



利用 Bluetooth 低功耗技術 進行定位跟蹤

■文：安森美半導體

隨著藍牙低功耗 (Bluetooth Low Energy, 簡稱 BLE) 技術發展到 5.2 及更高版本，其中最重要的進步之一就是定位跟蹤技術，該技術可在室內用於資產的移動和定位跟蹤。

藍牙測向方法包括無連接模式和面向連接模式，因其具有的這種多功能性，該技術可在各種不同的應用場景中得到運用。這種適應性為無線通信和定位服務帶來了新的可能，有望在未來取得令人振奮的進展。

這項技術的主要市場之一是零售業，大型商店希望更好地瞭解顧客在店內的流動情況，

圖 1：零售店內的客流分析，顯示熱門行進路線



進而最大程度地挖掘銷售潛力。

除了零售業，資產追蹤技術在工業效率提升方面也能產生深遠影響。它可用於監控物料

運輸車輛，減少時間浪費，提高工作效率。該技術還可以用於驅動複雜的數字孿生 (digital twins) 系統，實現在虛擬環境中準確複製動作。

資產追蹤不僅能提高效率，還能在確保安全方面發揮重要作用。在倉庫和配送中心，跟蹤標籤的應用使員工和工業機器人能夠安全共存，透過讓機器人追蹤員工的行動，消除了發生碰撞的可能。

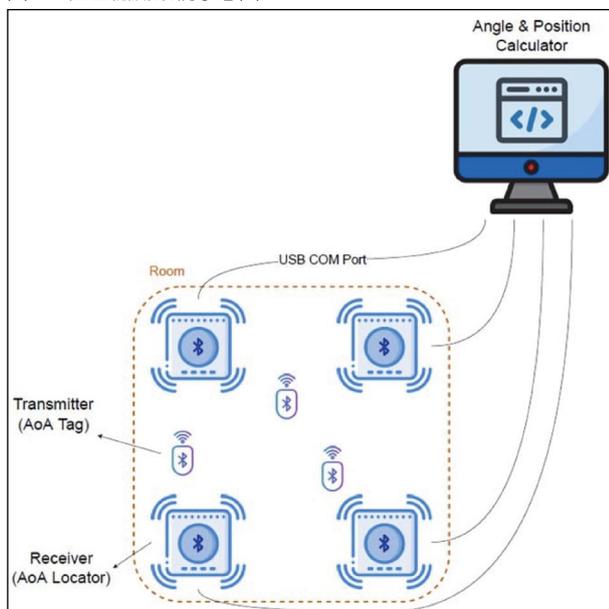
基本系統設計原則

為了建立位置檢測系統，需要在建築物內 (無論是零售店、倉庫、醫院、機場還是其他類型的建築物) 放置天線陣列。該陣列可以進行高精度的位置測量。

使用的方法可以是 "到達角" (AoA) 或 "出發角" (AoD)。雖然兩者都使用相同的射頻 (RF) 訊號測量，但訊號處理和天線配置卻各不相同。

一般情況下，系統由三個主要部分組成：藍牙發射器 (AoA 標籤)、接收器 / 天線陣列 (AoA 定位器) 以及角度和位置計算系統。工作時，AoA 標籤會發送固定頻率擴展 (constant tone extension, CTE) 訊號。

圖 2：位置檢測系統示意圖



這種 CTE 訊號以不斷擴大的球形模式向外傳播，並被天線接收。由於訊號的波長 / 頻率是已知的，接收器之間的距離也是已知的，因此可以使用相對簡單的三角法計算訊號的角度，從而根據訊號到達每個天線時的相位差確定發射器的位置。

替代方法和更高的精確度

透過使用兩對天線進行兩次探測，就能以極高的精度三角定位出 AoA 標籤的確切位置。

另一種無需角度測量的方法是三座標法 (trilateration)。這種方法基於使用藍牙 5.4 的通道探測 (Channel Sounding, CS) 特性或超寬頻 (Ultra-Wideband, UWB) 技術，測量飛行時間 (Time-of-Flight, ToF) 來得出距離。

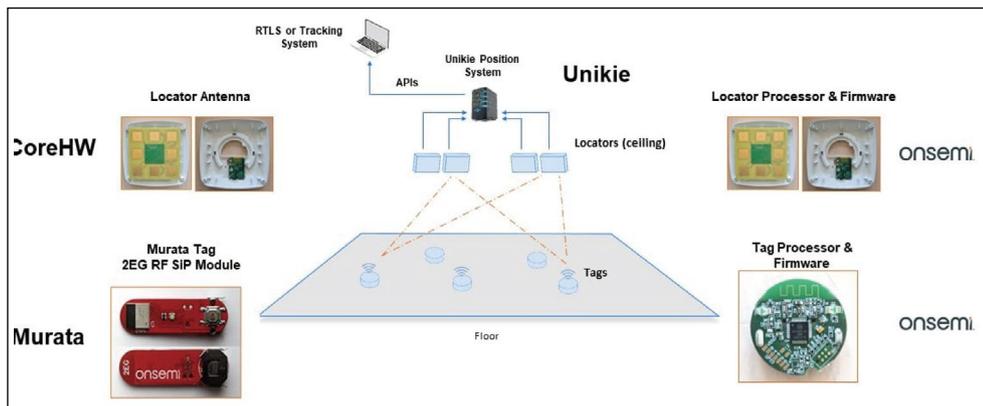
CS 也被稱為高精度距離測量 (HADRM)，許多人認為它是基於 RSSI 的距離測量的一種非常精確的替代方法。

RSL15 AoA 解決方案

安森美推出的 RSL15 是一款透過藍牙 5.2 認證的安全無線微控制器，專為包括工業、醫療和到達角定位 (AoA) 在內的超低功耗應用進行了優化。該元件基於一顆運行頻率高達 48 MHz 的 Arm Cortex-M33 處理器構建，並具備加密安全功能。它提供了業界極低的功耗水平，發射時的峰值電流僅為 4.3 mA，在等待 GPIO 喚醒的睡眠模式下更是降低至 36 nA。RSL15 微控制器旨在滿足從零售業、臨床環境、製造業和配送中心等廣泛跟蹤應用的需求。

安森美的 AoA 解決方案在發射器 (AoA 標籤) 和掃描器 / 定位器中都使用了 RSL15。這可以使用 RSL15 和安森美的軟體開發工具包 (SDK) 實現，或者，對於整合度更高的解決方案，可以使用整合了 RSL15 的 Murata 2EG 射

圖 3：安森美的端對端 AoA 系統由多個模組組成



頻 SIP 模組。

在系統中，發射器 (Advertiser) 生成 CTE 訊號，由掃描器接收。由此產生的 IQ 樣本被發送到本地 PC 或雲端運行的應用程式，以計算掃描器與標籤之間的角度。然後將這些角度轉換為笛卡爾座標，並映射到二維或三維空間。

這兩種應用的範例代碼均可從安森美的網站上免費獲取，同時還有一個功率估算工具，

及連接射頻和數位控制訊號。

Unikie 提供了一款專為即時追蹤標籤而設計的藍牙低功耗 (Bluetooth Low Energy, BLE) 電子定位引擎。該引擎支持在邊緣伺服器或雲端處理數據，既保證了靈活性也實現了成本效益 (圖 4)。

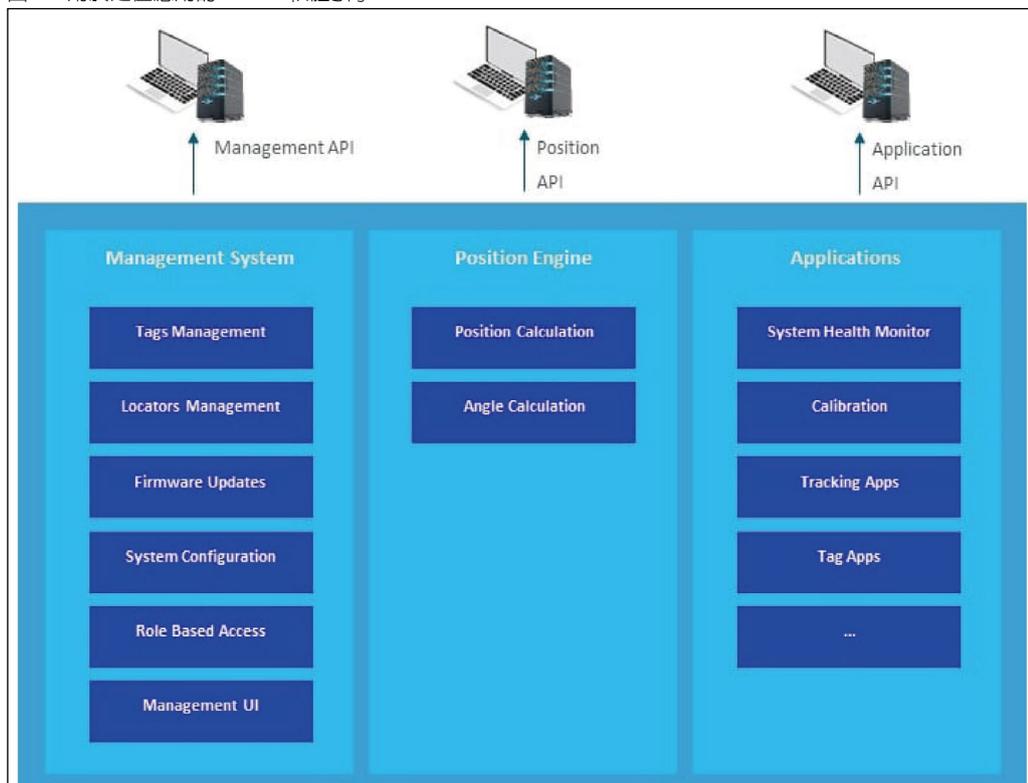
API 接口促進了與企業系統的無縫整合，提供了訪問複雜數據建模的能力。這樣就能更深入地

可根據電池壽命選擇通訊協議。

參與該項目的其他安森美合作夥伴還有 CoreHW 和 Unikie。CoreHW 提供多達 16 個單端天線端口的天線陣列板。有一個 AoA / AoD 開關，用於選擇天線以

瞭解物料流向、利用率和行為模式，標誌著基於位置的服務和資產管理取得了顯著進步。

圖 4：用於定位應用的 Unikie 軟體引擎



結語

要成功實現藍牙低功耗測向，關鍵是解決方案要持久耐用且經濟實惠。憑藉業界功耗極低的安全藍牙低功耗 MCU，安森美技術走在了實現 AoA 未來創新的最前線。CTA