

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：96149633

※申請日期：96.12.24

※IPC 分類：G08B 2/02 (2006.01)

G08C 1/02 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

基於無線感測網路之多人姿態辨識系統

MULTI-PERSON POSE ESTIMATION USING A ZIGBEE SENSOR NETWORK

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)

吳重雨/WU, CHUNG-YU

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 TA-HSUEH RD., HSINCHU, TAIWAN R.O.C.

國籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C.

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 陳俊瑋/CHEN, CHUN-WEI

2. 宋開泰/SONG, KAI-TAI

國籍：(中文/英文)

1. ~ 2. 中華民國/R.O.C.

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為：96年7月。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明提供一種多人姿態辨識系統。此系統包括人體姿態感測模組、群蜂(Zigbee)無線網路發展板(CC2420DBK board)及電腦端的多人姿態監測軟體。其中人體姿態感測模組由一個三軸加速度計、一個群蜂(Zigbee)晶片及一個 8-bit 的微控制器所組成。人體姿態感測模組可與 CC2420DBK 板構成群蜂(Zigbee)無線網路，達到同時觀察多人姿態的效果。該 CC2420DBK 為群蜂(Zigbee)無線感測網路的接收端，透過 RS-232 介面將群蜂(Zigbee)無線感測網路中接收到的資訊與機器人或監控電腦溝通。該多人姿態監測軟體則可以同時檢視三位以上使用者的姿態，並對各個使用者的姿態作記錄與統計。本發明並提供一套結合時域分析與小波轉換的人體姿態辨識演算法，實現在人體姿態感測模組的微控制器中。透過此演算法分析三軸的加速度訊號，可辨識跌倒、站、坐、躺、上樓、下樓與走路七種人體姿態。

六、英文發明摘要：

In this invention, a multi-person pose recognition system has been developed. This system includes a human pose detection module, a CC2420DBK board and a multi-person pose monitoring software module. The human pose detection module consists of a triaxial accelerometer, a Zigbee chip and an 8-bit microcontroller. Several human pose detection modules and the CC2420DBK board form a Zigbee wireless network. The CC2420DBK board works as the receiver of the Zigbee wireless sensor network and communicates with the robot onboard computer or host computer through RS-232 link. The multi-person pose monitoring software monitors and records activities of multiple users simultaneously. This invention provides a pose classification algorithm by combining time-domain analysis and wavelet transform analysis. This algorithm has been implemented in the microcontroller of the human pose estimation module. Through the algorithm, the system can classify seven human poses: falling, standing, sitting, lying, walking, going upstairs and going downstairs.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 1 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1 人體姿態感測模組
- 2 群蜂 (Zigbee) 無線網路發展板
- 3 個人電腦端 (機器人端)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種多人姿態辨識系統，更特別地，係關於一種基於群蜂(Zigbee)無線感測網路之多人姿態辨識系統。

【先前技術】

由於現代醫療科技進步，人類的平均壽命增長，老年人口逐漸增加，也因此衍生出許多老年人居家照顧的問題。老年人獨處在家的時間增加，要是老年人發生緊急的情況(如跌倒或久臥不起等)，子女很可能無法及時得知，而造成無法挽回的結果。

目前常見的看護作法是在老年人的房間或養老院裝置攝影機，監看他們的行動。但是利用攝影機監視除了有其死角以外，還需要額外的人力時時刻刻注意攝影機所拍攝到的影像。這個工作不但枯燥無趣，且不尊重老年人們的隱私權。近年來已有運用慣性感測器所發展的人體姿態感測系統，在不侵犯老年人隱私的前提下，達到居家看護的效果。

在基於慣性感測器之姿態感測系統方面，習知技術[C. V. C. Bouten, K. T. M. Koekkoek, M. Verduin, R. Kodde and J. D. Janssen, "A triaxial accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity," IEEE Trans. Biomedical Engineering, vol.44, no.3, pp. 136-147, 1997.]發展了一個可攜帶的裝置，用來

記錄、判斷使用者的日常活動。Bouten 等人係利用三軸加速度計量測人體的動態加速度，以人體的動態加速度感測出人體消耗的能量，利用不同的動作所造成不同的能量消耗來判斷姿態。此習知技術係藉由一個三軸加速度計來判斷能量差異大的動作，惟，若完全以所消耗的能量來判斷姿態，在判斷能量損耗量差異不大的動作時，容易產生誤判的情形，且無法判斷靜態的姿態。

此外，另一個習知技術 [S. Tanaka, K. Motoi, M. Nogawa and K. Yamakoshi, “A new portable device for ambulatory monitoring of human posture and walking velocity using miniature accelerometers and gyroscope,” in Proc. of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, USA, 2004, pp. 2283-2286.] 係提出了一個簡單的關係式，以利用加速度計計算各個身體部位的傾斜角度，藉此觀察身體姿態。惟，此系統需要配帶在三個身體部位，其配帶不便且不易將感測器結合在皮帶、鞋子等常見的生活用具中，不容易實用化。

再者，參照 Karantonis 等人所提出的技術 [D. M. Karantonis, M. R. Narayanan, M. Mathie, N. H. Lovell and B. G. Celler, “Implementation of a Real-Time Human Movement Classifier Using a Triaxial Accelerometer for Ambulatory Monitoring,” IEEE Trans. Information Technology in Biomedicine, vol. 10, Issue. 1, pp. 156-167, 2006.]，此習知技術係整合了多位學者的研究成果，並將其

演算法在微控制器內實現。然而雖然此系統以群蜂(Zigbee)模組傳送人體姿態判斷的結果資訊，但卻沒有應用到群蜂(Zigbee)網路。相較於本發明，本發明係利用多個群蜂(Zigbee)模組佈建出群蜂(Zigbee)無線感測網路(稍後將作詳細說明)，以同時觀察多位使用者的姿態，並增加感測範圍，提升系統的實用性。

除了上述說明外，在此，再歸納出以下幾點習知技術之缺失與其可改進方向：

- (1) 許多基於慣性感測器之姿態辨識演算法採用時域或頻域分析，能判斷的姿態有限，故若能結合時域與頻域的分析，將可判斷出更多人體姿態。
- (2) 許多研究提出的姿態辨識演算法運算量大，無法直接在配帶於人體身上的微控制器執行其演算法，因此需要將感測到的資料先存取起來再做離線分析，無法即時地判斷人體姿態。故為了實用化，必須發展具備即時辨識人體姿態能力的系統，再者，用來感測人體姿態的人體姿態感測模組必需具備體積小、可結合日常生活用具使用等特性，以避免造成使用者配帶的不便。
- (3) 相關研究幾乎皆針對單一對象作姿態感測，其無法同時判斷多人的姿態。然而，往往家中需要被看護者不只有一位，故未來居家看護系統必須朝著可同時看護多人的目標發展。

此外，由於目前機器人技術日漸成熟。而許多學者希

望未來機器人可以逐漸走入家庭中，不僅能幫助人類工作，也能扮演家庭保全、看護老年人的功能。因此本發明發展一套多人姿態辨識系統，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協助看護家中老年人。由老年人身上配戴的人體姿態感測模組，以感測器感測老年人的姿態。並透過群蜂(Zigbee)無線感測網路，使機器人可同時看護多位被看護者，相當適合應用在養老院或家中有多位需要看護者的情形。當機器人感測到被看護者有跌倒等意外發生時，機器人可馬上前往事發地點關切，並立刻發出警訊通知子女，讓老人家們的居家安全更加保障。

本發明之目的係提供一種基於群蜂(Zigbee)無線感測網路之多人姿態辨識系統，俾藉此系統可辨識跌倒、站、坐、躺、上樓、下樓與走路等七種人體姿態。

本發明之另一目的係提供一種人體姿態感測模組，實現人體姿態感測演算法，並且其可與群蜂無線網路發展板(CC2420DBK)構成群蜂(Zigbee)無線網路，達到同時觀察多人姿態的效果。

本發明之再一目的係提供一種結合時域與小波轉換分析之人體姿態感測演算法，藉由分析人體姿態感測模組之三軸加速度計的讀值，可判斷出多種(諸如：跌倒、站、坐、躺、上樓、下樓、走路等)人體姿態。

【發明內容】

本發明之觀點係提供一種多人姿態辨識系統，至少包含：人體姿態感測模組，其包含：(1)三軸加速度計，用以

量測人體的加速度訊號；(2)群蜂(Zigbee)晶片，至少包含傳送及接收暫存器、電壓轉換器及天線，並與微控制器之介面連結，且提供連線強度及連結品質之資訊，藉以得知節點之間的連線情形；及(3)微控制器，具有複數個可將該三軸加速度計之類比訊號轉為數位訊號之類比/數位轉換器，並連結於該三軸加速度計與該群蜂晶片之間，用以初始化該三軸加速度計、控制該三軸加速度計之休眠狀態及選擇該三軸加速度計之量測範圍，並用以控制該群蜂晶片之傳送及接收暫存器，以讀取或寫入暫存資料或回報晶片狀態資訊，此外，該微控制器之複數個類比/數位轉換器可選擇以10位元或8位元之精確度來取樣；及群蜂(Zigbee)無線網路發展板，用以作為群蜂無線感測網路的接收端。俾藉複數個該人體姿態感測模組與該群蜂無線網路發展板，可架構成一個可讓複數個該人體姿態感測模組互相溝通之群蜂無線感測網路。

此外，上述之多人姿態辨識系統更包含電腦監測端或機器人監測端，用以檢視使用者的姿態，並監控整個網路中各節點的情況。而上述檢視與監控節點之功能係藉由該電腦監測端或機器人監測端中所發展之多人監測軟體來控制，其用以同時紀錄及統計所接收到的人體姿態資訊，以同時監測多人姿態。

本發明之另一個觀點係提供一種估測人體姿態之方法，包含：將三軸加速度計之讀值經過訊號前處理步驟，分離出動態與靜態加速度；及檢查動態加速度中是否存有

因跌倒所造成之異常訊號，若無，則分析動態加速度，判斷人體姿態處於動態或靜態姿態。其中若判斷人體姿態處於靜態姿態，則由人體軀幹的傾斜角度判斷該人體姿態為站、坐或躺之姿態；反之，若判斷人體姿態處於動態姿態，則經由步伐偵測及步伐判斷的前處理步驟，偵測有無步伐的動作。在上述步伐偵測的步驟中，若偵測到步伐，則將加速度訊號經過小波轉換，分析一般步行時能量分布頻段之小波係數，並由該等小波係數計算特徵參數，藉以判斷該步伐為走路、上樓或下樓之姿態；若無偵測到步伐，則將姿態歸類為運動狀態。

因此，藉由本發明提出之多人姿態辨識系統搭配本發明之估測人體姿態之方法(人體姿態估測演算法)，可成功辨識包括站、坐、躺、走路、上樓、下樓、跌倒等七種不同的人體姿態。而透過群蜂(Zigbee)無線感測網路將分析結果傳至電腦端(或看護機器人端)之人體姿態管理程式作統計與記錄，將可達到同時監控多人姿態的效果。

為使本發明之上述和其他目的、特徵及優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【實施方式】

參照第 1 圖，其為本發明之人體姿態辨識系統之架構圖。此姿態辨識系統包含複數個可配戴在使用者身上之人體姿態感測模組 1、群蜂(Zigbee)無線網路發展板 2 及電腦端(或機器人端)3。其中，本發明利用複數個多個人體姿態

感測模組 1 與一個 CC2420DBK 群蜂無線網路發展板 2，而佈建成一個群蜂無線感測網路。其中該 CC2420DBK 群蜂無線網路發展板 2 可透過 RS-232 埠與電腦端(或機器人端)3 溝通，並由電腦端(或機器人端)3 整合及觀察群蜂無線感測網路中各節點的資料。

再參照第 2 與 3 圖，其為本發明之三軸加速度計、微處理器及群蜂晶片(Chipcon CC2420)之方塊圖與控制介面示意圖，其中微處理器係連結於三軸加速度計與群蜂晶片之間。可藉由該微控制器 12 內之接腳 PD2、PD3 及 PD5 對加速度計初始化，其中接腳 PD5 可控制該三軸加速度計 11 是否處於休眠狀態，而接腳 PD2 與 PD3 係控制該三軸加速度計 11 之 g-選擇 1 或 g-選擇 2 兩個腳位，以選擇加速度計 11 之感測範圍。

由於三軸加速度計之輸出為類比訊號，故在經過低通濾波器濾波高頻雜訊後，進入該微控制器 12 之三個 A/D 轉換器(A/D0、A/D1 及 A/D3)。此外，上述之複數個類比/數位轉換器可選擇以 10 位元或 8 位元之精確度來取樣，而為便於說明，茲僅例舉以選取 8 位元之取樣精確度來說明下述實施例。

此外，第 2 與 3 圖的右邊部份係描述本發明之該微控制器 12 與群蜂晶片(CC2420)13 之介面接結示意圖。該微控制器 12 透過群蜂晶片 13 的 SPI(CSn、SI、SO 及 SCLK)介面而設置群蜂晶片 13 的狀態，並可控制該群蜂晶片 13 的讀取及寫入之暫存資料、或回報該群蜂晶片 13 之狀態資

訊。其中該微控制器 12 為主控制器 (Master)，所以其接腳 MOSI (Master Output Slave Input) 連接該群蜂晶片 13 的輸入 SI；接腳 MISO (Master Input Slave Output) 係連接該群蜂晶片 13 之輸出 SO；接腳 CSn 接 SS。在對該群蜂晶片 13 執行動作時，接腳 CSn 必須設為低電壓，而接腳 SCLK 則是該微控制器 12 供給群蜂晶片 13 時脈的腳位。該微控制器 12 透過接腳 SO 與 SI 可對群蜂晶片發出命令，以讀取或寫入群蜂晶片 13 中的接收或傳送暫存器，並控制該群蜂晶片 13 之資料讀寫。此外，接腳 FIFO、FIFOP、SFD、和 CCA 係用來告知微控器發收資料的狀態。

本發明將可辨識之人體姿態分為突發狀況、動態姿態與靜態姿態等三組姿態，其中突發狀況姿態設為跌倒姿態；動態姿態為走路、上樓、下樓；及靜態姿態為站、坐、躺。由於加速度計可以量測到由地心引力產生的重力加速度與由人體產生的動態加速度，其中重力加速度在各軸的分量可以推算出軀幹的傾斜角度，進而可以推算出相關的靜態姿態。而動態加速度是由人體的活動所產生，其可用來判斷走路、上樓、下樓及跌倒等動態姿態。如第 4 圖所示，其為本發明之人體姿態感測演算法之流程圖。在該三軸加速度計 11 之讀值經過訊號前置處理後，檢查動態加速度中是否有由跌倒所造成的異常訊號，若無，則分析動態加速度，判斷人體處於動態姿態或靜態姿態。若人體處於靜態姿態，則由軀幹的傾斜角度判斷為站、坐、躺三種姿態；若為動態姿態，則經由步伐偵測及步伐分析前處理的

步驟，判斷是否有無步伐的動作。若偵測到步伐，則將加速度訊號經過小波轉換，計算特徵參數，分析一般人類步行時能量分布的頻段之小波係數，由這些小波係數計算出本發明所定義的特徵參數，進而可判斷此步伐為走路、上樓或下樓之姿態。若無偵測到步伐，則將姿態歸類為運動狀態。

由於 99% 以上之人體的運動頻率皆小於 20Hz，故根據夏農取樣頻率定理 (Shannon sampling theorem)，取樣頻率的選擇必須大於 2 倍的來源訊號之頻寬。不過實際應用上往往需要 5~10 倍的來源訊號頻率，因此本發明在此實施例中採用的取樣頻率為 128Hz，採用微控器的 Timer 之溢位中斷來控制取樣頻率。

為了兼顧系統的反應時間及提供足夠的資料量，選擇每收集兩秒的資料後進行一次姿態演算法的處理流程，即每 256 筆資料作一次人體姿態辨識。每擷取到 256 筆資料後，先進行訊號前處理，以分離出動態與靜態加速度。本發明係利用小波轉換的方式來計算出靜態加速度，因為所取的資料有 256 筆，故可以作 8 層的 Haar 小波轉換。經過轉換後，取最低頻的一層，即代表 0~0.25Hz 的小波係數，並將其還原到時域，其代表此兩秒鐘的 DC 成分。至於動態加速度，則是以原始加速度訊號減去靜態加速度訊號而得到。

第 5 圖為步行之三軸加速度訊號、靜態加速度及動態加速度成份之曲線圖。其中最左邊第一行之曲線圖為該三

軸加速度計 11 在 x 軸、y 軸及 z 軸之原始加速度訊號，其為一段步行時的三軸加速度訊號，此等原始訊號經過小波轉換後，保留最低頻的一個小波係數，經過還原，得到第 5 圖第二行之靜態加速度成份。該等原始訊號再與該等靜態加速度相減，而得出第 5 圖第三行的動態加速度成份。其中該等靜態加速度係來自地球的重力加速度。參照第 6 圖之人體姿態估測模組的配帶情形與重力加速度之間的關係，可以看出在軀幹為直立的情況下(如走路及站立)，三軸加速度計 11 的 y 軸感測到讀值為 -1g 的重力加速度，而三軸加速度計的 x 軸及 z 軸將不受重力加速度的影響，因此理想中的 y 軸靜態加速度應該趨近於 -1g，而 x 及 z 軸之靜態加速度應該趨近於 0g，而第 5 圖中的靜態加速度即符合本發明之推論。

人體動態與靜態姿態判定

本發明將姿態分成動態與靜態姿態兩類，並利用式 1 將三軸動態加速度的絕對值積分以得到動態加速度的訊號振幅區域(SMA)：

$$SMA = \sum_{n=0}^{256} (|a_{x_動態}[n]| + |a_{y_動態}[n]| + |a_{z_動態}[n]|) \quad (1)$$

其中 SMA 得到的數值與人體運動產生的能量為高度正相關的關係。因此可利用此參數高過某個閾值(threshold)的情況來判定此時人體處於運動狀態，反之則處於靜止狀態。第 7 圖為人體處在靜止狀態與運動狀態之情形。由圖中可看出站、坐、躺這三個靜態姿態之 SMA 數值遠小於走路、上

樓、下樓這三個動態的姿態，在此取 SMA 門檻 = 50g，便可以分辨人體姿態為動態姿態或靜態姿態。

跌倒姿態之辨識

因為跌倒發生的瞬間，三軸加速度會有劇烈的變化，故本發明藉由下列式 2 來定義訊號振幅向量 (SMV) 並用以判斷跌倒的情形：

$$SMV = a_{x_動態}^2 + a_{y_動態}^2 + a_{z_動態}^2 \quad (2)$$

，若 $a_{x_動態}^2 + a_{y_動態}^2 + a_{z_動態}^2 > 3.24g^2$ 時，便判斷人體有異常劇烈的加速度產生，判定為跌倒。由於本實施例中每收集 2 秒的資料做一次判斷。因此三軸各有 256 筆資料，計算這 256 組三軸加速度資料中之最大 SMV 作為這兩秒內 SMV 之代表，並定義為 SMV_max。若該 SMV_max 大於 3.24，則判斷有跌倒的狀況發生。第 8 圖為使用者在一個房間中自由活動，在記錄資料期間所發生十次跌倒之 SMV_max 波形的紀錄曲線圖，第 8 圖中之十個區域的極大值即為跌倒所發生的時間點。此外，由此圖可看出跌倒發生時 SMV_max > 3.24 且跌倒時 SMV_max 遠大於其他各種姿態之 SMV_max 值。

站、坐、躺之姿態辨識

站、坐、躺這三種靜態姿態可以用人體軀幹的傾斜角度來判斷，根據觀察，若人體軀幹傾斜程度大於 60 度時，則判定此時人體為躺下的狀態，20 度到 60 度為坐下，0 度到 20 度為站。由於靜態加速度是由地球之重力加速度之分量所產生，如第 9 圖中所示，而人體姿態感測模組 1 中之

三軸加速度計 11 的 y 感測軸平行軀幹的方向，可感測到重力加速度在軀幹的分量，因此可藉由 y 感測軸所感測到之靜態加速度來判斷出人體軀幹傾斜的角度，因為 y 軸所感測到的加速度值為重力加速度的餘弦分量（即 $a_{y_靜態} = g \cdot \cos(\theta)$ ），且以 $a_{y_靜態_th1} = g \cdot \cos(20^\circ)$ 與 $a_{y_靜態_th2} = g \cdot \cos(60^\circ)$ 為判斷軀幹傾斜角度之兩個閾值，因此 $a_{y_靜態}$ 可符合下列式 (3) ~ (5) 其中一種情形：

$$g \cdot \cos(20^\circ) < a_{y_靜態} = g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(0^\circ) \quad (3)$$

$$g \cdot \cos(60^\circ) < a_{y_靜態} = g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(20^\circ) \quad (4)$$

$$a_{y_靜態} = g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(60^\circ) \quad (5)$$

因為餘弦函數在 $\theta < 90^\circ$ 的情形下為遞減函數，因此若式 (3) 成立，則代表 $0^\circ < \theta < 20^\circ$ ，即判斷為站的姿態；若式 (4) 成立，表示 $20^\circ < \theta < 60^\circ$ ，即判斷為坐下姿態；若式 (5) 成立，則表示 $\theta > 60^\circ$ ，即判斷為躺下姿態。

走路、上樓、下樓之辨識

本發明係透過小波係數來辨識走路、上樓與下樓之姿態，但小波轉換需要較長的資料作分析以得到明顯結果。惟若以增加資料取樣的方式來增加資料量，則會使系統反應時間變長。在此，本實施例不希望增加辨識時間，但希望資料量夠大，足以使小波轉換後的特徵明顯。

參照第 10 到 12 圖，其為走路、上樓、下樓三種步伐之 y 軸及 z 軸加速度 (x 軸為左右晃動之加速度，參考價值較小) 之波形圖。由圖式中之波形可發現到這三種姿態的加

速度波形大致上是呈現週期性的狀態。故若能找到這三種姿態的週期單位，便可將此週期單位週期化，得到任意的訊號長度，以利於小波轉換。

此外，由第 10 到 12 圖亦可看出，這三種步伐(走路、上樓、下樓)的 z 軸加速度在每一步啓動時皆有一個明顯的區域極小值，這個區域極小值可以當作步伐開始的特徵。每兩個區域極小值之間的訊號，就是受測者步行一步所產生的加速度訊號。由於人類的左右腳發達程度往往不太相同，造成左右腳出力可能會不一致的現象，因此本實施例擷取連續兩步的步伐，即左右腳的步伐各一步。以這兩步步伐作為一個週期，將加速度週期化至 512 筆資料以供小波轉換計算。

為了快速找到這個區域極大值的位置，首先將兩秒間的 Z 軸方向加速度作平方的動作，使 z 軸加速度的變化更為明顯，結果如第 13 圖所示，圖中之區域極大值便是步伐開始的位置。接著將第一步中的 a_z^2 訊號做兩層的小波轉換，因為步伐發生的位置具有高頻成分，因此可以由小波轉換後的小波係數找出區域極大值發生的位置，如第 14 圖中所示。由於小波轉換具有時-頻特性，故可由小波係數的區域極大值發生的位置推算出時域中區域極大值發生的近似位置，因而便可快速知道腳步發生的位置。本實施例希望取出兩個步伐(左右腳各一步)之間的時域訊號做分析，因此截取第一與第三個區域極大值之間的時域訊號作為分析步伐的對象。接著便以 z 軸第一到第三個區域極大值發

生的時間點之 y 軸及 z 軸加速度為週期單位，將 a_y 及 a_z 的資料週期化至 512 點，如第 15 到 17 圖中所示，而完成了步伐判斷的前處理程序。

將週期化後的 512 點的步伐向量作 9 層的 Haar 小波轉換，用以分出各頻段的訊號成分。因為與人體走路有關的频段係分佈在 1~16Hz 之間，因此本論文將分佈在 1~16Hz 的频段之小波係數視為這三種運動狀態的能量。可由實驗而觀察到的現象是，因為上樓有較多的姿態變化，而這些姿態變化的頻率低於 1Hz 的範圍，故上樓時的 z 軸方向(人體正前方)的能量最小，其佔總能量 a_z 的比例也最小。在此，本發明利用這個觀察到的現象，定義一個特徵參數稱為前方能量比例(RTF)。藉由 RTF 超過某個閾值來分辨出上樓的姿態，其中該 RTF 之公式如式(5)中所述：

$$RTF = \frac{\|a_z\|_2^2}{\sum_{j=3}^6 d_{zj}} \quad (6)$$

其中 a_z 為 Z 軸方向之加速度， d_z 為 Z 軸方向之小波分解係數。

至於下樓姿態及走路姿態的判斷，因三軸加速度計受到 y 軸方向的能量最大(鉛直方向)，且 z 軸方向的受力遠小於走路，故本發明定義另一個特徵參數：垂直對前方能量比例(RVF)：

$$RVF = \frac{\sum_{j=3}^6 d_{yj}}{\sum_{j=3}^6 d_{zj}} \quad (7)$$

其中 d_y 為 Y 軸方向之小波分解係數， d_z 為 Z 軸方向之小波分解係數。

由 RVF 可分辨出下樓與走路姿態。若 RVF 大於某個閾值，便可判斷為下樓。綜合這兩個參數 (RTF、RVF) 便可以判斷出走路、上樓與下樓三種姿態，第 18 圖為使用者走路，然後上樓至七樓，接著再下樓返回六樓所記錄的 RTF 及 RVF 兩參數的變化，由此圖可看出 RTF 在上樓時數值有顯著變化，而 RVF 在下樓時數值有顯著的變化。因此在此實施例中當 $RTF > 15$ 時為上樓， $RVF > 4$ 時為下樓，否則為走路，因而判斷出走路、上樓及下樓之姿態。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟悉本技藝之人士，在不脫離本發明之精神與範圍內，當可做些許之更動與潤飾，例如：本系統可以星狀、環狀或其它拓撲方式來建構該群蜂無線感測網路，只要加入的監測人數不超過本發明之多人姿態管理軟體的上限，且傳送範圍不超過群蜂無線感測網路的範圍，則即可隨時加入此群蜂無線感測網路；本發明可與具備無線網路及 3G 功能之看護機器人整合，透過機器人之人臉追蹤及無線網路功能進行視訊會議，以即時偵測老人發生跌倒情況，並利用手機傳送緊急簡訊通知家人，而該機器人並可主動移至老人身邊，傳送即時影像至遠端 PDA(個人數位助理)，使家人或醫師能快速得知老人情況，讓受傷的老人能儘快得到救援；此外，本發明之人體姿態感測模組可透過其上的 I/O 接腳，連接各種不同的感測器(例如可偵測人體通過的人體

紅外線感測器，或者可偵測玻璃是否被擊破的麥克風感測與振動感測器等)，佈建在環境中，當感測器偵測到異常現象時，看護機器人便可前往事發地點查看，並傳送影像給家人，使看護機器人不但能提供居家看護功能，也能提供保全服務。因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為本發明之人體姿態辨識系統之架構圖。

第 2 圖為本發明之加速度計、微處理器及群蜂晶片 (Chipcon CC2420) 之方塊圖。

第 3 圖為第 2 圖之控制介面示意圖。

第 4 圖為本發明之人體姿態感測演算法之流程圖。

第 5 圖為步行之三軸加速度訊號、靜態加速度及動態加速度成份之曲線圖。

第 6 圖為人體姿態估測模組之配置與重力加速度的關係。

第 7 圖為不同姿態之訊號振幅區域 (SMA) 之分佈曲線圖。

第 8 圖為測試者在一段時間內跌倒十次之訊號振幅向量 (SMV) 最大值 (SMV_max) 之曲線圖。

第 9 圖為人體軀幹傾斜角度與重力加速度之間的關係示意圖。

第 10 圖為走路之三軸加速度之波形圖。

第 11 圖為上樓之三軸加速度之波形圖。

第 12 圖 為 下 樓 之 三 軸 加 速 度 之 波 形 圖 。

第 13 圖 為 走 路 、 上 樓 、 下 樓 之 z 軸 加 速 度 之 平 方 的 波 形 圖 。

第 14 圖 為 利 用 第 二 層 小 波 係 數 找 到 之 的 區 域 極 大 值 之 波 形 圖 。

第 15 圖 為 週 期 化 至 512 點 之 走 路 波 形 圖 。

第 16 圖 為 週 期 化 至 512 點 之 上 樓 波 形 圖 。

第 17 圖 為 週 期 化 至 512 點 之 下 樓 波 形 圖 。

第 18 圖 為 由 RTF 與 RVF 判 斷 走 路 及 上 下 樓 之 波 形 圖 。

【 主 要 元 件 符 號 說 明 】

- 4 人 體 姿 態 感 測 模 組
- 5 群 蜂 (Zigbee) 無 線 網 路 發 展 板
- 6 個 人 電 腦 端 (機 器 人 端)
- 11 三 軸 加 速 度 計
- 12 微 控 制 器
- 13 群 蜂 晶 片 RF 端

十、申請專利範圍：

1. 一種多人姿態辨識系統，至少包含：

人體姿態感測模組，其包含：

三軸加速度計，用以量測人體的加速度訊號；

群蜂 (Zigbee) 晶片，至少包含傳送及接收暫存器、電壓轉換器及天線，並與微控制器之介面連結，且提供連線強度及連結品質之資訊，藉以得知節點之間的連線情形；及

微控制器，具有複數個可將該三軸加速度計之類比訊號轉為數位訊號之類比/數位轉換器，並連結於該三軸加速度計與該群蜂晶片之間，用以初始化該三軸加速度計、控制該三軸加速度計之休眠狀態及選擇該三軸加速度計之量測範圍，並用以控制該群蜂晶片之傳送及接收暫存器，以讀取或寫入暫存資料或回報晶片狀態資訊；及

群蜂 (Zigbee) 無線網路發展板，用以作為群蜂無線感測網路的接收端，

俾藉複數個該人體姿態感測模組與該群蜂無線網路發展板，可架構成一個可讓複數個該人體姿態感測模組互相溝通之群蜂無線感測網路。

2. 如申請專利範圍第 1 項之多人姿態辨識系統，其中該微控制器之複數個類比/數位轉換器可選擇以 10 位元或 8 位元之精確度來取樣。

3. 如申請專利範圍第 1 項之多人姿態辨識系統，其中更包

含電腦監測端或機器人監測端，用以檢視使用者的姿態，並監控整個網路中各節點的情況。

4. 如申請專利範圍第 3 項之多人姿態辨識系統，其中該電腦監測端或機器人監測端內發展有一套多人監測軟體，用以同時紀錄及統計所接收到的人體姿態資訊，以同時監測多人姿態。

5. 如申請專利範圍第 1 項之多人姿態辨識系統，其中更包含人體紅外線感測器，可偵測是否有入侵者進入，亦含有麥克感測器，用以判斷是否有異常聲響，以達到保全的效果。

6. 一種估測人體姿態之方法，包含：

將三軸加速度計之讀值經過訊號前處理步驟，分離出動態與靜態加速度；及

檢查動態加速度中是否存有因跌倒所造成之異常訊號，若無，則分析動態加速度，判斷人體姿態處於動態或靜態姿態。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中若判斷人體姿態處於靜態姿態，則由人體軀幹的傾斜角度判斷該人體姿態為站、坐或躺之姿態。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中該人體軀幹的傾斜角度可藉由加速度計之 y 感測軸所感測之靜態加速度來判斷，並藉由下列步驟判斷該人體姿態為站、坐或躺之姿態：

若符合 $g \cdot \cos(20^\circ) < g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(0^\circ)$ ，則判斷該人體姿態

為站；

若符合 $g \cdot \cos(60^\circ) < g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(20^\circ)$ ，則判斷該人體姿態為坐下；及

若符合 $g \cdot \cos(\theta) \leq g \cdot \cos(60^\circ)$ ，則判斷該人體姿態為躺下，其中 g 為地球之重力加速度、 θ 為地球之重力加速度與加速度計之 y 感測軸之夾角、而 $g \cdot \cos(\theta)$ 代表 y 感測軸所感測之靜態加速度，其為地球重力加速度之餘弦分量。

9. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中若判斷人體姿態處於動態姿態，則經由步伐偵測及步伐判斷的前處理步驟，偵測有無步伐的動作。

10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中若偵測到步伐，則將加速度訊號經過小波轉換，分析一般步行時能量分布頻段之小波係數，並由該等小波係數計算特徵參數，藉以判斷該步伐為走路、上樓或下樓之姿態；若無偵測到步伐，則將姿態歸類為運動狀態。

11. 如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該訊號前處理步驟包含：

將一段步行時之三軸加速度訊號設為原始訊號；

將此原始訊號經由小波轉換後，保留最低頻的小波係數，經過還原得到靜態加速度訊號；及

以該原始加速度訊號減去該靜態加速度訊號，以得到動態加速度訊號。

12. 如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該靜態加速度訊號為地球的重力加速度之分量。

13. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中該步伐偵測及步伐判斷的前處理步驟包含：

使用欲判斷之人體動態姿態的 Z 軸加速度訊號中的區域極小值作為步伐開始的特徵值；

擷取連續兩步的步伐作為一個週期並將加速度週期化至預設數量資料以供小波轉換計算；

將該 Z 軸加速度訊號平方並做兩層的小波轉換；及藉由小波轉換後之小波係數找出區域極大值發生的位置，接著推算出時域中區域極大值發生的近似位置。

14. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該等特徵參數至少包含：

前方能量比例 (RTF)，若超過某個預設門檻值則可判斷出是否為上樓之人體姿態；及

垂直對前方能量比例 (RVF)，若大於某個預設門檻值，則可判斷出是否為下樓之人體姿態。

15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該前方能量比例 (RTF) 可以下述公式表示：

$$RTF = \frac{\|a_z\|_2^2}{\sum_{j=3}^6 d_{zj}}$$

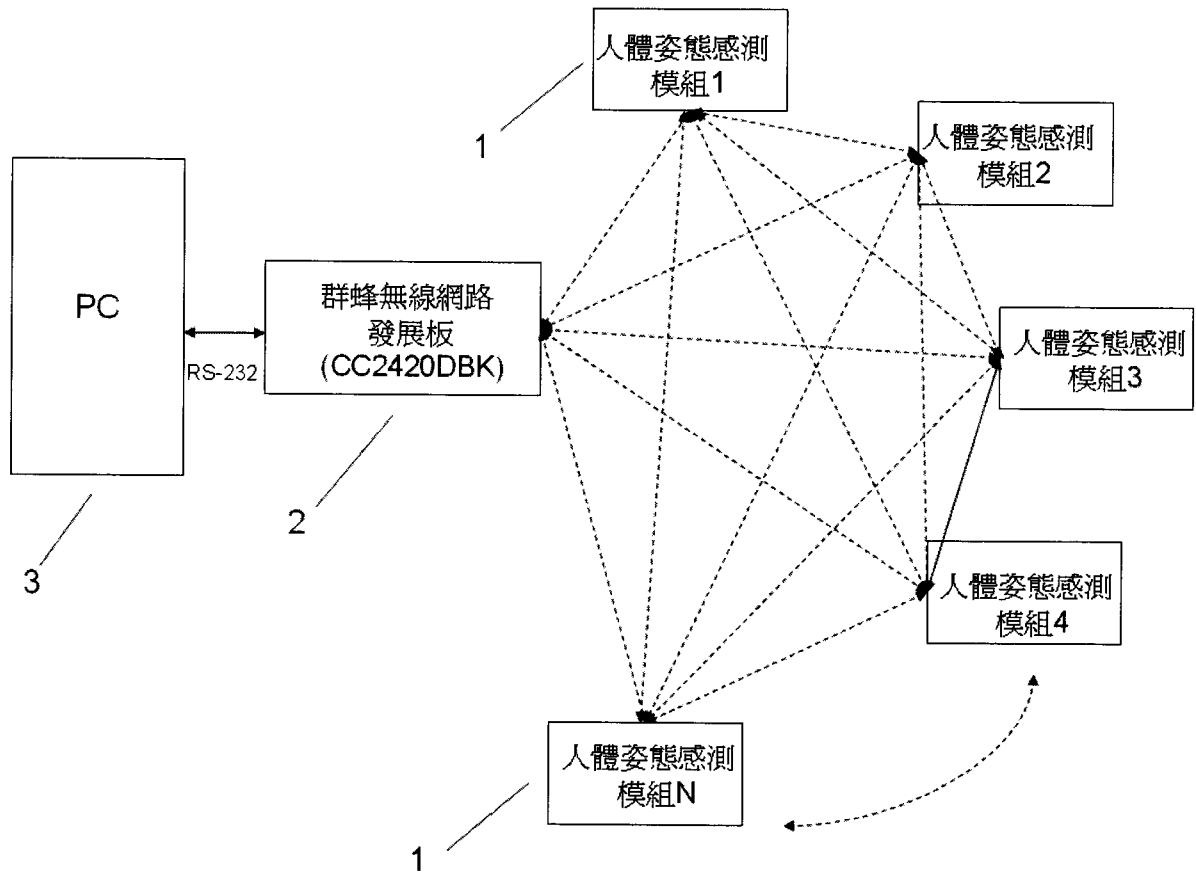
，其中 a_z 為 Z 軸方向之加速度， d_z 為 Z 軸方向之小波分解係數。

16. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該垂直對前方能量比例 (RVF) 可以下述公式表示：

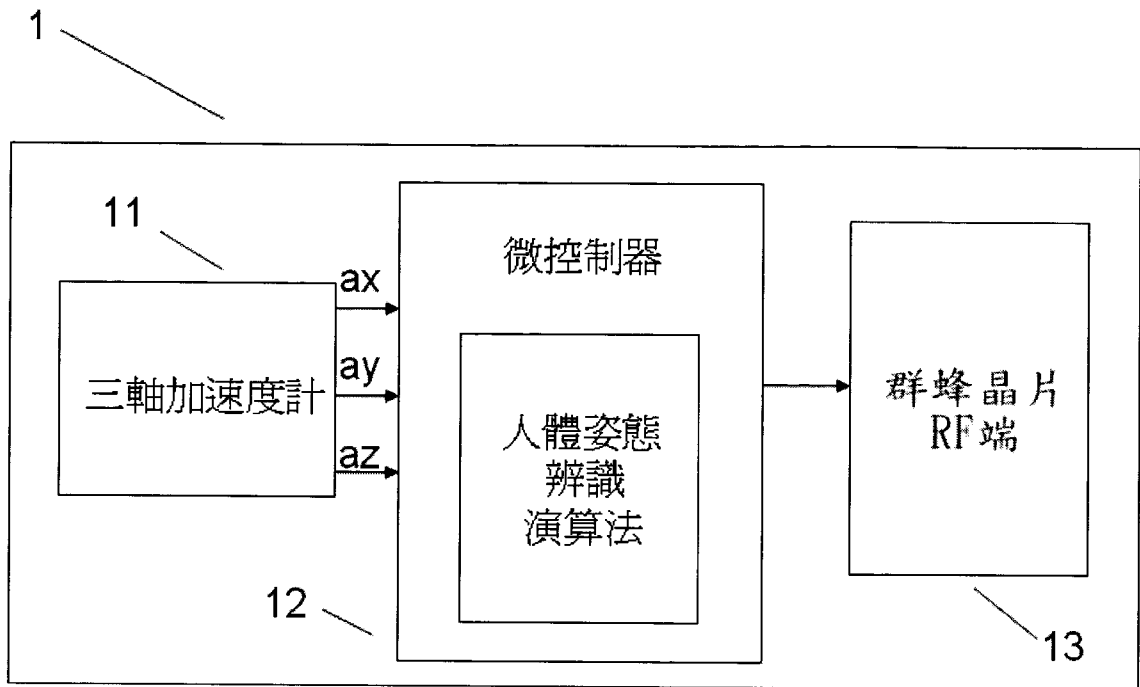
$$RVF = \frac{\sum_{j=3}^6 d_{yj}}{\sum_{j=3}^6 d_{zj}}$$

，其中 d_y 為 Y 軸方向之小波分解係數， d_z 為 Z 軸方向之小波分解係數。

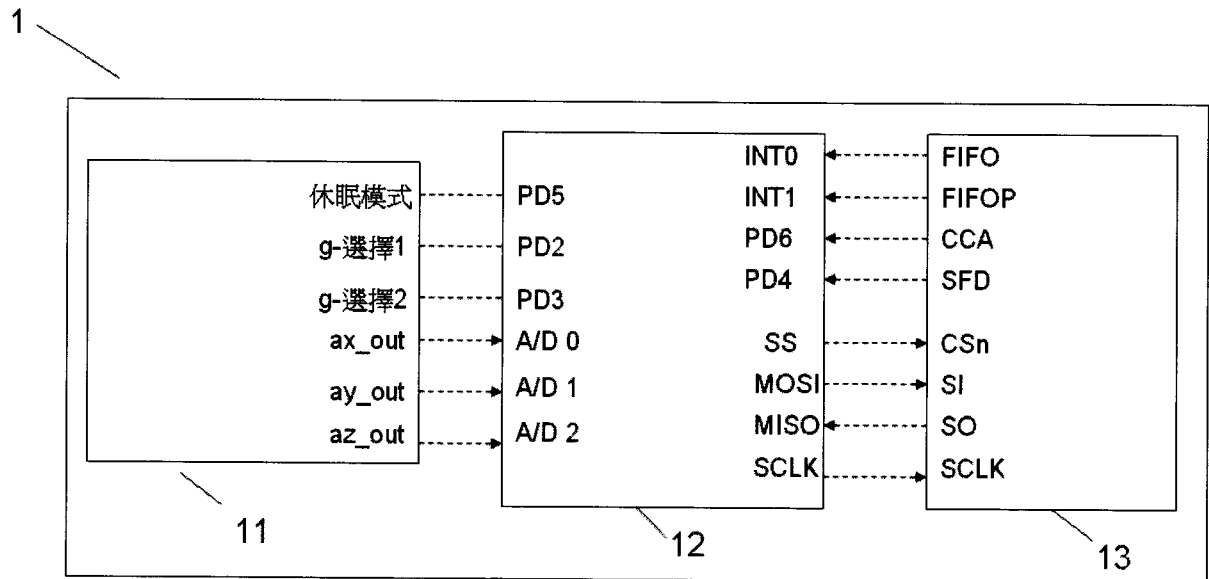
十一、圖式：



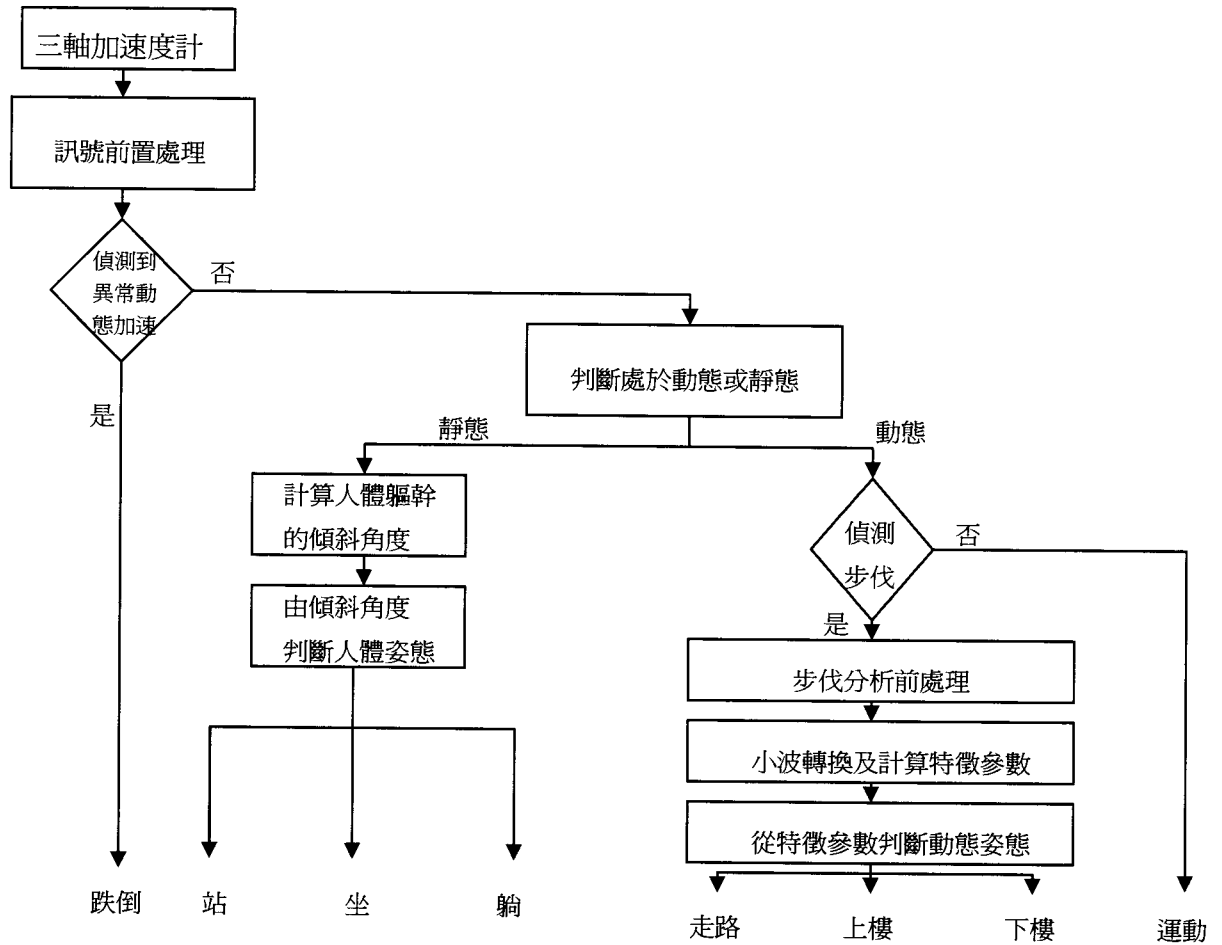
第 1 圖



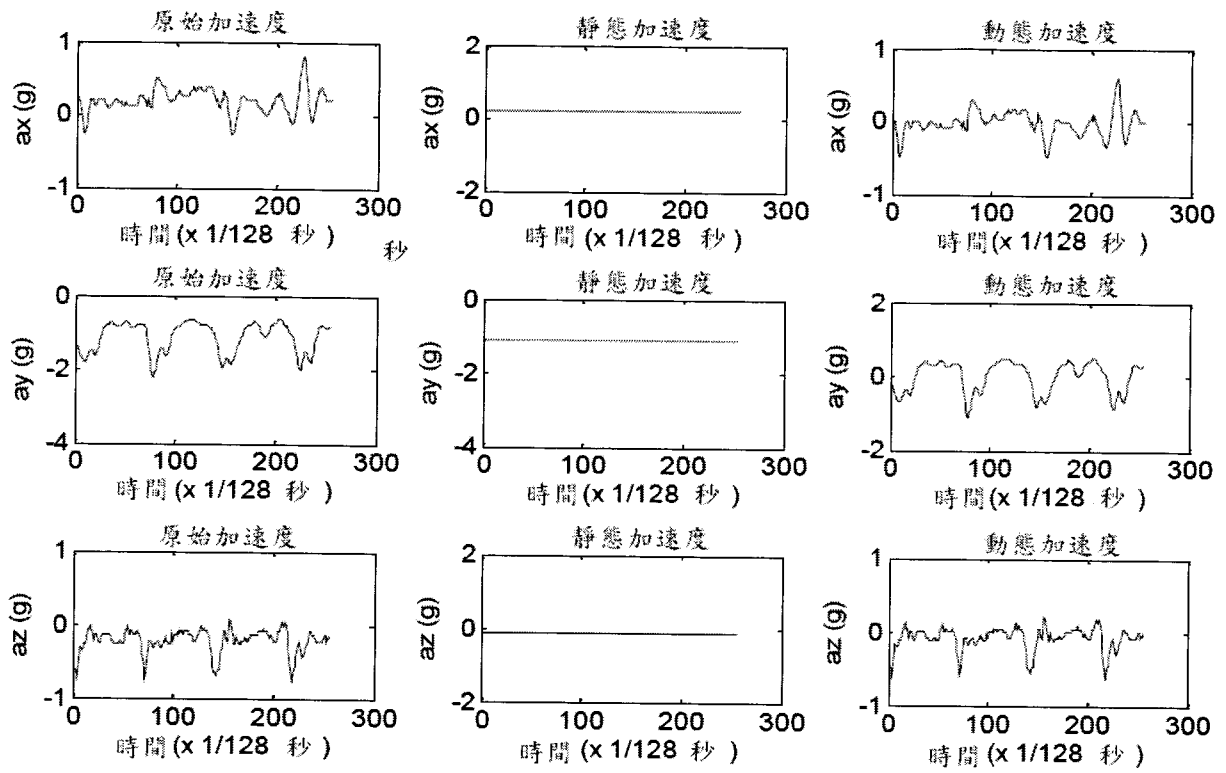
第 2 圖



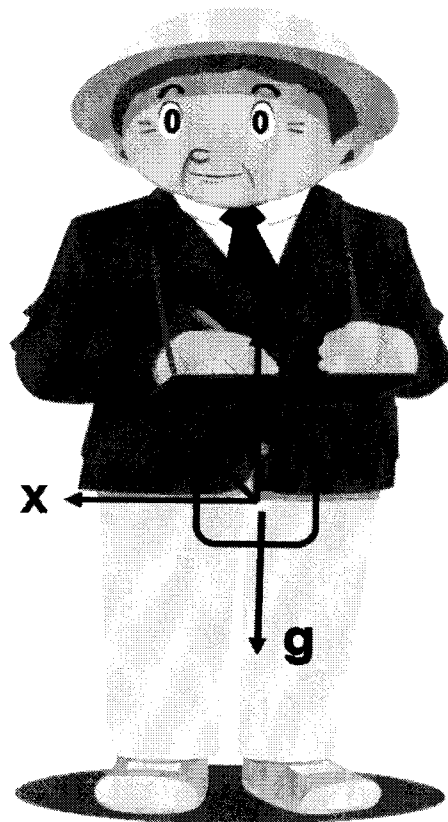
第 3 圖



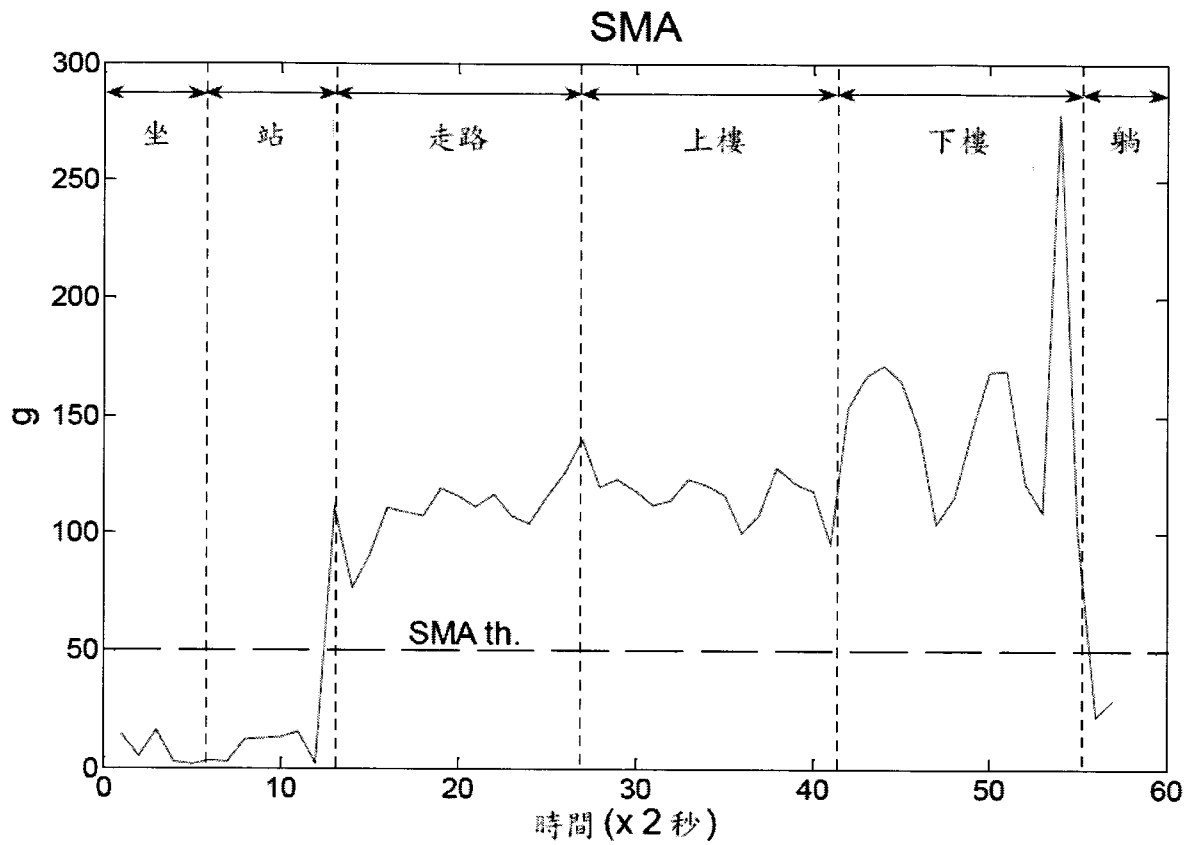
第 4 圖



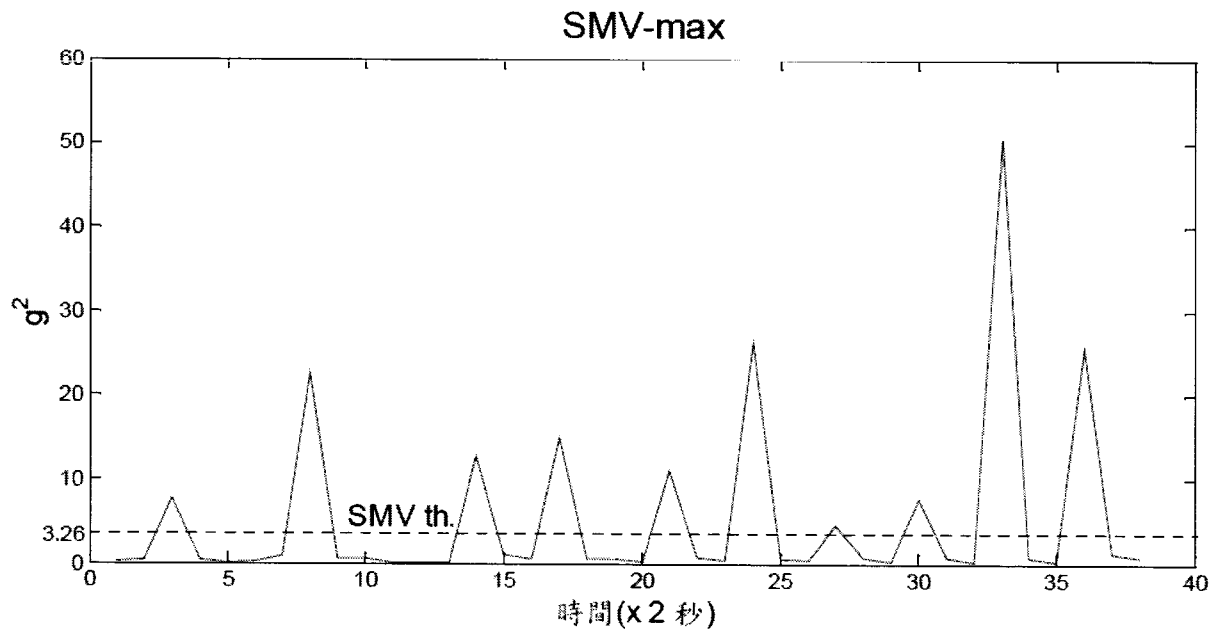
第 5 圖



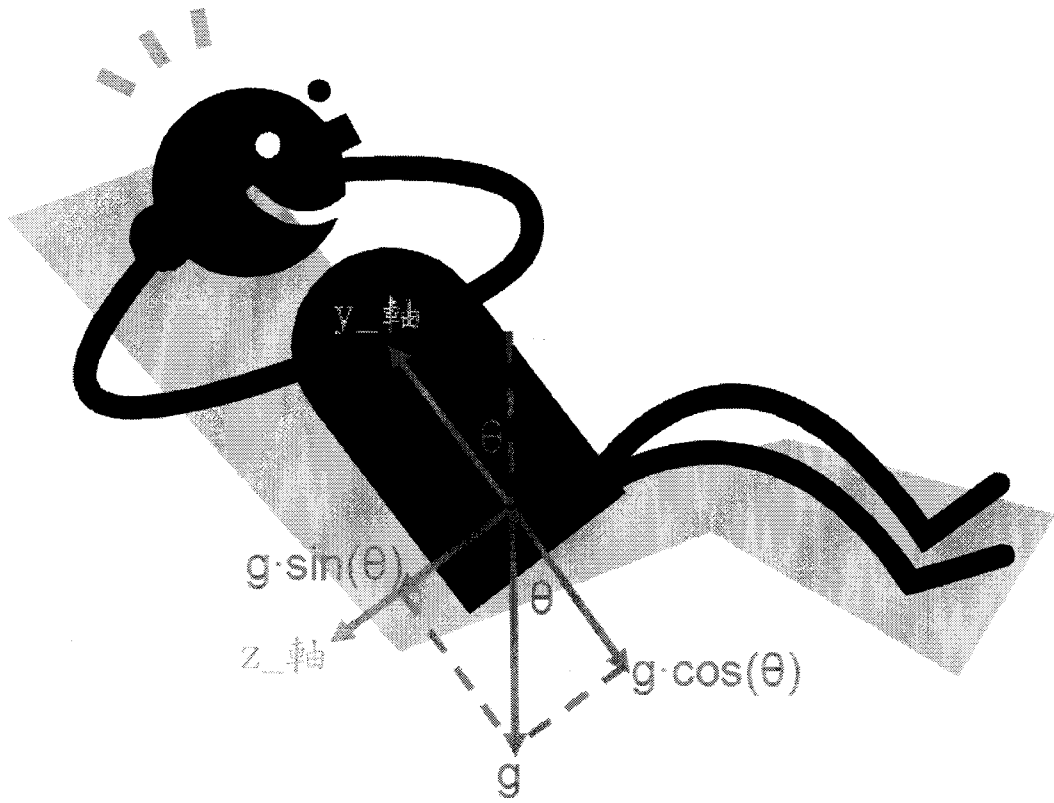
第 6 圖



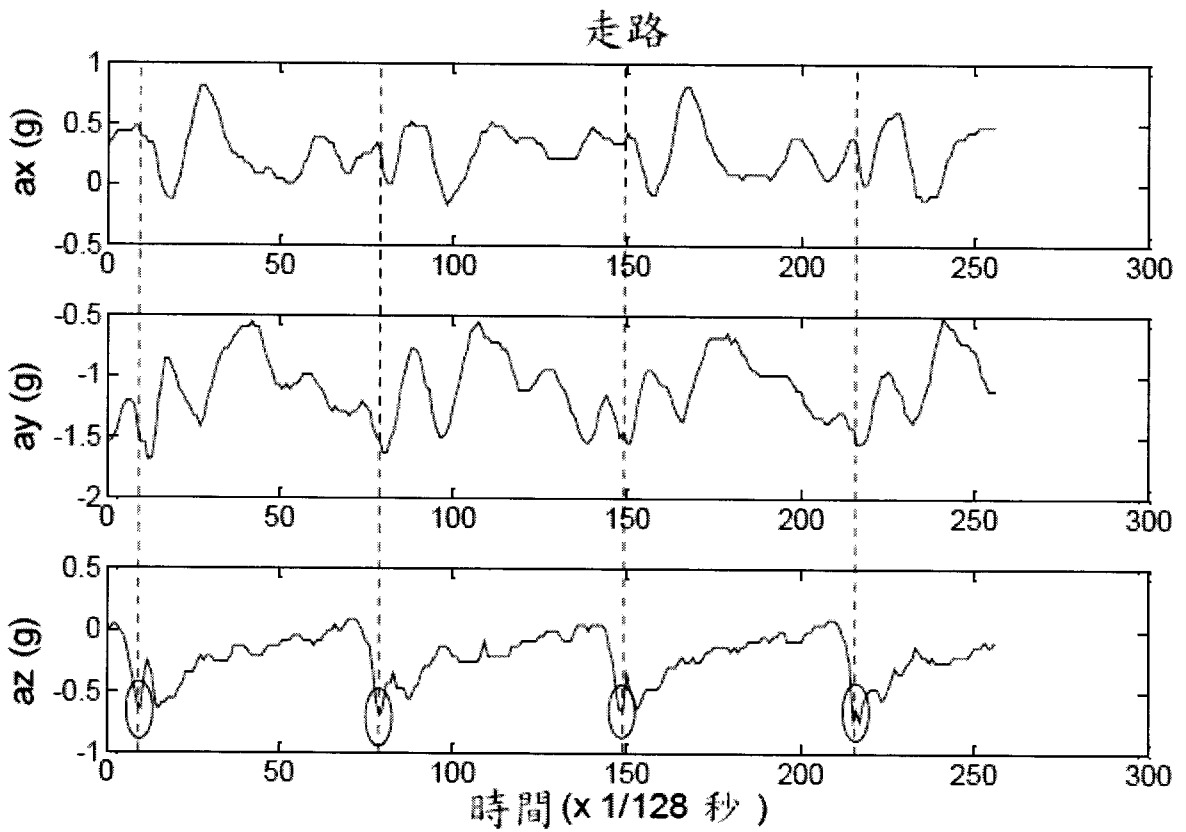
第 7 圖



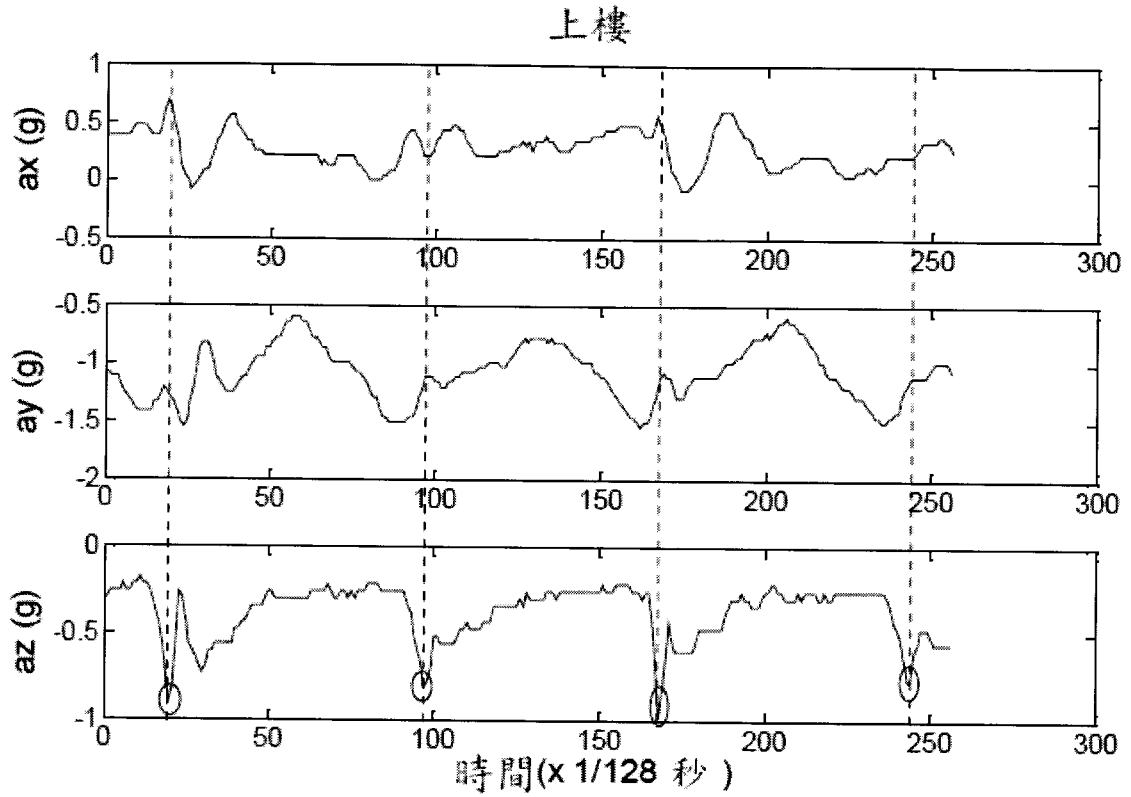
第 8 圖



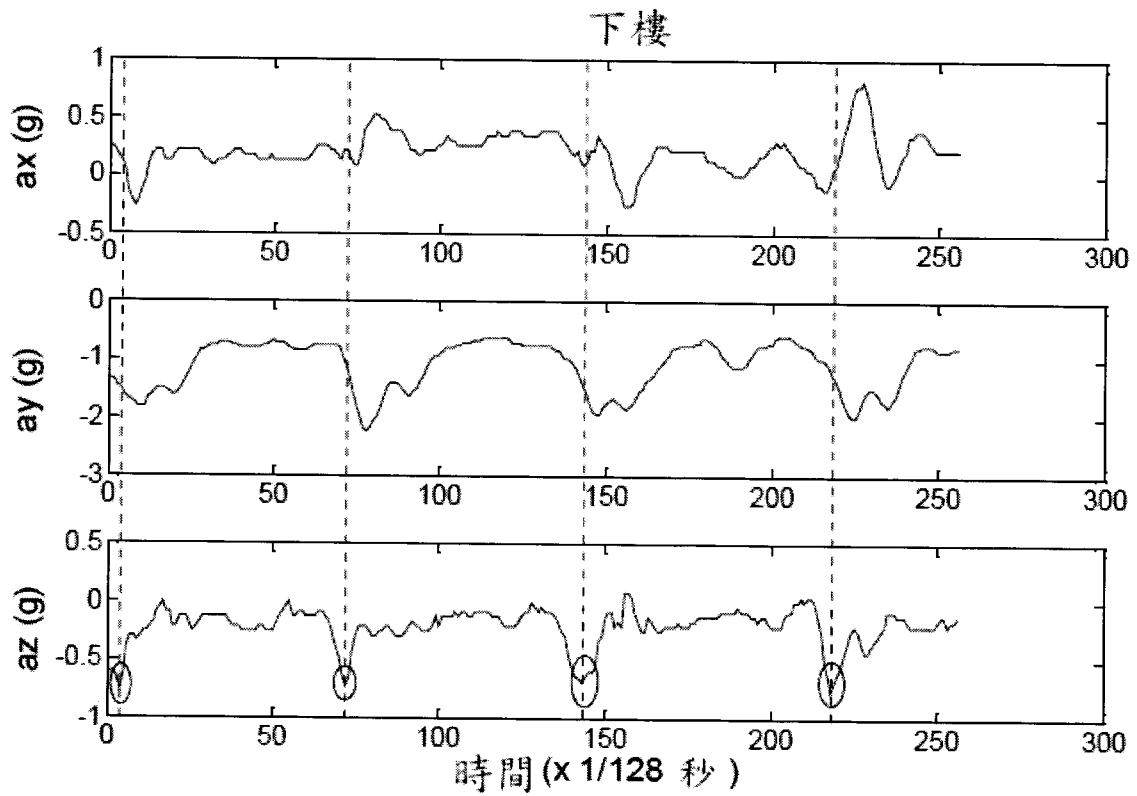
第 9 圖



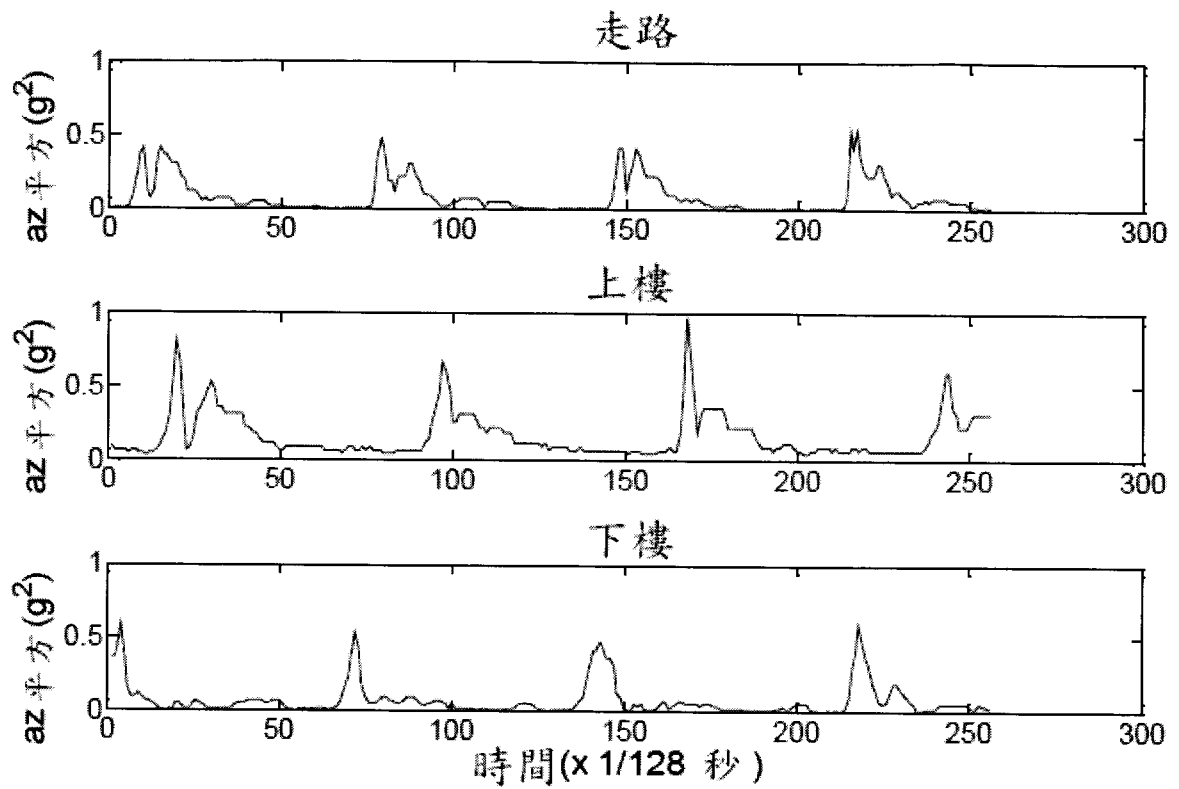
第 10 圖



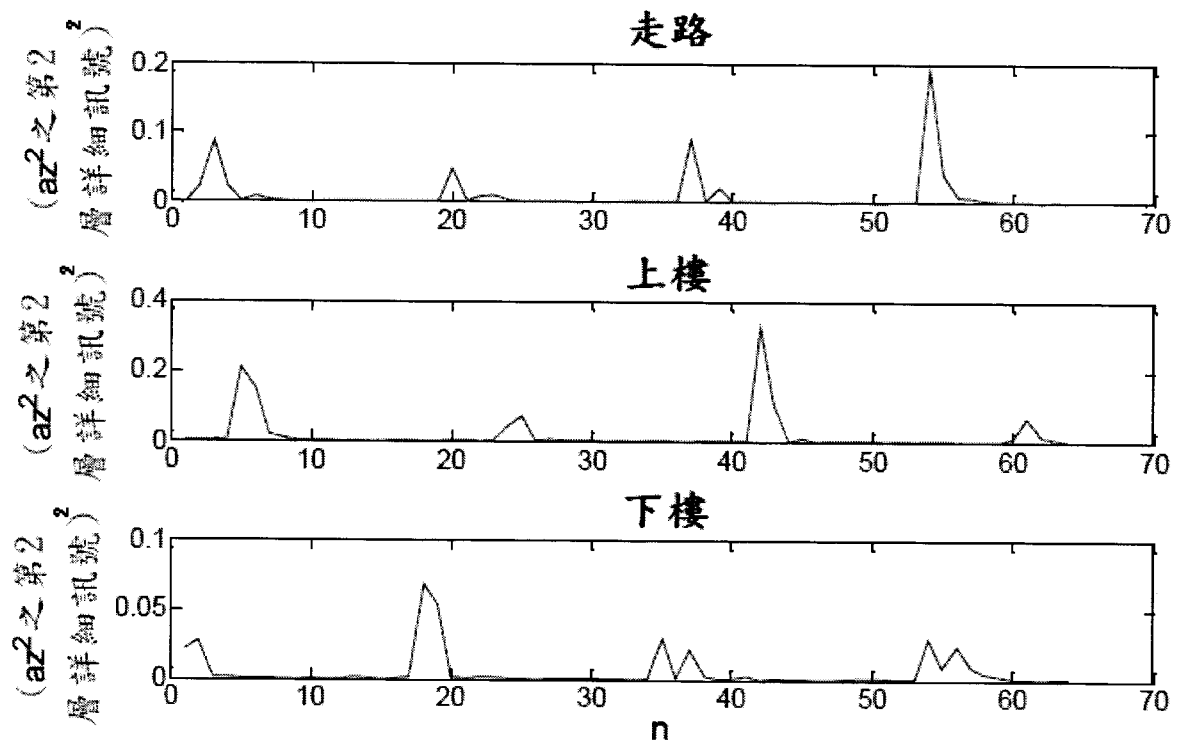
第 11 圖



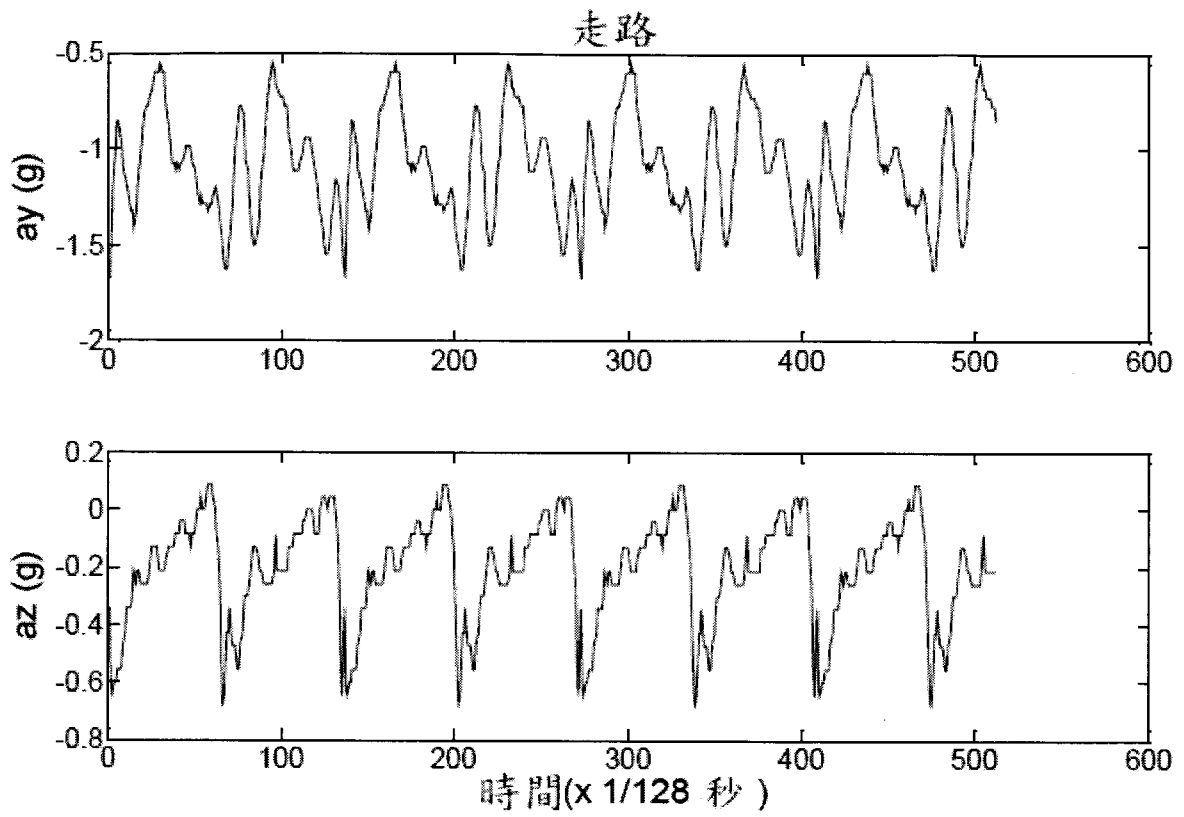
第 12 圖



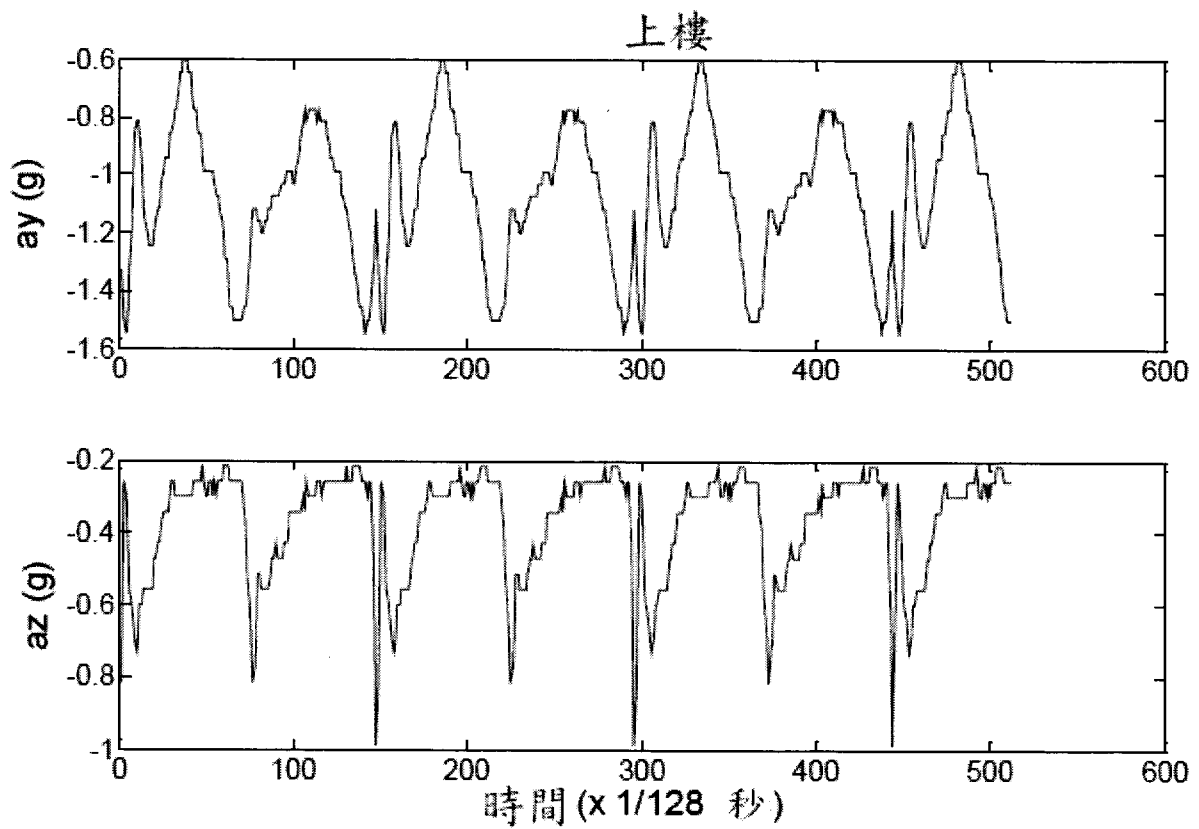
第 13 圖



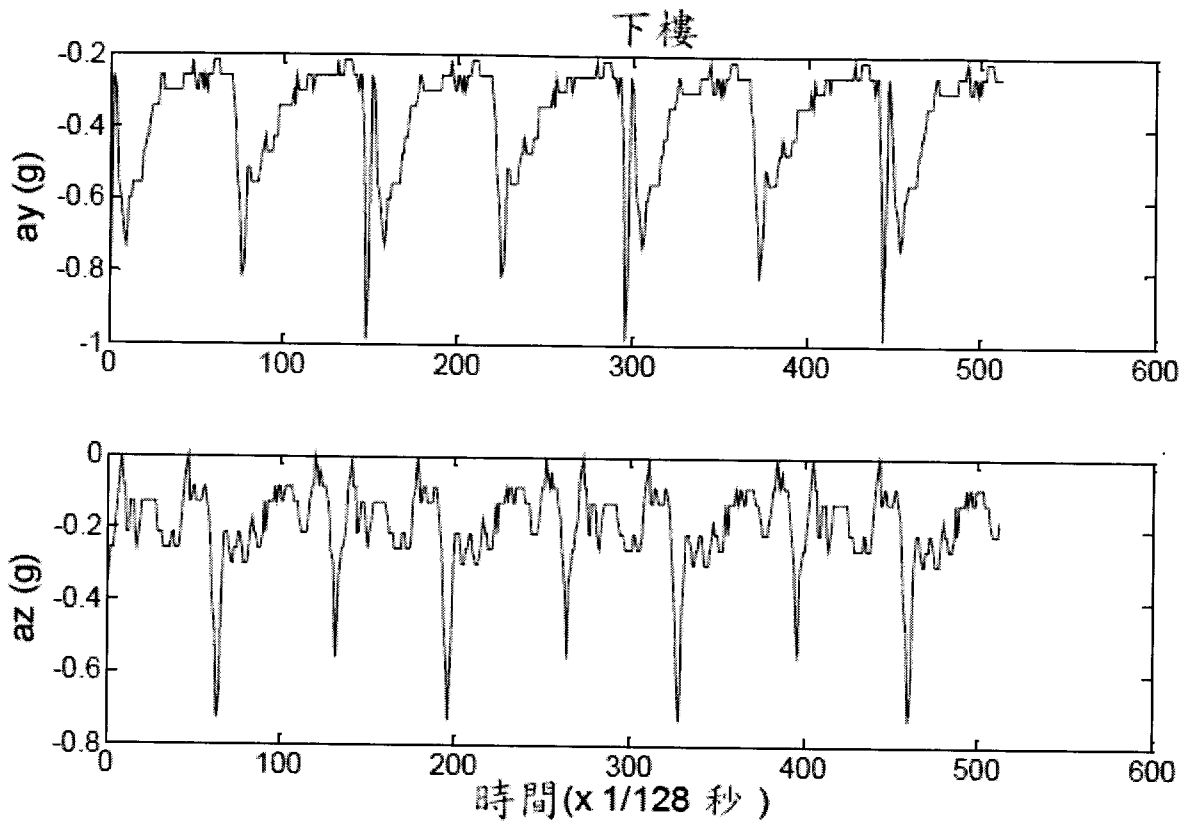
第 14 圖



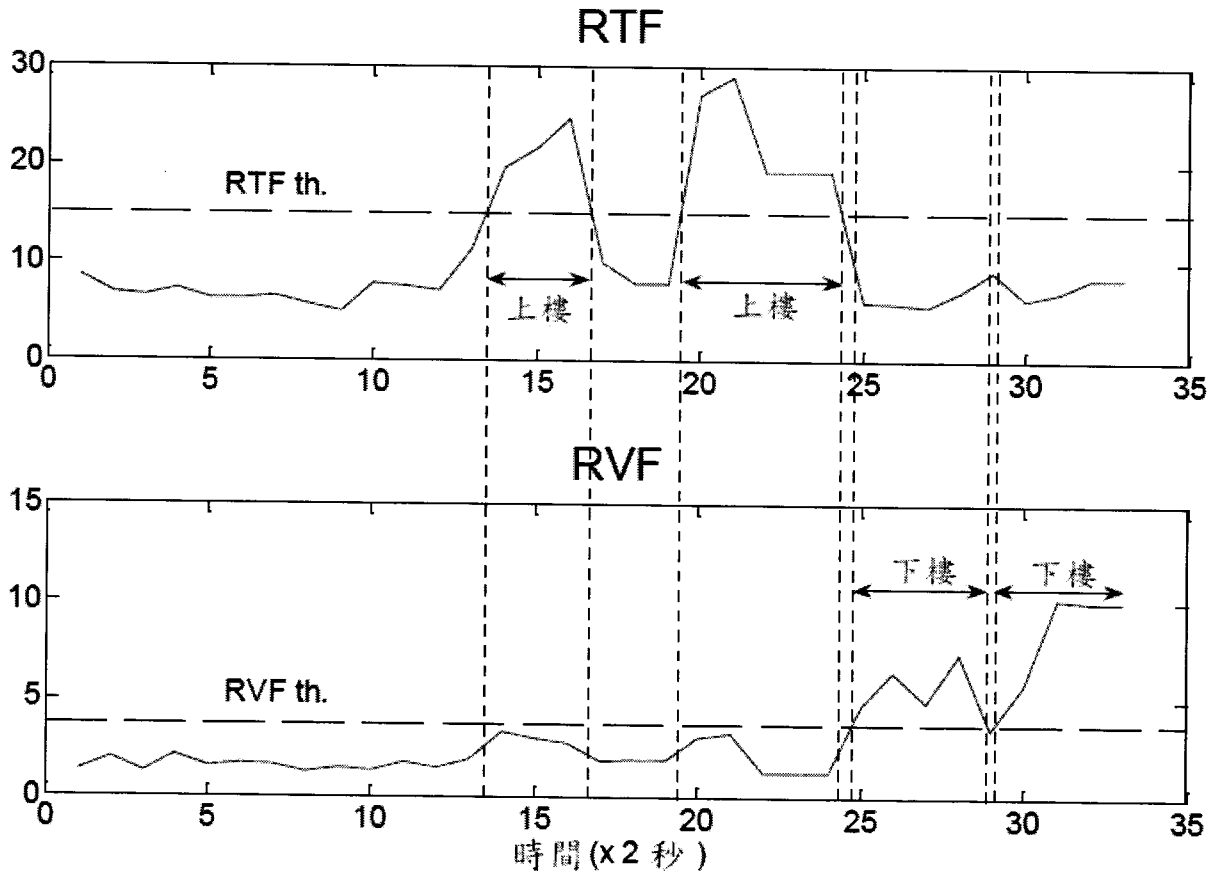
第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖



第 18 圖