

# 採購規範書

❖ 品名：智慧網路通感融合定位測試服務委託

❖ 規格/功能需求：

本案驗證對象為智慧網路通感融合技術一體化波形及其物理層測距演算法，相關技術背景可參考智慧網路通感融合技術文獻(如 Distributed Collaborative Positioning through ISAC for GPS-Denied Robotic Swarms)。得標廠商需完成以下四項工作：

● 工項一：通感融合輕量化波形設計與數位波形合成

- ⇒ 於軟體環境下建立 125 MHz 頻寬之通感融合一體化發射波形，波形結構需整合通訊數據酬載(OFDM Payload)與輕量化雙向啁啾(Up-Down Chirp)後載(Postamble)。
- ⇒ 後載波形需於 2.62 ms 時間範圍內，完成 405 個 Up-Down Chirp 之數位波形合成與時頻對齊，並進行數位時頻分析(如時頻圖、頻譜圖)。

● 工項二：物理層去啁啾(Dechirping)與差分時鐘/載波頻率偏移相消演算法開發

- ⇒ 實作數位去啁啾混頻處理：將接收訊號與本地共軛參考訊號相乘，分別萃取上行啁啾(Up-Chirp)與下行啁啾(Down-Chirp)之拍頻(Beat Frequency)  $f_{\text{beat,up}}$  與  $f_{\text{beat,down}}$ 。
- ⇒ 開發基於物理層之差分相消演算法：利用上、下行拍頻之差分運算，解耦並相消載波頻率偏移(CFO)與非同步時鐘偏差之影響，萃取訊號傳播時延(Time of Flight,  $\tau$ )，並據以換算距離。

● 工項三：基於全數位通道模型(SIL)之測距精度模擬驗證

- ⇒ 建構全數位通道模擬環境，至少包含 AWGN、Rayleigh/Rician 衰落、多徑反射、CFO 及時鐘漂移等效應，並說明各通道模型之參數設定。
- ⇒ 載入工項一之波形(125 MHz 頻寬、2.62 ms、405 個 Chirp)，於不同 SNR 條件下，每一 SNR 量測點執行至少 1,000 次蒙地卡羅(Monte Carlo)試驗。SNR 掃描範圍需涵蓋 0 dB 以上及以下之區間，範圍與間距由廠商提出，經本院確認後實施。
- ⇒ 評估工項二演算法於不同 SNR 與多徑環境下之測距均方根誤差(RMSE)、平均絕對誤差(MAE)及 CFO 相消後之殘留誤差。
- ⇒ SDR 實機鏈路概念驗證(選配)：廠商得結合既有軟體無線電平台(如 USRP X310/X410 或 B210 等)，執行 Cable 傳導或近場 IQ 串流測試，以驗證演算法於實體硬體之閉環可行性。若受限於 SDR 硬體之最大即時頻寬，得調降實機測試波形頻寬，重點驗證實機訊號下 Dechirping 及差分相消演算法之可行性。本項為選配項目，不列入驗收門檻。

● 工項四：系統技術整合與期末報告

- ⇒ 將上述波形設計、演算法原始碼、SIL 通道模擬數據與分析圖表，彙整為完整之技術驗證報告。
- ⇒ 報告內容需包含：物理數學原理推導、SIL 模擬系統架構圖、通道模型參數表、數據統計圖表及後續應用建議(含應用於室外移動載具定位之規劃建議)。

- 交付之原始碼需附執行環境說明(如 MATLAB 或 Python 版本與相依套件)及操作說明，並可由本院重現報告中之主要模擬結果。

❖ 驗收標準：

- 驗收依以下內容逐項進行，報告需附圖表、截圖或模擬 log 等佐證資料：

⇒ 工項一(波形設計)：

- 數位波形於 125 MHz 頻寬內無頻譜失真，後載時長符合 2.62 ms ( $\pm 1\%$ )規範。

⇒ 工項二(Dechirping 與差分相消演算法)：

- 演算法須於數位環境下，成功驗證相消 CFO 影響並輸出穩定之時延測量值。

⇒ 工項三(SIL 測距精度模擬)：

- 於全數位 SIL 通道模擬環境下，當信噪比  $\text{SNR} \geq 0$  dB 時，系統距離估算之均方根誤差(RMSE)須達到低於 3.5 米(含)以內之精度指標(若精度指標未達要求，請說明原因)。

⇒ 工項四(期末報告)：

▪ 依合約期限提交符合格式規範之報告書與簡報，並通過機關審查。

- 上述各項經本院審查通過，始完成驗收。

❖ 交貨期：115 年 12 月 15 日前。

❖ 廠商交付文件：■ 有      □ 無

- 報告(電子檔)：「數位時頻圖及 125 MHz 頻寬與 2.62 ms 時長特性分析報告」電子檔乙份、「CFO 與時延解耦驗證報告」電子檔乙份、「測距精度與魯棒性統計分析報告(含 RMSE/MAE vs. SNR 關係曲線圖、多徑衰落影響分析圖)」電子檔乙份、「智慧網路通感融合測距演算法模擬驗證期末報告」電子檔乙份。
- 原始碼(電子檔)：通感融合波形合成與時頻對齊原始碼腳本、物理層 Dechirping 及差分相消演算法模組程式碼、SIL 全數位通道模擬環境與 Dechirping 演算法完整測試原始碼，並附執行說明。
- 成果簡報(PPT)及模擬成果展示(簡短 Demo 影片或執行腳本)。

❖ 付款方式：

- 經審查交付文件符合需求後，支付 100%。

❖ 安裝/測試要求：□ 有      ■ 無

❖ 教育訓練：□ 有      ■ 無

❖ 售後服務要求：□ 有      ■ 無

- 本案為單次模擬驗證服務，不涉及設備交付與保固；如驗收後對模擬數據或原始碼內容有疑義，得標廠商應配合本院進行必要之釐清與說明。