於減少數據集的維度，保持數據集的對應變異數貢獻最大的特徵。將特徵提取出來後再利用 K-最近鄰居(K-Nearest Neighbor, 簡稱 KNN)演算法分類出相似的特徵值作為識別出的動作類型。其優點是解決了智慧型手機計算能力的限制及降低了誤判率，其缺點是需要訓練手勢的範例。舉例來說就是設定的手勢需要使用者自行訓練過幾次得到了一定的分析量後才能自行判斷手勢的動作，這樣將造成使用上的複雜度。

### 3. 系統架構與識別演算法

我們提出了一個簡單的方法，即運用加速規感測元件取得的加速度值後，透過訊號處理原始加速度值，將其加速度的雜訊濾除，並藉由濾波後其手勢的加速度的特徵值來識別手勢，本文的特徵值為一個動作的轉折點的加速度來辨識出手勢的動作。舉例來說在辨識正方形的手勢動作時，在做此動作的過程中會有四個轉折的點，此轉折點的加速度就是我們所提到的特徵值，藉由這些特徵值來判斷出手勢，進而達到手勢控制應用。

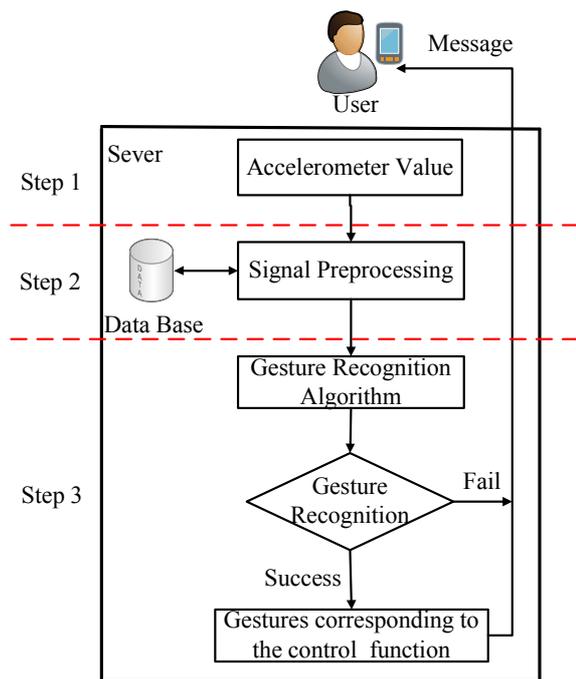
#### 3.1 系統架構

使用者使用智慧型手機，因智慧型手機嵌入了光感測元件、重力感測器及磁力計等元件。另外，在後端伺服器具有資料庫及手勢判別演算法。資料庫主要是儲存各種手勢動作資訊及對應的手勢控制功能。在手勢判別演算法中，主要是計算使用者傳送其擷取到的加速度數據及分類使用者的手勢動作。當使用者透過智慧型手機中的加速規感測器輸入手勢動作後，透過 Wi-Fi 或 3G 行動網路把擷取到的手勢動作傳送到後端伺服器，後端伺服器藉由手勢判別演算法來計算及分析，並且透過分類器判斷出手勢動作是否跟資料庫設定的動作一樣，最後將手勢判斷的結果回傳給使用者，並顯示於螢幕。智慧型手機藉由比對結果來執行手勢所對應的相關控制功能，其架構為圖一。



圖一、系統架構

圖二為本系統流程圖。當使用者將其手勢動作加速度值傳送到後端伺服器後，伺服器透過接收到的手勢加速度數據及存取資料庫相關資料並做訊號處理，濾除雜訊後，並將訊號正規化後，執行手勢識別演算法，以藉此分類出接收到手勢加速度數據並判斷出手勢動作，如果成功判斷出手勢動作將對應其手勢之控制功能回傳告知使用者並執行其功能，如果判斷失敗就回傳手勢動作錯誤等訊息於使用者智慧型手機螢幕中，詳細之動作識別演算法將於 3.2 節中說明。



圖二、系統流程圖

#### 3.2 識別演算法

所提之手勢動作識別演算法有主要三個步驟說明如下：

步驟一、擷取手勢動作的加速度數據時以每隔 200ms 來收集紀錄其手勢動作軌跡數據。

步驟二、為訊號處理主要分為雜訊濾波及正規化，在雜訊濾波方面主要收集的手勢動作原始的加速度數據作濾波，本文使用了移動平均濾波(moving average filter)，消除高頻雜訊，移動平均濾波公式如下

$$y[n] = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x[n-i] \quad (1)$$

其中  $y[n]$  為輸出訊號， $x[n]$  為輸入訊號， $N$  為平均濾波數量。

而正規化(regularization)方面主要將濾波後的加速度分成  $x$  軸、 $y$  軸與  $z$  軸三部份，並將其三軸正規化運算處理，正規化公式如下

$$O_i = \frac{g - g_{min}}{g_{max} - g_{min}} \quad (2)$$

而  $O_i$  為輸出， $g$  為加速度值， $g_{max}$  為最大加速度之值， $g_{min}$  為最小加速度之值。

步驟三、為手勢識別演算中最主要部分，利用模糊分類器(fuzzy classification):在手勢識別演算法中，以模糊分類器，來進行手勢動作的分類。在模糊分類中，本文使用轉折點的特徵與其加速度的變化量，透過  $x$  軸、 $y$  軸及  $z$  軸的變化來決定其加速度的變化量。並設定模糊規則作為模糊分類器的規則庫。就可以分類出手勢動作。如圖三為模糊控制。

以下為模糊分類器的規則庫:

Rule1: If  $A_x$  is M &  $A_y$  is M &  $A_z$  is M then G is Gesture 1

Rule2: If  $A_x$  is L &  $A_y$  is L &  $A_z$  is L then G is Gesture 2

Rule3: If  $A_x$  is H &  $A_y$  is H &  $A_z$  is M then G is Gesture 3

Rule4: If  $A_x$  is H &  $A_y$  is H &  $A_z$  is H then G is Gesture 4

符號說明如下:

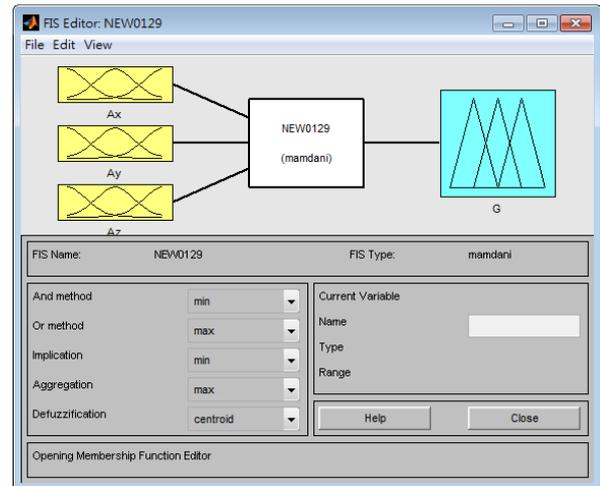
$A_x$  表示為  $x$  軸加速度其所對應之歸屬函數程度值，並將其畫分為 L=Low、M=Medium、H=High。

$A_y$  表示為  $y$  軸加速度其所對應之歸屬函數程度值，並將其畫分為 L=Low、M=Medium、H=High。

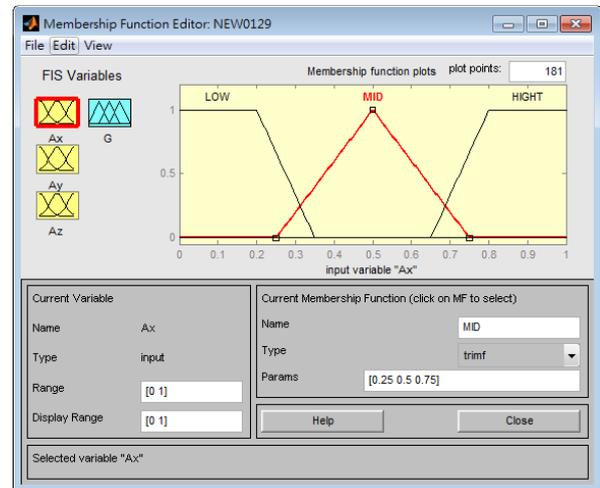
$A_z$  表示為  $z$  軸加速其所對應之歸屬函數程度值，並將其畫分為 L=Low、M=Medium、H=High。

$G$  表示為輸出的歸屬函數，並將其畫分為 Gesture 1(傾斜)、Gesture 2(反轉)、Gesture 3(搖

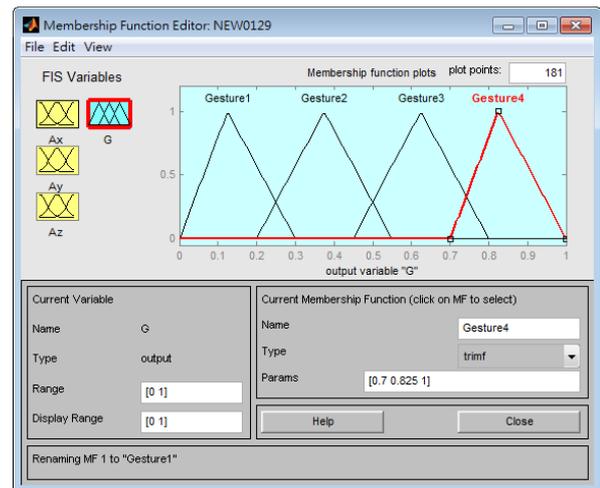
擺)、Gesture 4(Z 字形)。



圖三、模擬控制模擬



圖四、x 軸模糊歸屬函數



圖五、輸出 G 歸屬函數

在圖四中為模糊分類器中  $X$  軸加速度變化量的歸屬函數，在橫軸代表意義為  $X$  軸加速度，其分別為慢到快，同樣地，我們也針對  $Y$  軸與  $Z$  軸定義其歸屬函數，圖五為輸出  $G$  跟輸入所對應的歸屬函數，藉此作為動作之識別。

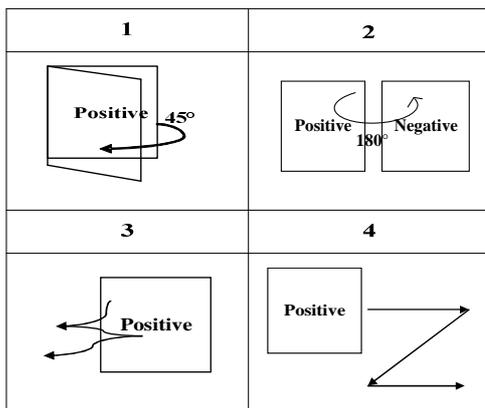
故本研究以智慧型手機擷取使用者肢體動作時之加速度值，透過所提之動作識別演算法，其包含訊號處理與濾除雜訊、正規化及模糊分類器等方式，達成手勢識別之目的。

## 4. 實驗結果與分析

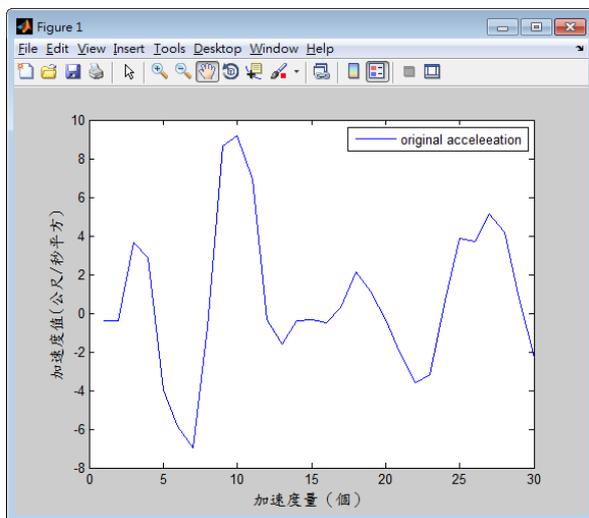
### 4.1 實驗結果

在實驗中，使用擷取手勢加速度數據的設備 SKY Vega LTE EX IM-A820L，其作業系統為 Android 2.3，並使用了模糊控制模擬器來分類手勢的動作。藉由 x 軸、y 軸及 z 軸的加速度變化與特徵值結合模糊分類器就可以分類出手勢動作，而加速度最大差的值其定義為特徵值另稱為轉折點。且本文假設加速度值不會超過  $\pm 10$ ，故  $g_{min} = -10$ ,  $g_{max} = 10$ 。

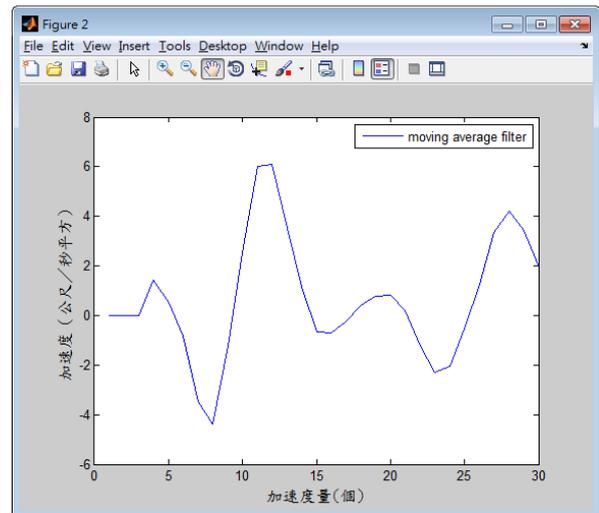
在實驗中，本文定義四種手勢動作來擷取手勢數據並分析其特徵值。其中，1 為向左傾斜，2 為反轉由左轉，3 為左向右來回搖擺兩次，4 為由左為起點向右的 Z 字，如圖六。



圖六、手勢動作

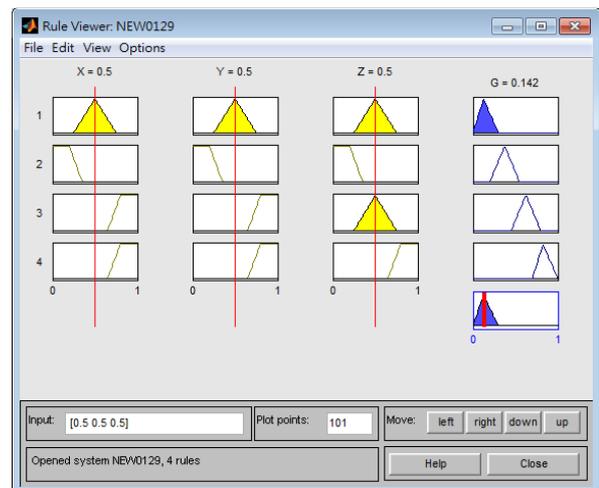


圖七、為手勢動作軌跡



圖八、經過訊號處理後

在實驗中，我們將原始的加速度數據經過移動平均濾波器，將高頻雜訊濾除，使得分類時不會因為訊號的雜訊而產生誤判等問題，如圖七為手勢動作 Z 字型的加速度原始數據，而圖八經過移動平均濾波後所得新的加速度資料。



圖九、模糊分類器

當訊號處理結束後，將以本研究所設計的模糊分類器，進行使用者手勢的分類，並將結果傳回給使用者並在智慧型手機螢幕中顯示失敗或成功的訊息，如果成功執行使用者自訂功能。

### 4.2 實驗分析

實驗中發現，原始的加速度數據若沒有經過濾波器濾除雜訊的話很容易導致手勢辨識錯誤或者誤判，使得手勢識別準確率無法提升，且移動平均濾波器還需要設定其  $N$  的數量，而在本文在實驗中發現當移動平均濾波器在  $N=2$  時，其濾波後的數據較好，如過設定太高，

會讓濾波波形誤差太大，設定太低，無法濾除加速度雜訊。

表一為移動平均濾波器在數量(N)不同的平均誤差率，此平均誤差率透過公式(3)所分析。當  $N=1$  時訊號經過濾波，但其輸出訊號與原始訊號相同，故其平均誤差為 0%。若  $N=7$  時前六筆訊號未達計算門檻，故其值為 0，導致其平均誤差受到影響。

$$E_{avg} = \|1 - (Filter_{new}/Filter_{ori})\| \quad (3)$$

其中  $E_{avg}$  為平均誤差率， $Filter_{new}$  為手勢動作濾波後， $Filter_{ori}$  為手勢動作原始數據。

表一、移動平均濾波器

數量(N)	1	2	3	4	7
平均誤差(%)	0	1.0	1.6	1.9	59.6

## 5. 結論

本文提出一種運用模糊理論來分類手勢動作系統，並藉由平均濾波器將訊號中的雜訊濾除，使得分類手勢動作的辨識率提升，進而達到手勢控制，在模擬過程中遇到了一些挑戰，挑戰為在制訂模糊規則時的歸屬函數，必須找到其關聯的地方，由於需要制訂模糊規則，無法使使用者即時設定自己想要的手勢動作。

因此，在未來工作中讓使用者能及時設定其想要的動作，讓手勢控制應用達到更方便，並定義更嚴謹的模糊規則或者其他輔助方法，讓模糊分類器能區分出更多樣化的手勢。

## 參考文獻

- [1] J. P. Dai, J. T., X. Bai, Zhaohui Shen & Dong Xuan, "Mobile Phone Based Drunk Driving Detection," **2010 4th conference on international Pervasive computing technologies for Healthcare**, pp. 1-8, 2010
- [2] H. Ghasemzadeh and R. Jafari, "Coordination Analysis of Human Movements With Body Sensor Networks: A Signal Processing Model to Evaluate Baseball Swings," **IEEE on Sensors Journal**, Vol. 11, No. 3 pp. 603-610, 2011.
- [3] H. C. Chu, Y. C. Cheng, "Design and Implementation of an Intuitive Gesture Recognition System Using a Hand-held Device," **International Conference in Electrics, Communication and Automatic Control**, pp. 18-20, 2011.
- [4] T. D. Bui, L. T. Nguyen, "Recognizing Postures in Vietnamese Sign Language With MEMS Accelerometers," **IEEE Sensors Journal**, Vol. 7, No. 5, pp. 707-712, 2007
- [5] 朱鴻棋, 許志安, 張育彰, 謝富傑, "設計與實作手持裝置肢體感門禁系統," **International Conference on Advanced Information Technologies (AIT 2010)**, Apr. 23-24, 2010.
- [6] 朱鴻棋, 楊政峯, 周誠哲, "同步指示之多投影幕體感簡報系統," **International Conference on Advanced Information Technologies (AIT 2012)**, 2012.
- [7] J. Lin, H. Nishino, T. Kagawa, K. Utsumiya, "A method of two-handed gesture interactions with applications based on commodity devices," **Computers & Mathematics with Applications**, pp. 448-457, Vol. 63, No. 2, 2012.
- [8] Po-Wei Chen, Kuang-Shun Ou, Kuo-Shen Chen, "IR Indoor Localization and Wireless Transmission for Motion Control in Smart Building Applications based on Wiimote Technology," **In Proceedings of SICE Annual Conference**, pp. 1781-1785, 2010.
- [9] K. Murao, T. Terada, Ai Yano, R. Matsukura, "Evaluating Gesture Recognition by Multiple-Sensor-Containing Mobile Device," **2011 15th Annual International Symposium on Wearable Computers**, pp. 55-58, 2011
- [10] T. Marasovic, V. Papic, "Accelerometer-Based Gesture Classification Using Principal Component Analysis," **2011 19th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)**, pp. 1-5, 2011.