用於失智症患者之基於感測器的無線通訊架構

李芷瑄， 國立彰化師範大學資訊管理學系

江憲坤，國立彰化師範大學資訊管理學系

摘要

近年來失智症患者人口快速增加，衍生出照護和協尋問題。隨著無線通訊及無線感測網路科技的進步，市面上已經慢慢出現許多應用於失智症患者的產品；然而對於失智症患迷路後之協尋問題，依舊沒有一個令人滿意的解決方案。有鑒於物聯網技術的快速興起，本研究提出一個結合無線感測器、公私立無線網路存取點和雲端服務的架構，來幫助失智症患者迷路時的協尋及定位的架構。本研究以具有 Wi-Fi 模組的 ESP32 晶片作為手環的硬體，結合城市中無所不在的私有便利商店和公有 iTaiwan 無線網路熱點，雛型實作一個以感測器手環為基礎的失智症患者協尋的物聯網架構。同時，本研究以問卷調查法來了解 28 位受測者對於本雛型系統的使用性態度。問卷研究結果顯示受測者對本系統的可行性抱持著正面的態度。

關鍵字：失智症、物聯網、感測器、無線通訊、穿戴式裝置

ABSTRACT

In recent years, the population of dementia patients has increased rapidly, resulting in issues of looking after them. There are many problems accompanied with dementia patient such as lost in street. With the advances in wireless technology and sensor network, some possible solutions have been proposed. However, there are still some problems exist in current framework such as the volume of the attached device for dementia patient and the disruption of wireless network. Fortunately, the recent development of Internet of Things provides potential solution by integrating sensors and wireless network into a portable device which offers the functionality of ad-hoc connection to other devices and omni-present city wireless network. Therefore, this paper proposes a connected sensor wireless framework for helping dementia patient and builds a wireless sensor network architecture by designing a wristband using ESP32 chip which contains Wi-Fi module to help tracking dementia patients hence find out their location more easily. Literature reviewing, prototype designing and questionnaire survey researching are used as the research methods for this study. The research results show that it is feasible to use this kind of wristband, which can act as

a wireless transmitter, a wireless hub or a network bridge, and incorporate the omni-present city wireless network from government and private companies such as convenient stores. With the proposed connected sensor framework, tracking the position of dementia patients could be more accurately hence effectively help searching for them.

Keywords: dementia, Internet of Things, sensor, Wi-Fi, wristband

---

1. 緒論

台灣失智症協會指出:近年來全球失智症人口快速增加，依據國際失智症協會（ADI）2019 年全球失智症報告，估計全球有超過 5 千萬名失智者，到 2050 年預計將成長至 1 億 5 千 2 百萬人。每三秒就有一人罹患失智症；目前失智症相關成本為每年一兆美元，且至 2030 年預計將增加一倍。依衛生福利部(民國 100 年)委託台灣失智症協會進行之失智症流行病學調查結果，以及內政部 108 年 12 月底人口統計資料估算：台灣 65 歲以上的老人每 12 人即有 1 位失智者，而 80 歲以上的老人則每 5 人即有 1 位失智者。而失智症患者經常伴隨著以下症狀:遺忘、誤認、情緒及個性轉變、言語表達不流暢、妄想與幻覺、迷路、行動能力下降等等的生活障礙;其中，因失智症患者經常會出現漫遊或躁動的行為，坐立不安、不停走動且想要離開家到外面去，導致迷路與走失成為許多失智症患者家屬最為擔心且困擾的問題;因此，預防失智症患者走失和協尋是本研究主要探討與解決的主題。

隨著無線通訊科技以及無線感測網路(sensor network)科技的進步，許多的產品以及方案陸續被提出，如:老人愛心手鍊、防走失手環、全球定位系統 (GPS, Global Positioning System)。目前用來協助或尋找失智症患者的資訊科技有感知、監測、量測的技術，如: 防止跌倒偵查、遠距生理量測、全球衛星定位、移動位置基站系統(LBS)、Wi-Fi 定位、RFID 定位、電子圍籬、雲端服務及自動化機器人之應用；其中，穿戴式裝置是目前較為普及產品，因此可結合 GPS、NFC、藍芽、Wi-Fi 或 4G 等的相關無線傳輸技術。然而，現行的產品組成架構仍存在著許多問題，如失智老人的穿戴式裝置體積大小是否合宜、無線網路訊號的中斷或不穩定、訊號中斷後如何回復的各種缺點。在相關資訊感測科技被廣泛運用之前，失智症患者通常會被要求攜帶一支已輸入求救號碼的手機以便求助，然而，失智症患者極為可能忘記攜帶手機，或是不知道如何描述自己的所在位置。另一方面，若失智症照顧者將患者留在家中，會衍生出需緊急逃生時，失智症患者無法開啟門鎖逃出的問題。雖然，近年來使用 GPS 定位科技的手環是市面上最普及的產品，但是 GPS 的潛在問題在於：(1)天候狀況不佳或位於遮蔽物下方時訊號無法接受，(2)裝置耗電量大且昂貴，此可能導致沒電而失去作用，(3)若沒有無線通訊，GPS 位置無法傳遞出去，只能夠使用者告知其位置，此對失智患者是一大難題。所幸，近年來物聯網(IOT, Internet of Things)快速興起，IOT 目前已被廣泛運用在工業、農業、商業、醫療、交通或其他基礎設施及其他消費者應用，

也對失智症患者的協尋問題提供了許多的潛在解決方案。

IOT 的架構一般分為三層，由底層至上層依序為感測層、網路層與應用層，透過 IOT 科技，許多尚未被普遍使用於失智症患者協尋的無線傳輸技術如 Zigbee(又稱紫蜂)和低功率廣域網路（Low-Power Wide-Area Network，LPWAN）能被充分的使用。而本研究提出一個以感測器手環為基礎的失智症患者協尋的物聯網架構，此手環個感測器以 EPS32 無線晶片為核心且手環間具有接受和傳遞訊息的能力，並運用在城市中隨時可見的便利商店無線熱點和遍佈於全國的公有 iTaiwan 熱點，讓失智症患者迷失於城市中時，縱使一時斷訊，一旦其手環偵測到無線熱點或其它已連網手環進行隨意聯網(ad-hoc networking)，即可連上網路並紀錄其位置於雲端伺服器，而伺服器也可藉由無線熱點的位置和失智患者之前的行走軌跡，來推估其當前位置和預測其未來行走方向。本研究以雛型實作法，藉由感測器手環和無線熱點的實做來驗證此研究提出之雛形系統的可行性。此外，本研究針對 26 位中部某大學的學生及 2 位於現任與竹科某科技公司的受測者進行本系統的可行性問卷調查，以了解他們對本雛型系統的可行性態度。

綜觀上述，為了優化現行針對失智症患者所設計的產品，並改善目前市面上產品在通訊方面的缺失與不足，如:電力及金錢成本的問題、訊號斷線問題、訊號傳輸距離過短等等，本篇研究論文將提出並實際建立一個無線感測網路的架構來幫助失智症患者，其研究目標如下:

(一) 實作出基於傳感器(sensor-based)的穿戴式裝置手環，此種便攜式設備可同時充當無線發射器(wireless transmitter)以及無線集線器(wireless hub)，並且可做為橋接器（network bridge）。

(二) 此無線通訊架構將結合城市中無所不在的無線網路，包括政府所提供的無線網路，如:iTaiwan;以及私人企業所提供的無線網路，如:便利商店的無線熱點。

(三) 此無線通訊架構將解決失智症患者之穿戴式裝置需頻繁充電的問題，並且藉由與其他運用此架構的裝置連線互連，使失智症患者在戶外的定位更加精準。

(四) 藉由此研究所提出的架構及穿戴式裝置，改善失智症患者家屬因失智症患者走失無法得知其迷路地點的急迫心情與困擾。

2.文獻探討

2.1.適地性服務（Location-Based Service，LBS）

適地性服務 (LBS)又稱基於位置的服務、行動定位服務，是透過終端設備(end device)搭載之定位功能，如透過 GPS 訊號取得經、緯度或透過無線網路基地台（包含 Wi-Fi 或 3G/3.5G/4G 電信網路）取得大致地理位置座標，然後搭配可輸入、 儲存、查詢與分析地理空間資訊的地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)，提供使用者 地理資訊相關的加值服務(Morton et al., 2012; Mori et al., 2009)。LBS 可以應用於不同的領域，例如：健康、工作、個人生活等。此服

務可以用來辨認一個人或物的位置，例如發現最近的提款機或朋友同事的目前的位置，也能透過客戶目前所在的位置提供直接的手機廣告，並包括個人化的天氣訊息提供，甚至提供在地化的遊戲。其主要有三種，第一種為地緣性搜尋，可利用手機定位來接收某距離範圍內讓使用者感興趣的人、地、物;第二種為地緣性通知，可透過手機的簡訊或 App 來通知使用者附近正在發生的重要資訊;第三種是地緣性執行，即以 LBS 直接執行交易行為，例如行動付款或是手機下載車票。

2.2.地理圍欄（Geofencing）

地理圍欄是一種虛擬外圍感知(virtual perimeter awareness)技術，可視為適地性服務的延伸。地理圍欄是在實際的地理環境中圈出一個虛擬的邊界，可藉由裝置上的位置感知器，判斷裝置或使用者是否進入或離開了某個地理圍欄的範圍。

2.3.手環應用於失智症患者的協尋

將智慧手環應用於失智症患者的協尋是有助益的，許多的媒體報導與學術研究都指出，憑藉最後的影像或定位是尋找走失的失智症患者最好的方式，其不外乎就是物聯網以即智慧手環的應用，目前市面上推出的手環有使用 NFC、RFID、藍芽、GPS 等技術，而在台灣致力於長照服務的畢士嘉基金會指出:台灣大哥大運用 NFC 技術，結合畢嘉士基金會、老人福利推動聯盟合作推出 NFC 晶片的防走失智慧手環，成功讓智慧型手機化身通報協尋的利器。手環推出後深獲各界好評，在短短的七個月時間內，即收到近 300 件的申請，造福了許多失智症者家庭。

2.4.GPS 結合 Wi-Fi 通訊技術

市面上的 GPS 防走失定位手環是利用全球定位系統回傳裝置的經度、緯度與高度位置，顯示於電子地圖上，藉此得知裝置使用者的位置。當失智症患者戴上 GPS 定位手環，其家人便可得知他的座標，配合地理圍欄的技術，當失智症患者離開特定範圍，家人便會收到通知。全球定位系統的系統運作原理理論上是由 24 顆 GPS 衛星均勻分布於外太空並依各自的軌道繞著地球運行，由此便可保證在地球上任一位置都能至少看到四顆衛星。而實際上外太空存在著 31 顆 GPS 衛星不斷向地球發送信號，包括其精確位置和精確時間，而接收器收到至少四顆 GPS 衛星所傳輸的資料，便可計算出裝置的座標。GPS 定位的垂直誤差約為 7.5 公尺，水平誤差約為 5 公尺，然而，GPS 定位系統並非無時無刻都能運作，當接收裝置位於室內或有遮蔽物之處，如:高架橋或樹蔭的下面，或者在高樓的旁邊角落，GPS 定位系統便大受影響，此外，當天候狀況不佳時，亦受很大的影響，導致無法定位或定位不精準。GPS 具有全時段傳輸、高精準度且自動化的特點。但耗電、金錢成本高、受天氣和裝置所載位置的影響較大。

目前另一智能定位手環是利用 Wi-Fi 對使用者進行定位，無論是使用 Android 或 iOS 作業系統的手機，其都有內建位置服務，而當智能穿戴式裝置開啟 Wi-Fi 功能後，穿戴式裝置將會自動掃描附近 Wi-Fi 存取點，並上傳其所在位置資訊至手機。而由於每一個 Wi-Fi 熱點都有一個獨一無二的 Mac 位址，因此其位置判定的精確度大約在 10 公尺的誤差範圍內。Wi-Fi 定位一般採用「近鄰法」，由判斷設備最靠近哪個熱點或基地台來認定設備的所在位置，但若周圍同時有多個訊號源或存取點，則會使用「交叉定位」或「三角定位」來提升位置判定的精確度。另一種 Wi-Fi 定位方式是採用「指紋定位法」，事先建立一個巨量資料庫，透過事先紀錄確定的訊號來源位置之訊號強度，再將新加入設備的訊號強度至資料庫進行比對，來確定其位置。Wi-Fi 精確度較低，然而在室內環境較佔有優勢，因室內環境 Wi-Fi 存取點較多，而設備只要具備搜尋 Wi-Fi 熱點的能力便能上傳其所位置，但在室外環境時，若周遭沒有 Wi-Fi 存取熱點則會中斷訊號，造成無法掌握失智症患者的實際定位。

3.以手環為核心無網架構(Sensor-based Wireless Network)

本研究的感測器手環是以 ESP32 晶片來建構，ESP32 是由樂鑫資訊科技公司所開發的低功耗單晶片微控制器。此晶片包含了 Wi-Fi 及 Bluetooth 模組，此晶片可以設定為從(client)端或主(server)端，亦即它可以動態的扮演無線通訊裝置或無線熱點裝置的雙重角色。

本研究所設計之 SWN(sensor-based Wireless Network)架構，如圖 1 所示，可分為三層:最底層是感測層(Sensor Layer);即手環互相通訊之連接及橋接，而第二層是網路層(Network Layer);由集線器(Hub)及 Wi-Fi 存取點所構成，而最上層為服務層(Service Layer);即為手環上傳資訊的 Server 之所在層。手環藉由 Wi-Fi 互相連線及橋接，亦會連上第二層的網路，而資料的傳輸則採用訊息佇列遙測傳輸協定(Message Queuing Telemetry Transport, MQTT Protocol)上傳至 Server。

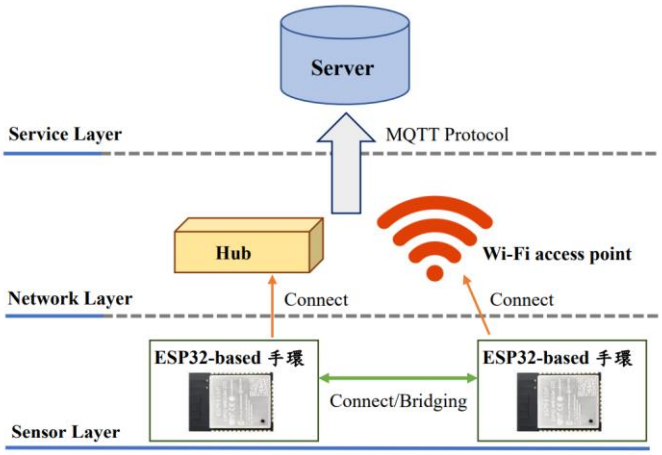

圖 1 SWN 架構

3.1. 失智症患者行為情境

此 SWN 的功能將藉由使用者情境來說明，依照失智症患者生活行為模式分為以下三個情境。

3.1.1.失智症患者位在家中

失智症患者於家中活動時，手環會連上家中的數據機，並將其手環裝置位置上傳至伺服器，顯示其所在位置為家中，而家人透過監控裝置將可得知目前該失智症患的所在位置為家裡。而當失智症患者離開家中時，手環與家中網路斷訊，伺服器無法判斷其所在位置，因此將立刻上傳顯示患者之定位為未知(Unknown)。

3.1.2.出門在外位於城市中

城市中有許多的無線網路存取點，如政府所建立的 iTaiwan 免費無線網路、便利商店及速食餐廳所提供的網路存取點，若失智症患者離開家到戶外的街道活動，其手環連上由便利商店或者政府提供的公共 Wi-Fi 時，將立刻傳輸目前 Wi-Fi 存取點的位置至伺服器，讓家人能透過監控裝置得知失智症患者所在地，且此系統每 30 秒會判斷一次是否仍連接著同一個存取點，而當離開該 Wi-Fi 訊號範圍時，將立刻上傳斷訊時的時間及地點。

3.1.3.在郊區但與擁有此相同手環者相連

由於每一個手環都擁有無線發射器(wireless transmitter)以及無線集線器(wireless hub)功能，並且可做為橋接器（network bridge），因此當其中一個手環連接到城市中某個 Wi-Fi 存取點，且有相同的產品在附近，手環將一個一個橋接(bridging)，形成無線網狀網路（Wireless Mesh Network），而透過這樣的網狀網路架構，則可以知道每一個節點的所在位置，透過這樣的網絡，在尋找失智症患者時將可以透過獲取最近的節點之位置資訊來加速並且更精準的取得該患者的定位。

3.2.判斷及尋找失智症患者所在位置之方法

3.2.1.失智症患者定位

根據圖 2 之判斷及尋找失智症患者位置流程圖，由於 Wi-Fi 傳輸距離之實際值約略為 50 米，依據裝置斷訊(Disconnect)時所上傳的時間及最後位置，家人或協尋者可在該位置方圓 50 米之範圍尋找走失的失智症患者。

3.2.2.失智症患者足跡方向之判斷

由於裝置每一次連接上新的 Wi-Fi 存取點或手環 (節點)時，以及每一次與節點斷訊時，均會上傳至 Server，紀錄該裝置之時間和位置，並以 30 秒為一單位重複偵測，因此透過最新一次的位置紀錄以及前一次的位置紀錄，便可判斷失智症患者之足跡方向，進而使協尋工作更精準且有效率。下圖 3 為示意圖。

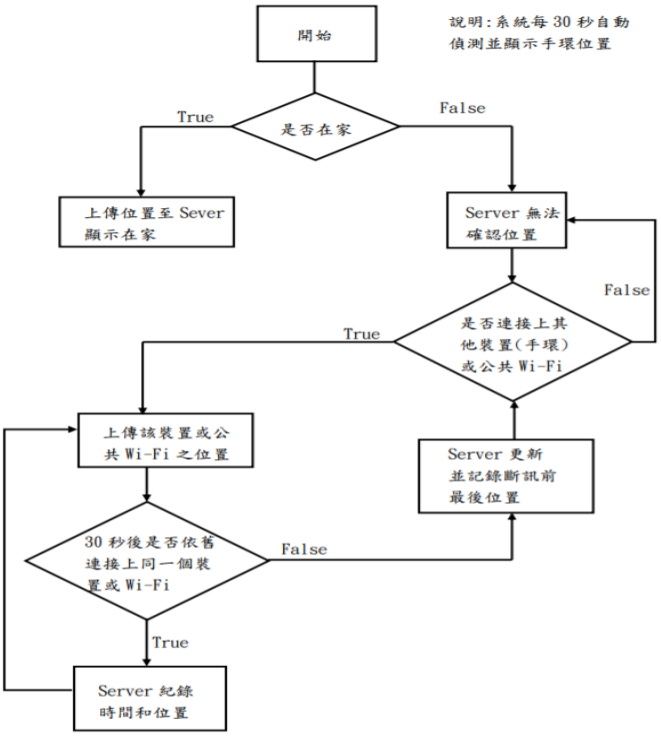

圖 2 判斷及尋找失智症患者位置流程圖

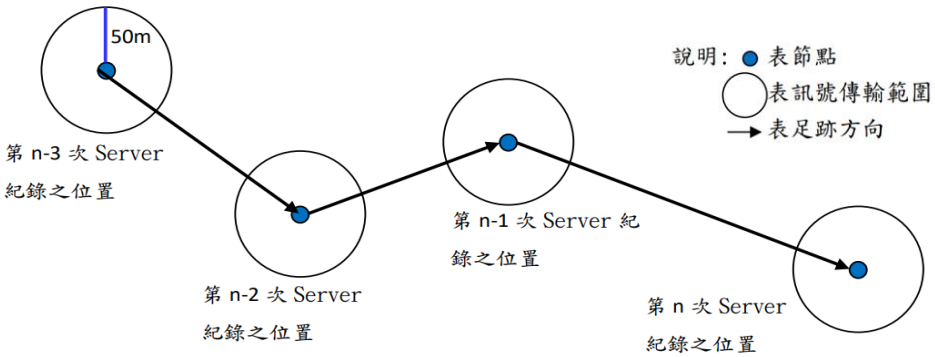

圖 3 失智症患者足跡方向之判斷圖

4.系統實作與問卷調查

本研究首先以理論為基礎設計出基於感測器的無線通訊架構雛形(SWN)，再以此雛形進行實作。ESP32 從端的熱點掃描和主端(web server)的服務是修改自 ESP32 的官方範例程式，部分畫面如圖 4 所示。

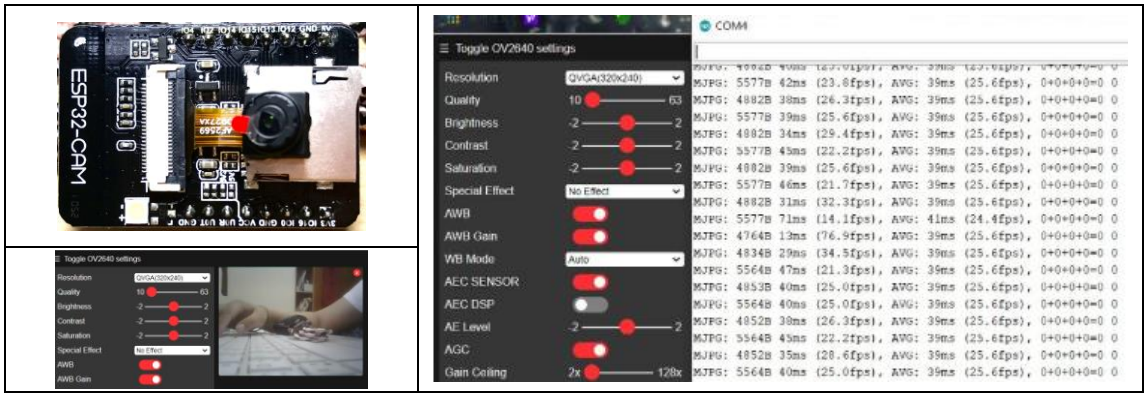

圖 4 ESP32 實作部分畫面

4.1. Wi-Fi 訊號強度實測

兩個 ESP32 間的訊號強弱和距離的關係，是先分別實作測試以下兩個數據:第一項為兩個 ESP32 晶片在相隔不同距離之下所偵測到的 Wi-Fi 訊號強度;第二項為 Hub 偵測 ESP32 晶片所發出的 Wi-Fi 訊號強度數據。得到實測數據之後，雛形即可依此推估 EPS32 的所在位置相對於另一個 ESP32 或無線熱點的距離。

此實測實驗地點位於中部某大學之操場，實測方式為將一顆 ESP32 晶片固定置於司令台前方作為 Wi-Fi 訊號發射器，另一顆 ESP32 晶片移動至距離司令台不同距離之位置，並記錄其 Wi-Fi 訊號接收強度。下圖 5 為實測位置圖，而下表 1 為兩個 ESP 32 晶片之距離及其 Wi-Fi 訊訊號接收強度關係表，根據實測之結果，Wi-Fi 訊號可接收到的範圍約為 56 至 60 公尺之間。

表 1 Esp 32 間距離及訊號強弱關係表

距離(m)	訊號強度(dbm)
1 m	-42 dbm
2 m	-56 dbm
16.75 m	-64 dbm
29 m	-69 dbm
40 m	-70 dbm
50 m	-75 dbm
56 m	-78 dbm

圖 5 實測位置圖

4.2.問卷調查和結果分析

本研究問卷是依據馬里蘭大學的人機互動實驗室的 QUIS 問卷設計(QUIS, 2020)，分成四個構面：系統易用性、系統有用性、系統互動和回饋性，每個問項以李克特五點尺度量表計分。問卷內容如表 2 所示。受測對象大多具有資訊相關教育背景，且其中有兩位受測者在竹科從事資訊相關工作。而有使用智慧手環之經驗的受測者佔了 36%，沒有使用過智慧手環但稍有概念者占 36%，另有 61%

的受測者曾聽過或看過由智慧手環協尋失智症患者的新聞。

受測者完成下列 20 題問答後，再以統計軟體分析所收集的 28 份問卷，計算出此次問卷調查之克隆巴赫係數(Cronbach's alpha）為 0.928，此 alpha 信度值代表此份研究問卷具有高信度。且根據問卷結果顯示，受測者對於系統的易用性、系統互動和回饋、有用性和整體滿意度各個構面的平均分數分別是 5.21, 5.26, 5.76 和 5.47，代表受測者對於本研究之系統抱持正面之態度。這四個構面之中，有用性構面的平均分數最高，由此可見此架構及手環設計是被肯定的，受測者普遍認為有助於失智症患者之照護與協尋;而問卷結果易用性構面最低，可能原因是對於尚未普及的產品在初次接觸時感會讓人到陌生，因而在介面與功能操作感到較為困難。整體而言，他們認為此系統架構之可行性高，有助失智症患者之協尋。

表 2 問卷內容

易用性	1. 學習操作本系統的困難程度 2. 透過摸索來了解功能令人感到振奮或沮喪之程度 3. 記住功能的名稱和使用的容易程度 4. 任務是否都可以被直覺地完成 5.完成任務所需步驟的數量是否剛好
系統互動和回饋	6. 系統的互動方式是否恰當 7. 大部分操作的反應時間之快慢 8. 是否同意操作難易度取決於使用經驗 9. 不太了解系統是否也可以完成任務 10. 系統的回饋訊息(聲音、震動)是否恰當
有用性	11. 此系統對尋獲迷路失智者的幫助程度 12. 是否同意此系統能縮短尋獲迷路失智者的時間 13. 此系統能警示失智者將離開設定的警示範圍之幫助程度 14. 此系統藉多個感應器和無線存取的連線來搜尋迷路失智者是否具潛力 15. 此系統讓能隨時掌握失智者狀態之幫助程度
整體滿意度	16. 整體而言我認為此系統是好的或是糟糕的 17. 整體而言我認為此系統令人感到滿意或是挫折 18. 整體而言我認為此系統是簡單枯燥的或是刺激的 19. 整體而言我認為此系統是困難的或是容易的 20. 整體而言我認為此系統是死板的或有彈性的

5.結果與結論

此研究藉由文獻探討作為理論依據，設計出基於感測器的無線通訊架構以及穿戴式裝置，透過 Wi-Fi 訊號強度實測可驗證其所能傳輸的距離，進而可預期

在 50 公尺的範圍內能尋找到走失的失智症患者。而以所收集到的 28 份有效問卷作統計分析，與公私立機構合作使其提供的無線網路成為手環連接的節點並使手環能連上其提供的無線網路，具可行性且有助於本研究所設計之手環的普及。而此份具高信度的問卷結果顯示出此系統架構之易用性、有用性、系統互動和回饋以及整體滿意度之平均分數落在 5 至 6 分，顯示獲得高度評價且可行性高。

而由於此手環可作為此網絡架構的橋接裝置，使所有裝置與節點能形成無線網狀網路，因此一但此手環普及率高且被廣泛使用時，對於失智症患者的定位將更加精準，讓協尋者能明確判斷失智症患者之足跡方位且能有效地使協尋工作時間縮短。由此可以預期，使用本研究所提出的無線通訊架構可以有效優化現行針對失智症患者所設計的產品，使此款手環不必如市面上已推出的產品這般高價，解決電力及金錢成本的問題，並改善在通訊方面的缺失與不足，讓訊號斷線問題縮減到最小。最終，改善失智症患者家屬尋找患者時的急迫心情與困擾。

6.參考文獻

1. Brian McKinstry, & Aziz Sheikh., 2013, The use of global positioning systems in promoting safer walking for people with dementia., Journal of Telemedicine and Telecare, Vol.19, No.5, pp.288-292.
2. Fei Ding, Aiguo Song, En Tong, & Jianqing Li., 2015, A Smart Gateway Architecture for Improving Efficiency of Home Network Applications., Hindawi Publishing Corporation Journal of Sensors, Vol.2016, Article ID 2197237, pp.1-10.
3. G Gayatri, T Pavan2, V Meghana3, S Sowjanya4, & S K Yaseen., 2020, TRACKING OF DEMENTIA PATIENTS USING GPS & LORA WIFI., Journal of Information and Computational Science, Vol.10, Issue 4, pp.744-751.
4. Nitin Dhama, Minal, Prabhjot Kaur, & Neelu Kumar., 2010, Simulation and Performance evaluation of ZigBee for wireless sensor networks having multiple events occurring simultaneously at a time., AIP Conference Proceedings, Vol.1324, pp.85-89.
5. Yang Li, 2018, Design of Smart Home Gateway Based on Wi-Fi and ZigBee., AIP Conference Proceedings, Vol.1955, pp.1-8.
6. 李昭賢，2014，針對失智症/銀髮族設計以地理圍欄為省電基礎之穿戴式運動紀錄裝置，福祉科技與服務管理學刊，第二卷．第三期：191～200 頁。
7. 社團法人台灣失智症協會:失智症知多少?(2020) (http://www.tada2002.org.tw/About/IsntDementia)
8. 畢嘉士基金會: NFC防走失智慧手環2.0問世 幫助走失者找到回家的路 (2017)(https://bjorgaas.org.tw/showNews.php?id=369)