

無線感測網路的應用與建置之研究

Wireless Sensor Network Applications and Deployment of Study

著者／許涵慈 胡家正

海軍官校正期99年班應用科學系學生

海軍官校正期77年班

成功大學工程科學研究所碩士

台灣大學資訊工程研究所博士

現任海軍官校應用科學系中校助理教授

無線感測網路(Wireless Sensor Network; WSN)的架構上，除了WSN架設的困難需要克服外，如何儲存感測器獲得的資料，並且讓使用者可以隨時便利地在任何地方透過網路存取這些資料，付出最低的成本建構最長遠的架構也是很重，我們將深入探討議題，了解節電的另一層意義，並針對降低系統開發的成本與時程、使用便利，以增加使用者用戶群、感測器的佈置方法及感測器具有隨插即用的可擴充性；另外，在無線感測網路發展中，應用方面仍有很大的空間可以進步，未來將拓展食衣住行育樂這塊版圖。

一、前言

文本意見分析為近年日漸興起之感測網路議題而起，就長遠的眼光來看，感測器網路的潛力幾乎是無限廣大，不論是專用市場或一般消費性市場均有可發揮之處，像是目前科技硬體的製造亦或是操作技術、系統架構及協定原理的制定，其目標都朝向建立一完整且有系統性的感測器網路而努力，期待在未來無線感測器網路能夠迅速融入我們周圍的生活環境，在未來提升科技對人們的幫助。

二、無線感測網路源起與基本介紹

無線感測器網路異於普通無線網路的架構，它針對待偵測的區域放置許多感測器，這些感測器具有感測功能及無線傳輸功能，可以將感測的資料經由單點跳躍或多點跳躍的方式，集中到某個特定的匯集點，再由此匯集點依據感測的資訊做出相對應動作³；而由於

感測器是使用電池供電，所以它必須具有低功率、低傳輸速率等特性。當然上述旨在於能使人類在許多作業進行上能更為便利、以及減少事故的傷害，確保其安全性。

無線感測裝置主要的組成元件，包含微控制器、感測器、無線通訊裝置、電源供應裝置與作業系統；感測器(sensor)是接收信號或刺激並反應的器件，能將待測物理量或化學量轉換成另一對應輸出的裝置，用於自動化控制、安全與防護設備。

微控制器(Micro-controller Unit, MCU)則是把中央處理器、記憶體、定時(計數器)、輸入輸出介面都整合在一塊晶片上的微型電腦。與應用在個人電腦中的通用型微處理器相比，它更強調不用外接硬體和節約成本。它的最大優點是體積小，可放在儀表內部，且由於記憶體容量小，輸入輸出介面簡單，功能較低，但其發展非常迅速，可應用於多種領域。

三、無線感測網路發展的重點

無線感測器網路的發展茁壯，因此有許多市場機會出現，而對於無線感測器的硬體發展，將依照應用的需求而有不同發展空間，在此將介紹一些感測器所要達到的目標。

理想的無線感測器而言，應該包含以下幾個要求：

- (一)盡可能節省電量。
- (二)傳送可達到所需的距離。
- (三)對不同廠牌的產品有通用性以及隨插隨用的功能。
- (四)體積要小、使用方便。
- (五)可以自我建構、自我測定及自我定位。
- (六)提供一個安全的無線電傳輸信號。
- (七)花費成本要低

針對能源、延展性及產能概要性地簡介其發展重心。

在能源方面，為了延伸電池的壽命，能量的消耗是一個關鍵性問題，有一些方法可以用來延伸電池的壽命，如電源管理、自我充電、低功率設計、研發電池等。就電量部分，可用太陽能、溫差、電池場效應、或化學反應等作用來產生能量，此時就要有電源管理，能夠將生產的電量有效地儲存，並對感測器本身傳送資料的管理，以減少不必要的傳送，盡量的節省電力消耗，並藉此提升電池壽命，還可利用低功率設計的方法，對裝置的週期性活動做不同電源供應以減少能量消耗；再者，如果可以在自我充電這部分發展，利用設計新的電池以提高電池電量及充電次數再加上盡量節省電力消耗，如此一來，將可以對感測器的使用率有極大幫助。

在延展性方面，對於一個有延展性的系統，它可以接受新裝置的加入或是更新，即使裝置是由不同

廠商所研發。而此時技術將是彼此能否共存的一個關鍵，因此設計新的硬體設備時，除了重視技術所得到的結果外，還要關心技術之間的關聯性及共存性。

在產能方面，對於普通的無線網路來說，增加產能是一個確定的方向，但是對於無線感測器網路卻不一定，就每種不同應用的要求，有可能會轉而提高可靠度而非產能，而對於產能的直接影響就是一開始頻帶之選定，越高的頻率載子可以容納的信號頻帶就越多，因此產能也就越高，但相對地，越高的頻率越容易受到干擾而衰減信號強度，因此其可靠度相對就下降，這是要注意的地方⁶。而另一個影響產能的因素是調變技術，由於調變技術的不同，其複雜性也就不盡相同，對於可能發生錯誤的機率也就不一樣，因此在選擇時也要自我評估。

四、無線感測器技術的相關研究與發展趨勢

Wireless Sensor Networks(WSN)被MIT Technology Review列為改變未來世界最有潛力的十大技術之一⁸。根據OnWorld預估到2011年，無線感測器網路(WSN)系統與服務之全球市場將由目前的5億美元成長至約46億美元，2012年802.15.4感測器網路晶片組將達2.5億個⁷，其應用及服務將深入日常生活中，為極具發展潛力之新興產業。

依據行政院推動台灣由「M-Taiwan」(行動台灣)進階至「i-Taiwan」(智慧台灣)，規劃i236推動計畫(2個主軸、3種網路及6項應用)，其中無線感知網路為重要的基礎建設之一²。因應此一趨勢，本計畫乃聚焦WSN技術，與國際同步發展，期望帶動台灣在生活及工業等感測網路創新應用服務，進而開創台灣WSN高附加價值服務產業之新契機。

另外，目前在無線感測應用服務整合技術及嵌入式感測網路軟體技術上，在國內外均有發表相關研究，也有許多研究論文刊登於IEEE期刊上。研究成果可以說是相當優異成果，國內也可以建立了自主技術與專利網，國內相關技術成就說明如下[2]：

(一)無線感測網路省電技術

利用終端裝置之發射功率控制，減少終端裝置之電能消耗，進而增長終端裝置之使用時期，最佳情況下可以降低52%的電耗。趨勢分析技術為基礎之無線感測器省電技術，在80%的信心水準之下，與國際現有技術相比，約可額外省下35%耗電。

(二)無線感測網路定位技術

應用分群多點定位，以20個信標點配合10個移動點之網路定位系統為例，可減少85%的通訊負載。加快樣本比對定位法之速度以及提昇定位準確率，定位準確率皆可以維持80%以上之hit rate，而傳統非允許重疊之分群方法則降低至40%以下。解決大範圍環境特徵比對定位演算法的定位效率，並且能同時增進定位精度，運算速度為國際技術NNSS樣本之66倍。

(三)無線感測網路安全技術

雙模式WSN密鑰建置與事件處理技術，與國際標準技術ISO/IEC 11770的方法比較，在整體效能獲得20%的改善，減少20%以上傳輸封包長度。

(四)無線感測網路運作模式建構技術

本技術領先國際，率先應用模組化裴氏網路於監控架構之設計，應用交集的模組化技巧，設計複雜度，來妥善處理大型系統設計時，所遭遇的狀態空間爆炸問題。以命令過濾器為基礎的架構，解決不當的操作行為可能會導致嚴重的危險事故，可降低75%可能危險狀態的發生。降低網路中時間延遲與封包遺失的影響，可降低88% 狀態空間複雜度，節省54%之資料傳輸。

(五)無線感測網路系統建構技術

建構異質無線感測網路之實驗平台，成功串連各種異質的感測網路，整體系統包含60個以上的節點。防止無線裝置誤加入無線隨意網路，提出防止誤加入之

無線隨意網路建立方法，增加使用方便性，降低額外硬體生產成本。

近日，美商國家儀器(National Instruments; NI)發表一款無線感測器網路(WSN)平台，是一款完整的穩定且低功率的無線量測節點遠端監控解決方案。NI WSN平台利用NI資料擷取系統的專業技術，以簡單易用的解決方案提供高品質測資料、可管理耗電量的彈性，與可隨時新增功能的客制化無線硬體。而此平台最關鍵的差異處，即在於可完美整合NI WSN量測節點的Lab VIEW軟體，此軟體可透過直覺式的圖形化接線與圖示建構出流程圖，以開發完整的量測、測試，與控制系統，並其可整合數千款硬體裝置並內建數百筆函式庫，進行高階的分析作業並呈現資料。Lab VIEW平台可跨多樣的作業系統，在 1986 年問世之後，已儼然成為業界的領導軟體；而此新款產業額定的NI WSN可由電池供電，並可長期部署於嚴苛環境中。更可以透過Lab VIEW的彈性，NI WSN平台可簡化並加速相關應用的開發過程並以拖曳式的設計環境設定無線系統、進行量測，並執行資料分析與呈現。Lab VIEW亦可搭配普及的網路連線功能，與無線系統進行遠端互動。

NI目前僅發表首2款WSN節點，並將繼續擴充NI WSN平台的量測功能。無線量測節點僅需4顆AA電池即可運作最長3年，因此極適用於長期的部署作業。此外，Lab VIEW更可完美整合接線式量測裝置，還有其他製造商的多款無線感測器網路平台。由於量測節點已針對低功率裝置、長期部署，與有限的運算資源進行最佳化，因此Lab VIEW可使用Lab VIEW Wireless Sensor Network Module Pioneer客制化各組節點的嵌入式軟體，更可以透過Lab VIEW的直覺式圖形化程式設計功能，工程師可輕鬆設計節點，以延長電池壽命、執行客制化分析，並以嵌入式的決策功能縮短反應時間。

目前在移動式無線感測器網路主要有兩個研究方向，一種是使用具備行動通訊能力的裝置來幫助感測器網路傳輸，也就是透過行動網路來擴充感測器網路的通訊範圍。另一種就是將感測器裝在移動式的交通工具上，來擴充感測器的偵測範圍¹。

五、現今感測網路之運用與建置

針對此一問題的相關研究，可知感測網路的應用潛力廣泛，以下分為五大類加以描述其相關研究：

第一為在軍事應用包含人員、裝備及軍火上加裝感測器以供識別以及監控戰場狀態¹⁰，也可以將感測器投擲於對方陣營中，以完成偵察任務、當智慧型軍火的導引器、偵察及判定核子、生物和化學攻擊。第二是在環境應用方面就如，將幾百萬個感測器佈署於森林中，以對任何火災地點的判定提供最快的訊息。感測網路用於水災判定、監測空氣污染、水污染及土壤污染，更能提供遭受化學污染的位置及檢定出何種化學污染，不需要人親自冒險進入受污染區⁴。

第三則是健康應用層面，將感測網路佈署於房子裏及人的身上，而達到遠距監測人體各項健康數據及人的各項行為的目的。感測器可放在病人或藥師身上，如此錯誤的藥物處方或是病人拿錯藥的機會可以降低。第四是家庭應用，將含有起動器的感測網路佈署於家中，可以讓人們在遠方或在家裡經由網際網路作

許多家事⁵。

在商業方面的應用其實較少，未來趨勢將是朝此研究方向發展，工廠自動化的生產線上的品質控制，利用感應器去偵測不良品。傳統辦公室的空調系統是中央控制，因此有些地方可能很冷，有些地方卻很熱。使用感測網路，各個角落的感測器可以知道當時的環境狀況，進而要求控制當時的氣溫或空氣流動；用於管理上面可以監控車輛或商品的失竊、車輛的追蹤和交通流量的控制⁹。

六、結論

無線網路也跟著日新月異也隨著人們使用網路的頻繁而持續地蓬勃發展著，時時刻刻都有許多新的技術規格正在制定中，無線感測器網路的潛力幾乎是無限的，它從家庭自動化到戰地協同作戰等方面，都有其可以發揮研究的地方，本文統整如下頁(表一)：

另外，在移動式無線感測器網路技術研究延伸層面中，網路架構是設計最主要的關鍵，如何用最簡單且

表1 無線網路的發展潛力

項目	問題	相關解決之道	分析	實例
(一)	如何節省電量	針對兩方面： 1. 電池壽命 2. 電量部分	1. 電池壽命： (1) 電源管理 (2) 低功率設計 2. 電量部分 (1) 太陽能 (2) 溫差 (2) 電池場效應 (4) 化學反應	無線感測網路省電技術(最佳情況下可以降低52%的電耗)
(二)	如何擴大偵測範圍	裝在移動式的交通工具	1. 軍事裝備加裝感測器以監控戰場狀態 2. 將感測器投擲於對方陣營中以完成偵察任務。	1. 智慧型軍火的導引器 2. 偵察及判定核子 3. 生物和化學攻擊
(三)	自我建構自我測定自我定位的可能性	無	1. 定位準確率維持80%以上 2. 降低88% 狀態空間複雜度 3. 節省54%之資料傳輸	1. 無線感測網路定位技術 2. 無線感測網路運作模式建構技術
(四)	感測器體積要小、使用方便	利用微控制器	1. 置儀表內部 2. 介面簡單 3. 記憶體小	1. 智慧電錶 2. 家庭自動化 3. 保安監視設備 4. 遙控器等通信 5. 網路應用
(五)	安全的無線電傳輸信號	使用具備行動通訊能力的裝置	整體效能獲得20%的改善	無線感測網路安全技術
(六)	整體花費成本要低	1. 用移動設備 2. 減少支出	1. 增加使用方便性 2. 降低額外硬體生產成本	無線感測網路系統建構技術

最低的成本來達成通訊，為主要策略考量，在日常應用方面，其實目前移動式無線感測器網路，主要還是應用在公共領域上，較少有商業的應用模式¹¹，未來可望應用於像是：

(一)人類生活中環境品質的監測

可透過在車輛上(移動式裝置)裝置化學或是空氣污染偵測的感測器來達成。

(二)路面品質偵測

平日行走於道路上，總覺得路面崎嶇不平，又難以向上級回報，故認為可透過三軸加速度感測器結合全球定位系統來達到路面品質偵測。

(三)最佳路徑規劃

由於目前的導航軟體都是以最短路徑為規劃依據，但是最短路徑往往不一定會最快到達，有可能是鄉間小路，還有因為紅綠燈、塞車等等因素需要考量，此為不同於導航軟體的路徑規劃，透過駕駛人實際駕駛的紀錄，找出兩地之間的最佳路徑，進而透過駕駛人實際駕駛上傳的資料，經過統計分析所得到的最佳路徑，並可以隨時感測以利改變路徑，以盡可能最快達到目的地。

(四)駕駛者行為分析

透過感測器紀錄駕駛者駕駛過程中，一些車輛上的數據，例如車速、引擎轉速等資料，了解駕駛者習性，並整合這些資料以提供汽車公司作為設計新汽車(量身訂做亦可)參考，也可提供給具備行動通訊能力的裝置來擴充感測器作為危險道路的分析。

(五)資料載送

透過會移動的車輛或行人形成傳送網路，來幫忙傳

送感測器網路的資料，到網際網路的伺服器上。

相信在未来，全球將會運用無線感測網路應用服務平台，整合無線、感測、網路、定位等技術，針對都會生活及健康育樂需求，提供即時感測訊息，加速無線感測之整合應用，並開創新的服務營運模式，以創造更龐大的商機。 📶

參考文獻

- 1 Jun-Bin Shi, Da-Jheng Li, "The Introduction and Application of Mobile Wireless Sensor Network," P.63~P.70, 2009 第127期電腦與通訊。
- 2 Chih-Yuan Liu, Chi-Lung Wang, "Wireless Sensor Networks Technology Program," P.25~P.30, 2009, 第128期電腦與通訊。
- 3 Hsu-Chun Yu, Yen-Tun Peng, "A Data Management Platform for Wireless Sensor Network," 3.25.2008, 第123期 電腦與通訊。
- 4 Jun-Liang Lin, "Development of Wireless Sensor Network for Home Health-Care Application," June 2006 Hsinchu, Taiwan, Republic of China。
- 5 Chung-Yi Wu, Jau-You Chen, Hui-Chun Lin, Lun-Chia Kuo, "An Introduction to WSN System Architecture and its Related Applications," 3.25.2007, 第119期 電腦與通訊。
- 6 Wan-Ting Lai, "Using Mobile Mules for Data Collection in an Isolated Wireless Sensor Network," June 2007, 碩士論文，網路工程研究所，國立交通大學。
- 7 經濟部科技研究發展專案九十七年度計畫執行報告「無線感測網路關鍵技術發展四年計畫」(第三年度)，民國98年1月。
- 8 張添壽/顏啟森/溫志宏, "無線感測網路之感測器定位系統實作," 國立中正大學通訊工程學系暨研究所, 2005年。
- 9 李俊賢博士, "無線感測網路與ZigBee協定簡介," 工研院電通所, 電信國家型科技計畫, 77期。
- 10 魏汶煌/劉瑞榮, "戰場資訊神經-無線感測網路之軍事應用" 開南大學資訊及電子商務研究所論文。
- 11 國際電子商情, 通信與網路, ST發佈32位元微控制器/系統級晶片STM32W 助力無線監視應用, 10.14.2009。