

藍芽 AoA/RSSI 室內定位系統可行性研究

Feasibility Investigation for a Bluetooth AoA/RSSI Indoor Localization System

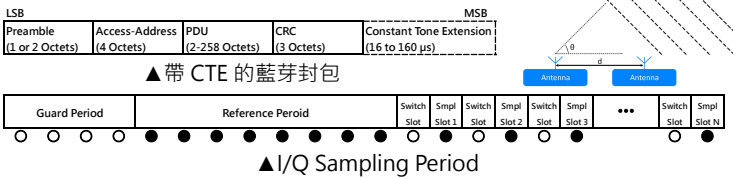
組員：電機四 蘇浚緯、蔡明諺

一、摘要與動機

近年來，定位服務需求持續增加，在眾多技術中，低功耗藍芽 (BLE) 特別適於低功耗需求。其中 BLE RSSI 定位具有成本低的優勢，但定位精度低，而 BLE AoA 定位雖然成本稍高，但可以提供較準確的方向資訊。由於 BLE AoA 技術這兩年來才開始發展，本專題旨在探討 BLE AoA 與混合 BLE AoA / BLE RSSI 應用於室內定位系統的可行性與發展空間。

二、核心技術

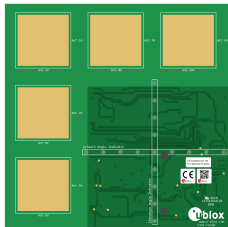
BLE AoA 尋向為 2019 年藍芽 5.1 規範中新增，其原理為使用定頻擴展訊號(CTE)，一個尋向的 I/Q Sampling 週期會包含三個階段：第一階段 Guard Period；第二階段 Reference Period 採樣 8 次並暫存在 Buffer；第三階段 Measurement Period，此期間陣列天線會來回切換，並以一次捨棄、一次儲存的方式交替進行採樣；最終在採樣週期結束後，使用 I/Q 資料計算相位差，再透過相位差計算到達角。



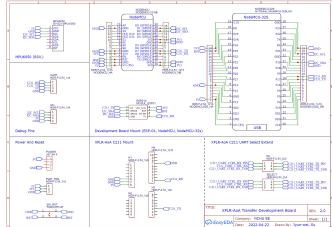
▲帶 CTE 的藍芽封包

▲I/Q Sampling Period

三、實驗模組



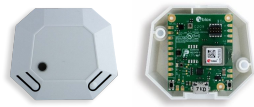
▲u-blox C211 陣列天線模組



▲自製模組轉接板電路圖

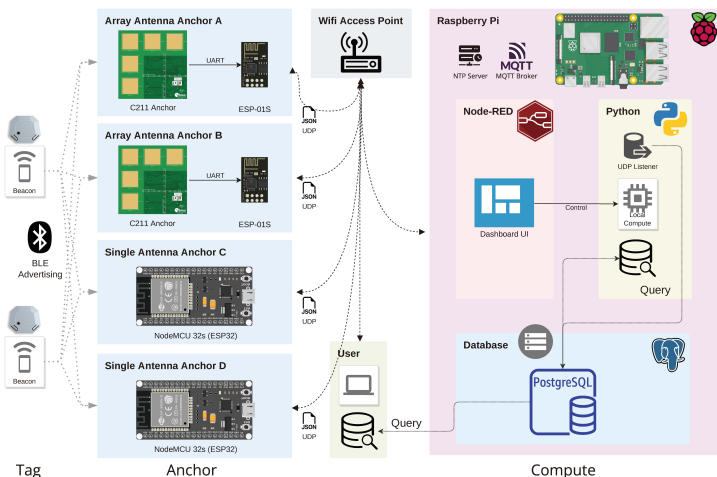


▲NodeMCU-32s 藍芽模組



▲u-blox C209 Tag

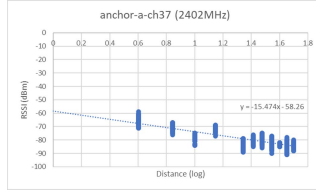
四、系統架構



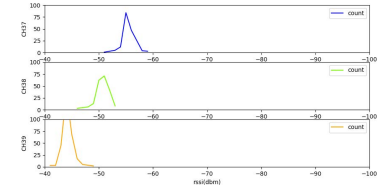
五、研究項目與實驗結果

① BLE RSSI 影響因素(距離、Channel 特性)

RSSI 定位前需要對不同距離測量 RSSI，建立訊號衰減模型。由於 BLE Tag 使用 3 個頻道(37~39)隨機廣播，天線在不同頻道上的增益並非一致，再加上各天線本身的硬體對訊號的靈敏度亦不同，由 RSSI 值轉換為距離的過程中會產生較大的誤差。



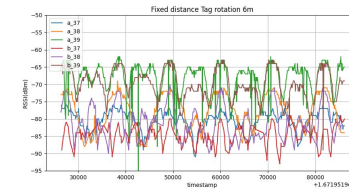
▲RSSI 強度與距離關係



▲RSSI 分佈(固定距離不同 Channel)

② Tag 天線角度對 RSSI、AoA 影響(固定距離)

由於 Tag 及 Anchor 皆使用 PCB 天線，不同方位角的增益、相位和極化狀態等特性皆不同，因此需要探討是否會因為接收角度而對訊號產生影響，實驗結果顯示：當 Tag 天線角度旋轉時，RSSI 訊號變化大 (>10dBm)，而 AoA 訊號相對穩定 (<5°)。



▲RSSI 訊號狀況(Tag 週期性旋轉)



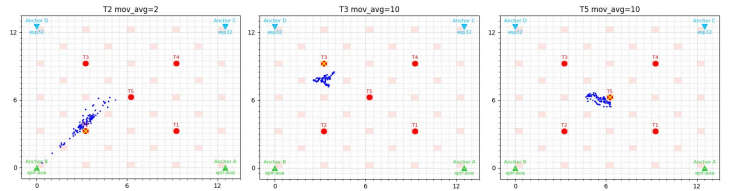
▲AoA 訊號狀況(Tag 週期性旋轉)

③ AoA 角度可靠性

同前項所述之天線特性，需要了解 AoA 訊號在各個角度下的準確度，做為後續定位的參考。實驗結果顯示：在 ±50 度內精準度相對高，大於 50 度或小於 -50 度時會有較大的偏差。

④ BLE AoA、混合 BLE AoA / BLE RSSI 定位結果

由於 BLE AoA 精準度高(下圖)，因此先以三角定位法定出一個基準點，將一段時間區間內的定位結果判斷是否存在其中有一組 AoA 資訊誤差較大的情形。由原先定位結果發散後，輔以 RSSI 資訊定位，然而受限於 RSSI 訊號品質不佳，無法顯著降低誤差。



六、結論

雖然在許多文獻[2-3]中有透過模擬的方式驗證混合 AoA/RSSI 定位的可行性，然而實際建置系統後我們認為：在運用上會因為天線本身特性的受限，BLE RSSI 資訊表現不佳，亦無法套用於高精度室內定位。即使 BLE AoA 定位結果良好，可將誤差限制在 1 公尺內，但若希望混合 BLE AoA / BLE RSSI 較不可行。

七、參考文獻

[1] Bluetooth Core Specification v5.1 Feature Overview, Bluetooth SIG., 2020.
 [2] S. Tomic, et al., "On Target Localization Using Combined RSS and AoA Measurements," *Sensors*, vol. 18, no. 4, p. 272, 2018.
 [3] A. T. Le et al., "Unbalanced Hybrid AOA/RSSI Localization for Simplified Wireless Sensor Networks," *Sensors*, vol. 20, no. 14, p. 3838, 2020.