

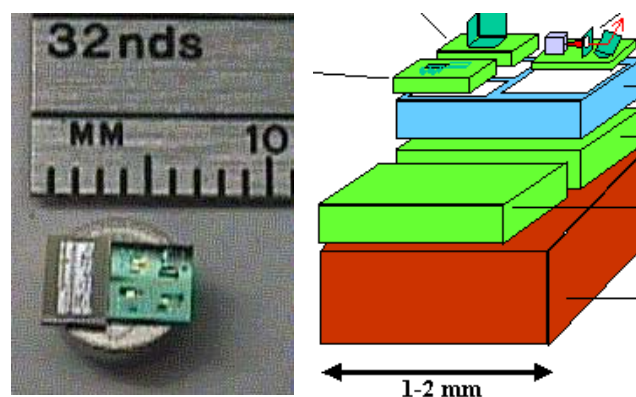
# 無線感測網路與 ZigBee 協定簡介

工研院電通所 / 李俊賢 博士

## 壹、即將改變世界的新興技術: WSN

2002 年夏季，研究人員把許多被稱為「塵埃」的微型監控元件裝到海燕巢的洞穴中。這些裝置的尺寸只有一對 AA 號電池那麼大，並且裝備了一個處理器，一個小量電腦記憶體和監控溫度、濕度、壓力、光與熱量的感測器。這些「塵埃」預示著一個到處是以電池為電源的無線感測器網路的未來，這些感測器監控我們的環境、機器甚至我們自己。

2003 年美國 MIT 技術評論(Technology Review) [1]認為，有十種新興技術很快就可以改變計算、醫療、製造、運輸和我們的能源基礎設施。其中排名第一的，即是無線感測器網路 (Wireless Sensor Networks, WSN)。WSN 是由一到數個無線資料收集器以及為數眾多的感測器(sensors)所構成的網路系統，而元件之間的溝通則是採用無線的通訊方式。為了達到大量佈建的目的，無線感測網路必須具備低成本、低功耗、體積小、容易佈建，並具有感應環境裝置，可程式化、可動態組成等特性。



圖一、美國加州柏克萊大學所研發的智慧灰塵 [2]

WSN 的發展，最早是美國加州柏克萊大學(UC Berkeley)的一項研究計劃，研究人員利用 MEMS 技術，開發出一種體積與普通阿斯匹靈藥片大小相似的感測器，稱為智慧灰塵(smart dust) [2]，如圖一所示。由於這項計劃是由美國國防

部研究計劃單位(DARPA)所資助，原先的構想是應用在軍事上。例如在戰場上，使用無人駕駛的小飛機，帶著數以百萬的無線感測器，灑在監控敵軍的區域進行蒐集資料任務，一段時間之後，同樣派遣無人駕駛的小飛機，將感測器蒐集到的資料透過無線網路傳回小飛機上，並帶回基地加以分析。如此一來，就不需要冒著極大的危險派遣兵力深入敵方，便可完成蒐集敵軍情報的任務。在加州柏克萊大學的計劃中，研發出的無線感測元件，稱為 Mote 系列。之後衍生出許多相關技術的研發公司，其中結合 IEEE 802.15.4 的商品化 Mote 家族，有 Intel [3] 的 Mote 2，Crossbow [4] 的 Mote-Kit 2400 (MICAz)，與 Dust Networks [5] 的 M2020 Mote 等。

## 貳、WSN 的特點與限制

目前現有的 Wireless Ad hoc Network (WANET) 的架構是為最接近 WSN 的架構。雖然它們同為無固定基礎結構(infrastructure)型的網路，但現有的 WANET 協定及演算法大多無法直接應用到 WSN 上。其中最主要的幾個原因如下：

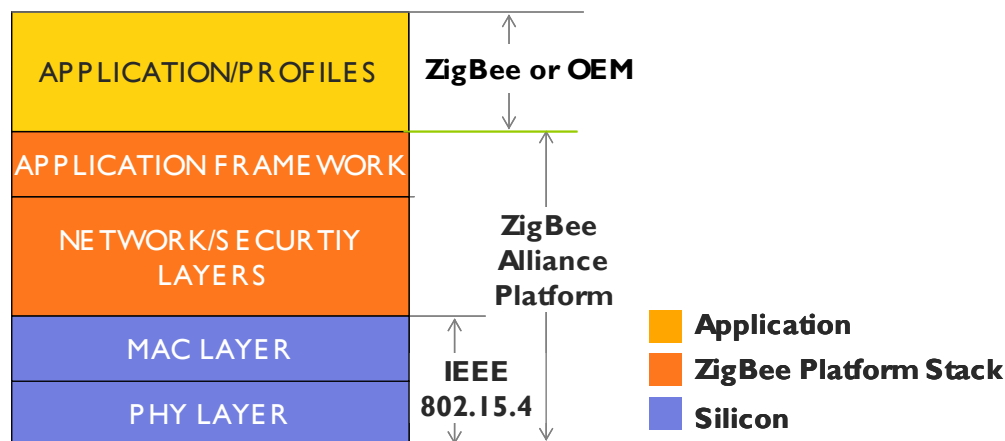
- 1) WSN 的節點數常是 WANET 的數十倍至數千倍，故需低製造成本。
- 2) WSN 節點的體積，能量，運算能力，及記憶體受到極大的限制。
- 3) WSN 的節點密度高，且較容易故障，因此需有容錯功能。
- 4) WSN 的網路拓樸(topology)時常改變，需有網路自我重建功能。
- 5) 大部份的 WANET 使用點對點(point-to-point)通訊，而 WSN 主要使用廣播(broadcast)或群播(multicast)通訊，而且需支援多點跳躍傳輸路由(multi-hop routing)。
- 6) 為節省傳輸資料的能量，WSN 的 ID (MAC address)將不適用傳統 IEEE802 系列的 6 個位元組。

也由於 WSN 的上述特性，衍生許多有趣的研究題目，是一個跨足多領域與技術的新學門，而相關的學術論文與產業應用也正蓬勃發展中。

## 參、為 WSN 量身訂作的通訊標準: IEEE 802.15.4/ZigBee

有關無線感測網路的通訊協定，考慮到相容性與市場可接受度，在家庭自動化與智慧型大樓方面，以 IEEE 802.15.4 低速率無線個人區域網路(Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN)結合 ZigBee [6] 無線標準為基礎的發展，是多數研發廠商依循的方向，如圖二所示。

ZigBee 的命名，源自於蜜蜂在發現花粉時，展現如同 ZigZag 形狀的舞蹈。看似隨意在跳的字形舞，實際上是將有花和蜂蜜的地方，正確地傳達給其他蜜蜂同伴。ZigBee 主要是由 IEEE 802.15.4 小組與 ZigBee Alliance 組織，分別制訂硬體與軟體標準。它是一種低傳輸速率 (250kbps)、短距離 (一般約為 50-100 m，依耗電量之不同，可提昇至 300m)、低消耗功率、架構簡單的技術。目前制定的頻段為全球的 2.4GHz ISM 頻段、美國的 915MHz 頻段，以及歐洲的 868MHz 頻段。在 2.4GHz 的 ISM 頻段，可使用的通道數為 16 個；在 915MHz 的 ISM 頻段，可使用的通道數為 10 個；在歐洲的 868MHz 頻段，可使用的通道數為 1 個。ZigBee 支援主從式或點對點方式運作，同時最多可有 255 個裝置鏈結，具有高擴充性。主要應用的方向在於家庭裝置自動化、環境安全與控制，以及個人醫療照護等功能，逐漸成為產業共通的短距離無線通訊技術之一。



圖二、以 IEEE802.15.4 為基礎之 ZigBee 無線通訊協定 [6]

而看好量大的家用市場，以 Zensys 為首成立的 Z-Wave 聯盟 [7]，也設計相關的無線協定，與 ZigBee 爭奪家庭自動化市場。此外，針對各種不同的應用場合，IEEE 802.11/WiFi、IEEE 802.15.1/Bluetooth、IEEE 802.15.3/UWB (ultra

wideband)等通訊標準，也都是無線感測網路可能採用的協定。

此外，正在發展中的 IEEE 1451.5 標準，則嘗試著去訂定出一個標準介面，將各種不同的無線通訊協定隱藏而獨立於傳感器設計，希望達成可以直接即插即用(Plug-and-Play)的智慧型傳感器(smart transducer)應用。

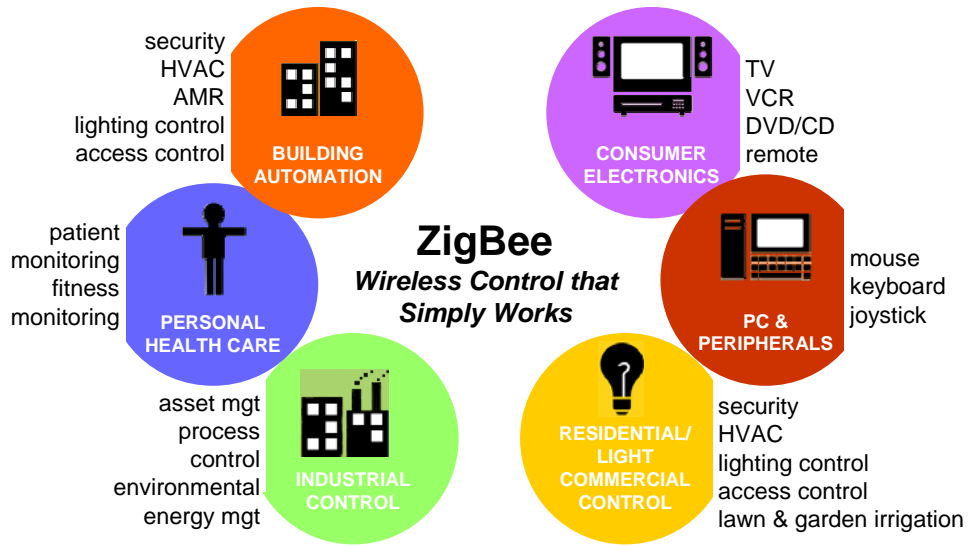
#### 肆、WSN 的實際應用

WSN 的實際應用，可用於軍事安全、監測健康與安全、控制傳輸系統等上。簡而言之，當通訊協定及設施建立好，只需依所要目的做特定偵測，就可以達到監控的效果。在軍事安全上，WSN 可用於戰況的偵測，國家安全的監控，而對於重要的基礎建設，它可以採用監控方式，來偵測其健全性，並建立新的安全資訊系統，以防範恐怖組織或不良分子的破壞。在民生應用方面，可以對病人和對設施進行監測，並可應用在追蹤、辨識及定位，這些技術除了可用在臨床病人外，也可對在家的居家老人進行照護。此外，可發展出家園監控管理，當外出時，可對居家環境做偵測，以保持舒適健康又安全的生活環境。

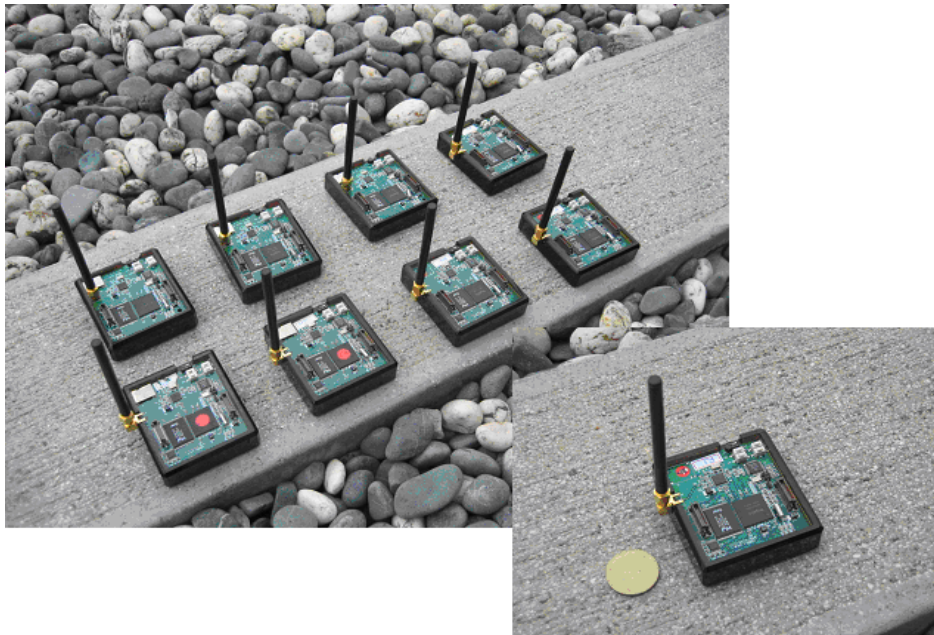
ZigBee 應用領域主要有家庭自動化、家庭安全、工業與環境控制與個人醫療照護等，可搭配之應用產品則有家電產品、消費性電子、PC 週邊產品與感測器等，提供家電感測、無線 PC 周邊控制、家電遙控等功能。ZigBee 目前是以家庭自動化為切入點來設計，其應用範疇如圖三所示。

有關工研院電通所的 WSN 發展，自 2003 年起，在中央研究院孔祥重院士(哈佛大學教授)的引入下，進行有關 SCAN(Sense, Compute, And Network)的研究計劃。於 2004 年開發出第一代以 Bluetooth 為基礎的無線感測節點 SCAN-BT。目前第二代以 ZigBee 為基礎的無線感測節點 SCAN-ZB 之硬體平台，也已經開發出來，如圖四所示。

大多研究人員對 WSN 抱著相當大的期待，預測其為改變世界的新興技術。然而事實上，多數研發者仍在找尋 WSN 可能的殺手級應用(killer applications)。目前市面上可看到的商品化產品，有 Digital Sun [8] 所發展出的自動化花園管理系統、Sensicast [9] 的展覽會場的保全系統、與 Senera [10] 的橋樑安全監控系統等等。



圖三、以家庭自動化為切入點的 ZigBee 無線通訊協定之應用範疇 [6]



圖四、工研院電通所開發出的 ZigBee 無線感測網路之節點

## 伍、結語

2004 年美國 MIT 技術評論的期刊編輯部 [1]，從 IBM 及通用等大公司和幾所著名的大學聘請了 30 名專家，對來自全球 600 多位提名者進行了嚴格的評審，篩選出 100 名在 35 歲以下的青年，為當今世界青年知識分子中的科技創新者。

<本刊文章僅代表作者本人觀點，不代表計畫辦公室立場>

其中 Millennial Net 公司創建人兼首席技術官，Sokwoo Rhee 博士(韓裔)，設計了超低功率，無線感測器網路，他們的極小尺寸感測器節點技術可用於環境監測、偵察和健保工作。澳大利亞國立大學講師 Shad Roundy 博士，他製成用於無線感測器網路的小發電機，可將很微弱背景震動轉換成電能。

此外，據 B&B Electronics 和 Sencicast Systems [9] 進行的一項線上調查顯示(2005 年 10 月)，在 200 家業界終端用戶及系統整合商中，有超過 53% 的公司正考慮在 2006 年配置無線感測網路。受訪者中，對無線感應網路特別是工業監控感興趣的人數在持續成長，有 73% 的受訪者在研究無線網路在其領域中的應用。同時，有 33% 的受訪者認為，無線感測網路的可靠性是造成配置延誤的主要原因。另外，此一線上調查並顯示，2.4GHz 工作頻率是最受青睞的，選擇 2.4GHz 的受訪者人數是選擇 900MHz 的兩倍。

上述兩項評論與調查報告，對 WSN 的研究人員與前景不啻是一項鼓舞與肯定。隨著微機電技術的進步與無線傳輸技術之發展，WSN 的應用範圍越來越廣，未來也許在生活中處處充滿著察覺不到的感測器，隨時監控著人們的健康與安全，實現「無所不在」的網路(ubiquitous networking)之願景。

## 陸、參考資料

- [1] Technology Review, <http://www.technologyreview.com>
- [2] Smart Dust Project, <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/>
- [3] Intel, <http://www.intel.com/>
- [4] Crossbow, <http://www.xbow.com/>
- [5] Dust Networks, <http://www.dustnetworks.com>
- [6] ZigBee Alliance, <http://www.ZigBee.org/>
- [7] Z-Wave Alliance, <http://www.z-wavealliance.com/>
- [8] Digital Sun, <http://www.digitalsun.com/>
- [9] Sencicast, <http://www.sencicast.com/>
- [10] Senera, <http://www.senera.com/>