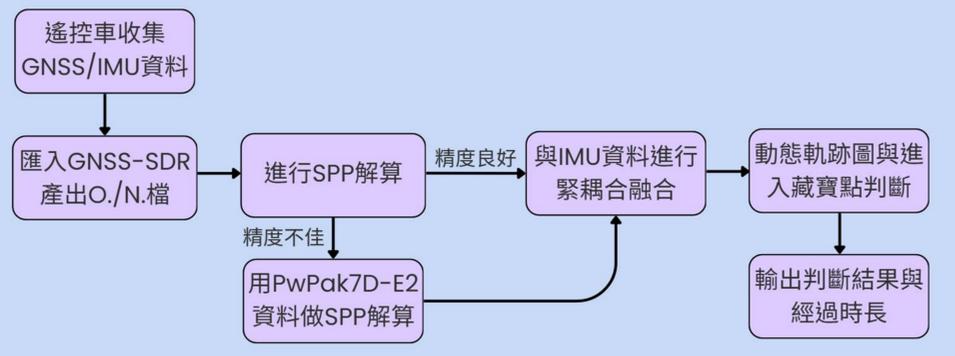


## 摘要

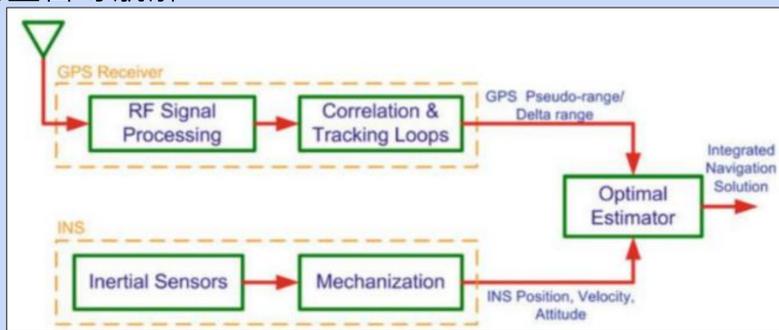
本研究設計了融合空間資訊科技與校園遊戲任務的「成大遙控車探險賽」，車輛搭載多項感測設備以收集動態定位資料，並導入GNSS/IMU緊耦合定位技術。參賽者需根據照片線索操控遙控車尋找藏寶點，賽後將資料匯入MATLAB平台進行軌跡重建與判別是否進入正確藏寶點，最終展示車輛行駛路徑與任務判別結果。實驗結果顯示，GNSS/IMU緊耦合融合後之車輛軌跡顯著優於GNSS單點定位，具更高的穩定性與準確度，驗證了緊耦合定位於動態、遮蔽環境中的定位效能。任務判別系統亦能自動判斷車輛是否進入藏寶點半徑範圍，提供了視覺化與分析功能，並應用於比賽評分。本研究兼具教育性與趣味性，展示GNSS/IMU緊耦合技術於戶外探索活動中的應用潛力，並具備教學推廣與未來延伸發展之可能。

## 架構



## 方法

在緊耦合架構中，GNSS的原始測量值與INS的資料會在Optimal Estimator中進行融合。GNSS接收機負責對接收到的原始訊號進行處理並提取原始觀測值，而慣性導航系統（INS）則利用Inertial Sensors的數據，獨立計算遙控車的位置、速度和姿態。Optimal Estimator會將GNSS的原始觀測值與INS計算出的狀態預測值進行融合，並利用兩者間的殘差來校正和更新INS的狀態估計，最終輸出更精確、穩定、連續的整合導航解。

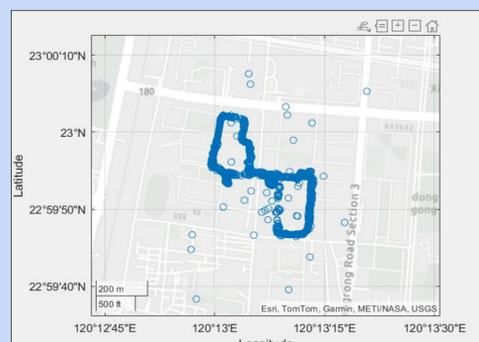


緊耦合架構圖

本研究之實驗流程如架構所示。首先，遙控車會收集GNSS和IMU資料。原先構想為使用GNSS-SDR所產出的RINEX觀測檔和導航檔來解算標準單點定位(SPP)結果，但在實測中發現，由於Ettus USRP N210的時鐘精度較差，導致GNSS-SDR產出的資料存在明顯時鐘誤差，造成SPP解算精度不佳，因此改為採用PwrPak7D-E2接收器記錄的觀測資料作為主要輸入來源。由下面兩圖比較也可知使用PwrPak7D-E2接收器之資料解算之SPP結果較佳。為驗證緊耦合效能，我們僅選用其GPS的L1頻段進行運算，並將GNSS/IMU其與IMU同步資料一併輸入緊耦合演算法中。參考軌跡則使用PwrPak7D-E2接收器進行全星系高精度解算，並將其視為真值路徑以作為精度評估的依據。



使用GNSS-SDR產出資料之標準單點定位成果圖



使用PwrPak7D-E2接收器之資料之標準單點定位成果圖

## 實驗

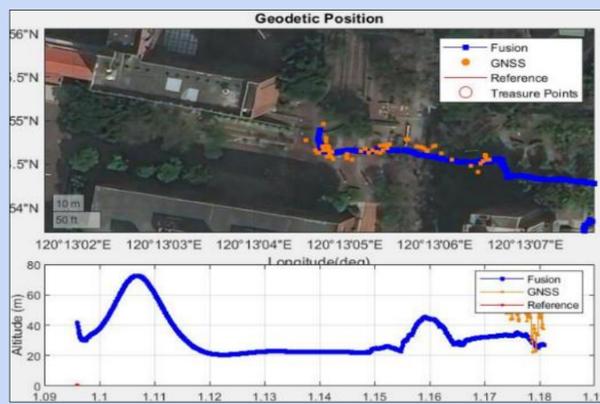
以成功大學光復和成功校區作為室外實驗場域，遙控車搭載IMU GNSS接收天線、整合GNSS和慣導技術的雙天線及SDR平台等。



遙控車於繞8字型初始化後，依三張照片線索操控遙控車到各藏寶點至少半徑10公尺範圍內，再返回出發位置繞8字型結束資料收集，期間遙控車只前進不後退。

## 成果

我們成功完成一套以GNSS/IMU緊耦合定位為核心的遙控車軌跡系統，並在成功大學校園完成全部流程實地測試與定位準確性和穩定性、視覺化軌跡及自動化判斷的展示。



透過geoplayer搭配drawnow limitrate功能，使程式執行時能同步顯示車輛行進軌跡，在地圖上標示藏寶點與車輛位置，實現視覺化展示。所使用的底圖為成大校區的正射影像圖。

此外，本研究設計了自動化判斷功能，可自動辨識遙控車是否進入藏寶點各自的10公尺範圍內，並記錄時長。右圖展示了任務總結，顯示已通過「風刻痕」藏寶點，但另外兩點尚未通過，且路徑總時長為1287秒。

===== 任務總結 =====	
✗	未通過藏寶點：飛撲
✓	已通過藏寶點：風刻痕
✗	未通過藏寶點：成大校徽
⚡	路徑總時長：1287.00 秒



放大車子軌跡局部路徑後，可觀察到GNSS/IMU融合後的軌跡(藍色)在遮蔽環境中表現更為穩定，位置誤差明顯減少，且更貼近參考軌跡(紅色)。而GNSS單點定位軌跡(橘色)則呈現明顯的分散與不連續，在建築物密集或樹蔭遮蔽嚴重的區域，容易出現跳點與大幅偏移，因此可知緊耦合成果較佳。