

## 第四章 系統實驗與結果

本研究為提出以嵌入式系統晶片實現脈搏生理訊號監測系統，在硬體環境上包含 1. 嵌入式系統發展平台、2. 脈搏生理訊號處理電路、3. 壓電式感測器、4. 8051 單晶片、5. PC 主機；而在軟體環境方面，主要以 Linux 作業系統作為本研究在開發應用程式上之作業系統環境，除了開發相關應用程式外，並架設了一網頁伺服器，將人體脈搏生理訊號及心跳速率顯示於網頁上。圖 4-1 為本研究整體開發環境，圖 4-2 為前端訊號處理電路、類比數位轉換、串列傳輸及嵌入式系統開發平台，底下各節分述本研究實驗之結果呈現。

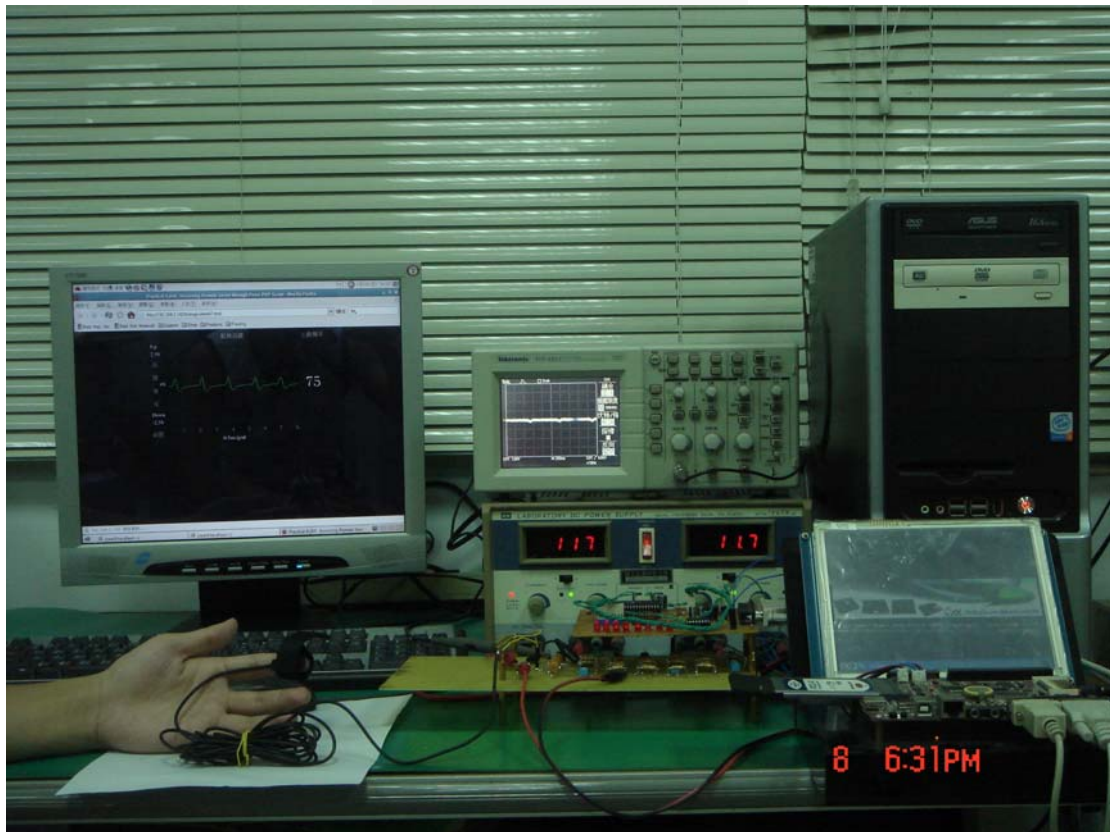


圖 4-1 系統整體開發環境

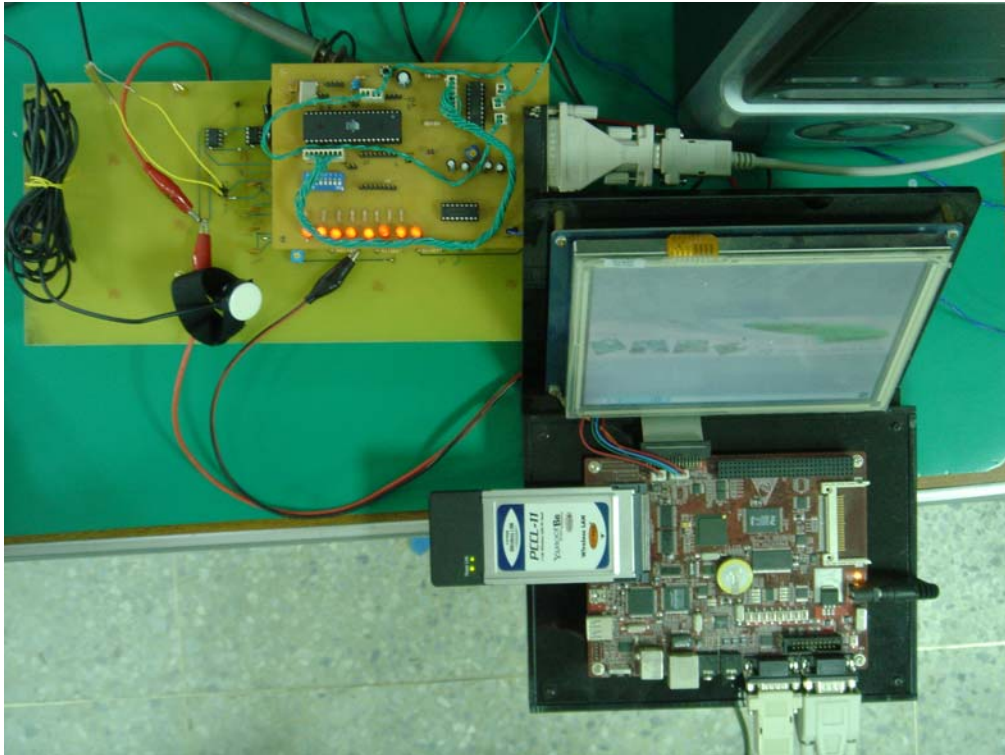


圖 4-2 前端訊號處理電路、類比數位轉換、串列傳輸及嵌入式系統開發平台

#### 4.1 前端訊號處理電路實驗結果

經由感測器所量測之人體脈搏生理訊號，除了含有不必要之雜訊之外，在訊號的強度上也相當微弱，因此須製作相關電路以濾除及放大經由感測器所得到之人體生理脈搏訊號。在訊號雜訊處理方面，採用儀表差動放大器以濾除訊號之共模雜訊部份同時放大微小之感測器輸出訊號；而在高低頻雜訊方面則以 Sallen-Key 高低通濾波器加以濾除。再則，為了使得訊號負的成分也能順利為數位類比電路所轉換，因此加入了電壓箝位電路，以提升整體訊號位於零點以上。圖 4-3 為感測器本身之輸出訊號、圖 4-4 為經由儀表差動放大後之輸出訊號圖形、圖 4-5 為經過低高通濾波器之輸出圖形、4-6 為經過箝位電路之輸出圖形。

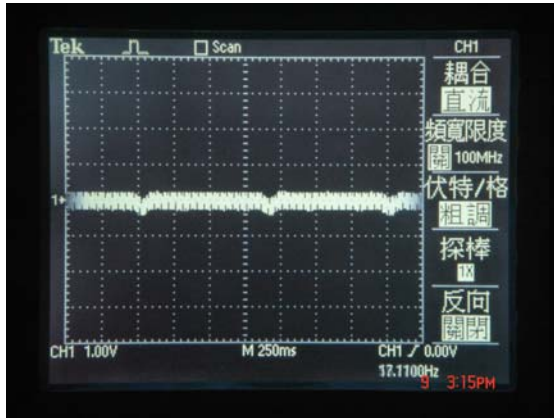


圖 4-3 感測器之輸出訊號

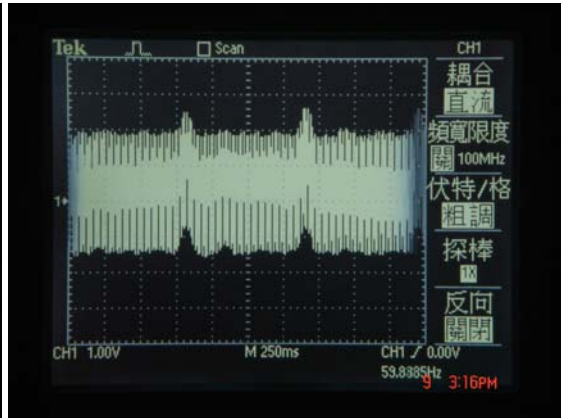


圖 4-4 經儀表差動放大電路之輸出訊號



圖 4-5 經低高通濾波器之輸出訊號

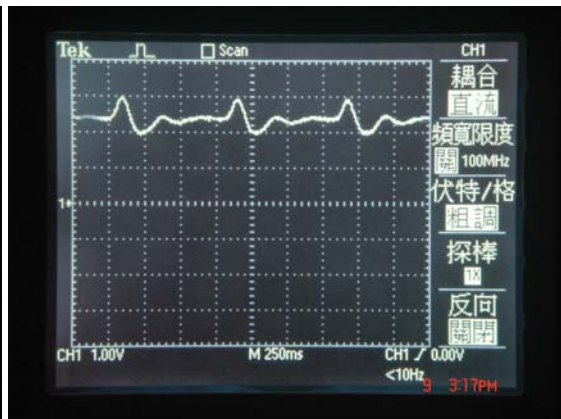


圖 4-6 經電壓箝位電路之輸出訊號

#### 4-2 嵌入式系統晶片串列傳輸實驗結果

本研究以單晶片 8051 實作一串列傳輸介面，以此傳輸介面與嵌入式系統發展平台作資料傳輸，圖 4-7 為利用 Linux 下 minicom Uart 調試工具，觀察嵌入式系統發展平台訊號接收畫面。本研究在嵌入式發展平台收到來自單晶片 8051 之訊號後，並未馬上傳輸至遠端伺服器中，而是收集 200 筆資料後才加以傳輸；而在無線傳輸方面，以嵌入式系統發展平台上之 PCMCIA 卡搭配 Linux 系統之 NFS 功能，將暫存於嵌入式系統發展平台之脈搏生理訊號傳輸至遠端主機之中。

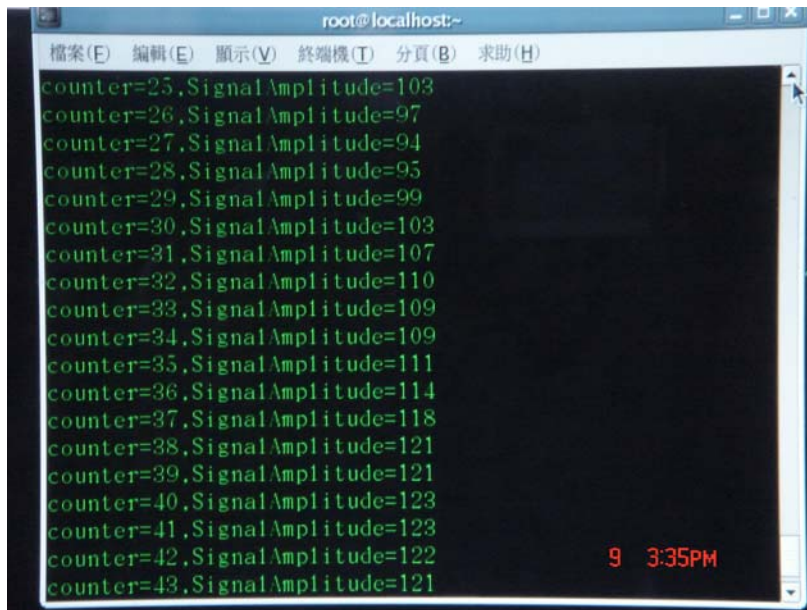


圖 4-7 Linux minicom 調試工具觀察串列傳輸

#### 4-3 後端網頁伺服器架設實驗結果

本研究在後端架設一網頁伺服器，將量測之脈搏生理訊號顯示於頁面上，讓使用者或者遠端看護員可從網頁上即時觀察量測者脈搏生理訊號，圖 4-8 為脈搏生理訊號顯示頁面，除了脈搏生理訊號圖形外，另顯示心跳速率。

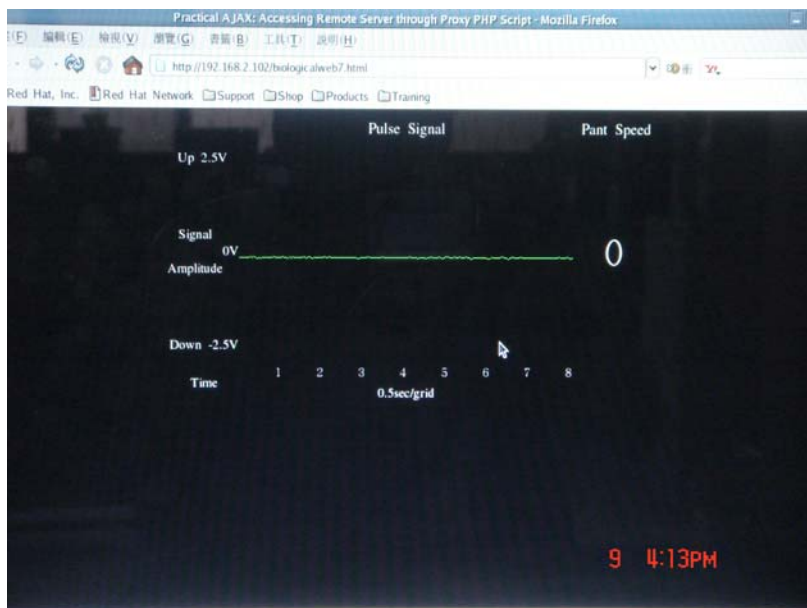


圖 4-8 脈搏生理訊號頁面

### 4-3-1 脈搏訊號圖形

本研究設計一網頁以顯示脈搏生理訊號圖形，此網頁讀取由嵌入式發展平台所傳送之資料，根據資料動態的更新脈搏生理訊號圖形。圖 4-9 左邊即為顯示人體脈搏生理訊號圖形；而由於先前所提過，為了增加系統的效能，嵌入式系統發展平台在接收來自單晶片 8051 之資料後，並未馬上傳輸至遠端伺服主機內，因此在頁面上所顯示的脈搏生理訊號其延遲時間，將會根據嵌入式系統發展平台所暫存的資料量以決定。在本研究當中，嵌入式系統發展平台將暫存 200 筆資料才加以傳輸，在時間的延遲上大約為 4 秒鐘左右，因此在頁面上所顯示的脈搏生理訊號圖形，實際為兩秒鐘前之訊號。圖 4-10 為圖 4-9 下 4 秒鐘之訊號。

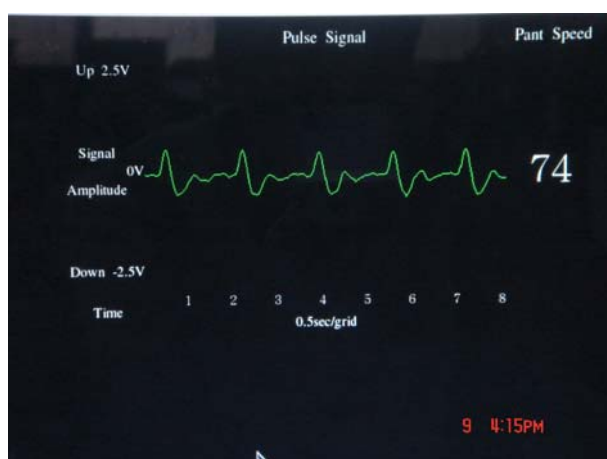


圖 4-9 脈搏生理訊號圖形

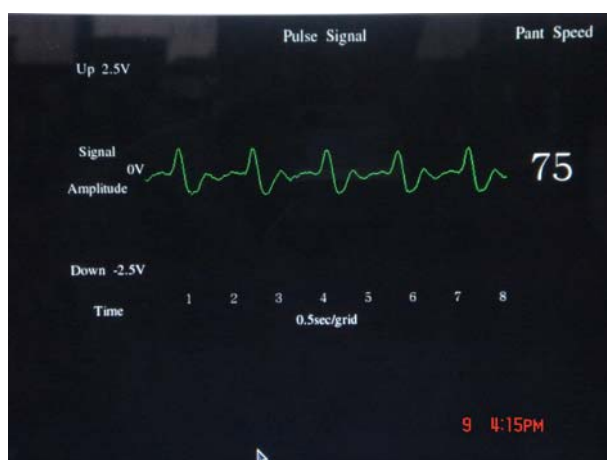


圖 4-10 圖 4-9 後四秒之脈搏生理訊號圖形

### 4-3-2 心跳速率計算

由於經感測器所量測出人體脈搏生理訊號具有高低起伏變化，因此單從數據上要判斷出心跳速率可能導致相當之誤差，因此本研究採用 Juapu Pan and Willis J. Tompkins, 所提之” A real-time QRS detection algorithm”演算法[42]，將原始人體脈搏生理訊號數據加以處理，使得原始數據經此演算法處理過後，只留下生理脈搏訊號之 F 點以利判斷，此演算法步驟為 1. 微分、2. 取平方、3. 時間平均濾波器、4. 找出訊號最高點三分之二處為基準點、5. 以基準點找出轉折點、6. 計算轉折點間間隔時間、7. 以間隔時間計算出心跳頻率。底下以一範例試驗此演算法效能。圖 4-11 為原始數據圖形、圖 4-12 為經微分後之數據斜率圖形、圖 4-13 為將斜率平方後之圖形、圖 4-14 為時間平均濾波器之圖形、圖 4-15 為濾除低於最高點三分之二處之圖形、圖 4-16 為找出斜率轉折點圖形、圖 4-17 為演算法最後所呈現之圖形。

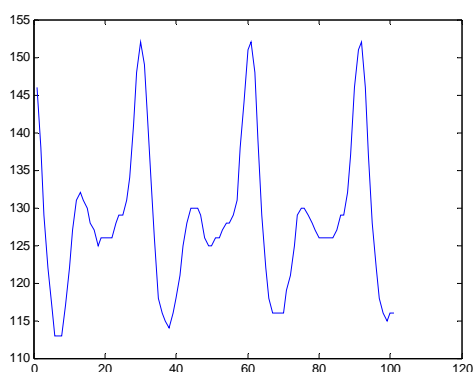


圖 4-11 原始數據圖形

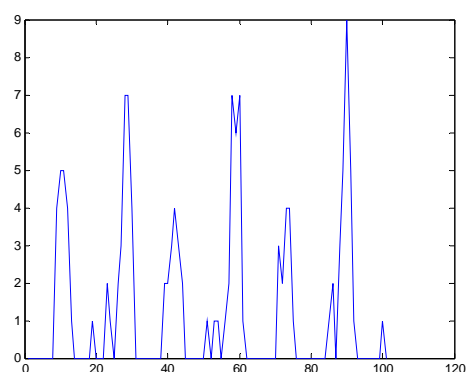


圖 4-12 微分後之數據斜率圖形

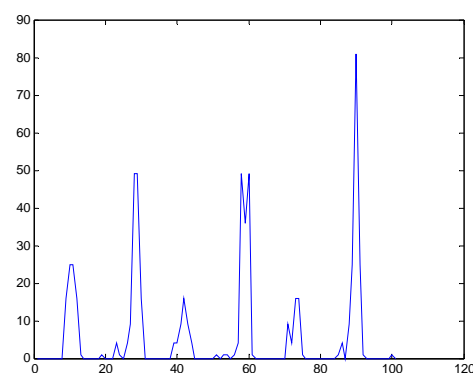


圖 4-13 斜率平方後之圖形

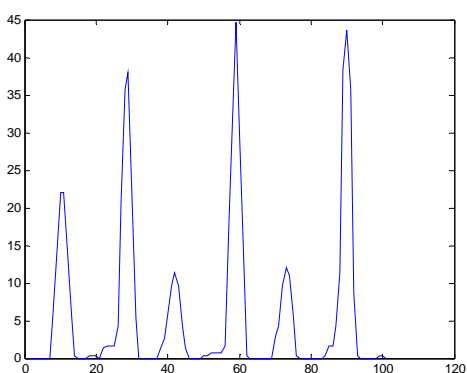


圖 4-14 經時間平均濾波器之圖形

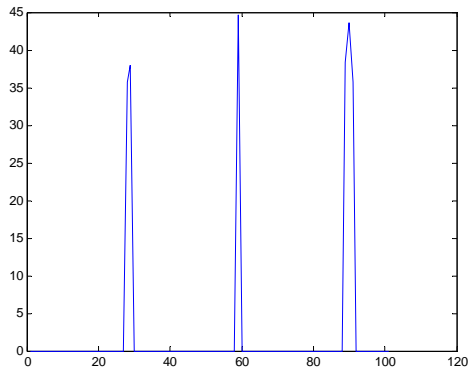


圖 4-15 保留基準點 2/3 以上之圖形

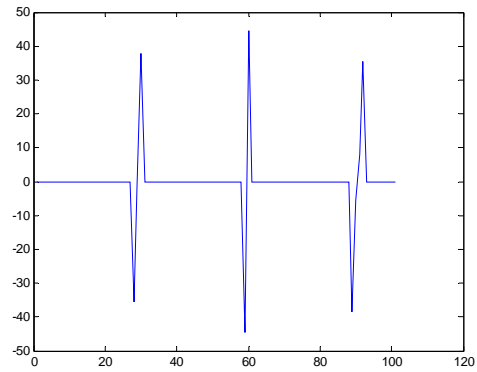


圖 4-16 斜率轉折點圖形

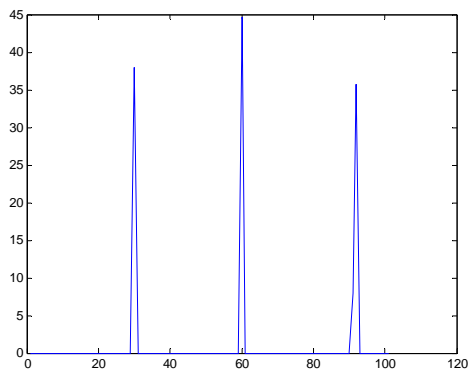


圖 4-17 演算法最後所呈現之圖形

比照圖 4-11 及圖 4-17，圖 4-11 中可明顯看出訊號中具三個 F 點，而最後經由演算法後所產生之圖形也只保留了三個數值即圖 4-17 三個 F 點，因此驗證此演算法的確可用於在脈搏圖形 F 點之辨識，最後只要計算出脈搏圖形 F 點之時間間隔，即可求出心跳頻率。圖 4-18 為脈搏生理訊號顯示頁面與示波器顯示畫面，其中示波器為顯示四秒鐘前之畫面，由兩者比較中，可看出本研究所設計之脈搏生理訊號顯示頁面，的確能根據脈搏生理訊號數據做正確的顯示。再計算其心跳次數，由示波器中，可得知其心跳數約為每分鐘 80 下，與脈搏生理訊號顯示頁面所顯示之心跳次數差異不大，再次證實前面所提之演算法其有效性。

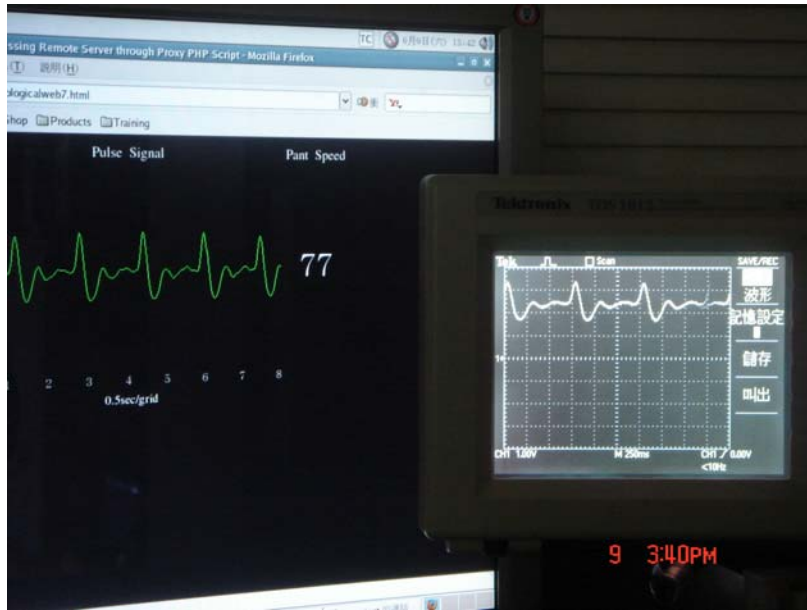


圖 4-18 脈搏生理訊號顯示頁面與示波器畫面

#### 4-4 脈搏相似度分析實驗結果

本研究最後一個部份為計算遠端伺服器主機內之脈搏生理訊號之間相似度。首先為了減少資料維度，以提升系統處理上的效能，研究上利用前一章節所提之符號轉換方法，將原本為數值資料的生理訊號資料轉為符號型態資料，在本研究中，以 20 個符號取代之。接著採用結合餘弦相似度及漢明距離兩種架構之演算法[43]，計算遠端伺服器主機內脈搏生理訊號彼此間相似程度。由於脈搏訊號大致為一週期性訊號，因此在計算訊號間相似度時，為了降低時間複雜度，僅只擷取一個週期訊號以計算生理訊號間相似度。

本研究在計算脈搏生理訊號之間相似度實驗上，首先分析單一個體其脈搏生理訊號前後之相似度。圖 4-19 為單一個體在四個不同時間點上，個別取出的一個週期時間之脈搏訊號圖形。圖 4-20 為圖 4-19 取其斜率訊號圖形。圖 4-21 為為 4-20 斜率經過正規化後之圖形。表 4-1 為數值型態脈搏生理訊號資料轉為符號型資料之結果。表 4-2 為四個訊號間餘弦相似度計算結果。表 4-3 為加入漢明距離演算法後之結果。



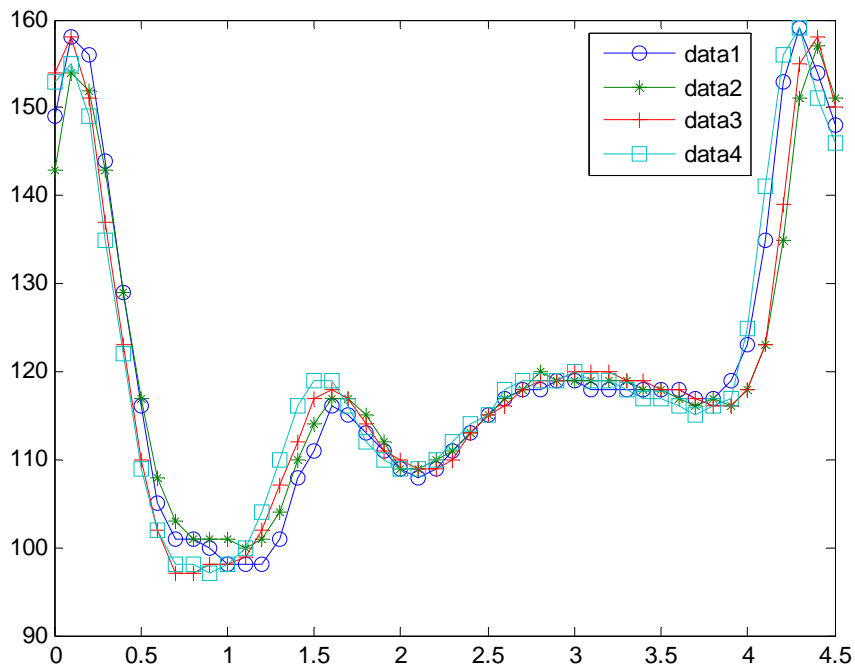


圖 4-19 單一個體在不同四個時間點脈搏生理訊號圖形

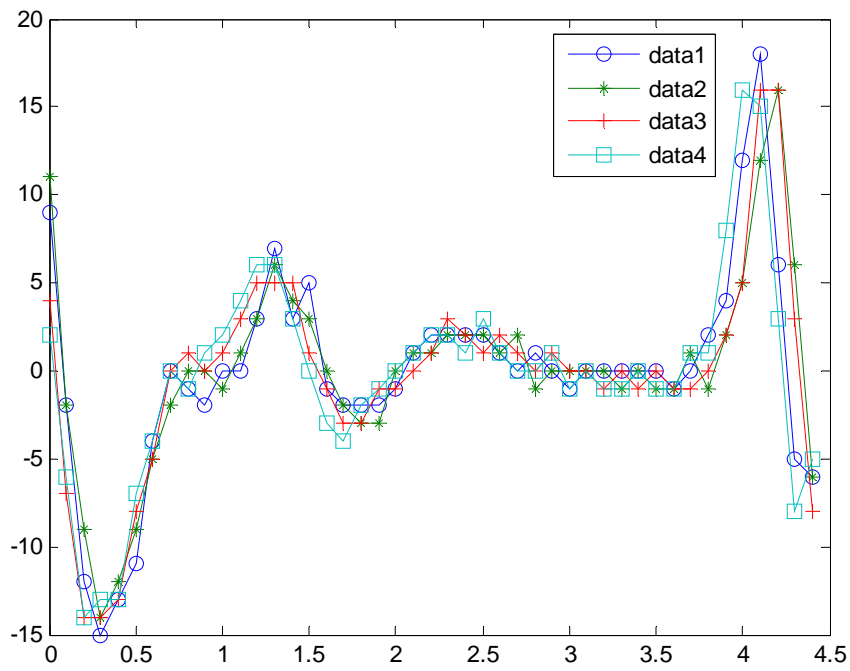


圖 4-20 圖 4-19 脈搏生理訊號取斜率後圖形

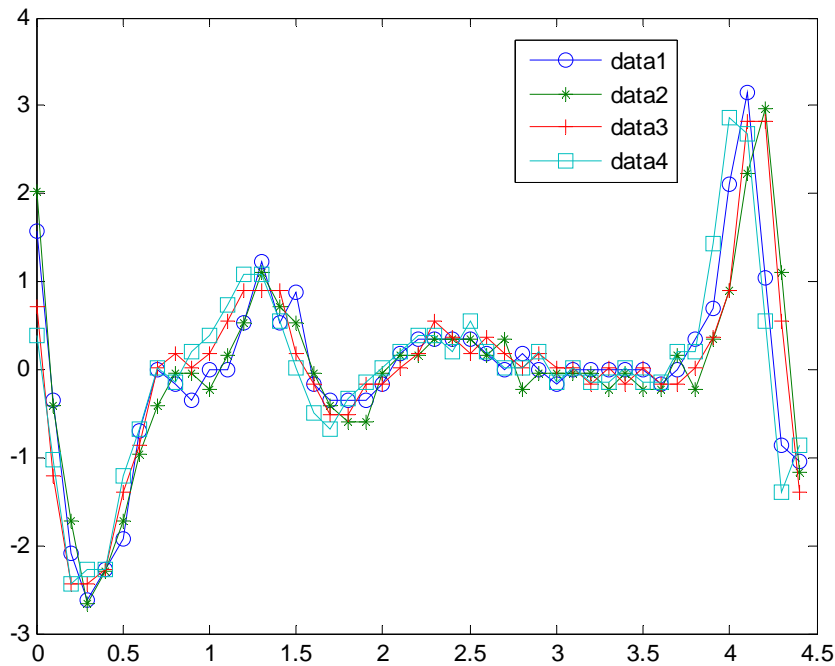


圖 4-21 圖 4-20 脈搏生理訊號斜率經正規化後處理之圖形

表 4-1 圖 4-19 生理脈搏訊號轉為符號型態結果

Data1	AGJJJHEFGEECBCBFGGGFEDDDDEEEEFEEEEEFEDCAABII
Data2	AGJJJIGFFFECBCCFGHHFEEDDDDEDFEEEEFEFDBAABI
Data3	CIJJJIIEEEECBBBEFGGFEECDEDEEEEEFEFEEFFEDBAACJ
Data4	DIJJJIHEFEDCBBCEGHGFEEEDDECEEEEFEEFFEEAAACJI

表 4-2 圖 4-19 脈搏生理訊號間餘弦相似度計算結果

Data(R) \ Data	1	2	3	4
1	1	0.87848	0.77775	0.91675
2	0.87848	1	0.737	0.90312
3	0.77775	0.737	1	0.79475
4	0.91675	0.90312	0.79475	1

表 4-3 圖 4-19 脈搏生理訊號間餘弦相似度加入漢明距離計算結果

Data(R) \ Data	1	2	3	4
1	1	0.59736	0.46665	0.40337
2	0.59736	1	0.4422	0.32512
3	0.46665	0.4422	1	0.43711
4	0.40337	0.32512	0.43711	1

接著本研究採集五個人的脈搏生理訊號樣本，同樣的擷取一個週期的訊號，計算訊號間相似度。圖 4-22 為五個人一週期的脈搏生理訊號圖形。圖 4-23 為圖 4-22 取其斜率訊號圖形。圖 4-24 為為 4-22 斜率經過正規化後之圖形。表 4-4 為數值型態脈搏生理訊號資料轉為符號型資料之結果。表 4-5 為四個訊號間餘弦相似度計算結果。表 4-6 為加入漢明距離演算法後之結果。

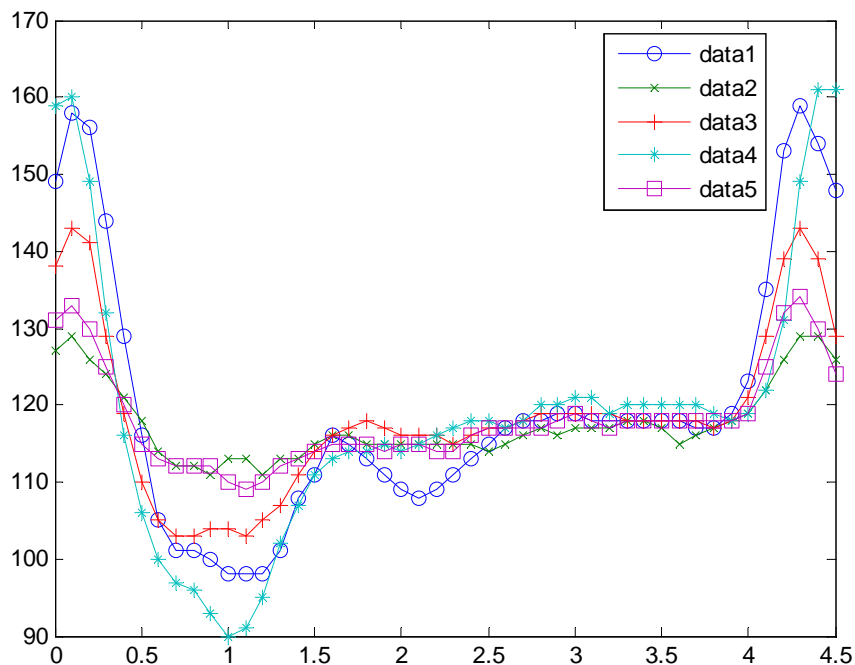


圖 4-22 五個體的一週期脈搏生理訊號圖形

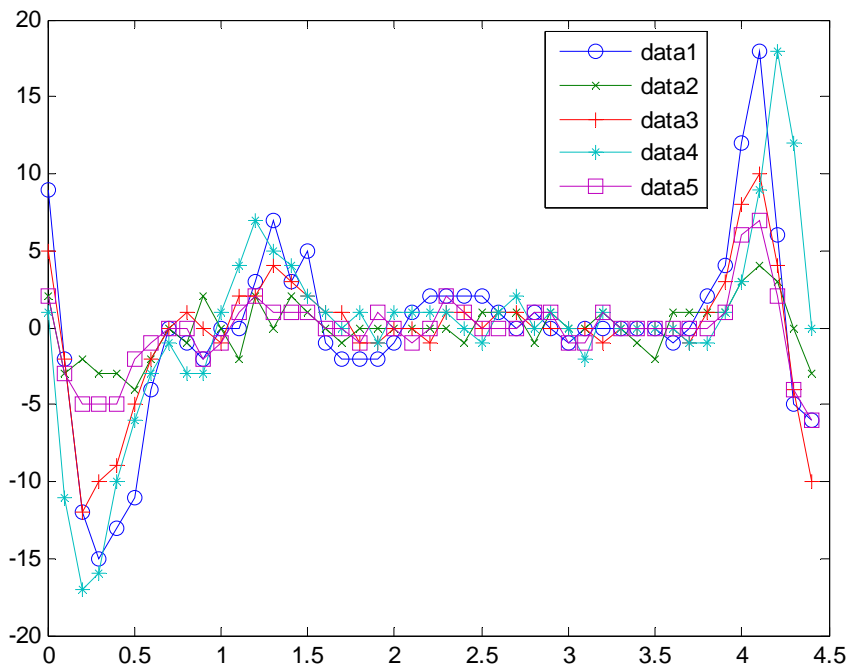


圖 4-23 圖 4-22 脈搏生理訊號取斜率後圖形

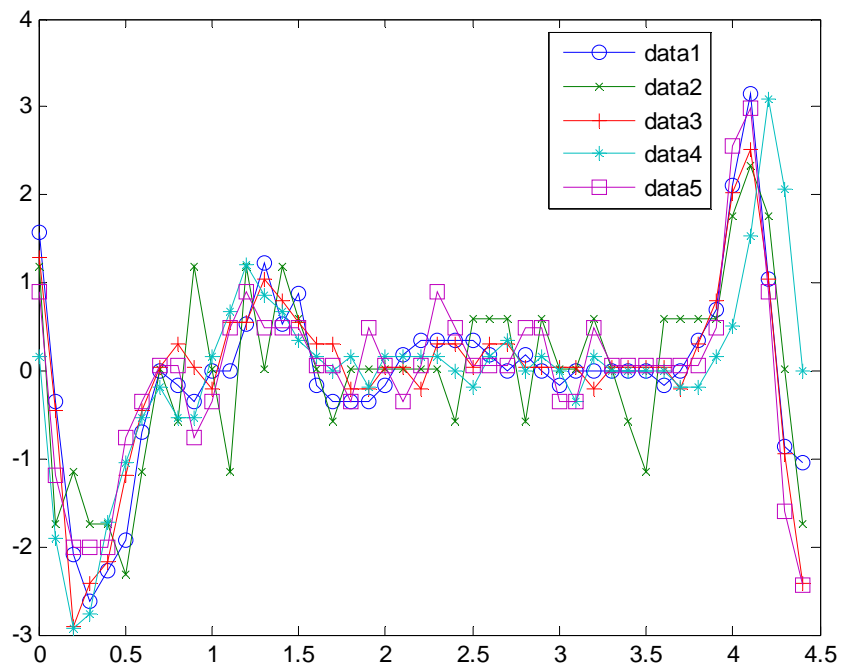


圖 4-24 圖 4-23 脈搏生理訊號斜率經正規化後處理之圖形

表 4-4 圖 4-22 生理脈搏訊號轉為符號型態結果

Data1	AGJJJHEFGEECBCBFGGGFEDDDDEEEEFEEEEEFEDCAABII
Data2	BJIJJIEHBEIBEBCEHEEEEEEHCCCHCEECEHICCCCAAAEJ
Data3	AGJJJIGEDEFCCBCCDDFFEEFDDEDDEEEEFEEEEFDCAABIJ
Data4	EJJJIHFHHECBBCDEFEFEEEEFFEDFEGEFFFFFEDAAAF
Data5	BIJJJHGEEHGDDBDDDEEGDEGEBDEEEDDGGDEEEEEEDAABJJ

表 4-5 圖 4-22 脈搏生理訊號間餘弦相似度計算結果

Data(R) \ Data	1	2	3	4	5
1	1	0.44794	0.77683	0.79644	0.62921
2	0.44794	1	0.39682	0.43306	0.43049
3	0.77683	0.39682	1	0.69901	0.47775
4	0.79644	0.43306	0.69901	1	0.53881
5	0.62921	0.43049	0.47775	0.53881	1

表 4-6 圖 4-22 脈搏生理訊號間餘弦相似度加入漢明距離計算結果

Data(R) \ Data	1	2	3	4	5
1	1	0.14931	0.50494	0.44601	0.35393
2	0.14931	1	0.17637	0.21653	0.19133
3	0.50494	0.17637	1	0.2796	0.19906
4	0.44601	0.21653	0.2796	1	0.40411
5	0.35393	0.19133	0.19906	0.40411	1

#### 4.5 實驗結果與討論

由實驗可看出，每個人的脈搏生理訊號圖形彼此之間有些微的不同，而我們可以利用餘弦相似度及漢明距離演算法，計算出訊號間相似度，因此可以確定利用餘弦相似度及漢明距離相似度演算法計算訊間相似情形，是可行的。