



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201711002 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 16 日

(21) 申請案號：104130346

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 14 日

(51) Int. Cl. :

G08B21/02 (2006.01)

G01P15/08 (2006.01)

(71) 申請人：朝陽科技大學 (中華民國) CHAOYANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (TW)

臺中市霧峰區吉峰東路 168 號

(72) 發明人：鄭文昌 (TW)；詹明儒 (TW)

(74) 代理人：趙元寧

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：3 項 圖式數：10 共 21 頁

(54) 名稱

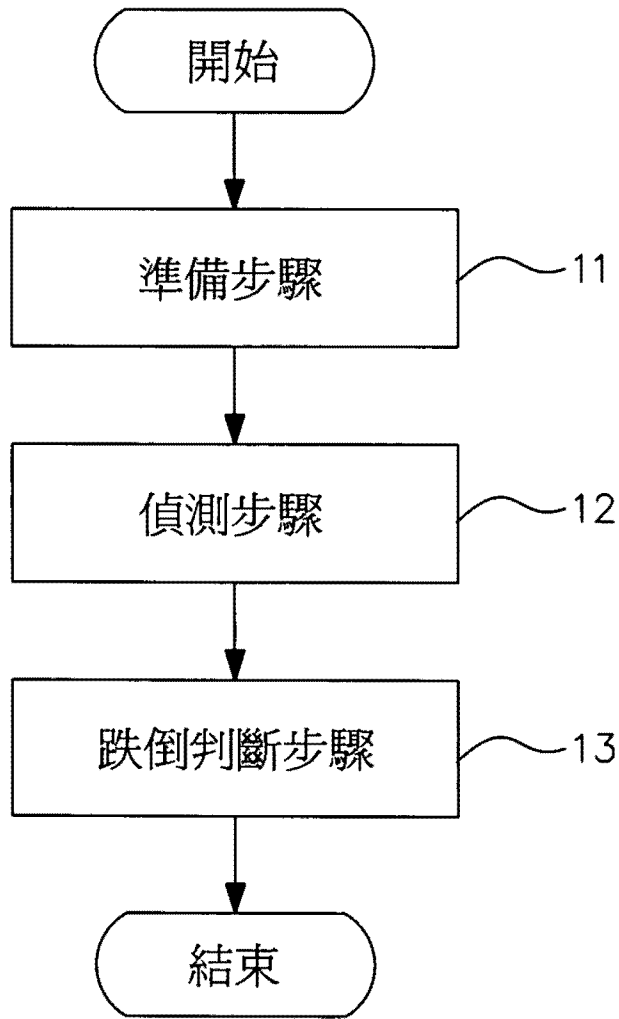
應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法

(57) 摘要

本發明係設一加速度資訊擷取單元蒐集使用者之複數個即時三軸加速度之三軸加速度向量，並分別運算而取得複數個低通加速度強度 $\overline{m}(t)$ ，用以供入一跌倒偵測判斷單元之移位暫存器內，當低通加速度強度 $\overline{m}(t)$ 落入其門檻範圍值內，則其比較器輸出為+1，處理單元輸出為+ α ；並當低通加速度強度 $\overline{m}(t)$ 未落入門檻範圍值，則比較器輸出為-1，處理單元輸出為- α ；最後將 N 個處理單元之輸出再輸入至加法器加總，當結果大於零，加法器係產生判斷跌倒訊號，反之不產生判斷跌倒訊號。本案兼具可在跌倒前發出警告訊號、即時偵測提高安全性、可減少誤判率與電路精簡易於實施等優點。

指定代表圖：

符號簡單說明：
11 . . . 準備步驟
12 . . . 偵測步驟
13 . . . 跌倒判斷步驟



第一圖

發明摘要

※ 申請案號：

104130746

※ 申請日：

104.9.14

※IPC 分類：

G08B 21/02 (2006.01)

G01P 15/08 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法

【中文】

本發明係設一加速度資訊擷取單元蒐集使用者之複數個即時三軸加速度之三軸加速度向量，並分別運算而取得複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ ，用以供入一跌倒偵測判斷單元之移位暫存器內，當低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 落入其門檻範圍值內，則其比較器輸出為+1，處理單元輸出為 $+\alpha$ ；並當低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 未落入門檻範圍值，則比較器輸出為-1，處理單元輸出為 $-\alpha$ ；最後將 N 個處理單元之輸出再輸入至加法器加總，當結果大於零，加法器係產生判斷跌倒訊號，反之不產生判斷跌倒訊號。本案兼具可在跌倒前發出警告訊號、即時偵測提高安全性、可減少誤判率與電路精簡易於實施等優點。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（一）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

11 準備步驟

12 偵測步驟

13 跌倒判斷步驟

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法

【技術領域】

【0001】 本發明係有關一種應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，尤指一種兼具可在跌倒前發出警告訊號、即時偵測提高安全性、可減少誤判率與電路精簡易於實施之應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法。

【先前技術】

【0002】 目前已有許多跌倒偵測方法，這些方法可以分成影像辨識與感測器偵測兩大類，其中感測器偵測方法大部分是利用擷取監護者所穿戴的三軸加速度資訊來判斷是否有跌倒狀況發生，當跌倒發生時，監護者所穿戴的三軸加速度計因瞬間碰撞導致三軸加速度資訊劇烈變化，再透過單一門檻值比較判斷後，完成跌倒偵測，此方法易受雜訊與姿態影響導致誤判。

【0003】 由於跌倒發生的過程是一種連續時間的動作，中華民國發明專利第 I419085 號之跌倒偵測方法是擷取連續複數筆加速度資料，將該連續複數筆加速度資料代入一跌倒比較單元，判斷是否滿足跌倒條件，以產生跌倒偵測訊號。然而，該方法必須間隔一段時間才能判斷一次，無法連續即時判斷，間隔時間的空窗期即產生跌倒之人身危險性。

【0004】 重點在於，這些方法屬於跌倒發生後的偵測，無法避免傷害發生，只能降低傷害程度，如果能在跌倒過程提早偵測跌倒發生，進而採

取保護措施，將能直接避免傷害發生，達到跌倒預測的目的。

【0005】 有鑑於此，必需研發出可解決上述習用缺點之技術。

【發明內容】

【0006】 本發明之目的，在於提供一種應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，其兼具可在跌倒前發出警告訊號、即時偵測提高安全性、可減少誤判率與電路精簡易於實施等優點。特別是，本發明所欲解決之問題係在於傳統跌倒偵測方法屬於跌倒發生後的偵測，無法避免傷害發生，只能降低傷害程度，無法在跌倒過程提早偵測跌倒發生，進而採取保護措施，將能直接避免傷害發生，達到跌倒預測的目的等問題。

【0007】 解決上述問題之技術手段係提供一種應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，其包括：

【0008】 一．準備步驟；

【0009】 二．偵測步驟；與

【0010】 三．跌倒判斷步驟。

【0011】 本發明之上述目的與優點，不難從下述所選用實施例之詳細說明與附圖中，獲得深入瞭解。

【0012】 茲以下列實施例並配合圖式詳細說明本發明於後：

【圖式簡單說明】

【0013】

第一圖係本發明之流程圖

第二圖係本發明之應用例之示意圖

第三 A 圖係本發明之系統方塊圖

第三 B 圖係本發明之跌倒偵測判斷單元之示意圖

第四圖係本發明之複數個即時三軸加速度之三軸加速度向量之波形圖

第五圖係本發明之複數個三軸加速度值的強度之波形圖

第六圖係本發明之複數個低通加速度強度之波形圖

第七圖係本發明之複數次偵測過程之波形圖

第八圖係第七圖之依時間序列逐批取樣之數據圖

第九 A 圖係本發明之收集跌倒樣本 100 筆與沒有跌倒樣本 100 筆進行門檻範圍值之訓練集之示意圖

第九 B 圖係第九 A 圖之錯誤率之示意圖

第十 A 圖係本發明之收集跌倒樣本 20 筆與沒有跌倒樣本 20 筆進行門檻範圍值之測試集之示意圖

第十 B 圖係第十 A 圖之錯誤率之示意圖

【實施方式】

【0014】 參閱第一、第二、第三 A 及第三 B 圖，本發明係為一種應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，於開始後包括下列步驟：

【0015】 一、準備步驟 11：準備一加速度資訊擷取單元 20、一跌倒偵測判斷單元 30 以及一加速度門檻值決定單元 40，該加速度資訊擷取單元 20 係內建一數學式： $m(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2}$ ，且用以裝於一使用者 90 身上；該跌倒偵測判斷單元 30 係包括 N 個串接的處理單元 31 及一個加法器 32， N 係為 ≥ 5 之正整數；該每一處理單元 31 係包含有一個移位暫存器 311、一個比較器 312、一個門檻值暫存器 313 以及一個權重值暫存器 314；該門檻值暫存器 313 內建一門檻範圍值 θ_N (參閱表一，門檻範圍值 θ_N 係介

於 63.5~74.5)，該權重植暫存器 314 內建一權重值 α_N (參閱表一，權重值 α_N 設為 1)；

【0016】 二·偵測步驟 12：該加速度資訊擷取單元 20 係設一個三軸加速度計 21，用以蒐集該使用者 90 之複數個即時三軸加速度之三軸加速度向量 $[x(t), y(t), z(t)]^T$ (如第四圖所示)，再將該複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ (如第五圖所示)經一低通濾波處理而成為複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ (如第六圖所示)，用以作為跌倒偵測之判斷依據；

【0017】 三·跌倒判斷步驟 13：當該跌倒偵測判斷單元 30 供入該移位暫存器 312 內之該低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 落入該門檻範圍值 θ_N 內，則該比較器 312 輸出為 +1，該處理單元 31 輸出為 $+\alpha$ ；並當即時供入該移位暫存器 312 內之該低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 未落入該門檻範圍值 θ_N ，則該比較器 312 輸出為 -1，該處理單元 31 輸出為 $-\alpha$ ；最後將 N 個處理單元 31 之輸出再輸入至該加法器 32 加總，當結果大於零，該加法器 32 係產生一判斷跌倒訊號，當結果小於零，該加法器 32 不產生判斷跌倒訊號；其中，該 N 個處理單元 30 中之該移位暫存器 312，係可持續將 N 個連續複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 依序送進該 N 個串接的處理單元 30 中的該比較器 312 與該門檻範圍值 θ_N 進行比較，因此任何時間都同時針對 N 個連續複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 進行比對判斷是否跌倒。

【0018】 實務上，於該偵測步驟 12 中，該低通濾波處理係選自下列兩種方式其中之一：

【0019】 第一種：該低通濾波處理係將該即時之複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ 取其平均值，而獲得該複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 。

【0020】 第二種：該低通濾波處理係將該即時之複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ 之其高頻部份濾除後而獲得該複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 。

【0021】 該處理單元 31 係設至少 5 個。

【0022】 參閱第七圖，舉例來講，假設以本案裝置進行實測，該處理單元 31 之數量 N 係簡化成 5 個以方便舉例說明。每秒取樣 10 次，即每 0.1 秒取樣一次(當然此取樣頻率也可修改為每秒 100 次或其他數值)，第 5.5 秒至 7.0 秒之間，共有 16 個偵測點(K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8、K9、K10、K11、…)，可整理成如第八圖所示之數據圖(依時間序列逐批取樣，包括一第一偵測區段 A、一第二偵測區段 B、一第三偵測區段 C、一第四偵測區段 D、一第五偵測區段 E、一第六偵測區段 F 與一第七偵測區段 G)，該 5 個處理單元 31 之偵測過程如下：

【0023】 [a] 第一偵測區段 A(參閱下表一)：

表一

時間	t=5.5	t=5.6	t=5.7	t=5.8	t=5.9
$\bar{m}(t)$	74	76	74	73	74
θ_N	73.5~74.5	72.5~73.5	68.5~69.5	66.5~67.5	63.5~64.5
比較結果	YES	NO	NO	NO	NO
α_N	1	1	1	1	1
各單元輸出	+1	-1	-1	-1	-1
加法器結果	-3(<0)				

【0024】 擷取第一~第五個偵測點(K1~K5)之複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ ，其分別為：74、76、74、73 與 74，其判別過程如下：

【0025】 第一偵測點(K1)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，落入門檻值範圍 θ_N (73.5~74.5)內，該比較器 312 輸出 +1；

【0026】 第二偵測點(K2)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 76，未落入門檻值範圍 θ_N (72.5~73.5)內，該比較器 312 輸出 -1；

【0027】 第三偵測點(K3)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，未落入門檻值範圍 θ_N (68.5~69.5)內，該比較器 312 輸出 -1；

【0028】 第四偵測點(K4)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 73，未落入門檻值範圍 θ_N (66.5~67.5)內，該比較器 312 輸出 -1；

【0029】 第五偵測點(K5)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，未落入門檻值範圍 θ_N (63.5~64.5)內，該比較器 312 輸出 -1；

【0030】 則將 5 個處理單元 31 之輸出再輸入至該加法器 32 加總，其結果為 +1-1-1-1-1 = -3 (< 0)，該加法器 32 不產生判斷跌倒訊號。

【0031】 [b] 第二偵測區段 B(參閱下表二)：

表二

時間	t=5.6	t=5.7	t=5.8	t=5.9	t=6.0
$\bar{m}(t)$	76	74	73	74	73
θ_N	73.5~74.5	72.5~73.5	68.5~69.5	66.5~67.5	63.5~64.5
比較結果	NO	NO	NO	NO	NO
α_N	1	1	1	1	1
各單元輸出	-1	-1	-1	-1	-1
加法器結果	-5 (< 0)				

【0032】 擷取第二~第六個偵測點(K2~K6)之複數筆低通加速度強度

$\bar{m}(t)$ ，其分別為：76、74、73、74 與 73，其判別過程如下：

【0033】 第二偵測點(K2)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 76，未落入門檻值範圍 θ_N (73.5~74.5)內，該比較器 312 輸出-1；

【0034】 第三偵測點(K3)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，未落入門檻值範圍 θ_N (72.5~73.5)內，該比較器 312 輸出-1；

【0035】 第四偵測點(K4)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 73，未落入門檻值範圍 θ_N (68.5~69.5)內，該比較器 312 輸出-1；

【0036】 第五偵測點(K5)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，未落入門檻值範圍 θ_N (66.5~67.5)內，該比較器 312 輸出-1；

【0037】 第六偵測點(K6)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 73，未落入門檻值範圍 θ_N (63.5~64.5)內，該比較器 312 輸出-1；

【0038】 則將 5 個處理單元 31 之輸出再輸入至該加法器 32 加總，其結果為 $-1-1-1-1-1=-5(<0)$ ，該加法器 32 不產生判斷跌倒訊號。

【0039】 至於第三偵測區段 E~第七偵測區段 G 之原理如上，恕不贅述，只舉其中第五偵測區段 E 說明該加法器 32 產生判斷跌倒訊號：

【0040】 [c] 第五偵測區段 E(參閱下表三)：

表三

時間	t=5.9	t=6.0	t=6.1	t=6.2	t=6.3
$\bar{m}(t)$	74	73	69	67	64
θ_N	73.5~74.5	72.5~73.5	68.5~69.5	66.5~67.5	63.5~64.5
比較結果	YES	YES	YES	YES	YES

α_N	1	1	1	1	1
各單元輸出	+1	+1	+1	+1	+1
加法器結果	5(>0)				

【0041】 擷取第五~第九個偵測點(K5~K9)之複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ ，其分別為：74、73、69、67 與 64，其判別過程如下：

【0042】 第五偵測點(K5)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 74，落入門檻值範圍 θ_N (73.5~74.5)內，該比較器 312 輸出+1；

【0043】 第六偵測點(K6)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 73，落入門檻值範圍 θ_N (72.5~73.5)內，該比較器 312 輸出+1；

【0044】 第七偵測點(K7)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 69，落入門檻值範圍 θ_N (68.5~69.5)內，該比較器 312 輸出+1；

【0045】 第八偵測點(K8)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 67，落入門檻值範圍 θ_N (66.5~67.5)內，該比較器 312 輸出+1；

【0046】 第九偵測點(K9)之低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 為 64，落入門檻值範圍 θ_N (63.5~64.5)內，該比較器 312 輸出+1；

【0047】 則將 5 個處理單元 31 之輸出再輸入至該加法器 32 加總，其結果為+1+1+1+1+1=5(>0)，該加法器 32 產生判斷跌倒訊號。

【0048】 假設複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 數值係介於 10.5~6.5 間之範圍，並假設當低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 數值為 7 係跌倒碰撞已經發生，收集跌倒樣本 100 筆，每一筆有 10 個取樣點，以及沒有跌倒樣本 100 筆，每一筆一樣有 10 個取樣點，則參閱第九 A 圖，其為本發明之門檻值之訓練過程的錯誤率，一開始只有一個比較器時，錯誤率為 0.1250，接著使用到兩個時，

錯誤率也為 0.1250，接著使用到三、四、和五個比較器時，錯誤率為 0.0250、0.0750、和 0(最後可整理成第九 B 圖)。再請參閱第十 A 及第十 B 圖，其為 40 筆的測試(包括 20 筆跌倒與 20 筆非跌倒)，使用五個比較器時，誤差來到 0.1，也就是有 90%正確率，意味著只要使用一半取樣點，例如在時間 t-5 時就可以預測 t 時間會發生跌倒，提前完成跌倒預測。

【0049】 本發明之優點及功效係如下所述：

【0050】 [1] 可在跌倒前發出警告訊號。本發明可在使用者發生跌倒前發出警告訊號，用以降低人身跌倒危險性。故，可在跌倒前發出警告訊號。

【0051】 [2] 即時偵測提高安全性。本發明係即時不斷的進行偵測，而不是每隔預定時間才進行偵測，可降低因偵測空窗期造成之跌倒風險。故，即時偵測提高安全性。

【0052】 [3] 可減少誤判率。本發明係擷取連續複數筆低通加速度強度，並透過連續多門檻值比較判斷，才完成跌倒偵測判斷。故，可減少誤判率。

【0053】 [4] 電路精簡易於實施。本發明之跌倒偵測判斷單元係設複數個串接的處理單元與一個加法器。每一處理單元只設計一移位暫存器、一比較器、一門檻值暫存器及一權重值暫存器，整體而言，並沒有大量複雜的電路。故，電路精簡易於實施。

【0054】 以上僅是藉由較佳實施例詳細說明本發明，對於該實施例所做的任何簡單修改與變化，皆不脫離本發明之精神與範圍。

【符號說明】

【0055】

- | | |
|--|--------------|
| 11 準備步驟 | 12 偵測步驟 |
| 13 跌倒判斷步驟 | 20 加速度資訊擷取單元 |
| 21 三軸加速度計 | 30 跌倒偵測判斷單元 |
| 31 處理單元 | 32 加法器 |
| 311 移位暫存器 | 312 比較器 |
| 313 門檻值暫存器 | 314 權重值暫存器 |
| 40 加速度門檻值決定單元 | 90 使用者 |
| K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8、K9、K10、K11 偵測點 | |
| A 第一偵測區段 | B 第二偵測區段 |
| C 第三偵測區段 | D 第四偵測區段 |
| E 第五偵測區段 | F 第六偵測區段 |
| G 第七偵測區段 | |

申請專利範圍

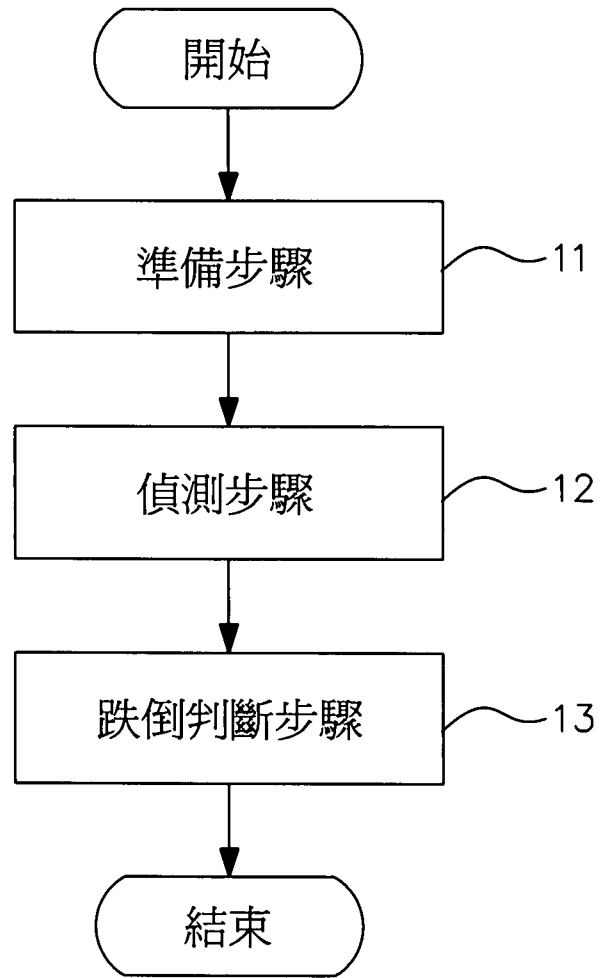
1. 一種應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，係包括：

- 一. 準備步驟：準備一加速度資訊擷取單元、一跌倒偵測判斷單元以及一加速度門檻值決定單元，該加速度資訊擷取單元係內建一數學式：
$$m(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2}$$
，且用以裝於一使用者身上；該跌倒偵測判斷單元係包括 N 個串接的處理單元及一個加法器， N 係為 ≥ 5 之正整數；該每一處理單元係包含有一個移位暫存器、一個比較器、一個門檻值暫存器以及一個權重值暫存器；該門檻值暫存器內建一門檻範圍值 θ_N ，該權重值暫存器內建一權重值 α_N ；
- 二. 偵測步驟：該加速度資訊擷取單元設一個三軸加速度計，用以蒐集該使用者之複數個即時三軸加速度之三軸加速度向量 $[x(t), y(t), z(t)]^T$ ，並透過該數學式分別運算成複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ ，再將該複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ 經一低通濾波處理而成為複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ ，用以作為跌倒偵測之判斷依據；
- 三. 跌倒判斷步驟：當該跌倒偵測判斷單元供入該移位暫存器內之該低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 落入該門檻範圍值 θ_N 內，則該比較器輸出為 +1，該處理單元輸出為 $+\alpha$ ；並當即時供入該移位暫存器內之該低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 未落入該門檻範圍值 θ_N ，則該比較器輸出為 -1，該處理單元輸出為 $-\alpha$ ；最後將 N 個處理單元之輸出再輸入至該加法器加總，當結果大於零，該加法器係產生一判斷跌倒訊號，當結果小於零，該加法器不產生判斷跌倒訊號；其中，該 N 個處理單元

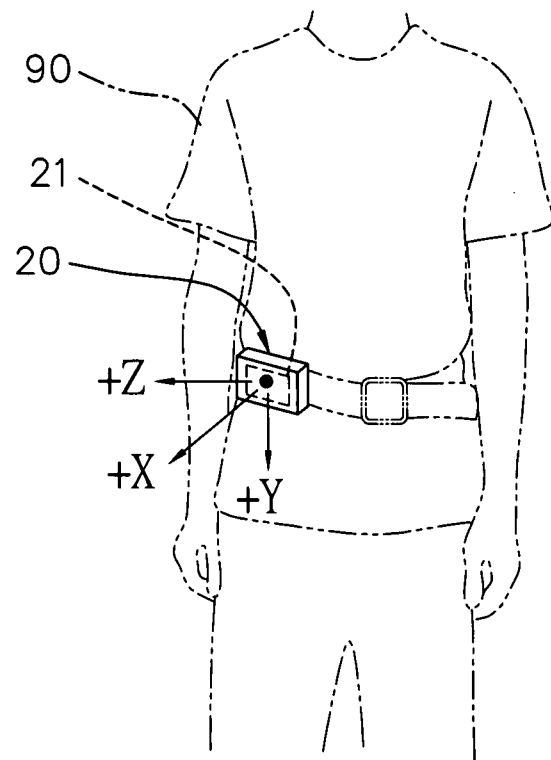
中之該移位暫存器，係可持續將 N 個連續複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 依序送進該 N 個串接的處理單元中的該比較器與該門檻範圍值 θ_N 進行比較，因此任何時間都同時針對 N 個連續複數筆低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 進行比對判斷是否跌倒。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，其中，於該偵測步驟中，該低通濾波處理係將該複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ 取其平均值而獲得該複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之應用三軸加速計與時間序列判斷之跌倒偵測方法，其中，於該偵測步驟中，該低通濾波處理係將該複數個三軸加速度值的強度 $m(t)$ 之其高頻部份濾除後而獲得該複數個低通加速度強度 $\bar{m}(t)$ 。

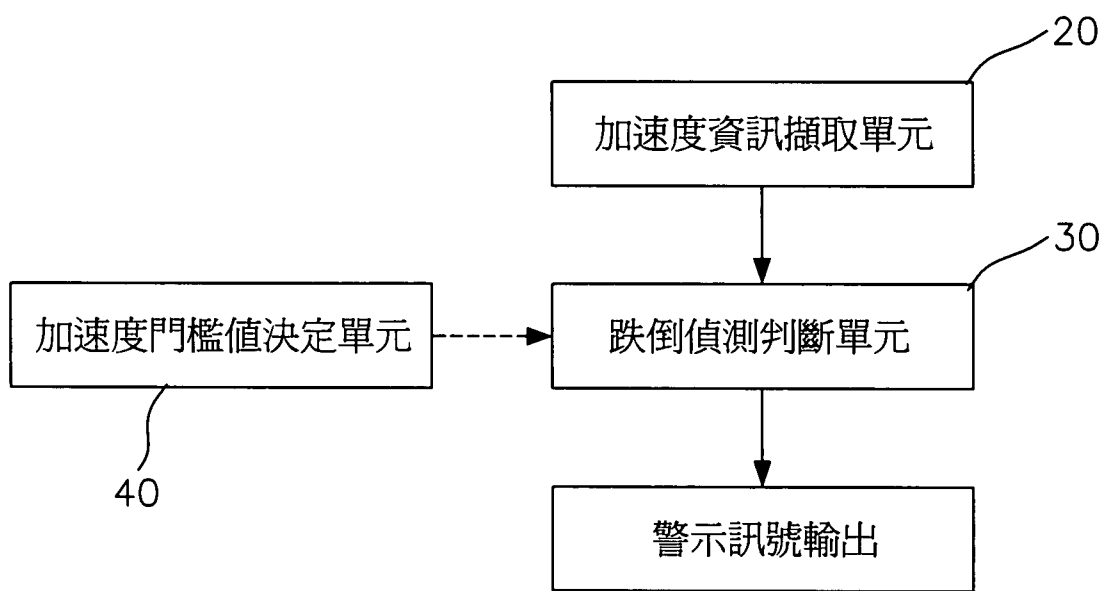
圖式



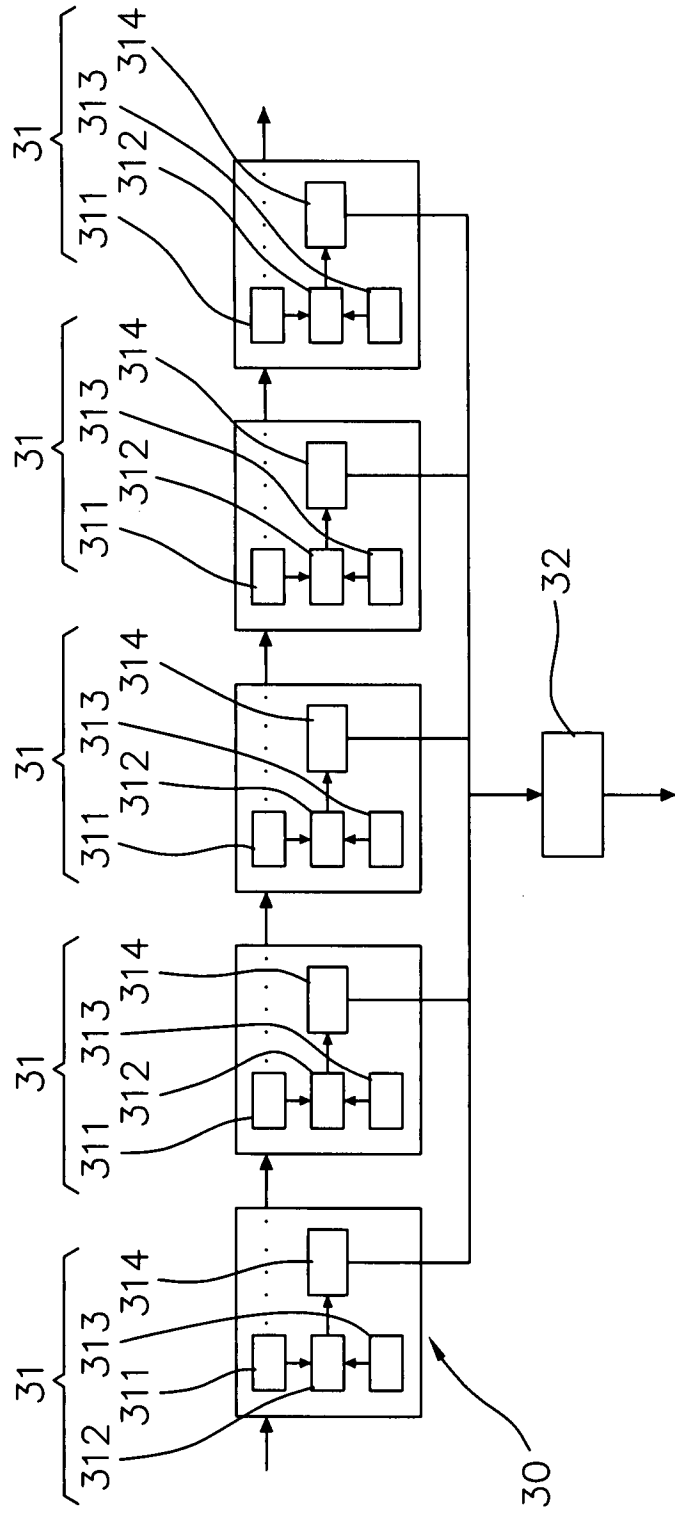
第一圖



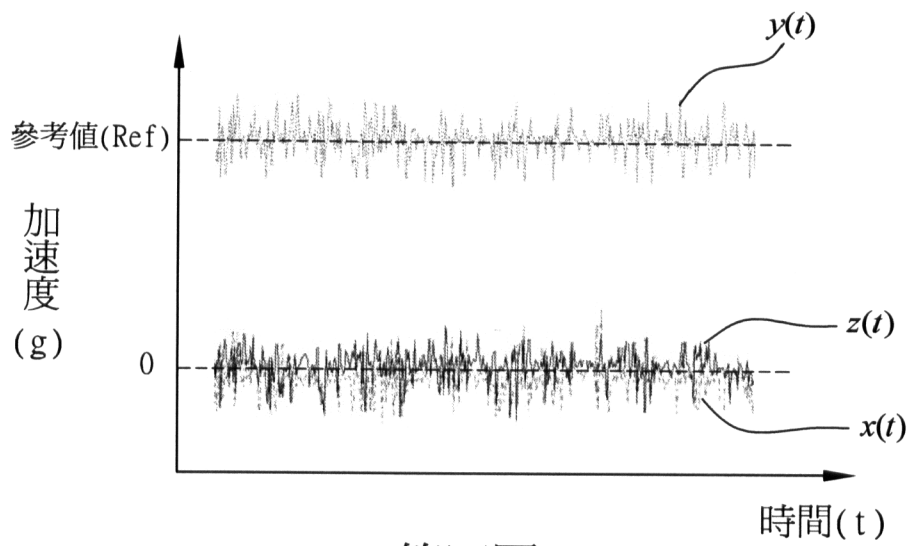
第二圖



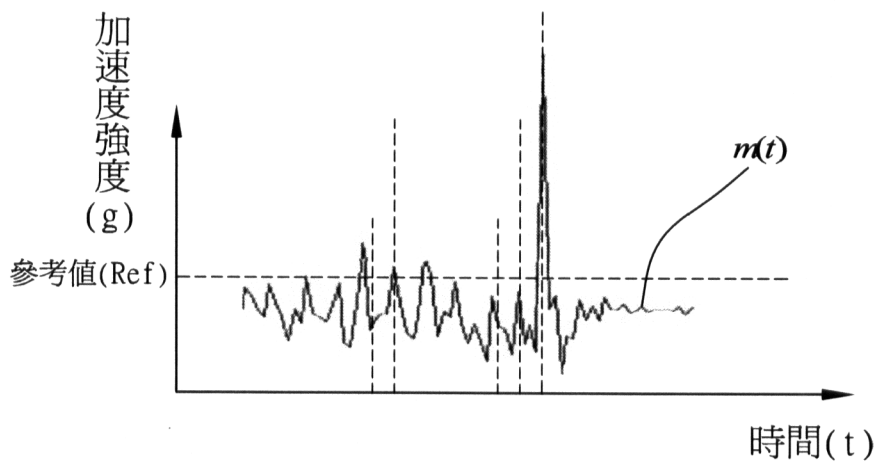
第三A圖



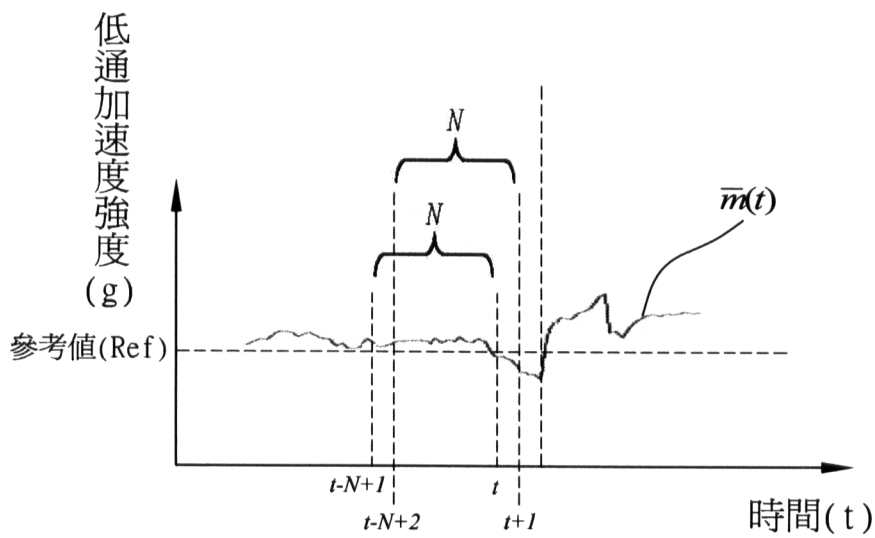
第三B圖



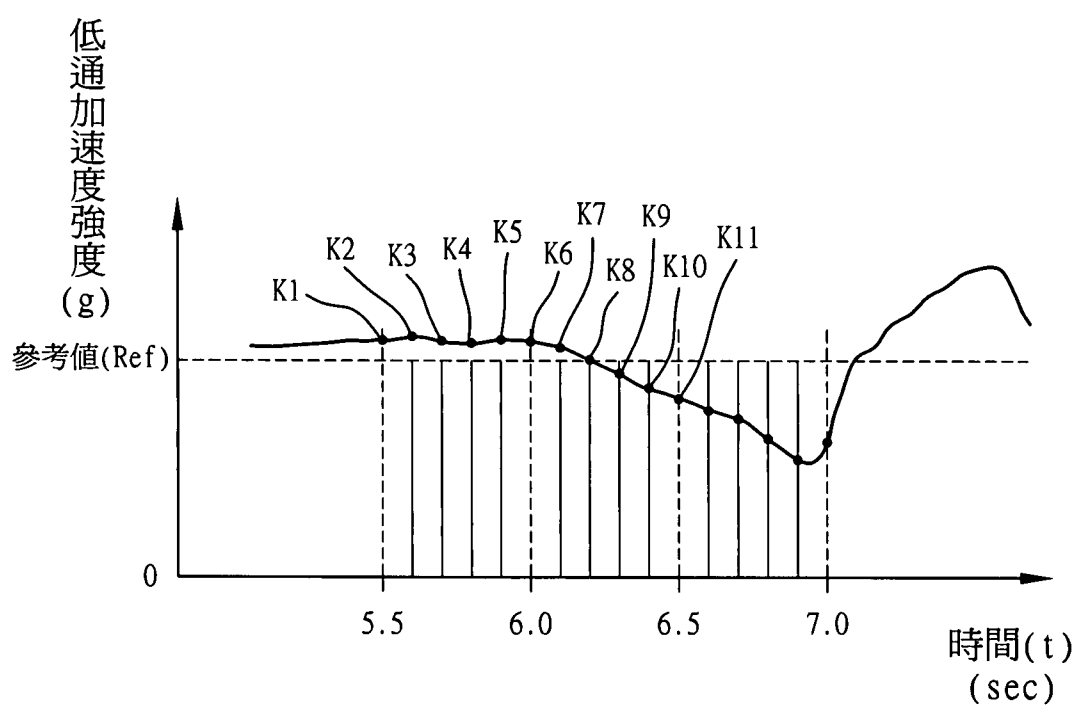
第四圖



第五圖



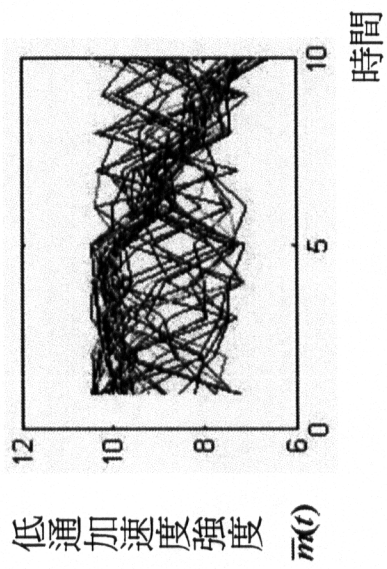
第六圖



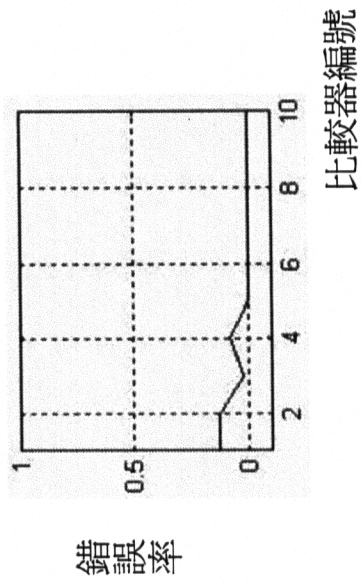
第七圖

代號	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
時間	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
$\bar{m}(t)$	74	76	74	73	74	73	69	67	64	61	58

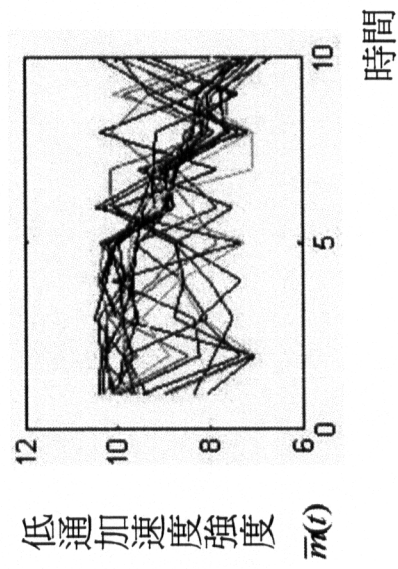
第八圖



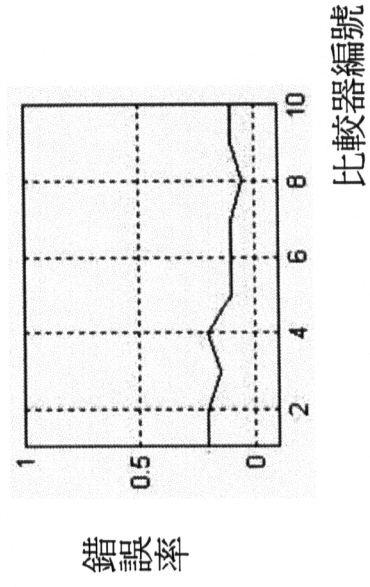
第九A圖



第九B圖



第十A圖



第十B圖