



應用 YOLO 行人偵測之 VIPS 自適應交通號誌控制系統開發

Development of a VIPS Adaptive Traffic Signal Control System Based on YOLO Pedestrian Detection

專題成員：黃書璿、蕭捷晨、陳柏亘

指導教授：張大緯

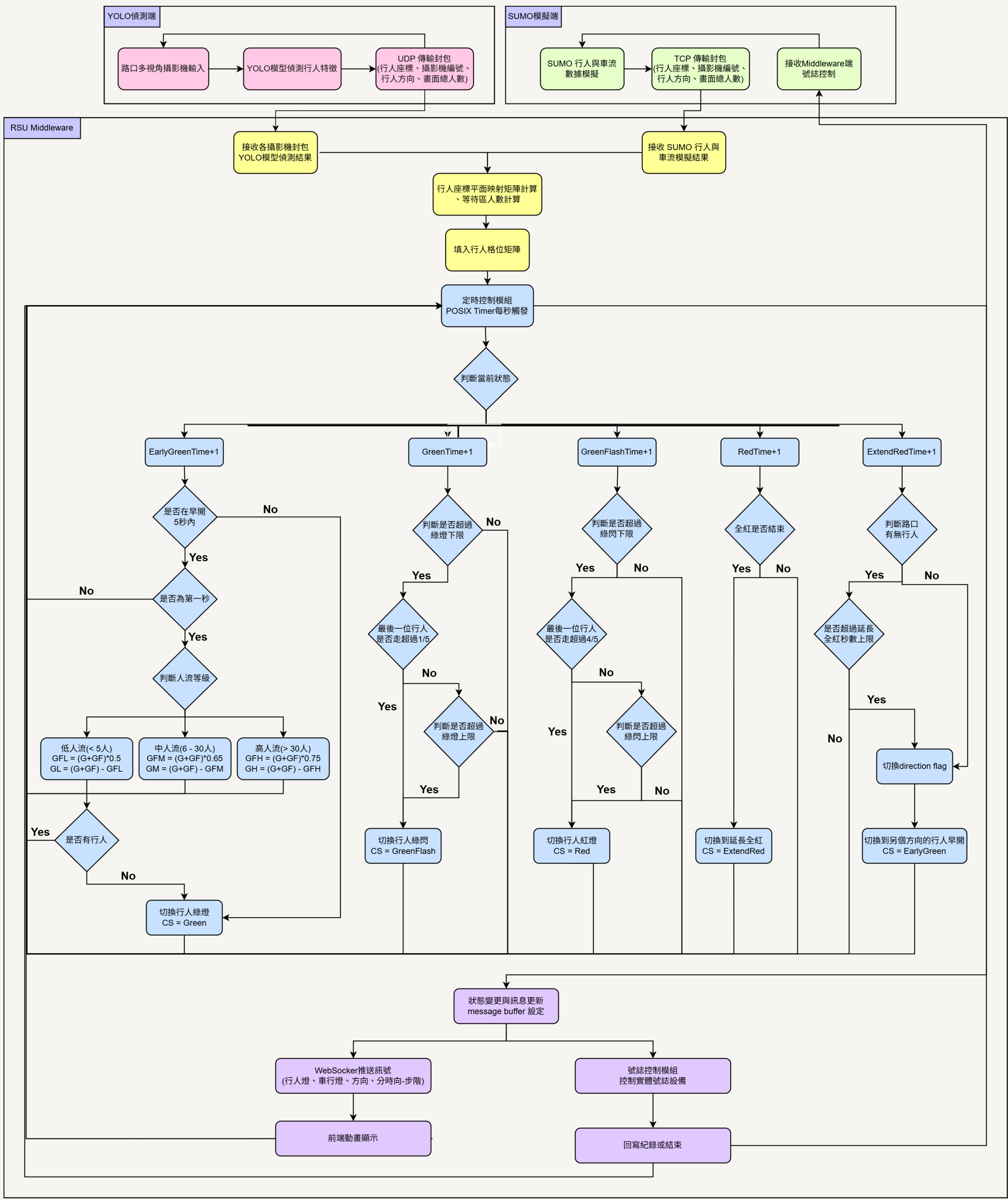
摘要

本研究旨在解決傳統號誌無法因應人流動態調整的問題。透過優化行人與車輛共用時相，同時在保障行人安全的前提下，有效提升路口的整體通行效率， 主要以 C 語言建立核心控制架構，接收 YOLOv9 行人偵測資訊，利用幾何向量運算映射至二維矩陣，作為演算法計算的依據。系統實作了六階段智慧號誌狀態機，演算法會根據即時感知的斑馬線滯留人數與跨越進度，自動調控綠燈提早截斷、動態綠閃壓縮，以及在偵測到高風險滯留時強制觸發全紅安全延展，最後透過 SUMO 開源交通仿真軟體驗證。

研究動機

傳統號誌在人車「共用時相」下多採固定時長，常造成無人時車輛空等浪費路權，或行人滯留時引發危險的穿越交織。為解決此運輸效率與安全間的矛盾，本研究期望透過影像辨識即時監測斑馬線佔用率，彈性調配紅綠燈時長。

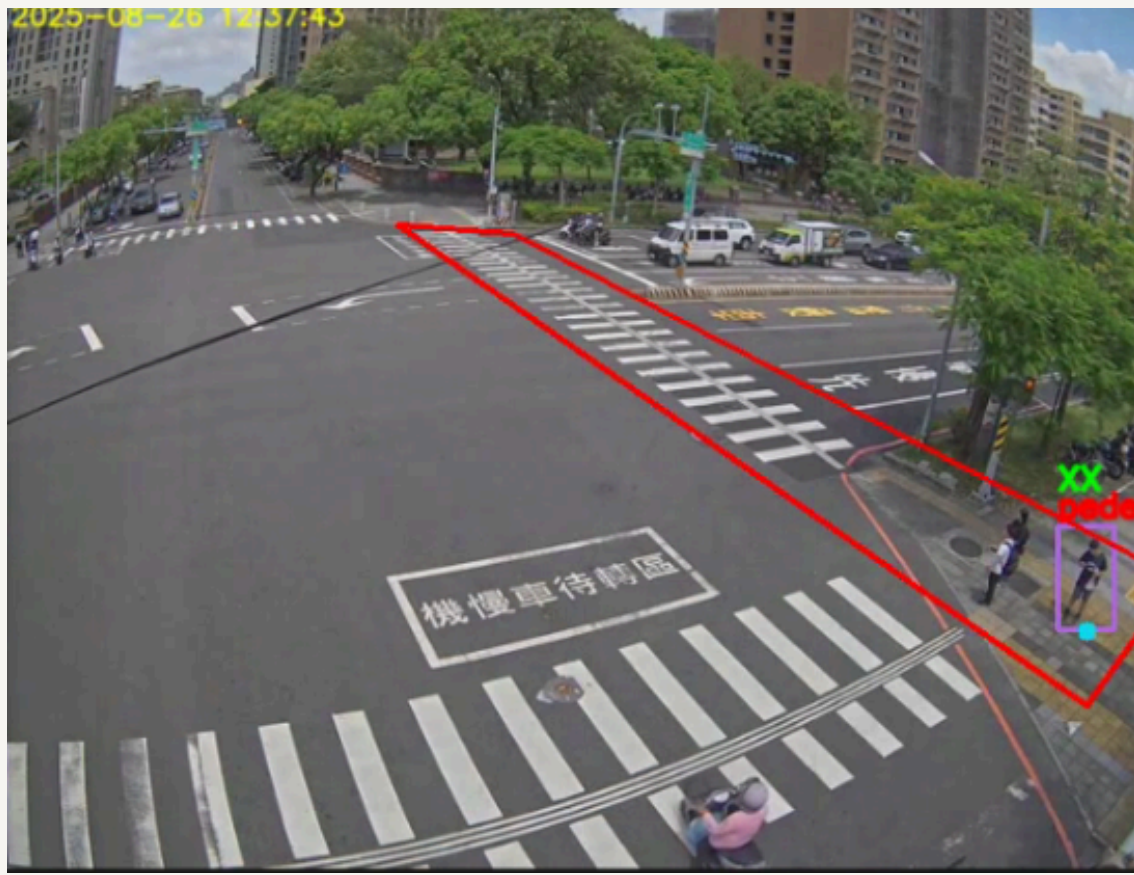
系統架構圖



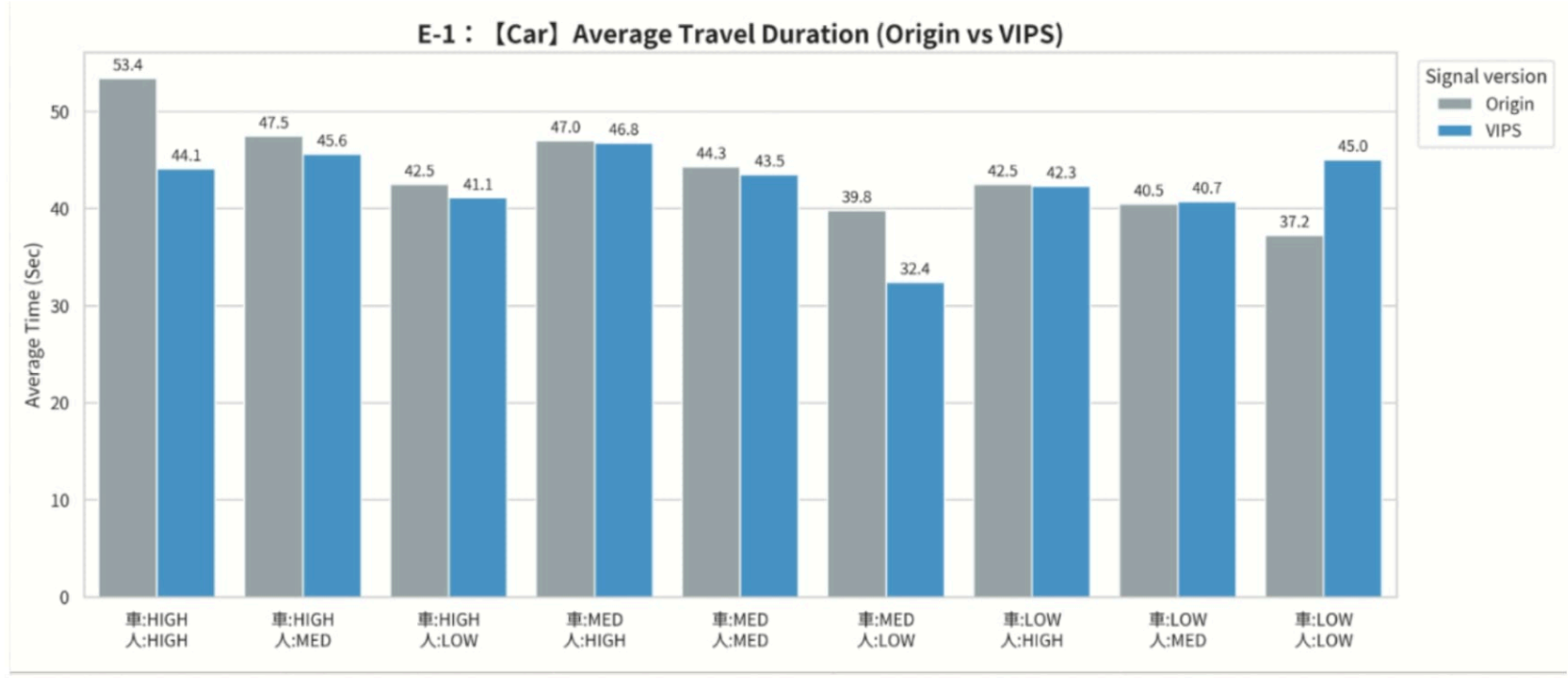
研究介紹

- 邊緣感知與空間映射模組
 - 接收來自 YOLOv9 辨識端的資料封包，取得即時行人座標與數量。
 - 利用幾何向量運算，將真實環境之行人座標投影至「行穿道二維矩陣」，以掌握行人之行走方向與網格佔用狀態。
 - 若異常未收到更新封包，系統將自動清空資料以避免號誌錯誤鎖死
- 共用時相動態決策演算法模組:
 - CS = EarlyGreen：系統進入 5 秒的早開綠燈階段，將人群分類為低、中、高三種負載，並依此動態計算出該週期專屬的綠燈與綠閃時長比例。若無人流則跳過此步階。
 - CS = Green：透過空間矩陣即時追蹤行人通過進度，當偵測到「最後一位行人已走過行穿道 1/5 距離」，或者綠燈時長已達「綠燈上限」時，即觸發轉換至綠閃階段。
 - CS = GreenFlash：系統持續監控行人軌跡，當確認「最後一位行人已走過行穿道 4/5 距離」，或達到「綠閃上限」時，判定行人即將完全脫離衝突區，隨即切換至行人紅燈階段。
 - CS = Red：在紅燈階段之全紅時間結束時，系統會進行路口清空檢查，若路口已無行人，則直接切換方向旗標（Direction flag），進入另一向的早開綠燈；若偵測到路口仍有行人滯留，則主動觸發延長全紅保護。
 - CS = ExtendRed：進入延長全紅狀態後，系統將持續封鎖車輛路權以保護滯留行人，直到行人完全離開，或達到「延長全紅秒數上限」後，才切換方向旗標，將路權安全移交至另一向車流。
- 前端顯示與SUMO驗證
 - 使用 C 語言 libwebsockets 函式庫建立持久型連線，並搭配 pthread_mutex 互斥鎖確保執行緒安全。
 - SUMO 驗證：透過 SUMO 微觀交通仿真平台進行人車交織壓力測試，量化實證本系統能有效降低 11.5% 之高危險衝突。

成果展示



圖一、偵測行人軌跡



圖二、SUMO路口交通模擬結果



圖三、對號誌控制器下指令並透過 WebSocket輸出燈號



demo影片