



(21)申請案號：101101933

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 01 月 18 日

(51)Int. Cl. :

G01C22/00 (2006.01)

A61B5/103 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：胡竹生 HU, JWU SHENG (TW) ; 孫冠群 SUN, KUAN CHUN (TW) ; 鄭期元

CHENG, CHU YUAN (TW)

(74)代理人：吳冠賜；林志鴻；蘇建太

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：6 共 33 頁

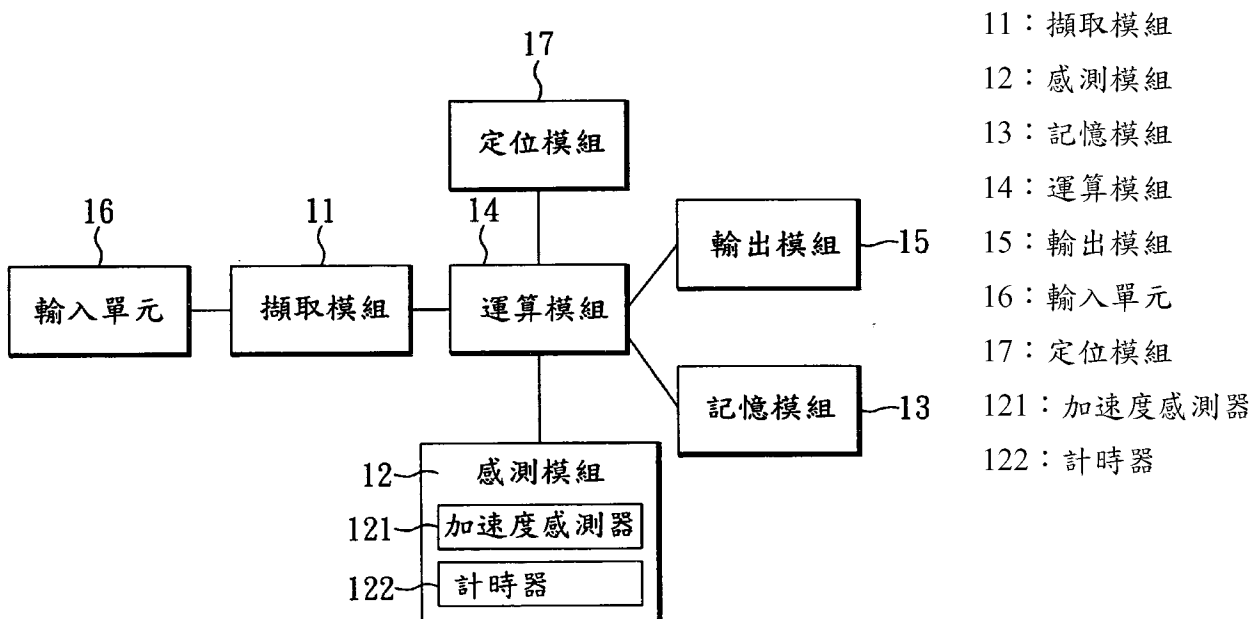
(54)名稱

步行資訊運算系統及步行資訊運算方法

SYSTEM AND METHOD FOR COMPUTING THE HUMAN LOCOMOTION INFORMATION

(57)摘要

本發明係關於一種可依據較少數目之待測者參數與待測者步行動態參數，配合一步行動態模型而運算出待測者之步行資訊的步行資訊運算系統及步行資訊運算方法。此步行資訊運算系統係配戴於待測者之軀幹部並包括：一擷取模組、一感測模組、一記憶模組、一運算模組及一輸出模組，且運算模組係與擷取模組、感測模組、記憶模組及輸出模組耦合。此步行資訊係由運算模組，依據擷取模組擷取之待測者腳長數值及腳掌長數值，感測模組感測之待測者步行時之加速度數值及步行週期，應用儲存於記憶模組之步行動態模型而運算出，並再藉由輸出模組輸出。



# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 101101P33

G01C 22/00 (2006.01)

※申請日： 101. 1. 18

※IPC 分類：

A61B 5/103 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

步行資訊運算系統及步行資訊運算方法

System And Method For Computing The Human

Locomotion Information

## 二、中文發明摘要：

本發明係關於一種可依據較少數目之待測者參數與待測者步行動態參數，配合一步行動態模型而運算出待測者之步行資訊的步行資訊運算系統及步行資訊運算方法。此步行資訊運算系統係配戴於待測者之軀幹部並包括：一擷取模組、一感測模組、一記憶模組、一運算模組及一輸出模組，且運算模組係與擷取模組、感測模組、記憶模組及輸出模組耦合。此步行資訊係由運算模組，依據擷取模組擷取之待測者腳長數值及腳掌長數值，感測模組感測之待測者步行時之加速度數值及步行週期，應用儲存於記憶模組之步行動態模型而運算出，並再藉由輸出模組輸出。

### 三、英文發明摘要：

The present invention relates to a system and a method for computing the human locomotion information of a person under test, capable of computing the human locomotion information only with a small number of physical parameters and dynamic parameters of the person required, in cooperation with a human locomotion model. The system comprises: an acquiring module, a sensing module, a memory module, a computing module, and an outputting module, wherein the computing module is coupled with the acquiring module, the sensing module, the memory module and the outputting module. The human locomotion information is computed by the computing module, basing on the leg-length and the foot-length acquired by the acquiring module, the acceleration value and the walking period sensed by the sensing module, with the application of the human locomotion model stored in the memory module. The computed human locomotion information is outputted through the outputting module.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 ( 1 ) 。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- |         |            |
|---------|------------|
| 11 擷取模組 | 12 感測模組    |
| 13 記憶模組 | 14 運算模組    |
| 15 輸出模組 | 16 輸入單元    |
| 17 定位模組 | 121 加速度感測器 |
| 122 計時器 |            |

#### 五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

「無」

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種步行資訊運算系統及步行資訊運算方法，尤指一種可依據較少數目之待測者參數與待測者步行時所測得之動態參數，配合一步行動態模型而運算出此待測者之步行資訊的步行資訊運算系統及步行資訊運算方法。

### 【先前技術】

近年來，社會大眾對於個人健康的重視逐漸提昇，而受限於時間及空間，其中有許多人便於公園或學校操場甚或街道上以健走的方式進行運動。而為了要進一步掌握健走(算是一種特別型態的步行)的運動效果，健走者需即時知道自身已經步行的距離、目前步行的速度及目前的步幅長度等資訊，以配合其他參數(如個人體重及步行路面的坡度等)運算出此健行活動所消耗之熱量。

然而，目前市面上大部分的計步器僅能計數出步行的步數，頂多能再依據健行者所自行輸入之步幅長度(其數值一般係健行者自行推測而出)估算出健行者已經步行的距離。可是，此種粗糙之步行距離估算方式，由於其誤差極大，故其所得出的數據實無法進一步地被使用。

為此，業界另推出過一種人因慣性定位系統，以應用全球定位單元持續地定位出配戴此人因慣性定位系統之待測者的位置，以便再運算出待測者之步行速度。另一方面，

在配合其計步單元所計數出來之步行步數後，此人因慣性定位系統便可運算出待測者之步幅長度。

然而，受到其全球定位單元之運作方式的影響，此人因慣性定位系統的應用受到極大的限制，如其無法於室內空間運作(因全球定位單元在室內空間收不到來自衛星的定位訊號)以及無法長期地運作(因全球定位單元運作時非常耗電)。除此之外，由於此人因慣性定位系統係持續地接收來自其全球定位單元的定位資訊，故其運算模組需處理較多數目之參數後，才能運算出配戴此人因慣性定位系統之待測者的位置、步行速度及步幅長度等步行資訊。所以，此人因慣性定位系統並無法即時提供待測者前述之資訊，且需要配備較大容量之儲電裝置，造成待測者無法長時間地將此人因慣性定位系統配戴於身上。

因此，業界需要一種可依據較少數目之待測者參數與待測者步行時所測得之動態參數，配合一步行動態模型而運算出此待測者之步行資訊的步行資訊運算系統及步行資訊運算方法。

#### **【發明內容】**

本發明之主要目的係在提供一種步行資訊運算系統，俾能依據較少數目之待測者參數與待測者步行時所測得之動態參數，配合一步行動態模型而運算出此待測者之步行資訊。

本發明之另一目的係在提供一種步行資訊運算方法，俾能依據較少數目之待測者參數與待測者步行時所測得之動態參數，配合一步行動態模型而運算出此待測者之步行資訊。

為達成上述目的，本發明之步行資訊運算系統，係配戴於一待測者之軀幹部並用於運算出此待測者之一步行資訊，包括：一擷取模組，係用於擷取此待測者之一腳長數值及一腳掌長數值；一感測模組，係用於感測出此待測者步行時之至少一加速度數值及一步行週期；一記憶模組，係用於儲存一步行動態模型於其中；一運算模組，係與此擷取模組、此感測模組及此記憶模組耦合，以依據此腳長數值、此腳掌長數值、此至少一加速度數值及此步行週期，應用此步行動態模型而運算出此步行資訊；以及一輸出模組，係與此運算模組耦合，以將此步行資訊輸出。

為達成上述目的，本發明之步行資訊運算方法，係用於運算出一待測者之步行資訊，包括下列步驟：提供一步行資訊運算系統，此步行資訊運算系統係配戴於一待測者之軀幹部並包含一擷取模組、一感測模組、一記憶模組、一運算模組及一輸出模組，且此運算模組係與此擷取模組、此感測模組、此記憶模組及此輸出模組耦合；應用此擷取模組擷取此待測者之一腳長數值及一腳掌長數值；應用此感測模組感測出此待測者步行時之至少一加速度數值及一步行週期；應用此運算模組，依據此腳長數值、此腳掌長數值、此至少一加速度數值及此步行週期，應用儲存

於此記憶模組之一步行動態模型，運算出此步行資訊；以及應用此輸出模組將此步行資訊輸出。

因此，藉由應用本發明之步行資訊運算方法，本發明之步行資訊運算系統確實可依據較少數目之待測者參數與待測者步行時所測得之動態參數，配合一步行動態模型(如滾足模型)而運算出待測者之步行資訊(如待測者步行時於x-方向上的步行速度值)。另一方面，藉由應用一步行動態模型(如滾足模型)的方式，本發明之步行資訊運算方法也確實可依據本發明之步行資訊運算系統之擷取模組所擷取的待測者參數(如待測者之腳長數值及腳掌長數值)，與其感測模組所感測出之步行動態參數(如待測者步行時的加速度數值及其步行週期)，運算出待測者之步行資訊(如待測者步行時於x-方向上的步行速度值及待測者於步行時的步幅長度)。

#### 【實施方式】

請參閱圖1及圖2，其中圖1係本發明一實施例之步行資訊運算系統的系統方塊示意圖，圖2係顯示本發明一實施例之步行資訊運算系統配戴於一待測者之狀態的示意圖。如圖1及圖2所示，本發明一實施例之步行資訊運算系統係配戴於一待測者2之軀幹部21，以運算出待測者2之一步行資訊。此外，本發明一實施例之步行資訊運算系統係包括：一擷取模組11、一感測模組12、一記憶模組13、一運算模組14以及一輸出模組15。另一方面，運算模組14係與擷取



模組11、感測模組12、記憶模組13及輸出模組15耦合。在本實施例中，運算模組14與擷取模組11、感測模組12、記憶模組13及輸出模組15之間的耦合可藉由任何方式達成，例如有線形式之電接觸(利用電線或將兩個元件直接接觸)或無線形式之電接觸(利用無線傳輸之訊號)。

在本實施例中，擷取模組11係用於擷取待測者2之一腳長數值及一腳掌長數值，且此腳長數值及此腳掌長數值係透過一與擷取模組耦合11之輸入單元16，而被擷取模組11擷取。其中，輸入單元16可為但不限定為一觸控面板、一實體鍵盤或一語音辨識輸入器。

另一方面，在其他實施例中，此腳長數值及此腳掌長數值亦可由本發明之步行資訊運算系統自動運算出來，如應用一雷射測距單元擷取此待測者之腳長數值，另藉由一影像擷取單元擷取此待測者之腳掌影像，再應用影像辨識的方式，配合一尺寸基準模型而運算(換算)出此待測者之腳掌長數值。

再如圖1及圖2所示，本發明一實施例之步行資訊運算系統之感測模組12係配戴於待測者2之腰部211，且感測模組12包含一加速度感測器121及一計時器122，以感測出待測者2步行時之至少一加速度數值及一步行週期。在本實施例中，加速度感測器121係為一加速規，計時器122則為一系統時脈單元(system clock)，且搭配加速度感測器121感測出待測者2左右腳各踏一次所需的時間，作為前述之步行週期的數值。此外，如圖3所示，其係顯示在配戴本發明一實

施例之步行資訊運算系統後，一待測者之步行狀態的示意圖。在圖3中，待測者2係朝著x-方向前進，而圖3之z-方向則平行於一鉛垂方向。

另一方面，在本實施例中，前述之至少一加速度數值可包含但不限定為一x-方向上的加速度數值( $a_x$ )或一z-方向上的加速度數值( $a_z$ )，而此z-方向上的加速度數值( $a_z$ )係為待測者2步行時於一鉛垂方向上的加速度數值。

而如圖1所示，本發明一實施例之步行資訊運算系統的記憶模組13係與運算模組14耦合，且儲存一步行動態模型於其中。在本實施例中，此步行動態模型係為一滾足模型(rolling foot model)。需注意的是，在其他的應用環境中，本發明一實施例之步行資訊運算系統的記憶模組13亦可儲存其他類型之步行動態模型於其中，如倒單擺模型或統計迴歸模型。

而在本實施例中，此滾足模型係應用複數個參數，使得運算模組14可從這些參數運算出待測者2之一步行資訊。其中，這些參數至少包含前述之腳長數值、前述之腳掌長數值、一滾足軸心距地高度比值及待測者2之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。至於這些參數的定義，則將配合圖式敘述於後。

請再參閱圖1，在本發明一實施例之步行資訊運算系統中，運算模組14係與擷取模組11、感測模組12、記憶模組13及輸出模組15耦合。此外，運算模組14係為一微控制器(Microcontroller)，且依據前述之腳長數值、前述之腳掌長

數值、前述之至少一加速度數值及前述之步行週期(T)，應用前述之步行動態模型而運算出待測者2之一步行資訊。在本實施例中，此步行資訊可包含但不限定為待測者2之一步行速度值( $V_x$ )或一步幅長度(step length)。

在本實施例中，由於本發明一實施例之步行資訊運算系統的運算模組14係藉由執行一步行資訊運算方法的方式，依據擷取模組11所擷取之腳長數值及腳掌長數值，感測模組12所感測到之至少一加速度數值及前述之步行週期，應用記憶模組13所儲存之步行動態模型而運算出待測者2之一步行資訊。而此步行資訊運算方法即為本發明實施例之步行資訊運算方法，故此步行資訊運算方法的詳細運算步驟，將一併敘述於後。

最後，當本發明一實施例之步行資訊運算系統的運算模組14運算出待測者2之步行資訊後，輸出模組15便將此步行資訊輸出，例如顯示於一顯示單元或以無線傳輸的方式傳輸至一遠端伺服器(圖中未示)。所以，在本實施例中，輸出模組15可為但不限定為一顯示單元(如手機之顯示幕)或一無線傳輸單元(如手機之無線傳輸單元)。

除此之外，為了提昇本發明一實施例之步行資訊運算系統所運算出之待測者步行資訊的正確率，本發明一實施例之步行資訊運算系統可選擇性地更包括一定位模組17，如一全球定位系統(GPS)。其中，此定位模組17係與運算模組14耦合，以便在需要的時候(如每隔3分鐘)定位出本發明一實施例之步行資訊運算系統(待測者)之位置，再回推運算

出待測者之步行資訊(如步行的速度)並與運算模組14所運算出之待測者步行資訊互相比較(校正),以降低感測模組12進行感測時所無法避免的感測誤差對於最終數據(待測者之步行資訊)的影響。

如此,本發明一實施例之步行資訊運算系統確實可依據較少數目之待測者參數(僅包含待測者之腳長數值及腳掌長數值)與待測者步行時所測得之動態參數(包含待測者步行時於x-方向上的加速度數值及其步行週期),配合一步行動態模型(如滾足模型)而運算出待測者之步行資訊(包含待測者步行時於x-方向上的步行速度值)。

請參閱圖4,其係本發明實施例之步行資訊運算方法的流程示意圖。如圖4所示,本發明實施例之步行資訊運算方法係用於運算出一待測者之步行資訊並包括下列步驟:

(A)提供一步行資訊運算系統,此步行資訊運算系統係配戴於一待測者之軀幹部並包含一擷取模組、一感測模組、一記憶模組、一運算模組及一輸出模組,且此運算模組係與此擷取模組、此感測模組、此記憶模組及此輸出模組耦合;

(B)應用此擷取模組擷取此待測者之一腳長數值及一腳掌長數值;

(C)應用此感測模組感測出此待測者步行時之至少一加速度數值及一步行週期;

(D)應用此運算模組，依據此腳長數值、此腳掌長數值、此至少一加速度數值及此步行週期，應用儲存於此記憶模組之一步行動態模型，運算出此步行資訊；以及

(E)應用此輸出模組將此步行資訊輸出。

其中，在本發明實施例之步行資訊運算方法之步驟(A)中，其所提供之步行資訊運算系統即為本發明一實施例之步行資訊運算系統。由於本發明一實施例之步行資訊運算系統的組成已詳細敘述於前，故在此便不再贅述。

接著，在步驟(B)中，本發明實施例之步行資訊運算方法係應用前述之本發明一實施例之步行資訊運算系統的擷取模組(如圖1所示之擷取模組11)擷取此待測者(如圖2所示之待測者2)的一腳長數值及一腳掌長數值。同樣地，由於本發明一實施例之步行資訊運算系統之擷取模組(如圖1所示之擷取模組11)的運作方式已詳細敘述於前，故在此便不再贅述。

在本實施例中，此待測者(如圖2所示之待測者2)的腳長數值及腳掌長數值係透過一與擷取模組(如圖1所示之擷取模組11)耦合之輸入單元(如圖1所示之輸入單元16)，而被擷取模組11擷取。而輸入單元可為但不限定為一觸控面板、一實體鍵盤或一語音辨識輸入器。

其次，在步驟(C)中，本發明實施例之步行資訊運算方法係應用前述之本發明一實施例之步行資訊運算系統的感測模組(如圖1所示之感測模組12)感測出此待測者(如圖2所示之待測者2)步行時之至少一加速度數值及一步行週期。

同樣地，由於本發明一實施例之步行資訊運算系統之感測模組(如圖1所示之感測模組12)的運作方式已詳細敘述於前，故在此便不再贅述。

在本實施例中，前述之至少一加速度數值可包含但不限定為一x-方向上的加速度數值或一z-方向上的加速度數值，而此z-方向上的加速度數值係為待測者2步行時於一鉛垂方向上的加速度數值。

之後，在步驟(D)中，本發明實施例之步行資訊運算方法係應用前述之本發明一實施例之步行資訊運算系統的運算模組(如圖1所示之運算模組14)，依據前述之腳長數值、前述之腳掌長數值、前述之至少一加速度數值及前述之步行週期，應用儲存於記憶模組(如圖1所示之記憶模組13)之一步行動態模型，運算出此待測者(如圖2所示之待測者2)之一步行資訊。同樣地，由於本發明一實施例之步行資訊運算系統之運算模組(如圖1所示之運算模組14)的運作方式已詳細敘述於前，故在此便不再贅述。

在本實施例中，前述之步行動態模型係為一滾足模型(rolling foot model)，且此滾足模型係應用複數個參數，使得運算模組(如圖1所示之運算模組14)可從這些參數運算出待測者(如圖2所示之待測者2)之一步行資訊。其中，這些參數至少包含前述之腳長數值、前述之腳掌長數值、一滾足軸心距地高度比值及待測者(如圖2所示之待測者2)之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。至於這些參數的定義，則將配合圖式敘述於後。

除此之外，前述之待測者(如圖2所示之待測者2)的步行資訊可包含但不限定為待測者(如圖2所示之待測者2)之步行速度值或步幅長度。

最後，其次，在步驟(E)中，本發明實施例之步行資訊運算方法係應用前述之本發明一實施例之步行資訊運算系統的輸出模組(如圖1所示之輸出模組15)將運算模組(如圖1所示之運算模組14)所運算出之此待測者(如圖2所示之待測者2)的步行資訊輸出。同樣地，由於本發明一實施例之步行資訊運算系統之輸出模組(如圖1所示之輸出模組15)的運作方式已詳細敘述於前，故在此便不再贅述。

在本實施例中，輸出模組(如圖1所示之輸出模組15)可為但不限定為一顯示單元(如手機之顯示幕)或一無線傳輸單元(如手機之無線傳輸單元)，以將此待測者(如圖2所示之待測者2)的步行資訊顯示於一顯示單元或以無線傳輸的方式傳輸至一遠端伺服器(圖中未示)。

以下，將配合圖式，詳細敘述本發明實施例之步行資訊運算方法之運算模組如何依據前述之腳長數值、前述之腳掌長數值、前述之至少一加速度數值及前述之步行週期，應用儲存於記憶模組之一步行動態模型(如滾足模型)，而運算出此待測者之一步行資訊。

請參閱圖5及圖6，其中圖5係顯示本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之一步行動態模型，於運算待測者步行資訊時所需使用之各參數定義及存在於它們之間之相對關

係的示意圖。此外，圖6係顯示圖5之步行動態模型運算出待測者步行資訊之過程的示意圖。

如圖5所示，滾足模型設定當人步行時，人的腳底具有一圓，其半徑(即滾足軸心距地高度)則為 $L\rho$ ，其中 $L$ 為腳長數值， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值。此外，從圖5可看出， $\beta = \alpha$ (待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值)。另一方面，圖6之COM係指此人(待測者)的人體運動質心，而 $\theta(t)$ 則為當步行時間為 $t$ 時，切線速度與一 $x$ -方向之夾角(如圖3所示之 $x$ -方向)。所以，圖6所示之切線速度值( $u$ )便可表示為：

$$u = L \cdot (1 - \rho) \cdot \omega = L \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{2\alpha}{T/2} \quad (\text{式1})$$

其中， $L$ 為腳長數值， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值， $\omega$ 為角速度數值， $\alpha$ 為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $T$ 則為待測者之步行週期(左右腳各踏一次為一週期)。此外，前述之角速度數值( $\omega$ )，係為待測者2步行時，待測者2之腳往前(如圖3之 $+x$ 方向)或往後(如圖3之 $-x$ 方向)

旋轉的角速度，且 $\omega = \frac{2\alpha}{T/2}$ 。

另一方面，從圖6可看出，待測者於 $x$ -方向上的步行速度值( $V_x$ )可表示為：



$$V_x = u \cdot \cos(\theta(t)) + \frac{\Delta PFA}{T/2} \quad (\text{式 2})$$

其中， $u$ 為切線速度值， $\Delta PFA$ 為腳掌長數值， $T$ 則為待測者之步行週期。

因此，待測者於x-方向上的步行速度值( $V_x$ )便可表示為：

$$V_x = \frac{2\Delta PFA}{T} \cdot \frac{(1-\rho)}{\rho} \cdot \cos(-\alpha + \omega t) + \frac{\Delta PFA}{T/2} \quad (\text{式 3})$$

其中， $\Delta PFA$ 為腳掌長數值， $T$ 為待測者之步行週期， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\omega$ 為角速度數值， $t$ 則為步行時間。

另一方面，如圖5所示，由於待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值( $\alpha$ )可表示為：

$$\alpha = \frac{\Delta PFA}{2L\rho} \quad (\text{式 4})$$

其中， $\Delta PFA$ 為腳掌長數值， $L$ 為腳長數值， $\rho$ 則為滾足軸心距地高度比值。

所以，本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之步行資訊運算系統的運算模組便可利用擷取模組所擷取到之腳長數值( $L$ )及腳掌長數值( $\Delta PFA$ )，與感測模組所感測到之x-方向上的加速度數值( $a_x$ )及待測者之步行週期( $T$ )，運算出待測者於x-方向上的步行速度值( $V_x$ )。然而，在式3及式4

中，滾足軸心距地高度比值( $\rho$ )的數值並無法藉由本發明一實施例之步行資訊運算系統之擷取模組11擷取到或藉由感測模組12感測到，所以本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之步行資訊運算系統的運算模組(如本發明一實施例之步行資訊運算系統的運算模組14)係再經過下列的運算程序，運算出滾足軸心距地高度比值( $\rho$ )的數值。

如前所述，在本發明實施例之步行資訊運算方法之步驟(B)及步驟(C)中，其所應用之步行資訊運算系統(如本發明一實施例之步行資訊運算系統)便藉由其擷取模組及感測模組，分別擷取到待測者之腳長數值(L)及腳掌長數值( $\Delta$ PFA)，與感測到待測者步行時之至少一加速度數值( $a_x$ 或 $a_z$ )及一步行週期(T)。

在本實施例中，前述之感測模組(如本發明一實施例之步行資訊運算系統之感測模組12)係感測待測者步行時於一x-方向上的加速度數值( $a_x$ )。而當待測者開始步行時，前述之感測模組(如本發明一實施例之步行資訊運算系統之感測模組12)便持續感測待測者(如其腰部)於此步行過程中在x-方向上的加速度數值( $a_x$ )，直到待測者完成一步行週期為止。此時，待測者之左腳及右腳已依序跨出一步，且 $t=T$ 。如此，便可得到前述之步行週期(T)的數值。

而當待測者開始步行時( $t=0$ )，待測者於一x-方向上的加速度數值( $a_x$ )可表示為：

$$a_x = -\omega \cdot u \cdot \sin(-\alpha) = \omega \cdot u \cdot \sin(\alpha) \quad (\text{式5})$$

其中， $\omega$  為角速度數值， $u$  為切線速度值， $\alpha$  則為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。

接著，當待測者完成一步行週期時的一半時 ( $t=T/2$ )，如待測者僅跨出左腳或右腳，待測者於  $x$ -方向上的加速度數值 ( $a_x$ ) 可表示為：

$$a_x = -\omega \cdot u \cdot \sin(\alpha) \quad (\text{式 6})$$

其中， $\omega$  為角速度數值， $u$  為切線速度值， $\alpha$  則為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。

所以，在一步行週期內，待測者於  $x$ -方向上的加速度數值的最大變化量 ( $\Delta a_{x,\max}$ ) 可表示為：

$$\Delta a_{x,\max} = 2\omega \cdot u \cdot \sin(\alpha) \quad (\text{式 7})$$

其中， $\omega$  為角速度數值， $u$  為切線速度值， $\alpha$  則為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。

所以，待測者於  $x$ -方向上的加速度數值的最大變化量 ( $\Delta a_{x,\max}$ ) 便可表示為：

$$\Delta a_{x,\max} = 2 \cdot \frac{2\Delta PFA}{T \cdot L \cdot \rho} \cdot \frac{2\Delta PFA}{T} \cdot \frac{(1-\rho)}{\rho} \cdot \sin\left(\frac{\Delta PFA}{2 \cdot L \cdot \rho}\right) \quad (\text{式 8})$$

其中， $\Delta PFA$  為腳掌長數值， $T$  為待測者之步行週期， $L$  為腳長數值， $\rho$  為滾足軸心距地高度比值。

而再經過適當簡化，前述式 8 更可改寫為：

$$\Delta a_{x,\max} = 4 \cdot \frac{(\Delta PFA)^3}{(L \cdot T)^2} \cdot \frac{(1-\rho)}{\rho^3} \quad (\text{式9})$$

其中， $\Delta PFA$ 為腳掌長數值， $T$ 為待測者之步行週期， $L$ 為腳長數值， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值。

隨後，再藉由設定一參數 $c$ 的方式，便可得到下列以滾足軸心距地高度比值( $\rho$ )為變數的一3階方程式：

$$\rho^3 + \frac{c}{\Delta a_{x,\max}} \rho - \frac{c}{\Delta a_{x,\max}} = 0 \quad (\text{式10})$$

其中， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值， $\Delta a_{x,\max}$ 為待測者於x-方向上的加速度數值的最大變化量，且  $c = 4 \cdot \frac{(\Delta PFA)^3}{(L \cdot T)^2}$ 。

此時，再利用業界熟知之3階方程式的公式解法，本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之步行資訊運算系統的運算模組(如本發明一實施例之步行資訊運算系統的運算模組14)便可運算出滾足軸心距地高度比值( $\rho$ )的數值，且  $0 < \rho < 1$ 。

因此，本發明實施例之步行資訊運算方法確實可依據較少數目之待測者參數(僅包含待測者之腳長數值及腳掌長數值)與待測者步行時所測得之動態參數(包含待測者步行時於x-方向上的加速度數值及其步行週期)，配合一步行動態模型(如滾足模型)而運算出待測者之步行資訊(包含待測者步行時於x-方向上的步行速度值)。

以下，將配合表1，顯示將本發明實施例之步行資訊運算方法實際應用於19位待測者身上，以運算他們之步行資訊(即他們在x-方向上的步行速度值)。

待測者 編號	腳長 (m)	腳掌長 (m)	偵測速度 (m/s)	實際速度 (m/s)	誤差(%)
1	1.02	0.2	1.0315	1.0176	1.3676
2	0.96	0.18	1.0479	1.0825	-3.1949
3	1	0.19	1.1582	1.2589	-8.0024
4	1.03	0.19	1.0823	1.1317	-4.3635
5	1.05	0.2	1.0606	1.1317	-6.2820
6	1.05	0.18	0.9621	0.9659	-0.3937
7	1.03	0.19	1.1476	1.0680	7.4450
8	0.99	0.2	1.0070	0.9640	4.4616
9	0.91	0.16	1.1092	1.0007	10.8394
10	1.12	0.21	1.1622	1.1488	1.1665
11	1.08	0.2	1.0331	1.0198	1.3099
12	1.06	0.23	1.1681	1.1645	0.3044
13	0.97	0.18	1.0825	1.1074	-2.2472
14	1.02	0.175	1.1505	1.2600	-8.6914
15	1.06	0.2	1.0341	0.9737	6.2068
16	1.01	0.19	1.0429	1.0388	0.3871
17	1.055	0.2	1.0332	1.0532	-1.9026
18	1.03	0.21	1.1212	1.1116	0.8577
19	0.93	0.18	1.1404	1.1543	-1.2046

表1

而經過統計，在對這19待測者進行運算後，本發明實施例之步行資訊運算方法所運算出之步行資訊的平均誤差為：-0.1019%，而偏差值(deviation)則為5.0313%。所以，從表1可看出，本發明實施例之步行資訊運算方法確實可依據較少數目之待測者參數(僅包含待測者之腳長數值及腳掌長數值)與待測者步行時所測得之動態參數(包含待測者步行時於x-方向上的加速度數值及其步行週期)，配合一步行動態模型(如滾足模型)而運算出這19位待測者之步行資訊(x-方向上的步行速度值)，且誤差值位於可容許之範圍內。

另一方面，如圖6所示，待測者的另一步行資訊(如步幅長度)則可表示為：

$$\text{步幅長度} = 2L \cdot (1 - \rho) \cdot \sin\alpha + \Delta PFA \quad (\text{式 11})$$

其中，L為腳長數值， $\rho$ 為滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\Delta PFA$ 則為腳掌長數值。

而如前所述，由於腳長數值、滾足軸心距地高度比值、待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值及腳掌長數值均可被本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之步行資訊運算系統的擷取模組擷取出，或被此步行資訊運算系統的運算模組運算出來，所以本發明實施例之步行資訊運算方法確實可依據較少數目之待測者參數(僅包含待測者之腳

長數值及腳掌長數值)與待測者步行時所測得之動態參數(包含待測者步行時於x-方向上的加速度數值及其步行週期),配合一步行動態模型(如滾足模型)而運算出待測者之步行資訊(包含待測者步行時之步幅長度)。

上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已,本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準,而非僅限於上述實施例。

#### 【圖式簡單說明】

圖1係本發明一實施例之步行資訊運算系統的系統方塊示意圖。

圖2係顯示本發明一實施例之步行資訊運算系統配戴於一待測者之狀態的示意圖。

圖3係顯示在配戴本發明一實施例之步行資訊運算系統後,一待測者之步行狀態的示意圖。

圖4係本發明實施例之步行資訊運算方法的流程示意圖。

圖5係顯示本發明實施例之步行資訊運算方法所應用之步行動態模型,於運算待測者步行資訊時所需使用之各參數定義及存在於它們之間之相對關係的示意圖。

圖6係顯示圖5之步行動態模型運算出待測者步行資訊之過程的示意圖。

#### 【主要元件符號說明】

11 擷取模組

13 記憶模組

15 輸出模組

17 定位模組

21 軀幹部

122 計時器

12 感測模組

14 運算模組

16 輸入單元

2 待測者

121 加速度感測器

211 腰部



## 七、申請專利範圍：

1. 一種步行資訊運算系統，係配戴於一待測者之軀幹部並用於運算出該待測者之一步行資訊，包括：

一擷取模組，係用於擷取該待測者之一腳長數值及一腳掌長數值；

一感測模組，係用於感測出該待測者步行時之至少一加速度數值及一步行週期；

一記憶模組，係用於儲存一步行動態模型於其中；

一運算模組，係與該擷取模組、該感測模組及該記憶模組耦合，以依據該腳長數值、該腳掌長數值、該至少一加速度數值及該步行週期，應用該步行動態模型而運算出該步行資訊；以及

一輸出模組，係與該運算模組耦合，以將該步行資訊輸出。

2. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該腳長數值及該腳掌長數值係透過一與該擷取模組耦合之輸入單元，而被該擷取模組擷取。

3. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該感測模組係配戴於該待測者之腰部，且該感測模組包含一加速度感測器及一計時器。

4. 如申請專利範圍第3項所述之步行資訊運算系統，其中該加速度感測器係為一加速規。

5. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該至少一加速度數值係為一x-方向上的加速度數值或

一z-方向上的加速度數值，且該z-方向上的加速度數值係為該待測者步行時於一鉛垂方向上的加速度數值。

6. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該步行動態模型係為一滾足模型。

7. 如申請專利範圍第6項所述之步行資訊運算系統，其中該滾足模型係應用複數個參數，使得該運算模組可從該等參數運算出該步行資訊，且該等參數至少包含該腳長數值、該腳掌長數值、一滾足軸心距地高度比值及該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。

8. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該步行資訊係包含該待測者之一步行速度值或一步幅長度。

9. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，其中該運算模組係為一微控制器，該輸出模組則為一顯示單元或一無線傳輸單元。

10. 如申請專利範圍第1項所述之步行資訊運算系統，更包括一與該運算模組耦合之定位模組。

11. 一種步行資訊運算方法，係用於運算出一待測者之步行資訊，包括下列步驟：

提供一步行資訊運算系統，該步行資訊運算系統係配戴於一待測者之軀幹部並包含一擷取模組、一感測模組、一記憶模組、一運算模組及一輸出模組，且該運算模組係與該擷取模組、該感測模組、該記憶模組及該輸出模組耦合；

應用該擷取模組擷取該待測者之一腳長數值及一腳掌長數值；

應用該感測模組感測出該待測者步行時之至少一加速度數值及一步行週期；

應用該運算模組，依據該腳長數值、該腳掌長數值、該至少一加速度數值及該步行週期，應用儲存於該記憶模組之一步行動態模型，運算出該步行資訊；以及

應用該輸出模組將該步行資訊輸出。

12. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該腳長數值及該腳掌長數值係透過一與該擷取模組耦合之輸入單元，而被該擷取模組擷取。

13. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該感測模組係配戴於該待測者之腰部，且該感測模組包含一加速度感測器及一計時器。

14. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該至少一加速度數值係為一x-方向上的加速度數值或一z-方向上的加速度數值，且該z-方向上的加速度數值係為該待測者步行時於一鉛垂方向上的加速度數值。

15. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該步行動態模型係為一滾足模型，且該滾足模型係應用複數個參數，使得該運算模組可從該等參數運算出該步行資訊，該等參數並至少包含該腳長數值、該腳掌長數值、一滾足軸心距地高度比值及該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值。

16. 如申請專利範圍第15項所述之步行資訊運算方法，其中該步行資訊係包含該待測者之一步行速度值或一步幅長度。

17. 如申請專利範圍第16項所述之步行資訊運算方法，其中該步行速度值係為-x-方向上的步行速度值，且係依據下列公式運算而出：

$$V_x = \frac{2\Delta PFA}{T} \cdot \frac{(1-\rho)}{\rho} \cdot \cos(-\alpha + \omega t) + \frac{\Delta PFA}{T/2}$$

其中， $\Delta PFA$ 為該腳掌長數值， $T$ 為該待測者之一步行週期， $\rho$ 為該滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\omega$ 為該角速度數值， $t$ 則為步行時間。

18. 如申請專利範圍第16項所述之步行資訊運算方法，其中該步幅長度係依據下列公式運算而出：

$$\text{步幅長度} = 2L \cdot (1-\rho) \cdot \sin\alpha + \Delta PFA$$

其中， $L$ 為該腳長數值， $\rho$ 為該滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\Delta PFA$ 則為該腳掌長數值。

19. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該運算模組係為一微控制器，該輸出模組則為一顯示單元或一無線傳輸單元。

八、圖式 (請見下頁)：

16. 如申請專利範圍第15項所述之步行資訊運算方法，其中該步行資訊係包含該待測者之一步行速度值或一步幅長度。

17. 如申請專利範圍第16項所述之步行資訊運算方法，其中該步行速度值係為-x-方向上的步行速度值，且係依據下列公式運算而出：

$$V_x = \frac{2\Delta PFA}{T} \cdot \frac{(1-\rho)}{\rho} \cdot \cos(-\alpha + \omega t) + \frac{\Delta PFA}{T/2}$$

其中， $\Delta PFA$ 為該腳掌長數值， $T$ 為該待測者之一步行週期， $\rho$ 為該滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\omega$ 為該角速度數值， $t$ 則為步行時間。

18. 如申請專利範圍第16項所述之步行資訊運算方法，其中該步幅長度係依據下列公式運算而出：

$$\text{步幅長度} = 2L \cdot (1-\rho) \cdot \sin\alpha + \Delta PFA$$

其中， $L$ 為該腳長數值， $\rho$ 為該滾足軸心距地高度比值， $\alpha$ 為該待測者之腳與一鉛垂方向之間的夾角數值， $\Delta PFA$ 則為該腳掌長數值。

19. 如申請專利範圍第11項所述之步行資訊運算方法，其中該運算模組係為一微控制器，該輸出模組則為一顯示單元或一無線傳輸單元。

八、圖式 (請見下頁)：

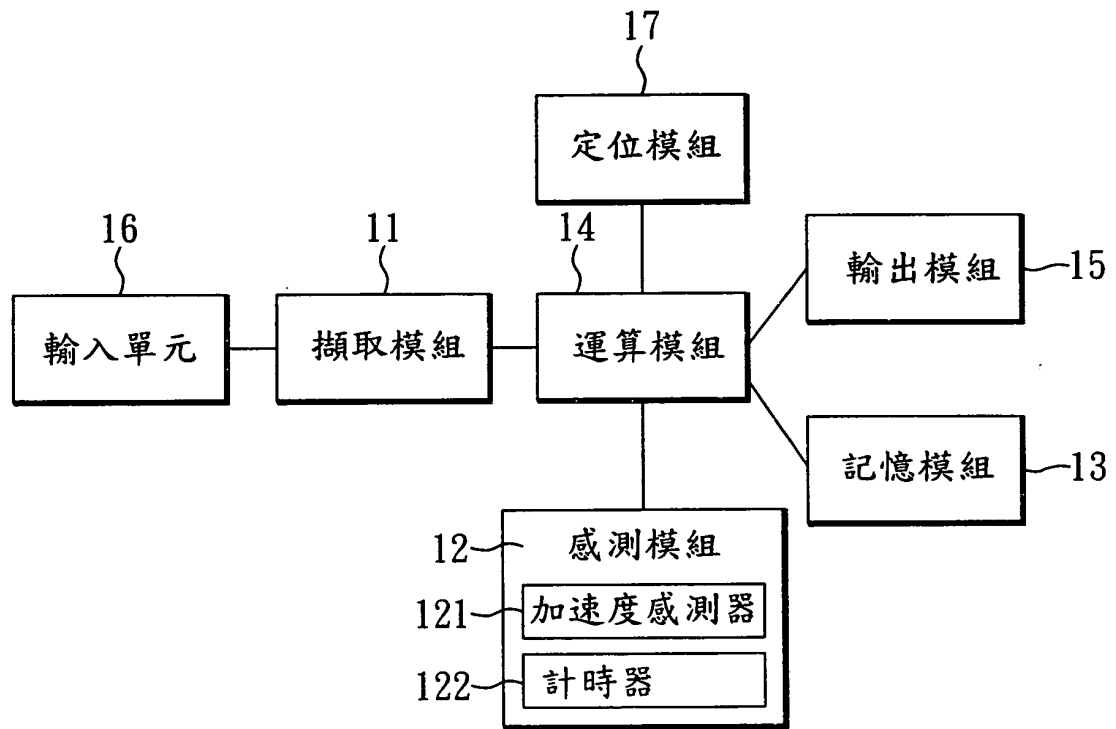


圖1

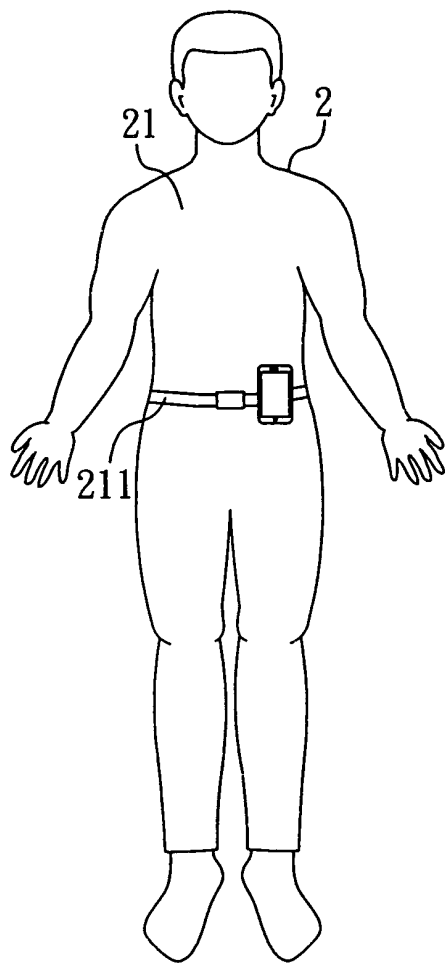


圖2

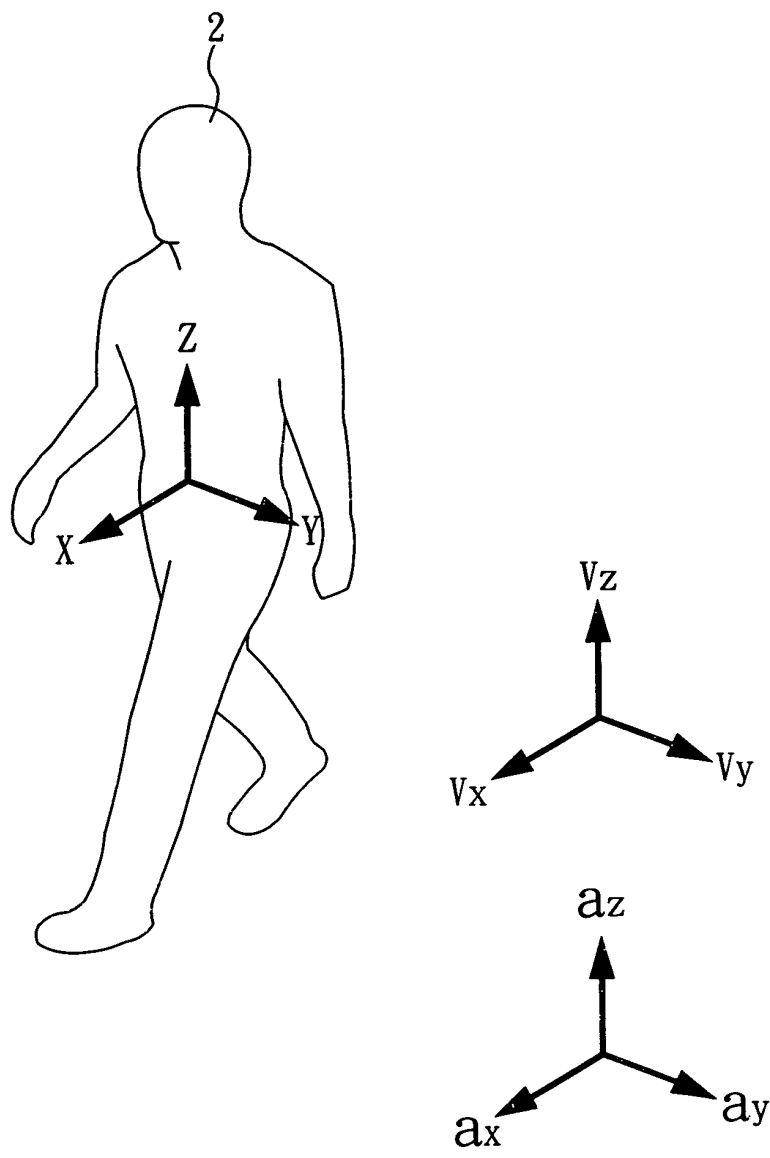


圖3



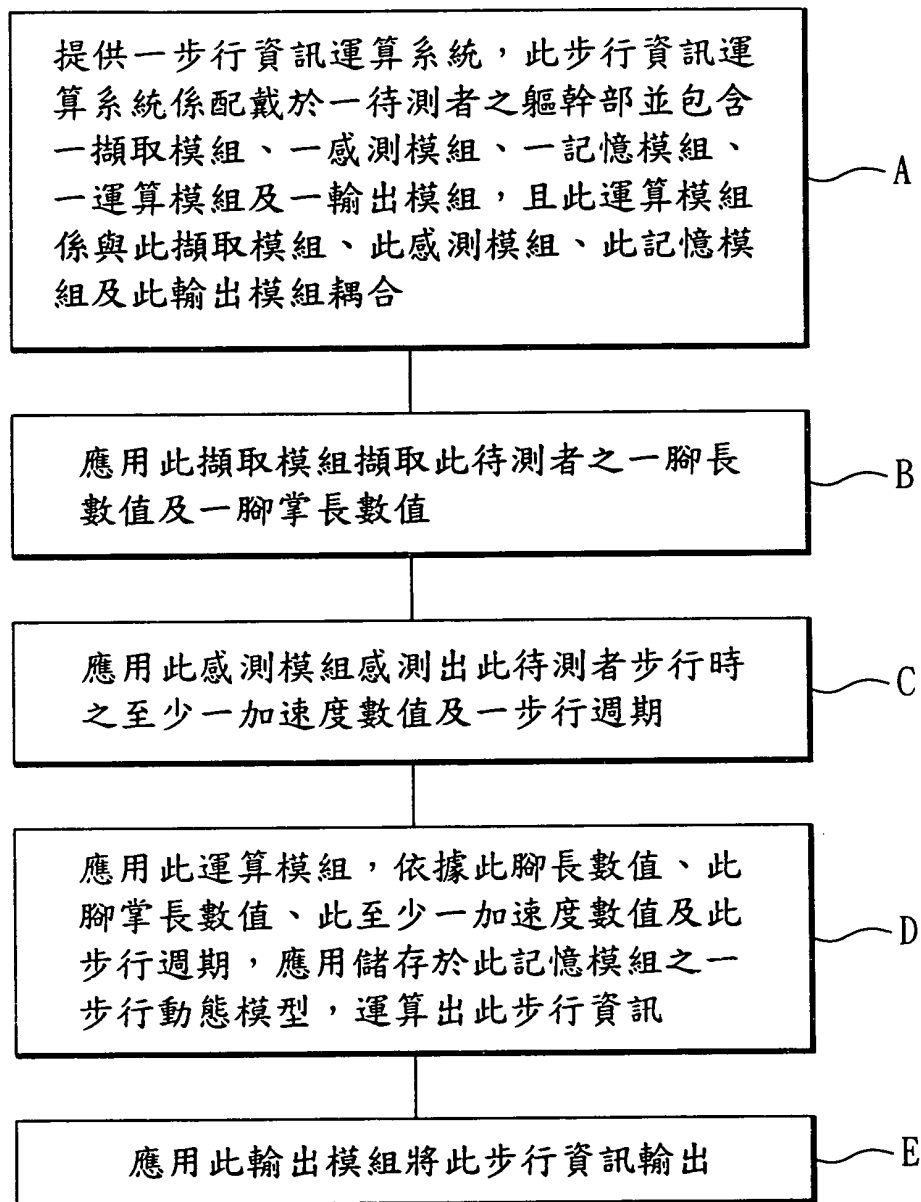


圖4

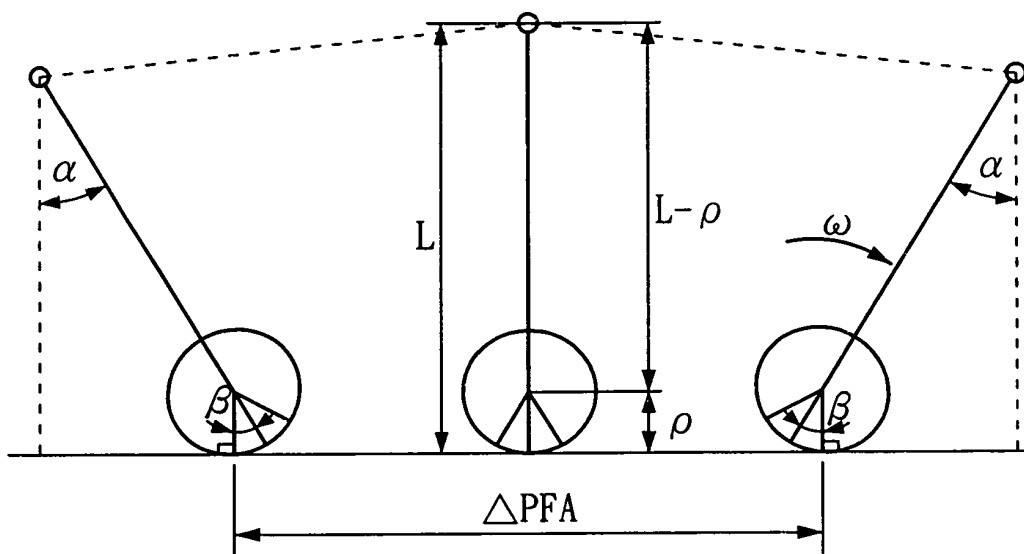


圖5

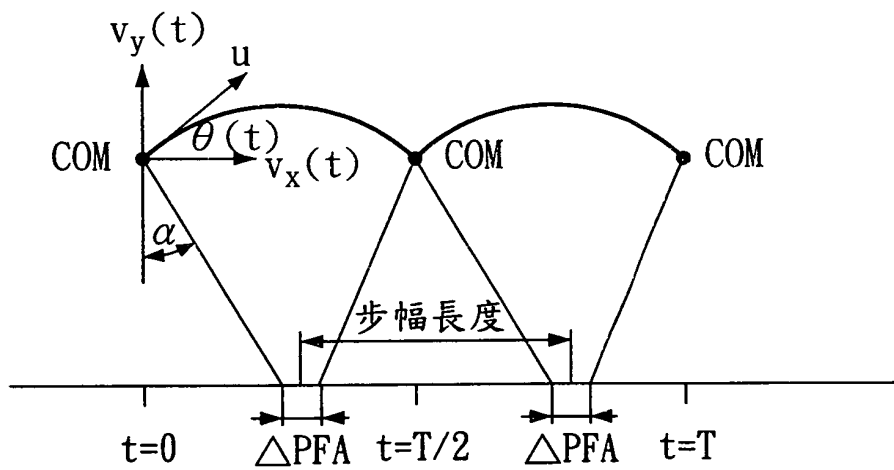


圖6