

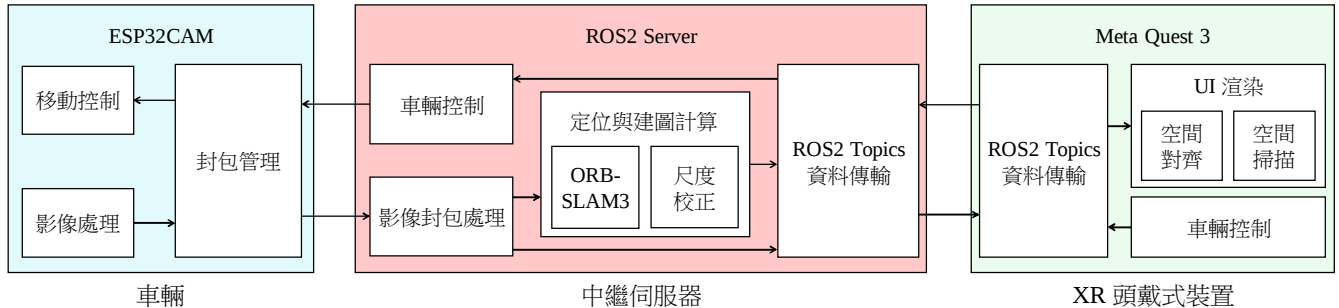
基於混合實境與 ROS2 之即時遠端車輛互動系統

Real-Time Remote Vehicle Interaction System Based on Mixed Reality and ROS2

專題成員：周煒庭、潘振中 指導教授：郭紘睿

Introduction

傳統遠端車輛控制系統主要透過平面螢幕進行操作，使用者難以直觀理解車輛與環境之間的空間關係，降低遠端巡檢與監控效率。透過建置一套結合 Mixed Reality (MR)、ROS2、即時影像串流、ORB-SLAM3、遠端車輛控制之智慧互動系統，讓使用者能透過 Meta Quest 3 於混合實境空間中即時掌握車輛位置與環境資訊。



Spatial Alignment & Calibration

純單目 SLAM 在進行建圖時具有尺度不正確性，導致相機位姿與 3D 模型配準難度驟增。本系統針對單目特性設計一套初步尺度校準模組，透過利用已知參考物進行 ORB 特徵子匹配法，能夠計算出具有真實尺度的空間模型。

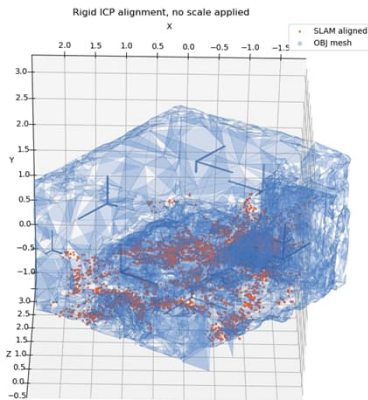
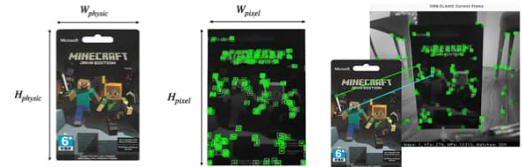
SLAM 建圖結果與 MR 空間模型屬於不同的空間座標系，系統設計一套模型配準流程，在初始化時手動對齊模型間的共同初始點，透過 ICP 演算法，將校正尺度後的 SLAM 與 MR 模型自動進行位移、旋轉，實現簡易與快速的點雲配準方案。

$$D_{physic} = \frac{W_{physic}}{W_{pixel}} \times ||p1 - p2||$$

p1 與 p2 為參考物上的兩個像素座標點

$$Scale = \frac{D_{physic}}{||P1 - P2||}$$

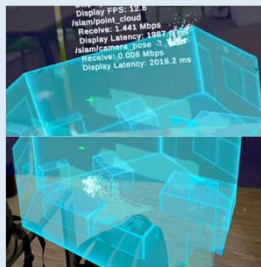
P1 與 P2 為 3D 模型中的兩個座標點



校正後的雲點圖與3D模型 (實際尺度) 預期配準效果

1. Manual Alignment

將車輛與頭戴式裝置重合，初步對齊兩者座標系的初始座標點



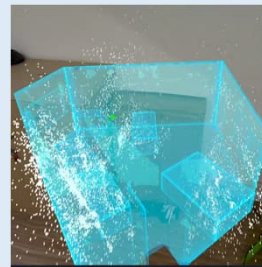
2. Scale Calibration

透過單目辨識參考物，修正單目 SLAM 建圖產生的尺度誤差



3. ICP Registration

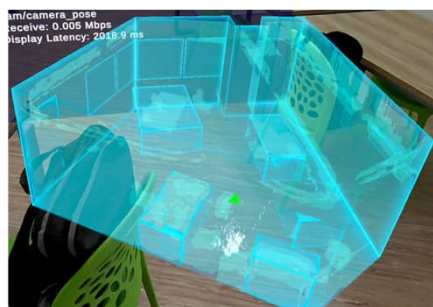
利用 ICP 演算法比對雲點圖與 MR 模型進行配準，提升虛實空間重疊精度



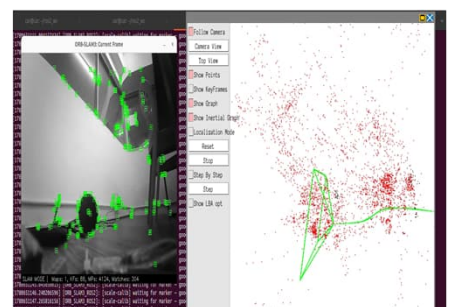
System & Results



即時影像串流 (車載相機 → ROS2 → MR)



使用 Meta Quest 3 進行場景預建模



ORB-SLAM3 即時場景建模

Github & Demo Video

MR Unity Github



ROS2 ws Github



Demo Video



Conclusion & Future Work

本專題成功整合 ROS2、ORB-SLAM3 與 MR，建立即時遠端車輛互動系統。透過即時影像串流、SLAM 建圖定位與三階段空間對齊流程，實現虛實空間同步顯示與遠端車輛控制，驗證混合實境應用於遠端巡檢與智慧車輛互動之可行性。

未來將朝向提升系統自動化與穩定性發展，透過導入自動化空間對齊技術，降低人工校正流程對使用者操作的依賴。此外，系統亦可擴展至多車協同控制與大尺度場域應用，提升混合實境於智慧巡檢、遠端監控及人機協作等情境中的實用價值。