



國立臺北科技大學

電機工程系碩士班

碩士學位論文

以智慧型手機感測器設計居家照護系統

Designing a Home Care System by Using
Smart Phone Sensors

研究生：王珊珊

指導教授：黃有評

中華民國 100 年 7 月

摘要

論文名稱：以智慧型手機感測器設計居家照護系統

頁數：76

校所別：國立臺北科技大學電機工程系碩士班

畢業時間：九十九學年度第二學期

學位：碩士

研究生：王珊珊

指導教授：黃有評 博士

關鍵詞：居家照護、跌倒偵測、模糊推論、智慧型手機、加速度感測器。

隨著人類平均壽命提高，目前許多國家均面臨高齡化的社會結構，現有的居家照護多半採人員看護式，但看護人員可能因為疲勞或其他因素無法全天候貼身照護，且發生突發狀況時看護也可能因為過度慌張而影響緊急事件的處理判斷能力。因此，本研究利用智慧型手機平台設計一套適用於居家環境之照護系統，包含提供使用者運動管理功能的計步器，依據使用者運動時的加速度變化頻率估算走路步伐、行走距離，以及消耗的總卡路里。本系統並整合 Google Maps，以網頁介面模擬戶外實際散步時的環境，將計步器估算的距離及使用者的面向方位換算成使用者的虛擬位置，呈現於 Google Maps 上，藉以提升使用者在無人監督環境中努力活動筋骨之意願。此外，本研究以模糊推論方法設計跌倒偵測模組，依據加速度值的變化設計對應的模糊規則庫，辨識使用者日常活動，像是坐下、走路、蹲下、躺下等動作，以及是否發生跌倒之意外狀況，並推測跌倒方向。但若是僅偵測跌倒狀況，尚無法提供完善的居家照護系統。因此，本研究加入緊急通報系統與遠端視訊監控，若偵測到使用者發生跌倒狀況，系統會發送警報訊息，醫護人員便能夠即時掌握使用者受傷狀況並提供緊急醫療協助。實驗結果顯示，計步器步伐偵測準確率約為 90%；若使用者沒有發生跌倒狀況，系統能 91.5% 判斷使用者為正常情況；若發生跌倒狀況，系統偵測準確率為 89%。因此，本研究所提之系統適用於居家照護環境。

ABSTRACT

Title: Designing a Home Care System by Using Smart Phone Sensors Pages: 76

School: National Taipei University of Technology

Department: Electrical Engineering

Time: July 2011

Degree: Master

Researcher: Shan-Shan Wang

Advisor: Yo-Ping Huang

Keywords: Home care, fall detection, fuzzy inference, smart phone, accelerometer.

Many countries nowadays are facing a structure of aging society due to the extension of life expectancy. Home care services are usually provided by health caretakers so far. But it is quite impossible for every caretaker to take care the elderly people all day long. Even worse, caretakers may get flustered when handling emergent situations. To resolve the problems, this study is aimed on designing a home care system on Android smart phone platform that consists of a pedometer for estimating elderly steps, walking distance and the consumption of calories. To encourage the elderly having fun in doing exercise continuously, the information from pedometer is integrated with Google Maps to calculate the elderly virtual location and present the actual outdoor scene on the maps. Furthermore, this study presents fuzzy inference models to identify the actions of sitting, walking, hunkering, lying down, and falling down. However, if the devised system can only detect whether a falling down situation has occurred, it cannot be claimed to be a feasible home care mechanism. This study further integrates emergency alarm mechanism

and remote surveillance as parts of the devised home care system. In case a falling down event is detected, the system will send alert messages to doctors immediately so that they can identify the situation about the elderly and provide necessary medical care or treatment. Experimental results show that the proposed system can identify about 90% accuracy of walking steps from pedometer, have 91.5% accuracy of inferring as normal under no falling down situation and 89% accuracy for detecting falling down if the elderly did fall down. The experimental results verify that the proposed system is suitable for home care environment.



致 謝

在電機所的兩年研究生生涯，即將隨著論文的完成劃上句點。兩年的時間說長不長，但在研究過程中，總覺得日子過得緩慢而煎熬。雖然過程辛苦，但在進度壓力下反而學習更快更多。感謝指導老師 黃有評教授自大學專題以來的指導與栽培，不定時分享報章雜誌上的最新科技與技術，並教導正確的處事態度與方法，雖然老師總是喜歡開玩笑，但非常關心學生身體與心理狀況，再次感謝老師的教導與照顧。承蒙本論文口試委員李祖添教授、張玉山教授、朱鴻棋教授給予專業的建議與指導，使本論文更加完善，在此致上最誠摯的謝意。

感謝昌澤學長時常關心並教導正確的程式概念，並感謝張傑、政鉉、誠威、贊仁、崇豪、Hou、力豪、鴻文、上永、昱辰、GB 學長的指導，以及政宏、建均、顥鐘的協助與陪伴，讓我研究所兩年更精采有趣，也謝謝冠勳、宗儒、首儒、昭穎、柏偉、紘凱、諺宗等學弟妹的協助，讓口試能順利完成。

最後也最感謝我的家人，謝謝爸媽在 24 年前生下我，並無怨無悔的付出栽培我，謝謝阿嬤、姑姑、兔兔等所有家人給予我精神上的支柱，珊珊在此將論文奉獻給你們，謝謝你們。

目 錄

摘 要	i
ABSTRACT.....	ii
致 謝	iv
目 錄	v
表目錄	viii
圖目錄	ix
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究方法	3
1.4 論文架構	4
第二章 相關技術及運用探討	5
2.1 微機電系統(MEMS).....	5
2.1.1 加速度感測器原理	5
2.1.2 加速度感測器應用	7
2.1.3 計步器	8
2.1.4 地磁感應器原理	9
2.2 跌倒偵測	10
2.2.1 穿戴式感測器方式	11
2.2.2 視覺影像方式	12
2.2.3 環境感測器方式	13
2.3 模糊理論	14
2.3.1 模糊集合(Fuzzy Set).....	14
2.3.2 歸屬函數(Membership Function)	15
2.3.3 模糊運算(Fuzzy Operation).....	15
2.3.4 模糊推論(Fuzzy Inference).....	16
2.4 Android 作業系統	16
2.4.1 系統版本	17

2.4.2	系統架構	17
2.4.3	生命週期	21
2.5	線上地圖 API.....	24
2.5.1	線上地圖 API之比較.....	25
2.5.2	Google Maps API.....	26
2.6	網路攝影機	26
第三章	跌倒模糊系統架構與設計	29
3.1	系統架構	29
3.1.1	硬體架構	29
3.1.1.1	Android 平台手機	30
3.1.1.2	網路攝影機	34
3.1.1.3	投影機	36
3.1.2	軟體架構	36
3.2	系統流程與設計	39
3.2.1	系統執行流程	39
3.2.2	跌倒偵測模糊系統之設計	40
3.2.2.1	訊號前處理	42
3.2.2.2	跌倒模糊推論	45
3.2.2.3	傾斜角度	49
3.2.3	步伐偵測流程與設計	51
3.2.3.1	峰值檢測	51
3.2.3.2	閾值設定	52
3.3	開發環境	54
3.3.1	硬體	54
3.3.2	軟體	55
第四章	實驗結果與分析	56
4.1	實驗環境	56
4.2	系統介面	57
4.2.1	手機介面	57
4.2.2	互動牆介面	59
4.2.3	緊急通報系統	61
4.2.3.1	緊急通報郵件	61
4.2.3.2	攝影機參數設定	62
4.3	實驗結果	63
4.3.1	跌倒模糊偵測	64

4.3.2 步伐偵測	66
4.3.2.1 誤差率計算	66
4.3.2.2 與其他計步器之比較	67
第五章 結論與未來展望	71
5.1 結論	71
5.2 未來展望	72
參考文獻	73



表目錄

表 2.1、各式地圖 API 之比較。	25
表 3.1、HTC Hero 與 HTC Desire HD 兩款手機技術規格比較[32]。	31
表 3.2、AXIS 207MW 規格[31]。	35
表 3.3、左右跌倒時之模糊規則庫。	48
表 3.4、前後跌倒時之模糊規則庫。	49
表 3.5、手機傾斜角度與 sin 三角函數之換算結果。	50
表 4.1、正常活動實驗結果。	64
表 4.2、跌倒偵測實驗結果。	65
表 4.3、MAPE 的評估標準。	67
表 4.4、三款計步器實驗結果及誤差率之比較。	69

圖目錄

圖 2.1、三軸方向的名稱[8]。	6
圖 2.2、感測單元組成元件[9]。	6
圖 2.3、感測細胞的實體模型[9]。	7
圖 2.4、傳統指北針。	9
圖 2.5、霍爾效應示意圖[16]。	10
圖 2.6、跌倒偵測判別技術之分類階級[17]。	11
圖 2.7、地板感測器測試環境示意圖[24]。	13
圖 2.8、Android 系統架構圖[28]。	18
圖 2.9、一個 Activity 執行狀態的生命週期[29]。	23
圖 2.10、線上地圖：(a) Google 地圖；(b)Umap 地圖；(c)Yahoo!奇摩地圖；(d)MSN 生活地圖。	24
圖 2.11、IPEVO PoV 網路攝影機(Webcam)。	27
圖 2.12、AXIS P1343-E 網路攝影機(IP Camera)。	27
圖 2.13、網路攝影機內部結構[31]。	28
圖 3.1、硬體架構示意圖。	30
圖 3.2、HTC 手機：(a)Hero；(b)Desire HD[32]。	31
圖 3.3、手機三軸加速度感測器示意圖。	32
圖 3.4、手機電子羅盤示意圖。	33
圖 3.5、AXIS 207MW[31]。	35
圖 3.6、EPSON EMP-1710 投影機[33]。	36
圖 3.7、系統之軟體架構圖。	37
圖 3.8、系統執行流程。	40

圖 3.9、跌倒偵測模糊系統流程。	41
圖 3.10、手機靜止狀態時的三軸加速度值。	42
圖 3.11、加速度初始補償平移後之曲線。	43
圖 3.12、使用者活動時之 Z 軸加速度曲線。	43
圖 3.13、訊號平滑化結果：(a)平均法平滑化；(b)加權平均法平滑化。	45
圖 3.14、跌倒時之加速度值變化：(a)左右跌；(b)前後跌。	46
圖 3.15、前件部歸屬函數：(a) g_Z ；(b) g_Y ；(c) g_X 。	47
圖 3.16、後件部歸屬函數：(a)左右跌；(b)前後跌。	48
圖 3.17、手機承受重力示意圖：(a)參考座標之重力；(b)旋轉座標之重力分解。	49
圖 3.18、加速度與傾斜角度的三角關係。	50
圖 3.19、步伐偵測流程。	51
圖 3.20、步伐進行之加速度變化情況[35]。	52
圖 3.21、步伐計算之範例圖。	54
圖 4.1、手機擺放位置：(a)手機腰包；(b)使用者佩戴方式。	56
圖 4.2、模擬跌倒實驗：(a)向右跌倒；(b)向前跌倒。	57
圖 4.3、計步器介面。	58
圖 4.4、解除警報介面。	58
圖 4.5、羅盤式地圖。	59
圖 4.6、以虛擬方式呈現戶外實際場景。	60
圖 4.7、緊急通報 E-mail 介面：(a)醫護人員收到緊急通知；(b)信件內容。	61
圖 4.8、移動偵測參數設定。	62
圖 4.9、行走 14 步之 Y 軸加速度變化曲線。	66
圖 4.10、兩款市售計步器軟體：(a)Pedometer Pro；(b)Pedometer Pro Free。	68

第一章 緒論

1.1 研究背景

近年來，臺灣漸漸從以工業生產為主的時代逐步轉為以知識經濟為主的時代，使得大眾受教育的時間普遍延長，許多家庭、婚姻觀念也跟著改變，晚婚及不婚主義等趨勢蔓延，造成青少年及嬰幼兒人口數量驟降，少子化及人口老化的現象同時發生，因而嚴重影響臺灣人口金字塔結構。許多專家紛紛指出，一旦臺灣人口呈現倒金字塔，人口問題將嚴重影響國家的經濟發展，整個社會的經濟壓力將同步膨脹。

根據聯合國衛生組織的定義，65歲以上老年人口占總人口的比例達百分之七，稱為高齡化社會(Aging Society)，達到百分之十四時稱為高齡社會(Aged Society)。國家政策研究基金會資料顯示[1]，臺灣於民國八十二年時，老年人口比例已超過百分之七，達到高齡化社會結構，並依照經建會推估，臺灣將在民國一百零六年時，成為高齡社會。美國退休人士協會(American Association of Retired Persons, AARP)的研究顯示，當高齡族群面臨醫療照護需求時，約有八成的人偏好尋求在家接受醫療照護服務，顯示居家照護已經逐漸成為全球的重要趨勢之一。

目前國內外多數研究在探討智慧型家庭，幾乎都著重在生活機能方面，建立居家環境安全體系，強調便利性及有效性。例如：工研院的家庭網路科技中心，提出研發家庭數位資訊整合技術、環境感知系統技術，提供寰宇的資訊環境、智慧化生活空間與優質生活居家服務。

個人居家及社區環境臨床監測的概念第一次被提出至今已五十年，隨著穿戴式感測器及其系統的發展，許多系統應用了一系列的工具，來協助與實現此技術的佈署[2]，這些技術包含了預防慢性疾病，如糖尿病，改善臨床護理，監

測神經退化性疾病，如帕金森氏症，並能即時回應緊急狀況[3]。最近的臨床研究技術，集中在發展更複雜的監測系統，以處理各種臨床的狀況，以目前智慧型手機發展的情況而言，其介面有很大的潛力應用到未來的居家監測系統領域[4]。

居家照護系統的最終目的，是讓年長者即使在家也能受到完善的照護，有如專業的醫護人員隨伺在旁。除了確保老年人的安全照護之外，持續勤奮的運動，也是老人居家照護重要的一環。老年人適合選擇較不劇烈，且不傷害關節的運動，太極及游泳是最佳選擇，運動不僅能增進活力，加強反應能力，且能降低跌倒造成的傷害。桃園長庚醫院曾做過實驗，找來 86 位 60 至 70 歲的老年人，研究結果顯示，有常規性運動的老年人動作反應較沒有運動習慣的老年人好。其中又以長期打太極拳的老年人手眼協調及平衡能力最佳。因此，醫師建議年長者想要防跌，除了平常多注意安全之外，也要多運動，增加體適能、肺活量，且能有效降血壓及血脂等功效[5]。

1.2 研究目的

目前普遍的居家照護模式多半是人員看護式，故需要雇用人工看護照料其生活起居，但看護人員可能因為疲勞或其他外在因素使其無法全天候貼身照護。若當突發狀況發生時看護也可能會因為過度慌張而影響緊急事件的處理判斷能力，甚至可能因為外籍看護的語言不通，無法描述被看護者的生理狀況，造成對外求救不易，進而錯失黃金救援時間。

居家照護系統本意是為了要提供受照護者更完善的照護環境與安全性，因此不希望受照護者身上配戴太多感測器，本研究利用智慧型手機內建的感測器來偵測使用者平時活動的特徵值，加以分析後以推論使用者活動情形。

考量受照護者平時可能需獨處，並無其他親友或家人陪伴，本研究也將開發一套與受照護者互動的運動系統，此系統將營造真實戶外環境的效果，讓使

用者猶如在戶外活動的真實感。並透過遠端視訊，讓使用者感受親朋好友在身旁陪伴般，而不再是單調的運動模式，此模式設計重點在於降低受照護者身旁沒有親友陪伴時的孤單感覺。

若使用者的動作與平時的行為模式異常時，系統能夠在第一時間自動向外緊急聯絡親友及特定之醫療中心，並自動將受照護者當前即時影像傳送至該醫療單位，提供醫療機構作為診療的參考，以利醫師判斷受照護者當時的情形，做出最佳的醫療決策。且醫療機構的醫師能透過遠端視訊，掌握受照護者的情況。因此，利用感測器與其他技術整合，建構一個適合居家運動的安全照護環境是本研究探討的重點。

1.3 研究方法

本論文利用智慧型手機內建感測器，如電子羅盤、加速度感測器、GPS 等，結合 Google Maps 及網路攝影機等設備，設計一套居家照護系統，提供使用者安全、便利以及模擬真實環境的照護環境。

政府近年來積極推動「樂活計畫」，為鼓勵使用者多運動，本研究利用手機內建之三軸加速度感測器，擷取人體活動時所產生的加速度變化，並透過分析推論出使用者運動的步伐數、路程，以及消耗的總卡路里等資訊。希望藉由記錄使用者的運動習慣及相關資訊，讓使用者隨時可以了解自己的運動情況，養成運動的良好習慣。

此外，為避免使用者由於一個人運動感到無聊而不能持之以恆，系統整合 Google Maps 及投影設備，營造出虛擬的真實環境感，讓使用者猶如在戶外散步的真實感。並透過網路攝影機，可與親朋好友視訊，避免因為一個人的孤寂感而荒廢規律的運動。

除了長期保持規律運動外，系統希望提供使用者安全的運動環境，因此使用模糊推論開發跌倒偵測模糊系統，隨時偵測使用者是否發生跌倒事故。另外，

系統並整合緊急通報系統，若使用者發生跌倒狀況，系統會自動連絡醫護人員及使用者家人，避免錯過搶救的黃金時間。此外，醫護人員也能夠透過網路攝影機，利用電腦或手持裝置，連結網頁進行遠端監控，以隨時掌握使用者的健康狀況。

1.4 論文架構

本論文分為五個章節，分別簡介如下：

第一章：說明居家照護系統的研究背景及開發目的，並簡述本論文之研究方法。

第二章：介紹微機電系統、跌倒偵測相關技術、模糊理論、Android 作業系統、線上地圖 API，以及網路攝影機。

第三章：說明系統架構與設計。

第四章：呈現實驗結果與分析。

第五章：結論與未來展望。



第二章 相關技術及運用探討

2.1 微機電系統(MEMS)

微機電系統(Micro Electro Mechanical System, MEMS)是一種結合光學、機械、電子、控制、材料和化學等多種科技的一種工業技術，它的操作範圍在微米範圍內，比它更小的，是在奈米範圍的類似技術，稱之為奈機電系統(Nano Electro Mechanical System, NEMS)[6]。

在現今產品追求「輕、薄、短、小」的趨勢下，微機電系統技術的特性正好符合這一波潮流，並結合生物、醫學等技術，降低生產成本、減小尺寸與重量，增加產品運作效率及準確度，使其能夠整合多項功能邁向更多元化的應用。為促進食、衣、住、行各方面相關科技的進步，對於健康及身體的保健也必須提供有效的資訊。在汽車、工業、消費電子、電信及醫療市場等皆陸續加入開發微機電系統的行列，微機電系統技術所促進的微感測器發展，勢必會帶動另一次科技產業的革命。

隨著智慧型手機市場佔有率迅速攀升，行動電話的微機電系統與感應器種類及數量也越來越多。目前智慧型手機搭載比率較高的感測器有全球定位系統(Global Positioning System, GPS)、電子羅盤(Compass)、加速度感測器(Accelerometer)、陀螺儀(Gyroscope)，以及微機電系統麥克風等。

2.1.1 加速度感測器原理

重力感測器(G-sensor)，又稱線性加速度計(Accelerometer)，用以提供加速度變化的資訊，與提供方位角(Heading)資訊的陀螺儀不同。這一類感測器的感

應方式是藉由量測一些微小的物理變化量，如電阻值、電容值、壓力、形變等，並以電壓信號來表示這些變化量，再透過公式轉換後，即可獲得資訊[7]。

三軸加速度感測器可同時偵測三維空間中三個軸向的運動[8]，三個軸向分別為繞著 Y 軸旋轉，也就是 XZ 平面自轉的翻滾(Roll)、繞著 X 軸旋轉，也就是 YZ 平面自轉的俯仰(Pitch)，以及繞著 Z 軸旋轉，也就是 XY 平面自轉的偏擺(Yaw)，如圖 2.1 所示。

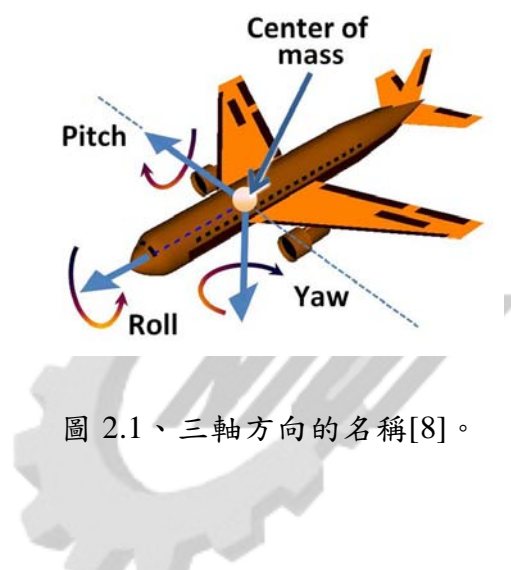


圖 2.1、三軸方向的名稱[8]。

在飛思卡爾(Freescale)的重力感測器中，感測器單元是一電感性的感測細胞(G-cell)，由半導體材料和製程所製造。感測細胞是由彈簧、橫樑材料(Beam Masses)和栓繩(Tether)所組成，如圖 2.2 所示。

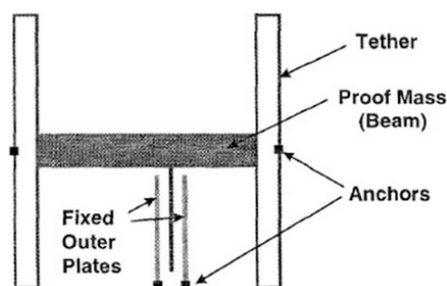


圖 2.2、感測單元組成元件[9]。

感測細胞就像是由一組三個橫樑所組成的一種機械結構，中間橫樑是可動的，兩側橫樑是固定式的。當加速度改變時，即可計算中間橫樑和兩側橫樑的位移差，藉此推算出重力加速度的值。當系統維持靜止狀態或處於等速度運動時，栓繩會將中間可動橫樑移至中心位置。

圖 2.3 為感測細胞的實體模型，三個橫樑可形成兩個相對的電感器，當加速度改變時，中間橫樑會往加速度相反的方向移動，因而改變電容值。根據(2.1)電容公式來推算重力加速度的大小[9]。

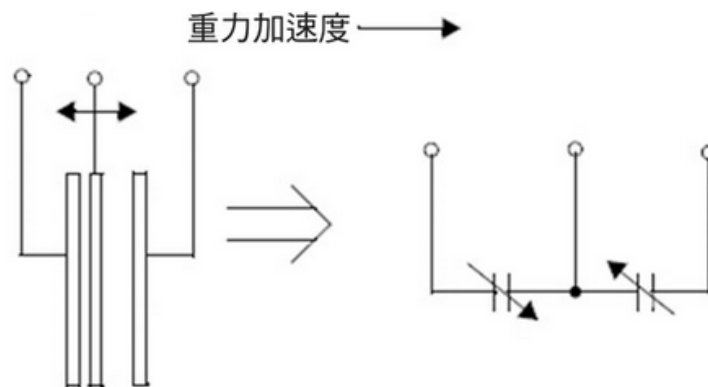


圖 2.3、感測細胞的實體模型[9]。

$$C = A\epsilon/D. \quad (2.1)$$

其中， C 是電容、 A 是橫樑的表面積、 ϵ 是介電係數、 D 是兩根橫樑之間的距離。

2.1.2 加速度感測器應用

一個固態微機電製程的加速度感測器具有體積小、低功耗等優點。因此 G-sensor 近年來被廣泛應用在各種研究領域，像是手勢辨識[10, 11]、居家看護[12, 13]等相關領域。隨著任天堂公司於 2006 年發售家用電視遊戲機 Wii 之後，加速度感測器已被嵌入在各種實體產品之中，蘋果公司於 2007 年推出 iPhone

後，更是掀起智慧型手機的旋風，連帶炒熱加速度感測器在智慧型手機上的應用。

事實上，成功將 G-sensor 嵌入於手機裡並作互動應用的始祖非 iPhone 莫屬，透過手機內建之 G-sensor，使用者在瀏覽照片時，可隨著機身直立或橫向方向來調整圖片。此外，有廠商將加速度感測器內建於筆記型電腦中，偵測筆電機身的水平或是高度落差，並適時地自動將磁頭與磁盤分離，藉此保護硬碟。除了 3C 領域之外，車用電子方面也有不少相關應用，例如：碰撞偵測、車輛運動控制、車身穩定系統等。

將加速度感測器應用於日常生活中，也是一種創新的突破，不僅提供更有興趣的互動式多媒體娛樂，在行車導航方面也能更加確保人身安全。利用智慧型手機，就能隨時隨地記錄運動成效。加速度感應器會隨著各方面領域的應用而更加蓬勃發展。

Zhang 等人[10]使用三維微機電系統加速度感測器以及一個單晶片微處理器，提出一套新的手勢辨識方法，只要透過傾斜、搖擺、手寫寫出阿拉伯數字，即可透過手勢辨識來操作手持裝置而不需要使用鍵盤。

Lai 等人[12]使用多個三軸加速度感測器，裝置在年長者的脖子、腰部及四肢等肢體部位，蒐集年長者肢體活動的產生的加速度變化值以及身體傾斜的角度，並提出減法聚類演算法(Subtractive Clustering Method)，來判斷年長者跌倒時的方向及可能受傷的部位。

2.1.3 計步器

計步器是利用三軸微機電系統感測器，來實現身體運動及健康檢測功能的代表性應用，它是一種用來記錄行走步伐數的小型儀器。主要作用原理是根據行走過程中身體上下震動改變計步器的水平位置，並傳送至內部的微感測器，透過分析數值來計算步伐，並把結果呈現於螢幕上。

隨著電子科技的進步，計步器不僅能調整震動的靈敏度，並具有記憶功能。目前市面上有許多結合計步器功能的相關產品，例如：將計步器嵌入皮鞋、皮帶扣環、MP3、智慧型手機等。

雖然計步器是一普遍被使用來估算走路步伐的儀器，但可能並不適用於年長者。因此，Horita 等人[14]提出一套步伐計算演算法，使用閾值運算及濾波等方法來改善傳統計步器計算步伐的方法。

Sheng 等人[15]設計一套評估病人走路的習慣來推算病人的行為活動。此系統整合慣性感測器及行動醫療等技術，將三軸正交加速度感測器裝置於病人腳上，並將數據傳送至智慧型手機作運算處理。此外，Sheng 提出步伐偵測以及步態推估演算法。但是，如何從不穩定的感測器訊號中提升演算法的正確性是他們目前所面臨的一個重大挑戰。

2.1.4 地磁感應器原理

指北針是一種用來指示方向的工具，廣泛應用於航海、飛行、地圖導覽等領域，圖 2.4 顯示傳統指北針工具。智慧型手機內建之電子羅盤與傳統羅盤類似，皆用以感應地球磁場，不同的是，電子羅盤以磁阻傳感器來取代傳統磁針的感應方式。



圖 2.4、傳統指北針。

根據霍爾效應(Hall Effect) [16]，將一固態導體置放於一個具有磁場的環境中，並通以電流，導體內的電子受到洛倫茲力(Lorentz Force)因而偏向一邊，造成電流中電子的偏向，如圖 2.5 所示。圖中阿拉伯數字編號分別為：1.電子、2.固體導體、3.磁鐵、4.磁場、5.電池供應電源。因此，智慧型手機藉由計算電壓的變化值，即可求得地磁方向，和傳統羅盤相比，除了不會因為振動造成搖晃問題外，也可以對雜散場進行補償。

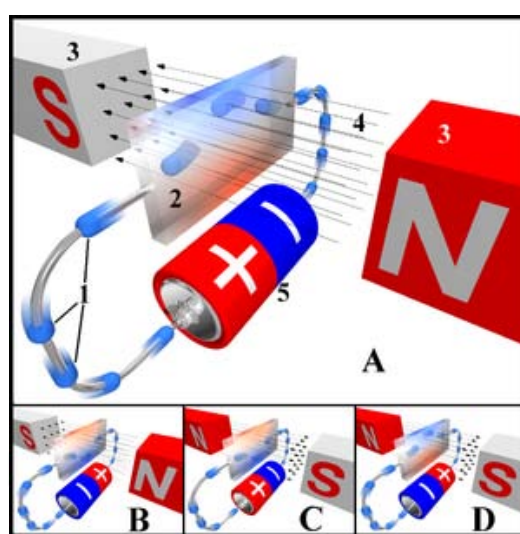


圖 2.5、霍爾效應示意圖[16]。

2.2 跌倒偵測

隨著高齡化社會的來臨，居家照護儼然成為未來的醫療發展趨勢之一。為確實達到安全的居家照護環境，跌倒偵測是一重要的研究領域。近年來被用來偵測跌倒之技術分為三個主要類別[17]，分別為穿戴式裝置感測、以視覺影像為基礎判別之技術、利用環境感測器進行偵測判別。

圖 2.6 顯示各種跌倒偵測判別技術之分類階級。第一類穿戴式裝置感測器又分為姿勢感測器及動作感測器。第二類以視覺影像為基礎判別之技術分為身體姿態改變分析、靜態偵測追蹤，以及 3D 頭部動作分析。第三類利用環境感測器

進行偵測判別，包含存在設備及姿勢感測器裝置。以下將分別對三種不同類別作一簡單說明及探討。

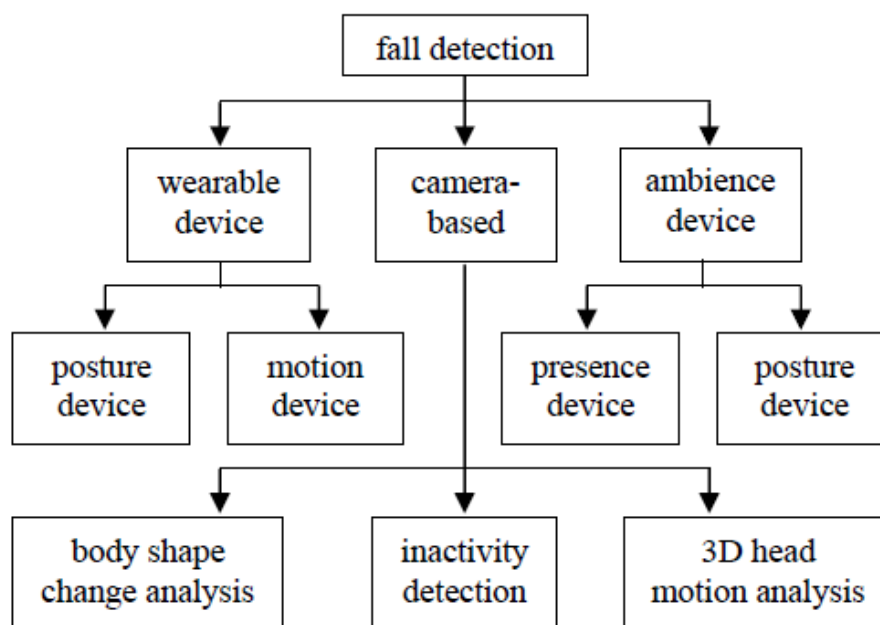


圖 2.6、跌倒偵測判別技術之分類階級[17]。

2.2.1 穿戴式感測器方式

使用穿戴式感測器方式，主要方法為分析感測器擷取的資訊，分辨人體發生跌倒狀況與日常平時狀態的差異性。這一類型中主要代表性感測器元件是加速度感測器。

Lombardi 等人[18]提出使用無線加速度感測器作為周遭輔助生活(Ambient assisted living, AAL)的一套系統。此套系統整合穿戴式感測器之微機電系統三軸加速度晶片、ZigBee 收發器、現場可程式邏輯閘陣列(Field Programmable Gate Array, FPGA)。感測器擷取到的原始加速度訊號值會直接傳送給 FPGA 來偵測跌倒，並藉由 ZigBee 收發器發送警報。

Bianchi 等人[19]認為跌倒事件對於 65 歲以上的年長者族群而言，是一重大傷害，因而提出無人監督環境下的跌倒偵測系統。他們除了使用加速度感測器擷取使用者肢體活動資訊外，並增加氣壓感測器來量測使用者肢體高度。加速度感測器及氣壓感測器所擷取的數據會記錄在使用者腰部上的穿戴式裝置，系統從使用者日常活動中鑑別出跌倒事件。

穿戴式裝置感測方式相對於其他兩種類別偵測方式成本較低且較為方便，但缺點是受照護者不願意全天候配戴感應器，且感應器容易因為碰撞或擠壓而壞掉，導致系統失常。

2.2.2 視覺影像方式

使用視覺影像方式感測使用者跌倒情況，通常是將攝影機安裝在使用者周遭環境中，藉由影像處理等技術去分析跌倒事件的發生。

Doukas 等人[20]利用攝影機及麥克風陣列等感測器來搜集視頻、音頻、肢體動作，以及周遭環境等訊號。並使用分類演算法提升偵測緊急狀況的準確率及效率。

Miaou 等人[21]提出使用 MapCam (omni-camera)來獲取 360 度的全景影像畫面，解決一般攝影機拍不到的死角，並透過影像處理來偵測年長者是否跌倒。系統整合使用者個人資料，像是身高、體重、電子醫療紀錄等，來調整系統偵測的敏感度，並以實驗證明，整合使用者個人資料來偵測跌倒的效果較沒有加入要好。

Lu 等人[22]提出一種混和事件觸發的視覺偵測系統及人體追蹤系統。此監控系統是由一台固定鏡頭式攝影機及一台具有平移、傾斜、縮放功能的 PTZ (Pan, Tile, Zoom)攝影機。固定鏡頭式攝影機具有廣角鏡頭，並藉由移動偵測的視覺追蹤技術來偵測事件是否被觸發。而 PTZ 攝影機使用 color-based 粒子濾波器來

追蹤觸發事件的目標個體。藉由此兩套系統的相互搭配，作為居家監控照護的依據。

利用視覺影像判別方式來偵測跌倒事件，使用者不需配戴任何感測元件，且攝影機所攝錄的影片、照片等，能夠作為事件發生的記錄。但是此方法必須從影像中區分出目標物及背景，並容易受到光源及雜訊的影響，因此利用視覺影像判別方法的難度較高。

2.2.3 環境感測器方式

利用此方式的跌倒偵測，使用者不需配戴感應器在身上，而是將感應器裝置在周遭環境中，例如裝置紅外線感測器於天花板、地板，或是將壓力感測器裝置在地板、牆壁等方式。

Rimminen 等人[23]提出一個新的跌倒偵測方法，使用以地面感測器為基礎的近場成像(Near-Field Imaging, NFI)。他們將原本 4.5m×4m 大小的地板，切成 9×16 的區塊，如圖 2.7 所示。依照使用者佔據的區塊大小、形狀、規模等資訊進行分類，判斷是否發生跌倒之狀況[24]。

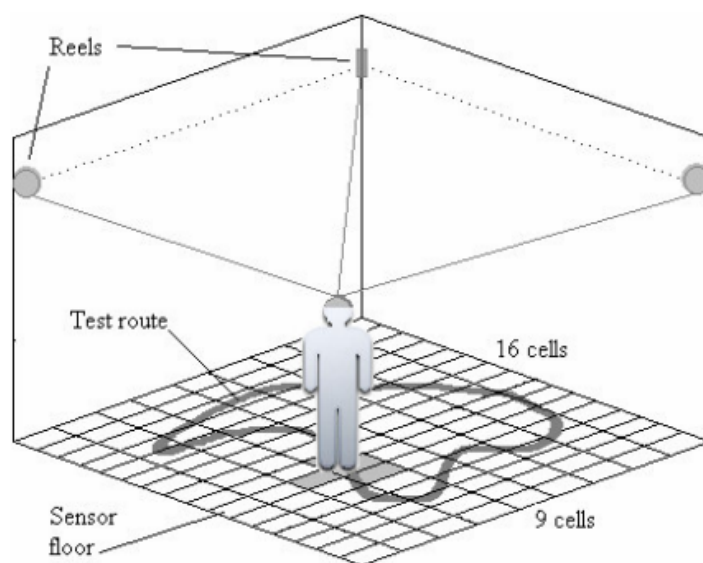


圖 2.7、地板感測器測試環境示意圖[24]。

利用環境感測器方式來偵測跌倒，不需要將感測器置放於人體上，但缺點是誤判的可能性較高，例如：當物品掉落到地板上時，可能觸發跌倒的事件，但實際上並非使用者跌倒，因此，若採用此判斷方法，必須克服許多類似的問題。

2.3 模糊理論

模糊理論於 1965 年由 L. A. Zadeh 所提出，發展至今已 46 年，相對於其他傳統科學，模糊理論發展時間不算太久，但發展速度卻相當快，其領域非常廣泛，從模糊推論、模糊分類、模糊控制，以及類神經網路[25]等，人們日常生活所使用的家電產品、機械工具也都屬於模糊理論應用的一部分。模糊理論之所以重要，是因為它能解決真實環境中普遍存在的「模糊」現象，用來表達某些無法明確定義的模糊性概念。

本研究使用模糊理論來實作居家照護的跌倒偵測，分別對量測到的三軸加速度值： gX 、 gY 、 gZ 定義模糊集合、模糊歸屬函數，以及模糊規則庫，並根據最大-最小合成法之模糊運算，找出模糊規則觸發強度最高者，來偵測使用者是否發生跌倒之狀況，以及判斷跌倒時之方向。

2.3.1 模糊集合(Fuzzy Set)

以前我們所學的傳統集合屬於二分法，宇集合(universal set)中的元素與某一集合之間的關係，只有「屬於」或「不屬於」兩種，也就是說，每個元素對某集合的歸屬性(membership)只能是 0 或 1。

傳統集合在模糊集理論中通常被稱之為「明確集合」(crisp set)。而模糊集合和傳統集合一樣，有所謂的元素，每個元素與某集合之間的關係則為該元素屬於某模糊集合的程度，程度值一般以 $[0, 1]$ 區間內的實數來表示，其表示法為

$\mu_A(x)$ ，也就是 x 在模糊集合 A 的歸屬程度值。模糊集合的特性函數通常稱為歸屬函數。

2.3.2 歸屬函數(Membership Function)

模糊集合是以特徵函數(characteristic function)來表示元素與某集合之間的歸屬程度。因此，特徵函數又稱為歸屬函數。歸屬函數可自行定義，只要是所有函數值都位於 $[0, 1]$ 區間內的函數，皆可稱之為歸屬函數，一般較常被使用的歸屬函數包括：三角歸屬函數、梯形歸屬函數、高斯形歸屬函數及單值歸屬函數等。

本研究使用的模糊理論程式是撰寫於智慧型手機內，有鑑於目前手機處理器運算速度，以及記憶體容量等硬體資源皆遠不及一般電腦。因此，本研究使用運算量較少之三角歸屬函數，搭配梯形歸屬函數來定義模糊推論所需之歸屬函數。

2.3.3 模糊運算(Fuzzy Operation)

模糊集合的運算有很多種，包含明確集合本來就有的運算，例如：模糊聯集(union)、模糊交集(intersection)、模糊補集(complement)等標準運算，以及混和運算：最大-最小合成運算、最大乘積合成運算等。

其中，本研究使用最多之模糊運算為最大-最小合成運算，其運算表示法如下：

$$\mu_{B'}(y) = \max_x [\min(\mu_{A'}(x), \mu_{A \rightarrow B}(x, y))] \quad (2.1)$$

上式之意義表示若已知推論 $A \rightarrow B$ 與前提 x 屬於 A' 集合之歸屬程度值，則推論 y 屬於 B' 集合之歸屬程度值。

2.3.4 模糊推論(Fuzzy Inference)

模糊推論亦可稱為近似推論，其主要目的是從已知的事實及模糊規則中，藉由推論的方式，得到一個合理的結果。許多傳統明確邏輯無法推論的情況，可以用模糊推論來處理，以下列舉一個模糊推論的例子：

- 前提 1：稀有種的可可豆產量少
- 前提 2：產量少的物品通常價格高
- 推論結果：稀有種的可可豆通常價格高

這是一個簡單的推論法則，但是傳統明確邏輯無法解釋所謂「稀有的」、「產量少」、「價格高」等敘述，模糊邏輯能夠使用模糊量詞(Fuzzy Quantifier)來表示這些敘述的程度值，例如稀有、通常等。

模糊推論是依據模糊規則庫及現實生活中的事實所推導出的結論。例如給定一個可能分佈的變數 X 和一條從 X 到 Y 的模糊規則，則可以推論出變數 Y 的可能性分佈，其中，模糊規則是以 If – Then 的形式來表示，If 部分在模糊邏輯中稱為前件部，即所謂的前提；Then 在模糊邏輯則稱為後件部，即所謂的結論。規則數的多寡可能會影響推論結果的精確度，規則數越多可能越準確，但相對的處理時間及硬體成本也會相對較高。

2.4 Android 作業系統

Android 是一種以 Linux 核心(kernel)為基礎的開放原始碼作業系統平台，目前與 Symbian、Windows Mobile、iOS、BlackBerry OS 等並列智慧型手機之主要作業系統。由素有「Android 之父」之稱的 Andy Rubin 所創辦，並於 2005 年由 Google 收購。2007 年 11 月 5 日 Google 與其他 33 家手機製造商，包含摩托羅拉、宏達電、三星、LG 等，聯合組成的開放手持裝置聯盟(Open Handset Alliance，OHA)，發佈名為「Android」的手機作業系統開放平台[26]。Android 所發表的 Android 軟體開發套件(Software Development Kit，SDK)，提供必要的應用程式

開發介面(Application Programming Interface, API)與開發工具，提供程式設計人員以 Java 語言來開發在 Android 平台上的應用軟體。

2.4.1 系統版本

Android 系統平均每半年一次發佈新的升級，且每一代的 Android 系統皆以甜點命名，並以 CDEFG 字頭順序排列，例如 1.5 版的 Cupcake (紙杯蛋糕)、1.6 版的 Donut (甜甜圈)、2.0 的 Éclair (閃電泡芙)、2.2 版的 Froyo (冷凍乳酪)，以及 2.3 版的 Gingerbread (薑餅)等[27]。

2.4.2 系統架構

Android 系統架構大致上分為上下兩層，上層是使用 Java 撰寫的應用程式，下層則為 C 語言撰寫而成的系統程式。如再細分，上方的 Java 應用程式層又分為應用程式(Applications)及應用程式框架(Application Framework)；下方的 C 語言系統層區分為系統函式庫(Libraries)與 Linux 核心(Linux Kernel)，完整的系統架構如圖 2.8 所示[28]。

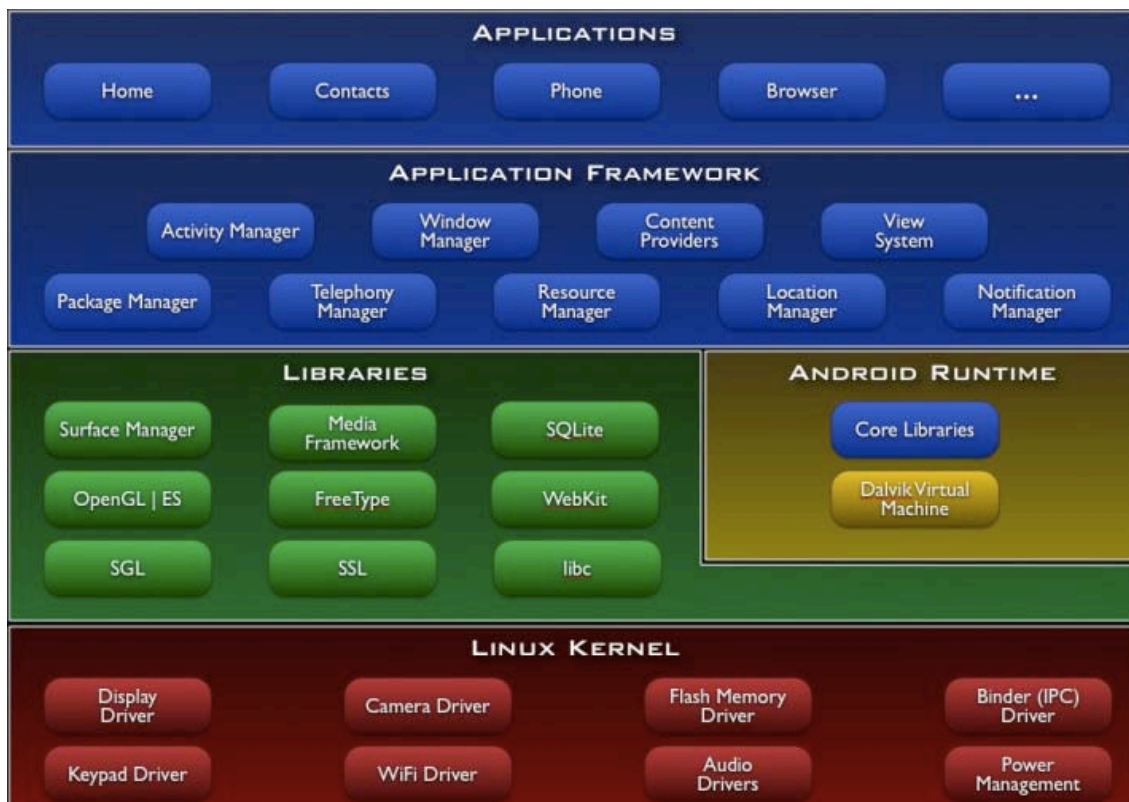


圖 2.8、Android 系統架構圖[28]。

(1) 應用程式(Applications)

在 Android SDK 所使用的手機模擬器及實體手機中，都有一系列以 Java 撰寫的核心應用程式，包含電子郵件程式、簡訊程式、地圖、日曆、網路瀏覽器、通訊錄等應用程式。

(2) 應用程式框架(Application Framework)

Android 為減少程式開發人員撰寫應用程式的時間，並加快應用程式開發的速度，因此在應用程式與系統內部環境之間加入了應用程式框架。因此，應用程式開發人員能夠透過 Java 程式，呼叫應用程式框架所提供的應用程式介面(API)，來實作函式庫等更底層的功能。應用程式框架所提供的系統與服務包含：

- 活動管理者(Activity Manager): 管理所有應用程式的生命週期及一般性的回溯導航處理(Navigation Backstack)。

- 視窗管理者(Window Manager)：管理所有開啟的視窗程式。
- 內容提供者(Content Providers)：賦予應用程式間存取資料或共享彼此資料的能力。
- 視圖系統(View System)：用來建構應用程式的基本元件，包含開發系統畫面常使用到的列表(Lists)、按鈕(Buttons)、網格(Grid)等控制項，甚至是嵌入式的網路瀏覽器。
- 訊息管理者(Notification Manager)：提供開發人員在狀態列(Status Bar)中顯示自定義的提示訊息。
- 程式管理者(Package Manager)：管理所有安裝在 Android 系統內的程式。
- 電話功能管理者(Telephony Manager)：管理有關使用者撥打與接收電話的相關功能。
- 資源管理者(Resource Manager)：提供非程式碼的資源給應用程式使用，如圖形、佈局、本地化字串等。
- 地理位置管理者(Location Manager)：管理地圖服務的相關功能。

(3) 函式庫(Libraries)

在 Android SDK 中，包含一組使用 C/C++ 函式庫的系統元件，應用程式開發人員可透過 Android 應用程式框架使用這些函式庫。Android 所提供的核心函式庫包含：

- 外觀管理者(Surface Manager)：主要的功能是提供程式開發人員存取顯示系統及管理功能，在「顯示」與「存取操作」間的對應、互動以及實現 2D/3D 應用程式間的整合。
- 媒體框架(Media Framework)：主要以 PacketVideo 公司的 OpenCORE 為基礎的多媒體函式庫，支援 MPEG-4、H.264、MP3、JPG、GIF、PNG 等多種聲音及影像格式。

- SQLite：一套開放性原始碼的關聯式資料庫。具有輕量、完整等特點，因此更適合手持裝置使用。
- Open GL ES：依照 Open GL ES 1.0 規範所定義的 3D 繪圖引擎，可將硬體的 3D 功能做最佳化的處理顯示。
- Free Type：處理有關點陣圖及向量字型方面等方面。
- WebKit：網頁瀏覽器引擎，提供 Android 發展專屬的瀏覽器，並提供程式開發者做其他相關之應用。
- SGL (Skia Graphics Library)：處理有關 2D 顯示的繪圖引擎。
- SSL (Secure Socket Layer)：處理網頁保護相關的通訊協定。
- Libc：BSD 標準系統 C 函式庫，並針對 Linux 嵌入式裝置進行最佳化的調整。

(4) Linux 核心(Linux Kernel)

是 Android 最底層，同時也是最重要的部分，包含 Android 執行環境(Android Runtime)及 Linux 核心(Linux Kernel)兩部份。

- Android Runtime：Android 應用程式雖然是以 Java 語言來撰寫，但並不使用 Java Runtime 來執行，而是以自行研發的 Android Runtime 執程式。Android SDK 的 Android Runtime 分為兩個重要元件來執行系統，分別為：Core Libraries (核心函式庫)、Dalvik Virtual Machine (Dalvik 虛擬機器)。
 - Core Libraries：內含大部分 Java 所需呼叫的函式。
 - Dalvik Virtual Machine:是一種暫存器型態的虛擬機器，在撰寫開發時，就已經設想用最少的記憶體資源來執行。Android 並非以一個 Dalvik 虛擬機器來同時執行多個 Android 應用程式，而是每個 Android 應用程式皆以一個自屬的 Dalvik 虛擬機器來執行，也就是說，可以同時執行多個 Virtual Machine 個體。此設計能夠讓系統以最佳化的方式來執行，並省下更多的資源。

- Linux Kernel：此系統核心同樣是作為硬體與軟體架構間的抽象層 (Abstraction Layer)，並作為相互溝通的橋樑。此一層級所提供的核心系統服務包含：安全性(Security)、記憶體管理(Memory Management)、行程管理(Process Management)、網路堆疊(Network Stack)、驅動程式模型(Driver Model)。其中，最常被使用的驅動程式如下：Display Driver、Camera Driver、Keypad Driver、Wifi Driver、Flash Memory Driver、Audio Driver、Binder(IPC) Driver、Power Management。

2.4.3 生命週期

程式開發人員所撰寫的應用程式，即稱為 Activity。當 Activity 處於執行狀態時，都會佔據一部分記憶體空間，並被視為一個 Process。當發生記憶體不足之情況時，系統會依照優先順序來回收 Process。當系統資源從一個 Activity 切換到另一個 Activity 時，原本的 Activity 將改變狀態。Android 虛擬機器(Dalvik Virtual Machine)使用堆疊(Stack)來管理 Activity，並將 Activity 分為 Active、Paused、Stopped、Dead 四種狀態[29]。

- Active(活動)

應用程式被啟動後，Activity 即處於活動中的狀態。在 Android 作業平台上，同一個時間點只會有一個 Activity 處於活動中的狀態。

- Paused(暫停)

當 Activity 畫面變暗，退至背景畫面時即處於暫停狀態。例如，當手機原本正在執行某應用程式，突然電話響起，原本運行的 Activity 則會退到背景畫面。當 Activity 處於暫停狀態時，使用者無法與其互動。

- Stopped(停止)

當有 Activity 正在執行，而某 Activity 不出現在螢幕上，則該 Activity 處於停止狀態。當手機長按「Home」鍵，則可以呼叫出所有處於停止狀態的應用程式列表。

- Dead(已回收或未啟動)

若 Activity 尚未被啟動、被手動終止、被系統回收，則處於死亡狀態。若系統回收 Activity，可能是因為系統記憶體不足，所以系統會優先回收處於停止狀態的 Activity，來爭取多一些的記憶體；若仍不足，則回收處於暫停狀態的 Activity，最後才是活動中的 Activity。

一個 Activity 的執行狀態生命週期如圖 2.9 所示。圖中有三條主要迴路，分別為 Entire Lifetime、Visible Lifetime、Foreground Lifetime。

- Entire Lifetime(進入生命期)：代表圖 2.9 中最外圍實線區塊，一個 Activity 的 Entire Lifetime 是由 onCreate(Bundle)開始，直到 onDestroy()結束。Activity 可將所有資源設定寫在 onCreate()函式中，直到執行 onDestroy()時再釋放出來。

- Visible Lifetime(可視生命期)：代表圖 2.9 中中間虛線區塊，一個 Activity 的 Visible Lifetime 是指從 onStart()函式到 onStop()函式。在可視生命期內，使用者可在螢幕上看到 Activity 執行狀況。

- Foreground Lifetime(前景生命期)：代表圖 2.9 中最內側短虛線區塊，Foreground Lifetime 指的是從 onResume()函式到 onPause()函式之間，在前景生命期的 Activity 優先權高於所有其他 Activity，並直接與使用者互動。

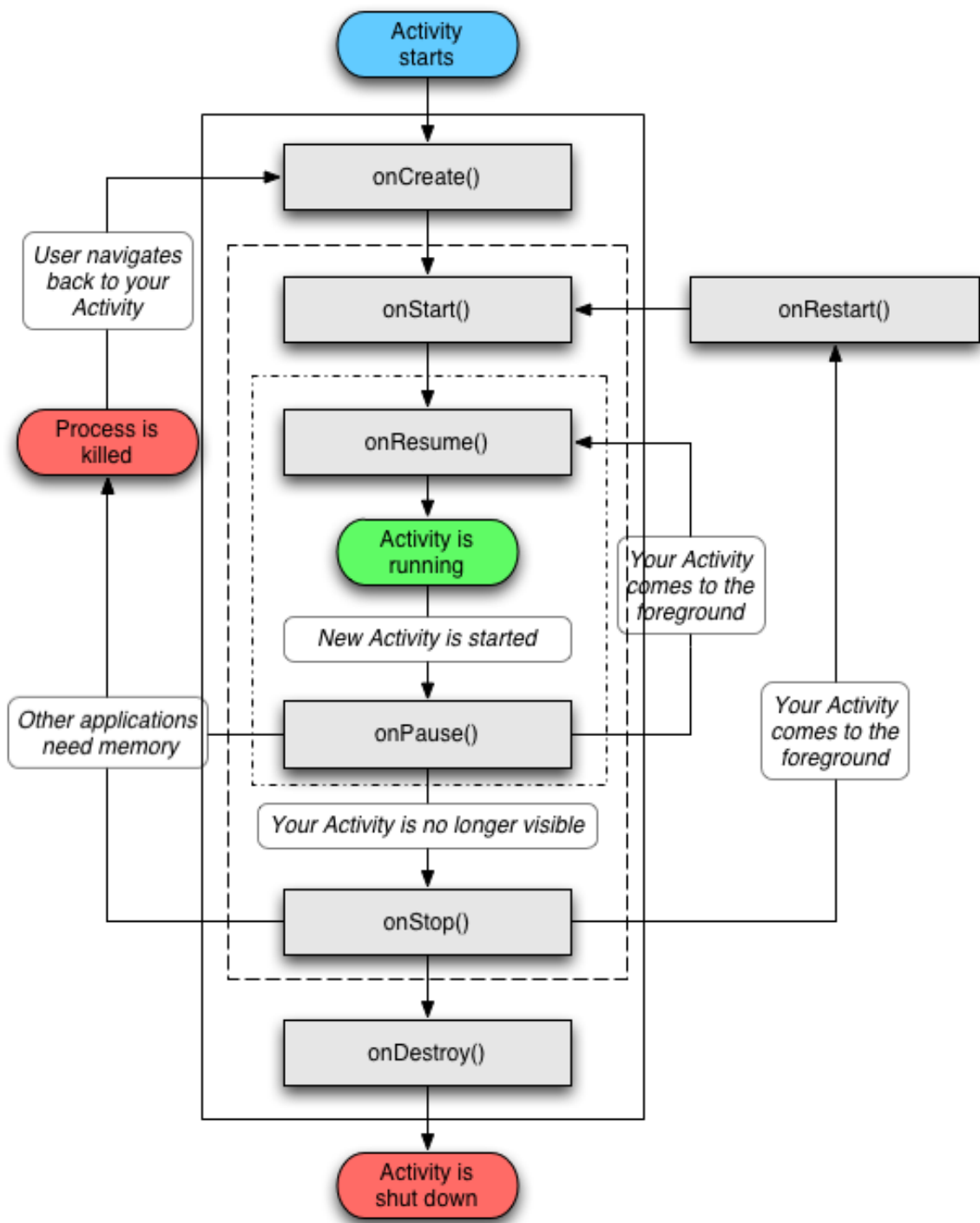


圖 2.9、一個 Activity 執行狀態的生命週期[29]。

2.5 線上地圖 API

隨著網路的迅速發展，許多線上地圖因應而生，例如：友邁科技的 UrMap、Google Maps、Yahoo!奇摩地圖，以及微軟的 Live Page 等。圖 2.10 四張地圖當中，就屬 Urmaph 最詳盡，不需經過人工點選，就能瀏覽小視窗地圖、街景視圖、定位點資訊等。Google 地圖則屬於畫面簡單明瞭、且功能也算相當齊全，同樣有街景視圖功能。Yahoo!奇摩地圖有小視窗地圖，可以透過拖拉小視窗地圖直接找到目標位置。MSN 生活地圖是介面最簡單的，僅有最基本的功能，其主要訴求是提供使用者快速尋找各式商店。

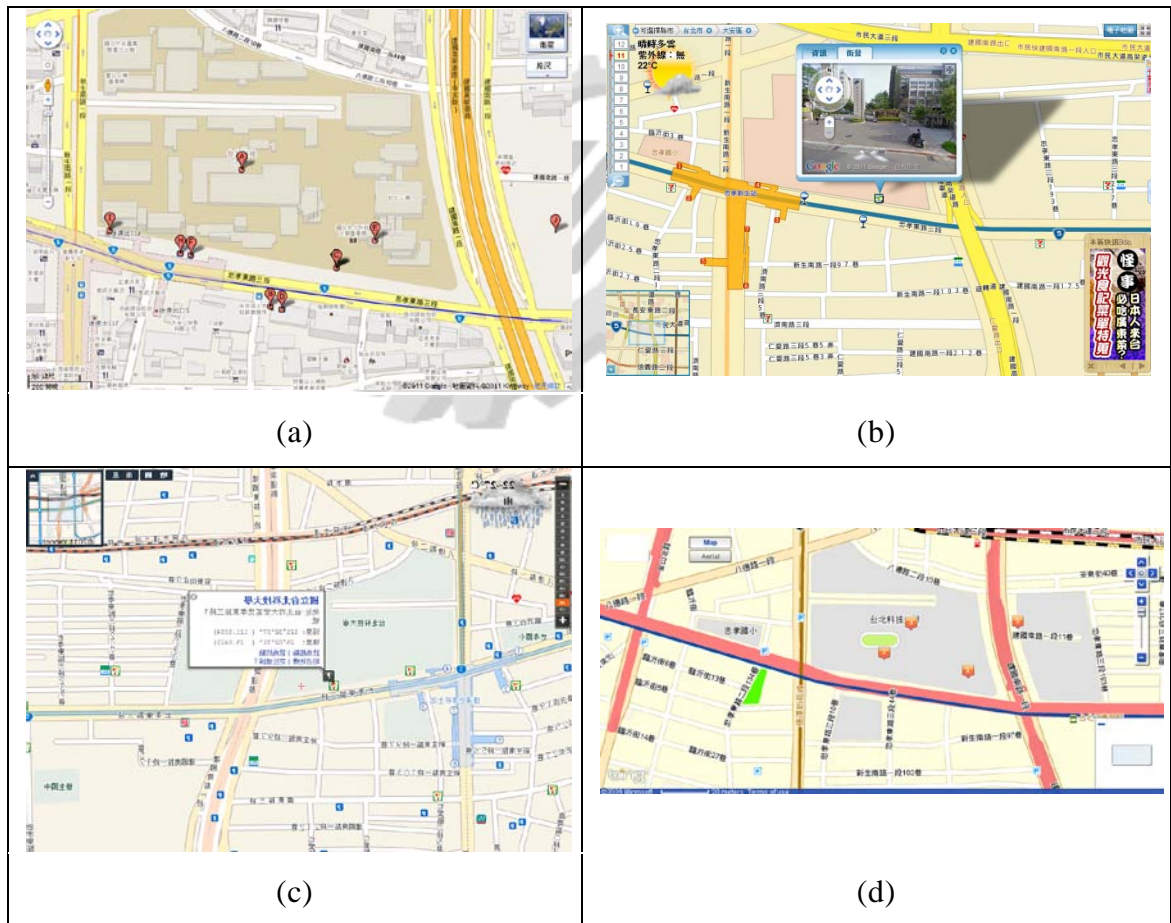


圖 2.10、線上地圖：(a) Google 地圖；(b)Urmaph 地圖；(c)Yahoo!奇摩地圖；(d)MSN 生活地圖。

線上地圖功能與服務也越來越豐富及多樣化，大幅提升一般民眾對於地理資訊系統(Geography Information System, GIS)的認知。目前線上地圖中，Google Maps、Yahoo!奇摩地圖、友邁科技的 UrMap 等，均開放應用程式介面(Application Programming Interface, API)，提供應用程式研發人員結合這些免費的線上地圖開發更多、更方便的互動式線上地圖。以 Google Maps 為例，Google 地圖提供一系列的 API，例如：Maps JavaScript API、Maps API for Flash、Google Earth API、Maps Data API 等，提供應用程式研發人員完善的功能，嵌入自行架設的網站和應用程式，並可將自己設計的地圖疊加層(Overlays)附加於這些 API 之上。

2.5.1 線上地圖 API 之比較

隨著網路發展及民眾使用需求，線上地圖成為近年來程式開發人員積極研發的一個方向，但在選擇線上地圖 API 作為開發工具之前，必須先評估各地圖 API 之特點，才能選出最符合本研究需求之線上地圖 API。各式地圖 API 特性之比較如表 2.1 所示。

表 2.1、各式地圖 API 之比較。

	UrMap	Google Maps	Yahoo 地圖
地圖圖資	衛星影像 向量地圖	衛星影像 向量地圖	衛星影像 向量地圖
路徑規劃	汽車 大眾運輸(部分地區)	汽車 大眾運輸 步行	汽車 大眾運輸(臺北、新北市)
3D 地圖	無	需安裝外掛	無
街景視圖	有	有	無

2.5.2 Google Maps API

因為有模擬真實環境之需求，本研究使用 Google Maps API 作為開發工具，由於 Google Maps JavaScript API 第三版特別加強速度，並提供地理編碼、地圖導航、海拔高度，以及街景地圖等服務，且在行動裝置與一般桌上型電腦皆適用。因此，本研究利用 JavaScript 將 Google 地圖嵌入自行設計之網頁中，並搭配 PHP、HTML、MySQL 等網頁技術來實作本研究所需之功能。JavaScript API 提供數種公用程式，包含事件、控制項、疊加層、服務等基本工具，程式開發人員可透過各種服務來操作地圖，並為地圖新增內容，進而強化自行開發之網站的功能。

自從 MapQuest (<http://www.mapquest.com>) 於 1996 年發佈後，線上地圖系統迅速在世界各地成長，以 Google Maps 為首，使用 AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) 技術來提升瀏覽器執行 Web 應用程式時的速度及效能，使用 AJAX 的最大優點就是不需任何瀏覽器外掛程式，且能在不更新整個頁面的前提下，持續更新、維護資料，使得 Web 應用程式能更加快速回應使用者，並避免在網路上發送多餘、沒有改變的資訊。線上地圖近年來提供空拍畫面的地圖系統，為房仲業者、環境保護管理、緊急服務系統等帶來極大的便利性。但是這些圖像並不夠精細，對於建築物及街道等畫面都不足以滿足民眾需求，為解決這個問題，Google 公司於 2007 年發佈街景視圖功能，基本的概念很簡單，就是希望以自然的方式提供一個能夠呈現街景畫面的功能，在地圖導航上面也要盡可能的簡單、自然，才不至於讓使用者在地圖上迷路[30]。

2.6 網路攝影機

網路攝影機一般具有視訊影像及靜態圖像的攝影及傳播等基本功能，透過鏡頭擷取圖像後，由網路攝影機內的感光元件電路及控制元件對圖像作處理，

並轉換成數位訊號傳送給電腦端，再藉由相關軟體進行圖像還原。目前市面上的網路攝影機分為兩種，圖 2.11 為透過連接埠直接連接到個人電腦即可用於視訊通話的消費型網路攝影機(Webcam)，因此若不接上電腦，就無法運作。另一種為保全監控專用的網路監控攝影機(IP Camera)，通常為一個獨立的設備，兼具高階網路攝影機、電腦資料處理，以及網路傳輸功能，並將這些功能整合在一起，成為一個獨立的網路設備，如圖 2.12 所示。其中，IP Camera 於 1996 年，由 AXIS Communications 所發表，是第一支使用網際網路架構作為訊號傳輸基礎的網路攝影機。



圖 2.11、IPEVO PoV 網路攝影機(Webcam)。



圖 2.12、AXIS P1343-E 網路攝影機(IP Camera)。

本研究使用網路攝影機進行遠端監控，因此選擇不需連接電腦也能夠隨時掌握監控畫面之 IP Camera。IP Camera 內建 IP 位址及 TCP/IP 網路通訊協定，接線方式就如同一般網路設備，其內部結構如圖 2.13 所示。

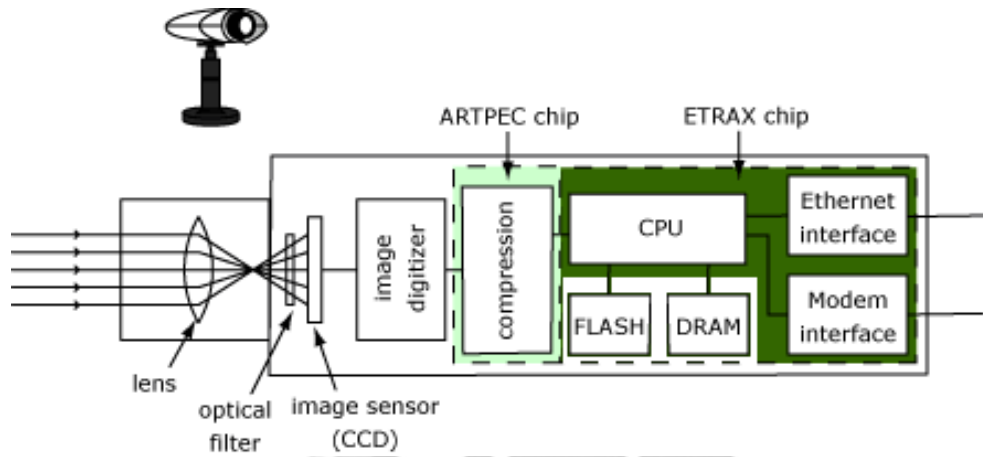


圖 2.13、網路攝影機內部結構[31]。

第三章 跌倒模糊系統架構與設計

本章節將說明此系統之軟、硬體架構，並介紹本研究的相關設計模組以及設計流程，最後介紹系統開發環境。

3.1 系統架構

本系統架構包含硬體架構與軟體架構，硬體架構主要由 Android 作業平台手機、網路攝影機、投影機及電腦伺服器所組成；軟體架構包括計步器、跌倒偵測模糊系統、牆面地圖模組、遠端影像監控系統以及緊急通報功能。

3.1.1 硬體架構

系統硬體架構如圖 3.1 所示，圖中分為上下兩個區塊，上方為使用者運動端，下方則為醫護人員及使用者家人遠端監控端。使用者端部分包含一台 Android 平台之智慧型手機，置放於使用者腰部的手機腰包內，用以感測使用者活動時的三軸加速度變化值以及使用者所在位置的 GPS 座標和面向之方位角等資訊。Android 手機包含了計步器及跌倒偵測模糊系統，並隨時傳送資訊或緊急狀況給伺服器。當使用者進行運動時，手機感測到的資訊會傳送給伺服器，伺服器再將運算結果以投影網頁方式，將 Google Maps 及相關內容投影至大型牆面上，營造出使用者戶外散步時的實際場景；當使用者發生跌倒狀況，且可能發生重大傷害或昏迷情況時，伺服端會透過網際網路發送 E-mail，緊急聯絡醫護人員及使用者家人，並同時傳送使用者跌倒事件發生經過的影像，提供醫護人員即時掌握使用者跌倒狀況並提供適當的醫療協助。

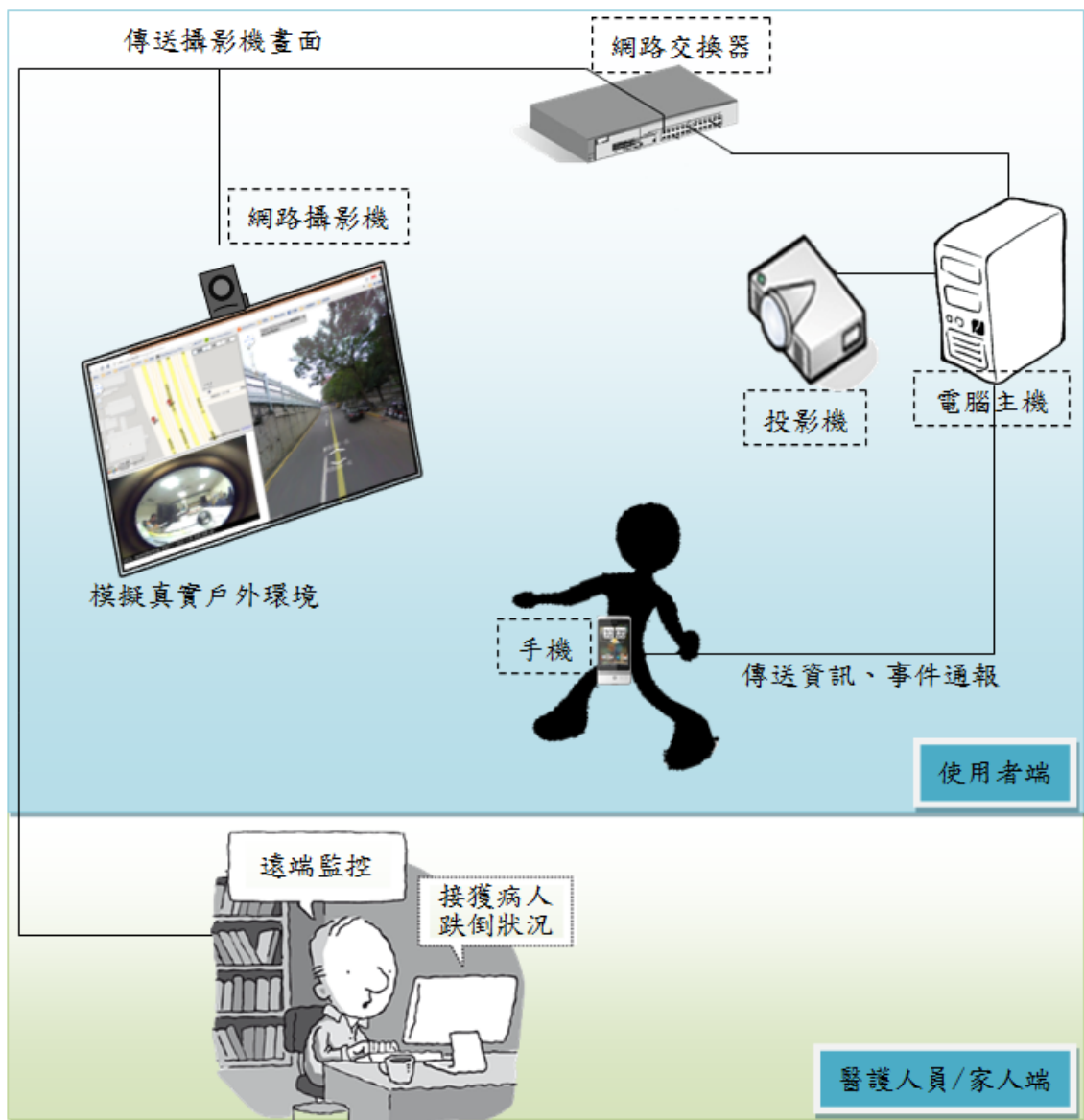


圖 3.1、硬體架構示意圖。

3.1.1.1 Android 平台手機

本研究使用 Android 作業平台之智慧型手機來作為開發之工具，利用智慧型手機內建之感測器，蒐集並分析使用者活動時的三軸加速度變化值，以及所在位置 GPS 座標和面向之方位角等資訊。並在智慧型手機平台上開發應用程式及設計相關介面。本研究除了使用 Android 虛擬機器(Android Virtual Machine，AVM)來測試自行開發的程式之外，另外還使用兩款 Android 平台實體手機，分

別為圖 3.2(a)的 HTC Hero 與圖 3.2(b)的 HTC Desire HD，其規格分別整理如表 3.1 所示。



圖 3.2、HTC 手機：(a)Hero；(b)Desire HD[32]。

表 3.1、HTC Hero 與 HTC Desire HD 兩款手機技術規格比較[32]。

		HTC Hero	HTC Desire HD
開發環境	作業系統	Android™ 1.5 Cupcake	Android™ 2.2 Froyo
	作業系統核心	Linux Kernel	Linux Kernel
	開放式開發	是	是
	開發環境	Android SDK	Android SDK
硬體	面板大小	3.2 inch	4.3 inch
	面板解析度	320 * 480	480 * 800
	CPU	Qualcomm® MSM7200A™	Qualcomm® Snapdragon QSD8255
	CPU 核心速度	528 MHz	1 GHz
	記憶體容量	288 MB RAM 512 MB ROM	768 MB RAM 1.5 GB ROM
感應器	G-sensor、Digital Compass		
相機	5.0 Megapixel	8.0 Megapixel	

GPS 天線	有
通訊能力	3G、WiFi、Bluetooth

由於 HTC Hero 與 HTC Desire HD 兩款手機均內建重力感測器(G-sensor)及電子羅盤，並且同樣具備 GPS 天線，適合用來作為本研究計步器、跌倒偵測等研究內容之開發工具。以下將介紹本研究所使用的智慧型手機感測器及使用方法。

● 重力感測器

手機內建 MEMS 製程的 G-sensor，又稱為重力感測元件，其設計原理為牛頓第二定律，分別利用手機 X、Y、Z 三個軸的線性速度變化，也就是用以感測速度和位移等資訊，且可以用來量測手機傾斜角度。因此，G-sensor 能夠感測移動、傾斜、墜落等動作。圖 3.3 簡單介紹手機內建重力感測器的感測方向以及不同擺放位置所量測的三軸加速度值。



圖 3.3、手機三軸加速度感測器示意圖。

假設以手機中心為原點，水平橫向為 X 軸，縱軸為 Y 軸，垂直於地面為 Z 軸。以下將列舉六個例子來說明手機於靜止狀態時，不同擺放位置所造成的三軸加速度值的變化。

1. 手機螢幕朝上，即 Z 軸朝上，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(0, 0, 9.8)。
2. 手機螢幕朝下，即 Z 軸朝下，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(0, 0, -9.8)。
3. 手機螢幕朝左，即 X 軸朝上，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(9.8, 0, 0)。
4. 手機螢幕朝右，即 X 軸朝下，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(-9.8, 0, 0)。
5. 手機直立放置，即 Y 軸朝上，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(0, 9.8, 0)。
6. 手機倒立放置，即 Y 軸朝下，此時三軸加速度值(X, Y, Z)分別為(0, -9.8, 0)。

本研究使用重力感測器來感測使用者活動時三軸加速度變化值，以利後續實驗分析。

● 電子羅盤

智慧型手機內建電子羅盤晶片，因此能夠與傳統羅盤一樣感應地球磁場來區分南極與北極。傳統羅盤磁針可能會受到磁化現象而破壞，必須重新充磁才能回復原本功能；而電子羅盤可藉由校正來取得高精確度的讀數。此外，電子羅盤也不會因為振動而造成指針搖晃的問題，手機電子羅盤量測的方位角範圍如圖 3.4 所示。

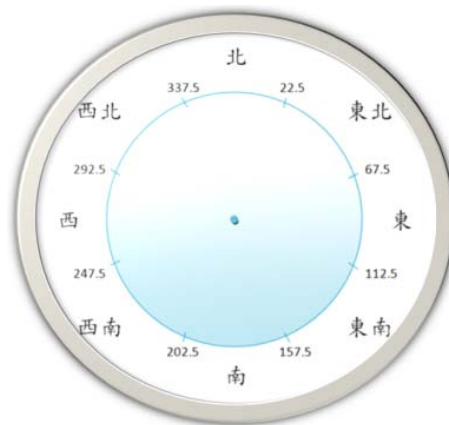


圖 3.4、手機電子羅盤示意圖。

手機電子羅盤可分為平面電子羅盤與三維電子羅盤：平面電子羅盤在使用過程中，必須保持羅盤的水平，否則會因為感測誤差而不準確；高階的三維電子羅盤雖然克服了平面電子羅盤在使用上的限制，但在價格上卻昂貴許多。當羅盤產生傾斜時，三維電子羅盤中所加入的傾角感測器能夠對羅盤進行傾斜補償，因此，即使電子羅盤發生傾斜，感測的方位角數值一樣能準確無誤，另外，有些電子羅盤為克服因溫度差異對電阻造成影響，而在羅盤內置溫度補償感測器，以確保感測方向計算的準確度。

本研究利用手機內建電子羅盤，感測使用者面向之方位角，並應用於 Google Maps 上，藉以模擬真實走路環境。使用的 HTC Hero 與 HTC Desire HD 兩款手機內建的電子羅盤均屬於平面電子羅盤。

● 全球定位系統

本研究使用手機內建 GPS 天線，取得使用者所在位置之經緯度座標。全球定位系統是一個以軍事導航衛星為基礎的系統，為美國國防部(Depart of Defense, DOD)所發展，目前開放給民間使用其定位訊號。衛星定位系統是以全球為範圍，利用衛星通訊將接收器的位置顯示於地圖上，其定位誤差約 100 公尺左右。全球衛星定位系統主要分為太空衛星、地面監控、用戶設備三個部分，其定位原理是利用基本的三角測量而達到定位目的，且用戶設備與它接收到訊號的衛星所構成的角度，會影響到定位的精準度，角度過小，或者接收到的衛星太過聚集，都會降低定位的精準度。

3.1.1.2 網路攝影機

本研究使用之網路攝影機為艾菲科技的 AXIS 207MW，如圖 3.5 所示。AXIS 207MW 可直接進行遠端影像監控而不需連接電腦主機，適用於室內安全及遠端

監控，並可傳送 MPEG-4 與 Motion JPEG 格式的影像串流，影像可由網頁介面或透過影像管理軟體直接進行錄影工作，其規格整理如表 3.2 所示。



圖 3.5、AXIS 207MW[31]。

表 3.2、AXIS 207MW 規格[31]。

鏡頭	3.6 mm, F1.8 固定光圈
焦距範圍	0.5 m ~ ∞
影像解析度	最高可達 1280 * 1024
視訊串流格式	Motion JPEG、MPEG-4
使用者	同時間上限 10 人
連結埠	Ethernet 10BaseT/100BaseTX、RJ-45、AUTO-MDIX
記憶體	32 MB
通訊協定	IPv4、IPv6、HTTP、TCP、RTP、UDP、FTP、SMTP、DNS、NTP、ARP 等
外型尺寸和重量	85 x 55 x 40 mm 190 g

影像傳輸速度	1280 x 720: 14 fps
	1280 x 1024: 12 fps

3.1.1.3 投影機

本研究使用的投影機為 EPSON EMP-1710，如圖 3.6 所示[33]。其解析度最高可達 SXGA(1280 x 1024)，亮度為 2700 流明，投影畫面尺寸最高可達 300 吋，投射距離範圍為 0.84 ~ 10.42 公尺，適合一般住家的投影環境。



圖 3.6、EPSON EMP-1710 投影機[33]。

3.1.2 軟體架構

圖 3.7 為本系統內部軟體模組之執行流程。使用者可操作手機端互動模組的應用程式，而牆面投影端也同樣提供互動式地圖等功能。手機內的感測器模組會擷取使用者活動情況以及所在位置等資訊，照護模組會對感測器模組擷取的資訊加以分析。另外，監控模組會偵測是否有事件觸發，並隨時提供醫護人員影像監控的畫面。

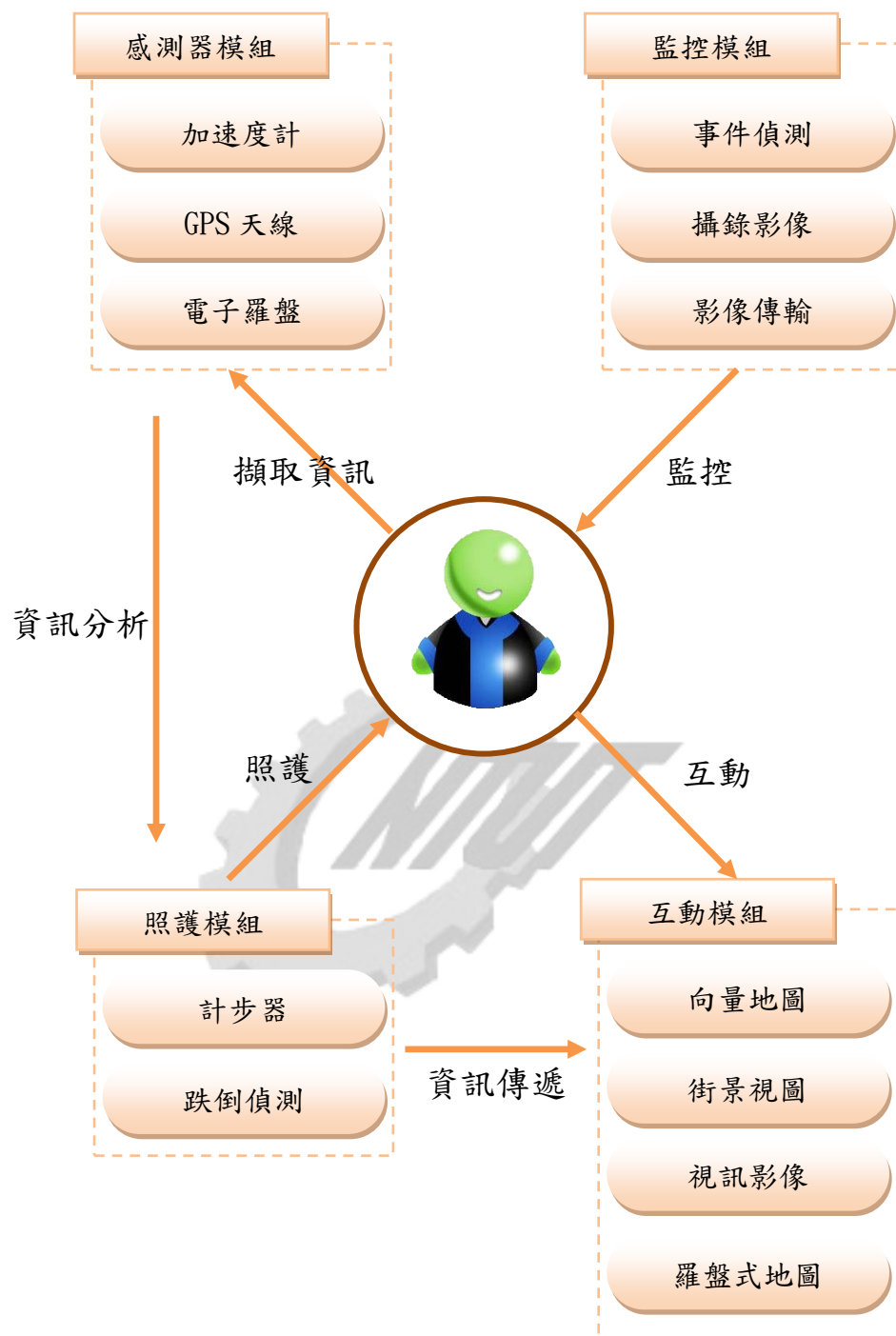


圖 3.7、系統之軟體架構圖。

系統軟體架構包含四種模組功能，以下循序說明各種不同模組所包含的功能：

- **感測器模組**

- (1) 加速度計：量測使用者活動時的三軸加速度值，用以分析及判別跌倒事件的觸發與否等。
- (2) GPS 天線：抓取使用者所在位置的經緯度座標，以提供 Google Maps 定位之依據。
- (3) 電子羅盤：感測使用者面向之方位角，提供 Google Maps 相關應用資訊。

- **監控模組**

- (1) 事件偵測：透過移動偵測功能，判別是否有事件觸發。
- (2) 攝錄影像：事件觸發後，網路攝影機自動啟動攝錄影像功能。
- (3) 影像傳輸：提供醫護人員隨時透過影像傳輸功能即時掌握使用者狀況。

- **照護模組**

- (1) 計步器：分析感測器模組擷取的資訊，記錄使用者運動時間、走路步伐、消耗的總卡路里等資訊，提供使用者運動管理服務的介面。
- (2) 跌倒偵測：隨時偵測使用者是否發生跌倒狀況，以保護使用者安全。

- **互動模組**

- (1) 向量地圖：整合 Google Maps 地圖，提供使用者了解運動成果。
- (2) 街景視圖：藉由實際街景畫面，營造戶外運動環境的真實感。
- (3) 視訊影像：使用者可與他人進行視訊互動，或透過自己的攝影機畫面了解自身的運動姿勢。
- (4) 羅盤式地圖：利用感測器模組提供的方位角資訊，提供使用者羅盤式地圖，讓地圖隨著使用者面向方位而旋轉，讓使用者更明瞭所在位置附近資訊及方位。

3.2 系統流程與設計

此章節主要說明三個部分，包含系統執行流程、跌倒偵測模糊系統之演算流程，以及步伐偵測設計流程。系統執行流程說明本系統執行順序以及各硬體間資料傳送的過程。跌倒偵測系統之演算流程將介紹以加速度值為依據，判斷跌倒事件發生與否。步伐偵測設計流程將說明如何使用加速度感測器設計計步器的運動管理程式。以下詳述各功能流程。

3.2.1 系統執行流程

圖 3.8 為系統執行流程，系統一開始會執行跌倒偵測演算法，藉由分析加速度值來判斷使用者是否發生跌倒情況，若使用者沒有跌倒，則啟動計步器程式，並透過伺服器運算，呈現互動式介面；若使用者發生跌倒狀況，系統使用模糊推論法則判斷使用者跌倒方向，且手機會發出警報聲響，若是系統誤判或是使用者雖跌倒但無重大傷害時，可以在預設時間內取消警報，若使用者沒有在預設時間內取消警報，則系統會通知伺服器，將攝影機拍攝的畫面以及使用者跌倒方向等資訊，以 E-mail 方式傳送給醫護人員及使用者家人。醫護人員接獲緊急通知後，可以連結網路攝影機，進行遠端影像監控，以確保能夠即時掌握使用者跌倒後的傷害程度及狀況。

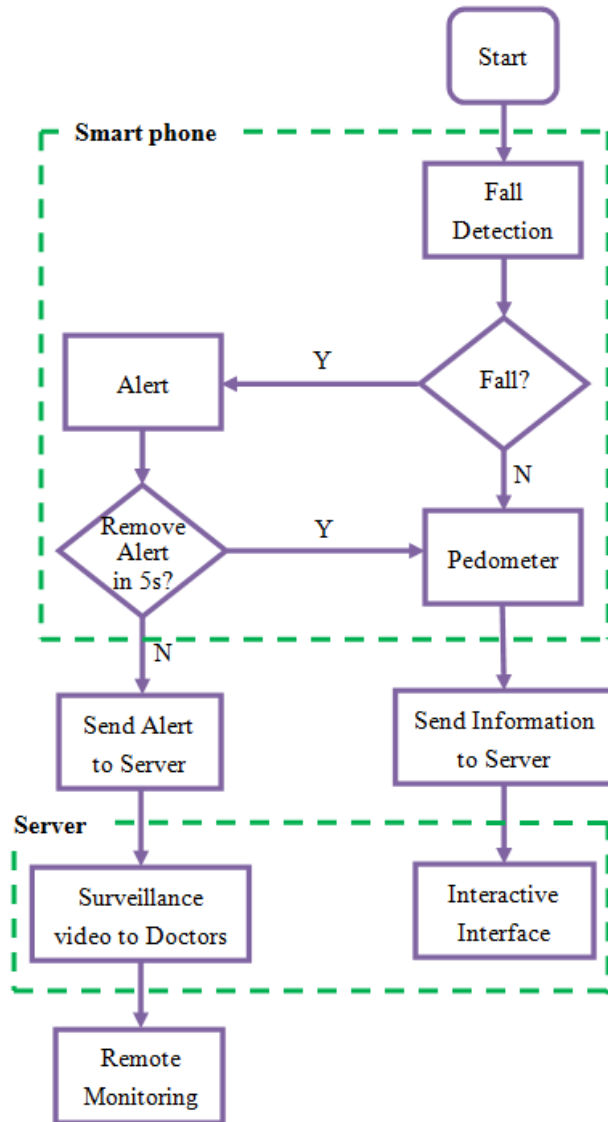


圖 3.8、系統執行流程。

3.2.2 跌倒偵測模糊系統之設計

跌倒偵測系統流程如圖 3.9 所示，系統一開始利用手機內建加速度感測器擷取使用者活動時的三軸加速度變化值，在分析訊號之前，先做訊號前處理，包含訊號補償平移及平滑化演算法，處理完之三軸加速度值即可作為跌倒偵測模糊系統之輸入訊號。

Karantonis 等人[34]認為當使用者跌倒時，加速度值會產生劇烈的變化量，訊號會出現極大的峰值，因此提出使用訊號向量強度總和(Sum Vector Magnitude, SVM)來檢測使用者活動情況。

使用 SVM 判別使用者是否發生跌倒情況後，接著比較加速度 Z 與加速度 Y 變化大小，選擇左右模糊規則庫或前後模糊規則庫，再使用模糊運算，判斷使用者是否發生跌倒意外，若無發生意外，則系統繼續正常執行；否則系統發出警報聲響。

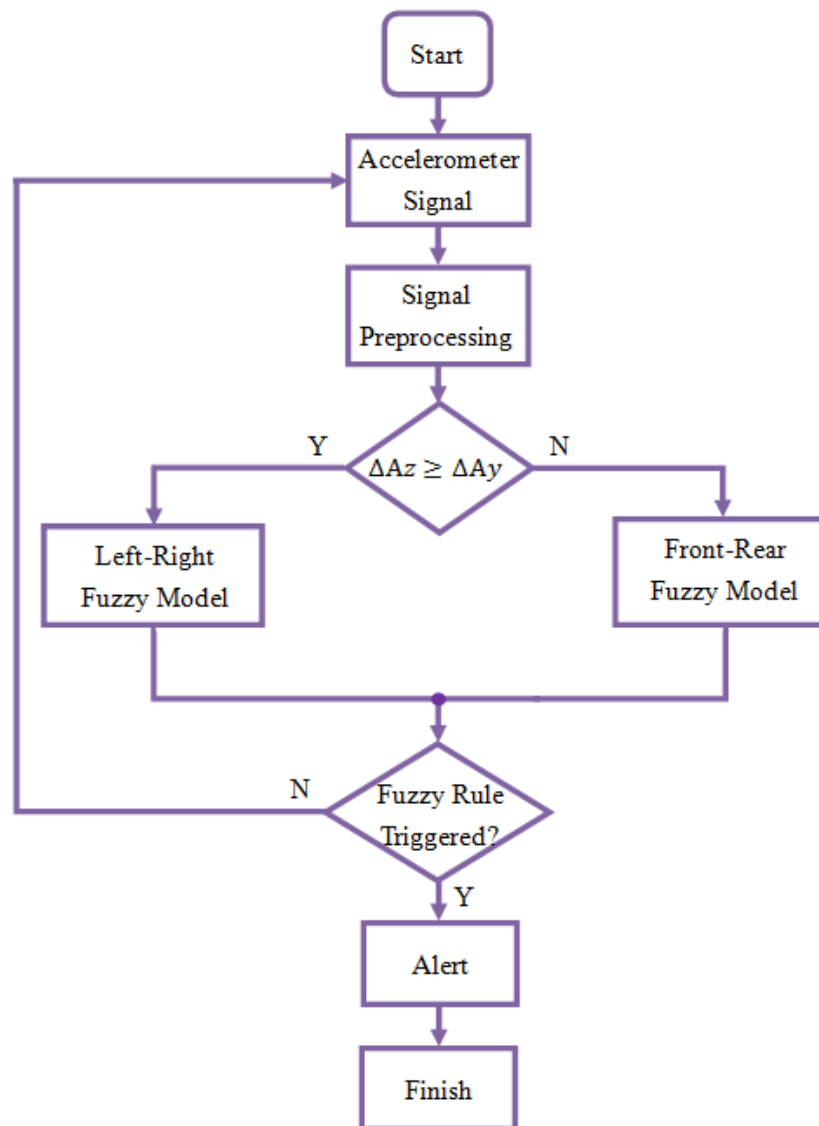


圖 3.9、跌倒偵測模糊系統流程。

3.2.2.1 訊號前處理

本研究利用手機內建加速度感測器作為跌倒偵測模糊系統的輸入訊號，圖 3.10 為手機靜止狀態放置於平面時，所量測的三軸加速度值。手機 X、Y 軸為平面上的二維空間，當手機處於靜止狀態時，量測的加速度值應趨近於零，而 Z 軸方向，即垂直於地表方向，由於靜止狀態時僅受重力加速度影響，應趨近於 9.8 N/kg。但由圖可觀察出實際量測的加速度值有些許誤差，因此，訊號前處理的第一步就是對訊號作補償平移。

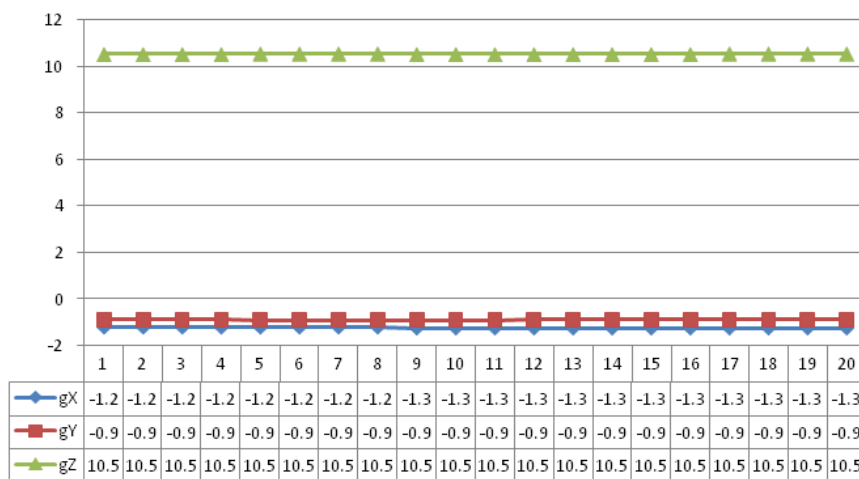


圖 3.10、手機靜止狀態時的三軸加速度值。

要作訊號平移，必須先知道平移量的大小，也就是計算平移補償值。首先，量測手機於靜止狀態時的加速度值，並分別對 X、Y、Z 三軸取一段時間內的訊號平均，作為訊號平移補償值，之後的每一筆加速度訊號值都減掉訊號平移補償值，即可將三軸加速度值平移至同一基準線，如圖 3.11 所示。

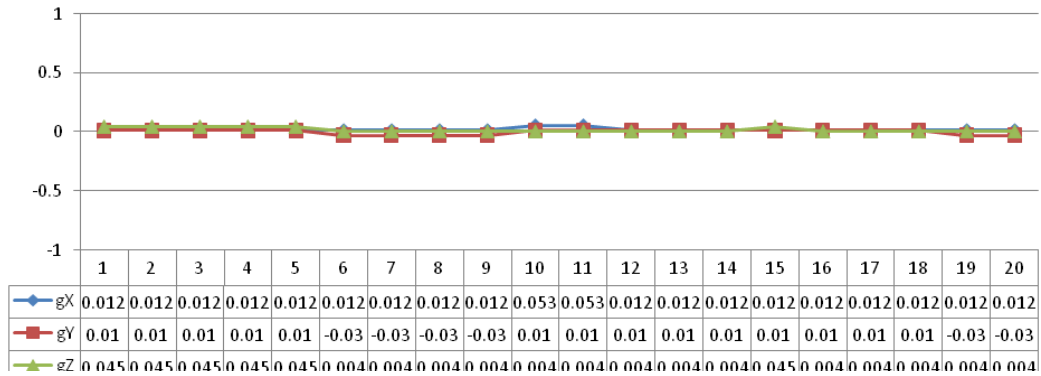


圖 3.11、加速度初始補償平移後之曲線。

訊號平移之後再實際模擬使用者活動情形，以觀察加速度值的變化。由於後續演算法必須找出加速度曲線波形的波峰值及波谷值，以 Z 軸為例，我們可以從圖 3.12 中發現有些波形的轉折處不見得是我們要尋找的波峰/波谷值。因此，為求演算法運算正確，必須對訊號作平滑化處理。

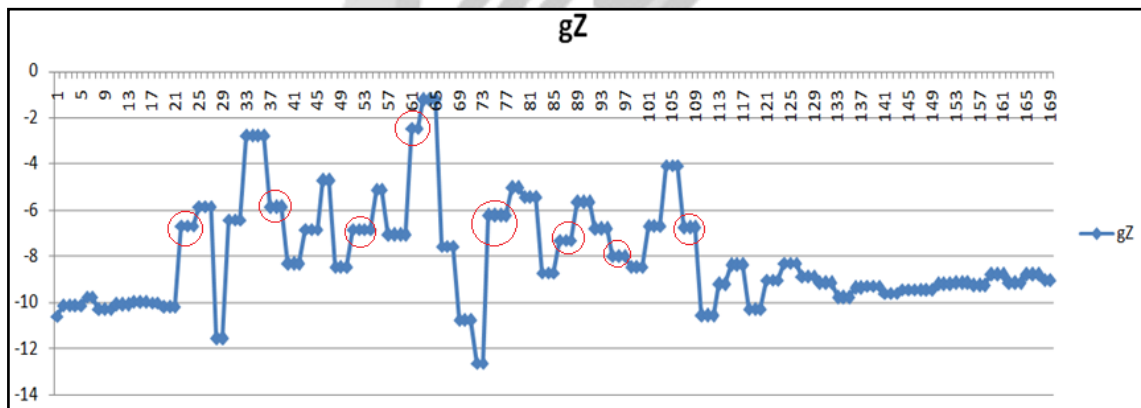


圖 3.12、使用者活動時之 Z 軸加速度曲線。

訊號平滑化的處理，本研究比較兩種平滑化方法，分別為平均法平滑化與加權平均法平滑化。平均法平滑化是將相鄰的三個資料點加總後取平均，並取代中間資料點的值，以產生平滑化效應，也就是說，除了最前面第一個點和最

後兩個點之外，對其他所有資料點都作平均法運算後，即可得一平滑曲線。平均法平滑化公式如(3.1)式所示：

$$Y_i = \frac{y_{i-1} + y_i + y_{i+1}}{3}, i = 2, 3, \dots, n - 1. \quad (3.1)$$

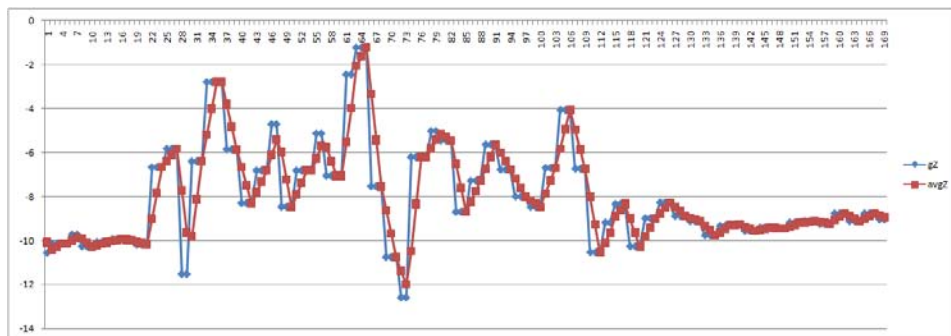
其中， y_i 為第 i 個時間點的加速度值， y_{i-1} 與 y_{i+1} 分別為前一個和後一個時間點的加速度值。

平均法平滑化所採用的原理是取前後各若干個資料點的平均值，其意義也就是說，距離某時間點越遠的資料點，對該中心點的影響也越低。因此，加權平均法平滑化的概念就是要讓中心點具有最大的影響力，其他資料點依照相對距離給予相對的權重值，加權平均法平滑化公式如(3.2)式所示。

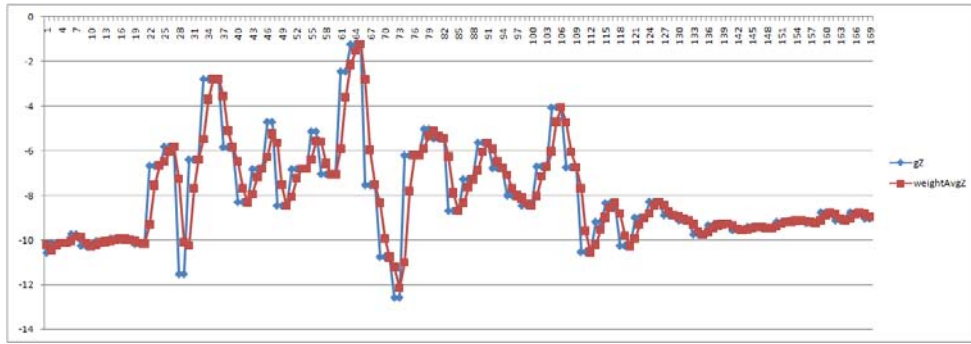
$$Y_i = \frac{y_{i-1} + 2 \cdot y_i + y_{i+1}}{4}, i = 2, 3, \dots, n - 1. \quad (3.2)$$

其中，中心點 y_i 的權重值為兩倍，前後兩點 y_{i-1} 與 y_{i+1} 權重值為一倍。權重值及資料點的數量可依實際狀況做調整。

三點平均法平滑化及加權平均法平滑化結果分別如圖 3.13(a)與圖 3.13(b)所示。由兩個平滑化結果曲線圖可以觀察出兩種平滑化方法皆可解決波形轉折處非波峰/波谷的問題。但是，平均法平滑化產生的誤差相對於加權平均法平滑化產生的誤差要大一些，因此，本研究使用加權平均法平滑化的結果來作為後續演算法之輸入訊號。



(a)



(b)

圖 3.13、訊號平滑化結果：(a)平均法平滑化；(b)加權平均法平滑化。

3.2.2.2 跌倒模糊推論

訊號前處理完後，即可作為跌倒偵測之判斷依據，當使用者有劇烈活動時，加速度值會產生劇烈變化，因此使用訊號強度向量(SVM)來檢測使用者活動，SVM 公式定義如(3.3)式：

$$SVM = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}. \quad (3.3)$$

其中， x_i 、 y_i 、 z_i 分別為 X、Y、Z 三軸第 i 個資料點的原始加速度值。經過實驗測試，使用瞬間加速度值取代原始加速度值來作為 SVM 的輸入訊號可以降低系統的誤判率，因此本研究採用的訊號強度向量公式如(3.4)式：

$$SVM = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2}. \quad (3.4)$$

判斷使用者是否跌倒後，本研究使用模糊推論來推測使用者可能跌倒之方向，以提供醫護人員更詳細的資訊。實驗過程是將手機置放於使用者腰部，量測並觀察使用者跌倒時的三軸加速度值變化。

實驗結果顯示，當使用者發生左右跌倒時，三軸加速度中影響最大的是 Z 軸方向的加速度值，若使用者往左跌，Z 軸加速度值偏負；往右跌，則值偏正，如圖 3.14(a)所示。當使用者為發生前後跌倒時，影響最大的是 Y 軸方向的加速

度值，若使用者往前跌，Y 軸加速度值偏負，往後跌，則值偏正，如圖 3.14(b) 所示。

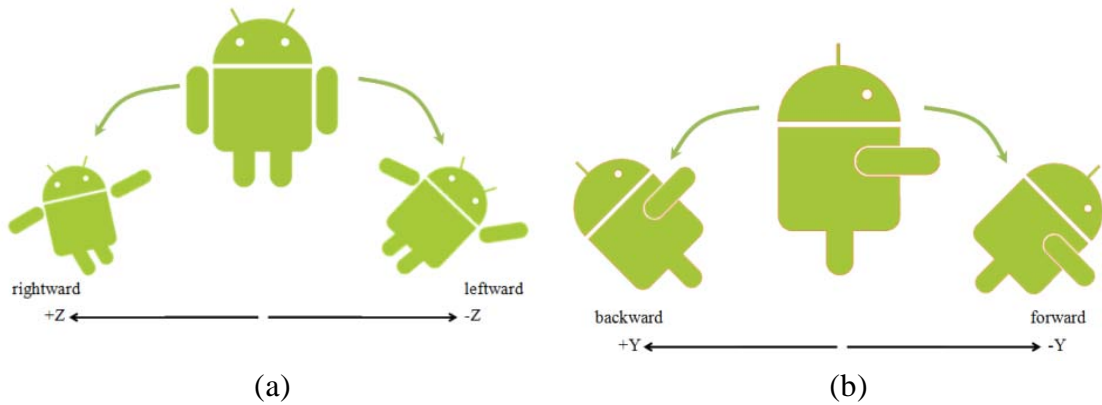


圖 3.14、跌倒時之加速度值變化：(a)左右跌；(b)前後跌。

觀察跌倒狀況發生時加速度的變化情況，本論文針對三軸加速度值 gX , gY , gZ 分別定義之模糊集合如下：

$$gX = \{\text{Negative (N), Moderate (M), Positive (P)}\},$$

$$gY = \{\text{Negative Large (NL), Negative Small (NS), Moderate (M), Positive Small (PS), Positive Large (PL)}\},$$

$$gZ = \{\text{Negative Large (NL), Negative Small (NS), Moderate (M), Positive Small (PS), Positive Large (PL)}\}.$$

由於智慧型手機受限於處理器及記憶體等硬體資源，其運算速度有限，且三角歸屬函數運算量相對較少，因此本研究採用三角形搭配梯形歸屬函數作為模糊推論所需之歸屬函數。跌倒偵測模糊系統的前件部為三軸加速度 gZ , gY , gX ，其歸屬函數如圖 3.15 所示。

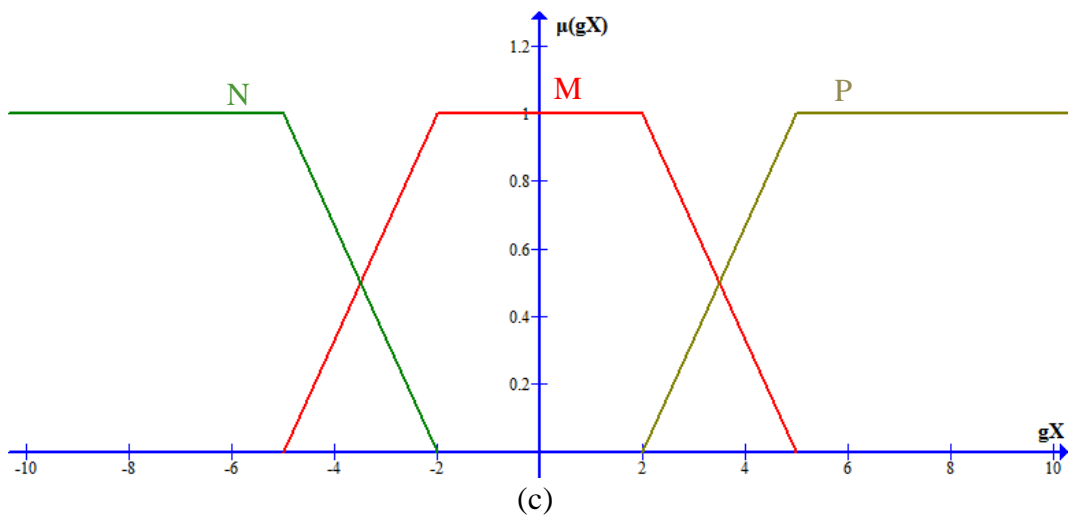
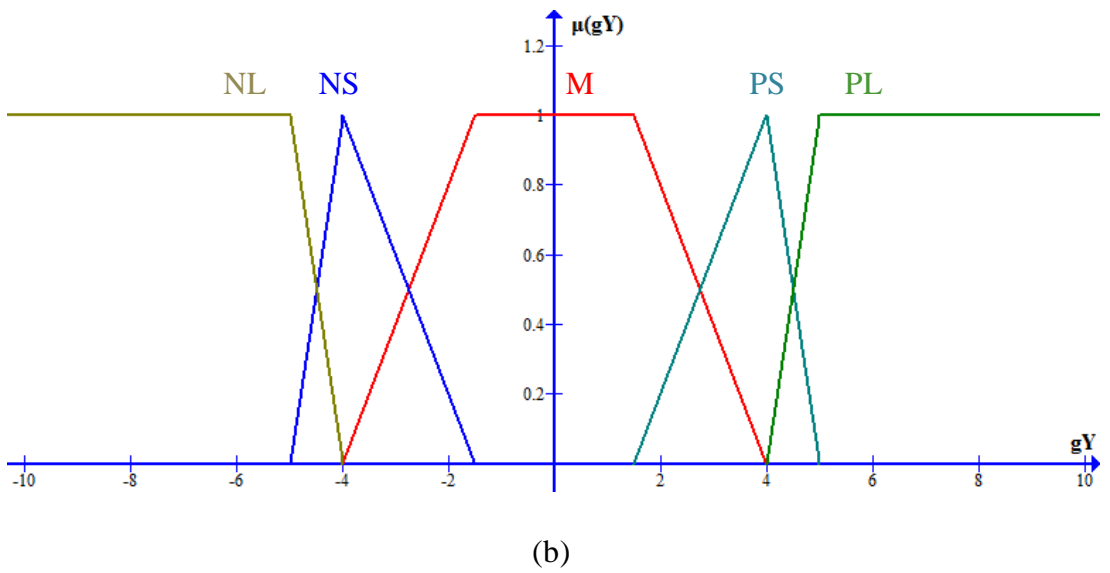
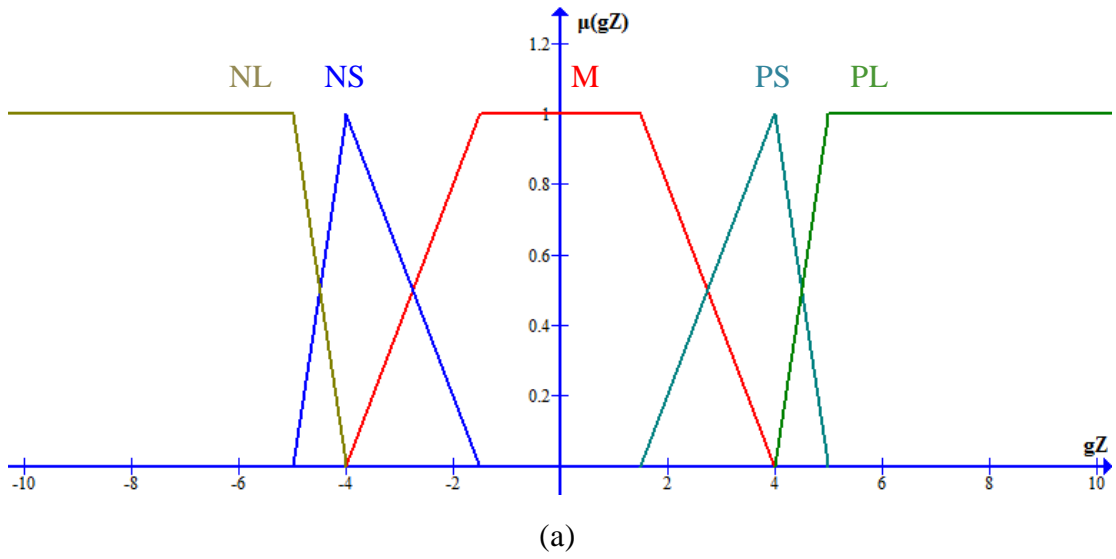


圖 3.15、前件部歸屬函數：(a) gZ ；(b) gY ；(c) gX 。

本研究將跌倒區分為兩種類別，分別為左右跌及前後跌兩種，其模糊集合定義如下：

$$pitch = \{\text{Left (LT), Normal (NO), Right (RT)}\},$$

$$roll = \{\text{Backward (BW), Normal (NO), Forward (FW)}\}.$$

跌倒偵測後件部採用單值歸屬函數，圖 3.16(a)為左右跌之歸屬函數，圖 3.16(b)為前後跌之歸屬函數。

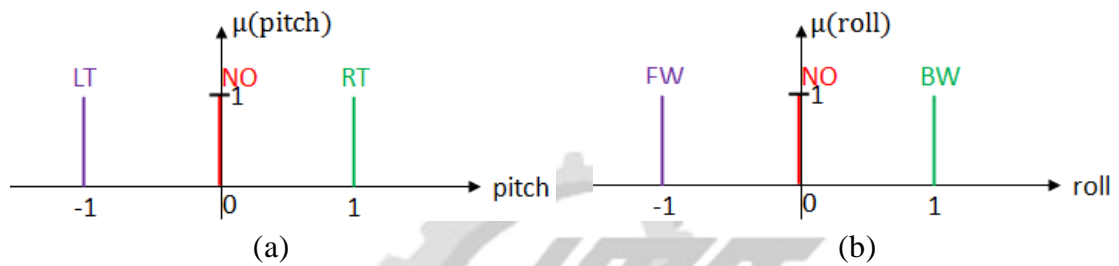


圖 3.16、後件部歸屬函數：(a)左右跌；(b)前後跌。

左右跌倒時之模糊規則庫如表 3.3 所示、前後跌倒時之模糊規則庫如表 3.4 所示。針對手機擷取到的每一筆加速度訊號值，系統會比較 $z_i - z_{i-1}$ 與 $y_i - y_{i-1}$ 變化較大者，來選擇相對應的模糊規則庫，再以最大-最小合成法計算模糊規則的觸發強度，藉以判斷跌倒的方向。

表 3.3、左右跌倒時之模糊規則庫。

Z \ X	NL	NS	M	PS	PL
P	LT	LT	NO	RT	RT
M	LT	NO	NO	NO	RT
N	LT	LT	NO	RT	RT

表 3.4、前後跌倒時之模糊規則庫。

Y X	NL	NS	M	PS	PL
P	FW	FW	NO	BW	BW
M	FW	NO	NO	NO	BW
N	FW	FW	NO	BW	BW

3.2.2.3 傾斜角度

當手機靜止平放於桌上時，重力加速度僅會作用於 Z 軸上，因此 Z 軸承受的重力為 $1g$ ，如圖 3.17(a)所示。當手機旋轉時，重力會分解成三個軸的分力。例如：當手機繞 X 軸方向旋轉 θ_x 度角，Y 軸所量測的加速度值即為重力作用在 Y 軸上的分力；同樣地，當手機繞 Y 軸方向旋轉 θ_y 度角，X 軸所量測的加速度值即為重力作用在 X 軸上的分力，圖 3.17(b)為逆時鐘旋轉 30 度角後分力示意圖。

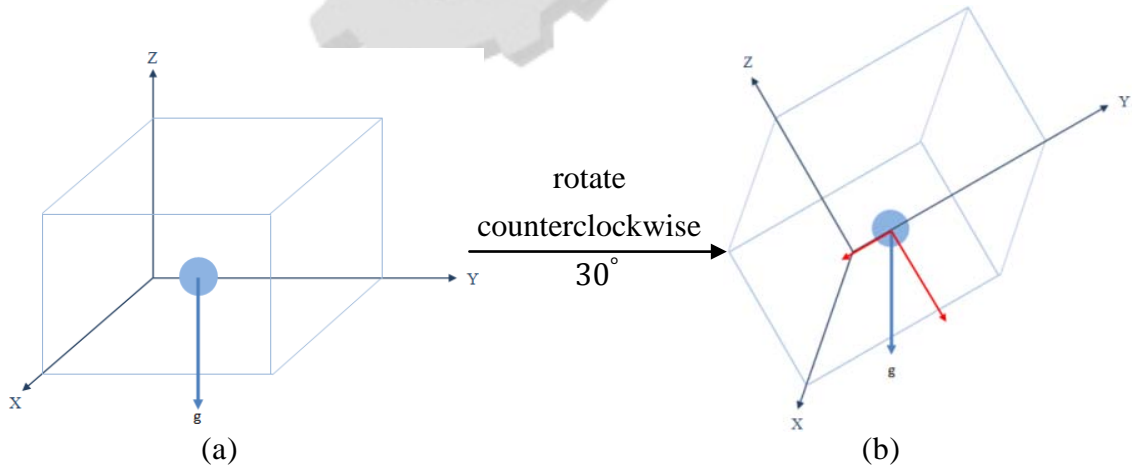


圖 3.17、手機承受重力示意圖：(a)參考座標之重力；(b)旋轉座標之重力分解。

圖 3.18 為物體傾斜角度與所承受重力加速度的三角關係，當手機傾斜 30 度角時，會量測到 $0.5g$ 的加速度值，若手機沒有傾斜，並與地表成垂直 90 度角

時，會量測到 1g 的加速度值。根據地球的重力對手機加速度計的影響，利用(3.5)式與(3.6)式即可推算出手機的傾斜角度。表 3.5 為手機傾斜角度與 sin 三角函數之間的換算結果。

$$\theta_z = \sin^{-1}\left[\frac{g^Y}{g}\right], \quad (3.5)$$

$$\theta_y = \sin^{-1}\left[\frac{g^Z}{g}\right]. \quad (3.6)$$

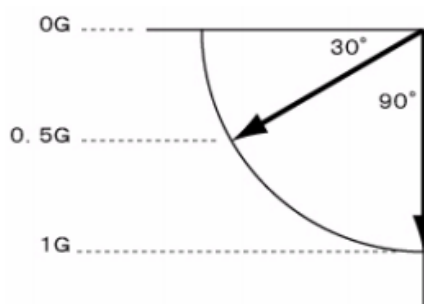


圖 3.18、加速度與傾斜角度的三角關係。

其中， θ_z 為 Z 軸固定，手機繞 Z 軸旋轉 θ_z 度角； θ_y 為 Y 軸固定，手機繞 Y 軸旋轉 θ_y 度角。 g^Z 、 g^Y 分別為 Z 軸、Y 軸量測到的重力加速度分力。 g 為當重力加速度為 1g 時，手機所量測到的加速度值。

表 3.5、手機傾斜角度與 sin 三角函數之換算結果。

傾斜角度	sin(值)
0°	0.0000
10°	0.1736
30°	0.5000
45°	0.7071
90°	1.0000

3.2.3 步伐偵測流程與設計

計步器的步伐偵測演算法是藉由分析三軸加速度值的變化來計算步伐數。系統會先做訊號前處理動作，並執行跌倒偵測演算法，若系統判斷使用者並沒有發生跌倒狀況，計步器程式才會被啟動執行。

計步器的步伐偵測會計算三軸加速度值變化的斜率曲線，以斜率變化來做峰值檢測，找到區域最大值及區域最小值，並將波形的一個週期中的最大值與最小值分別與設定的閾值去做比較，若最大值大於閾值，且最小值小於閾值，則系統視為一個步伐，否則忽略該週期之區段。其中，閾值的設定是每 300 筆資料更新一次，步伐偵測流程如圖 3.19 所示。

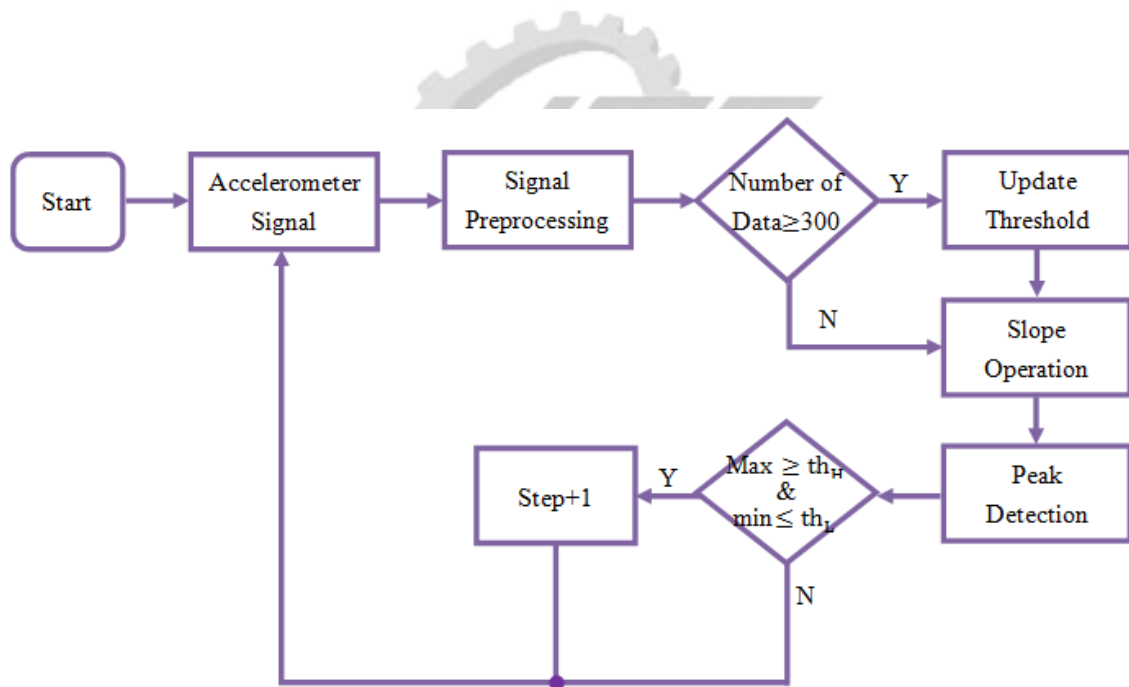


圖 3.19、步伐偵測流程。

3.2.3.1 峰值檢測

計步器大多藉由分析使用者行走時的加速度變化，作為運算步伐之依據。為了證明加速度值的變化與使用者行走兩者確實有關聯，本研究將手機置放於

使用者腰部皮套內，量測使用者實際走路情況之三軸加速度值，可以發現到使用者行走時，加速度呈現週期性變化。圖 3.20 為使用者行走一步的步伐中加速度變化的示意圖，當使用者跨出步伐時，瞬間加速度會變大，而踏到地板前，瞬間加速度會趨緩。隨著使用者繼續行走的步伐，加速度變化會呈現類似 sin 波的週期性曲線[35]。

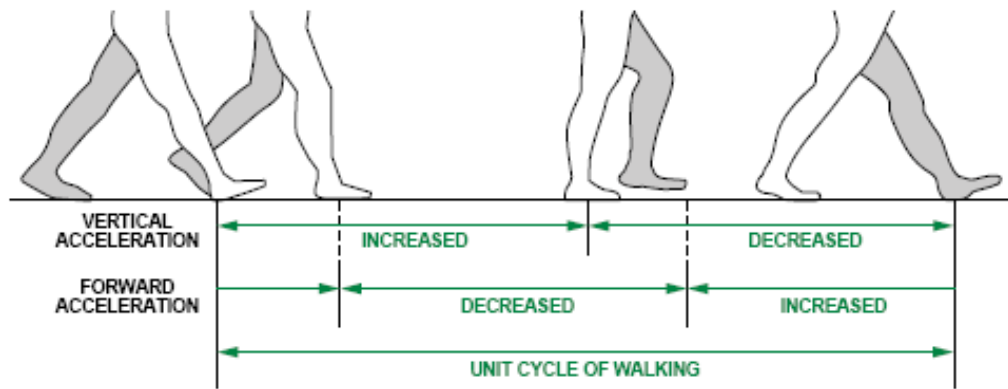


圖 3.20、步伐進行之加速度變化情況[35]。

了解加速度變化曲線圖與使用者行走步伐之間的關係後，計步器的第一個動作就是要分析加速度變化曲線圖，利用峰值檢測找出一個週期的 sin 波形曲線，本研究使用的方法是藉由計算斜率以找出波形的波峰與波谷值。

- 若斜率由正轉負，則該資料點視為區域最大值(波峰)。
- 若斜率由負轉正，則該資料點視為區域最小值(波谷)。

3.2.3.2 閾值設定

利用計算斜率的方式找出加速度曲線圖的波峰、波谷值後，要分別與閾值作比較，若最大值大於閾值，且最小值小於閾值，則該週期才能視為一步，否則忽略該週期之波形區段。

系統一開始會給定一個預設值作為閾值，當累積的資料筆數達一定數量之後，系統會取某一段時間內的加速度平均值作為新的閾值。閾值的設定分為兩部分，一為高點之閾值，另一為低點之閾值，高點之閾值設定為連續高點平均值的一半，而低點之閾值設定為連續低點平均值的一半，且每隔 300 筆資料會再重新計算，更新閾值。

以圖 3.21 為例，利用斜率轉折找出所有的波峰/波谷值，如圖中所標示的波峰資料點 H_i 及波谷資料點 L_i 。假設系統目前高點閾值與低點閾值均設定為 0.00 (本研究使用的加速度值皆四捨五入至小數第二位)，將波峰、波谷值分別與閾值進行比較：

1. $H_1 - L_1$: $H_1 > \text{threshold}_H$ ，且 $L_1 < \text{threshold}_L$ ，則步伐數+1。
2. $H_2 - L_2$: $H_2 \nlessdot \text{threshold}_H$ ，忽略此段週期。
3. $H_3 - L_3$: $H_3 > \text{threshold}_H$ ，且 $L_3 < \text{threshold}_L$ ，則步伐數+1。
4. $H_4 - L_4$: $L_4 \nlessdot \text{threshold}_L$ ，忽略此段週期。
5. $H_5 - L_5$: $L_5 \nlessdot \text{threshold}_L$ ，忽略此段週期。
6. $H_6 - L_6$: $H_6 > \text{threshold}_H$ ，且 $L_6 < \text{threshold}_L$ ，則步伐數+1。
7. $H_7 - L_7$: $H_7 > \text{threshold}_H$ ，且 $L_7 < \text{threshold}_L$ ，則步伐數+1。
8. $H_8 - L_8$: $H_8 > \text{threshold}_H$ ，且 $L_8 < \text{threshold}_L$ ，則步伐數+1。

由上述結果可得系統計算使用者行走步伐為 5 步，其餘週期屬於無效震動。

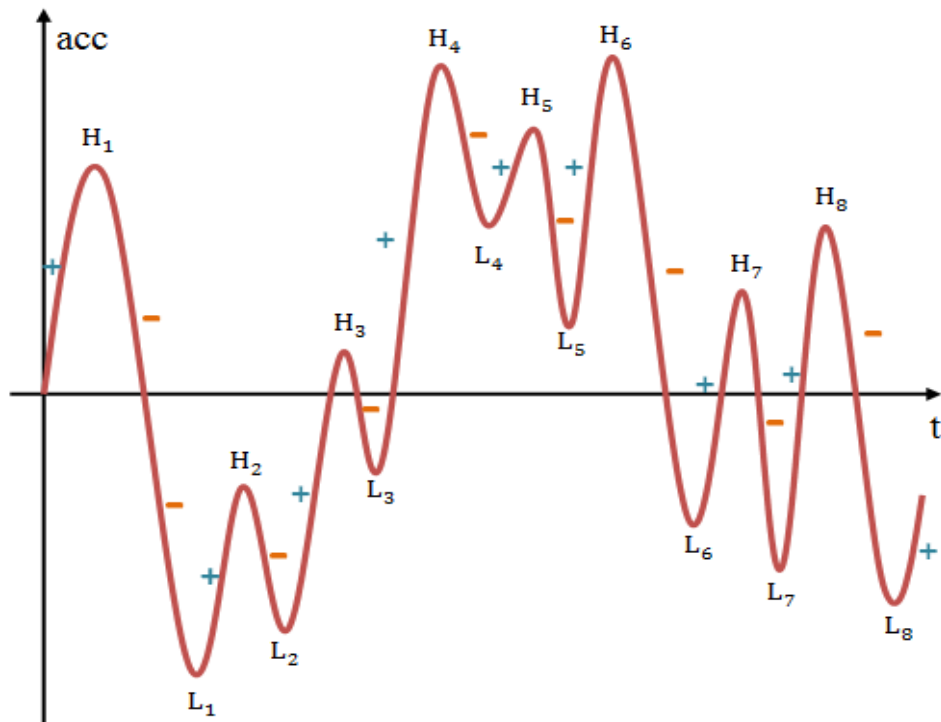


圖 3.21、步伐計算之範例圖。

3.3 開發環境

本節將說明本研究使用的硬體規格與軟體版本。

3.3.1 硬體

- 作業系統：Microsoft Windows 7 32Bit
- 中央處理器：Intel Core i7 2.67 GHz
- 記憶體：DDR2 3.0GB
- 顯示卡：NVIDIA GeForce 9500 GT
- 智慧型手機：Android 平台 HTC Hero、HTC Desire HD
- 攝影機：AXIS 207MW
- 投影機：EPSON EMP-1710

3.3.2 軟體

- Eclipse V3.5.1
- Android SDK Windows V1.5 以上
- Android NDK Vr5b for Windows
- Google Maps JavaScript API V3
- Droiddraw Vr1b13
- Apache 2.2.16
- PHP 5.3.3
- MySQL 5.1.49



第四章 實驗結果與分析

本章將藉由實驗方式驗證本研究所提之方法及演算法流程，首先將介紹實驗的環境，亦即手機及網路攝影機的擺設位置。接著介紹本研究的系統介面，包含智慧型手機介面、互動牆介面，以及緊急通報系統。最後將透過實驗來分析並測試系統的準確率及正確性。

4.1 實驗環境

本研究使用智慧型手機內建感測器擷取使用者活動時三軸加速度變化值，將智慧型手機置放於手機腰包中，如圖 4.1(a)所示，並繫於使用者腰部上，如圖 4.1(b)所示。在實驗過程中，讓使用者模擬跌倒時的各種方位及姿勢如圖 4.2 所示。



圖 4.1、手機擺放位置：(a)手機腰包；(b)使用者佩戴方式。

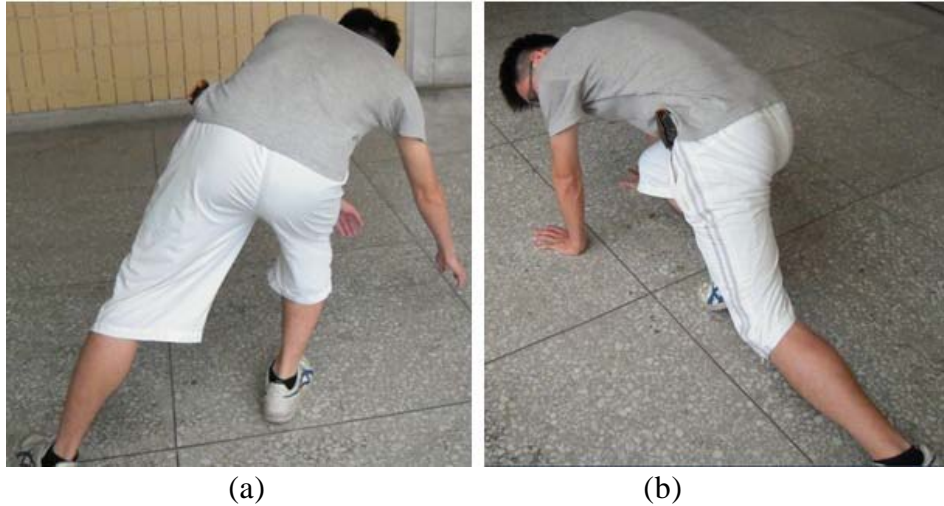


圖 4.2、模擬跌倒實驗：(a)向右跌倒；(b)向前跌倒。

4.2 系統介面

本節將介紹本研究設計的系統介面，包含手機端的計步器及羅盤式地圖，以及伺服器投影的 Google Maps 網頁互動式介面。

4.2.1 手機介面

圖 4.3 為手機端計步器程式之設計介面，除了計算使用者運動之步伐數之外，並記錄使用者運動時間、行走距離，以及消耗的總卡路里等資訊。另外，介面後端還有跌倒偵測模糊系統在執行，隨時感測使用者的活動情況，以確保系統能夠確實偵測到使用者跌倒的突發狀況。

當系統判斷使用者發生跌倒狀況時，手機會發出警鈴聲響，為避免系統誤判造成使用者家人不必要的恐慌以及醫療資源的浪費，本系統依據使用者狀況，可在預設時間內，例如五秒，解除警報，以防止誤判事件，介面如圖 4.4 所示。



圖 4.3、計步器介面。



圖 4.4、解除警報介面。

圖 4.5 為羅盤式地圖，利用手機內建平面電子羅盤及 GPS 定位系統，感測使用者方位及所在位置，地圖會定位使用者位置並隨著使用者面向方位旋轉地圖，提供使用者了解周遭環境資訊的介面。



圖 4.5、羅盤式地圖。

4.2.2 互動牆介面

手機端感測到使用者行走步伐及所在位置等資訊會透過網際網路傳送給伺服器端，並整合 Google Maps 及網路攝影機等設備，以網頁方式呈現如圖 4.6 所示。圖 4.6 右側為根據使用者面向之方位以及所在位置等資訊，模擬出使用者之虛擬位置，並呈現街景地圖來模擬真實環境。左下角為攝影機所拍攝之畫面，提供使用者與他人進行遠端視訊之功能。左上角 Google Maps 中的 marker 標示使用者起始位置，即真實位置，根據使用者面向的方位以及走過的步伐數換算距離

之後，以腳印呈現使用者行走路徑，使用者虛擬位置之 GPS 座標計算方式如下 (4.1)式及(4.2)式：

$$\phi_B = \sin^{-1}[\sin \phi_A \cos\left(\frac{d}{r}\right) + \cos \phi_A \sin\left(\frac{d}{r}\right) \cos \theta], \quad (4.1)$$

$$\lambda_B = \lambda_A + \tan^{-1}\left[\frac{\sin \theta \sin\left(\frac{d}{r}\right) \cos \phi_A}{\cos\left(\frac{d}{r}\right) - \sin \phi_A \sin \phi_B}\right]. \quad (4.2)$$

其中，起始位置經緯度座標為 $A (\lambda_A, \phi_A)$ ，終點位置經緯度座標為 $B (\lambda_B, \phi_B)$ ， r 是地球的平均半徑，約為 6371 km， d 為系統根據使用者行走步伐所推算之距離 [36, 37]。

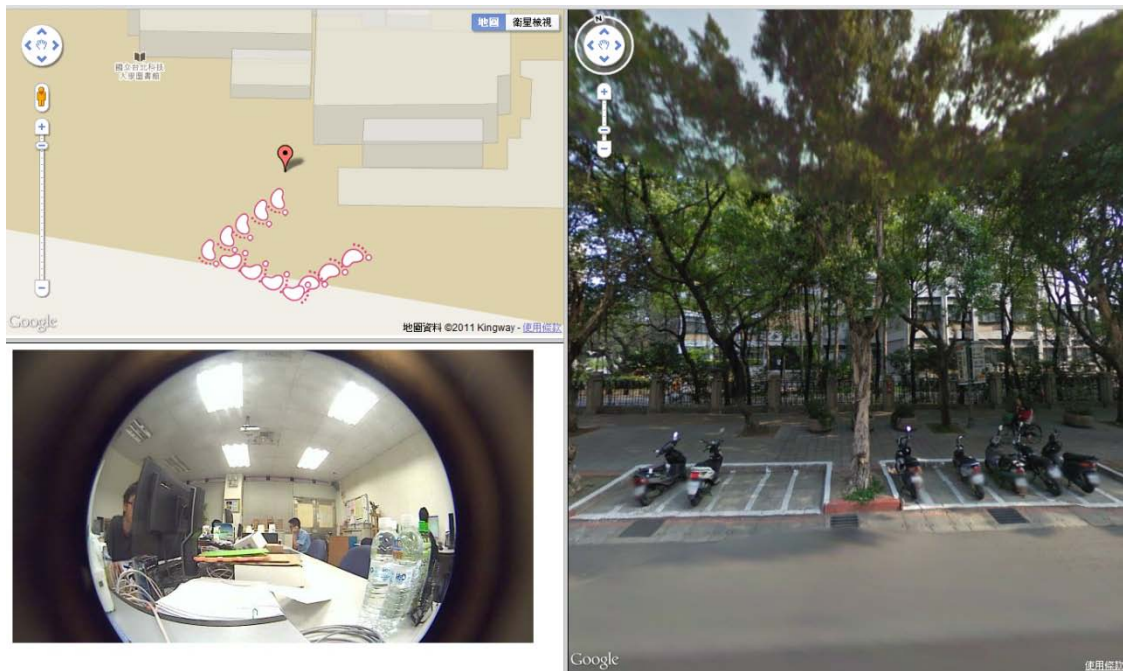


圖 4.6、以虛擬方式呈現戶外實際場景。

4.2.3 緊急通報系統

當手機端偵測到使用者發生跌倒狀況時，手機會立即發出警報給伺服器，在同一時間裡，網路攝影機的移動偵測也會偵測到使用者的劇烈活動，並透過網際網路將使用者跌倒瞬間的影片傳送給伺服器。

4.2.3.1 緊急通報郵件

伺服器接收到手機發出的警報後，會將攝影機擷取的影片以 E-mail 方式發送給醫護人員及使用者家人。圖 4.7(a)為醫護人員接收到使用者端傳送過來的緊急通報 E-mail 介面，信件內容會註明發生緊急狀況的使用者編號，以及使用者發生緊急狀況的影片，如圖 4.7(b)所示。傳送事件過程影片的目的是讓醫護人員對使用者傷害程度及事件發生過程及原因能更詳細了解，以作為緊急處理與醫療診斷之依據。



(a)



(b)

圖 4.7、緊急通報 E-mail 介面：(a)醫護人員收到緊急通知；(b)信件內容。

4.2.3.2 攝影機參數設定

圖 4.8 為網路攝影機 AXIS 207MW 移動偵測的參數設定介面，左邊為攝影機拍攝影像畫面，右方為攝影機參數設定區域，參數調整方式與介面詳細說明如下所述。

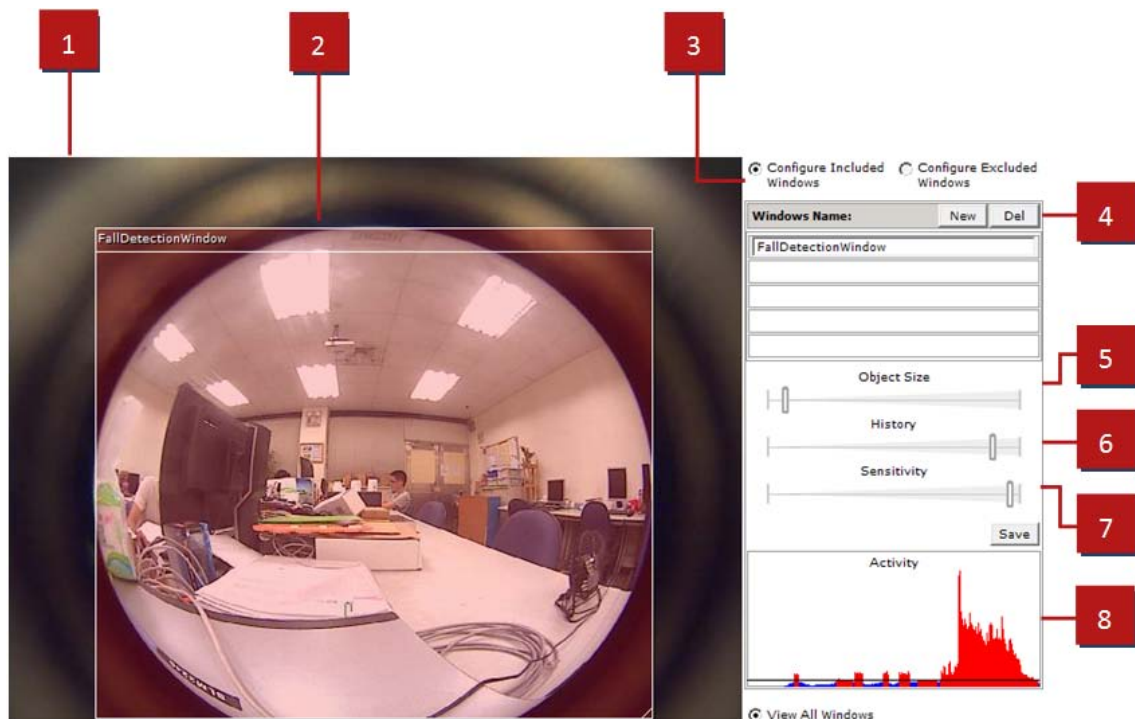


圖 4.8、移動偵測參數設定。

- (1) 原始圖像：網路攝影機所拍攝的影像。
- (2) 移動偵測視窗：設定移動偵測視窗的大小、個數，以及位置等。
- (3) 偵測範圍設定：選擇要偵測的位置是在視窗內還是視窗外。
- (4) 視窗設定：新增或刪減移動偵測視窗，並可為視窗設定名稱。
- (5) 目標大小：檢測目標的大小相對於整體區域的大小，設定值越高，則檢測的目標越大，圖中設定值為 6。

- (6) 歷史：指目標被記憶的時間長度。若設定值越高，則當目標出現在移動偵測區域觸發很長一段時間後，該目標會被視為非移動物體的圖像，圖中設定值為 90。
- (7) 靈敏度：檢測亮度的差異性，即感測目標物與背景相差的對比度。設定值越高，則普通背景中的彩色目標物即能觸發事件；若設定值越低，則只有非常明亮的物體在一個黑暗的背景下才能觸發移動偵測事件，圖中設定值為 97。
- (8) 活動圖表：針對移動偵測視窗的設定以及靈敏度的設定值，顯示移動偵測狀態的圖表結果。橫軸為時間軸，訊號由右至左輸入進來，依據上述所設定的參數而產生一門檻值，如圖 4.8 橫線所示，門檻值以下的藍色波形表示偵測到的物體沒有觸發事件，門檻值以上的紅色波形表示移動事件被目標物所觸發。

4.3 實驗結果

為確保本研究設計之居家照護系統能夠確實感測使用者活動情形，因此進行一系列的模擬實驗，包含跌倒偵測及步伐偵測實驗。在實驗過程中，將智慧型手機置放於使用者腰部上的腰包內，讓使用者自由活動，模擬各種日常生活的基本動作，並將結果整理成表格，檢視系統的判斷準確率。

4.3.1 跌倒模糊偵測

表 4.1 為模擬使用者日常行為活動，其目的是用來測試系統是否判斷正確，或誤判為跌倒狀況。實驗活動包括：走路、上樓梯、下樓梯、坐下、蹲下、躺下等日常動作，共計 600 次實際活動中，系統能夠正確判斷次數為 549 次，而誤判為跌倒狀況有 51 次，整體辨識率為 91.5%。

表 4.1、正常活動實驗結果。

行為活動		實驗結果		準確率(%)
		正常	跌倒	
實際活動	走路	98	2	98
	上樓梯	95	5	95
	下樓梯	93	7	93
	站 → 坐	81	19	81
	坐 → 站	87	13	87
	蹲 → 站	29	1	96.7
	站 → 蹲	27	3	90
	坐 → 躺	19	1	95
	躺 → 坐	20	0	100
整體辨識結果		549	51	91.5

表 4.2 為模擬使用者發生跌倒狀況時，系統根據模糊理論推論出使用者是否發生跌倒，以及跌倒方向。實驗過程中，依照前、後、左、右四個方向分別進行 25 次的跌倒實驗，系統對於偵測跌倒方向之判斷準確率為 89%。

表 4.2、跌倒偵測實驗結果。

站著 → 跌倒		實際活動				
		前	後	左	右	
實驗結果	前	22	0	0	0	
	後	0	21	0	1	
	左	0	1	23	0	
	右	1	1	0	23	
	正常	2	2	2	1	
準確率(%)		88	84	92	92	89

4.3.2 步伐偵測

步伐偵測是利用使用者行走時加速度產生週期性的變化來作為判別之依據。圖 4.9 為使用者實際行走 14 步時 Y 軸加速度曲線變化圖，橫軸為資料點筆數，縱軸為瞬間加速度變化值。系統在本次實驗中高點閾值約為 1.30，而低點閾值約為 0.46，且低點與其所對應之高點差異若大於 1.00，同樣視為一個步伐，因此系統在本次實驗所偵測的步伐為 14 步。

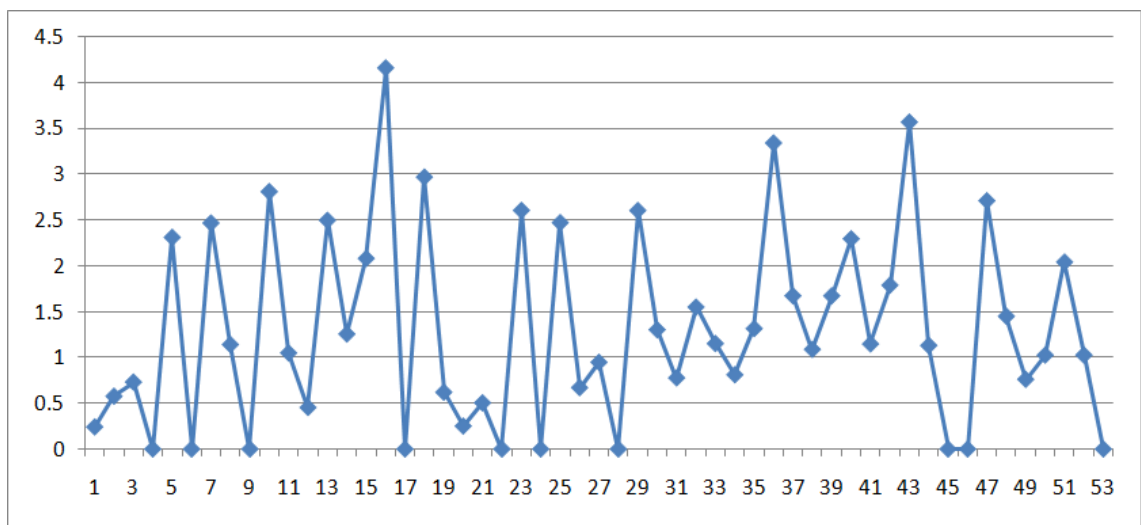


圖 4.9、行走 14 步之 Y 軸加速度變化曲線。

4.3.2.1 誤差率計算

此章節將針對本研究設計的計步器進行實驗，將手機配戴於腰部，實際行走 40 及 100 個步伐數，並根據判別錯誤率指標來評估系統的誤差率。當測量結果與實際值之間存在著差異性，則測量結果偏離實際值的程度即稱為「誤差」。本研究選取的評估指標為平均絕對值誤差率及平均絕對偏差兩種，前者為相對誤差值，不受單位與數值大小的影響，判斷依據較客觀；後者為絕對指標值，屬於較主觀之評估指標。

- 平均絕對值誤差率(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

平均絕對值誤差率又稱為平均絕對誤差百分比，作為預測模式好壞之評估指標，為一相對數值，不受測量值及預估值單位與大小而影響，能夠客觀獲得估計值與實際值之間的差異程度，計算公式如(4.3)式所示：

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y'_i|}{y_i}}{n} \times 100\%. \quad (4.3)$$

其中， y_i 為第*i*個實際值， y'_i 為 y_i 的預測值， n 為樣本數。Lewis於1982年依照MAPE數值大小將模式預測能力分為四個等級，預測誤差越小，表示預測模式越佳，如表4.3所示。

表 4.3、MAPE 的評估標準。

MAPE (%)	< 10	10~20	20~50	> 50
預測能力	高準度的預測	優良的預測	合理的預測	不準確的預測

- 平均絕對偏差(Mean Absolute Deviation, MAD)

平均絕對偏差是絕對預測誤差的平均值，計算公式如(4.4)式所示：

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y'_i|}{n}. \quad (4.4)$$

4.3.2.2 與其他計步器之比較

本研究使用 Android 智慧型手機平台開發計步器程式，在 Google Market 上也有提供許多健身相關的免費應用軟體，為比較本研究所提方法與市售軟體之優劣，特地下載兩款計步器，在同樣的實驗環境、行走速率及配戴位置進行測試對照，兩款計步器軟體分別為 Pedometer Pro 及 Pedometer Pro Free，其介面如圖 4.10 所示。



圖 4.10、兩款市售計步器軟體：(a)Pedometer Pro；(b)Pedometer Pro Free。

實驗過程中，使用者將手機配戴於腰部位置，並實際行走 40 步與 100 步，手機內部的 Pedometer Pro、Pedometer Pro Free，以及本研究設計之計步器分別計算使用者行走步伐數，實驗結果整理如表 4.4 所示。

當使用者實際行走 40 步時，Pedometer Pro 平均正確偵測到的步伐數為 17.4 步，Pedometer Pro Free 為 27.1 步，本研究所設計之計步器為 39.3 步；當使用者實際行走 100 步時，Pedometer Pro 平均正確偵測到的步伐數為 35.8 步，Pedometer Pro Free 為 70.9 步，本研究所設計之計步器為 92.7 步。

根據前一小節介紹之錯誤率指標分別對三款計步器做誤差率之評估。其中，若是以平均絕對值誤差率(MAPE)作為判斷指標，當使用者行走 40 步時，Pedometer Pro 誤差率為 56.5%，Pedometer Pro Free 為 32.25%，本研究設計之計步器為 8.25%；而當使用者行走 100 步時，Pedometer Pro 誤差率為 64.2%，Pedometer Pro Free 為 29.1%，本研究設計之計步器為 9.3%。依據 Lewis 提出之

預測能力等級，本研究設計之計步器為一高準度之預測系統。若是以平均絕對偏差(MAD)作為判斷指標，當使用者行走 40 步時，Pedometer Pro 誤差為 22.6，Pedometer Pro Free 為 12.9，本研究設計之計步器為 3.3；當使用者行走 100 步時，Pedometer Pro 誤差為 64.2%，Pedometer Pro Free 為 29.1%，本研究設計之計步器為 9.3%。

表 4.4、三款計步器實驗結果及誤差率之比較。

實驗編號	實際步伐：40 步			實際步伐：100 步		
	本研究 計步器	Pro Pedometer	Pro Free Pedometer	本研究 計步器	Pro Pedometer	Pro Free Pedometer
1	41	12	26	91	44	68
2	37	17	27	97	40	65
3	44	18	28	101	46	78
4	46	14	28	99	44	76
5	35	20	27	84	45	78
6	38	17	28	78	35	74
7	42	18	26	84	27	67
8	36	17	25	95	22	67
9	36	21	32	89	31	65
10	38	20	24	109	24	71
平均步伐	39.3	17.4	27.1	92.7	35.8	70.9

MAPE(%)	8.25	56.5	32.25	9.3	64.2	29.1
MAD	3.3	22.6	12.9	9.3	64.2	29.1



第五章 結論與未來展望

5.1 結論

本研究結合 Andorid 平台智慧型手機與網路攝影機，設計一套適用於居家環境之照護系統。利用智慧型手機內建之加速度感測器擷取使用者活動時三軸加速度值，分析加速度波形來估算使用者行走步伐。並使用模糊推論方法來偵測跌倒事件，本研究設計之模糊推論包含前、後跌倒與左、右跌倒兩個模型，根據使用者活動時瞬間加速度變化值選擇對應的模糊規則庫，再使用最大-最小合成法模糊運算來計算模糊規則觸發之強度，藉此來判斷使用者是否跌倒以及跌倒之方向。此外，本研究為提升使用者積極運動之意願，結合 Google Maps 營造虛擬的戶外環境，讓使用者猶如在戶外踏青的感覺。為避免使用者發生跌倒狀況而身旁無人能夠給予醫療協助，系統整合緊急通報系統，在使用者發生跌倒事件時，自動透過網際網路傳送 E-mail 給遠端醫護人員與使用者家人，當醫護人員接收到緊急事件通報後，能夠透過遠端影像監控系統，更加確實掌握使用者跌倒之情況以適時給予必要之醫療協助。

為測試所提系統之判斷準確率，模擬使用者進行走路、坐下、上、下樓梯等日常活動，系統能夠正確分辨日常活動的平均準確率為 91.5%。另外，為測試跌倒偵測之準確率，針對前、後、左、右四個方向分別進行 25 次的模擬實驗，實驗結果顯示，系統對於跌倒方向判別準確率為 89%。計步器方面，為比較本研究所提方法與市售軟體之優劣，於 Google Market 下載兩款計步器，在相同的實驗環境、行走速度、配戴位置等條件下進行實驗對照，實際行走 40 步與 100 步的步伐，實驗結果顯示，本研究所設計之計步器準確率高於一般市售之計步器。因此本研究所提之跌倒偵測與計步器等適用於居家照護之用途。

5.2 未來展望

目前本系統僅能偵測使用者是否發生跌倒狀況，並將視訊畫面傳至醫護人員處，但考量使用者發生跌倒狀況時攝影機可能無法拍攝到確切的影像畫面，而不能獲知使用者跌倒的位置。因此，未來可以結合機器人及室內定位，當使用者發生跌倒事件，機器人能夠找到使用者跌倒位置，利用其上所架設之視訊攝影機，以提供更準確的資料給醫護人員參考。跌倒傷害對年長者而言是一重要傷害，如何預防使用者跌倒是居家照護急需研究之方向。此外，有些疾病可能造成年長者行動不便，例如中風、帕金森氏症等，因此未來可整合錄音功能，將使用者聲音錄下並傳送給醫護人員，或使用語音操控系統而不需要使用者手動打電話等動作。

由於不同使用者行走之步伐大小以及消耗的卡路里等參數都會有所差異，因此在計步器方面，未來將能夠針對不同的使用者族群，提供使用者輸入個人生理資訊，例如：身高、體重、年齡等，系統再根據使用者資訊來設定不同的閾值及參數，使系統能夠適用於不同族群且更加精準。另外，可結合資料庫，記錄使用者運動資訊，並以圖表方式呈現，讓智慧型手機成為更加完備的使用者運動健身記錄器。

參考文獻

- [1] 國家政策研究基金會 – 少子化、高齡化問題，
<http://www.npf.org.tw/post/13/8108>。
- [2] P. Bonato, “Wearable sensors and systems,” *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 29, no. 3, pp.25-36, May-June 2010.
- [3] G. Wu and S. Xue, “Portable preimpact fall detector with inertial sensors,” *IEEE Trans. on Neural Systems Rehabilitation Engineering*, vol. 16, no. 2, pp.178-183, Apr. 2008.
- [4] S. Hagler, D. Austin, T. Hayes, J. Kaye and M. Pavel, “Unobtrusive and ubiquitous in-home monitoring: A methodology for continuous assessment of gait velocity in elders,” *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, vol. 57, no. 4, pp.813-820, Mar. 2010.
- [5] 劉惠敏，「老人防跌，練太極拳穩若泰山」，聯合報，2011年4月22日。
- [6] 維基百科 – MEMS，<http://zh.wikipedia.org/wiki/MEMS>。
- [7] 立織網 – 三軸加速度感器的技術原理與市場前景分析。
http://www.leadzil.com/lead/lhy/qichedian/277070_2.asp
- [8] 維基百科 - 三個軸向名稱，http://en.wikipedia.org/wiki/Pitch_yaw_roll。
- [9] 賴盈霖，GPS 技術再升級，重力感測器實現航位推算，新通訊元件雜誌，2007年9月號79期。
- [10] S. Zhang, C. Yuan and Y. Zhang, “Self-defined gesture recognition on keyless handheld devices using MEMS 3D accelerometer,” in *Proc. of International Conf. on Natural Computation*, Jinan, China, pp.237-241, Oct. 2008.

- [11] T. D. Bui and L. T. Nguyen, "Recognizing postures in vietnamese sign language with MEMS accelerometers," *IEEE Sensors Journal*, vol. 7, no. 5, pp.707-712, May, 2007.
- [12] C.-F. Lai, S.-Y. Chang, H.-C. Chao and Y.-M. Huang, "Detection of cognitive injured body region using multiple tri-axial accelerometers for elderly falling," *IEEE Sensors Journal*, vol. 11, no. 3, pp.763-770, Mar. 2011.
- [13] G. Thomas, J. O. Toole, M. Mostefa, B. Boualem, C. Ian, W. Stephen, F. Miguel, C. Susan, E. Christine and C. Paul, "Detecting fetal movements using non-invasive accelerometers: A preliminary analysis," in *Proc. of Int. Conf. on Information Sciences Signal Processing and their Applications (ISSPA)*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp.508-511, May, 2010.
- [14] Y. Horita, M. Sekine, T. Tamura, Y. Kuwae, Y. Higashi and T. Fujimoto, "New attempt of proposing the pedometer algorithm in the elderly," in *Proc. of ISSS Conf. on Medical Devices and Biosensors*, Hong Kong, China, pp.111-112, Dec. 2008.
- [15] Z. Sheng, W. Li, A. M. Bernardos and S. Mei, "An accurate and adaptive pedometer integrated in mobile health application," in *Proc. of IET Int. Conf. on Wireless Sensor Network*, Beijing, China, pp.78-83, Nov. 2010.
- [16] Hall Effect,
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%8D%E7%88%BE%E6%95%88%E6%87%89> °
- [17] Y. Xinguo, "Approaches and principles of fall detection for elderly and patient," in *Proc. of IEEE Int. Conf. on e-health Networking, Applications and Services*, Columbia, MO, USA, pp.42-47, July 2008.

- [18] A. Lombardi, M. Ferri, G. Rescio, M. Grassi and P. Malcovati, "Wearable wireless accelerometer with embedded fall-detection logic for multi-sensor ambient assisted living applications," in *Proc. of IEEE Conf. on Sensors*, Canterbury, New Zealand, pp.1967-1970, Oct. 2010.
- [19] F. Bianchi, S. J. Redmond, M. R. Narayanan, S. Cerutti and N. H. Lovell, "Barometric pressure and tri-axial accelerometry-based falls event detection," *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 18, no. 6, pp.619-627, Dec. 2010.
- [20] C. N. Doukas and I. Maglogiannis, "Emergency fall incidents detection in assisted living environments utilizing motion, sound, and visual perceptual components," *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol. 15, no. 2, pp.277-289, Mar. 2011.
- [21] S. -G. Miaou, P. -H. Sung, C. -Y. Huang, "A customized human fall detection system using omni-camera images and personal information," in *Proc. of Transdisciplinary Conf. on Distributed Diagnosis and Home Healthcare (D2H2)*, Arlington, Virginia, USA, pp.39-42, Apr. 2006.
- [22] Y. Lu and S. Payandeh, "Cooperative hybrid multi-camera tracking for people surveillance," *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 33, no. 3, pp.145-152, Dec. 2008.
- [23] H. Rimminen, J. Lindstrom, M. Linnavuo and R. Sepponen, "Detection of falls among the elderly by a floor sensor using the electric near field," *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol. 14, no. 6, pp.1475-1476, Nov. 2010.
- [24] H. Rimminen, J. Lindstrom and R. Sepponen, "Positioning accuracy and multi-target separation with a human tracking system using near field imaging,"

- Int. Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 2, no. 1, pp.156-175, Mar. 2009.
- [25] A. Singh, C. Quek, S. -Y. Cho, “DCT-Yager FNN: A novel Yager-based fuzzy neural network with the discrete clustering technique,” *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 19, no. 4, pp.625-644, Feb. 2008.
- [26] Open Handset Alliance, <http://www.openhandsetalliance.com> ◦
- [27] 維基百科 – Android, <http://zh.wikipedia.org/wiki/Android> ◦
- [28] What is Android,
<http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html> ◦
- [29] Activity, <http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html> ◦
- [30] L. Vincent, “Taking online maps down to street level,” *IEEE Computer*, vol. 40, no. 12, pp.118-120, Dec. 2007.
- [31] 愛非科技, http://www.axis.com/zh/products/cam_207mw/ ◦
- [32] HTC 宏達電, http://www.htc.com/tw/specification.aspx?p_id=283 ◦
- [33] Epson 臺灣愛普生,
http://w3.epson.com.tw/epson/product/product_detail.asp?no=429&pno=V11H230054&tp= ◦
- [34] 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 Information Technology in Biomedicine*, vol. 10, no. 1, pp.156-167, Jan. 2006.
- [35] N. Zhao, “Full-featured pedometer design realized with 3-axis digital accelerometer,” *Analog Dialogue*, vol. 44, no. 6, pp.1-5, Jun. 2010.
- [36] Great-circle distance, http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance ◦
- [37] 經緯度距離計算公式, <http://wywu.pixnet.net/blog/post/26533759> ◦