

採購規範書(A522002165)

❖ 品名：Swarm mesh 組網定位測試服務委託

❖ 規格/功能需求：

本案測試對象以移動載台代替無人機，並組成 Swarm，測量 Swarm mesh 組網下之分散式協作定位能力。實際定位運作機制請參考相關技術文獻(如 Distributed Collaborative Positioning through ISAC for GPS-Denied Robotic Swarms)，並由得標廠商依其技術方案實現。本規格書僅就系統功能完整性與定位效能面向(定位精準度與定位收斂時間)訂定測試需求，不限定其實現方式。

- 系統整合與 PoC 建置：得標廠商需於支援 mesh 組網之無線通訊平台(如 OpenWiFi 等軟體定義無線電 SDR 平台或等效方案)整合分散式協作定位演算法，建立至少 3 個節點之 PoC 系統。
 - ⇒ PoC 系統需完成「無線封包傳輸 → Preamble 與 CSI(或等效無線量測資訊)擷取 → 相對距離與角度估測 → 分散式定位運算 → 鄰近節點狀態交換 → 位置更新」之端到端流程。
 - ⇒ 定位運算需採分散式架構，各節點僅與鄰近節點交換定位資訊，不得將全網原始感知資料集中於單一節點處理。
 - ⇒ 節點間定位資訊交換需具明確資料格式，至少包含節點識別碼、時間戳記、相對距離與角度量測、位置估計、量測品質及定位可信度等欄位。
- 測試執行：得標廠商需於工研院指定之測試場域，提供至少 3 個移動載台之測試支援，並於動態環境下進行移動測試。測試節點得採固定節點、人工移動節點、移動載台或其他可重現之等效方式執行。得標廠商亦可視現場條件提出等效之動態移動測試方案，經本院確認後實施。
- 實機測試應取得可供定位誤差比較之參考位置資料(Ground Truth)。Ground Truth 得依測試情境採用 GNSS/RTK、已知座標、人工量測、光學定位、軌跡量測設備或其他雙方認可之等效方法。估測結果與 Ground Truth 應具有可對應之節點識別及時間或測試序列資訊，以支持 RMSE、軌跡誤差及相關統計分析。真值資料之時間戳記需可與受測定位結果之時間戳記對齊比對(例如採用 GNSS 授時或 NTP 等時間同步機制)，以確保比對正確性。
- 測試需同時涵蓋至少 3 個節點，於同一動態環境下進行多節點定位能力驗證，且同一測試條件至少重複 10 次，驗證項目至少包含以下二項：
 - ⇒ 定位精準度：以 Ground Truth 為比較基準，計算各受測節點定位結果與真值間之誤差，以定位均方根誤差(RMSE)為主要指標，並得併呈絕對誤差之平均值與最大值等等價統計方式；由廠商說明具體計算方法與採用理由。
 - ⇒ 定位收斂時間：指自接收完整無線量測資訊至輸出穩定定位結果所需之時間。得以多種等價方式呈現，例如：首次定位所需時間、達特定精度門檻所需時間或疊代次數、定位誤差隨時間收斂曲線之收斂時間點等，由廠商提出具體採用之指標與計算方法。
- 測試結果需能完整呈現「隨時間經過」之逐次定位計算量測結果(time-series data)，至少包含：各次定位輸出之時間戳記、對應之定位座標(或誤差值)、與真值比對之瞬時誤差，並可據以繪製定位誤差隨時間變化之收斂趨勢圖，以利觀察定位穩定度與收斂行為。
- 得標廠商需配合工研院執行人員完成測試環境架設確認、測試場域勘查與測試排程協調，並於測試過程中提供必要之原始量測數據(如定位輸出 log、封包紀錄、真值比對數據、系統日誌，以及軟硬體版本與演算法參數紀錄)，以利本院後續進行技術分析與模型校準。

❖ 驗收標準：

- 驗收標準依以下內容逐項進行查核，依據交貨期程提供交付文件，文件需附圖表、截圖或測試 log 等佐證資料：
 - ⇒ 產出「Swarm mesh 組網定位測試規畫書」，內容至少包含：
 - 測試系統架構：mesh 組網架構、節點與移動載台配置、分散式定位流程說明、Ground Truth 蒐集架構。
 - 測試環境與場域規劃：場域說明、環境條件(如 GNSS 訊號可用性、遮蔽物與多路徑情形)、節點部署方式與測試排程。

- 測試項目與量測方法：定位精準度、定位收斂時間之量測指標、計算方法與判定門檻。
 - 測試流程與資料蒐集方式：移動軌跡與速度設定、重複測試次數、資料同步與紀錄方式。
- ⇒ 產出「Swarm mesh 組網定位期末測試報告」，內容至少包含：
- 測試系統架構與實作說明：演算法整合方式、平台軟硬體版本與演算法參數設定。
 - 測試環境：測試場域說明、環境條件與測試時間記錄。
 - 測試步驟與執行紀錄：含各測試情境之執行方式與重複次數。
 - 測試結果：呈現至少 3 個節點之定位精準度與定位收斂時間量測結果，並以隨時間變化之圖表(如誤差-時間收斂曲線)呈現逐次定位計算結果數據。
 - 結果分析：與目標值之達成情形比較，並說明硬體誤差、多路徑、封包遺失及通訊負載等因素對定位效能之影響。
- 得標廠商應建置至少 3 個 OpenWiFi 或等效 SDR 實體節點之分散式協作定位 PoC，並於雙方確認之測試環境完成多節點無線傳輸與定位驗證。測試節點得採固定節點、人工移動節點、移動載台或其他可重現之等效方式執行。測試場域及執行方式由雙方依設備、安全及進度條件於研究規劃階段確認。
 - 定位效能需達成下列門檻：定位效能驗證分為演算法模擬及 OpenWiFi 實機 PoC 兩階段。以演算法模擬於雙方確認之測試條件下，定位 RMSE 目標為不高於 2 公尺。OpenWiFi 實機 PoC 應完成定位 RMSE 與端到端處理時間 P95 之量測，其中 RMSE 以 2 公尺、P95 以 1 秒為技術目標；實機驗收以完成端到端流程、取得完整量測資料、輸出定位結果並提出效能分析為主要判定依據。若未達目標值，應說明影響因素、限制及後續改善方向。
 - 同一測試條件至少重複 10 次，各次測試結果需落於雙方約定之容許範圍內，並保留原始量測資料、真值、定位結果、系統日誌、軟硬體版本及演算法參數，以支援結果重現。
 - 定位精準度與定位收斂時間之量測方法、統計指標與數據完整性需經工研院審查認可；各期交付文件經工研院審查通過，始完成該期驗收。

❖ 交貨期：

- 第一期：115 年 10 月 15 日前，交付「Swarm mesh 組網定位測試規畫書」乙份。
- 第二期：115 年 12 月 15 日前，交付「Swarm mesh 組網定位期末測試報告」乙份。

❖ 廠商交付文件：☒ 有 ☐ 無

- 「Swarm mesh 組網定位測試規畫書」乙份。
- 「Swarm mesh 組網定位期末測試報告」乙份。

❖ 付款方式：

- 第 1 期：交付「Swarm mesh 組網定位測試規畫書」並經查驗符合需求後，支付 30%。
- 第 2 期：交付「Swarm mesh 組網定位期末測試報告」並完成最終驗收後，支付 70%。

❖ 安裝/測試要求：☐ 有 ☒ 無

❖ 教育訓練：☐ 有 ☒ 無

❖ 售後服務要求：☐ 有 ☒ 無

- 本案為驗測服務，不涉及設備交付與保固；如驗收後對測試數據內容有疑義，得標廠商應配合本院進行必要之數據釐清與說明。