



研究計畫

Family Bond 自我照顧型獨居高齡者的智慧無線環境感測網絡開發與設計

*洪崇文、張登文、涂毅銘
國立雲林科技大學

摘要

依據內政部資料統計，我國 65 歲以上高齡者有 23% 不與親子家人同住，屬於自我照顧型的年長者。獨居年長者的顧慮，不僅是年長者有被關心的需要，且因現實條件而分居於外地的家人，依舊牽掛年長者的健康與生活安全。基於我國文化特性，孩子通常還是年長者的主要照護者，這些照護包括經濟、健康以及情感支持等層面，在現今高齡化的社會裡更是中生代沉重的壓力。

本研究以獨居年長者以及其遠距家人作為共同的研究對象，希望透過建構一個以智慧科技為基礎的感動關懷與家庭聯繫(Family bond)。計畫所提之智慧無線環境感測網絡，有別於過去智慧屋裝設不易的集中感測，使用耗能的 ZigBee 或 WiFi 與穿透性不佳的藍芽等通訊，本計畫使用低功耗且具穿通性的 Sub1G 無線通訊，連接獨立的各種感測節點，由橋接器透過乙太網路連接雲端伺服器，除提供子計畫一所需資料，照護者可由子計畫五提供之 APP 得知長者狀態，協助居家安全與即時互動(子計畫二和三)。本研究除提供架構可自由擴充與架設容易之智慧無線感測網絡外，亦協助年長者在居家生活中與遠距家人維繫家庭凝聚力，並涵蓋研究科技產品如何妥善溫合地融入居家生活場域，提供其他四個跨領域子計畫的感測設備，造福自我照顧型獨居高齡者與其家人。

關鍵詞：家庭聯繫、無線感測網絡、Sub1G 無線通訊

1. 研究計畫之背景、目的與重要性

隨著微機電(micro-electro-mechanical systems, MEMS)在各種感測元件偵測技術上的提升與無線通訊的相關技術發展，近年來關於建立一套環境感測網絡(wireless sensor network, WSN)的相關應用有越來越多的趨勢，不論是應用在工業控制方面，用以檢測加工環境的溼度、溫度、危險氣體偵測，透過無線傳輸的能力，使工作者不僅可以遠離危險場所，還可以即時得知加工現場的環境狀況以避免更多的環安問題。在醫療偵測方面，透過安裝在人體的各種感測器，可將血壓、心電圖、脈搏或是血氧濃度等生物資訊透過無線網路傳遞到醫院的伺服器內，使家庭醫師可以透過這些資訊給予相關的醫療措施。在農業畜牧方面，則可以進行量測溫溼度偵測、日照程度等，將各種環境因子的資訊透過 WSN 的技術傳遞至自動化設備端，使這些設備能夠自行判斷各種相關機械的運行動作。

近年來台灣的人口結構有逐年老化趨勢，依據經建會之人口推計，未來將在 2017 年邁入高齡社會，現今雖然有許多社福團體，都極力地在推動老人安養，關懷與照護的各種活動，但其實老人們最渴望的還是來自於子女之間的關懷與朋友之間的互動情誼。許多獨居老人所處的家庭裡，其子女多半在外地工作，即便子女想盡一份關懷家中長者的孝心，但礙於距離的問題，僅能透過電話通話的方式，給予關懷。而老人與其遠方朋友之間的互動，則可能因為行動不便而與其漸行疏遠。因此，規劃一能夠感動關懷獨居高齡者的家庭網路社群系統，便是本計畫的精神所在。

於計畫所規劃的工作範疇中，與各個子功能的連結流程如圖 1 所示，而本計畫負責執行的工作部分則為：

- (1) **無線環境感測網絡**：除了建立基本具備無線傳輸資訊的居家安全環境感測器外，針對認為可能會危害獨居老人生活的危險因子進行感測器偵測，如瓦斯感測器、火災感知器、煙霧感測器、磁簧開關等。另外，根據有助於獨居老人生活的便利性並可結合自動化設備的感測器，如人體紅外線感測器，超音波感測器等。
- (2) **省電與安全遠端控制**：可配合其他的設備，進行觸發式的電源啟動設定，藉此可以可達到省電的功能，或者是結合人體紅外線感測器，設定為當有觸發條件成立時才會啟動相關設備的電源如：影像設備、互動遊戲設施，另外，在居家環境中對獨居高齡者有潛在危險性的條件進行相對應的功能進行緊急處理，如可燃氣體濃度過高時，除進行排風控制外，立即利用氣體開關如瓦斯電磁閥進行源頭關閉，並立刻通報遠端使用者。

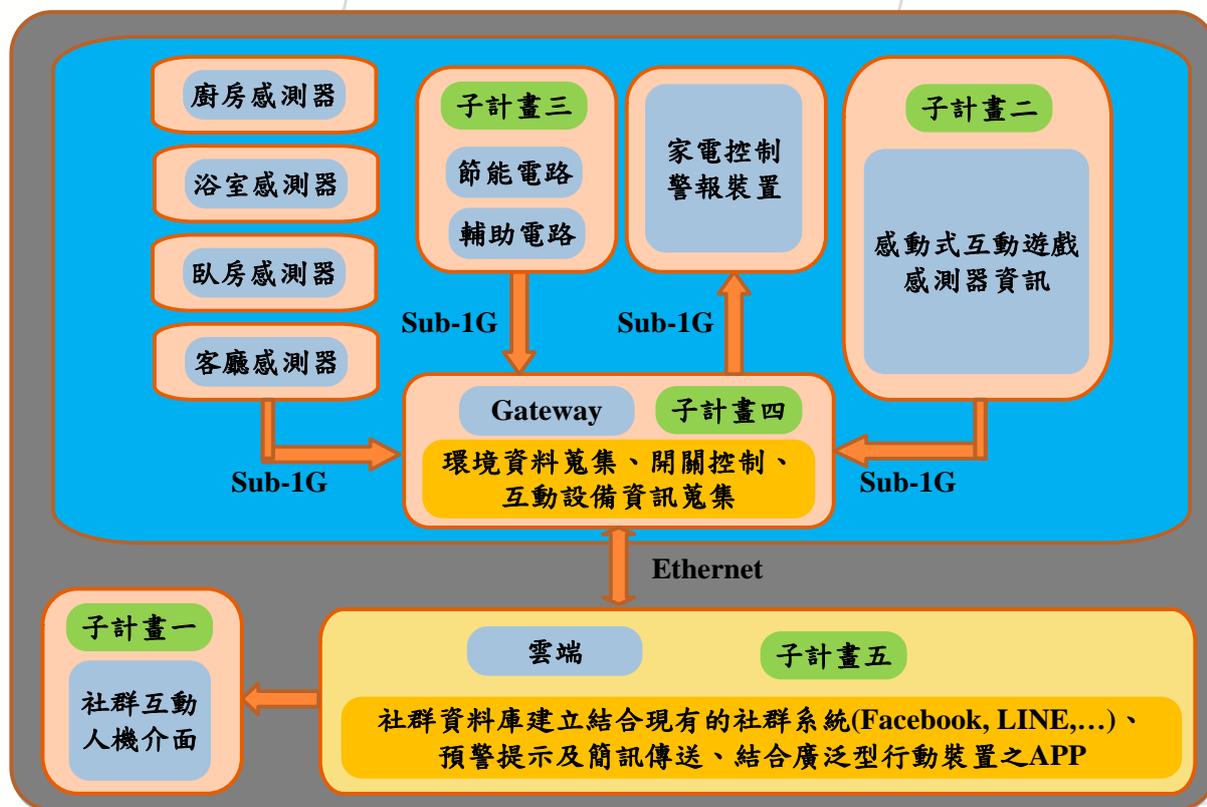


圖 1. 無線環境感測網絡與其他子計畫的連結流程

2. 有關本計畫之研究情況、重要參考文獻

本計畫之目的在於設計一套適合居家環境使用之無線感測網路架構與相關感測節點，同時可協助其他子計畫收及其所需資訊，因此除了參考其他文獻在感測器元件的配置外，另外亦針對無線傳輸的部份進行通訊介面的相關研究。

(1) 感測器網絡安裝與設計

居家環境感測器的種類與配置地點，直接影響感測資訊的內容與準確度，也會影響安全防護與情感互動功能執行結果，因此針對文獻有關家庭區塊的感測器配置與偵測條件進行回顧討論。

Ogawa 等人發表一系列居家感測的行為研究，建立一套可以用來收集人體健康狀況與居家環境安全的系統(Ogawa et al., 2000, 2002; Ogawa & Togawa, 2000)。圖 2 所示為其針對一般廚房所使用的感測器及配置方式，利用紅外線感測器偵測是否有人體的移動，利用磁簧開關偵測房屋內的房門或是電器的關閉或開啟，利用二氧化碳感測器觀察是否房屋內的各個區塊是否有欲觀察的對象存在，安裝了多個壓力感測器在各個房屋內的傢俱上，觀察是否有欲觀察的對象正在使用特定的傢俱，架設溫溼度感測器觀察房屋內的溫濕度變化，其他還有觀察多個電器的使用狀況與利用熱敏電阻觀察是否水龍頭有正常打開或是關閉。本文建立了一套相當完善的感測器網路，其感測器的選用與配置可做為本計畫的參考依據，但其感測資料的收集透過有線網路與特定資料擷取器，則有配置與成本的困難。

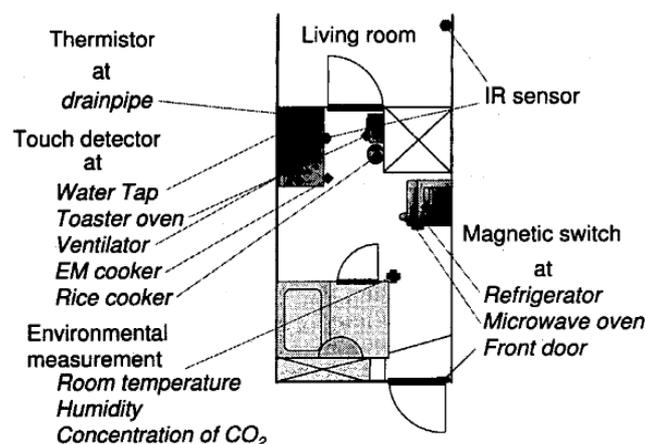


圖 2. 針對一般廚房所使用的感測器及配置方式(Ogawa et al., 2000)

圖 3 架構與圖 2 相仿，用網路連線的方式進行遠端資料收集，透過遠端的電腦連線進行長時間的資料收集，資料接收端則是會定期分析收集而來的資料，透過電話專訪的方式對觀察對象進行訪談。圖 3 架構與圖 2 中針對一般小範圍廚房所設置的感測器網路不同，因此感測器的量測範圍足以涵蓋全部的空間，但在一般的平常或較大的住宅區域，則必須考量到感測器的感測範圍與位置有效性，可作為本計畫參考。但如同前述，這一系列論文在組裝上欠缺彈性，然其收集的感測信號種類具參考性，行為分析方法亦可做為日後雲端應用程式參考。

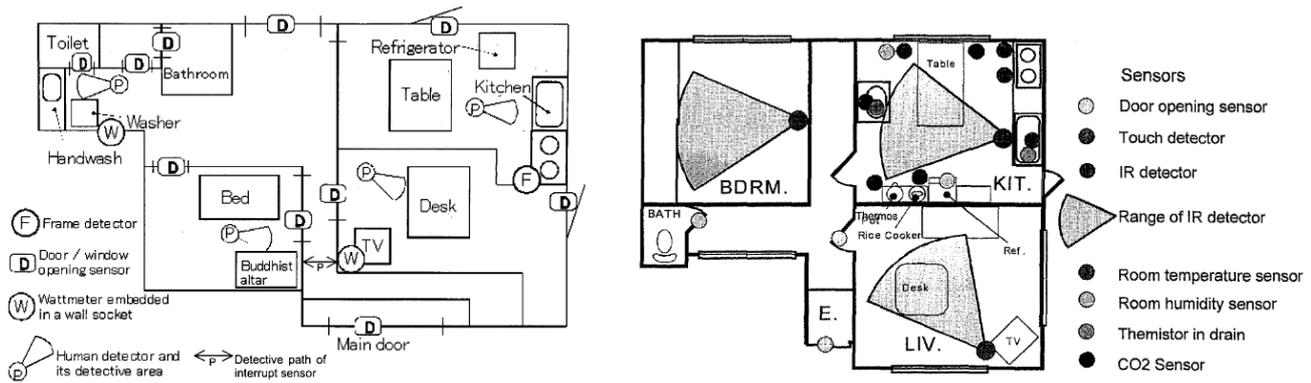


圖 3. 居家環境感測器配置(Ogawa et al., 2002; Ogawa & Togawa, 2000)

Lin 等人(2009)透過一可攜帶式的感測器模組，藉由模組內的運動感測器，可獲得觀察對象的一些行為狀態。根據其實驗結果，透過安裝在攜帶型的各種感測器，可捕捉並辨識使用者日常生活的行動習慣，譬如站立、蹲下、行走等，將這些資料透過無線傳輸方式，傳送到終端電腦進行行為判斷，實驗結果顯示其辨識率均可達 80% 以上，可透過此一類型的裝置獲取用來分析情感互動的相關資訊。本計畫亦包含用於偵測跌倒的可攜式加速規感測器，若雲端應用程式將行為分析應用加入，則可達到類似功能。Su (2010)提出了一套完善的居家環境感測功能架構，主要有三個子系統，包含保全系統、自動化設備與健康狀態偵測，透過裝設的子系統內的感測元件與感應模組，可將資料整合之後，透過網際網路的型態將資料傳送到智慧型手機或是 PDA 的介面，藉此可讓使用者得知屋內的即時狀況，其概念與本計畫類似，但未考慮到裝置的便利性與省電，同時未著墨於人文關懷部分的研究。

Liu (2006)、Deng (2010)、Khanc 和 Chan (2007)均提出了以嵌入式系統作為居家環境感測的運作平台，直接透過微處理器 MCU 對所有的感測元件進行居家環境感測器的資訊收集與資料格式轉換，並直接在微處理器底下進行演算法的編寫。根據演算法計算的結果，透過 MCU 進行特定的功能進行周邊控制，以達到快速響應的成果，但缺乏頻寬較大的通訊功能，主要功能僅能夠透過內建程式進行周邊功能的控制與資料分析，在周邊控制方面的彈性較為缺乏，且無法將整個居家環境內部的資訊傳遞給不在屋內的使用者，相較先前的幾篇參考文獻，雖然具備快速響應與即時控制等優點，但其多方面應用的自由度則較低。Khan 和 Chan (2007)與 Zhai 和 Cheng (2011)改善 Liu (2006)、Deng (2010)在通訊部分較不足的部分，利用 GSM 將屋內的狀況即時地傳遞給使用者，藉此讓遠端的使用者可即時獲得居家環境內的狀況，但頻寬依然不夠。Stefanov 等人(2004)彙整了近百篇的參考文獻，根據這些文獻所提及的技術進行分類，並且以被觀察者的角度來探討一些技術是否會造成受試者的困擾並且提出一些可改善的方針，藉此提高將來進行智慧居家環境設計的技術水平，其整理資料可作為本計畫制定各種感測器節點規格的資料。

(2) 感測器資料無線傳輸設計

Al-Ali 等人(2011)提出如圖 4 的系統架構圖，透過利用 ZigBee 無線傳輸系統彙整所有的感測器資料，再將其透過資訊透過 Micro-GPRS (General packet radio service)將資料傳送到伺服器中，再

由 TCP/IP 的通訊模式，將屋內的突發狀況即時的回報給使用者，其建立的感測網路系統包含動作偵測、瓦斯偵測與煙霧偵測，使用者可透過網路進行遠端查看屋內的狀況，其架構在安全防護上相當完整，但其系統僅限於單相擷取資料，缺乏遠端控制的介面。

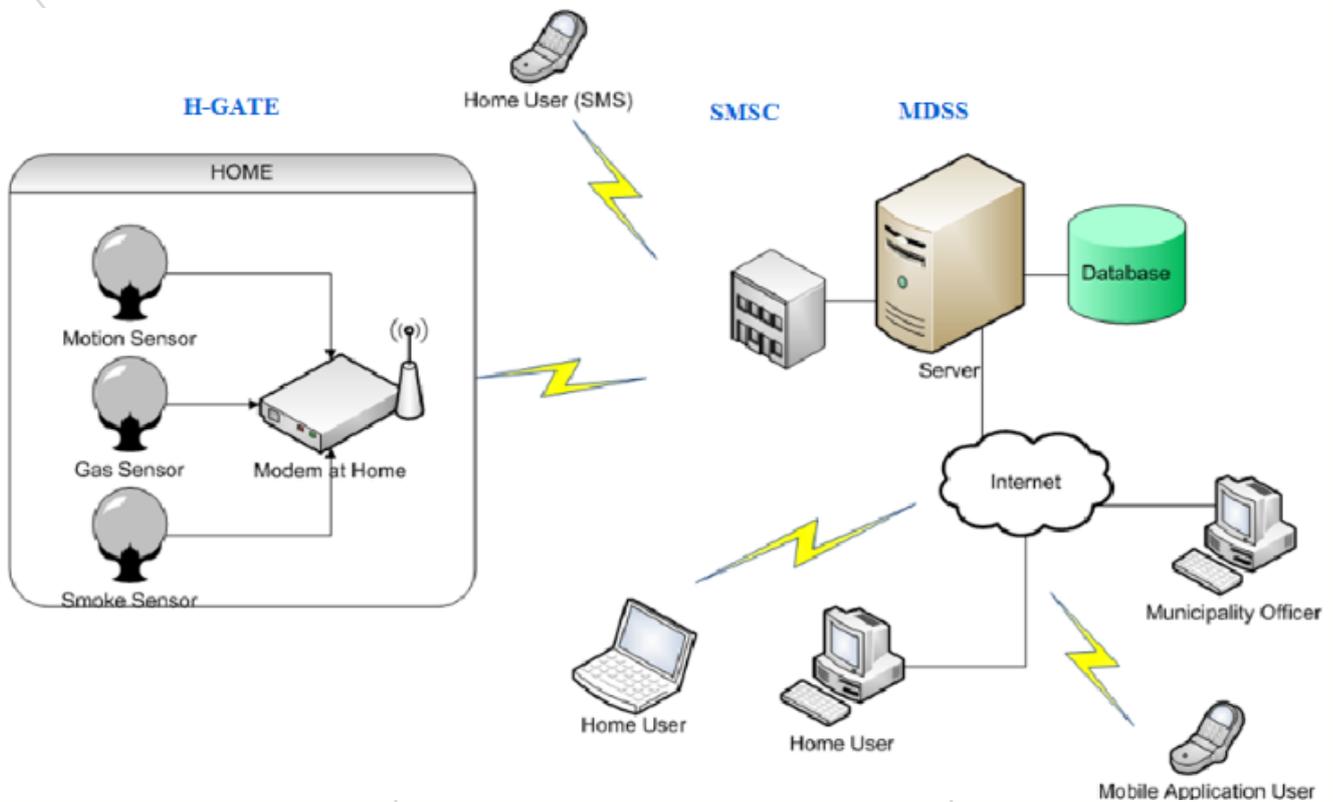


圖 4. 感測器資料無線傳輸系統架構圖(Al-Ali et al., 2011)

Mateska 等人(2011)則提出利用 Sun™ SPOT 平台透過無線網路的形式，將感測器的資料傳遞至伺服器端，且另提出透過 RFID 的設置，捕捉到受試者的位置與重要物品的所在，藉此可體恤年老長者因記憶力衰退所造成的困擾。Maciuca 等人(2013)利用微蜂巢式基地台完成智能屋的資料傳遞，其整體系統的架構流程圖與感測器配置。透過 ZigBee 將建立的感測器資料集中在一中端平台後，再透過微蜂巢式基地台將智能屋的狀況傳遞給使用者，而在安全防護上，建立了一套評斷基準，透過終端控制電腦上的演算法，可將收集而來的感測器資訊透過計算之後，判斷是否有需要自動撥打緊急電話到醫院、警察局或是消防局等，在終端控制器的功能決策部分，則需要相當程度的系統規畫。

Raj (2012)則是選用 Sub1GHz 作為主要感測器網路內的資料傳遞，以 8051 進行感測器網路的資料收集，之後再透過 GSM 的通訊格式將資料傳遞出智能屋外的使用者。智能屋架構參考文獻，也常以 ZigBee 作為感測器網路與終端電腦的連結 (Raj, 2012; Anan et al., 2009; Zualkernan et al., 2009; Fang et al., 2009; Chen & Wang, 2006)。從以上參考文獻中可以得知，現階段的智能屋架構其實都是類似的形式，主要差異在於感測器網路的連結與資訊輸出通訊介面不同。而 Zigbee 雖然具有良好的組織能力，但考量到通訊距離與環境適應性，本計畫預計選用 Sub1GHz 用以連結感測器網路內的資料與終端電腦的連結。

使用 Sub1GHz 的無線通訊頻寬其優點在於低功耗與傳輸距離及穿透性：相較於 2.4GHz 與 5GHz，Sub-1GHz 可以傳輸較遠的距離，因此可覆蓋的範圍亦較為廣泛且效率更好(Aust & Ito, 2012; Aust & Ito, 2011)。Aust(2012)比較同一通訊協定於不同的傳輸頻率模型的差異，文中討論 IEEE 802.11 於 900MHz 與 2.4GHz 頻率的傳輸，900MHz 的傳輸範圍比 2.4GHz 的傳輸範圍整整高了一倍，且以不同的天線傳輸下，900MHz 的傳輸效率較 2.4GHz 好許多。Aust 和 Ito (2012)說明了高頻傳輸 (2.4GHz 或 5GHz) 的方式和低頻比較，傳輸上更容易受到干擾，若用於人口稀少的地區或是大的範圍，低頻的涵蓋範圍會更為廣大，且低頻的效率與電力功耗更為優秀。

參考文獻

1. 行政院經濟建設委員會人力規劃處(2012)，*中華民國 2012 年至 2060 年人口推計*，行政院經濟建設委員會。
2. Ogawa, M., Ochiai, S., Shoji, K., Nishihara, M., & Togawa, T. (2000). An attempt of monitoring daily activities at home. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2000. Proceedings of the 22nd Annual International Conference of the IEEE*, 1, 786-788. doi:10.1109/IEMBS.2000.900867.
3. Ogawa, M., Suzuki, R., Otake, S., Izutsu, T., Iwaya, T., & Togawa, T. (2002). Long term remote behavioral monitoring of elderly by using sensors installed in ordinary houses. In *Microtechnologies in Medicine & Biology 2nd Annual International IEEE-EMB Special Topic Conference on*, 322-325. doi:10.1109/MMB.2002.1002339.
4. Ogawa, M., Suzuki, R., Otake, S., Izutsu, T., Iwaya, T., & Togawa, T. (2002). Long term remote behavioral monitoring of elderly by using sensors installed in ordinary houses. In *Microtechnologies in Medicine & Biology 2nd Annual International IEEE-EMB Special Topic Conference on*, 322-325. doi:10.1109/IEMBS.2002.1053060.
5. Ogawa, M., & Togawa, T. (2000). Monitoring daily activities and behaviors at home by using brief sensors. In *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International, Conference On. 2000*, 611-614. IEEE. doi:10.1109/MMB.2000.893858.
6. Lin, H. T., Hsieh, Y. J., Chen, M. C., & Chang, W. R. (2009). ActionView: a movement-analysis ambulatory monitor in elderly homecare systems. In *Circuits and Systems, 2009. ISCAS 2009. IEEE International Symposium on*, 3098-3101. doi:10.1109/ISCAS.2009.5118458.
7. Su, Y. C. (2010). Design of the intelligent home system architecture. In *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2010 International Conference on*, 5, 2595-2599. doi:10.1109/ICMLC.2010.5580875.
8. Liu, Y. (2006). Design of the Smart Home based on embedded system. In *Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, 2006. CAIDCD'06. 7th International Conference on*, 1-3. doi:10.1109/CAIDCD.2006.329442.
9. Deng, L. (2010). Research of intelligent home control system. In *Electrical and Control Engineering (ICECE), 2010 International Conference on*, 1616-1618. doi:10.1109/iCECE.2010.398.
10. Khan, G. N., & Chan, J. B. (2007). SoPC based Smart Home Embedded Computer Capable of Caring for the Home Occupants. In *Electrical and Computer Engineering, 2007. CCECE 2007. Canadian Conference on*, 206-209. doi:10.1109/CCECE.2007.57.

11. Zhai, Y., & Cheng, X. (2011). Design of smart home remote monitoring system based on embedded system. In *Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE), 2011 IEEE 2nd International Conference on*, 2, 41-44. doi:10.1109/CCIENG.2011.6008062.
12. Stefanov, D. H., Bien, Z., & Bang, W. C. (2004). The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 12(2), 228-250. doi:10.1109/TNSRE.2004.828423.
13. Al-Ali, A. R., Zualkernan, I. A., Lasfer, A., Chreide, A., & Abu Ouda, H. (2011). GRPS-based distributed home-monitoring using internet-based geographical information system. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, 57(4), 1688-1694. doi:10.1109/TCE.2011.6131142.
14. Mateska, A., Pavloski, M., & Gavrilovska, L. (2011). RFID and sensors enabled in-home elderly care. In *MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention*, 285-290.
15. Maciuca, A., Popescu, D., Strutu, M., & Stamatescu, G. (2013). Wireless sensor network based on multilevel femtocells for home monitoring. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2013 IEEE 7th International Conference on*, 1, 499-503. IEEE. doi:10.1109/IDAACS.2013.6662735.
16. Huang, H., Xiao, S., Meng, X., & Xiong, Y. (2010). A remote home security system based on wireless sensor network and GSM technology. In *Networks Security Wireless Communications and Trusted Computing (NSWCTC), 2010 Second International Conference on*, 1(1), 535-538. doi:10.1109/NSWCTC.2010.132.
17. Raj, S. V. (2012). Implementation of pervasive computing based high-secure smart home system. In *Computational Intelligence & Computing Research (ICCIC), 2012 IEEE International Conference on*, 1-8. doi:10.1109/ICCIC.2012.6510231.
18. Anan, F., Wang, M., & Luo, L. (2009). ZigBee-based intelligent home bus Ethernet transmission software design. In *Control, Automation and Systems Engineering, 2009. CASE 2009. IITA International Conference on*, 235-237. doi:10.1109/CASE.2009.27.
19. Zualkernan, I. A., Al-Ali, A. R., Jabbar, M. A., Zabalawi, I., & Wasfy, A. (2009). InfoPods: Zigbee-based remote information monitoring devices for smart-homes. *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, 55(3), 1221-1226. doi:10.1109/TCE.2009.5277979.
20. Fang, A., Xu, X., Yang, W., & Zhang, L. (2009). The realization of intelligent home by ZigBee wireless network technology. In *Circuits, Communications and Systems, 2009. PACCS'09. Pacific-Asia Conference on*, 81-84. doi:10.1109/PACCS.2009.186.
21. Chen, D., & Wang, M. (2006). A home security zigbee network for remote monitoring application. In *Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2006 IET International Conference on*, 1-4. doi:10.1049/cp:20061246.
22. International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2012, 275-280.
23. Aust, S., & Ito, T. (2012). Sub 1GHz wireless LAN propagation path loss models for urban smart grid applications. In *Computing, Networking and Communications (ICNC), 2012 International Conference on*, 116-120. doi: 10.1109/ICCNC.2012.6167392.

24. Aust, S., & Ito, T. (2011). Sub 1GHz wireless LAN deployment scenarios and design implications in rural areas. In *GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2011 IEEE*, 1045-1049. doi:10.1109/GLOCOMW.2011.6162336.

Development and design of the family bond intelligence wireless sensor network for the independent senior who lives alone

*Hung, C.-W., Chang, T.-W., Tu, Y.-M.
National Yunlin University of Science and Technology

Abstract

According to the Ministry of Interior Survey in Taiwan, nearly 23% of elderly parent does not live with family. Those elderly are mostly self-caring. Under realistic conditions of separation, issues concerned to elderly living alone are related domestic caring, elderly's health, safety of life, and their mood state. As the Taiwan culture, children are usually the primary caregiver to their elderly, and these care, including economic, health, and the level of emotional support.

In this study, we focus on the seniors who live alone and their distance families, hoping to establish an intimately family bond through intelligent technology. An intelligent wireless sensor network structure is proposed in this project. Unlike the hard-installation of the normally intelligent house, the high power consumptions of the ZigBee and WiFi, and the low penetration of the Bluetooth, the Sub1G communication is selected, due to its low power consumption and penetration. The different sensor nodes are connected to the Cloud server via Ethernet by the bridge. And then, the elderly's living record will be provided to other subproject I, the APP provide from subproject V will show elderly's living status to Caregiver, and the safe and interactivity with family will be supported in subproject II and III. The advantages of the proposed structure are easily-installation and easy-extension. In this project, we explore ways to help older with distant family members to maintain family cohesion, as well as how to accomplish the moderate intervention and application for intelligence technology in domestic life.

Keywords: family bond, wireless sensor network, Sub1G wireless communication