

基於智慧型手機之跌倒偵測與三維計步器 之設計與實現

Design and Implementation of Fall Detection and Triaxial Pedometer Based on Smartphone Platform

黃連進

淡江大學資訊工程系

Email:micro@mail.tku.edu.tw

陳建榮

淡江大學資訊工程系

Email:600420318@s00.tku.edu.tw

摘要

本文利用智慧型手機內建之三軸加速感測器和地磁感測器來計算走路步數，最終目的為老年人之跌倒偵測，高齡族群使用智慧型手機接受度提高，使用智慧型手機內建之感測器進行偵測，可降低感測器大小及配戴多種感測器之不便，以手機內建的多種感測器得知使用者肢體動態計算步數與分析跌倒狀況是否發生，防止當跌倒發生時，無人在旁協助治療之情況。

本文計步器演算法在分析三軸加速度量值於平地行走可達 96% 準確率，上樓梯可達 93% 準確率，下樓梯可達 83% 準確率，並可偵測使用者目前肢體動作以達更高之準確率，跌倒偵測改良 Maarit Kangas 等多位學者演算法，加入肢體動作分析，增加準確度避免因較激烈日常活動而產生跌倒誤判，增加使用者困擾。

關鍵詞—跌倒偵測、三軸加速器、陀螺儀、計步器、智慧型手機。

Abstract

This thesis use two sensors tri-axial acceleration sensors and magnetic sensors to calculate the number of steps to walk that built-in smart phone. The purpose of fall detection for the elderly, Because elderly population

using smartphone acceptance have increased. Using sensors built-in smartphones to detect can reduce the size of the sensor and the inconvenience of wearing a variety of sensors. Using sensors built-in smartphone to dynamic calculations users limbs and analysis of the number of steps to walk to detection whether a fall down situation. To prevent fall down occur when no one beside help treat of the condition.

This pedometer algorithm for the analysis of three-axis acceleration values of up to 96% accuracy rate of walking in a flat place. On the stairs up to 93% accuracy rate, and down the stairs up to 83% accuracy rate. It can detect the user's current physical action to achieve a higher rate of accuracy. Improved Maarit Kangas' fall detection algorithm add limbs motion analysis. Increased accuracy to avoid the intense daily activities resulting Fall down false positives to avoid adding users plague.

Key words—Fall detection、Three-axis Accelerometer、gyroscope、Pedometer、Smart Phone.

一、前言

隨著國人平均壽命提高，高齡化人口佔總人口比例逐年提高，面臨高齡化的社會結構，臺灣六十五歲以上老人的死亡原因，發生意外事故時跌倒(落)為第二大死亡原因[8,18]，以目前照護人員不足以及獨居高齡人口提升，跌倒發生後因身體無法行動，導致在當下無法及時求救得到幫助，可能會使傷勢惡化，造成治療復元時間延長，有些高齡人口因跌倒受傷而害怕再跌倒，因此自我限制行動，導致身體機能和活動力下降，生活品質下降，容易造成身體虛弱引發疾病或死亡。

因此，有許多研究透過各種設備擷取訊號達到即時跌倒偵測系統，期望能在跌倒發生時即時通知家屬，降低因意外所造成的傷害[11]。

在攜帶式跌倒偵測系統，大多使用加速感測器(Accelerometer)、陀螺儀(Gyroscope)、水平儀(Horizon)、心跳計、肌肉活動與肌電訊號(EMG)量測系統等元件等感測器來做偵測[13,16,17,19]，偵測跌倒所使用的裝置也不盡相同，例如使用微軟開發的kinect設備擷取室內影像分析人體骨架偵測跌倒[7]，或是利用具有加速度感測器的Android裝置附加於老年人所使用的拐杖上[1]，並使用GPS系統和GSM/3G無線通訊技術，當意外發生時救援人員可以獲得傷者所在位置，立即前往救援[3,4]，而討論要將感測裝置放置於何處也是有許多不同的研究，Maarit Kangas[23]等多位學者提出了將感測裝置放置於頭部、腰部和手腕三處不同地方偵測加速度之數值，並提出了偵測跌倒的計算公式(1)。

$$SVM = \sqrt{(A_x)^2 + (A_y)^2 + (A_z)^2} \quad (1)$$

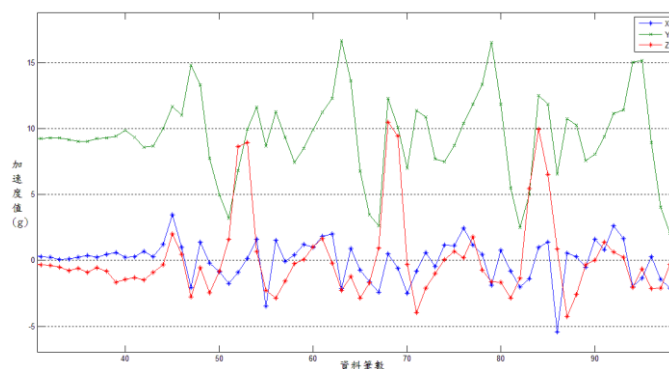
在此公式中，SVM代表Signal Vector是三軸加速度數值運算後的大小， A_x 、 A_y 、 A_z 為加速度在X、Y、Z軸之分量大小，並評估日常生活的三軸加速度量值設定門檻(Threshold)，當超出此

數值時，代表發生跌倒狀況，另外此文也提到頭部與腰部是比較適合做為跌倒偵測之感測器配戴位置[6,24,25]。

二、流程方法

在偵測跌倒前，要先對人的日常生活姿態有初步了解，當人在行動時，頭、手、腳、腰部、身體等肢體都會有加速度產生，而分析這些加速度可以得知這個人行動的激烈程度，甚至可以得知此人的肢體動作是什麼，為了達到可以精準偵測跌倒，首先要得知此人目前的肢體動作[9]。

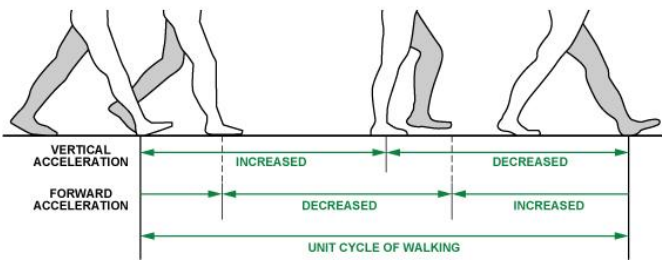
現今智慧型手機普及率及人們對智慧型手機的依賴度提高，台灣智慧型手機用戶出門必定攜帶手機，老年人口也不例外，依賴度高居亞太榜首[26]，慧型手機通常已內建多種感測器，我們可以直接依需求讀取感測器的資訊來分析使用者的肢體動作，使用智慧型手機當偵測跌倒感測器可增加攜帶變性，接近腰部的地方為人的肢體運動較為明顯起伏之位置，一般人攜帶手機習慣會放置於褲子兩側的口袋中，所以依據攜帶手機習慣放置的位置作為偵測運動的預設配戴位置，將手機置於褲子左右兩邊口袋[2,5,14]，此時當人站立、坐下、走路時三軸加速感測器可測得不同的數值，當記錄下這些數值畫出三軸加速度所呈的曲線，應該可以看出有某種規律的起伏和轉折點，如圖一為平地行走時所產生的三軸加速度量值。



圖一 於平地行走時之三軸加速度量值

為了更加準確偵測跌倒，首先須分析人在各種姿態下感測器之量值，這邊使用了三軸加速感測器、地磁感測器和距離感測器依序會說明個感測器使用的目的[10,12,15,17]。

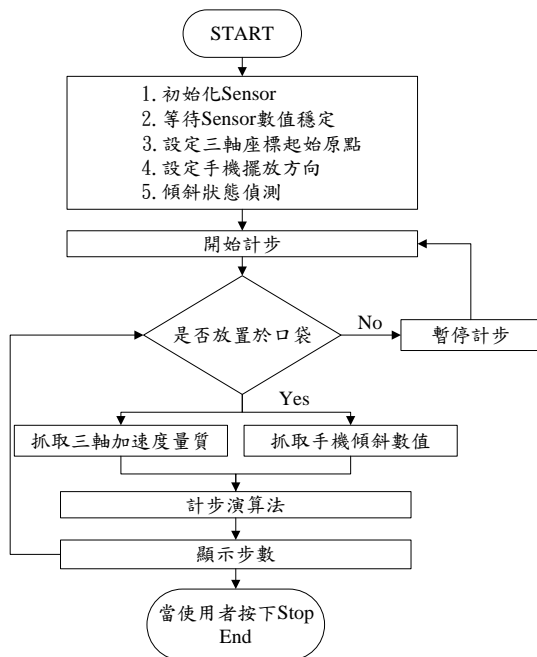
在人行走時，大腿會向前、向上抬起，因此置於褲子中的手機會依照大腿抬起傾斜的角度和上升、下降的高度對三軸加速感測器產生加速度以及對地磁感測器產生傾斜角度的變化如圖二，因此可以使用傾斜的角度判別使用者的姿態，可以讓跌倒偵測更加精準。



圖二 走路時之腿部運動狀態[22]

三、演算法流程圖

在偵測跌倒前先做了一個計步器，偵測使用者行走時的步數，以下為計步器演算法流程圖。

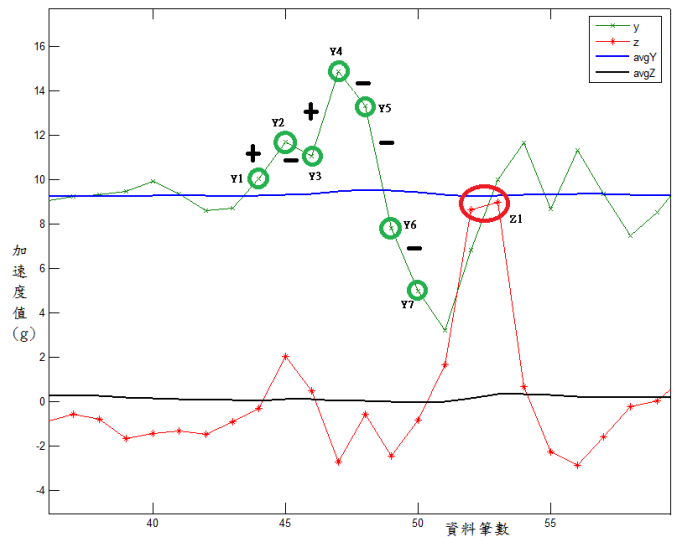


圖三 計步器演算法流程圖

本演算法是利用三軸加速感測器的值來計算步數，以圖三來說明演算法流程，圖中綠線為三軸加速度之 Y 軸值，紅線三軸加速度之 Z 軸值，觀察圖一因三軸加速度之 X 軸值在走路時顯現出的特性並無規律性無法歸納判讀，所以不採用。

一開始會先依距離感測器判斷手機是否於口袋中並偵測傾斜角度判斷使用者之姿勢是否為站立狀態，之後開始過濾 Y、Z 軸之數值，等待數值穩定後才會進行計步演算法計算行走步數。

藍色線為加速度 Y 軸值之平均，黑色線為加速度之 Z 軸值，計步演算法開始執行時會依序抓取七個加速度 Y 軸值，並對此七個數值做一階差分，再取 Y 軸之各點值做平均運算後(藍色橫線)、取 Z 軸之各點值做平均運算後(黑色橫線)比較，如下圖三綠色圓圈內點即為所取之七點，紅色圈內點為判斷是否為有效步伐之點。



圖四 三軸加速度之 Y、Z 軸數值

以上圖四為例說明計步演算法，利用轉折點找出 Y 軸和 X 軸之波峰值進行一階差分和平均值比較，以下有兩種判斷是否為有效步伐之演算法。

計步演算：

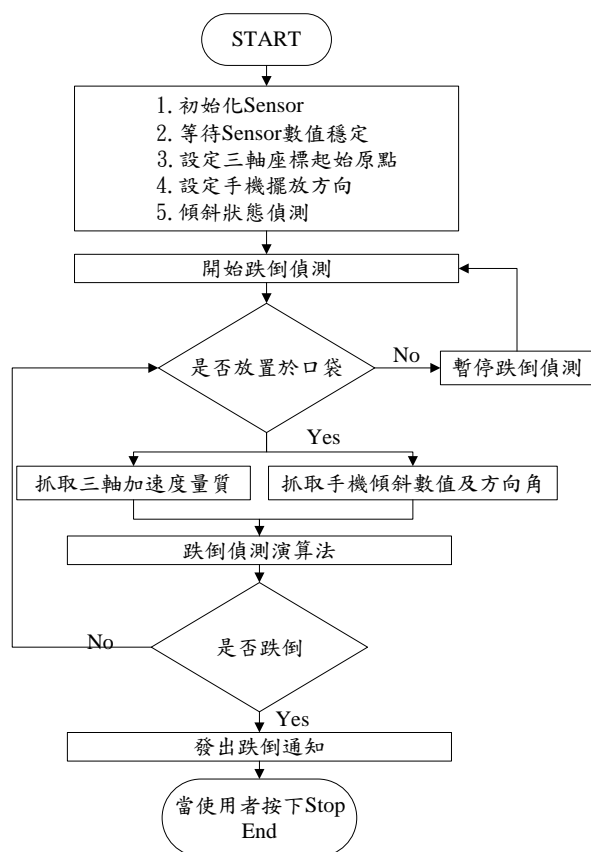
```

1. Input DataY , DataZ , Y[] , Z , i
2. Begin i ← 0
3. While i < 7 then
4.     Y[i] ← Data
5.     i++
6. End While
7.
8. Loop
9.     Y[i] ← Data
10. If {(Y[1] - Y[0] > 0) and (Y[2] - Y[1] > 0)}
11.     and (Y[4] - Y[3] < 0)}
12.     or {(Y[1] - Y[0] > 0) and (Y[2] - Y[1] > 0)}
13.     and (Y[3] - Y[2] > 0)}
14. then If
15.     (Y[4] - Y[3] < 0) and (Y[5] - Y[3] < 0)
16.     and (Y[6] - Y[5] < 0)
17. then If
18.     (Y[2] < avgY) and (Y[3] < avgY)
19.     and (Y[4] < avgY) and (Z < avgZ)
20. then
21.     step+1
22.     i++
23. Else
24.     i++
25. End If
26. GoTo Loop

```

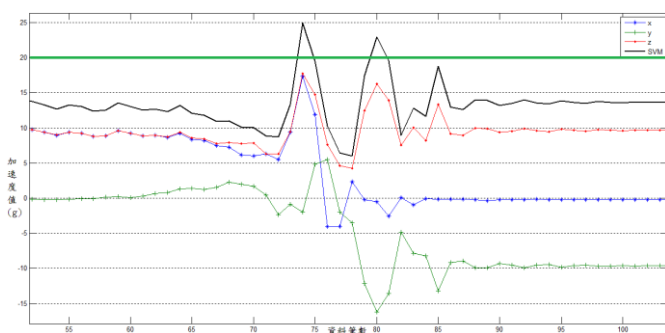
當上述演算法 10~19 行條件皆符合，記為一次有效步伐。

計步演算法於 10~13 步驟時，常有些無效震動產生的資料，因此有兩種不同的判斷模組。

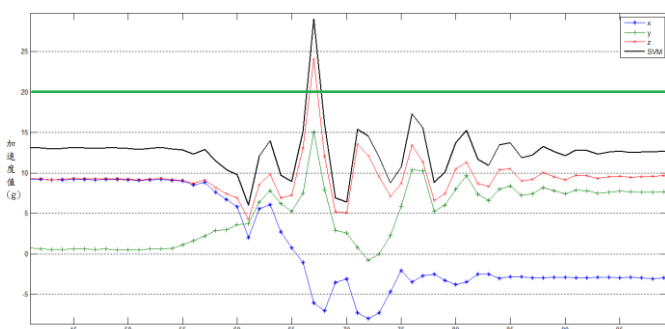


圖五 跌倒偵測演算法流程圖

跌倒偵測之流程圖如圖五，當使用者跌倒時，三軸加速感測器值會有劇烈變化，使用訊號強度向量(SVM)(1)來偵測使用者是否發生跌倒狀況，並且加入地磁感測器偵測使用者的姿態和跌倒之方向，加入距離感測器偵測手機擺放位置提升判斷精準度，以下圖六說明如何偵測正面跌倒，藍、綠、紅線分別為 X、Y、Z 軸三軸之加速度值，黑線為三軸之訊號強度向量(SVM)，綠色水平線為判斷是否跌倒之加速度門檻(Threshold)，當訊號強度向量(SVM)超出加速度門檻時即為使用者發生跌倒情形，手機即會發出跌倒通知，比較圖六和圖七之三軸加速度之折線，可發現跌倒時 SVM 直接超過加速度門檻，正向或後仰跌倒可依跌倒後產生之折線區分。



圖六 正面跌倒加速度圖



圖七 後仰跌倒加速度圖

地磁感測器與距離感測器可以增加偵測跌倒的準確性，當距離感測器偵測手機前方無任何物體時，而手機傾斜角度於正負十度內，則判斷手機被至於桌面上，此時自動關閉跌倒偵測與計步程式，當距離感測器偵測手機前方有物體時，而手機傾斜角度於正負二十度內，則判斷手機被至於口袋中，但使用者是坐下狀態，此時也會自動關閉跌倒偵測與計步程式，當手機之傾斜角度大於二十度則開啟跌倒偵測，當手機傾斜角度大於六十度小於一百二十度時判斷使用者為站姿，開啟計步程式開始計算使用者行走之步數。

四、實驗結果

表一為模擬日常生活中行走活動之步數計算，用來測試計步器結果是否準確可靠，實驗包括使用者：平地行走、上樓梯、下樓梯、站立、坐下等日常動作，每次步數約走 100 步左右，共進行三次實驗，實驗結果於平地行走可達 96% 準確率，上樓梯可達 93% 準確率，下樓梯可達 83% 準確率。

表一 計步器之實驗結果及準確率

行走狀況	實驗次數	實際步數	手機步數	準確率(%)
平地	1.	100	100	100
	2.	100	102	98
	3.	100	96	96
下樓梯	1.	104	120	87
	2.	100	110	91
	3.	100	124	81
上樓梯	1.	100	108	93
	2.	100	104	96
	3.	100	104	96
上樓梯+ 下樓梯+ 平地	1.	100	106	94
	2.	100	114	88
	3.	100	116	86

五、參考文獻

- [1] 林志敏、陳炳旭，“以嵌入式技術實現智慧型安全手杖之研究”，逢甲大學，資訊電機工程碩士在職專班，2012 年。
- [2] 林佳輝、唐文華，“無線感測網路應用於居家老人活動監測與跌倒辨識”，第十一屆離島資訊技術與應用研討會，國立新竹教育大學，2012。
- [3] 林芬蘭、李永捷，“建置於 iPhone 上之車禍與跌倒自動通報系統”，靜宜大學，資訊工程學系碩士班，2010 年 7 月。
- [4] 吳永基、蔡昇倫，“智慧型手機之跌倒偵測系統設計”，長榮大學，資訊管理學系碩士班，2012 年 6 月。
- [5] 吳季庭、Munkhjargal Gochoo、譚旦旭、張清樹、陳勁鳴、黃書唯、吳欣樺、高碩嫻，“應用 Android-based 行動平台偵測銀髮族跌倒事件”，第十二屆離島資訊技術與應用研討會論文集，國立台北科技大學電機工程系，中華電信公司，2013 年。
- [6] 段伴虬、李守誠、毛世威、許綜升、洪兆宇、

- 徐守仁，“不同姿態下微機電加速儀對人體跌倒偵測研究”，陸軍軍官學校八十三週年校慶基礎學術研討會，民國九十六年六月一日。
- [7] 范國清、劉星宏，“利用 kinect 做室內跌倒事件之偵測”，國立中央大學，資訊工程研究所，2012 年 6 月。
- [8] 唐文華、林佳輝，“無線感測網路應用於居家老人活動監測與跌倒辨識”，國立新竹教育大學，資訊科學研究所，2011 年。
- [9] 許輝煌、蔡康俊，“使用手機重力感應器和類神經網路於姿態辨識”，淡江大學資訊工程學系碩士班，2012 年 7 月。
- [10] 陳瑞發、林顥德，“在智慧型手機上應用重力感測器進行人體動作分析”，淡江大學資訊工程學系碩士班，2011 年 6 月。
- [11] 黃俊喬、蔡東穎、劉德明，“遠距居家照護之跌倒昏迷偵測系統研究”，國立陽明大學生物醫學資訊研究所，2008 年台灣國際醫學資訊聯合研討會(JCMIT2008)。
- [12] 黃有評、王珊珊，“以智慧型手機感測器設計居家照護系統”，國立台北科技大學，電機工程系所，2011 年 7 月。
- [13] 詹前隆、范文婷，“以 Wii 的三軸加速度感測器為基礎之跌倒系統即時監測”，ICIM2009 第二十屆國際資訊管理學術研討會，元智大學，2009。
- [14] 潘健一、林卓彥，“智慧型跌倒偵測系統”，慈濟大學，醫學資訊研究所，2009 年 9 月。
- [15] 鄭文昌，詹明儒，許祐松，“去除加速度計重力影響之即時跌倒偵測”，第十二屆離島資訊技術與應用研討會論文集，朝陽科技大學，2013。
- [16] 謝尚琳、劉建賢，“使用加速度計和陀螺儀之跌倒偵測系統”，大同大學，資訊工程研究所，2011 年 1 月。
- [17] 蘇木春、施建仲，“使用線性加速感測晶片的計步器”，國立中央大學，資訊工程研究所，2011 年 1 月。
- [18] 行政院主計總處，國情統計通報，第 199 號，101 年 10 月 16 日。
- [19] 王榮、章韻、陳建新，“基於三軸加速度傳感器的人體跌倒檢測系統設計與實現”，南京郵電大學，計算機學院，2012 年。
- [20] 任子良、李勇，“基於二次判斷的無線多傳感器跌倒監測系統”，《計算機工程與設計》2012 年第 33 卷第 5 期，2012。
- [21] 肖麗、付蔚、王平，“智能家居中老人跌倒遠程監護系統的設計”，重慶郵電大學，網路化控制技術與智能儀器儀表教育部重點實驗室，重慶，2012 年。
- [22] 通過三軸加速度計步測算用戶的運動狀態
Site:<http://www.pmtoo.com/ucd/2013/0729/3215.html>
- [23] M. J. Mathie', N. H. Lovell', A. C. F. Coster', B.G. Celler', "DETERMINING ACTIVITY USING A TRIAXIAL ACCELEROMETER", Proceedings of the Second Joint EMBSBMES Conference Houston, TX, USA October 23-26, 2002.
- [24] Maarit Kangas, Antti Konttila, Ilkka Winblad and Timo Jämsä, "Determination of simple thresholds for accelerometry-based parameters for fall detection", Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale, Lyon, France August 23-26, 2007.
- [25] T. Degen, H. Jaeckel, M. Rufer, and S. Wyss, "SPEEDY: A fall detector in the wrist watch", in 7th IEEE Int. Symp. on Wearable Computers, 2003, pp. 184.
- [26] Our Mobile Planet 2013

Site:<http://www.thinkwithgoogle.com/mobilepanel/zh-tw/>