



## 技術開發

### 人體紅外線室內活動偵測照護系統之研發

\*黃義良<sup>1,2</sup> 王怡又<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中華醫事科技大學 語言治療系

<sup>2</sup> 中華醫事科技大學 幼兒保育系

#### 摘要

本研究旨在研發能同時偵測離床與多種徘徊狀況的整合系統目標對象為高齡族、失能者或幼童。系統採微型紅外線感測器，利用藍芽傳送到智慧型手持裝置，經 App 顯示受照護者的離床與室內徘徊狀況，搭配 FCM 雲端免費推播功能，讓遠端的第三方了解受照護者離床與室內徘徊狀況。手持裝置可同時監控 6 顆藍芽裝置，感測器預期設計於離床、門邊、窗戶與樓梯口等位置，並連結於藍芽電源開關以開啟照明，且提供手動服務鈴等功能，經實際測試辨識正確率為 86.0%，有效感測熱區為人體距離 60 公分與寬幅 80 公分以內。本系統全程無需付費，無須主機系統，適用任一床具或床墊，可重複使用，費用低，能以最低成本解決照護者的工作負荷，提升受照護者的尊嚴，強化家人的溝通與關懷。

關鍵詞：徘徊偵測、藍芽、離床、App、FCM

#### 1. 研究背景及目的

我國自民國 82 年起 65 歲以上老人所占比例持續攀升，107 年已達總人口結構 14%，達到聯合國世界衛生組織所定義之高齡社會標準（內政部統計處，2017）。隨著社會結構老化，高齡人口比例上升，老人健康照護需求隨之提升，但照護人力卻難同速成長，運用資通訊技術偵測高齡族可能發生的危險狀況，讓照護人員及早得到訊息前往處理，以避免和降低傷害，是近年各國努力的趨勢（Vass et al., 2009）。

黃于珍與徐業良(2013)認為：居家環境是每個人最熟悉、停留時間最長的空間，利用資訊科技協助照顧家中高齡者的「遠距居家照護系統(home telehealth system)」，能讓高齡者能夠有尊嚴地在自己家中居住、生活，此一理念已經是高齡化社會中健康管理與照護上重要的潮流。在美國、日本與歐洲多個國家，皆陸續推展導入資通訊技術的健康照護計畫，如遠距醫療或生理參數檢測等應用；國內也有由衛生署推動的遠距醫療計畫及經濟部的遠距居家照護計畫等（許哲瀚、唐憶淨，2008）。許多國家的研究機構、學校或企業也開始將環境感知技術應用於照護服務之中（康家豪等

人，2007)。居家照護已經是高齡化照護的潮流，那家庭中的安全和防護措施將日顯重要。如長輩或失智者可能在半夜起床如廁，有時甚至出走不回，因此自動照明與警示裝置等安全防護有其必要，悉觀研究發現，藉由徘徊偵測器與離床偵測的使用，可以減少失智族群 70% 的意外發生（蘇娟娟，2012）。

查閱網路市售資料，發現目前少數廠商已經留意此一照護缺口，著手開發離床警示的主機系統。且台灣與日本等地的網站業已經販售離床警報裝置，說明離床的警示問題已經受到重視。然而早期提出的重力感應器的離床裝置，此類傳感器的電線裸露易發生風險，安裝也不方便，且常有誤報的狀況（笈淳夫，2006），加上市面上販售的離床警報器多無法遠距傳輸，而發響警報驚醒休息中的使用者則令人厭煩(Capezuti et al., 2009)；至於現行的離床監測系統則需要專用感應器以及主機系統，造成產品成本高昂，難以變換移動位置，而單一功能設計，有其應用上的侷限。此外，傳統居家照護，照護者常須與受照護者居於同一房間內，不但影響受照護者的隱私與尊嚴，也直接帶給照顧者工作負荷，影響雙方的生活品質（吳淑如，2007）。如何在兼顧安全的情況下，即時掌握受照護者室內徘徊的狀況，成為照護者需要解決的重要課題。

目前離床或是徘徊偵測系統以適用於中大型長期照護中心的主機系統為大宗，並不契合居家照護的情境。為此，擬朝向一般床具可以使用的離床感測器進行改良，結合普遍應用的藍芽裝置，直接傳輸至使用者的手持裝置上，可以即時通知照護者留意離床與徘徊狀況，並且，在感應離床的同時開啟照明，降低跌倒的風險。再搭配免費的雲端傳播功能，讓遠方家人或第三方了解狀況，這樣的整合設計，簡易操作且降低消費者經濟負擔，將具有強大實用性。

依據上述，本研究的目的，乃在依據使用者的實際需求，針對現有離床警報器缺失面做改良設計，採微型紅外線感測器，利用藍芽傳送到智慧型手持裝置，研發能整合感應離床與多點徘徊的 App 系統，並設計 FCM 傳播功能，可以免費推播至第三方的手持介面。研究架構除完成產品之軟硬體外，並進行目標對象的實際測試，瞭解本產品正確發報情形以及感測器的熱區範圍，並瞭解目標對象對本產品的滿意情形。

## 2. 重要文獻整理與回顧

利用網際網路查詢國家圖書館索引系統與 Google 學術搜尋系統中，與離床和徘徊偵測的相關學術論文，發現目前相關論文不多，以下彙整中外文獻分別探討離床偵測的類型以及資通科技運用於照護的發展趨勢。

### 2.1 離床偵測的類型與分析

離床感測技術類型，主要有壓力或重力的直接感測，以及無線感測等兩大類。

目前發表的技術或商品中，採用人體壓力或重力的直接感測者數量最多也最早先發展，而此類型從偵測處區分，又可分為床墊、床欄、床腳或是地墊來偵測離床狀態。遠藤嘉陽等人(2014)歸納日本國產品發現採壓力感應方式製作於床墊居多，其中又以床緣或背部位置的感應為主，少數有將感測器繫綁於受照護者身上或設計於地墊感應壓力。

早期離床偵測的技術，多採用床腳底下安裝荷重元(load cell)，當荷重降低超過一定程度或偏向某一側時，系統判斷為床上的人離開床鋪或靠近床緣，並發出警報。Nishida 等人(1997)與 Van Der Loos 等人(2003)也以相似的概念，偵測受測者身體重心位置與姿態。而日本的 Kawasaki Plant Systems (2005)也是類似技術。

採用床墊內置重力感應器的警報系統者，包含日本的初雁卓郎等人(2012)、遠藤嘉陽等人(2014)。國內的盧坤勇與盧志軒(2010)、康家豪等人(2007)以及林小玲等人(2016)也採用此設計。Hilbe 等人(2010)則採在床欄裝置壓力感應器，使用者想下床時必須降低床欄，當床欄壓力感應增加，達到特定閾值則產生警報，計算其敏感度為 96.0%。另一類型則是在床邊地板上設置壓力感測器，若床上的人踩踏到感測器，便發出警告通知護理人員，如 Hotron 公司的產品（康家豪等人，2007），而國內林楚卿與徐業良(2015)以及黃教晏等人(2016)也以此概念設計產品。

在無線式感應偵測的方式上，劉育璋(2014)用穿戴式感測器技術，以活動感測床墊作為核心，結合後端健康照護管理系統，子女、照護者可透過行動裝置進行監測記錄查閱與照護提醒。謝昕佑(2015)則利用超音波與溫度偵測開發出一套可以同時監測多數病患離床情況的離床監測系統。昌妙韓(2014)則應用手持式裝置中的三軸加速感測器，感測人體目前姿態角，建構離床時的動作模式。Hotron 公司新一代的離床感測產品也已改採紅外線感應的方式(Hotron, 2016)。目前也有結合壓力和無線感測的系統，Capezuti 等人(2009)即同時探究三類（壓感系統、紅外線系統、壓感加紅外線系統）離床警報器的準確性，經過長達 1636.5 小時的實際觀察。發現雙重警報系統的準確性更高，誤報率減少。

彙整目前相關文獻中，發現離床警示以壓力（重力）感測器為最常見的技術，依據論者見解，此類壓感技術型偵測缺點有：躁動誤報、反應時間過久，體重輕、不合作或活動不便患者可能影響敏感度，而大小便失禁患者，有產生污染的問題。而無線型主要用紅外線系統，其缺點則為肢體掠過感應區可能引起假性警報或者感應性不佳等狀況。值得注意的是，目前手持裝置普及，採用內建裝置或穿戴式產品將日益增多。使用的資訊架構上，主要有主機系統和免主機系統兩大類型，通訊方式亦包含有線與無線傳輸兩類。先前的壓力或重力感測的技術，普遍於資訊處理後端採用主機系統，主機彙整訊息後，進行辨識與通報。只有少數採用藍芽系統者，直接輸出到手持裝置的 App 中，如黃教晏等人(2016)以及昌妙韓(2014)等人的產品設計。

通訊方式，早期的離床警示系統，幾乎都是採用有線線路傳輸。二十一世紀後，隨著無線通訊科技的進展，而逐漸運用無線的遠端傳遞，其中可再區分為 Wi-Fi、藍芽和 ZigBee 等的方式。如黃教晏等人(2016)乃透過 Wi-Fi 無線傳輸模組送出，再經由無線路由器將訊息送至管理站的電腦端管

理平台上通知醫護人員，謝昕佑(2015)也採雷同的架構。盧坤勇與盧志軒(2010)則使用 ZigBee 無線感測網路建構一個即時離床與求助監控系統，透過此一網路，傳送到後端的監控主機。採用藍芽方式者，則有林楚卿與徐業良(2015)等人。

彙整目前資料，資通架構發現有主機系統者，設備與功能完善，具有較佳擴充性，多可同時監控多床，但硬體成本也較高。免主機系統者，則以手持裝置為主要設備，成本低，擴充性較低。有線傳輸的設計比較穩定，但是必須考量線材安裝的動線，未來的更換與移動性也較差；無線傳遞的優缺點則與有線傳輸反之。若再細分，Wi-Fi、藍芽和 ZigBee 等方式各有所長，ZigBee 有自組網的獨特功能，但欠缺普及性；藍牙憑藉著其體積小、功耗低的特點，可能會向小型化，例如可穿戴電子設備的產品方向去發展，目前智慧手環的應用方興未艾正是明證；Wi-Fi 憑藉著無線網絡幾乎到處都有的特點，可以切入較大感測範圍的場域來應用。

## 2.2 資通感測的回顧與發展趨勢

徐業良(2007)提出高齡者科技輔具之趨勢與設計思考，提出了(1)通用性設計；(2)以科技方式建構對高齡者友善的居住環境；(3)資訊通訊科技的衝擊；(4)「無所不在的運算」的概念。亦即設計適當的人機介面，讓無所不在的感測和計算以「無干擾性(non - intrusive)」甚至「非察覺性(non - conscious)」的方式進行，如此才能真正融入高齡者的居家環境與生活。讓使用者(病人、高齡者)能夠有尊嚴地留在家中居住、生活，維持的時間越久越好，同時也能接受到較高品質的健康照護。先前若干跨國合作的研究計畫，同樣針對床上活動，如離床、姿勢與呼吸頻率等，提出了各自不同的辨識偵測方法(Kimura et al., 2004; Seo et al., 2005; Van Der Loos et al., 2003; Yonezawa et al., 2005)。上述這些產品、研究與計畫皆是希望能透過結合醫學、資訊通訊與照護服務等不同產業，提升醫療、照護的效率及品質(康家豪等人，2007)。而黃于珍與徐業良(2013)彙整文獻後，提出儘管遠距居家照護系統所需的生理數據量測裝置與通訊等技術已經相當成熟，許多研究計畫及商業營運亦在持續進行中，然而在實際應用上因為系統太複雜、營運成本太高以及使用者沒用足夠的使用動機等因素，尚無法順利地進入消費者市場。加上身體活動監測系統需要建構大型的測試設備，在一般居家環境下設置與使用的難度較高(劉育璋等人，2010)。

就成本來看，有研究顯示遠距居家照護系統可以減少慢性病患住院或造訪醫院的次數，使得醫療照護的成本降低(DeVol et al., 2007)，但英國 Whole Systems Demonstrator (WSD)的遠距健康照護試驗計畫，透過 956 位慢性病患的問卷調查結果發現，每位使用遠距健康照護系統的病患平均每年需花費 1,596 英鎊，比沒有使用任何遠距健康照護系統的患者要高出 206 英鎊(Henderson et al., 2013)，遠距居家照護系統是否具有成本效益仍有待進一步探討與發展。因此，值得注意的是，高齡者通常沒有固定的薪資收入，因此科技輔具的選擇和使用上，成本與價格也是高齡族接受度的關鍵因素(徐業良，2007；Hilbe et al., 2010)。

## 2.3 現行技術與產品之分析

查詢目前市售離床偵測的相關產品，發現已有數款離床警報器及呼叫鈴等產品，目的在病人離床時提供警示，以降低病人跌倒或迷失的風險。設計原理主要以體重壓力板感應為主，採壓力感應器放置在床墊下方處，當偵測到壓力變化時警示燈會閃爍或發出警報聲響，以提醒照顧者協助處理，以主機系統為主，如台灣精業達的產品。而少數採紅外線感應（如市售的 Smart Care 呼叫系統），直接連結的警報器發出聲響可能會驚嚇受照護者或吵醒其他成員的狀況。日本由於罹患失智症的高齡族不少，因此在失智症的居家照顧上有許多的輔具，類似者有「徘徊偵測器」、「床墊式離床報知器」、「地墊式離床徘徊偵測器」等預警式器材，可以在失智患者離床或離開座位時讓照顧者在第一時間接獲警報通知，即時掌握失智者的狀況。

歸納這些市售的偵測器產品，主要採用集中式資料庫架構，需要主機系統，雖然設備完善，可以擴充緊急求援通報器等，但基礎建設需求高，成本也相對較高（如 SmartCare 呼叫系統以及家適得的 HP 系列），需要專用的發射器與接受器。而現行營運模式中，使用者常必須支付月費向服務提供者訂購遠距居家照護服務，須租用或購買專用機，才能享有特定的服務。此類系統主要適用於中大型長照機構使用，對於居家照護或小型機構的需求未能充分符應。

綜合文獻與市售產品的啟示：面對未來居家照護的趨勢，以及老人照護老人的理念發展，上述的缺口仍須予以補實，從手持裝置日益普及的現況，嘗試尋求突破點，藉由藍芽傳輸至照護者的手持裝置上。本研究研發之系統採用人體紅外線感測、藍牙技術和 FCM 傳輸等技術，具有體積小、耗電低、技術普及（藍芽與紅外線技術），價格便宜、通訊過程免費用、可重複使用以及多種情境偵測等優點。而當前照護者多為外籍勞工，家屬多有不放心之虞，免費推播至第三方的功能，讓親屬更為放心。

## 3. 系統架構與硬體設計

### 3.1 系統架構

本研究感測器軟硬體與廠商合作開發，軟體系統上使用 Open Source 開放技術，並取得智慧電源管家產品的合作，將藍芽連結之控制碼寫入 App 程式中，藉以取得藍芽插座的控制供電與否，可以搭配各種照明設備，離床即能啟動照明。硬體通過 NCC 的電信管制射頻器材經營許可執照（器經北字第 N105000249 號），電子射頻安全性無虞。

本系統的基本架構如圖 1 所示，設置於床邊以及特區區域（如門邊、窗邊）感測器，偵測訊號後，透過藍牙傳送至照護者的手持裝置，即時提醒離床與室內徘徊狀況，並立即開啟照明光源。同時透過 FCM 功能免費推播至第三方。FCM (Firebase Cloud Messaging)，前身為 GCM (Google Cloud Messaging) 此一推播功能就是 Google 提供的伺服器，用來讓後端與行動裝置進行訊息發送與接收，亦即由使用者所建立的網站或服務，透過 FCM 的服務將訊息通知傳送到 Android 的手機或平版。

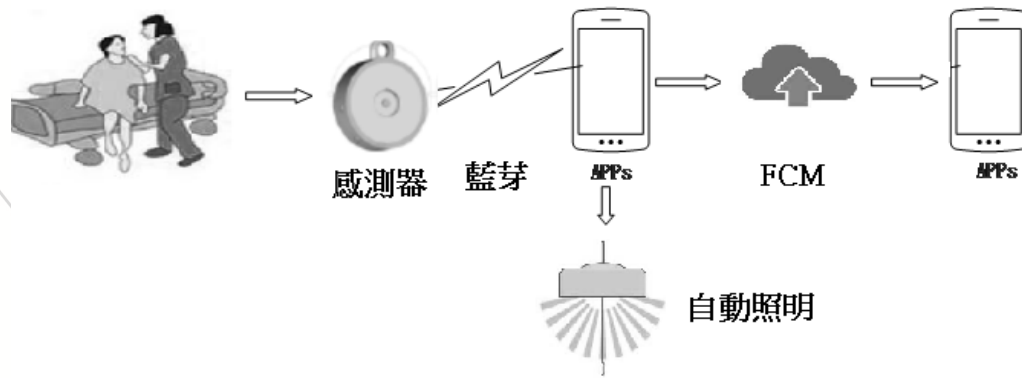


圖 1. 整合照護系統之架構圖

### 3.2 感測器硬體與連結使用

與廠商合作生產感測器硬體，具有藍芽裝置、紅外線溫度感測與外殼，估算量產後直接成本約 150 元，其構造如圖 2 所示。在藍牙訊號的結合方面，智慧手持裝置開啟藍芽功能後，即可以自動偵測到感測器，其作業系統為 Android 4.3 以上，藍牙裝置 4.0 以上。App 可以自動抓取各類感測器，之後即可透過藍芽傳送數據。

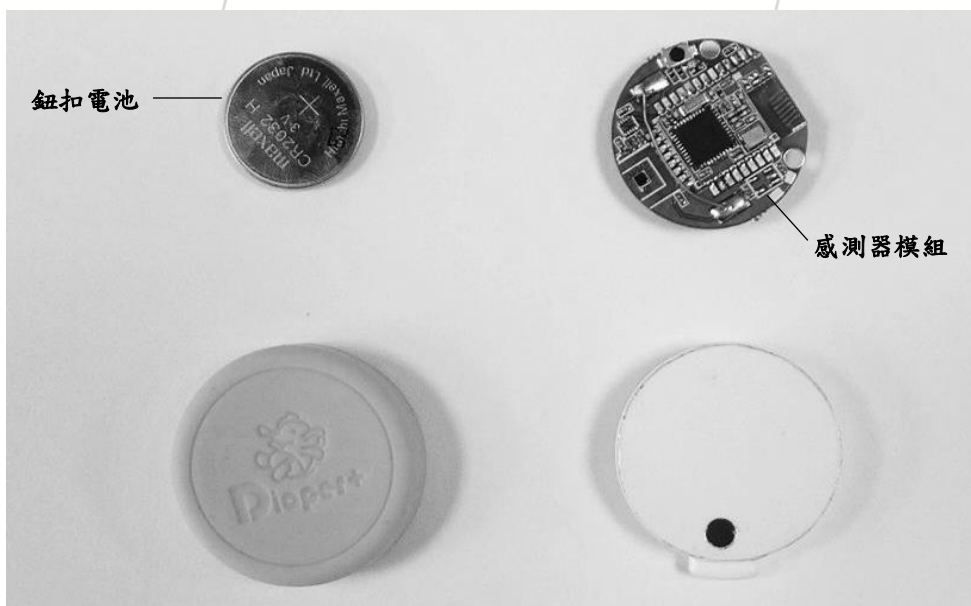


圖 2. 感測器構造

感測器與環境的連結甚為簡易，使用市面上的任一雙面膠，撕下小段，將感測器黏貼於容易感溫到身體部位的高度，經過高齡族的實際測試，理想位置大致上為靠床的地面約高 30 公分處以及窗邊與門邊的人體胸口高度，如圖 3 所示。



圖 3. 感測器設置位置示意 (門邊與窗邊)

### 3.3 App 的畫面與功能說明

#### App 功能與主畫面：

系統的主功能選單有五項 (圖 4)：主要監控畫面、設定功能、FCM 功能、紀錄查詢功能以及連繫維護產品的功能選項。主要監控包含 6 種裝置，有離床通知、靠窗警示、靠門警示、自動感應照明以及服務鈴，另可再增加設定裝置。每個裝置都有代表的圖示以及警示聲 (圖 5)，照護者能聽聲音也能分辨發生什麼狀況。

- (1) 離床通知：當臥床者起身要離開床時，感應器傳遞訊號予智慧電源管家，立即提供照明，降低跌倒的機率並指引回床，同時也有相對應的警示聲通知照護者。
- (2) 靠門、窗警示：當受照護者靠近門或窗時，都會通知照護者，受照護者正在靠近危險邊緣，也能預防離開房間而走失的可能。
- (3) 服務鈴：與醫院病床的服務鈴雷同，不同處在於能讓受照護者隨身攜帶，當需緊急救護時，按一下就能及時通知照護者，提升安全照護的品質，預防憾事的發生。
- (4) 紀錄查詢：位於監控畫面上端，此一功能得知什麼時間發生什麼狀況，照護者是否有處理及確認都能從中查詢到。

#### App 中的 FCM 功能：

App 內建 FCM 功能 (圖 6)，彈出式視窗，便於輸入第三方手機的 IMEI 資料，至多 100 筆。此一功能為免費，使用輸入後即可隨時查閱同步的畫面。差別者於主控端螢幕為綠色底圖畫面，而遠方接收端螢幕則為藍色底圖畫面 (圖 7)，也可以查閱記錄，這樣就能得知照護者是否有即時照護以及確認家屬的徘徊情況。



圖 4. 主畫面示意圖

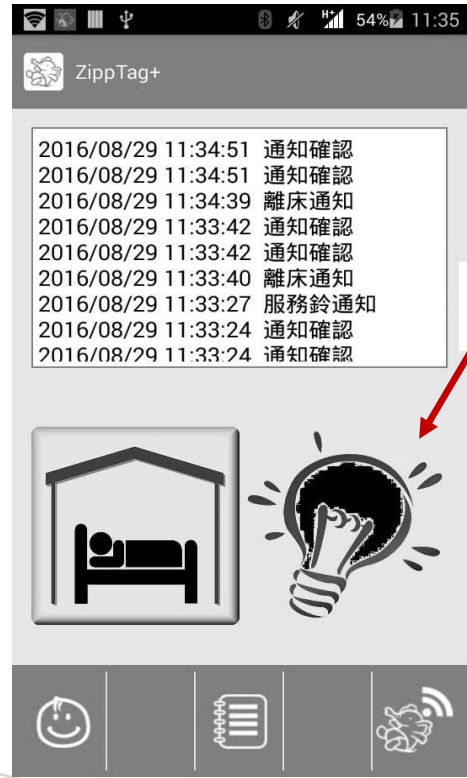


圖 5. App 主要監控畫面



圖 6. FCM 設定功能畫面



圖 7. FCM 接收端之即時畫面 (藍底)



## 4. 熱區、正確性測試與滿意度調查

### 4.1 感測器熱區的測試

以 3 位成人進行感測器感應熱區的測試，居家照護環境的門窗，採膠帶黏貼出行進路線，並規畫多種距離，如圖 8 的人體距離 30~120 公分與寬幅 20~80 公分（左右各 40 公分）之內的偵測，每一位置進行 10 次的偵測，以求出有效熱區範圍。1200 次的測試結果，發現人體距離感測器 60 公分與寬幅 80 公分以內的移動幾乎全數正確偵測。而距離 60 公分外時，有效感測比例開始下降，90 公分以外距離就不甚可靠。

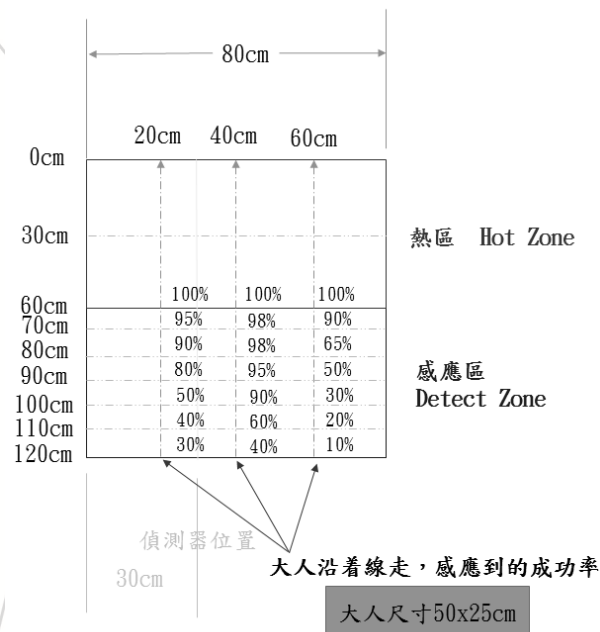


圖 8. 感測器測試熱區範圍

### 4.2 靈敏度測試

臨床測試規劃上，徵詢 4 位受試對象高齡族（各為 73、72、71 與 68 歲，能自主起身離床和如廁等行動，地點為私人家中）的同意，於其床鋪上方安裝有夜視攝影機，事件發生時能自動啟動錄影，離床事件部份在事後利用影像加以驗證其感測是否正確；並於 3 處徘徊位置（窗邊、門邊與廁所門邊，地面上標示 30\*80 公分熱區）透過照護人員的回饋資訊，對照查詢紀錄，以了解真陽性比率。資料收集流程圖如圖 9。每一對象，各進行 3 天（每日的 20:00 至隔日 0700，共 11 小時）的前期臨床測試，以建立精確的數學運算模型，並調整可能的問題。初步測試結果，乃每秒擷取 5 個數據樣本，系統設定當溫度差超過攝氏 1.5 度時，即判斷有物體經過而觸發，以此為基準，進行測試。

在超過 1191,472 次的訊號紀錄中，系統的警示（離床或徘徊的偵測訊號）啟動 157 次，採事後人工比對，其辨識正確 135 次，真陽性率達 86.0% 以上，假陽性率約 14.0%。高齡族實際施測情形如圖 10。

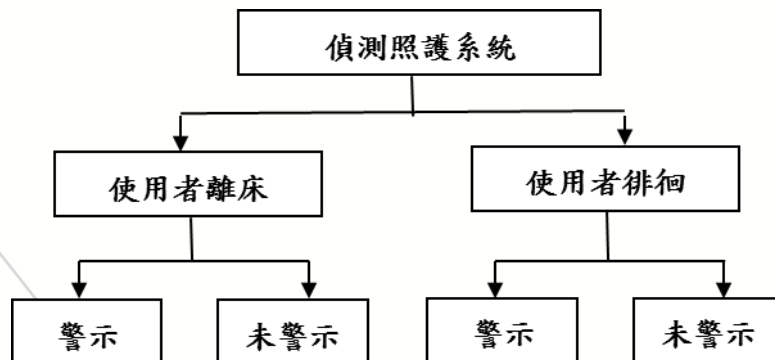


圖 9. 照護系統資料收集流程圖



圖 10. 高齡族實際施測情形（離床與自動照明）

#### 4.3 產品使用之滿意度調查

產品與系統製作完成後，邀請高齡族與幼童之照護者各 36 位與 27 位，共 63 位進行 4~24 小時試用，告知整套組合包含兩顆感測器、智能管家電源插座與 App 程式，預訂價格為 2500 元。請他們實際使用經驗填答回饋問卷，做為持續改善成品的參考。

問卷內容採用五點量表，分別從非常滿意、滿意、普通、不滿意與非常不滿意。此處統計結果乃選取填答者選填的平均數情形來呈現滿意情形。調查結果發現：本系統在功能性上的滿意度，95% 的試用者認為此產品功能創新；92% 的使用者在造型美觀方面達滿意，而且接近 9 成的試用者在使用便利性上給予不錯的評價，8 成左右的受試者認為定價合理。唯其中有 1 成試用者認為手持裝置與感測器的連結辨識率需要加強。整體而言試用反應良好，與既有產品相較下，獲得不錯的滿意與好評。

另外，有 2 成的試用者也提供具體建議，希望能建立使用的 SOP，以及希望感測器能更薄些。由上述試用者的回饋，得知本系統，整體而言試用者反應良好，與既有產品相較下，獲得不錯的滿意與好評。

## 5. 結論與建議

本研究照護系統主要特性為：(1) 感測器以藍芽技術發送訊號至智慧型手機的監測 App 程式，顯示離床（室內徘徊）情形，照護人員不受時間地域限制，隨時透過手機監看受照護者狀況；(2) 可同時檢測多種位置離床與徘徊情形，以及提供自動照明與手動求助功能；(3) 系統辨識的正確率為 86.0%，感測熱區為人體距離 60 與寬幅 80 公分以內；(4) 透過照護者手持裝置可免費以 FCM 功能推播至第三方，讓遠方家屬放心或傳遞至小型機構的監控人員；(5) 感測器體積輕巧，易於使用，只要黏貼於適當位置即可進行運作，如床腳、門邊或者窗邊。

產品創新價值包括適用任何一種市售床具，免專用床墊；無須主機系統與傳輸費用；製作成本低，可重複使用，具有廣大商機；使用簡便，介面人性化，可以上手。經由既有資料搜尋及使用者實測數據蒐集與重複實作修正，發展的感測器及 App 程式，具有床具通用性、簡單便利以及重複使用等特性，響應環保概念，特別適合居家照護以及小型照護機構使用。

基於本研究結果。未來產品將針對已下方面做出改善：

- (1) 材料部分：外殼將可更輕薄，設計標誌圖案，以提升舒適性與美觀。
- (2) 本體功能部分：提升感測正確性，避免誤報引起照護者緊張，而感測範疇有其限制，若目標對象未進入熱區則無從啟動，這在床邊的部分可能需要以圍欄加以導引下床點。
- (3) 外擴功能部分：未來可採用 Piconet 系統，連接達 8 個裝置的特定網路，一旦相容裝置進入有效距離，該網路就會立刻形成，不需要集線器或存取點。或是兩個以上 Piconet 產生重疊的 Scatternet（散網）系統，來增加藍芽的通訊距離以及增加連線的彈性以及容錯度。如此，讓中大型機構亦能適用，照護國人健康；緊急求助鈴中，加入 GPS 定位晶片，強化走失協尋的功能。
- (4) 系統硬體限制：本系統雖然有不少優勢，但照護者要有手持裝置並持續運行 app，可能造成耗電量大的問題，不過照護者可以於隔壁房間架設手持裝置，互相保有隱私權。未來透過 Piconet 等通訊系統的改良，希望可以讓本照護系統更加完善與實用。

## 參考文獻

1. Capezuti, E., Brush, B. L., Lane, S., Rabinowitz, H. U., & Secic, M. (2009). Bed-exit alarm effectiveness. *Archives of gerontology and geriatrics*, 49(1), 27-31.
2. DeVol, R., Bedroussian, A., Charuworn, A., Chatterjee, A., Kim, I., Kim, S., & Klowden, K. (2007). An unhealthy America: The economic burden of chronic disease. *Santa Monica, CA: Milken Institute*, 326, 2010-2060.
3. Henderson, C., Knapp, M., Fernández, J. L., Beecham, J., Hirani, S. P., Cartwright, M., ... & Doll, H. (2013). Cost effectiveness of telehealth for patients with long term conditions (Whole Systems Demonstrator telehealth questionnaire study): nested economic evaluation in a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Bmj*, 346, f1035.

4. Hilbe, J., Schulc, E., Linder, B., & Them, C. (2010). Development and alarm threshold evaluation of a side rail integrated sensor technology for the prevention of falls. *International journal of medical informatics*, 79(3), 173-180.
5. Hotron. Co., Ltd (2016). Sensors for Nursing. 2016 年 10 月 19 日取自 <http://www.hotron.co.jp>
6. Kawasaki Plant Systems, Ltd. (2005). 介護支援システム「介護くん™」。2017 年 10 月 19 日取自 <http://www.khi.co.jp/kplant/den/kaigokun/index.html>
7. Kimura, H., Kobayashi, H., Kawabata, K., & Van der Loos, H. F. (2004). Development of an unobtrusive vital signs detection system using conductive fiber sensors. In *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)(IEEE Cat. No. 04CH37566)* (Vol. 1, pp. 307-312). IEEE.
8. Seo, K. H., Oh, C., Choi, T. Y., & Lee, J. J. (2005, July). Bed-type robotic system for the bedridden. In *Proceedings, 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*. (pp. 1170-1175). IEEE.
9. Van Der Loos, H. M., Ullrich, N., & Kobayashi, H. (2003). Development of sensate and robotic bed technologies for vital signs monitoring and sleep quality improvement. *Autonomous Robots*, 15(1), 67-79.
10. Vass, C. D., Sahota, O., Drummond, A., Kendrick, D., Gladman, J., Sach, T., ... & Grainge, M. (2009). REFINE (Reducing Falls in In-patient Elderly)-a randomised controlled trial. *Trials*, 10(1), 83.
11. Yonezawa, Y., Miyamoto, Y., Maki, H., Ogawa, H., Ninomiya, I., Sada, K., ... & Caldwell, W. M. (2005). A new intelligent bed care system for hospital and home patients. *Biomedical instrumentation & technology*, 39(4), 313-319.
12. 內政部統計處 (2017)。最新統計指標。2017 年 10 月 30 日取自 <http://www.moi.gov.tw/stat/index.aspx>
13. 初雁卓郎、椎野俊秀、村井真也(2012)。ベッド上の患者行動を推定・通知するシステム「離床 CATCH」の提案。 *労働科学*, 88(3), 94-102。
14. 吳淑如(2007)。失能老人日常生活照護。 *高醫醫訊月刊*, 26(11), 34-46。
15. 康家豪、王文揚、李政翰、施維哲(2007)。用資通訊技術於長期照護之危險事件偵測。 *長期照護雜誌*, 11(4), 370-380。
16. 徐業良(2007)。高齡者科技輔具之趨勢與設計思考。 *輔具之友*, (21), 3-12。
17. 昌妙韓(2014)。運用倒傳遞類神經方法之病患離床模式與感測系統之設計與實作。屏東科技大學資訊管理系所碩士論文，屏東縣。
18. 林楚卿、徐業良(2015)。Steps & Flowers—居家環境下銀髮族多元互動平台之開發與商品化應用。 *福祉科技與服務管理學刊*, 3(2), 131-144。
19. 盧坤勇、盧志軒(2010)。ZigBee 無線感測網路在離床監控之應用研究。 *聯大學報*, 7(1), 235-250。
20. 蘇娟娟 (2012)。防護失智者 做好居家安全。2017 年 6 月 8 日取自 <http://www.furoto.com.tw/1.0.3.1.php?id=22>
21. 許哲瀚、唐憶淨(2008)。遠距居家照護的現況與未來。 *台灣老年醫學暨老年學雜誌*, 3(4), 272-285。

22. 謝昕佑(2015)。應用於護理環境之病患離床監測系統。中原大學生物醫學工程研究所碩士論文，桃園市。
23. 遠藤嘉陽、細川聖、志村穰、福田勝己、齊藤浩一(2014)。要介護者のベッド離床予測システムのための薄型ロードセンサの開発。生體醫工學，52(Supplement)，O-19-O-20。
24. 黃于珍、徐業良(2013)。以社群網路為基礎建構個人化遠距居家照護系統。福祉科技與服務管理學刊，1(2)，72-81。
25. 黃教晏、白麗、張凱維、黃予恩、吳竹右、徐業良(2016)。基於 Google 推播服務之離床提醒墊與呼叫鈴互動燈之開發。福祉科技與服務管理學刊，4(2)，253-254。

## Research and Development of Integrated Care System for Multipoint

### Detection of Out-of-bed and Loitering

\*Huang, Y.-L.<sup>1</sup>, Wang, I.-Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Language Therapy Department, Chung Hwa Medical University

<sup>2</sup> Department of Early Childhood Care and Education, Chung Hwa Medical University

#### Abstract

This research project aims to develop an integrated care system that can detect both out-of-bed and multiple loitering conditions. The device designed is expected to be suitable for the elderly, disabled or young children, and lowers the workload of caregivers. The main component of the system is a smart handheld device that incorporates a micro infrared sensor and adopts Bluetooth for transmission. A corresponding App is expected to present the out-of-bed and indoor loitering conditions of care receivers. A FCM cloud free push function allows a third party to remotely access the real-time dynamics of care receivers. The handheld device promises to monitor 6 Bluetooth programs at the same time, and its sensors are designed to be located at places like bed, door frame, window and stairway, and linked to a Bluetooth-controlling switch to turn the lights on simultaneously and provide such functions as manual service bell. An actual test showed an accuracy rate of 86.0%; the effective sensing hot zone is within 60cm from the human body and within 80cm width. The system requires no fee and host system and is suitable for any kind of bed or mattress. The reusability of sensors further decreases the cost of use. It can solve the workload of caregivers at the lowest cost, uplift the dignity of care-receivers and strengthen family communication and care.

**Keywords:** Loitering detection, Bluetooth, Out-of-bed, App, FCM