

國立雲林科技大學
資訊工程系
實務專題報告

復健暨運動手環

Rehabilitation cum sports smart bracelet

專題學生：徐逢鈞、胡皓辰

指導教授：許正欣 副教授

中華民國 105 年 06 月

復健暨運動手環

學生：徐逢鈞、胡皓辰

指導教授：許正欣

國立雲林科技大學資訊工程系

摘要

本專題的目標係針對目前復健醫療師，需要同時協助多位病患，造成單獨醫療資源分配不均的問題，提供一穿戴式裝置——復健暨運動手環，此裝置能夠紀錄使用者運動量及提供手部運動姿勢校正資訊，並且將累積運動量儲存於手機中，供醫療師評估觀察，期望有效提升復健醫療之管理效率。

由於 CPU 的進步、硬體體積縮小化技術，智慧型手機漸漸在手機市場上嶄露頭角，在發展迅速的同時，智慧型穿戴裝置也隨之踏入我們的生活中。初期從手環、手錶發展，現今內衣、襪子、眼鏡等產品一個個接連走入市場，穿戴式裝置在生活周遭變的隨處可見。而醫療相關領域跟穿戴式產品本就有著十分密切的關係，因醫療裝置需要頻繁的與人體接觸，用於醫療的穿戴式裝置有著非常大的發展空間，從心電圖、血糖、胰島素幫浦、復健等功能都可能成為未來醫療穿戴式裝置的應用。

復健醫學是一個以恢復病患身體功能為目的的臨床科別，醫師藉由針對病情所設計的復健課程，重複訓練此課程以回復病患之身體功能，進而提升病患生活品質。手部創傷患者在治療後，肌肉及肌腱會緊繃、萎縮，經常需要術後緩和體能運動或長期性伸展運動使其恢復，而復健過程漫漫，需要恆心毅力還得要達到正確的姿勢及運動量才有其效果，於是復健醫療師必須時常陪伴在旁督導觀察。

本專題主要往復健方面發展，提供一穿戴式裝置讓病患能在復健時做到手部姿勢的檢測與矯正，並且搭配智慧型手機，使運動量數據同步於手機上，如此一來病患不但能隨時查看自身復健情形，復健的方式也能依照各個病患的情況下去做調整，以至於發揮最佳的醫療效果。

目 錄

中文摘要	-----	1
目 錄	-----	2
圖目錄	-----	3
一、	緒論-----	4
4 二、	相關文獻探討-----	5
2.1	運用智慧型裝置輔助復健過程可運用之功能-----	5
2.2	運用穿戴式裝置輔以智慧型手機作為復健輔具-----	6
三、	研究內容與方法-----	7
3.1	建置晶片環境-----	7
3.1.1	Memsic 2125 感測器-----	7
3.1.2	L3G4200D 感測器-----	8
3.1.3	RN-42 藍芽模組-----	8
3.2	硬體建置電路圖-----	9
3.3	數據測試與執行架構-----	10
3.3.1	握舉運動之週期及角度變化量-----	10
3.3.2	系統執行架構流程-----	11
3.3.3	動作比對演算法流程-----	12
四、	實驗討論-----	13
4.1	程式碼分析-----	13
4.2	實驗結果-----	15
五、	結論-----	17
參考文獻	-----	18

圖 目 錄

圖 1	Memsic 2125 示意圖-----	4
圖 2	L3G4200D 示意圖-----	5
圖 3	RN-42 藍芽模組-----	5
圖 4	硬體建置電路圖-----	6
圖 5	基本握舉運動角速度資訊-----	7
圖 6	基本握舉運動角度資訊-----	7
圖 7	系統執行架構流程圖-----	8
圖 8	動作比對演算法流程圖-----	9

一、緒論

手部創傷患者在治療後，肌肉及肌腱會緊繃、萎縮，經常需要術後緩和體能運動或長期性伸展運動使其恢復，是為復健，而復健過程漫漫，需要恆心毅力還得要達到正確的姿勢及運動量才有其效果，於是復健醫療師必須時常陪伴在旁督導觀察。

因為曾經在受傷後到大醫院復健，復健過程中發現一位復健師得同時協助多位病患復健，而無法一直在旁邊監督指導與等候，造成單獨醫療資源分配不均的問題，因此想要做出一個可以監督病患復健進度的系統，不僅能夠讓病患做到正確的復健，還能在病患達到復健運動次數後震動通知，並且將累積復健運動量儲存於手機中，以便復健師妥善安排各病患的復健進度。

而復健過程之所以艱辛，讓多數人卻步、無法堅持，不只在於要花很多時間，還有難以忍受的痛楚，日復一日重複著同樣的事，如果能將復健過程結合一些遊戲性，讓病患可以樂在其中，使用手部動作控制手機應用程式，從遊戲中達成復健目標運動量，使無聊難耐的復健過程更能增添趣味，也讓多數心灰意冷的病患或較無法自律的小朋友們有更多的動力來完成復健。

此外，智慧手環在這一兩年開始興起，目前已有許多功能，但尚未有紀錄舉重次數的功能，而尤其重量訓練這項運動更是得強調姿勢的正確性，只要姿勢一錯誤，就很可能造成嚴重受傷，因此將復健檢測這個功能嵌入到手環，如次一來不只復健能用到此系統，一般人為了運動健身的正確性也能使用手環來監測與紀錄。

二、相關文獻探討

針對復健與穿戴式手環結合，並與手機應用程式傳輸溝通做資料紀錄，目前市面上較無此類裝置。相比傳統復健器材可分為可調式（例如：拉筋板、拉力器等）與固定式（例如：垂直塔、推拉箱檯等）兩種，傳統以復健師協助患者進行復健動作時，往往會因為復健師人手不足而以醫護人員取代，或復健動作隨復健師不同而標準不一致，嚴重影響復健的準確性，及復健效果。

市面上有許多輔助患者進行復健動作的復健器材，雖然可以減輕復健師的負擔，卻仍然不足以取代復健師。原因在於對於健康的人體而言，往往會因為性別、年齡…等生理特徵不同，有不同的運動模式，而所謂復健，必須要協助病患做出符合其生理特徵所能正確完成的動作。近年來雖有高科技智慧型機器人輔助復健，但建置成本極高，動輒數百萬元，亦無法即時改善復健治療人力資源分配問題。

2.1 運用智慧型裝置輔助復健過程可運用之功能

現今科技進步神速，智慧型裝置不斷精進縮小，人性化穿戴式裝置大行其道，多重整合功能比比皆是，而運用智慧型裝置輔助復健過程，張辰楷[5]提出可運用的幾項功能如下：

1. 監督機制

當病患使用復健輔助裝置，能否在無復健師陪伴指導時正確的完成復健動作，監督正確的使用者也是一重要議題（如將裝置寄予他人代勞完成訓練項目者），若未來智慧型手機指紋偵測功能也普及化時，可能可以用活動前的指紋偵測來提高對使用者的辨識度，以改善這方面的問題。

2. 認知功能

包括記憶、邏輯推理、視知覺…等，治療師可以對遊戲進行活動分析後，選出適合的遊戲程式，給予個案活動處方，讓個案可以自行進行復健活動。將裝置與手機應用程式結合，開發出適合的趣味遊戲程式，也更能提供病患持續復健之動機。

3. 精細動作與動作協調性

現下多點觸控式螢幕大行其道，使用者在螢幕上可做出更多樣化可辨識的動作。藉由觸控式螢幕，使用者可以在智慧型上進行各式的手眼協調活動，包括以手指點擊特定位置、畫線…等，可以用於訓練手眼間與動作上的協調性。

4. 粗大動作

現在多數穿戴式裝置或智慧型手機都有可以偵測加速度的元件（如：三軸陀螺儀、加速度計、重力偵測器…等），用以偵測肢體運動的速度與方向變化，可用於偵測手部活動的移動速度、反覆性動作，妥善搭配時間後可做為肌耐力的訓練。

5. 感覺功能

現在智慧型裝置配備的硬體，可以給使用者相當多元的感官刺激，大螢幕、豐富的呈色提供充足的視覺刺激，高品質的音效可以提供聽覺，甚至是裝置本身可以發出震動提供觸覺上的刺激。如智慧型手機可以藉由影片播放、玩遊戲涵蓋視覺、聽覺與觸覺三種刺激，還能可以提供各種不同功能的應用程式、社交娛樂。

6. 心肺耐力

有心肺疾病的病患，或多或少需要從事緩和型運動，以改善身體的供氧效率而達到復健的目的。智慧型裝置可與手機應用程式連結，在使用者慢跑與健走時，可以同時計算速度、路徑與時間，亦可作為運動過程中的回饋建議與資料紀錄。

7. 攝影功能

在現在數位相機的功能已遍及絕大多數的智慧型裝置，畫面解像力也隨著技術成熟而更具實用性。若使用者為外傷族群且處於交通上較不方便的地區或時段，使用者在外傷上有狀況變化，但不至於緊急到要掛急診時，可以經由影像甚至是加上即時聯絡，以尋求醫療人員立即性的協助。

2.2 運用穿戴式裝置輔以智慧型手機作為復健輔具

硬體上，智慧型手機搭載許多元件；軟體上，智慧型手機的操作程式又是開放原始碼系統。熟悉智慧型手機功能的程式設計者，總能寫出各式各樣的應用程式，以滿足各種使用者的需求，其輔助功能發展的可能性無可限量。在與專業醫療資源聯結的部分，雲端系統發展成熟後可能出現平台化的介面，將有利於專業醫療人員做更有系統的歸檔與更有效的諮詢服務。但是這些都是未來有待相關專業人員進行規劃與實行的部分。

穿戴式裝置可作為終端與使用者直接聯繫的媒介，主要特徵之一是持續性，在電腦和使用者之間可保持穩定互動，裝置不需要主動開啟或關閉。還擁有多工執行能力，不須停止使用者正在做的事情來使用這種裝置，它就像是被附加或增強到其他動作上。因此，它可以視為使用者大腦或身體的延伸。

三、 研究內容與方法

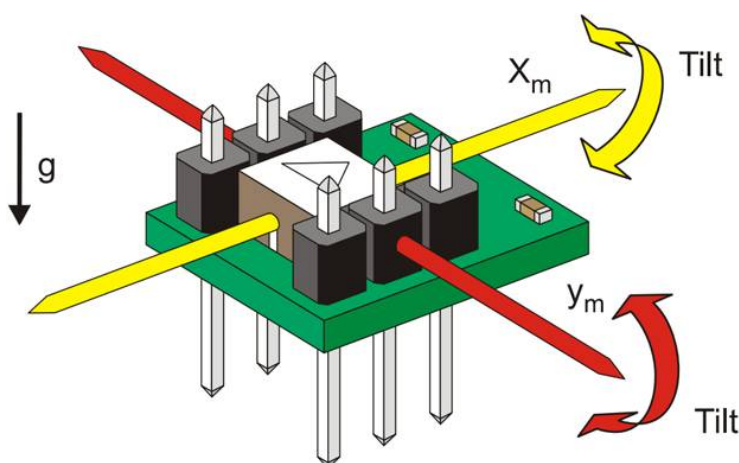
復健的部位與姿勢非常多樣，人體的手部較為其他身體部位靈活且多變，若將其記錄下來，數據量也跟著較為龐大，若能應對複雜的數據比對，應用在其他的身體部位也將不成問題。因此我們擬定出智慧型手環的模型，將其裝置配戴於手腕上，如此便能記錄下整個手臂的運動。

硬體方面基於開發需求，決定採用 Arduino 開發模板(開放原始碼的單晶片微控制器)，具有電源提供且能獨立運作與其他軟體溝通，並可以簡單地結合感測器與其他電子元件，燒錄方面則使用了簡單易懂的 Arduino 語言。為了要感測肢體運動，我們加裝了 Memsic 2125(雙軸加速度計)與 L3G4200D(三軸陀螺儀)，雙軸加速度計用於感測裝置傾斜度，三軸陀螺儀負責量測三軸空間的角速度率，在這兩者的搭配之下，我們便能藉由數據計算得知裝置的擺動的距離、速度與傾斜角度的變化。此外與智慧型手機溝通方面，我們選用便於連結且效率高的藍芽，使用的晶片為 RN-42(藍芽無線串列裝置)，可以將裝置與手機以無線的方式作序列資料傳輸，達到資訊的交換與溝通。

3.1 建置晶片環境

3.1.1 Memsic 2125 感測器

雙軸加速度訊號量測晶片，是藉由地心引力來判斷裝置傾斜的角度，分為 X 軸和 Y 軸兩方向(如圖 1)，也分別由兩個不同腳位輸出，當裝置保持水平時量測的值為 5000，根據角度 $\pm 90^\circ$ 旋轉，測量值也跟著 ± 1250 的變化，依照數據和實際誤差值定出以下轉換角度公式。



角度轉換公式

$$X^\circ = (X_{raw}/14) - 361$$

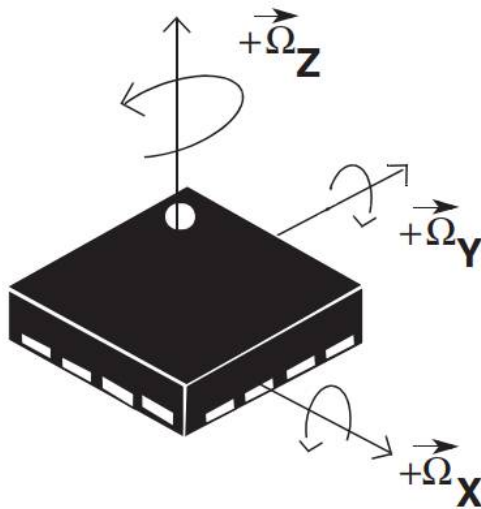
$$Y^\circ =$$

$$= (Y_{raw}/13.545) - 374.5$$

Memsic 2125 示意圖
(圖 1)

3.1.2 L3G4200D 感測器

此三軸陀螺儀又稱三軸角速度感測器，用來量測三個維度(yaw,pitch,roll)的角速度率(如下圖)，我們使用的是 I²C 傳輸介面，這個裝置是 I²C slave, 其 AddressingMode 為 7Bit，加上 R/W bit 後便是一次完整的訊號(在 STM32Cube 中會因為呼叫的 Function 不同會自動加上 R/W bit)。在進行資料讀取之前，須寫入幾個 Control Register 調整感測器的模式，我們將晶片最大解析範圍調整為 500dps(deg/sec)，以提高裝置所能讀取的範圍後，再將所需基本功能開啟，就可從之讀取到三軸的角速度率。



L3G4200D 示意圖(圖 2)

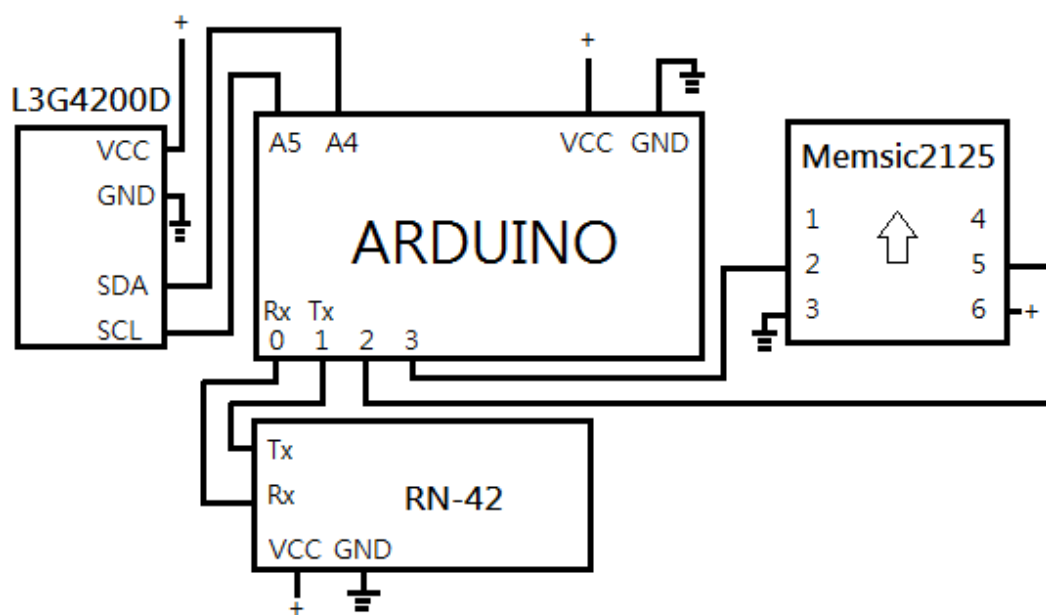
3.1.3 RN-42 藍芽模組

此藍芽無線串列裝置裝於 Arduino 使用上容易，只需要設定(RX/TX)為輸入和輸出即可與其他藍芽裝置作序列資料傳輸，但在手機軟體上欲使用藍牙 Serial Port Profile(SPP)其 UUID 必須設定為晶片上的識別碼，否則會無法與裝置連結。



RN-42 藍芽模組(圖 3)

3.2 硬體建置電路圖



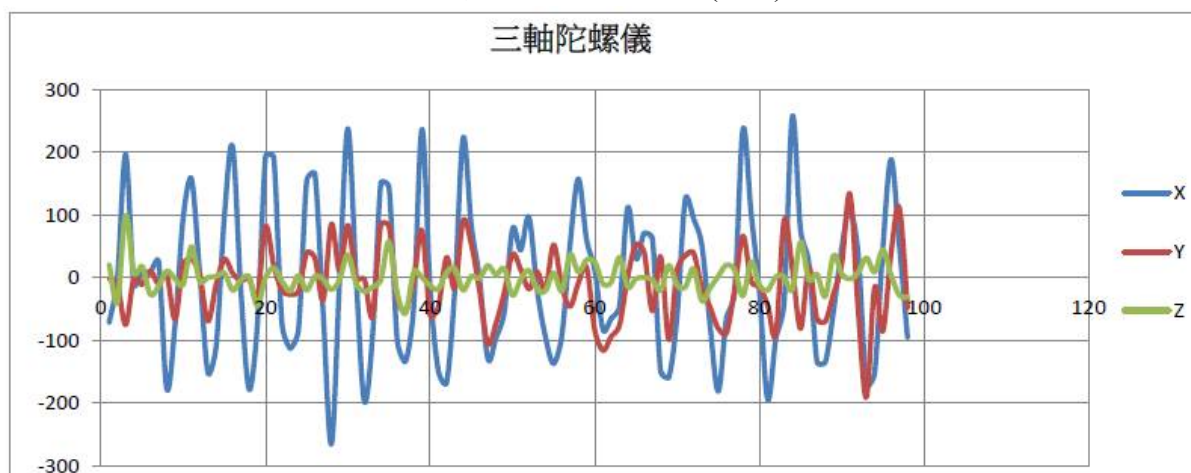
硬體建置電路圖(圖 4)

3.3 數據測試與執行架構

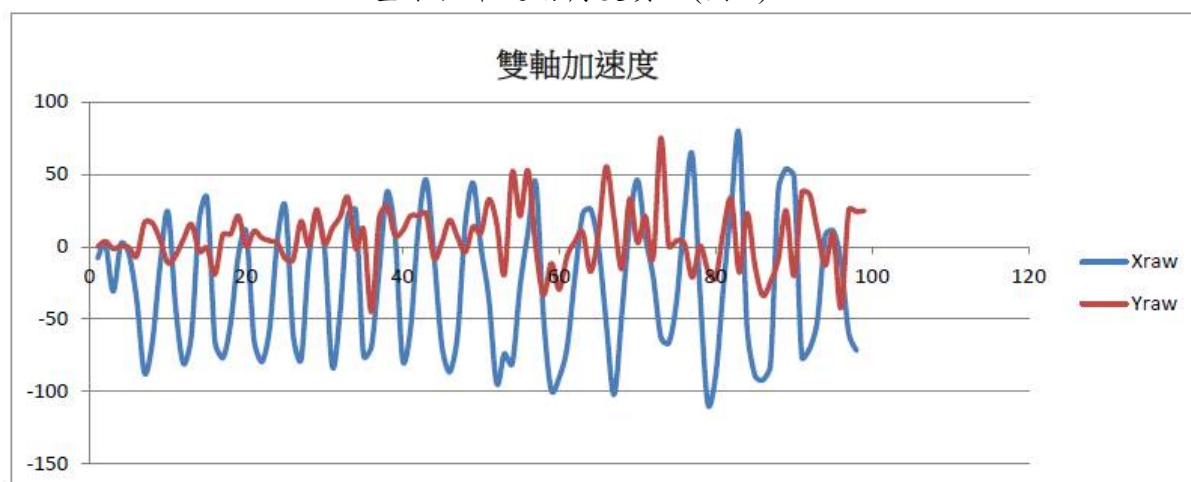
3.3.1 握舉運動之週期及角度變化量

由此範例測試可知，單次握舉運動之週期及角度變化量，可用以建立動作比對資料庫，並計算出使用者偏離標準值的差異值，再透過手機應用程式告訴使用者修正動作。

基本握舉運動角速度資訊(圖 5)

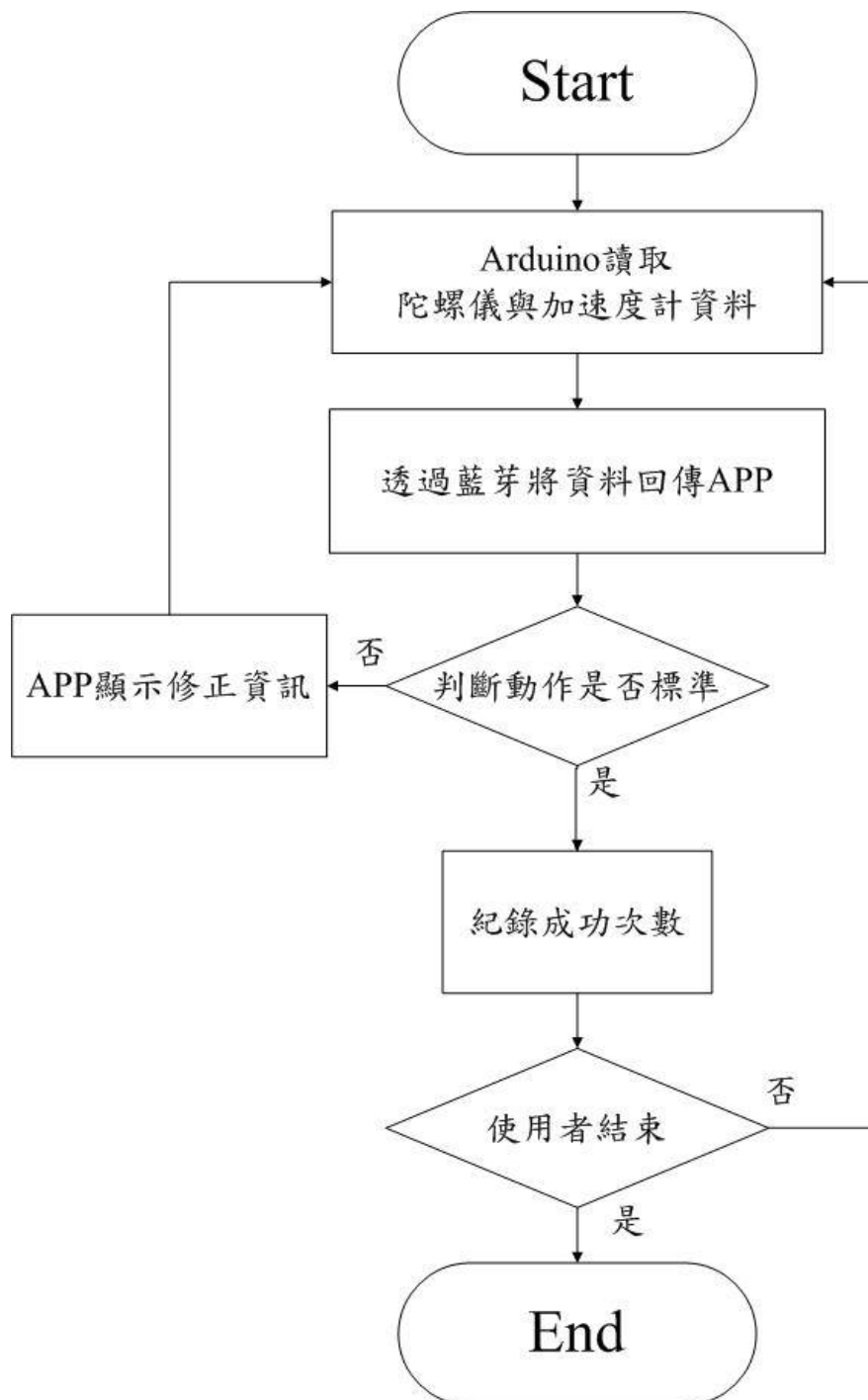


基本握舉運動角度資訊(圖 6)



3.3.2 系統執行架構流程

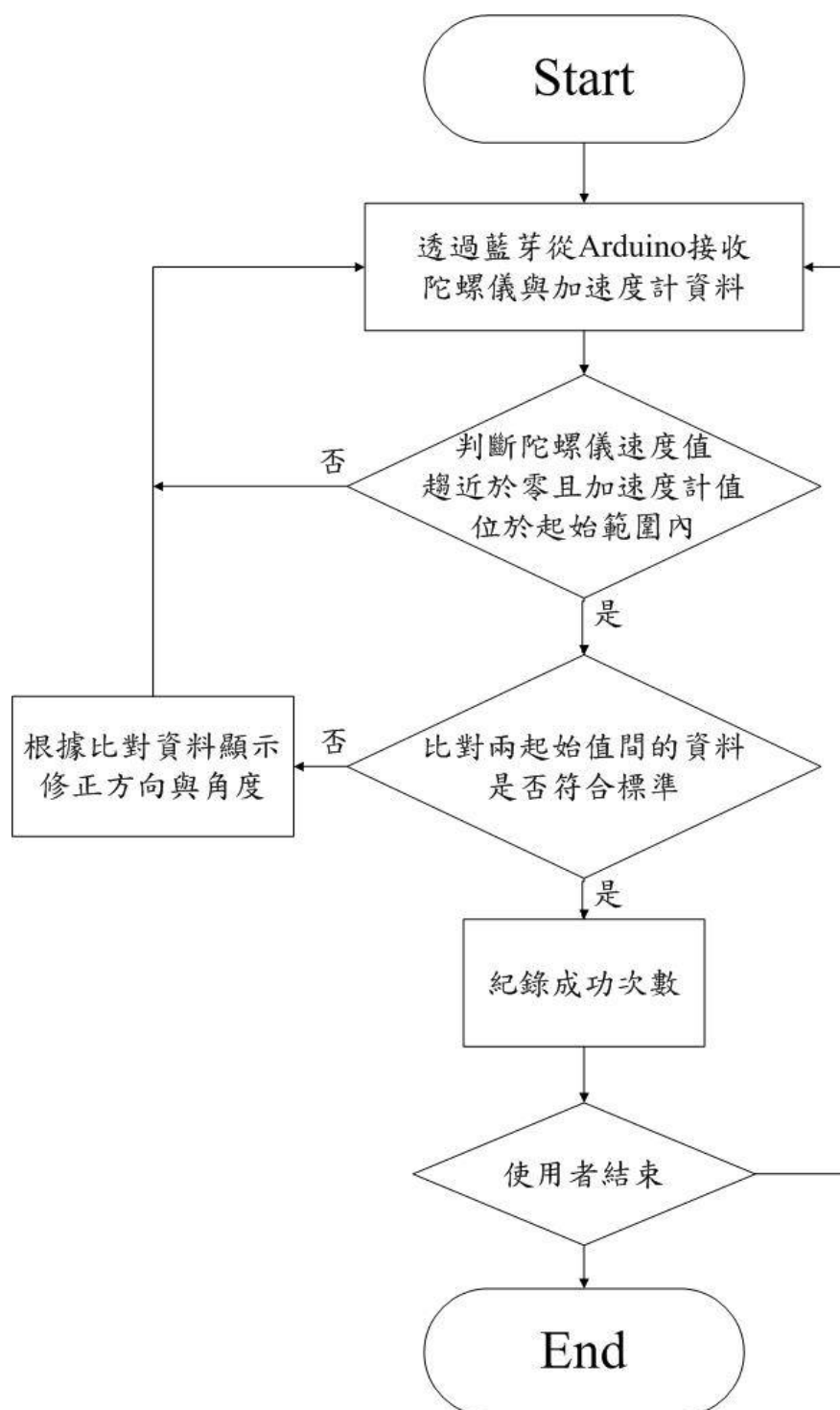
當系統啟動後，將手機藍芽與裝置連接，並從裝置接收動作資訊，再將其與動作資料庫數據比對，若比對結果符合數據標準，則將其紀錄；若不符合，再計算與標準值的差異，並告知使用者修正動作。



系統執行架構流程圖(圖 7)

3.3.3 動作比對演算法流程

由於陀螺儀回傳速度值趨近於零，代表裝置處於靜止狀態，於是得以用此判斷動作正處於變化點上，就可以藉此取出動作的週期數據，再來比對兩起始值間的資料，就可得知單一動作是否符合標準。



動作比對演算法流程圖(圖 8)

四、實驗討論

透過系統流程架構圖，我們可以擬定出各個流程的程式模組開發，接著將一步步分析各部分功能所會用到的 API 與部分程式碼。

4.1 程式碼分析

Arduino 發送感測器程式如下圖，Xraw 與 Yraw 為角速度計值，x、y 與 z 為加速度計值，getGyroValues 函式用來從加速度晶片中獲取新值，主要程式碼間隔 50ms 發送一次感測器資料，Serial.print 則預設為經過藍芽發送資料封包。

```
void loop(){
    getGyroValues();           // Get new values
    Xraw=pulseIn(xPin,HIGH);
    Yraw=pulseIn(yPin,HIGH);
    //Serial.print("Raw X:");
    Serial.print(x / 114); // Divide by 114 reduces noise
    Serial.print(",");
    Serial.print(y / 114);
    Serial.print(",");
    Serial.print(z / 114);
    Serial.print(",");
    Serial.print(Xraw,DEC);
    Serial.print(",");
    Serial.print(Yraw,DEC);
    Serial.print("#");
    delay(50);                 // Short delay between reads
}

void getGyroValues () {
    byte MSB, LSB;

    MSB = readI2C(0x29);
    LSB = readI2C(0x28);
    x = ((MSB << 8) | LSB);

    MSB = readI2C(0x2B);
    LSB = readI2C(0x2A);
    y = ((MSB << 8) | LSB);

    MSB = readI2C(0x2D);
    LSB = readI2C(0x2C);
    z = ((MSB << 8) | LSB);
}
```

Arduino 發送程式碼(圖 9)

藉由處理 Bluetooth 的 handler 中接收來自 Arduino 的資料，並將其分割轉為可運算的整數。

```
case Constants.MESSAGE_READ:
    //byte[] readBuf = (byte[]) msg.obj;
    // construct a string from the valid bytes in the buffer
    //String readMessage = new String(readBuf, 0, msg.arg1);
    String readMessage = (String) msg.obj;

    // mConversationArrayAdapter.add(mConnectedDeviceName + ": " + readMessage);

    String[] strsplit=readMessage.split(",");
    values=new int[strsplit.length];
    for (int i=0;i<strsplit.length;i++){
        values[i]=Integer.parseInt(strsplit[i]);
    }
```

APP 接收程式碼(圖十)

將接收到的程式與我們預錄的動作訊號比對八次，若達成9成的相似度，則將回傳加一訊息到 APP 螢幕上。

```
private int judvalue(int currentitem,int cnt){  
    if(Math.abs(values[3]-judgment[currentitem-1][cnt][3])<250&&Math.abs(values[4]-judgment[currentitem-1][cnt][4])<250)  
        return 1;  
}
```

比對程式碼(圖十一)

```
fos.write(("0,0,0,6100,5400#0,0,0,5400,5700#0,0,0,4400,5400#0,0,0,4100,5300#0,0,0,3900,5300#0,0,0,4100,5300#0,0,0,4400,5400#0,0,0,6100,5400#0" +  
"0,0,0,4600,5900#0,0,0,5000,6000#0,0,0,5500,6000#0,0,0,6100,4700#0,0,0,6000,4400#0,0,0,6100,4700#0,0,0,5500,6000#0,0,0,4600,5900#0" +  
"0,0,0,6200,4900#0,0,0,6000,4800#0,0,0,5400,4800#0,0,0,5000,4700#0,0,0,5600,4800#0,0,0,5800,4800#0,0,0,6100,4900#0,0,0,6200,4900#0" +  
"0,0,0,6200,5100#0,0,0,6100,5000#0,0,0,5600,5000#0,0,0,5000,4800#0,0,0,5600,4900#0,0,0,5900,5000#0,0,0,6200,5000#0,0,0,6200,5100#0" +  
"0,0,0,6200,5000#0,0,0,6000,4800#0,0,0,5500,4600#0,0,0,5000,4500#0,0,0,5600,4700#0,0,0,5600,4700#0,0,0,6200,4900#0,0,0,6200,5000#0").getBytes());
```

預錄值(圖十二)

```
if (values != null&&judgment!=null){  
    switch (currentitem){  
        case 1:  
            while (currentitem==1){  
                if(timethread==null){  
                    timethread=new timethread();  
                    timethread.start();  
                }  
  
                if(judvalue(currentitem,count)==1)  
                    count++;  
  
                if(count>7){  
                    Message msg = new Message();  
                    msg.what = 8;  
                    mHandler.sendMessage(msg);  
                    count=0;  
                    timethread.cancel();  
                    timethread=null;  
                }  
                tmpcurrent=currentitem;  
                getnewvalue();  
                if(tmpcurrent!=currentitem){  
                    timethread.cancel();  
                    timethread=null;  
                }  
            }  
            break;  
    }  
}
```

整體判斷流程(圖十三)

4.2 實驗結果

詳細介紹 APP 的操作方法與使用流程，並展現實體畫面。



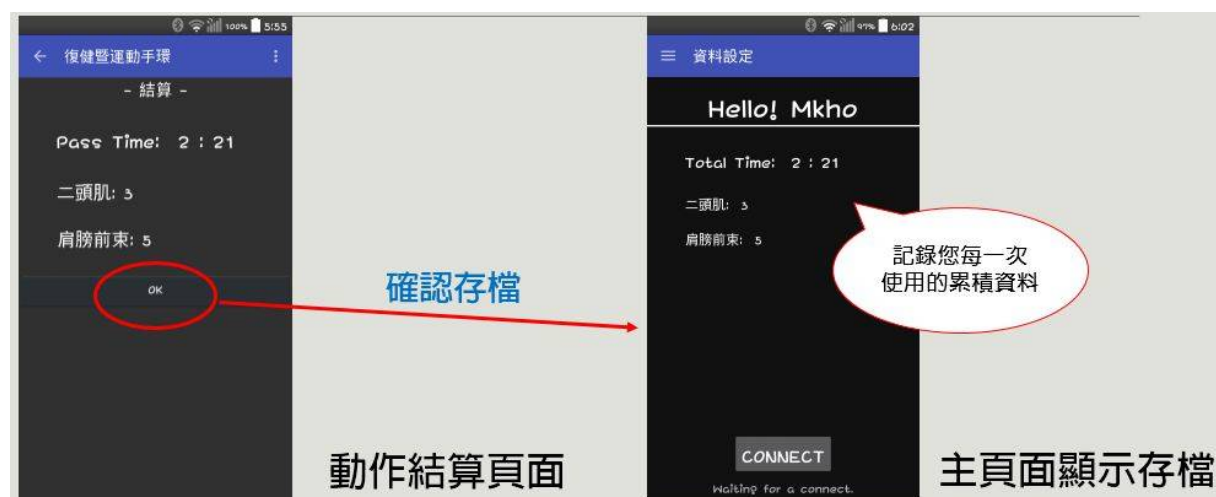
APP 使用方法-1(圖十四)



APP 使用方法-2(圖十五)



APP 使用方法-3(圖十六)



APP 使用方法-4(圖十七)

五、 結論

在手機 APP 上我們採用了較繽紛的人性化介面，讓使用者能更簡易上手，當手機 APP 與手環端藍芽連接後，便可以開始選擇及記錄運動資訊。並且我們將主要的動作判斷核心演算法建置在手機 APP 中，藉此可以更容易維護應用程式及更新個人化記錄資訊，且更可彈性的發展動作的多元化。

手環方面我們選用了輕巧的 Arduino uno 作為主要平台，使用 9V 電池作為主電源供應，並在其上加裝三軸加速度計、陀螺儀及藍芽模組，以提供速度與角速度感測及短距快速傳輸之所需，將整個模組安置於腕帶上，便可以自由穿戴於四肢各部位，讓使用者能有更輕量多元的運動體驗。

在此之後我們將會朝「精確」、「多功能」、「個人化」三大目標努力改善，並期許能透過智慧型手機回饋予使用者動作姿勢的正確性資訊，能在手機應用程式中提供趣味性遊戲，讓病患能在遊戲中達復健目標，且記錄儲存使用者運動量，並傳送給醫師作為調整參考。

參 考 文 獻

- [1]. TechNews , website :
<http://technews.tw/2014/11/28/wearable-device-in-medically/>
- [2]. NDLTD , website : <http://ndltd.ncl.edu.tw/>
- [3]. 傅聖超, "使用近場無線通訊建置復健醫療輔助系統之實作"。淡江大學碩士論文, 2013
- [4]. 歐崇仁、林哲緯、李柏為、吳冠宏, "智慧型復建方法之系統開發"。修平科技大學
- [5]. 張辰楷, "智慧型手機做為輔具與復健器材之應用與前景"。TAIWANESE GERONTOLOGICAL FORUM, VOLUME 12 , 2011.11
- [6]. WIKIPEDIA , website : http://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_computer
- [7]. bildr.blog , website : <http://bildr.org/2011/06/l3g4200d-arduino/>
- [8]. PARALLAX - Memsic 2125
website:<http://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/28017-Memsic-2125-Accel-Guide-v2.1.pdf>
- [9]. ST - L3G4200D , website :
http://www.st.com/web/catalog/sense_power/FM89/SC1288/PF250373
- [10]. Play Robot , website : <http://www.playrobot.com/>