

國立交通大學

電機與控制工程學系

碩士論文

應用雙軸加速度計之人體  
姿態辨識系統

Remote Posture Monitoring Using a  
Two-Axis Accelerometer



研究 生：王耀慶

指導教授：宋開泰 博士

中 華 民 國 九十三 年 七 月

# 應用雙軸加速度計之人體 姿態辨識系統

Remote Posture Monitoring Using a Two-Axis Accelerometer

研究 生：王耀慶

Student: Yao-Qing Wang

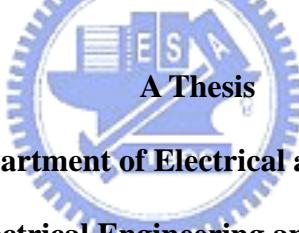
指導教授：宋開泰 博士

Advisor: Dr. Kai-Tai Song

國立交通大學

電機與控制工程學系

碩士論文



Submitted to Department of Electrical and Control Engineering

College of Electrical Engineering and Computer Science

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Electrical and Control Engineering

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年七月

# 應用雙軸加速度計之人體姿態辨識系統

學生:王耀慶

指導教授:宋開泰 博士

國立交通大學電機與控制工程學系

## 摘要

本論文應用無線傳送之加速度訊號發展一套人體姿態辨識系統。此系統包括一雙軸加速度訊號量測、傳輸模組及姿態辨識軟體。其中加速度量測模組由一雙軸加速度計、RF 無線傳輸模組及一 8-bit 微控器所組成。在接收端有 RF 無線接收模組，通過 8-bit 微控器與個人電腦或機器人主電腦溝通。在文中發展小波理論演算法，將訊號經過 5 層小波分解，得到低頻小波係數。再利用萃取出來的特徵，經過比對辨識，完成上樓、下樓、走路、站和坐五種姿態辨識系統。



# **Remote Posture Monitoring Using a Two-Axis Accelerometer**

Student: Yao-Qing Wang

Advisor: Dr. Kai-Tai Song

Department of Electrical and Control Engineering  
National Chiao Tung University

## **ABSTRACT**

In this thesis, a remote posture monitoring system has been developed for human status estimation. We propose a wearable sensor including a two-axis accelerometer, 8 bit microcontroller and RF wireless communication module. The acquired body motion signals are transmitted to a host computer via RF link for further processing. This thesis develops an algorithm for feature extraction using wavelet transform. We decompose the signal into five levels and extract low-frequency components for useful features. Pattern recognition techniques are applied then to recognize five basic postures: up stairs, down stairs, walking, standing, and sitting. On-line experimental results are presented to show the effectiveness of the proposed method.

## 誌謝

謹向我的指導教授宋開泰博士致上感謝之意，感謝他兩年來在專業上和生活上待人處事的指導，以他豐富的學識與經驗，配合理論的應用，使得本論文得以順利完成。

感謝與我共同奮鬥的同學智傑、家豪、志豪、Henrry 的相互鼓勵及提攜，以及學弟崇民、鎮源、維祥、松崎、柏秋及恩傑在生活上帶來的樂趣，同時感謝學長任紹、奇益及孟儒的指導。

最後，特別感謝我的父母，由於他們的辛苦栽培，在生活上給予我細心地關與照料，使得我才得以順利完成此論文，在此我願以此論文獻給我最感激的父母親。



# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
圖例 .....	VI
表格 .....	VIII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機 .....	1
1.1.1 機器人看護發展現況 .....	1
1.2 相關研究發展回顧 .....	2
1.3 問題描述 .....	3
1.4 章節說明 .....	4
<b>第二章 系統架構與介面設計 .....</b>	<b>5</b>
2.1 系統架構 .....	5
2.2 姿態訊號擷取系統介面電路設計 .....	8
2.2.1 加速度計電路設計 .....	11
2.2.2 加速度計之測試與補償 .....	14
2.2.3 RF 傳送模組介面電路設計 .....	17
2.2.4 RF 接收模組電路介面設計 .....	21
2.2.5 微控器電路介面設計 .....	21
<b>第三章 姿態辨識系統演算法 .....</b>	<b>24</b>
3.1 姿態辨識系統設計概念 .....	24
3.2 小波轉換 .....	25
3.2.1 小波分解 .....	27
3.3 身體姿態訊號前置處理 .....	28
3.4 特徵參數擷取 .....	29
3.5 K-Nearest Neighbor 分類法 .....	30
<b>第四章 實驗結果 .....</b>	<b>31</b>
4.1 五位不同測試者五種姿態辨識結果 .....	31
4.2 不同測試者在一段時間內連續姿勢辨識結果 .....	50

第五章 結論與未來工作 .....	55
5.1 結論 .....	55
5.2 未來工作 .....	55
參考文獻 .....	56



## 圖例

圖 2-1 人體姿態估測與看護機器人示意圖 .....	6
圖 2-2 站姿訊號量測的方向 .....	6
圖 2-3 坐姿訊號量測的方向 .....	6
圖 2-4 遠端姿態估測系統架構圖 .....	7
圖 2-5 訊號傳送模組電路圖 .....	8
圖 2-6 訊號接收模組電路圖 .....	9
圖 2-7 人體姿態訊號擷取傳送模組 .....	9
圖 2-8 人體姿態訊號擷取接收模組 .....	10
圖 2-9 訊號傳送接收介面設計圖 .....	11
圖 2-10 加速度計實體圖 .....	12
圖 2-11 加速度計內部架構圖[18] .....	12
圖 2-12 加速度計輸出訊號示意圖 .....	13
圖 2-13 實際量測加速度計之 PWM 的週期 .....	13
圖 2-14 實際量測加速度計之 duty cycle .....	14
圖 2-15 未補償水平軸對重力加速度值的測試 .....	15
圖 2-16 未補償垂直軸對重力加速度值的測試 .....	16
圖 2-17 補償後水平軸對重力加速度值的測試 .....	16
圖 2-18 補償後垂直軸對重力加速度值的測試 .....	17
圖 2-19 傳送接收模組實體圖 .....	18
圖 2-20 接收模組雙通道接收示意圖[19].....	18
圖 2-21 雙通道同時的接收獨立資料示意圖[19] .....	19
圖 2-22 傳送、接收模組初始組態設定時序圖[19].....	19
圖 2-23 傳送模組設定 ShockBurst 模式下的時序圖[19] .....	19
圖 2-24 在 ShockBurst 模式下 RF 傳送資料流程圖 .....	20
圖 2-25 在 ShockBurst 模式下 RF 接收資料流程圖 .....	22
圖 2-26 微控器處理訊號流程圖 .....	23
圖 3-1 姿態辨識系統內部架構圖 .....	24
圖 3-2 原始訊號經過兩次小波分解示意圖 .....	28
圖 3-3 原始訊號經多層小波分解後的頻帶分佈 .....	28
圖 3-4 前置處理示意圖 .....	29

圖 3-5 本文輸入訊號經多層小波分解後的頻帶分佈 .....	29
圖 4-1 實驗測試場所 .....	31
圖 4-2 量測模組放置位置 .....	31
圖 4-3 量測模組的外觀 .....	33
圖 4-4 量測模組內部電路 .....	33
圖 4-5 五種姿態示意圖 .....	37
圖 4-6 測試者一 5 次上樓訊號量測結果 .....	40
圖 4-7 測試者一 5 次下樓訊號量測結果 .....	42
圖 4-8 測試者一 5 次走路訊號量測結果 .....	45
圖 4-9 測試者一 5 次站訊號量測結果 .....	47
圖 4-10 測試者一 5 次坐訊號量測結果 .....	50
圖 4-11 不同測試者所擷取的連續不同姿態量測結果 .....	54



## 表格

表 5-1 測試者一 5 種姿態辨識結果 .....	34
表 5-2 測試者二 5 種姿態辨識結果 .....	34
表 5-3 測試者三 5 種姿態辨識結果 .....	35
表 5-4 測試者四 5 種姿態辨識結果 .....	35
表 5-5 測試者五 5 種姿態辨識結果 .....	36
表 5-6 五位測試者整體 5 種姿態平均辨識結果 .....	36
表 5-7 不同測試者做連續不同姿態辨識結果 .....	51



# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

由於醫療科技的進步，人類壽命日益延長，但也使得許多國家之人口分佈面臨老年化的問題。依據國際標準，當一個地區的老年人口(65 歲以上)占人口總數的比例 7% 以上時，我們便可判定這個國家已經達到人口高齡化的標準。根據行政院主計處[1]的調查，民國 90 年台灣老年人口佔 8.8%，91 年達到 9%。而日本總務省[2]公布 2003 年，老年人口更已達到 19%。老年人增多不僅對國家經濟造成衝擊，對於一個正常雙薪家庭而言，將會犧牲一個家庭人力的工作時間，扮演照顧的角色，如此會導致生活品質的下降。現階段對於老年人口的處理方法有下列二種：

### 1. 建構安養中心

在經濟實力較好的歐美國家，因為有較多的經濟資源，因此國家對於老人安養政策完善，使的老人能在安養中心安享晚年。

### 2. 雇請外籍看護



由於雇用外籍勞工成本遠低於本國看護員工，因此一般家庭以經濟因素考慮，大多選擇雇用外籍勞工。不過外籍勞工與被照顧的老人或身心障礙者通常有語言不通的問題，且外籍勞工長期的工作壓力易造成自己情緒不穩定，一旦有緊急狀況，就可能發生問題。

### 1.1.1 機器人看護發展現況

近幾年來機器人的發展十分蓬勃，爾後機器人將輔助人類做各種實用的工作。例如日本 Honda 公司所推出的 ASIMO[3]機器人，它的頭部裝設兩台 CCD Camera，可幫它計算出自己與周圍物體間的距離，自動繞開障礙物行走。它具備了對人的輪廓、姿態和面容的識別功能，如果人們向它揮手致意，它就會舉手問好。Sony 的娛樂機器人 Qrio[4]，能記住對話者的容貌與姓名，還能記住對方使用的詞匯。韓國「Yujin robotics」公司發展的家庭機器人上裝有各種不同的感測器，不僅能夠自行閃避障礙物，主

人不在時，透過外部電腦利用網路能夠連到家中監控家裡的情形。遇到陌生人進入家庭，可以將其臉孔拍下來，在透過設定的 e-mail 傳送影像給家裡的主人，成為看家的功能。吸塵器機器人 Roomba 可以在無人監督的狀況下自動清潔家庭地板。因此機器人已逐漸走入我們生活中。未來機器人被用來當作家庭看護，解決老年化的問題是指日可待的事。

為了解決老年人看護的問題，高齡化的國家如日本，目前正在發展用機器人來取代人類做看護。日本三菱的機器人牛若丸[5]，就具有看護的功能。它每天主動叫老人起床，提醒老人吃藥，老人無聊時就陪老人猜謎語。老人外出，可以借助牛若丸的無線網路功能方便地查到電車時刻表和最佳出行路線。超過預定時間若老人沒有回家，牛若丸就會打電話報警。日本松下電器產業開發獨居老人護理機器貓 Tama，不但能夠跟主人談天，還能夠利用電話跟健康中心聯絡，將醫療資訊傳達給老人。Wada and Shilbata[6]等人也設計出寵物機器人，這些機器人對老年人而言就像真實的動物一樣，所以藉由這個機器人和老年人一起互動，可增加老年人身心的健康。德國法蘭克福 IPA 學會所研製的家庭移動式看護機器人 Care-O-bot II[7]，可以代替老人移動到別處拿取物品、定時提醒老人吃藥、支持並輔助老人移動至家庭中的任意地點，並具備了家庭電器門窗管理及簡單的清潔功能。機器人本身裝備了遠距診療視訊會議系統，可以讓老人透過家庭網路與人性化介面輕鬆的與家庭醫師達成醫療看護的行為。美國卡內基美倫大學、匹茲堡大學及密西根大學所研發的 Pearl 看護機器人具備了智慧型記憶提醒(如吃藥、喝水等提醒)、遠距醫療、資料蒐集及監控、移動式夾取手臂等功能，讓老人獨居時能得到最好的照顧。然而目前這些機器人卻無法像看護人員一樣，時時掌握老年人的一舉一動，防止老年人在家裡發生意外或及時回報異常現象。因此本研究希望發展一套遠端姿態辨識系統，防止老年人在家發生意外而不知，達到遠端監控的目的。

## 1.2 相關研究發展回顧

要達到看護的效果，瞭解老年人日常生活當中的動作姿態是很重要的。在看護系統方面，許多學者為了解決讓老年人能夠自己獨立的生活，監控他們的生活安全與否，在房間內置入多種感測器或發展各種可攜式的感測器即時得到老年人在家裡的訊息，藉由這些訊息能夠傳送到機器人

上，再由機器人利用無線網路或 mail 的功能通知相關的人員，即時達到看護的目的。

Mitsushiro 等人[8]利用紅外線感測器偵測人的移動，使用 magnetic switches 偵察門的開關與否，在牆上的插座嵌入一個 wattmeter 偵測使用家電的狀況，裝有 flame detector 偵測正在使用的爐具，在房間安置  $CO_2$  感測器偵察有無人在房間裡面。Noury[9]利用 piezoelectric accelerometer position tilt switch 和 vibration sensor 組成一個 smart sensor 偵測老人是否跌倒。這三個輸出訊號分別可偵測老年人的位置(站或躺)、移動與否和有無走動。將這三個感測器的輸出訊號傳送至處理器，經過模糊邏輯的決策判斷後由 RF 無線傳輸模組送到 PC 端去，達到遠端看護的效果。Najafi 和 Aminian[10]等人使用 Kinematic sensor 並用小波轉換來偵測身體的姿勢轉換和走路的時間。其中 Kinematic sensor 由一個壓電式陀螺儀測量身體軀幹的角速度，兩個加速度計(ADXL202)測量垂直和正面軀幹的加速度。Lou 和 Bazzarelli[11]等人利用一個二維的加速度計來估測老年人的身體姿勢。當加速度計的輸出送至電腦後，對照實驗做出的數據表後，即可得知老年人目前身體軀幹傾斜的角度，進而改善姿勢，達到看護的目的。Mathie et al. [12]等人利用三軸的加速度計來監控身體的動作和姿勢。一個三軸的加速度計放在人的身上用來感測的身體動作，在運用無線傳送接收摸組，將訊號送至電腦上處理，判斷出被監控者的身體姿態。Sekine and Tamura[13][14]在人的腰帶間放置一個加速度計和記憶體量測並記錄受測者的動態訊號，使用小波理論分析的方法辨識出走路、上樓、下樓的姿態，達到監控的目的。Lee and Mase[15] 將加速度計和角速度感測器組成可攜式感測器，結合估算法求出人在固定的環境內方位，並在時域下辨識站、坐、走路三種行為。Aoki and Takemura[16]等人發展視覺監控系統，利用光點投射器和 CCD Camera 在不影響老年人睡覺情況下，監控老年人在床上睡覺的姿態。由 CCD Camera 取的影像後經過濾波的功能，藉著光點的曲線和呼吸之間關係判別姿態。

### 1.3 問題描述

由於機器人技術已日漸成熟。我們希望可以有一個類似管家的機器人，平常不僅能幫助家裡處理瑣碎的事物，也能扮演家庭保全、看護老年

人的功能。因此，本論文發展一套人體姿態的辨識系統，希望藉由此系統與機器人結合，讓在家裡服務的機器人能夠同時監控家中老年人的生活，扮演看護角色。從看護機器人得知老年人姿態並透過看護機器人上無線網路的技術，讓遠端的家人可由 PDA 或筆記型電腦即時監控老年人在家中的安全。同時，它能根據家中安裝的感測器或不同的輸入裝置有多種服務及看顧功能。

多數學者使用各種不同的感測器來監控身體動作各種的姿態。使用多個感測器監控人活動訊息導致系統的複雜性增加，而用 camera 容易對被監控制者侵犯到隱私。Bouten[17]利用能量來評估動作的姿態，不僅系統操作複雜，老年人的行動也會受到限制。所以本論文考慮簡單的系統，監控者隱私不被侵犯和行動不被限制下的條件發展以一個單一 2 軸的加速度計擷取人體動作身體訊號，配合 8-bit 的微控器和無線 RF 傳輸技術，將得到訊號經過機器人上的 PC 計算處理，判斷出人體站、坐、走路、上樓和下樓 5 種姿態。

#### 1.4 章節說明



本論文共分五章，第一章為描述相關研究背景，並說明研究動機目的。第二章介紹系統架構，包括姿態擷取系統的架構和方法，並說明此系統裡面自行設計加速度計、RF 無線傳送技術和微控器介面電路。第三章描述姿態辨識系統的演算法，包括：如何建立五種姿態的建立參考樣本，以及說明為何要在頻域下使用小波理論求出我們的特徵原理。第四章描述二種實驗測試的方法和結果，驗證本論文未來發展的可能性。第五章為結論與未來工作。

## 第二章 系統架構與介面設計

### 2.1 系統架構

我們希望將遠端姿態監控應用在家庭看護中，使遠端的監控者在不侵犯到隱私的條件下達到看護的目的。本研究主要系統概念如圖 2-1 所示，系統組成包括一個加速度計、8-bit 的微控器和 RF 無線傳輸模組，組成一個可攜式的人體運動感測模組。將此感測模組安置在人的大腿上量測身體水平與垂直訊號，經由無線 RF 的技術傳送到接收模組。此接收模組包含一個 RF 的接收模組和 8-bit 的微控器，接收模組接收到資料後由串列傳輸 RS232 將資料傳送到機器人或一般電腦上，經由本論文發展的演算法辨識出人上樓、下樓、走路、站或坐五種動作姿態。

我們欲辨識的五種姿態，其加速度量測值有以下的特性：當姿態是站時，水平訊號量到重力加速度的值為  $0g$ ，而垂直訊號則得到  $1g$ ，如圖 2-2 所示；反之，當姿態呈現坐姿時，水平訊號所得到的值為  $1g$ ，垂直訊號得到  $0g$ ，如圖 2-3 所示。若是走路、上樓和下樓三種姿態，水平和垂直訊號不在只受到重力加速度的影響，包含此三種姿態施力不同對水平垂直加速度值大小的改變。因此站和坐時，我們可以預測水平和垂直的直流訊號成分會明顯的固定在某個值，當走路、上樓和下樓三種動態姿勢在水平訊號呈現明顯的不同。因此我們考慮在頻域下找出低頻訊號成分的特徵，辨識出五種不同的姿態。

圖 2-4 顯示本論文的系統架構圖，在訊號處理部分我們設定每次接收 1000 筆的資料，將這 1000 筆的資料經由小波轉換分解的方法，找出包含二軸低頻頻帶小波係數的分佈，在本文針對每一軸找出 6 個頻帶，因此二軸共可找出 12 個頻帶的小波係數，從我們所得到的小波係數裡萃取特徵。在資料庫樣本的建立方法，本論文使用 K-Nearest Neighbor 演算法訓練出五種動作姿態參考樣本供實際測試做比對。若是相似者則歸屬到那一類。

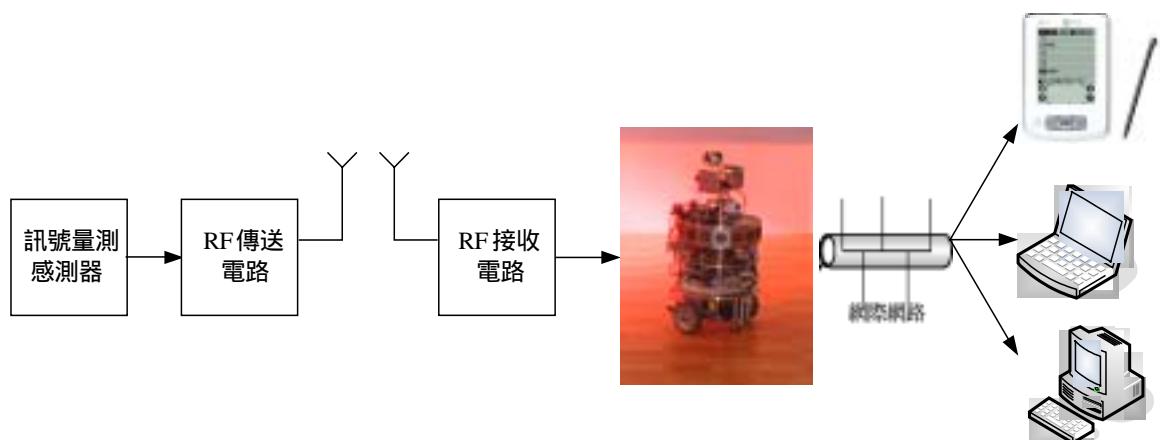


圖 2-1 人體姿態估測與看護機器人示意圖

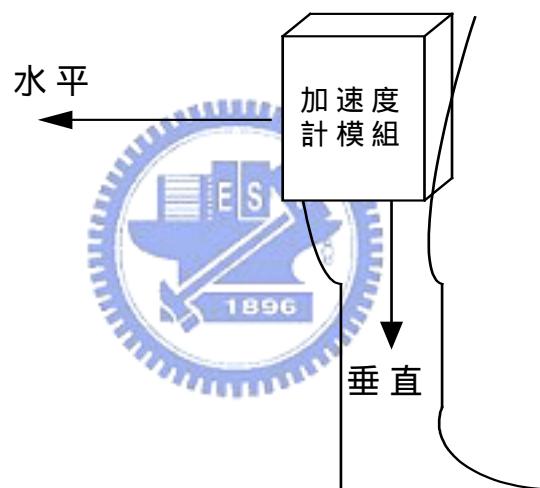


圖 2-2 站姿訊號量測的方向

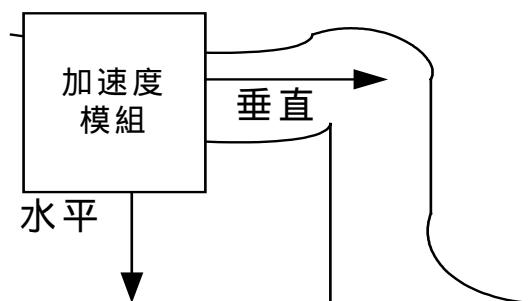


圖 2-3 坐姿訊號量測的方向

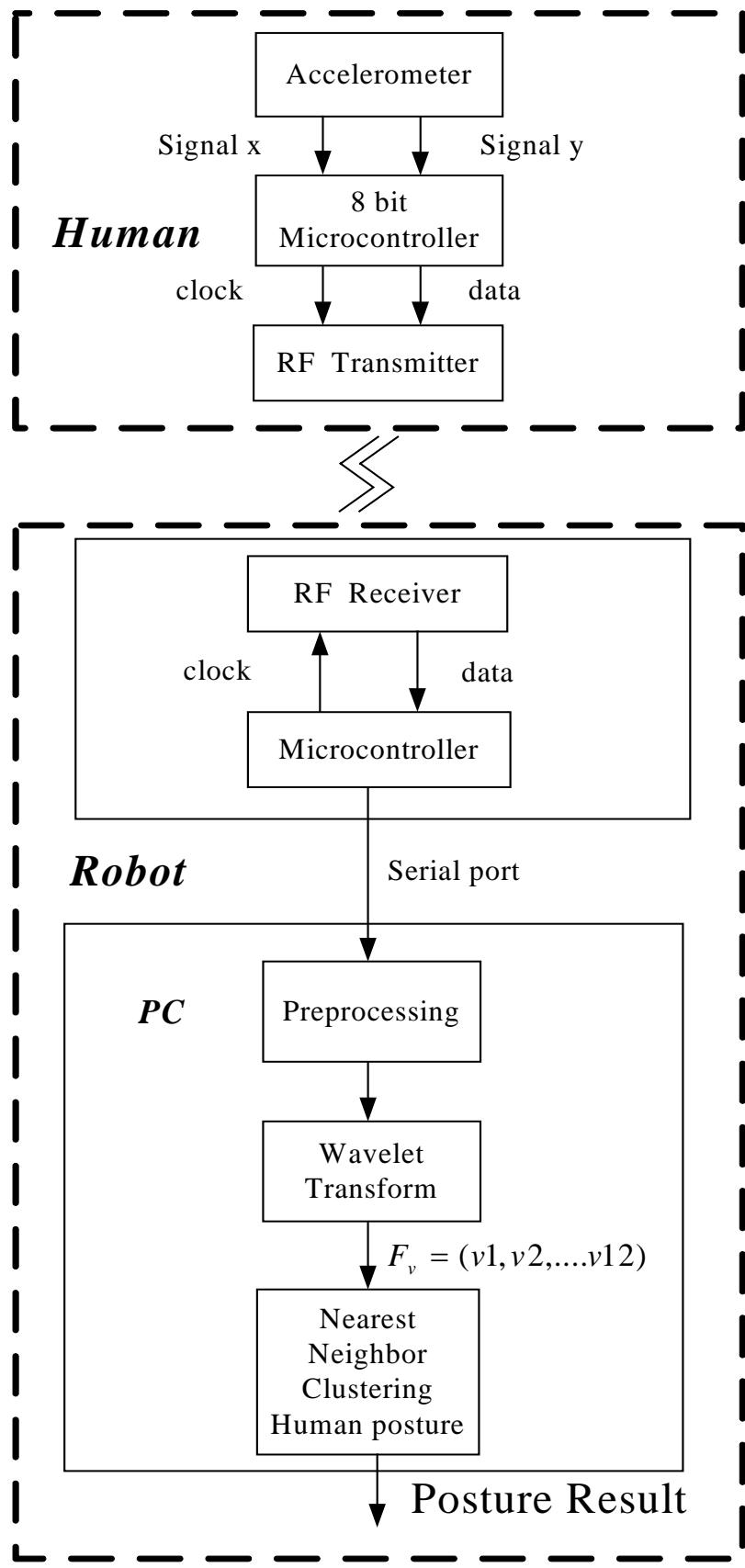


圖 2-4 遠端姿態估測系統架構圖

## 2.2 姿態訊號擷取系統介面電路設計

本論文所研製之姿態訊號擷取系統之硬體部分主要包含身體姿態感測器模組與訊號接收模組。感測器模組由一個雙軸加速度感測器、微控器和 RF 模組電路所組成。接收電路由 RF 模組、微控器及 RS232 電路組成。本論文的加速度計採用 Analog Devices 公司的產品，ADXL202JE 電容式雙軸加速度計，微控器採用 89C51，RF 是 Awin(艾威)公司編號 AM2400BS-RA 的傳送接收模組。傳送、接收模組介面設計電路圖如圖 2-5 及圖 2-6 所示，實際完成傳送模組硬體裝置如圖 2-7，接收模組如圖 2-8。

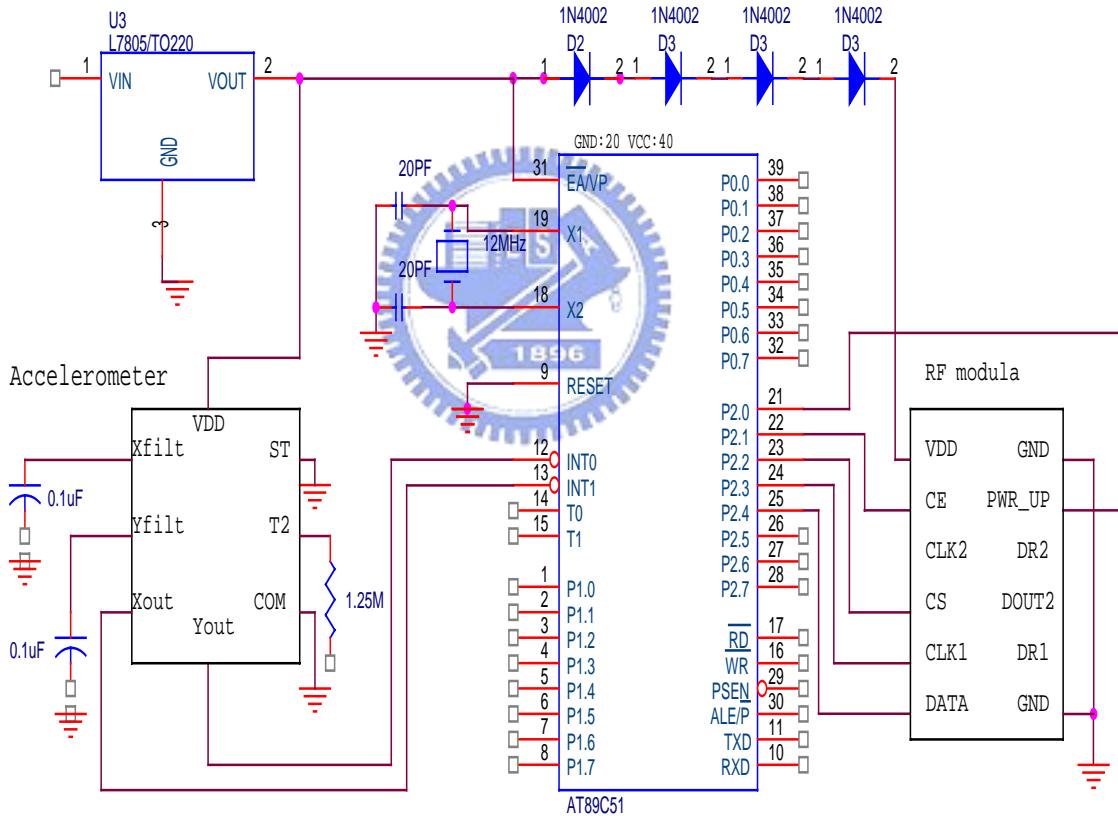


圖 2-5 訊號傳送模組電路圖

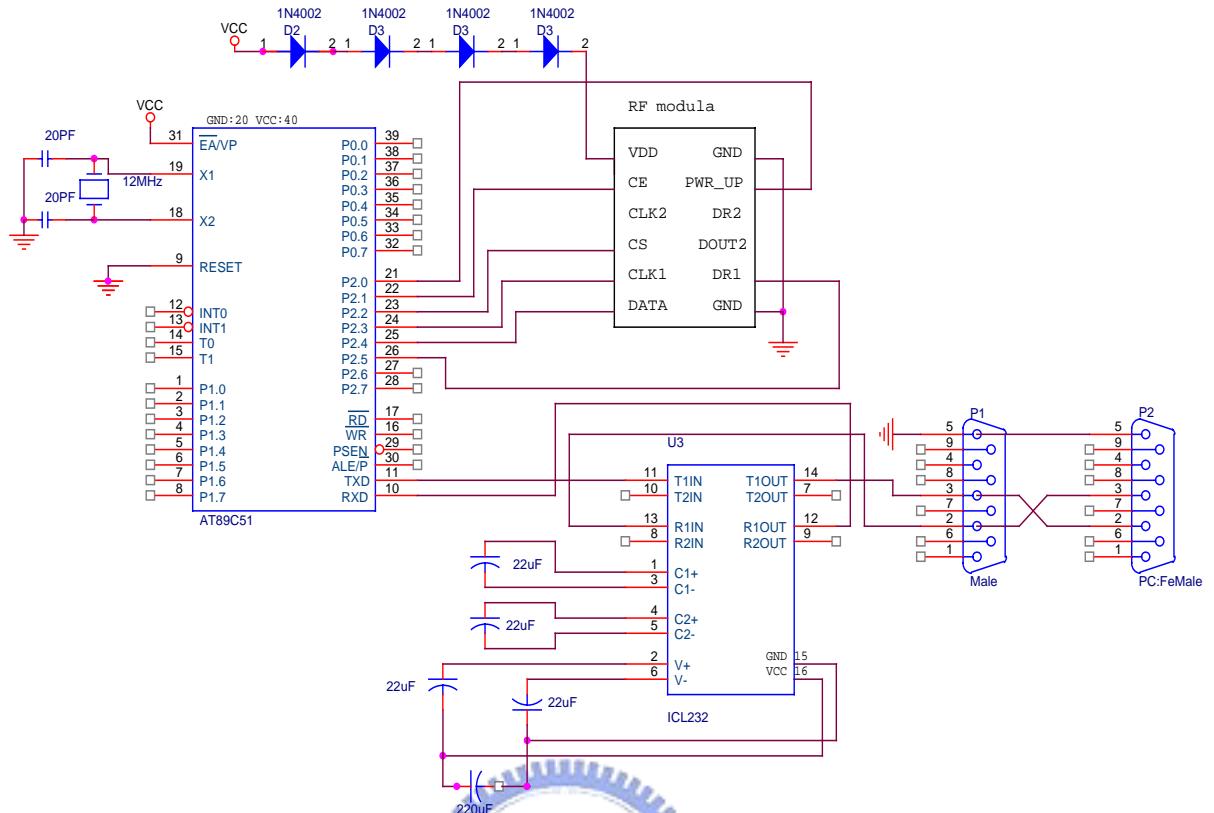


圖 2-6 訊號接收模組電路圖

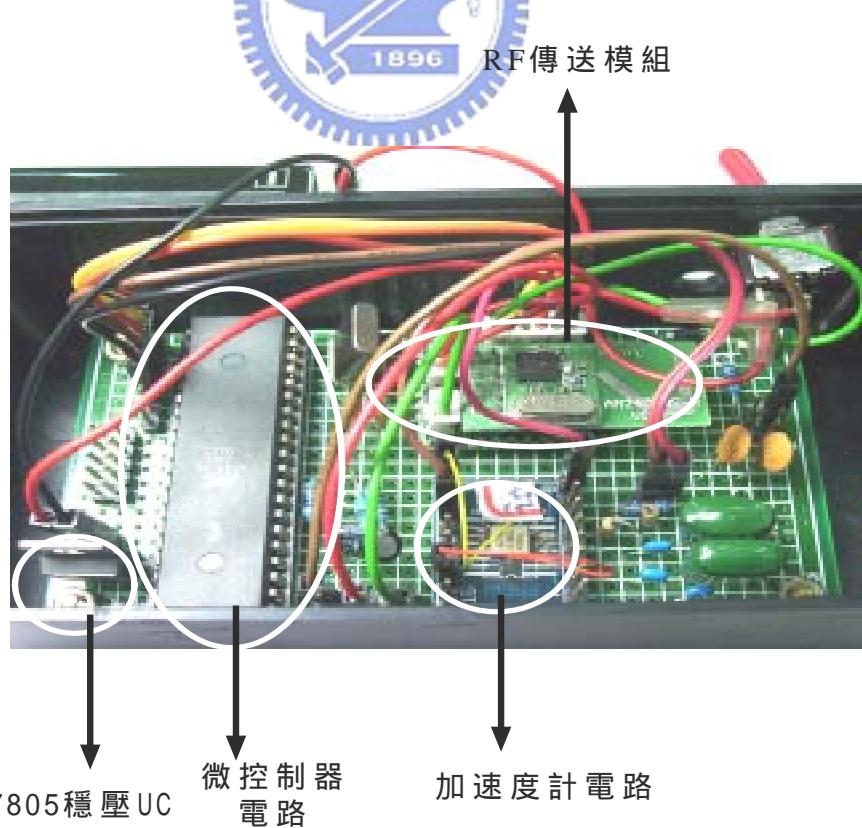


圖 2-7 人體姿態訊號擷取傳送模組

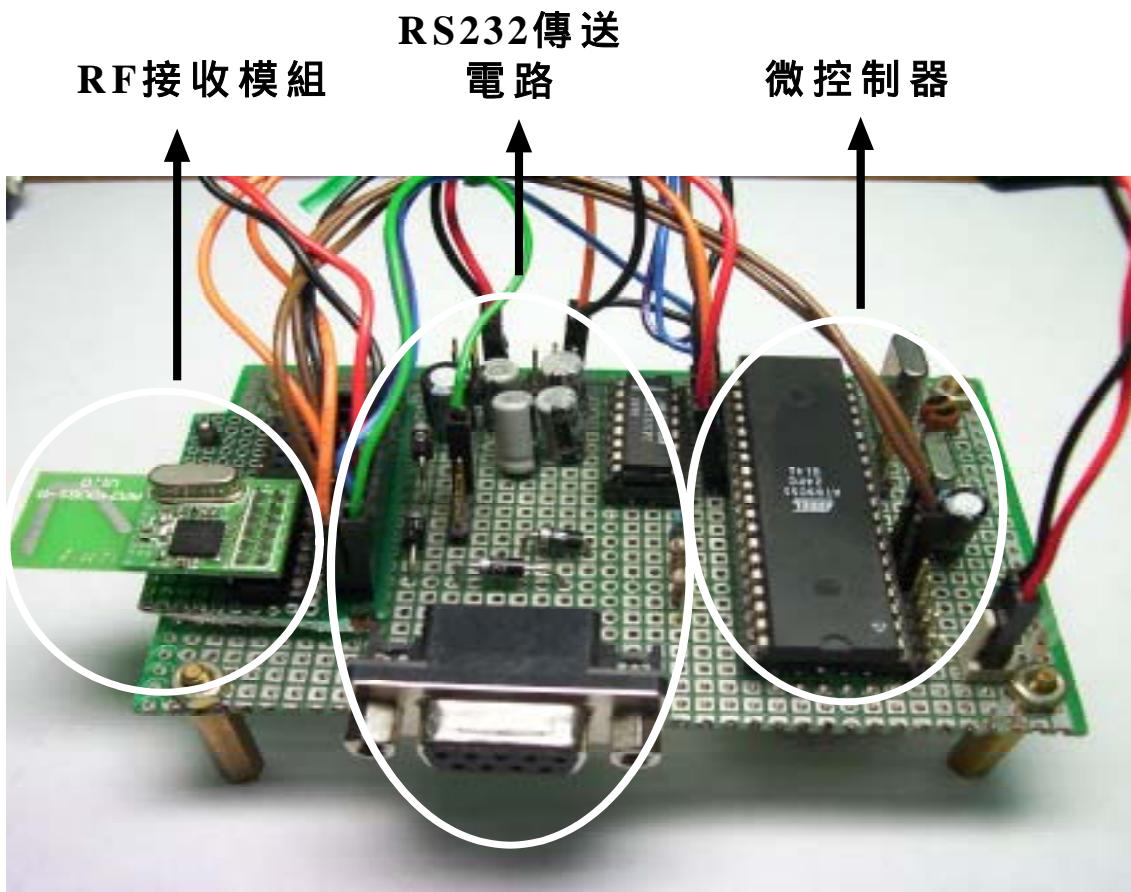


圖 2-8 人體姿態訊號擷取接收模組

量測訊號之加速度計輸出是二軸加速度訊號，輸出為 PWM 的格式，依據輸出訊號 PWM 的 duty cycle，可求出量測到的加速值大小。在加速度計之訊號週期固定下，應用微控器的計時器和中斷功能計算兩軸訊號高態的時間大小，即可求出 Duty Cycle。每計算一次高態的時間由 2 個 Bytes 表示，因此微控器一次處理二軸訊號後需送出 4 個 Bytes 資料給 RF。在訊號擷取系統的電源供給方面我們使用 9V 的乾電池，由於加速度計和微控器的電壓需求都是 5V，故在電路上將 9V 經過 7805 穩壓 IC 後使的電壓降為 5V 供給微控器和加速度計。但本研究使用的 RF 模組電壓範圍 1.9~3.6V，因此我們透過 4 個二極體將 5V 降為 2.6V 供給 RF 模組。圖 2-9 為訊號傳送接收介面設計圖。微控器的中斷 0 和中斷 1 分別計算加速度計輸出值，PWR\_UP、CS 和 CE 設定 RF 模組組態，clk 和 data 傳送加速度計的資料。在接收端的介面和傳送端相同，其中接收端的 DR 為 RF 接收模組告知接收端微控器已收到傳送端傳送過來的資料。

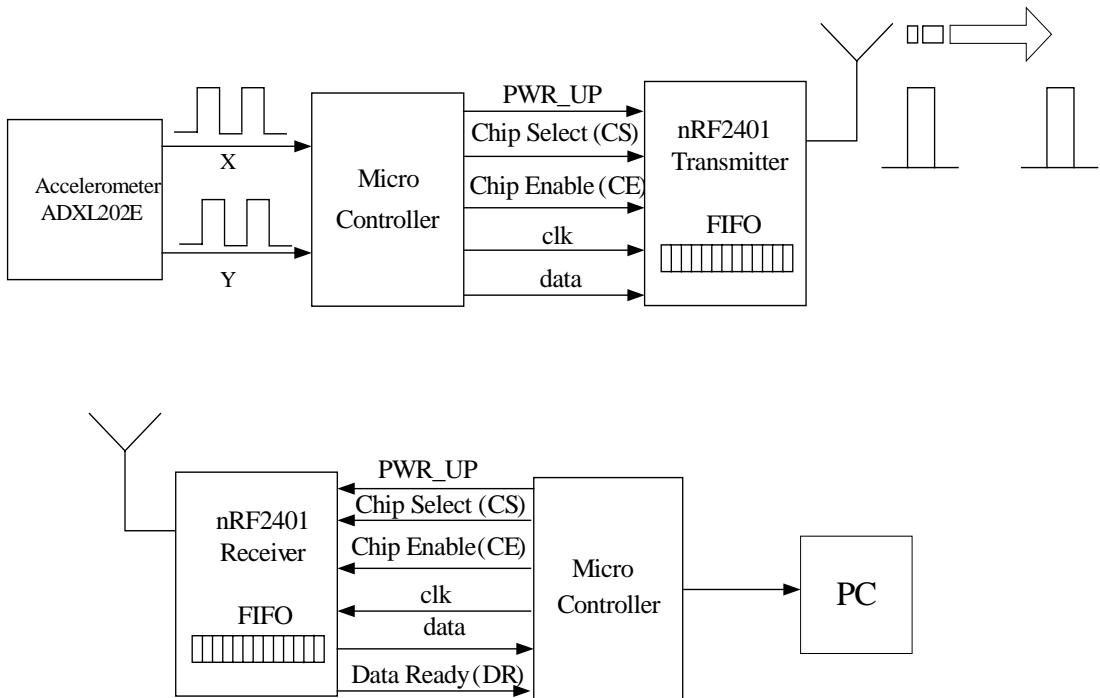
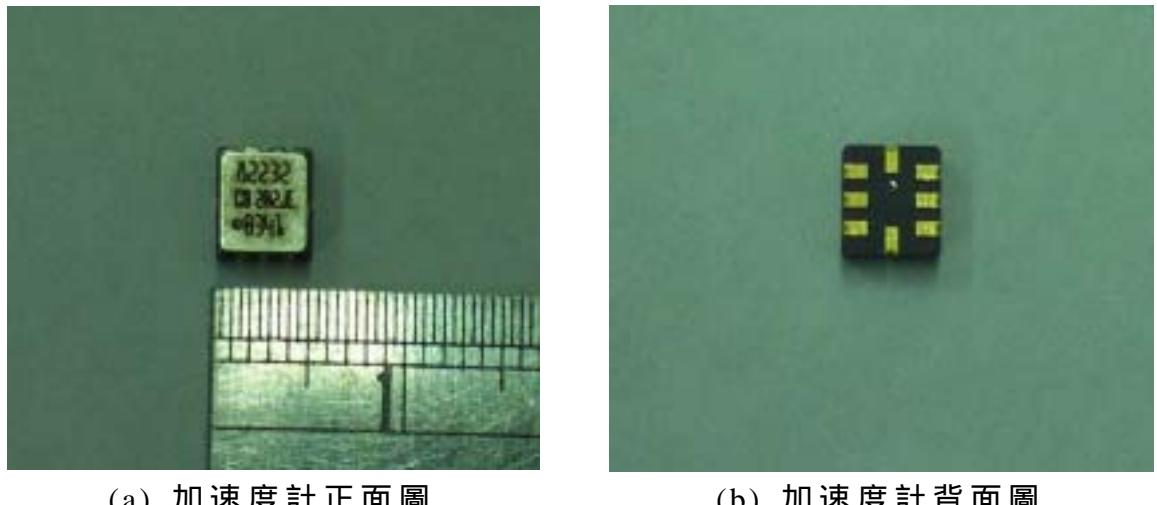


圖 2-9 訊號傳送接收介面設計圖

### 2.2.1 加速度計電路設計

本文使用的加速度計是 Analog Devices ADXL202JE 二軸互相垂直的感測器，如圖 2-10。此加速度計具有下列特點。

1. 此加速度計是由微機電(MEMS)技術所製成，它的體積大小只有  $5mm \times 5mm \times 2mm$  的大小，操作電壓範圍是  $3V \sim 5.25V$ ，所需的平均電流也只有  $0.6mA$ ，平均功率  $3mW$ ，所以十分適合隨身配帶並且用來做為長時間量測。
2. 此加速度計除了有類比輸出外，還有數位 PWM (Pulse Width Modulation) 輸出，因此在電路上不需使用 A/D 轉換器，可節省功率消耗，並直接將訊號送給處理器計算出脈波的寬度後得到加速度值。如此不僅我們的系統比較容易設計，相對的系統使用耗電也比較節省。
3. ADXL202 所能量測到的範圍  $\pm 2g$ ，對於靜態或動態的加速度值皆可量測。根據脈波寬度的改變，每改變  $12.5\%$  的 duty cycle 即有加速度值  $1g$  大小的變化。



(a) 加速度計正面圖

(b) 加速度計背面圖

圖 2-10 加速度計實體圖

ADXL202 的內部架構圖如下圖 2-11 所示。使用 ADXL202 時，首先必須決定它的使用頻寬。經過濾波處理後，可增加訊號量測的解析度、降低雜訊並且避免 aliasing 的現象。此加速度計的頻寬限制由圖 2-11 的電容 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) 和電阻 ( $R_{FILT}$ ) 決定，而  $R_{FILT}$  的值已被設定為  $32\text{k}\Omega$ [18]，根據 3db 頻寬的公式(2-1)[18]，可得到頻寬限制式(2-2)

$$F_{-3db} = \frac{1}{(2\pi(32\text{k}\Omega) \times C(x, y))} \quad (2-1)$$

$$F_{-3db} = \frac{5uf}{C(x, y)} \quad (2-2)$$

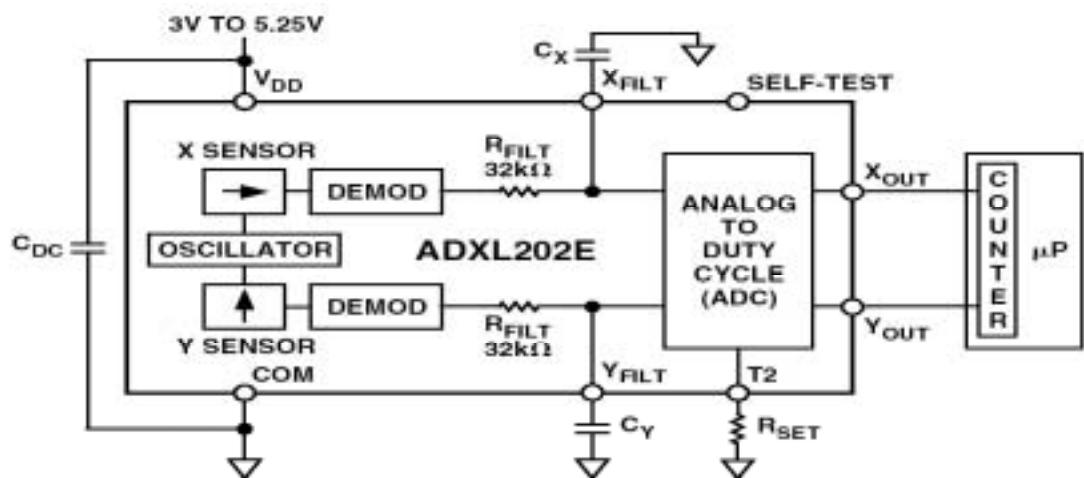


圖 2-11 加速度計內部架構圖[18]

由於人身體振動的頻率屬於低頻訊號，因此我們使用電容  $C_x$  和  $C_y$  等於  $0.1 \mu F$ ，設計此加速度計的頻寬為  $50Hz$ 。加速度計的輸出為 PWM 的格式， $T_1/T_2$  稱為 Duty Cycle，圖 2-12 為 PWM 的示意圖。我們根據式(2-3)，選擇電阻  $R_{SET}$  為  $1.2M\Omega$ ，因此加速度計輸出 PWM 的週期  $T_2$  為  $9.6ms$ ，圖 2-13 為實際量測到 PWM 的週期時間  $8.8ms$ 。當加速度等於  $0g$  時，PWM 的 Duty Cycle 為  $50\%$ 。圖 2-14 為加速度計等於  $0g$  時實際量測到的結果。加速度值每變化  $1g$ ，輸出訊號 PWM 的 Duty Cycle 改變  $12.5\%$ ，因此加速度的計算式如式(2-4)

$$T_2 = \frac{R_{SET}}{125M\Omega} \quad (2-3)$$

$$a(g) = \left( \frac{T_1}{T_2} - 0.5 \right) / 12.5\% \quad (2-4)$$

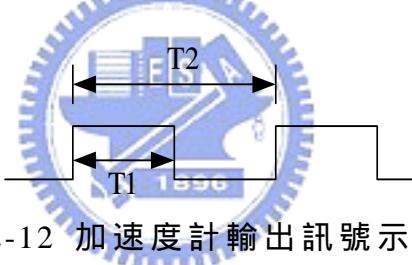


圖 2-12 加速度計輸出訊號示意圖

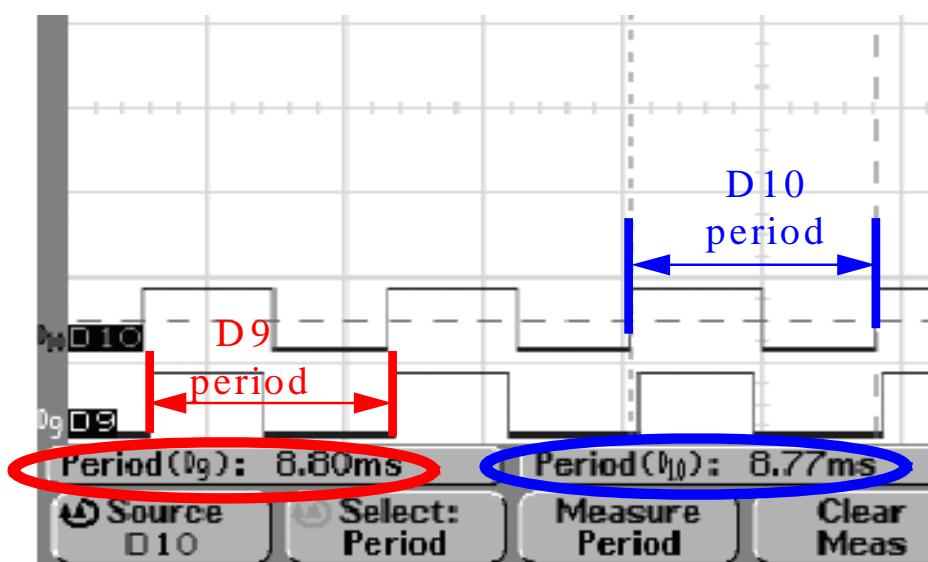


圖 2-13 實際量測加速度計之 PWM 的週期

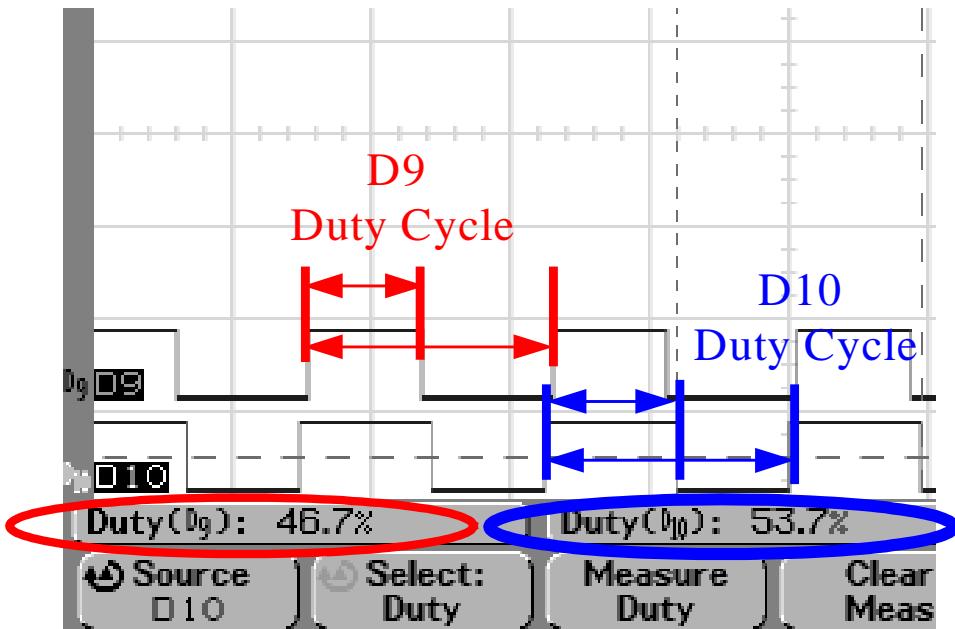


圖 2-14 實際量測加速度計之 duty cycle

### 2.2.2 加速度計之測試與補償

為了能夠確定感測模組可以精確的量測出人體動作姿態的加速度值，我們將設計完成的感測模組實際的對重力加速度做驗證，是否能夠精確量測出重力加速度值。因此我們在沒有任何補償的情況下，水平軸和垂直軸分別對重力加速度值  $1g$  做驗證，是否可以精確的量測出  $1g$ 。

- (1) 未補償時水平軸量測重力加速度  $1g$  的值所得到的加速度大小如圖 2-15，在 10 秒的時間內測得水平軸加速度值的平均為  $1.26g$ ，垂直軸加速度值平均為  $-0.29g$ 。水平軸加速度誤差大小 26%，垂直軸加速度誤差大小 29%。
- (2) 未補償時垂直軸量測重力加速度  $1g$  的值所得到的加速度大小如圖 2-16，在 10 秒的時間內測得垂直軸加速度值的平均為  $0.7g$ ，水平軸加速度值平均為  $0.27g$ 。垂直軸加速度誤差大小 30%，水平軸加速度誤差大小 27%。

未補償加速度計量測到水平訊號誤差大小平均為 26.5%，垂直訊號誤差大小平均為 29.5%。所以我們對式(2-4)做修正補償，在水平軸加速度計算式將(2-4)修正補償為式(2-5)，垂直軸計算式修正補償為(2-6)，我們重做上述的實驗。

$$a_h(g) = \left( \frac{T_1}{T_2} - 0.53 \right) / 12.6\% \quad (2-5)$$

$$a_v(g) = \left( \frac{T_1}{T_2} - 0.46 \right) / 12.6\% \quad (2-6)$$

- (3) 補償後水平軸量測重力加速度  $1g$  的值所得到的加速度大小如圖 2-17，在 10 秒的時間內測得水平軸加速度值的平均為  $0.97g$ ，垂直軸加速度值平均為  $0.037g$ 。水平軸加速度誤差大小修正為 3%，垂直軸加速度誤差大小修正為 3.7%。
- (4) 補償後垂直軸量測重力加速度  $1g$  的值所得到的加速度大小如圖 2-18，在 10 秒的時間內測得垂直軸加速度值的平均為  $0.95g$ ，水平軸加速度值平均為  $-0.016g$ 。垂直軸加速度誤差大小修正為 5%，水平軸加速度誤差大小修正為 1.6%。

經過補償後，我們將加速度計的水平誤差大小降低為 2.3%，垂直誤差大小為 4.35%。

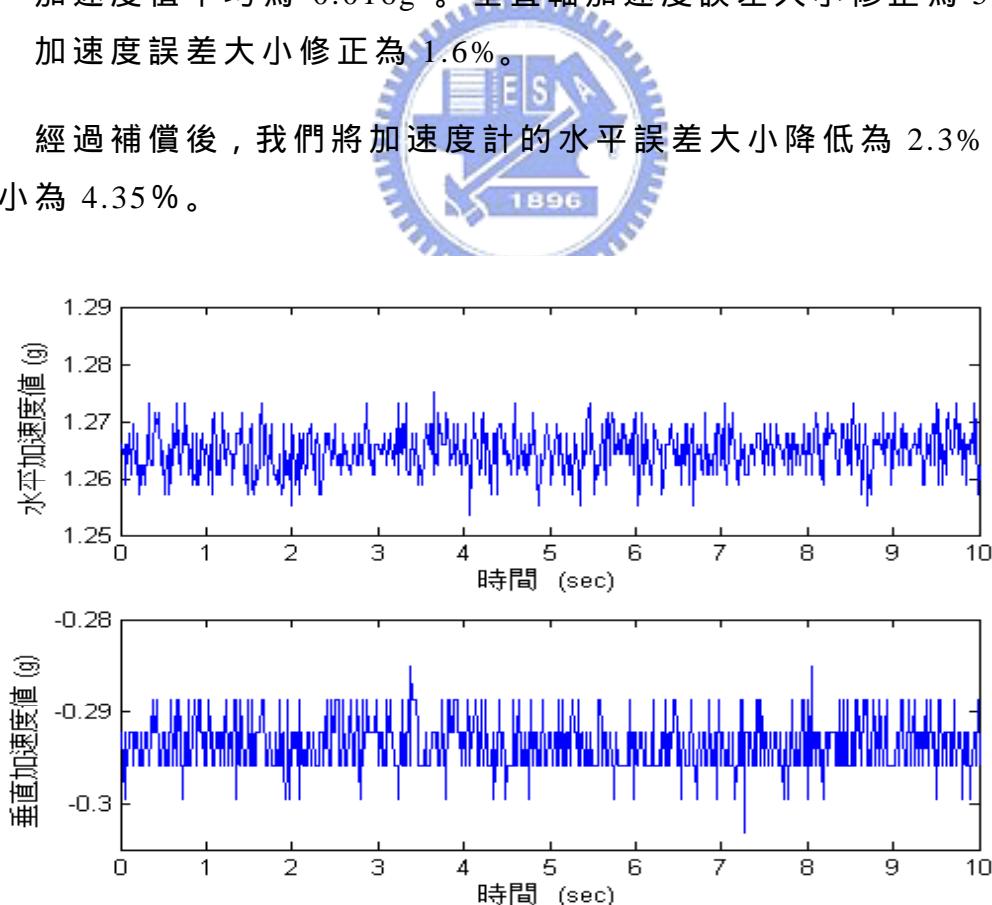


圖 2-15 未補償水平軸對重力加速度值的測試

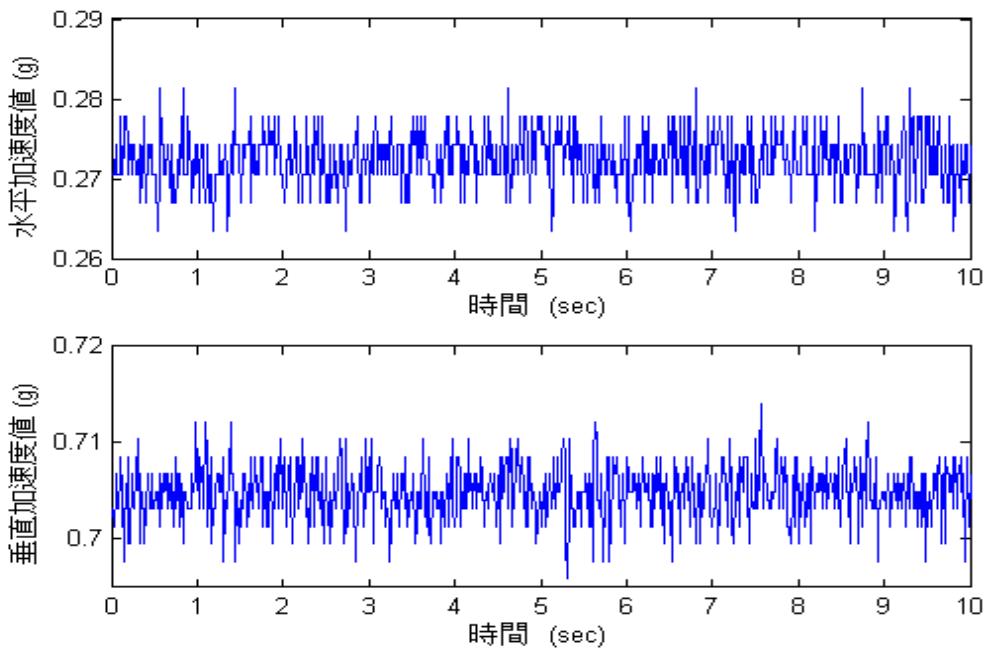


圖 2-16 未補償垂直軸對重力加速度值的測試

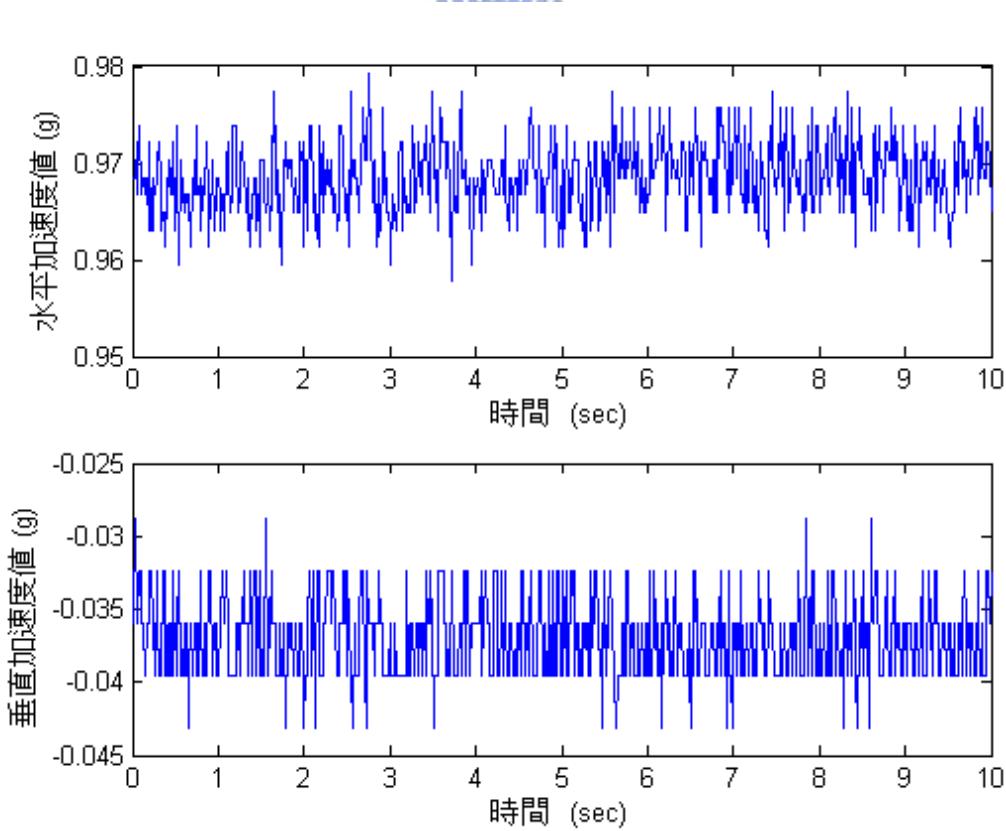


圖 2-17 補償後水平軸對重力加速度值的測試

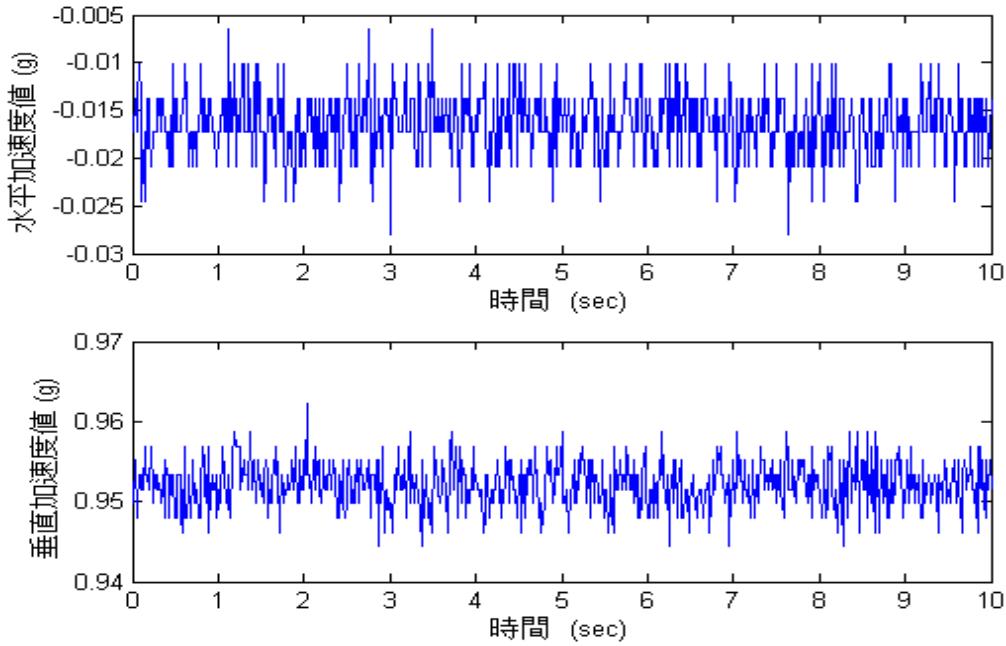


圖 2-18 補償後垂直軸對重力加速度值的測試

### 2.2.3 RF 傳送模組介面電路設計

本論文使用的 RF 傳送模組以 Nordic 公司發展 nRF2401 的 IC，由艾威 (Awin) 公司生產的 RF 模組。實體圖如圖 2-19。此模組的特性如下：

1. RF 模組傳送頻帶在 2.4~2.5GHz ISM 頻帶上，它的體積為  $5mm \times 5mm$ ，24pin 腳的 IC，操作電壓範圍在 1.9V~3.6V，使用最大電流 18mA。資料傳輸速率 0~1Mbps
2. 此模組在傳輸上可利用 2.4~2.5GHz 頻帶，在不同頻帶下對 RF 做傳輸的設定，最大可達到 125 個通道，可一對多使用。在初始設定組態只要藉著串列介面 PWR\_UP、CS 和 CE pin 腳即可完成，並簡化我們的程式設計。同時提供 ShockBurst 模式，在 1Mbps 的速率下使用。
3. 有同時雙接收模式。每個模組都有雙通道，在接收模式下，可同時接收兩個獨立傳送模組所傳送的資料，並且提供 8-bit 和 16-bit 的 CRC 功能設定，檢查資料傳送的正確性。圖 2-20 為 RF 模組在接收模式下，可同時接收兩個獨立傳送模組傳送的示意圖。當 RF 接收模組使用雙通道接收資料時，通道 2 的頻帶一定比通道一大 8MHz，如圖 2-21。

使用 RF 模組時，必須先設定他的組態。因此根據 configuration 的時序圖 2-22，將 PWR\_UP 和 CS 設為高態，CE 設為低態，由微控器傳送 12 Bytes 的資料，這些資料包含 RF 的傳送或接收模式、頻帶設定、CRC bit 數，資料傳送的 Address 及資料傳送大小的設定。此 RF 在傳輸模式下，可選擇設定 ShockBurst 或 Direct 二種模式。由圖 2-23 所示，將 PWR\_UP 和 CE 設為高態、CS 設為低態使的 RF 在 ShockBurst 模式下速率為 1Mbps。

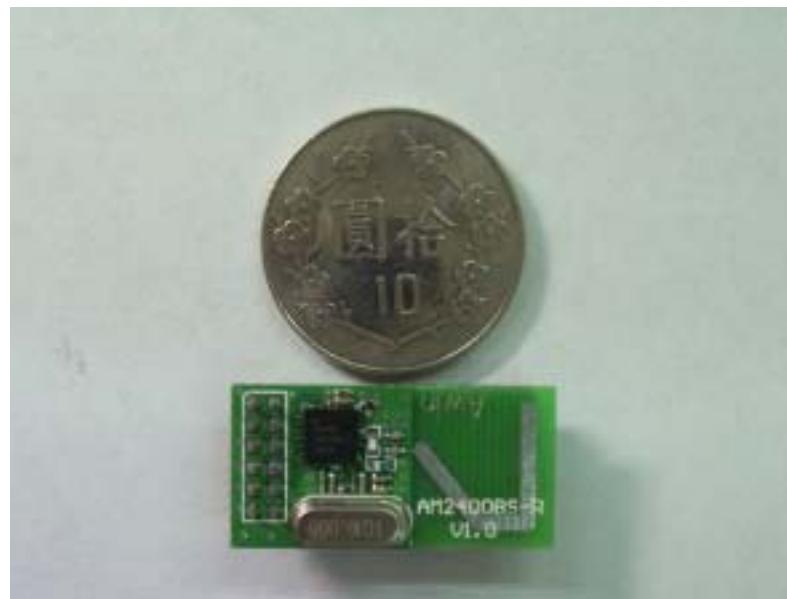


圖 2-19 傳送接收模組實體圖

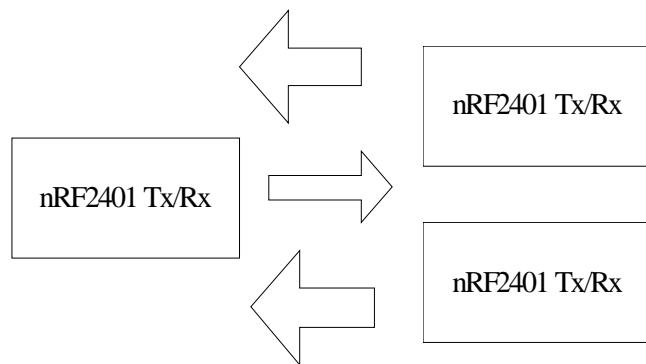


圖 2-20 接收模組雙通道接收示意圖[19]

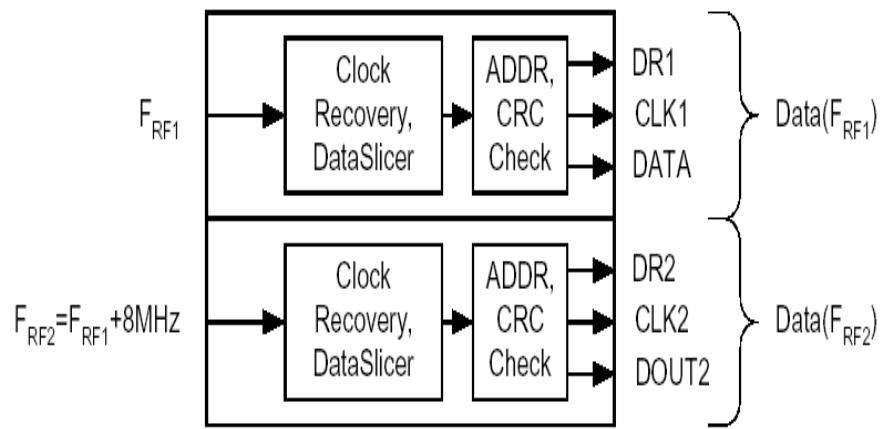


圖 2-21 雙通道同時的接收獨立資料示意圖 [19]

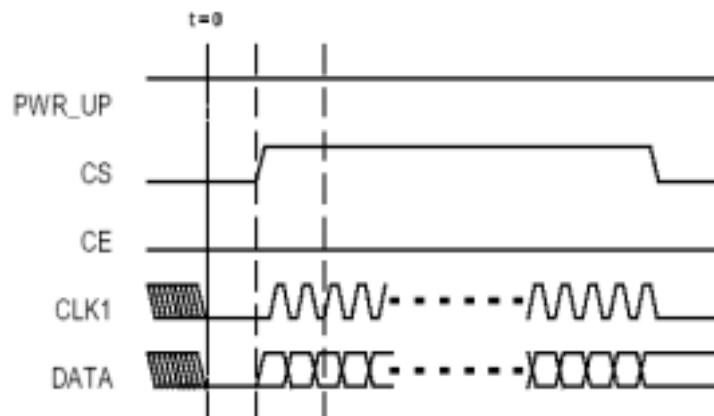


圖 2-22 傳送、接收模組初始組態設定時序圖 [19]

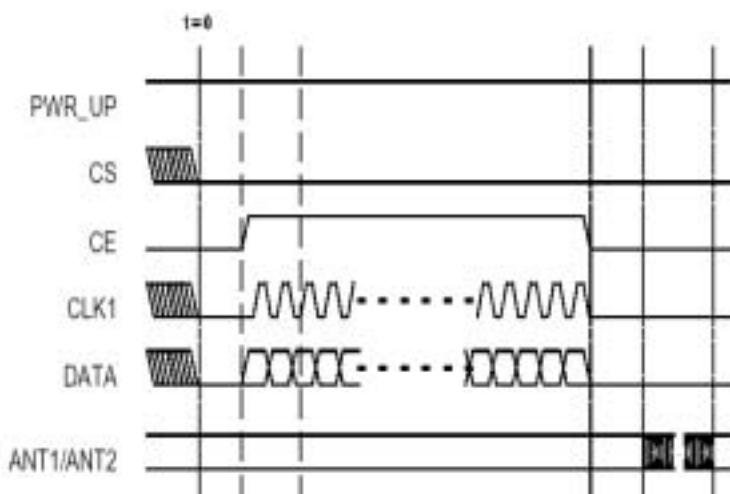


圖 2-23 傳送模組設定 ShockBurst 模式下的時序圖 [19]

RF 在傳送資料 ShockBurst 模式之處理流程如下圖 2-24：

1. 當 RF 被 configue 在傳送模式下，若微控器計算出加速度的值後，設定 CE 為高態。
2. 微控器傳送 Address 和 data 給 RF 接收模組，並且計算 CRC(Cyclical Redundancy Check)，完成後將 CE 設為低態。
3. RF 在欲傳送的資料前增加一個 Preamble，提供接收模組作辨識是否為接收的資料。
4. RF 使用 1Mbps 的速度傳送資料

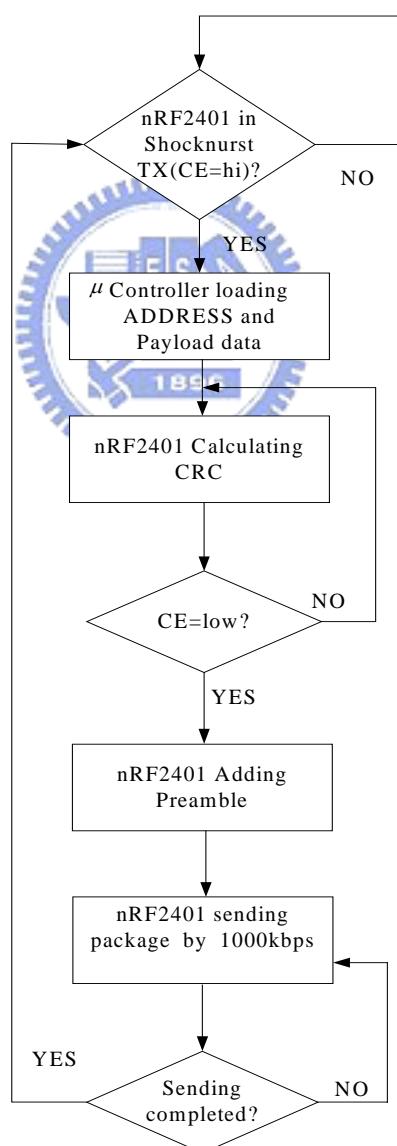


圖 2-24 在 ShockBurst 模式下 RF 傳送資料流程圖

## 2.2.4 RF 接收模組電路介面設計

RF 在接收資料 ShockBurst 模式之處理流程如下：

1. 當 RF 被 configure 在接收模式，設定 CE 為高態，RF 開始偵測是否有資料需要接收。
2. RF 接收到資料後，確認 Address 和資料大小沒有錯誤後，移去 Address 和 Cyclical Redundancy Check(CRC)的資料，只留下加速度值的資料。
3. RF 設定 DR1 為高態，表示已接收到資料。微控器送出脈波，接收 RF 上的資料，當 RF 內部的 FIFO(First Input First Output)沒有資料時，DR1 被設為低態。

其流程圖如圖 2-25 所示。

## 2.2.5 微控器電路介面設計

本文採用的微控器為 89C51，其內部包含 8-bit 中央處理單元，4 個 bit 的 I/O 埠，2 組 16bit 的計時器/計數器，還有一組全雙工的串列通訊傳輸埠。在傳送端微控器主要有兩方向之應用，計算加速度計量測到加速度值的大小，和將資料傳送給 RF。首先，由 RF 上的 PWR\_UP、CE、CS 三個 pin 腳設定 RF 的組態，傳送 12 Bytes 的資料將 RF 設定在傳送模式下，並且設定每次傳送資料大小 4 Bytes 利用 89C51 的外部中斷 0 和 1 分別偵測垂直和水平軸訊號高態的時間。當外部中斷 0 偵測垂直方向訊號高態上升的邊緣後，啟動計時器 0 開始計算高態的時間；若偵測到垂直方向高態下降的邊緣，則停止計時器 0，將得到高態時間大小以 2 Bytes 表示。當計時器 0 計算完成後再用外部中斷 1 和計時器 1 計算水平方向高態的時間。當外部中斷 1 偵測到水平方向訊號高態上升的邊緣後，啟動計時器 1 開始計算水平方向高態的時間；若偵測到水平方向高態下降的邊緣，則停止計時器 1 時間計算。將 4 Bytes 透過無線 RF 模組傳送到 PC 端，微控器訊號處理流程如圖 2-26 所示。在接收模組的微控器主要接收 RF 接收端的資料，接收端 RF 接收到資料後，RF 模組上資料利用微控器 UART 串列傳輸介面傳到 PC 端做辨識處理，串列傳輸介面傳輸速度設定 57600 bps。

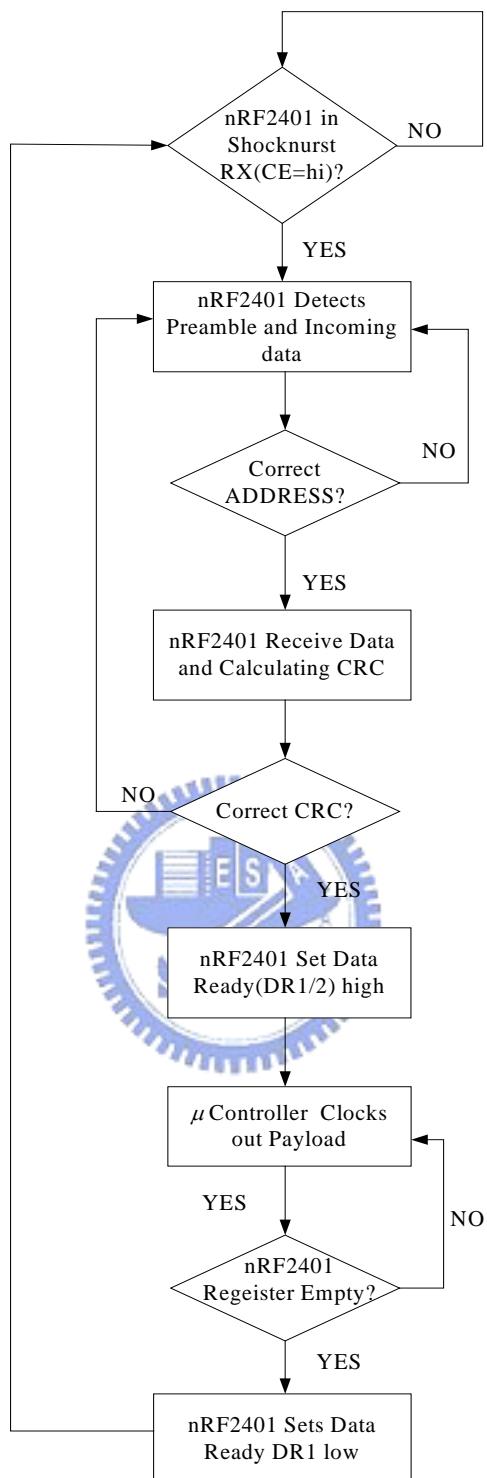


圖 2-25 在 ShockBurst 模式下 RF 接收資料流程圖

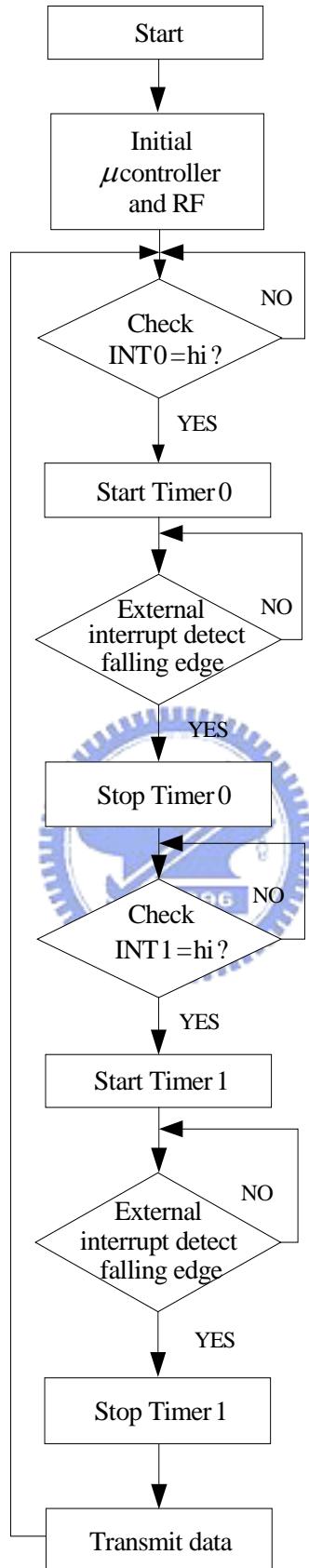


圖 2-26 微控器處理訊號流程圖

# 第三章 姿態辨識系統演算法

## 3.1 姿態辨識系統設計概念

本章說明姿態辨識系統設計概念，圖 3-1 為辨識系統架構圖。人體身上的訊號量測裝置量測水平和垂直的訊號後，經過內部的微控器處理，計算出加速值大小，再由無線 RF 傳送模組傳到 PC 端。在 PC 端內部處理，本論文採用離散小波分解方式得到六個低頻頻帶成分，萃取得到這些頻帶的小波係數當做特徵。首先針對測試者每個姿態動作做 10 次的訓練，每個姿態動作訓練可訓練出一組 12 維的特徵參數向量。因此我們訓練  $F_{sit}$ 、 $F_{stand}$ 、 $F_{upstairs}$ 、 $F_{downstairs}$  和  $F_{walk}$  五種姿態動作特徵向量，出來的結果當成特徵比對的樣本，再依據 K-Nearest Neighbor 分類法則判別動作姿態的類別。在訊號的前置處理方面，水平和垂直每次各擷取 1000 筆資料長度做小波分解，得到的特徵向量再與訓練出的參考樣本做比對，判斷測試者屬於哪種動作姿態。

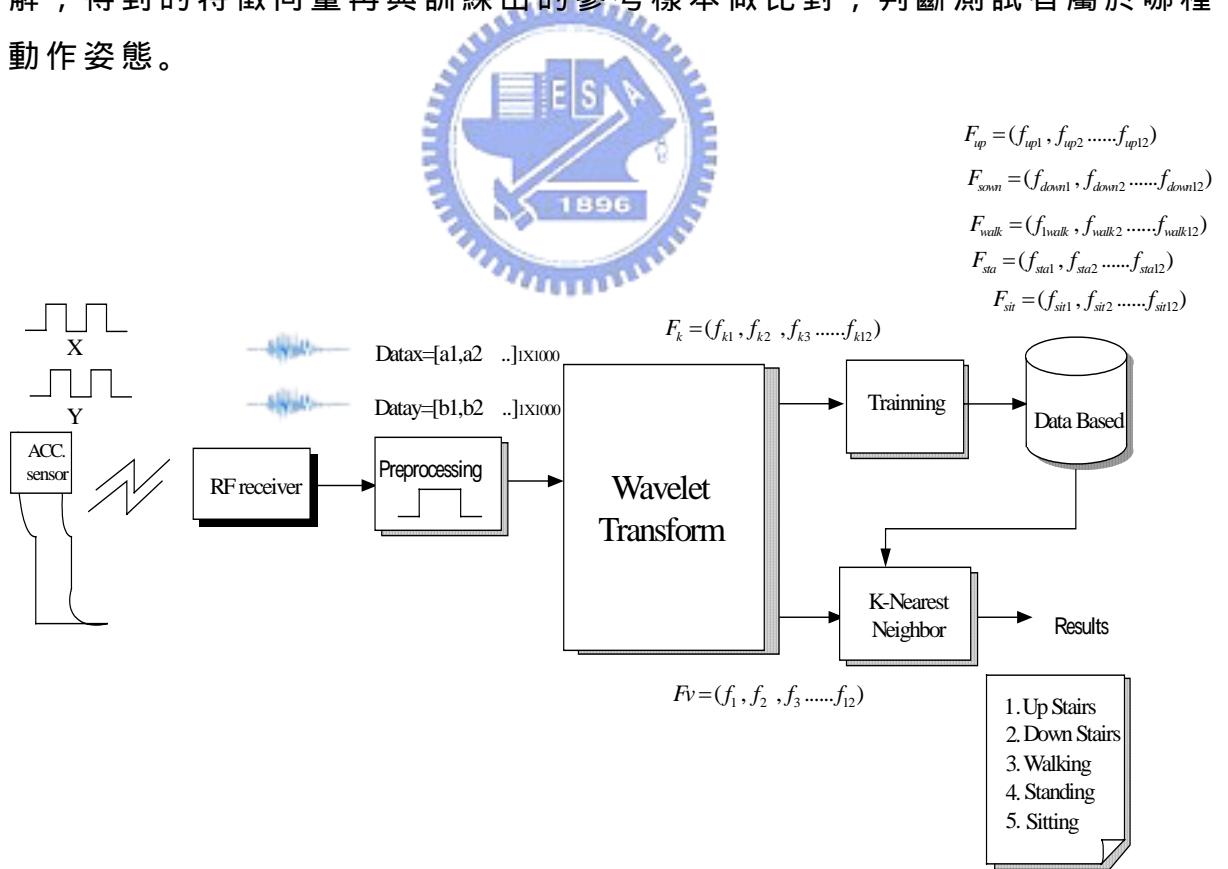


圖 3-1 姿態辨識系統內部架構圖

### 3.2 小波轉換

處理訊號時我們時常在頻域下量化訊號的特徵，在我們所欲分析的五種訊號，雖然人的眼睛可以明顯感受到五種訊號加速度值大小的不同，但是卻很難描述它們到底如何的不同。難以描述也就難以量化。因此從訊號的頻譜來運算，可以找出頻率能量的不同，明確的量化我們欲分析的訊號。所以本研究在頻域下萃取出不同頻帶的特徵，辨識出動作姿態。目前的分析方法中大多是藉由傅立葉轉換(Fourier Transform)或短時間傅立葉轉換(Short-Time Fourier Transform)，將時域轉換至頻域，以求得訊號頻譜資訊。然而，對於傅立葉轉換(short-time Fourier transform)是假設訊號的特性是不變的或是變化很少的狀況為基礎所推出來的理論，因此對於穩定的(stationary)的訊號而言，傅立葉轉換是一個非常理想的分析工具；但是，本論文所量測的身體姿態訊號是非固定(non-stationary)，因此若使用傅立葉轉換會有解析度不佳的缺點。短時間傅立葉轉換即將訊號乘上視窗函數，使的訊號的有效積分範圍縮到一個小範圍，短時傅立葉轉換利用此一視窗達到時間-頻域解析的特性。雖然 STFT 可解決傅立葉轉換不適用於分析非固定的訊號，但當時間視窗選定之後，STFT 在時域的分析範圍也被固定了，根據測不準原理，對任何轉換： $f(t) \rightarrow F(w)$  其時間與頻率解析度之間變化關係式如式(3-1)，若視窗太小時，便無法分析較低頻的變化；當視窗太大時，便無法分析較高頻的變化，因此 STFT 的視窗大小被固定後，其頻域的解析度也被固定，所以若是分析未知頻率的訊號時，STFT 將無法使用。

$$\Delta t \cdot \Delta f \geq \frac{1}{4\pi} \quad (3-1)$$

小波轉換的基本概念在於：以數學轉換的方式，把一個訊號經由轉換使其分成數個頻率分量。將小波基底函數(mother function)經一定比例的伸縮(dilation)與平移(translation)形成一組小波函數，用這些小波函數展開欲分析的訊號，使原訊號分成數個分量；小波基底經伸縮與平移是為了改變小波轉換時頻域的解析度，並使他有局部定位的能力。小波基底函數為將單一母波函數  $\phi(t)$ ，母波函數經擴張及轉移後所產生的一組函數其表示式

(3-2) , 必須符合積分和為零 , 如式(3-3)和能量有限的特性式(3-4)

$$\phi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R \quad (3-2)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dt = 0 \quad (3-3)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\phi(t)|^2 dt < \infty \quad (3-4)$$

其中  $a$  為比例係數(scaling factor) , 用來對小波基底函數壓縮或擴張。較大的  $a$  值可使母波產生擴張的效果 , 反之 , 較小的  $a$  值表示對母波進行壓縮處理。  $b$  為位移係數(translation factor) , 用來對整段小波基底函數作平移 , 當母波較窄時 , 應選取較小的值使每次位移的距離短一些 , 母波較寬時 , 則應選取較大的值 , 避免位移重疊。根據連續小波轉換(CWT)的定義

$$CWT_f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad a, b \in R, a \neq 0 \quad (3-5)$$

將式(3-4)帶入(3-5) , 我們得到連續小波轉換式(3-6)

$$CWT_f(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi_{a,b}^*(t) dt \quad \text{其中 } a, b \in R, a \neq 0 \quad (3-6)$$

離散小波轉換(Discrete Wavelet Transform)就是把連續小波轉換公示中的尺度參數  $a$  與平移參數  $b$  離散化(Discretization) , 即可獲得離散小波轉換。因此  $a, b$  係數離散化後表示如式(3-7)(3-8)

$$a = a_0^m, m \in \mathbb{R}, a_0 \neq 1 \quad (3-7)$$

$$b = na, n \in \mathbb{R} \quad (3-8)$$

由式(3-7)(3-8)可得到離散小波函數(3-9)

$$\phi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \phi\left(\frac{t-n}{2^m}\right) \quad (3-9)$$

因此，(3-9)帶入(3-6)得到離散小波轉換表示式(3-10)

$$DWT_f(m, n) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \sum_k f(k) \phi^*\left(\frac{k-n}{2^m}\right) \quad (3-10)$$

因為在本論文所欲辨識的訊號大都屬於低頻的訊號，在低頻的訊號需要較大的解析度，故本論文選擇小波轉換在低頻訊號獲得低頻成分。

### 3.2.1 小波分解

小波轉換可用來當作訊號分解的方法，稱為小波分解，其步驟如下：

1. 根據小波函數，可分別推導出一組小波分解的高通與低通濾波器。
2. 一段取樣頻率為  $f_s$  的數位離散訊號當成原始輸入訊號，使訊號分別通過低通和高通濾波器，可得到原始輸入訊號  $f_s$  的低頻  $ca1(0 \sim f_s/2)$  和高頻  $cd1(f_s/2 \sim f_s)$  的訊號分量。
3. 再將  $ca1$  或  $cd1$  經過高通或低通濾波器，可得到第二層的小波係數  $ca2$ 、 $cd2$ 。依此類推，可得到更多層的小波係數，由這些小波係數，可判別原始輸入訊號在每個頻帶的分量。

圖 3-2 表示步驟 2~3。若原始訊號的頻率為  $0 \sim f_s$  Hz，則分解後的第一層  $ca1$ 、 $cd1$  分別為  $0 \sim f_s/2$  和  $f_s/2 \sim f_s$ ，再將  $ca1$  分別經過高通和低通濾波器，則第二層小波係數  $ca2$ 、 $cd2$  分別為  $0 \sim f_s/2$  和  $f_s/2 \sim 3f_s/4$ ，下圖 3-3 為多層小波分解後的頻帶分佈。

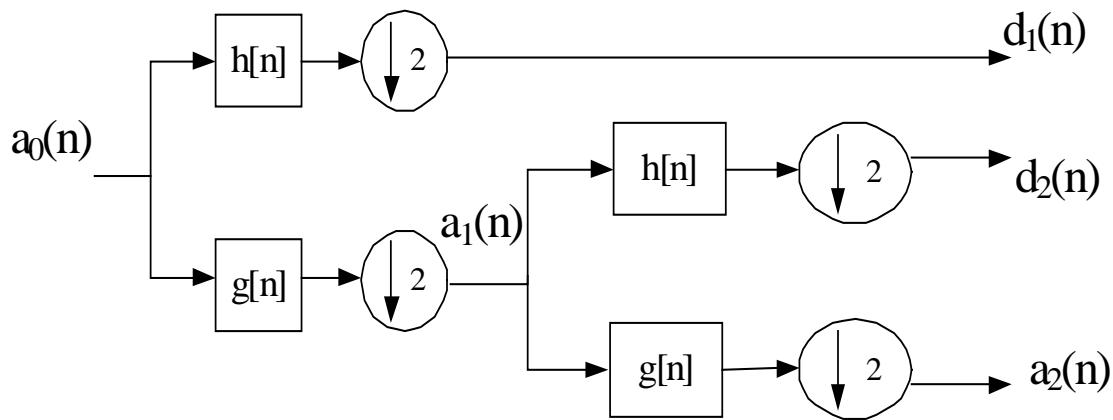


圖 3-2 原始訊號經過兩次小波分解示意圖

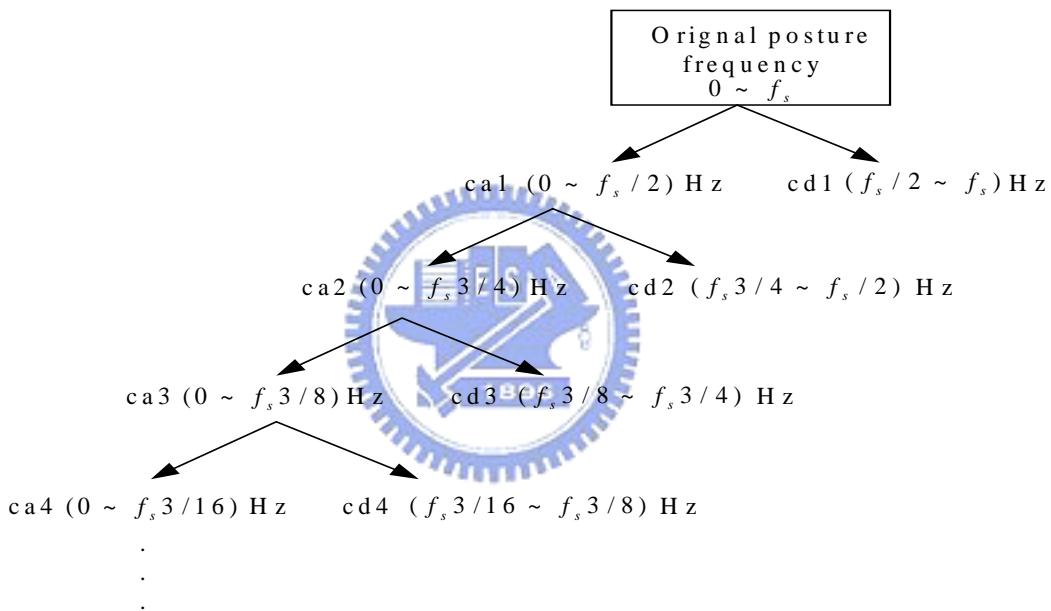


圖 3-3 原始訊號經多層小波分解後的頻帶分佈

### 3.3 身體姿態訊號前置處理

我們以 1000 筆的資料當作一個區段，將這個方法得到姿態的資料進行訊號處理。用 1000 筆姿態來考量主要是避免所處理的訊號太短，若是訊號資料太少，容易造成特徵不明顯，降低我們系統的辨識率。若是訊號太長，系統讀取資料的時間會變的過長。接收端的資料傳送介面，使用串列傳輸介面 RS232 將資料傳送到電腦裡，從接收資料完到辨識運算完成的時間約 8~9 秒。圖 3-4 為訊號前置處理示意圖。

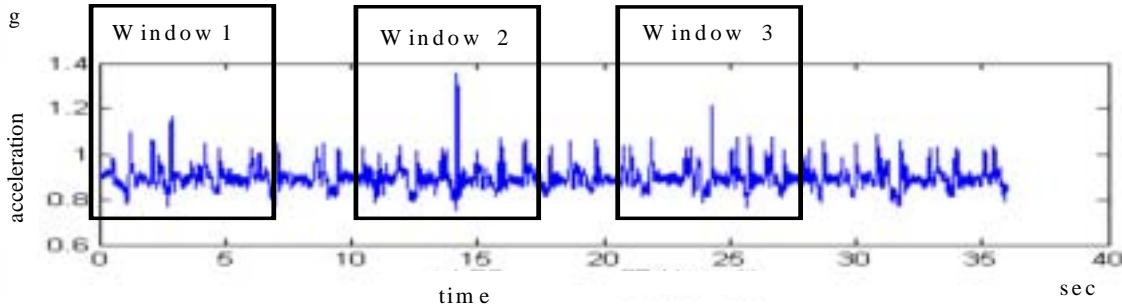


圖 3-4 前置處理示意圖

### 3.4 特徵參數擷取

為了要知道在每段從身體量測到的訊號頻帶的分佈，必須先知道可以表示頻帶類別的資訊，得到此資訊稱為特徵萃取。此處以前節 3.2 之小波轉換分解得到各個頻帶小波係數資訊當作一段時間內姿態的特徵。

在本文中取到姿態的特徵就是將水平和垂直各取 1000 筆的資料經過 5 層的小波轉換，最後得到一組 12 個元素的特徵向量來表現此段時間內測試者的姿態為何。1000 筆資料經過 5 層小波係數分解後各層頻率帶分佈如圖 3-5 所示，我們選取經過小波分解後的六段訊號：A5(0~1.56Hz), D5(1.56~3.12Hz), DA4(3.12~4.68Hz), DD4(4.68~6.25Hz), DA3(6.25~9.38Hz), DD3(9.38~12.5Hz)，把這每一段的小波係數相加，得到六個值。由於本論文在身體量測方面使用二軸的訊號，因此組成的特徵向量共有 12 個元素，由這 12 個元素辨識出測試者在此段時間內的動作姿態為何。

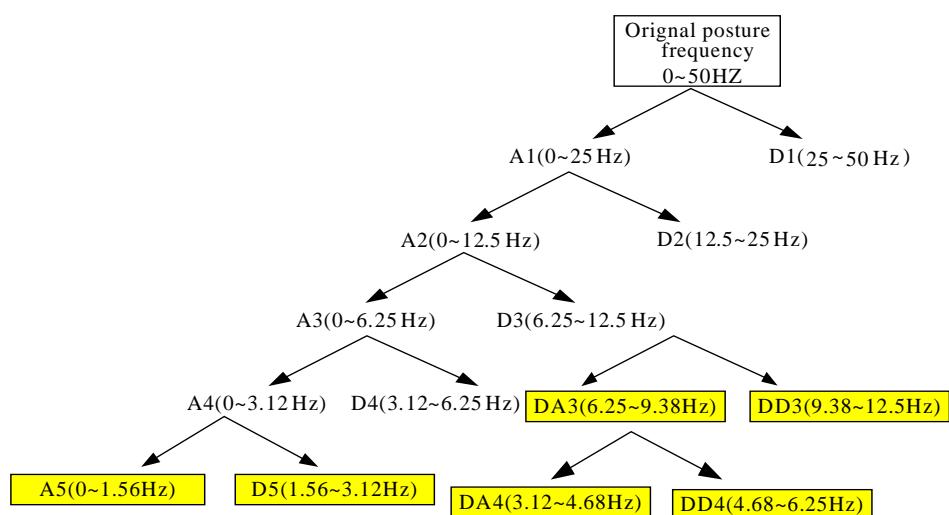


圖 3-5 本文輸入訊號經多層小波分解後的頻帶分佈

### 3.5 K-Nearest Neighbor 分類法

如何有效的產生一個參考樣本，提供在特徵比對分類使用是一個很重要的問題。在辨識後的眾多分類方法使用有，最近鄰居法(K-Nearest Neighbor, KNN)[20]、最大最小距離法(Max-Min Distance)[20]或建立模型[21]分類法等。在我們的研究中，考量訊號屬於一維且欲分類的五種姿態並不複雜，因此我們使用KNN的方法。KNN在學習階段將每筆訓練資料做適當表示後儲存起來，完成訓練工作。當有一筆測試資料需要分類時，再將測試資料與所有訓練資料逐一比對，找出K筆最近的訓練資料，在依據這K比訓練資料所屬的類別，計算出測試資料與這K筆資料的距離大小，判斷測試資料應該屬於哪一類。我們使用KNN的主要步驟如下：

#### 1. 測試者模型建立步驟

首先我們收集測試者每種姿態訓練的資料，接著經過小波轉換特徵擷取後，得到12維度的特徵參數向量，每一種姿態我們訓練10次，使用這10次的平均值當作分類的特徵向量。因此，我們得到( $F_{sit}$ 、 $F_{stand}$ 、 $F_{upstair}$ 、 $F_{downstair}$ 和 $F_{walk}$ )五組姿態的特徵向量。

#### 2. 測試者姿態辨識的步驟

將訊號前置處理後的訊號 $y_j$ 經過3.4節所討論特徵參數擷取後，得到一連串12維度的特徵向量 $F_k = (f_{k1}, f_{k2}, f_{k3}, \dots, f_{k12})$ ，接著計算它和五種姿態訓練得到特徵向量 $F_{sit}$ 、 $F_{stand}$ 、 $F_{upstair}$ 、 $F_{downstair}$ 和 $F_{walk}$ 之間的距離，若是距離最小者則屬於那一類。

$$D_i = \|F_k - F_i\|, \quad i = stand, sit, walking, upstairs, downstairs \quad (3-11)$$

if  $D_i$  is min , then  $y_j \in C_i$  ,  $C_i$  is five different posture cluster

## 第四章 實驗結果

本章內容主要描述所設計的「人體姿態辨識系統」實驗的方法和結果，利用自行設計的可攜帶式感測模組判斷出測試者的姿態。我們將藉由下面 2 個實驗來驗證系統辨識能力，並歸納出本系統辨識的結果：

1. 在受測者大腿上安置訊號擷取感測器，由五位不同測試者對上樓、下樓、走路、站和坐五種姿態做辨識，每種姿態做 20 次辨識，並統計出每位測試者的辨識率和五位測試者在五種姿態整體平均辨識率。
2. 由六位不同測試者，每個測試者分別在一段時間內任意走五種姿態，統計整體所得到的辨識結果。

### 4.1 五位不同測試者五種姿態辨識結果

本實驗中，每一位測試者之感測資訊先經由 K-Nearest Neighbor 訓練，取得其辨識樣本。實際測試時，再將所得到的資料送進系統中，測試系統之辨識能力。本實驗上樓、下樓的測試場所如圖 4-1 所示，受測者在大腿上放置所研製的訊號量測系統，量測訊號的方向為後方水平訊號和垂直向下訊號，擺放的位置如圖 4-2 所示。

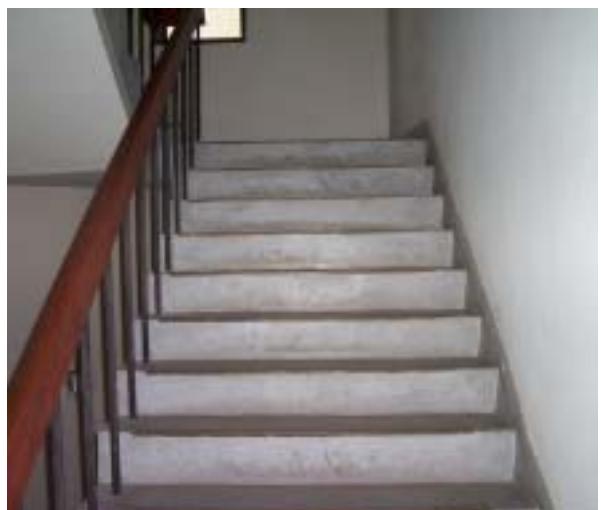


圖 4-1 實驗測試場所



圖 4-2 量測模組放置位置

號量測系統的外觀和內部分別如圖 4-3 及圖 4-4。實驗場所附近放置 RF 接收模組與並且與電腦連接。在進行測試前，每位測試者對每種姿態先訓練出 10 個樣本，由這 10 個樣本取平均數，因此我們會找出  $F_{sit}$ 、 $F_{stand}$ 、 $F_{upstair}$ 、 $F_{downstair}$  和  $F_{walk}$  五種姿態的參考樣本，每一種參考樣本為 12 元素的特徵向量當作此種姿態比對時的參考樣本。每個姿態我們另外做 20 次，計算辨識對的次數。由於受限 RF 傳輸的距離，因此我們無法一次連續辨識 20 次。對於欲辨識的 5 種姿態，採取每一種姿態做 5 次測驗，每一次測驗做連續數個相同的動作直到電腦判斷出 4 個姿態就停止動作，因此每個姿態共 20 次。下圖 4-5(a)-(e)分別是我們實驗時五種不同姿態示意圖。圖 4-6(a)-(e)則是測試者一 5 次上樓量測結果，圖 4-7(a)-(e)是測試者一 5 次下樓量測結果，圖 4-8(a)-(e)是測試者一 5 次走路量測結果，圖 4-9(a)-(e)是測試者一 5 次站姿量測結果，圖 4-10(a)-(e)是測試者一 5 次坐姿量測到的結果。表 5-1 至表 5-5 分別為五位測試者姿態辨識出來的結果，表 5-6 為五位平均辨識率。

五位測試者靜態的站和坐由於加速度計垂直或水平分別受到重力的影響，若是站姿時垂直的直流低頻訊號的小波係數相對其他頻帶的係數比較大，而水平直流訊號的小波係數相對較其他低頻的係數小。坐姿則恰與站姿相反，因此在站和坐的辨識率相對的會比較高。最後實驗的結果顯示，在靜態的站或坐的姿勢，五位測試者在這二個姿態整體平均可以達到很高的辨識率。由於動態的姿勢上樓、下樓和走路姿態變化不大，所以在這三種姿態上，容易辨識錯誤。但我們仍可以在水平低頻的成分找出其差異性。實驗結果顯示，五位測試者在上樓、下樓和走路整體平均辨識率 70%、84% 和 89%。另外會影響本系統辨識率的因素，長時間量測容易使的感測裝置因為身體的震動產生移位，降低辨識率，所以我們在長時間測試時，每隔一段時間必須從新將訊號感測裝置垂直軸對重力加速度(g)做校正，檢驗感測模組是否安置正確，沒有發生移位。當測試者做出非自然姿態動作，例如：快走、快速上樓或下樓，也會導致辨識率的下降。



圖 4-3 量測模組的外觀



圖 4-4 量測模組內部電路

表 5-1 測試者一 5 種姿態辨識結果

實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	12	5	2	0	0
下樓	8	15	1	0	0
走路	0	0	17	0	0
站姿	0	0	0	20	0
坐姿	0	0	0	0	20
辨識結果	60%	75%	85%	100%	100%

表 5-2 測試者二 5 種姿態辨識結果

實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	16	3	0	0	0
下樓	4	17	0	0	0
走路	0	0	14	3	0
站姿	0	0	6	17	0
坐姿	0	0	0	0	20
辨識結果	80%	85%	70%	85%	100%

表 5-3 測試者三 5 種姿態辨識結果

實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	14	1	0	0	0
下樓	5	16	0	0	0
走路	1	3	18	1	0
站姿	0	0	2	19	0
坐姿	0	0	0	0	20
辨識結果	70%	80%	90%	95%	100%

表 5-4 測試者四 5 種姿態辨識結果



實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	12	0	0	0	0
下樓	8	18	0	0	0
走路	0	2	20	5	0
站姿	0	0	0	15	0
坐姿	0	0	0	0	20
辨識結果	60%	90%	100%	75%	100%

表 5-5 測試者五 5 種姿態辨識結果

實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	16	1	0	0	0
下樓	4	18	0	0	0
走路	0	1	20	0	0
站姿	0	0	0	20	0
坐姿	0	0	0	0	20
辨識結果	80%	90%	100%	100%	100%

表 5-6 五位測試者整體 5 種姿態平均辨識結果

實際 姿態 辨識 結果	上 樓	下 樓	走 路	站 姿	坐 姿
上樓	70	11	2	0	0
下樓	28	84	1	0	0
走路	2	5	89	9	0
站姿	0	0	8	91	0
坐姿	0	0	0	0	100
辨識結果	70%	84%	89%	91%	100%



(a) 上樓



(b) 下樓



(c) 走路

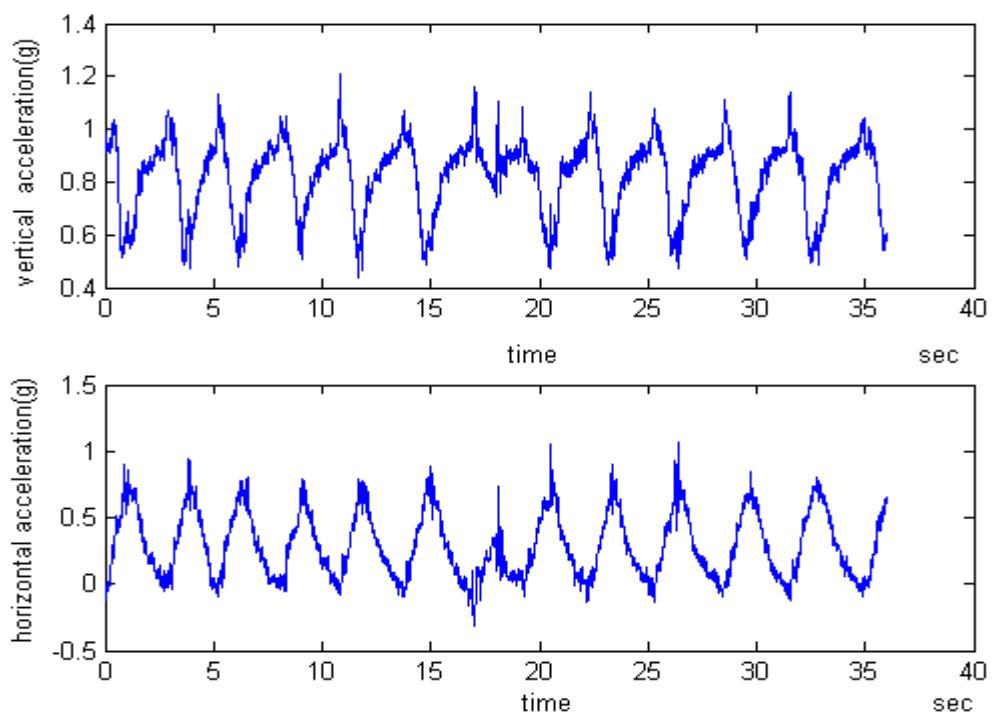


(d) 站

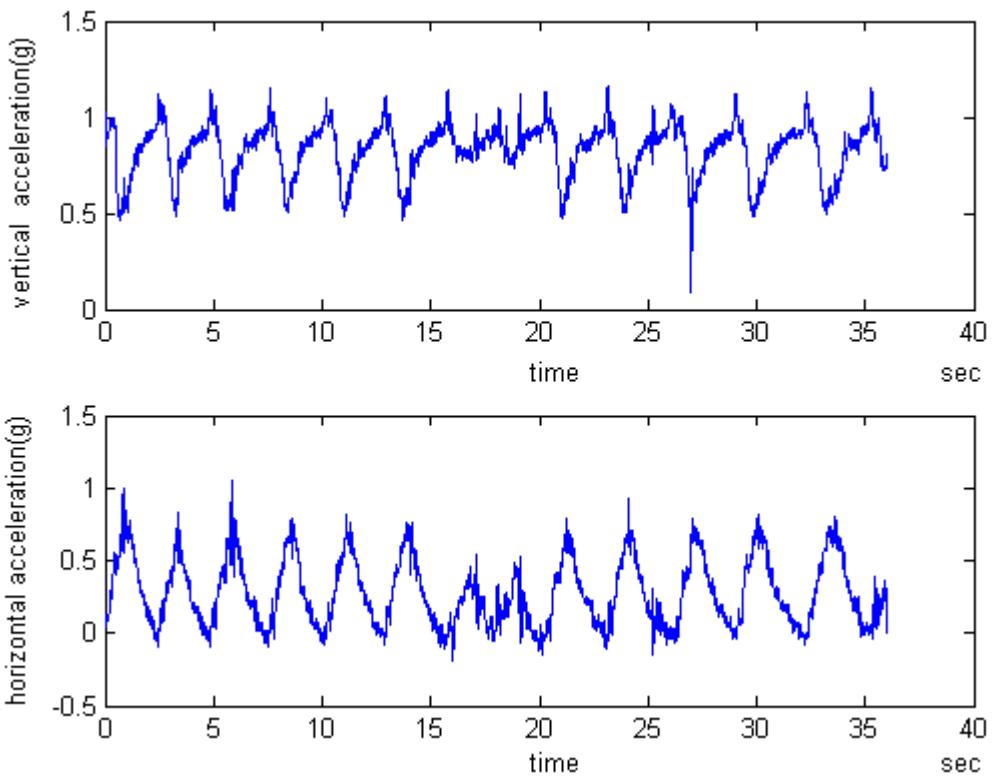


(e) 坐

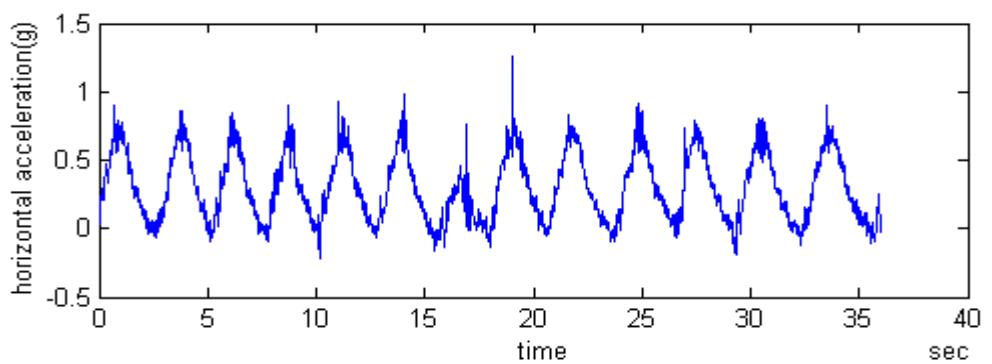
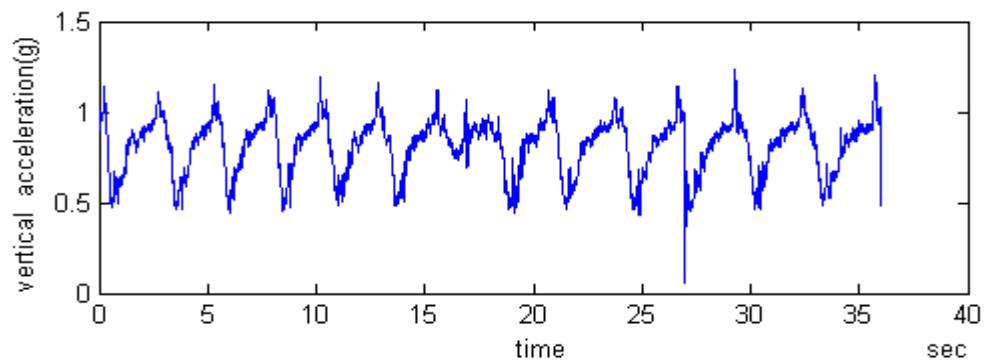
圖 4-5 五種姿態示意圖



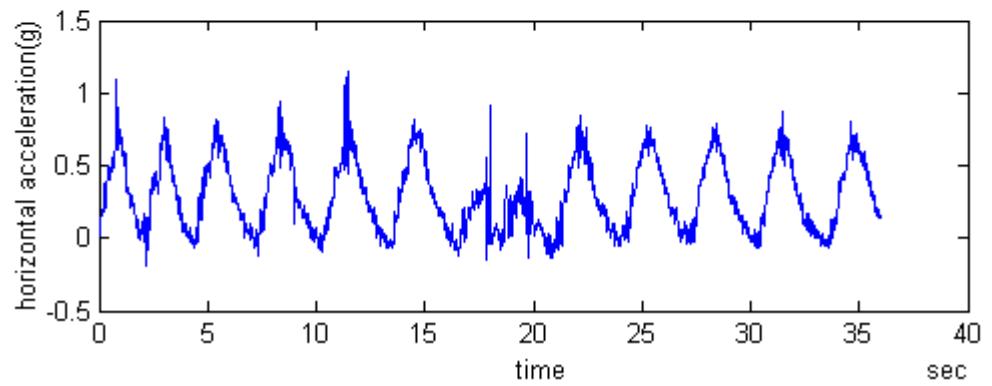
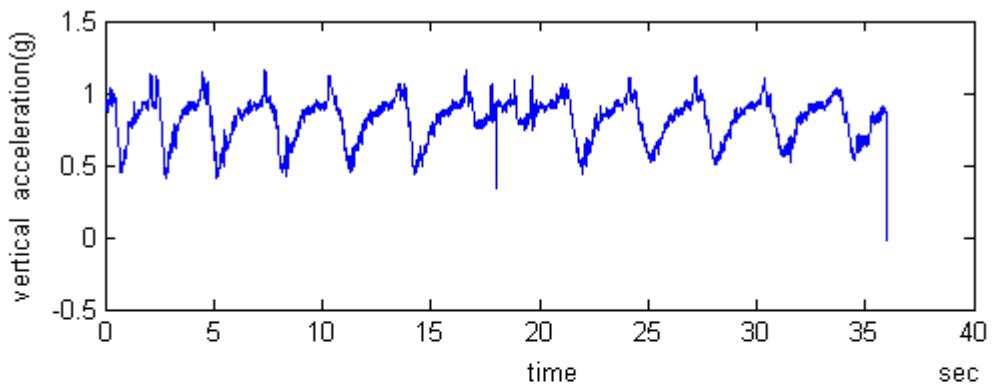
(a) 測試者一 第一次上樓量測結果



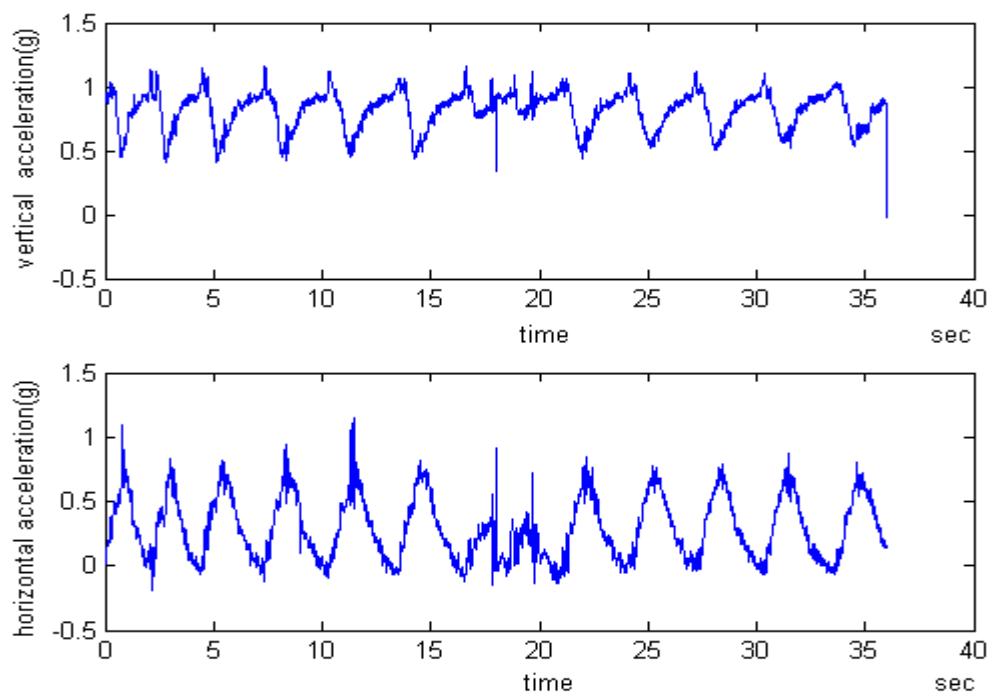
(b) 測試者一 第二次上樓量測結果



(c) 測試者一 第三次上樓量測結果

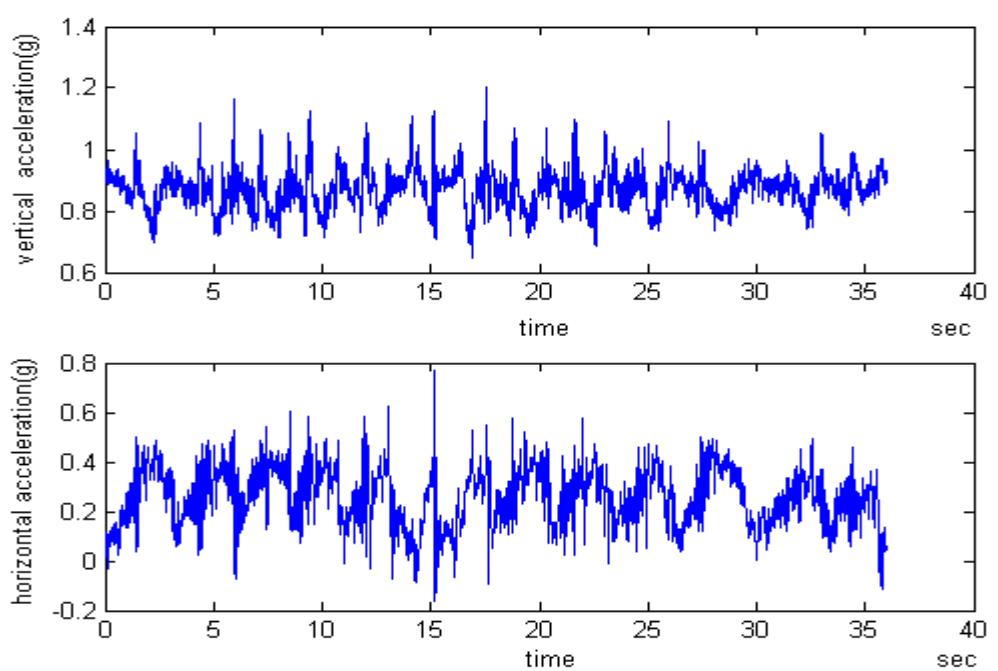


(d) 測試者一 第四次上樓量測結果

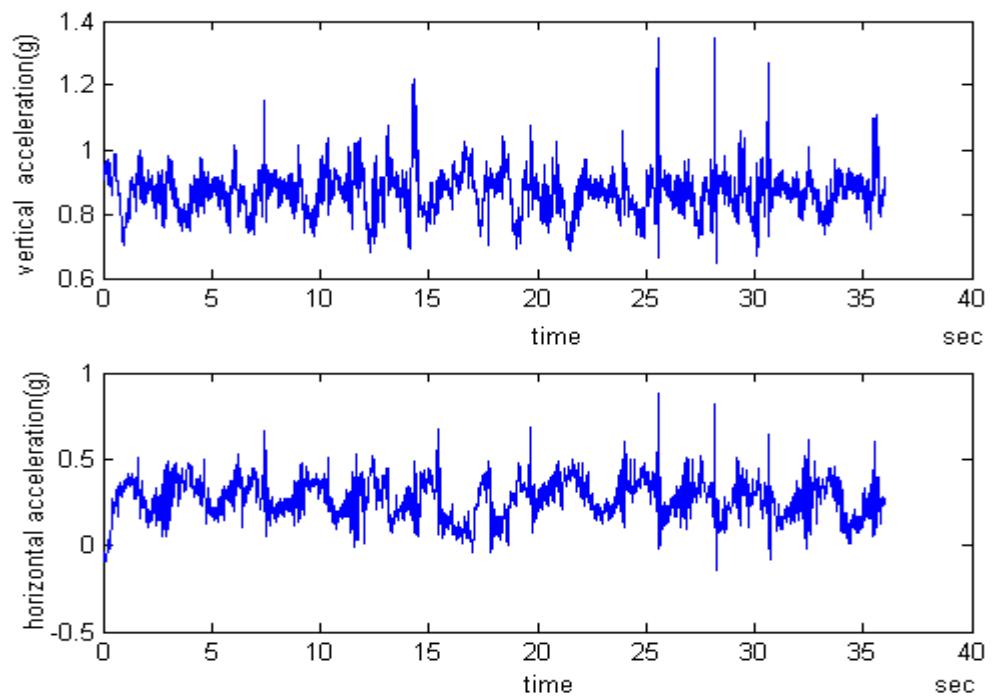


(e) 測試者一 第五次上樓量測結果

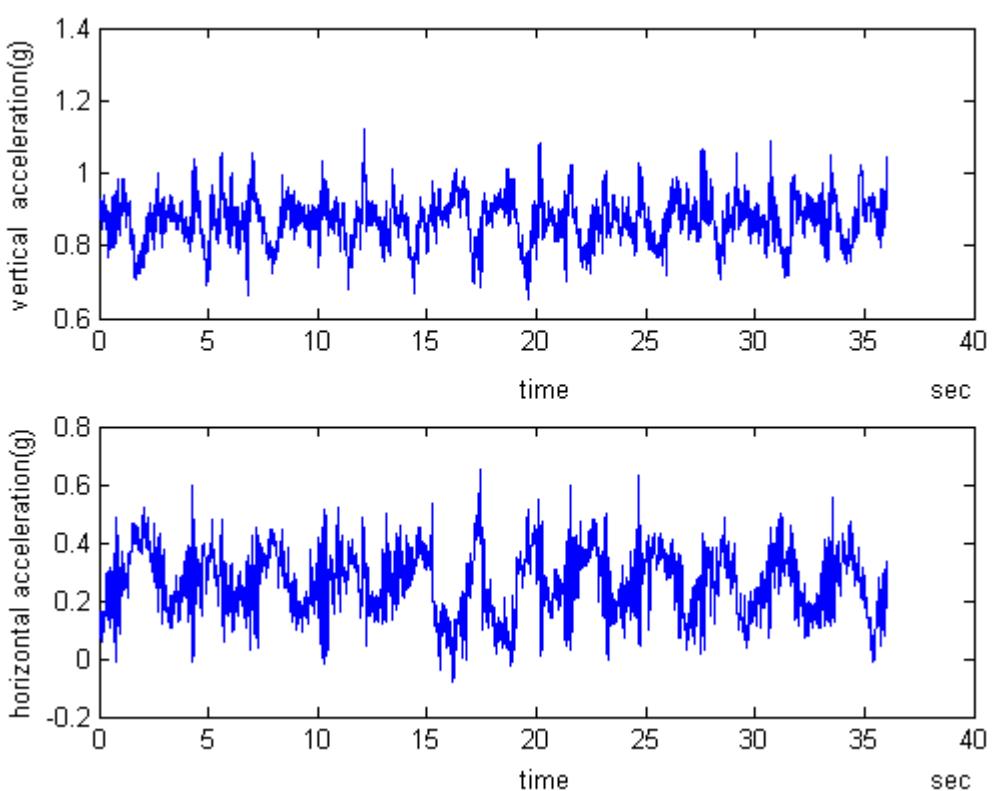
圖 4-6 測試者一 5 次上樓訊號量測結果



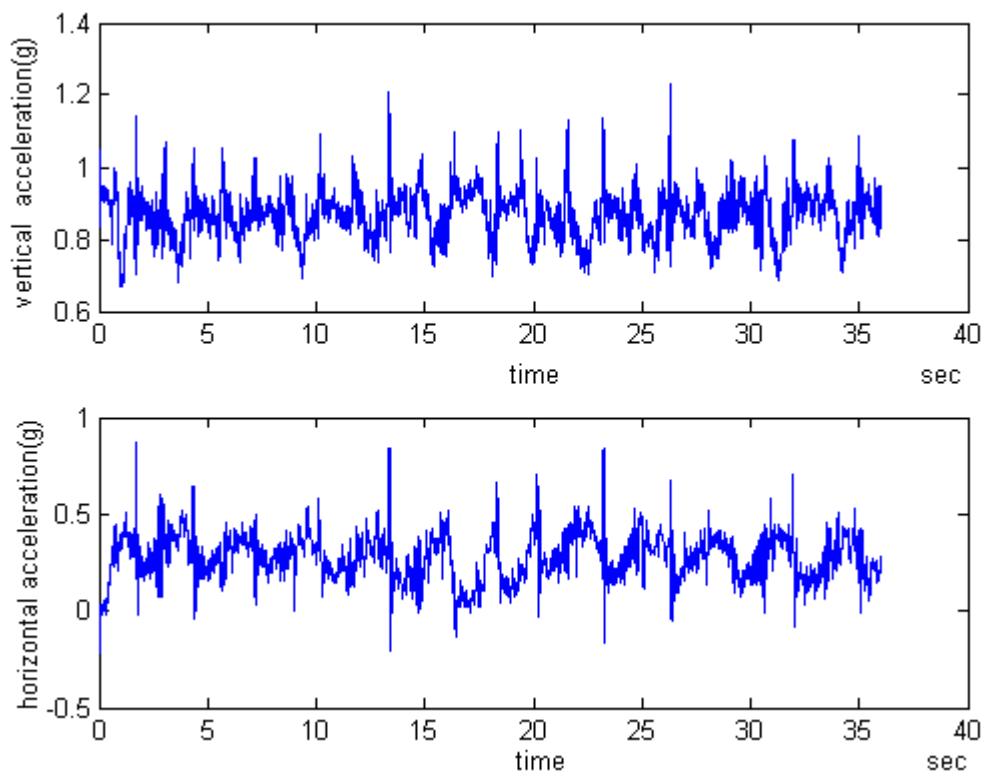
(a) 測試者一 第一次下樓量測結果



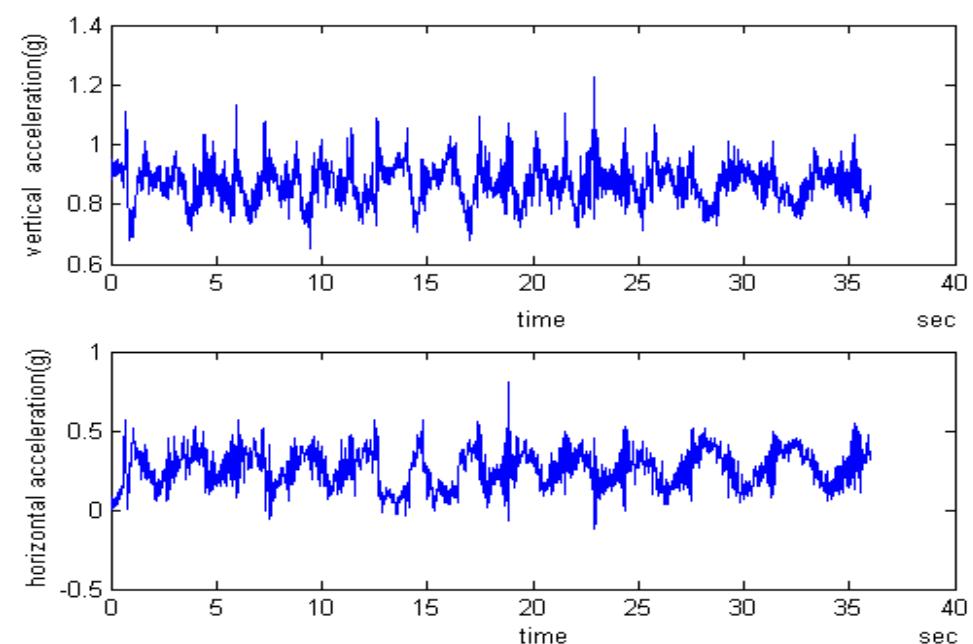
(b) 測試者一 第二次下樓量測結果



(c) 測試者一 第三次下樓量測結果

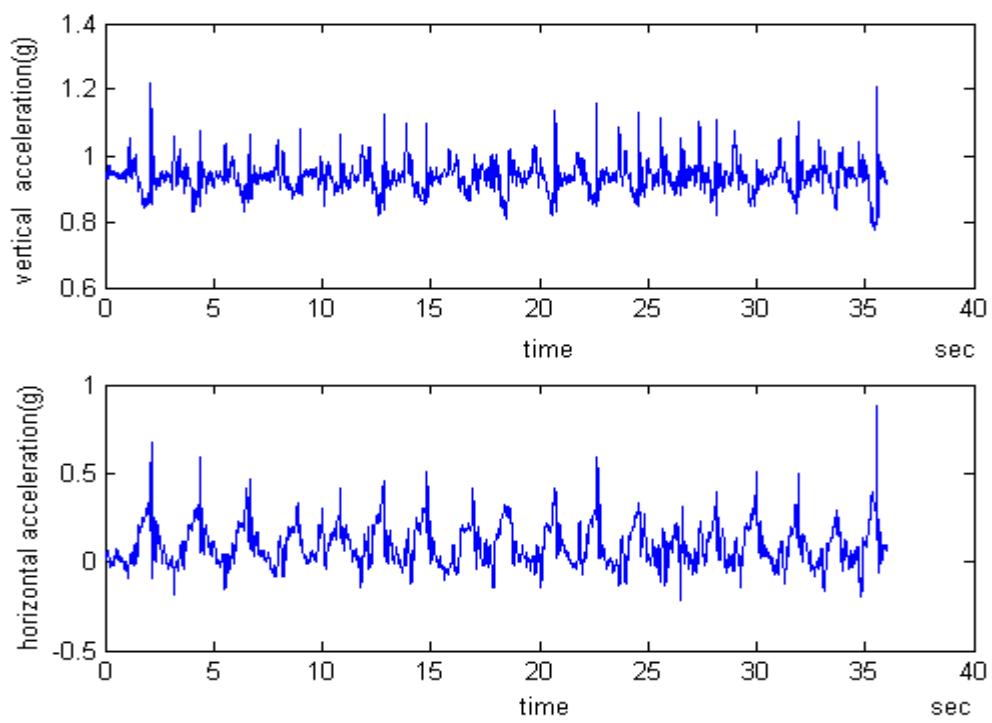


(d) 測試者一 第四次下樓量測結果

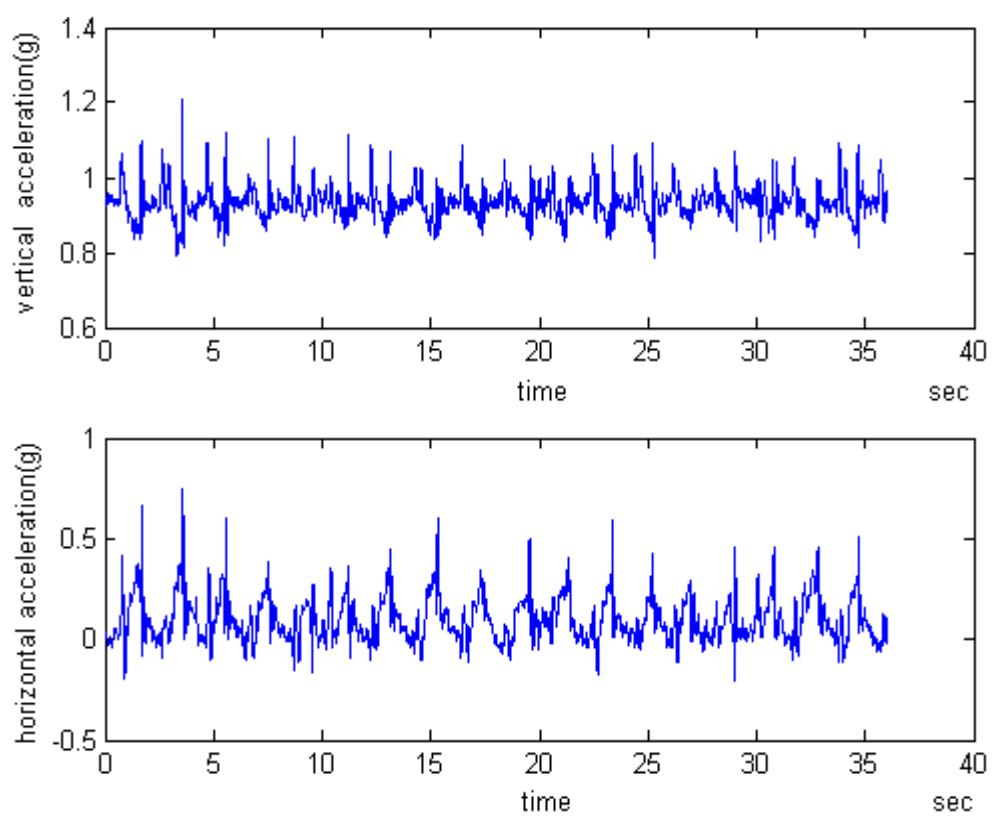


(e) 測試者一 第五次下樓量測結果

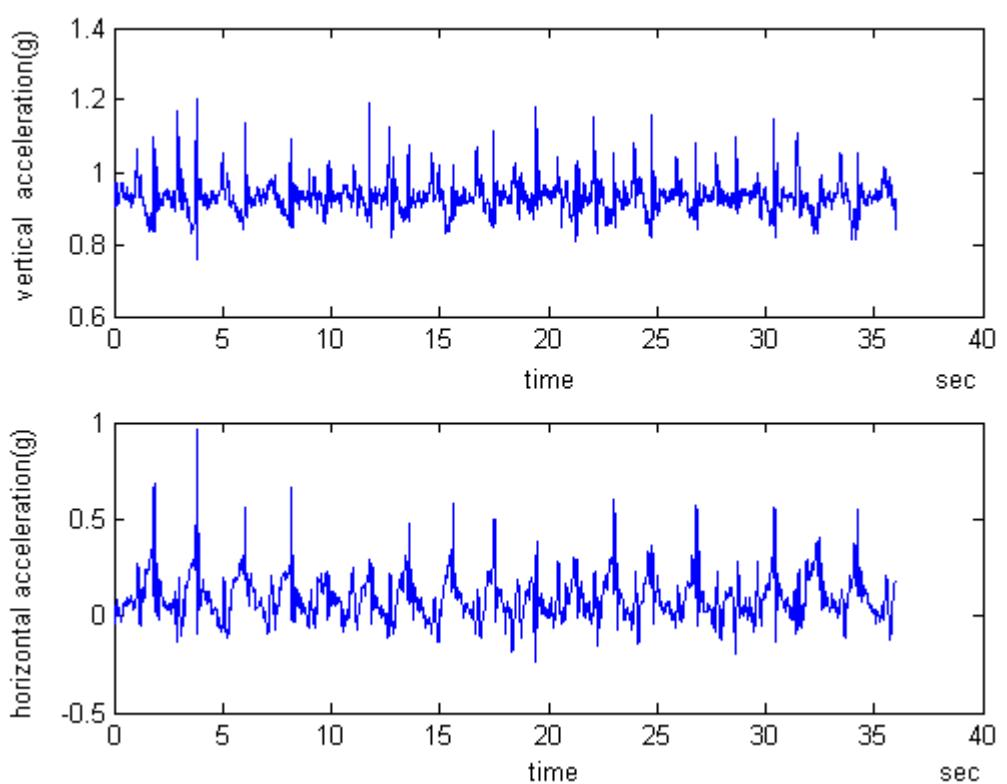
圖 4-7 測試者一 5 次下樓訊號量測結果



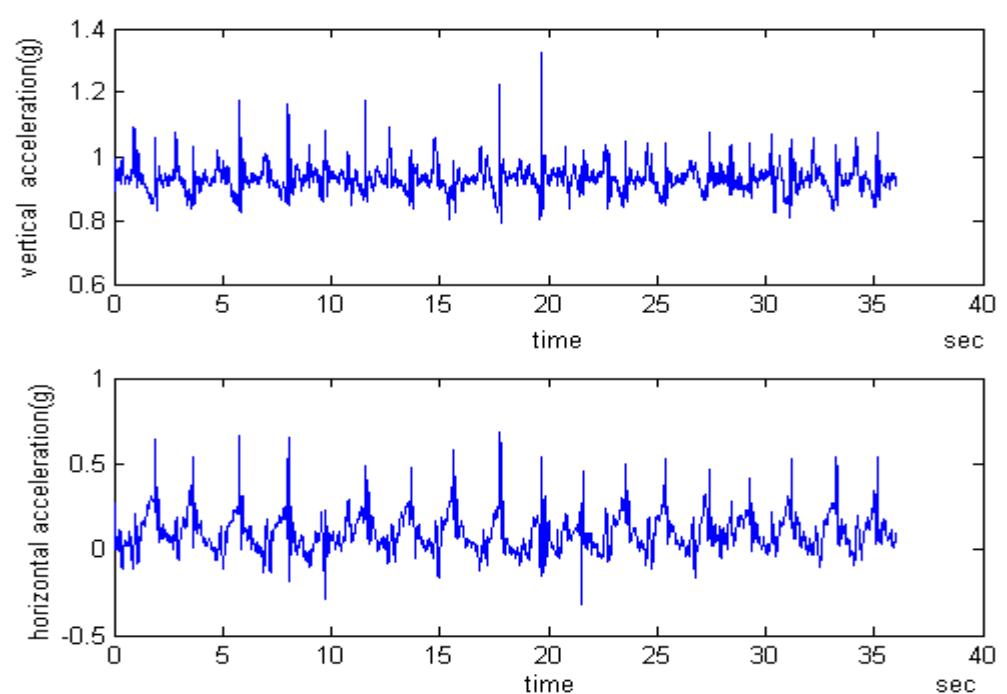
(a) 測試者一 第一次走路量測結果



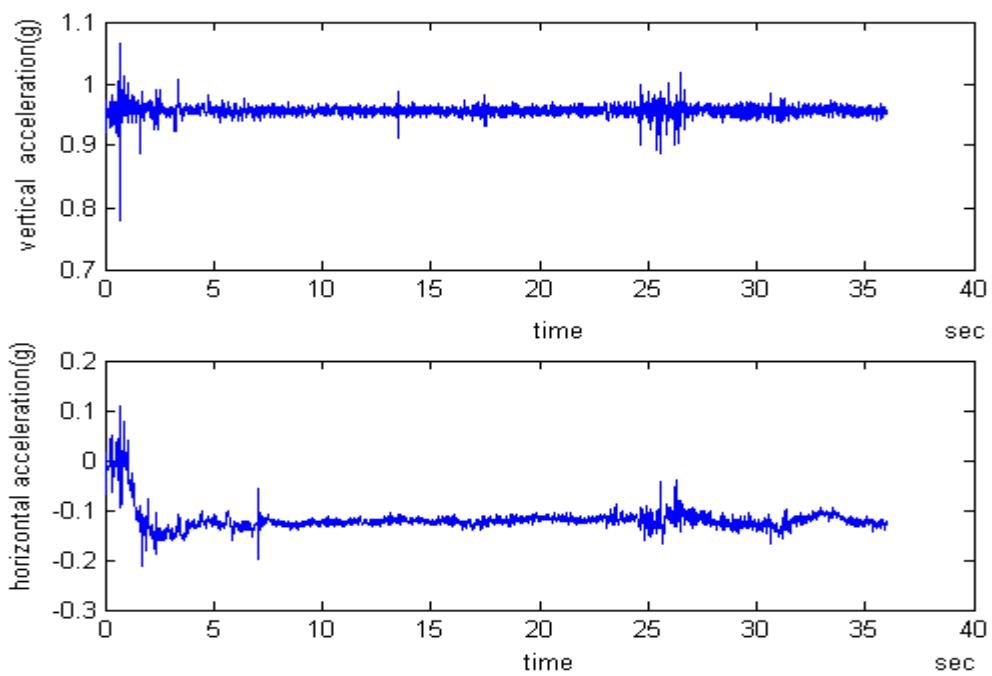
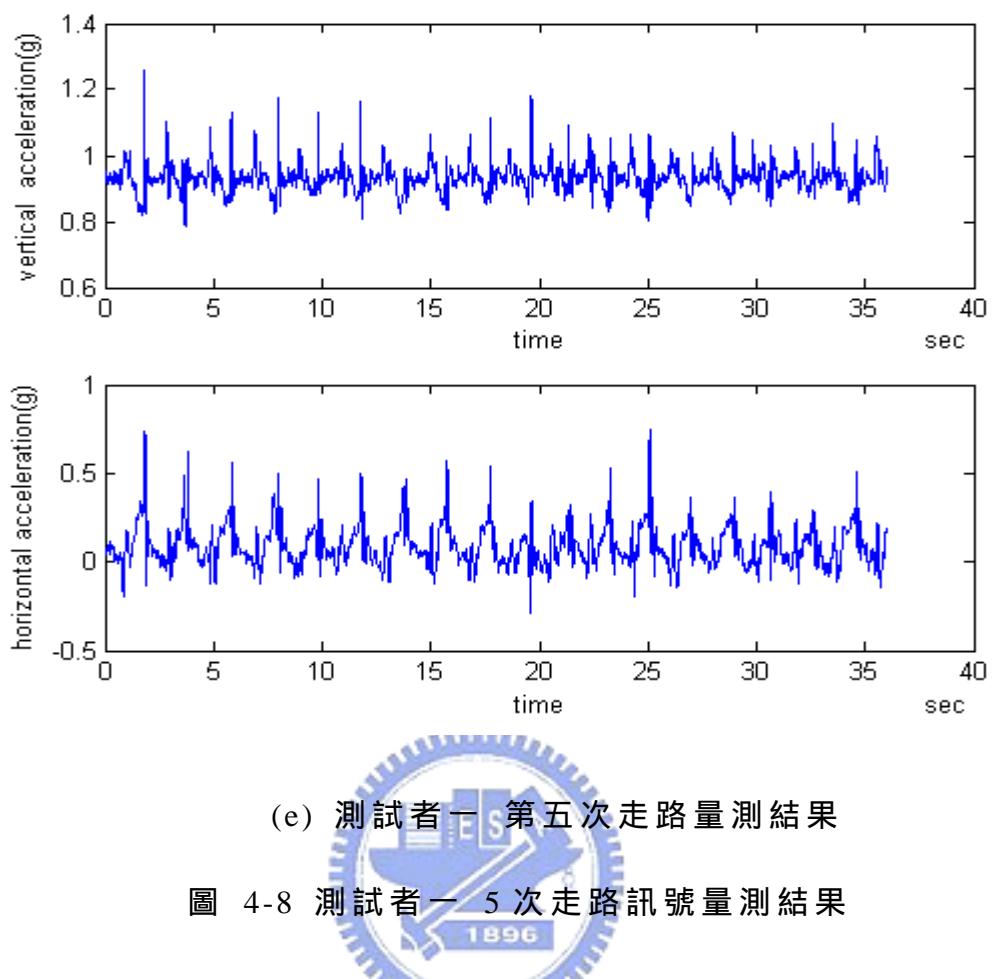
(b) 測試者一 第二次走路量測結果



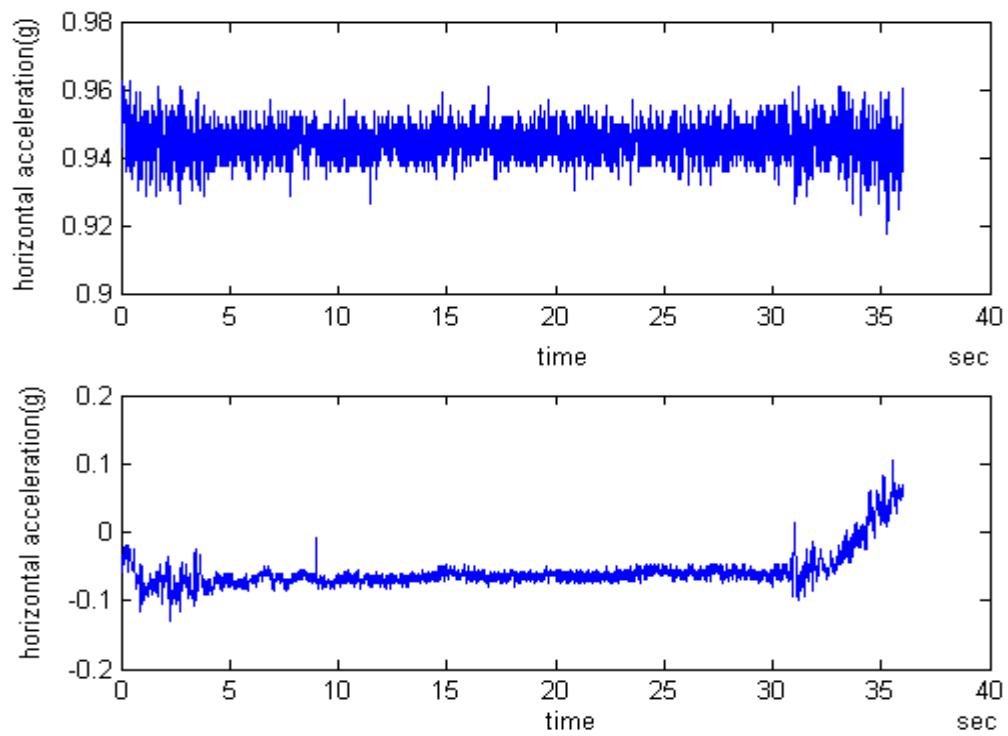
(c) 測試者一 第三次走路量測結果



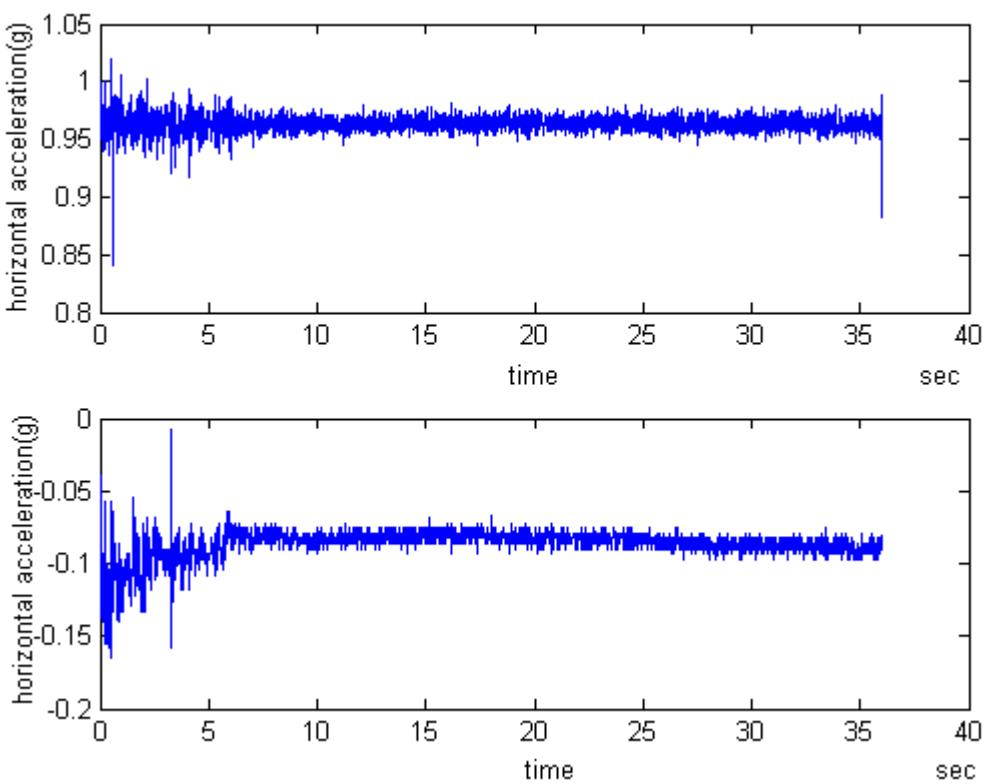
(d) 測試者一 第四次走路量測結果



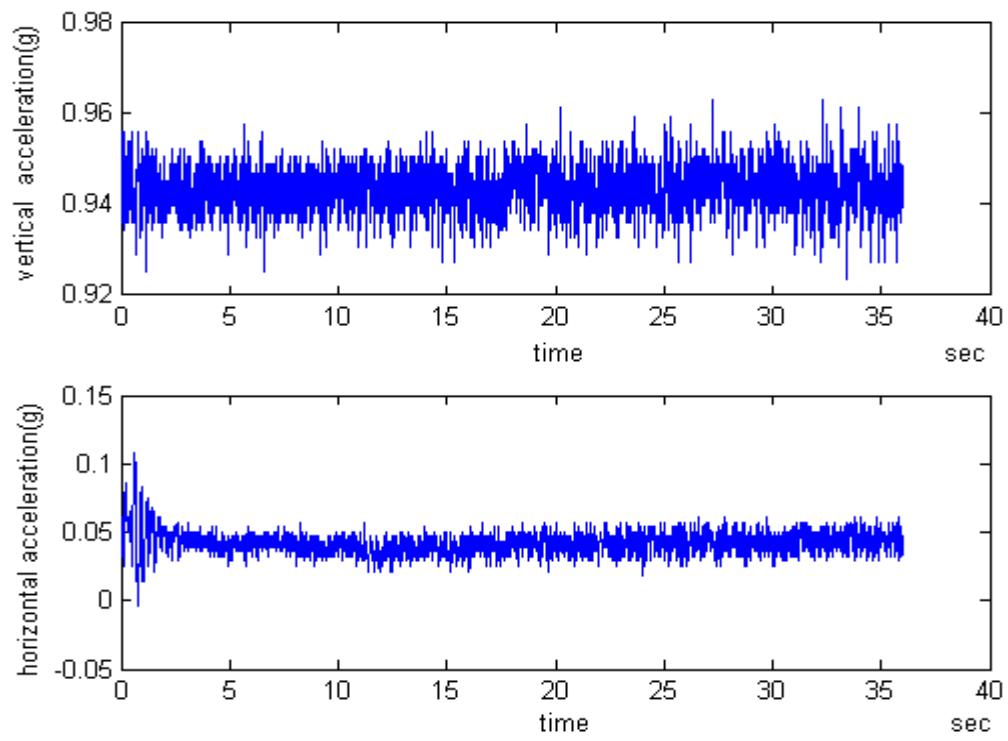
(a) 測試者一 第一次站量測結果



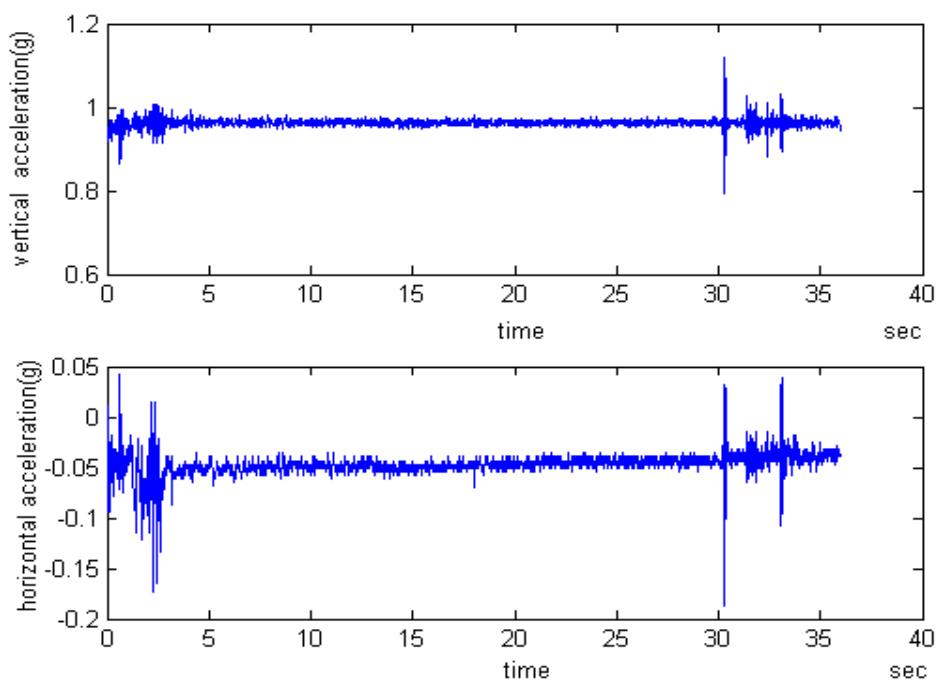
(b) 測試者一第二次站量測結果



(c) 測試者一 第三次站量測結果

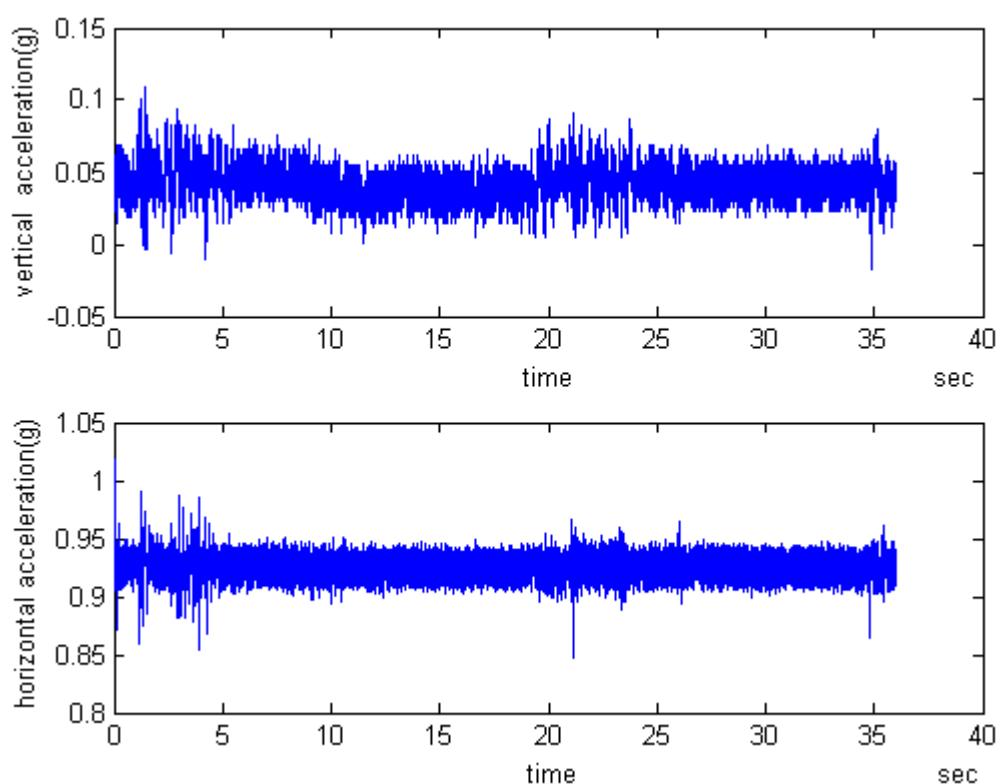


(d) 測試者一 第四次站量測結果

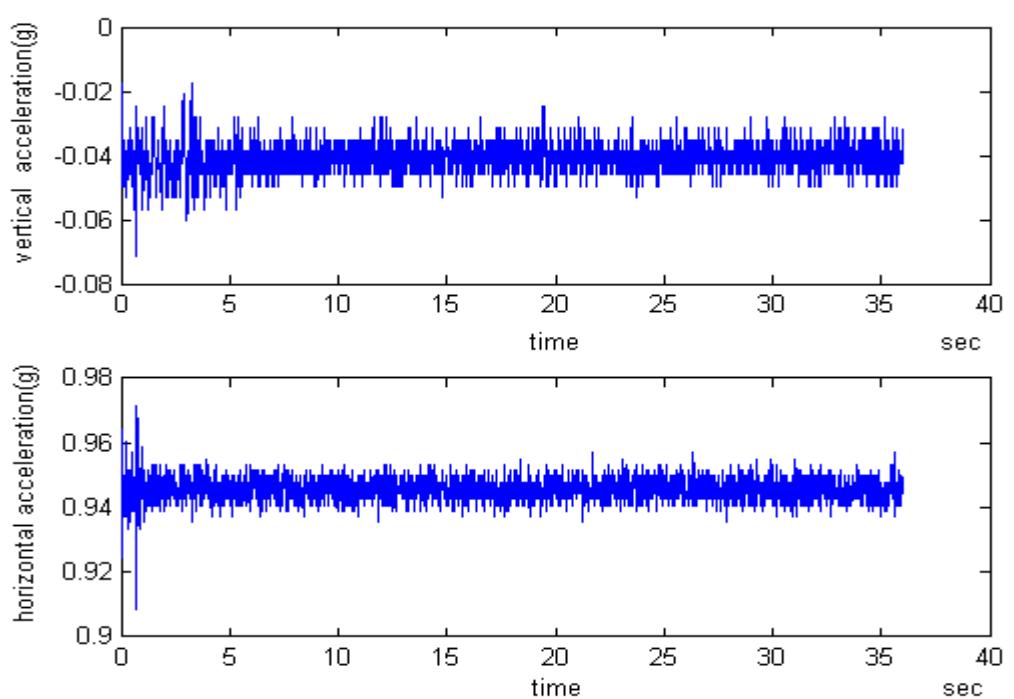


(e) 測試者一 第五次站量測結果

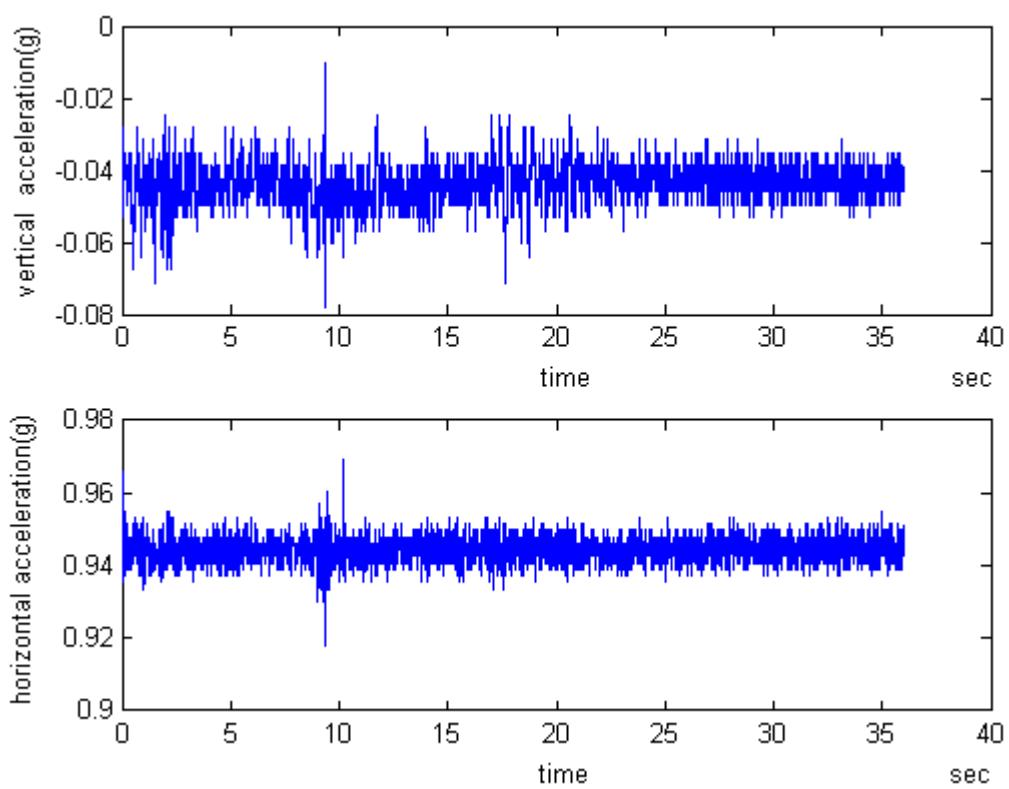
圖 4-9 測試者一 5 次站訊號量測結果



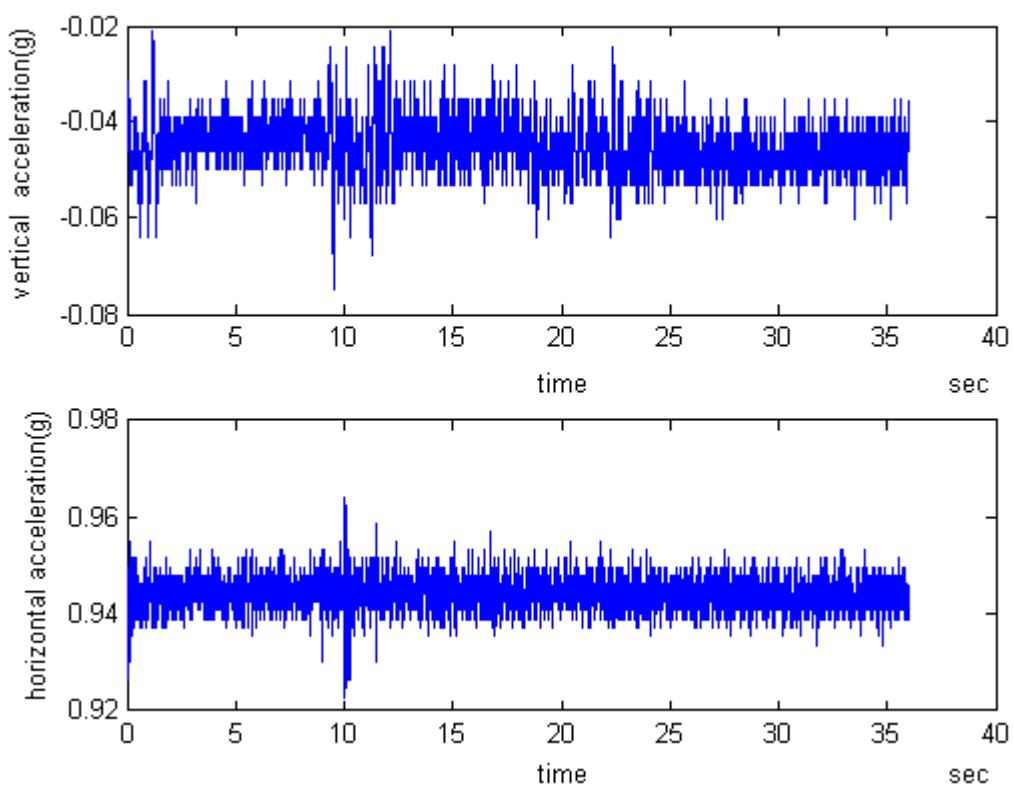
(a) 測試者一 第一次坐量測結果



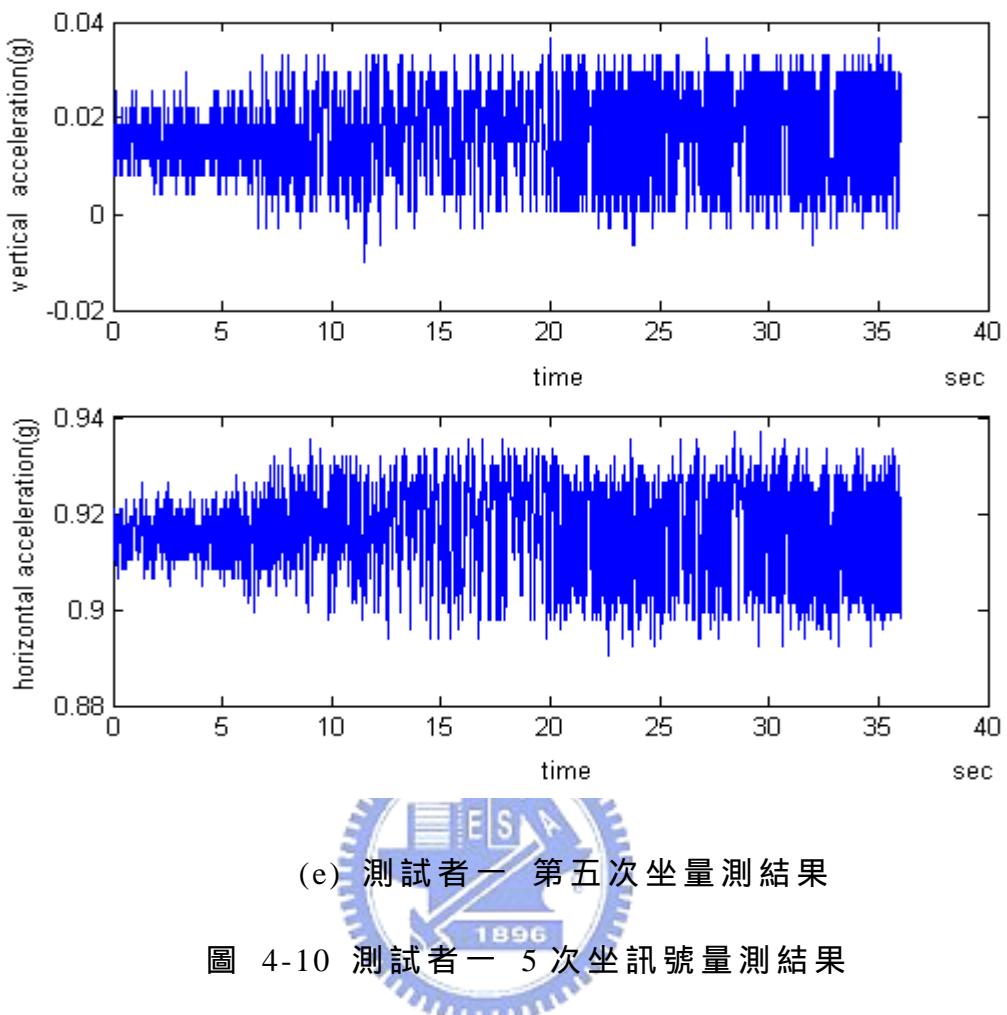
(b) 測試者一 第二次坐量測結果



(c) 測試者一 第三次坐量測結果



(d) 測試者一 第四次坐量測結果

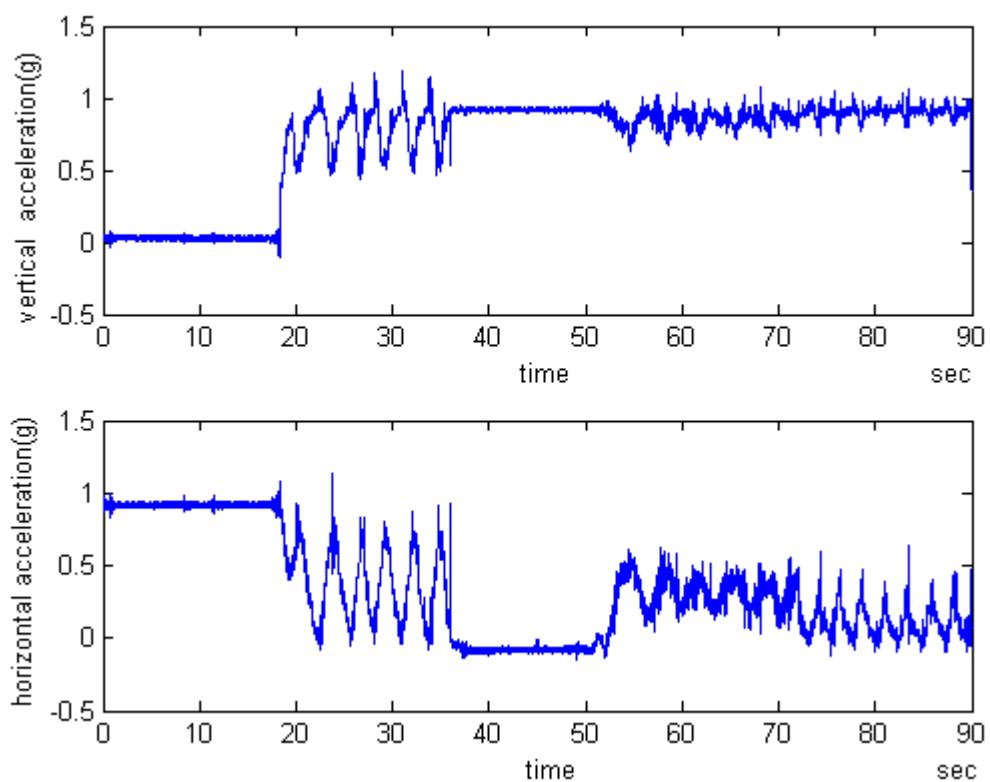


## 4.2 不同測試者在一段時間內連續姿勢辨識結果

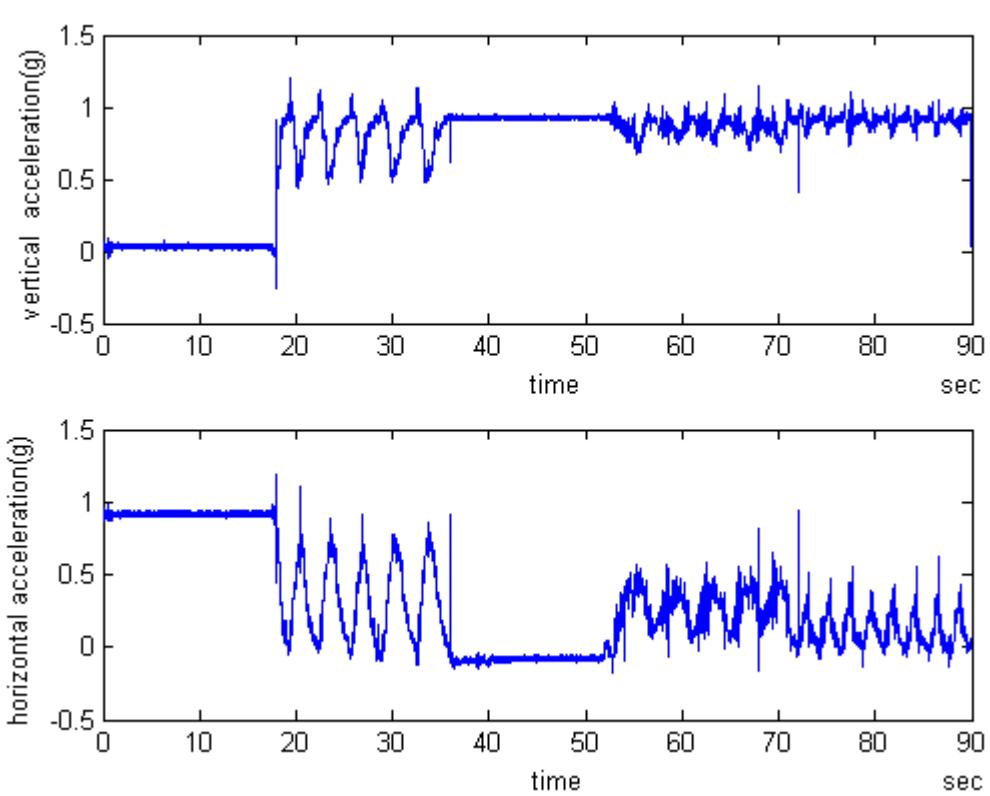
在本實驗中，由六位測試者做連續不同姿態的測試。每位測試者做一次相同連續動作的測試，測試的動作為：坐→上樓→站→下樓→走路，每個姿態各辨識 2 次，因此每個姿態總共做了 12 次。最後我們統計辨識出來正確的次數。由實驗結果顯示在站、坐和走路的姿態，我們得到很高的辨識率，上樓和下樓的辨識率為 83% 和 50%。圖 4-11(a)-(f)為 6 位測試者所擷取到的連續不同姿態結果，表 5-7 為我們實驗後統計的整體平均辨識結果。

表 5-7 不同測試者做連續不同姿態辨識結果

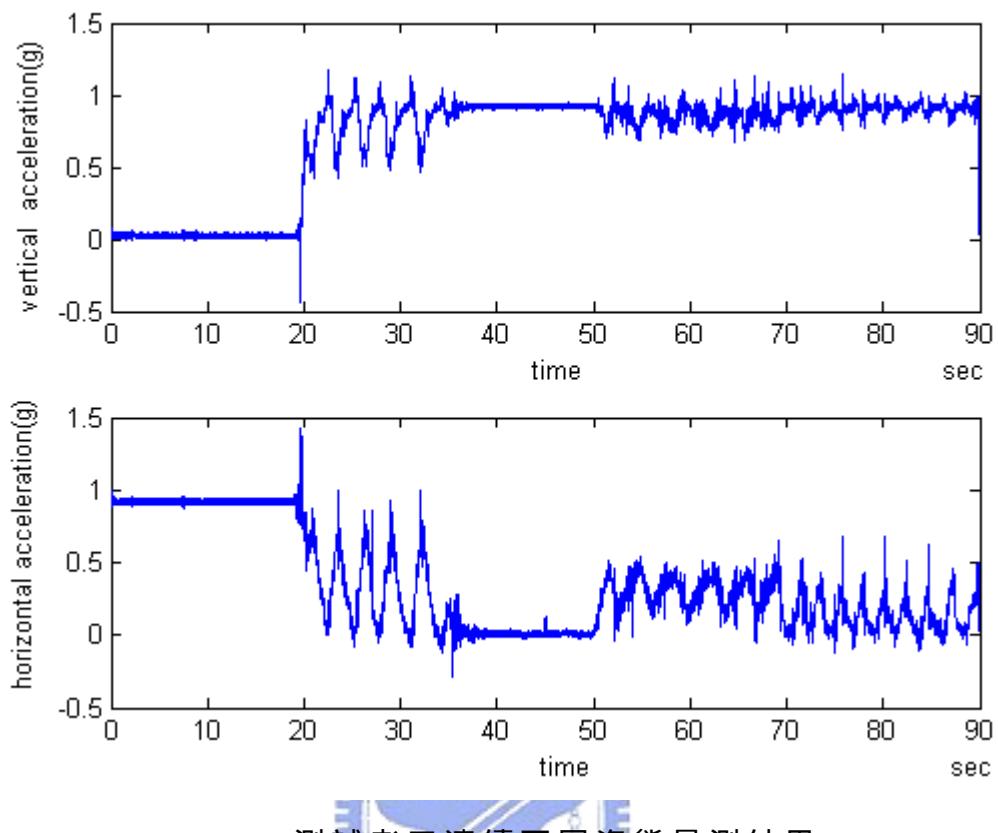
實際姿態 測試者	坐		上樓		站		下樓		走路	
測試者一	坐	坐	上樓	上樓	站	站	下樓	走路	走路	走路
測試者二	坐	坐	上樓	上樓	站	站	上樓	下樓	走路	走路
測試者三	坐	坐	上樓	走路	站	站	下樓	下樓	走路	走路
測試者四	坐	坐	上樓	下樓	站	站	上樓	下樓	走路	走路
測試者五	坐	坐	上樓	上樓	站	站	上樓	下樓	走路	走路
測試者六	坐	坐	上樓	上樓	站	站	上樓	上樓	走路	走路
辨識率	100%		83%		100%		50%		100%	



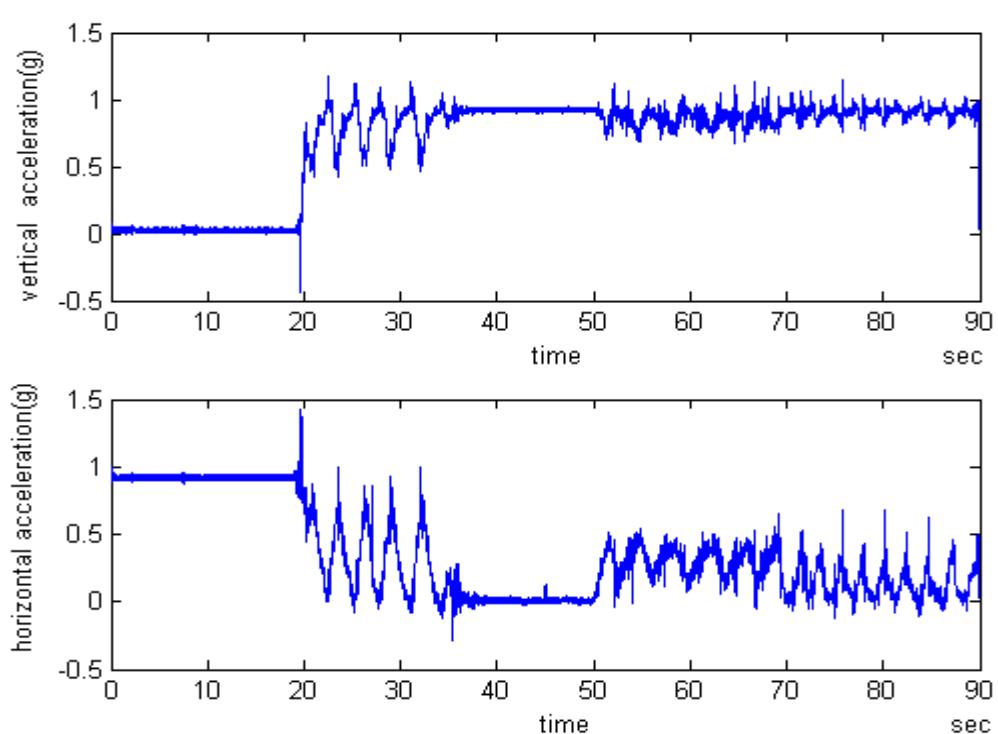
(a) 測試者一連續不同姿態量測結果



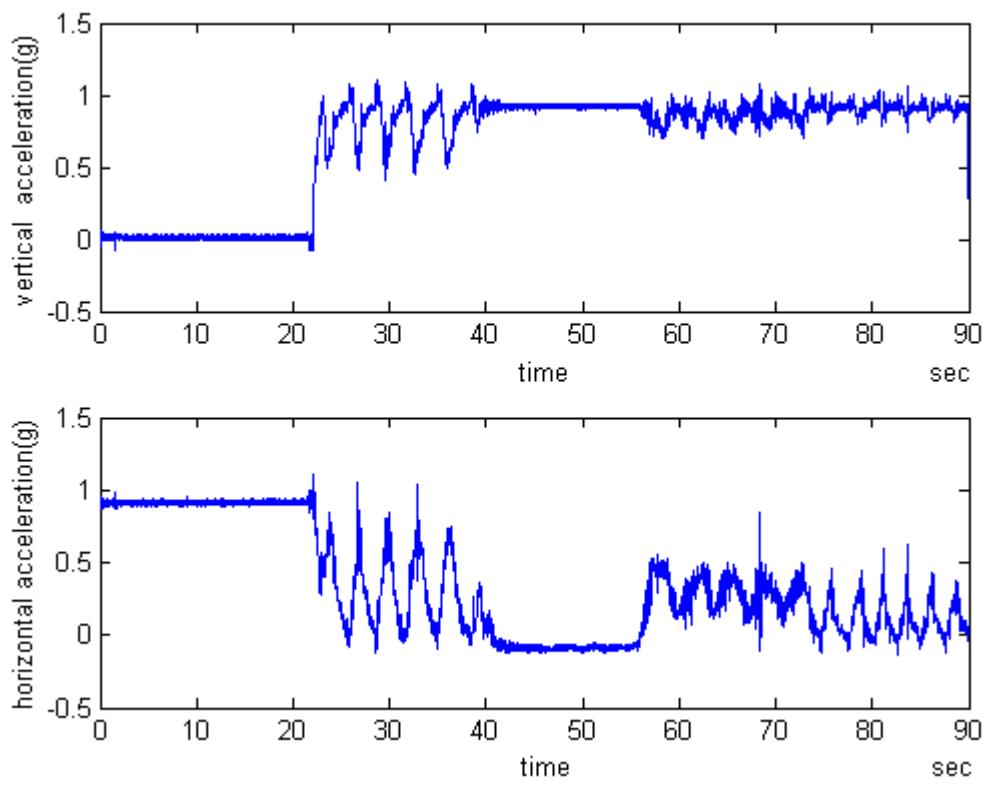
(b) 測試者二連續不同姿態量測結果



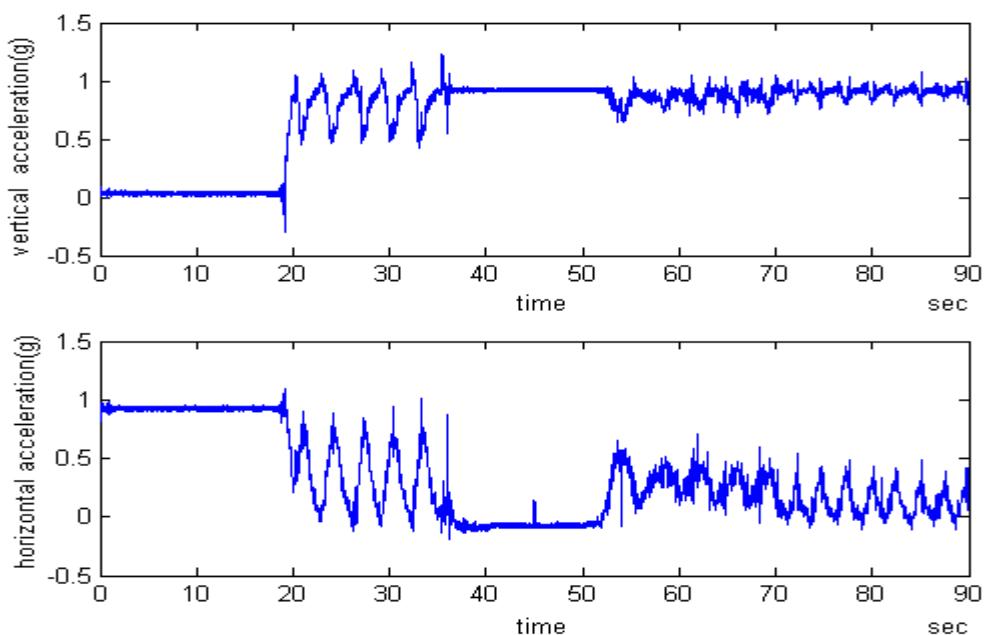
(c) 測試者三連續不同姿態量測結果



(d) 測試者四連續不同姿態量測結果



(e) 測試者五連續不同姿態量測結果



(f) 測試者六連續不同姿態量測結果

圖 4-11 不同測試者所擷取的連續不同姿態量測結果

## 第五章 結論與未來工作

### 5.1 結論

本論文提出人體姿態辨識系統，利用自行設計可攜帶式感測模組，透過無線傳輸技術，擷取人身體動作姿態的訊號，辨識出上樓、下樓、走路、站或坐五種動作姿態。我們使用小波轉換分解，找出低頻帶小波係數，經過訓練比對辨識出姿態動作。在實驗方面，分別對 5 種姿態做多次的辨識、五位不同測試者對 5 種姿態做辨識及六位不同測試者在連續一段時間內做不同姿態的辨識效果。從結果可看出，由於走路、上樓、下樓的動作相當類似，因此這三種得到較低的辨識率。

本系統在下列的限制使用時才會得到較高的辨識率。

1. 自然出現的姿態，對於異常發生的動作，例如：跑、快走或跳會降低本系統辨識率。
2. 訊號的傳送距離需在 RF 可接收的範圍 8 公尺以內。
3. 系統辨識一次約擷取 4 個動作的資料當輸入，如果 4 個動作都是相同的姿態，辨識會更準確；反之，若 4 個動作裡摻雜不一樣的姿態，則易辨識錯誤。

### 5.2 未來工作

目前在本系統方面仍然還有改善的空間：

1. 本系統辨識出一次的時間約為 8 秒，因此未來希望能夠嘗試降低輸入訊號 1000 筆資料，或者提高 RS232 的鮑率速度，降低辨識的時間。
2. 結合更多的感測器，獲得更多的訊息。例如：加入陀螺儀資訊，可獲得人體轉動的資訊，若是老年人在家裡，能夠提供家裡方位的訊息，更能掌控老年人的生活安全。
3. 辨識跌倒的資訊，且結合機器人的平台，當機器人能辨識出有人跌倒，可以即時的利用影像功能傳送影像資訊給監控者。

## 參考文獻

- [1] 行政院內政部統計處 , <http://www.moi.gov.tw/W3/stat/home.asp>.
- [2] 日本總務省 , <http://www.stat.go.jp/>.
- [3] <http://www.asimo.honda.com>.
- [4] <http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/>.
- [5] <http://www.sdia.or.jp/mhikobe/products/etc/robot.html>.
- [6] K. Wada, T. Shibata, T. Saito, and K. Tanie, "Robot Assisted Activity for Elderly People and Nurses at a Day Service Center," in *Proc. of IEEE Int. Conf. Robots & Automation*, Washington DC, vol.2, May 11-15, 2002, pp.1416-1421.
- [7] B. Graf and A. Hans, "Robotic Home Assistant Care-O-bot II," in *Proc. of the 24th Annual Conf. Meeting of the Biomedical Engineering Society*, vol.3, Oct. 23-26, 2002, pp.2343 - 2344.
- [8] M. Ogawa R. Suzuki, S. Otake, T. Izutsu, and T. Iwaya, "Long-Term Remote Behavioral Monitoring of the Elderly Using Sensors Installed In Domestic houses," in *Proc. of the 24th Annual Conf. Meeting of the Biomedical Engineering Society*, vol.3, Oct. 23-26, 2002, pp.1853-1854.
- [9] N. Noury, "A Smart Sensor for the Remote Follow up of activity and Fall Detection of the Elderly," in *Proc. of Annual Int. IEEE-EMBS Special Topic Conf. Microtechnologies in Medicine & Biology*, Madison, Wisconsin, USA, May 2-4, 2002, pp.314-317.
- [10] B. Najafi, K. Aminian, A. Parachiv-Ionescu, F. Loew, and P. Robert, "Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor : Monitoring of Daily Physical Activity in the Elderly," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol.50, issue.6, pp.711 -723, 2003.

- [11] E. Lou, M. Bazzasrelli, D. Hill, and N. Durdle, “A Low Power Accelerometer using To Improve Posture,” in *Proc. of 2001 Canadian Conf. Electrical and Computer Engineering*, vol.2, May 13-16, 2001, pp.1385 –1389.
- [12] M.J. Mathie, J. Basilakis, and B.G. Celler, “A System For Monitoring Posture And Physical Activity Using Accelerometer,” in *Proc. of the 23<sup>rd</sup> Annual EMBS Int. Conf. Medicine and Biology Society*, Istanbul, Turkey, Oct. 25-28, 2001, pp.3654 – 3657.
- [13] M. Sekine and T. Tamura, “Classification of Acceleration Waveform In a Continuous Walking Record,” in *Proc. of the 20th Annual Int. Conf. Medicine and Biology Society*, vol.3, 1998, pp.1523 – 1526.
- [14] M. Sekine and T. Tamura, “Discrimination of Walking Patterns Using Wavelet-Based Fractal Analysis,” *IEEE Trans. Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol.10, issue.3, pp.188 – 196, 2002.
- [15] S.W. Lee and K. Mase, “Activity and Location Recognition Using Wearable Sensors,” *IEEE Trans. Pervasive Computing*, vol.1, issue.3, pp.24 – 32, 2002.
- [16] H. Aoki, Y. Takemura, K. Mimura, and M. Nakajima, “Development of Non-restrictive Sensing System for Sleeping Person Using Fiber Grating Vision Sensor,” in *Proc. of IEEE Int. Symposium on Micromechatronics and Human Science*, Sep. 9-12, 2001, pp.155-160.
- [17] C.V. Bouten and K.T. Koekkoek, “ A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity,” *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol.44, issue.3, pp.136-147, 1997.
- [18] N, *Low-Cost  $\pm 2g$  Dual-Axis Accelerometer with Duty Cycle Output Data Sheet*, Analog Devices, 2000.

- [19] N, *nRF2401 Single chip 2.4GHz Transceiver Data Sheet*, Nordic VLSI ASA, 2003.
- [20] M. Friedman and A. Kandel, *Introduction To Pattern Recognition*, Imperial College Press, 1999.
- [21] A. Sundaresan and A. RoyChowdhury, "A Hidden Markov Model Based Framework for Recognition of Humans From Gait Sequences," in *Proc. of IEEE Int. conf. Image Processing*, vol.2, Sep. 14-17, 2003, pp.II-93-6.

