

WSN 市場：網狀當道、 IPv6-based 賽前暖身、 LPWAN 旭日初升

■文：任莖萍

物聯網市調機構 ON World 今年一月發佈報告指出，無線感測網路(WSN)技術將為工業物聯網(IoT)提供關鍵因素，包括：長年電池供電的無線節點、IP 定址能力、現場匯流排通道、雲端配置和管理系統；預估 2021 年，用於工業自動化、農業和建築的無線感測、追蹤與設備控制相關服務產值將達 350 億美元，屆時 WSN 晶片出貨量將達 25 億片。該單位並剖析 WSN 未來發展的三大面向：短距固定無線感測、短距移動感測，以及遠距無線感測、追蹤，而增長最快的 WSN 市場將是智能手錶、健身追蹤器等穿戴式裝置，以及智能家居／建築／城市。

弔詭！ZigBee 在應用層建立共通語言，一刀雙刃

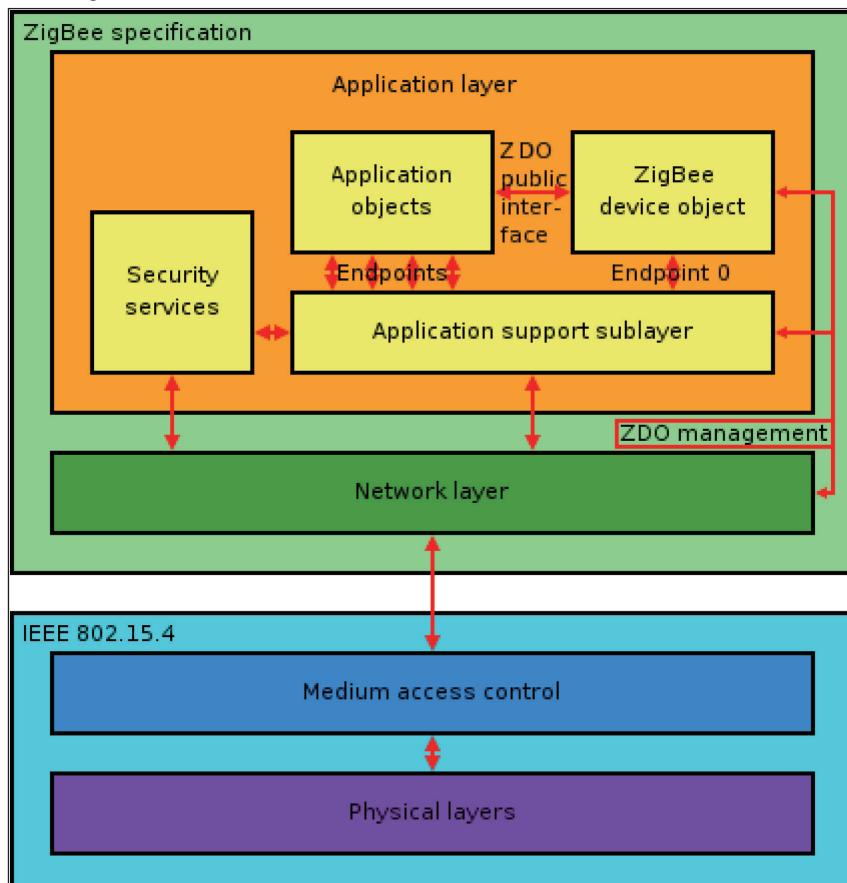
ZigBee 可謂是正式敲開大規模聯網之門的先驅，這個看似沈靜許久的技術，其實有業界專家預估，它在 2016～2020 年仍以 26% 的年複合成長率緩步前進，在家庭自動化設備，如：智能照

明、多媒體和安全性等應用尤為大宗；中國美的電器等製造商已加入 ZigBee 聯盟。低功耗、網狀(mesh)拓樸和開放式標準，是 ZigBee 最大魅力所在；然而，散亂的配置文檔、連線互通性與競爭技術輩出，

也是 ZigBee 為人詬病之處。所幸，今年美國 CES 期間，ZigBee 聯盟展示以 dotdot 作為物聯網(IoT)通用語言，可讓連網裝置在任何網路之上共同作業。

例如，同為 802.15.4 標準的

圖 1：ZigBee 通訊協定堆疊



資料來源：Wikimedia

Thread IP 網路，讓應用層的互通不再滯礙重重，將有助於設備業者將不同的無線電模組放在單一裝置中；包括：微芯科技 (Microchip，併購 Atmel)、德州儀器 (TI)、芯科科技 (Silicon Labs)、恩智浦 (NXP)、Exegin、Qorvo(前身為 GreenPeak Technologies)、三星電子 (Samsung Electronics)、和 ubisys 等八家聯盟成員，已獲 20 項 ARM- based Zigbee 3.0 晶片平台認證；而各大元件供應商或經銷商，為突出旗下感測器 (Sensor)/ 射頻 (RF)/ 微控制器 (MCU)/ 系統單晶片 (SoC) 賣點，莫不在開發套件及整合平台下足工夫。

● **Microchip**：以原有 Atmel BitCloud 為基礎，加上 SAMR 21 Xplained Pro 評估套件軟體開發套件 (SDK) 整合而成 ZigBee 平台。BitCloud SDK 是一個功能齊全的生產級嵌入式軟件開發平台，為構建符合 ZigBee 標準產品的參考應用程序和資料庫提供框架。除完整 ZigBee Pro、節能 (ZigBee Green Power, ZGP)、基本設

備行為 (BDB) 和 ZigBee 照明和佔用 (ZLO) 支持外，SDK 還提供幾種用於家庭自動化、照明和控制的 ZigBee 應用設備類型。該平台支持可擴充和安全的無線解決方案，支持數百種設備的大型網狀網絡，並針對超低功耗進行優化。

● **TI**：SimpleLink 平台的 SensorTag 開發套件，DevPack 插入式模組具備擴充性、可編程特性，以及免費 iOS 或 Android 應用程式的開箱即用功能，無需程式設計經驗也能迅速上手；透過包含 IBM BluemixIoT 基礎架構的生態系統，可在 3 分鐘內連結至雲端。參考設計包括 SensorTag 3D 列印檔案、協定堆疊、免費 Code Composer Studio 整合式開發環境 (IDE) 使用許可、線上培訓和每天線上 TI E2E 社群支持，另有多款整合型低功耗感測器，包括：OPT3001 環境光感測器、HDC1000 溫／濕度感測器及 TMP007 非接觸式紅外線 (IR) 熱電堆感測器等。

● **NXP**：以 NXP JN5169 無線微

圖 3：JN516x-EK004 評估套件



資料來源：NXP 官網

控制器為基礎的 JN5169XK010 擴充板套件，提供開關、電平控制和 LED 功能——JN516x-EK004 或 JN516x-EK001 ZigBee 評估套件可利用 NTAG I²C 套件 (單獨供貨) 將連網裝置分別新增至 ZigBee 或 NFC 網路。JN5169 模組預設為可調開關，可用於 ZigBee 照明／調光開關，或光感測器／類比開關感測器。用戶可透過「BeyondStudio for NXP」工具鏈 (JN-SW-4141)，以 USB 連接至 PC 重新編程，並透過 JN51xx 快閃記憶體程式設計器將新應用下載到 JN5169 片上快閃記憶體。

● **Silicon Labs**：2015 年收購智慧電表廠商 TELEGESIS 後，去年推出首款可支援 ZigBee/ Thread 軟體的 Wireless Gecko 模組。MGM111 是基於 2.4GHz Mighty Gecko SoC 的多協定模組，內建協定堆疊、天線選項並預先通過 FCC(北美)、IC(加拿大)、CE(歐洲)、RCM(澳大利亞／紐西蘭) 和 KC(韓國) 等 RF 規範認證，開

圖 2：Microchip (Atmel) BitCloud SDK 包括全功能參考應用程式、ZigBee PRO 堆疊和用戶文檔，可快速設計開發符合 ZigBee LightLink 和家庭自動化的無線產品



資料來源：<http://www.atmel.com/tools/bitcloud-zigbeepro.aspx>

圖 4 : Silicon Labs MGM111 Mighty Gecko 多協定模組



資料來源：Silicon Labs 官網

發人員不必再受限於複雜的 RF／天線設計和測試，而能專注於終端應用並加速上市時程。Mighty Gecko 模組和無線 SoC 具備相似技術特性和應用程式設計介面 (API)，亦有開發和評估套件提供，方便從模組過渡到 SoC，無需重新設計系統。

弔詭的是，當 ZigBee 聯盟急於為解決應用層互通問題而疲走之際，卻有模組廠／系統商認為：此舉可能導致 ZigBee 協定走向封閉，或將損及其「開放式標準」的初衷與既有優勢。詳見本期特輯系列文章。

基 於 I Pv 6 的 6LoWPAN，可讓節點裝 置直接與網際網路對話

WSN 節點規模越來越大，令業界不禁開始思考：是否能省略閘

道器 (Gateway) 轉譯，就能讓所有連網裝置直接「上達天聽」、與雲端溝通？6LoWPAN 便是在此背景下誕生。另因從 6LoWPAN 分枝發展的 Thread 已和 ZigBee 協議將提供相容的 API 介面，故 Microchip、TI 和 NXP 等 ZigBee 晶片供應商，幾都同時支援 6LoWPAN；例如，TI 以 CC2630 / CC2650 無線 MCU 為基礎、包含十個低功耗微機電 (MEMS) 感測器的 SimpleLink SensorTag 物聯網套件。不同之處

圖 5：TI「SimpleLink MCU 平台」主打已將諸多無線通訊協定整合其中，即使不具通訊開發經驗，也能駕輕就熟



資料來源：TI 官網

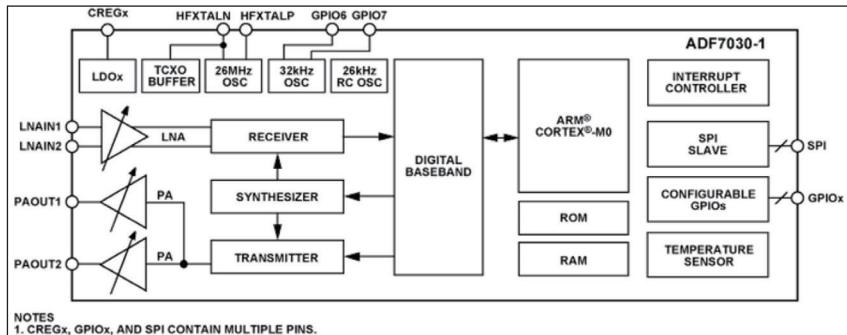
在於：CC2630 僅支援 6LoWPAN 和 ZigBee，而 CC2650 還多了 Bluetooth 4.1 協定。

6LoWPAN 代碼空間小，不僅能降低邊緣路由器的負載、可選用成本較低的簡易型軟／硬體嵌入式系統，另有下列三大好處：1. 開放 IP 標準，與 TCP/UDP/HTTP / COAP/MQTT/WebSocket 等現有網際網路協定相容，不需做協定轉換；2. 網狀路由可擴展且具自我修復能力，可將資料路由到其他目標，讓主機長時間休眠、更省電；3. 支援多重物理層，可自在悠遊於乙太網路 (Ethernet)、無線區域網路 (WiFi) 和 4G 電信網路等不同頻段的通訊，互操作性強。有鑑於此，ULE Alliance 去年亦成立 IETF 6Io 工作小組，宣佈支援 IPv6 及 6LoWPAN。

ULE 制訂規範允許 IP 協定以有限頻寬承載優化感測器節點傳輸路徑，在「傳輸層」上提供 IPv6 6LoWPAN 開源軟體及相關測試範例，用戶可輕鬆部署雲端應用和互通，為 Bluetooth/NFC 等不同無線技術提供通用的互操作介面，且 ULE 節點可直接連到互聯網。這將根本解決 ZigBee/Z-wave/Bluetooth 及其他專利網路架構在應用層遭遇「雞同鴨講」的問題（如前述 dotdot 之於 ZigBee），或需複雜的應用閘道牽引、才能連結至網際網路的困擾——不僅要匯集所有應用檔案資訊，一旦無線節點有變傳輸路徑亦須隨之更新，牽一髮而動全身，工程極其繁鎖。

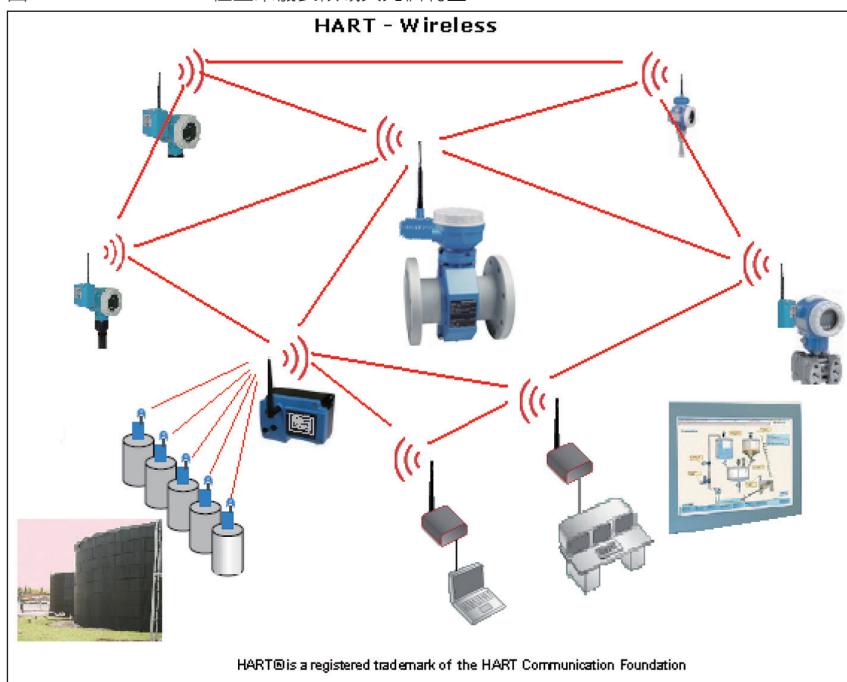
亞德諾(ADI)一 款低功耗、高性能的無線電收發器——ADF7030-1，在sub-1 GHz ISM頻段內工作，資料速率在0.1～300 kbps之間，使用2GFSK調變。該無線電收發器還支援無線M-Bus(WMBUS)和IEEE 802.15.4g協定。新型收發器提供出色的靈敏度、更廣的有效覆蓋範圍、良好抗干擾能力、系統可靠性，以及智慧喚醒功能，整體功耗低；在低功耗休眠模式、保留記

圖6：ADI ADF7030-1無線電收發器區塊圖



資料來源：ADI官網

圖7：WirelessHART在工業儀表領域具先佔利基



資料來源：Wikimedia

憶體資料的情況下，功耗僅為10 nA。它採用ARM Cortex-M0執行無線電控制和校準，而高度可程式設計的資料封包處理可簡化主機MCU的程式設計介面和代碼開發，減少工程時間。

以智能儀表為腹地，從有線HART進化到無線WirelessHART

ON World另與國際自動化學

會(ISA)合作對全球超過180位工業自動化專業人士進行研究，發現無線網狀標準呈現穩定成長，但LPWAN的早期採用者有增多趨勢。在無線網狀協議方面，WirelessHART在自動化佔比最高。HART自1989年以來，一直是智能儀表的主要通訊技術；挾著既有深厚客戶基礎，近年在增強版HART標準中，融合經過應用驗證的現場通訊、網路技術和安全協定，發展可與現有HART設備、工具和系統相容的無線WirelessHART規格，可自動組態配置及適應。

WirelessHART是支援多個接入點的網狀網路，能檢測到傳輸路徑的惡化並自動修復，還可繞過障礙物、隨機選擇「有利的」冗餘通道進行傳輸；經由獲取網路上設備的診斷訊息，不斷自我適應調整以因應環境變化。當網路偵測到新設備加入，會自動調整以適應工廠環境變化，不需一開始就建構整個系統。WirelessHART網路在傳輸前會先對目標通道做評估測試，某些經常受干擾、通訊品質不佳或已被佔用的通道將會被禁止使用，且網路數據傳送高度同步，既能提供即時回饋、又能優化通訊的寬頻和調度。

更關鍵的是，WirelessHART採用「直接序列展頻技術」(DSSS)將數據分散到多個不同的物理通道，規避各種射頻和電磁干擾；這在工業環境十分重要，因為工廠中的金屬機台或廠房結構會影響無線訊號傳輸，而設備的移動也會讓現

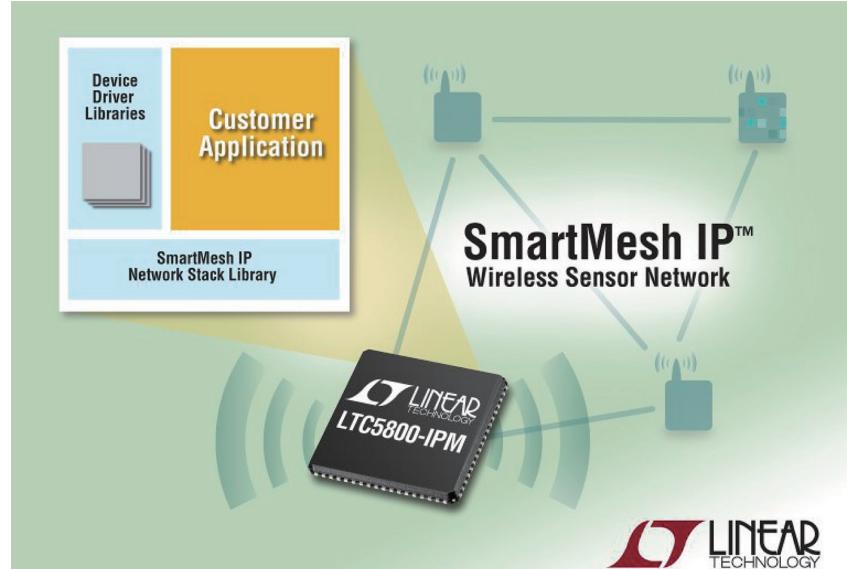
場條件不斷變化。不過，江山代有才人出，ISA100.11a 緣於更靈活的時間排程、軟體通道，且可同時支援星狀和網狀拓樸，在過去兩年市佔率攀升了 67% 之多；這些功能對於日益增長的無線應用尤其重要，如：氣體檢測，蒸汽祛水器監測和油氣井場的遠程監測。

● SmartMesh 滿足時分、頻分和物理層多樣性需求

日前正式與 ADI 合併的凌力爾特 (Linear Technology)，自 2011 年收購 WSN 知名大廠 Dust Networks 後，便躋身一線 WirelessHART 晶片供應商；其 SmartMesh 系列產品可滿足時分、頻分和物理層 (PHY) 多樣性需求，確保 WSN 穩穩定、靈活及可擴展。LTC5800 SoC 整合電源放大器和 ARM Cortex-M3 32 位元微處理器，只需外接電源、接地線和天線便可無線連網；LTP5901/LTP5902 Mote 模組則提供易於整合，且已通過 FCC、CE 及無線電認證的印刷電路板——LTP5901 內建晶片天線，LTP5902 包括 MMCX 天線連接器。

SmartMesh 家族除了支援 IEC62591 標準的「SmartMesh WirelessHART」外，另有基於 6LoWPAN 和 IEEE 802.15.4e 的「SmartMesh IP」版本。多個 SmartMesh 子網可並列部署，即使再多節點的大型網路也不愁；且所有 SmartMesh 網路皆集中管理——SmartMesh WirelessHART manager (LTP5903) 每個網路可

圖 8：Linear 「SmartMesh IP」為網路中的「每個節點」提供原生 IPv6 定址能力，VManager 管理軟體可基於 X86 虛擬機器 (VM) 運作，便於與 IP 連接



資料來源：Linear 官網

支援 500 個節點，SmartMesh IP manager 最多可達 1,000 個節點。SmartMesh IP 可自動配置、修復及連續自我優化，提供經過「美國國家標準技術研究院」(NIST) 認證的安全性並備有 EManager(內建) 和 VManager 兩種網路管理器選項；前者可用於 100 個節點數以內的 WSN，後者所支援的節點數更上看十倍！

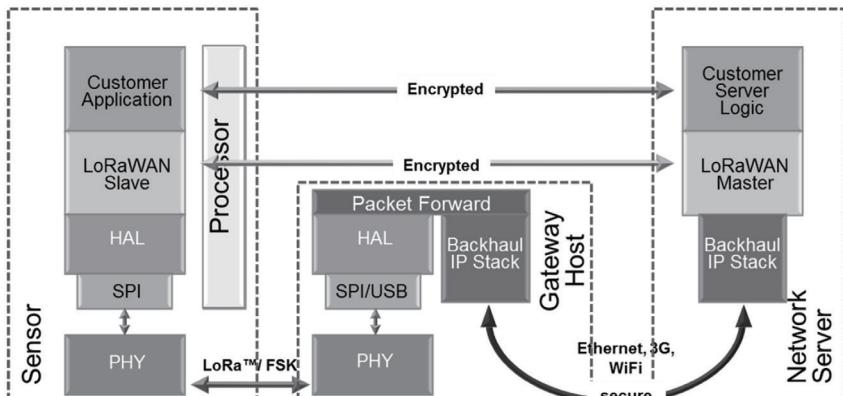
LPWAN 為 WSN 開啓新視野

大致來說，對 WSN 的滿意度有所提升，但在電池壽命、成本、系統整合和網路傳輸距離還有很大的改善空間。有 4/5 的自動化工程人士已展開無線網狀節點部署；近 1/3 的用戶部署超過 1,000 個節點、12% 已完成 1,000 個以上的無線現場設備單點部署。與

此同時，ON World 發現有近半數的 WSN 採用者藉雲端基礎設施發展 IIoT——48% 提供或擁有 WSN 系統的企業使用 AWS、Microsoft Azure 或 IBM Watson 物聯網平台，顯示 WSN 是銜接物聯網的基礎；目前，多數 IIoT WSN 的平均通訊距離僅在 1 哩左右。

因此，與雲端連接、電池壽命達 10 年以上以及用於資產追蹤的無線感測器、傳輸距離上看 20 哩的低功耗廣域網路 (LPWAN) 正分食 IIoT 市場——有 11% 受訪者表示已採用 LoRa/SIGFOX、有 2/5 正在研究或試點開發，而有 3/4 鎮定新應用的技術缺口發展 LPWAN 解決方案。ON World 認為，未來五年，WirelessHART/ISA100.11a/WiFi/Bluetooth 等短距無線網狀網路，仍將是主流；但 LoRa/SIGFOX 等瞄準分眾市場的 LPWAN 成長力道更為驚人，但競

圖 9：LoRa 在 WSN 應用的工作原理



資料來源：LoRa 聯盟官網

爭也隨之加劇。若 NB-IoT 商用網路在今年底之後大舉佈建完成，想必又是另一番局面。

借助遠距離、長時間和雲端整合堆疊，LPWAN 將為 WSN 開啓新視野，生態系亦迅速壯大；2025 年 LPWAN 服務收入將達 750 億美元，其中 3/4 將由工業自動化、物流、智慧城市、農業、智慧建築和企業物聯網等非消費市場貢獻。在對 AT & T、Bouygues、Orange、SK 和 Verizon 等多家電信營運商在內的 150 家 IoT 領導廠商訪查後結論：有 1/3 正計劃或已提供 LPWAN 產品和服務，以 LoRa 或 SIGFOX 為大宗，支援 LPWAN 的 IoT 平台包括：Actility、Cumulocity、Intent Technologies、Loriot、OrbiWise、relayr、Stream Technologies 等。

覆蓋廣、操作簡便、收費低，SIGFOX 自成一家

比 LoRa 更早問世的

SIGFOX，近來亦動作頻頻。這個由一家法國公司所提出的特有物聯網規格，因裝置與雲端不需溝通、只管在全球聆聽並捕捉特定格式訊息，一般遙控器等級的簡單晶片即可應對，可大幅降低功耗及模組成本；去年底創始企業宣佈將與合作夥伴攜手開發全球首款 SIGFOX 通訊模組，以歐洲、中東和非洲為市場的目標售價僅 2 美元，而適用於美國及亞洲市場的售價則不到 3 美元。首批鎖定亞洲工作頻段

的 SIGFOX 模組已於今年一月問世，由韓國 Wisol 公司採用安森美半導體 (ON Semiconductor) AX-SFEU-1-01 收發器 SoC 開發而成。

台灣廠商開元通訊 (InnoComm) 亦採用 NXP 收發器開發多款 SIGFOX 模組樣品；而 SIGFOX 生態系統也推出結合 WiFi/Bluetooth/GPS 等多重協定的 SIGFOX 模組。為鼓勵創新，這些試驗性的模組不會收取權利金。以

「覆蓋廣、操作簡便、收費低」為號召的 SIGFOX 目前已進軍 26 個國家，有超過 1,000 萬個裝置使用其網路服務。由於 SIGFOX 無產業聯盟奧援且非共通標準，所屬營運商須獨立完成基地台相關設備的架設工作，資金需求可觀。所幸，這家特立獨行的公司似乎頗受投資者青睞，在去年底宣布即將完成 1.5 億歐元的 E 輪融資。

這個刷新記錄的融資額，將有助於 SIGFOX 如期於 2018 年

圖 10：SIGFOX 適用於不須頻繁對話的低量 IoT 傳輸



資料來源：SIGFOX 官網

將服務拓展到全球 60 個國家，並達到損益兩平；包括 Alto Invest、Salesforce Ventures、Henri Seydoux、Swen CP、Tamer Group 及 Total 等將成為 SIGFOX 的新股東，而 Bpifrance、Elliott、Intel Capital 等現有股東也表態將再度投入資金。SIGFOX 在台灣獨家營運商優納比公司 (UnaBiz) 為加速物聯網相關技術與應用推廣，特與台北智慧城市專案辦公室及台灣大學合作，於今年 2 月舉辦台灣首次的 SIGFOX 物聯網黑客松——#UnaHack1：以智慧家庭與醫療照護為主題，開發相關產品與應用的原型。

Microchip 與 ST 積極搶進 SIGFOX

Microchip 高度整合的 ATA8520E 是北美和歐洲首款獲 SIGFOX 全面認證的晶片，整合 AVR MCU 的低功耗射頻收發器。其開發套件包含首個獲得 FCC 認證的電路板，有兩個版本供選擇：

一是作為 Microchip ATA8520E 獨立測試套件；二是結合 Xplained PRO 板用於系統設計。此外，另提供 SIGFOX 函數庫、調變模式、ID 和 PAC 以及一個安全金鑰，可幫助開發人員將設計快速推向市場。另早先推出相容於 SIGFOX 無線收發器 (S2-LP) 的意法半導體 (ST)，亦是台灣 #UnaHack1 協辦單位之一，提供 STM32 Nucleo 擴充板供參賽團隊使用。

ST 今年新推出兩款 LPWAN 原型開發板—B-L072Z-LRWAN1 STM32 LoRa 和 I-NUCLEO-LRWAN1 擴充板。B-L072Z-LRWAN1 套件採用 Murata 開發整合 STM32L072CZ MCU 和 Semtech Sx1276 收發器，待機功耗在 $1.2 \mu\text{A}$ 以內；它是開放式模組，開發人員能依需求整合 STM32L072 MCU 及周邊，且可在設計應用過程使用 STM32L0 HAL 和 LL 嵌入式軟體庫，藉 STM32 Nucleo 生態系或 Arduino 擴充板進一步擴增功能，包括 MDK-ARM

IDE、STM32CubeMX 配置器、軟體工具及 LoRaWAN / SIGFOX 協定堆疊皆可免費使用。

只要將擴充板插到主機板上，即可著手開發 LoRa 或 FSK/OOK(頻移鍵控 / 二進位開關鍵控)連接應用。該電路板整合 USI 的 LoRaWAN 模組、STM32L052T8 MCU 及 Semtech Sx1272 收發器；USI 模組預裝簡化設計、節省編程時間的 AT 指令堆疊，另一項優勢是：I-NUCLEO-LRWAN1 評估板配有 ST LIS2DS12 三軸加速度計、LPS22HB MEMS 壓力感測器和 HTS221 溫／濕感測器，皆通過 LoRaWAN 認證，符合歐美、俄羅斯和印度 860 ~ 930 MHz 通訊法規。身為 LPWAN 先驅，SIGFOX 自 2010 年以來鴨子划水式的佈局，似乎正初見成效。

但在低價策略下，長久之計勢必「以量取勝」；而基地台獲准架設和終端採用的速度，是否追得上資金週轉和投資回報速率，將關係到 SIGFOX 未來生存空間有多大。

CTA

「智慧應用開發論壇」 敬邀入座

詳請請上：

《COMPOTECHAsia 電子與電腦 – 陸克文化》

FB 粉絲團

<https://www.facebook.com/lookcompotech>