112-048-5513
MOTC-IOT-111-IFB010

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(2/2)
—系統雛型開發與驗證實作

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 7 月

112-048-5513
MOTC-IOT-111-IFB010

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(2/2)
—系統雛型開發與驗證實作

著者：蘇昭銘、林良泰、吳健生、
王晉元、張建彥、林峰正、
洪百賢、張志鴻、黃啟倡、
吳姿樺、李明展
吳東凌、周家慶、何毓芬

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

構建 5G 智慧交通數位神經中樞.(2/2) : 系統雛型開發與驗證實作 / 蘇昭銘, 林良泰, 吳健生, 王晉元, 張建彥, 林峰正, 洪百賢, 張志鴻, 黃啟倡, 吳姿樺, 李明展, 吳東凌, 周家慶, 何毓芬著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 112.07

面; 公分

ISBN 978-986-531-521-4(平裝)

1.CST: 交通管理 2.CST: 運輸系統

557.15 112011482

構建 5G 智慧交通數位神經中樞(2/2)－系統雛型開發與驗證實作

著　　者：蘇昭銘、林良泰、吳健生、王晉元、張建彥、林峰正、洪百賢、張志鴻、黃啟倡、吳姿樺、李明展、吳東凌、周家慶、何毓芬

出版機關：交通部運輸研究所

地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)

電　　話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 112 年 7 月

印 刷 者： 全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 53 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定　　價：650 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011200842　　ISBN： 978-986-531-521-4（平裝）

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：構建 5G 智慧交通數位神經中樞(2/2)－系統雛型開發與驗證實作</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-521-4(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011200842</td><td>運輸研究所出版品編號
112-048-5513</td><td>計畫編號
111-IFB010</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：運輸資訊組
主管：吳東凌
計畫主持人：吳東凌
研究人員：周家慶、何毓芬
聯絡電話：(02)2349-6890
傳真號碼：(02)2545-0426</td><td colspan="2">合作研究單位：逢甲大學
計畫主持人：蘇昭銘
研究人員：林良泰、吳健生、王晉元、張建彥、林峰正、洪百賢、張志鴻、黃啟倡、吳姿樺、李明展
地址：臺中市西屯區文華路 100 號
聯絡電話：(04)24517250#6640</td><td>研究期間
自 111 年 3 月
至 111 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：智慧交通數位神經中樞系統、數位雙生、通訊協定、緊急車輛優先通行</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
因應 5G 資通訊技術全球發展趨勢，並基於數位轉型及數位雙生等數位治理觀念，本所於民國 110 年提出「5G 智慧交通數位神經中樞」之研究計畫構想，並完成「構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討與系統規劃」(以下簡稱前期計畫)，並依前期計畫研究成果為基礎，辦理本(111)年度「構建 5G 智慧交通數位神經中樞(2/2)－系統雛型開發與驗證實作」(以下本計畫)，初步完成 5G 智慧交通數位神經中樞雛型系統開發，納入交通預測模式庫及公共運輸管理相關知識庫等概念性驗證實作，並結合實作場域之交通即時資訊蒐集，以數位雙生技術提供 3D 視覺化呈現，進而發展城市智慧移動核心技術與創新應用服務。
本計畫亦就原通訊協定中之現場設備共用訊息、號誌控制器訊息、車輛偵測器訊息、資訊可變標誌訊息、自動車輛辨識訊息等，廣泛蒐集各方意見，進行通訊協定 3.0 版修改與新增；同時納入都會區輕軌與緊急車輛運行、車聯網環境下之交通管理中心管理與控制、現場設備間之設備對設備(D2D)、資訊安全等新增需求，以期都市交通控制通訊協定能與時俱進。此外面臨 5G 通訊環境與多元智慧運輸應用需求挑戰時，亦針對緊急救援車輛智慧號控系統進行驗證實作，在前期計畫完成之緊急救援車輛智慧號控系統規劃與概念性驗測成果基礎下，於本計畫實作示範場域進行包含車輛定位精度、通訊技術與協定、緊急救援車輛即時位置發布等課題之技術驗證實作，並歸納實作經驗提出緊急救援車輛智慧號控系統建置參考手冊。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>112 年 7 月</td><td>490</td><td>650</td><td>凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Construction of 5G intelligent transportation digital nerve center (2/2) - System Prototype Development and Verification Implementation

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-521-4 (pbk.)	1011200842	112-048-5513	111-IFB010

DIVISION: Information Systems Division
DIVISION DIRECTOR: Tun-Ling Wu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tun-Ling Wu
PROJECT STAFF: Chia-Ching Chou, Yu-Fen Ho
PHONE:886-2-23496890
FAX:886-2-25450426

PROJECT PERIOD

FROM March 2022
TO December 2022

RESEARCH AGENCY: Feng Chia University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jau-Ming Su
PROJECT STAFF: Liang-Tay Lin, Chien-Sheng Wu, Jin-Yuan Wang, Chien-Yen Chang, Feng-Cheng Lin, Pai-Hsien Hung, Chih-Hung Chang, Chi-Chang Huang, Zih-Hua Wu, Ming-Chan Lee
ADDRESS: No. 100, Wenhwa Rd., Seatwen, Taichung, Taiwan 40724, R.O.C.
PHONE: (04)24517250#6640

KEY WORDS: Intelligent transportation digital nervous system, Traffic information forecast, Communications Protocol, Emergency vehicle priority

ABSTRACT:

The Institute of Transportation proposed the "5G smart transportation digital nerve" research project development in 2021 in response to the global development trend of 5G information and communications technology and based on the digital governance concepts of digital transformation and digital twin. The "Constructing the 5G Smart Transportation Digital Nerve (1/2)-Functional architecture discussion and system planning" (hereinafter "preliminary project") was also completed. The "Constructing the 5G Smart Transportation Digital Nerve (2/2)-System Prototype Development and Verification Implementation" (hereinafter the "project") was carried out using the preliminary project's research results as the basis. Initially, the development of the 5G smart transportation digital nerve prototype system was completed. The traffic prediction model library, a knowledge base related to public transportation management, and other conceptual verification implementations were included. Furthermore, real-time traffic information collection and the implantation field were combined to present 3D visualization via digital twin technology, thereby developing the core technology of urban smart mobility and innovative applications and services.

In this project, opinions from all sides were extensively gathered based on shared site equipment, signal controller information, vehicle detector information, changeable message signs (CMS), automatic vehicle recognition information, and so on. Version 3.0 of the Communication Protocol was also modified and updated. Simultaneously, metropolitan area light rail and emergency vehicle operations, transportation management center management and control in a vehicle-to-everything setting, site equipment device-to-device (D2D), information security, and other additional requirements were incorporated. The urban transportation control communication protocol is hoped to keep up with the times. In addition, to address the 5G communications environment and the challenge of multiple smart transportation application needs, the smart signal control system for emergency rescue vehicles was chosen for verification and implementation. The implementation demonstration site in this project included technical verifications and implementations on such issues as vehicle positioning precision, communications technology and protocol, emergency rescue vehicle rea-time location release, and so on, based on the premise that smart signal system planning for emergency rescue vehicles and conceptual test results were completed in the preliminary project. In addition, implementation experiences were summarized in order to propose a reference manual on the smart signal control system for emergency rescue vehicles.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
July 2023	490	650

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

目錄 III

圖目錄 V

表目錄 XII

第一章 緒論 1

1.1 計畫緣起 1
1.2 研究目的 2
1.3 研究範圍與限制 2
1.4 研究流程 4
1.5 報告章節架構 6

第二章 5G 技術特性與國內外案例探討 9

2.1 5G 技術特性 9
2.2 應用 5G 技術於國內外智慧交通與交通管理案例 10
2.3 綜合探討 21

第三章 智慧交通數位神經中樞系統規劃調整 25

3.1 國內外交通管理系統案例探討 25
3.2 系統核心價值 27
3.3 系統規劃歷程 29
3.4 系統架構與功能 33
3.5 分期發展構想及系統發展效益 37
3.6 5G 技術在系統之角色探討 43

第四章 智慧交通數位神經中樞系統分析模組 開發與實證 45

4.1 交通參數預測模組之開發與實證 45
4.2 施工事件影響分析模組之開發與實證 83
4.3 道路流量資料分析模組之開發與實證 152
4.4 市區公車運量預測模組之開發與實證 168
4.5 市區公車營運績效分析模組之開發與實證 182

第五章 智慧交通數位神經中樞系統之數位雙生雛型開發與實作 187

5.1 數位雙生案例探討 187
5.2 數位雙生雛型開發課題與指引 195
5.3 實作場域背景說明 204
5.4 即時資料介接實作與實證 206
5.5 知識庫之歸納與開發 219
5.6 雛型開發與實作 228

5.7 各類異常事件管理應用情境說明 256
第六章 緊急救援車輛智慧號控制系統實證實作 263
6.1 國內外案例探討 263
6.2 緊急救援車輛優先通行分析模組 297
6.3 緊急救援車輛優先通行資訊播報模組 300
6.4 緊急救援車輛優先通行實證實作 306
6.5 緊急車輛優先通行建置參考手冊 331
第七章 都市交通控制協定檢討 349
7.1 檢討原則與執行構想 349
7.2 第一年期(110 年)計畫檢討成果 352
7.3 第二年期(111 年)檢討課題彙整 354
7.4 第二年期(111 年)檢討成果 360
第八章 輔導實作競賽與計畫成果推廣 409
8.1 辦理輔導實作競賽 409
8.2 成果推廣活動 421
第九章 結論與建議 427
9.1 結論 427
9.2 建議 430
參考文獻 433
附件一、期中報告審查意見處理情形表
附件二、期末報告審查意見處理情形表
附件三、V2X MAP 車道幾何及 Signal Group

圖目錄

圖 1.4.1 研究流程圖 5
圖 2.2.1 視障者使用 APP 搭乘公共運具示意圖 13
圖 2.2.2 西米德蘭茲推出世界上第一輛 5G 有軌電車 13
圖 2.2.3 控制中心的操作員遠端控制自駕巴士示意圖 19
圖 2.2.4 車輛互聯網測試平台示意圖 20
圖 3.3.1「智慧交通數位神經中樞系統」規劃過程示意圖 30
圖 3.3.2 交通數位神經中樞系統內涵與功能 31
圖 3.3.3 本計畫端邊雲系統概念圖 32
圖 3.3.4 智慧交通數位神經中樞系統整體應用架構 33
圖 4.1.1 車流參數預測模組發展目的 46
圖 4.1.2 車流參數預測研究涵蓋範圍 53
圖 4.1.3 預測模式架構 54
圖 4.1.4 預測模式與前期計畫之構建差異 54
圖 4.1.5 M05A 原始資料型態 55
圖 4.1.6 車流參數資料預處理流程 57
圖 4.1.7 篩選後之資料型態示意圖 58
圖 4.1.8 各路段資料組合結果示意圖－每 5 分鐘 1 筆資料 58
圖 4.1.9 資料轉換結果示意圖－每 1 小時 1 筆資料 59
圖 4.1.10 速率與各特徵之相關係數熱力圖-工作日與週末 61
圖 4.1.11 流量與各特徵之相關係數熱力圖-工作日與週末 61
圖 4.1.12 預測模式構建流程 63
圖 4.1.13 工作日資料集劃分 63
圖 4.1.14 週末資料集劃分 63
圖 4.1.15 本計畫與前期預測結果比較-速率 66
圖 4.1.16 本計畫與前期預測結果比較-流量 66
圖 4.1.17 驗證資料蒐集位置示意圖 69
圖 4.1.18 本計畫都市地區道路車流參數預測範圍 70
圖 4.1.19 計畫範圍 GVP 資料原始型態 71
圖 4.1.20 預測模式構建資料集 71
圖 4.1.21 西向快車道行車速率現況分析 72
圖 4.1.22 東向快車道行車速率現況分析 72
圖 4.1.23 西向慢車道行車速率現況分析 73
圖 4.1.24 東向慢車道行車速率現況分析 73
圖 4.1.25 臺灣大道四段澄清醫院路段各時段預測結果比較彙整圖 75
圖 4.1.26 全日預測值與真實值比較圖 76
圖 4.1.27 工作日預測值與真實值比較圖 76
圖 4.1.28 週末日預測值與真實值比較圖 76

圖 4.1.29 河南路二段行車速率現況分析 77
圖 4.1.30 中清路二段行車速率現況分析 77
圖 4.1.31 河南路二段近凱旋路路段全日預測值與真實值比較圖 78
圖 4.1.32 中清路二段國光客運前路段全日預測值與真實值比較圖 78
圖 4.1.33 管理人員操作應用情境 83
圖 4.2.1 縱向間距參數表 92
圖 4.2.2 跟車行為參數表 93
圖 4.2.3 車道變換參數表 93
圖 4.2.4 橫向間距參數表 94
圖 4.2.5 期望速限分佈參數 95
圖 4.2.6 期望速限分佈參數 95
圖 4.2.7 高速公路施工事件模擬研究涵蓋範圍 96
圖 4.2.8 EVP 原始資料型態 96
圖 4.2.9 資料預處理過程 97
圖 4.2.10 每 1 小時一筆資料 98
圖 4.2.11 施工情境模擬流程 100
圖 4.2.12 施工區情境前置警示區建模長度 101
圖 4.2.13 施工區情境施工區建模長度 101
圖 4.2.14 每小時之總流量輸入值(連續模擬) 102
圖 4.2.15 施工速限設定(1) 104
圖 4.2.16 施工速限設定(2) 105
圖 4.2.17 施工速限設定(3) 105
圖 4.2.18 施工情境模擬時間設定 106
圖 4.2.19 施工情境偵測器蒐集資料設定 107
圖 4.2.20 施工情境模擬環境 108
圖 4.2.21 都市地區路段建模範圍 109
圖 4.2.22 環中路三段車道縮減圖示 109
圖 4.2.23 現況環中路三段北向車道配置 110
圖 4.2.24 施工狀態下之號誌時制 112
圖 4.2.25 VD 資料原始型態 112
圖 4.2.26 朝馬路 VD 資料樣態 113
圖 4.2.27 都市地區非施工模式構建流程 114
圖 4.2.28 都市地區建模路段 115
圖 4.2.29 環中路三段北向慢車道路寬設定 115
圖 4.2.30 各車種數數量設定 116
圖 4.2.31 每小時總流量輸入(連續模擬) 116
圖 4.2.32 機車橫向間距設定 116
圖 4.2.33 速限分佈設定 117
圖 4.2.34 環中路三段/市政路號誌設定 117
圖 4.2.35 環中路三段/朝馬路號誌設定 118

圖 4.2.36 非施工情境模擬時間設定 118
圖 4.2.37 非施工情境偵測器設定 119
圖 4.2.38 施工情境模擬流程 121
圖 4.2.39 惠來溪施工交維佈設圖 122
圖 4.2.40 環中路三段施工路段長度設定 122
圖 4.2.41 施工情境各車種數數量設定 123
圖 4.2.42 施工情境每小時總流量輸入(連續模擬) 123
圖 4.2.43 施工區情境速限設定 124
圖 4.2.44 施工情境模擬時間設定 125
圖 4.2.45 都市地區施工情境模擬環境 126
圖 4.2.46 車流參數預測模式及施工交通影響模擬模式之綜合應用 151
圖 4.2.47 交通管理人員模式運用操作示意 152
圖 4.3.1 車上黏貼電子標籤(eTag)示意圖 154
圖 4.3.2 影像識別後提供物件偵測資訊示意圖 155
圖 4.3.3 路側專業攝影機可調整的參數內容 156
圖 4.3.4 夜間雨天專業攝影壓光後效果 156
圖 4.3.5 ByteTrack 與其它 Tracking 演算法效率及準確度比較圖 157
圖 4.3.6 模組建構系統架構圖 157
圖 4.3.7 模組自動產出十字路口尖峰小時轉向量圖 158
圖 4.3.8 選擇影像提供方式 161
圖 4.3.9 選擇車流調查型態 161
圖 4.3.10 調查道路型態之幾何特性 162
圖 4.3.11 影片時間設定 162
圖 4.3.12 選擇影像天氣狀態 163
圖 4.3.13 辨識檔案備註 163
圖 4.3.14 畫面訊息提示：區塊點位數量需滿足 4 點 164
圖 4.3.15 開始繪製 ROI 範例圖 164
圖 4.3.16 命名車道或方向 165
圖 4.3.17 車道資訊填寫圖示說明 165
圖 4.3.18 後台各專案辨識清單-辨識完成 166
圖 4.3.19 路段車流量 PCU 計數範例 166
圖 4.3.20 路口車流轉向量 PCU 計數 167
圖 4.3.21 模組自動產出尖峰小時轉向圖 167
圖 4.4.1 公車運量預測模組發展目的 168
圖 4.4.2 300 路公車 2021 年各月份運量 173
圖 4.4.3 300 路公車 2021 年分站各月份運量-各站上車人次 174
圖 4.4.4 300 路公車 2021 年分站各月份運量-各站下車人次 174
圖 4.4.5 300 路公車 2021 年 3 月份不同日別上車運量 175
圖 4.4.6 300 路公車 2021 年 3 月份週間日與週末上車運量 175
圖 4.4.7 300 路公車 2021 年 3 月份不同日別下車運量 176

圖 4.4.8 300 路公車 2021 年 3 月份週間日與週末下車運量 176
圖 4.4.9 300 路公車 2021 年 3 月份每日運量 177
圖 4.4.10 300 路公車 2021 年 3 月份平假日分時運量 177
圖 4.4.11 2021 年 300 路分時運量 178
圖 4.4.12 市區公車時運量預測模組操作應用情境 182
圖 4.5.1 市區公車營運績效分析模組設計構想 183
圖 4.5.2 路段上所有路線乘載績效 185
圖 4.5.3 路段上個別路線乘載績效 185
圖 4.5.4 市區公車營運績效分析模組應用情境 186
圖 5.1.1 淡海新市鎮以數位雙生概念呈現的 3D 戰情中心 188
圖 5.1.2 東芝於電腦上模擬行駛中汽車以重量影響橋體 190
圖 5.1.3 西澳大利亞數位雙生模型方案 192
圖 5.1.4 英國數位雙生模型建立 193
圖 5.2.1 數位雙生三大元素 195
圖 5.2.2 Azure IoT 生態系 198
圖 5.2.3 Azure Digital Twins 與相關服務互動關係 199
圖 5.2.4 數位雙生功能需求規劃示意圖 201
圖 5.3.1 實作場域空拍圖 204
圖 5.3.2 本計畫數位雙生範圍 204
圖 5.3.3 實景與數位雙生平台對照 205
圖 5.4.1 Google MAP 繪製之空間示意圖 206
圖 5.4.2 路側電子標籤(eTag)車流計數安裝設施示意 207
圖 5.4.3 電子標籤(eTag)車流計數流程圖 207
圖 5.4.4 運用 eTag 主要觀測車流路口(臺灣大道六段與工業一路交叉路口) 208
圖 5.4.5 PowerBI eTag 接收器訊號分析可視化介面 208
圖 5.4.6 運用 eTag 提供車流計算觀測路口(臺灣大道六段與永福路交叉路口) 209
圖 5.4.7 eTag EPC 碼提供大型車及小型車辨識解碼 209
圖 5.4.8 提供數位雙生資訊之電子標籤與 Device ID 資料 210
圖 5.4.9 影像車流計數示意圖 211
圖 5.4.10 影像車流計數流程圖 211
圖 5.4.11 影像車流 Device ID 位置示意圖 212
圖 5.4.12 影像車流計數攝影機角度調整施工及成果圖 212
圖 5.4.13 BRT 站位安裝之攝影機示意圖 214
圖 5.4.14 人流影像計算流程圖 214
圖 5.4.15 澄清醫院往西 BRT 攝影機(Camera01-04) 215
圖 5.4.16 Camera02 及 Camera04 站體兩側干擾區域 mask 為黑色處理 215
圖 5.4.17 BRT 站位容納人數驗證 216
圖 5.4.18 不同電信業者 5G 下載速度之比較 218
圖 5.4.19 澄清綜合醫院網路涵蓋率查詢 218
圖 5.4.20 5G 涵蓋色塊表 219

圖 5.5.1 異常事件處理現況流程 220
圖 5.5.2 公車站點人流增加之系統知識庫應變流程 222
圖 5.5.3 公車連班之系統知識庫應變流程 224
圖 5.5.4 公車其他異常事件之系統知識庫應變流程 227
圖 5.5.5 知識庫實務應用探討 228
圖 5.6.1 本計畫數據模型關聯圖 230
圖 5.6.2 本計畫數位雙生功能架構 252
圖 5.6.3 智慧交通數位神經中樞三維平台畫面 252
圖 5.6.4 號誌及車流呈現 253
圖 5.6.5 公車場站人流呈現 253
圖 5.6.6 告警訊息畫面(1) 254
圖 5.6.7 告警訊息畫面(2) 254
圖 5.6.8 數位雙生路況預測功能流程圖 255
圖 5.6.9 更新 Azure Cosmos DB 255
圖 5.6.10 路況預測查詢畫面 256
圖 5.6.11 路況預測顯示畫面 256
圖 6.1.1 高雄市緊急車輛優先通行計畫範圍 264
圖 6.1.2 緊急救援車輛優先號誌由接近路口至離開路口階段 265
圖 6.1.3 高雄市緊急救援車輛優先號誌系統架構圖 266
圖 6.1.4 優先時相運作判斷步驟說明圖 268
圖 6.1.5 適應性號誌控制系統架構擴充示意圖 269
圖 6.1.6 試辦場域：聖保祿醫院、敏盛醫院(經國院區)進入動線示意圖 271
圖 6.1.7 救護車優先號誌系統架構 272
圖 6.1.8 緊急救援管理系統之施行範圍 273
圖 6.1.9 緊急救援管理系統之運作流程圖 274
圖 6.1.10 臺南市整合型公車優先號誌計畫範圍 277
圖 6.1.11 緊急車輛優先通行畫面 278
圖 6.1.12 公車優先通行畫面 278
圖 6.1.13 竹圍路郎資訊整合平台畫面(1) 280
圖 6.1.14 竹圍路郎資訊整合平台畫面(2) 280
圖 6.1.15 光學式優先號誌系統 281
圖 6.1.16 微波/GPS 式優先號誌系統 281
圖 6.1.17 結合 OBU/GPS 等技術優先號誌系統 282
圖 6.1.18 Opticom 緊急優先號誌系統運作架構 282
圖 6.1.19 EMTRAC 優先號誌管理系統運作架構 283
圖 6.1.20 Applied Information 的緊急優先號誌系統運作架構 284
圖 6.1.21 MAG 區域中緊急車輛優先系統實施之歷史 285
圖 6.1.22 目前 MAG 中使用的優先號誌時相 286
圖 6.1.23 MAG 區域中使用的兩種類型確認燈 286
圖 6.1.24 FAST 系統組成圖 287

圖 6.1.25 北京北小營鎮 5G 路側部署點 288
圖 6.1.26 西青先導區規劃圖 290
圖 6.1.27 HUD 及 app(智行西青)顯示系統 290
圖 6.1.28 預留車道場景 291
圖 6.1.29 道路禁行/封閉場景 292
圖 6.1.30 協作式號誌燈優先通行場景 292
圖 6.1.31 前(110)期計畫緊急車輛優先號誌系統架構 296
圖 6.1.32 前(110)期與本期計畫差異 297
圖 6.2.1 優先號誌運作策略 298
圖 6.2.2 緊急救援車輛優先號誌控制邏輯 299
圖 6.3.1 緊急車輛優先通行資訊模組功能 300
圖 6.3.2 資料結構 JSON(左)XML(右)對照圖 301
圖 6.3.3 導航軟體抵達時間以秒計算圖(1) 302
圖 6.3.4 導航軟體抵達時間以秒計算圖(2) 302
圖 6.3.5 導航軟體最佳化路徑規劃流程圖 303
圖 6.3.6 組建多路口 SRM 資訊範例圖 304
圖 6.3.7 號誌切換時間 UI 顯示示意圖 305
圖 6.4.1 相關單位訪談照片 307
圖 6.4.2 消防派遣流程圖 307
圖 6.4.3 路線情境示意圖 310
圖 6.4.4 路口時相彙整 310
圖 6.4.5 場域實測路線 311
圖 6.4.6 T-TOPIS 運輸服務功能 312
圖 6.4.7 系統架構示意圖 313
圖 6.4.8 其他車輛接收 EVA 成果圖 316
圖 6.4.9 MAP(J2735)訊息實驗室測試架構示意圖 316
圖 6.4.10 SRM、SSM、SPaT 訊息實驗室測試架構示意圖 317
圖 6.4.11 異常處理流程 324
圖 6.4.12 UI 監控介面-「即時資訊」畫面 325
圖 6.4.13 UI 監控介面-「紀錄查詢」畫面 325
圖 6.4.14 路徑 1-4-5 時空圖 328
圖 6.4.15 號誌控制器面板-全動態 329
圖 6.5.1 優先號誌策略示意圖 335
圖 6.5.2 優先號誌系統運作邏輯 337
圖 7.1.1 通訊協定修訂之原則 349
圖 7.1.2 都市交通控制通訊協定檢討方式概念圖 352
圖 7.3.1 第二年期檢討課題說明 354
圖 7.3.2 協定檢討之流程與處理方式 355
圖 7.4.1 與中華交通號誌協會進行都市交通控制通訊協定研討之討論畫面 365
圖 7.4.2 「都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集」之討論畫面 369

圖 7.4.3 臺北市資訊可變標示顯示全彩圖形範例 373
圖 7.4.4 桃園市資訊可變標誌顯示圖形範例 373
圖 7.4.5 「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」圖形管理之區域組合設定 374
圖 7.4.6 「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」圖形管理之區域顯示設定 374
圖 7.4.7 全圖下載之概念說明 375
圖 7.4.8 採用逐點掃描方式掌握面板故障狀態 376
圖 7.4.9 面板狀態管理協定使用流程 377
圖 7.4.10 新北市淡海輕軌系統架構 380
圖 7.4.11 高雄輕軌二期架構說明 381
圖 7.4.12 高雄輕軌系統架構 382
圖 7.4.13 輕軌系統指令溝通流程 382
圖 7.4.14 輕軌系統優先號誌步階控制流程 383
圖 7.4.15 輕軌優先號誌通訊協定溝通圖 384
圖 7.4.16 弱勢用路人有聲號誌架構說明 387
圖 7.4.17 中興新村實驗場域交通控制中心與 RSU 傳遞內容 389
圖 7.4.18 中興新村實驗場域監控平台系統架構圖 390
圖 7.4.19 基隆實驗場域車路整合平台系統架構圖 392
圖 7.4.20 基隆實驗場域雛型平台系統架構圖 393
圖 7.4.21 基隆實驗場域控制中心提供 RSU 資料內容 393
圖 7.4.22 基隆實驗場域 OBU 提供資料透 RSU 回傳交通控制中心 394
圖 7.4.23 智慧路測資通訊標準 TCROS 應用範圍 395
圖 7.4.24 緊急救援車輛優先號誌管理-中心端控制 398
圖 7.4.25 緊急救援車輛優先號誌管理-設備端控制 399
圖 7.4.26 都市交通控制通訊協定測試工具架構圖 401
圖 7.4.27 都市交通控制通訊協定測試工具-載入組態 406
圖 7.4.28 都市交通控制通訊協定測試工具-選取測試指令 406
圖 7.4.29 都市交通控制通訊協定測試工具-下載指令測試 407
圖 7.4.30 都市交通控制通訊協定測試工具-檢視歷史資料 407
圖 8.1.1 業師交流會線上活動畫面 413
圖 8.1.2 競賽隊伍簡報過程 420
圖 8.2.1 都市交通控制通訊協定 3.0 版 110-111 年檢討成果交流座談會線上活動 422
圖 8.2.2 智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果交流座談會現場活動概況(1) 423
圖 8.2.3 智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果交流座談會現場活動概況(2) 423
圖 8.2.4 緊急救援車輛智慧號控系統驗證實作技術研討會現場活動概況 424
圖 8.2.5 「應用混合深度學習模式於高速公路多時段交通速率預測」投稿證明 425
圖 8.2.6 「高速公路可預期施工事件之車流影響模擬分析模式」投稿證明 425
圖 8.2.7 「利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量」投稿證明 426
圖 8.2.8 IEEE 投稿證明 426

表目錄

表 1.3-1 本計畫各項執行內容之涵蓋範圍 3
表 2.3-1 國內外 5G 應用於智慧交通與管理之案例彙整 22
表 3.4-1 地方交通首長期待功能之規劃 34
表 3.5-1 110-111 年系統功能建置狀況暨後續發展規劃 41
表 4.1-1 車流參數預測相關文獻彙整 50
表 4.1-2 本計畫高速公路參數預測精進方式 52
表 4.1-3 本計畫模式考量之時空相關特徵彙整 52
表 4.1-4 M05A 資料架構與內容 55
表 4.1-5 資料篩選範圍 57
表 4.1-6 不同日態速率、流量與連續類型特徵變數之相關性分析 60
表 4.1-7 不同日態速率、流量與分類型特徵變數之變異數分析 62
表 4.1-8 MAPE 評估標準劃分 64
表 4.1-9 速率預測結果比較 65
表 4.1-10 流量預測結果比較 66
表 4.1-11 GVP 資料特性彙整 68
表 4.1-12 GVP 資料欄位說明 69
表 4.1-13 臺灣大道四段澄清醫院路段尖峰時段分析 73
表 4.1-14 臺灣大道四段澄清醫院路段各時段交通速率預測結果比較 75
表 4.1-15 河南路二段及中清路二段全日全時段交通速率預測結果比較 78
表 4.1-16 1968 與本計畫預測結果比較彙整 79
表 4.1-17 模型於不同路段之速率及流量預測結果彙整 81
表 4.1-18 本計畫模型泛化能力探討彙整 81
表 4.1-19 車流參數預測模式及壅塞機率轉換模式功能模組產出之預測結果 82
表 4.2-1 施工事件影響分析相關文獻彙整 89
表 4.2-2 VISSIM 高速公路跟車行為參數對照表 94
表 4.2-3 欄位內容說明 97
表 4.2-4 資料篩選範圍 98
表 4.2-5 參數資料彙整範例 98
表 4.2-6 施工區情境路段建模長度 100
表 4.2-7 施工時段資料集 102
表 4.2-8 駕駛行為參數設定項目 102
表 4.2-9 期望速限分佈設定 103
表 4.2-10 車種速限分佈設定 104
表 4.2-11 施工模式路段速率設定 104
表 4.2-12 施工模式情境設定參數表 107
表 4.2-13 都市地區施工案例所需資料條件 110
表 4.2-14 環中路三段現況道路幾何配置 111

表 4.2-15 非施工時段路段交叉口時制計畫表 111
表 4.2-16 VD 資料蒐集範圍 112
表 4.2-17 都市地區參數資料範例彙整 113
表 4.2-18 非施工時段資料集 115
表 4.2-19 都市地區非施工情境設定參數表 119
表 4.2-20 施工時段資料集 123
表 4.2-21 都市地區施工情境設定參數表 125
表 4.2-22 高速公路施工模式第一次(速率)驗證 127
表 4.2-23 高速公路施工模式第二次(速率)驗證 127
表 4.2-24 高速公路施工模式第三次(速率)驗證 128
表 4.2-25 高速公路施工平均(速率)驗證 128
表 4.2-26 高速公路施工第一次修正(速率)驗證 129
表 4.2-27 高速公路施工第二次修正(速率)驗證 129
表 4.2-28 高速公路施工第三次修正(速率)驗證 129
表 4.2-29 高速公路施工平均(速率)驗證 129
表 4.2-30 本計畫與前期模擬結果比較 130
表 4.2-31 非施工情境環中路三段/朝馬路平均(速率)驗證 131
表 4.2-32 施工情境環中路三段/朝馬路平均(速率)驗證 131
表 4.2-33 高速公路車道數及每小時到達車輛數模擬情境 132
表 4.2-34 高速公路車道封閉數模擬情境 132
表 4.2-35 高速公路工程事件模組組合 133
表 4.2-36 都市地區調整因子 133
表 4.2-37 都市地區工程事件模組組合 134
表 4.2-38 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-4 車道 135
表 4.2-39 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-3 車道 138
表 4.2-40 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-2 車道 141
表 4.2-41 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -4 車道 143
表 4.2-42 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -3 車道 146
表 4.2-43 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -2 車道 148
表 4.3-1 交通量調查費用概算表 159
表 4.4-1 本計畫模型泛化能力探討彙整 170
表 4.4-2 市區公車時運量預測模式構建考量特徵彙整 179
表 4.4-3 各特徵組合之預測結果彙整 180
表 4.4-4 市區公車實際預測誤差彙整表 181

表 4.5-1 模組產生之建議檢討區間 185
表 5.3-1 數位雙生範圍物件說明 205
表 5.4-1 即時資料介接實作場域標註說明 207
表 5.4-2 規劃提供數位雙生數據庫之欄位資訊 210
表 5.4-3 eTag 車流計算公式說明 210
表 5.4-4 ROI 與數位雙生 Device ID 關係 212
表 5.4-5 影像車流計算公式說明 213
表 5.4-6 影像人流計算公式說明 216
表 5.4-7 各廠牌之交通儀器控制設備功能綜整表 217
表 5.4-8 5G 與 4G 比較表 217
表 5.6-1 本計畫數位雙生數據模型及 API 總覽 229
表 5.6-2 本計畫數據模型及參考資料 230
表 5.6-3 道路數據模型 232
表 5.6-4 路段數據模型 233
表 5.6-5 號誌數據模型 237
表 5.6-6 交通量數據模型 238
表 5.6-7 巴士/電動巴士數據模型 240
表 5.6-8 資訊可變標誌 CMS 資訊數據模型 243
表 5.6-9 場站人流數據模型 245
表 5.6-10 資料端 API 彙整 247
表 5.6-11 應用端 API 彙整 247
表 5.6-12 UpdateTrafficFlowObserved 資料端 API 247
表 5.6-13 UpdateCrowsFlow 資料端 API 248
表 5.6-14 UpdateSignal 資料端 API 248
表 5.6-15 UpdateCMS 資料端 API 248
表 5.6-16 UpdateBus 資料端 API 248
表 5.6-17 UpdateTrafficPredict 資料端 API 249
表 5.6-18 GetTrafficFlowObserved 應用端 API 249
表 5.6-19 GetCrowdFlowObserved 應用端 API 249
表 5.6-20 GetBus 應用端 API 250
表 5.6-21 BroadcastBusStatus 應用端 API 250
表 5.6-22 BroadcastBusLocation 應用端 API 250
表 5.6-23 BroadcastSPaT 應用端 API 250
表 5.6-24 BroadcastCMS 應用端 API 250
表 5.6-25 AlertTrafficFlow 應用端 API 251
表 5.6-26 AlertCrowdFlow 應用端 API 251
表 5.6-27 GetTrafficPredict 應用端 API 251
表 5.6-28 路況預測資料示意 255
表 6.1-1 實測績效評估表 274
表 6.1-2 臺南市整合型公車優先號誌計畫範圍路口與站牌 277

表 6.1-3 天津(西青)車聯網先導區通訊技術 290
表 6.1-4 協作式優先車輛通行場景運作原理 291
表 6.1-5 案例歸納彙整表 294
表 6.3-1 本計畫車機導航精進方式 301
表 6.4-1 既有路口號誌控制器彙整表 311
表 6.4-2 路口時制計畫表 311
表 6.4-3 路側端 M600(5G)功能規劃 313
表 6.4-4 RSU 功能規劃 314
表 6.4-5 TC 功能規劃 314
表 6.4-6 中心端功能規劃 314
表 6.4-7 緊急救援車輛優先號誌車輛端執行步驟說明 315
表 6.4-8 MAP 資料實驗室測試成果 317
表 6.4-9 SRM/SSM 資料實驗室測試成果 318
表 6.4-10 號誌即時燈態與倒數秒數 319
表 6.4-11 號誌時制計畫設定 319
表 6.4-12 號誌控制策略狀態查詢與設定 320
表 6.4-13 號誌優先控制策略執行 322
表 6.4-14 SPaT 資料測試結果 325
表 6.4-15 MAP 資料測試結果 326
表 6.4-16 SRM/SSM 資料測試結果 326
表 6.4-17 各路口優先號誌執行策略及秒數(10/20) 327
表 6.4-18 路口優先號誌執行策略及秒數(10/25) 327
表 6.4-19 各路口優先號誌執行策略及秒數(10/27) 327
表 6.4-20 抵達路口時之燈號(啟動前) 327
表 6.4-21 抵達路口時之燈號(啟動後) 327
表 6.4-22 臺中市 106~110 年度消防車出動車輛次數 328
表 6.4-23 路口 1 時制計畫(設計階段資料) 329
表 6.4-24 路口 1 時制計畫(現場測試階段資料) 329
表 6.4-25 路口 5 時制計畫(設計階段資料) 330
表 6.4-26 路口 5 時制計畫(現場測試階段資料) 330
表 6.5-1 集中式與分散式控制比較表 334
表 6.5-2 TCROS 與 V3.0 應用比較表 341
表 6.5-3 定位系統比較表 343
表 6.5-4 定位技術比較表 344
表 6.5-5 4G/5G 與 C-V2X 技術比較表 345
表 6.5-6 技術綜整比較表 347
表 7.2-1 第一年期(110 年)都市交通交通控制通訊協定座談會內容 352
表 7.2-2 第一年期都市交通控制通訊協定檢討成果 353
表 7.3-1 第一年期後續研討內容 355
表 7.3-2 行人觸動調整說明 356

表 7.3-3 號誌控制器時制補償說明.....357
表 7.3-4 倒數秒數管理說明.....358
表 7.3-5 自行車偵測說明.....359
表 7.3-6 行人行車燈頭狀態檢查機制說明.....359
表 7.4-1 第二年期都市交通控制通訊協定座談會內容.....360
表 7.4-2 與中華交通號誌協會討論意見彙整表.....361
表 7.4-3 「都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集」議題彙整表.....365
表 7.4-4 第一年期延續檢討之成果辦理方式說明.....369
表 7.4-5 資訊可變標誌全彩通訊協定.....371
表 7.4-6 六都對於全彩圖形下載之需求與現況.....372
表 7.4-7 建議自動車輛識別支援現場設備共用訊息.....378
表 7.4-8 步階控制協定 5F H+1C H 修訂內容.....384
表 7.4-9 輕軌優先號誌通訊協定溝通內容表.....385
表 7.4-10 輕軌通訊協定內容.....385
表 7.4-11 RSU 運作狀態蒐集資訊.....396
表 7.4-12 RSU 與交通控制中心設備管理訊息協定列表.....397
表 7.4-13 設備端控制與中心端控制之比較方案.....400
表 7.4-14 現場設備共用訊息檢驗指令表.....402
表 7.4-15 號誌控制器訊息檢驗指令表.....403
表 7.4-16 車輛偵測器訊息檢驗指令表.....404
表 7.4-17 資訊可變標誌訊息檢驗指令表.....404
表 7.4-18 路口資料偵測器訊息檢驗指令表.....404
表 7.4-19 路側單元(RSU)訊息檢驗指令表.....405
表 8.1-1 前期獲選隊伍構想與開發問題(應該是評分項目與配分?!).....411
表 8.1-2 活動流程-業師交流會.....412
表 8.1-3 各小隊期望業師所指導方向.....413
表 8.1-4 七月月會討論內容.....414
表 8.1-5 八月月會討論內容.....414
表 8.1-6 九月月會討論內容.....415

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

近年來第五代行動通訊技術(5G，5th generation mobile networks)已進入商用階段，並開始探討在各項領域之應用潛力。具超大頻寬、高可靠低延遲及大連結特性的 5G 通訊技術，有利於大數據、人工智慧、物聯網等服務的發展，對於帶動高品質智慧交通服務、視聽娛樂、智慧醫療、智慧工廠、自駕車、無人機、智慧城市等領域的加值創新應用，已成為各國競相發展的重點，也是我國「數位國家・創新經濟發展方案」的重點投入項目之一。

為掌握 5G 蓬勃發展所帶來的龐大商機與契機，行政院於 108 年核定「臺灣 5G 行動計畫」(108 年至 111 年)，以鬆綁、創新、實證、鏈結等策略，提出五大推動主軸，全力發展各式 5G 電信加值服務及垂直應用服務，打造臺灣為適合 5G 創新運用發展的環境，藉以提升數位競爭力、深化產業創新，實現智慧生活。其後，行政院科技會報辦公室進一步提出「5G 行動寬頻應用加速方案(草案)」，內容包括加速偏鄉地區 5G 行動寬頻基礎建設、廣泛建置 5G 垂直應用場域、完善 5G 後續釋照之頻譜清理作業、推動公部門導入 5G 行動勤務、加速 5G 網路佈建與普及 5G 體驗應用等項目。本所依據行政院核定之「推動 5G 提升智慧交通服務效能與安全計畫」，於 110 年提出「構建 5G 智慧交通數位神經中樞」之兩年期研究計畫構想，並在 110 年完成「構建 5G 智慧交通數位神經中樞(1/2)－功能架構探討與系統規劃」計畫(後續簡稱前期計畫)，在前期計畫中已完成下列研究內容：

一、依據交通治理之痛點及智慧城市數位治理之核心價值，規劃「智慧交通數位神經中樞系統」之公共運輸、交通管理及事件管理等三大應用領域，並提出短中長期之發展構想。

二、完成計畫實作示範場域之遴選作業，並提出設備佈建規劃及與市政府之溝通協調作業。

三、完成緊急救援車輛之智慧號誌控制系統發展規劃，並分別於實驗室及淡海新市鎮場域完成概念性驗證。

四、完成因應 5G 車聯網與人工智慧需求之都市交通控制通訊協定檢討，包括「現

場設備共用訊息」、「號誌控制器訊息」及「車輛偵測器訊息」等項目。

五、辦理「110 年數位交通創意應用競賽-公共運輸數位轉型之應用」，遴選出 6 隊優勝隊伍。

本年度計畫主要在延續前期計畫之研究成果，進一步於示範場域進行「智慧交通數位神經中樞系統」雛型開發與驗證實作及其他構想之精進研究，以驗證前期各項規劃構想之可行性，做為我國因應 5G 通訊技術發展與智慧城市潮流趨勢，建構新世代智慧交通數位神經中樞系統之基礎。

1.2 研究目的

本計畫主要依據行政院推動「臺灣 5G 行動計畫」之宗旨，建構智慧交通數位神經中樞之雛型系統與驗證實作內容，針對本(111)年計畫之具體研究目的，加以說明如下：

一、進行智慧交通數位神經中樞系統之雛型開發，將前期計畫所提構想中之交通資訊播報服務功能與模式庫(或知識庫)進行概念性驗證，以確立交通數位神經中樞系統之可執行性及未來發展過程中之課題與對策。

二、結合 AIoT、人工智慧(AI)及大數據技術，進行緊急救援車輛智慧號誌控制系統之驗證實作，研提我國「智慧交通數位神經中樞」中對於緊急救援車輛智慧號誌控制之課題探討與建議作法。

三、因應 5G 車聯網與人工智慧需求，進行都市交通控制通訊協定之檢討，為各縣市交通控制系統升級「智慧交通數位神經中樞」奠基。

四、針對前期計畫創新應用服務競賽之優勝團隊進行輔導，協助其完成各項創新構想之實作，並結合計畫執行成果舉辦相關發表活動。

1.3 研究範圍與限制

本計畫囿於時間與經費等因素，相關研究限制如下：

一、本計畫所探討內容著重在 5G 技術之應用，針對 5G 技術之探討、公網與專網特性之相關討論並不在此列。

二、本計畫以臺中市為「智慧交通數位神經中樞」系統雛型開發及緊急救援車輛智慧號誌控制系統之示範實作場域，為能了解既有路側設備在「智慧交通數位神經中樞」系統所扮演角色，在計畫執行過程中除 5G 通訊設備之架設外，係以不架設新設備為原則。

三、本計畫所構建之「智慧交通數位神經中樞」系統雛型開發主要係以呈現系統中之各項功能為主，以做為未來各縣市規劃發展新一代交通管理系統之參採，並非要取代各縣市既有之交通管理系統。

四、本計畫針對「110 年創新應用服務競賽」獲選隊伍競賽主題之實作輔導工項，主要係以前期計畫中針對獲選之公共運輸服務創新構想為輔導對象，爰已毋需將 5G 技術的導入列為絕對要件。

此外，有關於本計畫各項執行內容之探討、構建、資料使用之範圍、是否應用 5G 等內容，彙整如表 1.3-1 所示。

表 1.3-1 本計畫各項執行內容之涵蓋範圍

本計畫完成內容	對應智慧交通數位神經中樞系統功能	實作範圍	採用資料來源	5G 應用特性
交通參數預測模式及施工交通影響模擬模式 ➢ 高速公路 ➢ 市區道路	●資料分析 ●預測模型 ●模式庫	高速公路：中部路段(延續前(110)期內容進行精進) 市區：臺中市臺灣大道 4 段澄清醫院路段及環中路 3 段(配合交維施工案例地點)	高速公路 ETC 系統資料、GVP、VD、號誌時制	不需使用 5G
市區公車時運量預測及營運績效分析模組	●資料分析 ●預測模型 ●模式庫	臺中市西屯區臺灣大道市區公車(部分路線)	票證資料	不需使用 5G
公車站位人流異常處理及緊急事件處理知識庫	●資料分析 ●知識庫	以既有影像設備進行異常辨識後，展示於數位雙生中，辨識地點及範圍係以澄清醫院站為例	影像	運用 5G 高頻寬高速度及低延遲特性將大量影像即時回傳辨識後於系統中進行預/告警判斷。
數位雙生模型構建	●3D 視覺化模型	臺中市西屯區臺灣大道四段澄清醫院路段	號誌、影像、PTX、TDX、ETC	運用 5G 高頻寬高速度及低延遲特性將大量影像及號誌

本計畫完成內容	對應智慧交通數位神經中樞系統功能	實作範圍	採用資料來源	5G 應用特性
			系統	狀態即時回傳於系統進行即時資訊呈現。
緊急救援車輛智慧號誌控制系統驗證實作	●即時偵測 ●資料分析 ●模式庫 ●即時反應	臺中水湳經貿園區(前(110)期計畫縣市遴選結果)	OBU、RSU、TC、TMC	運用 5G C-V2X 高頻寬/高速度、低延遲及多設備連結之特性，確保 OBU、RSU、TC、TMC 間之穩定通訊。
緊急救援車輛智慧號誌控制系統驗證實作指引手冊	●知識庫	—	—	—
都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討	●即時偵測通訊 ●即時反應通訊	—	—	—
110 年創新應用服務競賽之獲選隊伍成果實作輔導競賽	—	—	—	—

1.4 研究流程

本計畫執行內容主要分為都市交通控制通訊協定檢討、智慧交通數位神經中樞系統雛型開發、緊急救援車輛智慧號誌控制系統驗證實作以及創新應用服務競賽輔導實作共四大項目，其研究分析流程如圖 1.4.1 所示，首先確認研究目的與工作內容後，即針對相關文獻進行回顧並綜整，以做為主要執行項目之研究參考，接著開始進行各大重要工作項目之研究，詳細說明如下：

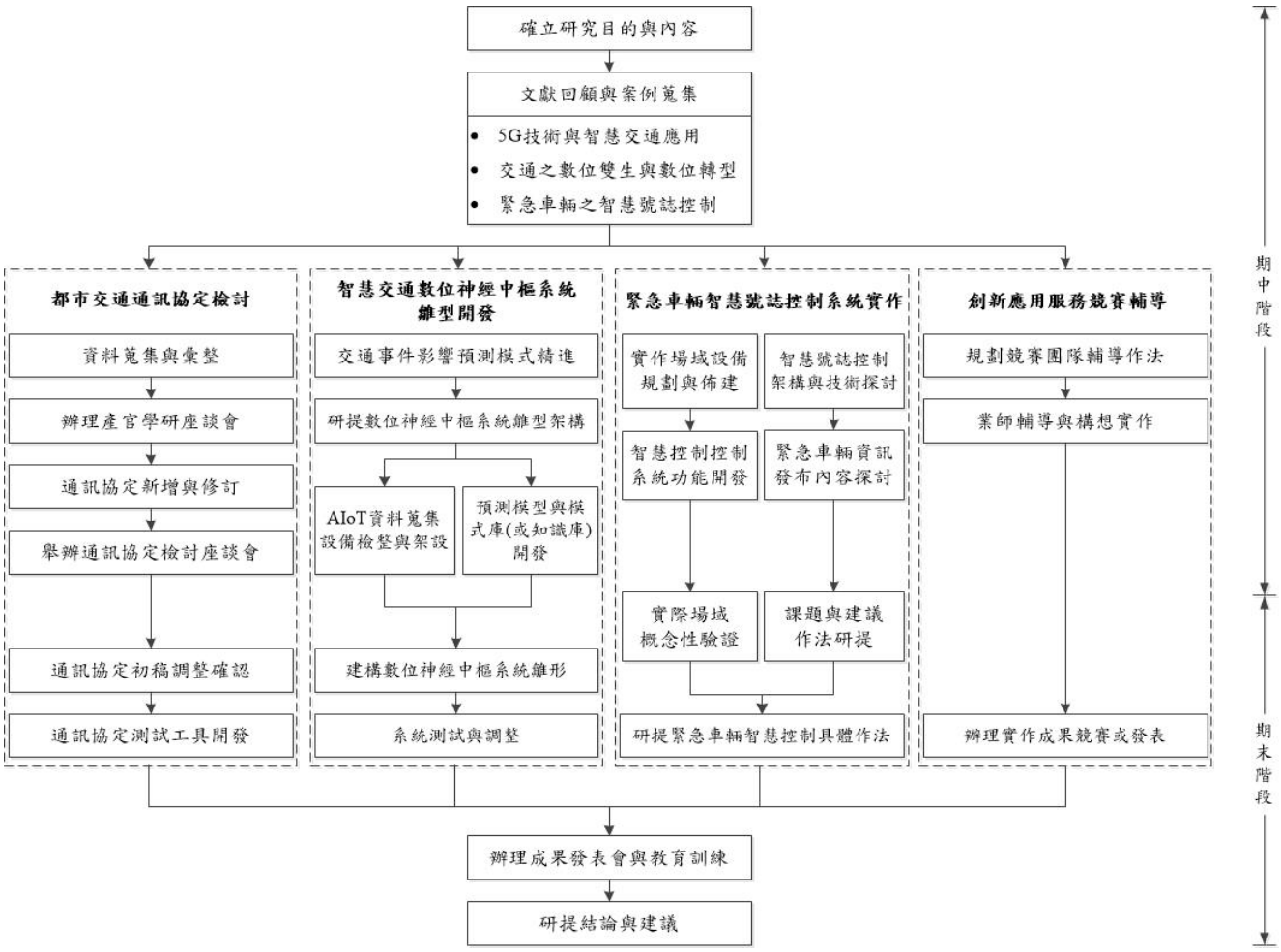


圖 1.4.1 研究流程圖

一、都市交通控制通訊協定檢討

針對該項目，本計畫首先蒐集與盤點各縣市全彩資訊可變標誌(CMS)、自動車輛辨識(eTag 與 AVI)、弱勢用路人(例如：視障人士)、新北市與高雄市輕軌優先號誌之控制邏輯與通訊協定、臺南市與高雄市緊急救援車輛優先號誌之控制邏輯與通訊協定，彙整上述資料後辦理一場通訊協定 3.0 版檢討方向意見蒐集座談會，蒐集各界在使用都市交通控制通訊協定 3.0 版所面臨之課題與意見，以及可能之新增需求，藉以研擬通訊協定初稿後再辦理至少 3 場研討會(或座談會)，就檢討初稿進行說明與蒐集各界意見，以及進行初稿之調整。

二、交通事件影響分析預測模式

針對該項目，以前期計畫所建立之常態性高速公路車流參數預測模型為基礎，進行精進作業以提升預測準確率，並且以都市地區道路為研究對象探討預測模型之適用性。另針對事件影響部分，同樣以前期計畫所建立之高快速公路可預期施工交通事件影響分析預測模式為基礎，進行精進作業，以提升其預測準確率。

三、研提智慧交通數位神經中樞系統雛型架構

依據前期計畫智慧交通數位神經中樞系統研究成果及前述項目一之滾動調整內容，進行包括都市交通控制通訊協定檢討初稿(暫不含輕軌部分)在內之系統功能需求與系統架構檢討調整。

四、智慧交通數位神經中樞系統雛型開發

結合前述項目二及項目三之成果，並藉由 AIoT 資料蒐集設備，蒐集所需資料並構建數位雙生模型，同時運用上述資料研提一模式庫或知識庫。藉以逐步構建出智慧交通數位神經中樞系統雛型後，進行系統測試與調整。

五、緊急救援車輛智慧號誌控制系統驗證實作

持續蒐集國外及國內實作應用案例，探討異同與優缺點分析，並據以進行我國後續在發展緊急救援車輛智慧號誌控制之課題探討與建議作法研提，最後則以前期計畫所遴選之實作示範場域進行上述課題建議作法之驗證與分析。

六、110 年創新應用服務競賽成果輔導

前期計畫共邀請 12 個隊伍進行競賽，最後獲選隊伍為 6 隊，本計畫則針對獲選隊伍所提之主題進行後續實作輔導規劃，並將各輔導隊伍所完成之實作成果，辦理競賽及成果發表活動。

七、教育訓練或成果推廣活動

彙整前述研究成果辦理相關教育訓練或成果推廣活動。

八、研提結論與建議

依據前述工作項目之研究成果，提出具體之結論與建議做為後續發展計畫之參考。

1.5 報告章節架構

本計畫為「構建 5G 智慧交通數位神經中樞系統」兩年期計畫之第二年計畫，在第一年期計畫中針對智慧交通數位神經中樞系統之功能架構進行規劃，並且訂出系統未來應優先以公共運輸、交通管理、事件管理三大面向之課題進行相關系統功能或模組開發。而今年度(111 年)計畫則持續檢討功能架構內容，並以臺中市為示範場域進行系統雛型之開發，以驗證所提構想之可行性。

本報告書之章節架構除第一章說明計畫之背景、工作項目及研究流程外，第二章係針對 5G 之技術特性及國內外在智慧交通與交通管理之應用案例進行探討，以了解 5G 技術在交通領域應用之最新發展趨勢；第三章則先透過國內外交通管理系統案例的探討，並藉由國內外發展趨勢的掌握，確立「智慧交通數位神經中樞系統」的核心價值後，說明本計畫之規劃方法與歷程，最後提出系統架構、功能類型及分期發展構想。

第四章和第五章則依據前述所規劃「智慧交通數位神經中樞系統」之功能內容，進行各項系統功能之開發與實證。其中第四章主要說明系統中有關車流參數預測、可預期施工事件影響分析、道路流量資料分析、公車運量預測及公共運輸營運績效分析等五個分析模組的開發與實證，由於每個分析模組均為一獨立之研究課題，故會先說明該模組在「智慧交通數位神經中樞系統」中之角色與模組目的，並針對該課題之重要文獻進行彙整與回顧後，再說明模組之構建內容與實證分析結果，最後則提出該模組在城市交通治理上之應用情境。第五章主要在說明系統中之數位雙生雛型開發與實作，首先探討數位雙生之案例及開發過程中需面臨之課題，並就實作場域之背景與現況加以說明；後續再依序就數位雙生雛型中有關車流、人流及即時資料之介接，產生即時反應機制之知識庫歸納與開發加以說明，最後則介紹雛型之開發成果，同時透過情境方式說明數位雙生雛型中有關異常事件管理之應用。

第六章則針對「智慧交通數位神經中樞系統」中另一個重要分析議題－緊急救援車輛智慧號誌控制執行成果加以說明，在該章中將先介紹國內外有關緊急車輛優先通行之案例，再針對系統中之緊急車輛優先通行分析模組及緊急車輛優先通行資訊播報模組之執行構想加以說明，並說明相關構想在臺中市水湳場域進行驗證實作之成果，最後則依據兩年期計畫執行過程所獲得之經驗，編製緊急救援車輛優先通行號控建置參考手冊，供各項縣市未來建置之參採。第七章則是鑑於都市交通控制協定在未來「智慧交通數位神經中樞系統」中各項設備或系統中資訊傳遞的重要性，針對「都市交通控制通訊協定 3.0 版」之檢討成果加以說明，在先說明檢討原則及執行構想後，分別彙整兩年期計畫中針對各協定重要議題之檢討成果。

第八章則針對本計畫之其他計畫成果進行綜合性之說明，其中第一節先介紹

「智慧交通數位神經中樞」創新應用服務競賽之規劃構想與執行成果；第二節則針對成果發表會等推廣活動成果進行說明；第九章則提出本計畫執行成果之結論與建議。

第二章 5G 技術特性與國內外案例探討

本章主要先就 5G 技術特性進行概念性介紹，再持續蒐集國內外實際應用 5G 技術於交通管理、公共運輸與交通安全等領域之實務案例，最後進行綜合探討說明。

2.1 5G 技術特性

5G 係第五代行動通訊技術之簡稱，全球電信標準化機構是 5G 主要的規格制訂者，其透過第三代合作夥伴計畫(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)進行 5G 的各項研究與討論再以此定義標準，而 3GPP 對於 5G 的各項標準制訂和使用，都是為了能夠實現國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)替 5G 所制訂的三大目標：增強型行動寬頻、高可靠度之低時延通訊、大規模機器型通訊，亦即 5G「高速度」、「低時延」及「多連結」之三大特性。

一、高速度

隨著科技的進步，現代人對於產品或服務的需求是愈來愈即時且量體同時也愈來愈大，因此必須要有足夠的反應與通訊速度才可滿足現代人與社會，為此 5G 的高速度特性便為此因應而生。為滿足現代人對於產品與服務的即時性需求，5G 的高速度便藉由熱點與廣域涵蓋作為辦法，提供大眾不論何時何地皆可享有高速的網路通訊。

熱點係對於定點的使用者能夠藉此與網路快速進行通訊，因此熱點需要較高的資訊容量與傳輸速度，但因使用者都是位於固定區域使用，因此在移動通訊的技術上，較不那麼重要。相對的，5G 的高速傳輸除了透過定點的熱點之外，亦透過廣域涵蓋也就是較高密度的基地台或通訊點的建置，來達成使用者在移動時不會因熱點的轉換而有降速的問題，因此廣域涵蓋必須要能達到無縫涵蓋，也就是使用者在因移動而轉換傳輸點的時候，不會因剛好移動到訊號點空檔的地方時而產生降速甚至中斷的情形。

二、低延遲

今日的通訊服務大多係以「人」為中心來考量，也就是以滿足人可以隨心

所欲地與網路連結，快速甚至瞬間就可以獲得所需資訊而沒有任何延誤等待。但在 5G 時代，係以物聯網(IoT)或萬物聯網(IoE)為目標，也就是以即時的「機器對機器」(M2M)通訊為主，例如自駕車、智慧號控、智慧電網、智慧工廠等，都是現代社會對於 5G 低時延也就是低延遲的要求，因為唯有低時延或低延遲，才能使得機器、儀器或設備替代人類進行立即的監控與通知，若有相關機器設備在進行無人自動工作時因通訊中斷而停擺，恐將會產生相當大的損失甚至是人員的風險危害。

三、多連結

隨著世界先進國家的人口老化及少子化，自動化已成為該項問題的解決辦法之一而自此成為不可逆的趨勢，自動化的需求大增及代表機器設備的數量將會以指數型的速度增加，而為加強與簡化機器設備的控制與成本，未來機器設備之間(也就是機器對機器)，或者機器對網路的連結將會大幅攀升，5G 技術的發展加上運算科技的進步，致使大量的機器設備不只連網，更得以相互通訊而產生非常大量的連結，此連結並不會帶來整體網路或個體設備儀器的負擔，反而能以此優化，大幅提升能源或者資源使用效率，在此情況下，未來物聯網(IoT)或萬物聯網(IoE)將得以真正實現。

2.2 應用 5G 技術於國內外智慧交通與交通管理案例

由於世界各國資通訊技術的快速發展，生活中各式各樣的智慧應用逐漸發展與崛起，針對過往許多較難執行的應用範疇帶來了劇變，如：利用 5G 網路低延遲特性，救護車上的攝影機得以近零延遲的速率將高清的影像、體溫及心電圖等數據傳輸給遠端醫生，由醫生配戴特殊的 VR 設備能遠端即時處置患者，減少患者在救護運送過程中的時間，降低因運送時間而造成之風險。

此外，5G 通訊網路亦針對是否僅提供企業內部員工使用，或是開放外界公眾使用而有專網、公網之別以及結合兩者之混合網。儘管 5G 具有大頻寬、低延遲、高速率等優點，但在資安以及成本上仍無法兼具而有不同之權衡考量。例如企業專網因僅提供企業內部員工甚至特定人員使用，故在資安上具有最好之防範能力，但因建置企業專屬之通訊網路，故成本較為高昂；公網則係利用現有網路進行企業或個人通訊，故在成本上具有較大

優勢，但資安防範則較為薄弱，駭客僅需透過公網即可攻擊；混合網則依據企業或個人不同需求而取專網、公網之好處混合建置，故在優勢上兼具專網、公網兩者之長，卻也有兩者之短，端看使用者如何取捨。

但由於公網、專網、混合網因涉及資安，故在文獻中並不會透漏。此外，相同設備在進行通訊連線時，亦可使用公網、專網，或是混合網，端看使用者或管理者的需求而進行選擇，所以在文獻中對於公網、專網或混合網的判別上，有時會較難以分辨，故後續本計畫在公網、專網、混合網會盡力釐清，若無則代表相關文獻並無提及或無相關資料可供佐證說明。

一、交通管理

芬蘭軟體技術公司 Unikie 與瑞典電信公司 Ericsson 合作[1]，解決汽車製造商的停車問題。汽車製造商透過安全可靠的 Ericsson 5G 專用網路進行遠端控制，並利用邊緣計算和 Unikie 的自動化工廠停車(AFP)等技術設計出一套解決方案。由於 5G 網路連結可靠度高、低延遲特性以及專網的高安全標準，工廠車輛及物流管理可完全自動化，當汽車駛離生產線時，司機將汽車移至停車場，原本需要大約 30 分鐘，有了 Unikie 的 AFP 感測器和軟體解決方案後，汽車製造商可以遠端控制和監控汽車的自動化停車路線，車輛可以停放在準確的位置，而減少工作人員找尋車輛的時間和勞力成本。透過精確的停車，停車位優化了 20%。另外一個好處是，提高了現場工作人員的安全性，也減少了車輛停車事故。

英國智慧停車(James Manser，2020[2])科技廠商 Appy Way 在車輛上安裝即時高清攝影機，當車輛在道路上行駛時，同時透過感測器掃描街道，尋找停車空格，所蒐集到的影像透過 Vodafone 的 5G 網路即時傳輸和處理，將停車空位等可用性數據發送至 Appy Parking 應用程式，透過 5G 聯網的停車計劃可以幫助用路者縮短行程時間、減少道路壅塞、改善空氣質量，並使當地人和遊客更容易到達市中心。

新北市員警以裝備「智慧頭盔」進行科技執法(李昱董、張德生，2020[3])。該智慧頭盔前方皆配有鏡頭，當員警騎車巡邏時，可透過帽子上的鏡頭就能馬上辨識路上的汽機車牌號碼，查看該車輛是否為涉案車輛或贓車，同時也可以記錄街道畫面，並將影像傳輸到頭盔後方的小盒子。小盒子可透過 5G 網路加上邊緣運算之功能，即時利用 AI 過濾比對路上的汽機車車牌，將資料自動上傳到雲端，並藉由大數據、雲端資料庫與邊緣運算的後台分析，更能了解轄區

內的危險區域以及治安死角。該系統更包括了 GPS 定位，未來若想要回溯查涉案車輛，亦可從歷史紀錄中找尋當時所在地點。

臺北市政府與臺北市電腦公會，於 2022 年 1 月 25 日宣布啟動「5G 智慧燈桿場域驗證專案」(游念育，2022[4])，地點於臺北市政府大樓東側松智路廣場建置一主杆與二副杆，結合路燈與多家電信 5G 微型基地台、5G 毫米波通訊、電動車充電樁、AI 及邊緣運算控制 LED 燈號警示等共構設計，驗證 5G 行動網路回傳功能，整合智慧路燈、道路交通監測、環境氣候偵測等各項智慧城市解決方案及應用概念的場域，以促進 5G 通訊技術與智慧城市的發展。

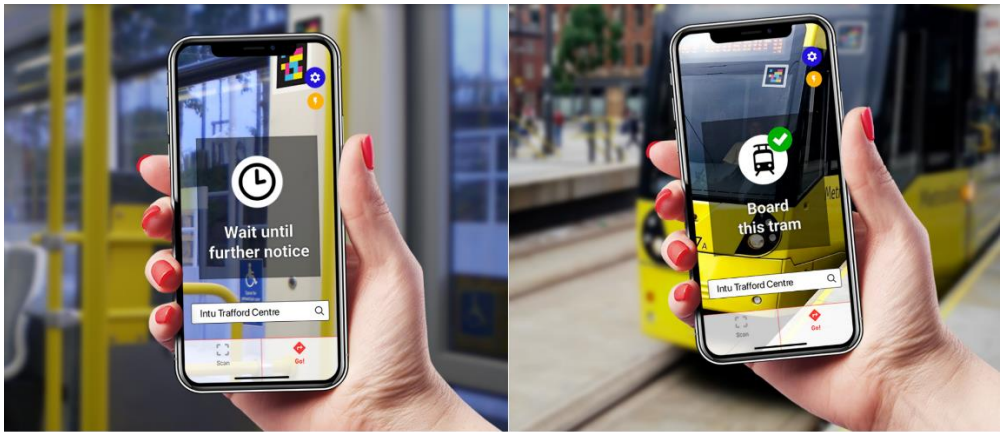
安迅士網絡通訊公司(Axis Communications)與臺北市合作執行「5G 智慧杆 POC 場域驗證計劃」(AXIS，2022[5])，該計畫是透過實地試驗，協助訂定標準化 5G 智慧桿設計與應用功能的共通規範，並做為未來軟硬體整合的技術規範參考。該計畫整合網路影像監控、公共廣播、緊急對講等方案，並結合電動車與公車辨識偵測、特殊聲音偵測等多種影音分析應用，期望未來能有效協助政府打造更智慧、宜居的城市。

利凌企業則係運用都市影像系統打造利凌 Aida 管理平台，協助疏導與管理都市交通(iDS 智慧安防雜誌，2022[6])。其功能包含違停偵測、排隊偵測、車牌辨識及交通統計管理等。該公司透過智慧影像分析系統，進行包含車牌辨識及統計、車輛分類及統計、交通流量及統計、車輛駕駛行為分析及統計等各種科技執法與解決方案，而其中核心便在於藉由 5G 通訊技術將現場 AI 分析所得之數據資料傳送至中央管理控制平台。此系統不僅可接收到各區域之相關影像及分析數據，更可擴充相關管理應用，如數據分析電視牆及電子圖控，進而協助管理改善及提升道路流暢度，亦可將違規行為提供政府單位做為裁罰之依據。

二、公共運輸

英國透過使用 GoMedia、RNIB 和 Navilens 聯合開發之應用程式 APP(圖 2.2.1)(icomera.com，2021[7])協助視障者獨立搭乘公共運輸工具，解決視障者難以單獨出門的問題，且 APP 提供至少 24 種語言。視障者可以透過 Navilens BIDI 應用程式詢問控制中心公共運輸的搭乘資訊，且透過 5G 網路可以取得使用者所在地點的即時影像，為視障用戶提供即時的導航協助，若同時為行動不便者，APP 會提供使用者客製化的無障礙路線，並以語音告知使用者精確的距離和方向，當使用者站在月台時，會透過手機告知使用者該站在哪個月站台上，並通知使用者電車何時抵達該月台，當轉乘不同運具時可以透過手機自動購買

車票，提供視障者完善的搭乘大眾運具的服務。



資料來源：GoMedia (2021)[7]

圖 2.2.1 視障者使用 APP 搭乘公共運具示意圖

英國的地鐵公司、運輸部門與 5G 公司合作開發英國首個 5G 聯網電車(如圖 2.2.2)，旨在解決旅運者在英國公共運輸缺乏即時資訊的問題，該項目的測試重點是為了增加視障人士能夠獨自使用公共運輸進行旅行的次數，並與皇家國家盲人研究所(RNIB)合作開發。相關乘車資訊透過 5G 蜂巢式網路，依據乘客需求，傳輸相關資訊至乘客聯網設備。



資料來源：Joe O'Halloran (2021)[8]

圖 2.2.2 西米德蘭茲推出世界上第一輛 5G 有軌電車

英國新創公司 Imperium Drive 計畫[9]於今年推出遠端遙控計程車服務，乘客可以利用 App 叫車，再將車輛透過遠端方式駕駛操控至乘客處，讓乘客自行開車。當乘客到達目的地時，只需將車輛靠邊停，並在 APP 上要求遠端駕駛員

接管車輛的控制權，就可直接離開車輛，不需尋找停車位。遠端駕駛員的操作系統配有多角度鏡頭，可以避免遠端操控時出現視線死角問題，車上也裝設緊急停止按鈕，在網路斷線時，會將車輛在安全位置停下。該項叫車服務透過 5G 無線通訊網路，連接 5G 的低延遲和高頻寬，藉由科技、電腦視覺、軟體等幫助，對道路周圍影像有更精準的分析，解決一般駕駛視覺上的盲點問題。

台灣大哥大(林淑惠，2021[10])與台塑汽車貨運共同打造國內首創使用 5G 網路的自動駕駛智能車。台灣大哥大在 2020 年成立臺灣最大規模的 5G 工商業用自駕車生態系，打造承載臺灣自製創新 DNA 的自動駕駛智能車，並且已實際上路服役累積服務超過 1,500 趟次，幫助許多長輩克服顛簸路面，享受安全平穩的移動新體驗。5G 智駕車於長庚養生村載客前已實際路測一年多，並於 2020 年 11 月正式啟動住民接駁服務，不論晴雨乘客皆可無需登記即可上車。自動駕駛智能車時速可達 40 公里，在養生村內從 A 棟至 C 棟以每小時 20 公里速度平穩運行，即便道路坡度高達 12 度，自動駕駛智能車亦順暢行走。自動駕駛智能車團隊亦於養生村召開幾次意見調查，獲住民高度滿意，未來將著手發展透過手機預約叫車等服務，為年長者展開全方位的智慧生活體驗。

臺北捷運公司與國內廠商合作，將 AI 及 IoT 應用與軟硬體暨數據進行整合，並透過 5G 企業專網整合行動通訊室內涵蓋技術進行串連，再利用英特爾先進處理器、微軟 Azure for Operators 雲原生技術、輝達 DGX AI 系統、和碩 5G ORAN 技術、大同大學 AI 軌道巡檢等眾多技術進行模組化之整合與設計。臺北捷運期望透過 5G 技術，可解決現今大眾運輸於隧道內之上傳頻寬以及移動覆蓋不足等問題，希望藉由即時之影像傳輸，讓列車駕駛及行控中心得以隨時隨地掌握列車狀況並馬上進行相關事件處置。此外，亦可利用 5G 之高速影像傳輸，輔以 AI 進行分析與辨識，掌握旅客動態、人流狀況、口罩偵測等問題及狀況，並提供旅客搭乘車廂或車次等建議，以提供更為優質的運輸服務。最後則是希望能以該方法建立之模組化設計，於未來迅速將此營運方法複製應用於其它國內外之軌道運輸業，提振國內經濟與產業競爭力。

美國 Verizon 一家行動網路通訊公司，其希望透過 5G 技術提升美國公共運輸系統的服務，以增進大眾的使用並以此達成社會種族之平等。由於美國為汽車大國，故在公共運輸之發展上，常給人較多是弱勢族群或社會底層的人所搭乘的，因此在公共運輸相關服務上，較容易給人髒亂、不便的感覺。為此 Verizon 公司藉由 5G 技術讓運輸業者能夠即時顯示車輛動態以及到站時間於手機等移動裝置上，並且能透過此技術蒐集更多更好之資料存放於業者及政府

使用的專網之中，利於未來調整、修改、精進公共運輸(如巴士、地鐵)之路線和班表，甚至是公車充電之最佳化等；相對的，乘客亦可透過 5G 通訊，於手機等移動裝置透過公網即時掌握公共運輸之車輛位置動態與到站時間，甚至是當地的交通狀況等，自己可隨時衡量前往搭車的時間而無須久候，大幅提高乘客之服務水準。在利用 5G 技術大幅提高乘客之服務水準後，即希望能以此吸引更多不同種族與社會階層的人搭乘，進而使整體社會更加平等友善。

Future System Inc. 為美國一家提供北美相關企業科技應用專業諮詢之顧問公司，其說明 5G 技術不僅代表高下載速率外，更可改善公共運輸之服務水準，吸引更多民眾使用，也更能藉此減少私家車輛的使用，進而改善道路上之壅塞問題，達成永續運輸與經營之目標。5G 技術首重的便是其立即性與同步化，也就是透過 5G 高連結與低延遲特性，可將最新的公車或地鐵班表同步讓旅客知悉，減少因不確定性而產生的額外候車時間，也可增強公共運輸的可靠程度提高旅客對於公共運輸之信心進而增加使用，產生一正向循環。此外，由於 5G 的網路連接程度較以往良好許多，所以旅客於車上使用手機電腦等裝置時皆能運作順暢，這亦能增加旅客的車上價值，又大大的提高了旅客使用公共運輸之意願。故如前所述，5G 能夠大幅改善公共運輸之效率與可靠，使之與私家車的競爭程度能大幅提升，漸漸吸引民眾使用公共運輸而減少私家車的使用，進一步減少道路上之車流而改善交通壅塞狀況，達成未來智慧城市永續經營之目標。

5G 除了可快速、低延遲的傳輸各種資訊資料予每個人外，更可藉此整合不同平台，利於使用者不必一直轉換相關應用程式或裝置而大大提升其方便性。加拿大 Metro 雜誌說明，現今的智慧科技將可讓交通運輸領域的連結與整合更加容易，不同的運具、平台、裝置或設備的整合，而使得操作性化繁為簡，進而提升服務效率從而達成真正意義上的 Mobility-as-a-Service(MaaS)。此外，更可藉傳輸的即時性來提供車上駕駛及乘客的即時影像，甚至進一步透過 AI 判別駕駛及乘客狀態是否異常並快速採取相關行動，提高公共運輸之安全。此影像傳輸的即時性亦可用於車輛監控，讓乘客與業者或官員得以藉掌握準確的車輛動態，而決定何時搭車以及採用何種方法管理，大幅減少所有用路人之不確定性。

另外Metro另篇報導亦提到運輸部門為全美溫室氣體排放量最大者(28%)，因此如何減少交通運輸部門的溫室氣體排放便為當務之急，其中如何透過 5G 技術達成數位化將是其中關鍵，最為顯而易見的便是在於路線優化，因 AI 運

算能力以及 5G 資訊傳輸的提升，讓業者得以透過路線及班表的分析優化來提升車輛營運時的能源效率。目前世界各國皆以電動化做為削減碳排放之主要手段，然而公共運輸之 5G 及數位化發展或許才是真正的當務之急，唯有透過 5G 的連結與數位化才能完整完善的結合各個運具所有系統，並從而將能源效率最大化，才是運輸部門最有效減少溫室氣體排放之方法。

廣州交通運輸局與中興通訊及其他組織共同合作執行「廣州 5G 智慧運輸城市」專案計畫，其內容含括智慧高鐵、智慧地鐵、智慧巴士、車聯網應用以及道路監管等。中興通訊藉由 5G 之基礎設施串聯 AI 以及雲端(邊緣雲、中心雲)技術，協助廣州交通運輸局管理鐵路、航空、港務與道路等系統，並以此改善廣州市民及上下游產業之整體生活與經濟環境。其中幾項關鍵內容包括便捷旅遊、縮短候車、安全旅行、旅客訊息通知、提高業者生產效能以及持續創新等，以上內容皆是以 5G 為核心所進行。如 5G 將重塑未來旅客之旅運經驗，透過 5G 技術簡化安檢人員與票證等過往所需之各項檢驗等候時間；利用 5G 的即時性，將巴士車輛位置即時回傳至控制中心並以此修正更新後續班表，再即時通知旅客以縮短候車時間；廣州鐵路集團則係透過 AR 智慧眼鏡、攝影鏡頭等相關設備，再以 5G 通訊技術將眼鏡所攝錄的影像回傳至安全部門以確保車站周遭之安全；在旅運訊息通知方便，則係以智慧手機之應用程式，藉由 5G 之快速連結，讓各地景點皆能回報上傳其現在之擁擠狀況，而旅客皆能以此最新資訊安排其行程；而由於 5G 的低延遲，運輸業者皆能以此進行自身營運優化，進而降低營運成本提高資訊效率，使自身能更具有生產力及競爭力；最後由於 5G 的高頻寬可大量蒐集資料，相關學術團體或研發中心皆可以此資料進行分析，從中找出問題並以此創新，解決或改善目前廣州交通運輸各方面之問題。

由於目前 5G 技術於公共運輸之應用大多係使用在公路運輸上，但鐵路運輸亦是公共運輸之一環，而鐵路運輸除捷運、高鐵等較為後期所發展之鐵路技術外，全球各地較為傳統之火車地鐵等大多尚透過 2G 技術做為其通訊與控制手段，此外也因鐵路係屬封閉式或是以專網形式營運，故系統上對於較高通訊技術之需求較不如公路運輸高而發展較為保守落後。因此在 5G 低延遲、大連結、高準確等相關特性上，對於未來鐵路運輸之發展將會相當有助益。北京交通大學幾位學者(Ruisi 等人[11])在此基礎上，整理並提出相關情境或發展架構以利未來鐵路運輸發展之參考。在應用情境上，學者共同提出智慧建設、智慧設備、智慧營運與維運、聰明旅運等應用情境，在此四個構面下又各有幾個子項

目，分別是智慧調查與設計、調度通訊；多單元列車、列車控制系統；車上設備監控、地面設施監控、多媒體調度通訊、緊急通訊、安全監測與防護、智慧影像監測；多媒體娛樂、車站導引、智慧物流，藉由上述四大構面十三項子項目，協助未來鐵路運輸可以更有組織性的方式導入 5G 改善自身鐵路與公共運輸系統。

隨著新冠疫情的趨緩，各國公共運輸之運量人數逐步回升，但如何在密集的公共運輸系統中再次防止疫情擴散，為各國政府現階段面臨之兩難問題。目前大多數的公共運輸系統僅有透過驗票閘門所蒐集的容量人數資料，但對於車站或列車車廂之密集或擁擠度卻較少著墨，而這亦是對抗疫情擴散的主要手段之一(Thomas, 2022[12])。有鑑於此，英國伯明罕大學利用 5G 技術並透過公網提供業者和旅客即時性的擁擠資料，使其能夠以此決策並盡量遠離人多的車站或車廂，以平均車站或車站內的人流密集程度，以減少疫情擴散之機會。在現今擁擠程度的顯示上 Google maps、Apple maps 或是其它導航軟體等可顯示一般道路的擁擠程度，但在公共運輸上卻是較為缺乏，故該團隊透過影像車站內或車輛內部的影像，再以 5G 將這些影片上傳至雲端產生密集度地圖，從中尋找出密集程度最小並可行之路線，提供給業者或旅客參考以引導旅客前往人較少的車廂或自己決定避開人多的區域或運具，減少疫情擴散風險。

義大利拉奎拉大學研究團隊則認為地震災害可透過 5G 與公網技術給予公共運輸立即且強烈的早期預警，以減少因訊號延遲、中斷或不清楚所導致災害危害並加強公共安全衛生之程度。該團隊係以結構安全監控為工具進行公衛相關議題之管理(Structural Health Monitoring, SHM)，其中大部分之資源便是投注在可能會發生相關安全危害的事物監控上，以預知和即時的了解地震災害即將發生並通知所有人預先做好準備，所以當中最為重要的便是在災害資料的監控與傳遞上，故 5G 的延遲性、可靠性與高強度都能有效且良好的協助相關災害的管理。此外，該研究也透過邊緣運算與中心運算之差異進行實證分析與比較，結果發現若能以邊緣運算加上 5G 通訊，將能大大縮短通訊時間，更能協助人們在地震等相關自然災害到來前就先進行避難準備，最大化的減少因相關災害所帶來的風險機率與損害程度。(Franchi, 2022[13])

希臘雅典的國家科技大學係以 5G 為核心觀點出發，進行未來車載服務的設計、發展與革新。該團隊認為 5G 的低延遲、高可靠、大連結等特性，可讓未來社會產生許多革新，其中尤以交通運輸服務最為明顯，故該研究團隊從車流、自駕車或輔駕車、控制駕駛支援、車載或車輛資料服務等四方面以 5G 專

網技術進行實驗測試，並透過相關利害關係人的資料蒐集、管理需求上之評分等量化與質化的分析與比較，了解 5G 於前述四個方面的應用，結果說明上傳下載、延遲性、可靠性、移動性、準確度、連結密度、互動能力與流量或容量皆取得相當明顯的成效，但在資安的評估上，由於該團隊係利用專網進行測試，所以資安方面的成績較高且不易受到其它網路資訊的干擾，不過因專網的建置需花費較高的金額，故未來 5G 相關技術的建置若以公網為基礎進行，或許能參考此文章之效能為目標發展以求效率最大化。(Kakkavas, 2022[14])

臺灣仁寶電腦與交通部及臺鐵局合作，共同發展「5G 智慧鐵道安全預警與決策系統」(iDS 新聞中心，2022)，藉由 5G 即時傳輸、C-V2X 蜂巢式車聯網無線連接技術與 AI 影像辨識技術等，以先進通訊技術及數位雙生平台促進產業發展並藉此提升鐵道安全。該系統涵蓋三大應用，包含「平交道防闖警示」、「軌道工安預警」、「鐵道列車追撞警示」等三應用提供偵測與安全預警服務，該系統已於新北鶯歌尖山埔平交道進行測試。

三、交通安全

瑞典的 Ericsson[15]與五間跨領域公司(Urban ICT Arena、Intel、Keolis,、T-Engineering 和 Telia)合作，在斯德哥爾摩 Kista 科技園區內，使用自動駕駛 5G Ride 電動小巴進行安全服務測試如圖 2.2.3 所示。Ericsson 為解決遠端連接 5G 的控制技術，分別與 Telia 合作完成 5G 訊號連接；Intel 專注於公車特性的分析，以提高乘客安全性；T-Engineering 提供車輛和自動駕駛技術，與 Ericsson 密切合作，將自動駕駛小巴與 5G 控制中心連結在一起。

車輛透過高性能 5G 網路與控制中心相連，實現自動駕駛巴士和中央控制中心之間的即時通訊，控制中心的操作員可以遠端管理自動電動汽車車隊，以改善交通規劃和路線優化，導入更具成本效益和環境智慧化的交通運輸系統，5G 網路的獨特技術特性，包括極高的數據速度和低延遲，透過線上的數位接口，即時的與控制中心的操作員取得聯繫，控制心中的操作員可以在必要時遠端指揮甚至是控制車輛，乘客亦可遠端向控制中心尋求協助，以提高乘客的安全保障，對年長者而言，更會感受到歡迎與服務，以提高年長者之尊嚴。因此借助新技術，讓自動駕駛公車能夠創造同樣舒適的乘車體驗。

美國交通資訊公司 TomTom 和電信公司 Verizon 合作[16]使用 TomTom 高精(HD)地圖和 Verizon 的 5G 超寬帶網路以減少十字路口的車禍數量。兩家公司與密西根大學 Mcity 測試設備合作，透過 5G 網路連接的汽車、交通號誌和十字路口攝影機等提高行人安全並防止車輛碰撞事故。5G 實現了極低延遲的通

訊，對於即時地定位快速移動車輛的確切位置相當重要，因此 TomTom 提供公分級的高精地圖，可用於精確定位道路上的車輛。透過結合這兩種技術，TomTom 和 Verizon 實現了十字路口的即時 3D 影像化，以即時和高精的方式與緊急車輛共享十字路口所有物體，包含車輛與行人等的位置，並透過車輛聯網系統發送警報給交叉路口所有車輛以避免碰撞等危害風險事故產生，並同時允許緊急車輛優先通行。



資料來源：Ericsson(2021)[15]

圖 2.2.3 控制中心的操作員遠端控制自駕巴士示意圖

英國「車聯網」道路安全系統(vodafone.com，2021[17])係一個功能強大的新型移動雲端平台，用於提高用路者之安全。該平台在英國的開放道路上進行測試(如圖 2.2.4 所示)，其利用移動數據技術，將在無縫的數位交通生態系統內的人、車、路進行連接，包含移動中的汽車、騎自行車的人、行人和基礎設施。該平台由 Vodafone、Nokia 和 Chordant 聯合開發，在英國政府互聯網中心、自動駕駛汽車中心(CCAV)和米德蘭茲未來移動(MFM)聯盟的支援下，道路管理部門也在測試該平台，以控制和緩解道路交通壅塞，並使用安全、匿名與整合車輛的位置數據，做出智慧的規劃與決策，這些數據每秒發送多達 10 次予用戶。此外，該功能亦可擴展到緊急事件回應服務，例如有機車誤闖高速公路，或者用於事故發生或排除時，讓用路人或車輛可以得到最即時的資訊與支援。



資料來源：Vodafone (2021)[17]

圖 2.2.4 車輛互聯網測試平台示意圖

英國伯明翰大學醫院基金會信託(UHB)和倫敦國王學院及瑞典電信公司 Ericsson 合作，透過 5G 聯網救護車提供創新應用方式，即時連接患者、救護人員和遠端醫療專家。透過即時的 5G 網路，救護車上之攝影機能以近零延遲的速率將高清的影像、體溫、心電圖及肺功能等數據傳輸給遠端醫生，並透過配戴特殊 VR 設備，讓遠端醫生能夠準確看到救護人員於救護車上看到的內容，再以操縱桿遠端即時指導救護人員進行患者傷口和受傷情況的特寫鏡頭，或者在掃描情況下，透過即時的 5G 網路將控制信號發送到救護人員所配戴的機器設備或「觸覺」手套。該手套會產生微小的振動，使醫生能即時遠端控制傳感器位置並同時查看圖像，使遠端醫生能夠判讀生命徵象、查看醫療紀錄，然後更快地做出決策反應，以達到節省時間和醫療資源，同時又能改善患者的安全和醫療。

遠傳電信(楊東庭，2021[18])以物聯網整合量測數據與行動醫療器材設備，透過 5G 大頻寬、低延遲即時傳輸清晰醫療影像，並以 AI 智慧分析輔助技術協助醫師診斷，發展臺灣第一個 5G 遠距診療平台，並與中央、縣市政府、醫療院所高度合作。目前遠傳 5G 遠距診療服務已導入於臺東縣全區、新北市石碇與萬里、苗栗縣南庄，落實「網路取代馬路」，以科技實現「醫療零偏鄉」願景。「5G 緊急救護」解決方案，將 5G 遠距診療平台整合頭戴式無線智慧眼鏡，並利用 5G 傳輸即時清晰影像，使救護員空出雙手專心救護，醫師可遠端同步進行精準指示，達成多方即時遠距會診；救護車上可即時整合生理監測儀之數據、趨勢圖等資料並即時共享，以及藉由 AI 輔助，自動測量傷口大小、深度

及溫度之智慧傷口拍照，強化緊急救護人員之救護能力，縮短到院檢傷時間。此外，遠傳電信 AI 影像分析技術亦可應用於骨頭年齡/骨密度判斷、胸腔疾病與智慧傷口照護等多元情境。

2.3 綜合探討

本計畫彙整前述國內外應用案例如表 2.3-1，5G 網路的應用為城市交通帶來了革命性的機遇，使城市能夠實現現代化並提高交通系統的效率。透過使用 5G 網路，提升公共運輸系統服務效率及交通安全、輔助交通控制規劃，減少交通壅塞及事故發生，公共運輸及乘車資訊與 APP 結合，透過 5G 網路即時監控及用戶需求管理，例如為視障用戶提供即時的導航協助，增加視障人士在公共運具獨立旅行次數。在公共運輸服務方面，自駕巴士與控制中心連結，乘客也可以遠端向控制中心尋求協助，以及增加乘車的安全感，從而減少公共運具內發生暴力攻擊或性騷擾時的反應時間。

在自動駕駛汽車的快速發展下，需要透過 5G 網路的智慧多連結和車聯網(V2X)通訊，藉由共享資訊改善用路人的安全，車輛在使用 5G 高速網路不斷地更新及發送其位置、方向和速度等數據，甚至連車道位置、轉彎角度、車道匯集等狀況，都能詳細傳達，相當於人類在駕駛時，利用眼睛視野所做出的判斷能力。車輛行駛中，再透過與 5G 交通訊號交換資料，讓車行時與號誌綠燈同步，降低油耗與空氣汙染外也更加安全、順暢，讓消防車、救護車等緊急車輛即將通過時，也能以發送訊號擋下其它自動駕駛，給予最安全的優先路權。

故此，從國內外現今相關 5G 智慧交通或智慧城市的應用發展可看出，目前 5G 相關技術於智慧交通上的應用主要在於影像傳輸、與安全有關需要即時通訊以及需要較廣且較強連結的物聯網通訊上。所以未來將以 5G 為基礎的發展下，能夠更快、更好的協調不同系統、不同運具以及不同個體間的交流互動，提供每位用路人皆能掌握完整資訊以明確做出對自身最好的決策，並以此提高整體的運輸服務以及能源使用效率，而其最高目標正是能像人體各個器官與大腦間的良好互動與協調，並進一步以此發揮各個器官或系統間的最大功能，亦即為本計畫之目的。故在未來相關建議作為上，由下而上可從不同領域或不同系統、運具間，逐步以 5G 為基礎發展良好的資通訊系統，以此提升系統營運效率、能源使用效率以及運輸服務水準等，再逐漸就不同領域或者系統間，慢慢透過通訊協定或系統介接等方面的整合；而從上至下則可由政府提供一骨幹架構或協定標準，讓所

有廠商業者皆能以此發展各自不同的技術內容，最後都可在此骨幹架構或相同的協定標準下進行合作整併，提供社會大眾全方面或全方位的智慧解決方案。

表 2.3-1 國內外 5G 應用於智慧交通與管理之案例彙整

國家	領域	應用項目	應用對象	應用內容	5G 技術應用項目
芬蘭	交通管理	智慧停車	自動駕駛車	● 解決汽車製造商的停車問題。 ● 減少工作人員找尋車輛的時間和勞動力成本。 ● 停車位優化了 20%，提高停車場的安全性，也減少了車輛停車事故。 ● 係以 5G 專網做為主要通訊方法，以提高整體網路之安全性。	車輛與中心通訊
瑞典	交通管理	自動駕駛車	巴士	● 車輛透過高性能 5G 網路與控制中心相連。 ● 控制心中的操作員可以在必要時遠端指揮甚至是控制車輛。 ● 乘客可以遠端向控制中心尋求協助。	車輛與中心通訊
希臘	交通管理	車載服務	用路者	● 以專網進行測試，證實交通運輸於 5G 的發展，從延遲性、可靠性、移動性、準確度、連結密度、互動能力與流量等皆可取得顯著較果。	乘客、中心與駕駛之通訊
義大利	交通管理	公共運輸	災害管理	● 透過公網方式給予公共運輸災害預警，以減少因訊號延遲、中斷或不清楚所導致災害危害。	公共網路通訊
美國	交通管理	高精地圖	緊急車輛	● 5G 網路即時地定位快速移動車輛的確切位置。 ● 透過車輛聯網系統發送警報給交叉路口的所有車輛以避免碰撞。	車輛、路側設施之通訊
英國	交通管理	車聯網平台	自動駕駛車	● 使用安全、匿名與整合車輛的位置數據，做出智慧的規劃與決策。 ● 緊急事件回應服務，例如事故發生或排除時。	車輛與中心通訊
	交通管理	智慧停車	車聯網	● 在車輛上安裝即時高清攝影機，透過感測器掃描街道，尋找停車空格。 ● 幫助用路者縮短行程時間、減少道路壅塞。	影像傳輸
	公共運輸	公共運輸	視障者	● 透過 5G 網路取得使用者所在地點的即時影像，為視障用戶提供即時的導航協助。 ● 解決視障者難以單獨出門的問題，且 APP 提供至少 24 種語言。 ● 以語音告知使用者精確的距離和方向，並通知使用者電車何時抵達該月台。 ● 該系統之運作係以公網為基礎，但該系統所蒐集到之資料存放於 5G 專網中。	影像及資料傳輸
		公共運輸	乘客	● 以公網為主要方式，提供業者和旅客即時的擁擠資料。	路側及中心端通訊

	交通安全	公共運輸	車聯網	● 乘車相關資訊透過 5G 網路，依據乘客所需，傳輸相關資訊到乘客的連網設備。 ● 當轉乘不同運具時可以透過手機自動購買車票。	邊緣及中心之通訊與資料傳輸
	交通管理	公共運輸	自動駕駛車	● 乘客利用 App 叫車，車輛則是以遠端駕駛的方式來接送乘客，再讓乘客自行開車。 ● 到達目的地時，只需將車輛靠邊停，要求控制中心接管車輛，就可以直接離開車輛。	中心與車輛之通訊及控制
	交通管理	救護車	患者	● 近零延遲的速率將高清的影像、體溫、心電圖及肺功能數據傳輸給遠端醫生。	影像傳輸
臺灣	交通管理	自動駕駛車	巴士	● 自動駕駛智能車時速可達 40 公里，運行期間坡度甚至達 12 度，自動駕駛智能車亦順暢行走。	車輛與中心通訊
		救護車	患者	● 救護車上整合多種儀器，強化緊急救護人員的救護能力，縮短到院檢傷時間。	儀器通訊及影像傳輸
		智慧停車	車聯網	● 於停車格位裝設感測儀器確認是否有車停放，並以此顯示訊息提供用路者知悉，協助其快速找到車位。 ● 幫助用路者縮短行程時間、減少停車場與聯外道路壅塞。	路側與中心通訊
		物聯網	用路者	● 整合智慧路燈、道路交通監測、環境氣候偵測。	路側及中心通訊
		道路即時路況顯示	用路者	● 透過即時的路況影像，提供用路人相關道路資訊，以避開壅塞路段。	影像傳輸
	公共運輸	公共運輸	乘客	● 利用車輛動態與到站時間，提供乘客掌握相關資訊並提高服務水準。	車輛與中心通訊
		軌道運輸	行控中心 駕駛員	● 協助行控中心及駕駛得以隨時掌握列車及旅客動態資訊 ● 以專網方式整合系統內之通訊技術	車與中心通訊、影像傳輸
	交通安全	科技執法	警政單位	● 員警騎機車巡邏時，透過安全帽上的鏡頭辨識車牌號碼，查看該車輛是否為違法車輛。	影像傳輸
中國	公共運輸	公共運輸	軌道運輸	● 以 5G 為基礎提出軌道運輸通訊系統未來的發展情境與架構，供軌道運輸發展參考。 ● 以專網方式進行軌道運輸通訊方式之提升。	軌道通訊及控制

資料來源：本計畫彙整

此外，在世界許多先進國家人口日漸老化，加上少子化的衝擊，未來這些國家的勞動力會愈發短少，而跨國引進人力彌補不僅會有語言、文化上的障礙，治安問題更會引起該國民眾的疑慮，為此自動化便是最為主要的手段方法之一，由前述小節便可發現 5G、AI 等技術已運用在相關領域上。而自動化最為關鍵的不僅是機器設備的製造或運算能力的提升，更重要的便在於如何促使機器設備之間甚至是與人的相互溝通，才能使得未來自動化的運作更為完善協調，而這正是數

位化的目標。我國目前出生率為全球最後，人口老化以及少子化已讓我國的勞動力大受衝擊，如何善用 5G、AI 等技術進行數位轉型已是我國未來刻不容緩的發展方向。

隨著自動化的發展，許多機器設備在各領域的產生及應用也愈漸深化與擴大，與此同時伴隨而來的，便是這些機器設備透過各種感測裝置所獲取的各項資料、參數等，但這些機器設備若無配有或連接記憶體，則這些資料參數都僅是過眼雲煙，無法提供我們做為後續分析改進之用。但若善用 5G 之通訊技術，舉凡裝有感測器及通訊設備的任何機器裝置都能藉此將轉化得來的大量資料參數，傳送至中心或其他管理單位進行資料分析，所以 5G 的採用不僅能讓我們能更好的管理各項機器設備，也更能以此蒐集到大量且優質的數據資料，以做為未來改善相關流程或技術方法的參考依據。

任何科技的發展皆是以人為中心，若無人使用則這些科技毫無用武之地，新一代行動網路聯盟(Next Generation Mobile Networks Alliance, NGMN)對 5G 之願景敘述曾言「它是一個有生命力的生態系統，它的任務是驅動行動與連網社會的完整發展」，而其中「人」正是這驅動行動與連網社會的核心。5G 代表的不僅是通訊技術的進步，更可說明是整體社會的提升，而社會的提升不能僅有技術改善，更應具備的是整體社會的思惟調整，唯有以更加開放的心態才能促使 5G 技術的使用可以真正落實到每一個人的心中。

第三章 智慧交通數位神經中樞系統規劃調整

「智慧交通數位神經中樞系統」之功能規劃為本計畫之重點工作項目，在前期計畫中已運用完整之規劃程序，提出「智慧交通數位神經中樞系統」之系統架構與功能，在本期計畫中則藉由各項實證作業持續檢討系統規劃之適宜性。故在本章中將先針對國內外交通管理案例進行綜整探討，以探討系統核心價值，並回顧整體規劃歷程後，規劃系統整體架構與功能，逐步檢討整體系統分析發展構想與潛在效益，最後說明 5G 與系統功能之關聯性。

3.1 國內外交通管理系統案例探討

隨著 5G 廣泛的部署與進行,世界各國在各式智慧的應用上逐漸發展與崛起,對許多過去尚不可行的應用範疇帶來劇變，如：5G 的低延遲特性，使 AR 或 VR 的應用更具有身歷其境的體驗，戴著 AR 護目鏡的技術人員能更即時的進行操作或維修說明，世界各國各式智慧交通應用崛起，且陸續在智慧交通上有所研究、發展與實證，冀望可從不同面向下達到交通管理之效，其中包括緊急車輛應用、行車安全、自動駕駛、智慧車站、交通管理、場站客流管理、物流管理等，每一個國家發展方向不同，應進一步探討在不同的交通管理主題之應用對象、設計方向，提出本計畫可借鏡之處等觀點，以對應本計畫系統開發可產生何核心價值並展現建置成果，亦可做為後續各縣市交通管理相關應用系統之參考(各國案例之完整詳述可參閱前期報告第二章第二節內容)。

一、行車安全

(一) 應用國家：日本

(二) 應用對象：保全公司車隊

(三) 設計方向：

1.每輛車上安裝 360 度全景攝影機，車輛間透過 5G 通訊連結。

2.車輛行進過程中，同步監視車隊前後安全車距。

3.即時辨識 35 公尺遠的車輛類型、路人的衣服與姿勢、行動資訊。

二、緊急救難(包含優先通行號誌、路口防碰撞系統)

(一) 應用國家：葡萄牙、波蘭、比利時、德國、英國、中國、臺灣

(二) 應用對象：警察車隊、救護車隊、消防車隊、民防隊(主要救難車隊)

(三) 設計方向：

1.建立 5G 專網服務，獨立控制各自網路，並確保緊急服務的品質。

2.依據交通流量數據，自動調整沿路號誌的配時，縮短各救難車隊到達救難現場的時間。

三、交通導航(包含自動駕駛、交通管理)

(一) 應用國家：中國、臺灣、南韓、英國

(二) 應用對象：杭州市、臺灣各縣市交通控制中心、救護/緊急救難車隊

(三) 設計方向：

1.利用偵測影像方式回傳事件狀況，或交通數據資料進一步作統計分析反應管理。

2.透過 5G 網路，讓號誌根據即時交通流量，最佳化路口號誌的時間分配。演算之最佳行駛路徑資訊，提供給交通號誌管理系統進行號誌運算調整。

四、智慧車輛客流管理(包含物流車輛與設施管理)

(一) 應用國家：中國、瑞典、南韓

(二) 應用對象：全自動駕駛電動車/貨車、地鐵工作人員

(三) 設計方向：

1.利用即時數據，加以預測未來 15 分鐘的客流狀況，做為後續進一步車輛運行規劃，及緊急事件應變。

2.透過 5G 網路，將電動車與自動駕技術結合，進行車隊管理。

3.利用 5G 雲核心技術，提供自動電力運輸系統的動力。

4.快速運算產出建議方案，將貨物或其他設備運送到指定位置，降低搬運成本。

五、其他運具智慧發展(包含鐵道、船舶其他運具)

(一) 應用國家：臺灣

(二) 應用對象：救護車隊、消防車隊、鐵路運輸、船舶

(三) 設計方向：

1.運用穩定且高速的 5G 行動通訊網路,提供列車端與控制中心端的連線,即時將列車資訊回傳至 IoT 平台。

2.以 5G 大頻寬特性結合全船 WiFi,解決船舶靠港時船員無法下船之大量上網需求。

3.提供車隊管理、監控等管理應用上之功能。

上述所提之各項應用發展,其目標均在藉由 5G 高傳速之特性隨時反映現況,直接反射當做緊急事件發生之應變計畫,屬於自主反應應用一環,且透過快速偵測後回饋偵測結果,建立模式庫(知識學習),每一次的偵測/判斷結果均可回存為知識庫,做為下一次的緊急或管理上應用計畫基準,而遇有緊急狀況需求時,快速將需通行之需求拋轉回交通控制中心,非取代既有的交通控制作法,而是加強版的管理作為,在管理手段下透過更快速的反應與判斷下,進而提高行車安全、滿足緊急救難之迫切需求,於危險發生前提早提供安全警示,更可避免產生肇事而提升服務品質。

3.2 系統核心價值

因目前國內外並無「智慧交通數位神經中樞系統」之相關探討,惟因應資通訊之快速發展,包括城市大腦、新一代交通管理系統(TMS)等概念均已廣泛的討論或進行實作,而本計畫中即是藉由 5G 的高速度、低延遲、多連結三大特性,並仿照人體的中樞神經系統(Central Nervous System, CNS)主要係由大腦和脊髓組成,如指揮官般指揮神經傳導訊息,為整個神經系統的控制中心,負責接收和整合從周邊神經系統(Peripheral Nervous System, PNS)得來的訊息,然後再按需要作出反應、反射發出動作指令。依據前述特性,本計畫於建置「智慧交通數位神經中樞系統」時須考量下列特性:

一、蒐集、管理和使用資訊的方式。

二、從現有環境中進行偵測,並快速地做出回應,了解需求下,適時地做出應對措施。

三、軟硬體組合,提供精準、直接和豐富的資訊,減少整合可能產生之隔閡,快速達到目標。

四、建構分析能力,進行知識管理,透過學習做為下一次決策參考基準,滾動式儲存歷次資料後優化改善。

而交通因為具有連結各項生活機能與活動的功能，且為生活中必須接觸之環境，因此成為智慧城市發展的重要基礎，城市為數據產生之源頭，隨著交通複雜性的增加，大數據不斷的累積，本計畫在本年度開始實作勾勒透過不同快速回傳的資訊、既有的歷史資料建立、模擬分析建立模式庫下，進而產出即時分析與決策方案提供管理者之另一方向參考，而非取代現有的各項功能，反之為一助力且涵蓋範圍更加廣泛，並隨著交通複雜性的增加，建立不同道路間的資訊連結性，使未來的智慧交通數位神經中樞系統可在全面自動化與智慧化架構下，達到下列五個目標：(1)巨量資料集中化與共享化、(2)需求捕捉之精準化與即時化、(3)分析與判斷過程之高度智慧化、(4)決策方案產出之高品質化、(5)回饋並自我學習之動態進化。如此亦可滿足在國家發展委員會之「服務型智慧政府 2.0 推動計畫」中即揭示政府智慧轉型之四項重點：

一、強化資通訊應用，並轉變「創造公共服務價值」的發展目標。

二、運用新興技術優化政府服務流程、創新為民服務型態，滿足民眾需求。

三、深化政府循證式決策模式。

四、建構以資料為基礎的數位治理。

經檢視在臺灣各縣市交通控制中心發展上，已陸續依據不同縣市交通管理上的需求，開始導入及變化各項管理作為，包含責任導向告警機制、路側設施資料上傳、智慧動態號誌管理、事件影響管理系統、線上動態監控、即時影像建置等，並將各項蒐集回傳的資料做統計與分析，做為下一次的決策參考之用，從手動偵測到自動偵測，從被動式反應到主動式反射，更進一步將各項資料進行儲存後，可做為國內在交通管理下的不同意識動作反應、反射動作反應、自主動作反應等，使其可更快速的達到目標。此外，也因為 5G 的高傳輸速度，才能將高解析度的影像畫面，即時傳回電腦後端，並且在各項危險發生時，有低時延的支援，系統才能迅速做出反應。

故於本計畫中亦提出「數位雙生(Digital Twins)」之建構概念，完成數據模型規劃與實作，進而透過數位雙生之視覺化平台，呈現各項知識庫/模式庫之成果。針對數位雙生平台功能之特性說明如下：

一、類比(模擬)真實世界實體狀況，結合機器學習及人工智慧進行資料分析與預測，並利用視覺化方式(3D)呈現。

二、多重回饋資料進行自我學習，記錄並分析建立起各管理策略最佳解模型。

三、從真實物體到 3D 模型的即時數據傳送。

四、建構即時資料蒐集、資訊預測、知識庫、決策之數位雙生，可互相對應比較與檢視。

3.3 系統規劃歷程

在本計畫系統建置過程中，參考比爾蓋茲所著「數位神經中樞」一書中所提：神經系統(Nervous system)由神經元這種特化細胞的網路所構成，透過身體的不同部位間傳遞訊號，也透過內部系統不同的反應作用來應付環境的變化，進而控制活動，協調各個組織和器官，以感知的方式快速的判斷外來情報，並進行協調決定是否接受及反應，做出適當的反應與傳遞。

在綜整比爾蓋茲所提出之數位神經系統概念、人體神經中樞系統及相關研究報告內容，提出未來「智慧交通數位神經中樞系統」應具備資訊蒐集與統整分析、掌握周遭環境資訊、思考與增長智慧、經驗傳承與複製及即時處理與反應等五項能力。另從智慧轉型及數位雙生兩個智慧治理角度歸納出「數位應用均以資料驅動服務變革轉型，讓資料成為服務核心」及「即時資料蒐集、資訊預測、知識庫、決策為數位雙生之成功關鍵」等兩項認知，相關核心價值將是做為規劃「智慧交通數位神經中樞系統」功能之主要依據。

本計畫除進行國內外相關發展趨勢探討後，搭配交通工程顧問、交通資訊公司及 6 都交通局基層管理幹部之問卷，及具專家學者身分之 6 都卸任交通局者焦點團體工作坊之共識下，提出具備資料蒐集、資料分析兩項功能確有其重要且必要性，進一步則透過該資訊的蒐集、分析下進行預測，產生決策知識庫、即時決策功能等發展方向，並歸納出目前在都市交通管理上之痛點包括：公共運輸、交通壅塞、交通安全、交通控制及停車管理等 5 項。

另從相關文獻報告，歸納出自動化(automation)、互聯化(connectivity)、電動化(electrification)和共享化(sharing)等 4 個未來科技發展趨勢，及個人化客製行程服務、主動式行程服務、緊急車輛管理、智慧決策管理、即時數位雙生及智慧偵測等 6 項交通管理科技應用重點，從交通治理角度規劃基礎下，採用各類交通管理核心資料與管理應用基礎，進而提出相關整體系統功能項目，故研擬在各項功能發展下，均須包括資訊蒐集與統整分析、掌握周遭環境資訊、思考與增長智慧、經驗傳承與複製能力及即時處理與反應等 5 項能力做為系統發展原則，其目標在於可透過這些能力的彙整，創造公共服務價值，並透過即時資料蒐集、資訊預測、

知識庫及決策模型等方法進行分析模式與演算法研擬，提供決策輔助等思考。相關規劃過程如圖 3.3.1 所示。



圖 3.3.1「智慧交通數位神經中樞系統」規劃過程示意圖

而本計畫之發展則是透過參考既有交通管理系統之差異進行神經中樞系統架構調整修正，是包容現有各系統功能，並非取代現有交控系統；且在建構本系統時亦考量以下三元素，包括 1.元件庫：包含 3D 模組、視覺功能、基礎建設 3 項，不論資料的精細度，皆需正確且清晰的顯示資訊於平台；2.數據庫：為本系統之核心，符合國際標準與協定內容，將各項來源端資料進行儲存，做為函式庫的基礎資料；3.函式庫：利用現有的資料進行分析，情境還原與模仿預測，並將各項處理後的資料視為新資料，匯入數據庫後即可做為下一次經驗的參考。在交通層面上，透過中央控制中心來分析探討，從資料面到決策呈現端，該平臺使用者則鎖定中央機關相關決策人員，並將其資料流架構概分為四層(數據蒐集、數據處理、思考與決策、及反應／應用)，以資料來源端及基礎設施為基底，再將「智慧交通數位神經中樞系統」之涵蓋領域區分為公共運輸、交通管理及事件管理等三面向；從功能面而言則涵蓋：即時偵測、資料分析、預測模型、3D 視覺化模型、人工智慧規劃決策模型、即時決策知識庫及即時處理反應機制等 7 項主要功能，如圖 3.3.2 所示。

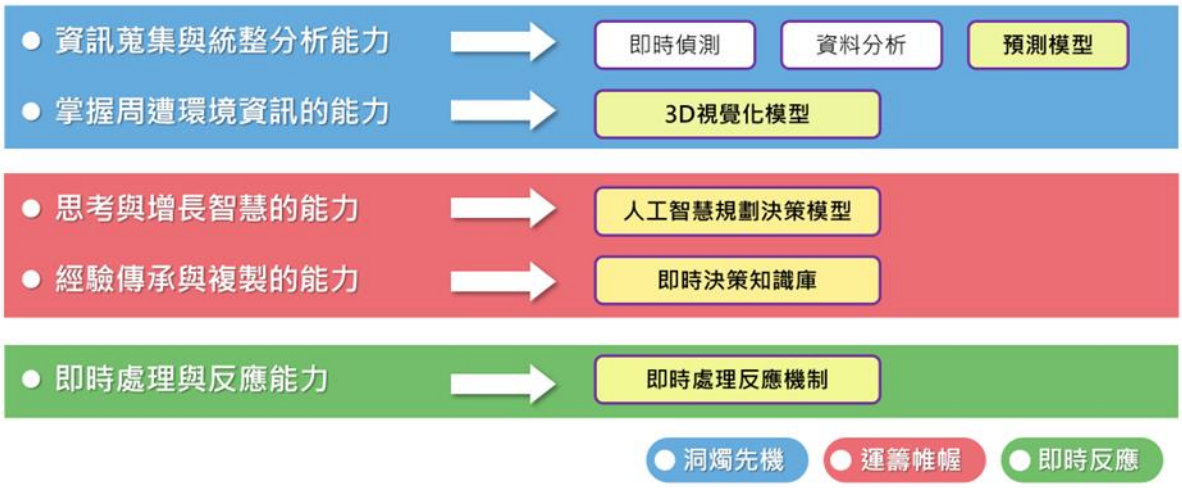


圖 3.3.2 交通數位神經中樞系統內涵與功能

此外，本期計畫在建構的過程中，亦同步考量未來在智慧化發展時，建立端、網、霧、雲的標準平台，平台下須透過介面標準進行傳輸，而這樣的選用是開放的並且兼顧資安，雲平台是共享可擴充的網路且必須是安全的，端設備朝向標準化的作業，透過訂定雲平台標準、網路通訊標準以及端通訊標準(如：邊緣伺服器標準、端設備物聯網標準等)，使用一致的原始數據，逐步達到資源共享之目標。從中需建構於雲系統的基礎建置(如：實體機、虛擬機、儲存池、伺服器等)整合資訊，提供雲服務(如：大數據及人工智慧分析)，並善用霧端的邊緣運算，落實在前端進行數據分析處理做好各項系統的即時決策(Timing Decision)，此一霧端的邊緣運算，將可充分展現智慧物聯網(Artificial Intelligence of Things, AIoT)的簡約效能。

故在為滿足快速發展、決策判斷下其未來交通數位神經中樞系統架構如圖 3.3.4 所示，其中考量本平台主要使用對象為提供各交通承辦人員、管理者，可快速針對現有介接的即時資料、利用歷史資料推估預測的資料統整數項資訊進行整合後，透過資料彙整、處理及使用者進入資訊管理後，透過運算引擎快速掌握各項交通資訊，亦透過親和性的操作介面，包括視覺化圖表、主題類儀表板、警示提醒等項目提供動態查詢分析，應是建構在整體雲端運算服務下，底層為基礎結構即服務(IaaS)是一種雲端運算服務，收納各課題下需求資料，以隨用隨付的方式，依照實際需求提供基本的計算、儲存體及網路資源。往上層則是進入軟體即服務(SaaS)層，透過網際網路隨選傳遞軟體應用程式的方法，進行各項自主反應的判斷、管理決策與績效回饋應用，透過 IaaS 層進行資料層級架構建立，深入剖析各項資料項目，建立其關聯性後，進行相對應的發佈及管理作為，使用者則可使用手機、平板電腦或電腦上的網頁瀏覽器經由網際網路連線至應用程式，進到

平台即服務(PaaS)層中進行各項資料的查詢。

另從邊緣設備、邊緣節點一直到雲端的呈現，均透過物聯網之概念，挖掘各項資料的價值，並透過技術融合的推動，包含 5G 通訊聯網及各項新技術深入滲透至連網的各個層面，有效提升聯網資料的應用價值與效率，強化智慧化程度並豐富呈現，而從 IaaS 層的資料採集與應用，逐步涉及端、邊、雲多層次的協同作業，邊與雲的融合計算亦提升了聯網的時效性、資料的隱私性、應用的靈活性，此為本計畫智慧交通數位神經中樞系統能透過 5G 特性之優勢面對日益豐富的多模態資料，使端邊雲運作真正全面提升協同能力與應用深度、廣度。故由整體系統概念之端邊設備進行各項資料之蒐集傳輸，透過智慧神經中樞之運算、服務、管理等作為後傳至邊雲進行應用，直至大腦核心中央雲部分作為擴充，達到虛實整合、情境展示與模擬，且可提供其他既有系統進行整合或另外應用等。本計畫之系統概念及整體架構圖如圖 3.3.3 及圖 3.3.4 所示。

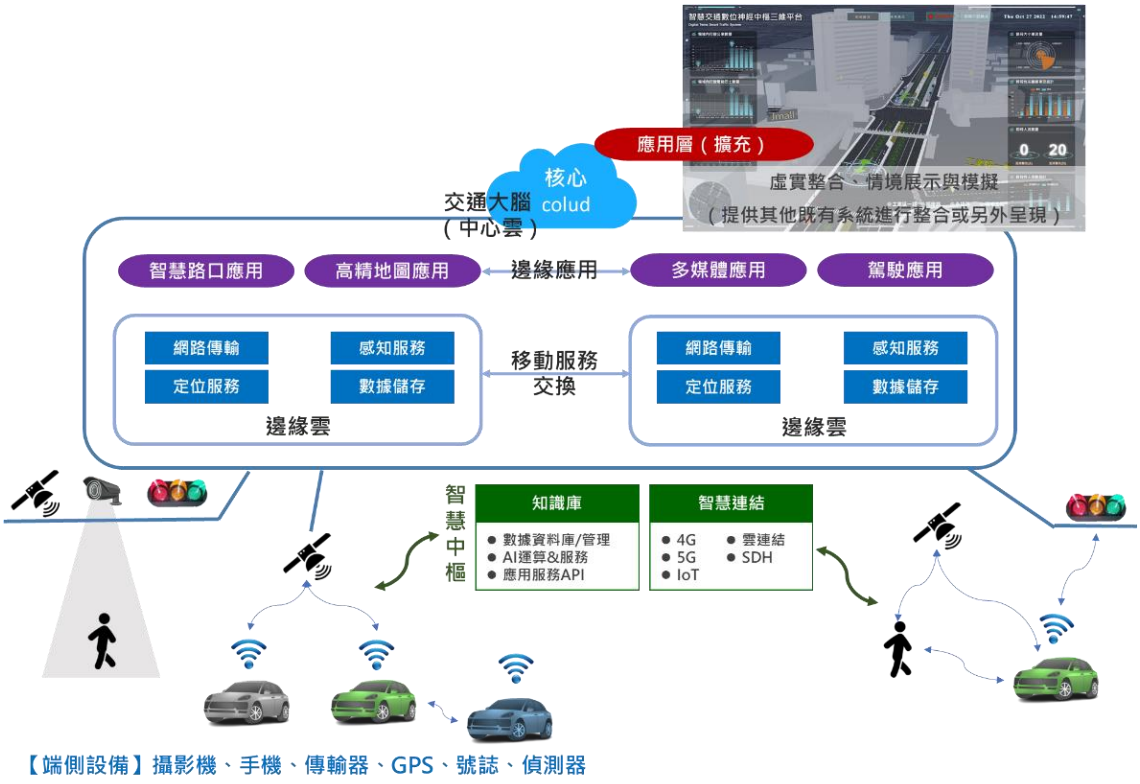


圖 3.3.3 本計畫端邊雲系統概念圖



圖 3.3.4 智慧交通數位神經中樞系統整體應用架構

3.4 系統架構與功能

本計畫所提之智慧交通數位神經中樞系統主要以公共運輸資料、交通管理資料、事件管理資料做為基礎資料層，在經過各項資料的整合與應用進行分析與預測後建立各類模式庫、知識庫再透過數位雙生的視覺化進行展示所構成。數位雙生展示模型將會在虛擬世界中製作計畫場域的數位分身，藉由蒐集現場端即時資料，能夠將計畫場域的交通狀況、號誌狀態與其他設備狀態、車流人流狀況，複製到數位雙生當中。配合 3D 儀表板以虛實整合視覺化呈現各項交通數據，讓決策者能夠一目瞭然現場交通狀況，協助執行交通決策並檢視成果。

本計畫經由前期計畫透過交通主管機關之需求及國內外趨勢之發展，歸納出「智慧交通數位神經中樞系統」應具備之功能組成包含即時偵測、資料分析、3D 視覺化模型、模式庫、知識庫。其中需透過即時偵測、資料分析及模式庫中之預測模型藉以掌握周邊環境資訊。而未來智慧交通數位神經中樞系統針對各項交通治理痛點，如何能夠做到精準決策以達到精準治理，然精準決策之前提，需要能夠事先掌握未來趨勢以研擬相關策略，而過去傳統依靠經驗法則的判斷方式，常因錯誤的判斷導致不僅無法有效紓解交通問題，嚴重者恐使問題加劇，更突顯預測技術與工具掌握的重要性。因此智慧交通數位神經中樞系統在發展模式庫功能的過程中，各類型交通預測模式，例如：車流、公共運輸、停車等，實為一重要

發展目標。基於此，針對系統應具備之交通預測功能，本計畫延續前期計畫成果，持續精進及發展交通預測模式，針對交通事件影響分析預測、市區客運運量預測模式、及營運決策等管理方向建構相對應之模式庫，各項功能規劃如表 3.4-1 所示，並依據此表進一步規劃與實作本期計畫功能，且各功能中均包含資料蒐集、分析及預測作為基礎，透過基礎模塊可再整合成一功能，使其彈性更高，與過去傳統系統不同，過去的系統強調是有多功能組合產出，類似拼圖式的方式，將各功能拚出一個系統，功能大多為獨立顯示，當管理/操作者點選功能時產出相對應之結果，而本計畫則是強調「模塊式」的功能，透過不同模塊組成不同的功能，讓系統開發廠商依據實際需求擷取所需模塊組行整合，如同積木般可透過不同的形狀組合，產生不同的功能規劃，使其彈性更高更具有價值性。

表 3.4-1 地方交通首長期待功能之規劃

功能項目	公共運輸	交通管理	事件管理
規劃	● 預約需求資訊分析 ● 需求資料分析 ● 需求資料預測分析 ● 公共運輸整體規劃 ● 短期接駁公車規劃 ● 自駕公車營運規劃 ● 緊急應變計畫規劃	● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 交通工程整體規劃 ● 號誌時制計畫設計 ● 交通協控機制規劃 ● 交通管制計畫研擬 ● 交通影響減輕策略規劃自駕車運營管理規劃	● 事件影響預測 ● 災害應變規劃
營運	● 即時人流監測 ● 預約需求資訊分析 ● 需求資料分析 ● 需求資料預測分析 ● 營運計畫動態調度 ● 共享運具調度管理 ● 電動公車調度管理	● 即時交通監測 ● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 交通壅塞管理 ● 交通影響管理 ● 交通管制計畫調整 ● 即時交通控制 ● 自駕車調度管理	● 即時事件偵測 ● 道路流量資料分析 ● 道路流量資料預測 ● 異常資訊警示 ● 事件影響預測 ● 事件處置決策 ● 緊急車輛優先通行
服務	預約需求服務	交通管理資訊播報	● 事件資訊播報 ● 疏導資訊播報 ● 緊急車輛通行資訊播報
其他	● 電動公車目標管理 ● 低地板公車目標管理	● A1 事故改善策略管考 ● 停車設施整體規劃	

以下針對本計畫建置之數位雙生場域基礎環境、即時資訊介接呈現、及模式庫功能等方向進行開發並說明如下：

一、數位雙生場域基礎環境建置

本計畫採用 Azure 雲端平台是微軟的公用雲端服務平台，提供包含雲端運算、儲存、分析、網路、管理…等 PaaS 與 IaaS 服務，Azure 的資料中心遍布全球，使用者可以依照需求自由選擇資料儲存位置，也可以輕易的將重要資料進行異地備援，且對於效能進行最有效且細緻的運用，且其在物聯網(IoT)領域的前端到後端有許多相應的服務，使用者能夠按照使用情境與需求自由選擇所需的服務，讓 Azure 幫助使用者快速的建立物聯網環境。另所建立之數位雙生模型，可做為後續協助交通管理之用，具備輔助即時交通管理、設施生命週期監測及國際標準跨域協作三項功能，包括如下：

(一) 輔助即時交通管理

提供即時的 3D 視覺化資訊，精準即時且直覺掌握交通場域整體交通狀況，監視場域交通狀況，找出交通瓶頸，協助智慧化交通決策。透過模擬有限的偵測資料，擴展成整個場域的模擬資料，用以協助分析各種決策對於交通狀況可能產生的影響。

(二) 設施生命週期監測

定期回報設備運作狀態，以便有效提升設備妥善率並瞭解全域系統運作狀態。平台監視及管理整個系統，讓系統可以正常、安全、穩定運作，確保資訊安全不受威脅。平台有統一的查詢界面，並且能自動提醒設備維護需求，以快速執行安裝與維護作業，並減少人力需求，確保設備正常運行。

(三) 國際標準跨域協作

交通管理及交通設施轄管，涉有不同上下級或平行機關，各機關既有之管理平台可能無法完全鏈結，為使數位雙生平台能夠介接多元資料發揮綜效，並能提供場域內各機關使用甚至協作，相關數據模型須具備一致性及可擴充性，且參考國際標準擬定，減少訂定模型之成本，且不需改變現有各縣市既有之交通控制中心既有之系統，可於既有之功能下外加此模型進行查看的動作，或利用同樣的資料進行資料分析、預測結果呈現。

二、數位雙生交通即時資訊介接實作

本計畫設定數位雙生場域範圍為臺中市臺灣大道永福路口至工業區一路口。場域橫跨三個號誌化路口(永福路、福雅路、工業區一路)，並從圖資中建置路段、車道、eTag 等相對位置，所建立之數據模型，則包含道路(ROAD)、

路段(RoadSegment)、交通量(TrafficFlowObserved)、場站人流(CrowdFlowObserved)、巴士/電動巴士(BUS)、資訊可變標誌 CMS 資訊(TIM)、號誌(SPaT)等。透過 5G 技術的導入，穩定可靠地將場域內之交通即時資訊/資料介接後回傳予數位雙生中呈現，用以提供管理者可透過此 3D 視覺化模型快速掌握現行狀況。

三、模組化功能開發-預測分析模式庫(即時偵測、資料分析及模式庫預測模型)

(一) 交通事件影響分析預測模式庫

針對常態性路況構建車流參數(速率或流量)預測模式，構建範圍包含高速公路及都市地區。然道路上之交通狀況不僅受車流量多寡影響，亦會受到事件影響所產生之非常態性車流，因此本章節亦針對有事先發布之施工事件構建交通影響模擬模式，構建範圍亦同樣包含高速公路及都市地區。

前期(110 年)計畫所建立之常態性高速公路車流參數預測模式為基礎進行精進作業，以提升預測準確率。且考量模型之泛化能力，本計畫同時於都市地區道路進行交通預測，探討其適用性。

(二) 市區客運運量預測模式庫及營運決策知識庫

主要以公共運輸領域為主，公車使用者是公車服務的主體，針對使用者的特性分析對於評估或預測未來的需求都是相當重要的依據。過去主要藉由公車的使用成本與民眾付費金額，透過業者的角度，來評估公車路線營運的收益情況。本計畫則以公車使用者角度，評估公車路線營運的收益情況之模式庫，藉由公車使用者的使用情況及電子票證的分析，將資料進行整合，利用不同時間區段與指標的資料查詢結果，呈現月、週、日、時等不同時間區段，及站間累計運量判斷各停靠站的需求量，以及旅次長度，並據以規劃適當的班距，當站間運量明顯成長或有差距時，則可做為調整路線或停靠站之思考，除使用者需求外，供給面部分則是考量公車系統營運除了駕駛車輛排班與路線規劃外，更需要針對既有交通環境所產生的影響作出回應，故以 PDCA 為基礎的營運決策輔助公車服務的提升，以此構建新的公共運輸資料庫，以提供業者進行參考。

3.5 分期發展構想及系統發展效益

一、系統分期發展構想

「智慧交通數位神經中樞系統」未來勢必朝向智慧化發展，在此發展下必須建立端、網、霧、雲的標準平台，並透過 5G 網路，有效處理邊緣運算，無縫接軌各式各項的運輸系統雲端系統(公有雲)及營運公司雲(私有雲)，做好各類系統混和雲服務，亦可將所有整合、預測、分析、自主反應後的所有資訊傳輸到雲平台，將各項資訊整合及訊息展示，在通訊協定，或者在端設備的整合，則應同步考量相容性和整合性，進而做出「智慧交通數位神經中樞系統」的智慧決策。

依據前期計畫進行滾動式調整後及本期執行之項目，並整合國際交通管理發展趨勢下，延伸發展創造公共服務價值下所需面臨之三大課題：公共運輸、交通管理及事件管理，及智慧交通數位神經中樞在模式庫、知識庫的建構中，從資料呈現、指標功能呈現及目前可掌握歷史票證資料及車流、場站人流、號誌資料介接下逐步建構，然因本期仍屬於開發與實證階段中，故仍有資料採用歷史資料(歷史票證資料、車流量調查表、工程事件)為主進行預測、分析模組之開發，並逐步納入車流影像資料、場站人流影像資料及號誌資料等，每一個模組都可以各自獨立，將所需的資料進行混合搭配運用，即可逐步完成不同的模式庫/知識庫內容，亦可以進一步與需要的縣市政府進行討論介接方式。

此外本計畫亦針對前期計畫所提之短、中、長期模式庫/知識庫內容進行檢討執行狀況，可發現在不同的中樞功能下係透過不同的資料組合產出，彙整如下：

(一) 短期發展

1.公共運輸

數位神經中樞 (模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
即時資料 分析模組	即時 動態	公共運輸服務、電動公車、低地板公車、共享運具、可靠性、使用量、車輛擁擠度	○	○	○	X
歷史資料統計 分析模組	統計 圖表	公共運輸使用效率、運具營運里程、路線需求、場站需求、可靠性、使用量、高齡者比	○	○	○	◎ 路線資料、票證資料

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
		例、車種匹配度、旅次分佈、MaaS 使用量、**<u>票證資料</u>**				
異常資訊警示模組	警示資訊	發車異常、車種目標值未達標、供需異常；路線營運效率不佳	△	○	△	◎以結果查詢營運狀況

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

2.交通管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
即時資料分析模組	即時動態	道路車流即時狀態、特殊活動區域車流即時狀態、路邊及路外停車供需資訊	△	○	○	◎介接車流影像
歷史資料統計分析模組	統計圖表	車流參數資料統計、停車位使用統計、策略執行成效統計分析	○	○	○	◎預測流量分析
異常資訊警示模組	警示資訊	車流參數壅塞門檻、道路車輛排隊長度、停車場車輛排隊長度、特殊活動人車流熱區、異常駕駛行為偵測、軟硬體異常偵測	△	○	○	◎使用歷史資料
時制計畫動態調整模組	即時動態	尖峰時制計畫調整、緊急車輛優先通行時制計畫調整、特勤時制計畫調整	○	△	○	◎緊急車輛智慧號控

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

3.事件管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
即時資料分析模組	即時動態	事件偵測與分類、事件影響範圍偵測	△	○	○	◎納入施工事件
歷史資料統計分析模組	統計圖表	事件型態統計、事件熱點統計、事件受理與派遣紀錄統計、策	○	○	○	◎計畫性施工

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
		略執行成效統計分析				

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

(二) 中期發展

1.公共運輸

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
區域人流即時資訊分析模組	即時動態	人潮聚集熱區	△	△	△	◎場站人流影像介接
營運計畫動態調整模組	文字	班次調整、路線調整	△	△	△	X
旅次起訖分析預測模組	統計圖表	預約需求、運量預測	△	★	△	X

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

2.交通管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
路況預測模組	統計圖表	車流參數預測、事件交通影響預測	△	★	△	◎施工預測
停車整體規劃與導引模組	地圖/文字	預約停車、區域停車資訊展示與導引、停車接駁規劃	★	△	△	X

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

3.事件管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
異常資訊警示模組	警示資訊	即時事件發生警示、衍生事件警示、人/車高危險行為警示	△	★	○	X
事件風險預測模組	統計圖表	風險隱患預測、態勢發展預測	△	★	△	X

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

(三) 長期發展

1.公共運輸

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
公共運輸路線規劃模組	地圖/文字	班次規劃、路線規劃	△	★	★	X
接駁路線規劃模組	地圖/文字	班次規劃、路線規劃	★	★	★	X
緊急應變計畫規劃模組	警示資訊/文字	班次規劃、路線規劃	★	★	★	X
公共運輸知識模組	檔案	(提供前端介面呈現使用)	★	★	★	X

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

2.交通管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
區域協控計畫產製模組	即時動態	跨單位資訊通透、協控策略建議、自動化協控策略實施	△	★	★	X
緊急應變計畫規劃模組	警示資訊/文字	軟硬體異常排除與應變計畫	★	★	★	◎緊急車輛智慧號控驗證
交通管理知識模組	檔案	(提供前端介面呈現使用)	★	★	★	◎數位雙生雛型

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

3.事件管理

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
事件處置決策模組	文字資訊	即時事件處置決策、風險預防決策	★	★	△	X
重大事件專案應變模組	警示資訊/文字	跨單位資訊通透、重大事件處置建議與決策、應急資源管理與分配決策	★	★	★	X
事件管理知識模	檔案	(提供前端介面呈現	★	★	★	◎

數位神經中樞(模式庫、知識庫)	資訊呈現方式	指標(功能)呈現	資料現況	技術困難度	經費需求	執行狀況
組		使用)				數位雙生雛型

註：○：簡單、△：中等、★：困難、◎：本期已完成部分模式庫開發、X：未開發

資料來源：前期彙整並於本期計畫滾動調整

依據上述所檢討之各項功能屬基礎模組構建範圍，再依據各項資料組成及模組化之內容，規劃本計畫後續年度執行項目及本期已完成之項目，彙整如表 3.5-1 所示。

表 3.5-1 110-111 年系統功能建置狀況暨後續發展規劃

分期建置狀況	公共運輸	交通管理	事件管理
基礎模組建構	● 即時資料分析模組 ● 歷史資料統計分析模組 ● 異常資訊警示模組 ● 區域人流即時資訊分析模組 ● 營運計畫動態調整模組 ● 旅次起訖分析預測模組 ● 公共運輸路線規劃模組 ● 接駁路線規劃模組 ● 緊急應變計畫規劃模組 ● 公共運輸知識模組	● 即時資料分析模組 ● 歷史資料統計分析模組 ● 異常資訊警示模組 ● 時制計畫動態調整模組 ● 路況預測模組 ● 停車整體規劃與導引模組 ● 區域協控計畫產製模組 ● 緊急應變計畫規劃模組 ● 交通管理知識模組	● 歷史資料統計分析模組 ● 即時資料分析模組 ● 事件風險預測模組 ● 異常資訊警示模組 ● 事件處置決策模組 ● 重大事件專案應變模組 ● 事件管理知識模組
110 年度建置	-	● 高速公路車流參數預測模組 ● 壅塞機率轉換模組	● 高速公路工程事件影響分析模組 ● 緊急救援車輛號誌優先通行實作
111 年度建置	● 人流異常處理知識庫**(導入數位雙生模型)** ● 公運場站人流偵測與辨識**(導入數位雙生模型)** ● 市區公車營運績效分析模組 ● 市區公車時運量預測模組 ● 公車連班處理知識庫 ● 公運緊急事件處理知識庫	● 都市地區車流參數預測模組**(導入數位雙生模型)** ● 車流偵測與辨識**(導入數位雙生模型)** ● 道路流量/轉向量資料偵測與辨識分析模組	● 都市地區車流參數預測模組**(導入數位雙生模型)** ● 車流異常偵測及示警**(導入數位雙生模型，提供警示)** ● 人流異常偵測及示警**(導入數位雙生模型，並提供建議處理作為，提供警示)** ● 號誌燈頭異常偵測及示警**(導入數位雙生模型，提供警示)**

分期建置狀況	公共運輸	交通管理	事件管理
			● 緊急救援車輛號誌優先通行實作 ● 都市地區工程事件影響分析模組 ● 道路流量/轉向量資料偵測與辨識分析模組
112、113年度規劃	● 電動公車目標管理 ● 低地板公車目標管理 ● 營運計畫動態調度	● 交通管制計畫研擬 ● 交通影響減輕策略規劃 ● 交通壅塞管理 ● A1 事故改善策略管考 ● 停車設施整體規劃	災害應變規劃
114 年度以後規劃	● 公共運輸整體規劃 ● 電動公車調度管理	● 交通管制計畫研擬 ● 交通影響減輕策略規劃 ● 交通壅塞管理 ● 停車設施整體規劃	災害應變規劃

二、系統發展效益

(一) 運用 AI 技術，監測並即時整合數據進行判斷，達到預防交通事故的效果，並進一步發展智慧交通領域的 V2X 車聯網應用。由於移動範圍較大，必須採用 Edge Cloud 技術來幫忙，應先以監視器等設備蒐集前車的相關資訊，藉由基地台傳送到 Edge Cloud 中進行分析，之後利用 5G 零延遲的特性，將前車情況傳送給後車，讓後車能即時做出反應，降低意外發生的機率。(持續針對緊急車輛智慧號控驗證進行精進，擴充路口範圍)

(二) 持續利用深度學習神經網路，可整合單個或多個路口之設備，成為一廣域車流預測使用，並可將此資訊提供給管理者/用路人有更多的反應時間進行決策與判斷，或可與現有車流監測平台(交通控制中心監測功能)進行整合。(提高交通參數預測準確性，納入功能模組中呈現於前端)

(三) 依據不同的應用場景，如高速公路交通流預測、都市交通流預測、特殊事件流量影響預測、區域性交通流量預測等等，並針對預測點歷史交通數據進行處理，提取交通流數據的週期特徵，透過不同時空特徵下提供管理決策面可加以利用預測結果外，亦可提供將其概念提供給營運單位進行人流需求之預測。此種預測屬於動態管理，雖有部分特徵值可掌握，但非有完全固定特徵值，需有極高速的傳輸、反應與計算，並將資訊反

饋進行模型修正後才可越來越準確。(本期進行工程事件影響分析、道路流量資料分析，應將其納入功能模組中)

(四) 逐步完善不同的知識庫、模式庫內容，並進行功能模組混搭或跨域使用，例如車流預測模組可用於停車或公共運輸方面。(完成短期模組建置)

(五) 針對本期開發之預測模型加入其他預測因子，如：社經資料，提供給管理者自行查詢相關資訊，並主動偵測預測狀況是否有大於設定之門檻值後顯示於系統中。

(六) 納入特殊事件人流預測，如：燈會、因事故導致需臨時接駁，以利提供管理單位可視預測結果進行車輛派遣。

3.6 5G 技術在系統之角色探討

當蒐集資料、數據分析與建立分析模型都確實完成後，最關鍵的工作就是依據分析結果做決策，或用以建置自動化管理系統，來改善或強化智慧交通的目標。而 5G 技術是 4G 的延伸技術，更是未來物聯網的基礎網路建設技術，且具有高速、低延遲及大量連結特性，5G 能增強車輛及車輛(V2V)通訊，這是改善並因應無人駕駛車輛在道路安全的關鍵要素。V2V 通訊必須是即時的，因為毫秒之差可能是緊急煞車和致命碰撞之間的差異。實現這種高速互連需要車輛在彼此之間傳輸大量數據而沒有任何延遲。而 5G 網路的低延遲能夠實現這一目標，讓車輛與基礎設施來進行即時感測，利用車輛及基礎設施(V2I)通訊讓車輛自動針對號誌來自動停止前進或緩速前進，來達到改善交通流量、減少外部危險因素、增加車輛反應時間及提高交通效率。

以此基礎下，本計畫加以思考 5G 技術常應用於先進車輛控制及安全系統(Advanced Vehicle Control and Safety System，以下簡稱 AVCSS)和緊急救援管理服務(Emergency Management Service，以下簡稱 EMS)兩大方面，其中，AVCSS 乃藉由結合車輛中的感測器、電腦和通訊科技，以提供輔助用路人駕駛和提升安全性的服務，常見功能如防撞示警系統、自動巡航系統和車聯網等。而 EMS 則可透過結合 5G 技術之低延遲和高速率等特性，使該技術有助於災害救援，在危難發生時，透過 5G 結合影像辨識技術可即時偵測事故種類和地點，協助救援車輛規劃最佳路線，並對事故地點周遭車輛發出告警，同時於最短時間內有效排除事故，降低事故帶來之損失。

故本計畫採用其特性進行緊急救援車輛之智慧號誌控制，透過了解派遣系統之運作與緊急救援車輛優先號誌實務需求下，藉由偵測緊急救援車輛接近路口而實施優先號誌，接收緊急救援車輛通行需求時，則即時進行前方號誌的切換應變，當車輛離開路口或綠燈時間已達最大綠燈時間，優先結束後，則由控制器進行補償可更快速的反應。

另外，針對目前國內交通問題來說，有其交通壅塞之問題，其可分為重現性壅塞(Recurrent Congestion)和非重現性壅塞(Non-recurrent Congestion)兩大類，其中非重現性壅塞則包含道路封閉、施工管制等預期性事件和交通事故、車輛故障、掉落物品等突發性事件兩類。都會區壅塞多屬於重現性壅塞，且若持有車輛人數持續上升，壅塞情況將愈趨嚴重。故亟需要透過先行掌握相關數據、進行預測分析後產生相對應的知識庫模組等資料，用以事前預測、分析，同時透過運輸系統管理(Transportation System Management，TSM)和運輸需求管理(Transportation Demand Management，TDM)等措施進行管理，用以降低都會區交通壅塞情況，如本計畫中所研提之交通參數預測模組、工程事件影響分析及道路流量資料等分析即屬於此類型之應用。透過蒐集的資訊，使用 5G 低延遲與高速率特性即時回傳至交通控制中心或另外的儲存環境後，搭配雲端儲存技術，將各項資訊進行整合與歸檔，做為分析道路使用趨勢和預測未來交通量等項目之基礎，提升各種運輸系統服務效率。

綜整而言，採用 5G 技術應用於交通管理上，確有其效益存在，如：全天即時監控路網和事故辨識服務，可協助管理單位更快速啟動緊急應變程序，減少事故傷亡率，或優化區域性交通管理計畫，透過事前蒐集資料、事中即時分析回饋、事後檢討納入知識庫後進行下一次的回饋，使每次的預測與反應更加的準確。

第四章 智慧交通數位神經中樞系統分析模組開發與實證

本計畫經由前期計畫透過交通主管機關之需求及國內外趨勢之發展，歸納出「智慧交通數位神經中樞系統」應具備之功能組成包含即時偵測、資料分析、3D視覺化模型、模式庫、知識庫。其中模式庫與知識庫為該系統之核心功能，未來智慧交通數位神經中樞系統針對各項交通治理痛點，如何能夠做到精準決策以達到精準治理，尚須仰賴各類分析、模式和知識之功能彙整應用以進行輔助決策。

基於此，本章節主要係說明本期計畫針對智慧交通數位神經中樞系統分析模組(亦即模式庫)進行開發之項目內容，分別包括：「交通參數預測模組」、「工程事件影響分析模組」、「道路流量/轉向量資料蒐集分析模組」、「市區公車運量預測模組」及「公共運輸營運績效分析模組」等 5 個分析模組，該些模式庫在「智慧交通數位神經中樞系統」中均具備洞燭先機的預測能力，希望藉由各項交通狀況的事先掌握，能夠預先進行各項交通管理策略的評估或研擬。

4.1 交通參數預測模組之開發與實證

交通資料具有高度非線性、動態和隨機之特性(Guo 與 Yuan[19])，過去傳統統計方法較無法有效捕捉到上述特性，亦即時間和空間的傳遞特徵，因此其預測性能往往不甚理想。時至今日，許多研究將目光集中在如何利用機器學習方法解決複雜的交通問題，鑒於此，本計畫首先透過文獻回顧方式，參考過去研究於車流參數預測之作法，以前期(110 年)計畫所建立之常態性高速公路車流參數預測模組為基礎進行精進作業，以提升預測準確率。且考量模型之泛化能力，本計畫同時於都市地區道路進行交通預測，探討其適用性。

4.1.1 開發模組目的

智慧交通數位神經中樞系統針對各項交通治理痛點，如何能夠做到精準決策以達到精準治理，其精準決策之前提，需要能夠事先掌握未來趨勢以研擬相關策略，而過去傳統依靠經驗法則的判斷方式，常因錯誤的判斷導致不僅無法有效紓解交通問題，嚴重者恐使問題加劇，更突顯預測技術與工具掌握的重要性。因此智慧交通數位神經中樞系統在發展模式庫功能的過程中，各類型交通

預測模式，例如：車流、公共運輸、停車等，實為一重要發展目標，將做為智慧交通數位神經中樞系統中洞燭先機、運籌帷幄的角色。基於此，針對系統應具備之交通預測功能，本期計畫延續前期之計畫成果，持續精進及發展車流預測模組。

此外，本計畫之車流參數預測模組屬於先進交通管理系統(Advanced Traffic Management System, ATMS)之一環，而 ATMS 於交控中最大目的主要是為達到主動且預防性的控制，預防性控制亦即於道路發生壅塞前，就先做出對應之控制，藉此達到預防或降低壅塞發生的可能；若當道路已發生壅塞時再開始做出相對應之控制往往為時已晚。為達前述目的所面臨之挑戰之一，即時如何有效利用歷史資料及即時資料以達到準確預測未來車流趨勢，如車流量、速率或旅行時間。除此之外，交通管理單位對外所發佈之路況預測資訊，亦可做為用路人出行之參考，引導用路人避開壅塞時段及路段。然而交通預測要達到一定準確性所遭遇之困難之一在於用路人的反應，如果用路人對於發佈之交通預測資訊有反應，從而改變自身之出行行為，行為改變後，交通需求同樣會跟著改變，導致預測資訊不準確，換言之，若用路人對於發佈之交通預測資訊沒有反應，預測資訊反而準確。



圖 4.1.1 車流參數預測模組發展目的

4.1.2 重要文獻彙整

Ye 等人[21]指出，機器學習在交通車流與路網之應用，機器學習可包括監督式學習(Supervised Learning)、非監督式學習(Unsupervised Learning)、強化學習(Reinforcement Learning)三大類，近年來以類神經網路模型為基礎的深度學習(Deep Learning)方法也逐漸成為主流並應用於機器學習之各項任務。該研究闡述了機器學習能在交通流量預測、車路環境資訊之蒐集與推估、路網壅塞控制等領域進行應用，也詳細探討利用強化學習所發展之智慧無線資源管理之概念與架構，做為未來相關研究發展之基礎。Yang 等人[22]提出一種結合 SA、ARIMA 及 BPNN 的混合方法，能夠完整的考量交通流中的線性及非線性特徵。

該研究將 ARIMA-SA-BPNN 模型用於都市地區幹道路網之交通流量預測，並與 LSTM、WNN、ARIMA-BPNN 模型進行比較。研究結果顯示，ARIMA-SA-BPNN 模型之預測性能優於其他模型，其 RMSE 為 76.929、MAE 為 54.955、MAPE 為 9.961%。

Han 等人[23]研究開發一種多維度學習機用來預測交通速率，該方法為卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN) 與張量分解 (Tensor Decomposition, TD)之結合，透過此方法，除可考量歷史經驗，亦可考量近期觀測之交通數據。資料型態若屬於時空鄰域類型之數據，與 TD 有關之方法常被認為能夠進行有效的預測。然而因受到機器學習之限制，該方法無法從大數據集中找出歷史交通模式，因此該研究將交通預測轉化為張量插補問題，透過構建張量輸入來考量上述無法得到的 CNN 歷史交通模式。此外，還透過多重低秩選擇(multiple low-rank choosing)和加權最佳化(weighted optimization)來提高 TD 的預測精準度，最後利用上海快速道路之偵測器數據來與上述方法進行驗證，結果顯示該方法之交通速率預測結果之 RMSE 及 MAPE 分別為 7.30 及 14.71%。

Vázquez 等人[24]亦運用神經網路方法(如遞迴和卷積)預測城市道路路段的平均速率，該研究將浮動車數據(Floating Car Data, FCD)做為基礎資料並運用於四種不同深度學習方法中，進行預測模式比較，包含長短期記憶(Long-Short Term Memory, LSTM)、門控循環單元(Gate Recurrent Unit ,GRU)、時空遞迴卷積網路(Spatiotemporal Recurrent Convolutional Networks, SRCN)、高階圖卷積長短期記憶神經網路(High-Order Graph Convolutional Long Short-Term Memory Neural Network, HGC-LSTM)，前兩種方法屬於遞迴神經網路方法，後兩種則屬於混合方法。以西班牙的兩個不同城市交通路網來評估預測模式的效果，並且分析(1)浮動車輛不同滲透率(25%、50%、75%、100%)、(2)模式預測的時間範圍(5、10、15、20、40、60 分鐘)、(3)用於訓練的歷史資料蒐集範圍(5、10、15 天)，三個情境如何影響其預測準確性，實驗結果顯示這四種深度學習方法對於預測平均速率均能夠有良好成效，且遞迴方法(LSTM 和 GRU)的誤差要小於混合方法(SRCN 和 HGC-LSTM)，情境一結果顯示，隨著滲透率增加預測誤差也相對減少；情境二結果顯示短期預測(5、10、15 分鐘)的效果較好，GRU 模式於 5 分鐘短期預測之 MAE 及 RMSE 分別為 1.880~2.862 及 4.730~4.775；情境三結果顯示訓練數據資料蒐集範圍為 5 天時預測效果較好。

Lai 等人[25]則透過細胞流動車資料(Cellular Floating Vehicle Data ,CFVD)和

追蹤行動臺(Mobile Stations ,MSs)的 ITS 系統，估計交通位置與車速。從 MS 的通信信號中得到 CFVD 的三個資訊，包含 ID、行經行動臺的順序及行經行動臺的停留時間，並利用上述三個資訊進行交通位置評估，行經行動臺的順序主要用以判斷行駛方向，行經行動臺的停留時間主要用以判斷車輛是位於快車道或是慢車道。此外，該研究利用基於 CFVD 的交通資訊估計和預測方法，分析行動網路的訊號，包含切換(handovers, HOs)、通話到達(call arrivals, CAs)、一般位置更新(normal location updates, NLUs)、週期性位置更新(periodic location updates ,PLUs)，並以上述訊號資訊，分析交通流量與密度，交通流量部分以 HOs 及 NLUs 進行推估，而交通密度以 CAs 及 PLUs 進行推估，再依據流量及密度進行速率推估，最後將速率推估之結果，用於遞迴神經網路進行旅行速率之預估，實驗結果證明，該速率預測方法的平均準確度為 95.72%。

Guo 與 Yuan[19]提出以圖形注意機制時間卷積網絡(Graph Attention Temporal Convolutional Networks, GATCN)，進行短中期交通速率預測，此研究透過圖形注意力網路(Graph Attention Networks, GAT)處理空間特徵、時間卷積網路(Temporal Convolution Network, TCN)處理時間特徵，藉以獲取空間與時間相關性。而實驗數據的來源係經由加利福尼亞交通運輸機構的 PEMS-BAY 數據集中擷取 2017/1/1 至 2017/5/31 的速率紀錄，兩筆速率資料之間的時間間隔為 5 分鐘，將該數據以 0.7、0.2、0.1 的分配比例，分別用於訓練、測試與驗證，選擇 Adam 一階優化演算法來最佳化 GATCN 學習參數，該研究以歷史平均模型(Historical Average mode, HA)、線性核支持向量迴歸模型(Support Vector Regression with a Linear kernel, LSVR)、自迴歸綜合移動平均模型(Autoregressive Integrated Moving Average)、前饋神經網絡模型(Feed forward neural network, FNN)、全連接長短期記憶模型(Fully connected LSTM, FC-LSTM)、時空卷積網路(Spatiotemporal Graph Convolutional Networks, STCGN)六種基準模型與 GATCN 模型進行比較，並利用均方根誤差(Root Mean Squard Error, RMSE)、平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)、平均絕對誤差(Mean Absolute Error, MAE)三種方式評估各模型在未來 15、30 和 45 分鐘內的交通速率預測性能，結果顯示，在短期和中期速率預測中，GATCN 模型的性能要優於其他基準模型，其 MAE 分別為 1.93、2.27、2.48，MAPE 分別為 4.09%、4.92%、5.46%，RMSE 分別為 3.18、3.90、4.35。

蘇振維等人[26]，使用大數據分析概念透過長期蒐集之交通資料，建立宜蘭地區交通預警機制之應用服務，該研究以決策樹模式(Decision Tree Models)方

法建立不同日期型態之國道 5 號車流特性預測模式，蒐集 2014 年 1 月至 2015 年 6 月一年半之數據進行建模，考量車流量、速率、壅塞小時比例、氣象、日期型態等變數，以 2015 年 7 月至 2015 年 10 月之中秋節三天連假、雙十節三天連假數據進行滾動學習修正與連假預測驗證，預測資訊需包括國道 5 號之交通流量、時空速率圖與旅行時間等三項資訊，結果顯示，中秋連假、雙十節連假兩次驗證結果，交通流量相對誤差平均為 16.71%，時空速率壅塞率殘差為-0.93%，旅行時間正確率為 66.67%，因此建議需持續滾動學習修正精進預報模式，逐漸提升模式預測能力。

蘇振維等人[27]利用先前發表之「以大數據技術建置宜蘭地區交通管理預警機制之應用服務」[26]國道 5 號之交通資料，續進完善其交通預警機制，該研究參考過去旅行時間、短期交通量等交通預測文獻使用之決策樹、隨機森林、類神經網路以及時間序列方法進行比較評選，發現四種旅行時間預測方法中，隨機森林的正確率 74.3%為最佳，優於決策樹 58.9%與類神經網路 61.5%，而時間序列方法適用於時間間隔長度相等的數據推估，較不適用於該研究，故以隨機森林做為建立滾動式學習交通流量與速率之「國道 5 號行前交通預報模式」以及「恆春聯外幹道行前交通預測模式」，該研究以 MAPE 指標評估「國道 5 號行前交通預報模式」流量與速率平均誤差率皆穩定落在 10%以內，該研究後續建議提及交通預測方法近年來有因「深度學習」模式崛起，因此於未來研究上可進一步探究「深度學習」應用於交通預測之可操作性與精確度。

Kumar 與 Vanajakshi[28]以 SARIMA 模式對一條 3 車道幹道路段進行交通流量短期預測，該研究利用路段上偵測器蒐集 2012 年 9 月 20 日至 2012 年 9 月 23 日的流量數據，將每分鐘流量數據彙整為每十分鐘輸入，每天獲得 144 個流量值，前三天資料做為建模使用，後一天資料做為模式驗證使用，並以最大概似方法估算模式參數設計，在模式校估部分採用 MAPE 指標評估歷史平均模式、簡單預測方法及 SARIMA 模式，其整體 MAPE 結果分別為 10.53%、10.42%、9.22%，表明 SARIMA 模式結果比歷史平均模式、簡單預測模式良好，後續發現預測之流量結果與尖峰時段、非尖峰時段觀測結果趨勢相近，因此另外使用 2014 年 6 月 3 日至 5 日流量數據(不包括假日)，預測 2014 年 6 月 6 日上午 8:30 至 9:30 與下午 17:00 至 18:00 早晚尖峰各一小時時段流量，結果顯示早上尖峰和晚上尖峰的 MAPE 分別為 4.37%和 3.83%，表示 SARIMA 模式對交通流量預測能有不錯的成果。

表 4.1-1 車流參數預測相關文獻彙整

作者	年份	預測對象	模式	預測結果
Yang 等人	2021	流量	ARIMA-SA-BPNN	● RMSE：76.93 ● MAE：54.96 ● MAPE：9.96%
Han 等人	2020	速率	CNN-TD	● RMSE：7.30 ● MAPE：14.71%
Vázquez 等人	2020	速率	GRU	● MAE：1.88~2.86 ● RMSE： 4.73~4.78
Lai 等人	2016	速率	RNN	● ACC：95.72%
Guo 與 Yuan	2020	速率	GATCN	● MAE： 1.93~2.48 ● MAPE：4.09%~5.46% ● RMSE：3.18~4.35
蘇振維等人	2016	流量 速率 旅行時間	決策樹	● 流量整體誤差平均：16.71% ● 時空速率壅塞率殘差：-0.93% ● 旅行時間正確率： 66.67%。
蘇振維等人	2017	流量 速率	隨機森林	● MAPE：10%以內
Kumar 與 Vanajakshi	2015	流量	SARIMA	● MAPE：4.37%~3.83%

綜合前述，交通資料具有高度非線性、動態和隨機之特性(Guo 與 Yuan[19])，過去傳統統計方法較無法有效捕捉到上述特性，亦即時間和空間的傳遞特徵，因此其預測性能往往不甚理想。時至今日，許多研究將目光集中在如何利用機器學習方法解決複雜的交通問題。在交通預測的背景下，會根據不同的交通管理策略，來決定要進行短期或是長期交通預測。若是要掌握交通流之變化趨勢，可以選擇長期預測，若是要掌握交通流異常狀態藉以擬定紓解策略，則是選擇短期預測。(Almeida 等人[29])

而大多數交通預測演算大多建立在高速公路、幹道或非號誌化廊帶下進行，都市地區道路因受到號誌影響，因此與高速公路的預測相比，其交通預測的問題更為複雜。Li 等人[30]與 Peng 等人[31]指出不同日態與時段車流形態差異大，且 Boukerche 與 Wang[32]亦有提出不同路段進行交通預測時，所使用之模式或模式使用之參數可能會有所不同。惟使用數據驅動法(data driven)用在路網中進行預測仍存在一定的困難，偵測器佈設的不足以及路網中各式複雜的路口，是交通預測於路網中面臨最大的困難。此外，如何確定車流在空間以及時間模式中的分佈樣態是交通預測的重要考量點，許多研究著力於整合上下游車流資訊以提升預測準確度(Chandra 與 Al-Deek[33]; Kamarianakis 等人[34])。另，許多研究也發現高速公路與都市幹道車流因為所受到之交控限制不同而表現出有別於傳統認知的週期性(Vlahogianni[35])，但儘管是針對運作機制相對單純的高速

公路也不易精準捕捉其交通空間特性，在路網層級的研究更是鮮少將交通時空演變納入預測分析裡。因此精準的時空分析方法是交通預測領域應用的首要發展目標，應嘗試將時空資訊整合進交通預測演算法裡，藉此讓交通預測之結果更貼近現實。

4.1.3 高速公路車流預測模組構建

交通預測需要根據不同的交通管理策略目的來決定預測的時間跨度，若要執行瞬間或短時間內的交通控制與管理策略，此類交通預測所選擇的時間跨度會偏好 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、10 分鐘等短期時間單位；若要掌握交通流發展的趨勢，藉以擬定長期的交通管理策略，此類交通預測所選擇的時間跨度會偏好 30 分鐘以上的長期時間單位。而本計畫高速公路車流參數預測之目的較偏向後者，屬於掌握交通流趨勢並做相關視覺化資訊揭露呈現。以下針對計畫採用的精進方式、精進作業過程及精進結果進行說明。

一、精進方式說明

本計畫接續前(110)期高速公路車流參數預測內容，同樣以國道 1 號南下 166.4~172.5K 路段(臺中系統-豐原-大雅)為研究範圍，蒐集其 EVP 資料，進行長期交通預測。採用的精進方式彙整如表 4.1-2 所示，並說明如後。

(一) 預測日態及時段

前期計畫內容主要係針對研究範圍進行全日之交通流量與速率預測，亦即預測時並未區分平、假日。有別於前期計畫內容，本計畫分別針對工作日及週末進行長期交通預測。

(二) 模式採用特徵

前期計畫所採用之模式在預測過程中，所使用的注意力機制僅考量週期性特徵(星期別及小時)，並未考量時空特性相關之特徵，時空特性係指交通流中，前一刻的交通流會對下一刻的交通流產生影響，意即現在或未來的交通狀態會受歷史交通狀態影響。另，相鄰路段的交通流之間也會相互影響，下游車流之變化趨勢與上游車流變化趨勢有關。因此本計畫除採用前期計畫所使用的週期性特徵外，亦加入研究範圍上游路段前一時間步之流量/速率以及目標路段前一時間步流量/速率做為模式構建考量之時空特徵。綜合前述，本期計畫模式初步考量之特徵如下，並彙整表 4.1-3 所示。

1.目標特徵(Target Label)：流量、速率

2.日間週期性特徵(Periodic Feature of Interday)：星期別

3.日內週期性特徵(Periodic Feature of Intraday)：小時

4.時空特性特徵(Spatio-Temporal Feature)：目標路段前一時間步流量、上游路段前一時間步流量、目標路段前一時間步速率、上游路段前一時間步速率

5.其他特徵(Other Feature)：是否降雨

表 4.1-2 本計畫高速公路參數預測精進方式

精進方式	前(110)期計畫	本計畫
預測日態及時段	無區分 (全日全時段)	● 全日全時段、尖峰時段 ● 工作日全時段、尖峰時段 ● 週末全時段、尖峰時段
模式採用特徵	● 目標特徵：流量、速率 ● 週期性特徵：星期別、小時 ● 其他特徵：是否降雨	● 目標特徵：流量、速率 ● 週期性特徵：星期別、小時 ● 其他特徵：是否降雨 ● 時空(Spatial-Temporal)特性特徵： ■ 上游路段前一時間步流量 ■ 上游路段前一時間步速率 ■ 目標路段前一時間步流量 ■ 目標路段前一時間步速率
特徵提取	否	● 連續型特徵：Pearson Correlation Coefficient (<0.2 則剔除) ● 分類型特徵：ANOVA ($0.01 \leq \eta p2 < 0.058$ 為小效果則剔除)
模型架構	建構	調整

表 4.1-3 本計畫模式考量之時空相關特徵彙整

變數名稱	變數定義	屬性	備註
volume	流量	Target Label	-
speed	速率	Target Label	-
bf60_volume	目標路段前一時間步流量	Spatio-Temporal Feature	本期計畫加入
us_bf60_volume	上游路段前一時間步流量	Spatio-Temporal Feature	本期計畫加入
bf60_speed	目標路段前一時間步速率	Spatio-Temporal Feature	本期計畫加入
us_bf60_speed	上游路段前一時間步速率	Spatio-Temporal Feature	本期計畫加入
day_of_week	星期別	Periodic Feature of Interday	前期計畫既有
hourly	小時別	Periodic Feature of Intraday	前期計畫既有
precipitation	是否降雨	Other Feature	前期計畫既有

本計畫研究範圍選定之目標路段為國道 1 號南下 166.4~172.5K，路段涵蓋臺中系統-豐原-大雅，如前所述，為考量時空特性之影響，遂將目標路段上游路段範圍一併納入做為預測模式構建使用，而上游路段範圍為國道 1 號南下 162.1~166.4K，路段涵蓋后里-臺中系統-豐原，研究範圍如圖 4.1.2 所示。以下茲就高速公路車流參數預測精進模式構建內容與步驟進行說明，包含資料蒐集、資料預處理、預測模式構建與後續研究內容。



圖 4.1.2 車流參數預測研究涵蓋範圍

(三) 特徵提取

前期計畫並未針對各項特徵進行影響度分析，亦即在模式構建過程中將所有特徵全盤輸入模型中進行訓練，然而當模型輸入的資料太過龐大冗餘，會大幅降低模型訓練之效率，亦即分析過多特徵變數會耗費大量的記憶體以及計算能力，且可能也會產生過度擬合之問題，因此本計畫需要透過特徵提取刪除大量冗餘或無關之特徵變量來降低維度，達到降低模型計算量從而減少模型訓練時間，亦可減少資料雜訊對於模型分析的影響。

(四) 模型架構調整

本計畫使用之模型架構如圖 4.1.3，與前期計畫之差異如圖 4.1.4 所示。資料集輸入模型後，先透過一層 LSTM 將可用的資訊保留下來後，接著利用 Attention 機制將前述保留下來的資訊賦予權重，再利用兩層雙向 LSTM 綜合考量兩個方向(前向：交通序列資訊由開始到結束、反向：交通序列資

訊由結束到開始)的交通流序列資訊進行預測，最後將前述預測之輸出透過扁平層全數降為一維後，再經由全連接層進行疊加計算出最終速率之預測結果。

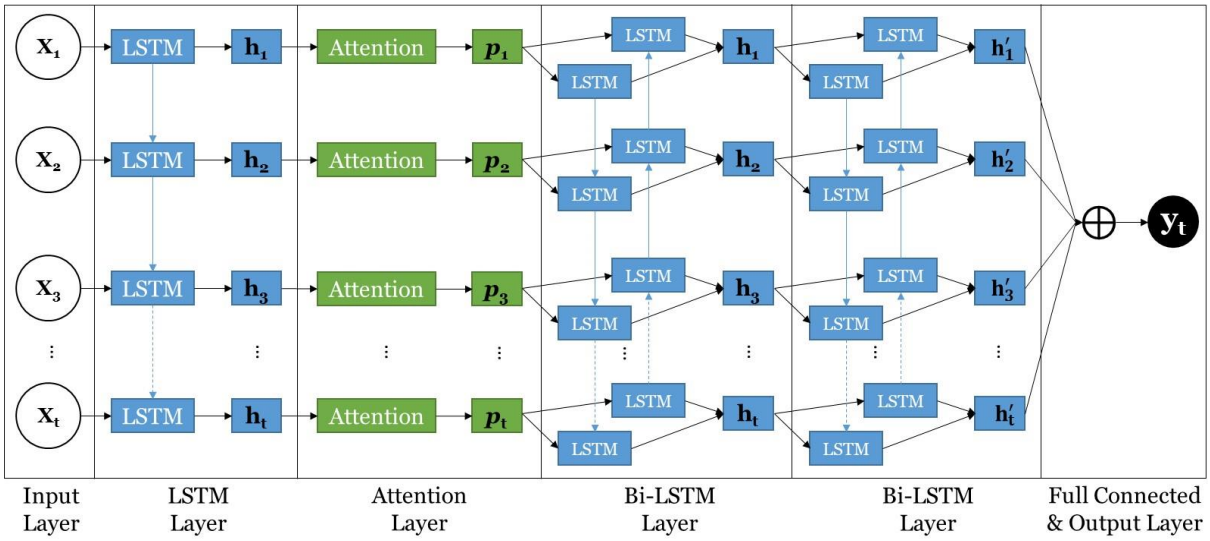


圖 4.1.3 預測模式架構

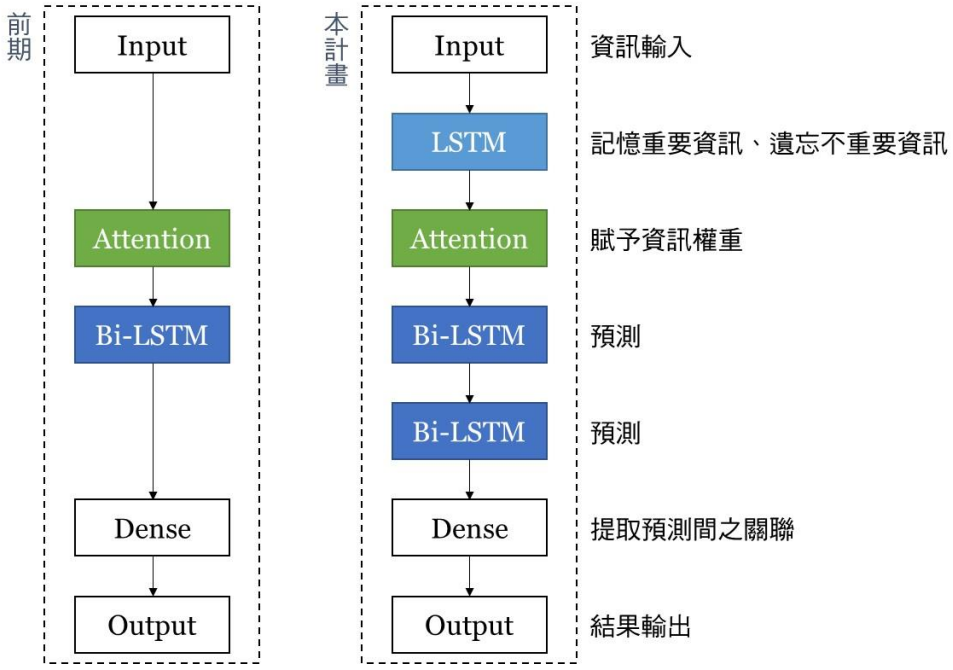


圖 4.1.4 預測模式與前期計畫之構建差異

二、精進作業

(一) 資料蒐集

本計畫以高速公路 ETC 系統所蒐集之交通資料進行模型建構，資料來源為高速公路局歷史資料庫 M05A，資料共 6 個欄位，包含 TimeInterval、GantryFrom、GantryTo、VehicleType、SpaceMeanSpeed 及 Volume，原始資

料架構與內容如表 4.1-4 及圖 4.1.5 所示。將 52 週之 M05A 資料進行下載，每 5 分鐘為一個檔案，每個檔案資料筆數為 2,425 筆，共計 105,120 個檔案。

表 4.1-4 M05A 資料架構與內容

欄位	欄位名稱	資料名稱	型態及計算方式
A	TimeInterval	報表產製時間	● 顯示方式：2021-04-12 22:55:00 ● 以 5 分鐘為一統計時階
B	GantryFrom	上游偵測站名稱	-
C	GantryTo	下游偵測站名稱	-
D	VehicleType	車種	31：小客車 32：小貨車 41：大客車 42：大貨車 5：聯結車
E	SpaceMeanSpeed	平均車速	● 顯示方式：平均車速：該時階之各車輛車速加總/交通量。 ● 單一車輛計算車速：相鄰上下游偵測站之門架距離/旅行時間(單位 km/ hr)。
F	Volume	交通量	計算上下游偵測站在此張表之時階範圍內所經過之車流量總量。

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料、本計畫彙整

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	2019/4/5 18:10	01F0017N	01F0005N	31	93	69						
2	2019/4/5 18:10	01F0017N	01F0005N	32	91	15						
3	2019/4/5 18:10	01F0017N	01F0005N	41	86	1						
4	2019/4/5 18:10	01F0017N	01F0005N	42	86	1						
5	2019/4/5 18:10	01F0017N	01F0005N	5	0	0						
6	2019/4/5 18:10	01F0029N	01F0017N	31	90	82						
7	2019/4/5 18:10	01F0029N	01F0017N	32	90	19						
8	2019/4/5 18:10	01F0029N	01F0017N	41	83	4						
9	2019/4/5 18:10	01F0029N	01F0017N	42	84	1						
10	2019/4/5 18:10	01F0029N	01F0017N	5	0	0						
11	2019/4/5 18:10	01F0005S	01F0017S	31	87	77						
12	2019/4/5 18:10	01F0005S	01F0017S	32	89	19						
13	2019/4/5 18:10	01F0005S	01F0017S	41	84	2						
14	2019/4/5 18:10	01F0005S	01F0017S	42	0	0						
15	2019/4/5 18:10	01F0005S	01F0017S	5	0	0						
16	2019/4/5 18:10	01F0061N	01F0029N	31	96	109						
17	2019/4/5 18:10	01F0061N	01F0029N	32	96	31						
18	2019/4/5 18:10	01F0061N	01F0029N	41	92	4						
19	2019/4/5 18:10	01F0061N	01F0029N	42	0	0						
20	2019/4/5 18:10	01F0061N	01F0029N	5	0	0						
21	2019/4/5 18:10	01F0017S	01F0029S	31	90	83						
22	2019/4/5 18:10	01F0017S	01F0029S	32	90	21						
23	2019/4/5 18:10	01F0017S	01F0029S	41	96	1						
24	2019/4/5 18:10	01F0017S	01F0029S	42	0	0						
25	2019/4/5 18:10	01F0017S	01F0029S	5	0	0						
26	2019/4/5 18:10	01F0099N	01F0061N	31	92	125						

TDCS_M05A_20190405_181000

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料

圖 4.1.5 M05A 原始資料型態

(二) 資料預處理

巨量資料下載完畢後即進行資料預處理，共分為九個步驟，分別為資料讀取、資料篩選、計算加權平均速率與總流量、資料重新命名與組合、遺漏值填補、資料聚合、資料融合(雨量資料、時空相關特徵融合)、週期性特徵編碼轉換、特徵分析，如圖 4.1.6 所示，並茲就各步驟執行內容進行說明。

1. 資料讀取：首先利用程式語言 Python 3.8 讀入 105,120 個檔案約 20 多億筆之巨量資料。而本計畫所有的實驗均是在以下環境中進行：Intel(R) Core(TM) i7-9700 CPU @ 3.00 GHz、NVIDIA GeForce GT 1030、64.0GB RAM。
2. 資料篩選：接著進行資料篩選，將每個檔案針對目標路段 01F1664S~01F1725S 及上游路段 01F1621S~01F1664S 之範圍資料進行採樣，01F1664S~01F1725S 及 01F1621S~01F1664S 之範圍資料資訊如表 4-1.5 所示，而每個檔案中針對各路段範圍分別取出 5 筆資料，如圖 4.1.7 所示，目標路段之資料筆數共計 525,600 筆(5 筆資料*105,120 個檔案)，上游路段資料筆數亦同。
3. 計算加權平均速率與總流量：計算車種加權平均旅行速率及車輛數加總後，使每 5 分鐘資料僅對應一筆平均速率及車輛數(原始資料分為 5 個車種，因此每 5 分鐘對應 5 筆平均速率及車輛數)，此時各路段每個檔案僅剩 1 筆資料，共計 105,120 個檔案。
4. 資料重新命名與組合：將各路段的 105,120 個檔案進行資料組合，留下 TimeInterval、SpaceMeanSpeed、Volume 共 3 個欄位，並分別重新命名為時間、速率、流量，如圖 4.1.8 所示，此時資料總筆數為 105,120 筆。

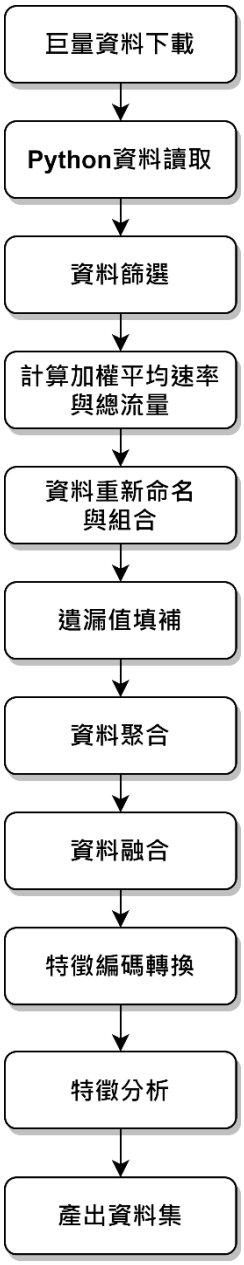
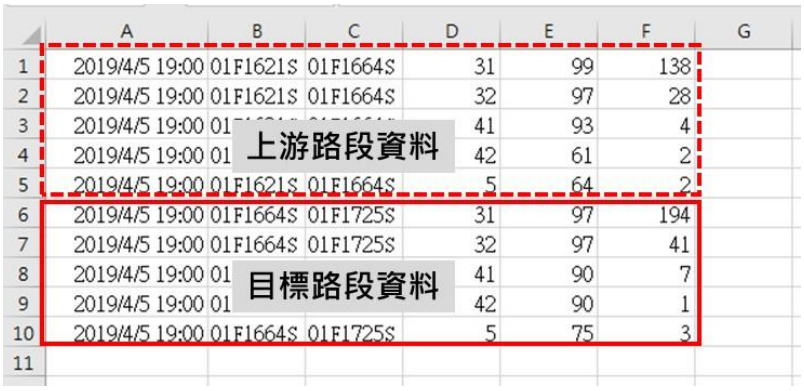


圖 4.1.6 車流參數資料預處理流程

表 4.1-5 資料篩選範圍

研究屬性	位置	偵測站編號	偵測站收費區間名稱	方向	緯度	經度
目標路段	上游偵測站	01F1664S	臺中系統-豐原	S	24.26265	120.692
	下游偵測站	01F1725S	豐原-大雅	S	24.23154	120.6866
上游路段	上游偵測站	01F1621S	后里-臺中系統	S	24.30119	120.6973
	下游偵測站	01F1664S	臺中系統-豐原	S	24.26265	120.692

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料



	A	B	C	D	E	F	G
1	2019/4/5 19:00	01F1621S	01F1664S	31	99	138	
2	2019/4/5 19:00	01F1621S	01F1664S	32	97	28	
3	2019/4/5 19:00	01		41	93	4	
4	2019/4/5 19:00	01		42	61	2	
5	2019/4/5 19:00	01F1621S	01F1664S	5	64	2	
6	2019/4/5 19:00	01F1664S	01F1725S	31	97	194	
7	2019/4/5 19:00	01F1664S	01F1725S	32	97	41	
8	2019/4/5 19:00	01		41	90	7	
9	2019/4/5 19:00	01		42	90	1	
10	2019/4/5 19:00	01F1664S	01F1725S	5	75	3	
11							

資料來源：高速公路局 M05A 開放資料

圖 4.1.7 篩選後之資料型態示意圖

	A	B	C	D
1	時間	速率	流量	
2	2019/1/1 00:00	106.482	83	
3	2019/1/1 00:05	106.091	66	
4	2019/1/1 00:10	111.469	81	
5	2019/1/1 00:15	106.948	153	
6	2019/1/1 00:20	103.627	217	
7	2019/1/1 00:25	105.526	192	
8	2019/1/1 00:30	101.825	200	
9	2019/1/1 00:35	101.677	235	
10	2019/1/1 00:40	101.788	241	
11	2019/1/1 00:45	101.902	246	
12	2019/1/1 00:50	100.196	225	
13	2019/1/1 00:55	98.621	256	
14	2019/1/1 01:00	98.892	240	
15	2019/1/1 01:05	98.754	268	
16	2019/1/1 01:10	99.918	245	
17	2019/1/1 01:15	99.73	248	
18	2019/1/1 01:20	100.753	259	
19	2019/1/1 01:25	98.916	237	
20	2019/1/1 01:30	102.745	204	
21	2019/1/1 01:35	99.71	252	
22	2019/1/1 01:40	100.952	210	
23	2019/1/1 01:45	101.794	228	
24	2019/1/1 01:50	99.236	246	
25	2019/1/1 01:55	100.548	239	
26	2019/1/1 02:00	101.978	179	
27	2019/1/1 02:05	101.863	197	
28	2019/1/1 02:10	98.368	253	
29	2019/1/1 02:15	102.664	211	
30	2019/1/1 02:20	104.333	177	
31	2019/1/1 02:25	105.585	183	
32	2019/1/1 02:30	105.779	149	
33	2019/1/1 02:35	105.624	165	
34	2019/1/1 02:40	105.455	143	

2019EVP資料(5分鐘)

圖 4.1.8 各路段資料組合結果示意圖－每 5 分鐘 1 筆資料

5. 遺漏值填補：將資料進行組合後，發現目標路段 01F1664S~01F1725S 資料共有 9 筆遺漏值，本計畫使用歷史平均法(Historical Average)以相同星期別及相關時段之平均數進行遺漏值填補。而上游路段 01F1621S~01F1664S 資料則無遺漏值。

6. 資料聚合：亦即時間解析度轉換，將每 5 分鐘為一筆之資料型態聚合成每 1 小時為一筆，亦即將各時段 12 筆資料(如 0:00、0:05、0:10、0:15、…、0:55)累積成 1 小時資料(00:00、01:00、02:00、03:00、…、

23:00)，此時每個路段之資料總筆數各為 8,760 筆，如圖 4.1.9 所示。

7. 資料融合：將歷史降水資料、上游路段交通資料、目標路段交通資料進行融合，歷史降水資料來源為 CWB Observation Data Inquire System(CODiS)臺中市觀測站之資料。

8. 特徵編碼轉換：將原始的日期欄位資料型態(如 2019/1/1 20:00)轉換成星期別(1~7)及小時(0~23)，分別做為日間(Interday)週期性特徵及日內(Intraday)週期性特徵。另因在建構機器學習模式過程中，需要將非連續型的特徵(亦即分類型)進行轉換後再做為模型之輸入值，因此再將上述特徵以獨熱編碼(One-Hot Encoding)形式引入模型中使用，例如以 7 碼的型式區分不同星期別，工作日中的星期二為[0,1,0,0,0,0,0]、週末中的星期六為[0,0,0,0,0,1,0]；以 24 碼型式區分不同小時別，藉此考量尖峰時段與離峰時段之差異，例如 17:00 中的 17 表示為[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0]。

	A	B	C	D
1	時間	速率	流量	
2	2019/1/1 00:00	102.792	2195	
3	2019/1/1 01:00	100.101	2876	
4	2019/1/1 02:00	104.125	1999	
5	2019/1/1 03:00	110.606	1047	
6	2019/1/1 04:00	111.309	627	
7	2019/1/1 05:00	108.487	544	
8	2019/1/1 06:00	109.458	721	
9	2019/1/1 07:00	110.618	1149	
10	2019/1/1 08:00	109.214	1302	
11	2019/1/1 09:00	108.462	1577	
12	2019/1/1 10:00	106.896	2084	
13	2019/1/1 11:00	105.701	2528	
14	2019/1/1 12:00	105.268	2761	
15	2019/1/1 13:00	103.035	3262	
16	2019/1/1 14:00	95.865	3970	
17	2019/1/1 15:00	81.594	4198	
18	2019/1/1 16:00	79.319	4111	
19	2019/1/1 17:00	73.46	3794	
20	2019/1/1 18:00	63.518	3744	
21	2019/1/1 19:00	95.28	3174	
22	2019/1/1 20:00	101.574	2755	
23	2019/1/1 21:00	104.389	2539	
24	2019/1/1 22:00	108.733	1789	
25	2019/1/1 23:00	110.854	1156	
26	2019/1/2 00:00	111.759	806	

dfhour0612

圖 4.1.9 資料轉換結果示意圖－每 1 小時 1 筆資料

9. 特徵變數分析

該步驟亦即特徵提取(Feature Extraction)，當模型輸入的資料太過龐大冗餘，會大幅降低模型訓練之效率，亦即分析過多特徵變數會耗費大量的記憶體以及計算能力，且可能也會產生過度擬合之問題，需要透過特徵提取刪除大量冗餘或無關之特徵變量來降低維度，達到降低模型計算量

從而減少模型訓練時間，亦可減少資料雜訊對於模型分析的影響。

本計畫採用特徵共計 7 項，其中屬於連續型特徵包含目標路段前一時間步流量(bf60_volume)、目標路段前一時間步速率(bf60_speed)、上游路段前一時間步流量(us_bf60_volume)、上游路段前一時間步速率(us_bf60_speed)四項；屬於分類型特徵包含星期別(day_of_week)、小時別(hourly)、是否降雨(precipitation)。因此利用皮爾森相關係數(Pearson Correlation Coefficient)分析方法，分析四項連續型特徵變數與預測目標(速率及流量)間之相關係數，係數絕對值越大代表該特徵越重要，基本上絕對值介於 0.0~0.2 間就屬於極弱相關或無相關；並利用變異數(ANOVA)分析方法，分析三項分類型特徵變數與預測目標(速率及流量)間之顯著性(有無影響)及效果性(影響程度)，p 值小於 0.05(亦即在 95%信心水準下)則代表該特徵對於預測目標有顯著影響，反之則無顯著影響；惟 P 值僅是用來判別變數間顯著性之方式，亦即有、無影響，即便數值顯示有影響，仍無法衡量影響程度之大小，因此應該避免只使用 P 值做為衡量依據，通常會與其他重要的數據一起使用，像是相關係數(用於連續型變數)，或是淨 eta 平方(用於分類型變數)。ηp2(Partial Eta Squared, 淨 eta 平方)越大表示自變數(特徵變數)對依變數(預測目標)就越重要，影響效果越大，$0.01 \leq \eta p2 < 0.058$ 為小效果，$0.058 \leq \eta p2 < 0.138$ 為中效果，$0.138 \leq \eta p2$ 為大效果。

依據表 4.1-6 之四項特徵與四種分析情境(工作日速率、週末速率、工作日流量、週末流量)之相關性分析彙整可知，除了上游路段前一時間步速率(us_bf60_speed)與工作日流量之相關係數為小於 0.2 之弱相關，其餘皆大於 0.2，本計畫將上述相關性分析結果繪製成熱力圖以視覺化呈現如圖 4.1.10、圖 4.1.11 所示，而前述相關係數絕對值 0.2 以下之特徵將予以剔除。

表 4.1-6 不同日態速率、流量與連續類型特徵變數之相關性分析

相關係數		目標標籤(Target Label)			
		速率(Speed)		流量(Volume)	
		工作日	週末	工作日	週末
特徵變數 (Feature)	bf60_volume	-0.53	-0.67	0.91	0.94
	us_bf60_volume	-0.61	-0.71	0.87	0.93
	bf60_speed	0.73	0.80	-0.48	-0.59
	us_bf60_speed	0.33	0.70	-0.16*	-0.48

註：(1)bf60_volume、bf60_speed：目標路段前一時間步流量、速率；(2)us_bf60_volume、us_bf60_speed：上游路段前一時間步流量、速率；(3)*：相關係數<0.2 為弱相關

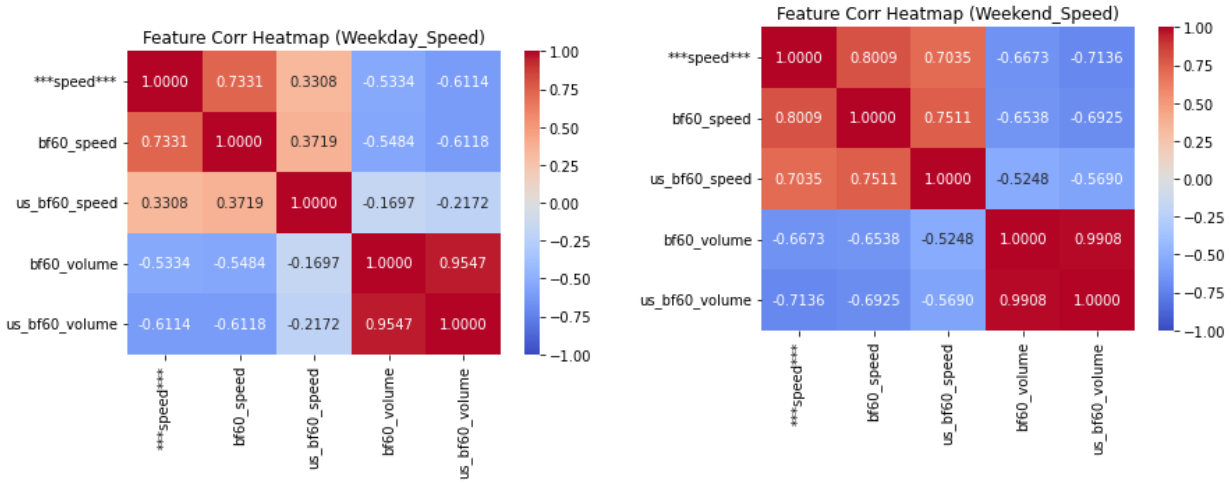


圖 4.1.10 速率與各特徵之相關係數熱力圖-工作日與週末

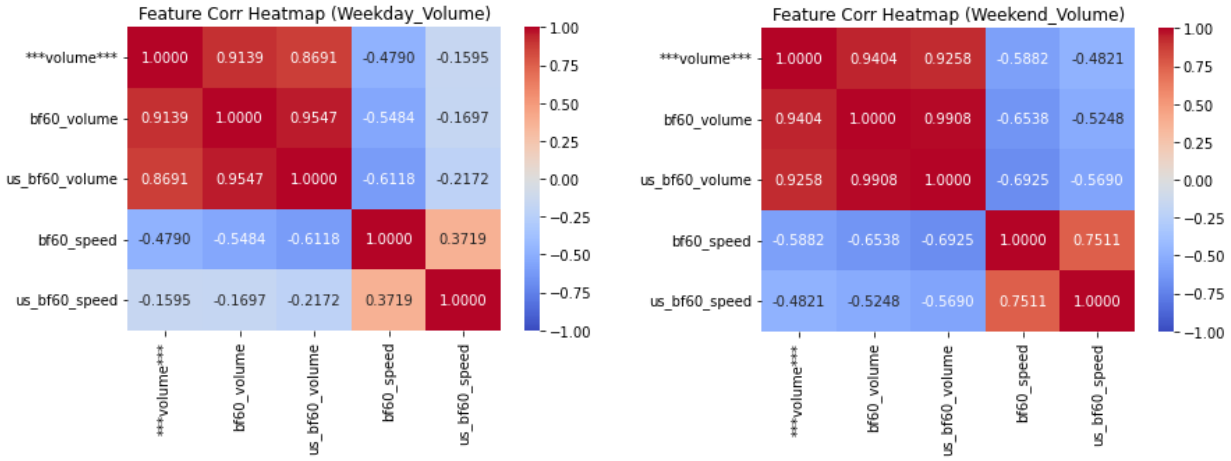


圖 4.1.11 流量與各特徵之相關係數熱力圖-工作日與週末

依據表 4.1-7 之三項特徵與四種分析情境之顯著性分析彙整可知，三項分類型特徵 p 值皆小於 0.05(亦即在 95%信心水準下)，表示對於工作日及週末之速率與流量存在顯著影響關係，亦即三項分類特徵對於預測目標是有影響。另，特徵變數其中的小時別(hourly)之 ηp2 值皆超過 0.138，表示 hourly 此項特徵變數對於速率與流量影響效果高，因此保留做為後續預測模式構建使用。星期別(day_of_week)特徵變數之 ηp2 值多數介於 0.058～0.138 間，為中效果之影響程度，亦可保留做為後續預測模式構建使用。而是否降雨(precipitation)特徵變數之 ηp2 值多數介於 0.01 ～ 0.058 間，為小效果甚至為低於 0.01 之無效果影響程度，因此該項特徵將予以剔除。綜上所述，最後匯出資料集。

表 4.1-7 不同日態速率、流量與分類型特徵變數之變異數分析

預測目標	日態	指標	day_of_week	hourly	precipitation
速率	工作日	F	100.325	338.718	98.237
		p	0.000	0.000	0.000
		ηp^2	0.062	0.564	0.016*
	週末	F	79.349	183.687	19.619
		p	0.000	0.000	0.000
		ηp^2	0.032	0.638	0.008*
流量	工作日	F	190.047	2320.474	77.161
		p	0.000	0.000	0.000
		ηp^2	0.112	0.899	0.013*
	週末	F	258.791	1087.468	32.231
		p	0.000	0.000	0.000
		ηp^2	0.097	0.912	0.013*

*：$0.01 \leq \eta p^2 < 0.058$ 為小效果

(三) 預測模式構建

1. 模式構建流程

本計畫於速率及流量預測模式建構流程如圖 4.1.12，經由上述資料預處理過程產出模式建構資料集後，首先進行資料集劃分，而機器學習主要係由資料中進行學習並建構模型，該過程稱為訓練，建構模型的過程中，須將資料劃分為訓練集(Training Dataset)、驗證集(Validation Dataset)、測試集(Test Dataset)，訓練集主要為訓練階段時使用、驗證集主要為調整模型超參數時使用、測試集主要為模型最終評估使用。

因此本計畫工作日流量與速率之資料集資料總筆數各為 6,265 筆，將其各自劃分為訓練集和測試集，訓練集資料各為 5,736，測試集資料各為 529 筆，又將各訓練集資料中的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 573 筆及 5,163 筆，彙整如圖 4.1.13 所示。

而週末流量與速率之資料集資料總筆數各為 2,496 筆，將其各自劃分為訓練集和測試集，訓練集資料各為 2,292，測試集資料各為 204 筆，又將各訓練集資料中的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 229 筆及 2,063 筆，彙整如圖 4.1.14 所示。

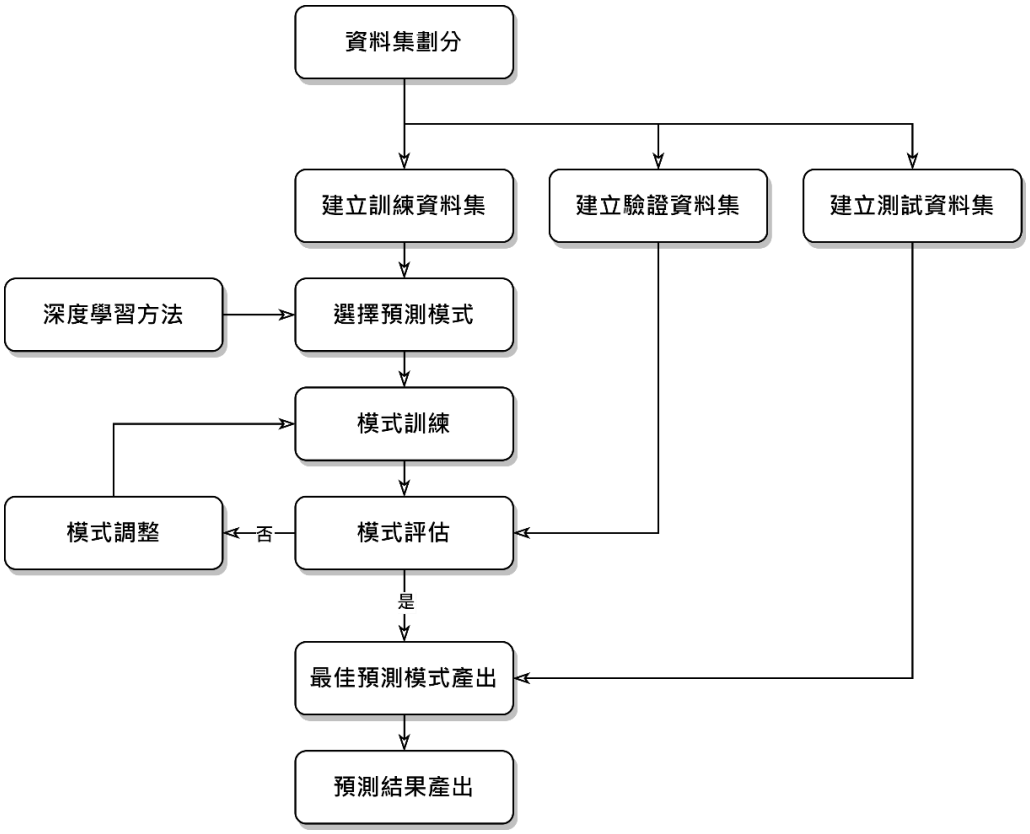


圖 4.1.12 預測模式構建流程

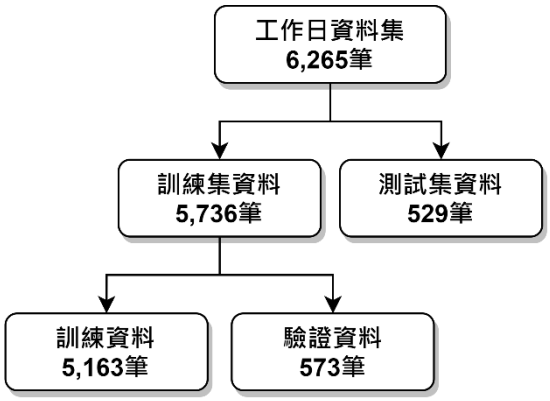


圖 4.1.13 工作日資料集劃分

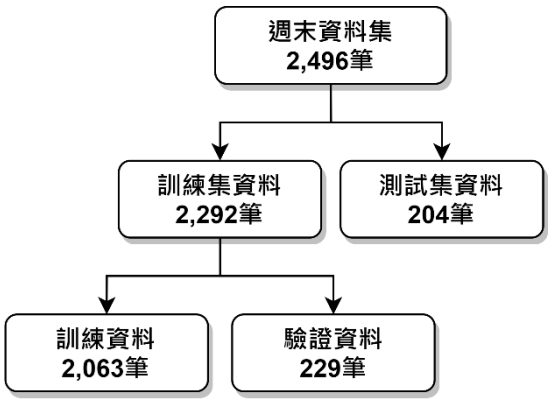


圖 4.1.14 週末資料集劃分

資料集劃分完畢後，選擇建構預測模型使用之模式與方法，本計畫提出一種深度學習混合模型，結合了 LSTM、注意力機制(Attention mechanism)、BiLSTM，藉此增強預測模型對於不同時段交通流時空特性的學習力，以提升預測精度。使用訓練集用以訓練模式，而驗證集用以評估模式之表現，若表現不好則返回訓練模式進行相關參數調整後，再次將驗證集資料引入訓練模式進行評估，表現良好則代表該訓練模式為最佳預測模式，最後將實際待預測之測試資料集輸入最佳預測模式中進行實際預測，並產出實際預測結果。

2. 預測評估指標

本計畫後續將透過上述預測模式構建流程，針對高速公路之工作日全時段、工作日尖峰時段、週末全時段、週末尖峰時段，共四種情境之速率與流量進行預測，並透過計算預測值與實際值之平均絕對值誤差率(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)做為評估模式預測良窳之指標。該指標由 Lewis[36]於 1982 年提出，亦稱平均絕對值誤差百分比，為評估預測精準度最常用的指標，該值為相對數值，較不受到預測值與真實值的單位和大小影響，因此得到預測值與真實值之差異程度較客觀，其公式如下所示，MAPE 值的範圍為(0, +∞)，MAPE 為 0%，表示為完美模型，計算公式如下，相關評估標準劃分如表 4.1-8 所示。

$$\text{MAPE} = \frac{100\%}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\hat{y} - y_i}{y_i}\right| \tag{4-1}$$

表 4.1-8 MAPE 評估標準劃分

MAPE(%)	評估說明
<10	高準確預測
10~20	優良預測
20~50	合理預測
>50	不準確預測

資料來源：Lewis[36]

3. 預測結果比較彙整

本計畫使用 LSTM-Attention-BiLSTM 模型進行 6 種情境(全日全時段、全日尖峰時段、工作日全時段、工作日尖峰時段、週末全時段、週末尖峰時段)之交通速率預測，並同時與前期計畫結果、LSTM、BiLSTM 以及 Google 團隊於 2017 年所提出的新模型 Transformer 進行比較。為確保

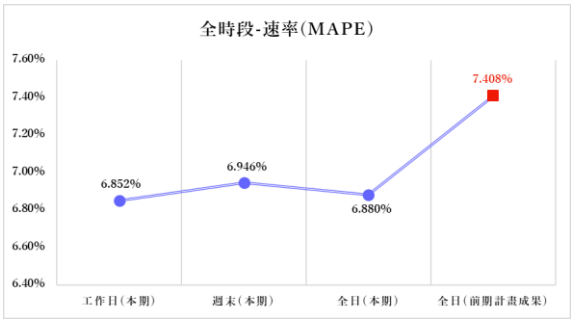
實驗之公平性，本計畫之 LSTM-Attention-BiLSTM 模型以及其他用於比較的基準模型在訓練過程中，皆是選擇均方誤差(MSE)做為模型訓練的損失函數(Loss Function)，選擇 Adam 函數做為模型訓練的優化器(Optimizer)，迭代次數(epoch)為 40，批次處理大小(batch size)為 64，而模型輸出層的激活函數(Activation Function)則是採用 softmax，時間窗大小(time window size)設置為 24。

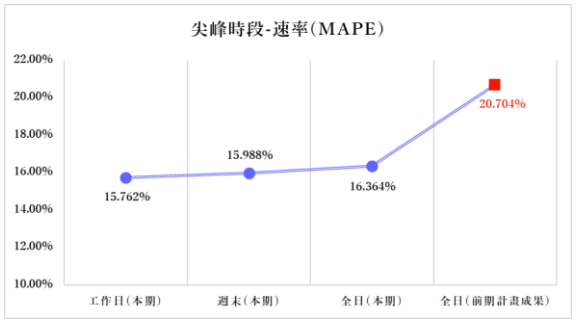
由表 4.1-9 及表 4.1-10 可看出，本計畫所提出之 LSTM-Attention-BiLSTM 模型於 6 種情境之預測準確性皆優於其他 4 種模型。速率預測部分於全日全時段之 MAPE 為 6.880%、尖峰時段之 MAPE 為 16.354%；於工作日全時段之 MAPE 為 6.852%、尖峰時段之 MAPE 為 15.762%；於週末日全時段之 MAPE 為 6.946%、尖峰時段之 MAPE 為 15.988%。流量預測部分，於全日全時段之 MAPE 為 5.106%、尖峰時段之 MAPE 為 6.216%；於工作日全時段之 MAPE 為 4.971%、尖峰時段之 MAPE 為 5.229%；於週末日全時段之 MAPE 為 5.244%、尖峰時段之 MAPE 為 6.760%。並與前期計畫相比，全時段速率預測性能改善 7.126%、尖峰時段速率預測性能改善 20.961%；全時段流量預測性能改善 5.006%、尖峰時段流量預測性能改善 3.370%。顯示 LSTM-Attention-BiLSTM 模型明顯更符合現實趨勢且能夠有效捕捉到尖峰時段時交通流劇烈變化之特性。

表 4.1-9 速率預測結果比較

日態	模型	全時段		尖峰時段	
		MAPE(%)	MAE	MAPE(%)	MAE
全日	LSTM	8.008	4.727	18.509	9.983
	BiLSTM	7.772	4.720	18.398	9.471
	Transformer	9.992	6.604	21.552	11.131
	前期計畫結果	7.408	4.601	20.704	8.429
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**6.880**	**4.163**	**16.354**	**7.798**
工作日	LSTM	9.192	5.491	19.170	10.784
	BiLSTM	8.103	4.888	19.010	9.277
	Transformer	9.566	5.982	21.053	10.924
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**6.852**	**3.953**	**15.762**	**7.916**
週末	LSTM	10.697	6.191	20.090	13.299
	BiLSTM	9.516	5.554	17.162	11.075
	Transformer	11.100	6.109	22.243	16.141
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**6.946**	**4.384**	**15.988**	**9.869**

註：前期計畫無針對工作日及週末進行預測。





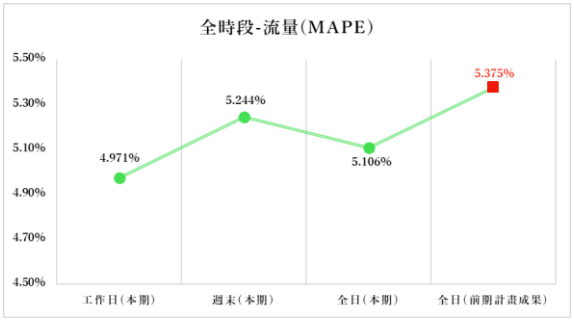
註：前期計畫無針對工作日及週末進行預測。

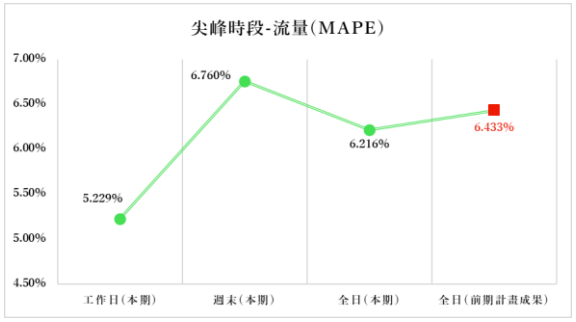
圖 4.1.15 本計畫與前期預測結果比較-速率

表 4.1-10 流量預測結果比較

日態	模型	全時段		尖峰時段	
		MAPE(%)	MAE	MAPE(%)	MAE
全日	LSTM	5.398	129.819	6.671	268.382
	BiLSTM	6.111	132.355	7.339	277.622
	Transformer	7.561	152.924	6.392	347.112
	前期計畫成果	5.375	130.062	6.433	255.626
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**5.106**	**125.424**	**6.216**	**258.330**
工作日	LSTM	5.535	123.685	5.833	231.982
	BiLSTM	5.147	114.246	5.513	217.494
	Transformer	9.852	184.520	5.440	216.736
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**4.971**	**114.203**	**5.229**	**215.413**
週末	LSTM	7.653	208.683	9.065	386.898
	BiLSTM	6.820	176.771	8.611	344.827
	Transformer	8.393	196.542	8.175	329.372
	LSTM-Attention-BiLSTM*	**5.244**	**148.434**	**6.760**	**288.711**

註：前期計畫無針對工作日及週末進行預測。





註：前期計畫無針對工作日及週末進行預測。

圖 4.1.16 本計畫與前期預測結果比較-流量

4.1.4 都市地區道路車流預測模組構建

交通流量預測為智慧運輸系統的重要組成部分，準確的都市地區道路交通

流量預測結果能夠做為以下應用之基礎：

一、號誌控制：根據交通流量預測結果，以最大排隊長度逐步最佳化號誌配時，增加道路使用率，減少車輛排隊時間。

二、道路系統規劃：藉由交通流量預測結果，構建道路系統容量限制之供需預測分析方法，再依據供需關係，規劃新建之道路系統。

三、導航應用：以交通流量預測結果為基礎，藉由導航規劃達到均衡路網交通流量，節省用戶通勤時間，並一定程度的緩減交通壓力。

而大多數交通流量預測演算大多建立在高速公路、幹道或非號誌化廊帶下進行，都市地區道路因受到號誌、行人、停車等因素影響，因此與高速公路的預測相比，其隨機性與不確定性更為強烈，交通預測的問題更為複雜。惟使用數據驅動法在路網中進行預測仍存在一定的困難，有別於高速公路，都市地區道路偵測器佈設的不足以及路網中各式複雜的路口，是交通流量預測於路網中面臨最大的困難。

隨科技及資通訊技術之發展，交通資料可以透過不同的蒐集方式與設備偵測後取得，從過去傳統的人工調查、固定式車輛偵測器使用，到移動式偵測技術的運用，交通資料的來源眾多且提供方式越趨多元，都是為了滿足不同應用目的之需求，藉以取得如路段或路口的車流等相關資料，做為後續交通特性分析、交通工程與管制措施、交通發展趨勢等參考依據。基於此，在現況地區道路固定式偵測器佈設不足之情況下，為確保能夠有效地蒐集到本計畫研究範圍中之交通流資料，遂利用勤崴國際科技股份有限公司提供之 GVP (GPS-Based Vehicle Probe)資料做為構建都市地區道路交通預測模型使用。

一、GVP 資料特性與可用性說明

以下就 GVP 資料蒐集技術、來源特性、適用情境及欄位內容進行說明，並彙整如表 4.1-11 所示。

(一) 蒐集技術

透過車輛上相關裝置取得的 GPS 資訊，做為移動式車輛偵測技術一種，又稱為探針車技術。其主要透過車機或手機導航軟體做為樣本類型的定義，以實際行駛於道路上的車輛為資料蒐集單元，常見的有計程車、物流車等商用車隊、導航用戶等，透過車輛 GPS 資訊的回傳，直接反映行經路線(段)偵測得到的車流參數資料，再運用不同處理及演算技術彙整計算產出車速、旅行時間、轉向量(比)、停等延滯時間等。

(二) 來源特性

資料採集設備隨車輛進行移動，故資料分布範圍廣泛，而 GVP 資料蒐集單元之成本由車機、手機及其傳輸費用吸收，建置成本相對低廉，主要由資訊供應商負擔資料儲存、分析等處理費用；可透過每一筆移動數據原始資料做為基礎，依據車種、車道等客製化不同應用情境所需之交通資訊。但須注意 GPS 誤差(傳統 GPS 約存在 10 公尺誤差)，而資料來源直接受實際行駛車輛數與駕駛行為影響，故資料分布範圍會隨之變動；另紅綠燈停等行為、商用車隊上下客貨行為等亦需進行資料過濾及處理。

(三) 適用情境

GVP 資料來源廣泛，於各級道路之空間分布漸趨完善，且已廣泛應用於各大車廠推動之車連網服務，進行即時路況資訊的發佈及應用，已是一成熟服務，隨著探針車技術的發展及普及，其為道路上移動的最小單元，後續可彈性及廣泛應用於各級道路之即時路況資訊發佈、交通特性分析及規劃等。

表 4.1-11 GVP 資料特性彙整

蒐集技術	來源特性	適用情境
透過車輛上相關裝置取得 GPS 資訊，如車機或手機導航軟件，透過車廠、導航用戶或計程車、物流車等商業車隊的合作，藉由 GPS 資訊的回傳，直接反應行經路線車流參數。	● 採集設備隨車輛移動，資料分布廣泛。 ● 建置成本相對低廉，主要為資訊供應商負擔的資料儲存與分析費用。 ● 可透過每一筆移動原始數據，依據車種、車道等客製化產製不同情境所需之交通資訊。 ● 須注意 GPS 誤差，且資料受行駛車輛數與駕駛行為影響，存在資料處理門檻。	GVP 資料於各級道路之空間分布漸趨完善，已廣泛應用於各大車廠服務，隨探針車技術發展與普及，後續可彈性應用於各級道路之即時路況資訊發佈、交通特性分析及規劃等。

有關於都市地區道路車流參數預測執行構想，研究範圍初步選定臺中市主要幹道臺灣大道四段路段，其都市地區道路 GVP 資料主要分為 10 個欄位，包含 roadid、Date、Mins、Speed、TravelTime、0Cnt、5Cnt、6Cnt、8Cnt、9Cnt，各欄位說明如表 4.1-12 所示。實際檔案依照 roadid、道路方向、快慢車道將 GVP 資料建檔分類，以便後續模式建構使用，實際執行方式參照前述高速公路車流參數預測模式構建過程執行交通速率預測作業，包含資料預處理、預測模式構建與分析結果等內容。

表 4.1-12 GVP 資料欄位說明

欄位名稱	欄位說明
roadid	路段代號，例：0000100016300B、0000100016400B 等
Date	日期，格式為 YYYY/MM/DD
Mins	時間，格式為 hh/mm
Speed	以 roadid 為路段空間線形基準，該路段的平均速率
TravelTime	以 roadid 為路段空間線形基準，該路段的平均旅行時間
0Cnt	一般客車數量
5Cnt	重機數量
6Cnt	機車數量
8Cnt	3.5-6.5 噸卡車數量
9Cnt	6.5 噸以上卡車數量

國內 GPS/GVP 資訊(料)供應商包含有勤崴國際路況資訊、資策會交通大數據、台灣大車隊計程車/多元計程車 GPS 點位、景翊車隊 GPS 數據等，本計畫採用勤崴國際所建置暨發布的 GVP，其路況資訊的發布及應用已為一成熟的服務，自 100 年起即陸續與中華電信、BMW、和泰集團、AUDI、Porsche 合作建立發布或駕駛服務，長期於市場應用與驗證，各大車廠長期的合作與應用服務的擴充，更是對於勤崴國際路況資訊的一大肯定。GVP 數據來源用戶包含導航王、車聯網及計程車車隊等，車種則涵蓋汽車、一般機車、重型機車、大貨車、貨車及計程車等。每月不重覆裝置數達 40 萬以上，且時間及空間位置分布皆具備相當數量，於周末連假及周間上下班時更為流量高峰，具備相當之交通狀況代表性。

為使交通預測建構成果具備可靠度，針對模式建構時所使用的 GVP 資料亦需進行可用性的驗證，實際驗證方式為選取資料品質相對穩定的 VD 資料做為驗證標的，將其與 GVP 資料計算 MAPE 值作驗證，因 VD 建置有特定的位置，故挑選路段上鄰近的臺灣大道二段上 VD，位置示意圖如下。



圖 4.1.17 驗證資料蒐集位置示意圖

GVP 資料首先需配合 VD 資料記錄方式調整為一致格式，以便計算 MAPE 值，GVP 資料相關調整內容如下。

(一) 記錄頻率：每小時 1 筆平均速率資訊

(二) 車種：所有車種(扣除機車)

(三) 車道：快車道

資料時間區間選定 2022 年的 3/27(日)~4/2(六)，共一個禮拜的完整資料，將 VD 與 GVP 兩者相同時間點的平均速率進行 MAPE 值計算，並取得 8.63% 的結果，參考表 4.1-8 所列 MAPE 預測百分比評估標準，應可採用 GVP 資料做為模式建構的資料來源。

二、都市地區車流參數預測模式構建

經由 4.1.3 節高速公路車流參數預測模式構建過程中，比較各模式包含 LSTM、BiLSTM、Transformer 及前期計畫模式之預測成效，本計畫所提出之 LSTM-Attention-BiLSTM 模式於各日態及各時段之流量及速率預測表現皆優於其他模式，因此以該模式為基礎，進行模式於都市地區道路之適用性探討。

(一) 計畫範圍

配合本計畫後續數位雙生展示模型之構建範圍，都市地區道路車流參數預測範圍遂同樣選擇臺中市西屯區臺灣大道四段澄清醫院路段，該路段為雙向快、慢車道實體分隔，往西鄰近工業區，往東則是往市區(臺中火車站)方向，如圖 4.1.18 所示。而該路段目前尚無建置相關車流參數資料蒐集設備，因此後續使用勤崴國際科技股份有限公司提供之 GVP 進行預測模式構建。

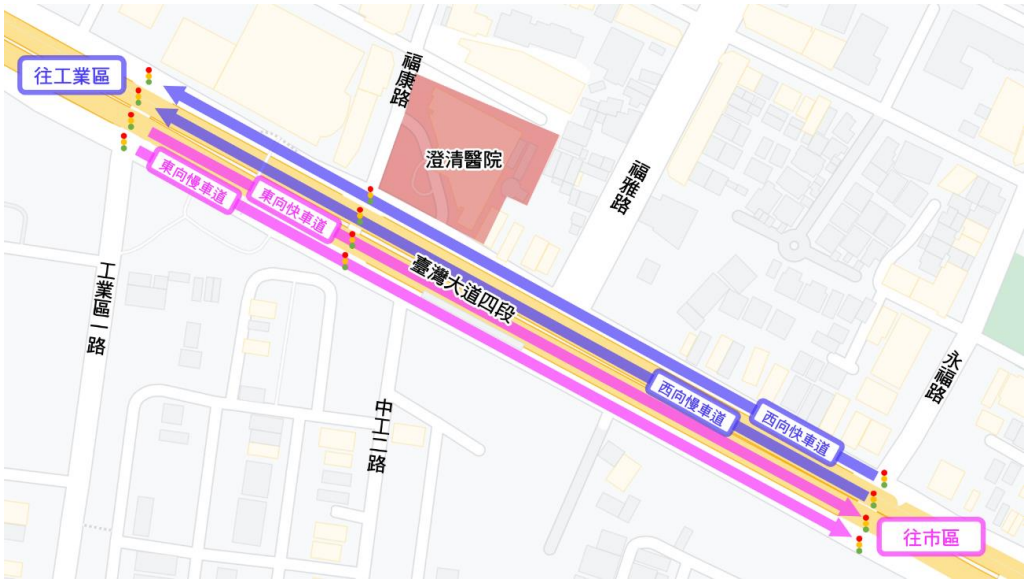


圖 4.1.18 本計畫都市地區道路車流參數預測範圍

(二) 資料預處理

本計畫將研究範圍分成東向慢車道、東向快車道、西向慢車道、西向快車道進行資料蒐集，資料蒐集期間為 2021 年整年度 52 週，因此單一方向單種車道各為 105,120 筆資料，計畫範圍 GVP 資料原始型態如圖 4.1.19 所示。資料蒐集完畢後即進行資料預處理，包含資料讀取、遺漏值填補、資料融合、特徵編碼轉換等，其處理步驟均與前述高速公路章節類似，在此不再進行贅述，經資料預處理後之 GVP 資料型態如圖 4.1.20 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	roadid	Date	Mins	Speed	TravelTime	0Cnt	5Cnt	6Cnt	8Cnt	9Cnt	
557	2180361	2021/1/2	22:15	50	22.752	38	0	0	0	0	
558	2180361	2021/1/2	22:20	51	22.30588	68	0	0	3	0	
559	2180361	2021/1/2	22:25	50	22.752	14	0	0	0	0	
560	2180361	2021/1/2	22:30	52	21.87692	9	0	0	0	0	
561	2180361	2021/1/2	22:35	47	24.20426	72	0	0	0	0	
562	2180361	2021/1/2	22:40	49	23.21633	10	0	0	0	0	
563	2180361	2021/1/2	22:45	51	22.30588	3	0	0	0	0	
564	2180361	2021/1/2	22:50	48	23.7	12	0	0	0	0	
565	2180361	2021/1/2	22:55	49	23.21633	24	0	0	0	0	
566	2180361	2021/1/2	23:00	42	27.08571	45	0	0	0	0	
567	2180361	2021/1/2	23:05	54	21.06667	35	0	0	0	0	
568	2180361	2021/1/2	23:10	53	21.46415	29	0	0	0	0	
569	2180361	2021/1/2	23:15	52	21.87692	24	0	0	0	0	
570	2180361	2021/1/2	23:20	53	21.46415	15	0	0	0	0	
571	2180361	2021/1/2	23:25	50	22.752	9	0	0	0	0	
572	2180361	2021/1/2	23:30	50	22.752	33	0	0	0	0	
573	2180361	2021/1/2	23:35	56	20.31429	8	0	0	0	0	

圖 4.1.19 計畫範圍 GVP 資料原始型態

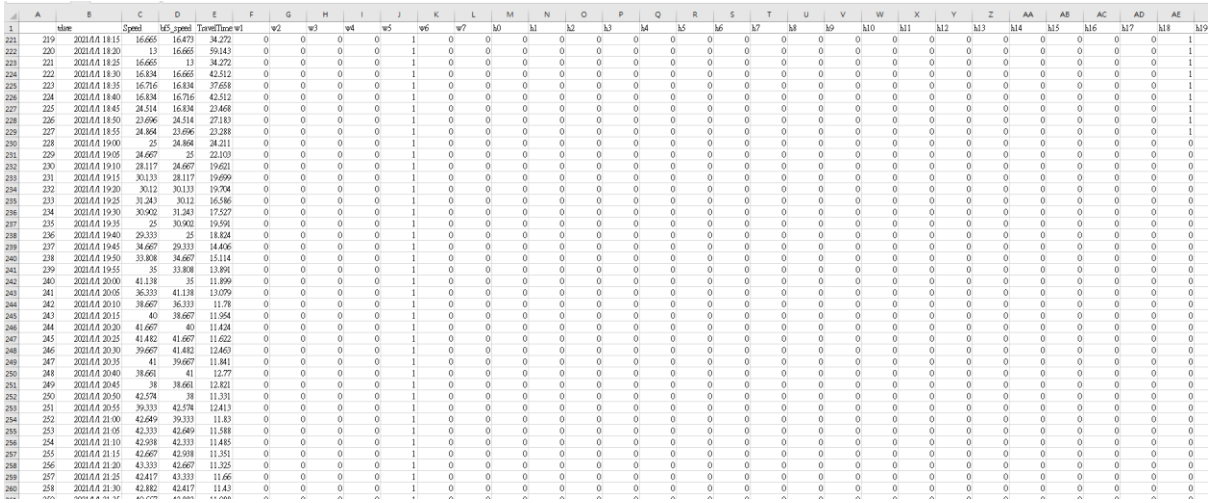


圖 4.1.20 預測模式構建資料集

(三) 現況說明

該路段範圍慢車道速限為 40 公里/小時，快車道速限為 70 公里/小時，由圖 4.1.21~圖 4.1.24 各方向快慢車道行車速率現況分析中，可看出工作日及週末日之交通趨勢明顯有所不同，並依據臺中市即時交通資訊網，市區平

面道路速率 35 公里/小時為順暢、15~34 公里/小時為車多、14 公里/小時以下為壅塞，以此門檻進行車流分析後，以全日平均車速來看，東向快車道尖峰時段為 16:00~19:00，慢車道尖峰時段為 16:30~19:30；西向快車道尖峰時段為 07:00~08:00、13:30~15:00、17:30~19:00，慢車道尖峰時段為 16:00~19:00。且工作日之尖峰時段與全日雷同，由此可知該研究路段之車流型態主要以上下班通勤為主，因此週末日各方向快慢車道之尖峰時段較不明顯。前述研究路段之各日態尖峰時段分析彙整如表 4.1-13 所示。

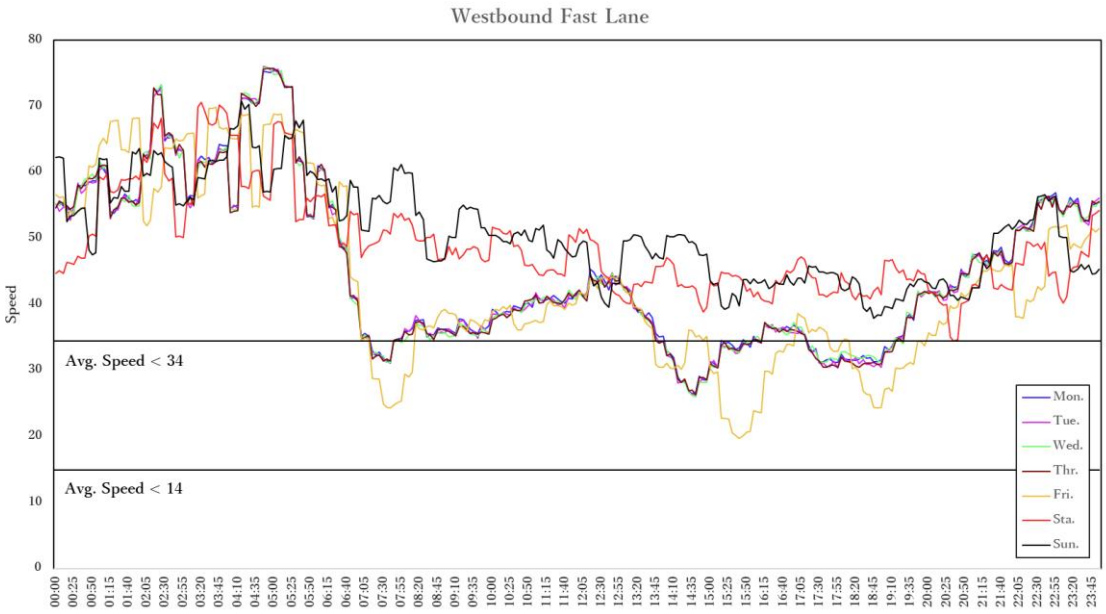


圖 4.1.21 西向快車道行車速率現況分析

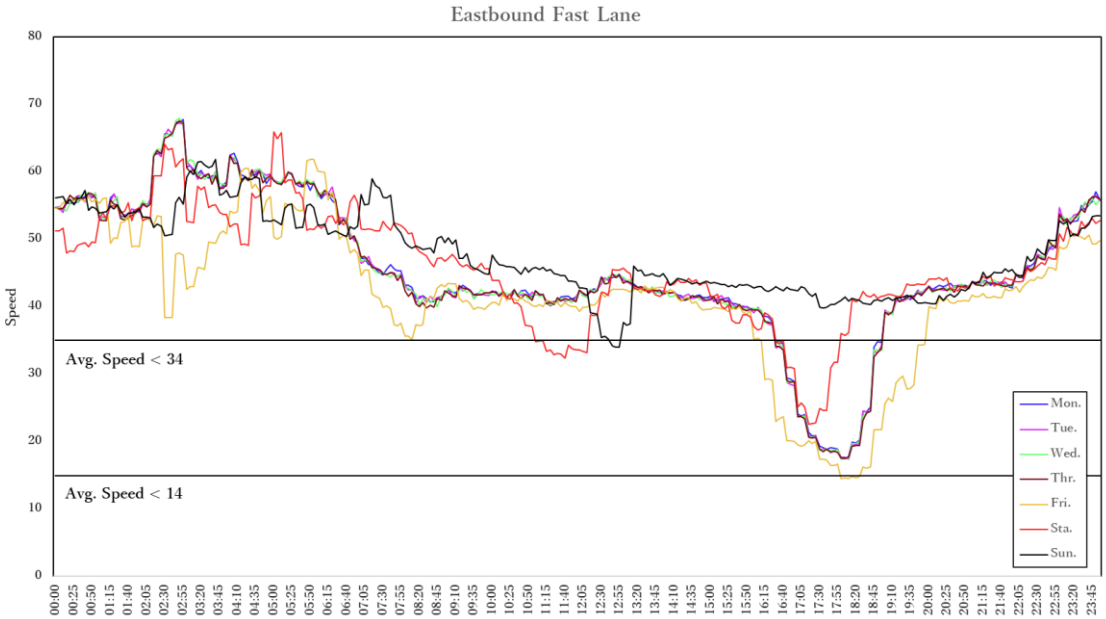


圖 4.1.22 東向快車道行車速率現況分析

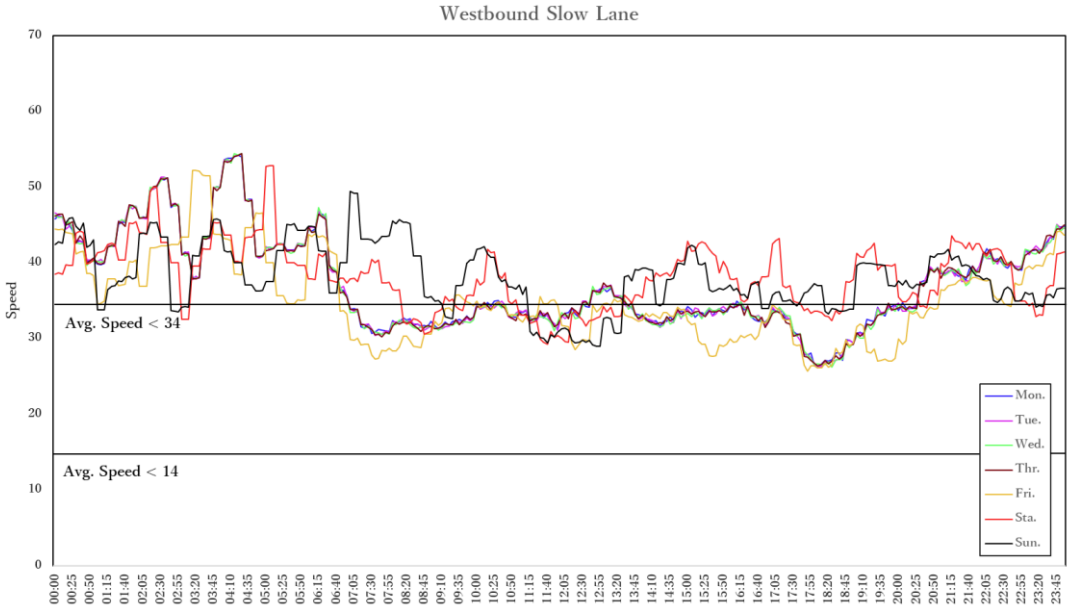


圖 4.1.23 西向慢車道行車速率現況分析

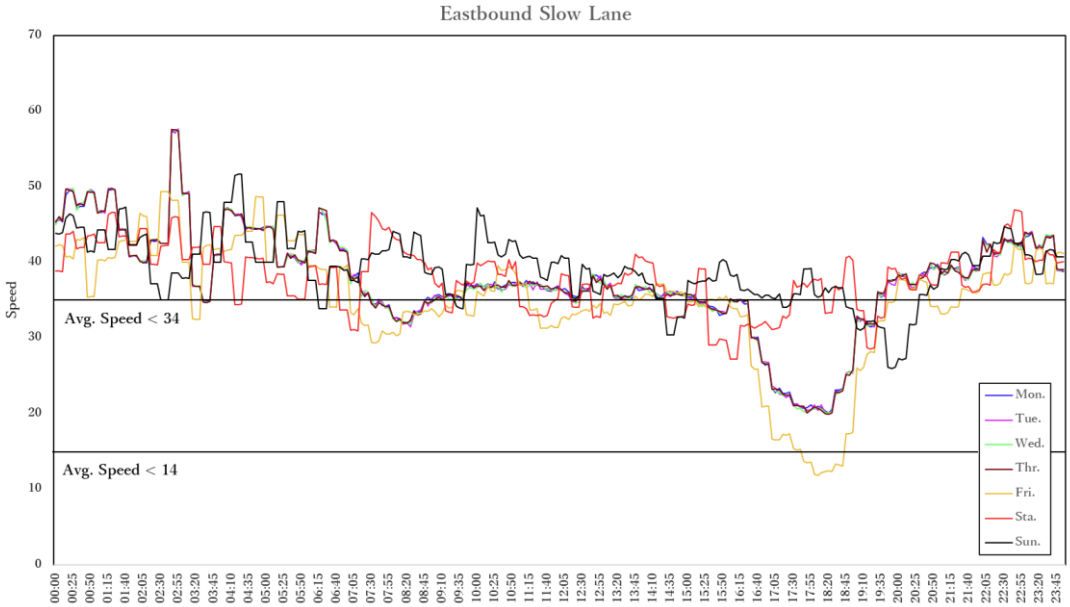


圖 4.1.24 東向慢車道行車速率現況分析

表 4.1-13 臺灣大道四段澄清醫院路段尖峰時段分析

行車方向	車道屬性	全日	工作日	週末
東向	快車道	16:00~19:00	16:00~19:30	16:30~18:00
	慢車道	16:30~19:30	16:30~19:30	無尖峰時段
西向	快車道	07:00~08:00 13:30~15:00 17:30~19:00	07:00~08:00 13:30~15:00 17:30~19:00	無尖峰時段
	慢車道	16:00~19:00	16:00~19:00	11:00~13:00

(四) 預測模式構建與結果說明

本計畫使用 LSTM-Attention-BiLSTM 模型於都市地區道路臺灣大道四段澄清醫院路段進行 6 種情境(全日全時段、全日尖峰時段、工作日全時段、工作日尖峰時段、週末全時段、週末尖峰時段)之交通速率預測，並且區分不同行車方向及車道屬性。

本計畫全日速率之資料集資料總筆數為 105,120 筆，將其劃分為訓練集和測試集，訓練集資料為 96,072 筆，測試集資料為 9,048 筆，又將訓練集資料中的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 9,607 筆及 86,465 筆；工作日速率之資料集資料總筆數為 75,168 筆，將其劃分為訓練集和測試集，訓練集資料為 68,705 筆，測試集資料為 6,463 筆，又將訓練集資料中的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 6,870 筆及 61,835 筆；週末日速率之資料集資料總筆數為 29,952 筆，將其劃分為訓練集和測試集，訓練集資料為 27,391 筆，測試集資料為 2,561 筆，又將訓練集資料中的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 2,739 筆及 24,652 筆。

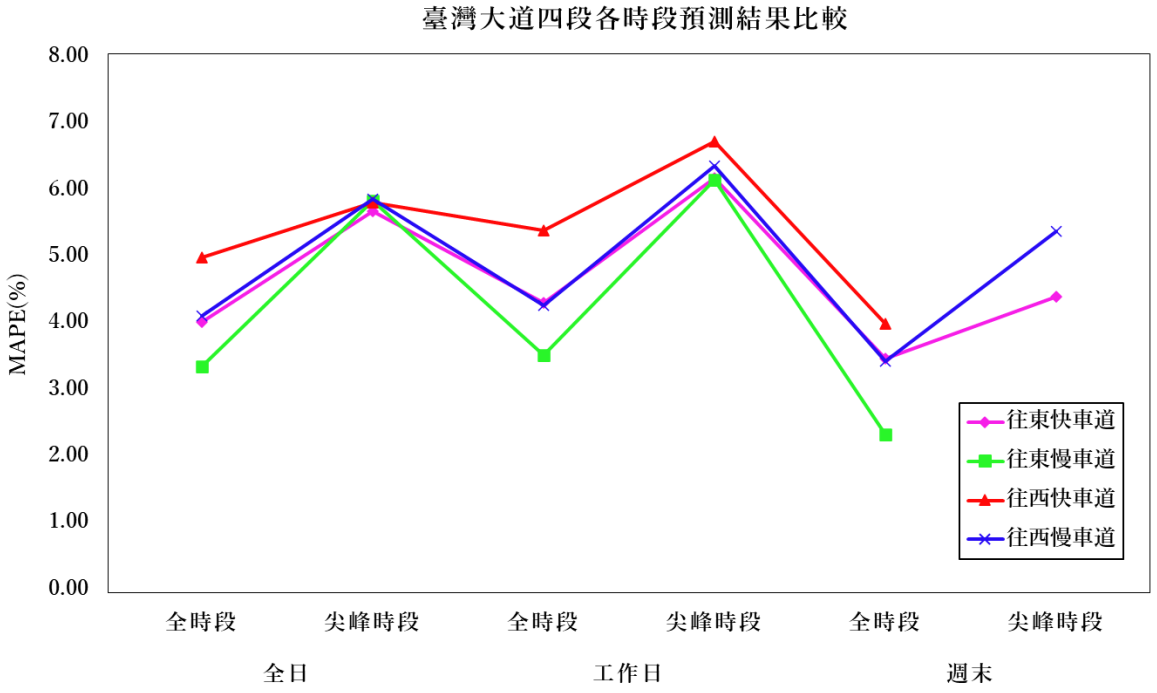
接著將前述資料集輸入 LSTM-Attention-BiLSTM 模型，在訓練過程中，選擇均方誤差(MSE)做為模型訓練的損失函數(Loss Function)，並選擇 Adam 函數做為模型訓練的優化器(Optimizer)，迭代次數(epoch)為 40，批次處理大小(batch size)為 64，而模型輸出層的激活函數(Activation Function)則是採用 softmax，時間窗大小(time window size)設置為 24。

預測結果彙整如表 4.1-14 所示，以全日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 4.125%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 5.808%；以工作日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 4.381%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 6.368%；以週末日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 3.315%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 4.902%。該路段主要車流趨勢以上下班通勤為主，週末日之車流狀態平穩，東向慢車道及西向快車道均無明顯尖峰時段。換言之，工作日之車流型態相較週末日變化劇烈，因此該路段型態之工作日預測性能較週末日差一些，而各方向各時段預測性能彙整如圖 4.1.25 所示。另由圖 4.1.26~圖 4.1.28 各日態全時段預測值(橘色線段)與實際值(藍色線段)比較圖中可看出，本計畫 LSTM-Attention-BiLSTM 模型之預測結果明顯貼近現實趨勢且能夠有效捕捉到尖峰時段時交通流劇烈變化之特性。

表 4.1-14 臺灣大道四段澄清醫院路段各時段交通速率預測結果比較

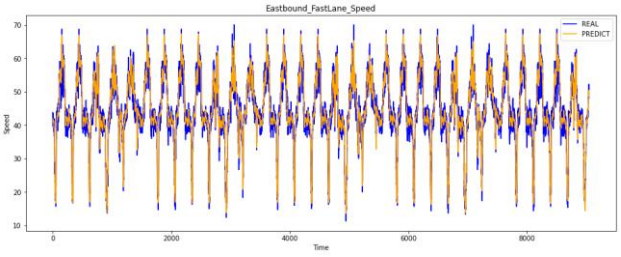
方向	車道	評估指標	全日		工作日		週末	
			全時段	尖峰時段	全時段	尖峰時段	全時段	尖峰時段
東向(往市區)	快車道	MAPE(%)	4.027	5.694	4.312	6.196	3.479	4.414
		MAE	1.710	1.418	1.768	1.505	1.560	1.481
	慢車道	MAPE(%)	3.360	5.847	3.526	6.160	2.340	-
		MAE	1.133	1.293	1.164	1.328	0.863	-
西向(往工業區)	快車道	MAPE(%)	4.994	5.819	5.406	6.740	4.001	-
		MAE	2.137	1.911	2.197	2.002	1.936	-
	慢車道	MAPE(%)	4.120	5.871	4.281	6.377	3.441	5.390
		MAE	1.425	1.789	1.442	1.877	1.259	1.644
MAPE 平均			4.125	5.808	4.381	6.368	3.315	4.902

註：往西快車道及往東慢車道於週末日無尖峰時段

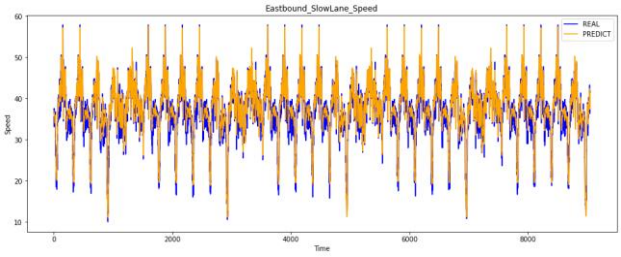


註：往西快車道及往東慢車道於週末日無尖峰時段

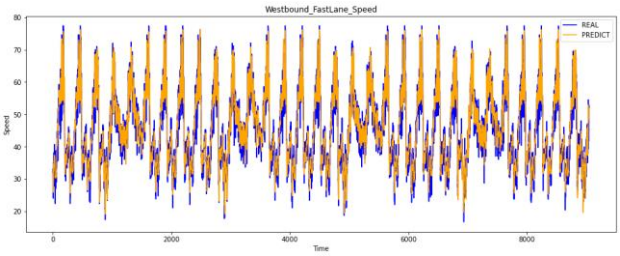
圖 4.1.25 臺灣大道四段澄清醫院路段各時段預測結果比較彙整圖



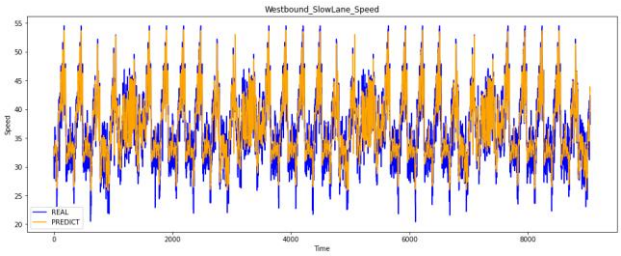
(a)全日預測-東向快車道



(b)全日預測-東向慢車道

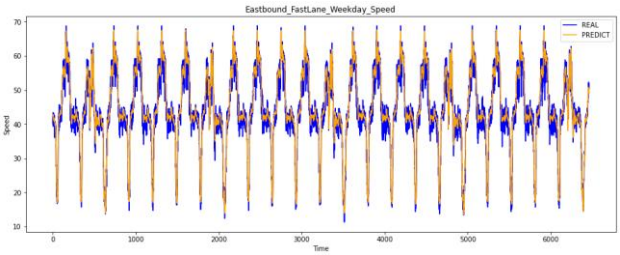


(c)全日預測-西向快車道

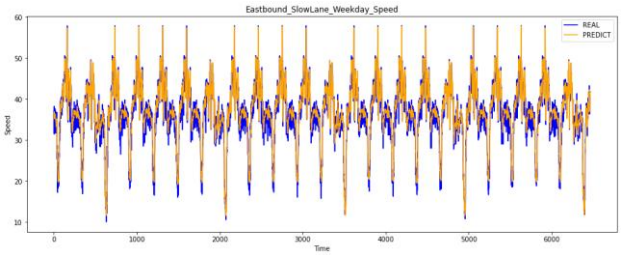


(d)全日預測-西向慢車道

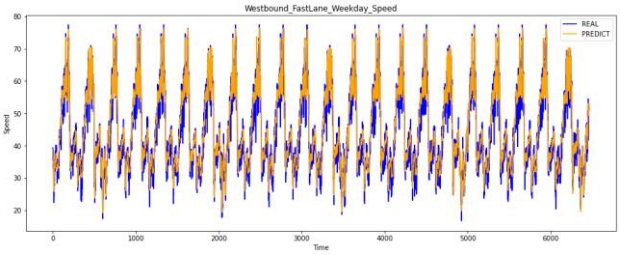
圖 4.1.26 全日預測值與真實值比較圖



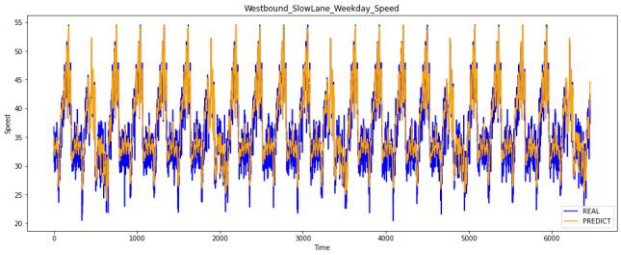
(a)工作日預測-東向快車道



(b)工作日預測-東向慢車道

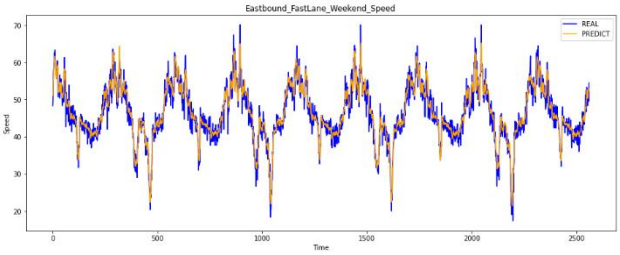


(c)工作日預測-西向快車道

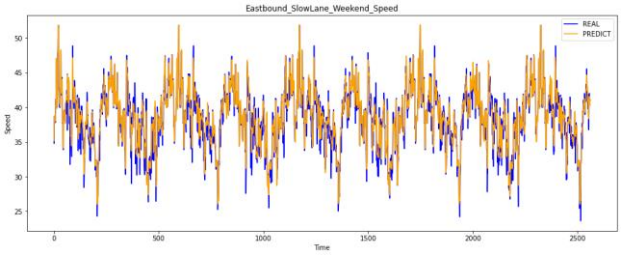


(d)工作日預測-西向慢車道

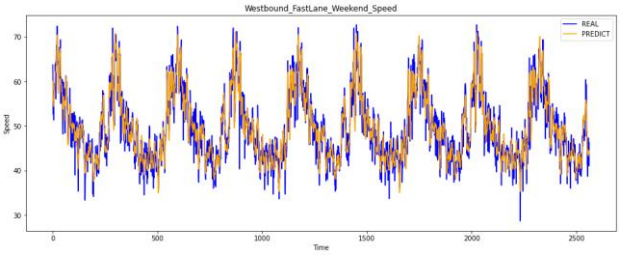
圖 4.1.27 工作日預測值與真實值比較圖



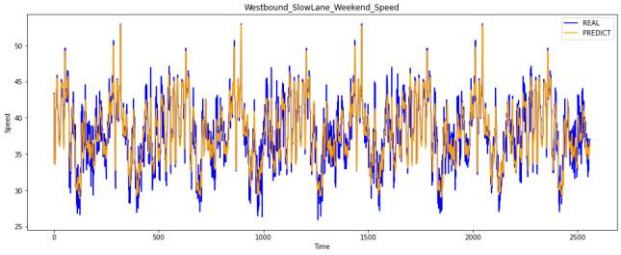
(a)週末日預測-東向快車道



(b)週末日預測-東向慢車道



(c)週末日預測-西向快車道



(d)週末日預測-西向慢車道

圖 4.1.28 週末日預測值與真實值比較圖

此外，為探討 LSTM-Attention-BiLSTM 模型於其他道路幾何環境及之適用性，本計畫另外挑選臺中市其他重要幹道進行預測作業，挑選路段位置以有佈設 VD 處為主，因此擇定河南路二段近凱旋路路段及中清路二段國光客運前路段。河南路二段為中央無實體分隔且雙向四車道，速限為 50 公里/小時；中清路二段為中央實體分隔且雙向四車道，速限同樣為 50 公里/小時。交通資料來源由臺中市即時交通資訊網取得，使用的 VD 編號分別為 V064522 及 V003340。經資料現況分析(圖 4.1.29、圖 4.1.30)可看出兩個路段週一至週日車流變化趨勢皆相似，亦即車流狀態無工作日和週末日區別，且無明顯尖峰時段，因此後續模式構建及預測作業僅需針對全日全時段進行。

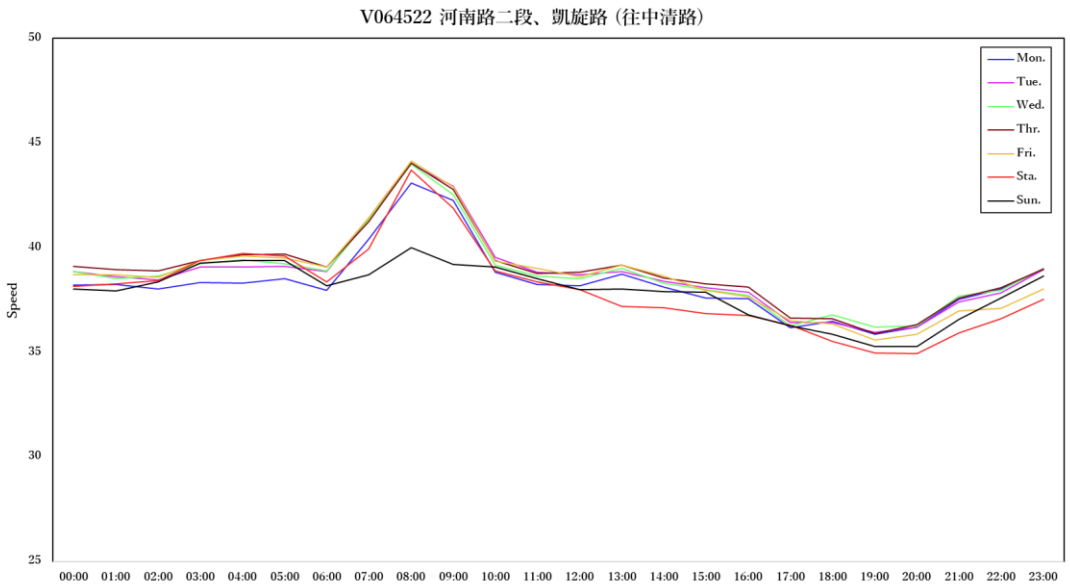


圖 4.1.29 河南路二段行車速率現況分析

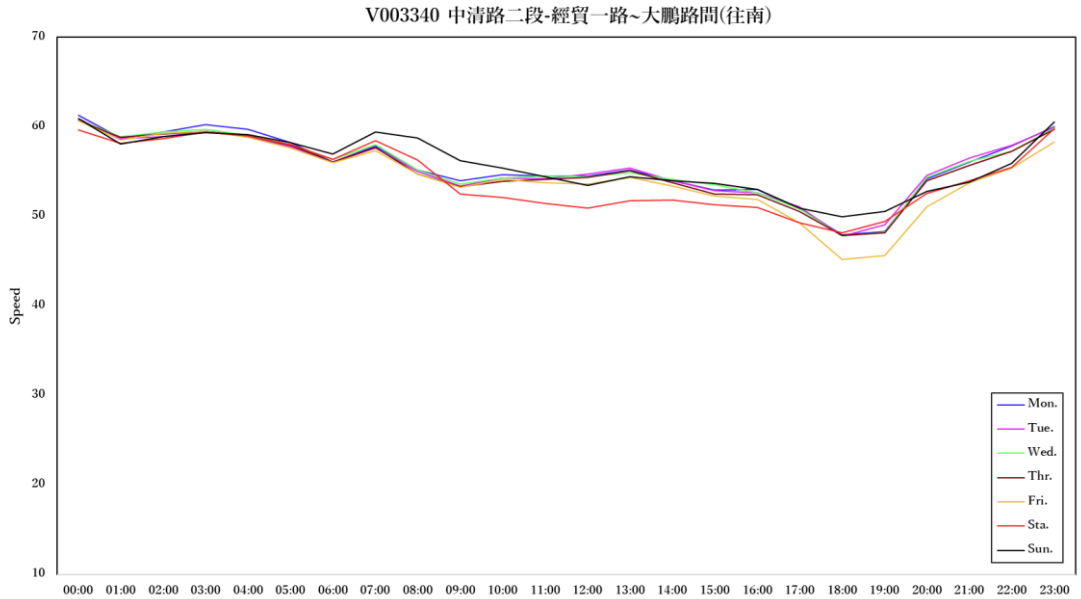


圖 4.1.30 中清路二段行車速率現況分析

兩路段之預測結果彙整如表 4.1-15 所示，針對河南路二段之預測，MAPE 為 3.953%，而中清路二段之預測，MAPE 為 2.354%，顯示本計畫車流參數預測模型亦適用於其他市區道路。實際值與預測值之趨勢比較彙整如圖 4.1.31、圖 4.1.32 所示。

表 4.1-15 河南路二段及中清路二段全日全時段交通速率預測結果比較

道路名稱	評估指標	全日全時段
河南路二段	MAPE(%)	3.953
	MAE	1.249
中清路二段	MAPE(%)	2.354
	MAE	1.337

註：經現況分析，兩路段車流狀態無工作日和週末日之區別，且無明顯尖峰時段，因此僅針對全日全時段進行預測。

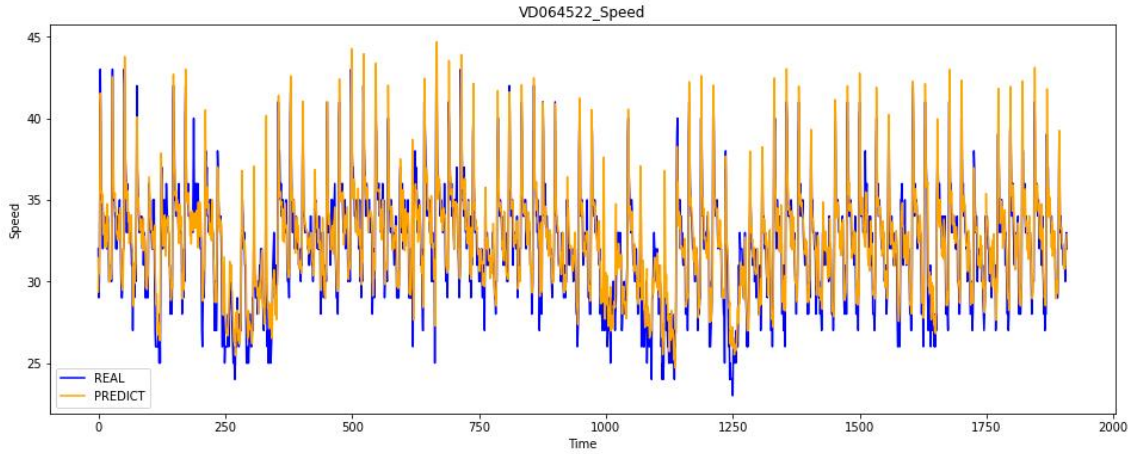


圖 4.1.31 河南路二段近凱旋路路段全日預測值與真實值比較圖

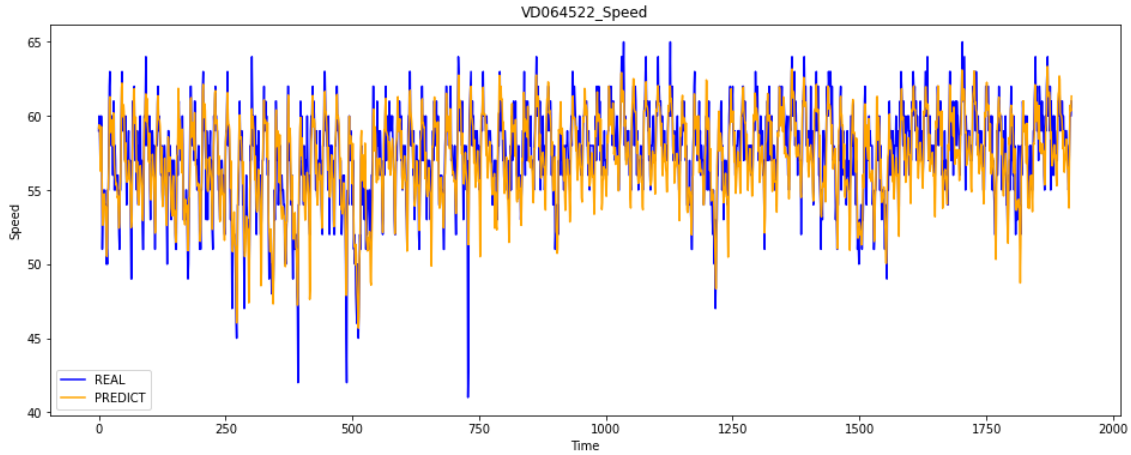


圖 4.1.32 中清路二段國光客運前路段全日預測值與真實值比較圖

4.1.5 實證分析

本計畫於 111 年 8 月 17 日至 1968 網站擷取 8 月 19 日、22 日、24 日、26

日、27 日之預測結果，且擷取之時段包含尖、離峰，並同步使用本計畫預測模式進行前述日期時段之交通預測，待前述日期時段過後，至高公局交通資料庫擷取歷史資料，將兩種預測結果與歷史資料真實值進行比較，彙整如表 4.1-16 所示，表中顯示各日期時段之 MAPE，由平均 MAPE 可看出 1968 為 29.9%、本計畫為 26.4%，預測效果差異不大，本計畫預測模式之預測結果略優於 1968。

表 4.1-16 1968 與本計畫預測結果比較彙整

案例時段	星期別	A	B	C	D	E	F	誤差(MAPE)	
		豐原-大雅距離(公里)	1968 預測旅行時間(分鐘)	本計畫預測速率	本計畫預測旅行時間(分鐘)	當日實際平均速率	當日實際旅行時間(分鐘)		
			資料來源：1968 網站		資料來源：(A/C)*60	資料來源：M05A	資料來源：(A/E)*60	1968 APP	本計畫
2022/8/19 17:00	五	6.1	7	56	6.5	34	10.8	35.2%	39.5%
2022/8/19 18:00	五	6.1	8	42	8.7	19	19.3	58.5%	54.8%
2022/8/22 17:00	一	6.1	5	64	5.7	68	5.4	7.4%	5.9%
2022/8/22 18:00	一	6.1	6	88	4.2	76	4.8	25.0%	13.4%
2022/8/24 07:00	三	6.1	3	90	4.1	100	3.7	18.9%	9.4%
2022/8/24 08:00	三	6.1	4	79	4.6	87	4.2	4.8%	10.3%
2022/8/26 17:00	五	6.1	6	57	6.4	52	7.1	15.5%	9.6%
2022/8/26 18:00	五	6.1	8	42	8.7	49	7.4	8.1%	17.8%
2022/8/27 11:00	六	6.1	4	77	4.8	50	7.3	45.2%	34.9%
2022/8/27 12:00	六	6.1	4	87	4.2	34	10.7	62.6%	60.7%
2022/8/27 13:00	六	6.1	4	72	5.1	48	7.7	48.1%	34.0%
平均誤差								29.9%	26.4%

此外，本計畫彙整前述高速公路預測精進及都市地區預測結果如表 4.1-17，泛化能力(Generalization Ability)係指模型對於不同資料型態之適應能力，舉例來說，當 A 資料輸入模型進行訓練時，誤差值很小，表示模型預測效果良好，但若換成 B 資料輸入同樣的模型進行訓練時，誤差值卻很大，表示模型無法適應其他新的數據。因此當模型在構建過程中進行訓練時，會透過多個超參數不斷的調整，藉以讓模型能夠適應不同的狀況，讓模型對於以前沒看過的新資料

仍能做出良好的預測。換言之，經由過去文獻發現，因應工作日、週末日、離峰時段、尖峰時段、不同路段、不同資料源等形態，通常會需要訓練不同的模型進行預測，即便是使用同一種模型進行訓練，也需要針對不同的形態去調整模型使用的參數再進行訓練，需要花費相當大的時間成本。因此要讓同一種模型能夠適用於各式情境是一項具有挑戰性的工作。而本計畫經由前期及本期之多方面探討，彙整模型對於日態、時段、道路等級、道路幾何特性以及交通資料源皆不同之情況下，模型之泛化能力表現如表 4.1-18，並說明如後。

一、日態：不同日態所反映出的交通車流形態會有所不同，因此需探討模型於全日、工作日、週末等不同日態之適用性。前期計畫探討全日形態，而本期計畫則加入工作日及週末日之探討，結果顯示該模型適用於各日態之交通預測。

二、時段：不同時段所反映出的交通車流形態會有所不同，因此需探討模型於不同時段，如全時段、尖峰之適用性。全時段預測係指將 24 小時資料全部輸入模型進行預測，尖峰時段預測係指將尖峰小時之資料單獨輸入模型進行預測。前期計畫探討全時段形態，而本期計畫則加入尖峰時段形態之探討，結果顯示該模型適用於各時段之交通預測。

三、道路等級：都市地區道路之路網形態與高快速道路不同，車流形態亦有所不同，因此可探討模型於高快速公路及都市地區道路之適用性。前期計畫探討高速公路地區，而本期計畫則探討都市地區，結果顯示該模型適用於不同道路等級之交通預測。

四、道路幾何特性：車輛在有無快慢車道分隔之駕駛行為有所不同(快慢車道變換交織、轉向等)，所反映出的交通車流形態亦會有所不同，因此可探討模型於不同道路幾何條件之適用性。本期計畫針對都市地區各類道路幾何形態進行探討，包含中央實體且快慢分隔、中央實體分隔、中央無實體分隔，結果顯示該模型適用於不同道路幾何特性之交通預測。

五、交通資料源：不同資料源之資料品質不一，因此可探討同一模型對於採用不同資料源進行預測之適用性。前期計畫針對高快速公路使用 EVP 及 GVP 做為資料源進行探討，本期除使用 EVP 資料外，亦使用 GVP 及 VD 資料進行都市地區道路交通預測探討，結果顯示該模型適用於使用不同資料源進行交通預測。

表 4.1-17 模型於不同路段之速率及流量預測結果彙整

路段	預測內容	全日		工作日		週末	
		全時段	尖峰時段	全時段	尖峰時段	全時段	尖峰時段
國道 1 號南下路段(臺中系統-豐原-大雅)	流量	5.106	6.216	4.971	5.229	5.244	6.760
國道 1 號南下路段(臺中系統-豐原-大雅)	速率	6.880	16.354	6.852	15.762	6.946	15.988
臺灣大道四段	速率	4.125	5.808	4.381	6.368	3.315	4.902
河南路二段	速率	3.953	-	-	-	-	-
中清路二段	速率	2.354	-	-	-	-	-

註：(1)都市地區道路採用 GVP 資料，因此無流量預測結果；(2)河南路二段及中清路二段週一至週日車流變化趨勢相似，車流狀態無工作日和週末日之區別，且無明顯尖峰時段。

表 4.1-18 本計畫模型泛化能力探討彙整

泛化能力探討指標	說明	前(110)期探討內容	本計畫探討內容	是否適用
日態	不同日態所反映出的交通車流形態會有所不同，因此需探討模型於全日、工作日、週末等不同日態之適用性。	全日	工作日 週末日	V
時段	不同時段所反映出的交通車流形態會有所不同，因此需探討模型於不同時段，如全時段、尖峰、離峰之適用性。	全時段	尖峰時段	V
道路等級	都市地區道路之路網形態與高快速道路不同，車流形態亦有所不同，因此可探討模型於高快速公路及都市地區道路之適用性。	高速公路	都市地區道路	V
道路幾何特性	車輛在有無快慢車道分隔之駕駛行為有所不同(快慢車道變換交織、轉向等)，所反映出的交通車流形態亦會有所不同，因此可探討模型於不同道路幾何條件之適用性。	X	有、無快慢分隔 有、無中央實體分隔	V
交通資料源	不同資料源之資料品質不一，因此可探討同一模型對於採用不同資料源進行預測之適用性。	不同模型→不同資料源： ● Att-BiLSTM→EVP ● CNN→GVP	同模型→不同資料源： ● LSTM-Att-BiLSTM→EVP、GVP、VD	V

4.1.6 應用情境說明

業經兩年期(110~111)計畫，已完成「車流參數預測模式」，包含高速公路及都市地區道路，並且於 110 年期完成「壅塞機率轉換模式」，本章節主要綜合兩年之成果，以管理單位人員及用路人兩種使用情境，說明前述兩種模式之應用方式。

一、管理單位人員

本計畫產出之模式若能做為一功能模組納入地方管理單位之交控中心後，管理單位人員藉由該功能模組，首先選擇欲預測之日期、時段及路段後，透過功能模組中之車流參數預測模式得到該日期時段之速率預測值，同時藉由功能模組中之壅塞機率轉換模式將速率預測值轉換為壅塞機率後匯出相關報表(如表 4.1-19)，操作應用情境如圖 4.1.33，最後管理單位人員可以該路段壅塞機率進行後續未來路況資訊播報。舉例而言，表中項次 1，管理人員欲查詢某路段 2022/8/19 17:00 之預測結果，功能模組即能產出預測速率值為 56，預測壅塞機率為 62.5%，管理人員能夠透過轄下管理之交通資訊相關 APP 或網頁，發佈該時段之雍塞機率為 65%。

表 4.1-19 車流參數預測模式及壅塞機率轉換模式功能模組產出之預測結果

項次	欲預測之日期時段	模組產出之預測速率	模組產出之預測壅塞機率	建議對外播報之壅塞機率
1	2022/8/19 17:00	56	62.5%	65%
2	2022/8/19 18:00	42	88.7%	90%
3	2022/8/22 17:00	64	46.5%	50%
4	2022/8/22 18:00	88	6.2%	10%
5	2022/8/24 07:00	90	0.6%	5%
6	2022/8/24 08:00	79	18.7%	20%
7	2022/8/26 17:00	57	62.5%	65%
8	2022/8/26 18:00	42	88.7%	90%
9	2022/8/27 11:00	77	18.7%	20%
10	2022/8/27 12:00	87	6.2%	10%
11	2022/8/27 13:00	72	18.7%	20%

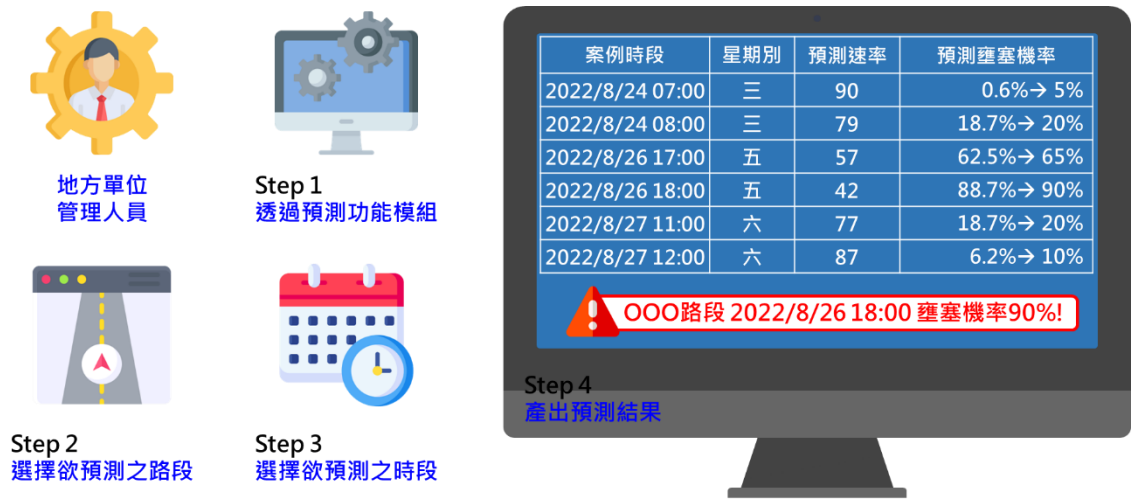


圖 4.1.33 管理人員操作應用情境

二、用路人

經由前述交通管理單位發佈之預測路況資訊，用路人可藉由交通資訊相關 APP 或網頁進行未來路況查詢。同樣於資訊介面中輸入欲查詢之日期、時段及路段後，即可顯示該路段於目標時段之壅塞機率，做為用路人出行之參考。

4.2 施工事件影響分析模組之開發與實證

施工在許多國家的城市中廣泛存在，對都市交通產生了重大的負面影響(Yang 等人[37])，且「施工」會對道路交通產生衝擊，其所引發的交通衝擊則具有可預期性與可控制性(李光益[38])。因此，針對道路施工所造成之交通影響，若能夠事前擬定管制計畫與方案，便能減少施工所帶來之交通衝擊，且能有助於提升施工區的實施與管理效率，維持道路交通秩序，確保交通運輸系統運作及順暢。有鑒於此，本計畫工程事件影響分析模組之開發與實證，以德國 PTV VISSIM 微觀車流模擬軟體，針對高速公路及都市地區道路建構施工影響模擬模式，並藉由實例驗證瞭解 VISSIM 軟體對於施工建模的能力後，來建構不同交通條件下之施工案件情境，產出不同情境之速率績效表，做為後續交管單位預期某路段於某時段需進行施工作業時，能事先掌握未來之車流變化情況，提前準備因應措施。

4.2.1 開發模組目的

施工事件影響分析模組主要目的為提供交管單位事前掌握並預期該路段進行施工作業時造成的車流衝擊，可提前因應相對應的管制方式或提前預警，降低施工所造成之交通影響，維護工區的實施與管理效率。因此本計畫透過建

構高速公路及都市地區不同交通條件下之施工模擬情境，掌握不同施工情境下的車流速率績效變化，做為交管單位施工時之參考依據及管理策略擬定輔助。

舉例：當高速公路有某一施工案例為每小時到達車輛數為 3,000 輛車，施工區長度為 300 公尺，車道數為 3 車道，封閉內側 1、2 車道之施工情境，藉由模擬方式可瞭解該施工對於車流速率影響，且能針對不同施工情境進行模擬得到速率績效值，彙整為速率績效表。於應用層面上，速率績效表透過壅塞機率轉換模式轉換為壅塞機率，進行對外資訊推播服務應用。

有鑑於此，為改善交管單位由過去被動得知施工所造成的道路壅塞資訊，轉為主動瞭解施工對交通所帶來之衝擊，並提前因應相對應的管制方式或者提前預警，建構該施工事件影響分析模組有其必要性存在。

4.2.1 重要文獻彙整

Sadegh 等人[39]研發一種基於計算機的方法，模擬都市地區施工區中有號誌交叉路口附近中主幹道車道封閉處的交通控制系統。該研究以亞利桑那州坦佩的 McClintock 街封閉一直行車道右轉車道，以及 Mill 大道封閉一直行車道，蒐集早上非尖峰時段之數據進行模式驗證。模擬中透過輸入交通特徵、車輛特徵、道路特徵、施工數據、號誌設置、分配函數和模擬控制參數，可輸出每個數據蒐集點的速率、車頭距、車輛合併分佈、油耗、延滯和停等長度。該研究顯示兩地點模擬 30 分鐘之結果，表示實際觀察到之車輛數略高於模型的模擬車輛數，且實際封閉車道至開放車道的合併車輛相比，落於可接受之範圍，在停等長度部分 McClintock 街開放車道的平均停等長度為 19 輛車之長，封閉車道之漸變段停等長度與所觀察之實際值大致相同；Mill 大道開放車道的平均停等長度為 6 輛車之長，且開放車道和封閉車道中所觀察到的停等長度都高於模擬停等長度。

Khanta[40]以 QUEWZ-98、Quick Zone 和 CORSIM 分析四條城鄉快速道路與兩條幹道工作區的影響，QUEWZ-98、Quick Zone 評估 I-91(Greenfield、Windsot)、I-95、I-93 四條城鄉快速道路；CORSIM 評估 Route-9、Route-116 幹道工作區，透過現場調查數據以及 MassHighway 數據進行輸入。研究結果顯示，對於城鄉快速道路 QUEWZ-98 在路網部份結構並不能有效展現，QuickZone 產生良好的結果，且能分析 24 小時的流量與等候長度的估計，而 CORSIM 在模擬方面由於功能限制，使施工期間的旅行時間明顯少於現場的行駛時間，由於模擬中輸入值為施工期間所蒐集，因此速率相較施工前的數據較慢，而增加

旅行時間，因此在模擬工區條件為不完整的狀態。

Maciejewski[41]比較 TRANSIMS、SUMO、VISSIM 三種系統針對葛蘭瓦爾德，波茲南市西南區進行交通流量模擬，該路段由 6 個號誌交叉口所組成。該研究蒐集 2009 年 4 月 21 日下午 14:00 至 18:00 流量，表明蒐集之數據近似交叉路口之容量。建模過程中 VISSIM 對於左轉道路連接相較於 TRANSISM 及 SUMO 來的佳，利於使用者進行路網建構，且為了能獲得更準確之結果，三個模型經由反覆校估其模型準確性，以車輛數量，停等長度以及模擬比視覺進行評估。結果表示，在所有情況下，隨著交通量的增加，容量不足的問題首先出現在 5 號交叉路口，並且由從 6→5 號連接向 3 號節點左轉的車輛所引起，儘管網路容量存在些許差異，但模擬的總體結果卻為相似。

薛博元[42]提出以巨觀車流模式與回饋控制邏輯為基礎的主線可變速率控制與匝道儀控最佳化協控模式。該研究透過 VISSIM 軟體建模，選擇國道五號北上雪山隧道至頭城交流道路段為研究對象，蒐集民國 98 年 5 月 29 日至 5 月 30 日之車輛偵測器(VD)與閉路電視攝影機(CCTV)資料進行分析，此研究不考量下匝道部份，模擬時間為下午 13 時 30 分至 16 時整，共 2 小時 30 分，前 30 分鐘為路網暖機時間，後 2 小時為模擬時間。參數調整部份，該研究參考本所調整車輛最小停等間距(Standstill Distance)為 2.82 m、安全間距參數(Headway Time)根據蘇士縯(2009)與盧彥璁(2010)之研究，分成初入隧道與隧道內部兩種路段，其安全間距參數經調查為初入隧道 4.06 秒，隧道內部 3.07 秒、進入跟車行為門檻(Threshold for Entering)參酌本所(2008)為 6 秒，以流量及平均速率做為驗證指標，其結果表明，路網驗證結果在流量部分其誤差均在 15%以內，而速率部分誤差均在 10%以內，表示模擬路網能模擬出實際車流由非壅塞陷入壅塞的情況，具有相當的描述能力。

鄒政修[43]為建立高速公路連鎖式匝道儀控最佳化模型，以 VISSIM 軟體建構國道一號桃園都會區北上路段，該研究僅考慮主線與入口匝道匯入車流，蒐集 2011 年 1 月 3 日至 1 月 30 日國道一號主線上每分鐘各偵測器之交通資料，並使用統計檢定的方法，檢定壅塞發生地點所屬的壅塞路段與其相鄰路段是否具有相關性。於模式建構過程中，取 1 月 19 日的偵測器資料進行參數校估，1 月 25 日針對國道一號路段(大範圍)、26 日針對桃園交流道(小範圍)的偵測器資料做為驗證的資料，結果顯示，1 月 26 日上午尖峰時段 7:00 至 8:00 做為車流推進與密度驗證驗 MAPE 值都落在 35%以內，1 月 25 日 10:00~11:00 點國道一號桃園都會區北上路段驗證 MAPE 值大部分落在 50%內，在 41 號格

位至 48 號格位預測不準確，但若取推進前 5 分鐘的密度進行 MAPE 值評估其 MAPE 值均能控制在 35%以內。

曾志煌等人[44]以 VISSIM 微觀車流模擬軟體建置國道一號圓山交流道至楊梅交流道及桃園交流道示範路網，藉由實際調查車流行為方式進行區域網在地化參數校估，其中所校估之車流行為參數包括的車輛尺寸特性、車輛操作特性，駕駛行為中的車道變換行為、跟車行為、側向距離特性，在高速公路跟車行為參數中調整 CC0(車輛最小停等間距)大型車及小型車為 2.82m，CC1(安全間距參數)大型車及小型車為 0.23 秒，CC3(進入跟車行為門檻)為 6m，該研究為確認模擬參數能符合實際交通狀況後，以各車種主線交通量及主線行駛速率做為模式驗證指標。研究結果顯示，在驗證一小時狀況下，主線交通量誤差及主線平均行駛速率誤差為 15%以內，表示該研究模擬參數組合能做為後續整體路網評估之基礎應用。

Sun 等人[45]運用 VISSIM 和 CORSIM 兩種模擬軟體，評估上海市虹口區北外灘的道路績效。該研究蒐集 2011 年 4 月 14 日和 2011 年 5 月 10 日之現場數據包括號誌設計、交通量、路段幾何特性等作模擬輸入使用，且進行參數校估調整，並以軟體適用性、平均控制延滯、平均車隊長度、橫截面交通量指標進行比較。研究結果表明在適用性部分，CORSIM 路網編輯和號誌配置更容易，但由於模擬機制不同，CORISM 的模擬結果可以直接快速輸出，而 VISSIM 提供友善的配置介面，並帶有單獨的輸出檔，提供多功能指標；在平均控制延滯部分 VISSIM 適合於具有高流量的大型交叉路口，而 CORSIM 善於對不飽和交叉點進行建模；在平均停等長度部分，兩個模型都不能很好地執行，但相較之下 VISSIM 更貼近實際狀況；在橫截面交通量部份兩個模擬輸出都接近現場數據，而 CORSIM 稍好一些。

張鈞凱[46]透過數學規劃法建構可變速限聯合匝道儀控最佳化模式，該研究以國道五號北上路段為範圍，藉由 2011 年 8 月 5 日至 2011 年 8 月 8 日之車輛偵測器資料分析其路段壅塞變化，表示雪山隧道車流速率有呈現急遽下降之特性，進而利用可變速限標誌控制以每 1 分鐘頻率控制車流以漸變方式進入雪山隧道。該研究在模式建構過程中以類神經網路建構預測模式，以求得最佳參數(全域參數,Global parameter)做為模式輸入，研究中由於 METANET 模式求得最佳參數組無法反映雪隧車流急遽下降情況，因此，修正 METANET 模式為 METANET 長隧道模式輸入最佳參數，使 METANET 長隧道模式所推估之流量 MAPE 值均可維持於 30%以下；速率 MAPE 值均可維持於 20%以下，為確認

模式能貼近路網真實性，透過 VISSIM 微觀模擬軟體進行路網評估壅塞時段與非壅塞時段控制之平均旅行時間、旅行時間延滯、等候車隊長度。研究結顯示，雪山隧道主線控制前後在非壅塞時段旅行時間差異為-6.97%；壅塞時段旅行時間差異為+17.89%；頭城上匝道儀控前後平均延滯時間差異為+165.02%，宜蘭上匝道儀控前後平均延滯時間差異為+688.40%，羅東上匝道儀控前後平均延滯時間差異為+1621.43%，羅東上匝道儀控前後平均延滯時間差異為+939.50%，且匝道等候車隊不會溢流至地方道路。

Edara 等人[47]使用微觀模擬軟體 VISSIM 與巨觀模擬軟體 QuickZone，針對密蘇里州高速公路三車道封閉一車道的 I-44 長期施工區與 I-70 臨時施工區，進行旅行時間、車隊長度、延滯和容量的校估與驗證研究。該研究透過迴歸模型計算候選參數，藉此提高 VISSIM 校估和驗證的有效性，並且測試旅行時間和容量的參數敏感度，發現 VISSIM 駕駛行為參數 CC1(車間距) 和 CC2(跟車變動間距) 對旅行時間都有顯著的正面影響，而 CC7(跟車過程中後車的實際加速度) 對旅行時間有中等的負面影響，且 CC1(車間距)、CC2(跟車變動間距)和 SRF(安全距離減少係數) 對容量有負面影響。此外，對於 QuickZone 校估，選擇容量的輸入值做為校估參數，並以每小時延滯和車隊長度做為有效性指標，結果表示 VISSIM 在兩個案例研究中的表現優於 QuickZone，且比較延滯誤差結果 VISSIM 的 MAE 值 I-44 為 0.13、I-70 為 0.71；MSE 值 I-44 為 0.13、I-70 為 0.43 和 MAPE 值 I-44 為 4.16%、I-70 為 11.35%於結果都低於 QuickZone。

Edara 等人[48]探討高速公路移動施工區對交通所產生的影響，透過蒐集密西根交通部匝道導引電子警報(e-alerts)資料、區域綜合運輸資訊系統(Regional Integrated Transportation Information System，RITIS)中之旅行時間數據與流量數據、以及安裝在移動施工區車載式緩衝裝置背面攝影機錄製之影像數據，將工區路段與數據以 5 分鐘進行彙整配對(matched)，利用上、下游、工區路段之歷史速率資料(沒有工區時)與有移動施工區時速率資料進行分析，發現在相同流量路段當有工區時的速度相比歷史數據低，使用 Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW)檢定，H_0:假設移動工區和歷史數據的分佈相同，H_1:假設是工區速度低於歷史速度，該研究之檢定結果為拒絕 H_0，表明工區速度低於第一上游路段、移動工區路段和第一下游路段的歷史數據，此外，建立迴歸模式預測工區速度，自變數(independent variables)包括限速 (SpL)、歷史速度 (HiSp)、車道數量 (NoL)、路段交通流量(Vol)、持續時間(Dur)、移動施工區位置(LR, 左 = 0、右 =1)，結果表示，R^2 為 0.482，將透過預測移動施工區速度，做為 VISSIM

模擬輸入值，該研究同時調整汽車駕駛行為參數和變換車道參數，以校估模型，共有 45696 個參數組合，從中找出 85 個不同參數的組合，共進行 123 次試驗(38 個單獨參數值和 85 個組合)，並得到校估的最佳參數集，參數校估採用(Kolmogorov-Smirnov,KS) KS 檢定，H_0：兩個樣本來自相同的分佈、H_1：兩個樣本來自不同的分佈，結果表明，經過校估的參數 p 值大於 0.05 代表兩個樣本是來自相同分布，研究最後模擬一輛工作車輛在三車道的高速公路的外側車道上，以每小時 10.6 英里(約 17 公里)的速度行駛代表移動施工區，模擬持續共 204 分鐘，包括 24 分鐘試驗(warm-up)，60 分鐘沒有移動施工區，60 分鐘有移動施工區，以及退出工區後 60 分鐘三個階段，結果表明當流量於 1400 車輛/小時/車道 以下時，移動施工區不會對旅行時間、延滯或停等產生不利影響，但當流量增加為 1400 小時和 1800 車輛/小時/車道，總延滯時間從增加 66.5 小時和 393.4 小時，總停等車輛分別增加 1697 和 36058 部車，因此建議交通單位流量低於 1400 車輛/小時/車道，最佳是在 1000 車輛/小時/車道以下時，持續一小時或更久的移動工作活動能夠對交通影響達到最小，當流量接近 1800 車輛/小時/車道時，即使 30 分鐘的工區活動也會產生 3.2 英里(約 5 公里)的等候長度，並將持續時間縮短，以避免重大的負面安全影響。

Yang 等人[37]發現自由駕駛行為、合併行為、擴散行為使現有的跟車行為不適用於槽化島工作區，因此，為探討槽化島工作區案例該研究藉由五種特殊駕駛行為，分別為自驅力(Self-Driven Force)、跟隨力(following force)、斥力(repulsive force)、邊界力(boundary force)、間距通行力(passable-gap force)，使用中國成都的交岔路口和工作區數據進行交通模擬。該研究主要有兩個交叉點可觀察八個觀測值，利用 MATLAB 模擬槽化島工作區的流量，採用基因演算法(Genetic Algorithm, GA)解決非線性規劃問題，並以平均誤差(Mean error, ME)、平均絕對誤差 (Mean absolute error, MAE) 和 平均絕對相對誤差(Mean Absolute Relative Error, MARE)進行評估，結果表示，MARE 變量不大於 0.13、MAE 為高為 9.19，表示所提出的模型有良好的績效成果。

Goyal 與 Bhugra[49]該研究主要模擬印度加羅爾市在過飽和交通狀況下的都市廊道，其研究範圍為 Wipro 街連接 Infosys 街，長度為 45 公里共 5 個號誌交叉路口，透過調查蒐集廊道交匯點、號誌時相設計之資料與測量交匯點路鄰近寬度與尺寸，藉由影像技術取得交叉路口的轉向次數，在靜態佈線決策中輸入模型，調整跟車行為、變換車道等不同駕駛行為反覆校估產出最佳參數結果，以 900 秒間隔進行模擬共 10,800 秒，前 3,600 秒為熱身狀態，且車種模型部份

改為印度車輛特徵型態，以旅行時間與交通流量做為評估指標，驗證結果表示該模型在 13%誤差範圍內。

表 4.2-1 施工事件影響分析相關文獻彙整

作者	模擬範圍	模擬軟體	評估指標	研究價值
Sadegh 等人(1988)	亞利桑那州坦佩 McClintock 街與 Mill 大道	以計算機方法自行研發之微觀模型	速率 車頭距 車輛合併分佈 油耗量 延滯 停等長度	實際測量之指標結果均落於可接受之範圍。
Khanta(2008)	新英格蘭地區四條城鄉快速道路與兩條幹道工作區	QUEWZ-98 Quick Zone CORSIM	流量 車隊長度 旅行時間	評估不同模擬軟體對於城鄉快速道路與幹道工作區建模的影響分析。
Maciejewski (2010)	葛籣瓦爾德波茲南市西南區	TRANSIMS SUMO VISSIM	流量 停等長度 模擬視覺化	比較三種模擬路網，表示容量存在些許差異，但模擬的總體結果卻為相似。
薛博元 (2011)	國道五號北上雪山隧道至頭城交流道路段	VISSIM	流量 平均速率	模式驗證流量 MAPE 均在 15%以內、速率 MAPE 均在 10%以內。
鄒政修 (2012)	國道一號桃園都會區北上路段	VISSIM	密度	模式證驗 MAPE 值皆落在 35%以內。
Sun 等人 (2013)	上海市虹口區北外灘的道路	VISSIM CORSIM	軟體適用性 平均控制延滯 平均車隊長度 橫截面交通量	比較兩種模擬模型使用之指標成果。
曾志煌等人 (2013)	國道一號圓山交流道至楊梅交流道及桃園交流道	VISSIM	主線交通量 平均行駛速率	主線交通量誤差及主線平均行駛速率誤差為 15%以內
張鈞凱 (2014)	國道五號北上路段	VISSIM	主線:旅行時間 匝道:延滯時間、等候長度	以 METANET 模長隧道模式為基礎發展可變速限聯合匝道儀控最佳化模式。
Edara 等人 (2015)	密蘇里州高速公路	VISSIM QuickZone	旅行時間 車隊長度 延滯 容量	透過迴歸模型計算候選參數，藉此提高 VISSIM 校估和驗證的有效性。

作者	模擬範圍	模擬軟體	評估指標	研究價值
Edara 等人 (2017)	密西根高速公路移動施工區	VISSIM	速率 總延滯 旅行時間 平均延滯 車隊停等長度 總停等車輛數	整合即時交通路況數據，建立迴歸預測模型，預測移動工區速進行模擬。
Yang 等人 (2019)	中國成都槽化島工作區	MATLAB	速率	發現自由駕駛行為、合併行為、擴散行為等現有的跟車行為不適用於槽化島工作區進而改良模式。
Goyal & Bhugra (2021)	印度加羅爾市 Wipro 街連接 Infosys 街	VISSIM	旅行時間 流量	以印度交通狀態特徵條件對駕駛行為參數進行調整。

綜上所述，針對施工建模方面，過去研究大多以模擬方式進行探討，而運用之模擬軟體包括 VISSIM、CORSIM、QuickZone 等，其中最為廣泛使用之模擬軟體為 VISSIM，除了能針對高速公路亦或是都市地區進行路網建模外，在模型建構與參數設定過程能夠讓使用者方便輸入設定，且能夠每秒輸出資料，迅速分析速率、旅行時間、交通流量績效結果進行評估，更得以在地化調整駕駛行為參數，如：跟車行為、變換車道等對於模式之影響。因此，針對工程事件影響分析模組建構，本計畫運用微觀模擬軟體 VISSIM 建構施工路段，並參酌過去研究調整 VISSIM 參數之經驗，針對高速公路駕駛行為參數進行調整，包括 CC0 停等車輛間距、CC3 進入跟車行為門檻等，同時亦針對都市地區道路建構一套工程事件影響分析模組，考量不同施工長度對於道路封閉之方式以及號誌時制調整、機車車種加入等進行都市地區工程事件模擬建構。

4.2.3 模組構建

準確與即時的交通資訊能夠提供用路人良好之運輸服務品質，以及給予交通主管單位可靠預測執行策略擬定，然而道路交通狀況不僅受到車流量多寡影響，亦會受到事件之影響，因此事件發生時的車流分析若準確，就能提供良好的預測資料。本計畫工程事件影響分析模組，主要以 VISSIM 車流軟體建構高速公路與都市地區道路兩大部分。

高速公路工程事件影響分析模組，本計畫接續前(110)期高速公路施工事件交通影響預測內容，同樣以國道三號主線封閉 148.5K～139.5K(苑裡-西湖服務區)北上路段案例為研究範圍。其路段建模總長度為 9 公里，封閉起訖時間為

109 年 8 月 13 日 13 時至 18 時，施工區路段位於 146.7K～146.4K，封閉內側 1、2 兩車道，並於施工期間開放第 3 車道與外路肩。蒐集 109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日之 EVP(ETC-Based Vehicle Probe, EVP)交通參數資料，以 109 年 8 月 11 日做為非施工情境交通資料，109 年 8 月 13 日做為施工情境交通資料。為精進前(110)期模擬效果，本計畫高速公路工程事件影響分析模組執行三種精進設定，詳細說明如 4.2.4 節。

都市地區工程事件影響分析模組，本計畫選定案例為「惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程」施工案例。其路段建模總長度為 1.3 公里，工程時間為 2019 年 2 月 26 日至 2020 年 12 月 31 日每日上午 9:30~16:30，施工範圍主要針對臺中市環中路三段龍洋橋至朝馬路北上慢車道路段，該路段於施工期間縮減環中路三段慢車道 1 公尺做為臨時人行道使用，詳細說明如 4.2.5 節。

4.2.4 高速公路車流預測模組構建

為建構高速公路於不同交通條件下之施工情境案例，以瞭解不同施工情境條件下之車流速率績效變化。本計畫接續前(110)期高速公路施工事件交通影響預測內容，同樣以國道三號主線封閉 148.5K ~ 139.5K(通霄-苑裡)北上路段案例為研究範圍其建模總長度為 9 公里，封閉起訖時間為 109 年 8 月 13 日 13 時至 18 時，施工區路段位於 146.7K～146.4K，封閉內側 1、2 兩車道，並於施工期間開放第 3 車道與外路肩，蒐集 109 年 8 月 11 日與 109 年 8 月 13 日之 EVP(ETC-Based Vehicle Probe, EVP)車流參數資料，以 109 年 8 月 11 日做為非施工情境交通資料，109 年 8 月 13 日做為施工情境交通資料，進行 VISSIM 建模設定。

前(110)期計畫主要針對研究範圍以 VISSIM 車流軟體進行施工建模，包括輸入 EVP 流量資料，設定車種比例、模擬速限、模擬時間，並透過旅行時間偵測器蒐集模擬之路段速率與實際速率進行驗證評估。通過驗證之模式再藉由調整每小時到車輛數、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子，得到不同施工情境下之路段速率，產製速率績效表，並結合 4.1 節高速公路車流預測模組之流量預測結果，使不同施工情境以查表方式得到高速公路於施工影響下之路段速率績效。前(110)期計畫所建立之高速公路施工模式，非施工情境之速率 MAPE 值為 2.31%屬於極佳預測；施工情境之速率 MAPE 值為 12.05%屬於優良預測。為了改善模擬模式中施工情境之速率 MAPE 值，

提升模擬路網的真實度，以達更準確的結果，本計畫精進以下三種設定：

一、駕駛行為(Driving Behavior)參數調整

藉由調整 VISSIM 內部駕駛行為(Driving Behavior)的參數，呈現前後車距、加減速度反應、變換車道反應以及車輛的交織行為。駕駛行為可調整的 參數包含縱向間距參數、跟車行為參數、車道變換參數和橫向間距參數，如圖 4.2.1、圖 4.2.2、圖 4.2.3 及圖 4.2.4 所示。

其中，高速公路的跟車行為模式與都市地區不同，高速公路適用 Wiedeman99 跟車行為模式；都市地區適用於 Wiedeman74 跟車行為模式，在高速公路部分主要包含 10 個參數，為車輛停等距離 CC0、車間距 CC1、跟車變動間距 CC2、進入跟車行為門檻 CC3、速度差-負值 CC4、速度差-正值 CC5、速度之震盪於跟車過程 CC6、跟車過程中後車的實際加速度 CC7、停止至起步的期望加速度 CC8 及車速於 80kph 後的期望加速度 CC9，其參數代號內容如表 4.2-2。

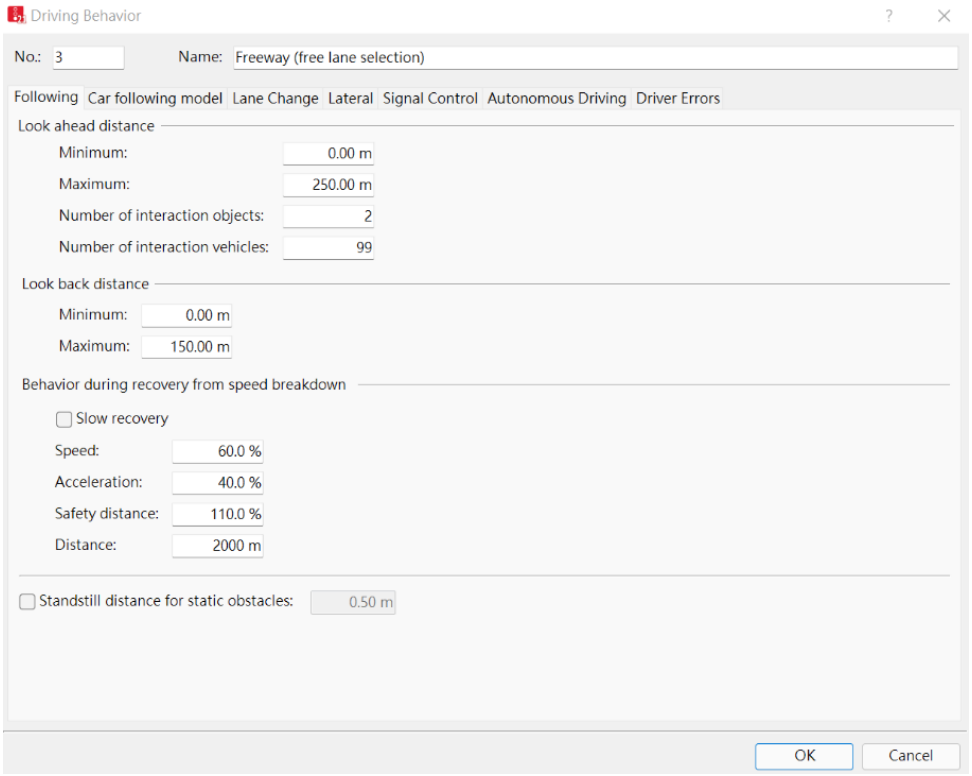


圖 4.2.1 縱向間距參數表

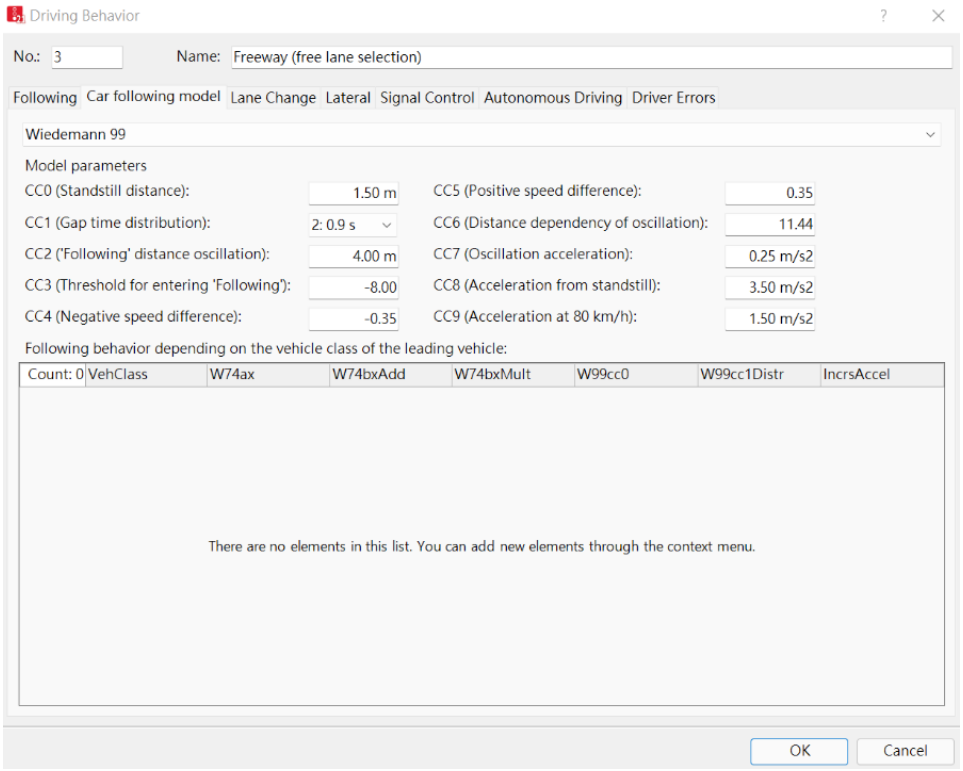


圖 4.2.2 跟車行為參數表

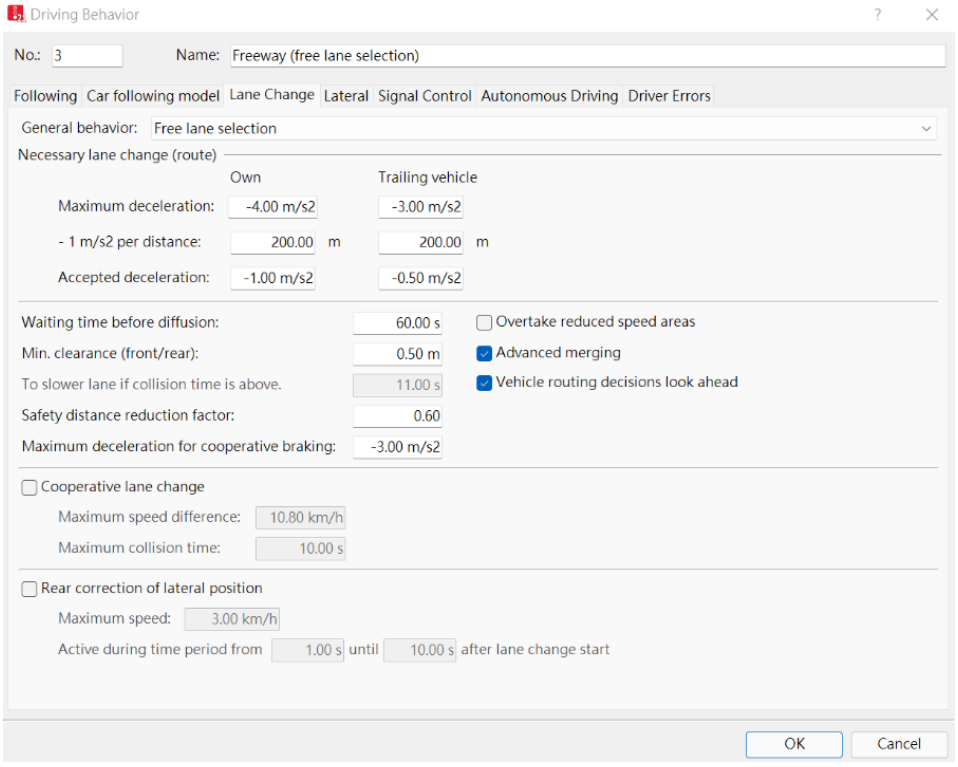


圖 4.2.3 車道變換參數表

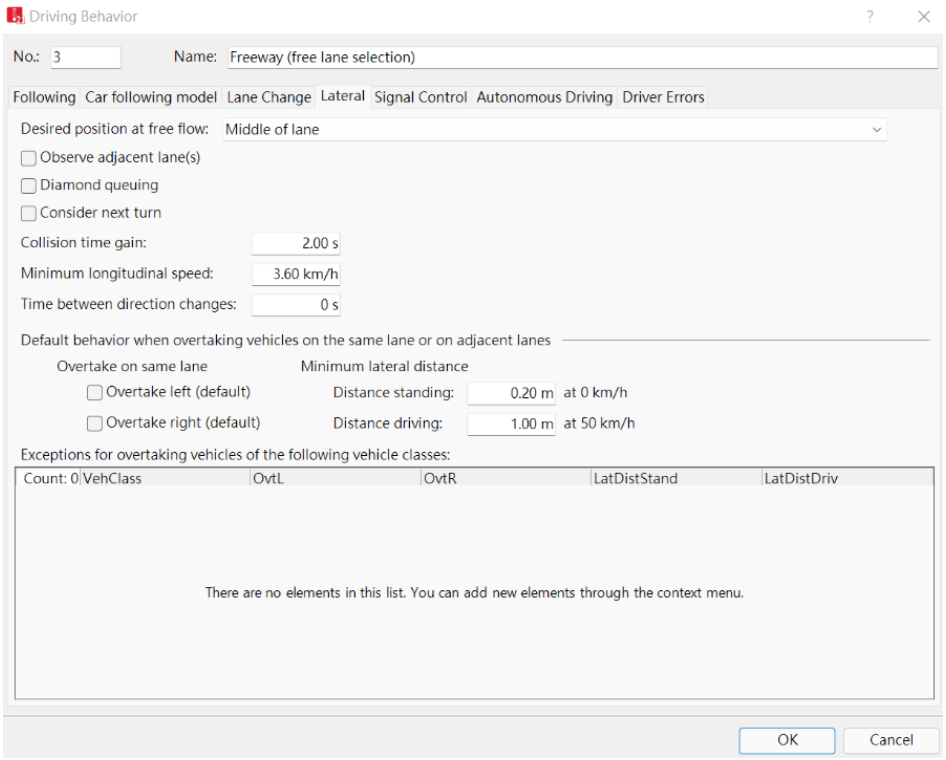


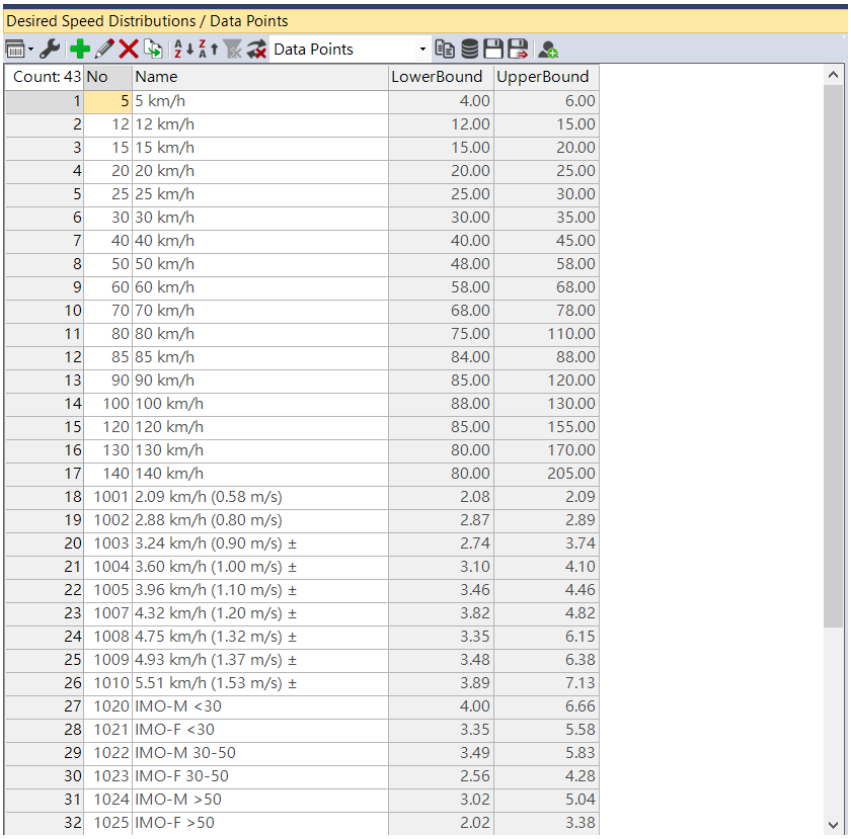
圖 4.2.4 橫向間距參數表

表 4.2-2 VISSIM 高速公路跟車行為參數對照表

代號	模式參數
CC0	Standstill parameters 車輛停等距離
CC1	Gap time distribution 車間距
CC2	Following distance oscillation 跟車變動間距
CC3	Threshold for entering Following 進入跟車行為門檻
CC4	Negative speed difference 速度差-負值
CC5	Positive speed difference 速度差-正值
CC6	Distance dependency of oscillation 速度之震盪於跟車過程
CC7	Oscillation acceleration 跟車過程中後車的實際加速度
CC8	Acceleration from standstill 停止至起步的期望加速度
CC9	Acceleration at 80km/h 車速於 80kph 後的期望加速度

二、期望速限分布(Desired Speed Distributions)控制

透過 VISSIM 基本資料(Base Data)中的期望速限分布(Desired Speed Distributions)參數，可控制車輛速率分佈狀態。在 VISSIM 中已設定預設值，使用者可依照實際建模路段或路網調整速限分布範圍。如圖 4.2.5 所示。



Desired Speed Distributions / Data Points

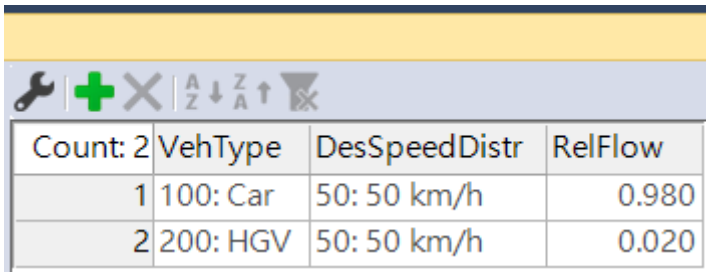
Data Points

Count: 43	No	Name	LowerBound	UpperBound
1	5	5 km/h	4.00	6.00
2	12	12 km/h	12.00	15.00
3	15	15 km/h	15.00	20.00
4	20	20 km/h	20.00	25.00
5	25	25 km/h	25.00	30.00
6	30	30 km/h	30.00	35.00
7	40	40 km/h	40.00	45.00
8	50	50 km/h	48.00	58.00
9	60	60 km/h	58.00	68.00
10	70	70 km/h	68.00	78.00
11	80	80 km/h	75.00	110.00
12	85	85 km/h	84.00	88.00
13	90	90 km/h	85.00	120.00
14	100	100 km/h	88.00	130.00
15	120	120 km/h	85.00	155.00
16	130	130 km/h	80.00	170.00
17	140	140 km/h	80.00	205.00
18	1001	2.09 km/h (0.58 m/s)	2.08	2.09
19	1002	2.88 km/h (0.80 m/s)	2.87	2.89
20	1003	3.24 km/h (0.90 m/s) ±	2.74	3.74
21	1004	3.60 km/h (1.00 m/s) ±	3.10	4.10
22	1005	3.96 km/h (1.10 m/s) ±	3.46	4.46
23	1007	4.32 km/h (1.20 m/s) ±	3.82	4.82
24	1008	4.75 km/h (1.32 m/s) ±	3.35	6.15
25	1009	4.93 km/h (1.37 m/s) ±	3.48	6.38
26	1010	5.51 km/h (1.53 m/s) ±	3.89	7.13
27	1020	IMO-M <30	4.00	6.66
28	1021	IMO-F <30	3.35	5.58
29	1022	IMO-M 30-50	3.49	5.83
30	1023	IMO-F 30-50	2.56	4.28
31	1024	IMO-M >50	3.02	5.04
32	1025	IMO-F >50	2.02	3.38

圖 4.2.5 期望速限分佈參數

三、車種組成速限(Vehicle Compositions-Desired Speed Distributions)設定

透過 VISSIM 交通組成(Vehicle Compositions)參數中，調整車種速限分佈(Desired Speed Distributions)設定，可控制各車種速率分佈狀態，其速限分佈在 VISSIM 中已設定預設值，使用者可根據實際車輛速限狀況整速限分布範圍。



Count: 2	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	0.980
2	200: HGV	50: 50 km/h	0.020

圖 4.2.6 期望速限分佈參數

綜合前述，本計畫以國道 3 號北上 148.5K~139.5K(通宵~西湖服務區)主線路段，其施工路段位於 146.7K～146.4K 為 300 公尺範圍，施工封閉起訖時間為 109 年 8 月 13 日 13 時至 18 時，封閉內側 1、2 兩車道，並於施工期間開放工區第 3 車道與外側路肩，研究範圍如圖 4.2.7 所示。以下就高速公路工程事件模組建構內容與步驟進行說明，包含資料蒐集、資料預處理、模式建構。



圖 4.2.7 高速公路施工事件模擬研究涵蓋範圍

一、高速公路工程事件模組建構內容

(一)資料蒐集

本計畫以高速公路 ETC 系統所蒐集之交通參數資料進行輸入，資料來源為高速公路局歷史資料庫 M05A(原始資料如圖 4.2.8)，資料共 6 個欄位(如表 4.2-3)，包含 TimeInterval、GantryFrom、GantryTo、VehicleType、SpaceMeanSpeed 及 Volume，該資料以每 5 分鐘彙整為一個檔案。本計畫蒐集 109 年 8 月 13 日做為施工情境交通資料，共 288 個檔案，資料筆數共 600,480 筆。

	A	B	C	D	E	F
1	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	31	90	30
2	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	32	86	5
3	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	41	90	2
4	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	42	0	0
5	2020/8/13 00:00	01F0017N	01F0005N	5	0	0
6	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	31	93	38
7	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	32	91	8
8	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	41	90	2
9	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	42	0	0
10	2020/8/13 00:00	01F0029N	01F0017N	5	0	0
11	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	31	90	32
12	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	32	86	3
13	2020/8/13 00:00	01F0005S	01F0017S	41	3	1

圖 4.2.8 EVP 原始資料型態

表 4.2-3 欄位內容說明

欄位	欄位名稱	資料名稱	編碼與計算方式
A	TimeInterval	產製日期、時間	※ 以 5 分鐘為一統計時階
B	GantryFrom	上游偵測站	-
C	GantryTo	下游偵測站	-
D	VehicleType	車種	31：小客車 32：小貨車 41：大客車 42：大貨車 5：聯結車
E	SpaceMeanSpeed	平均車速	※ 該時階之各車輛車速加總/交通量
F	Volume	交通量	※ 計算上下游偵測站在時階範圍內所經過之車流總量

(二)資料預處理

資料下載完成後則進入資料預處理階段，共分為五個步驟，分別為開啟資料、合併資料、篩選資料、計算加權平均速率總流量、資料聚合，最後產出資料集做為模式輸入應用，過程如圖 4.2.8 所示，下方就各步驟進行說明。

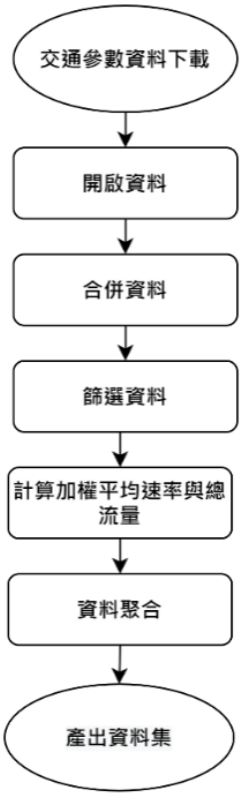


圖 4.2.9 資料預處理過程

1. 開啟資料：利用 EXCEL 開啟先前蒐集之 M05A 資料，共 288 個檔案，資料筆數共 600,480 筆。

2. 合併資料：透過 Power Query 合併 288 個檔案，匯出成一份檔案，為 109 年 8 月 13 日，輸出至 EXCEL，檔案資料筆數各別為 600,480 筆。

3. 篩選資料：接著將資料篩選，將檔案針對施工情境範圍 03F1485N~03F1395N(苑裡-西湖服務區)範圍進行採樣，資訊如表 4.2-4 所示，109 年 8 月 13 日資料筆數共 1,440 筆。

表 4.2-4 資料篩選範圍

位置	偵測站編號	偵測站收費區間名稱	方向
上游偵測站	03F1485N	苑裡-通霄	N
下游偵測站	03F1395N	通霄-西湖服務區	N

4. 計算加權平均速率與總流量：將每 5 分鐘車流量加總，計算車種加權平均速率，使每 5 分鐘對應一筆平均速率與總車輛數，109 年 8 月 13 日資料共計 288 筆資料，如圖 4.2.9 所示。

5. 資料聚合：透過上述資料處理步驟，最後將資料時間轉換為 1 小時一筆之型態，即每個 5 分鐘資料，1 小時共 12 筆，資料筆數共為 288 筆，如圖 4.2.10 所示，轉換為 1 小時速率與總流量後，計算各時段模式輸入之車種比例與速率，如表 4.2-5 參數資料彙整範例，車種比例值做為 VISSIM 模式建構輸入使用，平均速率值做為模式驗證使用。

A	B	C	D	E
時段	上游	下游	平均速率	流量
2020/8/13 13:00	03F1485N	03F1395N	105.61	1456
2020/8/13 14:00	03F1485N	03F1395N	89.5	1632
2020/8/13 15:00	03F1485N	03F1395N	52.9	1901
2020/8/13 16:00	03F1485N	03F1395N	58.57	2158
2020/8/13 17:00	03F1485N	03F1395N	104.2	2158

圖 4.2.10 每 1 小時一筆資料

表 4.2-5 參數資料彙整範例

時間	流量(EVP 資料)					平均速率
	總流量	小車	比例	大車	比例	
13:00~14:00	1,456	1,167	0.8	289	0.2	105.61
14:00~15:00	1,632	1,315	0.8	317	0.2	89.50
15:00~16:00	1,901	1,585	0.8	316	0.2	52.90
16:00~17:00	2,158	1,891	0.9	267	0.1	58.57
17:00~18:00	2,158	1,883	0.9	275	0.1	104.20

(三)模式建構

本計畫施工情境交通模擬環境案例，施工範圍為 146.7K~146.4K 主線路

段，封閉主線內側 1、2 車道，工區開放第三車道與路肩行駛，施工期間為 109 年 8 月 13 日下午 13:00 至 18:00。因此，本計畫以七大功能進行施工情境模式建構，如圖 4.2.11 所示，透過 Links 功能建立施工路段，包括車道數、車道寬、車種禁行、道路型態、封閉車道數等，藉由事前蒐集之交通參數資料設定車種比例(Vehicle Compositions)及輸入各時段總流量(Vehicle Input)，並以(本所，2013)文獻中針對高速公路駕駛行為參數校估內容，調整施工模式駕駛行為參數，以及期望速限分佈(Desired Speed Distributions)調整車種模擬速限(Desired Speed)及模擬速限分佈範圍，最後設定模擬時間(Simulation Seconds)，並與模擬模式中佈設偵測器蒐集模擬路段速率(Vehicle Travel Times)以產製模擬資料集，建立過程說明如下。

1. 以 Link 功能建立施工情境路段

施工模式建模範圍以 109 年 8 月 13 日 13:00~18:00 國道三號路段 03F1485N~03F1395N(苑裡-西湖服務區)北向主線為例，在 Links 建構施工模擬路段時，參考交通工程規範內容，構建交通安全管制區中五大區段長度，包括前置警示區段、前漸變區段、緩衝區段、施工區段、後漸變區段，各區段長度經由規範公式計算，其建模長度與建模範圍如表 4.2-6 所示，該施工案例建模總長度為 9 公里。

路段建置完成後，設定道路型態為高速公路；車道寬為 3.75m、路肩為 3 m；車道數為四車道(三車道加路肩)；車種禁行條件，10 代表小型車、20 代表大型車，設定路肩禁行、大型車內側車道禁行，此施工案例中可開放工區路肩行駛，因此在工區路段並無禁行車輛；封閉車道數為二車道，並為封閉數封閉內側 1、2 車道，圖 4.2.12 為前置警示區建模設定、圖 4.2.13 為施工區建模設定。

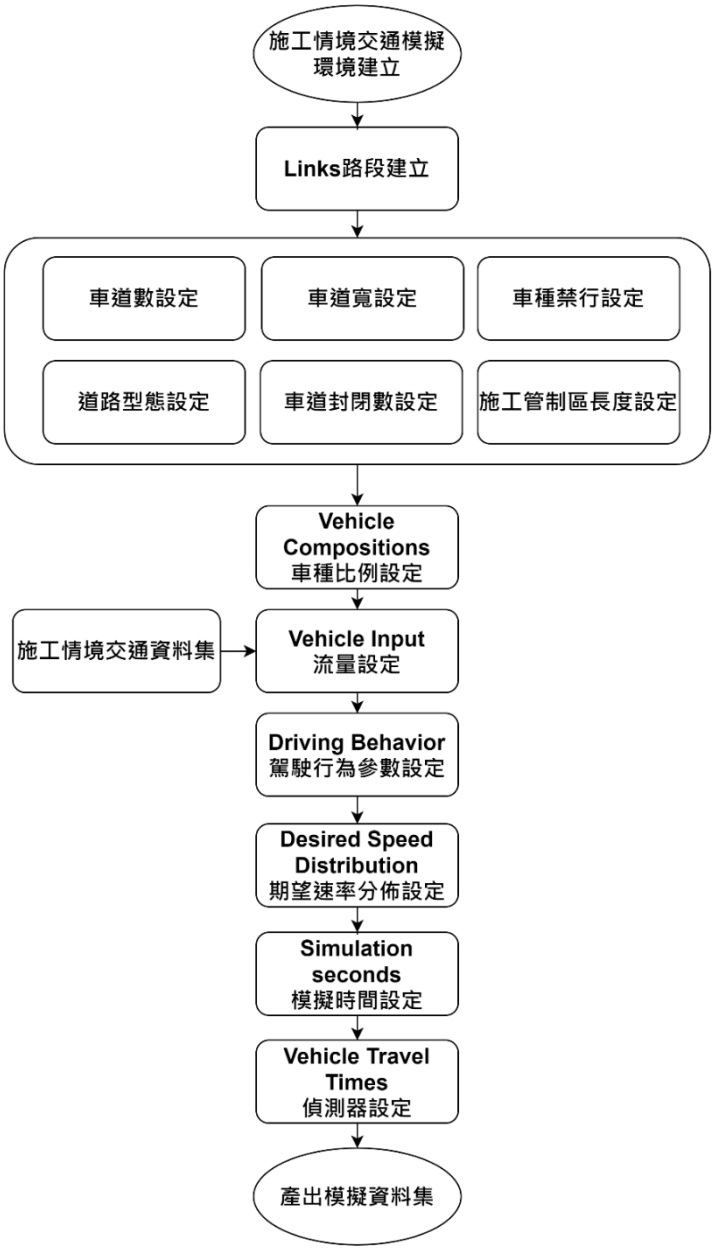


圖 4.2.11 施工情境模擬流程

表 4.2-6 施工區情境路段建模長度

路段	長度(m)	建模位置
通霄門架(起點)~前置警示區	390m	148.5K~148.1K
前置警示區段	1,000 m	148.1K~147.1K
前漸變區段	封閉兩車道:180m	147.1K~146.7K
緩衝區段	24m	
施工區段	300m	146.7K~146.4K
後漸變區段	封閉兩車道:60m	146.4K~146.3K
後漸變區段~西湖服務區門架(終點)	6,800m	146.3K~139.5K

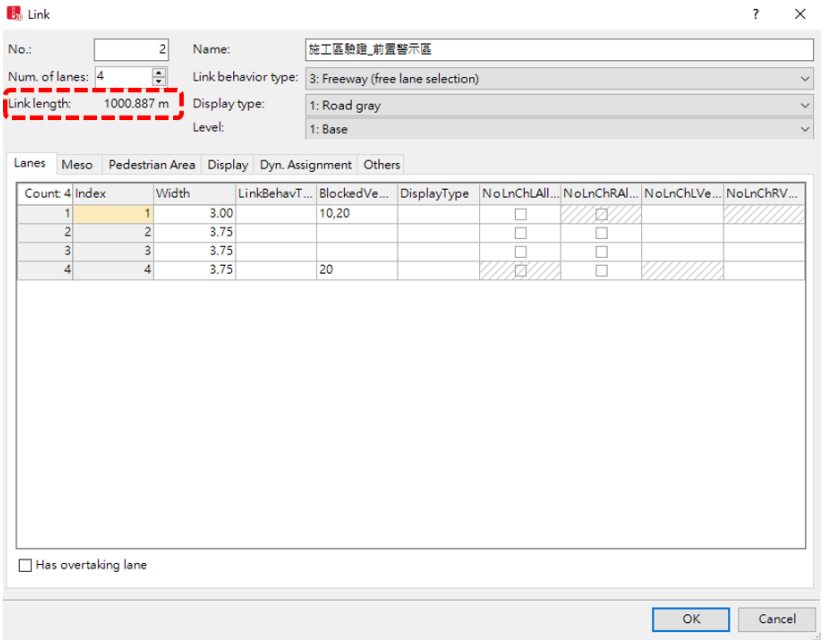


圖 4.2.12 施工區情境前置警示區建模長度

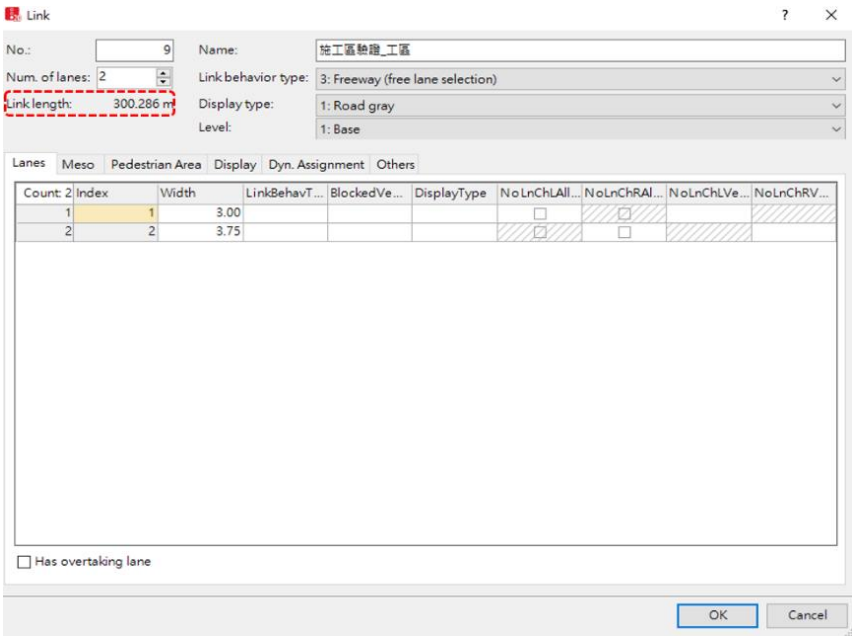


圖 4.2.13 施工區情境施工區建模長度

2. 車種比例與總流量設定

透過車種組成(Vehicle Compositions)功能介面設定各車種比例，利用先前蒐集 109 年 8 月 13 日 13:00-18:00 施工時段資料集，其中 12:00-13:00 與 18:00-19:00 屬於未施工時段如表 4.2-7 所示，而 13:00-18:00 施工時段中發現小型車比例介於 0.80~0.87 之間，大型車比例介於 0.12~0.20 之間，因此將統一設定車種比例，小型車為 0.8、大型車為 0.2，並於流量設定(Vehicle Input)功能介面中輸入每小時之模擬總流量值，如圖 4.2.14 所示。

表 4.2-7 施工時段資料集

時間	流量(EVP 資料)							平均速率
	總流量(每小時到達車輛數)	封閉車道數	封閉位置	小車	比例	大車	比例	
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	1,073	0.76	347	0.24	104.97
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側 1、2 車道	1,167	0.80	289	0.20	105.61
14:00~15:00	1,632			1,315	0.81	317	0.19	89.50
15:00~16:00	1,901			1,585	0.83	316	0.17	52.90
16:00~17:00	2,158			1,891	0.88	267	0.12	58.57
17:00~18:00	2,158			1,883	0.87	275	0.13	104.20
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	1,530	0.88	203	0.12	106.64

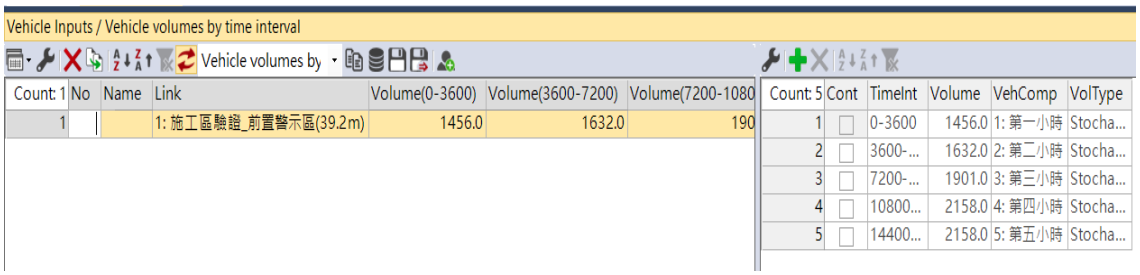


圖 4.2.14 每小時之總流量輸入值(連續模擬)

3. 駕駛行為參數設定

透過 VISSIM 內部駕駛行為(Driving Behavior)的參數，可調整的包含縱向間距參數、跟車行為參數、車道變換參數和橫向間距參數，呈現前後車車距、車輛加減速等交織之行為。參考本所於民國 102 年「提升高速公路交通運轉效能-區域路網系統模擬模式之建置」計畫中，對於高速公路駕駛行為參數的設定內容，以及高快速公路交通管制規則中，針對前後兩車行車安全距離設定，調整本計畫高速公路施工模擬模式之駕駛行為參數。表 4.2-8 為 VISSIM 預設駕駛行為參數及本計畫所調整之參數項目。

表 4.2-8 駕駛行為參數設定項目

調整項目		預設值	設定值
駕駛行為	前後車最小安全距離	0m	55m
	車輛最小停等間距 CC0	1.5m	2.82m
	進入跟車行為門檻 CC3	-8s	6s
側向間距	靜止狀態下最小側向間距	0.2m	0.9m
	速率 50kph 最小側向間距	1.0m	1.5m

4. 期望速限分佈設定

透過 VISSIM 基本資料(Base Data)中的期望速限分布(Desired Speed

Distributions)參數控制車輛速限分佈，前(110)期計畫在施工路段設定期望速限分佈中，以較主觀方式進行調整，而本期計畫則調整期望速限分佈介於速限平均值，舉例說明：前(110)期計畫在施工路段設定速率為 60km/h 狀況下，其車輛速率分佈會介於 50~60km/h 之間，平均速率會落於 55km/h，本期計畫於施工路段設定速率為 60km/h 狀況下，其車輛速率分佈會介於 55~65km/h 之間，較符合高速公路工區最高速限為 60km/h 之狀況，離開工區後車輛速率逐漸恢復，因此在速率為 110km/h 的狀況下，其車輛速率會落於 100~120km/h 之間，詳細設定如總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定施工模擬時間為五小時(18,000 秒)、熱身時間為 10 分鐘(600 秒)、模擬日期為 109 年 8 月 13 日 13:00-18:00 施工時段，如圖 4.2.18 所示。

表 4.2-9 所示。

此外，速限也依照車種別不同進行設定，一般而言大型車輛速率會比小型車輛少 10km/h。前(110)期計畫中並無考量到車種別速率設定，因而統一設定小車及大車之速限分佈相同，本期計畫中考量車種別速率分佈不同，因此以大型車較小型車少 10km/h 方式進行調整，如

表 4.2-10 所示。

建構施工模式情境設定時，根據交通工程規範施工佈設內容，在距離前漸變區段 150 公尺前設定路段減速區域(Desired Speed Decisions)，確保施工路段在安全條件下維持最高速限為 60km/h(小型車介於 55km/h~65km/h、大型車介於 45km/h~55km/h)，並於後漸變段結束恢復該路段最高速限 110km/h(小型車介於 100km/h~120km/h、大型車介於 90km/h~110km/h)，施工模式路段速率設定如表 4.2-11 所示，車種及工區路段速限設定分佈如圖 4.2.16~圖 4.2.18 所示。

5. 總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定施工模擬時間為五小時(18,000 秒)、熱身時間為 10 分鐘(600 秒)、模擬日期為 109 年 8 月 13 日 13:00-18:00 施工時段，如圖 4.2.18 所示。

表 4.2-9 期望速限分佈設定

期望速限調整	前期計畫	本期設定值
60km/h	50~60km/h	55~65km/h
110km/h	80~120km/h	100~120km/h

表 4.2-10 車種速限分佈設定

車種速限調整	前期計畫	本期設定值
小型車	60km/h : 50~60km/h 110km/h : 80~120km/h	60km/h : 55~65km/h 110km/h : 100~120km/h
大型車		50km/h : 45~55km/h 100km/h : 90~110km/h

表 4.2-11 施工模式路段速率設定

路段	長度(m)	速率設定
通霄門架(起點)~前置警示區	390m	小車:110km/h 大車:100 km/h
前置警示區段	1,000m	小車:110km/h 大車:100 km/h ※ 距離前漸變段150公尺前設定最高速限小車60km/h，大車50km/h
前漸變區段	封閉兩車道:180m	小車 60km/h 大車 50km/h
緩衝區段	24m	
施工區段	300m	
後漸變區段	封閉兩車道:60m	
後漸變區段~西湖服務區門架(終點)	6,800m	小車:110km/h 大車:100 km/h

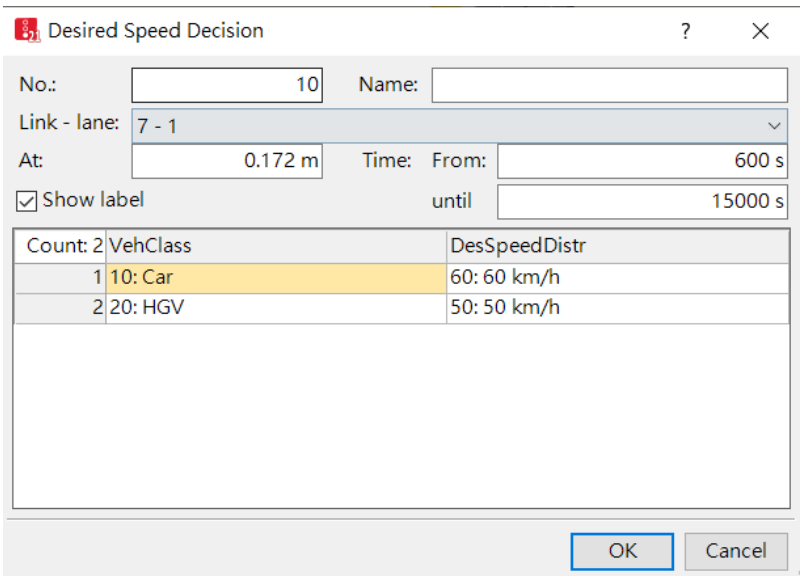


圖 4.2.15 施工速限設定(1)

Desired Speed Distributions / Data Points

Data Points

Count: 44	No	Name	LowerBound	UpperBound
1	5	5 km/h	4.00	6.00
2	12	12 km/h	12.00	15.00
3	15	15 km/h	15.00	20.00
4	20	20 km/h	20.00	25.00
5	25	25 km/h	25.00	30.00
6	30	30 km/h	30.00	35.00
7	40	40 km/h	40.00	45.00
8	50	50 km/h	45.00	55.00
9	60	60 km/h	55.00	65.00
10	70	70 km/h	68.00	78.00
11	80	80 km/h	85.00	95.00
12	85	85 km/h	84.00	88.00
13	90	90 km/h	85.00	120.00
14	100	100 km/h	90.00	110.00

圖 4.2.16 施工速限設定(2)

Desired Speed Distributions / Data Points

Data Points

Count: 44	No	Name	LowerBound	UpperBound
29	1022	IMO-M 30-50	3.49	5.83
30	1023	IMO-F 30-50	2.56	4.28
31	1024	IMO-M >50	3.02	5.04
32	1025	IMO-F >50	2.02	3.38
33	1026	IMO-M MI1	2.30	3.82
34	1027	IMO-F MI1	1.55	2.56
35	1028	IMO-M MI2	1.98	3.28
36	1029	IMO-F MI2	1.33	2.20
37	1040	Fruin 1	2.11	6.62
38	1041	Fruin 2	2.11	6.62
39	1042	Predt-Milinski	0.00	8.10
40	1043	Stairs Kretz 1	0.72	4.68
41	1044	Stairs Kretz 2	0.36	4.14
42	1045	At Airports - S.B. Young	3.30	8.23
43	1046	On Moving Walkways - S.B. You...	0.00	8.23
44	1047	110km/h	100.00	120.00

圖 4.2.17 施工速限設定(3)

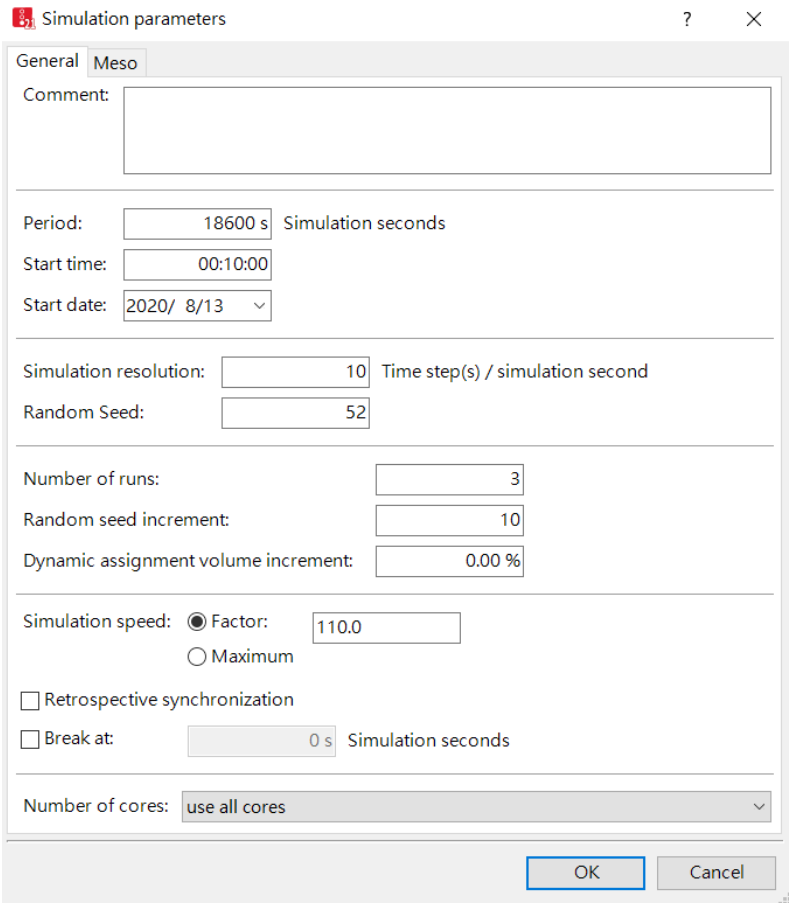


圖 4.2.18 施工情境模擬時間設定

6. 績效蒐集偵測器佈設

於模擬路段上佈設旅行時間偵測器，藉由偵測器蒐集模擬路段旅行時間如圖 4.2.19 所示，並以旅行時間除上建模長度計算路段速率，做為後續驗證使用。表 4.2-12 施工模式情境設定參數表為本計畫針對施工模擬模式所設定之參數資料項目，圖 4.2.20 為施工模擬環境。

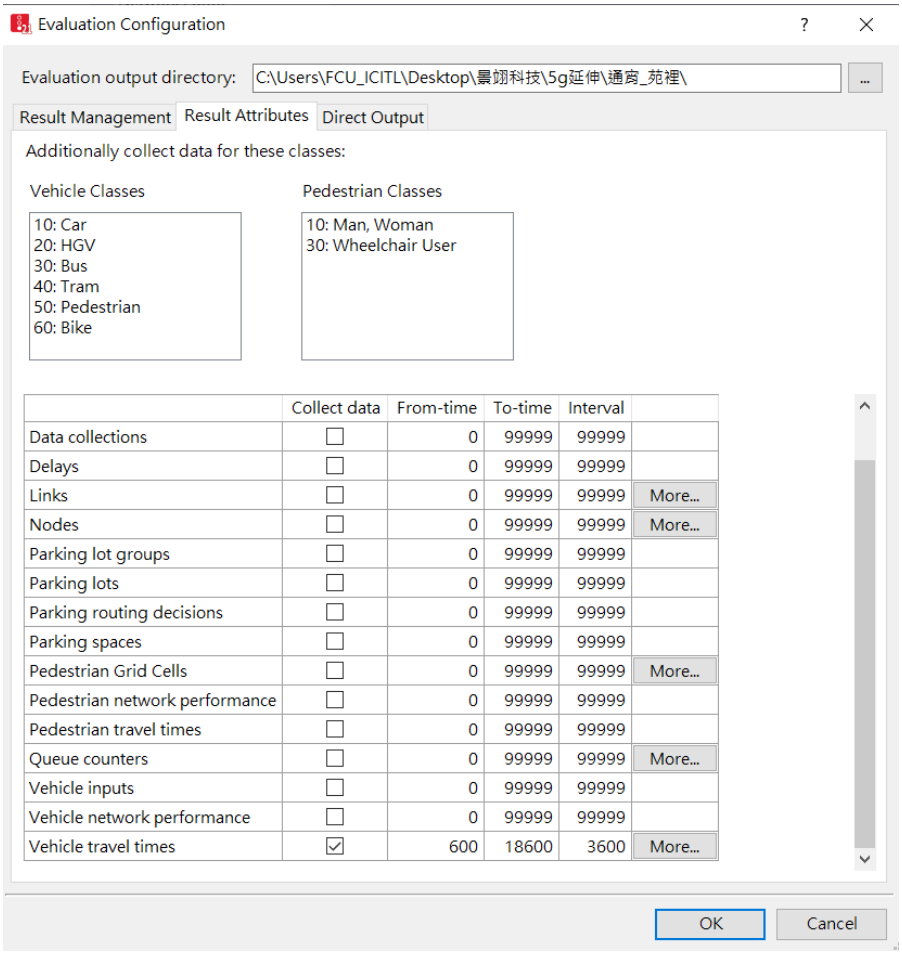


圖 4.2.19 施工情境偵測器蒐集資料設定

表 4.2-12 施工模式情境設定參數表

參數項目	設定值
Links 路段建構	● 車道數:四車道(包括:路肩) ● 車道寬:高速公路 3.75m；路肩 3m ● 道路型態:高速公路 ● 交通安全管制區中五大區段長度(前置警示區段、前漸變區段、緩衝區段、施工區段、後漸變區段) ● 車種禁行:一般路段路肩不開放，最內側車道大客車禁行，工區路段開放路肩行駛 ● 路段建模長度:9 公里
Vehicle compositions 車種比例	● 小客車為 0.8 ● 大型車為 0.2
Vehicle Input 模擬總流量	● 13:00~14:00(0~3,600 秒): 1,456 部 ● 14:00~15:00(3,600~7,200 秒): 1,632 部 ● 15:00~16:00(7,200~10,800 秒): 1.901 部 ● 16:00~17:00(10,800~14,400 秒): 2,158 部 ● 16:00~17:00(14,400~18,000 秒): 2,158 部
Driving Behavior 駕駛行為參數	● 前後車最小安全距離:55m ● 車輛最小停等間距 CC0:2.82m ● 進入跟車行為門檻 CC3:6s ● 靜止狀態下最小側向間距:.0.9m

參數項目	設定值
	● 速率 50kph 最小側向間距:1.5m
Desired Speed Distributions 期望速限分布	● 小型車:110km/h (100km/h~120km/h)、大型車: 100km/h (90km/h~110km/h) ● 小型車:60km/h (55km/h~65km/h)、大型車: 50km/h (45km/h~55km/h)
Simulation seconds 模擬時間	● 五小時(18,000 秒)、熱身時間為 10 分鐘(600 秒)
Vehicle Travel Times 偵測器	● 計算路段速率(距離/旅行時間)



圖 4.2.20 施工情境模擬環境

4.2.5 都市地區道路車流預測模組構建

本期計畫除了針對高速公路工程事件模組進行精進作業外，亦將場域移植到都市地區進行探討。延續上節高速公路工程事件模組建構作法，為建構都市地區於不同交通條件下之施工情境，以瞭解都市地區道路於不同施工情境條件下之車流速率變化，本計畫以 VISSIM 微觀車流模擬軟體針對都市地區道路進行建模，而研究案件為臺中市「惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程」，該施工案件時間為 2019 年 2 月 26 日至 2020 年 12 月 31 日，工程進行時間為每日上午 9:30~16:30，並避開假日、國定假日、道路尖峰時段施工。施工範圍主要針對臺中市環中路三段龍洋橋至朝馬路北上慢車道路如圖 4.2.21 所示，且該路段施工主要縮減環中路三段慢車道 1 公尺做為臨時人行道使用如圖 4.2.22 所示。

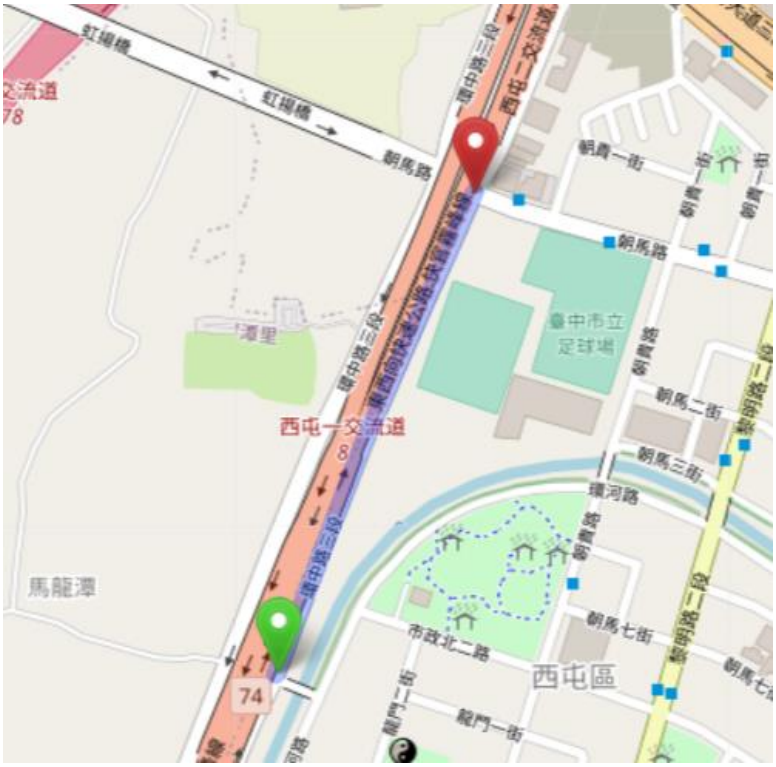


圖 4.2.21 都市地區路段建模範圍

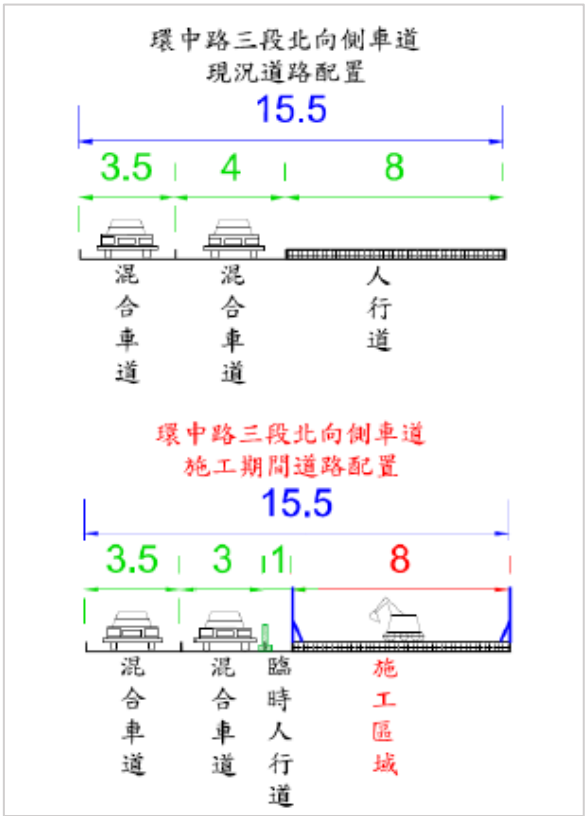


圖 4.2.22 環中路三段車道縮減圖示

本計畫選定「惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程」做為都市地區建模的主要原因為該工程案件資料具備完整性，且建構都市地區施工模式前必須蒐集到非施工狀況下及施工當下之道路幾何資料、號誌時制資料及交通量資

料，方可對都市地區工程案件進行建模，與建構高速公路工程模組不同之處在於都市地區需考量汽機車混流特性，因為臺灣機車在行進間可能會有鑽行行為及號誌前停等區前密集併排、排隊狀況，因此對於都市地區建模所設定之參數及驗證過程格外重要，下方針對都市地區工程事件模組建構內容進行說明，包括：資料蒐集、資料預處理及模式建構。

表 4.2-13 都市地區施工案例所需資料條件

	施工前或施工後(非施工狀態下)	施工中(施工狀況下)
道路幾何	Google map 道路幾何配置蒐集	交維計畫取得
號誌時制	實地調查	交維計畫取得
交通量	VD 資料	VD 資料

一、資料蒐集

為建構都市地區道路工程事件模組，本計畫針對選定之施工案件蒐集非施工狀態下及施工狀態下之道路幾何、號誌時制及交通量資料。道路幾何資料透過 Google map 街景畫面進行蒐集如圖 4.2.23 所示。表 4.2-14 為非施工狀態下環中路三段/市政路至環中路三段/朝馬路北向路段車道配置，做為都市地區施工建模基礎路網，由現況道路幾何資料可知環中路三段慢車道往北方向，在通過市政路後車道數由 4 車道縮減為 3 車道，其中最內側車道為上台 74 線匝道，外側慢車道往北至朝馬路為 2 車道配置。

而施工狀態下之道路幾何資料，則透過惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程交通維持計畫內容，針對環中路三段龍洋橋至朝馬路北上最外側慢車道進行縮減，其最外側混合車道路寬由原本 4 公尺縮減 1 公尺做為臨時人行道使用後變為 3 公尺的混合車道如圖 4.2.22 所示。



資料來源：Google map 街景圖

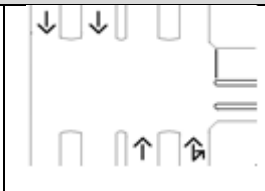
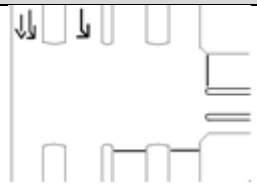
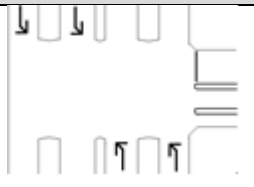
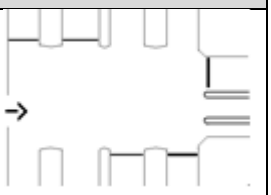
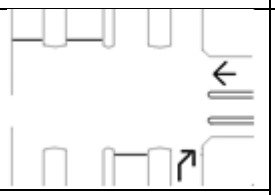
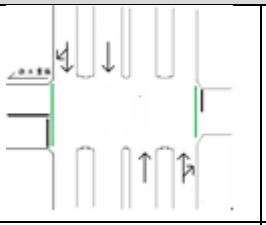
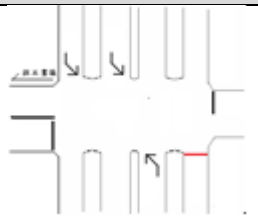
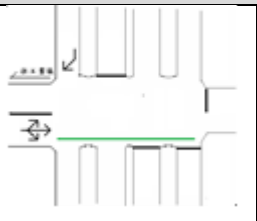
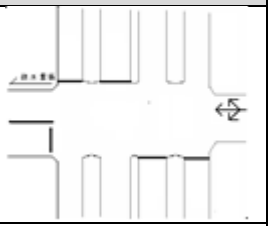
圖 4.2.23 現況環中路三段北向車道配置

表 4.2-14 環中路三段現況道路幾何配置

路名	方向	車道數 (混合車道)	車道寬(M) (由左至右)	起訖點	路段 長度(m)
環中路 三段	往北	4	3.5,3.5,3.5,3.5	環中路三段下匝道 至市政路	145m
		3	3.5,3.5,4	市政路 至環中路三段上匝道	190m
		2	3.5,4	環中路三段上匝道 至朝馬路	715m

針對號誌時制部分，本計畫都市地區建模路段所涵蓋之號誌化交叉口，包括環中路三段/市政路、環中路三段/朝馬路。非施工狀態下之號誌化交叉口時制秒數參照表 4.2-15，而施工狀態下之號誌化交叉口時制秒數則參考惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程交通維持計畫內容調整，如圖 4.2.24 所示。

表 4.2-15 非施工時段路段交叉口時制計畫表

環中路三段/市政路 9:00~16:00 ; 週期 180 ; 時差 120				
分相				
綠燈	45	26	26	10
黃燈	4	3	3	3
全紅	2	2	3	5
分相				
綠燈	40			
黃燈	3			
全紅	5			
環中路三段/朝馬路 9:00~16:00 ; 週期 128 ; 時差 138				
分相				
綠燈	41	29	44	33
黃燈	4	3	4	4
全紅	2	3	6	7

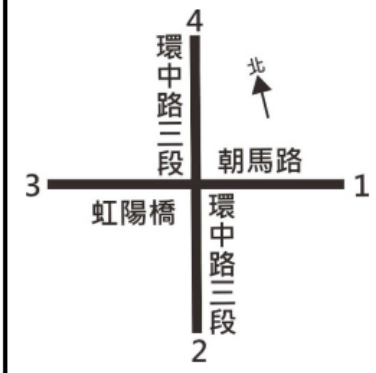
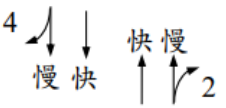
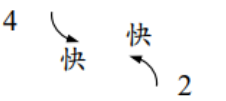
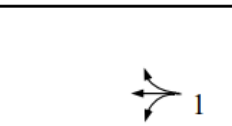
路口	時相	時相簡圖	秒數	週期
	1Ø		綠：42 黃：4 全紅：3	180
	2Ø		綠：30 黃：4 全紅：3	
	3Ø		綠：45 黃：4 全紅：3	
	4Ø		綠：35 黃：4 全紅：3	

圖 4.2.24 施工狀態下之號誌時制

交通量資料部分，藉由臺中市即時交通資訊網中所取得之 VD 資料，做為 VISSIM 總流量(每小時到達車輛數)的輸入依據。本計畫蒐集之 VD 資料範圍位於環中路三段北上慢車道上如表 4.2-16，VD 位置恰好介於「惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程」施工案件之間，因而蒐集 2021 年 9 月 7 日 9:00~16:00 非施工狀態下之資料以及 2019 年 9 月 10 日 9:00~16:00 施工狀態下之資料，圖 4.2.25 為 VD 資料原始型態。

表 4.2-16 VD 資料蒐集範圍

位置	VD 編號	偵測方向	方向
環中路三段 (市政南一路-市政路)	V115901	市政路-環中路橋外慢車道 (往北)	N
環中路三段 (朝馬路(虹揚橋)-臺灣大道三段)	V069201	環中路-朝馬路橋外慢車道 (往北)	N

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	deviceId	datetime	laneOrder	bigVolum	bigSpeed	bigSpeedC	carVolum	carSpeed	carSpeedC	motorVol	motorSpe	motorSpe	avgSpeed	avgSpeedC	laneOccup	laneOccup	totalVolun
2	V069201	2021/09/0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	1	0	0	6	1	3
3	V069201	2021/09/0	0	2	3	1	17	18	2	29	12	2	13	2	34	2	48
4	V069201	2021/09/0	0	0	0	0	11	14	2	11	11	1	10	2	25	2	22
5	V069201	2021/09/0	0	1	18	1	7	14	2	15	15	2	5	2	16	2	23
6	V069201	2021/09/0	0	0	0	0	4	10	2	16	17	1	4	2	33	2	20
7	V069201	2021/09/0	0	2	15	1	8	13	2	12	13	1	9	2	40	2	22
8	V069201	2021/09/0	0	4	14	2	9	19	1	73	15	2	6	1	37	2	86
9	V069201	2021/09/0	0	4	27	1	17	16	2	124	18	2	14	2	47	2	145
10	V069201	2021/09/0	0	2	5	1	38	14	2	67	18	2	12	2	58	2	107
11	V069201	2021/09/0	0	7	21	2	54	16	2	158	18	2	15	2	55	2	219
12	V069201	2021/09/0	0	17	14	2	64	15	2	155	22	2	14	2	57	2	236
13	V069201	2021/09/0	0	24	16	2	85	15	2	152	21	2	15	2	59	2	261
14	V069201	2021/09/0	0	14	20	2	60	16	2	152	19	2	16	2	63	2	226
15	V069201	2021/09/0	0	13	13	2	81	16	2	151	16	2	17	2	66	2	245
16	V069201	2021/09/0	0	14	12	2	53	14	2	133	13	2	13	2	71	2	200
17	V069201	2021/09/0	0	9	20	1	71	15	2	181	15	2	14	2	65	2	261
18	V069201	2021/09/0	0	12	15	2	94	15	2	279	18	2	15	2	68	2	385
19	V069201	2021/09/0	0	19	14	2	194	14	2	633	23	2	16	2	65	2	846
20	V069201	2021/09/0	0	5	20	2	94	13	2	406	18	2	15	2	65	2	505
21	V069201	2021/09/0	0	4	13	1	70	14	2	283	15	2	14	2	69	2	357
22	V069201	2021/09/0	0	5	25	2	57	14	2	235	16	2	14	2	63	2	297

圖 4.2.25 VD 資料原始型態

二、資料預處理

上述道路幾何、號誌資料、交通量資料蒐集完畢後，針對 VD 交通量資料進行資料預處理階段，計算加權平均速率及總流量，最後產出資料集做為 VISSIM 輸入應用。臺中市即時交通資訊中之 VD 資料為一小時一筆之型態如圖 4.2.26 所示。因此，針對研究範圍之環中路三段/市政路、環中路三段/朝馬路計算各時段總流量做為模式輸入參數，加權平均速率做為後續驗證使用，彙整結果如表 4.2-17。

deviceId	datetime	laneOrder	bigVolum	bigSpeed	bigSpeedC	carVolum	carSpeed	carSpeedC	motorVolume	motorSpe	motorSpe	avgSpeed	avgSpeedC	laneOccup	laneOccup
V069201	2021/09/07 0900	0	8	10	1	38	12	2	166	23	2	11	2	48	2
V069201	2021/09/07 1000	0	19	20	2	67	16	2	155	19	2	16	2	49	2
V069201	2021/09/07 1100	0	23	14	2	74	13	2	128	17	2	13	2	62	2
V069201	2021/09/07 1200	0	19	15	2	82	15	2	172	20	2	15	2	65	2
V069201	2021/09/07 1300	0	13	10	2	97	14	2	160	19	2	14	2	62	2
V069201	2021/09/07 1400	0	16	15	2	66	15	2	152	18	2	15	2	65	2
V069201	2021/09/07 1500	0	14	12	1	65	15	2	147	14	2	14	2	65	2

圖 4.2.26 朝馬路 VD 資料樣態

表 4.2-17 都市地區參數資料範例彙整

時間	流量(VD 資料)				平均速率
	總流量	大車	小車	機車	
9:00~10:00	212	8	38	166	20.54
10:00~11:00	241	19	67	155	18.24
11:00~12:00	225	23	74	128	15.38
12:00~13:00	273	19	82	172	18.15
13:00~14:00	270	13	97	160	16.77
14:00~15:00	234	16	66	152	16.95
15:00~16:00	226	14	65	147	14.16

三、模式構建

(一) 都市地區非施工模式建構流程

為建構都市地區施工事件模式，本計畫先建構都市地區非施工模式為基礎路網後，再調整為施工模式情境路網。以惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程內容，針對環中路三/市政路至環中路三段/朝馬路建構非施工情境之交通模擬環境，過程中以八大功能建構，如圖 4.2.27 所示，透過 Links 功能建立非施工情境路段，當中包括車道數、車道寬、車種禁行、道路型態等，再以事前蒐集之交通量資料設定車種比例(Vehicle Compositions)及各時段總流量(Vehicle Input)，由於都市地區需考量機車鑽行、停等併排之特性，因此會調整相關機車駕駛行為參數，期望速限分佈(Desired Speed

Distributions)調整車種模擬速限及模擬路段速限分佈，再設定號誌秒數及號制燈頭設定(Signal Control)，最後設定模擬時間與偵測器蒐集模擬速率進行模式後續驗證動作，建立過程說明如下。

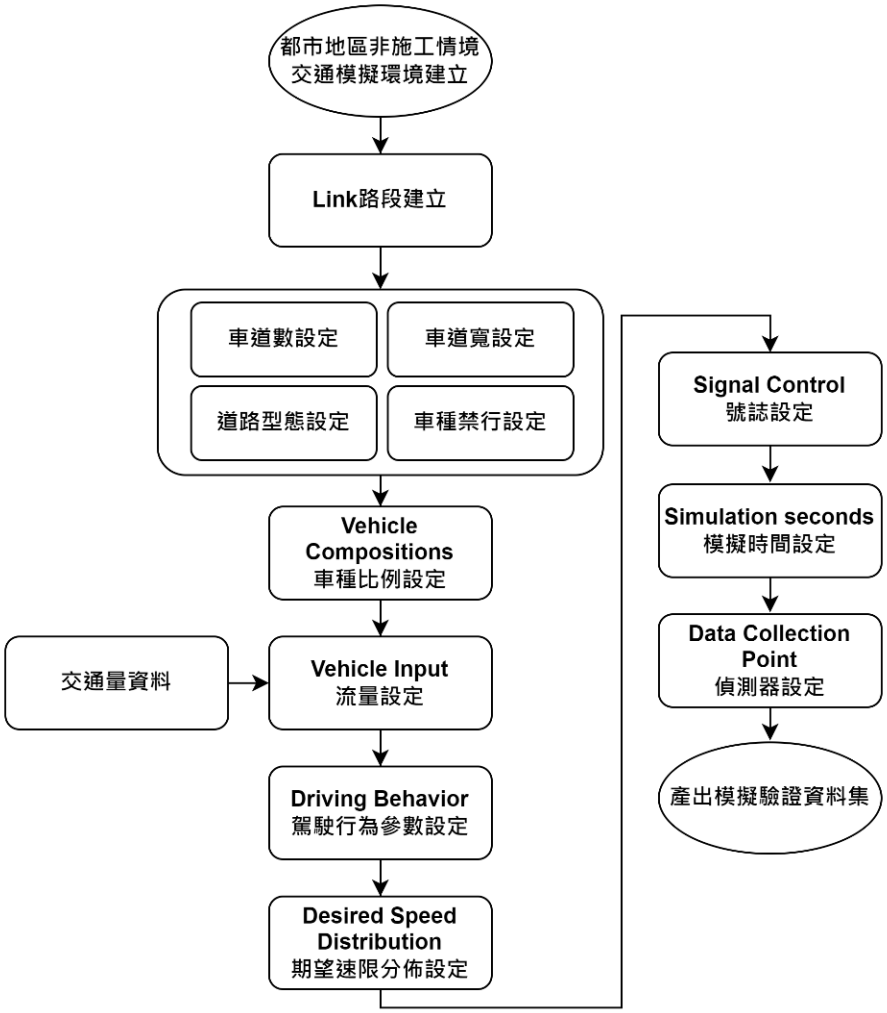


圖 4.2.27 都市地區非施工模式構建流程

1. 以 Link 功能建立非施工情境路段

都市地區非施工模式建模以 2021 年 9 月 7 日 9:00~16:00 環中路三段/市政路至環中路三段/朝馬路北向慢車道路段為例，如圖 4.2.28 所示，該案例建模總長度為 1.3 公里。

路段建置完成設定道路型態為都市地區；環中路三段由市政路至朝馬路由原 4 車道縮減為 2 車道道路，因此慢車道內側寬皆為 3.5 公尺，最外側為 4 公尺，如圖 4.2.29。

2. 車種比例與流量設定

透過車種組成(Vehicle Compositions)功能介面設定各車種比例，利用先前蒐集 2021 年 9 月 7 日 9:00-16:00 非施工時段資料集表 4.2-18，將各

車種總數量輸入如圖 4.2.30，並於(Vehicle Input)功能介面中輸入每小時之模擬總流量值，如圖 4.2.31。



圖 4.2.28 都市地區建模路段

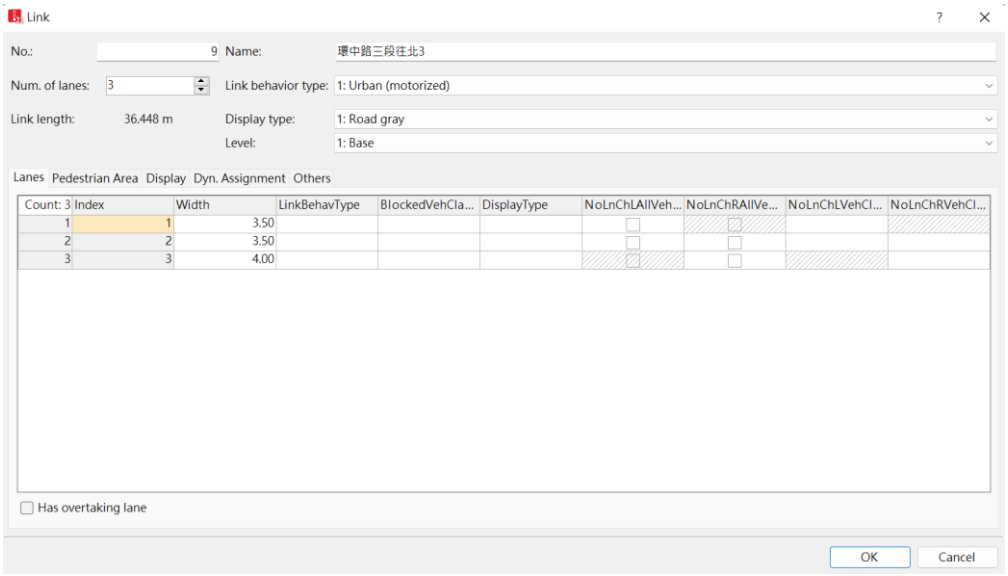
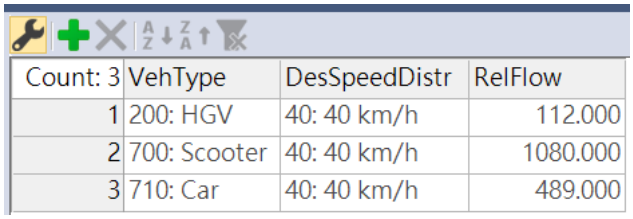


圖 4.2.29 環中路三段北向慢車道路寬設定

表 4.2-18 非施工時段資料集

時間	流量(VD 資料)				平均速率
	總流量	大車	小車	機車	
9:00~10:00	212	8	38	166	20.54
10:00~11:00	241	19	67	155	18.24
11:00~12:00	225	23	74	128	15.38
12:00~13:00	273	19	82	172	18.15
13:00~14:00	270	13	97	160	16.77
14:00~15:00	234	16	66	152	16.95
15:00~16:00	226	14	65	147	14.16



Count: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	200: HGV	40: 40 km/h	112.000
2	700: Scooter	40: 40 km/h	1080.000
3	710: Car	40: 40 km/h	489.000

圖 4.2.30 各車種數數量設定

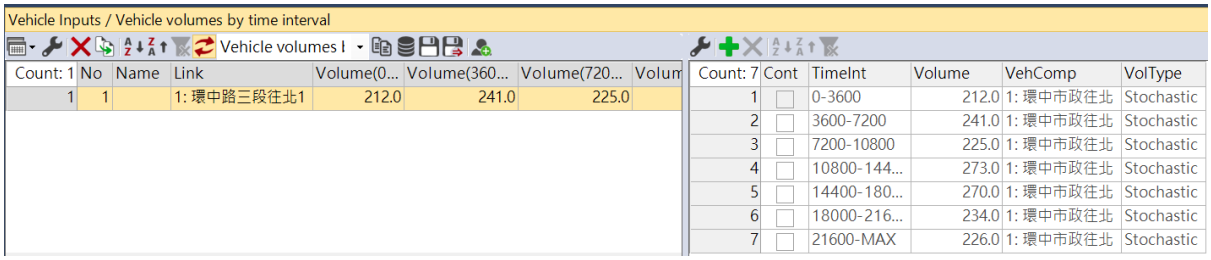


圖 4.2.31 每小時總流量輸入(連續模擬)

3. 駕駛行為參數設定

透過 VISSIM 駕駛行為(Driving Behavior)的參數，可調整的包含縱向間距參數、跟車行為參數、車道變換參數和橫向間距參數，呈現前後車車距、車輛加減速等交織之行為。由於都市地區考量到機車有紅燈併排停等、鑽行等駕駛行為，因此於 VISSIM 設定上針對機車橫向間距進行調整，內容如圖 4.2.32 所示。

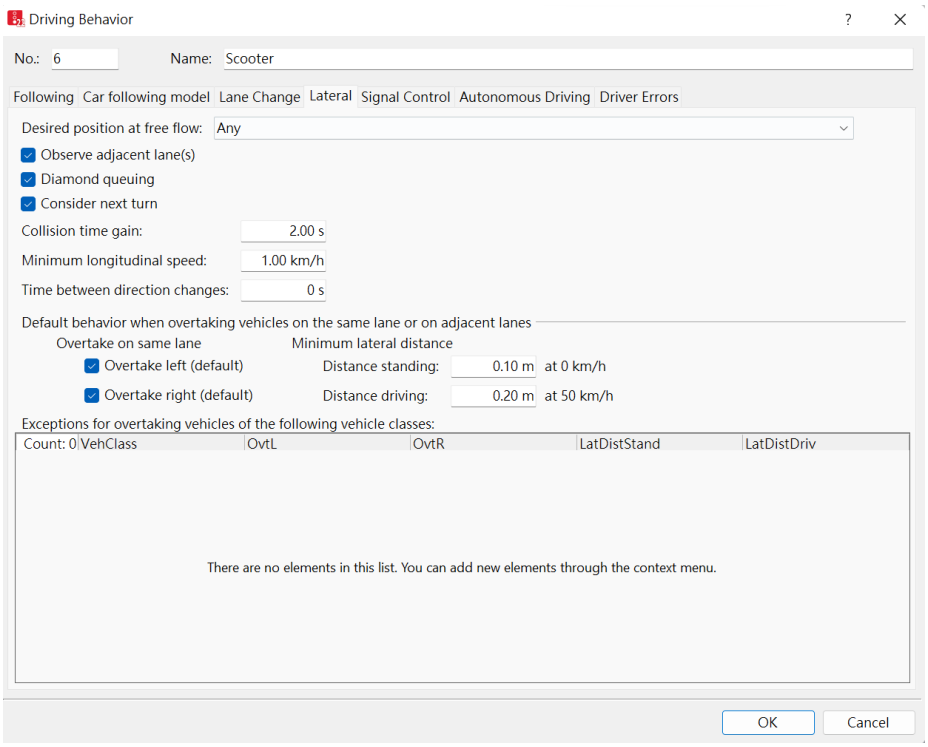


圖 4.2.32 機車橫向間距設定

4. 期望速限分佈設定

透過 VISSIM 基本資料(Base Data)中的期望速限分布(Desired Speed Distributions)參數控制車輛速限分佈。在都市地區非施工模式中，環中路三段/市政路至環中路三段朝馬路慢車道路段速限為 40kn/h，因此設定速率設定為 40kn/h 情況下，其車輛速率分佈可介於 45~55 km/h 間，如圖 4.2.33 所示。

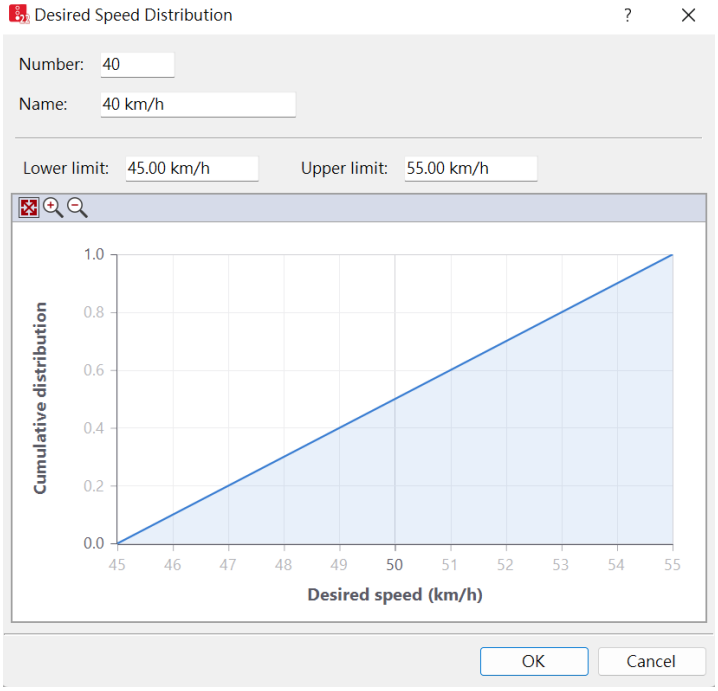


圖 4.2.33 速限分佈設定

5. 號誌設定

藉由號誌控制(Signal Control)，針對非施工情境之號誌週期、時比、時差進行設定，該施工案件路段上設置兩處號誌，分別為環中路三段/市政路及環中路三段/朝馬路如圖 4.2.34 及圖 4.2.35。由現況蒐集之非施工號制資料，進行秒數設定。

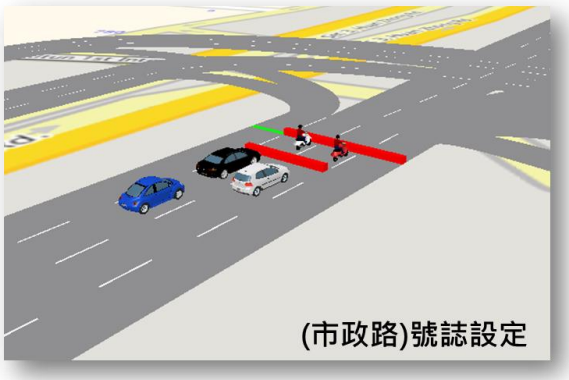


圖 4.2.34 環中路三段/市政路號誌設定

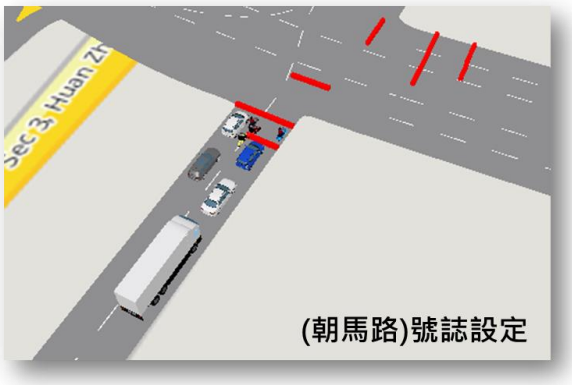


圖 4.2.35 環中路三段/朝馬路號誌設定

6. 總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定施工模擬時間為七小時(25,500 秒)、熱身時間為 5 分鐘(300 秒)、模擬日期為 2021 年 9 月 7 日 9:00-16:00 非施工時段，如圖 4.2.36 所示。

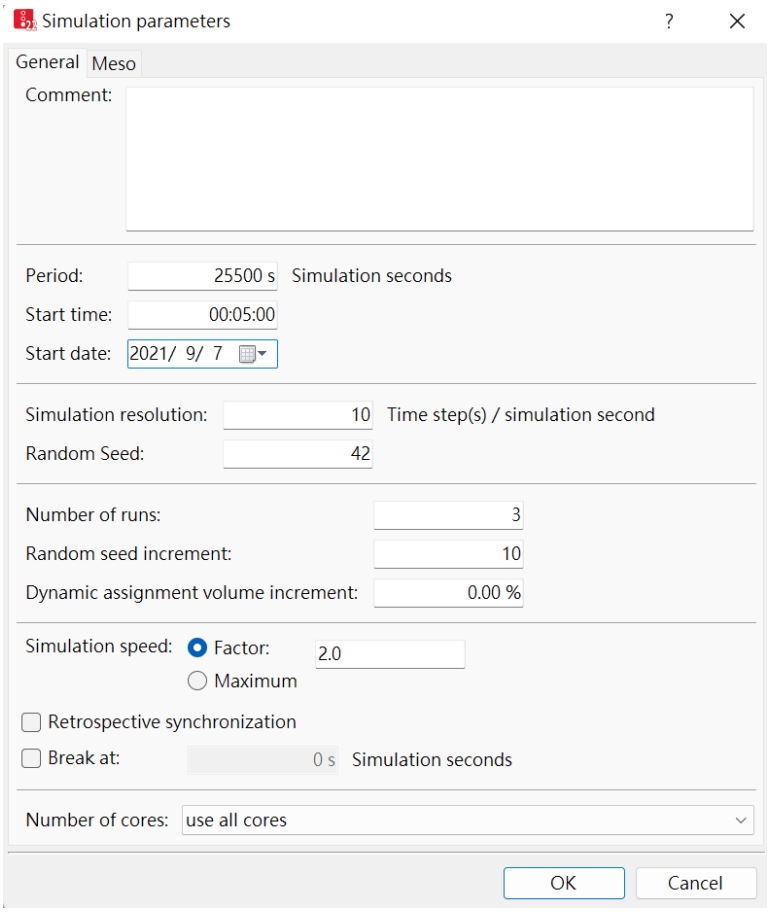


圖 4.2.36 非施工情境模擬時間設定

7. 績效偵測器佈設

於模擬路段上佈設 Data Collection Point 偵測器，藉由偵測器蒐集模擬速率如圖 4.2.37，做為後續驗證使用。本計畫都市地區非施工模擬情境

所設定之參數項目如表 4.2-19。

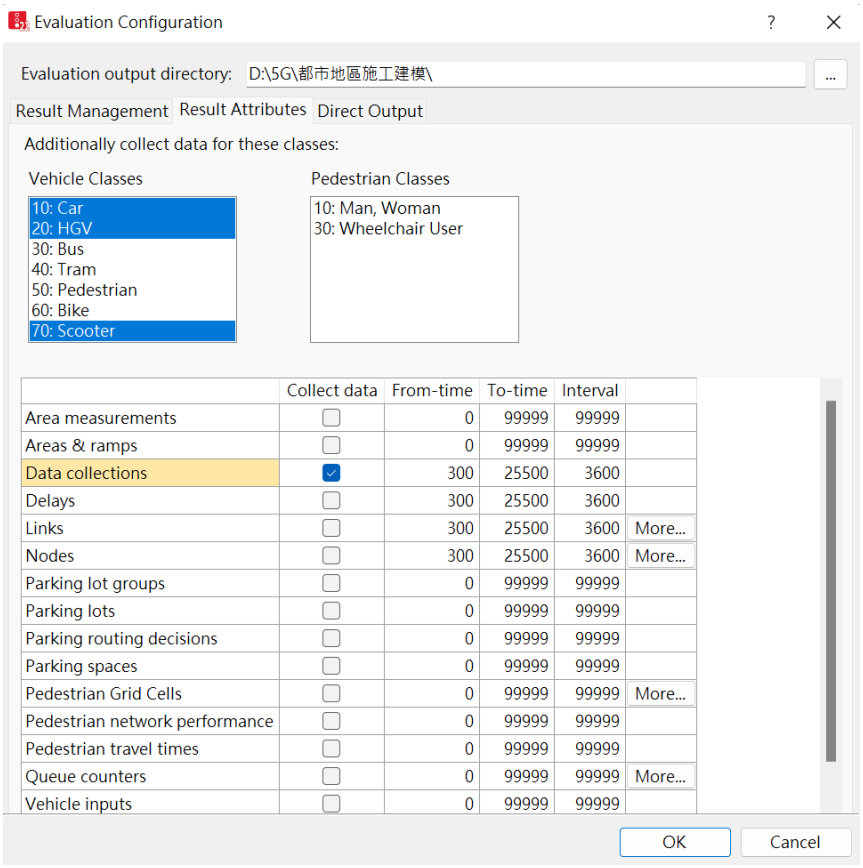


圖 4.2.37 非施工情境偵測器設定

表 4.2-19 都市地區非施工情境設定參數表

參數項目	設定值
Links 路段建構	● 車道數:環中路三段/市政路四車道、環中路三段/朝馬路二車道 ● 車道寬:內側皆 3.5m、外側 4m ● 道路型態: 都市地區 ● 路段建模長度:1.3 公里
Vehicle compositions 車種比例(總數)	● 大車:112 輛 ● 小車: 489 輛 ● 機車:1080 輛
Vehicle Input 模擬總流量	● 9:00~10:00(300~3,900 秒): 212 部 ● 10:00~11:00(3,900~7,500 秒): 241 部 ● 11:00~12:00(7,200~11,100 秒): 225 部 ● 12:00~13:00(11,100~14,700 秒): 273 部 ● 13:00~14:00(14,700~18,300 秒): 270 部 ● 14:00~15:00(18,300~21,900 秒): 234 部 ● 15:00~16:00(21,900~25,500 秒): 226 部
Driving Behavior 駕駛行為參數	● 機車鑽行行為(Overtake left/right) ● 併排間距(Lateral distance standing/driving)
Desired Speed Distributions 期望速限分布	● 40km/h(45km/h~55km/h)

參數項目	設定值
Signal Control 號誌設定	● 週期、時比、時差
Simulation seconds 模擬時間	● 七小時(25,500 秒)、熱身時間為 5 分鐘(300 秒)
Data Collection Point 偵測器	● 蒐集現點速率

(二) 都市地區道路施工模式建構流程

藉由上述建構完都市地區非施工情境基礎路網後，針對基礎路網進行驗證，而驗證結果於 4.2.6 節進行說明。將通過驗證之非施工情境調整為施工情境路網。因此，本計畫都市地區施工情境主要調整環中路三段龍洋橋至朝馬路北上慢車道路段最外側路寬及施工時段之號制秒數等內容，該路段最外側路寬由原 4 尺，縮減為 3 公尺如圖 4.2.22 所示，而號誌秒數則由惠來溪交維計畫中所提供。施工情境模式建構主要透過八大功能建立，如圖 4.2.38。透過 Links 功能建立施工情境路段，包括車道數、車道寬、車種禁行、道路型態、施工管制長度設定等，再以事前蒐集之交通量資料設定車種比例(Vehicle Compositions)及各時段總流量(Vehicle Input)，由於都市地區需考量機車鑽行、停等併排之特性，因此會調整相關機車駕駛行為參數，期望速限分佈(Desired Speed Distributions)調整車種模擬速限及模擬路段速限分佈，再設定號誌秒數及號制燈頭設定(Signal Control)，最後設定模擬時間與偵測器蒐集模擬速率進行模式後續驗證動作，施工情境調整內容說明如下。

1. 以 Link 功能建立非施工情境路段

為建構都市地區施工情境，本計畫選定惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程做為施工建模案件，該施工範圍為環中路三段環中路三段龍洋橋至朝馬路北上慢車道路段，施工期縮減環中路三段北向慢車道道路 1 公尺做為人行道使用如圖 4.2.39，且施工時間為 2019 年 2 月 26 日至 2020 年 12 月 31 日 9:00~16:30 日間施工，工區全日佔用。在 Links 建構施工模擬路段時，參考惠來溪交維計畫佈設內容，針對之施工管制長度進行設定，包括施工區長度 300 公尺、前至警示區段建變速限設定等，該施工案件建模總長為 1.3 公里。

路段建置完成後，設定道路型態為都市地區，環中路三段至龍洋橋前內側慢車道車道寬為 3.5m、外側車道寬為 4m，過龍洋橋後因外側車道縮減 1m，車道寬變為為 3m，車種進行條件該路段慢車道為混合車道因此開放所有車種行駛，路段設定如圖 4.2.40 所示。

2. 車種比例與總流量設定

透過車種組成(Vehicle Compositions)功能介面設定各車種比例，利用先前蒐集 2019 年 9 月 10 日 9:00-16:00 施工時段資料集表 4.2-20，將各車種總數量輸入如圖 4.2.41，並於(Vehicle Input)功能介面中輸入每小時之模擬總流量值如圖 4.2.42。

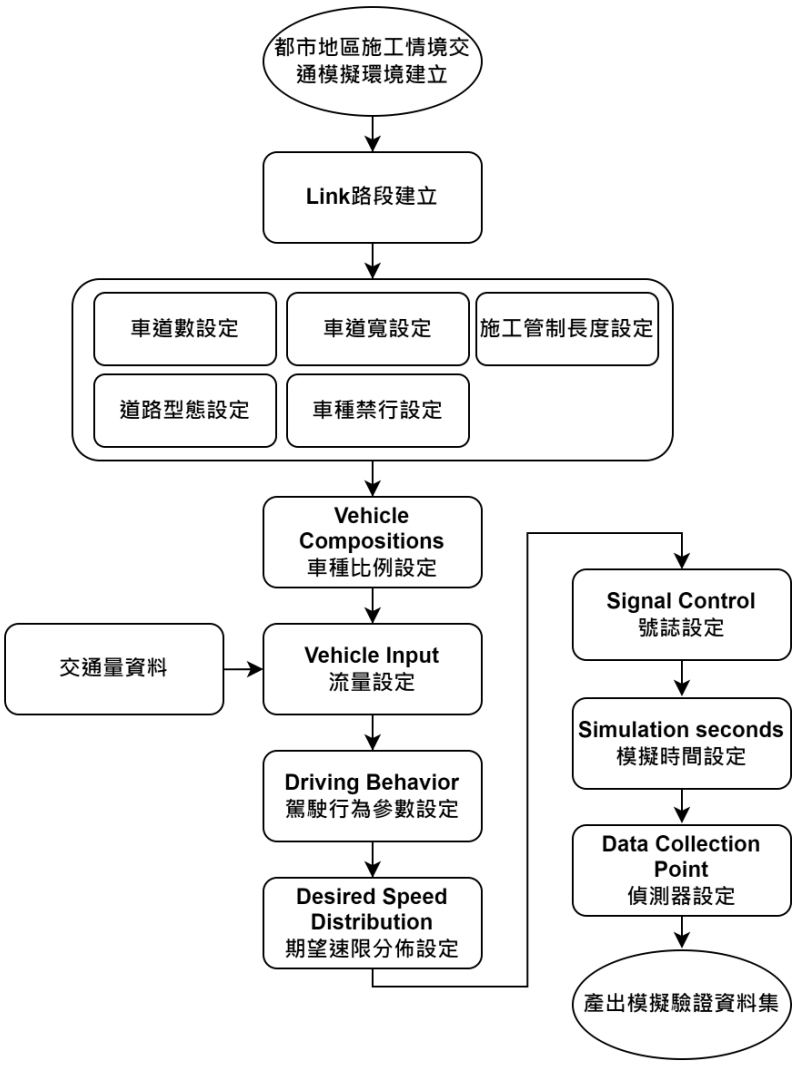


圖 4.2.38 施工情境模擬流程

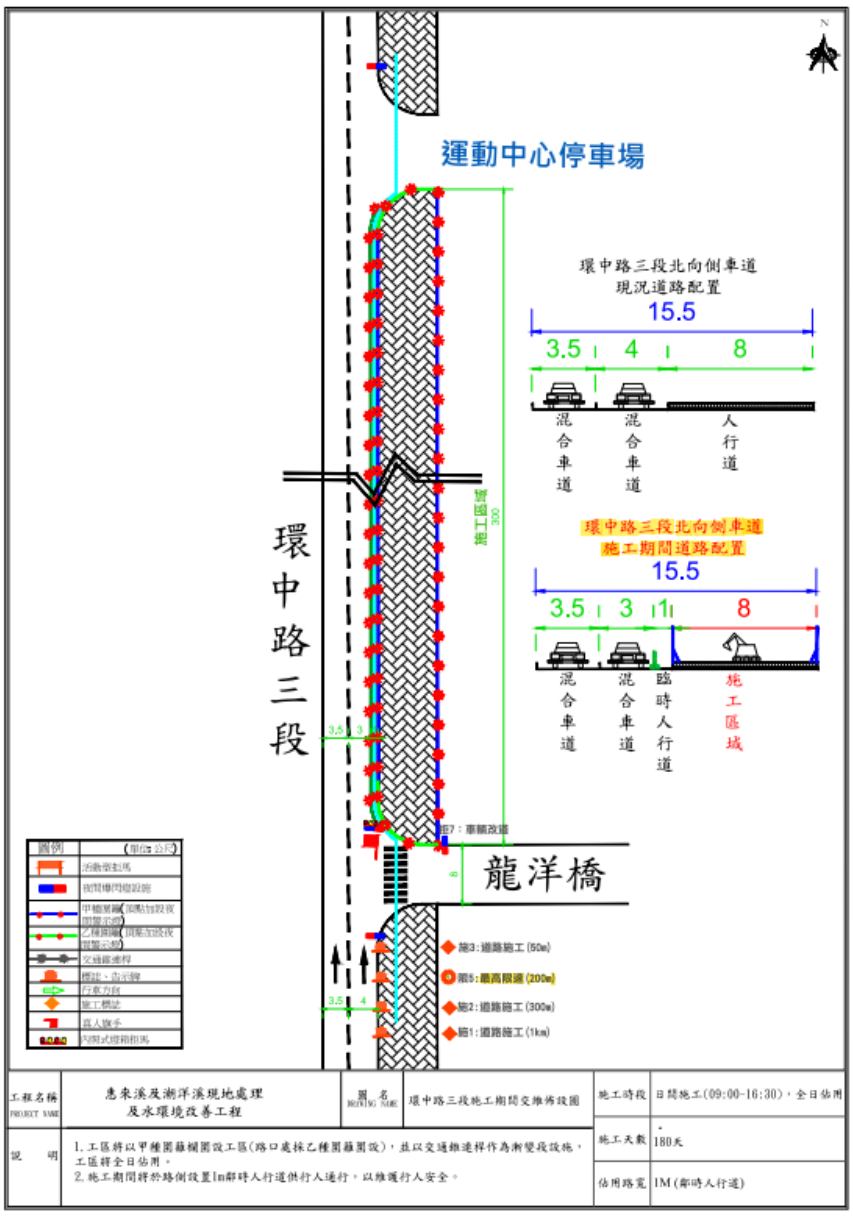


圖 4.2.39 惠來溪施工交維佈設圖

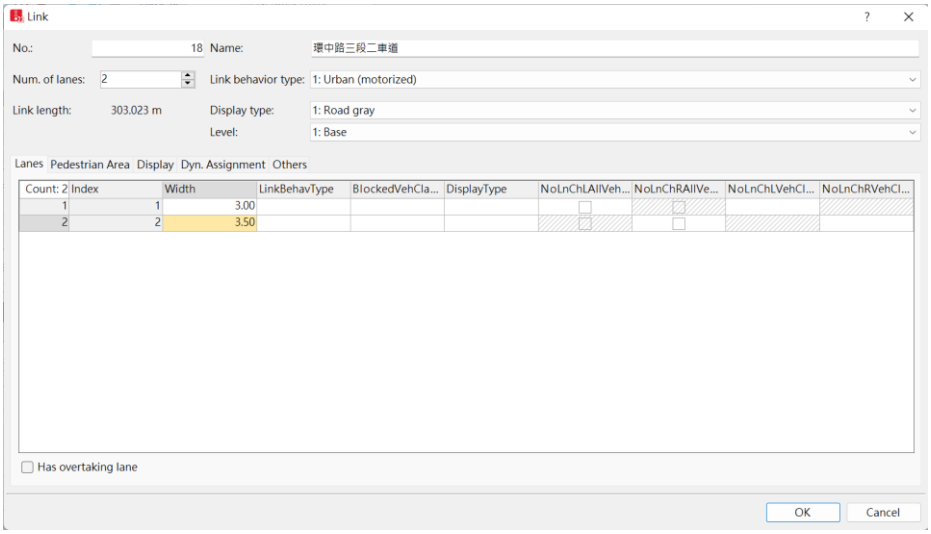
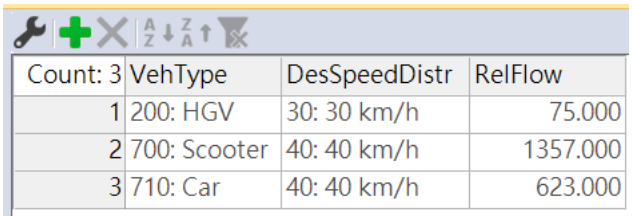


圖 4.2.40 環中路三段施工路段長度設定

表 4.2-20 施工時段資料集

時間	流量(VD 資料)				平均速率
	總流量	大車	小車	機車	
9:00~10:00	41	1	12	28	7.05
10:00~11:00	344	11	81	252	6.13
11:00~12:00	324	10	95	219	6.74
12:00~13:00	341	15	117	209	6.66
13:00~14:00	324	12	119	193	6.82
14:00~15:00	324	8	90	226	6.33
15:00~16:00	357	18	109	230	5.92



Count: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	200: HGV	30: 30 km/h	75.000
2	700: Scooter	40: 40 km/h	1357.000
3	710: Car	40: 40 km/h	623.000

圖 4.2.41 施工情境各車種數數量設定

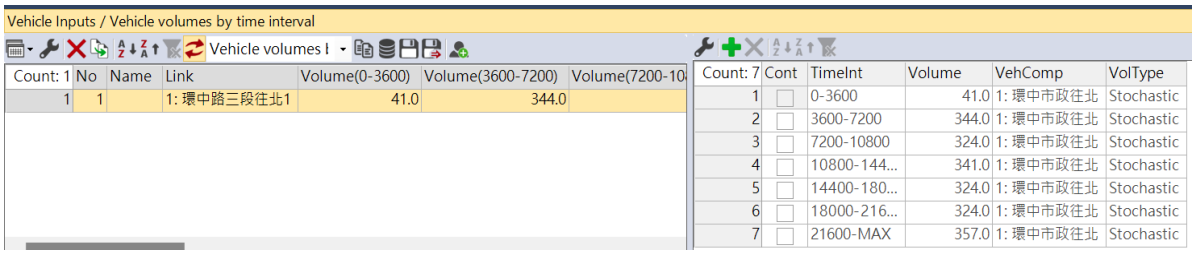


圖 4.2.42 施工情境每小時總流量輸入(連續模擬)

3. 駕駛行為參數設定

透過 VISSIM 駕駛行為(Driving Behavior)的參數，可調整的包含縱向間距參數、跟車行為參數、車道變換參數和橫向間距參數，呈現前後車車距、車輛加減速等交織之行為。由於都市地區考量到機車有紅燈併排停等、鑽行等駕駛行為，因此於 VISSIM 設定上針對機車橫向間距進行調整，此步驟設定之駕駛行為內容與前述都市地區非施工情境建模設定相同，如圖 4.2.32 所示。

4. 期望速限分佈設定

透過 VISSIM 基本資料(Base Data)中的期望速限分布(Desired Speed Distributions)參數控制車輛速限分佈，圖 4.2.43。在惠來溪交維計畫內容中提到，進入施工區前 200 公尺，工區最高速限為 30km/h，其車輛速率

分布可介於 25~30km/h 間，因此在進入工區前之前至警示區車輛速限可保持 40km/h，直到工區前 200 公尺速限需降至 30km/h 避免車速過快通過工區造成之安全問題。

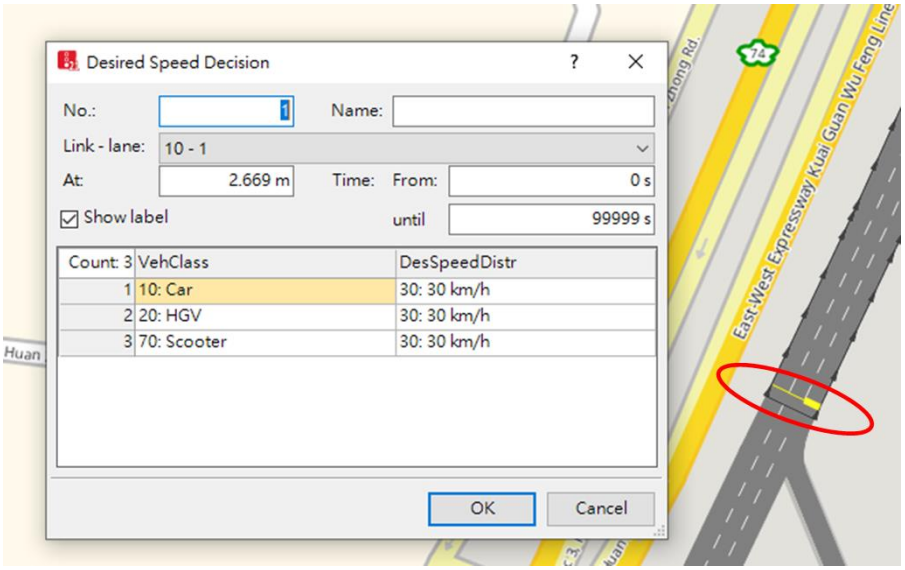


圖 4.2.43 施工區情境速限設定

5. 號誌設定

都市地區藉由號誌控制(Signal Control)設定週期、時比、時差，來控制駕駛人的行為，也避免車輛於交織處所產生之衝突，針對施工情境號制部分，參考惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程內容進行調整，其秒數設定如圖 4.2.44 所示。

6. 總模擬時間設定

透過 Simulation Seconds 功能介面設定施工模擬時間為七小時(25,500 秒)、熱身時間為 5 分鐘(300 秒)、模擬日期為 2019 年 9 月 10 日 9:00-16:00 施工時段，如圖 4.2.44 所示。

7. 績效偵測器佈設

於模擬路段上佈設 Data Collection Point 偵測器，藉由偵測器蒐集模擬速率如圖 4.2.45，做為後續驗證使用。本計畫都市地區施工模擬情境所設定之參數項目如表 4.2-21。

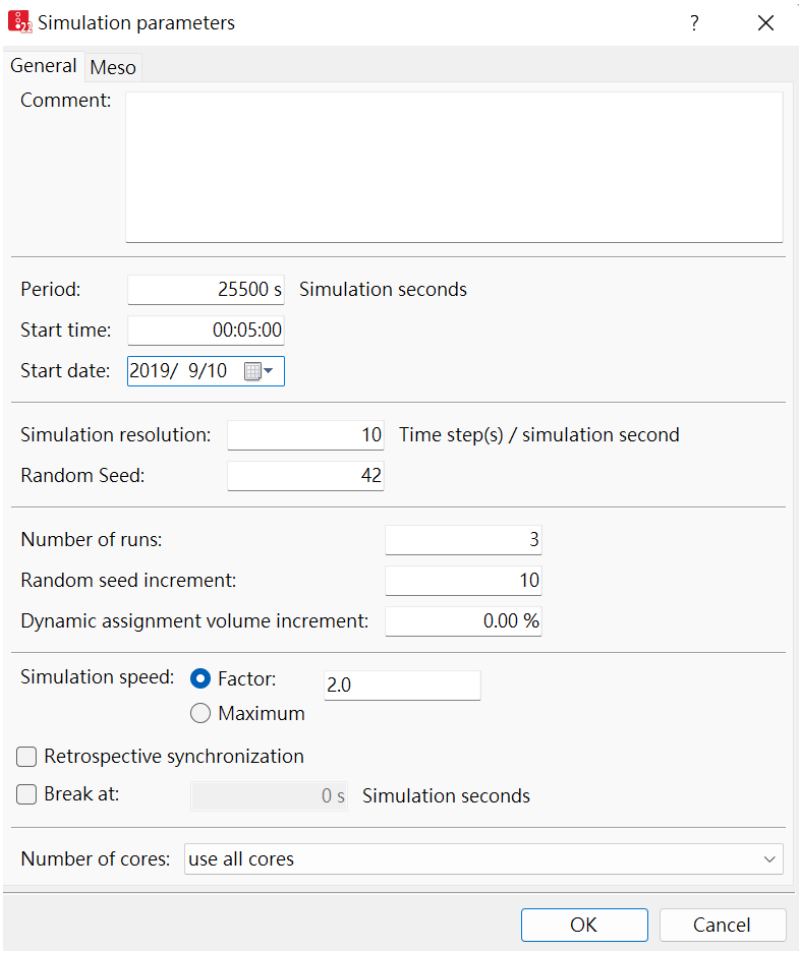


圖 4.2.44 施工情境模擬時間設定

表 4.2-21 都市地區施工情境設定參數表

參數項目	設定值
Links 路段建構	● 車道數:環中路三段/市政路四車道、環中路三段/朝馬路二車道 ● 車道寬:內側皆 3.5m、外側 3m ● 道路型態: 都市地區 ● 路段建模長度:1.3 公里
Vehicle compositions 車種比例(總數)	● 大車:75 輛 ● 小車:623 輛 ● 機車:1357 輛
Vehicle Input 模擬總流量	● 9:00~10:00(300~3,900 秒): 41 部 ● 10:00~11:00(3,900~7,500 秒): 344 部 ● 11:00~12:00(7,200~11,100 秒): 324 部 ● 12:00~13:00(11,100~14,700 秒): 341 部 ● 13:00~14:00(14,700~18,300 秒): 324 部 ● 14:00~15:00(18,300~21,900 秒): 324 部 ● 15:00~16:00(21,900~25,500 秒): 357 部

參數項目	設定值
Driving Behavior 駕駛行為參數	● 機車鑽行行為(Overtake left/right) ● 併排間距(Lateral distance standing/driving)
Desired Speed Distributions 期望速限分布	● 施工路段 30km/h(25km/h~30km/h) ● 離開施工路段 40km/h(35km/h~45km/h)
Signal Control 號誌設定	● 週期、時比、時差
Simulation seconds 模擬時間	● 七小時(25,500 秒)、熱身時間為 5 分鐘(300 秒)
Data Collection Point 偵測器	● 偵測現點速率

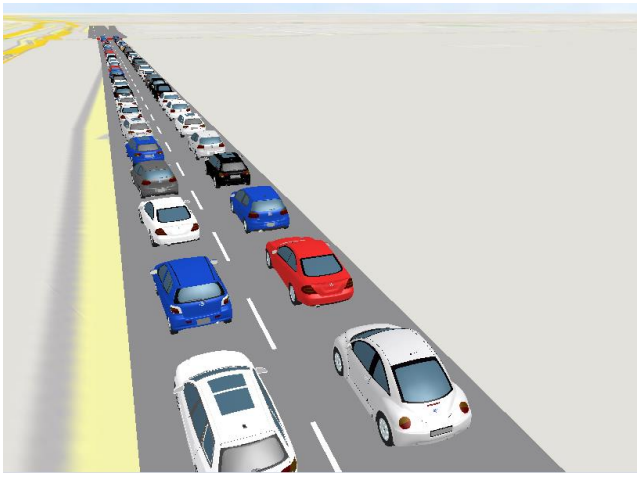


圖 4.2.45 都市地區施工情境模擬環境

4.2.6 實證分析

本節實證分析主要評估模式驗證過程，分為高速公路工程事件模擬模式及都市地區工程事件模擬模式驗證二大部份。而評估方式參酌 Lewis 於 1982 提出之 MAPE 預測能力量表，針對模擬速率進行評估。在 MAPE 準則方面，當 MAPE 值小於 10%表示預測能力極佳；介於 10%～20%表示優良；20%～50%表示合理；超過 50%表示不準確，根據計算預測值與實際值之平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)衡量模擬之結果。

一、高速公路工程事件模擬模式驗證

本計畫以 VISSIM 微觀車流模擬軟體，針對高速公路施工事件進行建模，其旅行時間偵測器佈設位置與 ETC 門架位置相同，因此所得之路段平均速率透過 ETC 實際資料做為驗證。本計畫施工模式驗證時段為 13:00~18:00 連續施

工五小時，表 4.2-22~表 4.2-25 為高速公路施工模擬模式三次驗證及平均驗證結果，其三次驗證整體 MAPE 分別為 16.17%、19.05%、21.77%，平均驗證 MAPE 為 18.53%，表示以整體而言 MAPE 落於優良~合理範圍內。

以各別小時驗證而言，在施工時段最後一小時之 MAPE 結果已超過 50% 屬於不準確預側，藉由實際施工時段速率資料發現，高公局提前發布之施工資訊中表訂日期為 109 年 8 月 13 日，施工時間從 13:00 開始，18:00 結束，但於實際 ETC 資料顯示，路段速率因施工開始有明顯變化發生是從 14:00 至 17:00，且最後一小時 17:00~18:00 實際速率為 104.20km/h 已恢復呈穩定車流狀態。高公局所提供之施工時間為施工廠商概估時段，因此無法準得知施工正式開始與結束之時間點，且施工交維佈設與施工廠商進離場時間有關，由於施工管制區域由施工人員於施工時間逐漸佈設交維管制措施，對於路段速率是逐漸影響，離場時的施工也是逐漸恢復，加上 VISSIM 軟體無法連續模擬道路逐漸封閉或者逐漸解除封閉之過程，有鑑於此，本計畫透過 ETC 實際速率資料將施工時段之前後一小時進行比較，發現在 13:00~14:00、17:00~18:00 施工時段與 12:00~13:00、18:00~19:00 未施工之速率相當接近，依此判定最後一小時已提早結束施工，恢復正常車流狀態，考量表訂資料施工時間為 13:00~18:00 下，本計畫後續將模擬施工時段改為 13:00~17:00 共計四小時進行修正。

表 4.2-22 高速公路施工模式第一次(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.19	1.69%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側1、2車道	105.61	102.62	2.83%
14:00~15:00	1,632			89.50	99.12	10.75%
15:00~16:00	1,901			52.90	51.98	1.74%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.44	30.95%
17:00~18:00	2,158			104.20	39.24	62.34%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.54	2.91%
整體 MAPE						16.17%

表 4.2-23 高速公路施工模式第二次(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	102.90	1.97%
13:00~14:00	1,456	封閉二	內側	105.61	100.78	4.57%

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
14:00~15:00	1,632	車道	1、2 車道	89.50	76.53	14.50%
15:00~16:00	1,901			52.90	44.28	16.30%
16:00~17:00	2,158			58.57	39.74	32.15%
17:00~18:00	2,158			104.20	40.51	61.12%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.74	2.72%
整體 MAPE						19.05%

表 4.2-24 高速公路施工模式第三次(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.23	1.66%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側 1、2 車道	105.61	102.38	3.06%
14:00~15:00	1,632			89.50	62.70	29.94%
15:00~16:00	1,901			52.90	41.17	22.17%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.47	30.91%
17:00~18:00	2,158			104.20	39.95	61.66%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.48	2.96%
整體 MAPE						21.77%

表 4.2-25 高速公路施工平均(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.11	1.77%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側 1、2 車道	105.61	101.92	3.49%
14:00~15:00	1,632			89.50	76.72	14.28%
15:00~16:00	1,901			52.90	45.38	14.22%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.21	31.34%
17:00~18:00	2,158			104.20	39.90	61.71%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.58	2.87%
整體 MAPE						18.53%

透過修正施工模擬時間，調整為連續模擬四小時後(13:00~17:00)，可發現表訂最後一小時 17:00~18:00 模擬速率較能符合實際現況，且不論是整體 MAPE 或各別小時MAPE都有改善現象，其模擬三次整體MAPE分別為9.80%、9.02%、6.94%，平均驗證 MAPE 為 7.22%，如表 4.2-26~表 4.2-29 所示。表示以整體而言 MAPE 落於極佳預測範圍內，各別小時之 MAPE 在 13:00~18:00 中

也落於極佳至合理範圍內，以平均 MAPE 驗證結果在 17:00~18:00 為 0.89%。

表 4.2-26 高速公路施工第一次修正(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.19	1.69%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側1、2車道	105.61	102.55	2.89%
14:00~15:00	1,632			89.50	77.82	13.05%
15:00~16:00	1,901			52.90	44.94	15.04%
16:00~17:00	2,158			58.57	39.80	32.04%
17:00~18:00	2,158			104.20	103.19	0.96%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.54	2.91%
整體 MAPE						9.80%

表 4.2-27 高速公路施工第二次修正(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	102.90	1.97%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側1、2車道	105.61	102.47	2.98%
14:00~15:00	1,632			89.50	98.46	10.01%
15:00~16:00	1,901			52.90	45.94	13.16%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.11	31.52%
17:00~18:00	2,158			104.20	103.43	0.74%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.74	2.72%
整體 MAPE						9.02%

表 4.2-28 高速公路施工第三次修正(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.23	1.66%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側1、2車道	105.61	101.59	3.81%
14:00~15:00	1,632			89.50	96.55	7.88%
15:00~16:00	1,901			52.90	53.05	0.28%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.39	31.05%
17:00~18:00	2,158			104.20	103.22	0.94%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.48	2.96%
整體 MAPE						6.94%

表 4.2-29 高速公路施工平均(速率)驗證

表 4.2-29 高速公路施工平均(速率)驗證

時間段	每小時到達交通量	封閉車道數	封閉位置	實際速率(平均)	模擬速率(平均)	MAPE
12:00~13:00	1,420	無封閉	無封閉	104.97	103.11	1.77%
13:00~14:00	1,456	封閉二車道	內側1、2車道	105.61	102.20	3.23%
14:00~15:00	1,632			89.50	89.92	0.47%
15:00~16:00	1,901			52.90	47.72	9.80%
16:00~17:00	2,158			58.57	40.10	31.54%
17:00~18:00	2,158			104.20	103.28	0.89%
18:00~19:00	1,733	無封閉	無封閉	106.64	103.58	2.87%
整體 MAPE						7.22%

本期計畫精進模擬結果與前期計畫結果比較如表 4.2-30 所示，可發現在本期計畫中調整駕駛行為參數、期望速限分布、車種速限分佈等，整體 MAPE 由 12.05%提升至 7.22%改善幅度達 40.06%，各別時段也有明顯提升現象。

表 4.2-30 本計畫與前期模擬結果比較

時間段	每小時到達交通量	實際速率(平均)	前期計畫	本期計畫	前期MAPE	本期MAPE
12:00~13:00	1,420	104.97	104.26	103.11	0.68%	1.77%
13:00~14:00	1,456	105.61	89.82	102.20	14.95%	3.23%
14:00~15:00	1,632	89.50	73.36	89.92	18.03%	0.47%
15:00~16:00	1,901	52.90	48.63	47.72	8.07%	9.80%
16:00~17:00	2,158	58.57	35.25	40.10	39.81%	31.54%
17:00~18:00	2,158	104.20	103.83	103.28	0.36%	0.89%
18:00~19:00	1,733	106.64	104.03	103.58	2.45%	2.87%
整體 MAPE					**12.05%**	**7.22%**

二、都市地區工程事件模擬模式驗證

本期計畫亦針對都市地區進行施工模式建構，再後續驗證過程分為非施工情境與施工情境兩大部分。其偵測器佈設位置與 VD 位置相同，因此所得之現點速率與 VD 資料之實際資料進行驗證。在都市地區非施工模式驗證時段為 9:00~16:00 連續七小時，表 4.2-31 為都市地區非施工模式平均驗證結果，環中路三段/朝馬路整體 MAPE 為 9.51%，可落於極佳預測範圍。以各別小時驗證而言，環中路三段/朝馬路可落於 25%以內，屬於優良~合理範圍。

表 4.2-31 非施工情境環中路三段/朝馬路平均(速率)驗證

時段	每小時到達交通量	模擬速率	實際速率	MAPE
9:00~10:00	212	17.42	20.54	15.19%
10:00~11:00	241	17.96	18.24	1.54%
11:00~12:00	225	17.69	15.38	15.02%
12:00~13:00	273	17.52	18.15	3.47%
13:00~14:00	270	17.70	16.77	5.55%
14:00~15:00	234	17.68	16.95	4.31%
15:00~16:00	226	17.20	14.16	21.47%
整體 MAPE				9.51%

在都市地區施工模式驗證時段同樣為 9:00~16:00 連續七小時，表 4.2-32 為施工情境下環中路三段/朝馬路之驗證結果，整體 MAPE 為 16.56%，可落於極佳~優良預測範圍，以各別小時驗證皆可於 27%以內，落於合理預測範圍之內。

表 4.2-32 施工情境環中路三段/朝馬路平均(速率)驗證

時段	每小時到達交通量	模擬速率	實際速率	MAPE
9:00~10:00	41	5.35	6.70	20.15%
10:00~11:00	344	5.47	6.80	19.56%
11:00~12:00	324	5.47	6.70	18.36%
12:00~13:00	341	5.52	5.80	4.83%
13:00~14:00	324	5.47	6.90	20.72%
14:00~15:00	324	5.67	6.00	5.50%
15:00~16:00	357	5.58	4.40	26.82%
整體 MAPE				16.56%

4.2.7 施工情境速率績效表產製

上述建構完高速公路施工模式及都市地區施工模式後，本計畫瞭解以 VISSIM 建構之施工模式能有良好之模擬效果，因此後續將施工模擬模式以交通模擬實驗設計方式調整總流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子，產製各施工情境下高速公路與都市地區速率績效表，做為後續工程事件模組情境應用。針對高速公路工程事件模組組合，本計畫共產出 740 種情境，針對前述五項控制因子調整項目說明如下。

一、車道數及每小時到達車輛數

針對每小時到達車輛數部分，本計畫以每小時每車道最大容量為2,200(pcphpl)，從 1,000 輛開始，每次模擬增加 500 輛，直到該情境最大容量。而車道數部分因全臺國道車道數以三車道為主，因此建模考慮由二車道至四車道情境。

表 4.2-33 高速公路車道數及每小時到達車輛數模擬情境

車道數	流量(每小時到達車輛數)
二車道	1,000 輛~4,500 輛
三車道	1,000 輛~7,000 輛
四車道	1,000 輛~9,000 輛

二、車道封閉數

與上述車道數因子一併考量，舉例:在建構二車道模型時其封閉車道數最多為封閉一車道情境，並不考量全線封閉狀態，表 4.2-34 為模組設計中車道封閉數情組合。

表 4.2-34 高速公路車道封閉數模擬情境

車道數	車道封閉數
二車道	沒有封閉、封閉一車道
三車道	沒有封閉、封閉一車道、封閉二車道
四車道	沒有封閉、封閉一車道、封閉二車道、封閉三車道

三、施工區長度

施工區長度因子調整由 100 公尺至 300 公尺，參考本計畫所選之案例施工封閉為 300 公尺，因此以封閉 100 公尺之情境開始，每次模擬增加 100 公尺進行組合模擬，分別有 100 公尺、200 公尺、300 公尺，共計 3 種情境。

四、施工區位置

參考交通工程規範中之施工區佈設位置包括，內側車道、外側車道、中間車道，因此在實驗設計之施工區位置因子會建構內側封閉情境、中間車道封閉情境與外側車道封閉情境 3 種情不同情境。

綜上所述，本計畫高速公路工程模組調整五項參數組合共 740 種情境

如表 4.2-35，在模擬時間為 1 小時情況下，偵測施工區下游 500 公尺之路段速率，表 4.2-38、表 4.2-39、表 4.2-40 為高速公路各情境組合模擬績效結果。

表 4.2-35 高速公路工程事件模組組合

	控制因子情境組合				共計
	流量(每小時到達交通量)	車道封閉數	施工區長度	施工區位置	
二車道	8 種	2 種	3 種	2 種	56 種
三車道	13 種	3 種	3 種	3 種	208 種
四車道	17 種	4 種	3 種	3 種	476 種
共計					740 種

針對都市地區工程事件模組組合，同樣調整總流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子，各因子調整內容不同於高速公路，舉例:都市地區道路總流量(每小時到達車輛數)假設每車道每小時最大容量為 1,800 部車，依據不同車道數調整模擬數量，因此若為兩車道情境容量最大 3,600 部車，由 500 部車開始逐次增加 500 模擬，因此將模擬每小時到達車輛為 4,000 部車的狀態。都市地區調整項目說明如表 4.2-36，而都市地區模擬情境共計 652 種情境組合說明如表 4.2-37。

有鑑於此，本計畫都市地區工程模組調整五項參數組合共 652 種情境，在模擬時間為 1 小時情況下，偵測施工下游 150 公尺之路段速率，表 4.2-41 ~表 4.2-43 為都市地區各情境組合模擬績效結果。

表 4.2-36 都市地區調整因子

控制因子	建模設定	模擬範圍
總流量(每小時到達車輛數)	依據車道數調整	◆ 舉例:假設每車道每小時最大容量為 1,800 部車。 ◆ 兩車道情境下容量最大 3,600 部車，由 500 部車開始逐次增加 500 模擬，因此將模擬每小時到達車輛為 4,000 部車的狀態。
車道數	建置 2、3、4 車道	
車道封閉數	不考慮全線封閉	◆ 舉例:兩車道最多封閉一車道
施工區長度	100-300 公尺	◆ 調整施工區路段長度
施工區位置	內、中、外	◆ 調整施工區位置

表 4.2-37 都市地區工程事件模組組合

	控制因子情境組合				共計
	流量(每小時到達交通量)	車道封閉數	施工區長度	施工區位置	
二車道	8 種	2 種	3 種	2 種	56 種
三車道	11 種	3 種	3 種	3 種	176 種
四車道	15 種	4 種	3 種	3 種	420 種
共計					652 種

表 4.2-38 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-4 車道

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道										
1,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	107.21	85.59	85.86	85.59	90.08	84.10	84.86	83.21	69.38	68.90
	200m		88.61	83.43	83.01	87.34	80.96	82.18	81.66	68.33	72.30
	300m		85.85	81.06	80.48	84.75	81.08	79.79	80.00	68.58	71.32
1,500	100m	106.83	85.11	85.36	85.11	89.69	83.36	84.20	82.58	44.98	40.14
	200m		88.15	82.87	82.47	86.93	80.17	81.45	81.00	49.71	38.32
	300m		85.34	80.51	79.87	84.34	80.28	78.97	79.37	47.54	40.63
2,000	100m	106.81	84.75	85.10	84.75	89.50	82.76	83.55	82.12	11.88	13.30
	200m		87.91	82.56	82.10	86.71	79.50	80.68	80.51	12.51	13.86
	300m		85.08	80.17	79.51	84.10	79.65	78.12	78.86	13.28	14.21
2,500	100m	106.61	84.05	84.64	84.05	89.11	81.45	82.51	80.77	9.91	10.38
	200m		87.53	82.02	81.42	86.32	78.05	79.63	79.25	10.19	10.67
	300m		84.67	79.62	78.87	83.68	78.30	77.05	77.53	10.92	10.95
3,000	100m	106.25	83.22	83.82	83.22	88.46	74.32	53.01	70.72	9.42	9.29
	200m		86.68	81.16	80.51	85.58	70.05	58.81	70.99	9.66	9.64
	300m		83.85	78.69	78.00	83.03	72.37	52.35	67.86	10.26	9.86
3,500	100m	105.80	81.17	82.59	81.17	87.55	25.78	18.13	23.96	9.04	8.85
	200m		85.69	79.99	78.86	84.76	26.81	17.88	25.45	9.40	9.09
	300m		82.77	77.67	76.16	82.20	28.34	17.45	25.38	9.98	9.45

表 4.2-38 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-4 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道										
4,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	105.46	79.18	81.19	79.18	86.31	17.91	15.56	17.75	8.96	8.57
	200m		84.73	78.82	76.45	83.47	16.92	15.35	18.66	9.33	8.88
	300m		81.50	76.36	74.16	80.94	18.73	15.39	19.24	9.87	9.16
4,500	100m	105.13	73.90	75.34	73.90	81.84	16.39	14.84	16.78	8.92	8.46
	200m		78.97	73.24	71.51	77.92	15.70	14.58	17.19	9.36	8.72
	300m		77.14	72.01	69.58	77.04	17.42	14.40	17.89	9.88	9.02
5,000	100m	104.63	41.10	39.73	41.10	46.38	15.76	14.45	16.53	8.84	8.37
	200m		53.16	41.51	35.91	43.84	15.11	14.32	16.73	9.26	8.51
	300m		45.40	35.53	35.52	39.49	16.77	14.07	17.25	9.73	8.84
5,500	100m	104.15	29.50	29.47	29.50	30.11	15.62	14.21	16.09	8.74	8.20
	200m		30.68	28.93	29.12	29.83	14.83	14.17	16.36	9.13	8.52
	300m		29.69	28.89	28.83	30.13	16.56	14.03	16.66	9.77	8.72
6,000	100m	103.76	28.57	28.39	28.57	28.66	15.27	14.10	15.81	8.72	8.19
	200m		29.03	28.13	28.33	28.28	14.77	14.01	16.36	9.02	8.52
	300m		28.22	28.25	28.03	27.80	16.29	13.82	16.70	9.71	8.75
6,500	100m	91.05	27.98	28.37	27.98	28.68	15.31	14.06	15.88	8.75	8.11
	200m		28.33	27.96	27.73	28.17	14.53	13.88	16.28	8.98	8.41
	300m		27.69	27.32	27.60	27.54	16.20	13.75	16.42	9.77	8.68

表 4.2-38 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-4 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道										
7,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	57.71	27.94	27.87	27.94	28.02	15.07	14.02	15.71	8.69	8.11
	200m		28.28	27.45	27.27	27.72	14.41	13.88	16.04	8.94	8.37
	300m		27.79	27.24	27.17	27.06	16.12	13.77	16.46	9.60	8.58
7,500	100m	51.26	27.87	28.08	27.87	27.84	15.01	14.05	15.69	8.81	8.06
	200m		28.42	27.73	27.57	27.66	14.46	13.78	16.03	9.09	8.36
	300m		27.77	27.14	27.07	27.50	15.97	13.86	16.39	9.63	8.55
8,000	100m	57.10	27.88	28.23	27.88	28.52	15.05	13.80	15.60	8.72	8.08
	200m		28.28	27.79	27.80	27.55	14.44	13.73	15.95	9.01	8.35
	300m		27.72	27.12	27.05	27.25	16.08	13.69	16.45	9.70	8.59
8,500	100m	52.09	27.95	27.97	27.95	28.08	15.20	14.10	15.69	8.80	8.21
	200m		28.49	27.78	27.55	27.73	14.58	13.92	16.19	8.95	8.46
	300m		27.53	27.02	27.50	27.48	16.10	13.83	16.39	9.65	8.64
9,000	100m	53.60	27.94	28.11	27.94	28.76	15.26	14.05	15.69	8.69	8.11
	200m		28.39	27.78	27.38	27.34	14.73	13.81	16.02	9.12	8.38
	300m		27.86	27.32	27.53	27.49	16.20	13.71	16.39	9.71	8.57

表 4.2-39 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-3 車道

車道數 / 每小時到達交通量	3 車道						
	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
			內側車道	中間車道	外側車道	內側、中間車道	外側、中間車道
1,000	100m	107.02	90.86	88.00	90.07	81.08	81.08
	200m		88.45	84.95	87.23	78.44	75.45
	300m		85.65	82.33	84.37	76.04	73.55
1,500	100m	106.50	90.06	87.11	89.39	53.31	73.07
	200m		87.59	84.00	86.50	50.78	68.16
	300m		84.85	81.29	83.63	52.79	67.36
2,000	100m	106.22	89.28	84.74	88.58	12.68	14.92
	200m		86.86	81.82	85.63	12.48	14.94
	300m		84.09	79.42	82.86	12.45	14.57
2,500	100m	105.92	87.75	81.03	86.80	10.97	11.22
	200m		85.39	77.85	83.77	10.91	11.04
	300m		82.95	75.65	81.27	10.96	10.89
3,000	100m	105.26	79.05	68.12	71.93	10.41	10.57
	200m		75.86	67.38	71.90	10.41	10.45
	300m		74.94	64.57	70.29	10.45	10.28

表 4.2-39 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-3 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	3 車道						
3,500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
			內側車道	中間車道	外側車道	內側、中間車道	外側、中間車道
	100m	104.55	29.26	25.52	26.13	10.24	10.22
	200m		28.02	25.41	25.88	10.31	10.22
	300m		27.82	25.96	25.41	10.25	9.86
4,000	100m	104.01	24.03	23.43	23.16	10.26	10.20
	200m		23.49	22.88	23.07	10.21	10.06
	300m		23.62	22.90	22.91	10.18	9.77
4,500	100m	102.34	23.04	22.82	23.10	10.05	9.87
	200m		23.23	22.49	22.50	10.12	9.95
	300m		22.99	22.14	22.11	10.09	9.69
5,000	100m	67.59	22.62	22.47	22.62	10.10	10.04
	200m		23.10	22.55	22.53	10.05	9.93
	300m		22.96	22.38	22.36	10.01	9.57
5,500	100m	54.83	22.66	22.58	22.32	10.04	9.83
	200m		23.10	22.05	22.77	10.05	9.83
	300m		22.67	21.98	22.13	10.00	9.53

表 4.2-39 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-3 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	3 車道						
6,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
			內側車道	中間車道	外側車道	內側、中間車道	外側、中間車道
	100m	55.12	22.94	22.35	22.35	10.13	9.78
	200m		22.58	22.20	22.25	9.98	9.95
	300m		22.88	22.11	21.99	10.09	9.42
6,500	100m	53.62	22.82	22.51	22.29	10.13	9.77
	200m		22.67	21.96	22.21	10.00	9.92
	300m		22.37	22.01	22.07	10.02	9.51
7,000	100m	50.28	23.05	22.34	22.69	10.13	9.72
	200m		22.51	22.20	22.24	10.09	9.85
	300m		22.63	22.00	22.02	10.04	9.45

表 4.2-40 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-2 車道

車道數 / 每小時到達交通量	2 車道			
1,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道	
			內側車道	外側車道
	100m	106.31	89.06	88.10
	200m		86.17	85.13
	300m		83.27	82.26
1,500	100m	105.33	58.68	57.08
	200m		56.04	55.72
	300m		53.14	54.77
2,000	100m	104.56	15.63	15.40
	200m		14.66	15.31
	300m		14.78	15.06
2,500	100m	103.70	14.64	14.28
	200m		13.94	14.20
	300m		14.04	14.12
3,000	100m	101.56	14.23	13.96
	200m		13.59	13.88
	300m		13.63	13.80

表 4.2-40 速率模擬結果(建模長度 9 公里，偵測至施工區下游 500 公尺，模擬時間 1 小時)-2 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	2 車道			
3,500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道	
			內側車道	外側車道
	100m	52.38	14.29	13.87
	200m		13.70	13.80
	300m		13.62	13.71
4,000	100m	56.87	14.11	13.78
	200m		13.47	13.83
	300m		13.46	13.74
4,500	100m	56.23	14.24	14.09
	200m		13.52	13.95
	300m		13.63	13.87

表 4.2-41 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -4 車道

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道										
500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	54.66	51.45	51.74	51.94	51.74	51.20	51.94	51.59	50.29	49.17
	200m		51.45	51.79	51.94	51.79	49.80	51.69	51.01	49.18	47.91
	300m		51.35	51.59	51.89	51.69	50.49	50.35	50.03	47.65	46.19
1,000	100m	45.79	44.50	45.58	45.26	44.48	44.93	46.37	44.49	29.23	29.02
	200m		43.89	45.43	45.75	44.04	29.65	29.91	30.70	28.73	28.05
	300m		43.12	45.13	45.15	44.17	30.62	29.86	29.68	27.70	27.09
1,500	100m	36.92	37.56	39.42	38.58	37.23	38.66	40.81	37.38	8.17	8.87
	200m		36.33	39.08	39.56	36.28	9.50	8.13	10.39	8.27	8.18
	300m		34.88	38.66	38.41	36.65	10.75	9.37	9.33	7.75	7.98
2,000	100m	26.29	26.73	28.12	27.59	26.52	27.69	29.08	26.88	7.20	8.21
	200m		25.94	27.94	28.29	25.92	8.12	7.44	8.90	7.24	7.85
	300m		25.05	28.00	27.80	26.26	9.08	8.44	8.44	7.21	7.38
2,500	100m	15.66	15.90	16.81	16.60	15.81	16.72	17.35	16.38	6.22	7.54
	200m		15.54	16.80	17.01	15.56	6.73	6.76	7.41	6.21	7.52
	300m		15.21	17.35	17.1	15.87	7.40	7.52	7.54	6.67	6.79

表 4.2-41 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -4 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道									
3,000	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	5.04	5.06	5.51	5.61	5.10	5.75	5.62	5.88	5.25	6.87
	200m		5.15	5.65	5.73	5.20	5.35	6.08	5.92	5.18	7.19
	300m		5.38	6.70	6.57	5.49	5.72	6.50	6.65	6.13	6.19
3,500	100m	5.02	5.05	5.46	5.51	5.10	5.68	5.62	5.87	5.25	6.03
	200m		5.14	5.65	5.67	5.16	5.35	6.07	5.87	5.18	6.71
	300m		5.37	6.60	6.56	5.48	5.70	6.58	6.64	5.91	6.05
4,000	100m	5.00	5.05	5.41	5.41	5.10	5.62	5.62	5.85	5.25	5.18
	200m		5.14	5.65	5.60	5.11	5.35	6.07	5.82	5.19	6.24
	300m		5.36	6.51	6.56	5.48	5.69	6.57	6.64	5.69	5.91
4,500	100m	4.96	5.02	5.40	5.38	5.05	5.61	5.51	5.85	5.22	5.04
	200m		5.13	5.64	5.58	5.11	5.33	6.07	5.82	5.04	5.18
	300m		5.36	6.50	6.52	5.47	5.69	6.57	6.63	5.46	4.96
5,000	100m	4.93	4.99	5.40	5.35	5.00	5.60	5.40	5.85	5.19	4.90
	200m		5.12	5.63	5.56	5.10	5.31	6.06	5.82	4.89	4.13
	300m		5.35	6.50	6.48	5.46	5.68	6.57	6.63	5.23	4.02

表 4.2-41 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -4 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	4 車道										
5,500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道				封閉二車道			封閉三車道	
			內側車道	中間(內)車道	中間(外)車道	外側車道	內側、中內車道	中內、中外車道	外側、中外車道	內側、中內、中外車道	外側、中外、中內車道
	100m	4.93	4.98	5.36	5.33	4.98	5.60	5.39	5.80	4.72	4.81
	200m		5.09	5.63	5.5	5.07	5.30	6.05	5.80	4.54	4.56
	300m		5.35	6.50	6.47	5.43	5.67	6.55	6.63	5.11	3.61
6,000	100m	4.92	4.96	5.32	5.31	4.97	5.59	5.39	5.75	4.25	4.73
	200m		5.07	5.63	5.47	5.04	5.29	6.03	5.77	4.20	4.99
	300m		5.34	6.50	6.45	5.40	5.67	6.52	6.63	4.99	3.20
6,500	100m	4.84	4.87	5.27	5.30	4.93	5.58	5.35	5.73	4.21	4.53
	200m		5.03	5.59	5.46	4.99	5.29	5.97	5.76	4.17	4.64
	300m		5.26	6.50	6.42	5.38	5.66	6.50	6.61	4.80	3.20
7,000	100m	4.76	4.79	5.23	5.29	4.89	5.56	5.32	5.71	4.17	4.33
	200m		5.00	5.55	5.45	4.95	5.29	5.91	5.75	4.15	4.29
	300m		5.17	6.50	6.40	5.36	5.66	6.47	6.60	4.61	3.19
7,500	100m	4.68	4.70	5.19	5.28	4.80	5.54	5.28	5.69	4.12	4.13
	200m		4.96	5.51	5.44	4.90	5.29	5.85	5.74	4.13	3.94
	300m		5.09	6.50	6.38	5.34	5.65	6.44	6.59	4.43	3.19

表 4.2-42 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -3 車道

車道數 / 每小時到達交通量	3 車道						
500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
			內側車道	中間車道	外側車道	內側、中間車道	外側、中間車道
	100m	53.87	51.11	52.04	51.40	34.07	35.27
	200m		51.06	52.04	51.35	34.09	35.29
	300m		51.01	51.79	51.20	33.22	33.78
1,000	100m	34.43	32.88	34.06	33.63	22.33	22.74
	200m		33.32	34.41	33.44	22.09	22.78
	300m		33.27	34.09	33.43	21.71	21.84
1,500	100m	14.99	14.65	16.07	15.86	10.58	10.22
	200m		15.57	16.79	15.53	10.09	10.27
	300m		15.53	16.39	15.66	10.21	9.91
2,000	100m	14.80	13.86	15.32	14.01	8.82	8.56
	200m		14.44	15.72	14.04	8.69	8.70
	300m		14.54	15.43	13.96	9.14	9.08
2,500	100m	14.60	13.08	14.56	12.16	7.06	6.89
	200m		13.31	14.66	12.56	7.29	7.13
	300m		13.55	14.47	12.27	8.07	8.25

表 4.2-42 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -3 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	3 車道						
	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道			封閉二車道	
			內側車道	中間車道	外側車道	內側、中間車道	外側、中間車道
3,000	100m	14.41	12.30	13.80	10.31	5.30	5.23
	200m		12.18	13.60	11.07	5.90	5.57
	300m		12.56	13.51	10.58	7.00	7.42
3,500	100m	12.32	11.53	13.04	11.05	5.15	5.15
	200m		11.43	12.82	10.20	5.40	5.40
	300m		11.35	12.95	10.34	6.76	7.23
4,000	100m	10.23	10.76	12.27	11.79	5.01	5.06
	200m		10.69	12.05	9.76	4.90	5.24
	300m		10.15	12.39	10.09	6.52	7.04
4,500	100m	9.80	10.64	12.18	11.06	4.96	5.03
	200m		10.38	11.13	9.47	4.88	5.17
	300m		10.11	11.59	9.73	6.55	6.93
5,000	100m	9.38	10.53	12.09	10.32	4.92	5.01
	200m		10.07	10.21	9.61	4.87	5.11
	300m		10.07	10.79	9.36	6.58	6.83
5,500	100m	8.96	10.42	12.00	9.58	4.88	4.98
	200m		9.75	9.29	9.32	4.85	5.05
	300m		10.04	9.99	9.00	6.61	6.72

表 4.2-43 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -2 車道

車道數 / 每小時到達交通量	2 車道			
500	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道	
			內側車道	外側車道
	100m	50.16	47.70	47.82
	200m		47.70	47.82
	300m		47.53	47.82
1,000	100m	27.3	26.15	26.22
	200m		26.21	26.28
	300m		26.59	26.29
1,500	100m	4.53	4.60	4.61
	200m		4.73	4.73
	300m		5.65	4.76
2,000	100m	4.53	4.58	4.59
	200m		4.72	4.73
	300m		5.66	4.75
2,500	100m	4.53	4.55	4.56
	200m		4.71	4.72
	300m		5.66	4.74

表 4.2-43 都市地區速率模擬結果(建模長度 1.3 公里，偵測至施工區下游 150 公尺，模擬時間 1 小時) -2 車道(續)

車道數 / 每小時到達交通量	2 車道			
	車道封閉數/施工區位置 / 施工區長度	沒有封閉	封閉一車道	
			內側車道	外側車道
3,000	100m	4.52	4.56	4.54
	200m		4.70	4.69
	300m		5.65	4.73
3,500	100m	4.51	4.56	4.52
	200m		4.69	4.67
	300m		5.64	4.72
4,000	100m	4.50	4.53	4.50
	200m		4.68	4.64
	300m		5.64	4.71

4.2.8 應用情境說明

本計畫於 110~111 年已完成包含高速公路及都市地區道路之「施工交通影響分析模式」，並且於 110 年期完成「壅塞機率轉換模式」及「高速公路車流流量預測模式」，可提供交管單位事前掌握並預期該路段進行施工作業時所造成的交通衝擊，得以提前預警並因應相對的管制方式，降低施工所造成之交通影響，維護工區的實施與管理效率。

因此本計畫建構高速公路及都市地區於不同施工條件下之模擬情境，瞭解不同施工狀態下的車流速率績效變化。當未來有某施工路段為每小時到達車輛數為 2,500 輛車，車道數 3 車道，施工預計封閉內側 1、2 車道，施工封閉長度為 300 公尺時，交管單位可透過本計畫所產出之施工速率績效表查詢不同施工條件下之速率績效，並藉由壅塞機率轉換模式，轉換成機率方式提供資訊服務播報。本章節主要綜合兩年之成果，以管理單位人員使用情境，說明前述之應用方式。

綜合前述車流參數預測模組及工程事件影響模組，車流參數預測模組主要透過車流流量預測模式產出欲預測時段之流量預測值，而工程事件影響模組則是透過施工交通影響分析模式能夠產出不同情境之速率 MOE 表。本節主要說明兩種模式如何進行綜合應用，如圖 4.2.46 所示。模式綜合應用最終之目標係為當預期某路段於某時段需進行施工作業時，交通管理人員能夠透過綜合模式事先掌握未來施工中每小時之車流狀況，藉此提前準備因應措施，若壅塞機率達到管理單位所設定之門檻，則有預警視窗提醒管理人員。

因此模式應用時管理人員需準備 4 項參數，分別為「施工封閉日期與時段」、「施工封閉車道位置」、「施工封閉路段長度」、「施工封閉時段之車流量預測值」，前 3 項由施工單位進行施工預告時即能掌握，例如某施工案例預計於星期四 13:00~17:00 進 行施工作業，路段為 3 車道，施工預計封閉內側 1、2 車道，並開放路肩行駛，施工封閉長度為 300 公尺。而「施工封閉時段之車流量預測值」則是得知「施工封閉日期與時段」時，將封閉之星期別及小時別輸入車流參數預測模式進行每小時流量預測而得到。

接著利用前述 4 項參數以速率 MOE 表進行查表後得到未來施工時段每小時之速率預測值，最後結合第一年期計畫完成之壅塞機率模式，將速率預測值轉換為壅塞機率(本計畫設定高速公路壅塞門檻值為值為<60 公里/小時)進行對外資訊推播服務應用。若是交通管理人員僅需要掌握平常無施工事件發

生時之一般交通狀態，僅需要準備 1 項參數，亦即欲觀察交通狀態之日期與時段，並可透過車流參數預測模式產出速率預測值及壅塞機率預測值，並且針對易發生壅塞之時段進行彈跳視窗示警。

前述交通管理人員操作模式示意彙整如圖 4.2.47 所示，經由圖中各項步驟之操作，即可判斷在 14:00~16:00 時段將有 70%機率產生交通壅塞情形。

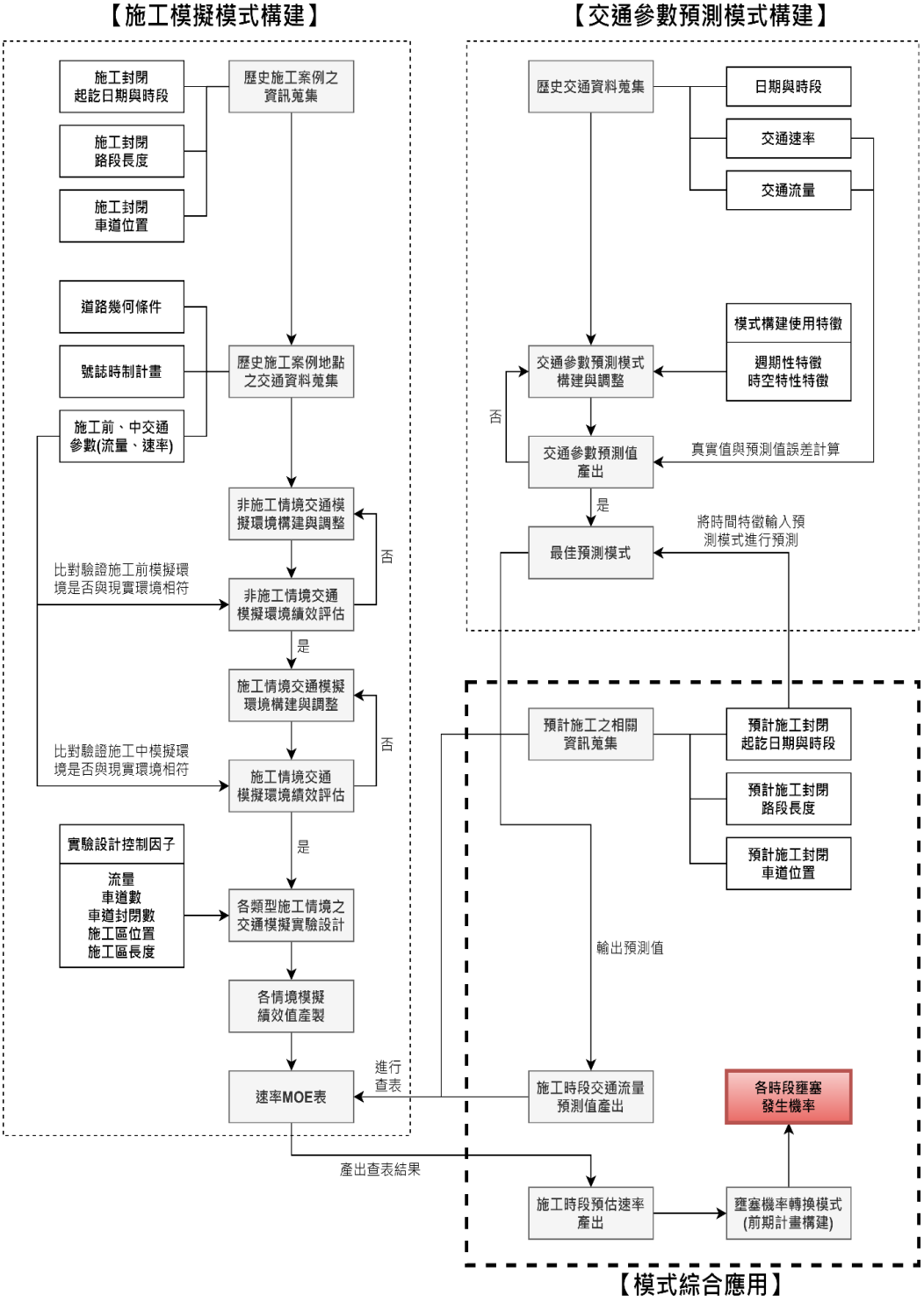


圖 4.2.46 車流參數預測模式及施工交通影響模擬模式之綜合應用

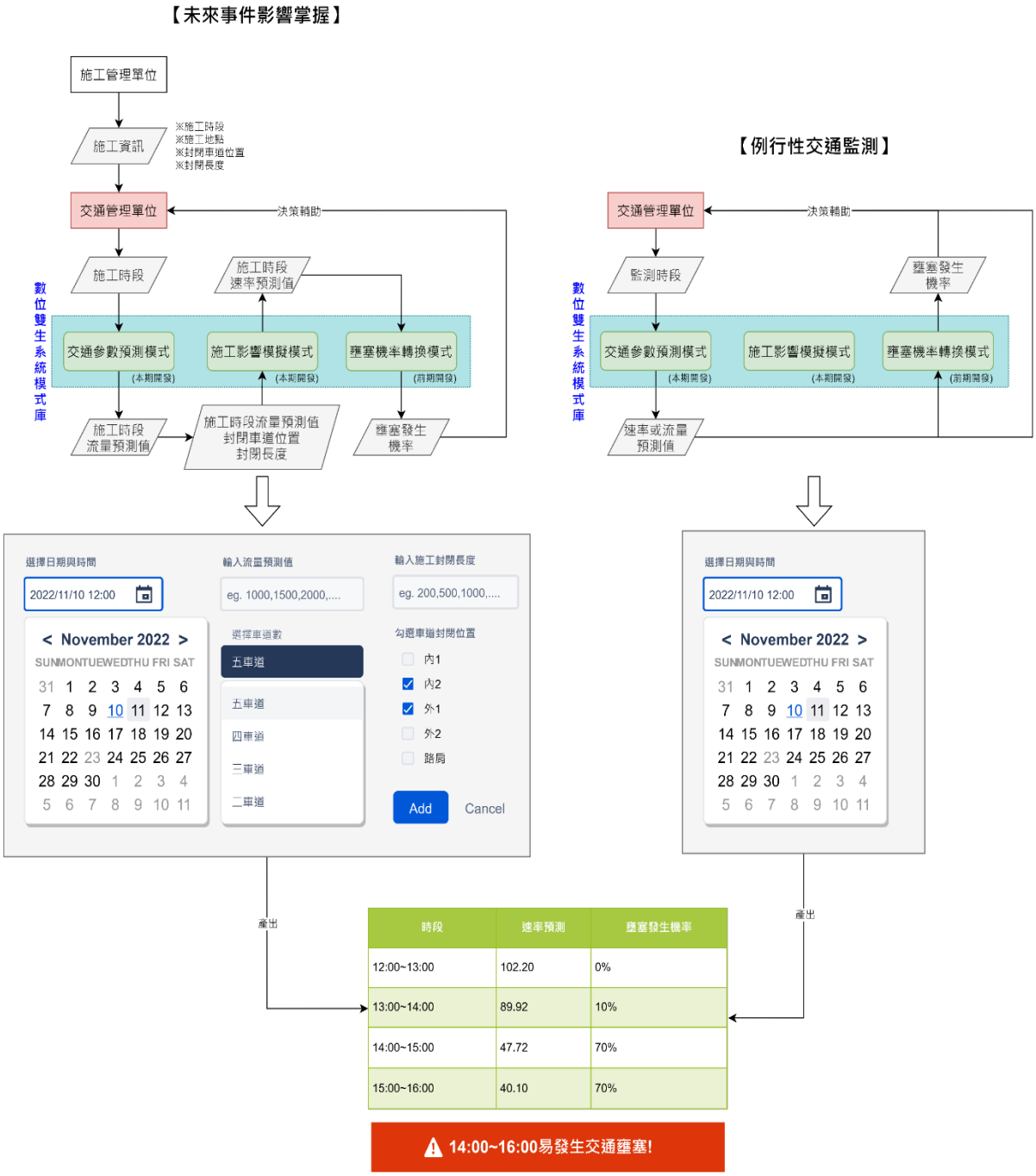


圖 4.2.47 交通管理人員模式運用操作示意

4.3 道路流量資料分析模組之開發與實證

4.3.1 模組目的

智慧交通數位神經中樞系統的功能中，以數位雙生雛型開發與實作的部份，可以協助交通管理，在資訊跨平台、跨領域中提供視覺化更加便利的模式，為能讓數位雙生平台在資料上更為即時性，如運用道路流量的資料分析，配合數

位雙生視覺化，可以快速發現交通問題，快速度反應及研擬應變策略等，建置道路流量資料分析模組的目的，是能提供精確性、即時性、完整性的道路流量資料。

4.3.2 實務課題

道路流量資料分析模組是在運用路測既有設備，如電子標籤偵測器、路側監視器網路攝影機(IPCAM)等，須要在取得感測資訊後須要進行資料分析，供應數位雙生在 3D 視覺化模型必要的即時資訊；並針對路側車輛在設備感知上進行雜率的過濾、車輛的多樣性處理，所以道路流量資料分析模組扮演是數位雙生的眼睛，扮演資訊感知的重要角色，透過這些資訊的提供，能讓道路車流現況與中心整合在一起，做為 3D 視覺化模型、模式庫、知識庫等功能之基礎，提供完整的交通管理服務。然而二種車流偵測方式都有如下之功能特性及其優缺點：

一、電子標籤偵測器感知進行道路流量資料分析

高速公路電子收費系統(Electronic Toll Collection，簡稱 ETC)第三代採用無線射頻辨識(RFID)系統，此一系統使用者改為在車上黏貼電子標籤(eTag)，透過收費門架則配合國道轉換為計程收費，依據負責 ETC 營運的公司網站中表示，在 2014 年「eTag 用戶數近 580 萬，ETC 利用率達 94%」，這表示汽車使用者採用 eTag 的數量已達 94%，如圖 4.3.1，運用同頻段(UHF)的天線及蒐集器，進行電子標籤偵測器感知，在汽車上面會有 94%的車輛計數是準確的，其優缺點及將面臨的課題如下：

(一) 優點：在使用者已黏貼電子標籤的車輛上面，計數準確、不受日照時間、天候影響。

(二) 缺點：建置成本高，無法計數機慢車及未貼 eTag 的車輛。

(三) 課題：UHF 的電子標籤，不只是 ETC 在使用，已普級到工業面向的物流追蹤、商業上的防偽視別等，感知後的雜訊過濾是一個須要去克服的課題。

(四) 對策：運用天線及電子標籤偵測器感知設備採集及分析，找出 eTag 中之水 EPC 碼共同碼之處，且在政府資料開發平台之中提供 eTag EPC ID 編碼原則表，可供小型車、大客貨車、聯結車車種進行過濾及感測計數。



圖 4.3.1 車上黏貼電子標籤(eTag)示意圖

二、監視器網路攝影機與影像識別進行道路流量資料分析

影像識別其實是深度學習的一種應用，而深度學習為機器學習之子集，機器學習則是包含在人工智慧這個大範圍內。

影像識別可以偵測判斷的是相片資訊，運用電腦視覺庫，可以將監視器網路攝影機的串流，依每秒數幀的方式切成相片，提供影像識別並且提供識別的物件，在相片的相對位置(x, y)及物件的大小(w, h)，識別的分類等如圖 4.3.2，借由此方式將監視器網路攝影機的串流，轉換成數位資訊提供追蹤演算法，判斷辨識出的物件例如車輛，行逕路線進而達到累計數量的目的，但網路攝影機類似人眼一般，會受到日照的白天及夜晚，及天候的晴天及雨天在相片識別上，會出現視線狀況不佳時，無法識別的可能，及大小車輛在交錯之間可能在某些時間點，影像識別資訊消失，造成追蹤失敗的可能，其優缺點及將面臨的課題如下：

(一) 優點：影像識別分類，可以辨識到機車及無黏貼電子標籤的車輛，建置成本相對於電子標籤偵測器感知低。

(二) 缺點：日間不會有車輛燈光及外來燈光造成的影像模糊問題，夜間、雨天會因為車輛大燈(近遠燈)煞車燈…等燈光影響，導致視線狀況不佳，造成辨識率降低。

(三) 課題：如何避免天候不佳，及大小車輛在交錯之間造成影像識別資訊消失等因素，造成辨識率降低。

(四) 對策：天候日照因素施工場域驗證日最有效的方式仍採用專業的感光元件，故提供攝影機採用建議規範，對於大小車輛在交錯之間造成影像識別資訊消失等因素，本計畫導入最先進的影像追蹤演算法 ByteTracker 進行車輛等影像辨識的追蹤，針對上述二點進行詳細說明如後。

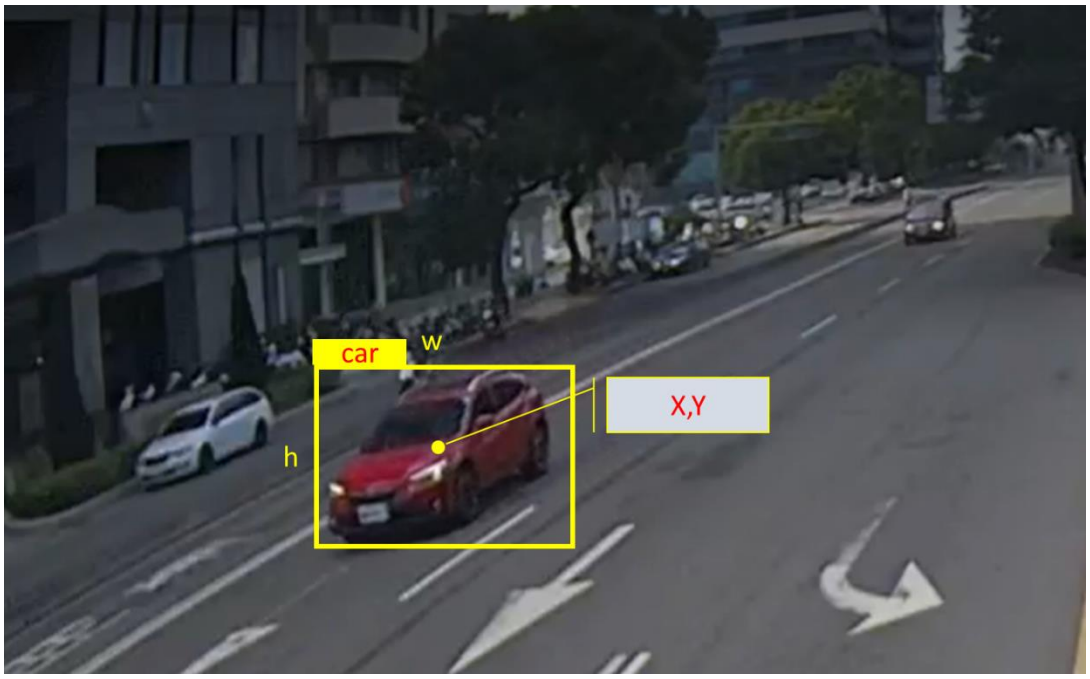


圖 4.3.2 影像識別後提供物件偵測資訊示意圖

1. 攝影機採用建議規範

對於道路流量資料分析誤差要求較高的服務，會指引採用專業的道路攝影機，專業道路攝影機會有分為白天影像設定參數，以及夜間影像設定參數，如圖 4.3.3，分兩類的原因在於日夜間影像亮度不同的問題，日間不會有車輛燈光及外來燈光造成的影像模糊問題，夜間因為會有車輛大燈(近遠燈)及煞車燈等燈光影響，所以夜間攝影機會針對車輛燈光的亮度進行調整，調整的參數包含整體畫面亮度、銳度、對比、目標亮度、Gamma 等設定值，一般未調整時畫面容易因為車燈等原因產生眩光，如下調整示意圖說明，在夜間或雨天經運用專業路側攝影機，進行畫質內容之改善，夜間雨天經調效後如圖 4.3.4。

2. 先進影像追蹤演算法導入

影像追蹤演算法 Sort 自 2017 年被提出以來，影像辨識的物件偵測配合目標偵測器、追蹤、匹配等演算法完成的物件追蹤器(Object Tracking)，普遍都採用 Kalman Filter 演算法為主軸，配合上一幀與下一幀的物件疊加之間的關係進行物件追蹤器的推論，導入最先進演算法 ByteTracking 後運用標準資料集 MS COCO DATASET 進行推論的比較，如圖 4.3.5，(IDF1：正確 ID 身份的能力、MOTA：追蹤器的檢測能力)，說明 ByteTrack 追蹤器的檢測能力優於其它演算法，以此方式導入追蹤的車輛在面對大小車交錯時，解決因為短暫物件消失時，彌補因為大小車交錯導致道路流量資料分析的誤差。



圖 4.3.3 路側專業攝影機可調整的參數內容



圖 4.3.4 夜間雨天專業攝影壓光後效果

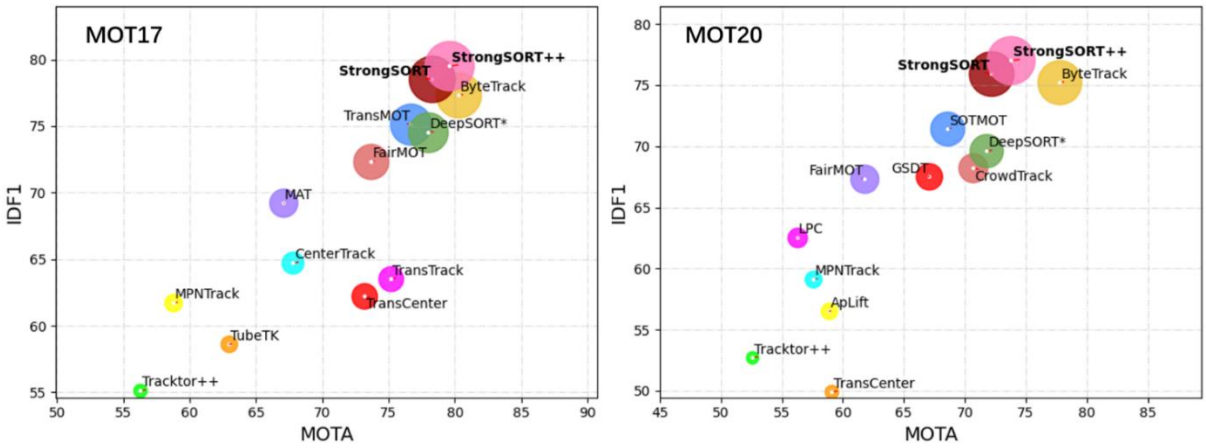


圖 4.3.5 ByteTrack 與其它 Tracking 演算法效率及準確度比較圖

4.3.3 模組構建

圖 4.3.6 為車流量資料蒐集分析模組於本期計畫所完成之內容，因應課題與對策，採用專業道路攝影機並因道路現況進行參數調整，提供串流給予碼流分析，藉由串流影像切片成相片，再轉由深度學習的影像辨識，本計畫在多個物體追蹤(Multiple Object Tracking, MOT)，領先採用 ByteTracker 先進演算法，將影像辨識中物件偵測的資訊，由 ByteTracker 在不同幀幅之中，判斷是否為同一個物件(建立物件的編號 ID，提供識別)，再將這些資訊最後交由車輛計數的程式，依據數位雙生所需之車道 ID、車流量、平均車速、資料計算起始時間、資料計算結束時間推算出平均間程、平均車間距、平均車長等，道路流量資料分析的資訊，提供數位雙生平台進行視覺化展示與即時道路流量視覺化評估。

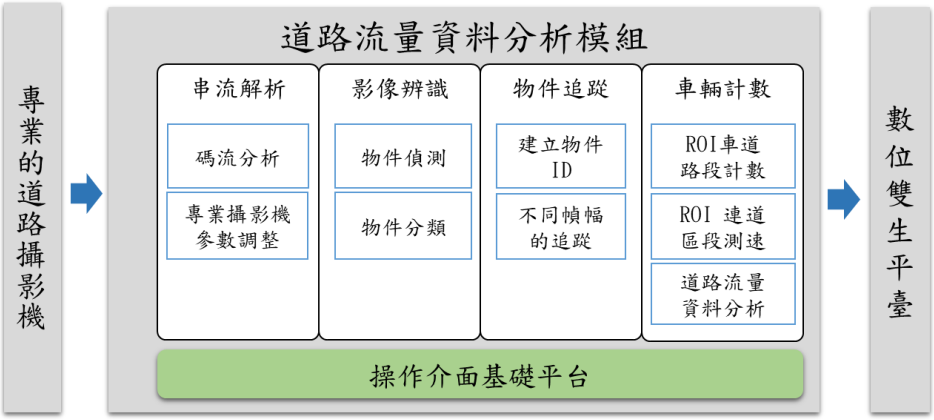


圖 4.3.6 模組建構系統架構圖

4.3.4 實證分析

道路流量資料分析模組於智慧交通數位神經中樞系統中，扮演數位雙生道路環境之眼睛，但道路流量資料分析模組功能不單只是如此，道路流量資料分

析包含了交通流量調查的核心，在過去交通管理單位及交通顧問公司在交通量調查的方式，多數採用錄影採集或人工計數的傳統方式來進行，藉由本計畫的執行過程，於在車流量調查部份，再進一步探討，運用「監視器網路攝影機與影像識別進行道路流量資料分析」實務方式，配合專業的道路攝影機，導入先進物件追蹤演算法，與長期監控道路流量經驗，將十字路口的轉向量導入道路流量資料分析模組中，如圖 4.3.7 實證運用專業的道路攝影機配合影像識別，協助交通量調查，減少重覆人工的可能。

近年顧問公司在進行交通改善、都市計畫、環境影響評估，需要在路口佈設人力進行車流計數，計畫路段、路口交通量調查的流程及工具如

表 4.3-1 所示，其中資料整理所耗費的時間高，所需的專業能量低，再者臺灣正處於人口數量漸少的現況之中，勞務工作將面臨缺乏人力之狀況，工資亦隨著政府政策上漲，然而路口車流計數是件相當消耗人力的工作，路口智慧設備建置成本太高，人工缺乏且費用上漲，將會面臨上下壓迫的服務缺口問題。

運用 GPU 算力來協助交通量調查，可以成為交通管理單位或交通顧問公司一個良好的工具，若以一個路口 3 個轉向量數 3 次來計量，預估在時間上可以降低 12 倍的時間，且可以降低 3 倍人力成本。

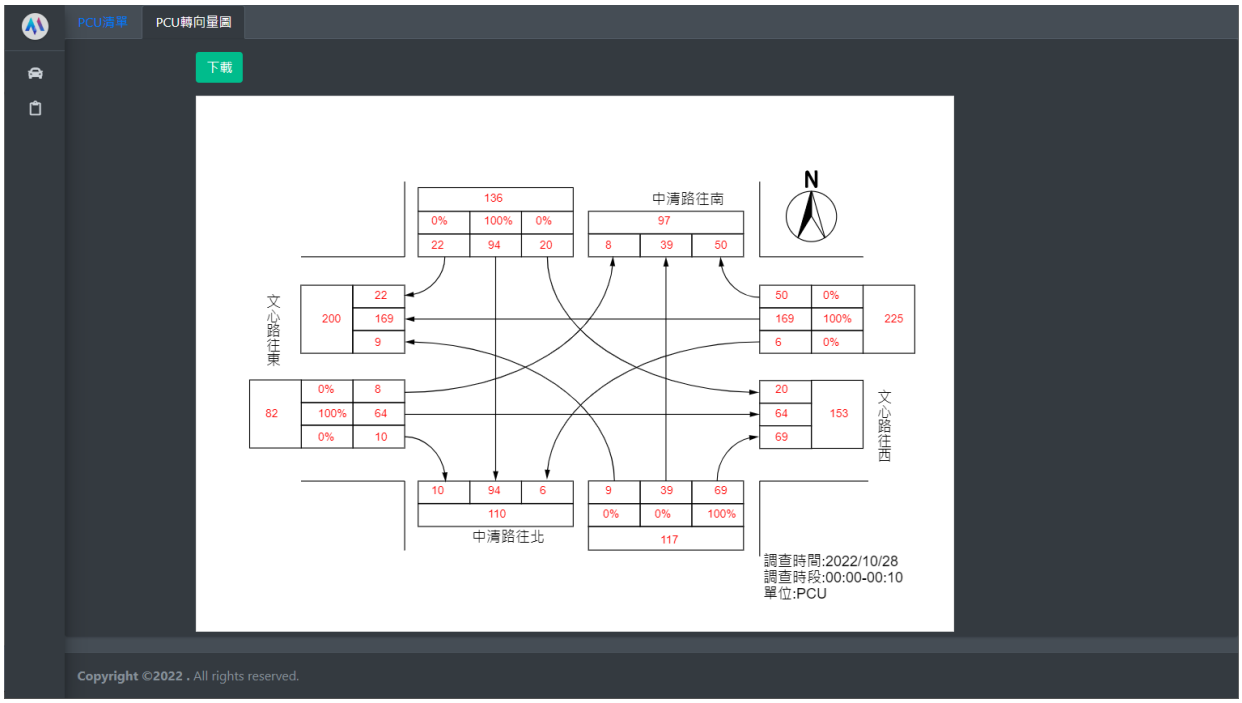


圖 4.3.7 模組自動產出十字路口尖峰小時轉向量圖

表 4.3-1 交通量調查費用概算表

品名	合計金額	說明
調查員時薪	2,720	4 人(一個人調查一個方向) 調查員：170 元/HR， 總共是 170*4*4 = 2,720 元
調查員保險費	100	25 元(人/日)，總共是 25*4 = 100 元
督導員人事費	2,000	元/日
督導員交通費	400	元/日
資料整理費	8,600	調查表 KEY 成電子檔，以及繪製成轉向圖。用調查的總時數算，180 元/時 車流計數人員為能較為準確完成計數，會依每個路口進入的轉向方式做計數，如下圖案例說明，同一個路口有左轉進入、右轉進入、直線進入則依進入的時間點，分別計數並且每 15 分鐘完成一次的累加，所以需要計數 3 次在同一個路口。 以 4 叉路口調查 4 小時為例，就是 4*4*3*180 = 8,600 元
合計	13,980	元

4.3.5 應用情境說明

上述建構完道路流量資料分析模組後，本計畫之交通量調查在導入「專業的道路攝影機配合影像識別進行道路流量資料分析」，能有良好之時間與成本管理最佳化效果，就道路流量資料分析模組對於顧問公司、主管機關、及路口長期採用攝影機持續監控道路流量，進行應用情境說明，最後再以實例操作分析做為模組情境應用。

一、顧問公司導入道路流量資料分析模組

顧問公司在進行交通改善、都市計畫、環境影響評估，在交通量調查上常面臨的痛點包括人力配置與人員安全性問題。

(一) 人力問題：調查員若僅針對尖峰時段(上、下午各兩小時)進行調查，亦即上、下午各兩個小時，中間時段可休息。倘若為長時段調查(連續調查兩小時以上)加上天氣等因素體力恐無法負荷，顧問公司通常需採取輪班方式安排人力，人力上會有相當大之負擔。

(二) 人員安全性：多車道且高交通量之大路口，若無人行道設施，調查人員

往往需於路邊無遮蔽處進行調查，危險性高。

上述情境之中，導入道路流量資料分析模組，將可大量降低調查員的長時間勞務造成的體力問題，及執行業務的安全性問題。

二、主管機關採用道路流量資料分析模組

在中央單位或縣市政府主管機關，對於所屬交通管理須要投入財力及精力，進行交通量調查等工作，多面臨以下痛點：

(一) 難以同時掌握大範圍路網之路口交通轉向量，亦法掌握道路交通系統之交通組成特性，相關規劃設計較不全面。

(二) 難以同時掌握即時之路口交通轉向量，發現問題後所下達之改善策略難以有成效。

(三) 相關交通專案計畫或交維交評計畫，委託顧問公司辦理之成果往往無從驗證。

上述情境之中，導入道路流量資料分析模組，對於長時間監控交通量調查，建議路口長期採用攝影機持續監控道路流量，對於委顧問公司辦理之成果驗證，可採用道路流量資料分析模組中，影像車流量及轉向量計數進行復核來查驗。

三、路口長期採用攝影機持續監控道路流量

智慧交通數位神經中樞系統的功能中，以數位雙生雛型開發與實作中，道路流量資料分析模組扮演著道路的眼睛，聚合各路口、道路的眼睛即可繪製出高可視化的數位雙生模型，提供更視覺更主觀的問題呈現，提供予交通管理單位進行監控或交通緊急應變處置。

以下茲就道路流量資料分析模組運用之整體操作引導各步驟流程進行說明如後。

一、系統一開始會採用精靈引導方式進行操作，首先會請使用者選擇採用何種方式提供影像予模組，共提供 3 種方式，如圖 4.3.8 所示。

(一) 雲端連結(目前支援 Google 、OneDriver)；

(二) 本地端上傳；

(三) 路側設備即時影像串流(IPCAM)的 RTSP 直接碼流導入。

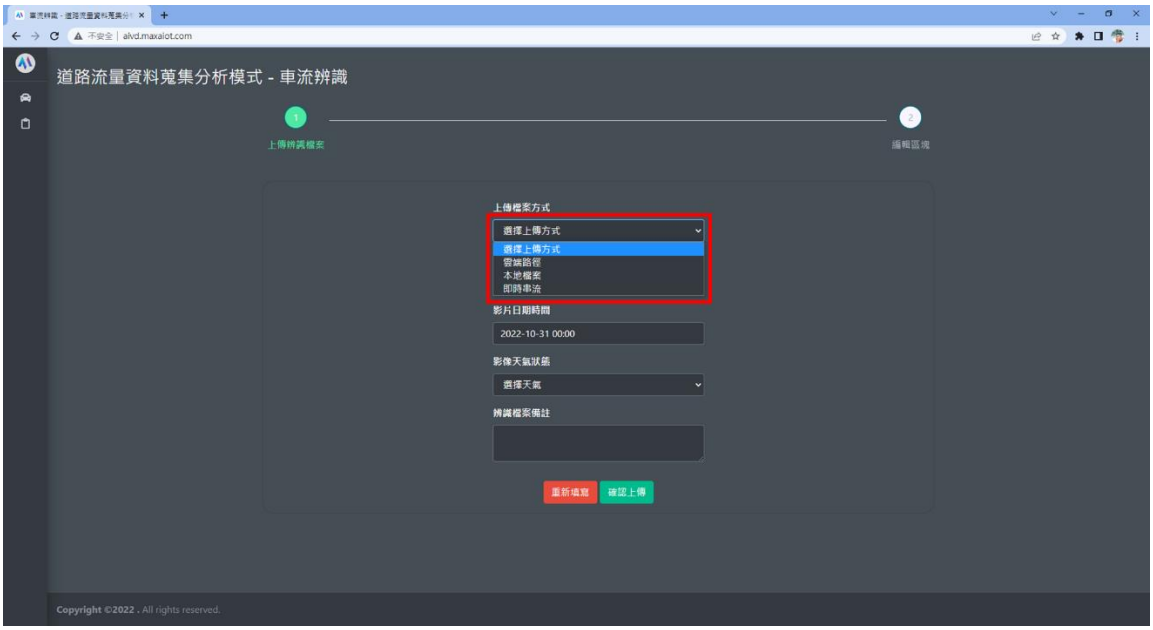


圖 4.3.8 選擇影像提供方式

二、選擇欲調查的型態，本期計畫模組提供兩種車流調查型態，分別為路口車流轉向量及路段車流量，如圖 4.3.9。

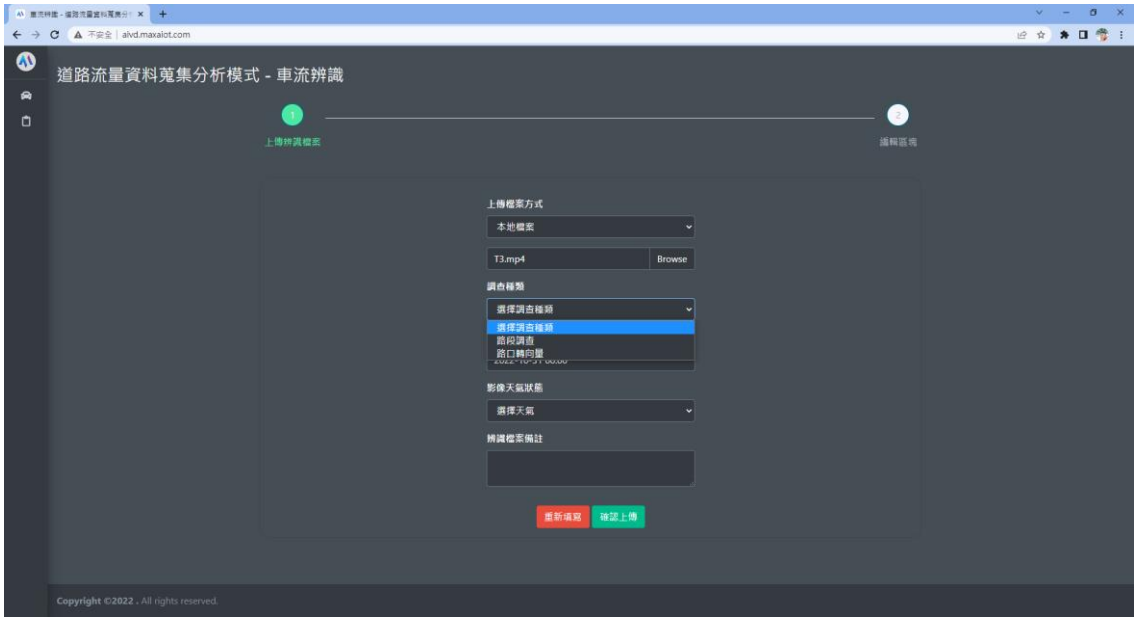


圖 4.3.9 選擇車流調查型態

三、經由前述步驟選定調查型態後，於此步驟選定道路幾何樣態，如為選擇路口，則接續選擇路口之幾何樣態為十字路口或 T 字路口；如為選擇路段，則接續選擇路段之車道數，單車道、雙車道、三車道，最多至 5 車道如圖 4.3.10 所示。

四、選定影像之開始調查日期、時間，後續車流統計時間會依設定之日期、時間為基準開始辨識計數。



圖 4.3.10 調查道路型態之幾何特性

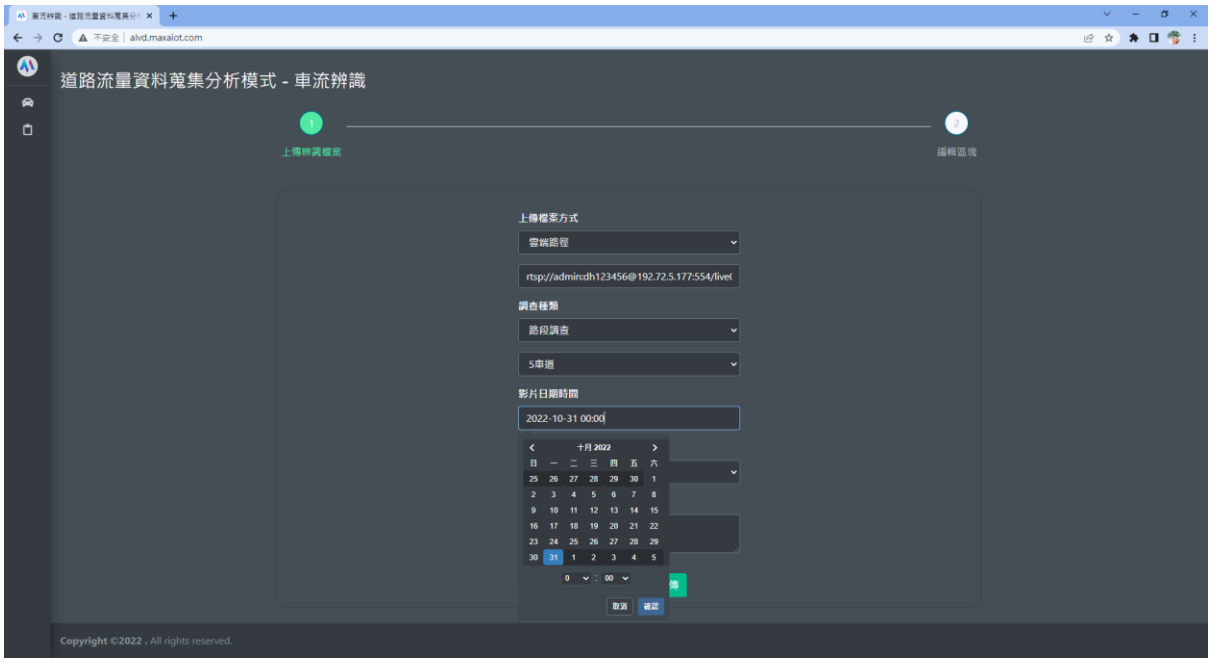


圖 4.3.11 影片時間設定

五、選擇影像當下之天氣型態，晴天或是陰天，主要用於判斷辨識時是否需要進行夜間光線補償，以利於提高辨識率，如圖 4.3.12。

六、將辨識檔案進行備註，由於檔案上傳後名稱會變更，所以建議留下備註以利在後台多個專案清單中方便進行管理，如圖 4.3.13，最後選擇確認上傳。

七、針對影像第一幀畫面新增繪製 ROI(Region of Interest)區域，如同圖 4.3.14 畫面訊息提示，「區塊點位數量需滿足 4 點」在畫面路段上點選四個位置

繪製第一個 ROI，完成後確認新增區塊，如圖 4.3.15。

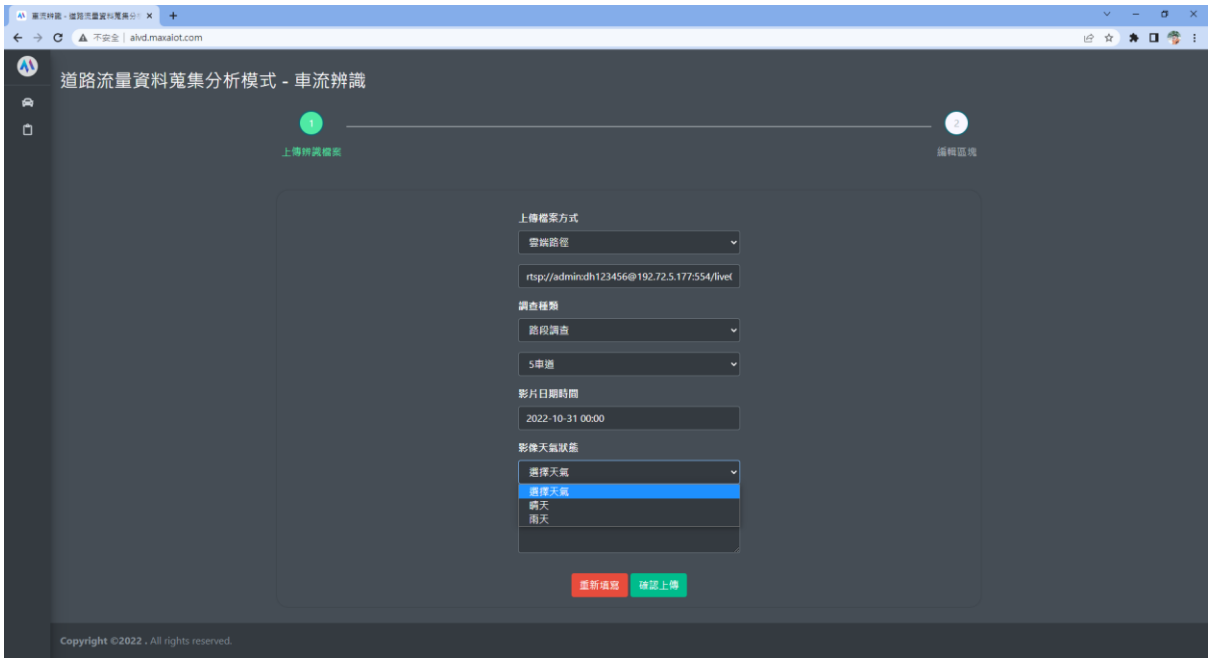


圖 4.3.12 選擇影像天氣狀態



圖 4.3.13 辨識檔案備註

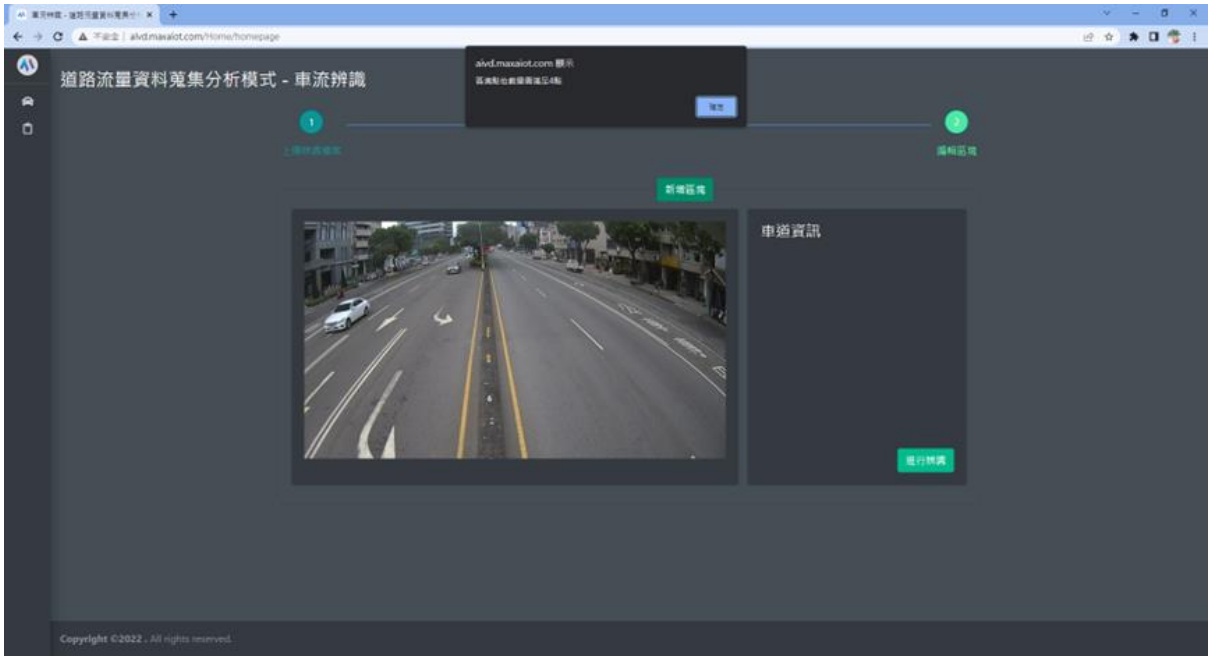


圖 4.3.14 畫面訊息提示：區塊點位數量需滿足 4 點

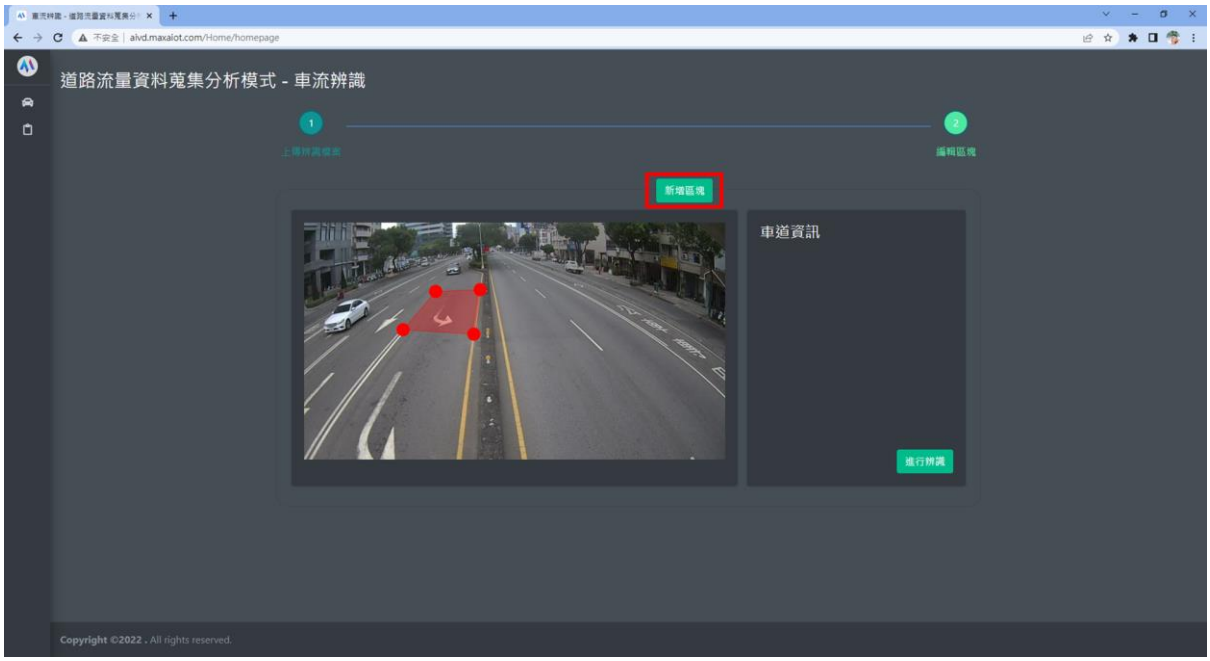


圖 4.3.15 開始繪製 ROI 範例圖

八、完成所有 ROI 繪製及道路對應名稱填寫，若以路段 5 車道為例，重覆 5 次步驟七後即會得到 5 個車道名稱，例如內 1、內 2、中、外 1、外 2。若為十字路口，則重覆 4 次步驟七後即會得到十字路口之四個方向，往東、往西、往南、往北，如圖 4.3.16。命名完後確認即會顯示「車道資料送出完成」，如圖 4.3.17。

九、等待後台自動進行辨識，直到狀態出現辨識完成為止，如圖 4.3.18，即可進行操作功能。

十、統計圖表產出：使用者可依自行需求選定各車種欲統計之區間，例如 1 分鐘統計一次、5 分鐘統計一次、、10 分鐘、15 分鐘...等，計數的方式可分為一般計數及 PCU 計數，如圖 4.3.19、圖 4.3.20，接著可將各車種車流統計表以 Excel 格式進行下載。此外，針對路口轉向量，模組亦會自動捕捉調查期間最尖峰之小時區間，並繪製成尖峰小時轉向圖後同樣提供予使用者進行下載，如圖 4.3.21。

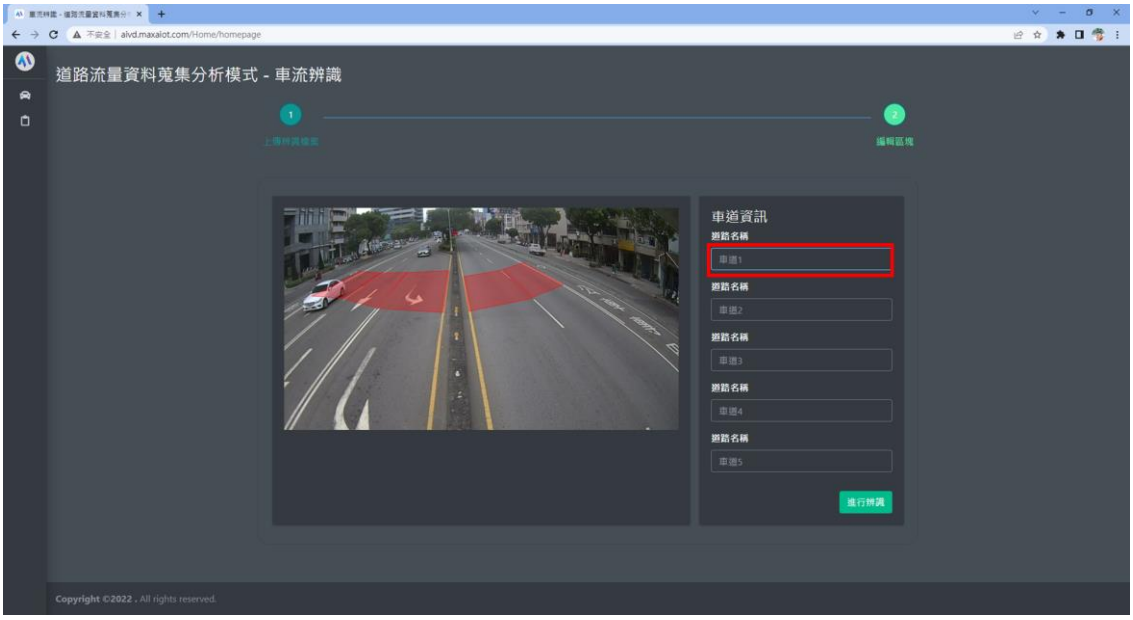


圖 4.3.16 命名車道或方向

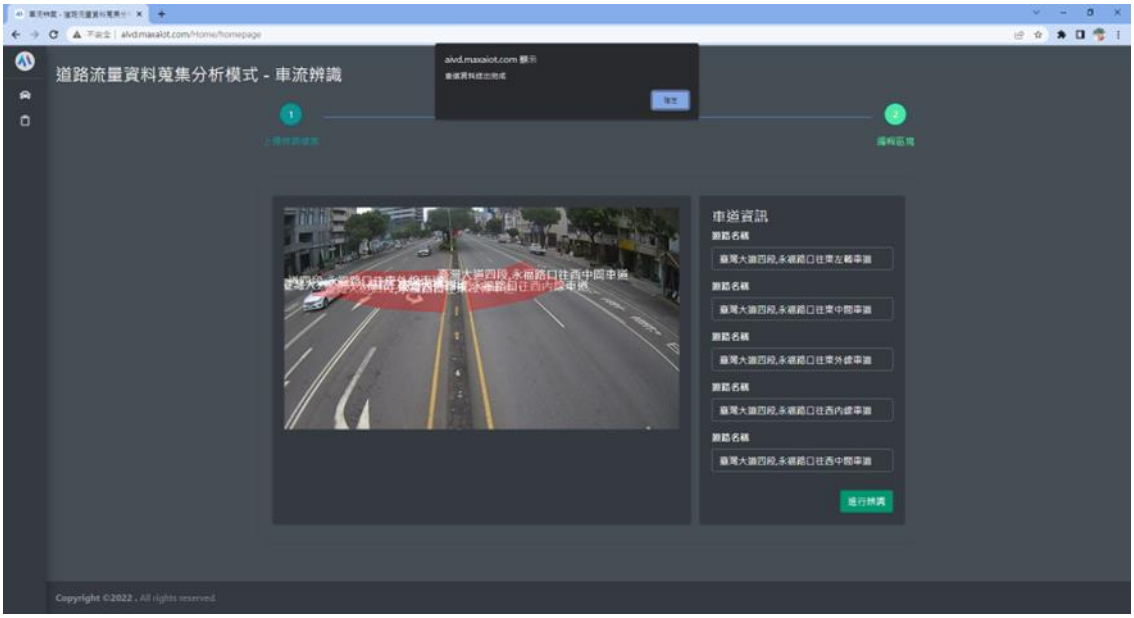


圖 4.3.17 車道資訊填寫圖示說明



圖 4.3.18 後台各專案辨識清單-辨識完成

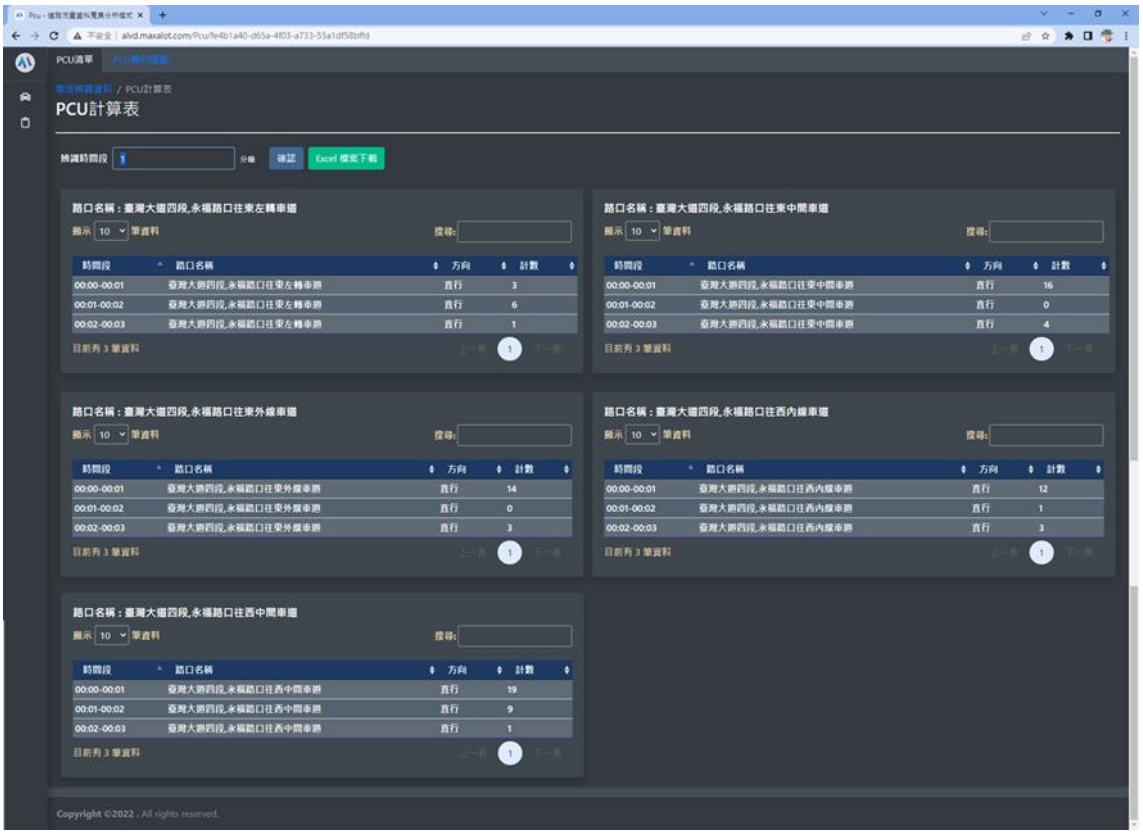


圖 4.3.19 路段車流量 PCU 計數範例

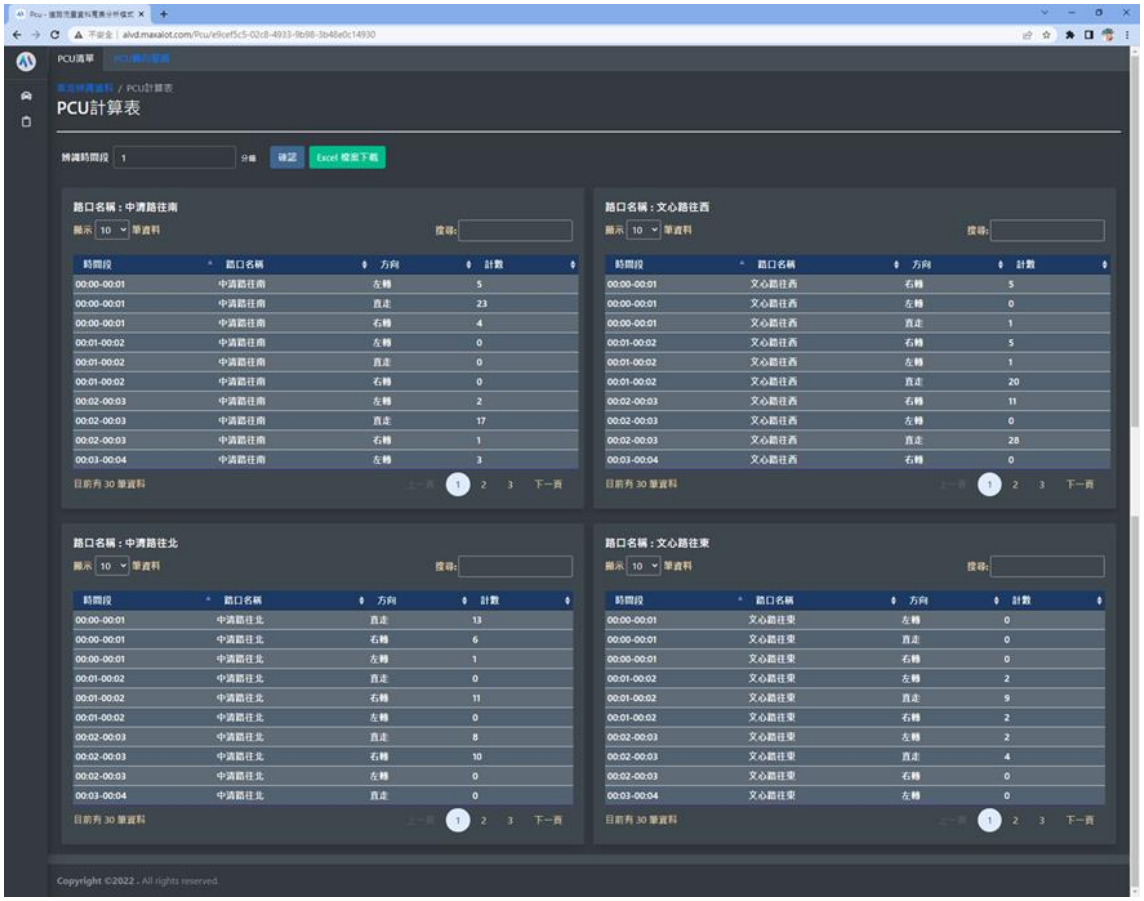


圖 4.3.20 路口車流轉向量 PCU 計數

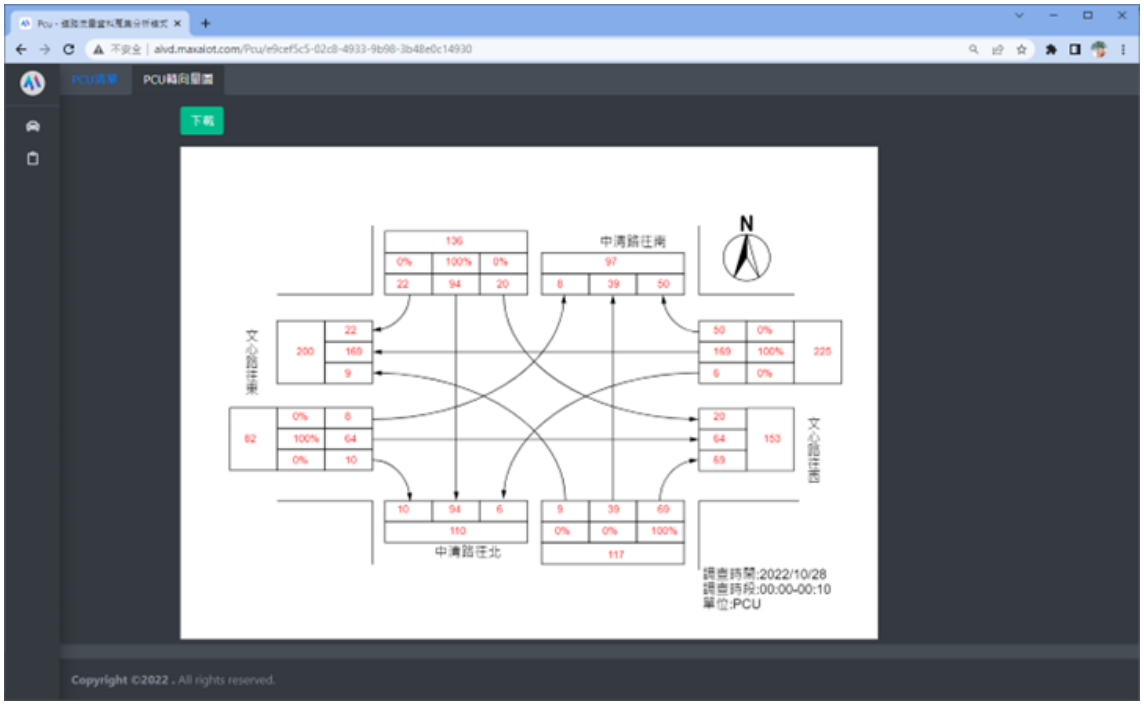


圖 4.3.21 模組自動產出尖峰小時轉向圖

4.4 市區公車運量預測模組之開發與實證

公車的需求預測包含短中長期等不同時間的預測需求，長期的預測主要是用於路線與站點的規劃，當特定區域需要規劃新路線時，往往需要長期的預測，可能達數年之後的預測；而短中期的預測通常是因應特定活動或事件所進行的預測，當有大型活動等會明顯影響運量的事件發生時，管理單位需要及早因應並預測。

4.4.1 模組目的

公車服務有彈性調整的特性，部分路線的發車是採班距方式，不需按照班表發車，在時間範圍內發出足夠的班次即可，至於何謂「足夠的班次」?亦即如何判斷是否為「足夠的班次」實為一公共運輸營運課題。而這類型發車方式對於業者經營上雖具有相當大的營運彈性，但也相對容易發生連班的狀況，又或者是在聯營的路線，與其他業者之間產生過密或過疏的發車班距，多方業者應如何搭配則為另一公共運輸營運課題。因此，短期公車需求預測結果對於業者而言是一項重要的參考依據，其結果可應對快速變化的交通狀況。若能利用歷史資料預測具可靠性的短期需求，將可讓業者在排班時有較可靠的參考資訊，以減少班距過密或過疏的狀況。此外，當路網中有偶發事件或者是活動造成的影響，可能會讓特定站點的需求產生短期變化，而該變化並無法經由中長期預測得知，僅能藉由該時間點前的歷史資料進行短期預測，藉以預測可能的需求變化。



圖 4.4.1 公車運量預測模組發展目的

4.4.2 重要文獻彙整

Liu 與 Chen[50]利用臺北市政府所提供之臺北捷運客流資料，以臺北車站為測試場域，透過深度神經網路(Deep Neural Network, DNN)之 BPNN 方法以月

份別、日期別、星期別、是否為假日、溫度、進出站方向等做為預測模式考量因子，藉此進行未來臺北捷運臺北車站之客流預測。該研究提出不同影響因子(包含歷史客流、方向、假日與否等資料)之結合，進而比較因子與模型間之預測結果。從該研究結果可以發現將所有影響因子皆納入 DNN 模式進行訓練之預測結果最為準確。

Yao 等人[51]利用中國滴滴出行所產生之龐大數據資料，進行未來計程車之搭乘需求預測。由於滴滴出行業務涵蓋全國，故其僅以廣州為例，以該地區之時間戳、需求位置(經緯度)、前 4 個時間段之平均需求、天氣等資料做為模式考量特徵，進行廣州未來計程車搭乘需求之預測。該研究係以深度多面向時空路網(Deep Multi-View Spatial-Temporal Network, DMVST-Net)架構為模型進行演算預測，再將此結果與 ARIMA、XGBoost 及其它傳統方法進行比較，而結果顯示該研究所提出之 DMVST-Net 誤差最小(MAPE 為 16.16%)，確實能較為準確預測廣州地區未來計程車需求。

Xiu 等人[52]利用四川成都地鐵之資料，以時間戳、星期別、前一天客流量、前 N 週同一天客流量(研究指出連續三週之工作日客流趨勢相似)等並將時間劃分為 15、30、45、60 分等間隔做為模式考量特徵，進行成都地鐵之短期客流預測，並透過與其它模型之比較來瞭解其所提出之模型是否優於其它過往所提出之方法。該研究係結合集合經驗模態分解(Ensemble Empirical Mode Decomposition, EEMD)與雙向循環門控單元(Bidirectional Gate Recurrent Units, BiGRU)等模型方法進行成都地鐵之客流預測，後續再以此結果與 BiGRU、WT-BiGRU、EMD- BiGRU 等模型進行比較，而結果顯示，相較其它混合模型，EEMD 與 BiGRU 所結合的模型能夠產生更為準確的預測結果，甚至比起單一 BiGRU 之模型，其誤差範圍更為縮小。

Wang 等人[53]係利用廣州地鐵站內之監視攝影所記錄之人流影像，進行辨識轉化為客流及客流密度等資料，再以此資料透過時間圖注意力卷積神經網路(Temporal Graph Attention Convolutional Neural Network, TGACN)方法為模型，預測未來廣州地鐵站內之短期客流分布預測。最後將此測試結果與 SVM、GRU、LSTM、GCN、TGCN、TGACN-RNN、TGACN-GRU 等眾多不同之單一模型與結合模型進行比較，結果顯示該研究所提出之 TCAGN 模型之平均絕對誤差(MAE)為 9.93、均方根誤差(RMSE)為 6.87、平均絕對百分比誤差(MAPE)為 8%，皆優於其它模型。

Liu 與 Chen[54]利用 Autoencoder 及 Stacked autoencoders 所結合建立之 SAE-

DNN 深度學習模型，進行廈門快捷公車(Bus Rapid Transit, BRT)四個主要車站(廈門站、廈門北站、縣後站、廈門高崎機場 T4 航廈)之客流預測。該研究係利用廈門 BRT 營運資料並以假期、星期別、小時別、類型(刷卡或實體票)、方向(進站或出站)、平均小時客流量等特徵進行深度學習之訓練。最後該研究將此四車站之進出站情境化分為卡片進、出站與購票進、出站等四種，分別以此四種情境進行不同特徵選取組合之預測比較，再來利用平均之 RMSE 與 MAPE 比較四車站共 16 種情境之訓練及預測結果。研究顯示，假期及平均小時客流量兩項特徵對於預測性能之良窳有很大影響。此外也與支援向量機(Support Vector Machines, SVM)、深度神經網路(Deep Neural Network, DNN)、(Random Forest, RF)等模型所產生之結果進行比對，確認其所提出之模型有較好之預測能力。

Liyanage 等人[55]則是同樣利用智慧卡票務系統之資料進行墨爾本的公車需求預測。該研究透過建立 BiLSTM 之深度學習模型並加入路線別、服務方向(順行/逆行)、站牌數、總旅次數等特徵資料進行訓練及預測。最後該研究分別以 15 分鐘、30 分鐘、60 分鐘(1 小時)等情境進行預測結果之誤差分析，並與 LSTM、RNN、DLBP、MNN、RBF、GRNN 等其它模型進行對照比較，其中可明顯發現該研究所提出之 BiLSTM 模型其 MAPE、MAE 及 RMSE 之數值，不論是在誤差還是在準確率上表現都較為出色，說明該研究提出的模型確實有較好的預測能力。

林志玟與李鍾斌[56]則是以臺北捷運 5 年日運量資料進行 RNN、LSTM、GRU、BPN 等模型之預測比較，其中若是以每日客運量預測而言，GRU 的表現最為良好，RMSE、MAE 及 MAPE 分別為 159.32、94.12、4.86%，但若是將情境分為高運量、中運量、低運量等狀況來看，高運量、中運量及低運量同樣為 RNN 表現最為出色(高運量：RMSE 137.38、MAE 118.04、MAPE 5.15%；中運量：RMSE 90.26、MAE 74.62、MAPE 3.51%；低運量：RMSE 193.88、MAE 154.44、MAPE 7.84%)。

表 4.4-1 本計畫模型泛化能力探討彙整

作者/年份	運具/系統	方法/資料/採用特徵	目標	結果/預測值
Liu 與 Chen(2017)	捷運	● BPNN ● 捷運臺北站客流資料 ● 月份別、日期別、星期別、是否為假日、溫度、進出站方向	每日客流預測	MAPE: 2.25%; RMSE: 4480

作者/年份	運具/系統	方法/資料/採用特徵	目標	結果/預測值
Yao 等人 (2018)	計程車	● DMVST-Net(CNN+LSTM+ Structural Embedding) ● 滴滴出行搭車資料 ● 時間戳、需求位置(經緯度)、前 4 個時間段之平均需求、天氣	每 30 分鐘計程車需求預測	MAPE: 16.16%; RMSE: 9.642
Xiu 等人 (2022)	地鐵	● EEMD-BiGRU ● 成都地鐵資料 ● 時間戳、星期別、前一天客流量、前 N 週同一天客流量(研究指出連續三週之工作日客流趨勢相似)	每 15 分鐘地鐵客流預測	MAPE: 4.02%; RMSE: 95.21(15 min); MAPE: 4.11%; RMSE: 95.58(30 min); MAPE: 4.38%; RMSE: 97.13(45 min); MAPE: 4.73%; RMSE: 98.52(60 min)
Wang 等人 (2022)	地鐵	● TGACN ● 廣州地鐵車站監視攝影資料 ● 時間、客流量、客流密度	每 5 分鐘地鐵客流量與密度預測	MAPE: 8%; RMSE: 6.87; MAE: 9.93
Liu 與 Chen(2017)	BRT	● SAE-DNN ● 廈門 BRT 營運資料 ● 假期、星期別、小時別、類型(刷卡或實體票)、方向(進站或出站)、平均小時客流量	BRT 四主要車站之每小時客流預測	MAPE(XRS): card in: 10.02%; card out: 13.29%; ticket in: 13.04%; ticket out: 12.45% RMSE(XRS): card in: 83.5; card out: 137.5; ticket in: 50.4; ticket out: 59.0
Liyanage 等人(2022)	公車	● BiLSTM ● 智慧卡票務系統資料 ● 路線別、服務方向(順行/逆行)、站牌數、總旅次數	公車需求預測	MAPE: 2.99%(15min): 5.23%(30min); 12.39%(1hr) MAE: 0.78%(15min); 1.60%(30min); 5.62%(1hr) RMSE: 2.57%(15min); 3.81%(30min); 8.19%(1hr)
林志玟與李鍾斌(2020)	捷運	● RNN, LSTM, GRU ● 臺北捷運 5 年日客運資料	臺北捷運高、中、低運量之一週平均客運量預測	GRU 表現最佳 RMSE: 159.32; MAE: 94.12; MAPE: 4.86%

4.4.3 運量預測模組構建

為構建市區公車運量預測模式，本計畫以臺中市區公車 300 路做為主要預測對象，蒐集 2021 整年度票證資料進行每時運量預測模式構建，本節內容茲就資料蒐集與現況分析、模式構建與預測結果等內容進行說明。

一、資料蒐集與現況分析

臺中市公車 300 路是原 BRT 路線，起點為靜宜大學，終點為臺中火車站，沿著臺灣大道行駛。路線上除了起終點，共有 26 個停靠站，自茄苳腳站以西全數停靠公車專用道；以東則是停靠路邊，臺中火車站則是停入月台。由於行駛路線為臺中市區最核心的臺灣大道，所經站點多有較高需求，其中包含靜宜大學、弘光科技大學與東海大學等三所大專院校；東海夜市、新光/遠百、與廣三 SOGO 等大型購物需求場所；醫療設施則有榮總、澄清醫院、及舊市區的仁愛醫院；以及市府站連接的綠線捷運與臺中車站。由於途經許多重要站點與路線，屬於臺中市的重要公車幹線之一。由於 300 路是由 A、B、及 C 三家客運聯營的路線，在分析的過程中應將其運量加總後再進行分析。但實際整理公車票證資料後，發現 B 與 C 客運的資料在停靠站的欄位有明顯不合理的情況，遂本計畫將以 A 客運資料進行後續分析。現況分析部分由每月運量、每日運量逐漸聚焦至每時運量之進行說明。

(一) 月運量分析

圖 4.4.2 為 2021 年 A 客運所有路線與 300 路全年的運量資料之比較圖，從月運量來看，300 路的運量大約占 A 客運所有路線運量的 25%~30%，且隨著時間有微幅增加的趨勢。代表 300 路的運量確實占有全市公車一定的比例，也是扮演重要的幹線角色。另從各停靠站的運量分析可瞭解不同站點的需求量，規劃者可據以調整服務內容用以提升服務效率。另從圖 4.4.3、圖 4.4.4 可看出 300 路各站的上下車運量並無明顯差異，主要需求站包含臺中車站(連接臺鐵)、科博館、市政府(連接中捷綠線)、新光\遠百、秋紅谷、澄清醫院、榮總、東海別墅、弘光科技大學、及靜宜大學等站，其餘停靠站則僅有少部分需求。透過分站月運量的資料觀察，可讓規劃者規劃不同停靠站所需的候車設施大小的功能規劃。

(二) 日運量分析

由於 5~9 月因受新冠疫情影響，導致運量大幅下滑，在年末陸續回到原

有的狀態。因此在全年的資料中，最符合一般情況的資料為三月與四月，而三月又是最無節慶干擾的月份，本計畫將以 2021 年 3 月資料進行日運量現況分析及說明。

經由分析細分至週日別的運量比較，主要可以呈現出不同旅次目的運量變化。本計畫挑選較具代表性的 3 月份資料彙整週日別的運量比較如圖 4.4.5、圖 4.4.6 所示，圖中可看出不同車站在不同日別的運量有明顯的高低差異，例如靜宜大學、弘光科技大學、東海大學、榮總、及澄清醫院等就學與醫療為主的站點，明顯在週間日的運量高於週末的運量，但從週間日所占的比例來看，新光/遠百、科博館、第一廣場、及臺中車站的比例低於 70%，表示這幾個站點在假日的需求較為明顯，主要是購物遊憩、與移工需求為主。而從圖 4.4.7、圖 4.4.8 的下車人次而言，與上車人次的趨勢沒有明顯差異，僅有在第一廣場與彰化銀行兩站有差異，因為這兩站僅有東行班次停靠，西行班次則無，同時這兩站也是外籍移工的聚集地，有固定的需求量存在。而在新光/遠百與榮總者兩個站在上下車的運量則互有消長。

從週日別的運量分析可看出不同站點在週間日與週末的需求並不相同，尤其是就學就醫與購物遊憩有明顯差異，這個結果可讓規劃者在規劃不同時段的班次與車輛規劃，有相當重要的參考依據。在就學尖峰時段，應以載客量較大的車種為主要服務車輛，以快速消化候車的就學需求；而在就醫的尖峰時段，必須以低地板等無障礙車輛為主要服務車種，以利就醫民眾搭乘。若要再更細緻的探討不同時段的需求，則需要以小時的運量分析進行判斷。

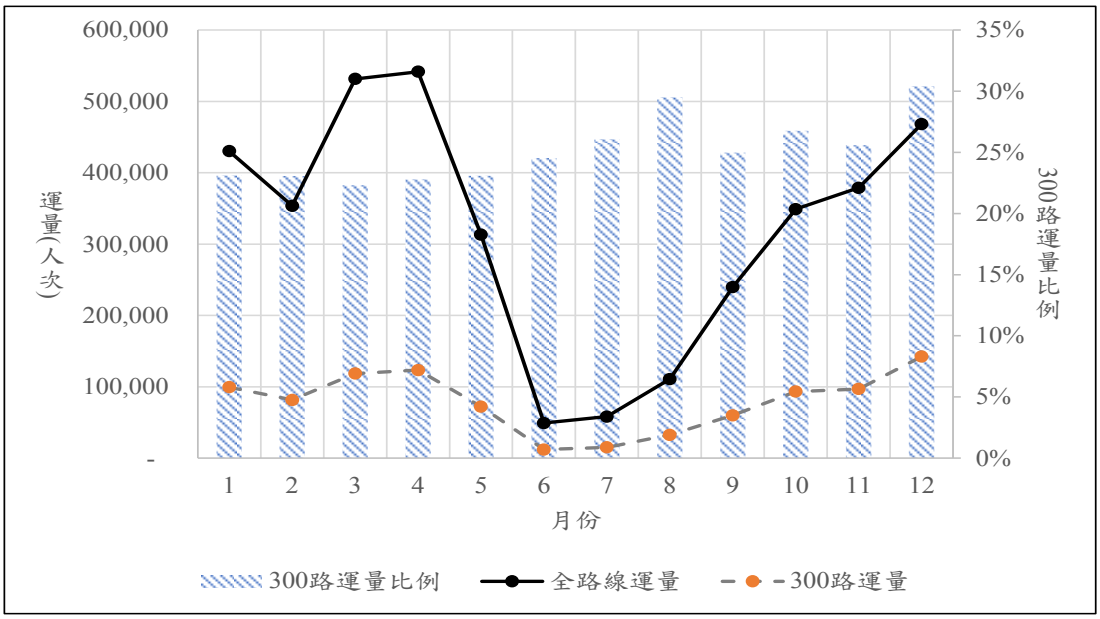


圖 4.4.2 300 路公車 2021 年各月份運量

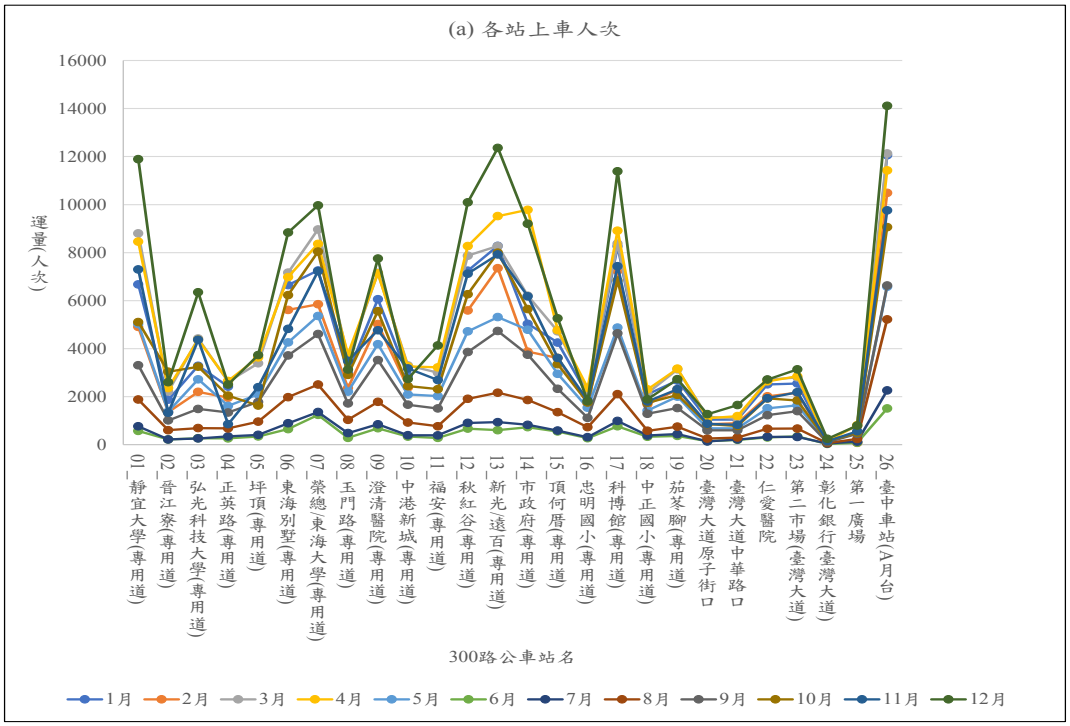


圖 4.4.3 300 路公車 2021 年分站各月份運量-各站上車人次

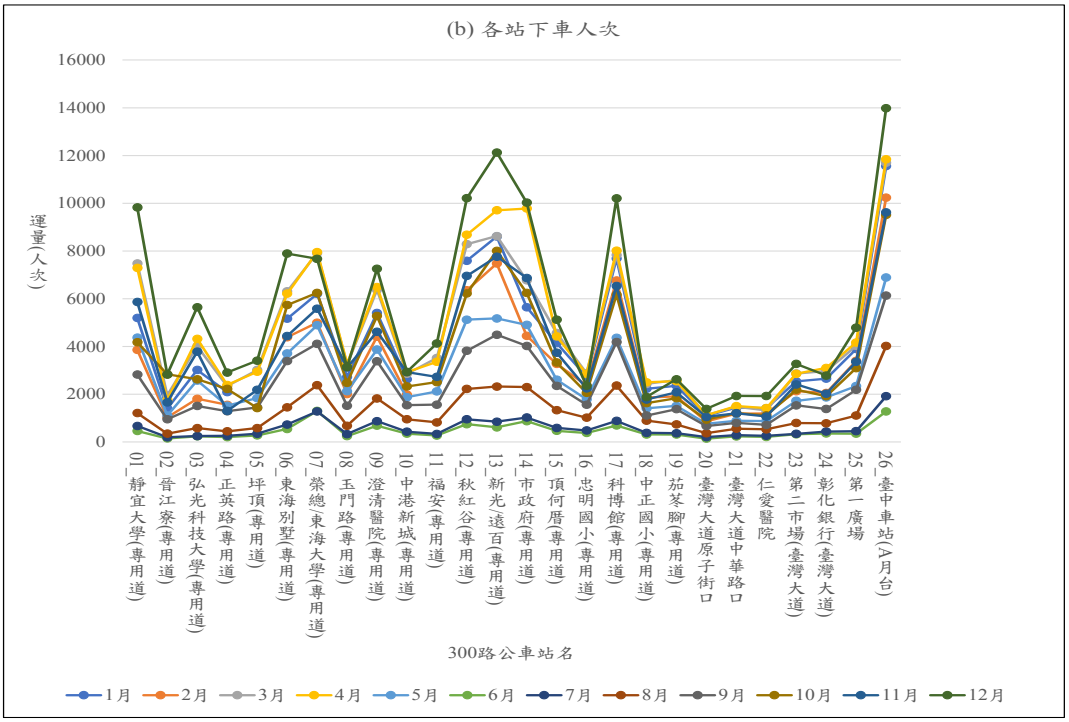


圖 4.4.4 300 路公車 2021 年分站各月份運量-各站下車人次

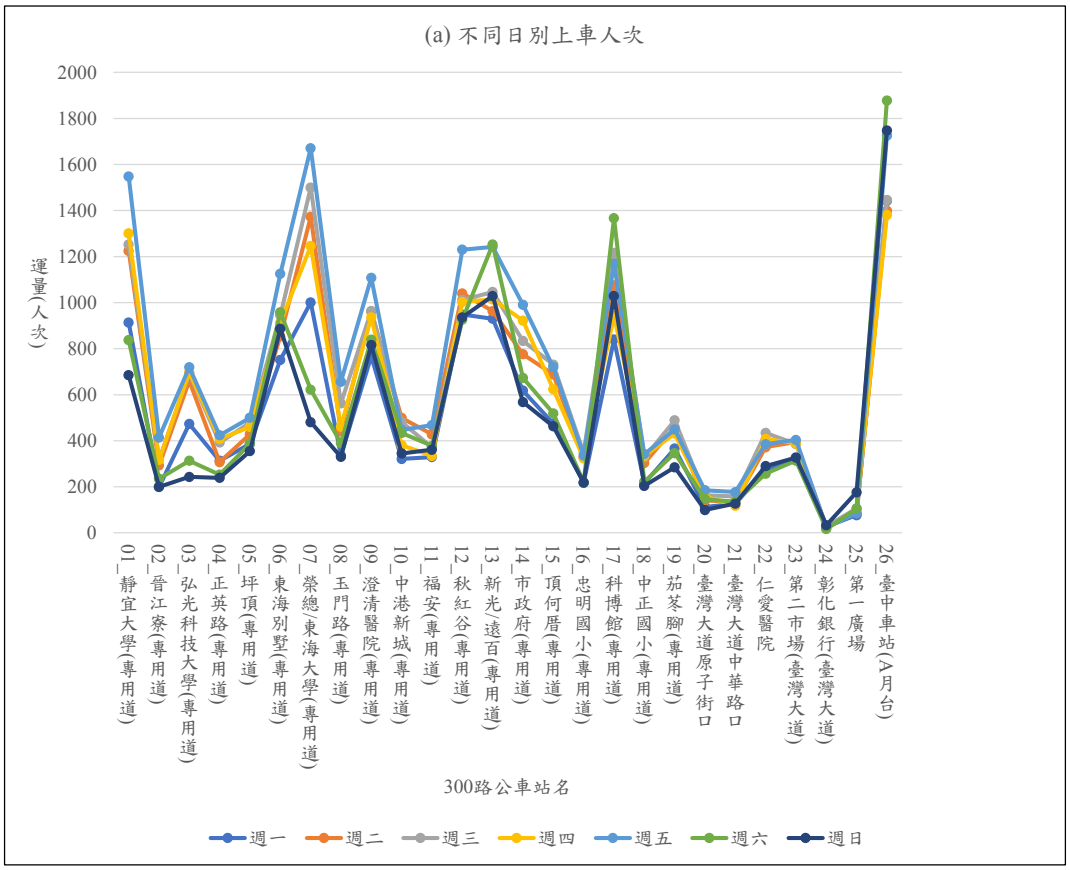


圖 4.4.5 300 路公車 2021 年 3 月份不同日別上車運量

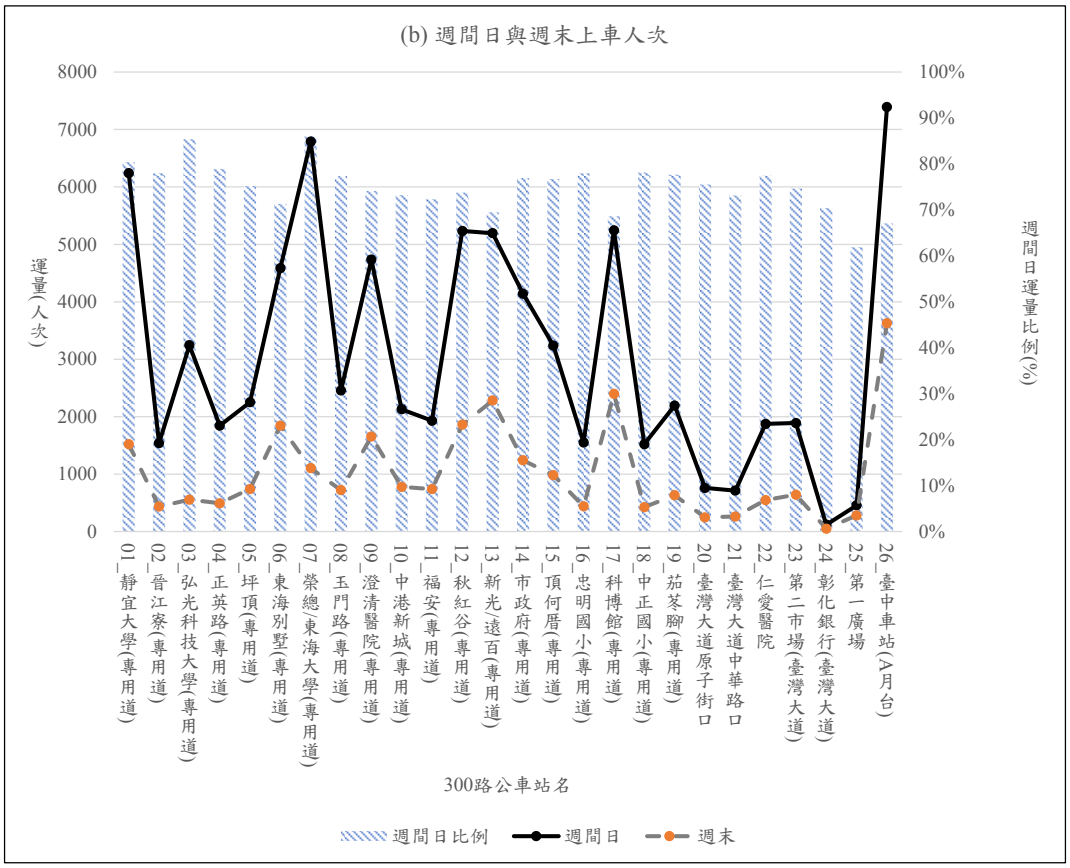


圖 4.4.6 300 路公車 2021 年 3 月份週間日與週末上車運量

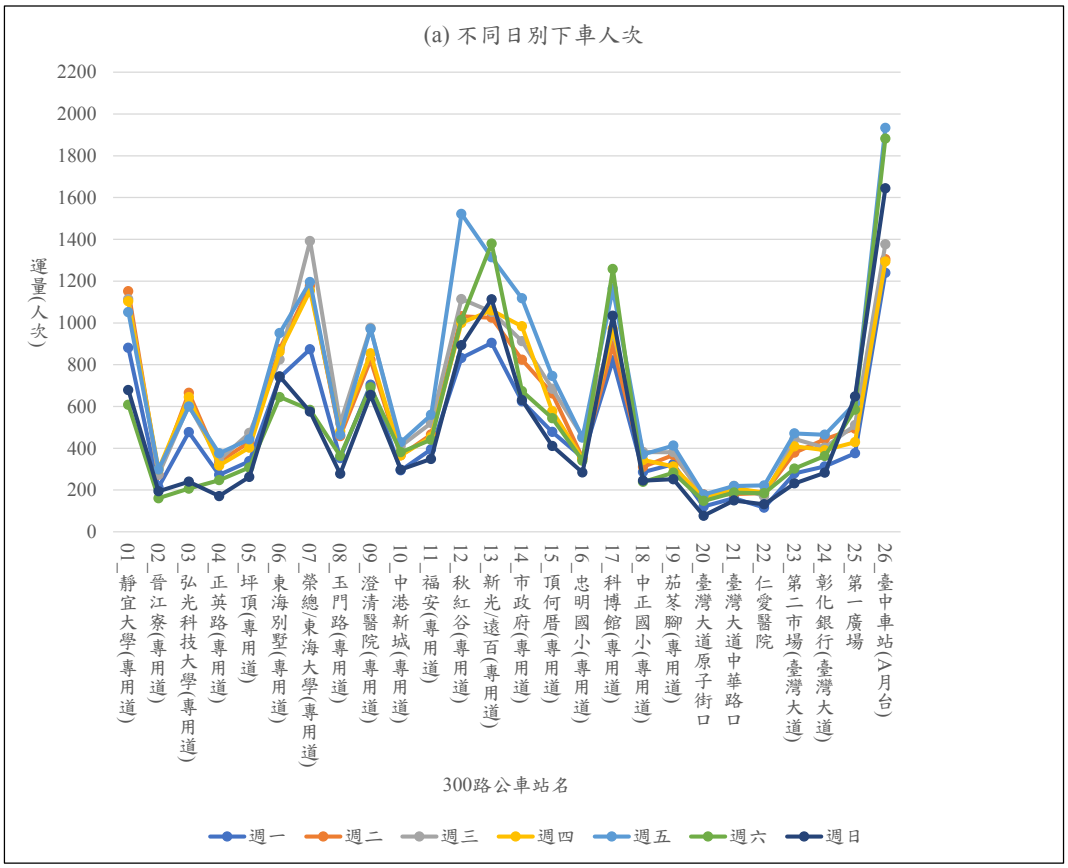


圖 4.4.7 300 路公車 2021 年 3 月份不同日別下車運量

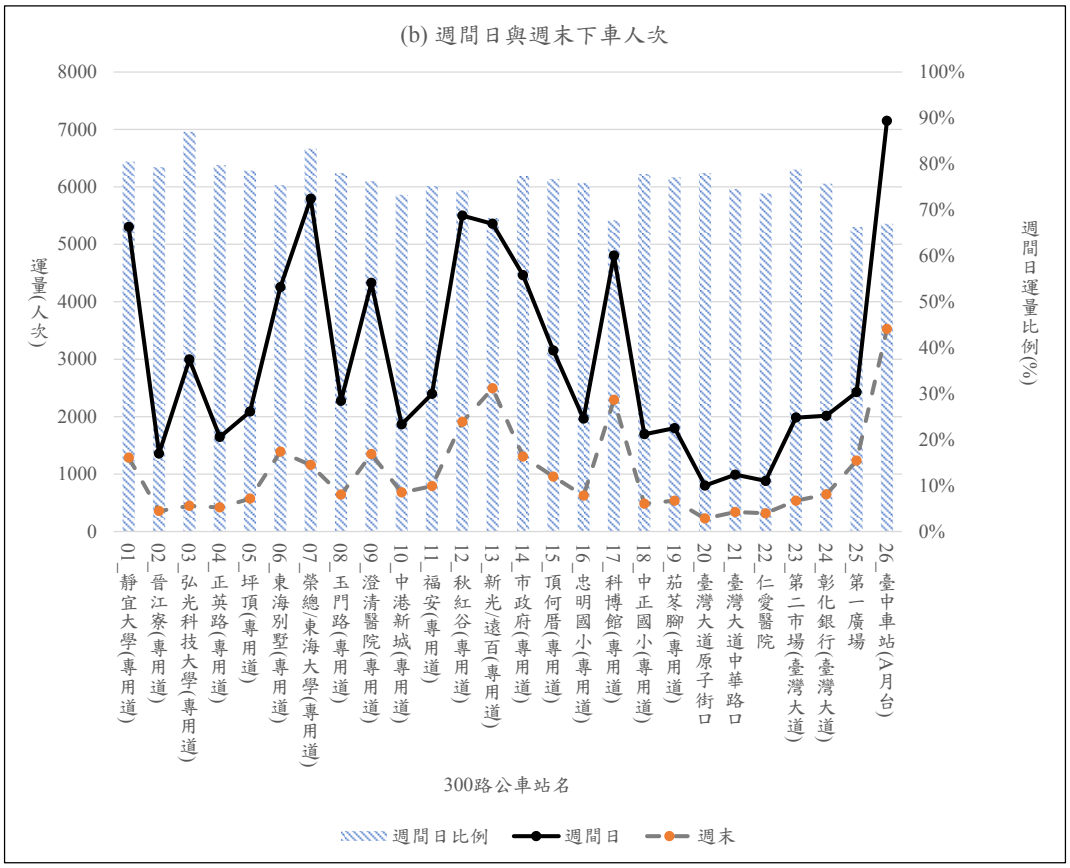


圖 4.4.8 300 路公車 2021 年 3 月份週間日與週末下車運量

(三) 時運量分析

為挑選較具代表性的週間日與週末日，圖 4.4.9 列出 3 月份每日運量，其中週間日以 3 月 31 日的週三為最高；而週末以 3 月 13 日週六的運量為最高。雖然 12 日與 26 日的週五運量較高，但因週五同時包含假日前的需求，因此採用週三較為偏近一般平日的需求量。

從圖 4.4.10 的分時運量來看，週間日與週末日有明顯差異，其中週間日的早上尖峰從 6 點逐漸爬升至 8 點，而下午尖峰則是由 16 點~17 點為主要時段，且下午運量約為早上的 1.6 倍，顯示此路線的需求在早上尖峰較為分散，而下午尖峰的需求則相對集中於 17 點，應須提供較為密集的班次，以避免乘客久候。而在假日的分時運量中，從早上 8 點至 17 點都有差異不大的運量分布，而在 18 點呈現明顯下滑，顯示假日的主要需求為觀光遊憩，當日落後則運量大幅減少。有明顯變化的分時需求分析可讓規劃者在規劃班距及車種有更強力的證據，並且針對乘客需求調整更有效率的服務。

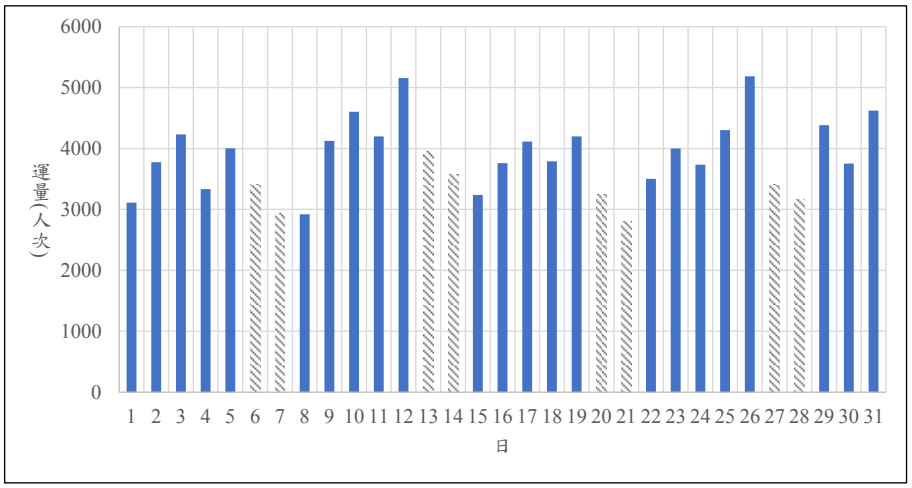


圖 4.4.9 300 路公車 2021 年 3 月份每日運量

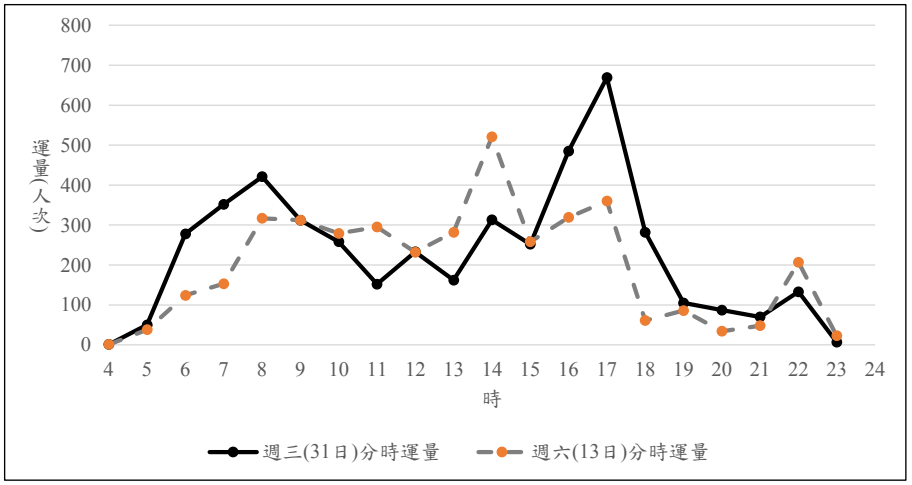


圖 4.4.10 300 路公車 2021 年 3 月份平假日分時運量

二、預測模式構建

(一) 資料預處理

本計畫市區公車時運量預測模式，以 300 路公車為例，蒐集 2021 整年度票證資料，經資料預處理後將原始資料整理成分時運量，每筆資料即為每小時總運量，資料格式如圖 4.4.11 所示，扣除非營運無資料時段後，資料總筆數為 6,570 筆。

	A	B
1	tdate	TXG300
2	2021/1/1 00:00	0
3	2021/1/1 01:00	0
4	2021/1/1 02:00	0
5	2021/1/1 03:00	0
6	2021/1/1 04:00	4
7	2021/1/1 05:00	53
8	2021/1/1 06:00	52
9	2021/1/1 07:00	48
10	2021/1/1 08:00	184
11	2021/1/1 09:00	84
12	2021/1/1 10:00	158
13	2021/1/1 11:00	151
14	2021/1/1 12:00	207
15	2021/1/1 13:00	172
16	2021/1/1 14:00	477
17	2021/1/1 15:00	436
18	2021/1/1 16:00	222
19	2021/1/1 17:00	214

圖 4.4.11 2021 年 300 路分時運量

(二) 特徵選取

在建模使用之特徵選取上，本計畫參考過去研究，除採用常見之週 期性特徵，如星期別、小時別外，亦納入是否為假期、是否降雨、前 N 週同一日同時段平均運量，此外本計畫另納入前一小時運量、前一日同時段運量及前一日總運量，共計 8 項特徵作為運量預測模式構建使用。

(三) 模式構建流程

本計畫於市區公車時運量預測模式之建構流程無異於前述章節之車流參數預測模式，皆須將資料劃分為訓練集、驗證集及測試集(Test Dataset)，訓練集主要為訓練階段時使用、驗證集主要為調整模型超參數時使用、測試集主要為模型最終評估使用。因此本計畫公車時運量預測之資料集資料總筆數為 6,570 筆，將其劃分為訓練集和測試集，訓練集資料為 2021 年 1~11 月，共 6,012 筆，測試集資料為 2021 年 12 月，共 558 筆，又將各訓練集資料中

的前 10%做為驗證資料、後 90%則為訓練資料，分別為 601 筆及 5,411 筆。此外，本計畫所有的實驗均是在以下環境中進行：Intel(R) Core(TM) i7-9700 CPU @ 3.00 GHz、NVIDIA GeForce GT 1030、64.0GB RAM。

表 4.4-2 市區公車時運量預測模式構建考量特徵彙整

項次	特徵名稱	特徵定義	參考依據
1	weekday	星期別	參考過去文獻
2	hour	小時別	參考過去文獻
3	holiday	是否為假期	參考過去文獻
4	precipitation	是否降雨	參考過去文獻
5	bf_1hr_volume	前一小時運量	本計畫增列
6	bf_1day_samehr_volume	前一日同時段運量	本計畫增列
7	bf_nweek_ samehr_volume	前 N 週同一日同時段平均運量	參考過去文獻
8	bf_1day_dayvolume	前一日總運量	本計畫增列

三、模式預測結果說明

本計畫為探討各項特徵對於預測結果之影響，目的為找出關鍵影響特徵，遂進行多種特徵組合之預測實驗，彙整各特徵組合之實驗預測結果如表 4.4-3 所示。由表中結果顯示，實驗 0 表示模型構建時僅考量常見之週期性特徵，星期別及時間別，其預測 MAPE 高達 50.247%，若比對表 4.1-8 之 MAPE 評估標準劃分結果，>50%表示為「不準確預測」。

實驗 1~3 則是由三項時間性特徵中，「前一小時運量」、「前一日同時段運量」、「前一日總運量」，只選取一項進行預測模式構建，可發現該三項特徵對於預測誤差皆有明顯的改善，且「前一日同時段運量」此項特徵對於預測性能之改善幅度最大，MAPE 由 50.247%提升至 14.808%。

實驗 4~6 則是由三項特徵時間性特徵中，「前一小時運量」、「前一日同時段運量」、「前一日總運量」，分別選取兩兩組合進行預測模式構建，可發現「前一日同時段運量」及「前一日總運量」之組合的預測性能最優，MAPE 為 9.485%，小於 10%並對照表 4.1-8 已屬於高準確預測範圍。

實驗 7 則是將三項特徵時間性特徵，「前一小時運量」、「前一日同時段運量」、「前一日總運量」，皆納入進行預測模式構建，可發現 MAPE 由前述兩兩組合之 9.485%提升至 8.313%。

實驗 8~9 則是探討「是否降雨」及「是否為假期」兩項特徵對於預測結果之影響，實驗結果顯示加入此兩項特徵後，會使 MAPE 提升，對於預測並無幫

助。

最後實驗 10 部分，除採納前述「星期別」、「小時別」、「前一小時運量」、「前一日同時段運量」、「前一日總運量」外，再加入「前 N 週同一日同時段平均運量」該項特徵，MAPE 由 8.313%提升至 6.851%。此外，「前 N 週同一日同時段平均運量」該項特徵，過去文獻研究顯示當 N=3 時能有最佳預測結果，經本計畫實驗測試後，則是當 N=2 時能得到最佳預測結果。

表 4.4-3 各特徵組合之預測結果彙整

實驗	MAPE (%)	星期別	小時別	是否為假期	是否降雨	前一小時運量	前一日同時段運量	前一日總運量	前 N 週同一日同時段平均運量
		weekday	hour	holiday	preci	bf_1hr_v	bf_1day_samehr_v	bf_1day_dayv	bf_nweek_samehr_v (N=2)
0	50.247	V	V						
1	21.279	V	V			V			
2	15.540	V	V					V	
3	14.808	V	V				V		
4	12.226	V	V			V		V	
5	11.446	V	V			V	V		
6	9.485						V	V	
7	8.313	V	V			V	V	V	
8	8.385	V	V		V	V	V	V	
9	8.571	V	V	V		V	V	V	
10	**6.851***	**V**	**V**			**V**	**V**	**V**	**V**

4.4.4 實證分析

本計畫取得一批模型從未使用過之新資料進行實際預測驗證，資料之案例時段包含不同星期別及尖離峰時段(該路線尖峰時段主要為 17:00 及 18:00)，由表 4.4-4 實際預測誤差彙整表顯示，雖有部分時段之預測誤差較不理想(>30%)，對照表 4.1-8 MAPE 評估標準劃分，仍屬於合理預測範圍，而整體平均 MAPE 則為 20.30%。

探討表中項次 16 之案例，當日該小時真實總運量為 35 人，而本計畫預測之運量為 85 人，雖有運量高估 50 人之情形而導致誤差看似很大，但實際公車營運時，該路線離峰時段每小時班次至少為 4 班，假設每班可乘載 60 人(雙截公車為 120 人)，4 班共可乘載 240 人(雙截公車為 480 人)，即便預測此小時之運量可能為 85 人，仍有足夠容量載運，營運業者也不需要因此而改變其營運狀態。

表 4.4-4 市區公車實際預測誤差彙整表

項次	案例 星期別	案例 時段	本計畫 預測時運量	當日時運量 真實值	誤差 運量值	誤差 (MAPE)
1	12/13(日)	11:00	184	141	+43	30.50%
2	12/13(日)	12:00	183	167	+16	9.58%
3	12/13(日)	13:00	191	239	-48	20.08%
4	12/13(日)	14:00	283	291	-8	2.75%
5	12/19(六)	07:00	125	84	+41	48.81%
6	12/19(六)	08:00	296	323	-27	8.36%
7	12/19(六)	09:00	264	291	-27	9.28%
8	12/19(六)	10:00	281	346	-65	18.79%
9	12/25(五)	16:00	595	579	+16	2.76%
10	12/25(五)	17:00	819	801	+18	2.25%
11	12/25(五)	18:00	469	430	+39	9.07%
12	12/25(五)	19:00	96	107	-11	10.28%
13	12/30(三)	16:00	288	308	-20	6.49%
14	12/30(三)	17:00	614	623	-9	1.44%
15	12/30(三)	18:00	202	205	-3	1.46%
16	12/30(三)	19:00	85	35	+50	142.86%
					平均誤差	20.30%

4.4.5 應用情境說明

本期計畫所開發之市區公車運量預測模組，能針對特定市區公車路線進行未來每小時之客運量預測，使用對象主要以政府管理單位及客運公司為主。

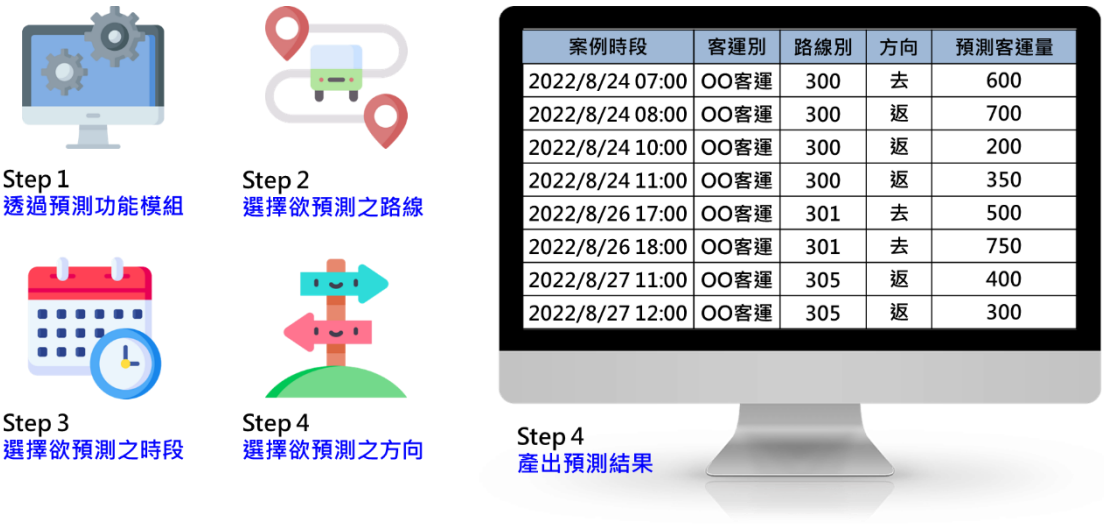
一、政府管理單位

政府單位之管理人員，透過此預測模組，選定欲預測之市區公車路線，接續選擇欲預測之日期及時段，最後選擇行車方向(去/返程)，即可得到該路線預估運量，藉以掌握各路線未來趨勢資訊，並做為資訊發佈之依據。

二、客運公司

客運管理人員亦可透過此預測模組，選定欲預測之市區公車路線，接續選擇欲預測之日期及時段，最後選擇行車方向(去/返程)，即可得到該路線預估運量，藉以掌握各路線未來趨勢後，主要區分為兩種使用目的，若是掌握短期預測趨勢，則做為臨時增開班次及車輛調度使用，如遇特殊活動舉辦；若是掌握長期趨勢，預測運輸量之多寡將可反應出各路線對應之營運績效，日後則可做

為票價檢討、車輛購置、人力編制、班次/距調整、績效考核、預算營收估算、財務評估等目的使用。



案例時段	客運別	路線別	方向	預測客運量
2022/8/24 07:00	OO客運	300	去	600
2022/8/24 08:00	OO客運	300	返	700
2022/8/24 10:00	OO客運	300	返	200
2022/8/24 11:00	OO客運	300	返	350
2022/8/26 17:00	OO客運	301	去	500
2022/8/26 18:00	OO客運	301	去	750
2022/8/27 11:00	OO客運	305	返	400
2022/8/27 12:00	OO客運	305	返	300

圖 4.4.12 市區公車時運量預測模組操作應用情境

4.5 市區公車營運績效分析模組之開發與實證

數位神經中樞的概念是利用數位資料與軟體建構一個類似大腦的架構，其中除了將整體交通環境數位化外，最重要的即是從系統中產生決策，提供管理者更多決策的參考依據。而公共運輸的營運績效一直是被關注的議題，由於大眾運輸的推廣是目前多數國家的發展趨勢，也是為了滿足民眾基本行的需求。然而，公共運輸的推廣經常需要面對財務永續的問題，部分服務若是未達到預期的效果，則必須要檢討其服務內容是否需要調整或存續。

4.5.1 模組目的

在大眾運輸系統中，客運服務的調整具有較高的彈性，也是最貼近基本民行的運輸服務，該服務的績效檢討自然是重要的交通管理措施之一。傳統上，客運的績效檢討大多是利用個別路線的載客量、票箱收入、及其車公里成本進行分析比較。這種方式主要較難判斷出路線中個別區間的乘載績效，必須依靠駕駛的經驗判斷，也造成績效檢討的困難。

所幸，目前的客運服務大多有電子票證的支付方式，也有絕大多數的乘客已經習慣使用電子票證搭乘，同時也提供了詳細的票證資料可供分析之用。本期的營運績效分析模組即是以票證資料為基礎，進一步分析路線營運績效，以做為數位神經中樞的功能(決策)之一。該模組的設計構想如圖 4.5.1 所示，主要

是藉由分析市區公車的票證資料，除了獲得一般常用的路線或站點的運量統計外，更能夠進一步計算個別路線的站間運量與區域的乘載量疊合結果。模組的主要目標是提供決策者在評估決策時，能有一個可以呈現公車路線績效的圖形與數據功能，在判斷公車營運績效時，無效路段的判斷會是一個重要資訊。公車路線在開始營運後，隨著時間的演進，經常收到民眾的意見而陸續延長或增加行駛區間。經過調整後的區間是否有預期的運量需求，則需要經過適當的分析後，方能判斷繼續營運的依據。若長時間無法呈現預期的運量，則需要檢討路線調整的必要。

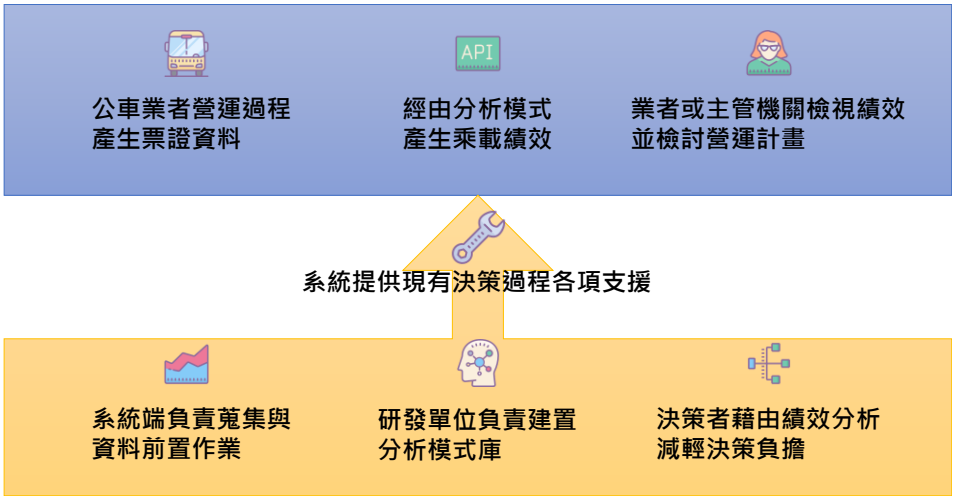


圖 4.5.1 市區公車營運績效分析模組設計構想

傳統的做法是透過全路線的運量進行判斷，例如車上搭載人次的計算或票收資料，但是這些資料的蒐集通常曠日廢時，又或者缺乏區間運量。因此，在有票證資料的輔助下，過去無法輕易獲得的運量資料，則可利用模組的計算功能彙整出個別路線的站間運量資料。

另一方面，特定區域的整體需求也需要檢視，市區客運的服務路線中，經常有複數路線服務同一區域的情況。從單一路線的運量檢視，則無法看出整個區域的需求概況；但若可以將複數路線的資料經過疊合後，利用 GIS 軟體繪製運量分布概況，將有助了解個別區域的運量需求，進而輔助決策者進行判斷。

4.5.2 模組構建

模組的功能主要是利用票證資料為分析基礎，必須先將全部票證資料匯入資料庫後，方可進行分析。主要構建步驟如下。

一、票證資料格式檢查與清洗：由於現況票證資料的品質參差不齊，在匯入資料庫前，必須先進行格式檢查與清洗，確保資料正確性後再匯入。

二、資料表建構：當票證資料匯入資料庫後，必須依照分析需求建立適當的資料表格式與欄位，以利後續分析查詢之用。

三、路線運量與區間運量計算：票證資料包含乘客上下車時間、站點、及路線，從這三項資料中可彙整出各路線運量與區間運量。

四、路線 GIS 圖層資訊：現有公開資料中包含公車路線與站位的經緯度資料，透過程式運算可將上一步的路線運量與區間運量再加上站位的經緯度資料，最後得出各路線區間的路線及該區間的運量資料。

五、匯入 QGIS 軟體：將上述資料匯入 QGIS 軟體後，可利用熱力圖方式顯示路段上疊合路線的營運績效，以及個別路線的區間營運績效兩種結果。

六、檢討區間匯出：最後經由程式匯出低於營運績效門檻值的營運路線及其區間。

4.5.3 實證分析

本期計畫利用臺中市巨業客運的資料進行模組的實證分析，藉以呈現票證資料經模組分析後得出營運績效。圖 4.5.2 是利用 QGIS 軟體所提供的熱力圖功能，將路段上行經的所有公車運量經過疊合後，呈現出熱力圖的範圍，由於是用於判斷無效路網的依據，因此在設定上，以單一門檻值做為圖形繪製的基礎。換句話說，當該路段上所行經的所有運量加總超過門檻值後，即會顯示最深的顏色。以本例而言，最深的綠色與紅色即代表該路段上的運量已經超過門檻值，相對的，只要是較淺的顏色，都有需要檢討的可能。

目前本期計畫在路線疊合的呈現設定 3,000 人次/月(雙向)為門檻值，未來實務運作上，管理單位可自行設定所需要的門檻值。從結果中可看出在梧棲漁港及連接臺中彰化的台一線路段區域都有明顯低於門檻值的情況。

圖 4.5.3 則是利用線段及不同深淺的顏色呈現站間乘載績效的優劣，從較深最淺色的部分可看出在梧棲漁港附近的部分路段仍是績效最低的路段。但由於單一路線的呈現方式是比較路線內各站間運量的差異，相較於全路線疊合的差異，差距相對較小。因此，兩種呈現方式所提供的判斷依據不盡相同，決策者可根據需求決定所需的呈現方式。

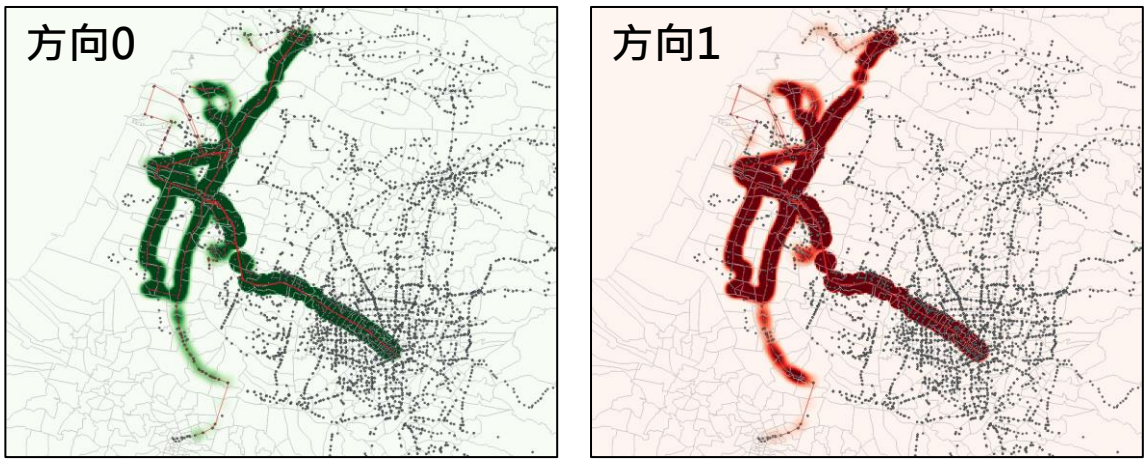


圖 4.5.2 路段上所有路線乘載績效

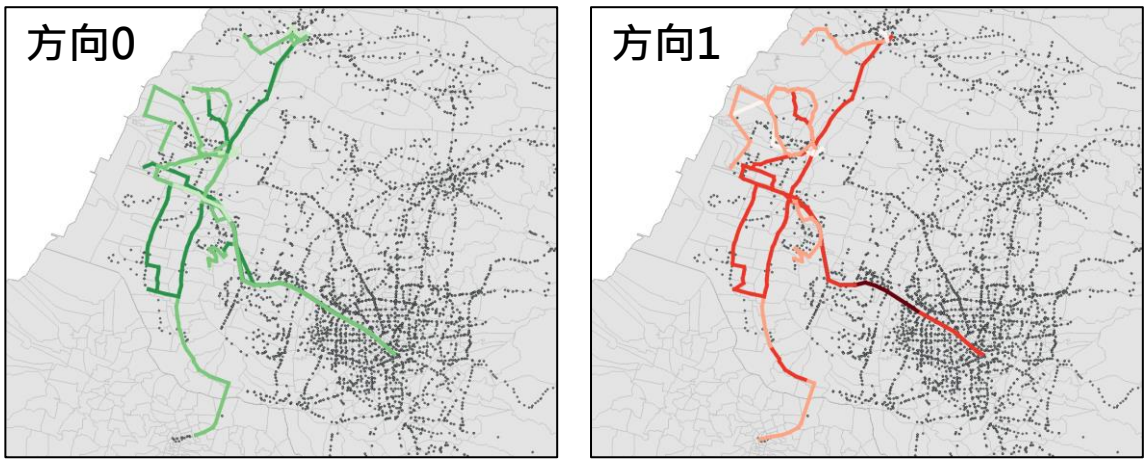


圖 4.5.3 路段上個別路線乘載績效

經過路線疊合後的分析可看出，在梧棲漁港與臺中彰化間的路線營運績效較低，將該處的公車路線與站點列出，可得表 4.5-1 的建議檢討區間。從結果中可看出，需要檢討的範圍是較少路線經過，也是末端的範圍，但實際上有可能會有少數民眾需要其服務，決策者將需要針對現有營運績效及實際需求進行檢討。這個模組也提供決策者量化的參考依據。

表 4.5-1 模組產生之建議檢討區間

建議檢討路線	較低乘載績效站間運量(人次/月)	建議檢討區間
TXG111	67~130	全線
TXG688	121~178	中山董公街口-臺中港旅客服務中心
TXG180	307~~785	沙田中華路口-彰化站
TXG179	254~1130	中山董公街口-高美濕地
TXG178	344~1278	中山董公街口-高美濕地

4.5.4 應用情境說明

本模組的應用情境同屬簡易，在使用過程中選擇所要分析的公車業者與分析的月份後，再選擇需要的資訊種類(包含所有路線的疊合分析、或是單一路線的績效分析)，即可得出建議檢討路線及其區間。但是在功能執行之前，必須要將票證資料匯入資料庫中，方可執行該模組；而以目前的票證資料品質，在匯入的過程中仍需要經過資料格式檢查與清洗後，才能有效使用該模組。建議後續計畫可針對不同品質資料匯入數位神經中樞系統的過程進行檢討，以強化功能應用。

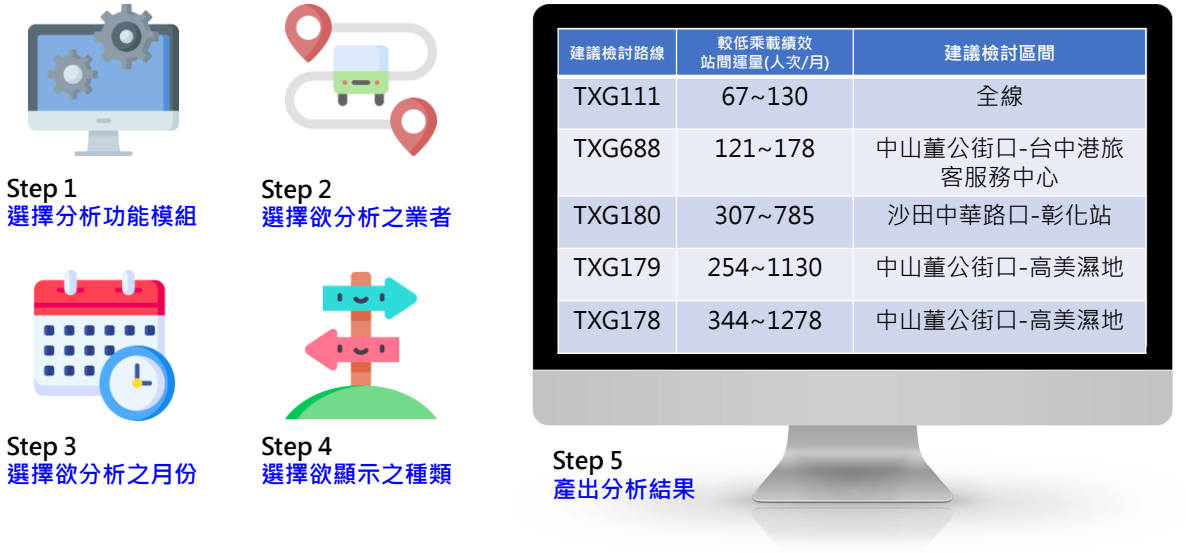


圖 4.5.4 市區公車營運績效分析模組應用情境

第五章 智慧交通數位神經中樞系統之數位雙生雛型開發與實作

智慧交通數位神經中樞系統之功能組成包含即時偵測、資料分析、3D 視覺化模型、模式庫、知識庫。而本章內容主要為發展智慧交通數位神經中樞系統中之「3D 視覺化模型」，亦即數位雙生。數位雙生展示模型將會在虛擬世界中製作計畫場域的數位雙生，藉由蒐集現場端即時資料，能夠將計畫場域的交通狀況、號誌狀態與設備狀態、人/車流狀況，複製到數位雙生當中。配合專屬的 3D Dashboard，虛實整合視覺化呈現各項交通數據，透過掌握即時狀況，使智慧交通數位神經中樞系統提供更精準之決策，亦能讓管理者能夠一目瞭然現場交通狀況，協助執行交通決策並檢視成果。

5.1 數位雙生案例探討

數位雙生為實體系統於數位平台之分身，透過持續蒐集資料與實體連結並更新狀態，並以 3D 虛擬模型直觀呈現，再透過視覺化、分析、預測或最佳化提供數據的價值。

5.1.1 國內案例

「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」(2019-2021)及「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫」(2022-2024)為交通部指導於淡海新市鎮建置「5G 智慧交通試驗場域」進行聯網車試驗，並於計畫中進行數位雙生應用示範。

一、淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫

考量傳統戰情中心 Central Management System(CMS)數據細節的分層級顯示，容易因資訊傳達落差影響決策，在此交通應用上主要強調透過「智慧交通監控系統(3D Smart Traffic System)」突破傳統盲點，結合大數據、物聯網、3D 影像、數位雙生等技術，將以往 2D 的圖台資訊導入 3D 可視化中央管理平台，並藉由「智慧交通監控系統」數位雙生應用，建構智慧交通監控中心，其中透過多維度電子圖台及地圖/環境參數管理建立模型，並從中介接新北市自駕巴士即時動態資訊等，串聯 AI 影像辨識應用及交通感測器聯網應用顯示，掌握

不同訊號及交通號誌管理，藉此達到完善的風險管控。在計畫建置的過程中，為進行多元技術驗證的需求，已於 10 個測試路口佈建終端設備，可將即時資訊傳送給聯網車或巡禮巴士，包含即時號誌時相應用(SPaT)、前方號誌時相秒數資訊提示、前方道路障礙/違停車輛警示、前方道路壅塞提示、行人防撞警示和路口車輛闖入輕軌軌道區域警示等。相關資訊均能在車載資訊系統上呈現，讓駕駛員與乘客能即早因應，其示意畫面如圖 5.1.1 所示。



資料來源：CIO Taiwan

圖 5.1.1 淡海新市鎮以數位雙生概念呈現的 3D 戰情中心

二、淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫

刻正進行之「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫」，為銜接機關其他計畫成果，並將其呈現於淡海平台，由運籌管理專案辦公室(PMO)以數位雙生精神研發，建置「數位雙生系統平台」。藉由數位雙生與聯網車(V2X)應用服務標準訂定，落實場域一致性管理及呈現。所建構之整合具國際化平台與智慧交通數位雙生應用示範的相關應用程式介面(Application Programming Interface, API)、包含微軟 Azure、數位分身數據庫、元件庫及函式庫，以利相關計畫展示其成果之用。二期計畫將檢視 NGSI-LD 公告的 Ontology 標準中，與智慧交通及車聯網領域較為相關的 Ontology 相關標準。同時未來將參考其他相關的 Ontology，輔以案場的交通特性，建立相應之數據模型。

前述平台將延續第一期「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究計畫」之智慧交通場域整合平台，維持智慧路側設施與交通服務之管理與控制，並持續銜接各類交通服務應用，以達成智慧交通測試場域之目的；針對數位雙生平台規劃

完成功能說明如下：

(一) 除延續提供前期 AI CCTV 驗證平台功能外，亦持續提升相關智慧路側設施管理及交通服務可用度及可靠度。

(二) 整合資訊與中央監控功能，可介接 TCROS 號誌控制器及聯網車相關路側設施，提供即時資訊監控及分析等功能。

(三) 整合 C-V2X 聯網車設施管理功能，運用感測器、邊緣運算及聯網車資訊平台等技術，實現「人、車、路」環境進行無線通訊和資訊交換的 VIP-N(Vehicle, Infrastructure, Person and Network)網路。並將聯網車系統需求之靜態(V2X MAP/TIM)和動態(SPaT/SRM/SSM/RSA/PSM/BSM/EVA)資訊進行整合及傳遞，並將資料彙整於後端平台實現智慧化交通管理、智慧動態資訊服務，以提升交通安全性與效能性。

(四) 建立智慧交通應用功能測試驗證規範，包括 C-V2X 聯網車設施及聯網車需求資訊的感測輔助資訊蒐集器(如 AI 影像辨識設備或雷達感測設備等)等多元測試驗證項目，針對智慧交通應用進行驗證作業，確保該應用能正常運作且持續符合功能規範需求，以提升服務品質。

(五) 運用數位雙生概念(Digital Twin)概念，進行智慧交通管理，並透過實體虛擬化、資訊標準化、應用智慧化的反饋系統，讓 VIP-N 資訊數位化並且彼此關聯。實現所有交通設施與使用者間的相互協作，以實證場域進行測試，進而提升實體世界交通服務水準。

5.1.2 國外案例

一、日本

阪神高速公路公司與東芝於 2018 年開始數位雙生之應用，將神戶市的東神戶大橋以數位雙生技術於虛擬世界再現，在實際的設施裝上測速器與風速器等感測裝置，可精細模擬車輛震動與風吹的搖晃程度。並透過多種條件設定配合下進行各項模擬，提供在道路問題發生前即可提早警覺，便於管理維護，並預計於 2025 年真正投入應用，其示意畫面如圖 5.1.2 所示。

在日本國土交通省方面，則已於 2019 年 5 月，制訂涵蓋全日本的數位雙生計畫，配合 3D 地形資料，2021 年 3 月底前完成日本全部國土的 3D 地圖 Plateau，及免費公開地圖資料，且加上國土相關資料與民間經濟活動的資料，形成可模擬各種情況的資訊基礎平台，例如：日立製作所(Hitachi)或 Panasonic

進行人流分析的交通建設或市場調查等領域的商業應用，及汽車與無人機的自動駕駛、不動產業者的都更規劃；三菱集團(Mitsubishi)模擬大洪水的影響與避難問題，利用模擬洪水動態及適當避難途徑結果，做為災害防治之參考等。



資料來源：DIGITIMES

圖 5.1.2 東芝於電腦上模擬行駛中汽車以重量影響橋體

二、新加坡

2014 年新加坡政府與達梭系統 (Dassault Systèmes) 合作開發新加坡的數位孿生「虛擬新加坡」(Virtual Singapore)，主要是用來提升對該城市國家的治理品質，做為決策參考，新加坡的政府與企業也能透過這個數位孿生，針對各項建設與專案，去實驗、研發、規劃與決策。

於模型建置過程中，採用「差分全球定位系統(Differential GPS)」科技，可使定位誤差可小至 3-5 公分，完成高準確度的定位追蹤，亦透過兩架航測飛機在空中進行拍攝及雷射掃描，其中一架飛機使用雷射技術蒐集全島及新加坡外島地面資料，以便繪製全新加坡地勢圖，另一架飛機則在建築物上方，以特殊攝影機(可同時拍到屋頂與建築物側面等不同角度)拍攝新加坡 20 萬棟建築物後，繪製成 3D 模型；此外也在汽車裝上雷射雷達及 360 度攝影機等設備，穿行每條大街小巷後，繪製地面上可看到的公路、人行道及街景等圖像，並集中所有資料並呈現在同一份 3D 地圖上，例如：藉由 3D 地圖讓無人駕駛汽車與巴士穿行大街小巷、追蹤車輛等應用。

建置完成後則蒐集許多數據，並針對人流、車流的情況、集中時段等進行分析，如：提升治安與行車安全，可因此少蓋很多使用不足的蚊子館，或是調整公車營運路線和站牌地點提升公共運輸的服務品質等應用方式，進一步探究

應如何改善基礎建設、提升城市營運效率等。

三、西澳大利亞(MRWA)

西澳大利亞為進行最佳化道路網路管理的數據蒐集及訊息共享，透過地圖介面來顯示所蒐集的交通數據，而這些數據可用來幫助道路維護，並確保道路網路的效率與安全，也蒐集在道路上行駛的車輛訊息，包括車輛數量、類型、速度及車輛大小等，也希望可透過這樣的數據可以提供資產管理決策使用，並傳播相關的交通訊息。根據其分析的經驗和案例，進而提供服務的參考模型開發智慧交通系統，共建構三大模型及其服務，而三大模型包括：訊息系統(用於儲存和查詢歷史訊息)；交通和道路網路的數位雙生資訊(道路交通網路的數學模型)；AI 人工智慧(系統訊息處理和演算法決策模式)。相關服務功能如下：

(一) 可視化的查詢當前交通狀況的服務，該服務透過安裝在道路上的感測器回傳即時數據內容，並透過 AI 人工智慧的方式對流量進行短期和長期的建模，並透過演算法分析訊息系統中的前期訊息內容(其中包括道路上的感測設施資訊)。

(二) 預測分析服務：服務與預測分析和道路網路的數據進行結合：示有關城市下的問題區域訊息，允許模擬不同的交通情況，疊加所有的流動狀況，並可透過該數據進行後續的交通網路規劃發展之用，如新建道路之參考。

(三) 監測物體服務：監測在交通道路網路上移動的物體，例如清潔機或維修設備的離開等；

(四) 訊息交換服務：在緊急狀況下提供警車、救護車等資訊給相關機關做訊息的交換；

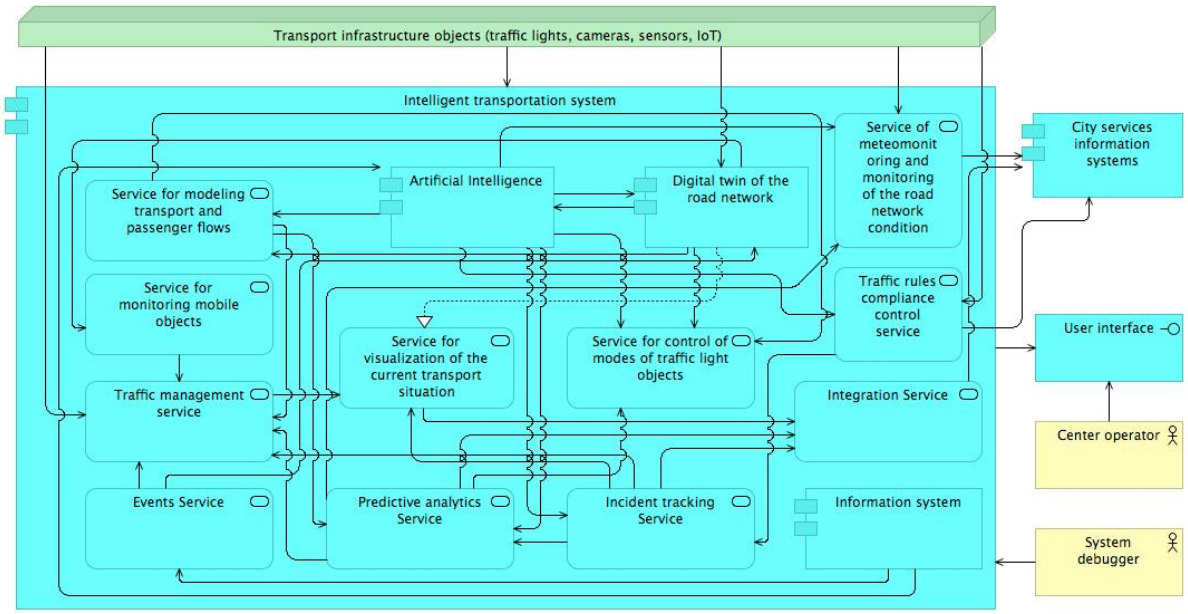
(五) 實際查看特定路段計畫的活動(包含預測值)，及追蹤所需路段下的所有限制(如電力、網路、供水網路等)；

(六) 事件追蹤服務：可自動識別攝影機所偵測到的物體/事件等，記錄在當前交通狀況中，預測未來的交通狀況發展，並即時將目擊者或事故者接到交通事故電話之前就將訊息傳到相關單位；

(七) 交通管理服務：提供交通違法事實證據的數據蒐集，可提供給相關執法單位。

而以上這些服務及功能、應用程序組件都包含在智慧交通系統的通用框架(參考俄羅斯聯邦交通部文件)中，提供一個方便、自適應且易於理解的用戶介

面，允許顯示預測分析報告，顯示中包含所有對象、事件、預測和當前交通流量的詳細城市地圖，其描述模型如圖 5.1.3 所示。



資料來源：Rudskoy 等人[59]

圖 5.1.3 西澳大利亞數位雙生模型方案

四、英國

共用數據環境(CDE)首次出現在 2D 年代的英國標準 BS1192：2007 中。為了幫助行業實踐 BIM，AEC(英國)發布了建構資訊模型(BIM) 標準(2010)及協議(2012)，以目錄和文件夾的形式來示範 CDE。英國政府於 2011 年宣布 BIM 策略之後，發布了 PAS1192：2/3，幫助行業從 2D 過渡到 3D。2016 年強制使用 BIM 後，英國成立了 CDBB，來達到「數字建設英國」，CDBB 於 2017 年出版了 AIM-CDE，其願景是實現「國家數字孿生」(NDT)。來到第五代，國際 BIM 標準 ISO19650 在英國帶領下，於 2018 年底發布，隨後各國紛紛制訂國家指南。

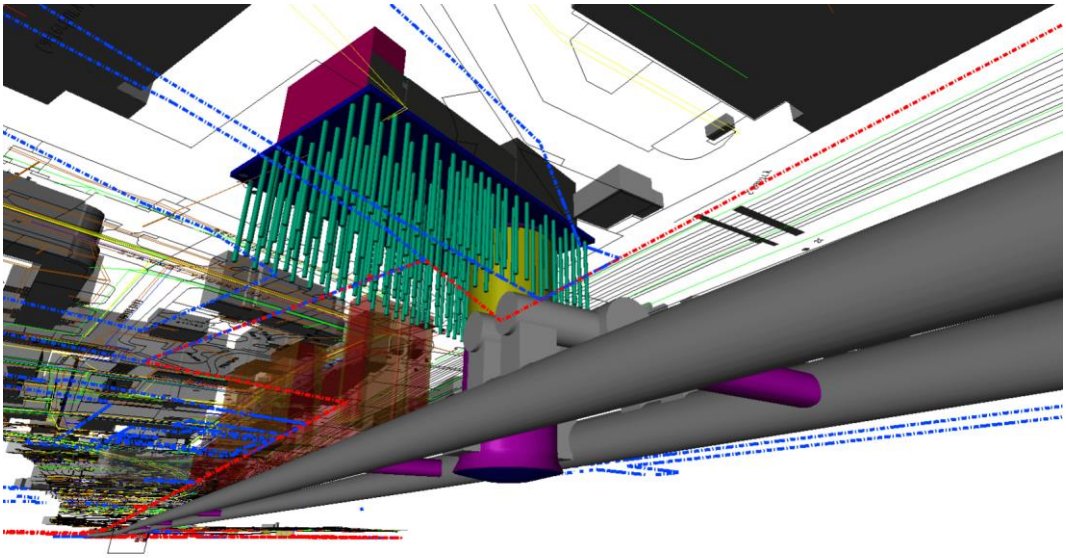
而英國 CDBB 預測，在未來十年內，BIM 技術、Digital Twins 和物聯網(IoT)的結合將使我們能夠更有效地規劃基礎設施，以更低的成本建造它，並改善運營和維護以在更長的使用壽命內獲得更好的性能。英國數字建造中心是商業、能源和工業戰略部與劍橋大學之間的合作夥伴關係。他們的共同目標是瞭解建築和基礎設施部門如何使用數字方法來更好地設計、建造、運營和整合建築環境。CDBB 戰略的一個關鍵部分是其國家數字孿生計劃(NDTp)，該計劃旨在確保有效使用高質量、安全的數據來改進基礎設施的構建、管理和運營方式。 NDTp 已經在與數字孿生的未來用戶和早期採用者合作，開發一個訊息管

理框架，以確保安全和有彈性的數據共享以及有效的訊息管理。

因此，回到交通管理方面來看，構建道路基礎設施的 Digital Twins 有可能極大地協助資產管理運營，並使新的建設項目比以往任何時候都更有效率，甚至可以實現更複雜的交通建模，從而節省時間和金錢並降低整個道路網路的排放。

例如道路網絡基礎設施，早期採用者國家公路局(前身為英國公路局)，該機構目前正在開發英國道路網路的幾個虛擬 Twins，做為其數字道路戰略的一部分，數位雙生模型將看到圖紙和靜態模型替換為可以預測維護問題的數字版本，隨著數據的積累，將所有 Digital Twins 連接在一起，以創建一個大型單一數據源，使其能夠以更有彈性的方式運營基礎設施，而目前國家公路局正在與英國研究與創新 (UKRI)、工程和物理科學研究委員會 (EPSRC)、歐盟 MSCA COFUND 計劃、Costain 和劍橋大學合作開發，透過系統即可可以確定實際位置，而不必實際去查看相關設施位置。

此外，也透相關數據將資產管理與交通運營相結合，利用其數據模擬交通路網上的流量，進而進行號誌化的控制，讓更多的人通過該路網，並透過時間的累積大量的數據及地圖資訊內容，也可以將該數據提供給國家公路局進行營運上的參考，其示意畫面如圖 5.1.4 所示。



資料來源：INTERYRAFFIC[60]

圖 5.1.4 英國數位雙生模型建立

五、歐洲鹿特丹港

歐洲最大的港口鹿特丹港，每年約有 4 億 6100 萬噸貨物、14 萬艘貨船進出，過去大多仰賴靠傳統的無線電和雷達引導船隻入港，目前引進 IBM IoT 技

術和雲端平臺進行智慧化港口之建置，目標於 2025 年實現「港內航運連網」(connected shipping)之建構，現已於陸地、海下、港口的碼頭駁岸、繫泊柱和道路等處均安裝 IoT 感測器，透過感測器會蒐集各式各樣的資料流(data streams)，包括潮汐與潮流的水氣濕度(hydro)和天氣氣象(meteo)資料、溫度、風速與風向、水位高度，以及泊位的可用性和能見度等，用來協助港務人員決策，縮短港務處理時間，如：提供船隻進港和裝船卸貨的最佳時間點等。在交通管理應用方面則透過港口船隻動態、基礎設施、天氣、地理和水深資料等模擬各種可能的情境，讓相關人員瞭解如何更有效率地安排船務，可利用數位雙生能讓港務人員同時檢視各方資訊來考慮船隻的停泊，估計每天可以減少 8 萬美元維運費用，及減少船隻停等時間 1 小時。亦可類似無人駕駛車一樣，讓入港船隻可以自動航行在港內水道，停泊船隻可以彼此能連網溝通，來避免互撞。

六、美國

(一) 聖地牙哥政府協會

該協會導入數位雙生之概念，建立城市的數位模型，模擬不同情境下的交通狀況，評估各種解決交通阻塞問題的方案，可處理即時的交通資訊，每三分鐘分析道路交通流量，並可以在事故發生的時候導引車流到其他替代道路。2020 年時則研究如何運用人工智慧更快速地發現事故，即時在尖峰時刻導引上萬名通勤者避開交通阻塞。

(二) 哥倫比亞

因應在冠狀病毒大流行初期短暫緩解交通擁堵後，紐約市又出現了交通堵塞壅塞，因此 Fu 基金會工程與應用科學學院和哥倫比亞大學數據科學研究所得到了聯邦公路管理局的部分支持，以開發紐約市的混合“Digital Twin”並探索從交叉路口到全市管理下，如何利用傳感數據和機器學習來優化交通流量，並使交通管理人員和城市規劃人員能夠模擬交通和壅塞狀況並測試緩解策略和解決方案，該項目將交通建模與機器學習相結合，以實現模擬和預測。

透過數據進行相關研究，哥倫比亞大學的研究人員利用路邊基礎設施和車輛中的傳感器，隨著交通環境的變化不斷學習和動態更新。該系統將使用從西哈萊姆區 COSMOS 測試平台蒐集的數據進行訓練，該測試平台是一個城市規模的先進無線測試平台，旨在實現下一代無線技術和應用的真實實驗。

COSMOS 使用軟體定義的無線電節點、光纖網路以及邊緣和核心雲計算基礎設施。通過登入 Web 的遠端連線方式進行實驗，進行各項模擬的執行、測量和數據蒐集後提供給各種設施，並可以即時提出自適應管理策略，這有助於緩解交通壅塞、優化交通流量並降低排放水平。

5.2 數位雙生雛型開發課題與指引

數位雙生能夠協助交通管理，使資訊跨平台、跨領域的交流更加便利，有利於不同場域的橫向擴充，並達到資訊共享的目的。數位雙生需要對交通場域進行資料的蒐集、分析，進而決策、發佈及協作，將是智慧道路銜接交通管理的關鍵元素，亦是交通管理邁入元宇宙應用的重要進程。

綜上所述，建置數位雙生平台將會是交通管理的發展趨勢，惟考量目前國內僅有少數交通場域進行數位雙生之示範實作，相關案例及應用情境尚欠完備。且各管理單位所轄交通場域之數位化程度不一，布設之範圍大小、可支應的成本費用及所需解決的現場問題亦有所差異，需訂定操作性指引，以律定建置數位雙生平台的最低限度要求及基本的標準內容，期能達成以下目標：1.減少重複開發節省建置成本；2.介面相容共同協作，提升平台效益。數位雙生應具備如圖 5.2.1 所示之三元素，分別為數據庫、元件庫及函式庫。數據庫，為平台的核心，須符合國際標準及協定內容；元件庫，是數據於平台上的具體呈現，無論精細度，皆需正確且清晰的顯示資訊；函式庫，為數據的進階處理，初期規劃以簡單邏輯執行。函式可用以擬合、插補數據的時空間縫隙，嘗試還原真實車流情境，並藉實際數據遞迴調整函式參數。

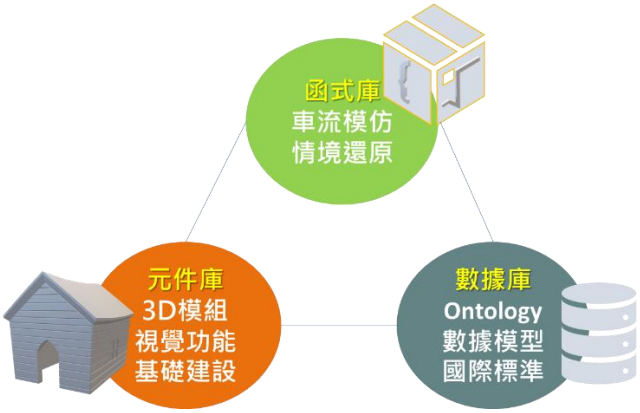


圖 5.2.1 數位雙生三大元素

數位雙生平台係為協助交通管理，因此建議具備輔助即時交通管理、設施生命週期監測及國際標準跨域協作三項功能，相關說明如下：

一、輔助即時交通管理

可以提供即時的 3D 視覺化資訊，精準即時且直覺掌握交通場域整體交通狀況，監視場域交通狀況，找出交通瓶頸，協助智慧化交通決策。透過模擬有限的偵測資料，擴展成整個場域的模擬資料，用以協助分析各種決策對於交通狀況可能產生的影響。

二、設施生命週期監測

平台需定期回報設備運作狀態，以便有效提升設備妥善率並瞭解全域系統運作狀態。平台監視及管理整個系統，讓系統可以正常、安全、穩定運作，確保資訊安全不受威脅。平台有統一的查詢界面，並且能自動提醒設備維護需求，以快速執行安裝與維護作業，並減少人力需求，確保設備正常運行。

三、國際標準跨域協作

交通管理及交通設施轄管，涉有不同上下級或平行機關，各機關既有之管理平台可能無法完全鏈結，為使數位雙生平台能夠介接多元資料發揮綜效，並能提供場域內各機關使用甚至協作，相關數據模型須具備一致性及可擴充性，建議參考國際標準擬定，減少訂定模型之成本。

依據前述數位雙生的目標及功能，本指引內容包含數位雙生之數據模型標準(NGSI-LD)及開發平台(Azure Digital Twins)，考量微軟(Microsoft)的雲端伺服器平台是目前世界通用之數位雙生數據平台，在此平台上進行數據庫建置操作，可以確保最基本的通用性及一致性。以下指引內容說明開發流程建議，以及自需求確認至最終模型顯示等各階段之建議，並且提出資安規劃，提出平台最低限的資安要求。

5.2.1 數據模型標準

一、數據庫說明

數據庫為發展數位雙生的關鍵基礎，數據模型須符合國際標準及協定內容，確保可擴充性及移轉性，減少在不同場域重新開發同樣功能花費的時間，並滿足不同資料精細程度。本指引建議採用 NGSI-LD(Next Generation Service Interfaces，下一代服務介面)。NGSI-LD 是由 FIWARE 開源社區推動的 Ontology 標準，符合歐洲電信標準協會 (ETSI)的標準，並且被歐洲未來網際網路公私合作 (PPP)採納，目前已經發展到第二版。

數據雲端平台建議採用 Microsoft Azure。Azure Digital Twins Azure Digital Twins 是一種物聯網(IoT)平台，可讓使用者以數位方式呈現真實世界的物品、地點、商務程序和人員，其使用一種開放建模語言，即數位雙生定義語言(Digital Twin Definition Language DTDL)，它提供了靈活性、易用性以及 與 Azure 平台其他功能互動的能力。

二、NGSI-LD Ontology

在規劃數位雙生時，我們能夠為任何物件塑造專屬的數位雙生模型，然而自定義的模型只能在特定的場域使用，對於資料交換與跨領域發展是非常大的阻礙；對於相似的物件重複塑造專屬的數位雙生模型也不免有重工的疑慮。訂立一套基於本體論(Ontology)的公開、通用、統一標準就是上述問題的解決方案。

NGSI-LD 是由 FIWARE 開源社區推動的 Ontology 標準，符合歐洲電信標準協會(ETSI)的標準，並且被歐洲未來網際網路公私合作(PPP)採納，目前已經發展到第二版。NGSI-LD 主要應用於智慧城市、智慧工業、智慧農業、物聯網等領域，提供用於發布、查詢、訂閱語意網(Semantic Web)的數據模型與應用程式接口(API)。ETSI CIM NGSI-LD 規範定義了一個名為 NGSI-LD 的上下文訊息交換開放框架，它帶有一個定義最需要的術語含義訊息模型，以及一個用於建模任何訊息的特定領域擴展。核心元模型為使用 RDF/RDFS/OWL 表示屬性圖提供了基礎，它由實體、它們的關係以及它們的帶值的屬性組成，以 JSON-LD 編碼。

有鑑於智慧城市數據模型標準的需求越來越多，在城市空間限制下許多設備和服務在城市空間內互相關聯。因此，有必要對數據模型進行標準化，以確保平台和 API 層級的互操作性，使不同領域和應用服務之間共享數據，同時確保應用服務數據層級的互操作。

5.2.2 開發平台

Azure 雲端平台是微軟的公用雲端服務平台，提供包含雲端運算、儲存、分析、網路、管理等 PaaS 與 IaaS 服務，如圖 5.2.2 所示。Azure 的資料中心遍布全球，使用者可以依照需求自由選擇資料儲存位置，也可以輕易的將重要資料進行異地備援。Azure 中的大部分服務皆採取以量計價的收費方式，使用者可以依照需求彈性調整使用計畫，平時使用經濟實惠的方案，面臨短期的大量

負擔時則可以轉換為高流量的方案，對於效能進行最有效且細緻的運用。

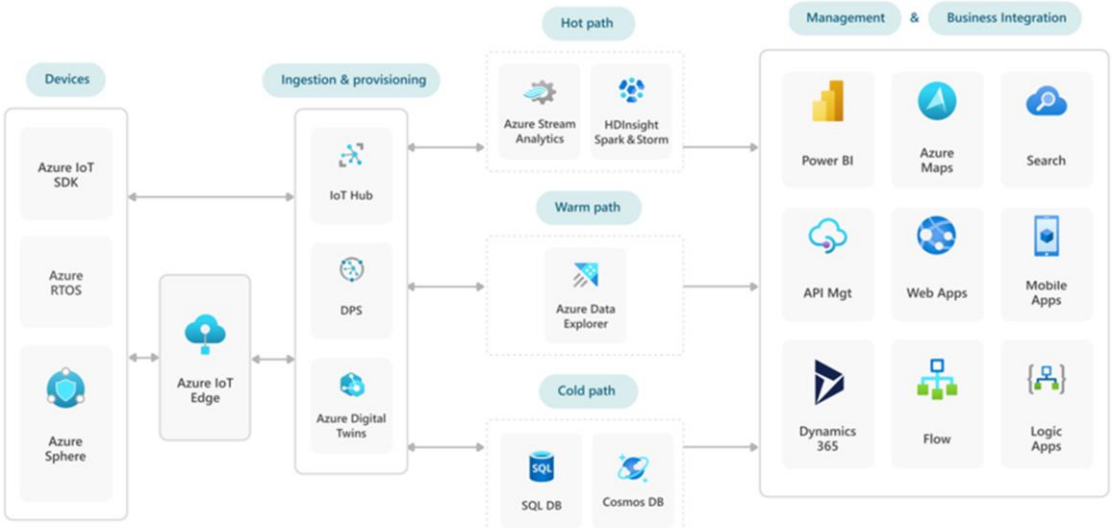


圖 5.2.2 Azure IoT 生態系

Azure 平台在物聯網(IoT)領域的前端到後端有許多相應的服務，使用者能夠按照使用情境與需求自由選擇所需的服務，讓 Azure 幫助使用者快速的建立物聯網環境。以下將簡介幾個 Azure 在數位雙生領域提供的主要服務。

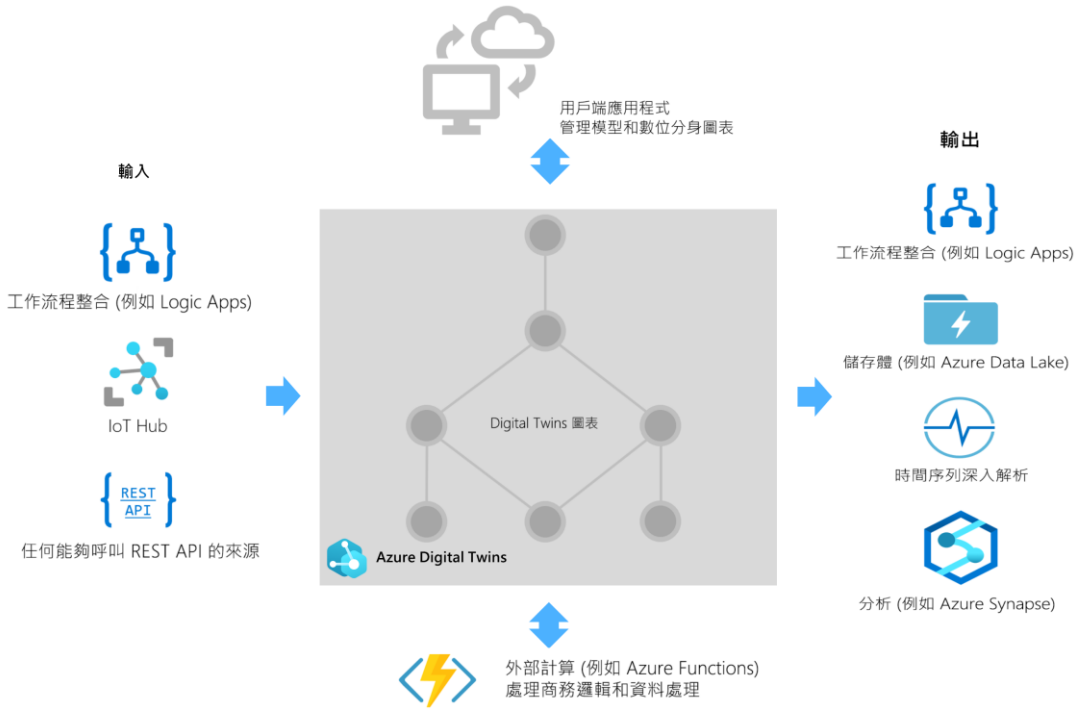
一、Azure Digital Twins

Azure Digital Twins 是一種物聯網(IoT)平台，可讓使用者以數位方式呈現真實世界的物品、地點、商務流程和人員。Azure Digital Twins 幫助使用者將運作與成本最佳化，以及創造突破性的使用體驗。Azure Digital Twins 是一種平臺即服務(PaaS)供應專案，可讓使用者根據整個環境的數位模型建立對應數位雙生，這些模型可能是建築物、工廠、伺服器陣列、能源網路、鐵路、運動場等等，甚至是整個城市。這些數位模型可用來取得深入解析以推動更優秀的產品、優化作業、降低成本，以及嶄新的客戶體驗。

在 Azure Digital Twins 中，使用者可以使用稱為模型的自訂對應項類型，來定義代表實體環境中人員、地點和事物的數位實體。使用者可以將這些模型定義視為專門的詞彙來描述目標。然後根據這些模型建立數位雙生，藉此代表目標場域環境。模型會以類似 JSON 的語言定義，稱為 Digital Twins Definition Language (DTDL)，並依其狀態屬性、遙測事件、命令、元件和關聯性來描述對應項。

Azure Digital Twins 提供豐富的事件系統，讓數位雙生隨時保持在最新的狀態。使用者可以連線外部計算資源(例如 Azure Functions)，以彈性的自訂方

式來執行資料處理流程。使用者也可以利用 Azure Digital Twins 的查詢 API，從即時執行環境中擷取深入解析。API 可讓使用者透過廣泛的搜尋條件進行查詢，包括屬性值、關聯性、關聯性屬性、模型資訊等等。也可以結合查詢、蒐集有關環境的各種資訊，解析關於場域的各種複雜問題。前述 Azure Digital Twins 與相關服務互動關係如圖 5.2.3 所示。



資料來源：Microsoft Azure 官方網站

圖 5.2.3 Azure Digital Twins 與相關服務互動關係

二、Azure Functions

Azure Functions 是無伺服器解決方案，可撰寫較少的程式碼、維護較少的基礎結構，並節省成本。雲端基礎結構提供讓應用程式保持執行所需的所有最新資源，而不需要擔心部署和維護伺服器。使用者可以著重於最重要的程式碼片段，讓 Azure Functions 處理其餘部分。

使用者經常需要建置系統來回應一系列的重大事件。無論是建置 Web API、回應資料庫變更、處理 IoT 資料流程，或甚至管理訊息佇列，每個應用程式都需要一種方式來執行這些事件時執行某些程式碼。Azure Functions 可讓使用者者將系統的邏輯實做為容易使用的程式碼區塊。這些程式碼區塊稱為「函式」。當需要回應重大事件時，可以隨時執行不同的函式。隨著要求的增加，Azure Functions 會符合需求，視需要提供多個資源和函式執行個體，但只有在必要時才提供。隨著要求的下降，系統會自動捨棄任何額外的資源和應用程式執行個體。

三、Azure SignalR

Azure SignalR 服務簡化了透過 HTTP 將即時 Web 功能新增到應用程式的程序，此即時功能可讓服務將內容更新推播至連線的用戶端，例如單一頁面的 Web 或行動應用程式。因此，用戶端可以更新而不需要輪詢伺服器或送出新的 HTTP 更新要求。SignalR 為建置即時 Web 應用程式所用的數種技術提供抽象表示。WebSockets 是最佳的傳輸方式，但是當 WebSockets 無法使用時，SignalR 能夠自動切換使用 Server-Sent Events(SSE)和「長輪詢」(Long-Polling)等技術。SignalR 會根據伺服器和用戶端支援的功能，自動偵測和初始化適當的傳輸。SignalR Service 可以與廣範圍的用戶端搭配使用，例如網頁/行動瀏覽器、桌面應用程式、行動裝置應用程式、伺服器處理序、IoT 裝置及遊戲主控台。SignalR Service 提供不同語言的 SDK，除了原生 ASP.NET Core 或 ASP.NET C# SDK，SignalR Service 也提供 JavaScript 用戶端 SDK，以啟用 Web 用戶端和許多 JavaScript 架構，也針對 Java 應用程式(包括 Android 原生應用程式)支援 Java 用戶端 SDK。SignalR Service 支援 REST API，且透過與 Azure Functions 和 Event Grid 的整合成為無伺服器服務。SignalR Service 是專為大規模即時應用程式設計的，可讓多個執行個體一起執行，規模多達數以百萬計的用戶端連線。服務也針對分區、高可用性或災害復原目的，支援多個全域區域。

四、Azure CosmosDB

Azure Cosmos DB 是一個完全受控的無伺服器 NoSQL 資料庫，適用於任何大小或規模的高效能應用程式。Azure Cosmos DB 具有 SLA 保障，保證效能在十毫秒以內，而顯示狀態達 99.999%，同時具有自動且即時的可擴縮性、企業級安全性及 NoSQL 資料庫(包括 MongoDB 和 Cassandra)的開放原始碼 API。透過多重區域寫入和資料複寫，在世界各地都可快速寫入與讀取。使用適用於 Azure Cosmos DB 的 Azure Synapse Link，不必經過 ETL (擷取、轉換、載入)分析即可取得即時資料的統計與分析。

五、Azure Data Explorer

Azure Data Explorer 是快速、完全受控的資料分析服務，可即時分析來自應用程式、網站、IoT 裝置等的大量資料流。Azure Data Explorer 幫助使用者快速識別資料中的模式、異常狀況和趨勢，探索新的問題並在迅速獲得解答。Azure Data Explorer 包含對於建立、操作及分析多個時間序列的原生支援，使用近乎即時的監視解決方案和工作流程，幾秒內即可建立和分析數千個時間序

列。Azure Data Explorer 利用高並行處理能力來加速唯讀查詢，查詢大量的結構化、半結構化(類似 JSON 的巢狀型別)和非結構化(自然語言)資料。搜尋特定的文字字詞、找出事件，以及對結構化資料執行計算。只要一項服務，就能提供快速的文字索引編製、資料行存放區和時間序列作業，讓資料探索變得簡單。

Azure Data Explorer 讓使用者專注於資料而不是基礎結構。此強大、完全受控的資料分析服務會自動調整規模以符合需求。使用者只要支付所需部分，而沒有預付費用或終止費用，因此可控制成本。

5.2.3 開發流程

本指引主要針對平台數據庫之建立及顯示，而函式庫及元件庫為外部輸入，不在指引範圍中。

一、需求確定

建構數位雙生時，最先需要考慮的即是確定需求。透過訪談需求單位之決策者及第一線工程師，釐清需求單位希望透過數位雙生解決何種問題，確認功能需求及管理中心現況。根據需求內容與資源現況，即可描繪數位雙生平台架構，決定該選用何種工具與服務協助架設數位雙生平台，為開發數位雙生平台指引方向。數位雙生功能需求規劃示意如圖 5.2.4 所示。

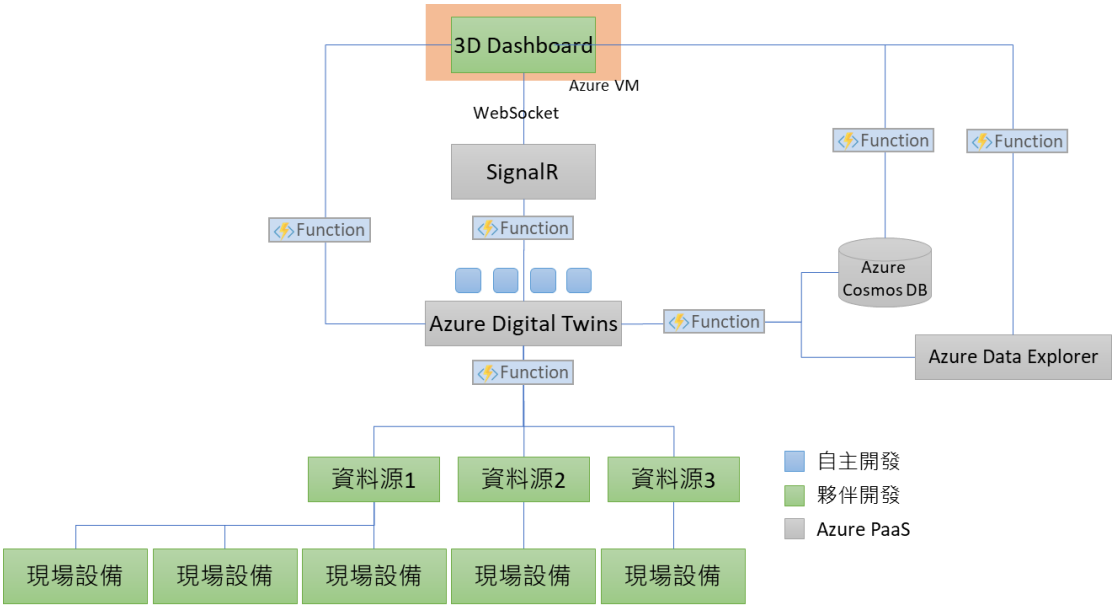


圖 5.2.4 數位雙生功能需求規劃示意圖

二、數據模型設計：採用適合的 Ontology 數據模型完成功能。若目前尚未有通用之 Ontology 數據模型，可以自行參考國際通用之協定標準建設計建置。

三、資料盤點：盤點能取得的資料種類及精細度，評估是否能夠滿足模型需求，並將結果回饋。必要時需調整整數據模型及平台功能。

四、資料介接：依數據模型結構及欄位開發 API，接取模型及模式庫的資料。

五、數位雙生建立：數據模型接取資料後，即產生數位雙生模型，動態呈現數據變化。

六、顯示規劃：以 3D 模型元件顯示數位雙生模型。

5.2.4 資安規劃

數位雙生資安內容可以下述原則制訂相關策略或評估潛在的威脅與漏洞，經綜合評估分析，在多數設備傳輸至數位雙生平台的狀態下，基本防護應至少採用防火牆(FireWall)方案，保護基本網路安全防護，以及透過雲端平台防範不可抗力因素，例如天災、地震、斷電等問題，確保系統備援機制以及系統完整。

一、機密性(Confidentiality)

機密性旨在對數據進行保密，也就是限制未經授權的資料之訪問與修改權，除了確保隱密性，也降低機密資料陷入威脅的機率。為了保護資訊的機密性，常見的對策包含：將數據分類或標籤化，甚至是對資料存取者進行身份驗證、對傳輸中的數據進行加密，以及提供相關課程提高員工資安意識。

二、完整性(Integrity)

資安的完整性，指的是數據沒有遭受未經授權者篡改，以確保資料在整個生命週期內的一致性與精確性。與機密性相同，完整性會因為篡改入侵檢測系統或修改系統日誌而直接受到損害，也可能是人為疏忽或編碼錯誤而造成資安的完整性受到威脅，常見的保護措施包含：電子文件導入數位簽章、獲取具公信力機構發行認證的安全性證書等。

三、可用性(Availability)

資安的可用性意味著已啟動或正在運行的程序，授權者能夠即時地訪問這些資源，假如某系統、應用程式或數據無法即時讓授權用戶進行使用時，那麼資訊就無法為使用者產生最大化的價值。許多情況都會危及可用性，包括軟硬體故障、電源故障、自然災害和人為疏失，電腦病毒也會直接衝擊可用性，常採取的應對策略包括：定期軟體修補與系統升級、備份等保護解決方案。

此外，數位雙生平臺於上線前需利用資安檢設工具進行資訊安全之原碼檢測(白箱掃描)及網頁弱點掃描(黑箱掃描)，確保各項功能可正常運作與安全，測試結果不得存在高風險，如有則配合修正或提出降低風險之處置方式。

一、網站弱點掃描

針對本計畫範圍進行網站安全弱點檢測，評估掃描標的網站是否存在安全弱點，找出網站應用程式安全上的威脅與漏洞，並且產出檢測結果與改善建議報告，提供弱點修補方法之參考建議，協助進行安全弱點改善。而網站安全弱點檢測項目應符合 OWASP TOP 10 2021 項目：

(一) A1-Broken Access Control；

(二) A2-Cryptographic Failures；

(三) A3-Injection；

(四) A4-Insecure Design；

(五) A5-Security Misconfiguration；

(六) A6-Vulnerable and Outdated Components；

(七) A7-Identification and Authentication Failures；

(八) A8-Software and Data Integrity Failures；

(九) A9-Security Logging and Monitoring Failures；

(十) A10-Server-Side Request Forgery。

二、源碼檢測

透過原始碼檢測分析，尋找並指出潛藏於程式原始碼中安全性弱點，分析其弱點種類、攻擊路徑等資訊，促使應用程式開發人員可以正確快速的修改程式弱點，強化應用程式之防護能力。

原始碼檢測服務初步規劃採用 Micro Focus Fortify SCA 來執行檢測，Fortify SCA 為市場指標領導廠牌，多年來被美國資訊科技研究和顧問公司 Gartner 列為安全檢測指標廠牌之一，同樣的檢測報告也具備相對應的公信力。可檢測的原始碼技術範圍含：包含.NET、Java、PHP、Java(Android)、Objective C 等常見的網頁應用、行動應用的程式語言均提供對應的檢測分析，並且持續更新以支援各語言的改版。針對國際組織訂定之標準如：OWASP Top 10 提供弱點對應，讓相關的人員可以快速了解檢測結果。

5.3 實作場域背景說明

本數位雙生計畫之場域範圍為臺中市臺灣大道永福路口至工業區一路口，場域橫跨三個號誌化路口(永福路、福雅路、工業區一路)空拍圖如圖 5.3.1。有關路段、車道、eTag 等物件相對位置如圖 5.3.2，實景與數位雙生平台對照如圖 5.3.3，物件說明如表 5.3-1 所示。

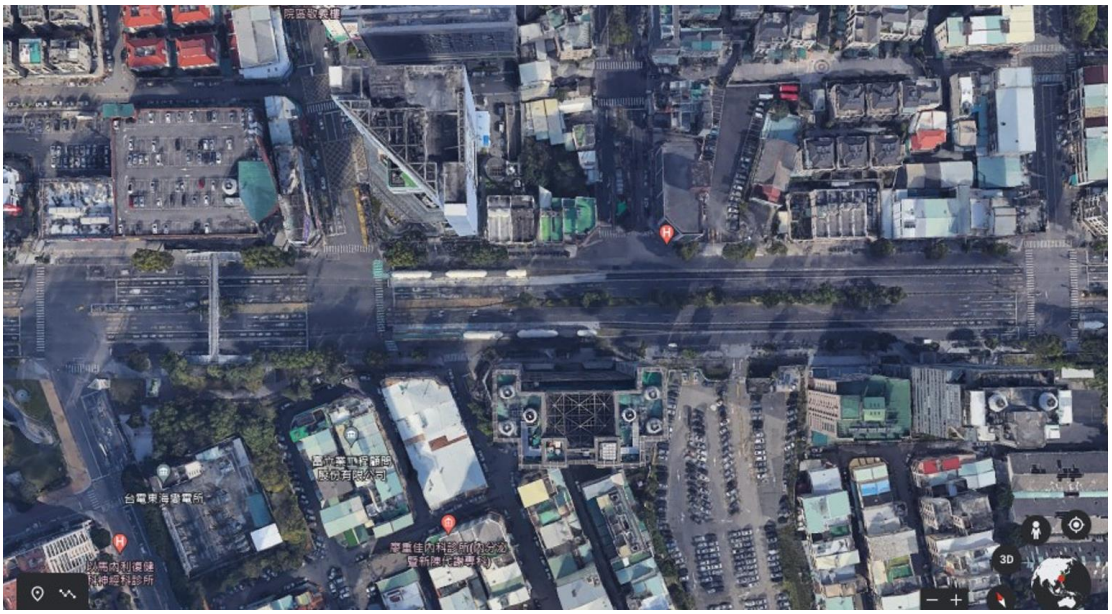


圖 5.3.1 實作場域空拍圖

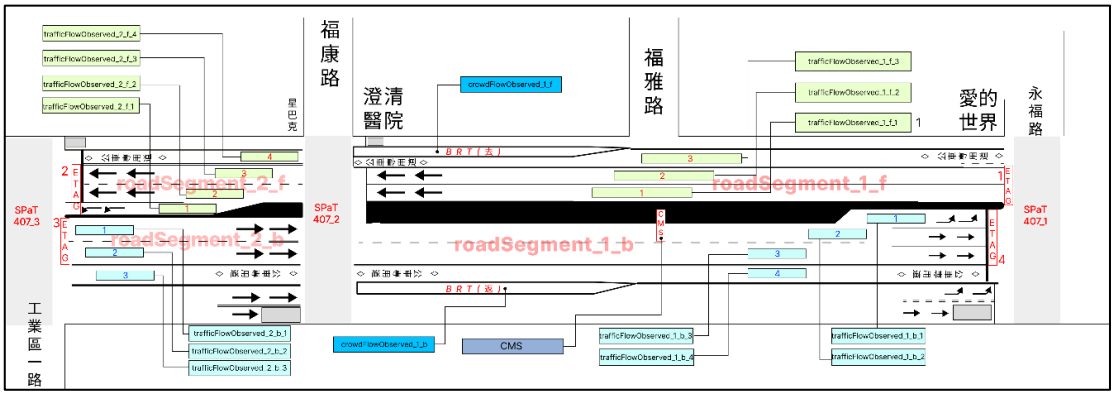


圖 5.3.2 本計畫數位雙生範圍



圖 5.3.3 實景與數位雙生平台對照

表 5.3-1 數位雙生範圍物件說明

物件	描述
roadSegment_1_f	永福路至福康路路段。
roadSegment_2_f	福康路至工業區一路路段。
roadSegment_2_b	工業區一路至福康路路段。
roadSegment_1_b	福康路至永福路路段。
trafficFlowObserved_1_f_1	roadSegment_1_f 永福路至福康路內側直行道路。
trafficFlowObserved_1_f_2	roadSegment_1_f 永福路至福康路外側直行道路。
trafficFlowObserved_1_f_3	roadSegment_1_f 永福路至福康路公車專用道路。
trafficFlowObserved_2_f_1	roadSegment_2_f 福康路至工業區一路左轉專用道。
trafficFlowObserved_2_f_2	roadSegment_2_f 福康路至工業區一路內側直行道路。
trafficFlowObserved_2_f_3	roadSegment_2_f 福康路至工業區一路外側直行道路。
trafficFlowObserved_2_f_4	roadSegment_2_f 福康路至工業區公車專用道路。
trafficFlowObserved_2_b_1	roadSegment_2_b 工業區一路至福康路內側直行專用道。

物件	描述
trafficFlowObserved_2_b_2	roadSegment_2_b 工業區一路至福康路外側直行專用道。
trafficFlowObserved_2_b_3	roadSegment_2_b 工業區一路至福康路公車專用道路。
trafficFlowObserved_1_b_1	roadSegment_1_b 福康路至永福路左轉專用道。
trafficFlowObserved_1_b_2	roadSegment_1_b 福康路至永福路內側直行道路。
trafficFlowObserved_1_b_3	roadSegment_1_b 福康路至永福路外側直行道路。
trafficFlowObserved_1_b_4	roadSegment_1_b 福康路至永福路公車專用道路。
eTag 1	永福路往福康路直行車道入口處。
eTag 2	福康路至工業區一路直行車道及左轉專用道停止線處。
eTag 3	工業區一路往福康路直行車道入口處。
eTag 4	福康路至永福路直行車道以及左轉專用道停止線處。
Spat_407_1	永福路與臺灣大道路口處。
Spat_407_2	福康路與臺灣大道路口處。
Spat_407_3	工業區一路與臺灣大道路口處。
crowdFlowObserved_1_f	永福路至福康路路口處公車站。
crowdFlowObserved_1_b	福康路至永福路路段福康路口處。
CMS	福康路至永福路路段一處。

5.4 即時資料介接實作與實證

道路流量資料分析模組在智慧交通數位神經中樞系統之中，扮演著數位雙生在道路的眼睛，以數位雙生的數據庫路側資訊提供，本計畫在實證場域以臺中市臺灣大道 BRT 澄清站為觀測中心，往東及往西二個方向的路口運用已建置之設備進行資料蒐集及觀察，圖 5.4.1 為運用 Google MAP 繪製之實證場域空間示意圖，表 5.4-1 中彙整各項介接點感知服務，提供即時的資訊。



圖 5.4.1 Google MAP 繪製之空間示意圖

表 5.4-1 即時資料介接實作場域標註說明

位置	資料分析資訊內容	感知採集方式
1	道路車流	車流資料介接與分析採用電子標籤偵測
2	道路車流	車流資料介接與分析採用影像識別
3	場站人流	場站人流影像資料介接
4	場站人流	場站人流影像資料介接
5	號誌資料介接	5G 號誌控制器資料介接
6	號誌資料介接	5G 號誌控制器資料介接

5.4.1 車流影像資料介接與分析

一、eTag 車流資料介接與分析

以路側裝設之電子標籤偵測器設施(如圖 5.4.2)，偵測取得車流相關參數，而偵測之資料傳輸流程如圖 5.4.3，其中設施之組成包含 eTag 天線、eTag 接受器及 5G 路由器，將偵測資料透過 5G 通訊技術回傳至終端設備進行轉換後提供至數位雙生系統中進行呈現。

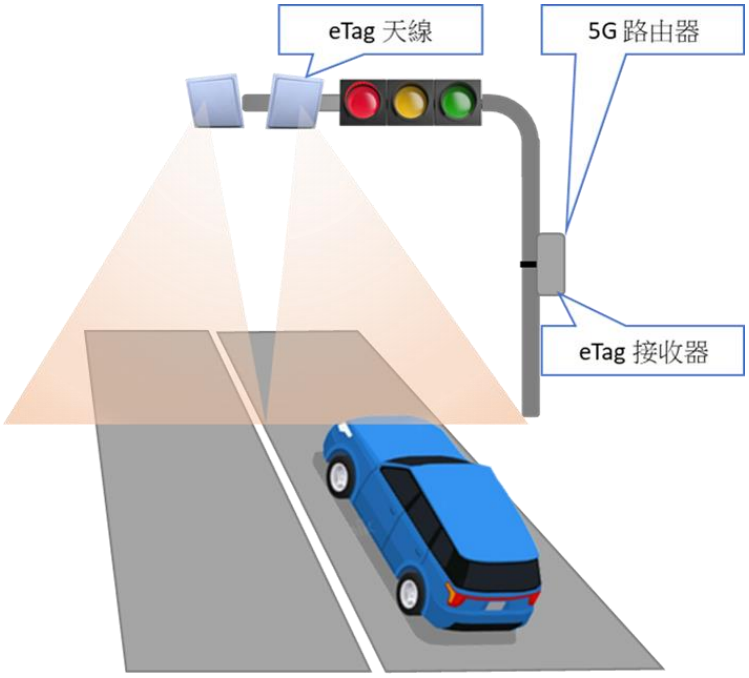


圖 5.4.2 路側電子標籤(eTag)車流計數安裝設施示意

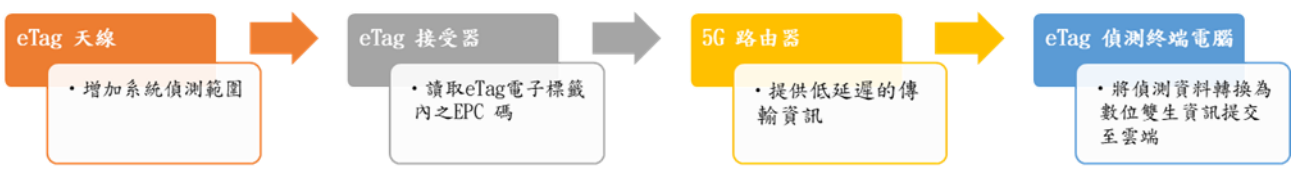


圖 5.4.3 電子標籤(eTag)車流計數流程圖

運用即時設備資源，進行資料介接提供數據庫模型應用，本計畫以臺灣大道六段與工業一路交叉路口為主要觀測車流量的觀測點進行車流資料蒐集，如圖 5.4.4。此外本計畫在初步架設好設備時，即針對天線偵測角度進行調校，並透過收訊品質數值之判斷(RSSI >=-60 為收訊品質較好)，來確保偵測資料品質及正確性，如圖 5.4.5 所示。



圖 5.4.4 運用 eTag 主要觀測車流路口(臺灣大道六段與工業一路交叉路口)

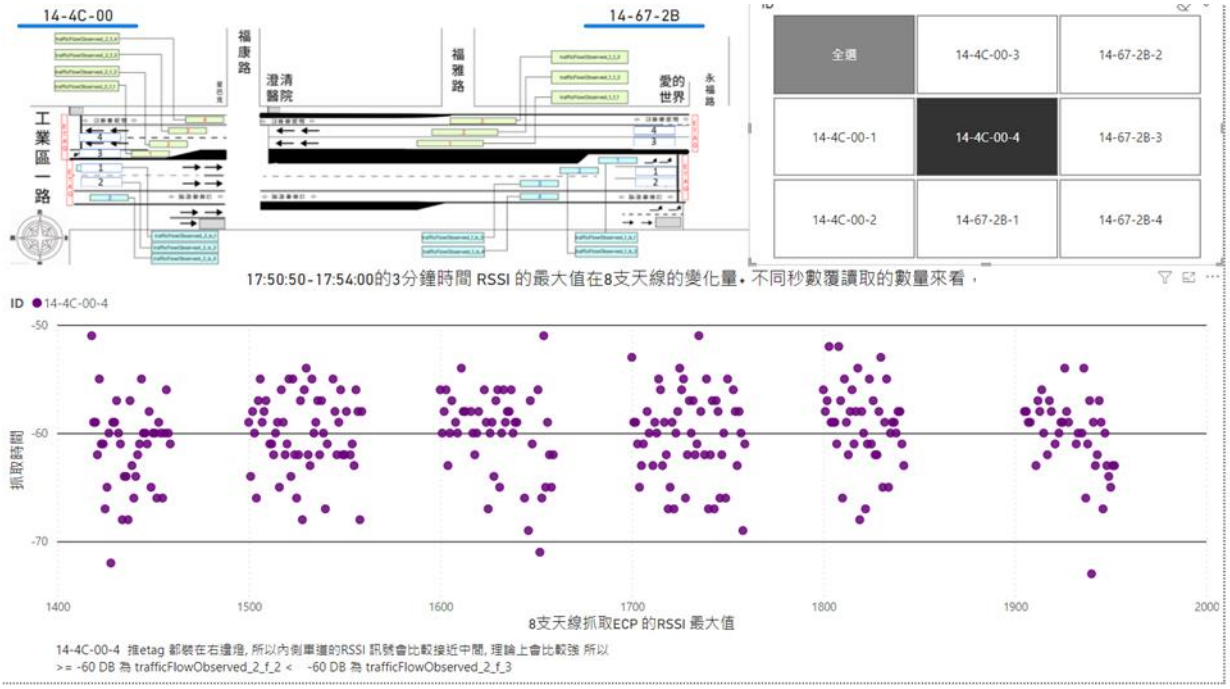


圖 5.4.5 PowerBI eTag 接收器訊號分析可視化介面

本計畫為取得路段旅行平均速率之數值，於臺灣大道六段與永福路交叉路口(如圖 5.4.6)架設另一組 eTag 接受器，以此估算平均車速。



圖 5.4.6 運用 eTag 提供車流計算觀測路口(臺灣大道六段與永福路交叉路口)

車長的計算有賴於 eTag 中 EPC 編碼來進行解析，高速公路電子收費系統提供的 eTag 在 EPC 編號，如圖 5.4.7 之中從左邊數起來第 6 碼分別代表如下：

(一) 4 表示巴士，假設平均車長為 12M。

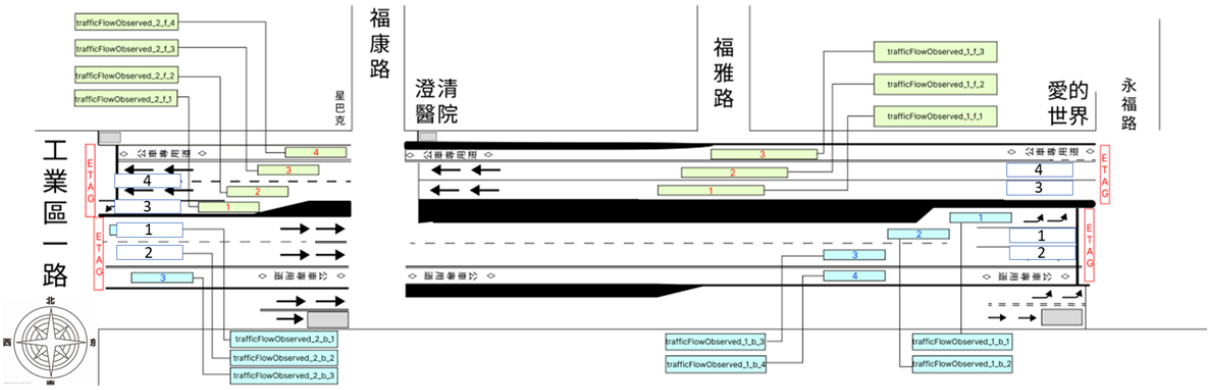
(二) 5 表示大型車，假設平均車長為 18M。

(三) 其它表示設為小型車，假設平均車長為為 5.5M。

EPC	TID	ANTENNAID	RSSI	DATE	TIME	Device ID
(內碼) 存儲EPC號碼	(外碼) 存儲標籤識別號碼 每個TID號碼應該是唯一的	天線編號 1-4	訊號強度	日期	時間戳記	eTagReader 裝置編號
A123B123C123D123E123F123	E2003A000B123456789B0001	1	-50	20131226	164240	14-67-2B

圖 5.4.7 eTag EPC 碼提供大型車及小型車辨識解碼

完成 eTag 車流資訊介接與分析後，提供知識庫資訊之電子標籤與 Device ID 資料，如圖 5.4.8，並依計畫規劃之數據庫欄位名稱提供欄位資訊如表 5.4-2 所示，各資訊欄位之計算公式如表 5.4-3 之彙整說明，而計算方式都以每個有效感測到的車道為基準進行計算。



Device ID	ANTENNAID	id	備註	roadsection	px	py
eTagReader 裝置編號	天線編號 1-4	數位雙生Device ID	RSSI訊號分道	裝置地點及路道行徑方向	UTM座標 緯度	UTM座標 經度
14-4C-00	1	trafficFlowObserved_2_b_1	單一車道	臺灣大道四段/工業1路(往東內線)	24.18302	120.61534
14-4C-00	2	trafficFlowObserved_2_b_2	單一車道	臺灣大道四段/工業1路(往東外線)	24.18302	120.61534
14-4C-00	2	trafficFlowObserved_2_b_3	不會有訊號	臺灣大道四段/工業1路(往東外車道)	24.18312	120.61541
14-4C-00	3	trafficFlowObserved_2_f_1	(左轉車道)	臺灣大道四段/工業1路(往西內待轉車道)	24.18312	120.61541
14-4C-00	4	trafficFlowObserved_2_f_2	RSSI >= -60	臺灣大道四段/工業1路(往西內線)	24.18312	120.61541
14-4C-00	4	trafficFlowObserved_2_f_3	RSSI < -60	臺灣大道四段/工業1路(往西外線)	24.18312	120.61541
14-4C-00	4	trafficFlowObserved_2_f_4	不會有訊號	臺灣大道四段/工業1路(往西外公車道)	24.18312	120.61541

圖 5.4.8 提供數位雙生資訊之電子標籤與 Device ID 資料

表 5.4-2 規劃提供數位雙生數據庫之欄位資訊

編號	欄位名稱	名稱說明	欄位型態	格式範例	補充說明	必填	提供資訊
1	id	車道ID	string	trafficFlowObserved_1_f	車道編號	O	V
2	averageGapDistance	平均間程	double	5.0	單位：公尺		V
3	averageHeadwayTime	平均車間距	double	0.5	單位：秒		V
4	averageVehicleLength	平均車長	double	9.87	單位：公尺		V
5	averageVehicleSpeed	平均車速	double	52.6	單位：公里/小時		V
6	dateObservedFrom	資料計算起始時間	datetime	2022-08-07T11:10:00Z	ISO8601		V
7	dateObservedTo	資料計算結束時間	datetime	2022-08-07T11:11:00Z	ISO8601		V
8	intensity	車流量	long	197	單位：輛		V

表 5.4-3 eTag 車流計算公式說明

編號	名稱說明	計算公式
1	Intensity (車流量)	Intensity=Count(group(epc)) 說明： Group 每分鐘 Device_ID+天線 EPC 最大值的 RSSI 的資料下並且過濾只有保留 EPC 碼 46455443 結尾 eTag，計算出 ECP 出現的相異數量。 (單位: veh /min)
2	averageHeadwayTime (平均車頭距)	averageHeadwayTime =60/ Intensity 說明： intensity 是以分累計，所以要計算 sec 則須要單位換算 (單位:sec/veh)
3	averageVehicleSpeed (平均車速)	averageVehicleSpeed = sum(VehicleSpeed)/ Intensity 說明： 在每分鐘距離 1 小時的區間計算同 EPC，出現在不同 Device_ID 出現時的時間/距離 運用 Google MAP 量測 2 個天線之間的距離為 418 公尺 VehicleSpeed = 41800(CM)/時間差為總秒數(SEC) / (100000/3600) (單位:KM/HR)

編號	名稱說明	計算公式
4	averageVehicleLength (平均車長)	averageVehicleLength =sum(VehicleLength)/ Intensity 說明： EPC 從左邊數起來第 6 碼 4: VehicleLength=12M 5: VehicleLength=18M 其它 VehicleLength:5.5M (單位:M)
5	averageGapDistance (平均車間距)	averageGapDistance = averageHeadwayTime* averageVehicleSpeed *1000/3600 (單位:M)

二、影像車流資料介接與分析

圖 5.4.9 影像車流計數是採用網路攝影機(IPCAM)在路側燈桿或號誌桿附掛支架，高度 3~5M 架設網路攝影機。依路側狀況提供路口、或路段車流量計數。網路攝影機配合寬頻串流影像擷取技術，並於偵測路段上繪製 ROI，車輛經過 ROI 從觸發開始到結束，來進行數量的累計，並測得經過車輛的現點速度，整理運作流程如圖 5.4.10。

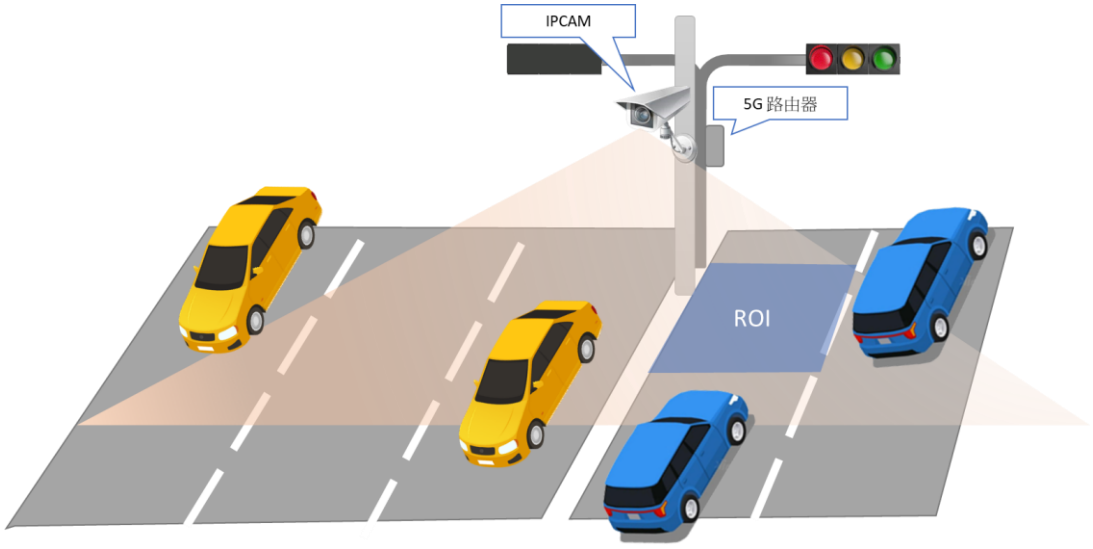


圖 5.4.9 影像車流計數示意圖

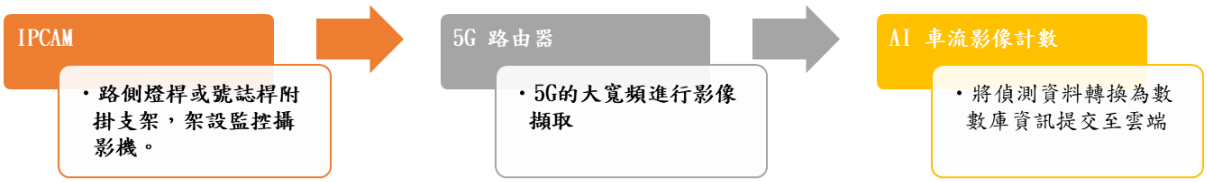


圖 5.4.10 影像車流計數流程圖

在影像車流計數的實證場域上，為能將車道收容角度更適合進行車流計數，使用臺灣大道四段與永福路交叉路口之攝影機，為本計畫規劃影像車流實作場域如所示，為預計經由影像車流計數後將資訊傳至數據庫的 DeviceID 編號，

如圖 5.4.11，而圖 5.4.12 為施工中之工作圖及調整施工後取得攝影機畫面，並在車流計數的運算電腦上進行 ROI 繪製，可以進行 5 車道(含 1 個左轉車道)的車流計數，表 5.4-4 為 ROI 編號與數位雙生對應之關係。

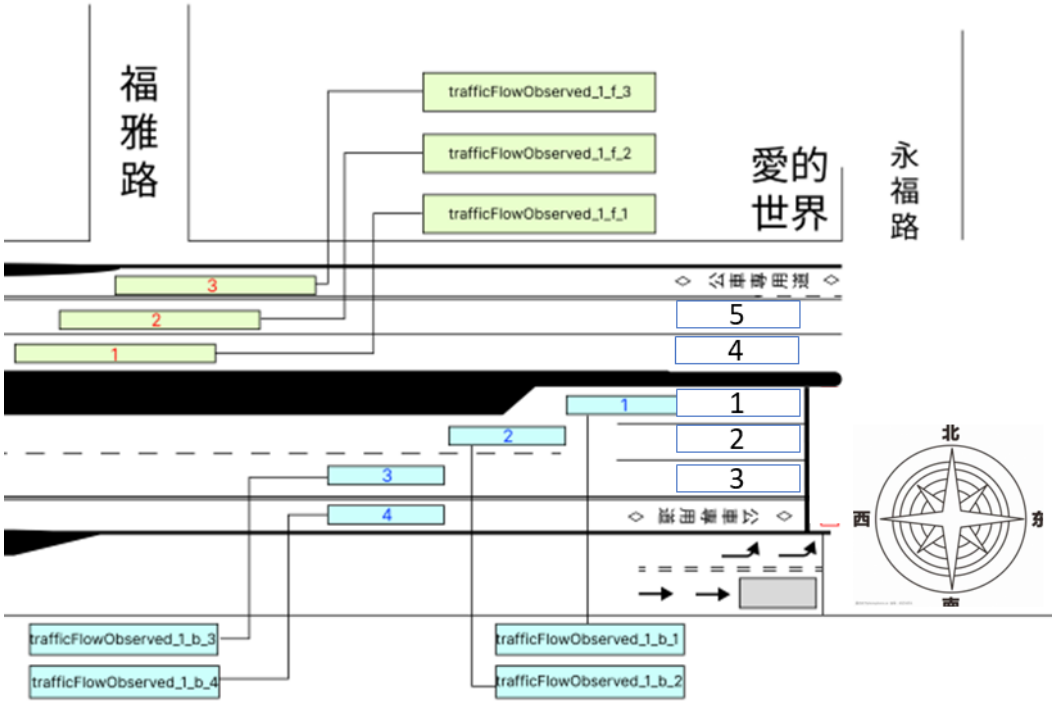


圖 5.4.11 影像車流 Device ID 位置示意圖

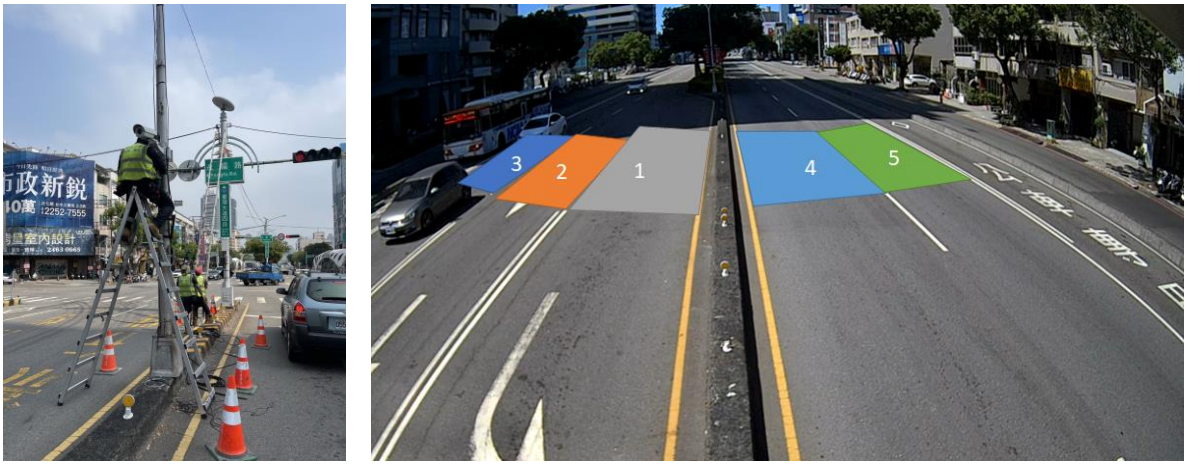


圖 5.4.12 影像車流計數攝影機角度調整施工及成果圖

表 5.4-4 ROI 與數位雙生 Device ID 關係

數位雙生 Device ID	ROI	裝置地點及道路行徑方向	UTM 座標緯度	UTM 座標經度
trafficFlowObserved_1_b_1	1	臺灣大道四段/永福路(往東內左轉待轉車)	24.18122	120.619
trafficFlowObserved_1_b_2	2	臺灣大道四段/永福路(往東內)	24.18122	120.619

數位雙生 Device ID	ROI	裝置地點及道路行徑方向	UTM 座標緯度	UTM 座標經度
trafficFlowObserved_1_b_3	3	臺灣大道四段/永福路(往東外)	24.18122	120.619
trafficFlowObserved_1_f_1	4	臺灣大道四段/永福路(往東公車道)	24.18122	120.619
trafficFlowObserved_1_f_2	5	臺灣大道四段/永福路(往西內)	24.18132	120.61905

此外，如同前述 eTag 設備車流計數，影像車流計數仍須具備計算出其它資訊的服務，如表 5.4-5 內容說明相關數據的計算方式，以下計算方式都以每個 ROI(車道)為基準進行計算。

表 5.4-5 影像車流計算公式說明

編號	名稱說明	計算公式
1	Intensity (車流量)	Intensity=Count(veh) 說明： 離開 ROI 的車輛 ID 計數+1，進行每分鐘累計為一筆資料。 ROI 須畫在一白一黑的區段(10 公尺)，虛線車道線，白色線長 4 公尺，間隔為 6 公尺。白線+間隔=10 公尺 (單位:veh/min)
2	averageHeadwayTime (平均車頭距)	averageHeadwayTime =60/intensity intensity 是以分累計，所以要計算 sec 則須要單位換算 (單位:sec/veh)
3	averageVehicleSpeed (平均車速)	averageVehicleSpeed = sum(VehicleSpeed) / intensity 說明： 總秒數=離開 ROI 時間-進入 ROI 時間 VehicleSpeed (cm/sec)=1000/sec VehicleSpeed (KM/HR)= (1000/sec) / (100000/3600) 取樣幀數：30FPS 抓取在 60(KM/HR)+-2(KM/HR)誤差 Example: car1 經過 ROI1 只有 0.5 秒 car1 車速= (1000/0.5)/(100000/3600)=72 KM/HR averageVehicleSpeed=[car1 車速+…+car60 車速]/60
4	averageVehicleLength (平均車長)	averageVehicleLength =SUM(VehicleLengt)/ intensity 說明： 物件偵測類別分為 (car , truck, bus , motorbike) 運用物件偵測在 ROI 區域時，bounding box 大小，以 car 平均數>2 的(truck, bus)為大車，motorbike 為機車 Bus VehicleLengt=12M Truck VehicleLengt=18M Car VehicleLengt=5.5M (單位:M)
5	averageGapDistance (平均車間距)	averageHeadwayTime * averageVehicleSpeed *1000/3600 (單位:M)

5.4.2 場站人流影像資料介接與分析

本計畫選擇 BRT 澄清醫院站位做為本次人流辨識實作地點，以介接臺中市政府交通局於站內所架設之攝影機(如圖 5.4.13 所示) 做為影像資料來源，本計畫並同時進行人流實地調查，以做為驗證資料，而整體人流影像計算流程圖如圖 5.4.14 所示。



圖 5.4.13 BRT 站位安裝之攝影機示意圖

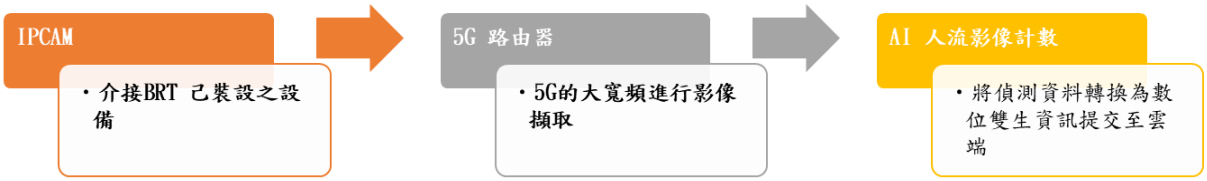


圖 5.4.14 人流影像計算流程圖

本計畫取得該站之 4 支攝影機，4 支攝影機分別標示 Camera01、Camera02、Camera03、Camera04，如圖 5.4.15，其中 Camera02 及 Camera04 為等候公車民眾會停留的主要區域，故以這 2 支攝影機進行車站人口密度調查，針對 IPCAM 的每幀相片，並且設置 ROI 為特定區域，由於 Camera02 及 Camera04 影像中，站體兩旁道路會有機車騎士經過，容易被誤判為等候人員，所以須在車站以外的區域，用圖學引擎的濾鏡方式，將可能干擾區域 mask 為黑色，如圖 5.4.16 為 mask 過後做物件偵測的實際影像，再運用人工智慧物件偵測方式，將標註到的 bounding box，且類別為 person，進行數量的統計計算，並傳送到數據庫之中。

本計畫於數位雙生中之人流資訊除以數量進行呈現外，亦同步以人流密度參數進行呈現，人口密度才能夠彰顯等候人員是否過多，能夠更直觀的了解車站之擁擠程度，適時地進行警示或調派疏運等工作，為進行此驗證，本計畫調派約 50 位熱情學生及親友進行場域驗證，讓約 50 人

分別站於 Camera02、Camera04 的監控範圍內，由此可以推論，當整個 BRT 超過 150 人以上時，等候狀況已達環境不舒適(密度 100%)為上限。如此一來即可運用 AI VD 計算出等待人員，並以 150 為上限計算出人口密度，如表 5.4-6 為提供數據庫之影像人流計算公式。

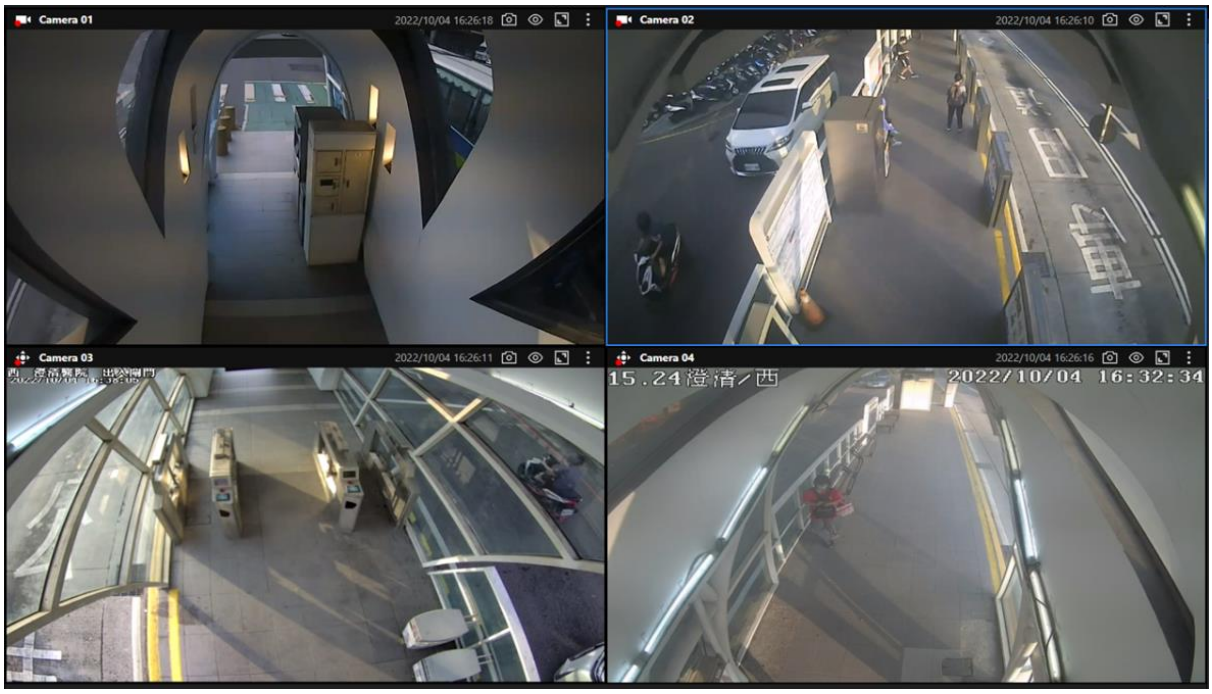


圖 5.4.15 澄清醫院往西 BRT 攝影機(Camera01-04)



圖 5.4.16 Camera02 及 Camera04 站體兩側干擾區域 mask 為黑色處理



圖 5.4.17 BRT 站位容納人數驗證

表 5.4-6 影像人流計算公式說明

編號	名稱說明	計算公式
1	Device ID	crowdFlowObserved_1_f
2	peopleCount (等待人員)	每秒加總 2 支 IPCAM 計算出偵測站點等待人員數量，累計 1 分鐘計算出平均數 intensity = ([1SEC_IPCAM1]+[1SEC_IPCAM2]...[59SEC_IPCAM1]+[59SEC_IPCAM2])/60
3	Occupancy (人口密度)	人口密度(%) = intensity/150 人口密度(%) >100% 就設為 100%

5.4.3 號誌資料介接與分析

本計畫運用 5G 低延遲的性，達到幾乎 0 時差的將路口即時燈號秒數狀態回傳至數位雙生平台上面，以下針對號誌控制器、5G 特性分析、場域 5G 網路品質評估進行說明。

一、交通號誌控制器

目前市面上有眾多交通號誌控制器(Traffic Control，以下簡稱 TC)產品，經過本計畫蒐集資料及整理，各廠牌之產品功能綜整如二、5G 特性分析

5G 與現有 4G 比較之可行性評估、優劣與成本分析如下，5G 全名為「第五代行動通訊網路」(5th Generation Mobile Networks)，是目前 4G 通訊技術成熟後，對下一代網路技術的統稱， 5G 網速當然更快、延遲更短暫、連結更廣泛。遠傳電信的網路趨勢新聞指出 5G 的理想速度是 4G 的 5~10 倍，理想延遲(回應時間)是 4G 的 0.03 倍~0.05 倍，如表 5.4-8 所示，5G 的優勢為高傳輸速率及頻寬大能與更多終端智能設備相連；但高頻穿透力較差，需輔以天線技術或是增加基地台以加強覆蓋。

表 5.4-7 所示，本計畫在實證場域以臺中市臺灣大道四段 BRT 澄清醫院站為觀測中心，往東及往西二個方向的路口運用已建置之設備進行資料蒐集及觀查，在這二個路口的交通號誌為良基廠商設備，所以傳輸入容亦為交通號誌控制器(V3.0 版)規格之訊號。

二、5G 特性分析

5G 與現有 4G 比較之可行性評估、優劣與成本分析如下，5G 全名為「第五代行動通訊網路」(5th Generation Mobile Networks)，是目前 4G 通訊技術成熟後，對下一代網路技術的統稱， 5G 網速當然更快、延遲更短暫、連結更廣泛。遠傳電信的網路趨勢新聞指出 5G 的理想速度是 4G 的 5~10 倍，理想延遲(回應時間)是 4G 的 0.03 倍~0.05 倍，如表 5.4-8 所示，5G 的優勢為高傳輸速率及頻寬大能與更多終端智能設備相連；但高頻穿透力較差，需輔以天線技術或是增加基地台以加強覆蓋。

表 5.4-7 各廠牌之交通儀器控制設備功能綜整表

廠牌	型號	綠衝突偵測方式		下層介面		點燈編輯		備援功能	
		集中	分散	接線端子盤	大電力	步階	時相	前一時制	全時制
良基			O	O	O	O	O		O
中國號誌	CSC-320-A	O			O	O	O	O	
萊康	SL-990		O		O	O	O		O
台灣號誌	ATC-710	O		O			O	O	
建程	V3 交通號誌控制器	O		O	O	O	O	O	

表 5.4-8 5G 與 4G 比較表

特性	5G	4G
理想速度	10 Gbps	1 Gbps
延遲 (回應時間)	0.001 秒	0.02~0.03 秒
優勢	高傳輸速率，頻寬大能與更多終端智能設備相連。	採用低頻，覆蓋範圍廣，不需要增建大量基地台。
限制	高頻穿透力較差，需輔以天線技術或是增加基地台以加強覆蓋。	頻寬小，目前已經很壅塞。
費率成本	高	低

另外也有針對用戶實際體驗的調查報告，Opensignal 是分析消費者行動網

路體驗的獨立全球標準，其行業報告是瞭解消費者無線網路真實體驗的權威指南。根據 Opensignal 在 2020 年 9 月至 11 月的數據蒐集分析的臺灣 5G 用戶體驗報告，Opensignal 用戶在各業者的 5G 平均下載速度比 4G 下載速度快很多。遠傳電信的 5G 下載速度比其 4G 下載速度 37Mbps 快 9.5 倍。同樣，中華電信和台灣之星的 5G 下載速度比他们各自 4G 下載速度快 5 倍以上，台灣大哥大的 5G 下載速度比其 4G 下載速度快 7.4 倍以上，如圖 5.4.18。

三、場域 5G 網路品質評估

本計畫採用中華電信 5G 寬頻，臺灣製造之盛達 5G 路由器，經由網路涵蓋率查詢(https://coverage.cht.com.tw)，圖 5.4.19 為涵蓋色塊，色塊表如圖 5.4.20 所示，本計畫介接二點的號誌控制器，在 5G 網路涵蓋率在工業區一路與臺灣大道四段路口處為優良，永福路與臺灣大道四段路口處為可，完成 5G 的低延遲傳輸。

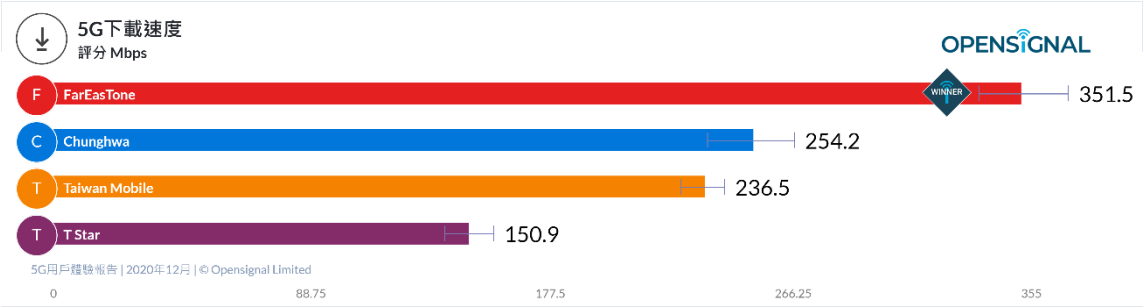


圖 5.4.18 不同電信業者 5G 下載速度之比較

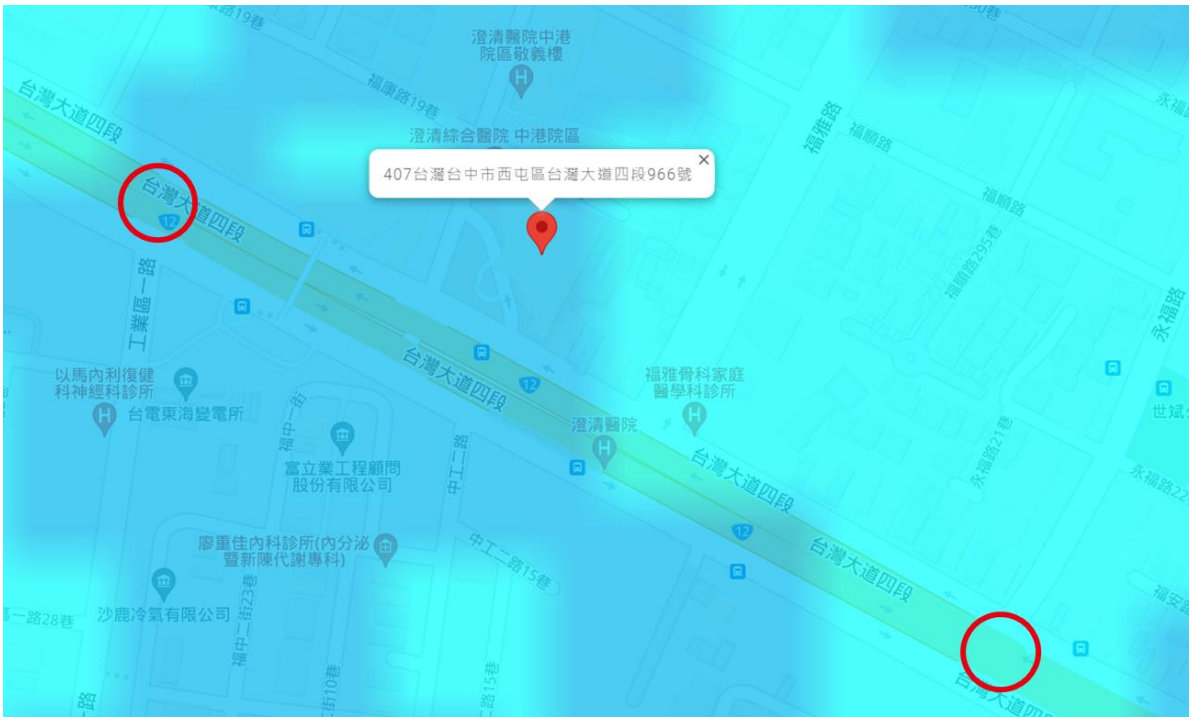


圖 5.4.19 澄清綜合醫院網路涵蓋率查詢

顏色	手機格數	5G NR+4G LTE	5G NR下載速率參考值(實務最高值1.5Gbps) 4G LTE下載速率參考值(實務最高值500Mbps)
	4~5格	5G 室外優/良 (4G室外優/良)	200Mbps ~ 1Gbps
	1~3格	5G 室外可/弱 (4G室外優/良)	10Mbps ~ 200Mbps
	4~5格	4G 室外優	2Mbps ~ 50Mbps
	3~4格	4G 室外良	2Mbps ~ 30Mbps
	2~3格	4G 室外可	2Mbps ~ 20Mbps
	1~2格	4G 室外弱	2Mbps ~ 10Mbps
	無	無服務	無

圖 5.4.20 5G 涵蓋色塊表

5.5 知識庫之歸納與開發

智慧交通數位神經中樞系統中之知識庫乃是指已經有明確之運作模式，可以在緊急情境發生時採取即時反應作為者，為數位雙生模型中即時反應之核心，本計畫經與主管機關討論，確認以場域中之市區公車做為知識庫之建置對象。在目前實務運作上，客運公司針對異常事件之因應皆有賴於人員之通報，但此情況仰仗人員之人格特質，較為積極正面且有警覺性之人員較會注意日常異常事件之發生，並向各調度站或公司通報注意，以防範於未然。但由於大多數人對於日常生活中之各項風險事件較容易疏忽，且大多數之異常事件較不會影響營運，故而在此情況下，人們對於異常或風險事件的警覺性會日漸下降。另外在目前相關異常事件的通報亦有賴組織各階層以及組織內外的溝通傳遞，在時間上較無法爭取速度與效率，若能有一系統能在異常事件發生時，即時同步通報相關單位，或許能將損害降至最低。目前實務上異常事件處理之流程如圖 5.5.1 所示，黑實線為處置流程，藍虛線則為通報線。

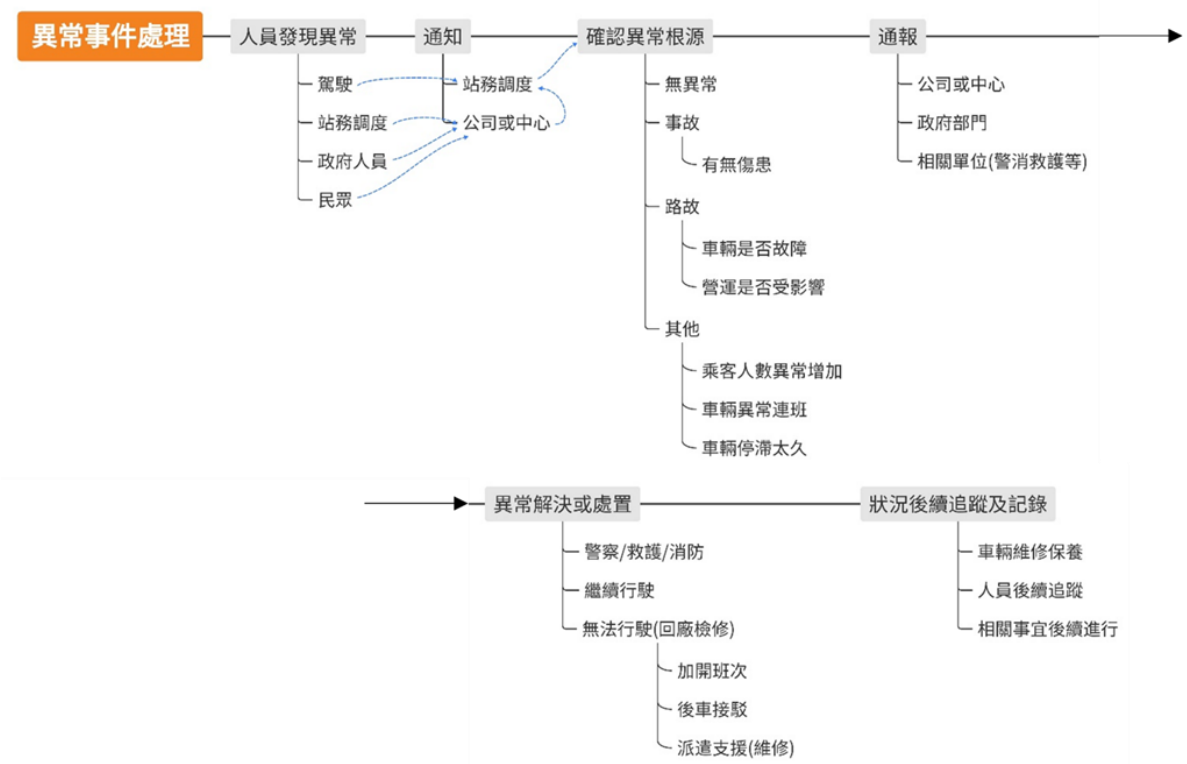


圖 5.5.1 異常事件處理現況流程

隨著 AI 及 5G 技術日漸成熟，在相關風險事物的辨識上亦能提供有效協助，故本計畫提出一知識庫之概念，用以提供未來 AI 在偵測到異常事件之後即能透過 5G 即時甚至是同步通知業者、交通局、警察局、醫院、消防隊等相關單位立即反應進行處置。此外系統亦能針對相關事件利用彈跳式視窗提供加開班次、後車接駁、旅客訊息公告與通知等建議，好讓業者能據此即時應變，減少因人為失誤而產生之各種危害損失。此外，由於各種事件之偵測有賴於 AI 透過影像進行辨識，在判斷是屬於何種事件之後再通報至站務調度、公司相關部門以及交控中心、交通局、警察局等相關政府部門進行應變處置，因此本知識庫之建立係基於 AI 相關技術，但因 AI 技術並非本計畫之核心內容，故本計畫僅提出 AI 辨識時之相關條件以及後續相關處置應變流程進行說明。

5.5.1 公車場站人流即時增加之營運調度知識庫

一、場站人流即時偵測(AI 影像辨識)

正因日常營運之大多數突發狀況或異常事件並不影響業者之經營，因此對於這些突發狀況或異常事件通常僅需注意，而不需進行相關營運上之調度，所以在第一步人流增加的系統事件偵測上，本計畫提出第一階段的橘燈「預警」以及第二階段的紅燈「告警」，讓業者及政府單位能夠給予適當的專注力注意

異常事件之發生，以及後續是否會影響用路人和乘客並及時進行準備與應變，若是異常事件之條件持續發生或增加，則正式向業者與政府單位進行警告，好讓相關單位皆能針對相關事件有所並及時因應，將損傷降至最低。此小節係本計畫以臺中 BRT 公車月台之人流突然增加時做為異常事件之情境，進行 AI 事件偵測以及後續相關應變措施之腳本設計及規劃，詳細流程如圖 5.5.2 所示。

(一) 第一階段(30 人/BRT 月台)：橘燈「預警」

當 AI 透過影像辨識偵測到 BRT 之月台人流密度已達 30 人時，會先同步通知業者、政府等單位橘燈「預警」，提醒他們現已有人流增加之異常事件可能發生，請相關單位先給予關注並持續了解其是否有發生之可能性，與及時進行應變之準備，讓異常事件能夠防範於未然。

(二) 第二階段(50 人/BRT 月台)：紅燈「告警」

若 BRT 月台之人流密度持續增加至 50 人時，則系統會正式同步給予業者與政府等相關單位異常事件已發生之紅燈「告警」，請相關單位立即進行應變處理。

二、系統通知

如前所述，系統會分別於偵測到 BRT 月台人流密度已達 30 人以及 50 人時給予「預警」及「告警」的系統通知，此通知係同時與同步知會業者、政府和所有相關單位，以減少過往事件發生時由駕駛通報站務人員，站務人員再通報公司總部，公司總部再通報政府單位等一連串較為耗時的過程，並透過即時且同步的通知，讓相關單位皆能及時掌握與應變，以將傷害降至最低。

三、系統提供處置建議

在系統給予業者及政府單位告警通知後，即會根據本計畫所設計之腳本流程，透過彈跳式視窗的方式給予相關應變處置之建議，協助相關單位進行決策與執行，減少因人為失誤而產生之損害。

在業者方面，系統可給予「車上旅客訊息通知」、「加開班次」、「後車接駁」等相關建議。車上旅客訊息通知可透過車上之廣播與跑馬燈等方式，告知旅客相關異常事件之發生，例如當某站 BRT 月台人流突然增加，可請旅客提早或於下站下車，以避免下車即受月台人潮之推擠，或者可透過 APP 等其它方式告知欲搭乘的旅客於其它站上車或改搭其它路線，甚至改用其它運具等等之建議，以減輕人流過多之車站月台問題加劇。此外，業者亦可透過加開班次或者

後車加快行駛速度，以求快速消化車站人流過多之問題。

政府方面則會建議「訊息公告」與「協調業者」等選項。訊息公告可透過「資訊可變標誌」、「公車站跑馬燈」、「網路 web」與「行動裝置 APP」等平台或介面，告知相關用路人及乘客異常事件發生之地區，讓用路人及乘客可互相提醒並進一步避開該區域以減輕問題之惡化。而若單一業者無法消化過多之人潮人流，則政府可出面協調其他業者派車或派駕駛協助疏運，以求能盡速將問題解決。

四、系統事件資料記錄

在異常事件發生並經相關處置解決後，系統即可記錄該起異常事件發生「日期時間」、「地點站位」與「應變過程」等，以做為未來相關流程檢討與更新之參考依據。如 BRT 車站月台人流增加情境中，從第一階段橘燈預警與第二階段紅燈告警之通知發送時間日期、發生人流增加之月台站位，以及業者、政府後續發送相關訊息通知與公告、加開班次等處置應變作為，好讓未來相關流程之檢討更新時可有參考依據，甚至是未來發生相關爭議可做為相關判決依據。

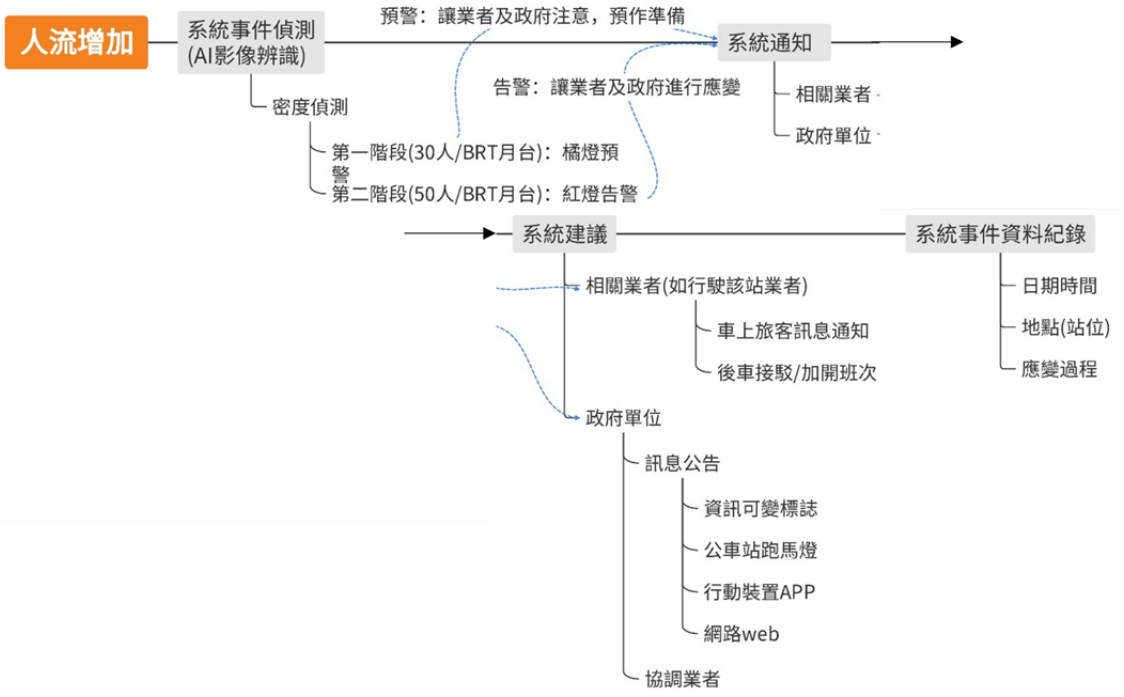


圖 5.5.2 公車站點人流增加之系統知識庫應變流程

5.5.2 公車連班處理知識庫

相較於 A 型路權封閉式系統的軌道運輸沒有其它車輛或運具的干擾，C 型

路權的一般公車(市區公車及公路客運)因與其它車輛共用車道，故易受其它車輛或運具干擾，一旦受到干擾就會致使車輛較不易按照既定班表或到站時間行駛，進而導致前後兩班車之間的車距或班距縮短或拉長，而班距或車距的縮短或拉長便會影響旅客的等待時間從而降低整體系統的服務水準，若能良好的依據車流狀況而適度的加減速或滯站停留，保持車班間之車距或班距固定，將能大大提升營運效率與服務水準，故本計畫針對公車連班時提出之 AI 辨識條件與後續相關應變處理流程之說明，詳細流程如圖 5.5.3 所示。

一、公車連班事件偵測

由於站牌的 AI 影像辨識自動會偵測並記錄同路線每班公車的到站時間並計算前後車班距，當系統根據所設定之條件發現前後車班距明顯縮短時，即可主動通知該路線業者、前後車駕駛、主管機關，以盡早應變(如通知駕駛加減速)，進而亦可依此檢視業者之營運績效。此系統偵測分為三個階段：

(一) 第一階段：預警(班距< 2 分鐘)

當系統偵測到班距已縮短至小於 2 分鐘時，表示接下來可能發生會有公車連班的狀況發生，故通知相關單位注意問題之發展並預作相關應變措施之準備。

(二) 第二階段：告警(班距< 1 分鐘)

若班距從小於 2 分鐘持續縮短至小於 1 分鐘時，正式宣告公車連班狀況之發生，相關單位應立即確認與了解情況，並進行相關應變處理。

(三) 第三階段：警示(班距< 30 秒)

如果第二階段之連班狀況(班距小於 2 分鐘)沒有改善並持續惡化至班距小於 30 秒時，代表連班情形較為嚴重，此階段同一偵測器易有可能連續發出多次系統通知，說明需立即通知駕駛進行加減速等之應變對策藉以進行改善。

二、系統通知

當有前述條件狀況被偵測到後，系統可主動通知路線所屬客運業者以及政府機關等相關單位，先由業者了解目前行駛狀況並進行處置後再行通報政府單位查核或備查。而政府單位在獲得通知後，即可留意事件發展狀況，或是提醒業者應提出並執行相關作為，除提醒業者外，政府自身亦可透過相關公告平台與介面(如資訊可變標誌、站牌跑馬燈、APP 資訊顯示以及公車網頁之 GIS 動

態)進行資訊發佈，以提醒旅客等待時間之變動並了解車班可能有所延誤，可改選其它路線或運具。

三、系統提供處置建議

在系統根據條件測得有公車連班之狀況發生並進行相關單位之通報警示後，即可依據對象與狀況給予不同之處置建議，例如可建議業者加開班次，或者通知起始站調整後續班次之發車時間，或是以加開班次支援受連班影響的站點，避免後續站點候車之旅客等候時間過長甚至是搭不上車的狀況發生；駕駛方面，系統則可建議加減車速以緩解連班狀況，也可根據站務人員通知指示進行加減速等之動作執行。

四、系統事件資料記錄

最後系統即依據測得連班狀況發生之地點與時間、路線等資料進行記錄，除此之外，亦可將所有相關單位所進行之相關應變措施也一同記錄在案，以做為未來整體流程檢討改進，甚至是責任歸屬之參考依據。

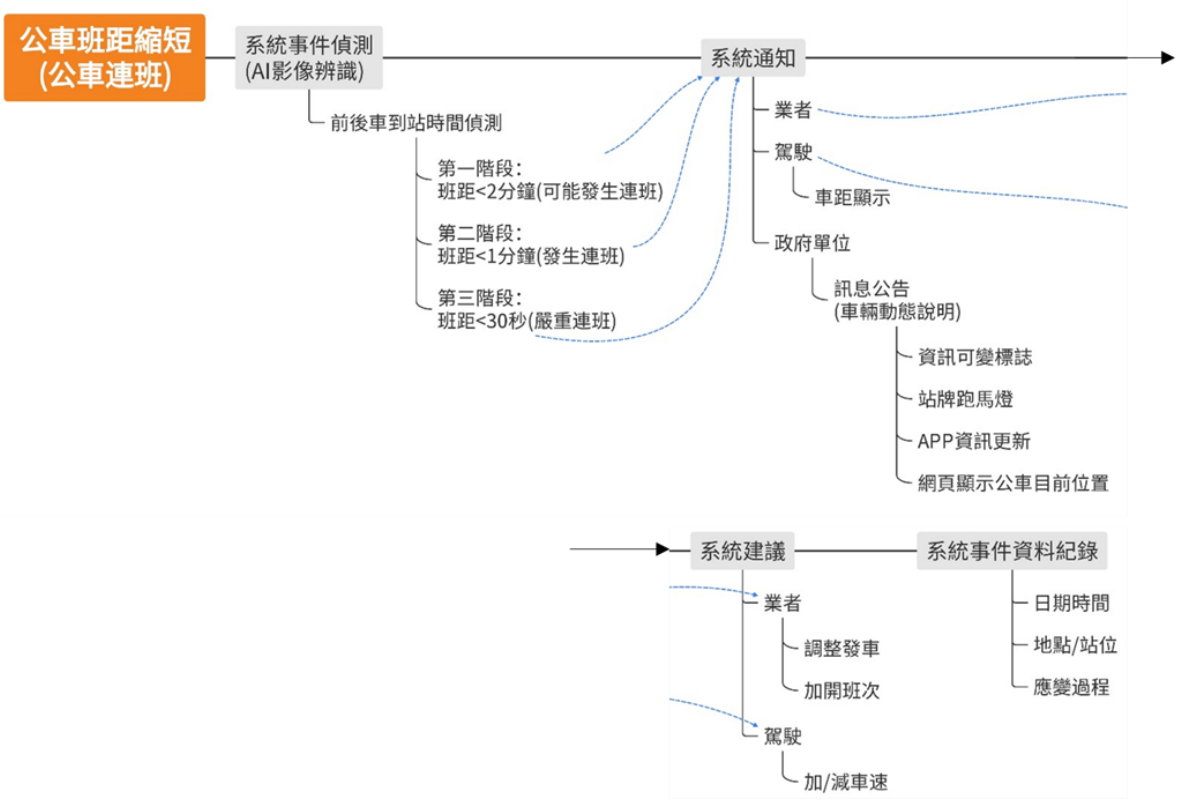


圖 5.5.3 公車連班之系統知識庫應變流程

5.5.3 公車其他異常事件處理知識庫

在現行實務上，相關事件(如前述人流劇增、公車連班等)的應變皆須由駕

駛或其它人發現後，通報調度站或者公司，再通知站務調度等相關人員進行確認與處置，相關流程如前圖 5.5.1 所示。在此狀況下，由於通報的往來是一個接著一個的層層遞進，而非同步進行通知，所以在時間上勢必耗費較多，而若發生之事件係為緊急狀況(如與安全有關)，現行做法恐會使風險機率與損害程度上升，甚至一旦所有人都對於緊急事件之發生預兆並無任何感知的話，傷害勢必造成。據此，本計畫遂利用現今 AI 辨識技術之進步，替代人們進行相關緊急事件或風險危害的辨識與感知，並以此提出公車緊急事件的 AI 影像辨識條件與處理應變流程，以做為未來 AI 進行感知辨識時之應變流程腳本，詳細說明如後及流程如圖 5.5.4 所示。

一、公車其他異常事件偵測

當有系統設定條件發生時，系統即可依偵測到之條件進行後續相關對應的腳本應變處理流程。例如當車輛停滯過久時即有可能發生異常事件，此時系統或AI即可針對設定時間給予業者或管理人員預警(3 分鐘)和告警(5 分鐘)通知，讓相關人員可在預警時進行問題確認與應變準備；在告警時進行相關事件的應變處理。又如當系統在車內或車外月台站牌處偵測有人倒地不起即給予預警，倒地超過 10 秒則給予告警，讓相關人員協助處理。此外，當有車輛冒煙、行先板未亮、車門未關等狀況發生時，皆可通知駕駛或站務人員進行確認與處理，以免後續影響營運甚至生命安全之危害發生。此處各種條件與數字之設定並非固定不變，而是皆可由管理者依據自身知識或經驗輸入或更改，或於後續檢討精進時修正。

二、系統通知

在系統依據所設定之條件進行偵測辨識後，確認已有符合相關條件之緊急事件發生時，即可按照所輸入之腳本流程進行應變運作，其中第一步便是通知所有相關單位或利害關係人等，例如發生緊急事件之公車其所屬業者、政府有關單位、可能受影響之其它業者，若是為可能會有生命安全疑慮者即同步通知消防隊、醫院甚至工程救險等單位到場進行緊急救援。而通知內容則有事件發生之地點以及可能發生之狀態(辨識到之條件)，以及相關影像內容，讓相關人員可立即進行判斷並馬上準備與出發，迅速到場協助或救援。

三、系統提供處置建議

繼系統通知所有相關單位與利害關係人後，即可依所偵測或辨識之條件而

給予不同之建議，以避免緊急事件發生時之慌亂狀態導致人員手足無措，或者較無經驗之新進同仁不知如何處理等狀況。例如當公車發生緊急事件而致使無法繼續行駛後，系統就可以利用彈跳式視窗給予「通知維修」、「旅客訊息告知」、「加開班次」、「後車接駁」，或者「請求其他業者支援接駁」等應變處理選項給予業者參考並執行；政府單位即可建議訊息公告(包含資訊可變標誌、公車站跑馬燈、網路 web、行動裝置 APP 等平台介面)，或者通知其他業者繞道行駛甚至協調其協助疏運接駁等；而其他業者之系統建議可有繞道行駛或者協助接駁等選項，做為後續緊急應變之處理參考。

四、系統事件資料記錄

最後在系統進行通知與建議後，即可根據當初緊急事件之種類、時間、地點以及後續相關單位之處理流程進行記錄，做為未來流程檢討精進甚至責任歸屬之參考依據。

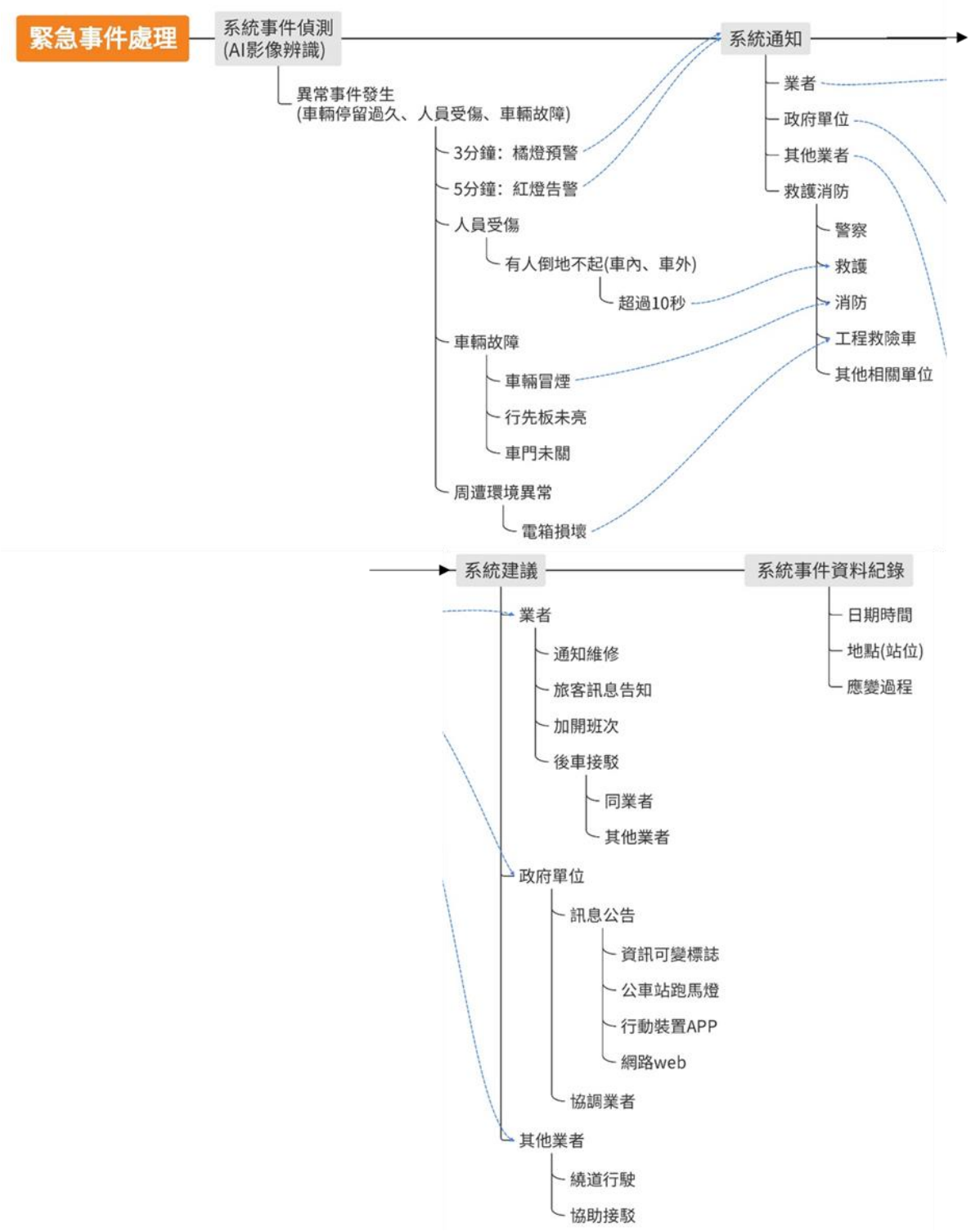


圖 5.5.4 公車其他異常事件之系統知識庫應變流程

5.5.4 知識庫實際應用探討

本計畫為確認各項知識庫之適宜性，於 111 年 10 月 26 日邀請臺中市政府交通局葉昭甫局長、公共運輸與捷運工程處陳文政副處長及臺中市公車聯營管理委員會羅乙棋主任委員等三位，在逢甲大學就其實務經驗，共同探討知識庫

內容在客運公司營運或主管機關管理之適宜性，並就其中內容提供相關意見以精進優化本知識庫。相關活動剪影如圖 5.5.5 所示。會議中幾位長官皆對本計畫所提出之知識庫表示贊同，認為該流程搭配現有 AI 影像辨識技術，確實能協助人員減輕負擔並增強相關異常或緊急事件的監控與管理，減少異常或緊急事件所帶來的損失和危害之機率與程度，有效提升營運效率與服務水準，但在未來通知的相關單位除警政消防和醫院單位外，還需要集思廣益，將所有利害關係人皆具體指出並納入此知識庫的通知對象當中，以健全整個系統之完善。



圖 5.5.5 知識庫實務應用探討

5.6 雛型開發與實作

本計畫為驗證交通領域引入數位雙生的可行性，以及改善傳統交通監測儀表板冰冷的數字，進而開發智慧交通數位神經中樞三維平台。主要以現場既有設備所蒐集之即時資料做為數位雙生之資料源(如 ETC 系統、號控制器、CMS 設施及公運場站 CCTV)，且為了增加本次實作之資料豐富度，並且讓本計畫數位雙生系統有包容多元資料之能力，路段各車道之車流資料來源除了借助 ETC 系統外，更額外利用 CCTV 影像資料進行影像辨識蒐集。藉由蒐集現場端即時資料，將場域的交通狀況、號誌狀態與設備狀態、人/車流狀況，複製到數位雙生當中。結合 3D 模型，虛實整合視覺化呈現各項交通數據，透過掌握即時狀況，使智慧交通數位神經中樞系統提供更精準之決策，亦能讓管理者能夠一目瞭然現場交通狀況，協助執行交通決策並檢視成果。本計畫數位雙生實作工作採用之數據模型及 API 總覽彙整如 5.6.1 數據模型說明

本計畫所建立之數據模型，主要參考 NGSI-LD Ontology 及 SAE J2735 等國際標準制訂而成，包含道路(Road)、路段(RoadSegment)、車流觀測

(TrafficFlowObserved)、人流觀測(CrowdFlowObserved)、巴士/電動巴士(Bus)、資訊可變標誌 CMS 資訊(TIM)、號誌(SPaT)，各數據模型依照現場實際佈設情況互相關聯，如圖 5.6.1，並根據實際應用需求進行新增或調整欄位後，各項數據模型彙整如表 5.6.2 所示，詳細內容說明如後。

表 5.6-1。

5.6.1 數據模型說明

本計畫所建立之數據模型，主要參考 NGSI-LD Ontology 及 SAE J2735 等國際標準制訂而成，包含道路(Road)、路段(RoadSegment)、車流觀測(TrafficFlowObserved)、人流觀測(CrowdFlowObserved)、巴士/電動巴士(Bus)、資訊可變標誌 CMS 資訊(TIM)、號誌(SPaT)，各數據模型依照現場實際佈設情況互相關聯，如圖 5.6.1，並根據實際應用需求進行新增或調整欄位後，各項數據模型彙整如表 5.6.2 所示，詳細內容說明如後。

表 5.6-1 本計畫數位雙生數據模型及 API 總覽

呈現內容	數據模型	資料端 API	應用端 API
即時車流	RoadSegment TrafficFlowObserved	UpdateTrafficFlowObserved	GetTrafficFlowObserved AlertTrafficFlow
公車場站人流	CrowdFlowObserved	UpdateCrowsFlow	GetCrowdFlowObserved AlertCrowdFlow
號誌時制	SPaT	UpdateSignal	BroadcastSPaT
CMS 看板	CMS	UpdateCMS	BroadcastCMS
公車/電動公車	Bus	UpdateBus	GetBus BroadcastBusStatus BroadcastBusLocation
路況預測	--	UpdateTrafficPredict	GetTrafficPredict

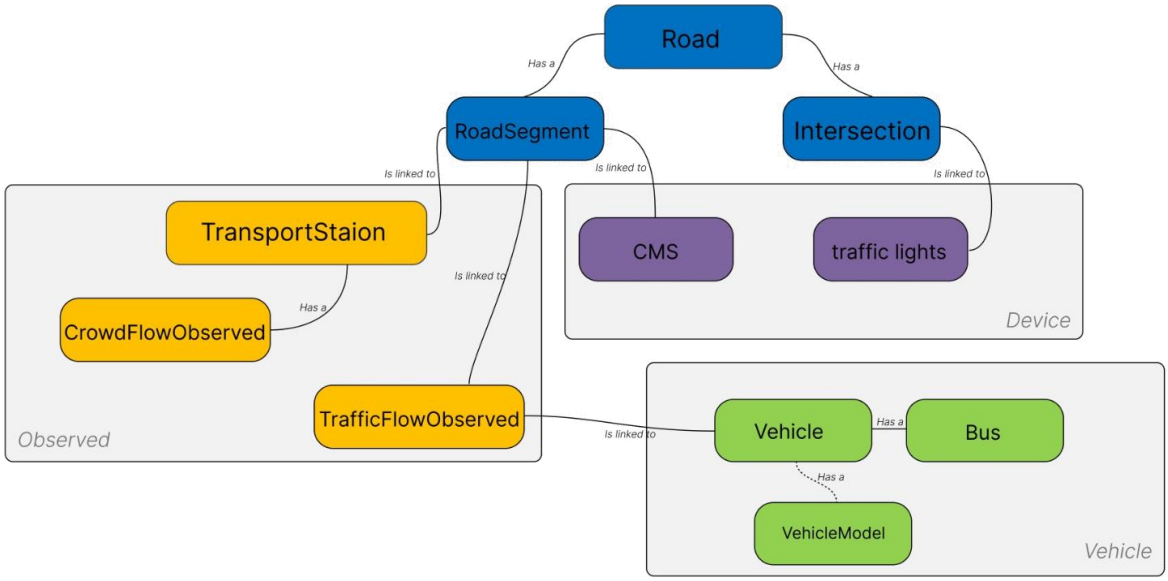


圖 5.6.1 本計畫數據模型關聯圖

表 5.6-2 本計畫數據模型及參考資料

模型名稱	參考標準	本計畫新增調整欄位	關聯標準
道路 (Road)	NGSI-LD	--	RoadSegment
路段 (RoadSegment)	NGSI-LD	新增 refTrafficFlowObserved、refDevice、refSPaT、intensity、los	Road、TrafficFlowObserved、Device、SPaT
交通量 (TrafficFlowObserved)	NGSI-LD	新增 los；修改 averageGapDistance、averageHeadwayTime、averageVehicleLength、averageVehicleSpeed、occupancy、lanDirection、vehicleType 的 schema	RoadSegment
場站人流 (CrowdFlowObserved)	NGSI-LD	新增 refIntersection、refTransportStation；修改 direction 的 schema	RoadSegment
巴士/電動巴士 (Bus)	NGSI-LD	新增 isAtIntersection、isAtRoadSegment、operatingCompany、batteryLevel、operatingId、routeID、branchID、operatingDirection、batteryTemperature、isElectricBus；修改 speed、deviceBatteryStatus、emergencyVehicleType、serviceStatus、	--

模型名稱	參考標準	本計畫新增調整欄位	關聯標準
		vehicleRunningStatus、vehicleSpecialUsage、vehicleType 的 schema；	
資訊可變標誌資訊(TIM)	SAE J2735	--	--
號誌(SPaT)	SAE J2735	--	--

一、道路(Road)

本模型參考 NGSI-LD Ontology Road 訂定，用以表示道路數據內容，與 RoadSegment 為關聯標準，相關欄位說明如重要欄位補充說明如下。

(一) addressCountry：車道所屬國家。

(二) addressLocality：車道所屬二級行政區，如：鄉、政、市、區。

(三) addressRegion：車道所屬一級行政區，如：縣、市。

(四) dateCreated：數位雙生創建時間，由系統自動產生。

(五) dateModified：數位雙生更新時間，由系統自動產生。

(六) $dtId：此數位雙生的識別碼。可以使用大小寫英文字母、數字、底線與部分特殊符號(正規表達式為/^[\w\-\.\{\}\$\+*\[\]`|~^@!,:\\]+$/)，長度限制 1~256 個字元。建議可以交通部《交通資訊基礎路段編碼資料標準》訂定道路 ID。

(七) location：此道路的幾何描述，可以是：GeoJSON Point、GeoJSON LineString、GeoJSON Polygon、GeoJSON MultiPoint、GeoJSON MultiLineString、GeoJSON MultiPolygon。此處採用 GeoJSON LineString 的方式記錄。

(八) name：道路的中文名稱。

(九) refRoadSegmen：組成此道路的路段。由路段 ID 組成的列表。

(十) responsible：負責維運此道路的單位。

(十一) roadClass：此道路的等級，可以是 motorway, primary, residential, secondary, service, tertiary, trunk, unclassified。

表 5.6-3，重要欄位補充說明如下。

(十二) addressCountry：車道所屬國家。

(十三) addressLocality：車道所屬二級行政區，如：鄉、政、市、區。

(十四) addressRegion：車道所屬一級行政區，如：縣、市。

(十五) dateCreated：數位雙生創建時間，由系統自動產生。

(十六) dateModified：數位雙生更新時間，由系統自動產生。

(十七) $dtId：此數位雙生的識別碼。可以使用大小寫英文字母、數字、底線與部分特殊符號(正規表達式為/^[\w\-\.\{\}\$\+*\[\]`|~^@!,:\\]+$/)，長度限制 1~256 個字元。建議可以交通部《交通資訊基礎路段編碼資料標準》訂定道路 ID。

(十八) location：此道路的幾何描述，可以是：GeoJSON Point、GeoJSON LineString、GeoJSON Polygon、GeoJSON MultiPoint、GeoJSON MultiLineString、GeoJSON MultiPolygon。此處採用 GeoJSON LineString 的方式記錄。

(十九) name：道路的中文名稱。

(二十) refRoadSegmen：組成此道路的路段。由路段 ID 組成的列表。

(二十一) responsible：負責維運此道路的單位。

(二十二) roadClass：此道路的等級，可以是 motorway, primary, residential, secondary, service, tertiary, trunk, unclassified。

表 5.6-3 道路數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】Road	道路	SEQUENCE
【2】address	地址	SEQUENCE
【3】addressCountry	國家	STRING
【3】addressLocality	地點	STRING
【3】addressRegion	區域	STRING
【3】postalCode	郵遞區號	STRING
【2】dataCreaterd	資料創建時間	STRING(date-time)
【2】dataModified	資料維護時間	STRING(date-time)
【2】description	描述	STRING
【2】$dtId	ID	STRING(長度:1-256)
【2】length	道路長度	NUMBER(>0) (單位：km)
【2】location	幾何描述	GeoJSON LineString
【2】refRoadSegment	關聯路段	LIST OF STRING
【2】name	名稱	STRING
【2】responsible	維運單位	STRING
【2】roadClass	道路等級	STRING(motorway, primary,

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
		residential, secondary, service, tertiary, trunk, unclassified)

二、路段(RoadSegment)

本模型參考 NGSI-LD Ontology RoadSegment 所訂定，用以表示路段數據內容，與 Road、TrafficFlowObserved、Device、SPaT 為關聯標準，相關欄位及說明如表 5.6-4 所示，重要欄位補充說明如下。

表 5.6-4 路段數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】RoadSegment	路段	SEQUENCE
【2】address	地址	SEQUENCE
【3】addressCountry	國家	STRING
【3】addressLocality	地點	STRING
【3】addressRegion	區域	STRING
【3】postalCode	郵遞區號	STRING
【2】allowedVehicleType	限行車種	LIST OF STRING(bicycle, bus, car,…..)
【2】category	特殊道路	LIST OF STRING(oneway, toll, link)
【2】dataCreaterd	資料創建時間	STRING(date-time)
【2】dataModified	資料維護時間	STRING(date-time)
【2】description	描述	STRING
【2】endkilometer	終點里程	NUMBER(>0) (單位：km)
【2】endPoint	終點描述	GeoJSON Point
【2】$dtId	ID	STRING(長度:1-256)
【2】laneUsage	車道方向	STRING(forward, backward)
【2】length	長度	NUMBER(>0) (單位：km)
【2】location	幾何描述	GeoJSON StringLine
【2】maximumAllowedHeight	限高	NUMBER(>0) (單位：m)
【2】maximumAllowedSpeed	最高速限	NUMBER(>0) (單位：km/h)
【2】maximumAllowedWeight	限重	NUMBER(>0) (單位：kg)
【2】minimumAllowedSpeed	最低速限	NUMBER(>0) (單位：km/h)
【2】name	名稱	STRING
【2】refRoad	所屬道路	STRING
【2】startKilometer	起點里程	NUMBER(>0) (單位：km)
【2】startPoint	起點描述	GeoJSON Point
【2】status	狀態	STRING(open, closed, limited)
【2】statusDescription	狀態描述	STRING

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【2】totalLaneNumber	總車道數	NUMBER(>1)
【2】width	車道寬度	NUMBER(>0) (單位：m)

(一) addressCountry：車道所屬國家。

(二) addressLocality：車道所屬二級行政區，如：鄉、政、市、區。

(三) addressRegion：車道所屬一級行政區，如：縣、市。

(四) allowedVehicleType：限行車種。正面表列可以行駛此路段的車輛種類。

1. agriculturalVehicle：農用車輛
2. bicycle：自行車
3. bus：大客車
4. car：小客車
5. caravan：露營車
6. carWithCaravan：露營拖車
7. carWithTrailer：拖車
8. constructionOrMaintenanceVehicle：工程車輛
9. lorry：貨車
10. moped：電動輔助車
11. motorcycle：重型機車
12. motorcycleWithSideCar：邊車
13. motorscooter：輕型機車
14. tanker：油罐車
15. trailer：聯結車
16. van：箱型車
17. anyVehicle：任何車輛

(五) category：特定的路段屬性，同一路段也有可能有複數屬性。

1. oneway：單行道
2. toll：收費道路
3. link：匝道、交流道

(六) dateCreated：數位雙生創建時間，由系統自動產生。

(七) dateModified：數位雙生更新時間，由系統自動產生。

(八) endkilometer：此路段終點的道路里程數。單位為公里。

(九) endPoint：此路段終點的經緯度。此處採用 GeoJSON 的方式記錄，記錄路段終點車道中心的經緯度。

(十) $dtId：此數位雙生的識別碼。可以使用大小寫英文字母、數字、底線與部分特殊符號(正規表達式為/^[\w\-\.\{\}\$\+*\[\]`|~^@!,:\\]+$/)，長度限制 1~256 個字元。建議可以交通部《交通資訊基礎路段編碼資料標準》訂定道路 ID。

(十一) laneUsage：路段的行進方向。往里程數大的方向行進為 forward，往里程數小的方向行進為 backward。

(十二) location：此路段的幾何描述，可以是：GeoJSON Point、GeoJSON LineString、GeoJSON Polygon、GeoJSON MultiPoint、GeoJSON MultiLineString、GeoJSON MultiPolygon。此處採用 GeoJSON LineString 的方式記錄。

(十三) name：路段的中文名稱，通常可以用路段起迄點的路口名稱來命名。

(十四) refRoad：此車道所屬的道路 ID。

(十五) startKilometer：此路段起點的道路里程數。單位為公里。

(十六) startPoint：此路段起點的經緯度。此處採用 GeoJSON 的方式記錄，記錄路段起點車道中心的經緯度。

(十七) status：路段的開放狀態。

(十八) open：正常使用

(十九) close：暫停使用

(二十) limited：限制使用

(二十一) statusDescription：對於路段狀態的說明。

三、號誌(SPaT)

本模型參考 SAE J2735 SPaT 所訂定，用以表示號誌時制內容，相關欄位及說明如 intersections：路口號誌訊息集，包含路口號誌時制所有資訊。

(一) id (IntersectionReferenceID)：路口編號訊息集，提供路口位置資訊，與其他訊息透過本訊息集進行相關聯集。

(二) region：路口所屬區域編號，本標準採用郵遞區號。

(三) id：區域內路口流水編號。

(四) revision：訊息流水號，用以確認最新訊息。

(五) status：號誌運作狀態(包含手控、定時、優先等)。

(六) moy：當年目前總累積分鐘數，配合 timestamp 定義資訊發佈基準時間。

(七) timestamp：該分鐘內目前 0.001 秒的總累積值。

(八) states：方向燈態，包含方向燈態所有資訊。

(九) signalGroup：行進動向號誌燈號編號，用以與 V2X MAP 進行關聯索引。

(十) state-time-speed：號誌事件訊息集，包含號誌事件所有資訊。

(十一) eventState：號誌燈態(例如綠燈、黃燈、紅燈等)。

(十二) timing：包含號誌時制時間點所有資訊。

(十三) startTime：燈態起始時間點。

(十四) minEndtime：燈態結束之最早時間點，無動態號誌時即為燈態結束時間點。

(十五) maxEndtime：燈態結束之最長時間點。

(十六) likelyTime：燈態結束之可能時間點。

(十七) nextTime：下次綠燈亮起時間點。

表 5.6-5 所示，重要欄位補充說明如下。

(十八) intersections：路口號誌訊息集，包含路口號誌時制所有資訊。

(十九) id (IntersectionReferenceID)：路口編號訊息集，提供路口位置資訊，與其他訊息透過本訊息集進行相關聯集。

(二十) region：路口所屬區域編號，本標準採用郵遞區號。

(二十一) id：區域內路口流水編號。

(二十二) revision：訊息流水號，用以確認最新訊息。

(二十三) status：號誌運作狀態(包含手控、定時、優先等)。

(二十四) moy：當年目前總累積分鐘數，配合 timestamp 定義資訊發佈基準時間。

(二十五) timestamp：該分鐘內目前 0.001 秒的總累積值。

(二十六) states：方向燈態，包含方向燈態所有資訊。

(二十七) signalGroup：行進動向號誌燈號編號，用以與 V2X MAP 進行關聯

索引。

(二十八) state-time-speed：號誌事件訊息集，包含號誌事件所有資訊。

(二十九) eventState：號誌燈態(例如綠燈、黃燈、紅燈等)。

(三十) timing：包含號誌時制時間點所有資訊。

(三十一) startTime：燈態起始時間點。

(三十二) minEndtime：燈態結束之最早時間點，無動態號誌時即為燈態結束時間點。

(三十三) maxEndtime：燈態結束之最長時間點。

(三十四) likelyTime：燈態結束之可能時間點。

(三十五) nextTime：下次綠燈亮起時間點。

表 5.6-5 號誌數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】SPaTData	SPaT	SEQUENCE
【2】intersections	路口集合	SEQUENCE (SIZE(1..16))
【3】id	路口編號訊息集	SEQUENCE
【4】region	路口所屬區域編號	INTEGER (0..65535)
【4】id	區域內路口流水編號	INTEGER (0..65535)
【3】revision	訊息流水號	INTEGER (0..127)
【3】status	號誌運作狀態	BIT STRING (SIZE(16))
【3】moy	基準對時時間點一	MinuteOfTheYear INTEGER (0..527040)
【3】timeStamp	基準對時時間點二	Dsecond INTEGER (0..65535)
【3】states	號誌資訊集合	SEQUENCE (SIZE(1..255))
【4】signalGroup	號誌燈號索引	INTEGER (0..255)
【4】state-time-speed	號誌事件集合	SEQUENCE (SIZE(1..16))
【5】eventState	號誌燈態	ENUMERATED INTEGER (0..9)
【5】timing	時間點細節	SEQUENCE
【6】startTime	燈態開始時間點	TimeMark INTEGER (0..36111)
【6】minEndTime	燈態最短結束時間點	TimeMark INTEGER (0..36111)

四、交通量(TrafficFlowObserved)

本模型參考 NGSI-LD Ontology TrafficFlowObserved 所訂定，用以表示車道交通量數據內容，與 RoadSegment 為關聯標準，相關欄位及說明如表 5.6-6，重要欄位補充說明如下。

表 5.6-6 交通量數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】TrafficFlowObserved	車流量	SEQUENCE
【2】address	地址	SEQUENCE
【3】addressCountry	國家	STRING
【3】addressLocality	地點	STRING
【3】addressRegion	區域	STRING
【3】postalCode	郵遞區號	STRING
【2】averageGapDistance	平均間程	NUMBER(>0) (單位：m)
【2】averageHeadwayTime	平均車間距	NUMBER(>0) (單位：s)
【2】averageVehicleLength	平均車長	NUMBER(>0) (單位：m)
【2】averageVehicleSpeed	平均車速	NUMBER(>0) (單位：km/h)
【2】congested	壅塞	BOOLEAN
【2】dateCreated	創建時間	STRING(date-time)
【2】dateModified	更新時間	STRING(date-time)
【2】dateObserved	資料時間區間	STRING(ISO8601)
【2】dateObservedFrom	資料起始時間	STRING(ISO8601)
【2】dateObservedTo	資料結束時間	STRING(ISO8601)
【2】description	描述	STRING
【2】$dtId	ID	STRING(長度:1-256)
【2】intensity	交通量	NUMBER(>0) (單位：輛)
【2】laneDirection	車道方向	STRING(forward, backward)
【2】laneId	車道編號	INTEGER(>1)
【2】location	幾何描述	GeoJSON StringLine
【2】occupancy	佔有率	NUMBER(0-1)
【2】refRoadSegment	關聯路段	STRING
【2】reversedLane	調撥車道	BOOLEAN
【2】vehicleType	車種	STRING(agriculturalVehicle, bicycle, bus, minibus…..)

(一) addressCountry：車道所屬國家。

(二) addressLocality：車道所屬行政區(鄉政市區)。

(三) addressRegion：車道所屬區域(縣市)。

(四) postalCode：車道所屬郵遞區號。

(五) averageGapDistance：平均間程。間程的計算方式為前車車尾到後車車頭的距離，平均間程即為資料統計區間中，所有間程的總和除以車流量，單位為公尺。

(六) averageHeadwayTime：平均車間距。車間距的計算方式為前車的車頭與後車的車頭經過同一地點的時間差，平均車間距即為資料統計區間中，所有車間距的總和除以車流量，單位為秒。

(七) averageVehicleLength：平均車長。平均車長即為資料統計區間中，所有車長的總和除以車流量，單位為公尺。

(八) averageVehicleSpeed：平均車速。平均車速即為資料統計區間中，所有車速的總和除以車流量，單位為公里/小時。

(九) congested：此車道是否壅塞。

(十) dateCreated：數位雙生創建時間，由系統自動產生。

(十一) dateModified：數位雙生更新時間，由系統自動產生。

(十二) dateObserved：車流資料統計時間區間。須遵照 ISO8601 的規範填寫時間範圍。

(十三) dateObservedFrom：車流資料統計開始時間。須遵照 ISO8601 的規範填寫起始時間。

(十四) dateObservedTo：車流資料統計結束時間。須遵照 ISO8601 的規範填寫結束時間。

(十五) $dtId：此數位雙生的識別碼。可以使用大小寫英文字母、數字、底線與部分特殊符號(正規表達式為/^[\w\-\.\{\}\$\+*\[\]`|~^@!,:\\]+$/)，長度限制 1~256 個字元。建議可以交通部《交通資訊基礎路段編碼資料標準》訂定道路 ID。

(十六) intensity：在資料統計區間，此車道的車流量，單位為輛。

(十七) laneDirection：車道的行進方向。往里程數大的方向行進為 forward，往里程數小的方向行進為 backward。

(十八) laneId：車道的流水編號，最內側車道為 1，依序向外遞增。

(十九) location：此車道的幾何描述，可以是：GeoJSON Point、GeoJSON LineString、GeoJSON Polygon、GeoJSON MultiPoint、GeoJSON MultiLineString、GeoJSON MultiPolygon。此處採用 GeoJSON LineString 的方式記錄。

(二十) occupancy：在資料統計區間，此車道的佔有率。計算路段在資料統計區間中，被車輛占有的比率。

(二十一) refRoadSegmen：此車道所在的路段。

(二十二) reversedLane：此車道是否為調撥車道。

(二十三) vehicleType：車輛種類。

1. agriculturalVehicle：農用車輛
2. bicycle：自行車
3. bus：大客車
4. minibus：小型巴士
5. car：小客車
6. caravan：露營車
7. tram：路面電車
8. tanker：油罐車
9. carWithCaravan：露營拖車
10. carWithTrailer：拖車
11. lorry：貨車
12. moped：電動輔助車
13. motorcycle：重型機車
14. motorcycleWithSideCar：邊車
15. motorscooter：輕型機車
16. trailer：聯結車
17. van：廂型車
18. constructionOrMaintenanceVehicle：工程車輛
19. trolley：觀光巴士

五、巴士/電動巴士(Bus)

本模型欄位繼承自 NGSI-LD Ontology Vehicle，本計畫用以表示巴士/電動巴士數據內容，相關欄位及內容如表 5.6-7 所示，重要欄位補充說明如下。

表 5.6-7 巴士/電動巴士數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】Bus	巴士	SEQUENCE
【2】category	車輛使用目的	LIST OF STRING (municipalServices, nonTracked, private, public, specialUsage,

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
		tracked)
【2】currentTripCount	本日旅次	NUMBER
【2】dataCreaterd	資料創建時間	STRING(date-time)
【2】dataFirstUsed	車輛首次使用時間	STRING(date)
【2】dataModified	資料維護時間	STRING(date-time)
【2】dateVehicleFirstRegistered	首次註冊時間	STRING(date)
【2】description	描述	STRING
【2】deviceBatteryStatus	電池充電狀態	STRING (connected, disconnected)
【2】deviceSimNumber	車輛 sim 碼	STRING
【2】feature	特徵	LIST OF STRING(abs, airbag, alarm, backCamera, disabledRamp, gps, internetConnection, overspeed, proximitySensor, wifi)
【2】fuelEfficiency	燃油效率	NUMBER
【2】fuelFilled	燃油量	NUMBER
【2】fuelType	燃料種類	STRING
【2】heading	行進方向	NUMBER(0-360, -1)
【2】id	ID	STRING(長度:1-256)
【2】ignitionStatus	點火狀態	BOOLEAN
【2】license_plate	行照號碼	STRING
【2】location	位置	GeoJSON
【2】mileageFromOdometer	總行駛里程	NUMBER
【2】name	名稱	STRING
【2】observationDateTime	上次更新時間	STRING(date-time)
【2】previousLocation	上次位置	GeoJSON
【2】serviceProvided	提供服務種類	LIST OF STRING (auxiliaryServices, cargoTransport, construction,….)
【2】serviceStatus	營運狀態	STRING (broken, onRoute, outOfService, parked)
【2】speed	車速	NUMBER(>=0, -1)
【2】vehicleAltitude	海拔	STRING
【2】vehiclePlateIdentifier	車牌號碼	STRING
【2】vehicleRunningStatus	行駛狀態	STRING(running,stopped,waiting)
【2】vehicleType	車輛種類	STRING (agriculturalVehicle, ambulance, anyVehicle, ….)
【2】operatingCompany	電動公車業者	STRING
【2】batteryLevel	剩餘電量	NUMBER
【2】operatingId	客運業者編號	NUMBER
【2】routeID	路線	NUMBER

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【2】branchID	路線支線	NUMBER
【2】operatingDirection	方向	NUMBER
【2】batteryTemperature	電池溫度	NUMBER
【2】isElectricBus	是否為電巴	BOOLEAN

(一) category：描述車輛的使用範疇，如公務車輛、私人使用、是否需要被追蹤行徑等。

(二) deviceBatteryStatus：車輛電瓶是否正在充電。

(三) deviceSimNumber：車輛聯網設備(車機)的 sim 卡號碼。

(四) feature：車輛上裝設的特殊設備。如果擁有多個相同設備的話，可以用<feature>,<occurences>的方式填寫，如一輛車有四個安全氣囊，可以寫成 airbag,4。

(五) fuelEfficiency：車輛的燃油效率，單位為 km/L。電動車免填。

(六) fuelFilled：剩餘的燃料量，單位為 L。電動車免填。

(七) heading：車輛的行進方向，以正北為 0 度，順時針計算，介於 0~360 度之間。若車輛停止時，則記錄為-1。

(八) ignitionStatus：引擎的點火狀況，發動為 true，未發動為 false。

(九) serviceProvided：該車輛能夠提供的服務種類。公車可以填入 urbanTransit，或者其他適合的服務種類。

(十) serviceStatus：車輛目前提供服務的狀態，可以填入 broken、onRoute、outOfService、parked。broken 表示車輛目前故障或者損壞無法提供服務，onRoute 表示車輛目前正常營運提供服務，outOfService 表示車輛目前目前行駛中，但是未提供服務，parked 表示車輛目前停止運行。

(十一) vehicleType：車輛的種類。詳細車輛種類可以參考 DATEX 2 version 2.3。

(十二) batteryLevel：車輛剩餘電量，以百分比表示。非電動車輛免填。

(十三) batteryTemperature：電池溫度，單位為℃。非電動車輛免填。

六、資訊可變標誌資訊(TIM)

本模型參考 SAE J2735 TIM 所訂定，用以表示資訊可變標誌內容，相關欄位及內容如表 5.6-8 所示，重要欄位補充說明如下。

表 5.6-8 資訊可變標誌 CMS 資訊數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】TravelerInformation	TIM	SEQUENCE
【2】msgCnt	訊息編號	INTEGER (0..127)
【2】timeStamp	訊息時間點	INTEGER (0..527040)
【2】dataFrame	訊息框架	SEQUENCE (SIZE(1..8))
【3】frameType	訊息類型	ENUMERATED(0..3)
【3】msgId	訊息名稱	CHOICE
【4】roadSignID	標誌名稱	SEQUENCE
【5】position	標誌點位	SEQUENCE
【6】offset lat	緯度	INTEGER (-900000000..900000001)
【6】offsetlong	經度	INTEGER (-1800000000..1800000001)
【6】offsetelevation	高程	INTEGER(-4096..61439)
【5】viewAngle	標誌顯示方向	BIT STRING(0..15)
【3】startTime	訊息開始時間點	INTEGER (0..527040)
【3】durationTime	訊息持續時間	INTEGER (0..32000)
【3】priority	訊息優先程度	INTEGER (0..7)
【3】notUsed1	保留 1	INTEGER (0..31)
【3】regions	資訊範圍訊息集	SEQUENCE (SIZE(1..16))
【4】id	路段編號訊息集	SEQUENCE
【5】region	路段所屬區域編號	INTEGER (0..65535)
【5】id	區域路段流水編號	INTEGER (0..65535)
【4】anchor	訊息起始點	SEQUENCE
【5】lat	訊息起始點緯度	INTEGER(-900000000..900000001)
【5】long	訊息起始點經度	INTEGER(-1800000000..1800000001)
【5】elevation	訊息起始點高程	INTEGER(-4096..61439)
【4】laneWidth	車道寬度	INTEGER (0..32767)
【4】directionality	訊息傳遞方向	ENUMERATED(0..3)
【4】direction	資訊發布角度	BIT STRING(0..15)
【4】description	資訊範圍描述	CHOICE
【5】path	路徑描述	SEQUENCE
【6】offset	路徑描述方式	CHOICE
【7】xy	座標方式	CHOICE
【8】nodes	車道點位集合	SEQUENCE (SIZE(2..63))
【9】delta	車道點位	CHOICE－[Node-LLmD-64b]

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【10】node-LatLon	點位經緯度	SEQUENCE
【11】lon	經度	INTEGER(-1800000000..1800000001)
【11】lat	緯度	INTEGER(-900000000..900000001)
【3】notUsed2	保留 2	INTEGER (0..31)
【3】notUsed3	保留 3	INTEGER (0..31)
【3】content	訊息內容	CHOICE
【4】advisory	建議/警告	SEQUENCE (SIZE(1..100))
【5】item	訊息項目	CHOICE
【6】itis	ITIScodes	ITIScodes::=INTEGER (0.. 65535)
【4】workZone	工區	SEQUENCE (SIZE(1..16))
【5】item	訊息項目	CHOICE
【6】itis	ITIScodes	ITIScodes::=INTEGER (0.. 65535)
【4】genericSign	MUTCD signs	SEQUENCE (SIZE(1..100))
【5】item	訊息項目	CHOICE
【6】itis	ITIScodes	ITIScodes::=INTEGER (0.. 65535)
【4】speedLimit	速限	SEQUENCE (SIZE(1..100))
【5】item	訊息項目	CHOICE
【6】itis	ITIScodes	ITIScodes::=INTEGER (0.. 65535)
【4】exitService	路邊服務	SEQUENCE (SIZE(1..100))
【5】item	訊息項目	CHOICE
【6】itis	ITIScodes	ITIScodes::=INTEGER (0.. 65535)

(一) frameType：訊息類型

1. unknown (0)(未知),
2. advisory (1)(建議),
3. roadSignage (2)(道路標誌),
4. commercialSignage (3)(商業標誌),

(二) msgId：牌面資訊

1. roadSignID
   (1) position(標誌位置)
   (2) viewAngle(標誌顯示角度)

(三) content：訊息內容(必選)

1. advisory(建議/警告標誌)

2. workZone(施工區域)

3. genericSign(其他法定標誌)

4. speedLimit(建議速限)

5. exitService(商業標誌，EX：停車場資訊)

七、場站人流(CrowdFlowObserved)

本模型參考 NGSI-LD Ontology CrowdFlowObserved 所訂定，用以表示路段數據內容，與 RoadSegment 為關聯標準，相關欄位及內容如表 5.6-9 所示，重要欄位補充說明如下。

表 5.6-9 場站人流數據模型

欄位英文名稱	欄位中文名稱	說明
【1】CrowdFlowObserved	行人流	SEQUENCE
【2】address	地址	SEQUENCE
【3】addressCountry	國家	STRING
【3】addressLocality	地點	STRING
【3】addressRegion	區域	STRING
【3】postalCode	郵遞區號	STRING
【2】averageCrowdSpeed	平均行人步速	NUMBER(>0)
【2】averageHeadwayTime	平均行人間距	NUMBER(>0)
【2】congested	壅塞	BOOLEAN
【2】dateCreated	創建時間	STRING(date-time)
【2】dateModified	更新時間	STRING(date-time)
【2】dateObserved	資料時間區間	STRING(ISO8601)
【2】dateObservedFrom	資料起始時間	STRING(ISO8601)
【2】dateObservedTo	資料結束時間	STRING(ISO8601)
【2】description	描述	STRING
【2】direction	方向	STRING [inbound, outbound]
【2】id	ID	STRING(長度:1-256)
【2】location	位置	GeoJSON
【2】occupancy	佔有率	NUMBER(0-1)
【2】peopleCount	行人流量	NUMBER(>0)
【2】refRoadSegment	關聯路段	STRING
【2】type	NGSI 種類	STRING(TrafficFlowObserved)

(一) averageCrowdSpeed：平均行人步速。即為資料統計區間中，所有行人步速的總和除以行人流量，單位為公尺/秒。

(二) averageHeadwayTime：平均行人間距。計算方式為前後兩人經過同一地

點的時間差,即為資料統計區間中,所有行人間距的總和除以行人流量,單位為秒/人。

(三) cogested：此行人場站區域是否壅塞。

(四) dateCreated：數位雙生創建時間，由系統自動產生。

(五) dateModified：數位雙生更新時間，由系統自動產生。

(六) dateObserved：車流資料統計時間區間。須遵照 ISO8601 的規範填寫時間範圍。

(七) dateObservedFrom：車流資料統計開始時間。須遵照 ISO8601 的規範填寫起始時間。

(八) dateObservedTo：車流資料統計結束時間。須遵照 ISO8601 的規範填寫結束時間。

(九) direction：行人流步行方向。

(十) id：行人步行空間編號。

(十一) location：該行人步行空間描述。可以是：GeoJSON Point、GeoJSON LineString、GeoJSON Polygon、GeoJSON MultiPoint、GeoJSON MultiLineString、GeoJSON MultiPolygon。此處採用 GeoJSON LineString 的方式記錄。

(十二) occupancy：行人佔有率，類似於車流佔有率的推估原理。

(十三) peopleCount：資料時間區間的行人流量。

5.6.2 API 設計

本計畫根據場域需求，將資料介接 API 分為：即時車流、公車車站人流、號誌時制、CMS 看板、公車/電動公車、路況預測，每一項 API 又分為資料端與應用端兩部分。資料端 API 為現場資料蒐集者將資料上傳至數位雙生平台的接口，應用端 API 為數位雙生平台提供數據給應用程式(智慧交通數位神經中樞三維平台)的接口。有關資料端及應用端 API 彙整(包含 API 名稱、資料類型、資料來源、資料內容、更新頻率)如表 5.6-10 及表 5.6-11 所示。

一、資料端 API

資料端 API 需要統合現場資料，將資料整合為數位雙生平台使用的格式，需要按照不同場域資料特性設計。現場資料主要來自於現場場域的偵測器數據、運輸資料流通服務平臺(TDX)以及本計畫彙整的數據，根據現場狀況不同有不同的更新頻率與方式，詳細 API 內容(包含 API 名稱、資料類型、資料來源、傳輸方式、功能說明、更新頻率、URL)如表 5.6-12 至表 5.6-17。

表 5.6-10 資料端 API 彙整

API 名稱	資料類型	資料來源	資料內容	更新頻率
UpdateTrafficFlow Observed	即時車流	ETC CCTV	路段的即時車流統計	60 秒
UpdateCrowsFlow	公車車站人流	CCTV 模擬	2 個車站的即時人流統計	60 秒
UpdateSignal	號誌時制	模擬	3 個路口的號誌燈號	1 秒
UpdateCMS	CMS 看板	TDX	CMS 看板即時顯示內容	120 秒
UpdateBus	公車/電動公車	TDX	361 輛公車/電動公車之位置、速度、電量等資料	25 秒
UpdateTrafficPredict	路況預測	計畫產生	4 個路段的車速、壅塞機率預測	24 小時

表 5.6-11 應用端 API 彙整

API 名稱	資料類型	傳輸方式	資料內容
GetTrafficFlowObserved	即時車流	Http GET	查詢指定路段的即時車流
GetCrowdFlowObserved	即時人流	Http GET	查詢指定場站的即時人流
GetBus	公車/電動公車	Http GET	查詢指定公車的即時狀態
BroadcastBusStatus	公車狀態推送	SignalR 推送	推送公車速度、電量資訊
BroadcastBusLocation	公車位置推送	SignalR 推送	推送公車位置資訊
BroadcastSPaT	號誌時制	SignalR 推送	推送路口號誌時制與號誌狀態
BroadcastCMS	CMS 看板	SignalR 推送	推送 CMS 看板資訊
AlertTrafficFlow	車流告警	SignalR 推送	路段服務水準低於門檻時，自動推送告警訊息
AlertCrowdFlow	人流告警	SignalR 推送	場站即時人流高於門檻時，自動推送告警訊息
GetTrafficPredict	路況預測	Http GET	查詢指定時間區間內的路況預測資料

表 5.6-12 UpdateTrafficFlowObserved 資料端 API

API 名稱	UpdateTrafficFlowObserved
資料類型	即時車流
資料來源	ETC / AICCTV
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收場域中 4 個路段的即時車流統計

更新頻率	60 秒
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/trafficFlowObserved?code=<token>

表 5.6-13 UpdateCrowsFlow 資料端 API

API 名稱	UpdateCrowsFlow
資料類型	公車車站人流
資料來源	AICCTV / 模擬
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收場域中 2 個車站的即時人流統計
更新頻率	60 秒
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/crowdFlow?code=<token>

表 5.6-14 UpdateSignal 資料端 API

API 名稱	UpdateSignal
資料類型	號誌時制
資料來源	號誌時制模擬
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收場域中 3 個路口的號誌燈號
更新頻率	1 秒
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/signal?code=<token>

表 5.6-15 UpdateCMS 資料端 API

API 名稱	UpdateCMS
資料類型	CMS 看板
資料來源	TDX
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收 CMS 看板即時顯示內容與設備狀態
更新頻率	120 秒
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/CMS/updateCMS?code={token}

表 5.6-16 UpdateBus 資料端 API

API 名稱	UpdateBus
資料類型	公車/電動公車
資料來源	TDX
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收行經場域的 361 輛公車/電動公車之位置、速度、電量等資料
更新頻率	25 秒

URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/bus?code=<token>

表 5.6-17 UpdateTrafficPredict 資料端 API

API 名稱	UpdateTrafficPredict
資料類型	路況預測
資料來源	本計畫產出
傳輸方式	Http POST
功能說明	接收場域中 4 個路段的車速、壅塞機率預測
更新頻率	24 小時
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/TrafficPredict/UpdateTrafficPredict/roadSegmentId={roadSegmentId}?code={token}

二、應用端 API

應用端 API 提供應用程式獲取數位雙生平台的資訊，用以顯示在智慧交通數位神經三維平台。取得數位雙生平台資訊的方式分為主動查詢與即時推送兩種，分別對應使用 Http GET 與 SignalR 傳輸方式。SignalR 是 Microsoft Azure 提供的服務，使用類似 WebSocket 的方式推送資料，使平台端能夠在資料發生變化時主動將資料推送到應用端，達到資訊同步的效果。詳細 API 內容(包含 API 名稱、資料類型、傳輸方式、功能說明、URL)如表 5.6-18 至表 5.6-27。

表 5.6-18 GetTrafficFlowObserved 應用端 API

API 名稱	GetTrafficFlowObserved
資料類型	即時車流
傳輸方式	Http GET
功能說明	查詢指定路段的即時車流
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/roadSegment/{id}?code={token}

表 5.6-19 GetCrowdFlowObserved 應用端 API

API 名稱	GetCrowdFlowObserved
資料類型	即時人流
傳輸方式	Http GET
功能說明	查詢指定場站的即時人流
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/crowdFlowObserved/{id}?code={token}

表 5.6-20 GetBus 應用端 API

API 名稱	GetBus
資料類型	公車/電動公車
傳輸方式	Http GET
功能說明	查詢指定公車的即時狀態
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/bus/{ id}?code={token}

表 5.6-21 BroadcastBusStatus 應用端 API

API 名稱	BroadcastBusStatus
資料類型	公車/電動公車
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	推送公車速度、電量資訊
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	bus_status

表 5.6-22 BroadcastBusLocation 應用端 API

API 名稱	BroadcastBusLocation
資料類型	公車/電動公車
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	推送公車位置資訊
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	bus_location

表 5.6-23 BroadcastSPaT 應用端 API

API 名稱	BroadcastSPaT
資料類型	號誌時制
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	推送路口號誌時制與號誌狀態
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	SPaT

表 5.6-24 BroadcastCMS 應用端 API

API 名稱	BroadcastCMS
資料類型	CMS 看板
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	推送 CMS 看板資訊
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	cms

表 5.6-25 AlertTrafficFlow 應用端 API

API 名稱	AlertTrafficFlow
資料類型	車流告警
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	路段服務水準低於門檻時，自動推送告警訊息
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	alertTrafficFlow

表 5.6-26 AlertCrowdFlow 應用端 API

API 名稱	AlertCrowdFlow
資料類型	人流告警
傳輸方式	SignalR 推送
功能說明	場站即時人流高於門檻時，自動推送告警訊息
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api/
SignalR Hub	alertCrowdFlow

表 5.6-27 GetTrafficPredict 應用端 API

API 名稱	GetTrafficPredict
資料類型	路況預測
傳輸方式	Http GET
功能說明	查詢指定時間區間內的路況預測資料
URL	https://hwacom-digital-nerve-hub-funcapp.azurewebsites.net/api /TrafficPredict/GetTrafficPredict /startTime={startTimeString}&endTime={endTimeString}?code={token}

5.6.3 數據模型呈現

智慧交通數位神經中樞系統之數位雙生平台係為協助傳統交通管理平台，以直覺穿透 3D 視覺化應用俯瞰整體場域以協助管理者決策。數位雙生場域範圍為工業區一路至永福路。3D 模型部分，聚焦於呈現即時路況、號誌時制、公車場站人流偵測反映、CMS 即時資訊、一般公車/電動巴士告警系統等面向，藉由偵測器蒐集即時數據即時視覺化呈現。圖 5.6.2 為本計畫數位雙生功能架構，本計畫透過 CCTV 等偵測器蒐集場域即時資訊並傳回 Microsoft Azure 數位雙生平台，並以 Ontology 數據模型存取，透過 API 提供 3D 模型即時呈現。

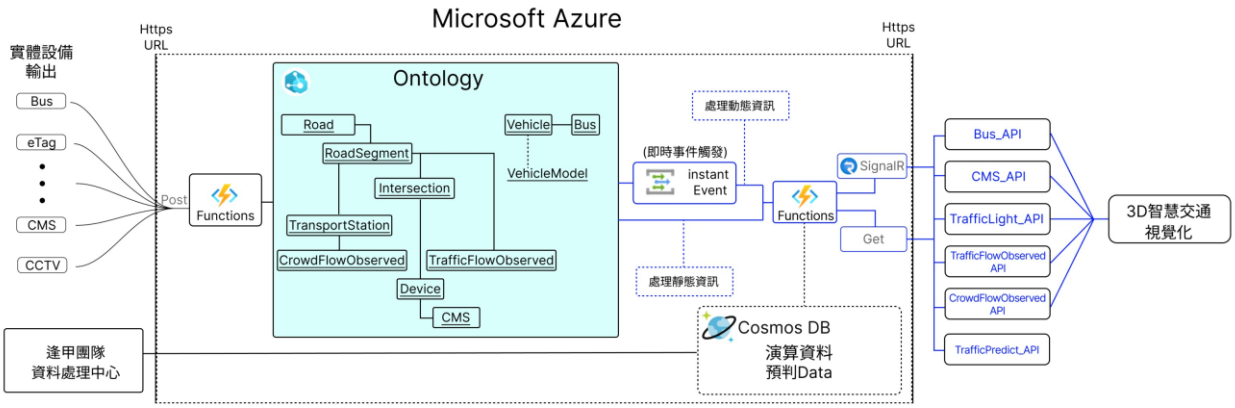


圖 5.6.2 本計畫數位雙生功能架構

一、智慧交通數位神經中樞三維平台畫面

本計畫場域位於臺中市臺灣大道永福路口至工業區一路口，其中包括快慢車道、三個號誌化路口、兩條公車專用道、兩處公車候車站、四組 eTag 車輛偵測器與路口影像偵測器(CCTV)、一個資訊可變標誌(CMS)，並且有各路公車共 361 輛行經場域。依此條件規劃即時車流監測、即時人流監測、即時號誌顯示、公車動態檢視、CMS 即時訊息、異常狀況告警等功能。圖 5.6.3 為本計畫產製智慧交通數位神經中樞三維平台實機畫面。

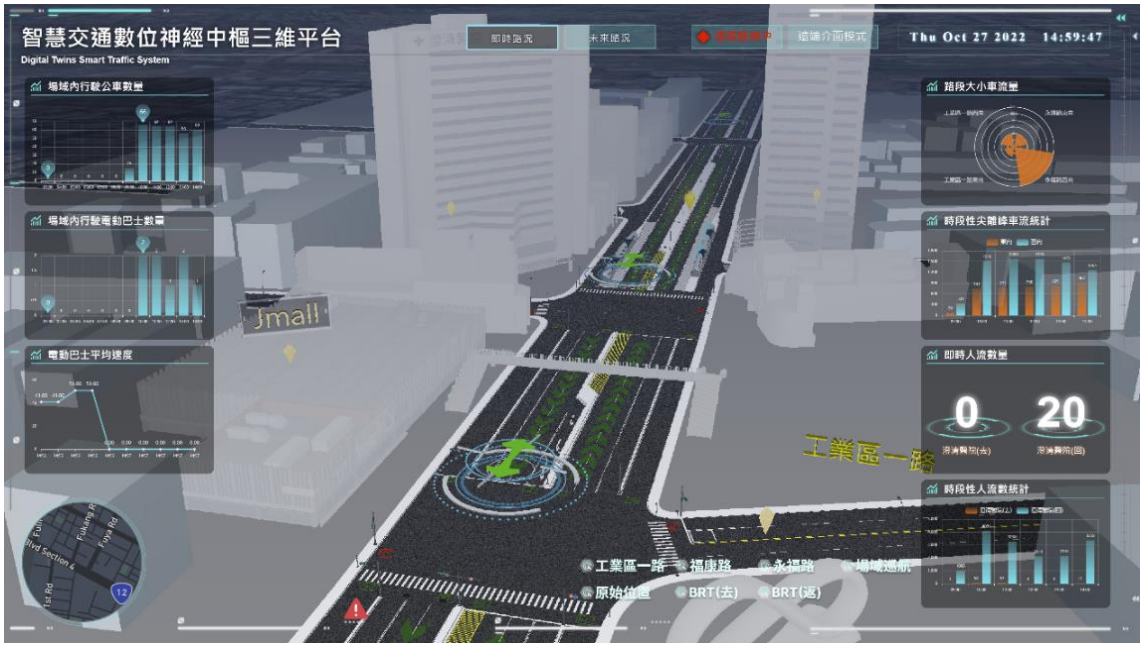


圖 5.6.3 智慧交通數位神經中樞三維平台畫面

二、號誌及車流呈現

平台會根據即時車流監測數據計算道路服務水準(LOS)，以綠色、黃色、紅色道路表示不同道路服務水準，拉近視角(zoom in)切換為顯示即時車輛行進

模擬，擬真顯示車輛行進與轉向狀況。號誌化路口會依照即時號誌顯示路口行進方向及紅燈/綠燈倒數秒數，讓使用者能夠視覺化的檢視號誌時制秒數是否會造成堵塞，以及號誌續進狀況是否連續，路口號誌展示如圖 5.6.4。



圖 5.6.4 號誌及車流呈現

三、公車場站人流

公車場站即時人流監測以公車場站中影像偵測器(CCTV)取得的即時監視影像，透過 AI 自動辨識公車站中人流數量，在平臺中顯示公車站即時人流。可以用於監測公車站進出人數，分析尖離峰人潮，並且在人潮過多時提出告警，通知主管單位進行疏導，公車場站人流模擬畫面如圖 5.6.5。



圖 5.6.5 公車場站人流呈現

5.6.4 知識庫整合應用

目前平台已經實作三項告警功能：車流告警、人流告警、號誌異常告警。車流告警功能會在路段車流過多導致服務水準下降時觸發，提醒主管單位進行交通疏導，並檢討號誌時制設計。人流告警會在公車場站人流超過門檻時觸發，提醒主管單位公車場站可能過於擁擠。號誌異常告警會在設備傳送異常訊息時觸發，通知主管單位進行設備檢修。

平台收到告警訊息時，會在畫面左下角顯示紅色三角形圖示，告知使用者目前有告警訊息發生。點擊圖示會展開告警訊息列表，能夠看到目前觸發的所有告警訊息。點擊告警訊息，畫面視角會聚焦到告警發生的場所，並且顯示告警內容明細與建議措施，讓使用者能夠快速理解發生告警的地點並盡速採取相應對策，如圖 5.6.6 與圖 5.6.7。平台收到一則告警訊息後，預設會持續顯示告警訊息 3 分鐘，期間若持續收到相同的告警訊息，則顯示時間延長；若 3 分鐘後沒有收到相同的告警訊息，則認定告警狀況解除，不再顯示告警訊息。告警功能所使用之 API 設計已於 5.6.2 節說明。



圖 5.6.6 告警訊息畫面(1)



圖 5.6.7 告警訊息畫面(2)

5.6.5 交通參數預測模式之整合應用

數位雙生路況預測功能流程如圖 5.6.8，透過資料端 API 介接路況預測資料(表 5.6-28)，並更新 Azure Cosmos DB 如圖 5.6.9。透過應用端 API 進行資料庫查詢，使用者可透過智慧交通數位神經中樞三維平台選定查詢時間範圍，查詢畫面呈現如圖 5.6.10。路況預測功能提供查詢指定時間的預測車速與壅塞機率，查詢結果將顯示在主畫面上，並且在畫面右上角顯示詳細預測車速與壅塞機率，如圖 5.6.11。本功能所使用之 API 設計整理於 5.6.2 節。

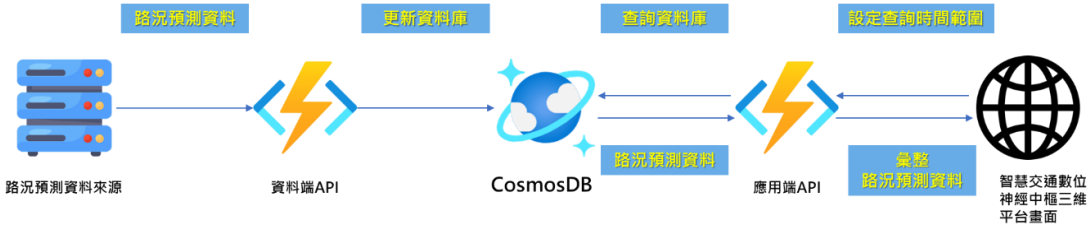


圖 5.6.8 數位雙生路況預測功能流程圖

表 5.6-28 路況預測資料示意

預設時間	速率預測	壅塞機率
…	…	…
2022/9/1 07:45	34.15239864	75%
2022/9/1 07:50	34.57765843	75%
2022/9/1 07:55	35.00472415	20%
2022/9/1 08:00	36.26180052	20%
…	…	…
2022/9/1 08:20	36.83855148	20%
…	…	…

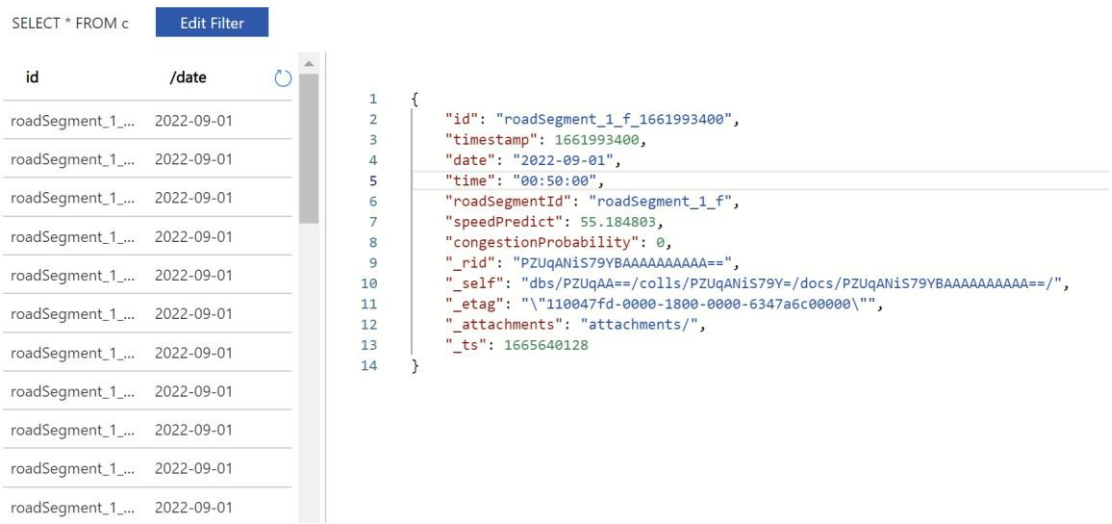


圖 5.6.9 更新 Azure Cosmos DB



圖 5.6.10 路況預測查詢畫面



圖 5.6.11 路況預測顯示畫面

5.7 各類異常事件管理應用情境說明

前述 5.5 節知識庫之開發與歸納說明，旨在針對各種可能情況提出 AI 影像辨識感知之條件，以減少人為疏忽與疲憊所造成之各種可能的緊急危害事件或無法及時防範，並以此進一步提出各種情境後續應知會的對象單位與可行之辦法建議等腳本流程，協助相關人員與單位先行準備與後續應變，減少因訊息傳遞與反應決策所需的時間消耗而造成風險機率與損害程度之增加，也可使得較無經驗的新進人員能夠藉此有條不紊且快速地應變與執行。

AI 辨識雖需具體條件與參數才能據以進行判斷，但有些事件彼此間確有其共通性或關聯性，因此本節除就 5.5 節進行更加詳細明確的情境舉例說明外，亦嘗試將此腳本連結至其它有關的情境中，也就是除原提出之情境案例以外，同時亦探討是否尚有其它情境可全部或部分適用該情境腳本，以求在未來可將所有可能的異常或風險事件都進行相關流程腳本的編撰並納入知識庫中，達成交通管理、風險管理等各種面向管理的目標。

此外，由於 AI 影像辨識在偵測相關條件之事件發生時，其是以近乎立即甚

且同步地速度通報業者、政府等所有相關單位以爭取時效，所以後續系統事件偵測與通知會一併說明。

5.7.1 公車場站人流即時增加之營運調度情境與應用

一、場站人流事件偵測及通知

事件情境假設臺中臺灣大道上之澄清醫院站附近有某大型活動之舉辦並未知會政府相關單位或者有意外之人潮聚集，導致相關人潮或人流於澄清醫院站月台處突然增加，而其人數有影響營運甚至安全之虞時，此時在 AI 影像辨識的設定上，若 AI 影像辨識偵測到澄清醫院站之月台密度超過 30 人時，即會啟動第一階段之「橘燈」預警以彈跳式視窗等方式告知，提醒業者或站務員位於臺灣大道上的澄清醫院站現在恐有影響營運之事件發生，請其立即進行確認或派員前往現場了解狀況並預做應變準備；而在政府方面則同樣請其注意，並主動就業者處了解狀況以確保相關負責單位有進行處理甚至是預做準備。若 AI 偵測澄清醫院站之月台人數超過 50 人時就會立即發布「紅燈」告警，同步警告業者與政府單位現澄清醫院站已有超過 50 人同時在站牌月台處，確定發生人流異常增加事件，甚至恐有危安疑慮，請所有相關單位就先前所預作之準備立即進行處置。

二、系統提供處置建議

緊接著，此系統會在業者、政府的顯示螢幕或介面上立即以彈跳式視窗給予有關單位相關決策建議，但此決策權在於業者與政府單位手上，系統無法直接進行處置，僅是做為決策者參考用。例如在業者獲得相關建議後，可將橘燈預警時所準備之應變辦法即刻採用執行，如以車上顯示裝置通知旅客相關訊息，並以後車接駁，甚至是加開班次等方式解決；政府單位則可利用自己所掌握之各種顯示及公告管道，如資訊可變標誌、公車站跑馬燈、網路 web、行動裝置 APP 甚至是新聞媒體等通知民眾，而民眾則可以此改搭其它運具、避開該區域/路段，甚至是轉知其他親朋好友等，減少相關事件之影響加重並得以快速解決；其他業者則可以此避開該區域/路段，或者由政府單位出面或主動協助相關事件之處理。

三、系統事件資料記錄

在相關事件從符合預警條件的偵測之初，系統即會開始進行後續相關流程

或動作發布與執行時間的記錄。如在晚上 8 時 01 分系統偵測到臺灣大道之澄清醫院站月台已有 30 人聚集，除會立即發布橘燈的預警通知予業者、政府等相關單位之外，亦會同時記錄橘燈預警的通知時間，與通知之地點站位、警示內容等資料。而經過 10 分鐘後的 8 時 11 分人潮迅速增置 50 人，系統在經過辨識並發布紅燈告警的通知後就會同時記錄此時間，之後系統給予什麼樣的建議訊息也會同時進行記錄。在整個事件經妥善處理結束後，系統即可依其辨識與業者輸入之結束時間進行記錄，此外，業者、政府與其他相關單位於此事件之處理過程以可透過系統辨識或自己輸入等方式一併記錄於資料庫中，以供未來進行此系統流程之檢討時做為參考。

四、其它情境應用

由於人流異常增加可能係因無法消化而導致的積累，亦有可能係因車站月台或站牌附近舉行大型活動而突然產生的大量人潮，種種因素皆有可能係人流異常增加之原因，而本計畫所提出之腳本流程僅針對人流異常增加此項結果或事件進行偵測與辨識，真正的事件原因則有待相關單位或人員進行確認與分析，故此人流異常增加的知識庫腳本流程可廣泛應用於人潮或人流之情境監控。例如在本計畫執行期間，南韓於梨泰院舉辦之萬聖節派對在 10 月 29 日晚上因人潮大量聚集與跌倒而發生上百人推擠致死案件震驚全球。此類人流異常增加的事件除可能影響交通運輸系統的營運之外，亦有可能發生如南韓此次嚴重的推擠事件，所以在相關交通運輸設施、大型活動或場館等人流會大量聚集流通之地的人流管理相當重要，而本計畫所提出之人流異常增加事件腳本在修改相關條件與參數之後，亦可做為未來相關大型活動或場館設施之監控管理，以避免如南韓此次的嚴重推擠事件再次發生。

5.7.2 公車連班處理情境與應用

一、公車連班事件偵測及通知

情境假設為臺中臺灣大道澄清醫院之影像辨識經影像記錄，並算得前後兩班車次間的班距時間小於 2 分鐘時，此及第一階段，代表該前後兩班車有可能發生連班狀況，系統即會發送一通知，說明澄清醫院站偵測到某路線連續之前後兩台車可能有連班問題發生，以提醒業者及駕駛避免前後兩車班距再次拉近致使連班問題發生或愈趨嚴重；倘若受車流或其它因素影響而使得前後兩車班距小於 1 分鐘時(通知內容同樣包含站位、路線與車號等)，此及第二階段，代

表連班問題已然發生，業者須盡早提出作為以避免連班問題惡化；而當系統偵測到前後兩班車之車距已小於 30 秒時，此及第三階段，會再發出一最後的警訊通知，警告業者或相關負責單位人員連班問題相當嚴重，須立即進行應變處理，以維持運輸系統整體之服務水準與品質。除與連班問題直接相關的公車業者外，政府相關單位亦會是系統於此三階段中通知的對象之一，除能及時掌握狀況並向業者了解與監督之外，亦可透過政府之公告管道，如資訊可變標誌、站牌跑馬燈、APP 或網路 web 等平台介面通知旅客相關等待時間，協助旅客盡力掌握運輸系統時間，善盡政府維持運輸系統服務水準及市場品質之責，也做為未來業者相關補助考核的參考依據之一。

二、系統提供處置建議

在系統偵測到公車連班問題發生並就發生之站位地點、路線及車輛(車號)通知業者、駕駛與政府有關單位後，該系統即會以彈跳式視窗提供相關處置應變措施建議，如當系統已提供三階段之通知給予業者及政府單位，說明臺灣大道上之澄清醫院站測得某路線之某些車次連班問題發生且嚴重後，即會給予業者調整發車或駕駛加、減車速等之相關建議，以避免無經驗之新進人員不知該如何舉措，並及時反應以避免問題惡化，以穩定車輛到站時間與平均旅客等待時間，維持甚至是提升公車運輸系統的服務水準與品質。

三、系統事件資料記錄

經系統三階段之示警通知，且業者、駕駛及時採取相關應變措施改善公車連班問題，而政府單位亦掌握相關事件之整體狀況後，此系統即可根據業者回報之處理狀態，連同前面各個階段所偵測到的連班問題發生時間與通知時間、發生地點站位、發生路線與車輛等資料一併記錄於資料庫中，以做為未來業者或政府單位檢討運作流程之參考依據，也可做為政府未來補貼業者之評鑑考核依據。除可用以改善營運流程外，亦可透過系統的資料蒐集，分析連班問題之發生原因，以求能長期改善該地連班狀況甚至是當地車流問題。

四、其它情境應用

如前所述，公車易受道路環境與車流狀況影響，因此若在車流狀況紊亂的情況下便容易有連班問題發生。而一公車站牌或站位的路線通常不只一條，因此在尖峰時候各路線公車的停等載客有可能彼此影響，甚至也會影響其它周遭行駛的車輛，故除了公車本身易受道路環境與車流狀況影響外，公車本身亦是

車流的一部份，其本身也會影響車流之前進，因此若有連班問題發生之處，代表該地車流恐有不連貫、不協調的情況發生，需要外力介入引導才較有機會快速且順利的消除。所以本公車連班的知識庫腳本流程，除應用在監控公車系統本身之連班問題等運作流程是否順暢以外，亦可做為車流狀況良好與否的指標之一，進一步由政府相關單位透過監視器影像檢視了解並決定是否派員前往處理。另外駕駛行為亦是公車連班的關鍵之一，亦可透過系統所記錄的連班歷史資料了解是否有特定駕駛開快車、搶班次的行為發生，好讓業者及時矯正駕駛行為並獎優汰劣，以維護駕駛素質與運輸勞動市場之健全。

5.7.3 公車其他異常事件處理情境

一、其他異常事件偵測及通知

由於異常或緊急事件之範疇較大，而在 AI 影像辨識上需要有較為具體之條件與量化之數據做為判斷與運作依據，所以未來此知識庫的腳本流程可根據各個不同情境繼續個別獨立與發展，但在後續通報流程上皆是大同小異。

本計畫初步提出之公車緊急事件主要雖係以車輛停留過久、人員受傷、車輛故障等情境做為判斷條件，但後續之通報流程腳本皆相同，故在後續介紹上會一併敘述說明。

(一) 車輛停留過久

情境假設若有某輛公車於臺灣大道之澄清醫院站停留過久，例如系統設定為 15 秒，則該車輛若停留超過 15 秒，系統就會先給予一預警通知讓業者及政府單位知悉並進一步了解情形，若確認真有問題則相關單位可及早進行處理。而若停留超過 30 秒則可確認有異常問題發生，業者應立即進行相關應變且政府單位亦可公告提醒民眾，其它路線或其它業者之駕駛則可改道行駛，以避開該路段減少該事件影響擴大與加劇。

(二) 車輛故障

情境假設於臺灣大道澄清醫院站之影像辨識偵測到行經該站的某路線車輛冒煙，或者是行先版未亮、車門未關等狀況時，說明該車恐有車輛故障等異常事件發生，系統就會立即通知業者、政府等相關單位進行了解，若有問題則可及早進行處理。其它業者在接獲通知後，同樣可趁早進行繞道行駛等相關措施，或者協助支援載客等作為。

(三) 人員受傷

情境假設系統於澄清醫院站偵測到有人倒地，一旦超過 10 秒即可能有危害人員生命之事件發生，故在測得相關條件與符合相關數據後，系統會立即且同步通知業者、政府以及醫院和警消等單位。相關單位在接獲通知後，業者可立即進行確認並採取派員支援或後車接駁等相關應變措施;政府則可掌握事件發生，迅速組織相關部門資源進行協助或救援，並公告訊息讓其它民眾知悉以避開該區域或路段;其它業者同樣可通知所屬駕駛避開該路段，或者主動提供支援協助疏運等。此外，由於關乎生命之事件在時間上特別刻不容緩，因此在人員受傷等關乎性命之緊急或異常事件發生上，可再列入醫院、消防等單位為通知對象，一旦經確認則醫院或消防隊可立即派遣救護車前往救援以爭取時效。

二、系統提供處置建議

在系統通知相關事件之發生訊息予業者、政府單位(如警察局、交通局等)、消防和醫院以及其它業者等後，系統可透過彈跳式視窗根據不同對象給予不同之處置建議，例如業者在接獲澄清醫院之緊急事件通知後，系統可給予維修、旅客訊息告知、加開班次、後車接駁等方案措施之建議；政府單位則有訊息公告(資訊可變標誌、公車站跑馬燈、行動裝置的 APP、網路 web，甚至是新聞媒體等)、協調業者或其他單位等建議；而其他業者則會有繞道行駛、協助接駁等措施建議。前述相關處置或措施建議，僅是系統提供參考，真正之決策仍有賴負責單位或人員進行與執行。

三、系統事件資料記錄

從系統根據設定條件測得相關事件發生之初，即會將事件發生之地點站位、日期時間等資料記錄，後續設定之任何系統自動應變流程同樣也會記錄，如 11 月 1 日上午 9 時 37 分測得有人倒地後，系統就會自動將此時間記錄下來，後續系統通知所有單位並給予哪些建議也皆會有所記錄。而後續之應變過程除透過業者或政府單位自行輸入外，系統也會根據業者或政府等不同對象所採取的不同措施予以記錄。

5.7.4 壅塞預測情境與應用

一、壅塞事件偵測及通知

路況預測系統可針對數日後之路況進行預測，惟系統應於每日發佈隔一日之路況，並依據管理人員所設定之門檻值，例如某區域車多之門檻為 15~34 公

里/小時，壅塞之門檻為 14 公里/小時以下，系統則依此門檻值詳細列出可能發生車多「橘燈」預警及壅塞「紅燈」告警之路段或範圍，此時交控系統應能針對前述預測之路況提出該路段或範圍合適之最佳化號誌時制計畫或其他管控措施，以因應大量車流產生。

二、系統提供處置建議

緊接著，此系統會在相關管理單位之顯示螢幕或介面上立即以彈跳式視窗給予有關單位相關決策建議，但此決策權在於管理單位手上，系統無法直接進行處置，僅是做為決策者參考用。例如當管理單位接獲相關系統建議時，預先排定對應之號誌時制計畫、改道路線或是排定足夠之指揮人力，並且將路況預測資訊透過管理單位所掌握之各種顯示及公告管道，如網路 web、行動裝置 APP 等進行資訊發佈，讓用路人出行前能進行查詢掌握未來可能路況，若是提前掌握壅塞資訊，用路人或許可因此而改變出行計畫或依照建議之改道路徑行駛，避開可能發生壅塞之路段或區域。

三、系統事件資料記錄

在相關事件從符合預警條件的偵測之初，系統即會開始進行後續相關流程或動作發布與執行時間的記錄。如在星期三時系統預測發現兩天後，即星期五 17:30 某些都市地區路段恐會發生車多(15~34 公里/小時)或壅塞(14 公里/小時以下)之情形，除會立即分別發布橘燈預警、紅燈告警通知予管理單位之外，亦會同時記錄橘燈預警及紅燈告警之通知時間與通知之路段、警示內容等資料。後續系統給予什麼樣的建議訊息也會同時進行記錄，例如應採取哪一套時制計畫、應派遣多少指揮人力、指揮人力應派遣之範圍等。在整起事件經妥善處理結束後，系統即可依其辨識與管理單位輸入之結束時間進行記錄，此外，相關管理單位於此事件之處理過程以可透過系統辨識或自己輸入等方式一併記錄於資料庫中，以供未來進行此系統流程之檢討時做為參考。

四、其它情境應用

特殊時段、區域，如連續假期、跨年活動舉辦、百貨周年慶等種種因素所導致之人流異常增加，亦會使車流異常增加，所以除常態性下上班車流所導致之尖峰時段壅塞情形外，在相關大型活動或場館、假期時段之景點等車流會大量聚集流通之地，車流監控預警與事前預防性管理相當重要，如有不慎恐會使衝擊範圍擴大。而本計畫所提出之車流預測及預警系統在修改相關條件與參數之後，除常態性時段之外，亦可做為特殊時段、區域之車流監控預警管理使用。

第六章 緊急救援車輛智慧號控制系統實證實作

智慧交通數位神經中樞系統之功能組成包含即時偵測、資料分析、3D 視覺化模型、模式庫、知識庫。在前期計畫「智慧交通數位神經中樞系統」之規劃過程中，經由各縣市交通治理痛點蒐集發現如何提升緊急救援車輛之運行效率乃目前國內外均重視之課題，並經由國內外案例蒐集與探討，瞭解優先車輛通行發展狀況以及符合國際標準之運作方式，以期能在符合國際標準前提下，規劃出符合實務單位所需之運作模式。亦即發展本計畫不同情境之緊急救援車輛優先通行號誌控制邏輯做為智慧交通數位神經中樞系統中之模式庫，透過即時偵測掌握現場交通車流狀態及號誌狀態，輔助下達緊急救援車輛優先通行號誌控制策略。本章將歸納緊急救援車輛優先通行案例之相關技術及計畫執行過程中與臺中市消防局及交通局訪談結果，歸納相關課題，做為場域實作之參考，後續綜合前述案例及本次計畫實測結果，歸納緊急救援車輛優先通行技術參考手冊以做為未來其他單位建置參考應用。

6.1 國內外案例探討

6.1.1 國內緊急車輛優先通行服務案例

一、高雄市緊急救援車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫

(一) 實施場域概述

該計畫實施緊急救援車輛優先號誌共包含四處路口：鳳頂路/保生路、鳳頂路/過埤路、鳳頂路/頂庄路及鳳頂路/過雄街，其中鳳頂路/保生路之緊急優先為現場 IPC 控制，其餘三處路口則由中心控制，如圖 6.1.1 所示。



圖 6.1.1 高雄市緊急車輛優先通行計畫範圍

(二) 計畫說明

1.優先號誌執行階段

在緊急救援車輛優先通行之各應用情境，緊急救援車輛車上 OBU 利用 C-V2X 技術定期廣播車輛資訊，而在路口的 RSU Controller 端也會定期接收範圍內的廣播訊號，如圖 6.1.2 所示。當緊急救援車輛接近路口時，系統將會分別經歷以下階段：

(1) 確認優先號誌階段：路側設備 RSU 會先接收到來自緊急救援車輛 OBU 廣播封包，路側設備 RSU 藉由廣播資訊判斷緊急救援車輛是否處於執勤狀態且即將通過路口，再將資訊提供給 IPC 後再執行後續階段。

(2) 切換優先號誌階段：路側 IPC 設備依緊急救援車輛所在位置、路口號誌所在的時相、秒數，確認優先號誌執行策略後，確保路口有足夠清道時間，將號誌的控制模式進行切換，同時將緊急救援車輛接近路口訊息顯示於 CMS。

(3) 執行優先號誌階段：由路側 IPC 進行路口號誌的即時控制，以執行緊急救援車輛的優先號誌，確保緊急救援車輛能優先通行。

(4) 緊急救援車輛離開階段：當 IPC 判斷緊急救援車輛已經離開路口時，IPC 會將號誌狀態由優先號誌截斷後，回復為原先的號誌控制方式，並由號誌控制器依其上下游路口連鎖方式，進行預設的號誌補償。

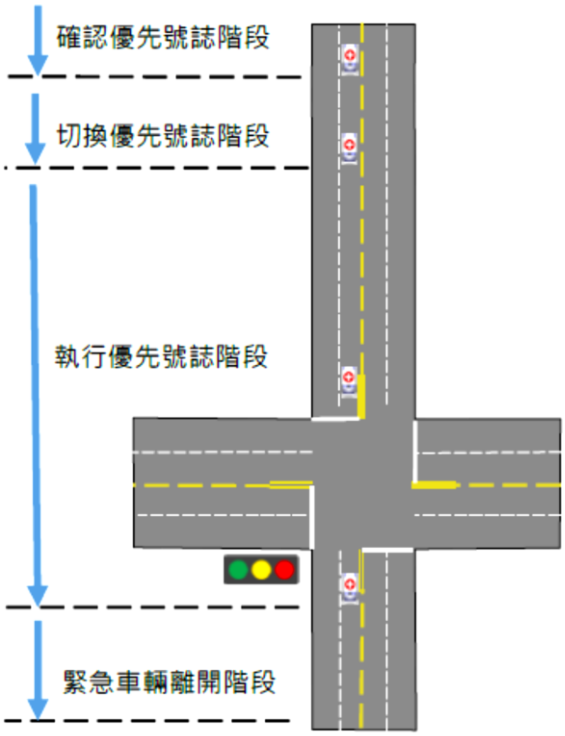


圖 6.1.2 緊急救援車輛優先號誌由接近路口至離開路口階段

2.控制策略

該計畫緊急優先號誌控制策略包括綠燈延長、紅燈截斷、插入綠燈等策略，策略內容說明於後：

(1) 綠燈延長(Green Extension)

若緊急救援車輛於綠燈時相結束前接近路口時，延長緊急救援車輛行進方向之綠燈時間，使其得以順利通過路口，而綠燈延長時間應須確保緊急救援車輛得以安全順利通過路口。

(2) 紅燈截斷(Red Truncation)

緊急救援車輛於行進方向為紅燈時，系統將會把其他分相的綠燈時間縮為最小綠執行，以最短時間讓緊急救援車輛方向之時相轉為綠燈，減少緊急救援車輛停等的時間。

(3) 插入綠燈(Red Interruption)

當緊急救援車輛到達時為紅燈，控制系統於現有紅燈時間插入一小段綠燈時間，以確保緊急救援車輛能順利通過路口。

3.系統架構

該計畫之緊急救援車輛優先號誌系統主要係由緊急救援車輛、路側端、智運中心、消防隊所設置之軟硬體所構成，緊急救援車輛優先號誌整

體系統架構如圖 6.1.3，說明如後。

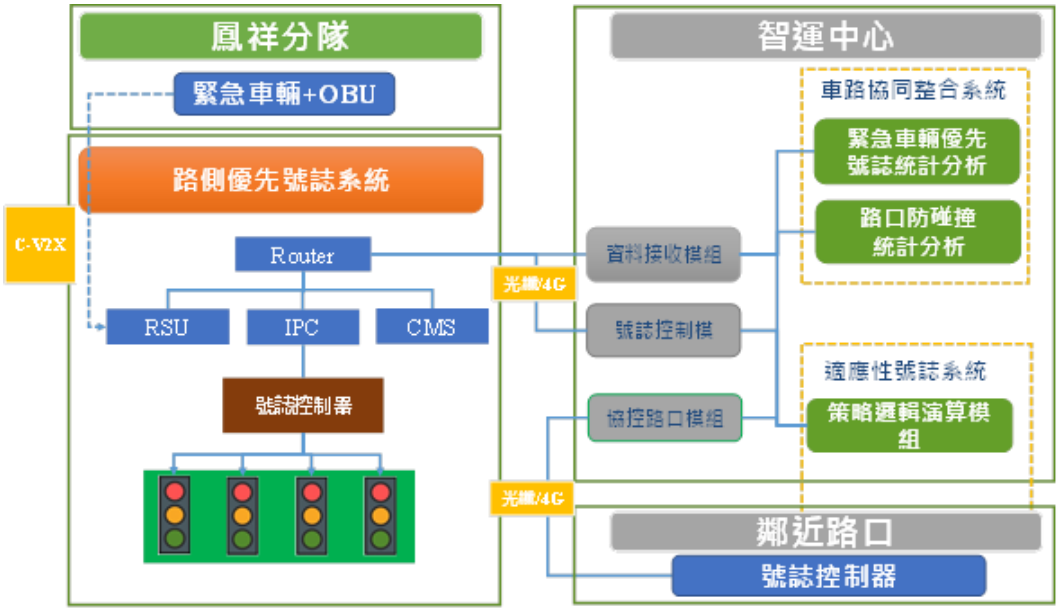


圖 6.1.3 高雄市緊急救援車輛優先號誌系統架構圖

(1) 緊急救援車輛

於消防局鳳祥分隊之緊急救援車輛上安裝 OBU。

(2) 路側端

該計畫之路側設備規劃為封閉獨立運行的運作方式，所有設備透過區域網路連線互通資料，與中心連線則採用 GSN VPN 網路。各設備的功能概述如下：

- IPC：負責整合緊急救援車輛的觸發資訊、當前號誌資訊、適應性系統指令等資訊蒐集後，結合當前路口號誌時制計畫、最短綠、最長綠等相關參數後，依緊急優先號誌控制邏輯，進行預測及決策運算後，下達優先號誌指令至號誌控制器，並於 CMS 顯示號誌提示訊息。最後並將優先號誌執行結果回傳至中心系統。
- 號誌控制器：該計畫之號誌控器除需滿足高雄市現有號誌控制器功能規範外，並與交控中心利用有線或無線方式連線，在路側端需結合緊急優先號誌運算功能與運算結果，即時調整與變更現場步階時比。號誌控制器需具備都市交通控制通訊協定 3.0 功能，除須符合基本交通控制功能(Basic)外，也需包含以下選擇性交通控制功能(Option)與進階交通控制功能(Advance)之部分功能，包括：
  - 設定控制策略 5FH + 10 H 指令
  - 查詢目前控制策略 5F H + 40 H

- 回報目前控制策略 5F H + C0 H
- 主動回報目前控制策略 5F H + 00 H
- 時相步階的即時控制 5F H + 1C H
- 特勤路線控制(VIP)參數管理 5F H + 1E H
- 回傳步階轉換資訊 5F H+ 03 H

- RSU：用於取得緊急救援車輛上 OBU 廣播之 GPS 位置、速度等資訊，並將資訊傳送至 IPC 運算。
- CMS：在緊急救援車輛通過路口時顯示緊急救援車輛接近的告警訊息，以通知其他方向的路口車輛或行人。

(3) 通訊傳輸系統

緊急救援車輛上 OBU 與路側 RSU 是透過 C-V2X 車載通訊，採用符合 C-V2X R14 PC5 標準和 IEEE 1609 系列通訊協定，其中優先號誌請求採用車載應用標準訊息 SAE J2735 BSM(Basic Safety Message)、SRM(Signal Request Message)、SSM(Signal Status Message)；號誌秒數方面採用 SPAT(Signal Phase and Timing)、MAP(Map Message)編解碼傳送相關資訊。

路側設備包含VD車輛偵測器所蒐集資訊透過無線AP方式與RSU連線，RSU 與 IPC 亦透過無線 AP 方式連線，RSU 與 OBU 回傳中心資訊則是透過 4G(VPN)方式。

(4) 中心系統

該計畫中心系統考量優先號誌系統與既有適應性號誌系統並行運作，以確保緊急救援車輛通行安全及路口紓解效率，因此系統功能分為兩部分，說明如下。第一部分為車路協同整合系統之緊急救援車輛優先號誌系統功能整合與提升，主要係整合 106 年、107 年針對輕軌一階段通車路口(前鎮區凱旋四路/中山三路、凱旋四路/鎮興路、凱旋四路/前鎮街及凱旋四路/班超路)所建之車路協同整合系統成果，設計緊急救援車輛優先號誌系統，採用模組化方式開發，功能包括路口號誌資訊接收、緊急優先執行結果。第二部分為適應性號誌系統與緊急救援車輛號誌優先系統功能整合，針對鳳頂路/過埤路口之緊急優先號誌控制部分，除了既有適應性號誌功能外，需能接受緊急救援車輛號誌優先系統通知後暫停執行適應性號誌系統，並在緊急救援車輛通過路口解除優先號誌控制後，自動恢復適應性號誌系統執行。該計畫之緊急救援車輛優

先通行，除鳳頂路/過埤路口(適應性號誌)外，同時考量周邊鳳頂路/頂庄路口及鳳頂路/過雄街口等 2 處路口(定時運作)。其優先時相運作分為四步驟，如圖 6.1.4 所示，說明如後。



圖 6.1.4 優先時相運作判斷步驟說明圖

- 緊急救援車輛通行方位判斷：當系統收到初始緊急救援車輛訊號時，首先判斷緊急救援車輛之註冊路口通行方位資訊，當通行方位符合計畫情境設計時(南往北或北往南)，方進行後續判斷步驟。
- 預計抵達路口時間評估：當緊急救援車輛通行方位確認後，每秒接收預計抵達路口時間，由於緊急救援車輛訊號傳達範圍較廣，因此當達到預設抵達路口範圍低於 40 秒時(試運轉時加入車輛與路口距離之判斷)，開始進行時相時制秒數評估，決定現行時相將採取何種策略進行號誌控制。
- 控制路口優先時相策略下載：無論訊號位於南端或北端，緊急救援車輛有優先通行權，短時間內能到達控制路口，因此即刻針對三處路口進行優先策略動作，同時考量現況控制路口執行之分相與步階秒數，決定下載控制為延長、縮短、插入等指令。
- 控制路口優先時相策略結束：當系統判斷車輛駛離控制路口後，即針對控制路口下載結束控制指令，鳳頂/過埤路口恢復為適應性控制，鳳頂/頂庄及鳳頂/過雄路口恢復為定時運作。

中心端包含適應性與既有交控軟體，適應性交控軟體主要以模組化進行區分，共分為資料接收模組、策略邏輯演算模組、號誌控制模組與使用者監控畫面，如圖 6.1.5 所示，該計畫配合緊急救援車輛優先運作，於現場 RSU 設備傳送緊急救援車輛資訊至適應性資料接收模組，

策略邏輯演算模組將配合調整時制內容，並下載於現場控制器進行時制秒數調整，同時將特勤控制之時制內容回傳至現場 RSU，提供緊急救援車輛車機顯示優先時制內容。

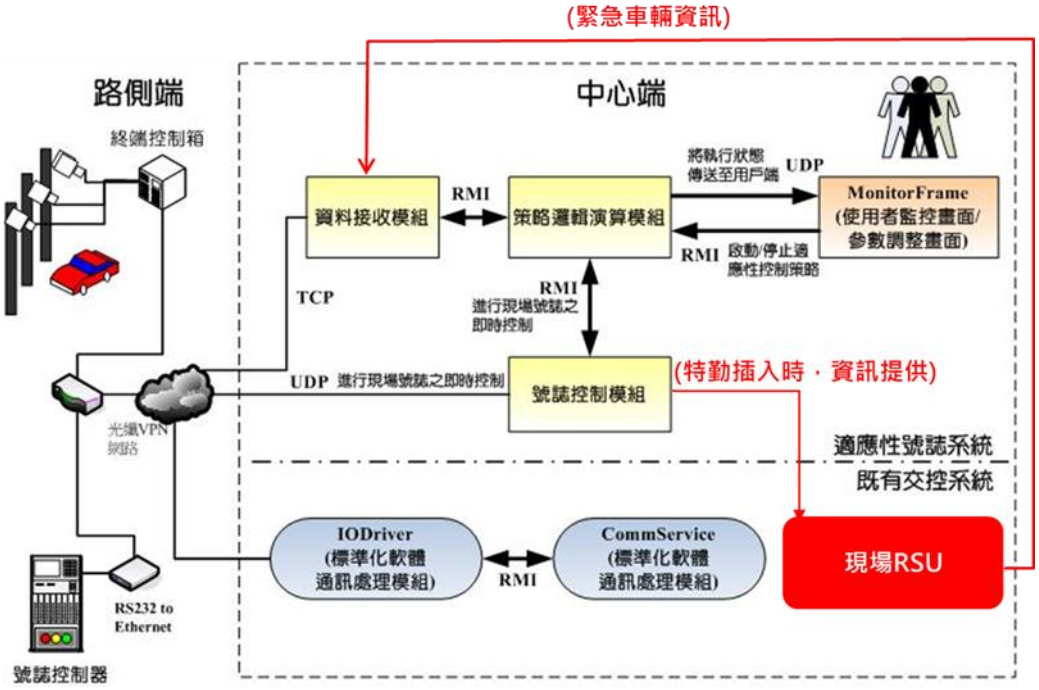


圖 6.1.5 適應性號誌控制系統架構擴充示意圖

(三) 計畫效益

1.系統績效指標

績效評估方式直接蒐集路側設備之車輛 OBU 紀錄資料，針對緊急救援車輛通過路側設施之路口時間，換算通過鳳頂路/保生路口、鳳頂路/過埤路口、鳳頂路/頂庄路口、鳳頂路/過雄街之平均旅行時間及路口停等次數等績效，績效指標包括：

(1) 測試路徑行駛時間：衡量啟動優先號誌運作後，所節省之緊急救援車輛旅行時間秒數。

(2) 接近或停等路口燈號：比較優先號誌之不啟動狀態與啟動狀態下，緊急救援車輛在停等或接近路口時是否為綠燈或是需要停等紅燈後才變換為綠燈，以瞭解系統是否提供緊急救援車輛較為順暢之駕駛經驗。

(3) 路口停等次數：比較優先號誌不啟動狀態與啟動狀態下，緊急救援車輛在該路段的停等次數。

2.系統績效分析

各績效指標分析成果說明如下：

(1) 測試路徑行駛時間

針對緊急救援車輛通過各路口的時間，蒐集車輛 OBU 所儲存的 GPS 紀錄，整理計算由鳳祥分隊出發後，經過鳳頂路/保生路口、鳳頂路/過埤路口、鳳頂路/頂庄路口及鳳頂路/過雄街口的行駛時間，該路徑事前旅行時間平均 109.4 秒，在啟動緊急救援車輛優先通行號誌後，事後旅行時間平均 79.3 秒，完整路段約節省 30.1 秒。

(2) 接近或停等路口燈號

鳳祥/保生路口因與鳳祥分隊距離較近，故易發生南北方向的綠燈(分相 1)在最短綠燈時間內，而緊急救援車輛已經從鳳祥分隊出勤達路口，造成無法順利插入東往西方向的綠燈，緊急救援車輛在接近或停等路口時綠燈的比率達到 66.67%。

鳳頂路/過埤路因可較早進行優先號誌的執行，因此緊急救援車輛在接近或停等路口時綠燈的比率達到 80%，僅有 2 次因分相 1(無法執行插入綠燈時相)及分相最短綠限制，而使得緊急救援車輛遇到紅燈。鳳頂路/頂庄路只有 1 次遇到分相最短綠，緊急救援車輛在接近或停等路口時綠燈的比率達到 88.9%、鳳頂路/過雄街緊急救援車輛在接近或停等路口時綠燈的比率達到 100%。

(3) 路口停等次數

參考所蒐集之路口停等次數資料，發現緊急救援車輛在出勤時，當遇到需通過的路口行進方向為紅燈時，也會採取鳴笛後強制通過路口，蒐集之事前事後資料緊急救援車輛路口軌跡，皆沒有路口停等的情形。

二、桃園市緊急救援車輛優先號誌案例

(一) 實施場域概述

桃園市於「桃園縣 95 年度 E 化交通智慧交控系統計畫」測試優先號誌之連鎖控制，該計畫選擇 20 部消防局所屬之救護車輛裝設紅外線發射器，於敏盛醫院主要動線上(如大興西路、經國路等)之 10 處路口裝設紅外線接收器接收訊號並確認後將號誌轉為綠燈，以疏解前方車輛而使得救援車輛得以快速抵達勤務現場，並防止車禍發生。但後續考量因紅外線觸發路口距離不穩定，可能危及路口行人通行安全等問題而於試辦後未能推廣應用。104 年度辦理之救護車優先號誌共計 4 處交通號誌路口，包括敏盛醫院(經國院區)周邊主要瓶頸路口之南平路陸橋西側南平路/經國路口、大興西路陸橋西

側大興西路/經國路口；聖保祿醫院周邊主要瓶頸路口之民族陸橋南側建國路/介壽路口、桃鶯陸橋南側桃鶯路/大林路口(參見圖 6.1.6)。

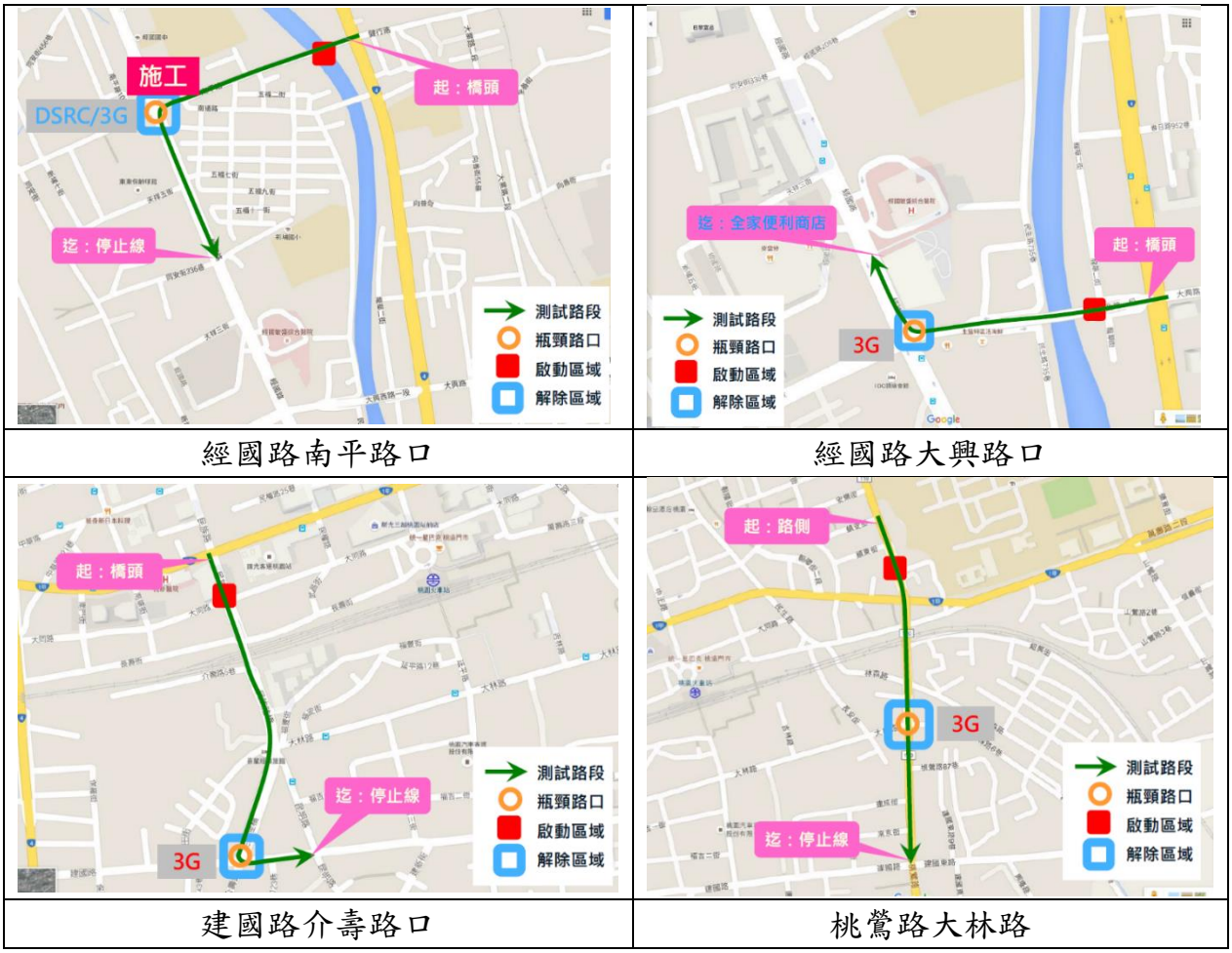


圖 6.1.6 試辦場域：聖保祿醫院、敏盛醫院(經國院區)進入動線示意圖

(二) 計畫說明

1.系統基本架構

該計畫利用 GPS 技術觸發優先號誌，並實測二種不同通訊架構，包括 3G 通訊方案及 DSRC 通訊方案架構，如圖 6.1.7。

2.系統控制邏輯

系統蒐集救護車(測試車)座標資訊，如救護車有在觸動區域，系統將會判斷目前分項是否為救護車可通行方向，若為救護車通行方向，判斷秒數是否可讓救護車通過，若不足以讓救護車通過，則增加該分相之綠燈秒數，確保救護車可順利通過路口。

(三) 計畫效益

南平路經國路口為四處路口中，唯一有測試 DSRC 通訊之路口，故在優先號誌不啟動與啟動的狀態，加上五種不同時段，合計共 15 種測試情境。

南平路經國路口無論平假日或尖離峰，DSRC 模式下之平均旅行時間皆短於同時段 3G 模式，3G 模式下之平均旅行時間則明顯短於同時段無優先號誌模式。此外，DSRC 模式下，平日尖峰之平均旅行時間僅約同時段無優先號誌模式平均旅行時間的一半，節省時間效果明顯。

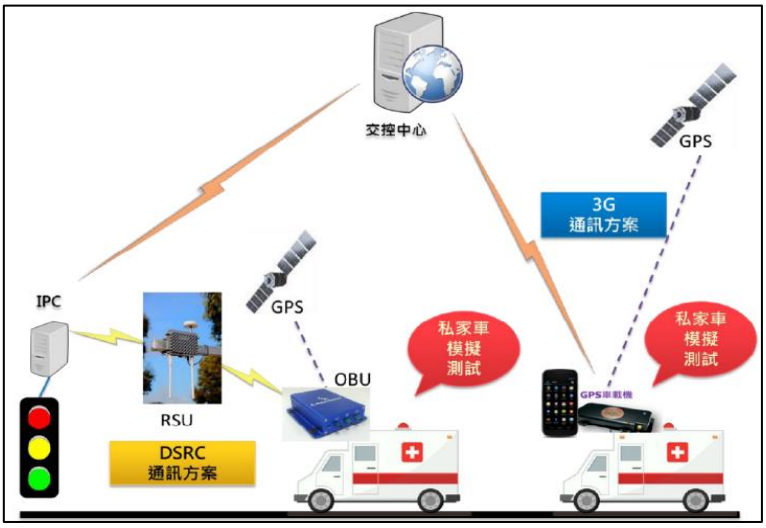


圖 6.1.7 救護車優先號誌系統架構

三、宜蘭市緊急救援車輛優先號誌案例

宜蘭市緊急救援車輛優先系統(99~101 年度)主要由可回報位置之 GPS 車機、中心控制軟體與現場號誌控制器建構而成。透過緊急救援車輛之 GPS 回報其座標、推估救護車規劃之行駛動線，配合號誌時制變換，紓解路線上之停滯車輛，使救護車輛減少停等延滯、降低救護車行駛時間。

(一) 實施場域概述

選定羅東聖母醫院及博愛醫院為建置地點，如圖 6.1.8，羅東聖母醫院及博愛醫院乃宜蘭縣內最具規模之醫院，除負擔宜蘭當地醫療服務外，另也為國道 5 號宜蘭地區路段發生重大意外時之主要第一線醫院。

(二) 計畫說明

1.系統基本架構

此系統主要以「進入醫院」之救護車輛為標的，針對羅東聖母醫院週邊 7 處路口進行「方向性控制」，並依據週邊道路特性，事先設計數條進入醫院之「救護通道」。當救護車執行救援時，透過救護車上的 GPS 收發設備發出訊號，啟動誘導救護車進入醫院之「救護通道」。

2.系統控制邏輯

該計畫系統具備多救護車之通道排序機制，當兩部以上救護車進入

不同之「救護通道」、且其方向性發生衝突時，系統將排序兩救護車之先後進入順序，透過救護車上之 GPS 收發設備或消防無線電通報各車輛之順序，藉此提醒優先次序較低之救護車輛先行降低速度。此舉不僅可減少救護車輛抵達路口之加、減速行為，確保傷病患與救護人員之安全，也保留依據救護傷患急迫性進行排序之機制，進一步提升救護系統之效率，降低緊急傷患之死亡率與後遺症；系統運作流程如圖 6.1.9。

(三) 計畫效益

本計畫劃設三條緊急救援之「救護通道」，若救護車裝設有緊急救援系統之車機，且於運送病患途中行經「救護通道」，並有啟動緊急救援，則本系統會透過特勤控制設定，將「救護通道」沿線之號誌優先給與綠燈 120 秒，將可使救護車能更快速、更順暢、更安全的抵達醫院。實測績效如表 6.1-1，啟動緊急救援系統可減少平均 106~232 秒之行駛時間，約為原行駛時間之 22~33%。

惟同時也造成市區嚴重壅塞，另救護人員須多做一動作以啟動車載設備裝置，對於救護人員而言較不便利，如能與既有車上端設備結合(例如與蜂鳴器整合)，則可減輕操作人員負擔。



圖 6.1.8 緊急救援管理系統之施行範圍

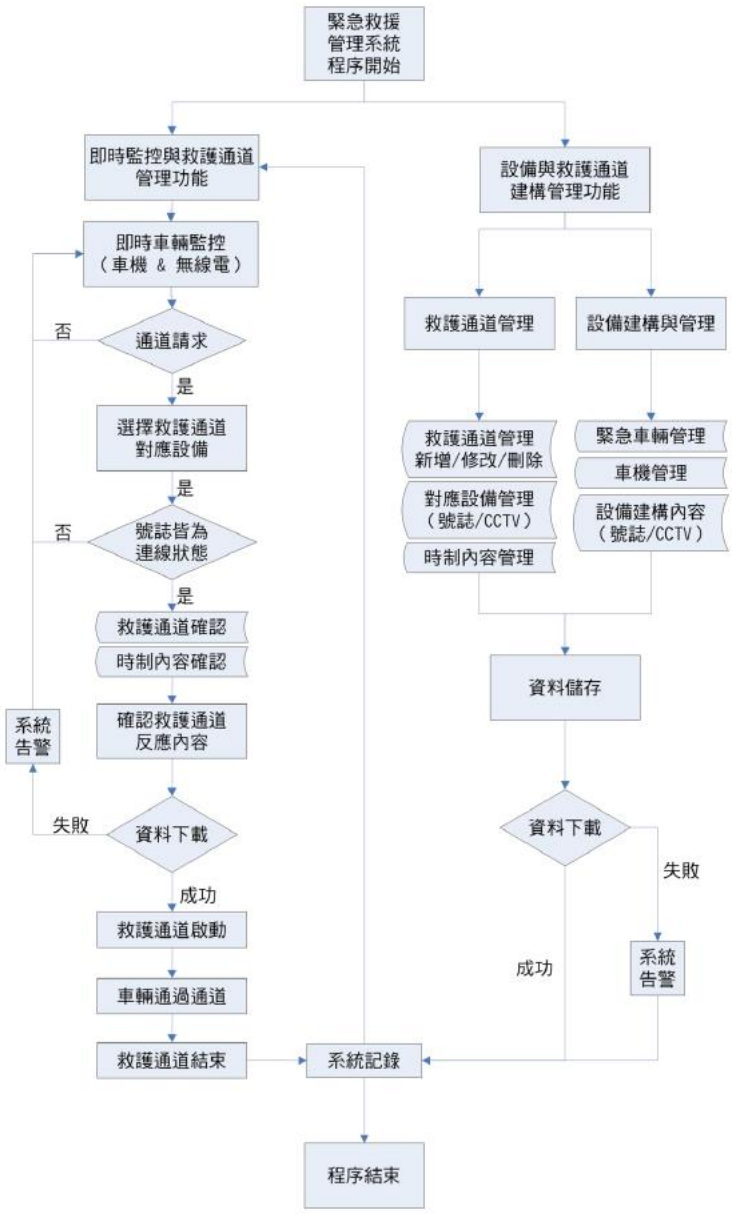


圖 6.1.9 緊急救援管理系統之運作流程圖

表 6.1-1 實測績效評估表

方向	路線範圍	平均行駛時間	
		沒有啟動緊急救援	啟動緊急救援
南向	中正北路往南行駛到南昌街後，左轉至醫院	297 秒	232 秒 減少秒數：65 秒 減少百分比：21.89%
東向	南門路往東直行至醫院	137 秒	106 秒 減少秒數：31 秒 減少百分比：22.63%
北向	冬山路往北行駛到南昌路後，右轉至醫院	165 秒	110 秒 減少秒數：55 秒 減少百分比：33.33%

四、內政部消防車輛行車安全管控計畫(消防一路通)

該計畫係由內政部消防署規劃辦理，目前尚在測試階段，其階段成果摘述如下：

(一) 實施場域概述

以高雄市為實測場域範圍，於中華五路-正勤路至四維四路-成功一路等12 個路口，及康定路-康定路 121 巷、鎮中路-康定路、康定路-同安路與鎮中路-樹人路等 4 個路口，共計 16 處路口。

(二) 計畫說明

1.系統基本架構

該計畫規劃由 119 派遣系統接獲報案後，同時發送案件資訊、GPS 資訊及導航路徑(至事故現場的路徑)等資料至消防分隊之平板與一路通平台，一路通平台在整個出勤流程中都會同時記錄 119 派遣系統之 GPS 資訊及安裝在驗證車輛的車機之 GPS 資訊。出勤人員於出車時按下 119 派遣系統平板的「出勤」按鍵後，於 119 派遣系統記錄出勤時間。

出勤車輛抵達事故現場後，按下 119 派遣系統平板的「到達現場」按鍵，記錄到達現場時間，一路通平台此時會依據 GPS 資訊判斷此案件是否落在電子圍籬中、是否為驗證一路通的候選案件。

由出勤人員確認傷病患後送之醫院，如確認送往阮綜合醫院，出勤人員於平板選擇阮綜合醫院後，按下「離開現場」按鍵，記錄離開現場時間，一路通就會透過 119 派遣系統於平板呈現至阮綜合醫院之試辦路線。此時一路通平台會開始根據 GPS 靠近之虛擬觸發區間、演算法、號誌狀態(資料來源：交控中心)及發送控制指令給交控中心平台，再經由中心平台透過 5G 訊號來對試辦路口之號誌做控制。

驗證車輛到達阮綜合醫院後，出勤人員按下「送達醫院」按鍵，記錄抵達醫院時間，一路通平台就會結束記錄 GPS 資訊，整個流程結束即完成一筆驗證案件。

2.系統運作邏輯

(1) 位於電子圍籬內的不同區域之案件觸發

只要案件坐標落在此電子圍籬範圍內，一路通平台就會判斷為驗證一路通的候選案件。判斷為一路通的候選案件後，接著一路通平台會

進一步判斷出勤車輛位在哪一分區的哪一條路上(設定一該區的虛擬觸發區間)，以及經由 GoogleMap API 提供案發地點到試辦路線最短距離的路口、號誌狀態(資料來源：交控中心)，進而評估開啟廊道綠燈優先號誌控制。

(2) 由前鎮分隊的案件觸發

前鎮分隊的案件主要研究如何控制號誌讓消防車輛方便出車，在分隊門口就有 1 個路口，但是第 2 個路口距離第 1 個路口皆不超過 200 公尺，如出勤車輛以時速 50-60 公里行駛，約 12 至 15 秒即能通過 2 個路口。因此該計畫規劃案件觸發從消防一路通平台接到 119 救災救護指揮派遣系統的屬前鎮分隊的案件資料，一路通平台會通知前鎮分隊的四台消防車輛待命，因為消防車輛出車要在 80 秒內出車，救護案件出車一般為 2 人，動作會比較快，會在 60 秒完成出車，若為救護案件，會設定在第 20 秒時下達指令，若為救災案件，會設定在第 40 秒時下達指令，讓第 80 秒時前鎮分隊外的第一個紅綠燈變為全紅狀態，當其中一台消防車輛移動時，會進行下一個路口紅綠燈的控制，透過車輛移動的方向，進行時制的調整。

3.控制策略邏輯：

優先時制控制策略皆為延長綠燈、截斷紅燈；考慮道路的行人穿越之最短綠燈時間(簡稱行人最小綠)，做為截斷紅燈時間的依據；觸發一路通後須有 40 秒的指令傳送時間；號誌補償機制交由號誌控制器本身的設定自動執行。預估車輛抵達路口為綠燈或紅燈，可分成 4 種情境：

(1) 情境一：在原時制下，預估消防車輛到達路口時，綠燈剩餘 20 秒以上，故不予調整該路口時制。

(2) 情境二：在原時制下，預估消防車輛到達路口時，綠燈剩餘不足 20 秒，則延長綠燈 10 秒。

(3) 情境三：在原時制下，預估消防車輛到達路口時，紅燈剩餘超過 20 秒，則延長綠燈最多至 40 秒

(4) 情境四：在原時制下，預估消防車輛到達路口時，紅燈剩餘 20 秒以下，則截斷紅燈最多至 20 秒。

五、臺南市整合型公車優先號誌計畫

臺南市現況無公車專用道，因此公車運行常因路口號誌停等，而到站時間

較隨機無法有效提升運輸服務可靠度。另一方面，由於救護車出勤分秒必爭，穿越路口時仍需觀察號誌減速通過，以避免發生交通事故及因車流狀況延誤送醫時機。因此，臺南市政府交通局自 109 年起委託中華電信執行「109 年臺南市整合型公車優先號誌計畫」，與成功大學攜手合作打造公車與緊急車輛優先號誌控制系統，利用車路聯網技術，提升公車運行效率與減少救護車交通事故發生，並於 110 年 8 月 1 日開始進行系統及車輛運行測試。

(一) 實施場域概述

該計畫針對臺南市內 70 路公車路線的 21 個號誌化路口為系統運行示範，計畫範圍路口及站牌如表 6.1-2 及資料來源：臺南市政府交通局

圖 6.1.10 所示，總長 3.64 公里，共橫跨 8 個站牌。共 9 輛 70 路電動公車及 10 輛救護車，具備觸動智慧優先號誌的功能。

表 6.1-2 臺南市整合型公車優先號誌計畫範圍路口與站牌

路口	站牌
• 永康區中華路(甲頂路至中山南路) • 中山南路(中華路口以西至開元路) • 北區開元路(林森路以東) • 林森路(開元路至小東路)	奇美醫院、大橋站、臺南高工站、南工宿舍站、崑山中學站、開元站、重興里站、東興里站(近成大醫院)



資料來源：臺南市政府交通局

圖 6.1.10 臺南市整合型公車優先號誌計畫範圍

(二) 計畫說明

於沿線實施緊急車輛優先與公車優先通行系統，整合路口號誌、路側端

設備、車側端與雲端平台系統，透過 4G 模組與 DSRC(專用短程通信技術)進行優先通行演算。

1.路段選擇原則：(1)公車乘載率高；(2)鄰近重要醫療院所

2.運用技術：(1)車連網通訊設備；(2)雲端平台監控

3.執行策略：(1)綠燈延長；(2)紅燈切斷

4.緊急車輛優先通行控制邏輯：

(1) 確保救護車與其他橫向車輛不會產生衝突

(2) 即時追蹤救護車位置，自動調控號誌



資料來源：臺南市政府交通局

圖 6.1.11 緊急車輛優先通行畫面

5.公車優先通行控制邏輯：

(1) 追蹤公車位置、預測公車抵達路口時間，自動調控號誌。

(2) 在最小交通衝擊目標下，達成公車優先通行。



資料來源：臺南市政府交通局

圖 6.1.12 公車優先通行畫面

6.優先號誌觸動之衝擊：對向道路紅燈秒數增加、號誌短暫不連鎖

7.因應對策

(1) 對向道路補回綠燈秒數

(2) 號誌 2 週期內恢復連鎖

(3) 透過智慧交通中心監控車流，來調整時制及優先號誌權重

(三) 計畫效益

於 110 年 8 月 1 日開始進行系統及車輛運行測試，歷經 2 個多月的運行與績效蒐集，公車旅行時間下降 13%(貨幣化效益為 258 萬元/年)，預估每年減少約 42,940 公斤的二氧化碳排放量；救護車優先通行則可提升 51.6%的綠燈通過機率，提升 37 秒的平均救援時間，對於心搏停止患者可增加生存機率，同時降低車禍事故發生機率。

六、新北市竹圍路 119 救護車智慧雲端動態救護系統連動

新北淡水往馬偕醫院僅有台 2 乙道路，尖峰時段大量車流導致救護車出勤時常卡在車陣中，甚至在通過路口時遭到追撞，為了提高救援速度，新北市交通局辦理智慧雲端動態救護系統，先行開啟塞車路段的綠燈，避免塞車阻礙救護車通行。

(一) 實施場域概述

實施範圍為淡水竹圍路廊(竹圍國小前至淡水馬偕醫院)。

(二) 計畫說明

110 年新北市交通局於淡水竹圍路廊設置 6 組智慧型監視器、4 組 eTag 等偵測設備多元資訊整合平台，並與 119 救護車智慧雲端動態救護系統連動，導入動態號誌控制。

1.控制策略：(1)綠燈延長；(2)紅燈切斷

2.控制邏輯：

當偵測到救護車欲通過路口時，若下個路口判斷綠燈不足 60 秒，則觸動綠燈延長。若偵測到救護車訊號時，下個路口原為紅燈，則提前轉變為綠燈，同時透過該路段之 eTag 等設備計算救護車旅行時間，搭配智慧號誌改善停等延滯。

(三) 計畫效益

110 年 3 月實施至 8 月，停等延滯改善 15-27%，即減少停等約 10-24

秒。交通局後續將於淡水區民權路、中正東路，以及八里區龍米路、五股區成泰路納入多元資訊整合平台，掌握交通敏感路段的車流特性和即時交通狀況，並擴大建置與 119 救護車智慧雲端動態救護系統連動。

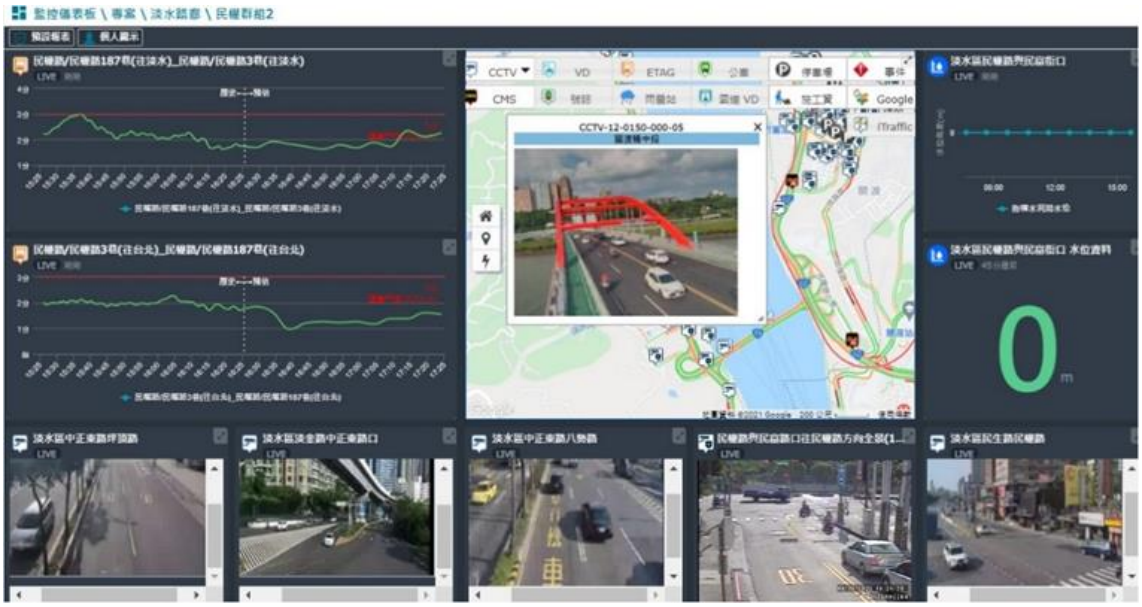


圖 6.1.13 竹圍路郎資訊整合平台畫面(1)

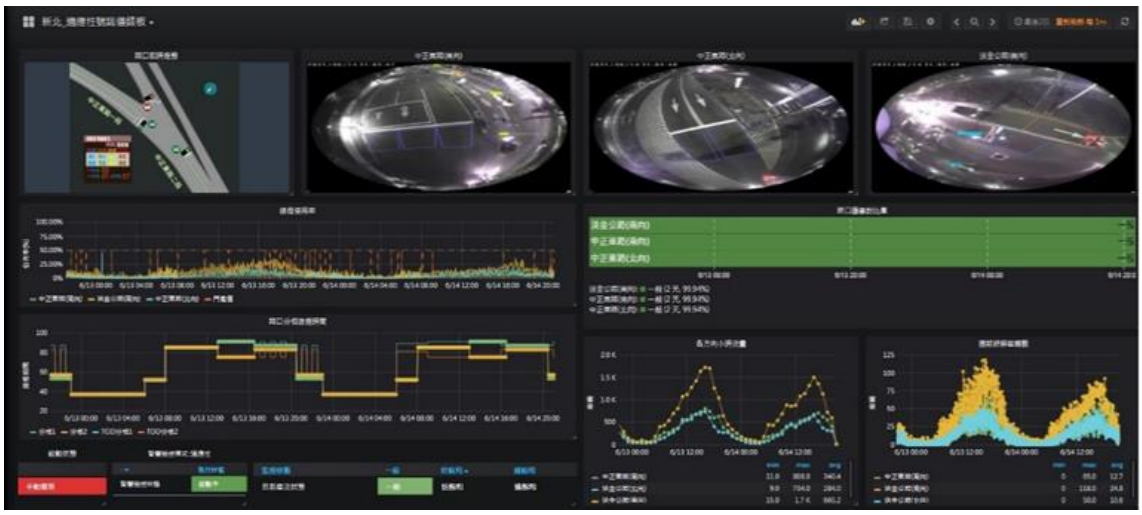


圖 6.1.14 竹圍路郎資訊整合平台畫面(2)

6.1.2 國外緊急車輛優先通行服務案例

一、美國

美國聯邦公路管理局的研究，緊急優先號誌可將緊急車輛車禍發生率降低 70%，並將反應時間縮短 25%。根據消防局 2017 年的報告，2016 年車禍是造成消防人員致命傷害的第二大原因，緊急優先號誌的裝設至關重要。當前主要應用於緊急車輛優先號誌系統，該技術可協助勤務中之消防車、救護車、大眾

運輸等特定車種在路口轉換行進方向時，透過要求更改交通號誌的操作擁有綠燈的優先權，以避免緊急剎車或闖紅燈被後方車輛追撞的風險，達到快速通過、節省時間的優點。

緊急車輛優先號誌原先運作方式是在車輛即將到達路口時，透過車上裝的紅外線發射器傳送資訊編碼至路口處安裝的訊號接受器中，並利用紅外線偵測器確認訊號之真實性，進而判斷是否啟動車輛優先通行之服務，近年來除使用紅外線技術外，微波、GPS、無線通訊、車載機(OBU)等技術亦逐漸普及應用，Maricopa Association of Governments (MAG)整理所轄區域各代緊急車輛優先號誌系統的架構演進(Emergency Vehicle Preemption State of the Practice Study, 2018)參見圖 6.1.15~圖 6.1.17。

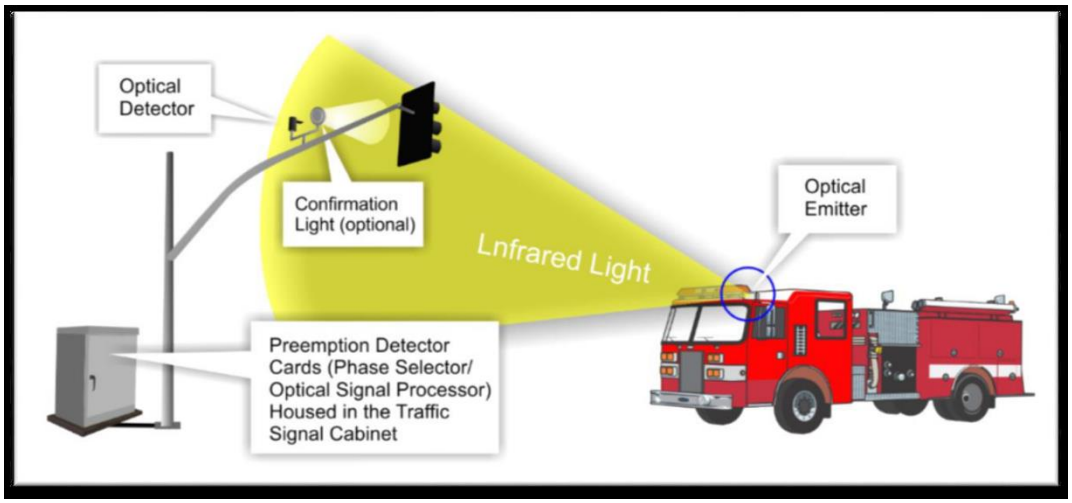


圖 6.1.15 光學式優先號誌系統

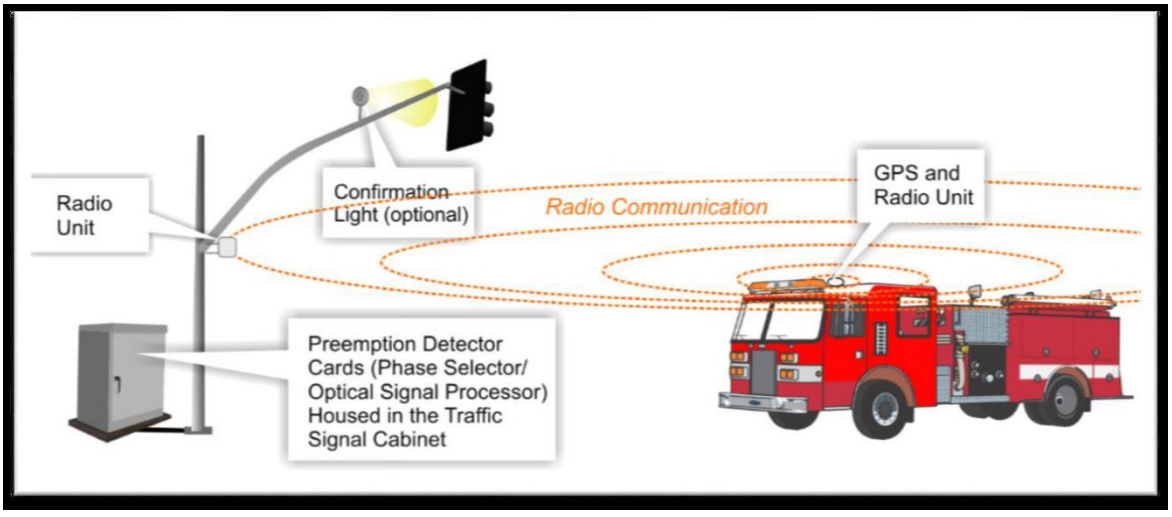


圖 6.1.16 微波/GPS 式優先號誌系統

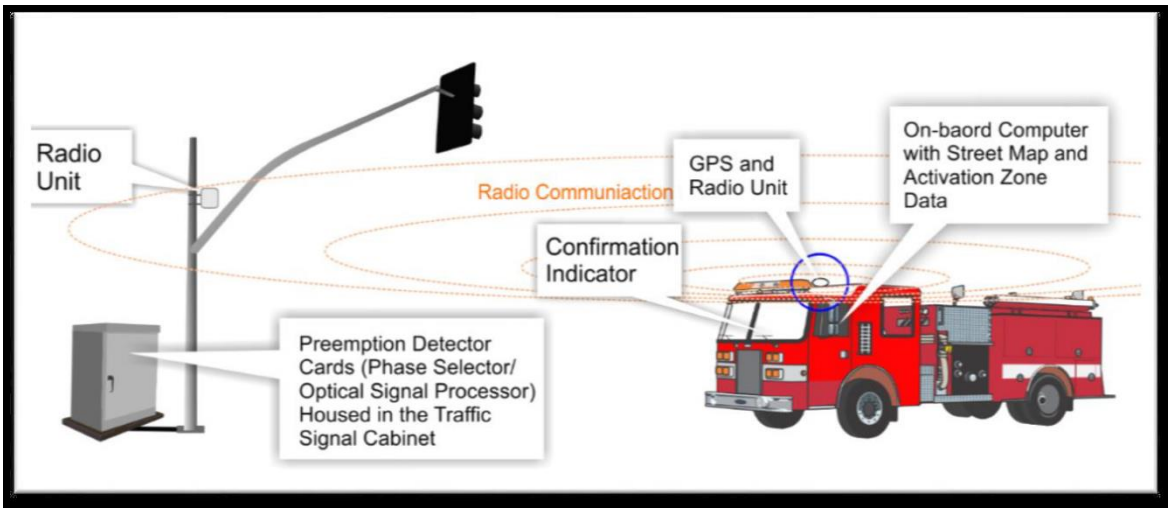


圖 6.1.17 結合 OBU/GPS 等技術優先號誌系統

(一) 美國 Franklin 消防單位緊急優先號誌系統

當警察或消防部隊需進行緊急情況處理時，便會啟動系統，安裝在車輛上的「發射器」會將無線電訊號發送到安裝在路口偵測器，藉以識別行駛方向，並在接近路口時控制號誌。緊急車輛獲得綠燈，而對向的號誌燈將先變黃燈，然後轉變為紅燈，以提供更快的事件處理反應時間和更安全的穿越。

(二) Opticom 優先號誌系統

Opticom 優先號誌系統於 1968 年問世，經多年來的使用與開發後，GTT 公司這套優先號誌系統已安裝在 2500 個城市，而其產品從第一代的紅外線、第二代的 GPS，及第三代目前則朝向提供複合光學、GPS 發展的緊急優先號誌服務，其運作方式參看圖 6.1.18。

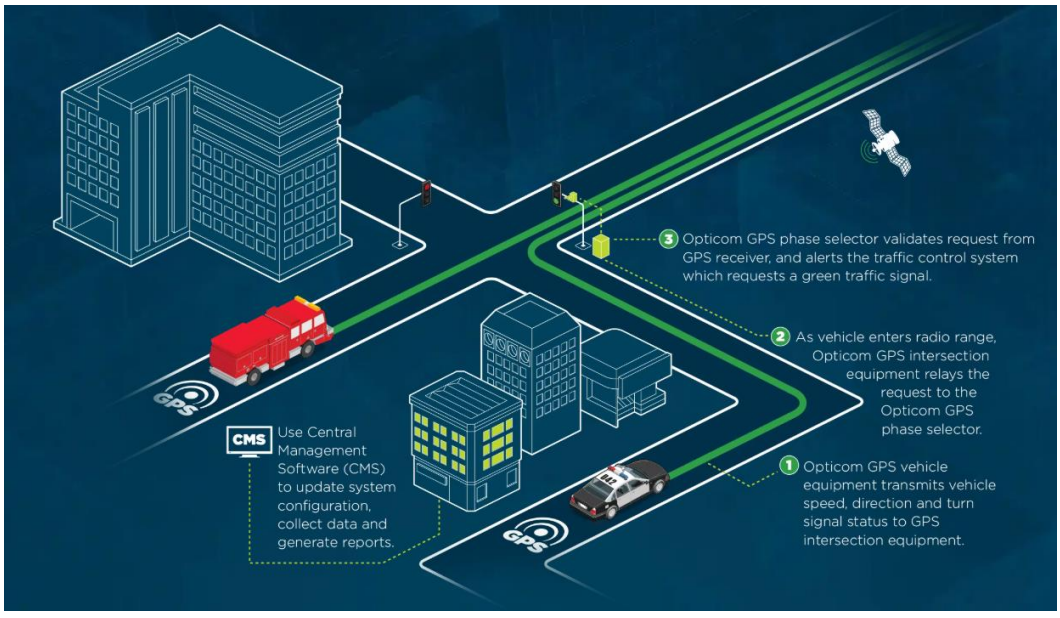


圖 6.1.18 Opticom 緊急優先號誌系統運作架構

(三) EMTRAC 優先號誌管理系統

EMTRAC 系統結合 GNSS 衛星定位技術與 V2I 應用來縮短緊急車輛通過路口的時間，其車載至路側裝置通訊傳輸範圍超過 1,100 m，EMTRAC 系統為 Sunnyvale、Coquitlam 地區的緊急車輛縮短了 20~25%及的反應時間，以及為 Novato 地區節省 45%的反應時間。

系統組件包含車載計算單元(VCU)、車載人機介面、路邊偵測器單元、中心監控軟體，運作模式如圖 6.1.19 所示，緊急車輛的車載計算單元(A)透過與 GNSS 衛星(B)通訊確定車輛的位置與速度，在進入偵測區(C)後，車載計算單元藉由 900MHz 電磁波將優先請求訊息發送至路側單元(D)，接著路側設備將請求訊息及其他車輛活動數據傳輸至號誌控制器。另一方面，配備車載的車輛會透過自動車輛定位(Automatic Vehicle Location, AVL)功能自動將位置和活動數據傳播至聯網路側單元，這些路側單元連接網路使中心監控應用程序(E)可以遠端顯示車輛活動和交通號誌狀態。

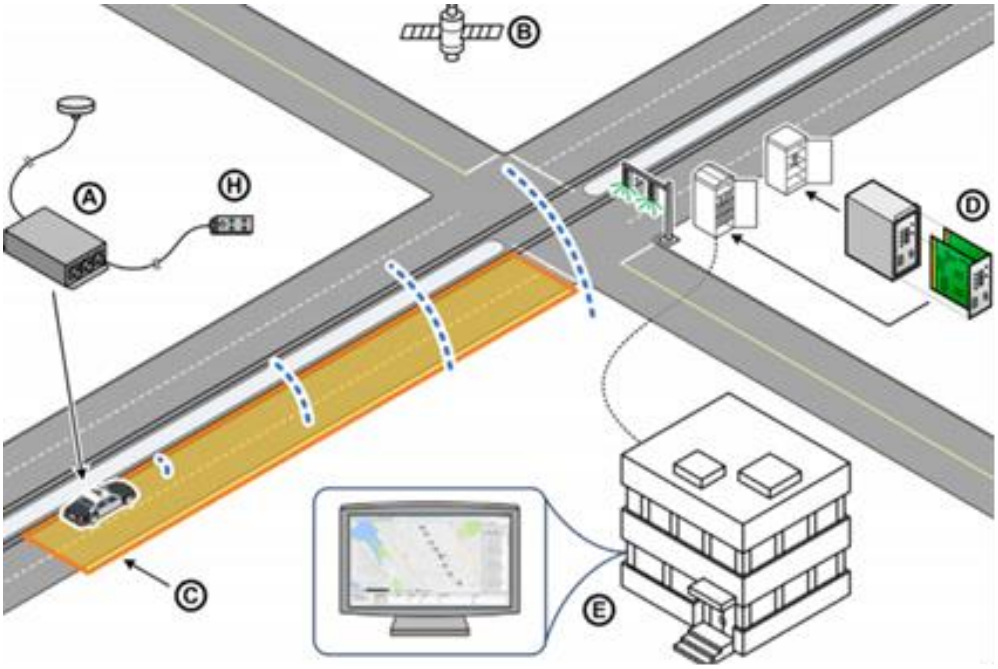


圖 6.1.19 EMTRAC 優先號誌管理系統運作架構

(四) Autotalks iATL 緊急優先號誌系統

Autotalks 與 Applied Information 公司在喬治亞州，德克薩斯州和夏威夷的緊急車輛和路側中部署雙模式(C-V2X 和 DSRC)。Autotalks 的第二代 V2X 芯片組是採用支持基於 802.11p / ITS-G5 標準的 DSRC 和基於 3GPP R14 和 R15 規範的具有嵌入式 V2X 網絡安全功能的 C-V2X。該晶片組使客戶可以輕鬆地在 DSRC 和 C-V2X 通信之間切換。在阿爾法利塔(Alpharetta)，已連

接了 150 多個交通控制設備，範圍包括 Alpharetta 的基礎設施汽車技術實驗室(iATL)周圍 78.5 平方英里的整個區域內進行。iATL 是世界上第一個私營部門設施，用於為車輛和交通控制設備(如交通號誌)開發聯網的車輛應用。

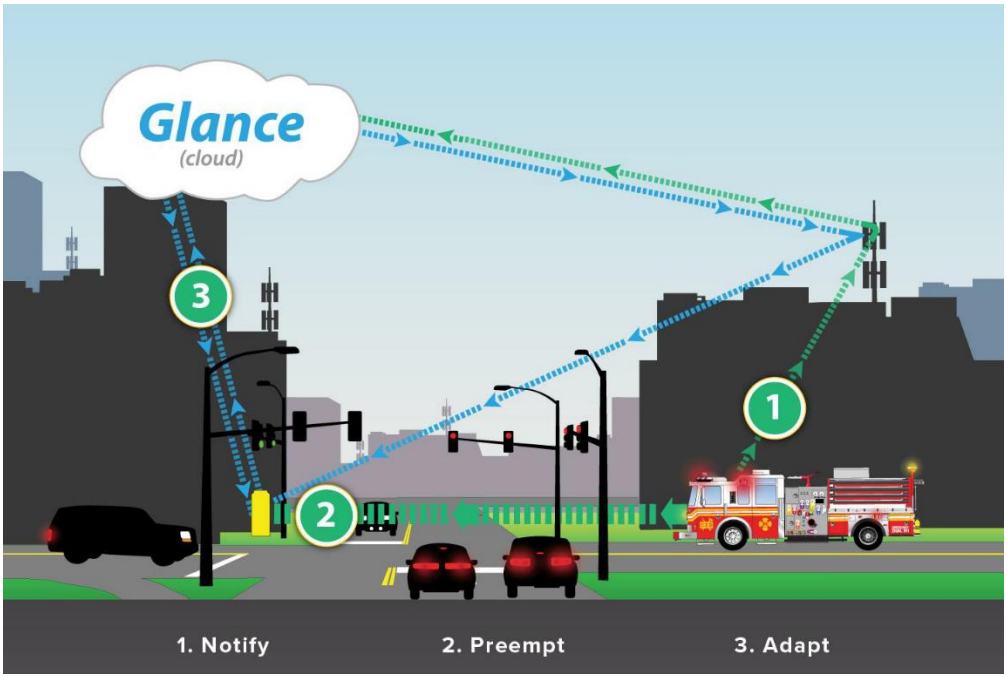


圖 6.1.20 Applied Information 的緊急優先號誌系統運作架構

(五) 緊急車輛優先號誌系統面臨問題及挑戰

MAG 整理過去管轄區內於道路上設置的緊急車輛優先號誌系統主要面臨的問題及挑戰包括：

1.系統之間的不相容性

由於技術只接受編碼發射器中的有效 ID 代碼才會執行，所以不一致的操作標準及配對將造成編碼和未編碼的系統會有不相容問題，而隨著緊急車輛優先號誌技術逐漸擴大至 MAG 轄區外，將造成不同地區會有不同的編碼使用方式。為了改善此現象 1990 年 3M 開發了雙城交通號誌(OptiCom)系統，該系統可以進行編碼，防止道路中未被編碼的發射器優先號誌被啟動。於 1994 年 Mesa 成為首位於緊急車輛優先系統中運用 OptiCom 之城市。並在 2010 年由 East Valley 組成相關工作團隊來規劃、改善，MAG 區域相關實施歷程如圖 6.1.21 所示。

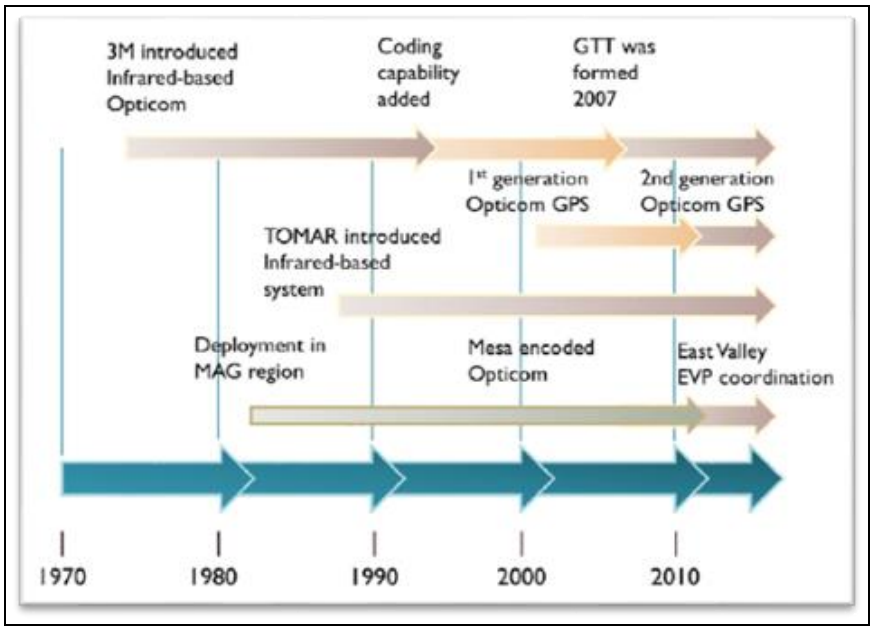


圖 6.1.21 MAG 區域中緊急車輛優先系統實施之歷史

2.不一致的優先處理

緊急車輛優先號誌技術中有三個部分存有問題，分別為在啟動緊急車輛優先期間所提供的交通號誌時相、使用之確認燈及編碼有不一致優先處理的狀況，下述差異可能會使相關操作人員在不熟悉的區域增加決策的不確定。

(1) 交通號誌時相

於圖 6.1.22 的 A 場景中，提供號誌綠燈允許左轉彎及行駛位置的移動，但存在車流碰撞風險，因此於 B 場景中，於交岔叉路口設立通過的優先方向和左轉彎的號誌綠燈，其主要優點是避免所有非優先路徑所產生的交通衝突；但也可能有黃燈陷阱的風險，即黃燈時駕駛人認為對向號誌也應為黃燈所以直覺對向車會煞車並放心左轉，但由於號誌設定上會有對向號誌還是綠燈的時間差距，此時將造成危險，除非交通號誌皆為紅燈狀況。以上 A、B 場景之問題是在號誌綠燈下，可能會因為雙向車皆為綠燈而無法區分緊急車輛之方向。

(2) 確認燈

為了確保緊急車輛優先服務順利執行，確認燈的控制對於操作員至關重要，2016 年研究顯示如果同時有多個來自不同方向的優先請求情況，確認燈在防止緊急車輛的碰撞中是很重要的問題。例如：美國 Phoenix 遇到與其他車輛同時申請優先請求的問題，造成衝突的局面使原先執勤車輛的通行要求被拒，如圖 2.3.2-6(A)所示。美國 Apache

Junction 則使用兩種不同色的閃光燈來顯示方向(例如：藍燈為東西向，白燈為南北向)，這會對於非管轄區的人員可能會產生錯誤的理解，如圖 6.1-21(B)所示。

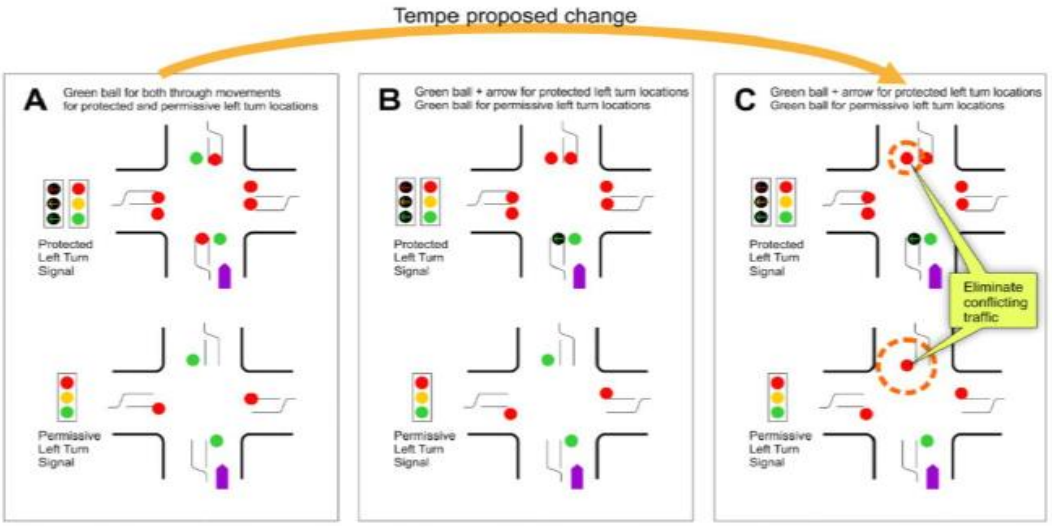


圖 6.1.22 目前 MAG 中使用的優先號誌時相

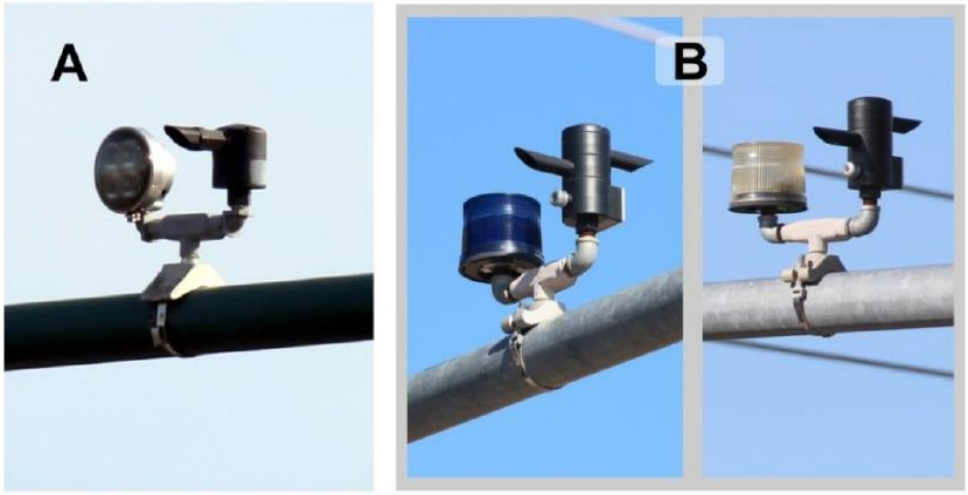


圖 6.1.23 MAG 區域中使用的兩種類型確認燈

(3) 通訊編碼

主要除了能防止他人非法啟動緊急車輛優先系統外，也能從發射器記錄的代碼中進行故障排除及確認車種、機構類型。目前由於車輛會執勤於 MAG 管轄區之外，因此跨區域間必須要相互調整區域編碼的分配方式，以利不同部門使用上之完整性。

3.緊急車輛優先號誌系統的管理

據 2016 年區域調查顯示，大多數管轄區內尚未充分運用該系統的功能來協助交通管理，由於每次啟動緊急車輛優先號誌會中斷原先交通號

誌的週期，而中斷的號誌需經過數個週期的信號相變才能回復到原始運行狀態，因此增加使用緊急車輛優先號誌系統的狀況對交通流量會有明顯的影響，必須根據需求和對交通網絡的情況謹慎評估。

二、日本 FAST(Fast Emergency Vehicle Preemption Systems)系統

FAST 系統為日本國家警察局的“新交通管理系統”(UTMS)的九個系統之一，主要做為緊急救援車輛在最短時間內到達事故現場，並且避免與其他車輛發生意外事故。當緊急事件發生後，FAST 系統輔助緊急車輛操作。交通控制中心依據信號柱的位置計算建議救援車輛通行最短時間之路線，並將救援車輛通行的訊息傳送道路上之信號柱，調整路口之最大綠燈時比、上下游路口之時差，使救援車輛可以更快速到達事故現場。當車輛通過信號柱時，可接收建議路徑及事故現場之狀況，紅外線信號柱可將車輛指派到車流量較小之方向，並利用延長綠燈或縮短紅燈時間之號誌優先方式，讓救援車輛緊急通行，且在資訊版上顯示救援車輛接近之訊息。

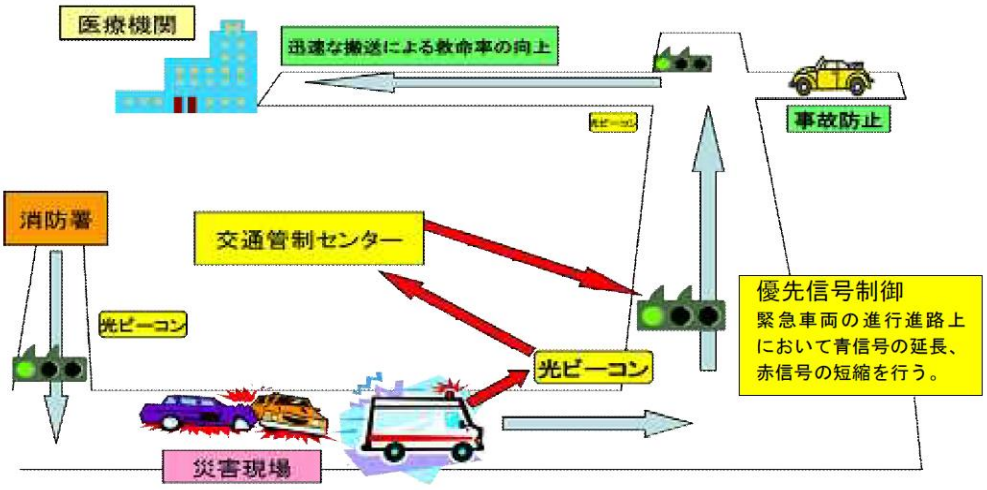


圖 6.1.24 FAST 系統組成圖

依據金沢市における現場急行支援システム(FAST)の導入効果研究(高田邦道稲、葉英夫、南部繁樹，2009)，金澤市的 FAST 對於提高經過交叉路口的救護車的行進速度和行進行為具有顯著作用。FAST 區中的救護車平均速度在調度期間提高了 17.9km/h，在運輸過程中提高了 5.7km/h。此外，FAST 地區之間旅行速度的提高擴大了救生和緊急活動的範圍，派遣和運輸的三方區域的事件報導數量增加了約 10%。

三、中國

(一) 北京 5G 車路協同緊急車輛優先系統

位於北京順義區北小營鎮智能道路截至 2020 年已完成基於 5G 智慧化改造 18 個路側，包含 13 個交叉路口和 5 個非路口部署點，如圖 6.1.25 所示。該方案支持 5G、LTE-V 雙網路運行及分佈式多感測器數據融合處理。當緊急出警，路側號誌燈會接收到其行駛訊息並提前控制燈號。此系統縮短緊急車輛 10%的出警時間。



資料來源：中國汽車工業協會(2020)

圖 6.1.25 北京北小營鎮 5G 路側部署點

(二) 星雲互聯緊急車輛信號控制優先通行系統

星雲互聯於 2015 年成立，為多個城市智能網聯測試示範區、車廠、自動駕駛企業及公共道路智慧交通升級建設提供方案和產品應用。配備基於星雲車路協同系統配備車載終端(V-Box)的緊急車輛向路線上多個路口的路側終端(T-Station)發送優先通行請求，同時網聯雲平台(X-Cloud)遠程控制路側系統及相關感測設備，審核醫療緊急救援地點，並觸發醫療緊急救援程序，路網狀態分析及救援路徑規劃，以即時獲取最佳動態救援路徑與最佳號誌策略，進行即時的紅綠燈優化，節省了 30%以上的緊急車輛車程時間。詳細運作流程如下所述：

1. 當智能網聯緊急車輛進入路口通訊範圍時(約 500 公尺)，車輛與智能路側系統(T-Station)間訊息交換。車內人機介面(HMI)可即時顯示本車位置、前方路口位置以及本車路徑，而 T-Station 的顯示端以及監控中心

可即時顯示通訊範圍內所有車輛位置及速度訊息。

2.緊急車輛可手動或自動發送優先通行請求使調整優先號誌。在自動模式下，系統根據緊急車輛行駛方向、預設路徑和即時位置，識別前方目標路口，一旦緊急車輛進入目標路口範圍內，則自動發送優先通行請求，並切換車輛 BSM 狀態為緊急模式，直至車輛通過該路口。在手動模式下，系統仍自動識別前方路口，當緊急車輛使用者透過車載設備發送優先請求時，車載系統才會向前方路口發送優先通行請求。

3.號誌優化主要採用紅燈早斷與綠燈延長策略，為保證號誌切換時路口範圍內其他車輛的安全，系統在號誌切換策略及提醒策略進行優化設計。

(1) 號誌切換策略

系統根據緊急車輛即時位置和速度，預估車輛到達時刻，在考慮路口各方向最小綠燈時間的前提下選擇最佳時機切換號誌燈，並設置閃黃燈和全紅燈號來緩衝時間，保證行車安全。

(2) 提醒策略

緊急車輛發送優先通行請求的同時，車輛將自動發送警示訊息至其他配備車路協同系統的車輛，使車輛安全避讓緊急車輛。當車載系統識別到緊急車輛通過路口時，將自動發送優先通行結束訊息至路側系統，使路口號誌恢復到常態。

(三) 天津(西青)國家級車聯網先導區

天津(西青)國家級車聯網先導區於 2020 年 6 月正式部署車路協同基礎設施，規劃區如圖 6.1.26 所示。進行地圖三維建模，可以透過顯示系統看見對應真實世界的車道線、標誌標牌、車輛，且控制在釐米級的精度偏差。截至 2022 年 7 月 7 日，西青車聯網先導區覆蓋了 408 個重點路口，為駕駛人提供 101 種車路協同場景功能，服務規模涵蓋 10 萬輛車。

緊急車輛通行系統中，藉由路側感測設備(攝影機、毫米波雷達、紅外線、光達等)蒐集用路人資訊，並透過 5G 網路傳播至雲端邊緣計算平台，從而透過加裝於西青區重點區域路口的路側通訊單元(RSU) 傳送優先通行訊息及警示訊息至號誌控制器與車載終端，其中車載終端顯示系統包括車輛 HUD(抬頭顯示系統)、OBU(車載電子標籤)及手機 app(智行西青)，如圖 6.1.27 所示。



圖 6.1.26 西青先導區規劃圖



圖 6.1.27 HUD 及 app(智行西青)顯示系統

通訊技術參照《天津(西青)車聯網先導區技術標準與實踐白皮書》，如表 6.1-3 所示，目前以 LTE-V2X 與 5G Uu 為主要商用部署。

表 6.1-3 天津(西青)車聯網先導區通訊技術

通訊模式		說明
兩種通訊模式，場景互補	Uu 蜂窩式	車輛對網路，4G/5G 等
	PC5 直連式	車輛對車輛、車輛對路側
不同階段併存，兼融和演進	LTE-V2X	研發成熟，支持商用
	5G Uu	商用部署，業務推廣
	NR-V2X	完成標準，尚需驗證

(四)《合作式智能運輸系統 車用通信系統應用層及應用數據交互標準》T/CASE 157-2020 協作式優先車輛通行(CHPVP)

協作式優先車輛通行場景主要分為三類：車道預留、車道禁行/封閉、協作式號誌燈優先通行。場景中車輛與 RSU 需具備無線通訊能力，場景描述

與系統基本原理說明於表 6.1-4。

場景主要包含三種訊息：車輛優先通行或道路管控請求訊息(Msg_VIR)、路側路徑引導訊息(Msg_RSC)、路側地圖訊息(Msg_MAP)與路側號誌訊息(Msg_SPAT)。場景相關基本性能要求如下所述：

1.車速範圍：0～120 km/h

2.通訊距離≥200 m

3.(應用觸發期間)數據通訊頻率≥10 Hz

4.應用層端到端時延≤100 ms

5.水平方向精度≤1.5 m

表 6.1-4 協作式優先車輛通行場景運作原理

<table>
<tr><th colspan="2">車道預留</th></tr>
<tr><td>運作原理</td><td>(1) 優先車輛 EV-1 向 RSU 發送車輛基本訊息(位置、速度、意圖訊息等)與優先通行請求。
(2) RSU 基於 EV-1 的訊息、道路與交通參與者狀態訊息，生成車道預留策略後，向受影響路段上的相應車輛(EV-2)發送車道預留訊息與駕駛引導訊息。
(3) 相關車輛 EV-2 根據引導訊息離開預留車道區域。</td></tr>
<tr><td>示意圖</td><td> 

圖 6.1.28 預留車道場景</td></tr>
<tr><th colspan="2">車道禁行/封閉</th></tr>
<tr><td>運作原理</td><td>對於優先車輛預留道路或其他突發交通事件，進行特定範圍的禁行或封閉管制
(1) 處於該管制路段或上游的 RSU，在管制前與管制期間，向接近和通過該區域的車輛(EV-2)發送封閉車道/禁行訊息，同時對優先通行車輛(EV-1)傳送駕駛引導訊息。
(2) 車輛接收訊息後，判斷當前行駛路段和時間，調整駕駛行為。</td></tr>
</table>

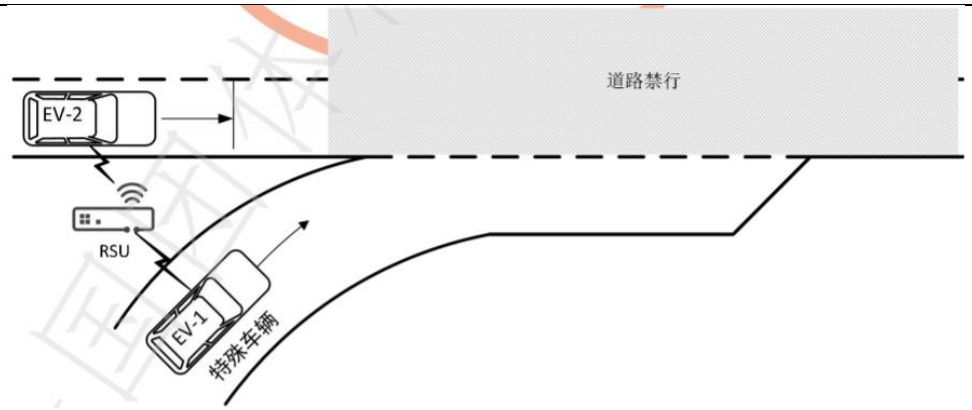
<table>
<tr><td>示意圖</td><td> 

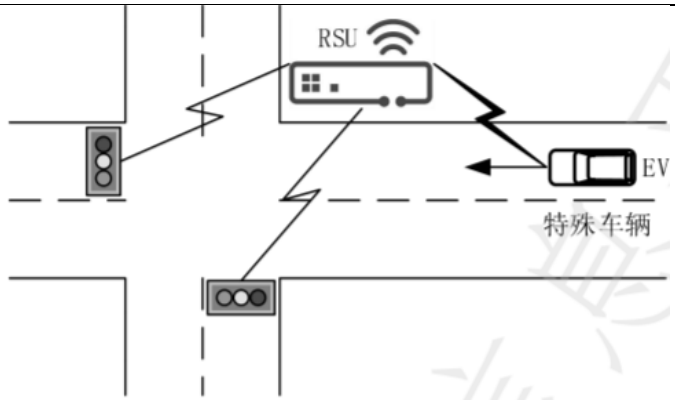
圖 6.1.29 道路禁行/封閉場景</td></tr>
<tr><td colspan="2">協作式號誌燈優先通行</td></tr>
<tr><td>運作原理</td><td>路口處需設置 RSU，並與號誌控制器連接。
(1) 優先車輛 EV-1 依規劃路線行駛，接近號誌控制路口時發送車輛基本訊息(位置、速度、意圖訊息等)與優先通行請求。
(2) RSU 接收請求訊息後，在優先車輛 EV-1 接近路口時，根據 EV-1 位置、行駛狀態、路口地圖訊息、號誌狀態等交通訊息，計算 EV-1 到達路口時間，產生號誌優先控制指令並傳送給路口號誌控制器，號誌控制器生成具體的控制策略(綠燈延長或紅燈早斷) 。
(3) 同時，RSU 可以向 EV-1 傳播駕駛引導訊息。
(4) 車輛根據引導訊息調整駕駛行為。</td></tr>
<tr><td>示意圖</td><td> 

圖 6.1.30 協作式號誌燈優先通行場景</td></tr>
</table>

資料來源：《合作式智能運輸系統 車用通信系統應用層及應用數據交互標準》，2020。

6.1.3 案例歸納綜整

綜整前述國內外的緊急車輛優先通行號誌系統案例如表 6.1-5 所示，可概分為控制策略、控制方式、通訊技術等，分述如下：

一、控制策略

國內外執行緊急車輛優先號誌之控制策略大多為綠燈延長與紅燈截斷，高雄市之案例則另有插入時相策略。插入時相策略之優點在於多時相路口可獲得優先的機率較高，惟其對路口車流衝擊較大，因此使用需更為謹慎。

二、控制方式

控制方式分為中心端控制與現場端控制，現場端控制亦須將優先號誌執行結果回傳至中心。高雄市之案例中，中心端控制方式可與已執行其他動態控制(適應性控制)之路口協調運作。

三、車輛資訊

執行優先號誌所需之車輛資訊至少須包含車輛定位資訊、預計抵達路口時間、行進方向等。車輛定位資訊主要係確認車輛位置在系統啟動範圍內，預計抵達路口時間及行進方向係提供判斷車輛於抵達路口時是否為其需求方向綠燈，以供邏輯運算須執行何種優先策略(綠燈延長、紅燈截斷或插入時相)。車輛接近路口時回傳之定位資訊，由初期之 3G、紅外線、微波等通訊方式，發展至近期之 4G/5G 或 C-V2X，回傳資訊也由初期之定點回傳(設置偵測器、虛擬點、信號住等)逐漸發展為定時回傳(例如每秒回傳)，回傳頻率高之優點為車輛自進入偵測範圍內開始發送訊號至抵達路口期間，車速可能受其他因素(例如壅塞)影響導致未能如預期時間抵達路口，每秒回傳則可即時修正其預計抵達路口時間供決策端作更精確之判斷，惟接收端亦須具備相應之軟硬體接收每秒回傳資訊。

四、路側端

路側端最主要設備即路口號誌控制器(TC)，主要在接收控制端(中心或現場 IPC)下達之指令更改號誌時制，以使緊急車輛抵達時能順利通過路口。其他功能及其他路側設備則需視運作架構提升或新增，例如以 C-V2X 通訊技術，路側端需有 RSU 以傳遞 SRM、MAP、SpaT 等資訊至車端 OBU，此外 TC 需配合更新為具 TCORS USE 功能。

五、通訊技術

通訊技術概分為車端與路側端、路側端與中心端、中心端與車端:車端與路側端通訊包括 DSRC、紅外線、微波、C-V2X；路側端與中心端包括 3G、4G、5G、光纖；中心端與車端則包括 3G、4G、5G。

表 6.1-5 案例歸納彙整表

計畫別(年度)	高雄市緊急車輛優先(2021)	桃園市緊急車輛優先(2015)	宜蘭市緊急車輛優先	消防署「消防一路通」(2022)	美國(2016)	日本(2013)	中國(2020)
控制策略	綠燈延長、紅燈截斷、插入綠燈	綠燈延長	綠燈延長	綠燈延長、紅燈截斷	--	綠燈延長、紅燈截斷	綠燈延長、紅燈截斷
控制方式	●現場 IPC、中心控制 ●(利用號誌控制器的特勤路線控制(VIP)參數管理，插入緊急車輛行進方向的綠燈以利通行)	●蒐集救護車座標資訊如救護車有在觸動區域，系統將會判斷目前分向是否為救護車可通行方向 ●若為救護車通行方向，判斷秒數是否可讓救護車通過；不足則增加該分相綠燈秒數	●事先設計數條進入醫院之「救護通道」，透過救護車上的 GPS，導引救護車進入醫院之「救護通道」。若救護車裝設有緊急救援系統之車機，且於運送病患途中行經「救護通道」，透過特勤控制設定，將沿線之號誌優先給予綠燈 120 秒 ●具備多救護車之通道排序機制：透過救護車上之 GPS 或無線電通報各車輛之順序，提醒優先次序較低之救護車先降低速度，以確保病患與救護人員的安全。	●與 119 派遣系統介接，蒐集案件資訊、GPS 資訊及導航路徑 ●一路通平台根據 GPS 訊號、演算法、號誌狀態及發送控制指令至交控中心平台 ●交控中心平台透過 5G 對路口號誌控制 ●觸發一路通後須有 40 秒的指令傳送時間	●車載設備傳送車輛位置、速度、方向資訊至路側設備 ●當車輛進入無線電範圍，路側設備將優先請求廣播至相位選擇器 ●相位選擇器確認請求並通知交控系統變換燈號	●交通控制中心依據信號柱的位置計算建議救援車輛通行最短時間之路線，並將救援車輛通行的訊息傳送道路上之信號柱，調整路口之最大綠燈時比、上下游路口之時差 ●當車輛通過信號柱時，可接收建議路徑及事故現場之狀況，紅外線信號柱可將車輛指派到車流量較小的方向	●主要分為號誌控制策略與用路人提醒策略 ●車載設備傳送車輛基本訊息(位置、速度、方向)至路側設備 ●當車輛進入偵測範圍，向路側設備發送優先請求 ●路側設備將優先請求廣播至號誌控制器，同時將引導訊息傳送至車輛 OBU ●號誌控制器依訊息變換燈號；用路人依引導訊息調整駕駛行為
實作路口數	●現場 IPC(鳳頂/保生)一處路口 ●中心控制(鳳頂/過埤、鳳頂/頂庄、鳳頂)三處路口/南北向	4 處路口	7 處路口/方向性控制	16 處路口(高雄場域)	--	--	--

計畫別(年度)	高雄市緊急車輛優先(2021)	桃園市緊急車輛優先(2015)	宜蘭市緊急車輛優先	消防署「消防一路通」(2022)	美國(2016)	日本(2013)	中國(2020)
車輛端	OBU:接收 RSU 所廣播之 SPAT 及 MAP 資訊、向 RSU 發出 SRM 訊息。	●車機將 GPS 訊號回傳至中心 ●OBU 將車輛訊號透過 RSU 傳至 IPC	車機將 GPS 訊號回傳至中心	車機、平板、5G Router	車載設備傳送車輛位置、速度、方向資訊至路側設備	車輛將 ID 及方向傳送至信號柱	●傳送/接收訊息：OBU ●顯示系統：HMI、HUD、手機 app
路側端	RSU、TC、IPC、CMS	IPC、TC、RSU	TC	TC、IPC、5G Router	訊號接收器、TC	信號柱、TC	RSU、TC
中心端	●路口號誌資訊接收、緊急優先執行結果 ●與適應性號誌功能整合	●接收車機回傳訊號 ●接收 IPC 回傳資訊	中心控制軟體	●接收現場號誌狀態，並傳送至一路通平台 ●透過 5G Router 下達號誌控制指令	更新系統狀態、資料接收、產生報表	●計算建議救援車輛通行最短時間之路線 ●調整路口最大綠燈時比及上下游時差	--
通訊技術	●RSU 與 OBU:C-V2X ●TC 與中心:4G/實體網路	3G、DSRC	3G	5G	紅外線、微波通訊	紅外線	5G、LTE-V
KPI	●路徑行駛時間 ●路口停等次數	●行駛時間	行駛時間	平均速率、行駛時間	緊急車輛車禍發生率、行駛時間	平均速率	行駛時間

6.1.4 前(110)期與本期計畫差異

前期計畫係於淡海場域進行一處路口之概念念性驗證，基本狀態下由號誌控制器主動發送號誌即時資訊至 RSU，同時 RSU 由交通控制中心取得車聯網地圖資訊，並以 C-V2X 將 SPAT 與 MAP 訊息傳遞至 OBU，整合兩份資料進行即時號誌資訊顯示。針對優先號誌執行之 RSU 與 OBU 間的國際通訊協定(SRM 與 SSM)，由車輛評估自身狀態決定發出優先號誌需求(SRM)，RSU 負責接收、解析、授權、號誌運作與監控的工作，在路側端 IPC 接收需求後，決策是否授權給與優先號誌，並透過通訊協定執行，持續監控號誌狀態回報車輛(SSM)，此外前期計畫之預計抵達路口時間以分為計算單位，較難符合優先號誌運作需求。前期計畫系統架構如圖 6.1.31 所示。

本期計畫於水湳場域進行多處路口測試，車輛出發時，車機導航即組成路徑，單一筆 SRM 資訊即帶三處路口資訊，包含路口編號、預計抵達時間、方向等，並透過 RSU 回傳至中心，由中心另行租用雲端伺服器架設之 MQTT broker 接收 SRM 並回覆相對應之 SSM，並由中心進行優先邏輯運算後下達指令至號誌控制器更改時制，以提供緊急車輛優先號誌。前期計畫與本期計畫之差異如圖 6.1.32 所示。

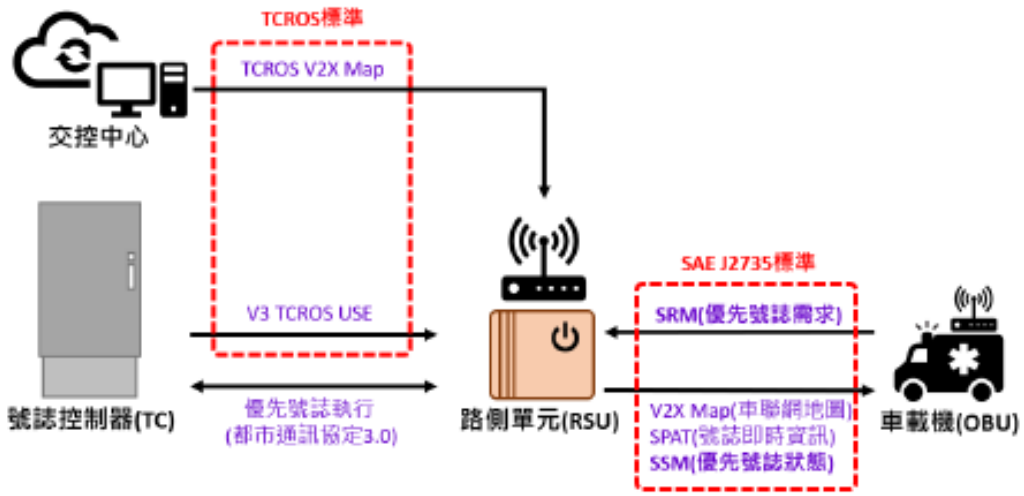


圖 6.1.31 前(110)期計畫緊急車輛優先號誌系統架構



圖 6.1.32 前(110)期與本期計畫差異

6.2 緊急救援車輛優先通行分析模組

本節將就國內外案例綜整分析結果，進行本計畫優先號誌運作策略及邏輯規劃，並據以進行緊急救援車輛優先通行所需功能模組之相關規劃。

一、優先號誌運作策略

國內外實施緊急救援車輛優先號誌策略多採行主動式優先控制，藉由偵測緊急救援車輛接近路口而實施優先號誌。優先執行策略模式包括綠燈延長及紅燈截斷，實施優先後則以補償方式將號誌時間回復原序列，補償則盡量於二週期內補償完畢。實務上並可考量以限制方式，減輕優先號誌對一般交通之衝擊，例如限制固定時間內，優先號誌控制之執行次數。本計畫預計採用之優先策略如圖 6.2.1 所示，並闡述如後。

(一) 綠燈延長(Green Extension)

當緊急救援車輛於綠燈時相的尾端接近路口時，延長其行進方向之綠燈時間，使車輛能夠順利通過路口，延長綠燈時間端視車輛通過停止線的時間而定，惟若延長後之綠燈時間已大於行進方向最大綠燈時間，則不再進行綠燈延長且必須進行燈態轉換。

(二) 紅燈切斷(Red Truncation)

在紅燈時相接收緊急救援車輛通行需求時，可提前切斷紅燈時相(綠燈提早)，以減少車輛之停等時間。惟仍需滿足競爭方向綠燈時相之最小綠燈

時間後方能執行。

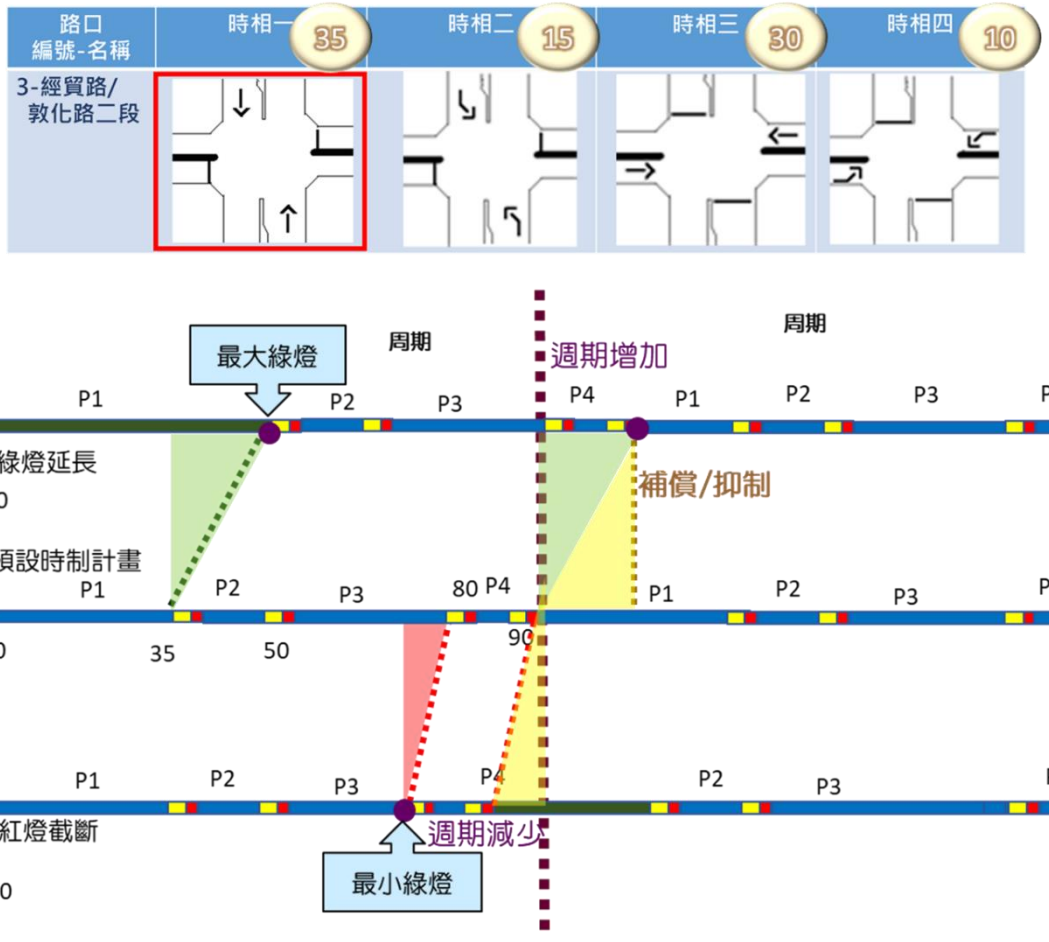


圖 6.2.1 優先號誌運作策略

二、緊急救援車輛優先號誌運作邏輯

原則以收到緊急救援車輛訊號後，根據預計抵達路口之時間，決定要採取之動作，例如：綠燈延長或紅燈截斷，控制邏輯如圖 6.2.2 所示，說明如下。

(一) 是否啟動優先號誌判斷

緊急救援車輛優先資訊包含路口編號、預計抵達路口時間、優先請求、方向，根據取得之路口編號是否符合控制路口編號，進行後續判斷評估，若不符合路口編號時，則忽略緊急救援車輛資訊不動作。此外，保留啟動優先判斷功能，可提供未來彈性運用，如路口只提供某方向優先，在需求方向不符時，則忽略不動作。

(二) 抵達時該週期是否已執行過優先

本計畫優先時相控制策略，以每週期控制一次為主，避免同週期執行多次優先時相，使用路人誤以為路口號誌控制器異常。因此當系統收到緊急救援車輛訊號時，需判斷緊急救援車輛抵達時該週期是否已執行優先時相運作。

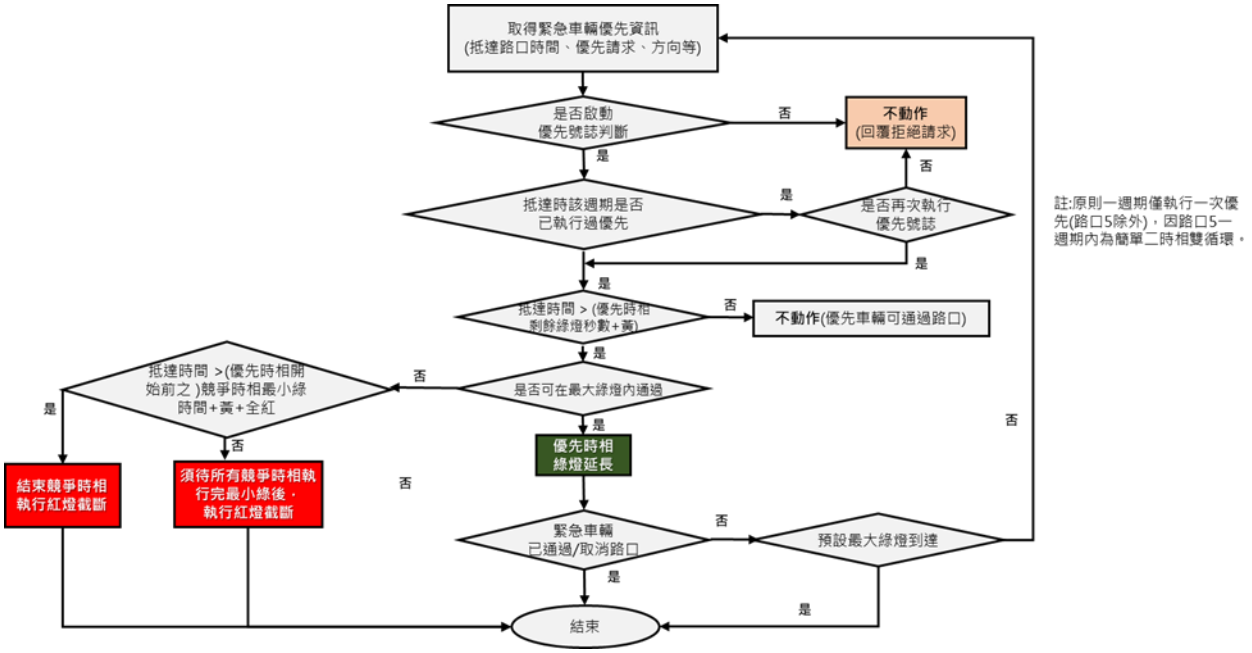


圖 6.2.2 緊急救援車輛優先號誌控制邏輯

(三) 抵達時間是否為優先時相

抵達時為優先時相，則判斷緊急救援車輛預計通過路口秒數，是否小於剩餘綠燈時間，如低於剩餘綠燈時間，代表可在綠燈時間內通過路口，則不須進行優先控制；如預計通過時間超過剩餘綠燈時間，則檢視是否可在最大綠燈時間內通過，如可在最大綠燈時間內通過，則延長優先時相。如抵達時間為競爭時相，則判斷抵達時間是否超過(優先時相開始前之)競爭時相剩餘最小綠燈+黃燈+全紅，若是，則實施紅燈截斷，將所有競爭時相執行最小綠燈後即切換時相，讓優先時相提早開始；若否，則代表競爭時相尚未執行完最小綠，須待競爭時相執行至最小綠燈+黃燈+全紅再切換時相，將路權提供給優先需求方向。

(四) 結束優先號誌

結束優先號誌之機制包括收到車輛已離開路口，或綠燈時間已達最大綠燈時間，優先結束後，則由控制器進行補償。

三、緊急救援車輛優先通行模組功能說明

根據前述緊急車輛優先號誌策略與邏輯規劃，緊急救援車輛優先通行包含通訊與接收模組、優先號誌演算模組、及控制策略執行模組，其功能如下。

(一) 通訊與接收模組：

1. 負責接收與解析 SRM 訊息，並將訊息提供優先號誌演算模組。

2. 在優先號誌執行中則拒絕新的 SRM 需求。

3. 在定時控制模式下才可接收 SRM 需求。

4. 確認收到 SRM 訊息完整性。

(二) 優先號誌演算模組：依本計畫優先號誌控制策略，在接受優先號誌請求後，依預設控制邏輯演算，並產生對應的控制指令，再將運算結果傳送至控制策略執行模組。

(三) 控制策略執行模組：根據優先號誌演算模組所產生之控制指令，下載至號誌控制器以變換燈號。

6.3 緊急救援車輛優先通行資訊播報模組

緊急救援車輛優先通行自取得救援目的地起，須完成最佳行駛路徑規劃、確認所經路口號誌狀況、切換優先號誌階段。本計畫緊急車輛優先通行資訊播報模組(導航車機)於本計畫擔任角色如圖 6.3.1 所示。

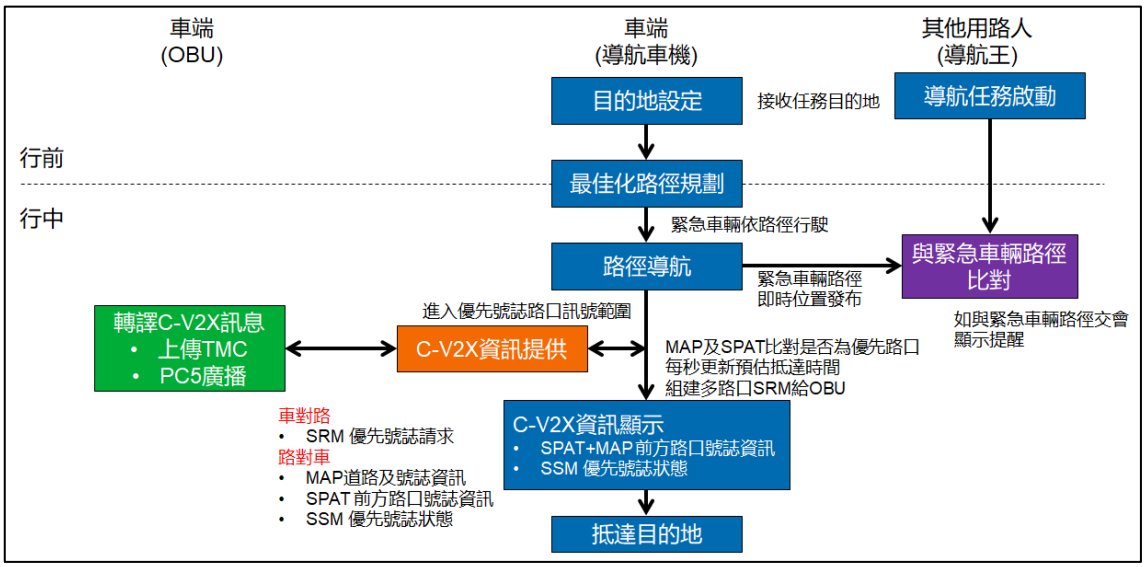


圖 6.3.1 緊急車輛優先通行資訊模組功能

本期實作計畫承續前(110)期成果，仍以勤崴導航王做為緊急救援車輛車上路徑規劃及車聯網溝通之重要載具。吸取前期計畫實作之經驗，本年度加強導航王做為專業國產導航及圖資公司之優勢，於圖資面、路徑運算面、車聯網溝通功能等多方面皆有所創新提升，本年度車機導航精進方式整理如表 6.3-1 所示。

一、通訊方式/資料結構變化

本計畫車機端仍做為車輛行駛資訊之提供者，負責解讀 OBU 傳達之 C-

V2X 資訊，基本服務項目包含 SPAT、MAP、SRM 與 SSM 之內容，本年度通訊方式由前年度的 MQTT 連線改為使用 ZMQ (ZeroMQ) 送收 SAE messages，同樣符合皆遵照 SAE J2735 之相關規範，資料結構由 JSON 改為 XER (XML Enconding Rule) format。

ZMQ 支援 port 間多對多連接且不需要消息代理(message broker)，避免過度依賴 broker，不會發生 broker 失效則所有節點均無法正常運行之情形。且 ZMQ 對於一般熱門的程式語言如 C / C++ / Java / .NET / Python / PHP 等均有對應的封裝，方便客戶端或服務端進行開發。資料結構對照如圖 6.3.2 所示。

表 6.3-1 本計畫車機導航精進方式

精進方式	前(110)期計畫	本計畫
通訊方式/資料結構變化	採用標準 MQTT 模式，通訊倚仗 Broker。	改用 ZeroMQ，支援多對多連結，且不需 Broker。
導航倒數改為以秒顯示	倒數以分顯示較為不精確，與實際應用情境不合。	客製化導航軟體，提供以秒顯示的 UI 見面，配合緊急救援車輛所需情境。
最佳化路徑計算並上傳	離線運算，路徑僅供導航軟體本身使用。	引入根據大數據 GVP 資訊建立的雲端路徑預測模型，計算最佳化路徑，並上傳至本案交控中心 TM|C，提供中心端即時管理資訊。
實作多路口號誌 SRM 訊息	單一路口測試，實驗機制單純。	多路口連續行駛，一次提供多路口 SRM 資訊，測試真實應用複雜情境。
套用緊急救援車輛專用路徑運算規則	無。	配合緊急救援車輛行駛之特例情況，調整路徑運算規則。
號誌切換時間於車機顯示	無，僅可由中控軟體觀看。	增加即時號誌時程資訊於車機端顯示，提高駕駛之掌控度。



圖 6.3.2 資料結構 JSON(左)XML(右)對照圖

二、導航倒數改為以秒顯示

傳統導航軟體為求使用者體驗平順且避免追分趕秒，預估抵達時間多顯示至分，但經由前期計畫實際測試成果發現，除需要提供號控抵達時間之預估必須精準到秒之外，於 UI 介面顯示也需要達到以秒為單位，如圖 6.3.3 及圖 6.3.4 所示。本計畫特別客製化導航王之抵達時間，將單位細分至秒，提供分秒必爭的緊急救援車輛使用。

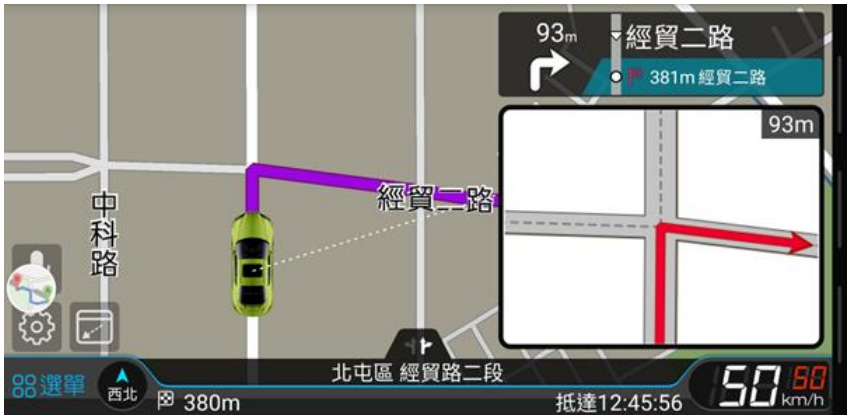


圖 6.3.3 導航軟體抵達時間以秒計算圖(1)



圖 6.3.4 導航軟體抵達時間以秒計算圖(2)

三、最佳化路徑計算並上傳至本計畫建置之中心測試平台

勤崴導航王利用大數據資料分析成果賦予每一個道路一個權重值，做為最佳路徑演算之參數，並透過圖資更新持續優化道路權重值，以期更趨近於實際道路狀況；同時透過納入更多道路影響因子，在連網的狀態下，引入根據大數據 GVP 資訊建立的雲端路徑預測模型，計算最佳化路徑，並上傳至本案中心測試平台，提供中心端即時管理資訊。導航軟體最佳化路徑規劃流程如圖 6.3.5 所示。

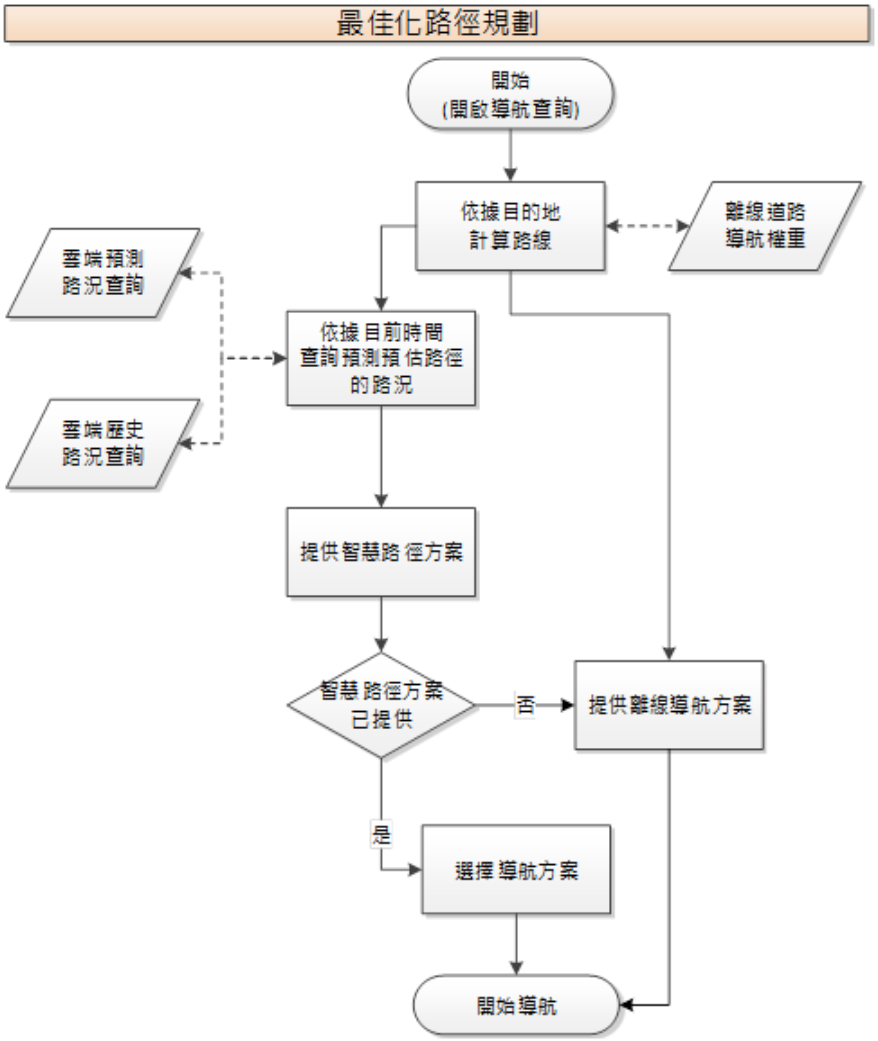


圖 6.3.5 導航軟體最佳化路徑規劃流程圖

四、實作多路口號誌 SRM 訊息傳遞

依據本年度實作情境規劃，最佳化路徑規劃完成後，將經過複數以上的號誌控制路口，同時為配合中心端 TMC 統籌規劃需求，車機端計算路徑後須分別計算緊急救援車輛抵達各路口之時間，並將其傳予 OBU 及 TMC 端。

前年度 SRM 僅提供單一路口之抵達時間估算，本年度須於路徑規劃完成後，一次提供沿途經過路口之抵達時間，並組建 SRM 供號控管理，如圖 6.3.6 所示。SRM 資訊須包含路口之 region 及 id 編號，並提供 inBoundLane 及 outBoundLane，使號控清楚車輛轉向路徑。車端送出 SRM 後，經 TMC 交控中心分析處理，將回傳 SRM 續訊息處理狀況訊息於 SSM 呈現，SSM 中緊急號誌優先通行處理結果訊息如下所列(本計畫實作使用包含"接收請求",1、"處理中",2、"同意請求",4、"拒絕請求",5)，車端接收後將以人性化方式顯示於導航軟體介面，可見圖 6.3.7。

(一) UNKNOWN("狀態未知", 0,"unknown"),

(二) RECEIVE_REQ("接收請求", 1, "requested"),

(三) PROCESSING("處理中", 2, "processing"),

(四) SPECIAL_ACCEPT("特殊的同意狀態", 3, "watchOtherTraffic"),

(五) ACCEPT_REQ("同意請求", 4, "granted"),

(六) REJECT_REQ("拒絕請求", 5, "rejected"),

(七) TIMEOUT("處理時間超過", 6, "reserviceLocked");



圖 6.3.6 組建多路口 SRM 資訊範例圖

五、套用緊急救援車輛專用路徑運算規則

為符合緊急救援車輛行駛原則，導航時依據道路寬度調整路網權重，降低小巷弄的權重，優先使用寬度足夠的大型通道，配合車輛優先通行號誌管理，縮短緊急救援車輛抵達目的地之時間。且配合緊急救援車輛之特殊性，於路徑規劃時將調整相關行駛原則，如不考慮禁轉或車種禁止標誌等。

六、號誌切換時間於車機顯示

緊急救援車輛行駛時，前方路口號誌狀況如圖 6.3.7 顯示於導航車機上，

將可改善駕駛一定程度上的速度掌控，尤其搭配 SRM 提出號誌時相延長機制後，非常態的燈號結束時機更是對緊急救援車輛相當重要。

本功能係藉由解讀路口 Map 資訊可得知某車道轉到另一個車道(connectsTo, connectingLane)時的轉向是參考哪一支紅綠燈(signalGroup)。確認 signalGroup 後，配合查詢 SPaT signalGroup 的 startTime, minEndTime 可瞭解該紅綠燈號誌此時的燈號狀況及該燈號的起始及結束時間。

已知燈號狀況如下所示，車機以簡易紅綠黃燈說明方式，告知用路人燈號結束時間。

(一) UNAVAILABLE("故障", 0),

(二) DARK("故障", 1),

(三) STOP_THEN_PROCEED("紅燈停車再開", 2),

(四) STOP_AND_REMAIN("綠燈預告綠燈", 3),

(五) PRE_MOVEMENT("綠燈預告綠燈", 4),

(六) PERMISSIVE_MOVEMENT_ALLOWED("(行人)允許綠燈(圓燈)", 5),

(七) PROTECTED_MOVEMENT_ALLOWED("(行人)保護綠燈(箭頭)", 6),

(八) PERMISSIVE_CLEARANCE("允許黃燈(行人閃綠)", 7),

(九) PROTECTED_CLEARANCE("保護黃燈", 8),

(十) CAUTION_CONFLICTING_TRAFFIC("閃光號誌", 9);



圖 6.3.7 號誌切換時間 UI 顯示示意圖

綜合前述，由於本計畫著重於應用層面的研究，硬體上追求未來車輛的通用及泛用性，因此本計畫緊急車輛執行係使用行動裝置本身自帶之 GPS 定位功能，

並未使用專業型的 GPS 外置天線，因此緊急車輛的定位精度，直接來自於行動裝置本身的定位精度。常見行動裝置定位資訊來源分為傳統 GPS 及 AGPS 兩種：

一、傳統 GPS 定位方式依靠行動裝置本身晶片衛星接收解算能力，目前常見精度大約 1~5m 間，受廠牌、型號及現場 GPS 衛星數量與幾何分布狀況影響，且容易受到車速較快而更新速度靠 IMU 輔助而較不準的情況。如選用具備雙頻甚至三頻的機種，可有效提升定位精度。

二、AGPS 則是除利用 GPS 晶片本身訊號以外，引入電信基地台的訊號做為定位依據，目前常見精度大約 5~15m 間，優點是不受衛星狀況影響，可快速取得近似座標。於基地台訊號較為密集的都市區可見其優勢。

為避免 GPS 位置受到裝置誤差影響過大，而造成使用者體驗不佳，勤崴導航軟體會利用軌跡及圖資比對，將車輛定位修正至道路中心線(減少橫向誤差)。以本計畫緊急車輛時速 40 公里而言，相關 GPS 的誤差皆在 1 秒之內，不影響優先號誌執行。

另有關本計畫緊急車輛即時位置資訊發布為開放資料(Open data)，目前已實作以 API 方式發布緊急車輛即時位置及相關訊息，內容格式依循 SAE J2735 標準，提供各使用者以 url 方式接取使用，於本年度測試係以導航王做為顯示載體。

6.4 緊急救援車輛優先通行實證實作

6.4.1 實作計畫規劃

本次實作計畫先對相關單位(臺中市政府消防局及交通局)進行訪談，初步掌握緊急救援車輛既有之運行、號誌管理及個別單位需求，再根據所歸納之相關課題與需求，進行實作規劃，包含實作範圍(測試路線及行經路口)、號誌管理現況(時制計畫、控制器型號、是否與中心連線)、優先策略與參數設計、實測方式等，本節先就訪談歷程與結論作一概要說明。

本計畫於 111 年 6 月 13 日與臺中市政府消防局及交通局進行訪談，針對預計實作之範圍及方式與機關進行研議，另於 111 年 7 月 4 日參訪臺中市政府消防局第八大隊暨水湳消防分隊(訪談照片如圖 6.4.1 所示)，進一步瞭解目前派遣系統之運作與緊急救援車輛優先號誌實務需求。相關內容如下：



圖 6.4.1 相關單位訪談照片

一、派遣流程

119 指揮中心在民眾報案後，派遣系統顯示災害位置及其附近的分隊，指揮中心將災害位置傳送給要派遣的分隊，分隊可透過平台(平板電腦)顯示得知由該分隊至災害地點之行走路線，如圖 6.4.2 所示。

實施緊急救援車輛優先號誌所需資訊包含車輛行駛路徑、行經路口、需求方向、路口時制計畫及預計到達時間，由派遣流程可知，派遣系統會產生車輛行走路線，惟派遣系統為消防署所建置，是否可介接派遣系統資料，須另行研議，考量本計畫時程，本年度實作將先由導航王提供路徑及預訂到達路口時間。

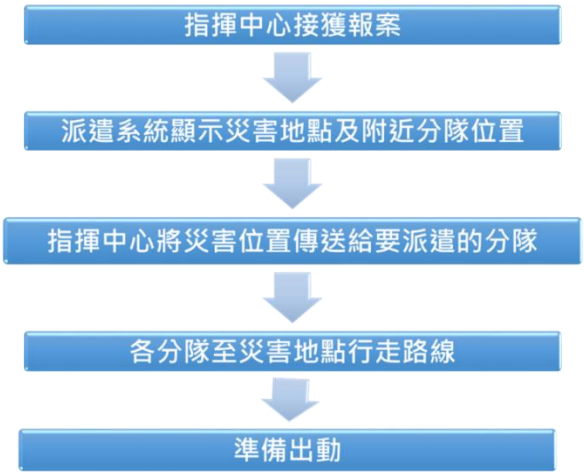


圖 6.4.2 消防派遣流程圖

二、出勤車輛數

每次任務原則上派遣三個分隊，每個分隊出動二~四部消防車；救護車則是由最近分隊派遣，每次任務出動一部救護車。以水湳分隊為例，最多一次出

動四部消防車，由第一輛車至最後一輛車通過路口約需 30 秒。

另單一任務由不同分隊出動消防車前往災害地點，因此同一時間同一路口可能各方向均有消防車通行需求。

三、測試場域

水湳經貿園區目前道路交通環境較為單純，可先在此區域試辦成效良好後再推廣至其他區域。後續可考量包括：榮總、中國醫藥學院、豐原慈濟醫院等，鄰近分隊至醫院之路線均較為固定。

四、出勤準備時間

分隊接獲系統派遣訊息後，即準備等待出動指令，出勤準備時間白天為 90 秒，晚上為 120 秒。

五、救護及救災時序

出勤車輛透過 4G 將定位資訊回傳至系統，出勤狀況則可透過指揮派遣系統及車上之平板電腦查看。出勤狀況分為救護及救災。救護時序分類包括出動時間、到達時間、送醫中、已到院、返隊中、已返隊，透過此六項時序分類掌握救護車輛狀況；救災時序分類包括派遣時間、出動時間、到達、火災控制、火災撲滅、返隊中、已返隊共七項時序分類。

六、鄰近消防分隊路口

水湳分隊與左右二側路口相距不遠，車輛駛出後可能還來不及進行號誌轉換即抵達路口，須考量適合做法以符合實務運作需求(目前係以派員至路口指揮交通方式因應)。

七、行駛路線

消防車出勤以右轉為原則(因車身底盤較低，左轉不易)，救護車原則上往東邊或北邊，救護車和消防車同時出勤則會往經貿東路方向。較常行駛之路線由消防局→經貿東路/經貿二路(直行)→經貿路/經貿二路(直行或左轉)，或是消防局→經貿東路/經貿二路(右轉) →經貿東路/經貿三路(右轉)→經貿三路/中平路(直行、左轉或右轉)。本計畫根據較常行駛路線搭配沿線經過之路口號誌時相，歸納實測路線。

八、行駛速率

在路況不受阻礙的情形下，消防車行駛速率約 50~60km/hr，救護車約 60~70km/hr。行駛速率將可做為預估抵達路口時間參考。

九、與既有交通局 TOPIS 系統整合

臺中市政府交通局之 TOPIS 系統目前尚未具備緊急救援車輛優先號誌功能，考量未來之應用擴展及操作需求，便於中心監控優先號誌運作狀況，掌握整體號誌運作情形，如現場發生特殊情況也可緊急處理，因此本計畫擬開發優先號誌測試平台，並建議未來可整合至 TOPIS 系統。

本計畫之實測係於既有交控環境下開發測試平台，藉此接收及進行優先邏輯判斷後下達指令至場域範圍內之號誌控制器，並可提供中心人員掌握優先號誌運作狀況。

十、控制方式

本計畫規劃採用中心控制方式，透過開發之測試平台進行優先號誌邏輯演算，並下達控制指令至現場控制器，執行優先號誌功能。

十一、路口號誌控制器

場域範圍內路口目前並未連線，需協請機關更換控制器或更新韌體。

6.4.2 實作場域既有資料蒐集

一、實測路線研選

(一) 路線情境

根據訪談結果，場域範圍內消防車較常行走之路線情境共 8 個，如圖 6.4.3 所示，行經路口包含經貿東路/經貿二路、經貿路/經貿二路、經貿路/敦化二路、經貿東路/經貿三路、經貿三路/中平路等五處路口。

(二) 路口時相

經檢視前述五處路口時制計畫，路口時相為二~四時相，如圖 6.4.4 所示。配合前述路線情境，路口 1(經貿東路/經貿二路)無論直行、左轉或右轉均在時相二，路口 2(經貿路/經貿二路) 無論直行、左轉或右轉均在時相三，路口 3(經貿路/敦化路二段) 無論直行或右轉均在時相一，路口 4(經貿三路/經貿東路) 無論直行或右轉均在時相一，路口 5(經貿三路/中平路路) 無論直行、左轉或右轉均在時相二及時相四。



情境	路徑
1	消防局→1(直行)→2(直行)
2	消防局→1(直行)→2(右轉)
3	消防局→1(直行)→2(左轉) →3(直行)
4	消防局→1(直行)→2(左轉) →3(右轉)
5	消防局→1(右轉) →4(直行)
6	消防局→1(右轉) →4(右轉) →5(直行)
7	消防局→1(右轉) →4(右轉) →5(左轉)
8	消防局→1(右轉) →4(右轉) →5(右轉)

圖 6.4.3 路線情境示意圖

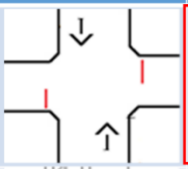
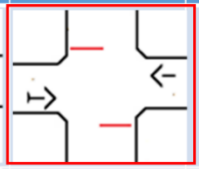
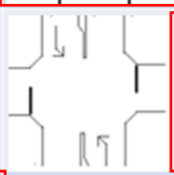
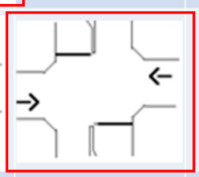
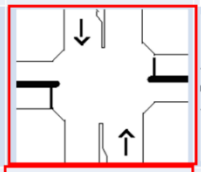
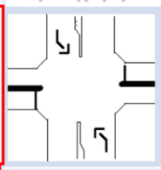
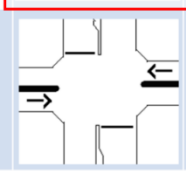
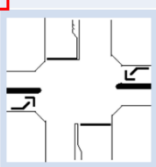
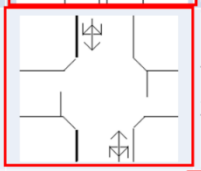
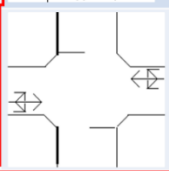
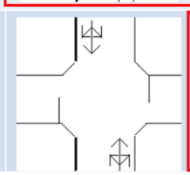
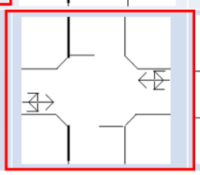
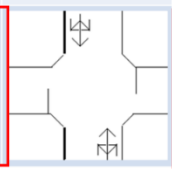
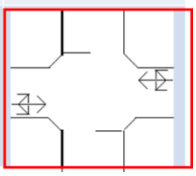
路口 編號-名稱	時相一	時相二	時相三	時相四
1-經貿東路/ 經貿二路				
2-經貿路/經 貿二路				
3-經貿路/敦 化路二段				
4-經貿三路/ 經貿東路				
5-經貿三路/ 中平路				

圖 6.4.4 路口時相彙整

綜上所述，路線情境搭配路口時相可歸納為二路線，即情境 3 及情境 6(如圖 6.4.5 所示)，該二路線可涵蓋場域範圍之優先情境。因此擬以情境 3 及情境 6 之路徑做為本計畫場域實測路線。



圖 6.4.5 場域實測路線

二、路口號誌現況

(一) 路口號誌控制器種類

本計畫實作路口包含經貿東路/經貿二路、經貿路/經貿二路、經貿路/敦化二路、經貿東路/經貿三路、經貿三路/中平路等五處路口，目前五處路口均未與中心連線，號誌控制器製造廠商與型號整理如表 6.4-1 所示。

表 6.4-1 既有路口號誌控制器彙整表

編號	路口名稱	製造廠商	控制器型號
1	經貿東路/經貿二路	良基	TB-2000B
2	經貿路/經貿二路	普烙	PL-3200B
3	經貿路/敦化路二段	普烙	PL-3200B
4	經貿東路/經貿三路	普烙	PL-3200
5	經貿三路/中平路	普烙	PL-3200

(二) 路口號誌時制計畫

本計畫實作之五處路口號誌時制計畫於平假日時段切分略有不同，以白天為例，路口週期除經貿三路/中平路為 180 秒，其餘路口週期 90 秒，另外各路口平日與假日周期相同，時差不同，白天時制計畫如表 6.4-2 所示。

表 6.4-2 路口時制計畫表

編號	路口	平/	時段	時差	週期	分相			
						時相一	時相二	時相三	時相四

		假日				G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R
1	經貿東路/經貿二路	平	7:00~19:00	80	90	40	3	2	40	3	2						
		假	7:00~19:00	80	90	40	3	2	40	3	2						
2	經貿路/經貿二路	平	7:00~21:00	80	90	40	3	2	10	3	2	25	3	2			
		假	8:00~22:00	43	90	40	3	2	10	3	2	25	3	2			
3	經貿路/敦化路二段	平	7:00~21:00	80	90	30	3	2	10	3	2	25	3	2	5	3	2
		假	8:00~22:00	43	90	30	3	2	10	3	2	25	3	2	5	3	2
4	經貿東路/經貿三路	平	7:00~21:00	40	90	58	3	2	22	3	2						
		假	8:00~22:00	0	90	58	3	2	22	3	2						
5	經貿三路/中平路	平	7:00~21:00	170	180	40	3	2	25	3	2	40	3	2	55	4	2
		假	8:00~22:00	170	180	40	3	2	25	3	2	38	3	2	57	4	2

三、臺中市交控系統

臺中市 T-TOPIS 將其所需「涵蓋功能」歸納為：公共運輸、道路管理、停車管理、事件管理以及區域交控等五大區塊，以符合交通資訊應用服務及發展，如圖 6.4.6 所示。其中與號誌系統相關者有道路管理、事件管理及區域交控等服務功能。本計畫擬於其環境下建置測試平台，以供緊急救援車輛優先號誌實作測試，未來再視 TOPIS 後續擴充計畫納入系統中。

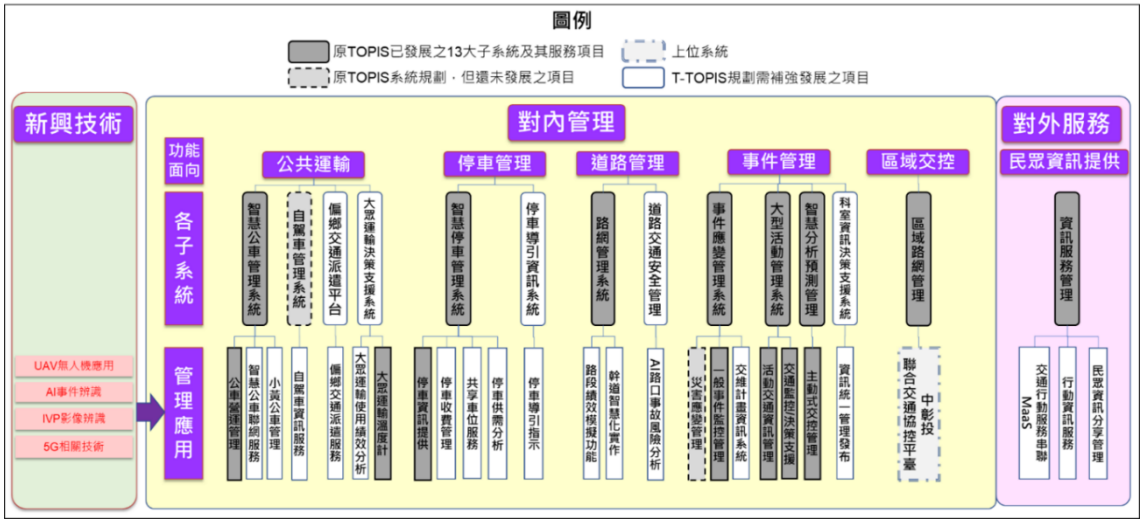


圖 6.4.6 T-TOPIS 運輸服務功能

6.4.3 實作設備規劃與架設

本計畫系統架構如圖 6.4.7 所示，概分為現場端、中心端與車上端，各設備運作功能規劃說明如後。

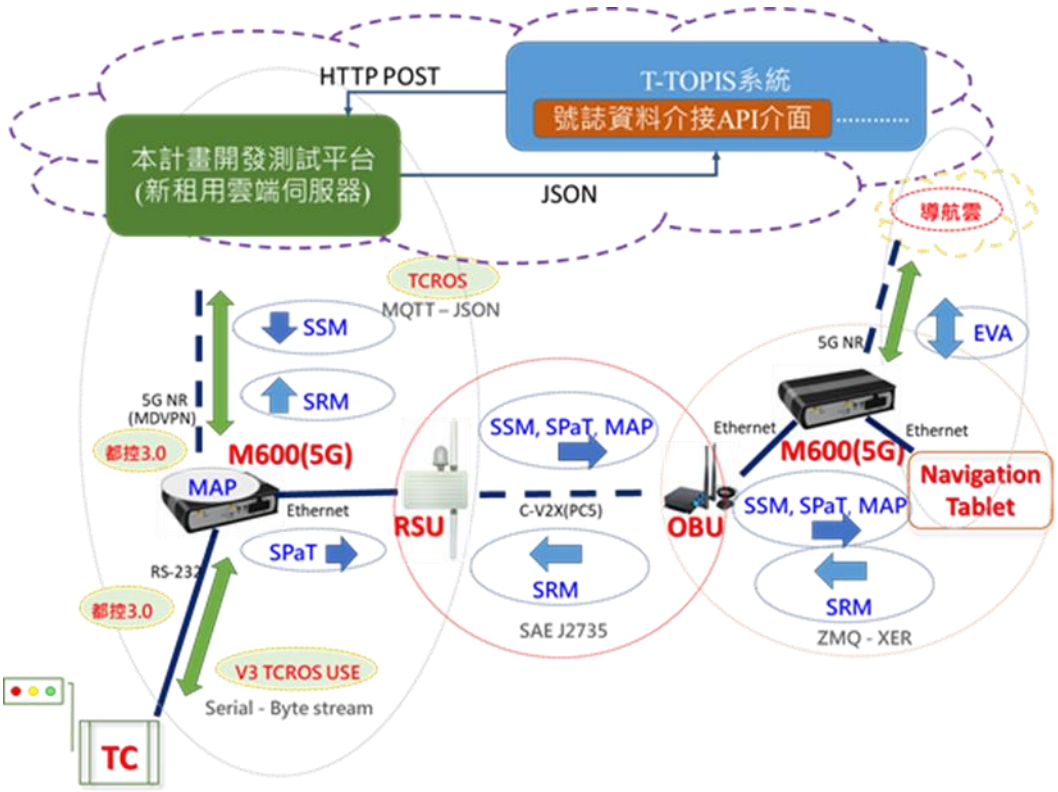


圖 6.4.7 系統架構示意圖

一、現場端

路側端設備包括 RSU、M600 及 TC，路側設備運作功能如下：

(一) M600(5G)

M600(5G)即 5G Route，可提供 Wi-Fi AP for local access，經由 MDVPN 連上 TMC。路口圖資遵循 TCROS V2X MAP 格式，於裝置安裝時，將該路口的圖資安裝於 M600(5G)。M600(5G)運作功能規劃如表 6.4-3 所示。

表 6.4-3 路側端 M600(5G)功能規劃

項次	功能
1	定時將儲存的 V2X Map，透過 RSU 廣播出去 (發送頻率：1 秒)。
2	收到 TMC 傳來的都控 3.0 訊息並轉發給 TC。
3	收到 TC 傳來的都控 3.0 訊息並轉發給 TMC、收到 TC 傳來的 SPaT message 再由 RSU 透過 C-V2X 廣播出去。
4	將 RSU 傳來的 SRM(XML) 轉成 SRM(JSON)再傳給 TMC;以及將 TMC 傳來之 SSM (JSON)轉成 SSM(XML)，並透過 RSU 廣播出去。

(二) RSU：C-V2X

RSU 透過有線 Ethernet cable，連到 M600(5G) LAN port。RSU 運作功能規劃如表 6.4-4 所示。

表 6.4-4 RSU 功能規劃

項次	功能
1	定時將 V2X MAP 廣播出去
2	將 SPAT message 透過 C-V2X 廣播出去
3	將 SRM 訊息傳送至 M600 再由 M600 轉發給 TMC
4	將 SSM 訊息廣播出去

(三) TC

TC 更新為具備 TCROS USE 功能，TC 為普烙 PL-3200 號誌控制器(支援都控 3.0 and V3 TCROS USE)，TC 測試項目規劃如表 6.4-5 所示。

表 6.4-5 TC 功能規劃

項次	功能
1	將 SPAT message 傳送至 M600，再由 RSU 透過 C-V2X 廣播出去
2	接收 TMC(透過 M600)下達之優先號誌指令並變換燈號
3	將都控 3.0 訊息(透過 M600)回傳 TMC

二、中心端

本計畫之中心端為於臺中市交控環境下建置測試平台(以下簡稱 TMC)，根據本計畫架構，TMC 負責解析 M600(5G)轉發之 SRM 資料，並結合當前路口號誌時制計畫、最短綠、最長綠等相關參數，依照緊急優先號誌控制邏輯，進行決策運算後下達優先號誌指令(透過 M600)至號誌控制器。另外需將 SSM 訊息傳送至 M600，由 M600 透過 RSU 廣播出去。中心端功能規劃如表 6.4-6 所示。

表 6.4-6 中心端功能規劃

項次	功能
1	接收並解析 M600(5G)轉發之 SRM 資料(Json 格式)
2	回應 SSM 資料(Json 格式)至 M600(5G)
3	依照緊急優先號誌控制邏輯，進行決策運算後下達優先號誌指令(透過 M600)至號誌控制器

三、車上端

車輛端設備包含導航車機、OBU 及 M600(做為 router 使用)，以實驗測試流程經歷之步驟，分為車端 OBU、導航車機及雲端服務等方面說明如表 6.4-7 所示。

表 6.4-7 緊急救援車輛優先號誌車輛端執行步驟說明

步驟	流程說明	車端 OBU 溝通	導航車機	雲端服務
1	車輛接收緊急任務目的地，規劃路徑		1. 啟動，根據大數據 GVP 路徑預測模型，計算最佳化路徑。	
2	通知一般車輛緊急車輛通過訊息		2. 依照 EVA 格式傳送訊息給雲端及其他車輛	3. 接收緊急車輛 EVA 並提供其他導航王使用者比對，顯示畫面如圖 6.4.8 所示
3	緊急號誌路口抵達時間估算		4. 每秒計算更新各緊急號誌路口 ETA 時間，並組建多路口 SRM(以秒為單位)	
4	進入 RSU 訊號範圍	5. 接收 MAP&SPAT，藉由 ZeroMQ 傳送給車機 8. 接收 SRM 需求，PC5 廣播給 RSU	6. 比對是否為路徑內路口，提供緊急號誌優先需求 SRM 7. 車端顯示前方路口燈號狀況	
5	RSU 接收到優先號誌需求訊息(SRM)，轉達 TMC 並取得號誌狀態訊息(SSM)	9. 接收 SSM，藉由 ZeroMQ 傳送給車機	10. 顯示 SSM 號誌狀態處理訊息	
6	號誌執行紅燈切斷、綠燈延長或拒絕處理	11. 接收 MAP&SPAT，傳遞最新時相變化給車機	12. 車端更新顯示前方路口燈號狀況	
7	車輛通過路口，發出優先號誌需求訊息(SRM)的取消指令	16. 接收 SRM 取消指令，PC5 廣播給 RSU	13. 判斷車輛通過路口 14. 送出 SRM 的取消指令 15. 將已通過路口移出 SRM	
8	重複 4~7 步驟，直到任務完成			
9	結束優先號誌運作，路口時制切換回定時時制。			



圖 6.4.8 其他車輛接收 EVA 成果圖

6.4.4 實驗室測試規劃與結果分析

實驗室測試目的在於測試各功能模組是否能依本計畫之優先號誌運作機制進行優先號誌的請求及執行，並測試所輸出的訊息指令是否能正確傳送與接收，並能符合緊急車輛優先號誌運作需求。測試紀錄資料分別由中心端、路側端及車上端記錄各類資料收發時間，以檢視格式與內容正確性、可靠度(封包丟失率)、延遲(設備間封包收送時間差)。格式正確性以接收端在接到封包後可解析視為正確，可靠度則以發送端發送後接收端是否接收到為判斷依據，延遲以接收時間與發出時間差計算。實驗室測試之成果說明如後。

一、MAP(J2735)訊息

(一) 測試架構

本計畫五處路口 TCROS V2X MAP 車道幾何及 Signal Group 如附件三所示。MAP(J2735)訊息在實驗室測試階段架構如圖 6.4.9 所示，其延遲計算方式係以測試程式將 J2735 message 從 RSU Ethernet port 輸入，至 OBU 的 Ethernet port 輸出的時間差。



圖 6.4.9 MAP(J2735)訊息實驗室測試架構示意圖

(二) 測試成果

MAP(J2735)訊息在實驗室測試階段共測試 10000 筆，格式內容正確性達 100%，可靠度(封包丟失率)約 0.26%，延遲約 0.058 秒。MAP 資料實驗室測試結果如表 6.4-8 所示。

表 6.4-8 MAP 資料實驗室測試成果

MAP 資料	RSU->OBU
格式內容正確	100%
可靠度(丟失率)	0.26%
延遲	58.48ms(約 0.058 秒)

二、SRM/SSM 訊息

(一) 測試架構

SRM 及 SSM 訊息在實驗室測試階段架構如圖 6.4.10 所示，導航裝置係透過 Internet 連接至 OBU，RSU 透過 Ethernet 與 M600 連接，M600 則透過 MDVPN 與 TMC 通訊。

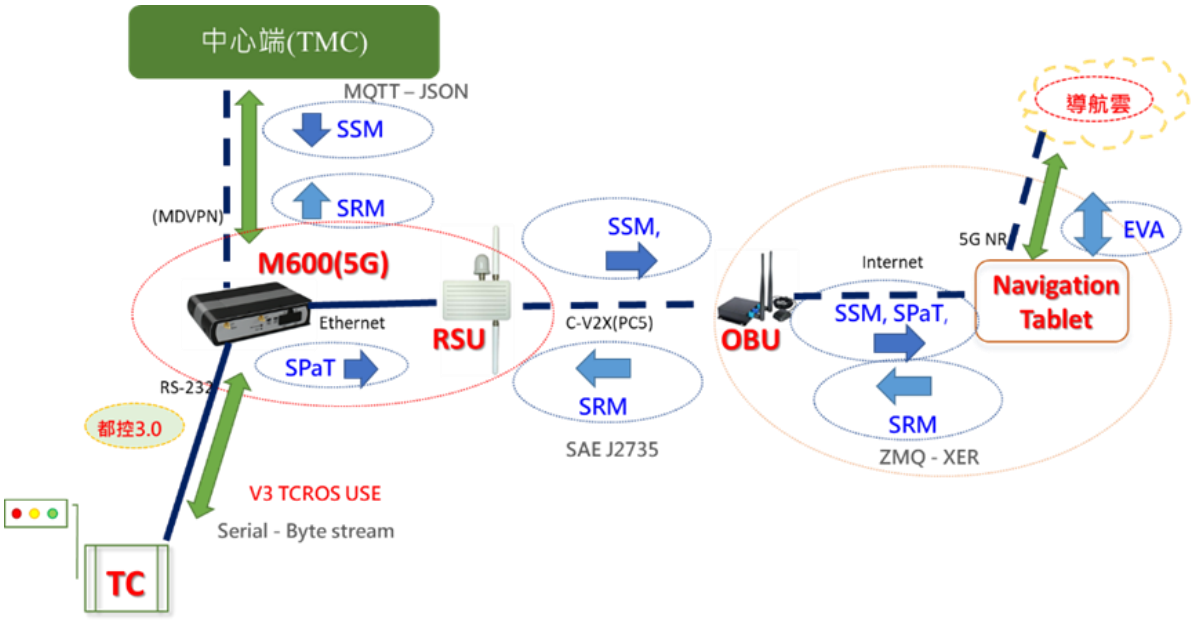


圖 6.4.10 SRM、SSM、SPaT 訊息實驗室測試架構示意圖

(二) 測試成果

由於實驗室測試階段導航裝置係透過 Internet 連接 OBU，因此延遲>1 秒。在實驗室測試階段共統計 85 筆測試資料，格式內容正確性達 100%，可靠度(封包丟失率)約 0%，其中路側端(M600)至 TMC 延遲約 0.0207 秒，

由車上端→路側端→TMC 總共延遲約 1.2975 秒。SRM 資料實驗室測試結果如表 6.4-9 所示。

表 6.4-9 SRM/SSM 資料實驗室測試成果

SRM/SSM 資料	TMC 端發出 SSM 之時間-SRM 之時間
格式內容正確	100%
可靠度(丟失率)	0%
延遲	約 1.2975 秒

三、號誌控制器(TC)測試

號誌控制器測試即透過既有中心(TOPIS)號誌軟體通訊系統，對相同廠牌型號的測試機，進行優先號誌控制指令的測試，主要目的為確認一般通則情況下的優先號誌控制流程，是否可適用於優先控制路口的控制器型號產品。本計畫使用之控制器為普烙 PL-3200，因此將針對此版本控制器進行單元測試。測試包含號誌即時燈態與倒數秒數、時制計畫設定、號誌控制狀態查詢與設定、及號誌優先控制策略執行等，以確保 TMC 能掌握正確與即時之號誌狀態。測試指令如下：

(一) 設定控制策略 5FH+10H 指令 (時相控制)

(二) 查詢目前控制策略 5FH +40H

(三) 回報目前控制策略 5FH +C0H

(四) 主動回報目前控制策略 5FH +00H

(五) 時相步階的即時控制 5FH+1CH

(六) 回傳步階轉換資訊 5FH+03H

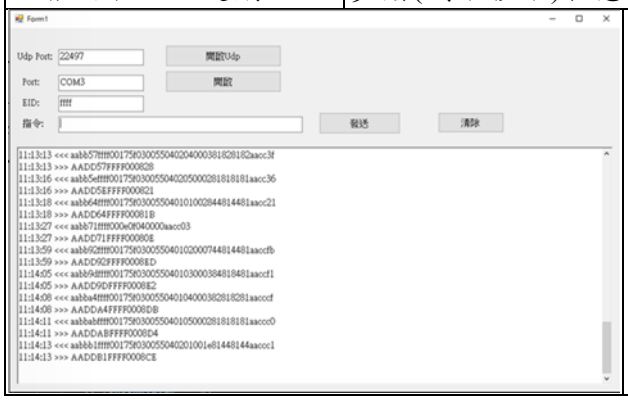
(七) 查詢與回報定時時制 5FH+44H、5FH+45H、5FH+48H、5FH+C4H、5FH+C5H、5FH+C8H。

(八) 5FH+1FH (20H,21H)

經測試，指令均能正常收送，指令測試結果及截圖如表 6.4-10~表 6.4-13 所示。在測試下載 5F10 切換成時相控制，或是切換回復成定時控制時亦能正常切換。惟在下載 5F10 切換成時相控制並設定有效時間 5 分鐘，經測試觀察，5 分鐘後控制器不會回復成 TOD，控制器仍維持在時相控制。因應此項測試結果，在控制邏輯中增加一步驟，在執行完優先號誌後設定切換回 TOD，以使控制器在執行完優先後仍能回復原 TOD 運作。

表 6.4-10 號誌即時燈態與倒數秒數

測試功能規格				
編號： TEST-PLAN01 名稱：號誌即時燈態與倒數秒數			測試日期:2022/10/04	
測試步驟	測試準則	實際輸出	測試結果	備註
1. 確認系統與號誌設備建立連線	1. 監控介面顯示號誌設備連線狀態	正常	符合	
2. 接收定時回報(5F03)	2. 監控介面顯示目前步階(倒數秒數)狀態	正常	符合	
3. 持續接收與確認定時回報內容 2 個週期	3. 監控介面顯示目前步階(倒數秒數)狀態	正常	符合	



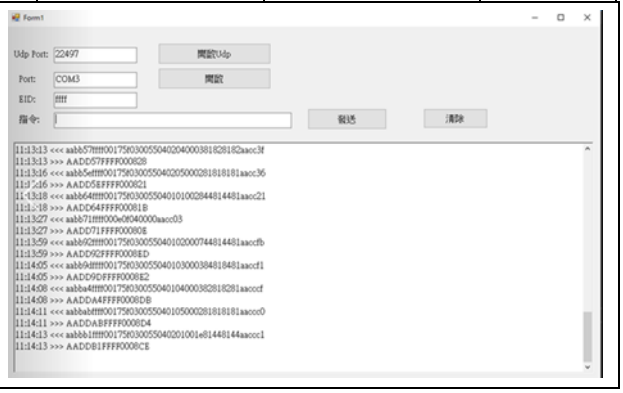


表 6.4-11 號誌時制計畫設定

測試功能規格				
編號： TEST-PLAN02			測試日期: 2022/10/04	
名稱：號誌時制計畫設定				
測試步驟	測試準則	實際輸出	測試結果	備註
1. 確認系統與號誌設備建立連線	1. 監控介面顯示號誌設備連線狀態	正常	符合	
2. 調整下載時制計畫(5F14、5F15)	2. 監控介面顯示時制計畫下載狀態	正常	符合	
3. 查詢控制器時制計畫(5F44、5F45、5F48)	3. 監控介面顯示號誌控制器新下載時制計畫內容	正常	符合	

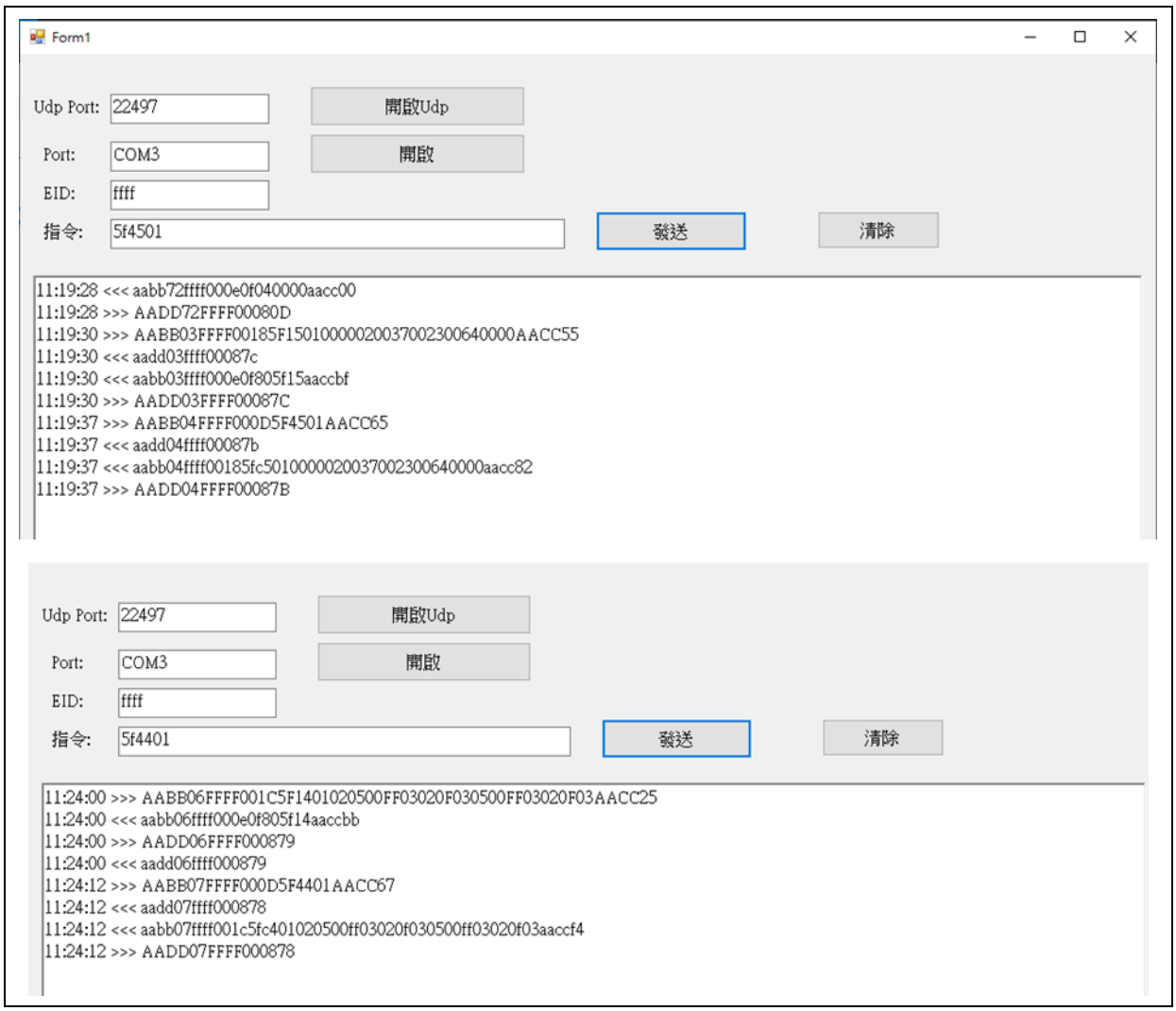
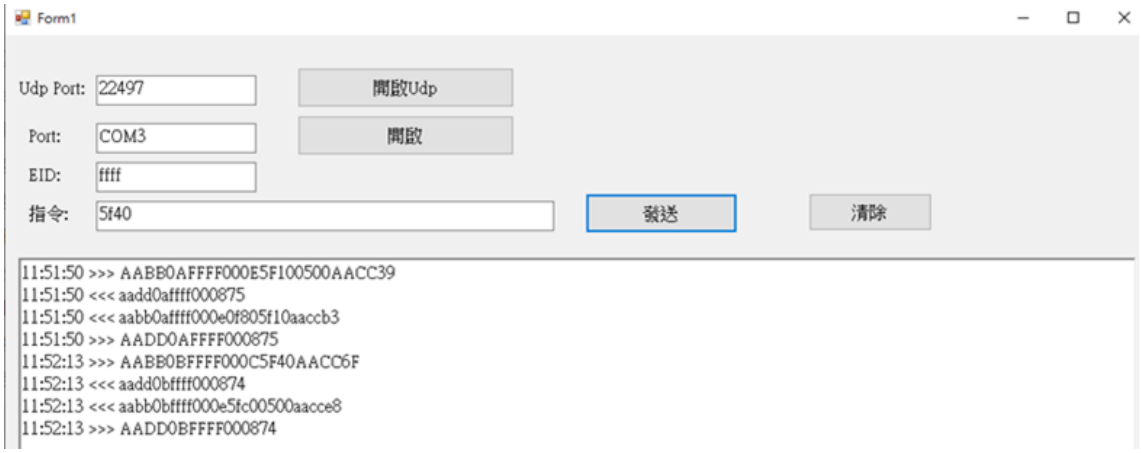
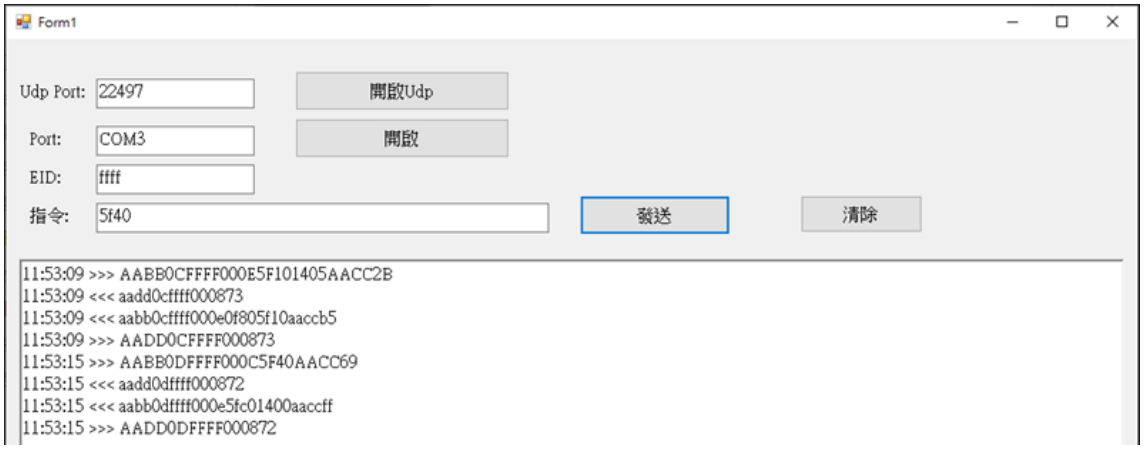
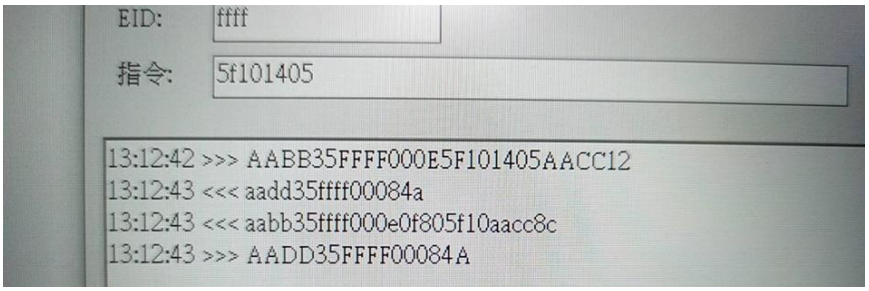


表 6.4-12 號誌控制策略狀態查詢與設定

測試功能規格				
編號： TEST-PLAN03 名稱：號誌控制策略狀態查詢與設定			測試日期: 2022/10/04	
測試步驟	測試準則	實際輸出	測試結果	備註
1. 確認系統與號誌設備建立連線	1. 監控介面顯示號誌設備連線狀態	正常	符合	
2. 設定切換為時相控制(5F10)，有效時間設定為 5 分鐘	2. 監控介面顯示目前號誌控制策略	正常	符合	
3. 查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0)	3. 監控介面顯示目前號誌控制策略切換為時相控制	正常	符合	
4. 等待 5 分鐘以上查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0)	4. 監控介面顯示目前號誌控制策略	5 分鐘後，控制器仍顯示「全動態」，未恢復「全自動」。	未恢復	因應方式:將在優先邏輯中增加執行完優先號誌後設定切換回 TOD。
5. 確認號誌控制策略狀態恢復回 TOD	5. 監控介面顯示目前號誌控制策略切換為 TOD	控制器仍顯示「全動態」，未恢復「全自動」。	未恢復	


Form1
Udp Port: 22497
開啟Udp
Port: COM3
開啟
EID: ffff
指令: 5f40
發送
清除
11:51:50 >>> AABB0AFFFF000E5F100500AACC39
11:51:50 <<< aadd0affff000875
11:51:50 <<< aabb0affff000e0f805f10aaccb3
11:51:50 >>> AADD0AFFFF000875
11:52:13 >>> AABB0BFFFF000C5F40AACC6F
11:52:13 <<< aadd0bffff000874
11:52:13 <<< aabb0bffff000e5fc00500aacce8
11:52:13 >>> AADD0BFFFF000874


Form1
Udp Port: 22497
開啟Udp
Port: COM3
開啟
EID: ffff
指令: 5f40
發送
清除
11:53:09 >>> AABB0CFFFF000E5F101405AACC2B
11:53:09 <<< aadd0cffff000873
11:53:09 <<< aabb0cffff000e0f805f10aaccb5
11:53:09 >>> AADD0CFFFF000873
11:53:15 >>> AABB0DFFFF000C5F40AACC69
11:53:15 <<< aadd0dffff000872
11:53:15 <<< aabb0dffff000e5fc01400aaccff
11:53:15 >>> AADD0DFFFF000872


EID: ffff
指令: 5f101405
13:12:42 >>> AABB35FFFF000E5F101405AACC12
13:12:43 <<< aadd35ffff00084a
13:12:43 <<< aabb35ffff000e0f805f10aacc8c
13:12:43 >>> AADD35FFFF00084A


PL-3200C(M)
2022/10/04 (二) 13:31:44
時段型態: 01
時制計畫: 01
時相編號: 00
目前時段: 04
模式: 全動態
000

表 6.4-13 號誌優先控制策略執行

測試功能規格				
編號： TEST-PLAN04			測試日期: 2022/10/04	
名稱：號誌優先控制策略執行				
測試步驟	測試準則	實際輸出	測試結果	備註
1. 確認系統與號誌設備建立連線	1. 監控介面顯示號誌設備連線狀態	正常	符合	
2. 設定切換為時相控制(5F10)，有效時間設定為 5 分鐘)	2. 監控介面顯示目前號誌控制策略	正常	符合	
3. 查詢與檢視號誌控制狀態(5F40 與 5FC0)	3. 監控介面顯示目前號誌控制策略切換為時相控制	正常	符合	
4. 執行分相步階秒數延長(5F1C)，第一分相第一步階執行秒數延長 20 秒	4. 監控介面顯示目前第一分相第一步階倒數秒數(包含延長)。	正常	符合	
5. 執行分相步階秒數延長(5F1C)，第一分相第一步階執行秒數縮短 15 秒	5. 監控介面顯示目前第一分相第一步階倒數秒數(包含縮短)。	正常	符合	
6. 執行分相步階秒數延長(5F1C)，第二分相第一步階執行秒數延長 20 秒	6. 監控介面顯示目前第二分相第一步階倒數秒數(包含延長)。	正常	符合	
7. 執行分相步階秒數延長(5F1C)，第二分相第一步階執行秒數縮短 15 秒	7. 監控介面顯示目前第二分相第一步階倒數秒數(包含縮短)。	正常	符合	
8. 恢復定時控制(TOD)，結束優先號誌控制策略。	8. 監控介面顯示目前號誌控制策略切換為 TOD	正常	符合	









6.4.5 實作構想與結果分析

一、現場及整合測試實作構想

在實驗室測試完成後，將進行現場及整合測試，現場測試內容重點在於以現場通訊環境(5G)針對各個路側設備逐一測試各路口訊息接收回報狀況，包含交空中新下傳時制並確認現場控制器接收情形，確認 TC 之主動回報、查詢、查詢回報等內容狀況、號誌是否依照預設邏輯運作等。

整合測試則先以測試車輛進行現場測試，待測試車輛完成現場整合測試後，再將車機及 OBU 等車上設備安裝至消防車，以消防車巡迴測試。

測試車輛行駛於測試路徑，待接近路口時，車上端如接收到 RSU 廣播之路口 SPaT 及 MAP 訊息，以每秒更新一次之頻率，送出預估路徑沿途所有路口之 SRM 訊息，包含 SRM 發出時間、預計抵達各路口時間、方向等，並確認 RSU 所回傳之 SSM 資料，顯示結果於導航軟體介面上。同時緊急車輛端會利用導航雲傳送 EVA 訊息，可通知其他導航中之車輛及人員，判斷是否與緊急車輛具有路徑上之重疊，達到告警作用。

TMC 端則在接收到 SRM 訊號即進行優先號誌運算，依據優先邏輯運算各路口所需執行之優先策略，並將結果透過 API 介面傳送至既有交控系統，由交控中心下達指令至現場號誌控制器，進行步階變換，以使車輛能順利通過路口。此外本計畫並另開發 UI 監控介面以便於觀察車輛於行駛路徑之續進情形，亦可查詢優先號誌執行之紀錄。

二、緊急應變計畫

依本計畫之規劃，執行優先號誌所需項目包含 OBU、RSU(含 M600)、TC、中心端及通訊傳輸，各依其功能需求整合運作，設備及通訊在現場環境如發生異常，將影響優先號誌運作。而依道路交通相關法規，特殊種類車輛在開啟警示燈及警鳴器執行緊急任務時，得不受標誌、標線及號誌指示之限制。因此，TC 為現場關鍵設備，在 OBU、RSU 或通訊異常時，雖未能執行優先號誌，現場車流仍能依 TC 預設之定時時制運行，不影響行車安全;而 TC 異常時，現場衝突方向車流可能依各自習慣未減速或停車再開，形成潛在風險。各設備異常狀況之處理流程如圖 6.4.11 所示。

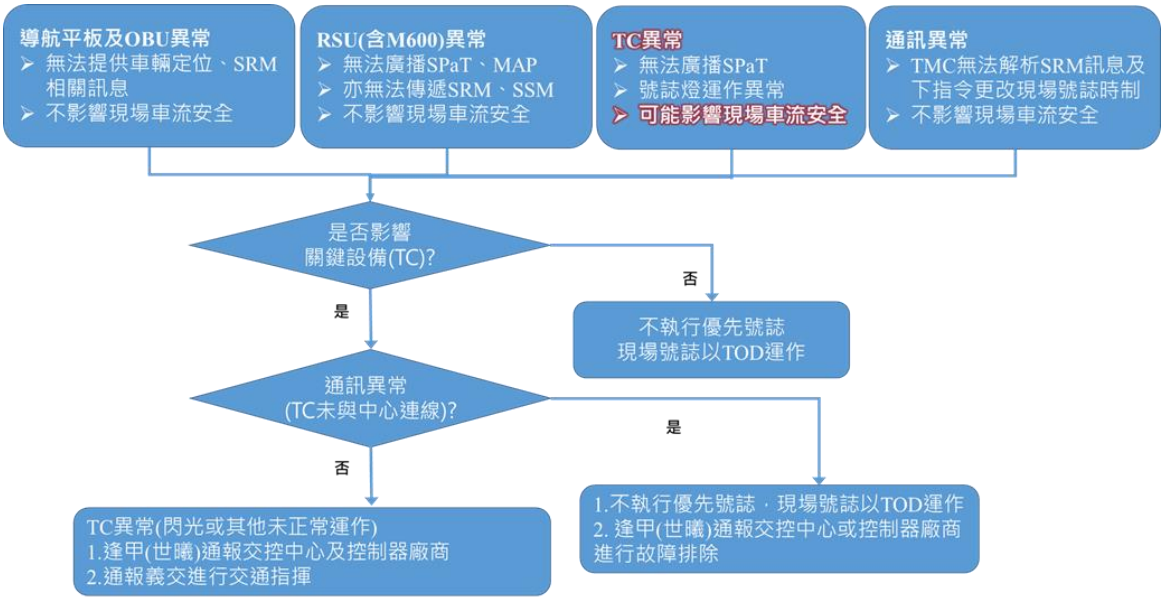


圖 6.4.11 異常處理流程

三、UI 監控介面

本計畫開發之 UI 監控介面分為「即時資訊」及「紀錄查詢」二頁籤。在 TC 與中心連線正常情況下，「即時資訊」頁面可顯示測試範圍各路口即時燈態變化及步接倒數秒數，當車輛開始發送 SRM 訊息且 TMC 收到，則畫面上呈現車輛即時位置資訊，另外畫面右側亦顯示緊急車輛優先號誌相關訊息，包含 SRM 發出時間、訊息序號、行駛路徑、預計抵達之路口 ID、預計抵達路口時間、SSM 發出時間、處理之狀態回報等，「即時資訊」畫面如圖 6.4.12 所示。「紀錄查詢」頁面則可查詢優先執行後之結果，使用者可點選日期時間選擇所要查詢之時段，點選查詢後，即顯示該時段內執行過之紀錄，包含 SRM 發出時間、預計抵達之路口編號、預計抵達路口時間、所執行之優先策略等，亦可篩選所要查詢之路徑、路口，查詢特定路口執行過之紀錄，「紀錄查詢」畫面如

圖 6.4.13 所示。



圖 6.4.12 UI 監控介面-「即時資訊」畫面



圖 6.4.13 UI 監控介面-「紀錄查詢」畫面

四、整合測試紀錄資料

測試紀錄資料之指標包含(封包)丟失率、延遲(設備間封包收送時間差)、及正確性。丟失率以發送端發送後接收端是否接收到為判斷依據，格式正確性以接收端在接到封包後可解析視為正確，延遲以接收時間與發出時間差計算。各類資訊指標統計結果如表 6.4-14~表 6.4-16。

表 6.4-14 SPaT 資料測試結果

指標	路側端發出→車端收到
丟失率	0%
正確率	100%
平均延遲時間(秒)	<1

表 6.4-15 MAP 資料測試結果

指標	路側端發出→車端收到
丟失率	4.7%
正確率	100%
平均延遲時間(秒)	<1

表 6.4-16 SRM/SSM 資料測試結果

指標/日期	TMC 端 收到 SRM→發出 SSM	路側端 收到 SRM→發出 SSM
丟失率	0.44%	2.90%
正確率	100%	100%
平均延遲時間(秒)	0.0387	0.179

五、優先號誌執行結果

本計畫優先號誌系統整合測試結果，各路口執行之優先策略及秒數如表 6.4-17~表 6.4-19 所示。在優先號誌啟動前後抵達路口時之燈號如表 6.4-20 及表 6.4-21 所示，由表顯示可知，在系統啟動前，依測試路徑行駛，車輛抵達路口 4 及路口 5 均會遇到紅燈，在系統啟動後，車輛抵達各路口大多均能遇到綠燈，在 10/20 之第二趟次測試，車輛抵達路口 5 遇到紅燈，主要係因該時間競爭方向仍在執行該方向最小綠燈期間，待競爭方向執行完最小綠燈+黃燈+全紅，即將路權提供給緊急車輛需求方向，因此抵達該路口時雖為紅燈，停等時間亦較 TOD 時減少 24 秒。

由表 6.4-20 及表 6.4-21，測試車輛行經路口次數共 24 次，在系統啟動前，車輛抵達路口遇綠燈之機率為 1/3(約 33%)，在系統啟動後，車輛抵達路口遇綠燈之機率為 23/24(約 96%)，顯示優先號誌確實運作，且可大幅提升(約提升 63%)車輛順利通過路口之機率。此外，亦可由時空圖觀察執行優先號誌後之綠燈帶，以路徑 1-4-5 為例(如圖 6.4.14 所示)，實線為車輛由水湳分隊出發後行經各路口會遇到之燈號，在定時時制(TOD)下，無法續進三路口，勢必停等至少一處路口，虛線則為路口執行優先號誌可續進三路口之綠燈帶寬，執行後大幅提升車輛續進三路口之機率。

表 6.4-17 各路口優先號誌執行策略及秒數(10/20)

日期/路口	路口 1		路口 4		路口 5	
10 月 20 日	策略	秒數	策略	秒數	策略	秒數
第一趟	RT	36	GE	50	GE	25
第二趟	GE	30	GE	50	RT	24
第三趟	GE	30	GE	50	GE	25
第四趟	GE	30	RT	24	RT	16

表 6.4-18 路口優先號誌執行策略及秒數(10/25)

日期/路口	路口 1		路口 4		路口 5	
10 月 25 日	策略	秒數	策略	秒數	策略	秒數
第一趟	GE	30	RT	57	RT	24
第二趟	RT	34	RT	20	RT	19
第三趟	RT	31	RT	100	GE	25

表 6.4-19 各路口優先號誌執行策略及秒數(10/27)

日期/路口	路口 1		路口 4		路口 5	
10 月 27 日	策略	秒數	策略	秒數	策略	秒數
第一趟	GE	30	RT	50	RT	24

表 6.4-20 抵達路口時之燈號(啟動前)

日期	趟次	路口 1	路口 4	路口 5
10 月 20 日	第一趟	綠	紅	紅
	第二趟	綠	紅	紅
	第三趟	綠	紅	紅
	第四趟	綠	紅	紅
10 月 25 日	第一趟	綠	紅	紅
	第二趟	綠	紅	紅
	第三趟	綠	紅	紅
10 月 27 日	第一趟	綠	紅	紅

表 6.4-21 抵達路口時之燈號(啟動後)

日期	趟次	路口 1	路口 4	路口 5
10 月 20 日	第一趟	綠	綠	綠
	第二趟	綠	綠	紅
	第三趟	綠	綠	綠
	第四趟	綠	綠	綠
10 月 25 日	第一趟	綠	綠	綠
	第二趟	綠	綠	綠
	第三趟	綠	綠	綠
10 月 27 日	第一趟	綠	綠	綠

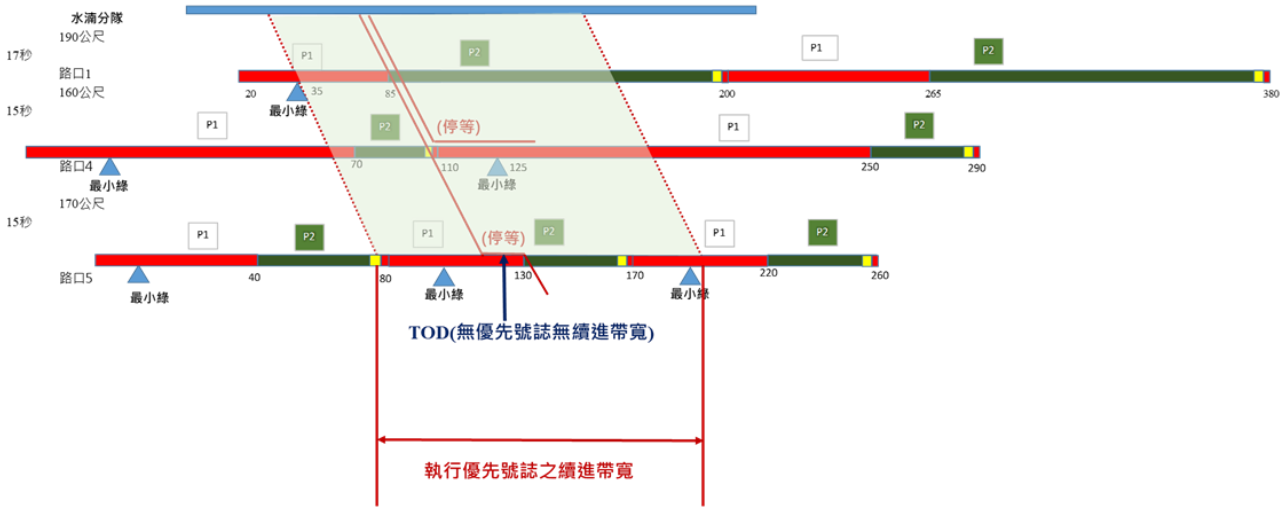


圖 6.4.14 路徑 1-4-5 時空圖

參考前述之時空圖，假設執行優先後續進帶寬內之紅燈時段即為車輛於各路口可減少之最大停等延滯，路口一、四、五分別為 45 秒、70 秒、50 秒，由於個別車輛抵達時間不同，停等時間亦不同，取其平均值做為車輛抵達各路口之平均停等延滯，路口一、四、五分別為 23 秒、35 秒、25 秒，推估車輛於單一路口減少之平均停等延滯約 28 秒。另參考「臺中市統計資料查詢平台」，106~110 年度臺中市消防車出勤輛次平均約 12,513 輛次，假設每一趟次經過 10 處故口，推估一年約節省約 973 小時之延滯時間。

表 6.4-22 臺中市 106~110 年度消防車出動車輛次數

年度	臺中市消防救護服務
	火災救護出動車輛、船艇、直升機-水箱消防車(輛次)
106	12,686
107	11,699
108	11,710
109	12,994
110	13,476
平均	12,513

資料來源：臺中市統計資料查詢平台

六、現場及整合測試遭遇問題及處理方式

(一) 現場號誌時制計畫(路口 1 及路口 4)與設計階段所得資訊不同

在開始現場測試前，需先確認現場路口 TC 時制計畫等基本資料與設計階段資料一致，以確認資料庫內各項參數資料與現場符合。本次於現場測試時發現路口 1 及路口 4 現場號誌時制與設計階段所取得之資料不同，設計階段路口週期為 90 秒，現場 TC 之路口週期為 180 秒。因應現場時制，需

調整資料庫內所設定之各項參數,包含各分相時間、時差與週期需與現場 TC 一致,另外最大綠燈時間亦須隨之調整。以路口 1 經貿東路/經貿二路為例,設計階段資料與現場資料分別如表 6.4-23、表 6.4-24。

表 6.4-23 路口 1 時制計畫(設計階段資料)

路口	時差	週期	分相一					分相二				
經貿東路/經貿二路	(步階)		G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R
	80	90	30	7	3	3	2	30	7	3	3	2
最小綠(含行閃行紅)			15					15				
最大綠(含行閃行紅)								60				

表 6.4-24 路口 1 時制計畫(現場測試階段資料)

路口	時差	週期	分相一					分相二				
經貿東路/經貿二路	(步階)		G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R
	20	180	50	7	3	3	2	100	7	3	3	2
最小綠(含行閃行紅)			15					15				
最大綠(含行閃行紅)								140				

(二) 號誌控制器(TC)未依中心下達之指令回復

在中心對現場 TC 下達 5F+10 指令，TC 模式轉變為全動態，惟待車輛通過路口後，再下一次 5F+10 指令，TC 未依指令回復自動模式。此項功能在實驗室測試階段，TC 可依指令回復，現場測試則否，如圖 6.4.15。



圖 6.4.15 號誌控制器面板-全動態

因應此項目,在執行綠燈延長策略時,控制器必定執行至最大綠燈時間,例如:綠燈最多可延長 30 秒，依照優先邏輯，車輛在延長之第 15 秒即通過

路口，則控制器再接受 5F+10 指令後，應能結束優先(全動態模式)回復為定時(自動模式)，惟現場控制器再接收 5F+10 指令後，並未回復定時(自動模式)，仍維持全動態模式。其影響主要為可能會衝擊競爭方向車流運行，本計畫由於實測場域交通量不大，因此對競爭方向車流影響不大，未來如擴充至其他場域之路口，競爭方向為主要幹道或交通量較高之地點，則可能影響較大。

(三) 路口 5：中心無法查詢時制計畫編號 3，現場 TC 亦無法依下載執行

在每日現場測試前，均需先確認現場路口 TC 連線狀態、查詢及回報功能正常。本次測試均在平日離峰期間，依路口五時段型態為時制計畫編號 3，惟現場測試前查詢，中心無法查詢路口 5 時制計畫編號 3，中心端查詢該路口其他時制編號(2)則可正常查詢回報。經檢視時制編號 3 為四時相路口(簡單二時相循環二次)，時制編號 2 為二時相。現場與 TC 廠商協商後，暫請 TC 廠商將時制編號 3 更改為二時相，週期亦由 180 秒調整為 90 秒因應。路口 5 在設計階段與現場測試階段實制計畫如表 6.4-25、表 6.4-26 所示。

表 6.4-25 路口 5 時制計畫(設計階段資料)

路口編號		時差	週期	分相一					分相二					分相三					分相四				
5	經貿三路/中平路			G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R
		170	180	30	7	3	3	2	15	7	3	3	2	30	7	3	3	2	45	7	3	3	2
	最小綠(含行閃行紅)			15					15					15					15				
	最大綠(含行閃行紅)								45										75				

表 6.4-26 路口 5 時制計畫(現場測試階段資料)

路口編號		時差	週期	分相一					分相二				
5	經貿三路/中平路	(步階)		G	PF	PR	Y	R	G	PF	PR	Y	R
		170	90	35	7	3	3	2	25	7	3	3	2
	最小綠(含行閃行紅)			15					15				
	最大綠(含行閃行紅)								60				

(四) 車機未能正常發送 SRM 訊號

在 10 月 18 日測試時，車機未能正常發送 SRM 訊號，可手動單筆發送，惟設定每秒發送則無法正常執行。經逐步檢測訊息傳遞狀況，確定狀況為車機與 OBU 之 ZMQ 連線無法順利建立，該問題於實驗室內(車機與 OBU 採

internet 連線)未曾發生，現場測試(車機與 OBU 採 Lan 連線)卻無法順利發送。經檢視判斷應為 Android 本身機制 Lan 連線下，阻止導航軟體以背景服務方式對 OBU 頻繁建立 ZMQ 連線。其後將 ZMQ 連線機制服務，改為前景程式執行，提高程式資源優先序後順利解決。

6.5 緊急車輛優先通行建置參考手冊

「緊急救援車輛優先通行建置參考手冊初稿」主要係提供相關單位未來預計建置緊急車輛優先號誌之參考，期望提供建置單位可根據其建置範圍、優先控制需求、成本考量等因素，選用適宜之設備及運作方式。

建置參考手冊分為四章：第一章總則描述手冊目的、系統功能、規劃考量等；第二章為緊急救援車輛優先號誌系統架構，內容包含集中式控制與分散式控制個別適用情境及優先號誌運作邏輯；第三章為實施緊急優先所需資訊需求與設備；第四章為則為定位及通訊技術等內容。本章節茲就前述參考手冊之四個章節內容詳細說明如後，最後歸納四章重點後擬訂緊急救援車輛優先號誌建置參考手冊初稿內容。

6.5.1 手冊規劃目的與原則

一、參考手冊目的

緊急救援車輛(例如救護車或消防車) 因相關道路法令(如「道路交通安全規則」)給予優先通行路權，加上為爭取黃金救援時間，經常需要變換車道、超車搶快，雖做為社會之共識宣導有成，但仍有交通安全之風險存在。再者，緊急車輛雖配備鳴笛警示讓道，但用路人聽音辨認的效果有限，無法得知救援車輛行駛方向，常無法有效避讓，另外用路人對於突然出現於路口或強制通行的救援車輛反應不及，可能導致用路人、救護傷患及消防人員傷亡，因此，如何讓緊急救援車輛安全快速地抵達目的地，實為救護救災安全上的重要議題。

近年來，智慧交通產業持續發展，各縣市亦針對緊急車輛優先提出實作計畫，期望透過實作驗證成果擴大實施範圍，以使救援車輛之運行更有效率。惟各縣市於其轄管範圍均已建置智慧交控系統，既有系統之資通訊設備等技術已趨成熟，而現行交通部力推之「號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準」(Traffic Controller to Roadside Open Standard，TCROS)，期望國內相關技術水準能和國際車聯網市場接軌，考量系統可靠性與延伸性，建置參考手冊將歸納既

有交控與車聯網技術案例，提供相關單位未來建置緊急優先號誌選用參考。

二、緊急救援車輛定義

依「道路交通安全規則」第 93 條第 2 項『消防車、救護車、警備車、工程救險車及毒性化學物質災害事故應變車執行任務時，得不受前項行車速度之限制，且於開啟警示燈及警鳴器執行緊急任務時，得不受標誌、標線及號誌指示之限制。』另依該規則第 101 條第 3 項『汽車聞有消防車、救護車、警備車、工程救險車、毒性化學物質災害事故應變車等執行緊急任務車輛之警號時，應依下列規定避讓行駛：…』。

承上，消防車、救護車、警備車及工程救險車等車輛為道路上特殊種類車輛，執行任務時，得不受法規上行車速度之限制，且於開啟警示燈及警鳴器執行緊急任務時，得不受標誌、標線及號誌指示之限制。

本計畫之緊急救援車輛優先號誌規劃，係以消防車及救護車之需求做為資料蒐集、規劃及實作考量。

三、規劃設計考量

不同的路口型態其所適合之緊急車輛優先通行控制策略可能有所不同，在成本效益考量下，無法針對每一個路口逐一構建控制模式，因此，可先就實施範圍之路口型態分類，再根據所要實施之路口，檢視其現況，規劃可行之緊急車輛優先通行控制模式。

路口型態可概分為獨立路口、幹道型、路網型，規劃時就所欲實施優先範圍之路口型態進行優先策略及控制方式，例如幹道型態，期望緊急車輛在需求方向一次通過數處路口，在策略規劃時需考量讓需求方向可連續通過數個路口的綠燈時間；路網型態則需事先掌握緊急車輛之路徑，由路徑來判斷緊急車輛所需之行進方向及路口數量，例如優先需求方向為右轉　左轉　右轉，則優先需求的續進將破壞既有道路所設計之幹道續進，在規劃時需適度考量；獨立路口則可依其路口車流型態設計。此外須考量車輛開始值勤出發地點與路口相距不遠，須考量訊息傳輸與系統設備反應，針對系統反應時間無法符合優先號誌運作之情況，此時系統設備運算可能較難達到優先效果，則以人工指揮或至現場操作控制器較為適宜。

依本計畫實作案例，車機開機至接收資訊開始運作需 120 秒，由於本計畫測試係額外增加車上設備，包含導航裝置及通訊設備，並非與既有車上端設備整合，因此測試時開機需等待系統設備訊號連結。未來如欲擴大推廣，應考

量與既有設備間之功能整合，例如與蜂鳴器整合，啟動蜂鳴器即啟動優先號誌系統，導航裝置亦須能即時接收定位訊號，以減少車輛發動後始開啟導航而產生之時間損失。

在了解現況及確定控制策略後，則可就系統所需軟硬體進行規劃，例如部分路口可能已實施其他動態控制策略，在既有動態控制執行期間，如再接獲緊急車輛優先通行需求，需暫停動態控制功能，或需處理整體路網運算複雜之策略，此種情形以中心端(集中式)控制較為適宜；如路口數量不多或僅處理單一路口，或對於號誌控制即時性要求較高之路口，可考量以路側端(分散式)控制；此外也可混合運用部分路口以中心端控制，部分以路側端控制之方式。

6.5.2 緊急救援車輛優先號誌系統控制與策略架構

一、優先號誌系統控制方式

為避免同週期執行多次優先時相，應以每週期控制一次為主。根據國內外案例彙整，緊急救援車輛優先號誌控制方式可分為集中式與分散式，二種控制方式說明如下，其比較內容如表 6.5-1 所示。

根據文獻回顧章節，國內及日本案例皆採中心端集中式控制，惟美國採用現場端分散方式，透過路側設備進行運算及判斷。建置方式須同時考量其建置環境下所需之設備與成本，以及傳輸需求。

(一) 中心端集中式控制

車載 OBU 透過無線通訊設備，將車輛 GPS 資訊傳輸至中心系統，進行運算與判斷後，通知號誌控制器改變時制，讓該車輛優先通過目標路口。特色為可搭配其他控制策略進行控制，例如適應性控制配合緊急優先，當緊急救援車輛有優先通行需求時，即暫停執行適應性控制功能，此外，如控制範圍屬路網型態，需同時考量多處路口或是較複雜之邏輯運算，以集中式控制方式較符合需求。惟以 4G 方式傳輸有訊號延遲之可能。

(二) 現場端分散式控制

針對現場控制方式，車載 OBU 透過無線通訊設備將緊急救援車輛 GPS 資訊傳輸至路側設備(IPC)，進行運算與判斷後，通知號誌控制器改變時制，讓該車輛優先通過目標路口。其優點為訊號較不會有延遲之情況，惟路側設備建置成本較高，如需大範圍控制，多數路口均需建置路側設備，管理單位除建置成本外，尚需考量維護成本。

表 6.5-1 集中式與分散式控制比較表

項目	中心端集中式	現場端分散式
控制方式	OBU 之 GPS 資訊透過通訊傳輸至中心系統，進行運算與判斷後，下達指令予號誌控制器改變時制	OBU 之 GPS 資訊透過通訊傳輸至路側設備，進行運算與判斷後，下達指令予號誌控制器改變時制。
傳輸	以 4G/5G 進行傳輸溝通，或經有線網路傳輸至中心，中心再經由路口有線網路或 4G/5G 無線網路，傳輸優先指令。	以 C-V2X 進行路側端與車輛端之溝通。
通訊協定	V3.0 通訊協定	V3.0 通訊協定/TCROS 標準/SAE J2735
優點	可搭配其他控制進行路口控制 路側設備成本較低	● 中心端軟硬體更動幅度小 ● 車路通訊不受行動通訊品質影響。
限制	● 若以 4G 方式傳輸有延遲之可能(受行動通訊品質影響) ● 仰賴中心運算負荷較高	路側設備成本較高

資料來源：高雄市政府交通局緊急車輛優先通行號誌及路口防碰撞系統試辦計畫委託專業服務案

二、優先號誌控制策略

目前國內外實施優先號誌多以主動式控制策略為主，即利用偵測及通訊技術辨識車輛到達，當車輛抵達路口時將觸動訊號回傳控制系統，由預設邏輯判斷並輸出控制結果，相關之策略如圖 6.5.1 所示，並說明如下：

(一) 綠燈延長(Green Extension)

延長綠燈時間的設計主要是在路口綠燈即將結束時，控制系統能夠經由偵測設備所得之資料，判斷是否尚有緊急救援車輛在鄰近路段上即將通過路口及其所需之通過時間。一般而言，系統需根據各緊急救援車輛到達路口時行駛時間及各緊急救援車輛之行車間距的大小，以供系統做為決定延長綠燈時間之依據，惟延長綠燈時間仍有最大綠燈時間限制。

(二) 紅燈截斷(Red Truncation)

為將緊急救援車輛之延滯時間減至最低，在紅燈時相內接收到緊急救援車輛優先通行需求，則系統待衝突向綠燈時相經過最短綠燈時間之後，可根據車輛到達時間，判斷是否須提前切斷紅燈時段，以使緊急救援車輛可順暢通過路口。原則上競爭時相均可縮短，惟仍須維持各時相最小綠燈時間，因此在多時相路口，實施紅燈截斷時，緊急救援車輛到達路口時仍可能遭遇紅燈 ，但可降低緊急救援車輛於路口受阻情況。

(三) 時相插入(Phase Insertion)

時相插入係在號誌控制器中設一個隱藏的時相，在預估緊急救援車輛到達路口時點前後均為競爭時相時，在競爭時相執行完最小綠燈後，插入該優先時相，待車輛通過後，恢復原來的時制計畫。插入時相的優點在於多時相路口可以較快獲得優先權，惟其影響路口時相順序，與用路人先經驗與習慣不符，如有設置插入時相之需求，需透過適當宣導(例如於路口設置提醒標誌牌面)讓用路人充分瞭解時相順序可能會有變化，以免肇生安全風險。

(四) 插入綠燈(Red Interruption)

在紅燈時相內接收到緊急救援車輛優先通行需求，則系統在衝突方向經過最短綠燈時間之後，判斷是否需在緊急救援車輛行進方向之紅燈時相插入綠燈時間，以減少緊急救援車輛受阻可能。插入綠燈係在競爭時相插入綠燈後仍會返回該競爭時相，須特別留意返回該競爭時相剩餘時間如未能滿足最小綠燈，則返回時競爭時相不能開啟行人綠。因此號誌運作方式與用路人經驗與習慣不符，亦需透過適當宣導(例如於路口設置提醒標誌牌面)讓用路人充分瞭解時相順序可能會有變化，以免肇生安全風險。

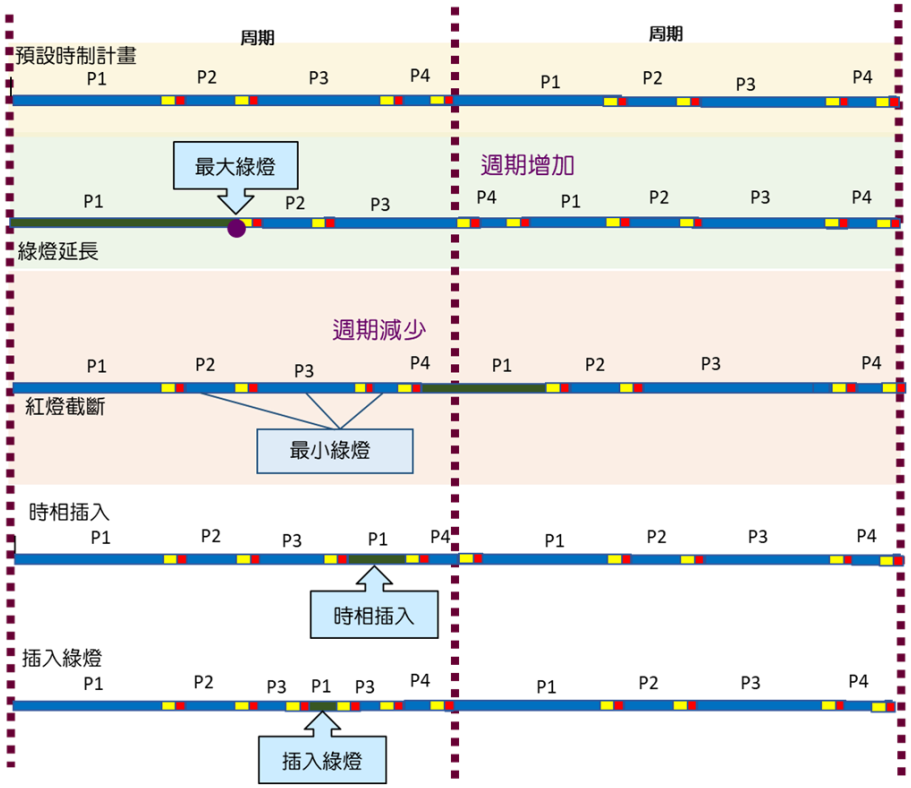


圖 6.5.1 優先號誌策略示意圖

實施優先號誌策略，除確保緊急救援車輛的優先外，仍須維持路口安全，因此優先邏輯運作原則須考量如下：

(一) 各分相均需滿足其最小綠燈時間。

(二) 延長之綠燈時間應有最大綠燈之限制。

(三) 黃燈及全紅時間不得縮短或省略。

(四) 行人與同向車流需分開控制時，現場需具備行人號誌設備。

(五) 補償綠燈(Compensation Green)

補償競爭時相因實施緊急救援車輛優先號誌所損失的綠燈時間,同時避免橫向車輛過多的時間損失，其方式可包含補償綠燈及禁止一段時間內(例如同一週期)再提供優先號誌等功能。

(六) 控制策略組合

控制策略之應用須配合路口的實際交通狀況及需求實施,可採單一策略或組合運用，使緊急救援車輛優先號誌策略有較佳之效果。

三、優先號誌系統控制邏輯

根據文獻案例，優先號誌控制執行階段主要分為以下 4 階段：確認優先號誌運作階段、確認優先號誌策略階段、執行優先號誌策略階段、結束優先號誌階段，各階段之運作邏輯如圖 6.5.2，詳細說明如下。

(一) 確認優先號誌系統運作階段

系統收到初始優先請求訊號後，系統應頻率性蒐集緊急救援車輛資訊，包括車輛座標、通行路徑、路口編號、通行方向及預計抵達路口時間。確認上述資訊後，進行路口對應之號誌狀態確認，若路口號誌為非連線狀態，則不進行號誌控制。

若路口號誌為連線狀態，則藉由規畫路徑與預計抵達路口時間，評估車輛出發地點與路口距離至少需多少，優先號誌才能有效運作，以判斷是否啟動優先號誌。此外,系統亦根據取得之路口編號判斷是否符合控制路口編號,若不符合控制路口編號,則不啟動優先號誌;若車輛需求方向不符合路口當前能提供之方向，亦不啟動優先號誌。

(二) 確認優先號誌策略階段

根據前階段確認之時制內容，判斷抵達時是否為優先時相。如抵達時為優先時相，且通過時間低於競爭時相剩餘最小綠燈+黃+全紅秒數，則車輛可在綠燈時間內通過路口，無須進行優先號誌控制;若通過時間高於競爭時相剩餘最小綠燈+黃燈+全紅秒數，則進一步判斷通過時間是否小於優先時相最大綠燈+黃燈+全紅秒數，若是，則實施優先時相綠燈延長策略，若為非，

則回覆車輛拒絕請求訊息，並不採取動作。

如抵達時非為優先時相，且通過時間大於競爭時相剩餘最小綠燈+黃燈+全紅秒數，則採取競爭時相紅燈截斷策略，代表競爭時相可以在車輛抵達前執行完最小綠燈並切換為優先時相；若通過時間小於競爭時相剩餘最小綠燈+黃燈+全紅秒數，且允許插入時相，則執行插入時相策略，提供優先時相優先權。

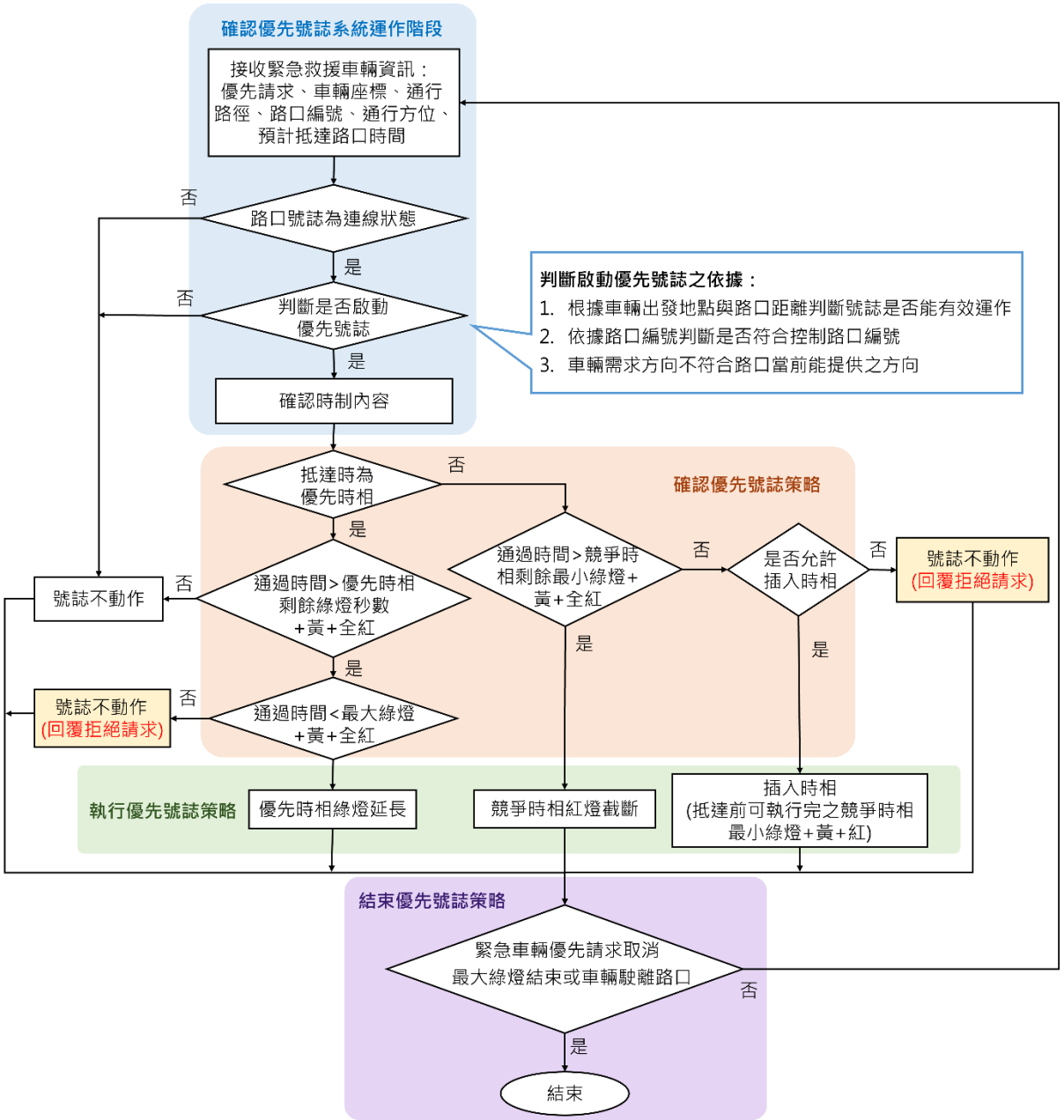


圖 6.5.2 優先號誌系統運作邏輯

(三) 執行優先號誌策略階段

控制路口優先時相策略下載，同時考量現況控制路口執行之分相與步階秒數，決定下載控制為延長、縮短、插入等指令。

執行策略前或期間可發布緊急車輛警示資訊 (EVA)，以提醒用路人。若規劃路線同時有兩部以上的緊急車輛通行需求，且其方向性產生衝突，建議系統透過 EVA 訊息通知緊急救援車輛及人員，或是藉由緊急車輛上之 GPS 收發設備、消防無線電通報各車輛之順序，藉此提醒優先次序較低之救護車輛先行降低速度。

(四) 結束優先號誌階段

當系統判斷車輛駛離控制路口後，即對控制路口下載結束控制指令，使路口恢復定時運作，並由控制執行補償機制。

6.5.3 緊急救援車輛優先號誌系統資訊與設備

一、優先號誌系統資訊需求

緊急救援車輛優先號誌之執行，需藉由接收之訊息判斷執行狀態、合適的優先策略，並發布執行訊息、告警訊息等。訊息包括從車輛基本訊息、路側訊息、中心系統資訊，以及系統運作需判定之車輛偵測點的設置與最佳派遣路徑。各資訊主要依請求訊息編號或路口編號連結鏈連資訊，以下詳述系統各資訊需求內容，資訊內容可依實際狀況進行增/減項之修訂。

(一) 車輛資訊：包含車輛基本資訊及優先請求訊息。

1.車輛基本資訊：車輛座標位置、車速。

2.優先請求訊息：發布訊息時間、路口編號、訊息編號、請求型態(優先請求、請求取消等)、根據最佳派遣路徑得知的車輛入向及車輛離向、入向及離向之車道編號、預估抵達時間、預估抵達時間範圍。

(二) 路側資訊：包含 RSU 設備資訊、號誌資訊、緊急車輛告警訊息及由中心發布地圖資訊。

1.RSU 設備資訊：RSU 註冊訊息(如 RSU ID、位置、路段 ID 等)及 RSU 運作狀態(如連/斷線情形、CPU 使用率、數據傳輸量)。

2.號誌資訊：路口編號、路口時制計畫、號誌運作狀態(包含手控燈、定時號誌、優先號誌等)、號誌燈態、時間點。

3.緊急車輛告警訊息：路口編號、發布設備編號、發布時段排程、號誌狀態變更訊息、緊急車輛入向及離向、車道位置、抵達路口秒數、駛離路口狀態。

(三) 中心端資訊：中心系統資訊為根據車輛基本訊息與路側訊息計算或判斷之資訊，包含優先請求訊息回覆訊息及地圖資訊。

1.優先請求訊息回覆訊息：與優先請求訊息相似，包括發布訊息時間、路口編號、訊息編號、請求狀態回報(同意請求、拒絕請求、處理中等)、根據最佳派遣路徑得知的車輛入向及車輛離向、入向及離向之車道編號、預估抵達時間、預估抵達時間範圍。

2.地圖資訊：路口編號、路口座標位置、各車道編號、車道座標、車道屬性(行駛方向、路口轉向等)、鏈接之車道資訊。

(四) 緊急救援車輛偵測器或虛擬點設置

根據以往案例，系統透過於路口前後設置車輛偵測(觸發)點，藉以於路口前預估緊急救援車輛抵達路口的時間，並於路口後確認緊急救援車輛已離開路口，作優先號誌系統範圍判斷及結束優先策略之判斷機制。

偵測(觸發)點主要分為實體偵測器與虛擬偵測點。實體偵測器僅採用固定點之一次性觸發資料作計算，由於車輛從觸發點到路口之間，可能會受其他車流干擾或路側活動影響行駛速率，無法維持恆定速率，進而影響預估抵達路口時間的準確性，因此亦有研究採虛擬偵測點，在進入優先號誌系統範圍後，車機頻率性回傳車輛定位及速率等訊息(例如每秒回傳)，做為預估判斷之依據。

車機透過 3G/4G/5G 通訊將車輛基本資訊回傳至中心或路側 IPC；若以中心進行控制，則在中心進行優先邏輯判斷後，將指令下達至號誌控制器進行燈號轉換；若以路口 IPC 進行控制，則控制範圍內各路口均需設置 IPC 或數個路口共用一處 IPC，執行控制後再由 IPC 將執行結果回傳至中心。

如車機僅回傳車輛位置、速度資訊，則控制端需另行運算預計抵達路口時間再根據優先邏輯判斷所要執行之優先策略(不改變、綠燈延長、或紅燈截斷)。如車輛端可直接提供預計抵達路口時間，則控制端則無需另行計算。

(五) 緊急救援任務派遣路徑判定

最佳派遣路徑可透過介接消防署派遣系統資料取得或導航軟體提供，兩種方式詳述如下。

1.消防署派遣系統

緊急救援車輛的執勤狀態及任務行經路線，將影響路口優先號誌控制是否需要啟動，以及能否有效率的提前決策判斷。為了直接取得緊急救

援車輛執行勤務的狀態，需取得消防隊協助，進行警報器線路改裝，在不影響警報器正常運作及保固狀態下，讓 OBU 取得警報器的啟動訊號，以做為由 OBU 主動觸發優先號誌的條件。OBU 端運作方式如下：緊急救援車輛出發待機模式、緊急救援車輛執勤模式、緊急救援車輛抵達待機模式。

此外，為了有效進行優先號誌控制決策，提前掌握任務路徑以協助優先號誌的運作，因此與任務派遣中心進行資料交換，可根據其行駛路徑預先瞭解行經路口及所需行駛方向，再透過即時取得車輛位置及行駛方向，判斷是否接近路口，動態給予或收回優先號誌控制。

2.導航軟體提供行駛路徑

如不能與派遣中心系統介接，可由導航軟體(如本計畫實作方式)提供行駛路徑及預計抵達各路口之時間。為使緊急車輛系統精確預估抵達時間，導航軟體提供之時間單位最小需以秒為單位。

如以車輛端提供預計抵達路口時間資訊，則車輛端須具備導航功能、通訊功能、更進一步提供顯示功能，其所需設備包含車用電腦、OBU 以及顯示器。在車輛接近路口時，OBU 收到 RSU 廣播之 MAP 及 SPaT 資訊，並根據自身狀況發出 SRM 訊息，RSU 則將 SRM 訊息傳送至控制端(中心或路側 IPC)，並由控制端回覆 SSM 經 RSU 傳至 OBU。

二、路側設備

根據上述優先號誌資訊，系統所需之路側設備包含號誌控制器、IPC、RSU、CMS 等。路側設備規劃為封閉獨立運行的運作方式，所有設備透過區域網路連線互通資料，與中心連線則採用 GSN VPN 網路。

(一) 號誌控制器

參考國內建置案例，號誌控制器具備都市交通控制通訊協定 3.0(以下稱 V3.0)功能，除基本功能外，也須包含選擇性與進階性功能，包括：

1.設定控制策略 5F H + 10 H 指令。

2.查詢目前控制策略 5F H + 40 H。

3.回報目前控制策略 5F H + C0 H。

4.主動回報目前控制策略 5F H + 00 H。

5.時相步階的即時控制 5F H + 1C H。

6.特勤路線控制(VIP)參數管理 5F H + 1E H。

7.回傳步階轉換資訊 5F H+ 03 H。

如實施範圍較大，一般都市交控之號誌控制器多支援 V3.0，無須大規模更換控制器(需進行控制器之指令測試)，惟如考量未來與國際標準接軌，更換為 TCROS 控制器，則需考量更新成本，有關 V3.0 與 TCROS 之比較如表 6.5-2 所示。

表 6.5-2 TCROS 與 V3.0 應用比較表

項目	TCROS	V3.0
介紹	● TCROS 為號誌控制器與車聯網路側設施間資通訊標準，因應美國(國際)車聯網標準協定(SAE J2735)的應用需求，我國制訂/新增的相應資通訊標準 ● 以 SAE J2735 資訊需求欄位，整合國內都市交通控制通訊協定 3.0 版框架 ● 協定框架以 JSON 結構化資料為基礎 ● 號誌資訊內容為各行駛方向的綠、黃、紅燈起始及結束時間點，以解決傳輸過程中所造成的時間延遲 ● V1.0 標準中有兩個重要資訊 ■ Signal Phase And Timing ➔ SPaT 號誌相位與時間點(號誌資訊) ■ Map Data ➔ V2X MAP 地圖訊息(車聯網地圖)	● 目前國內一般使用交通部頒佈之都市交通控制通訊協定 3.0 版 ● 由於 3.0 版已施行多年，針對各單位新應用，如號誌動態控制的相關通訊協定，各廠商對協定指令有不同處理，目前正持續訂出標準詳細說明，針對多種規則(如：行人與行車倒數號誌、時制轉換與補償、優先號誌控制等)，進行通訊協定檢討與修正。
特色	調和國內交控中心及號誌控制器技術水準至美國(國際)車聯網應用需求➔和國際標準接軌	目前國內一般都市交控之號誌控制器多為支援 V3.0，無須大規模更換控制器。
限制	目前國內一般都市交控之號誌控制器多為支援 V3.0，故需額外經費進行 TCROS 號誌控制器更換或提升擴充	因應國際車聯網市場發展，如果國內外標準不一，會對我國產業或國外的車輛要進來國內，產生無法對接之問題。

(二) IPC

整合緊急救援車輛的觸發資訊、當前路口號誌時制計畫、最短綠、最長綠等相關參數後，依緊急優先號誌控制邏輯，進行預測及決策運算後，下達優先號誌指令至號誌控制器，並於 CMS 顯示緊急車輛警示訊息。最後並將優先號誌執行結果回傳至中心系統。

(三) RSU

如採用 TCROS 通訊標準，在車輛接近路口時，OBU 收到 RSU 廣播之 MAP 資訊及 SPaT 資訊，並發出 SRM 訊息，RSU 則將 SRM 訊息傳送至控至控至端(中心或路側 IPC)，並由控制端回覆 SSM 及判斷所要執行之優先策略後下達指令至號誌控制器以更改時制，RSU 則將 SSM 傳至 OBU。

(四) CMS(選擇性)

於優先號誌改變前/後或車輛行經路口前/後以 CMS 顯示告警訊息，以通知用路人做出應對措施。

三、車輛端設備

車輛端包含車用電腦、OBU 以及顯示器，OBU 與車用電腦定時蒐集車輛基本資訊，並解析接收之地圖資訊、號誌資訊及優先請求回覆訊息，再根據解析之資訊進行顯示。透過 RSU 發布優先請求訊息至中心，OBU 定時傳播車輛資訊至 RSU 進行系統計算。

四、中心端系統

如以中心端控制，中心端功能須包含接收車輛及路側訊息功能，並根據蒐集之資訊定時將優先請求回覆訊息及地圖資訊透過 RSU 廣播出去，此外並能下達指令至號誌控制器更改號誌時制。如為路側控制，則中心端需接收路側控制後回傳之執行結果。

根據高雄市緊急優先通行試辦計畫，若原先路口包含適應性與既有交控軟體，優先號誌系統應考量與既有適應性號誌系統運作，中心系統功能可分為兩部分：

(一) 緊急救援車輛優先號誌系統功能

優先號誌系統，採用模組化開發，功能包括路口號誌資訊接收、策略邏輯演算、回傳緊急優先執行結果。

(二) 適應性號誌系統與緊急救援車輛號誌優先系統整合功能

功能包含資料接收、策略邏輯演算、回傳緊急優先執行結果。其中策略邏輯演算模組將配合調整時制內容，並下載於現場控制器進行時制秒數調整，同時特勤控制之優先時制內容回傳至現場 RSU，提供緊急救援車輛車機顯示優先時制內容。

6.5.4 緊急救援車輛優先號誌系統定位與通訊技術

一、定位及通訊技術

優先號誌系統應即時掌握車輛即時位置與速度等關鍵資訊，以判斷執行之優先號誌控制策略，因此系統應採用之通訊技術應符合安全標準規範，下述說明通訊技術與應用協定之比較，以供技術選用之參考。

(一) 即時定位的效能

全球衛星導航系統國際委員會認定之 GNSS 包括 GPS、 GLONASS、Galileo、BeiDou，表 6.5-3 比較各定位系統之規格與特色，其中 AGNSS 為輔助型系統，用以彌補傳統 GNSS 首次定位等待時間，AGNSS 會在 GNSS 搜索到衛星信號之前，透過通訊基地台連接遠程伺服器的方式下載衛星星曆，提供給 GNSS 做為輔助，並提升 GNSS 精準度，但該系統須透過付費基地台進行資料傳輸，實際細節費用須由電信業者試算。

由於現有衛星定位系統精確度並非達到 100%，因此須透過技術校正衛星定位數據，現有定位校正技術比較於表 6.5-4。此外，在緊急優先通行系統中，車機的 GNSS 定位系統應符合行車安全標準 J2945 定位規範。

表 6.5-3 定位系統比較表

定位系統	中文名稱	定位精度 (m)	測速精度 (m/s)	授時精度 (ns)	特色
GPS (美國)	全球衛星定位系統	10 m (民用)	0.2	20	• 覆蓋率 98% • 設備發展成熟 • 系統隱蔽性佳 • 滲透率高 • 延遲時間待提升
GLONASS (俄國)	格洛納斯系統	5-20 m	0.2	20	• 抗干擾能力強 • 滲透率高
GALILEO (歐盟)	伽利略定位系統	3 m	0.2	20	• 精準度高
BDS (中國)	北斗衛星導航系統	10 m(全球) 5 m(亞太)	0.2(全球) 0.1(亞太)	20(全球) 10(亞太)	• 具短信通訊服務 • 滲透率不高
AGNSS (電信業者)	輔助全球衛星定位系統	5-10 m	-	-	• 冷啟動時間短(~8 秒) • 有訊號的環境訊號不易受影響，但定位精度受訊號影響 • 降低終端耗電量 • 需支付額外電信基地台資料傳輸費

註：定位精度、測試精度及授時精度均為各衛星導航系統規劃指標，各衛星導航系統精度不斷提升中。

表 6.5-4 定位技術比較表

定位技術	運作方法	特色與限制	
AGNSS (輔助 GNSS)	在搜索到衛星信號之前，透過通訊基地台連接遠程伺服器下載衛星星曆，提供給 GNSS	特色	• 縮短冷啟動時間 • 依賴訊號穩定程度 • 定位精度 5-10 m
DGNSS (差分 GNSS)	透過廣播差分修正訊號給使用者，藉此改善使用者 GNSS 定位精度	特色	• 適用於長距離 • 成本較 RTK 低 • 最高 40 cm 的定位精度
		限制	• 訊號易受遮蔽物(如樹蔭)影響，使用地面無線網路可解決上述問題
RTK 即時動態	只要將基準站位置架在已知坐標點的位置上，即可精確計算位置	特色	• 適合短距離 • 即時校正現場數據 • 若訊號穩定，無需使用 GCP (地面控制點) • 時間效益較高 • 依賴訊號穩定程度 • 釐米級高精度定位 (~5 cm)
		限制	• 高成本 • 大面積測繪容易發生訊號中斷 • 障礙物遮蔽容易導致數據失準
PPK 動態後處理	從衛星蒐集數據，在飛行後進行 GPS 數據校正。	特色	• 釐米級精度 (~10 cm) • 適合長距離 • 不易受地形限制，不易斷訊 • 不需要 GNSS 基準站到無人機基之間的連接，具有更高的靈活性
		限制	• 無需 GCP (地面控制點) • 無法即時接收校正數據 • 事後數據處理較耗時

資料來源：工業技術研究院(2018)

(二) 緊急救援車輛與路側設備間的通訊技術及應用協定選用

目前車聯網技術 V2X 有兩個標準，分別為 IEEE 組織主導基於 802.11p 的專用短距離通訊(DSRC)及 3GPP 主導的 C-V2X(蜂巢式車聯網)。USDOT 在 2000 年時結合 IEEE 提出 Dedicated Short Range Communication (DSRC) 車聯網 V2X 技術。歐洲也幾乎同時提出基於相同 IEEE 802.11p 實體層底層的 ITS-G5 車聯網 V2X 技術。之後，行動通訊網路標準組織 3GPP 在 Release 14 之後開始將 Cellular-V2X (C-V2X)納入標準。直到 2020 年凍結的 Release 16，產業技術發展已逐漸從 DSRC(Dedicated Short Range Communications)轉向 C-V2X。和 DSRC 相比，C-V2X 有較好的資源管理機制，預期會有較好的通訊效能以及較可靠的通訊品質，因此目前趨勢朝向以 C-V2X 為主流。

針對緊急救援車輛行車安全及優先號誌控制需求,選用合適的通訊技術及應用協定。如：依據低延遲及通訊範圍需求的特性，選擇適當的車間通訊技術，以高雄市緊急優先通行試辦計畫為例，該計畫採用 SAE 標準訊息構建應用服務，緊急救援車輛 OBU 與路側 RSU 透過 C-V2X 車載通訊，採用符合 C-V2X R14 PC5 標準和 IEEE 1609 系列通訊協定，其中優先號誌請求採用車載應用標準訊息 SAE J2735 BSM (Basic Safety Message)、SRM (Signal Request Message)、SSM(Signal Status Message)；號誌秒數方面採用 SPAT (Signal Phase and Timing)、MAP (Map Message)編解碼傳送相關資訊。

有關通訊技術之選用，初步針對 4G/5G 及 C-V2X 技術進行比較，如表 6.5-5 所示。

表 6.5-5 4G/5G 與 C-V2X 技術比較表

<table>
<tr><th>項目</th><th>4G/5G</th><th>C-V2X</th></tr>
<tr><td>介紹</td><td>● 蜂巢式網路
● 3GPP 規範中,4G 包括版本 10 到 14；5G 包括版本 15 到 17 及更高版本。
● 3GPP Release 14 (4G)允許直接的設備到設備通訊(不涉及蜂窩基站)。這通常被稱為 LTE-CV2X。
● 3GPP Release 15 (5G) 奠定 5G 的基礎，引入了新的無線電概念，針對增強移動寬頻網路(eMBB)場景進行標準制訂。它不會更改 R14 中的設備到設備通訊。R15 中無 5GNRC-V2X 技術。
● 3GPP Release 16 (5G)在 R15 的基礎上完善 uRLLC 和 mMTC 場景的標準規範。R16 增加了對 5G NR 免許可頻譜(NR-U)的支持，並定義新無線電的設備到設備通訊。主要針對的工業互聯網、車聯網等垂直行業領域。使用 R16 的設備需要 R14 無線電才能與 LTE-CV2X 設備通訊。
● 3GPP Release 17 (5G)從網路覆蓋、移動性、功耗和可靠性等方面擴展了 5G 技術基礎。R17 對 5G 毫米波進行了頻譜擴展，並增強了毫米波及終端能力特性，更多公共安全、非地面網路和非公共網路的新用例和部署方式將得以實現。</td><td>● 蜂巢式網路基礎
● 透過採用直接通訊模式，支援與其他汽車、行人終端及道路旁基礎設施(如交通號誌和施工區域)進行直接通訊，無需使用蜂巢式網路或成為行動數據電信用戶。
● C-V2X 應用之 3GPP 標準規範初步分為三階段：階段一為 R14 的 LTE-based V2X (LTE V2X)，階段二為 R15 的 LTE-based enhanced V2X (eV2X)，階段三為 R16 NR-based V2X (NR-V2X)。而今年定案的 R17 的朝向 NR-based enhanced V2X 朝向發展更低功耗與低延遲的資源分配、廣播/群播/單播的特性增強等相關技術。各標準之技術規格如下表 C-V2X 之 3GPP 標準技術規格所示。
C-V2X 之 3GPP 標準技術規格
<table>
<tr><th>標準</th><th>技術</th><th>傳輸範圍 (m)</th><th>延遲時間 (ms)</th><th>最高車速 (km/h)</th></tr>
<tr><td>R14</td><td>LTE V2X</td><td>500~600</td><td>< 15</td><td>250</td></tr>
<tr><td>R15</td><td>eV2X</td><td>1000</td><td>< 15</td><td>500</td></tr>
<tr><td>R16</td><td>NR-V2X</td><td>1000</td><td>< 1</td><td>500</td></tr>
</table>
● C-V2X 包括直接通訊和基於網路的通訊，支援車對車(V2V)、車對基礎設施(V2I)、車對人(V2P)和車對網路(V2N)。</td></tr>
</table>

項目	4G/5G	C-V2X
	● 3GPP Release 18 (5G) 定義為 5G Advanced 技術的開端，該標準目前尚未定案，與 R16 及 R17 的垂直行業領域擴展不同，R18 將基於人工智慧及機器學習的技術引入無線網路，並擴展現實領域。	
特色	● 5G 中備受關注的最高速度通常被稱為“毫米波”，它在 26、28 或 39 GHz 左右的寬頻帶中運行。可提供高傳輸速率，但範圍極短。 ● 與現有的 4G LTE 連接相比，它允許更高的數據速率，而範圍損失很小。 ● 5G 的 OTA 點對點的傳輸延遲約 1~5ms，而 4G 的傳輸延遲約 30~50ms。	● 通訊範圍廣和無線電性能：C-V2X 可以提供更高的通訊範圍(約 2 倍的視距) ，更好的非視距(Non-Line-of-Sight) 性能，提高可靠性(更低的封包數據錯誤率) ，更高的容量，以及更出色的壅塞控制能力。 ● 相容性：C-V2X 旨在為 5G 提供一個演進路徑，並且可以向前/向後兼容。 ● 低延遲：C-V2X 專為低延遲直接通訊而設計。C-V2X 的最小傳輸延遲最多為 4ms，並且可能會更低。 ● 高速移動使用：C-V2X 直接通訊利用其蜂巢式傳統優勢，專為高速車輛案例設計。
限制	電信服務運營商須安裝足夠基地台，才能滿足覆蓋需求。	建置成本高。

二、優先號誌車路協同運作

以高雄市緊急優先通行試辦計畫為例，該計畫為求達到建置標準化及互通性，規劃採用國際車載通訊訊息標準 SAE J2735 中相關訊息格式，實作緊急救援車輛與路側/中心間優先號誌運作機制，以確保未來廣泛建置的一致性。

SAE J2735 中，SRM(SignalRequestMessage)與 SSM(Signal Status Message)可透過訊息傳遞優先需求，藉此提供優先號誌服務。同時可從由 RSU 所發出的 SSM 訊息中瞭解所有處理中的 request 狀態，如果 request 處理成功並接受，申請需求的車輛即可從 SPAT 中瞭解號誌狀態的變化。

綜上所述，中心端控制及路側端控制所使用之通訊技術、協定及設備彙整如表 6.5-6 所示。

此外，有關成本效益受多重因素影響較難客觀分析，例如：優先號誌建置路段與主要幹道(交通壅塞路段)為衝突方向，主管機關目標期望對主要幹道影響最小，優先號誌最大可延長綠燈幅度因而受限，則優先號誌效益可能較不明顯；反之，如主管機關目標以緊急車輛可通過為主，可容許之延長綠燈時間較長，則緊急車輛通過路口之機率更高，效益較為明顯。成本則與建置地點該縣市既有設備

及通訊環境相關，例如：既有路口號誌連線率高，則其可在既有設施下擴充或新增功能，成本相對較低，如既有路口號誌連線率低，則需更新路口號誌控制器或加裝通訊模組使路口號誌連線，另外如需更新路口號誌控制器具 TCROS 功能，亦需根據既有號誌控制器型號以決定是否整台控制器更新或是僅更新韌體。綜上所述，成本效益受建置場域主管機關目標、既有設備及通訊等因素影響，較難客觀分析，主管機關可依其需求考量所需選用之運作架構及設備以達到優先號誌功能。

表 6.5-6 技術綜整比較表

車載資訊通訊方式		4G/5G	C-V2X
通訊協定		V3.0	TCROS，以 SAE J2735 資訊需求欄位，整合 V3.0 版框架
中心端控制	運作流程說明	OBU 之 GPS 及速度等資訊透過 4G/5G 傳輸至中心，進行運算與判斷後，通知號誌控制器改變時制，讓該車輛優先通過目標路口。	● OBU 透過 C-V2X 接收 RSU 廣播之 SPaT/MAP 訊息，向 RSU 發出 SRM 訊息，RSU 再將 SRM 傳送至中心。 ● 中心回覆 SSM 訊息經 RSU 至 OBU，並進行優先號誌運算與策略判斷後，將號誌控制指令下達至號誌控制器。
	特色	● 可降低路側 IPC 建置成本。 ● 既有 V3.0 協定已可支援優先號誌運作需求。 ● 中心軟體/車機/號誌控制器變動幅度較小。	● 可降低路側 IPC 建置成本。 ● 車路通訊不受行動網路服務品質影響。 ● 車路通訊採用國際標準易於與國際接軌，有利範圍擴充與整合。 ● OBU 可即時掌握號誌燈態。
	限制	● 可能受行動網路服務品質影響。 ● 緊急車輛優先訊息缺乏統一標準，擴充與整合不易。 ● 相較於使用 TCROS 的 C-V2X，較不易精準掌握即時燈態。 ● 大範圍執行可能增加中心端運算負荷及資安成本。	● 目前國內一般都市交控之號誌控制器多為支援 V3.0，故需額外經費進行 TCROS 號誌控制器更換或升級。 ● 中心需新增或擴充功能，以因應 TCROS 訊息需求。 ● 大範圍執行可能增加中心端運算負荷及資安成本。
	設備	● 路側端:TC(含通訊模組)、CMS(選擇性) ● 車輛端:OBU、顯示器 ● 中心端:新增伺服器或既有伺服器新增(或擴充)功能(推估車輛預定抵達路口時間、優先策略邏輯演算、優先號誌控制指令、動態號誌系統整合功能(選擇性))	● 路側端:TC、RSU、CMS(選擇性) ● 車輛端:車用電腦、OBU、顯示器 ● 中心端:新增伺服器或既有伺服器新增功能(優先策略邏輯演算、優先號誌控制指令、動態號誌系統整合功能(選擇性))

車載資訊通訊方式		4G/5G	C-V2X
通訊協定		V3.0	TCROS，以 SAE J2735 資訊需求欄位，整合 V3.0 版框架
路側端控制	運作流程說明	OBU 之 GPS 及速度等資訊透過 4G/5G 傳輸至路側 IPC，進行運算與判斷後，通知號誌控制器改變時制，使車輛優先通過目標路口，並將執行結果回傳至中心。	OBU 透過 C-V2X 接收 RSU 廣播之 SPaT/MAP 訊息，向 RSU 發出 SRM 訊息，再由 IPC 進行運算與判斷後，執行優先號誌控制。
	特色	● 既有 V3.0 協定已可支援優先號誌運作需求 ● 中心軟體/車機/號誌控制器變動幅度較小 ● 大範圍執行對於中心負荷影響較小	● 車路通訊不受行動網路服務品質影響 ● 車路通訊採用國際標準易於與國際接軌，有利範圍擴充與整合 ● OBU 可即時掌握號誌燈態 ● 中心軟體變動幅度較小，大範圍執行對於中心負荷影響較小
	限制	● 路側設備(IPC)建置與維護成本增加 ● 可能受行動網路服務品質影響 ● 緊急車輛優先訊息缺乏統一標準，擴充與整合不易 ● 相較於使用 TCROS 的 C-V2X，較不易精準掌握即時燈態。	● 路側設備(IPC)建置與維護成本增加 ● 目前國內一般都市交控之號誌控制器多為支援 V3.0，故需額外經費進行 TCROS 號誌控制器更換或升級。
	設備	● 路側端:IPC、TC (含通訊模組)、CMS(選擇性) ● 車輛端:OBU、顯示器 ● 中心端:新增伺服器或既有伺服器新增功能(接收優先號誌執行結果)	● 路側端:IPC、TC、RSU、CMS(選擇性) ● 車輛端:車用電腦、OBU、顯示器 ● 中心端:新增伺服器或既有伺服器新增功能(接收優先號誌執行結果、傳送 MAP 資料至路側端)

第七章 都市交通控制協定檢討

智慧交通數位神經中樞系統之功能組成包含即時偵測、資料分析、3D 視覺化模型、模式庫、知識庫。而通訊協定為都市交通控制之基礎，路側設備即時偵測的資料回傳、設備的控制以及故障狀態的蒐集等等，都需要透過通訊協定來溝通。如果在智慧交通數位神經中樞系統中，各項路側設備為眼睛或是手腳，那通訊協定就是在神經網路上傳遞的訊號，扮演資訊傳遞蒐集之重要角色，透過這些訊息的交換，能讓設備與中心整合在一起，做為後續資料分析、3D 視覺化模型、模式庫、知識庫等功能之基礎，提供完整的交通管理服務。

本期將延續前期的研討成果，針對尚未完整探討的都市交通控制通訊協定內容進行進一步之確認，並研討新的應用方向，包含資訊可變標誌通訊協定、電子標籤偵測器通訊協定以及自動車輛辨識器通訊協定，讓整個都市交通控制通訊協定檢討的內容更為完善。

7.1 檢討原則與執行構想

7.1.1 檢討原則

都市交通控制通訊協定制訂過程，須保持一貫之準則，以確保協定修訂之後仍具有一致性，避免使用此協定之開發單位誤解，減少錯誤發生。都市交通控制通訊協定之修訂原則可分成三大點，如圖 7.1.1 所示。



圖 7.1.1 通訊協定修訂之原則

一、建立基礎

都市交通控制通訊協定制訂的原則之一就是採用基礎的指令完成複雜的任務。基礎指令的定義為不可分割之指令，也就是基礎指令包含要完成一項任

務最少的資料項目。過長的指令或是過多的資訊，可分割成多個協定下載，複雜的任務則是採用基礎指令組合完成。基礎指令的另一個特色就是為必要指令，如果管理需求上目前無此必要或是可有可無時，通訊協定制訂原則建議先不規劃此種指令，因為隨著技術發展，未來的環境可能與現今差異很大，因此過多設計可能導致這些指令變成不適用，若是後續沒有滾動式修訂指令，會造成通訊協定使用者之困擾。

二、避免重複

都市交通控制通訊協定制訂的原則之二就是避免重複，除了避免指令上重複，也需要避免指令中的參數重複定義。功能類似的指令，需要彙整與歸納成唯一之協定，減少模稜兩可之模糊空間，導致通訊協定使用上之誤解。指令中的參數也具備相同特性，同樣的參數只會於協定中出現一次，其餘皆用參考的方式表示，雖然閱讀協定內容時會較為不便，但是避免定義不同或是誤植的情況發生，藉由避免重複發生之制訂原則，提升通訊協定內容之正確性。

三、降低負擔

都市交通控制通訊協定制訂的原則之三為降低負擔，都市交通控制通訊協定之時空背景為數據機技術時代，通訊傳輸之頻寬無法與現今 4G/5G 或是光纖寬頻相比，因此許多資料採用 bit 為單位來傳遞，雖然降低可讀性，但是提升了傳輸速率。除了通訊量之降低，協定制訂過程也考慮傳遞資料的必要性，只傳遞必要的資訊，因此也能提升設備之處理速度。同時，協定中對於定期傳輸的資料種類，都會指定資料傳遞週期管理，當中都有一個「有資料才回傳」之模式，透過增加資料回傳方式的彈性，減少定期回報空資料之負載。

7.1.2 執行構想

對於協定的檢討與修正的方式，建議採用滾動式的修訂。因為每一條協定都需要多方討論與修改，才有辦法切合實際使用，從蒐集需求、制訂解決方案、蒐集使用單位回饋與問題等重複的步驟，利用多次滾動修訂，配合來自產官學的意見，凝聚大家的共識，最終制訂下一版的通訊協定。採用的概念如圖 7.1.2 所示。

一、需求階段

整體的方法論強調的就是使用者情境導向，也就是以實際需求為出發來制

訂所需要的通訊協定。這裡的需求包含了：各縣市實際運作的需求、交通領域專家的想法與建議、以及開發軟硬體設備廠商的實務經驗。此外，也要蒐集國內外相關資料，做為討論時的重要依據。

需求階段制訂的反覆程序就是召開研討會，廣邀各地先進對於新的通訊協定表達意見，問題解決的門檻就是根據必要性之考量來聯集各方意見，獲得最大集合。當各方想法都能妥善兼顧之後，就能進入下一階段。

二、設計階段

設計階段強調制訂一個通用簡化的通訊協定基礎，並保留通訊協定擴充性與彈性，並且根據通訊協定制訂原則，修正與調整不合理之指令。

(一) 歸納通訊協定

都市交通控制通訊協定 3.0 版可區分成三大應用，分別是資訊發佈、交通管制以及資料蒐集。對於新增設備的應用上，也能歸納成這三大應用方向。

(二) 一致性應用原則

制訂通訊協定一致性之原則為儘量減少例外或是多種結果的情況。下載指令碼與結果指令碼應該儘量維持一對一之關係，如果有多種可能之結果，應以後續的參數來區分。通訊協定對應如為一對多，將會容易造成通訊協定檢核上的困難度，也會增加通訊模組開發的複雜度，在未來的擴充性或是需要修訂的時候，也會遇到較多的問題，因此在設計通訊協定時需謹記一致性原則之應用。

(三) 降低指令使用複雜度

制訂新的通訊協定要維持既有的良好規劃原則，指令碼能讓使用人員快速的瞭解操作的設備種類，設備碼則能清楚界定該指令的用途：設定、查詢、查詢回報以及主動回報。套用此原則能讓使用者在任何時間都清楚指令的用途，減少誤用的情況。

設計階段的完成門檻就是要通訊協定中不吻合設計原則的數目，有可能因為某些限制導致有指令無法符合上述原則，除了這類指令之外，其他的指令都必須嚴格遵循設計原則。

三、驗證階段

制訂完成協定初稿後，要再與使用單位與學術單位進行確認，並蒐集回饋意見並再次修正，確認修改之內容是否合適，做為協定發佈的驗證標準。

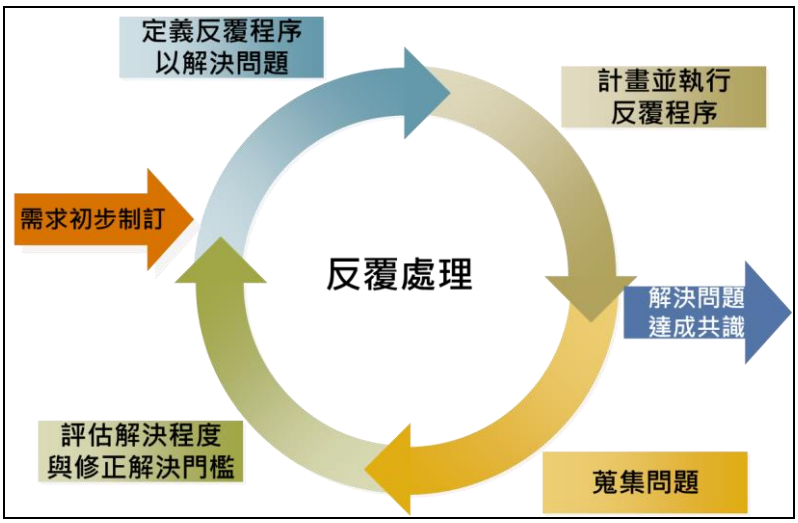


圖 7.1.2 都市交通控制通訊協定檢討方式概念圖

7.2 第一年期(110 年)計畫檢討成果

本計畫第一年期(110 年)舉辦多次座談會(如剩餘仍須討論之議題，將於今年度(第二年期)進行討論。

表 7.2-1)，用以蒐集各界先進對於都市交通控制通訊協定 3.0 版的使用意見與改善意見，並藉由座談會之方式，凝聚各方共識，多數內容已獲得交通管理單位與設備開發單位之共識，相關修訂成果列式說明如表 7.2-2，剩餘仍須討論之議題，將於今年度(第二年期)進行討論。

表 7.2-1 第一年期(110 年)都市交通交通控制通訊協定座談會內容

舉辦時間	座談會名稱	座談會議議題	參與對象	招開方式	參加人數
2021/8/4	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討第一次座談會	蒐集各界先進對於交通控制通訊協定 3.0 版的改善需求與建議	各界先進，包含產、官、學之代表與專家	線上	114
2021/10/7	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺北細部座談會	蒐集臺北市交通控制中心採用通訊協定 3.0 版的實務意見	臺北市交通控制中心人員與協力廠商	線上	10
2021/10/12	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-臺南細部座談會	蒐集臺南市交通控制中心採用通訊協定 3.0 版的實務意見	臺南市交通控制中心人員與協力廠商	現場	10
2021/11/1	都市交通控制通訊協定3.0版檢討座談會—管理單位場	蒐集交通管理單位針對通訊協定 3.0 版修訂初稿之意見	各單位交通管理人員，包含各交通控制中心人員	線上	50
2021/11/3	都市交通控制通訊協定3.0版檢討座談會—開發單位場	蒐集交通開發單位針對通訊協定 3.0 版修訂初稿之意見	開發廠商，包含路側設備廠商與中心系統整合廠商	線上	50
2021/11/22	都市交通控制通訊	蒐集各界先進對於通	各界先進，包含交	線上	39

舉辦時間	座談會名稱	座談會議議題	參與對象	招開方式	參加人數
	協定3.0版檢討座談會—修訂確認場	訊協定 3.0 版修訂意見調整後之意見	通管理人員與開發廠商		

表 7.2-2 第一年期都市交通控制通訊協定檢討成果

協定分類	協定內容	協定指令	修訂狀態備註
現場設備共用訊息	設備日期、時間管理	0F H+42 H、0F H+C2 H、0F H+22 H 0F H+52 H、0F H+D2 H	初稿完成
	高精度時間管理	0F H+32 H、0F H+62 H、0F H+E2 H	初稿完成
	硬體設備狀態議題	0F H+04 H、5F H+56 H、5F H+D6 H 03 H	初稿完成
	硬體設備組態資訊議題	0F H+53 H、0F H+D3 H、0F H+4E H 0F H+CE H	初稿完成
號誌控制器訊息	動態控制與即時控制	5F H+10 H、5F H+14 H、5F H+48 H 5F H+C8 H、5F H+1C H	初稿完成
	號誌時段、時制指令調整	5F H+03 H、5F H+16 H、5F H+46 H 5F H+17 H、5F H+3F H、5F H+0F H 5F H+34 H、5F H+64 H、5F H+E4 H	初稿完成
	行人觸動調整	5F H+19 H	持續蒐集行人觸動模式與各家號誌控制器之實作參數
	綠衝突指令	5F H+27 H、5F H+57 H、5F H+D7 H	初稿完成
	號誌控制器時制補償議題	5F H+25 H、5F H+55 H、5F H+D5 H	早開和遲閉的時相調整的確可能造成幹支道對應參數不同，此需求還須繼續研討，調整參數內容。
	號誌控制器主動回報機制	5F H+08 H、5F H+28 H、5F H+58 H 5F H+D8 H、5F H+0D H	初稿完成
	倒數秒數管理	5F H+29 H、5F H+59 H、5F H+D9 H	針對紅燈倒數是否要加總，尚須與管理單位確認實際使用情境，仍須繼續研討。
車輛偵測器訊息	調整車輛偵測器故障屬性	0F H+04 H	初稿完成
	增加自行車偵測資料	6F H+55 H、6F H+D5 H、6F H+0E H	初稿完成
路口型資料蒐集與應用議題	轉向量	TurningMovementEvent、TurningMovementStats	初稿完成
	行人量	PedestrianVolume	初稿完成
	停等長度	QueueLengthCycleSet、 QueueLength	初稿完成

協定分類	協定內容	協定指令	修訂狀態備註
行人行車倒數議題	行人行車倒數機制	01 H(11H)、02 H(12H)	初稿完成
	行人行車燈頭狀態檢查機制	03 H	是否採用輪詢回報須持續蒐集廠商實作經驗

7.3 第二年期(111 年)檢討課題彙整

第二年期(111 年)檢討的內容可分為兩部份，一為延續第一年期繼續研討之項目，另一部份為第二年期新增要檢討的部份，如圖 7.3.1 所示。

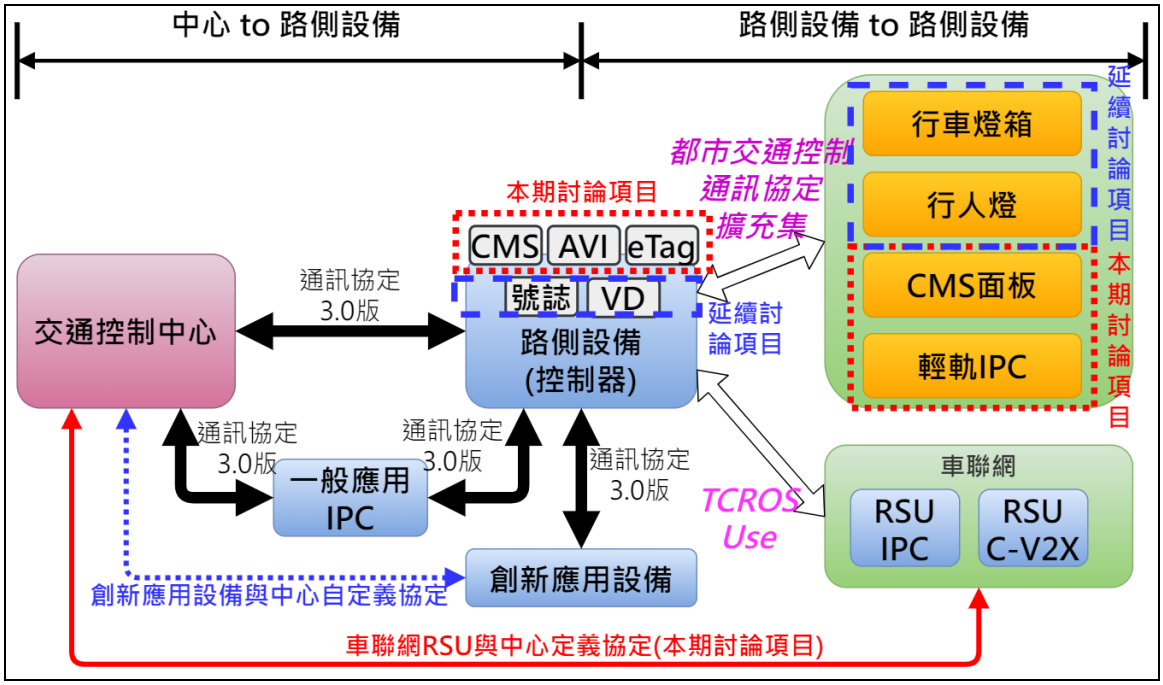


圖 7.3.1 第二年期檢討課題說明

一、第一年期延續檢討內容

第一年期檢討了「都市交通控制通訊協定 3.0 版」中現場設備共用訊息、號誌控制器訊息以及車輛偵測器訊息，藉由期中一場產官學需求蒐集座談會以及期末三場產官學意見回饋座談會等四場大型座談會，已經凝聚檢討之方向與共識，但對於其中某些議題，仍須有更多時間進行討論，表 7.3-1 說明前期後續研討之內容。

根據第一年期都市交通控制通訊協定研討經驗，討論過程中產官學各界都會提供許多意見，這些意見與看法有些是反應管理需求，有些是反應成本考量與技術發展，雖然多方蒐集意見能確保協定研討過程有足夠之開放性，但也增加最終共識凝聚困難度。因此本期將以管理單位為主，決定協定之使用情境與

需求，避免過多特殊使用情境與發散的討論，專注於協定可應用解決之交通管理問題。其次再以開發單位為主，確認上述需求之技術門檻與成本分析，分析實做這些協定之可行性。這部份將會透過與產業界各協會合作，於都市交通控制通訊協定發布之前先與開發廠商充分討論，蒐集業界先進之看法，確保修訂完成之後，能被所有開發廠商所支援。

依據前兩者之結論調整協定之內容，製作協定修訂初稿，並考慮協定修訂原則一致性與使用之向前相容性，最終透過產官學協定意見回饋蒐集座談會，廣泛蒐集各界人士對於協定調整之回饋，根據這些意見修訂協定初稿內容，讓最終成果更加完善。整體檢討流程如圖 7.3.2 所示。

表 7.3-1 第一年期後續研討內容

協定分類	協定內容	協定指令	修訂狀態備註
號誌控制器訊息	行人觸動調整	5F H+19 H	持續蒐集行人觸動模式與各家號誌控制器之實作參數
	號誌控制器時制補償議題	5F H+25 H、5F H+55 H、5F H+D5 H	早開和遲閉的時相調整的確可能造成幹支道對應參數不同，此需求還須繼續研討，調整參數內容。
	倒數秒數管理	5F H+29 H、5F H+59 H、5F H+D9 H	針對紅燈倒數是否要加總，尚須與管理單位確認實際使用情境，仍須繼續研討
車輛偵測器訊息	增加自行車偵測資料	6F H+55 H、6F H+D5 H、6F H+0E H	補充說明車道統計資料之計算方式
行人行車倒數議題	行人行車燈頭狀態檢查機制	03 H	是否採用輪詢回報須持續蒐集廠商實作經驗

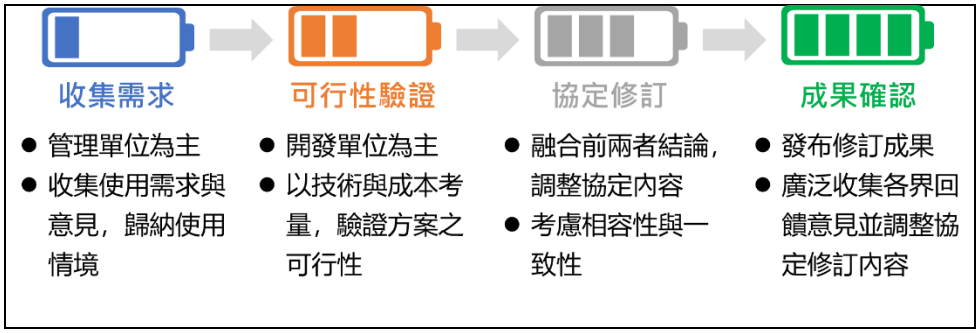


圖 7.3.2 協定檢討之流程與處理方式

有關第一年期延續所需探討之議題內容，分別說明如下：

(一) 行人觸動調整

現今的行人觸動模式與之前規劃的已經大不相同，除了基本的預設閃黃，觸動之後轉換成三色控制之外，還有觸動時加入一個行人專用時相或是延長行人綠燈等模式，交通管理單位需要有一個妥善之管理辦法來查詢與設定路口號誌控制器的行人觸動模式。故本次研討將增加行人觸動設定模式，由因為行人觸動模式複雜，各家廠商實作的內容不盡相同，仍須進一步研討以凝聚共識。行人觸動調整內容如表 7.3-2 所示。

表 7.3-2 行人觸動調整說明

項目	內容
需求說明	行人觸動隨技術演進，增加了多種的觸動模式，交通控制中心需要管理應用這些觸動模式的號誌控制器。
前期意見彙整	● 增加多種觸動模式 ● 重新定義觸動參數意義 ● 指定一套專屬的時制計畫 ● 雖有不同時段採用不同參數的需求，但應用範圍較少，可透過協定於時段開始之前調整參數 ● **後續仍然須繼續研討相關參數應用**
管理單位意見	「都市交通控制通訊協定 3.0 版」中針對行人觸動的模式定義較少，目前蒐集管理單位之意見，增加至 5 種行人觸動模式，可因應現今行人觸動管理之需求。
開發單位意見	前期研討之 5 種模式開發上沒有問題，但是跟目前市面上已經具備的版本不同，要配合修正可能需要經過一些調整。此外，歷年來各家廠商在各縣市配合行人觸動管理已經開發不同的模式版本，某些廠商功能超越前期制訂之模式，這些模式之必要性仍續探討。
修訂情況說明	由於開發廠商對於行人觸動之模式開發有不同設定與解讀，現階段應以管理單位需求為主，優先制訂可解決管理單位目前問題之行人觸動模式，同時可透過號誌協會歸納與統整各家號誌開發廠商針對行人觸動模式之意見。
協定參考	5F H+19 H

(二) 號誌控制器時制補償議題

目前主流的時制轉換補償機制有三種，分別是增加分相中綠燈的秒數、減少分相中綠燈的秒數以及混合兩種方式。增加秒數會拉長時制轉換影響的時間，但是對交通層面的衝擊較小，相反的，縮減秒數會減短時制轉換的影響時間，通常一個週期就可以轉換完成，但是由於綠燈秒數縮減，對用路人影響較大。兩種方案都還是要遵守號誌的基本限制，就是要介於最長綠和最短綠，並且要確保有足夠的行人時間。混合方案則是某些情境制下採用增加秒數，某些情境下採用縮減秒數，情境的判斷門檻各家廠商實作方式可能不太一樣，國內也有廠商採用此方案，第一年期研討還加入了幹支道設定參數，針對幹支道的不同執行不同的補償策略，但由於過於複雜，第二年期須繼續

研討，如表 7.3-3 所示。

表 7.3-3 號誌控制器時制補償說明

項目	內容
需求說明	動態號誌、優先號誌等技術導入，導致路口號誌除了原本的 TOD 之外，多了許多控制策略，當週期被異動時，補償執行的機會劇增，補償機制是否需有一致的規範，讓管理人員能瞭解情況。
前期意見彙整	● 時段基準點：目前各縣市大多以 00:00:00 為基準點，臺南則是有增加以「時段起始」為基準點，建議以協定方式控制，補償方式與時段基準點同步，避免兩者設定不同造成矛盾。 ● 影響範圍(週期)：補償週期隨著 Method 指定的不同而調整，原則上須在 2 週期之內完成，若有動態控制需要，則須在 1 週期 ● 補償方式：目前時制補償主流方式為 ■ 增加綠燈秒數：影響時間長，對用路人衝擊小 ■ 縮短綠燈秒數：影響時間短，對用路人衝擊大 ● 統一國內時制補償的機制，例如提供一至多種的補償方式，透過協定的方式指定。 ● 例如：預設採用增加綠燈秒數方式，但某些路口可以透過協定，指定該號誌控制器採用縮短綠燈秒數補償。 ● 定義多種時制補償之方式 ● **<u>增加幹支道指定之參數</u>**
管理單位意見	面對越來越多樣化的智慧號誌與號誌控制策略，號誌控制器將比以往有更高的機會執行時制補償，瞭解目前業界時制補償的機制，甚至是能透過都市交通控制通訊協定由中心管理時制補償機制，提供交通管理人員更多彈性來解決號誌問題。但目前並不用所有路口都需要這樣管制，大多數的路口採用預設的時制補償機制即可，過於複雜的時制補償機制將使管理人員無法適當或是合理的使用這些機制。
開發單位意見	前期規劃的時制補償機制統整了目前市面上所採用的主流補償機制，並且保留廠商預設的模式，增加開發時的彈性。但較為複雜的應用，如幹支道不同之時制補償模式，技術上並非無法達成，而是需要許多設定資訊，例如指定幹支道方向等。唯有這些組態資訊都是正確的前提之下，該時制補償模式才能正常運作。
修訂情況說明	根據蒐集管理單位之意見可發現前期制訂之時制補償模式已經提供管理之彈性，過於複雜的定義與設定需要運作，不但管理人員本身須對路口幾何有明確瞭解，對於路口號誌控制器實際安裝方式也須配合，這會加重管理單位之負擔，且目前未必有如此之使用情境與必要性。 開發廠商雖然可達成複雜的時制補償策略，但需要正確的組態資訊才能運作，如何提供號誌控制器相關資訊仍需要制訂與討論。因此可先透過號誌協會彙整各家開發廠商對於幹支道指定之可行性意見，若目前無適當之方式且管理單位也確認設定上過於繁複，可調整此協定支援模式，使其簡化以吻合現今需求。
協定參考	5F H+25 H、5F H+55 H、5F H+D5 H

(三) 倒數秒數管理

第一年期末的座談會與會先進提及某些路口有兩階段倒數紅燈的議題，可能導致用路人混淆，造成危險事件。此外，當動態號誌或是智慧路口執行時，可能會動態修正行人行車倒數秒數，秒數可能不會連續，而是跳躍的方式顯示，也會造成用路人困惑。因此是否須建立倒數秒數管理機制，須繼續研討，倒數秒數管理內容如表 7.3-4 所示。

表 7.3-4 倒數秒數管理說明

項目	內容
需求說明	● 建議增設行人、行車倒數通訊之啟用與關閉指令，因為執行公車或緊急救援車輛優先、時相控制及適應性控制等控制策略時，各分相秒數為不固定式，此時行人及行車倒數顯示器就有關閉之必要，以免倒數秒數急速變動，影響交通安全。 ● 兩階段之紅燈，分開顯示可能會造成用路人誤解。
前期意見彙整	● 增設倒數秒數管理，可設定關閉、開啟或是開啟但控制策略為「時相控制」時關閉。 ● 設計連續階段紅燈秒數相加機制。
管理單位意見	● 現階段行人、行車倒數秒數管理機制由號誌控制器決定。如臺北市的號誌採購規範中有指定學習模式下「閃光、手操燈與號誌時制轉換時，不顯示倒數計時秒數」，雖然有通訊協定可讓中心管理人員透過協定開啟關閉行人行車倒數，但全市連線路口過多，會增加管理人員之負擔，最終仍是讓號誌控制器主導。實際上需要關閉倒數的使用情境多與號誌控制策略相關，指定了號誌控制策略，再由號誌控制器管理倒數顯示即可。 ● 以往某些路口未依照交通部「道路交通標誌標線號誌設置規則」來制訂相關時相與倒數機制，導致會出現兩階段紅燈之問題，造成民眾困擾。若是要求所有路口皆遵守交通部「道路交通標誌標線號誌設置規則」可避免此問題。
開發單位意見	● 行人行車倒數開關管制沒有問題，實際上各縣市採購規範也有些規定了關閉與顯示時機，還有制訂清除倒數秒數的機制。 ● 一般說來不會遇到兩階段紅燈之問題，因為只有紅燈需要倒數，若是左轉保護的箭頭消失，中途也會顯示黃燈，並不是一個連續的紅燈，因此秒數相加的意義不高，實際上不會遇到此問題。
修訂情況說明	根據蒐集管理單位之意見可發現此協定目前必要性不高，原本規劃能解決某些縣市所遇到之問題，但透過回歸交通部「道路交通標誌標線號誌設置規則」作法可避免出現兩階段紅燈之問題。此外，讓號誌控制器管理行人行車倒數顯示時機，更吻合實際管理之需求，減少管理人員之負擔，因此考慮暫緩增加此協定。
協定參考	5F H+29 H、5F H+59 H、5F H+D9 H

(四) 增加自行車偵測資料

第一年期研討已經增加了自行車車種偵測的機制,但是針對自行車車種資料是否區分車道尚未有共識,因此第二年期將針對是否區分車道之議題進行研討。自行車偵測內容如表 7.3-5 所示。

表 7.3-5 自行車偵測說明

項目	內容
需求說明	車輛偵測器技術演進，已經能偵測自行車資料，故而既有都市交通控制通訊協定亦須調整
前期意見彙整	● 增加一車種：自行車資料 ● 自行車資料不分車道 ● 考慮向前相容，不異動既有的車輛偵測器指令，而是採用擴增的協定。
管理單位意見	大多管理單位目前仍無此需求，但是臺北市已經增加採用此種設備，額外偵測自行車資料，最為交通數據分析之用。
開發單位意見	偵測上技術可行，但是自行車速度準確度需要確認。資料可分車道傳遞，可用分車道資料區分自行車之行進方向。
修訂情況說明	自行車資料是否有區分車道之需求，須進一步研討。此外，由於車輛蒐集的車種有大車、小車、機車與自行車，對於車道統計資料來說，需要規範如何計算，例如車道平均速度、佔有率以及車間距，將補充說明採用何種車種進行上述數據之運算。
協定參考	6F H+55 H、6F H+D5 H、6F H+0E H

(五) 行人行車燈頭狀態檢查機制

行人行車燈頭設備狀態管理則是能偵測這些行人行車倒數燈的設備狀態,如果能知道這些號誌燈故障狀態,就能快速維修,確保資訊能正常發佈。但由於行人行車裝置與號誌控制器之間的通訊方式決定是否能支援主動回報,此通訊技術目前仍須時間討論,因此第二年期將繼續研討行人行車燈頭狀態檢查內容，如表 7.3-6 所示。

表 7.3-6 行人行車燈頭狀態檢查機制說明

項目	內容
需求說明	號誌燈號的顯示正確十分重要，除了綠衝突等號誌控制可以偵測之錯誤之外，燈頭故障導致燈號顯示錯誤(例如熄滅)也必須有方法可以進行偵測。
前期意見彙整	● 以燈箱為單位與號誌控制器溝通，主動回報給號誌控制器。 ● 號誌控制器彙整燈箱狀態，透過指令主動回報燈頭錯誤至交通控制中心，並等待交通控制中心查詢詳細狀態。 ● 由於行人行車倒數為控制器為主發佈訊息，燈箱若採用主動回報，建議現場連線方式應支援全雙工溝通模式，避免訊號碰撞。
管理單位意見	目前行人行車燈頭只能做為倒數設備，並不會回傳狀態，但就以交通管理需求來說，獲得燈頭故障的資訊十分重要，能主動發現故障並派人替換修理，將避免交通事故發生。

項目	內容
開發單位意見	行人行車燈頭狀態檢查技術上並不困難，燈面可增加檢測設備，會增加一些成本。目前主要問題在於通訊方式。傳遞的資料量過多就無法透過目前通訊式的行人行車倒數通訊機制傳遞，須解決燈箱和控制器之間連線方式。
修訂情況說明	管理單位表示此協定有實際管理之需求，而開發單位表示有許多作法可以達成此目標，只是會跟現行採用 PLC 電力網路線(透過 RS485)與輪詢的方式衝突，另外 PLC 的穩定度也會受到現場電力配線的影響，並非每個路口皆能提供穩定且之通訊。有廠商提出整併 PLC 與無線通訊之方案，此方案之可行性須驗證與討論，將透過號誌協會針對此議題進行研討。
協定參考	03 H

二、第二年期新增研討課題

本年期須研討的內容為資訊可變標誌訊息、自動車輛辨識訊息、輕軌通訊協定應用、弱勢用路人通訊協定探討、車聯網 RSU 與溝通協定與優先號誌中心與現場控制情境檢討。將於後續章節說明上述內容。

7.4 第二年期(111 年)檢討成果

7.4.1 檢討歷程

今年參照第一年期，除了與中華交通號誌協會討論第一年期號誌控制器訊息未確認之內容外，亦舉辦多次座談會，透過蒐集各界先進對於都市交通控制通訊協定 3.0 版的使用意見與改善意見，來凝聚各方共識，制訂都市交通控制通訊協定 3.0 版之修訂初稿。今年共計舉辦 5 場座談會，相關會議舉辦時間、探討議題及參與對象等資料彙整如表 7.4-1。

表 7.4-1 第二年期都市交通控制通訊協定座談會內容

舉辦時間	座談會名稱	座談會議議題	參與對象	召開方式	參加人數
2022/8/26	中華交通號誌協會「有關交通號誌控制器 V3.0 版新增協定課題討論」	研討第一年期針對號誌控制器之都市交通控制通訊協定議題	國內號誌控制器、行人行車倒數燈與號誌燈面廠商	線上/實體混合會議	線上 13 實體 9
2021/9/6	都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集	蒐集各界先進對於交通控制通訊協定 3.0 版的改善需求與建議	各界先進，包含產、官、學之代表與專家	線上	46

舉辦時間	座談會名稱	座談會議議題	參與對象	召開方式	參加人數
2021/10/13	輕軌優先號誌通訊協定交流研討會議	蒐集交通部鐵道局、高雄市交通控制中心與輕軌開發廠商針對輕軌協定之意見	交通部鐵道局、高雄市交通控制中心、輕軌開發廠商、高雄市捷運公司	線上	28
2021/10/26	都市交通控制訊協定 3.0 版檢討交流座談會	蒐集各界先進對於都市交通控制通訊協定 3.0 版修訂初稿之意見	各界先進，包含產、官、學之代表與專家	線上	28
2022/11/8	都市交通控制通訊協定 3.0 版 110-111 年檢討成果交流座談會	說明第一年期與第二年期都市交通控制通訊協定檢討的成果內容	各界先進，包含產、官、學之代表與專家	線上	58

一、中華交通號誌協會討論

本場次主要討論第一年期號誌控制器訊息未確認之內容，相關議題與回應說明整理如表 7.4-2，當天線上會議討論畫面如圖 7.4.1 所示。

表 7.4-2 與中華交通號誌協會討論意見彙整表

議題	單位	意見	回應	目前研討處理
行人觸動調整	先進感知 吳長綱總經理	行人觸動並不是只有按鍵。按鍵對於弱勢用路人來說，反而不方便。	觸動的方式為各家廠商設備所開發設計，接透過電路開關的方式通知號誌控制器行人觸動訊號。	非本期計畫討論範圍
		行人觸動的一些機制，例如加秒數，目前並沒有深入的討論，希望能多些研討。	增加秒數等等應用涉及交通控制中心交通管理策略，協定僅提供操作的方式，並不涉及操作的準則。	非本期計畫討論範圍
	台灣世曦 黃文鑑博士	大陸那邊有制訂國標，但是每一個地方都會有自己的地方辦法，來補足國標的不足。也因為各地方的需求可能不同，例如某些地方老人比較多，因此各地方會制訂自己相關的辦法。	研討的目標於蒐集各單位之使用需求，優先針對需求聯集的部份制訂協定。	針對大多數單位需求聯集部份進行協定研討。
		法律層面上的議題也要注意，如果發生問題，是那一個機關是要負責，是開發號誌的廠商、制訂協定的單位還是交通管理單位？例如號誌廠商根據交通管理單位的需求，調整行人秒數，因為秒數不足導致交通事故發生，這樣不應該屬於號誌開發單位的責任，相關責任應該要想辦	協定僅提供操作的方式，並不涉及操作的準則。相關操作準則還是必須依據各機關管理辦法規定。	非本期計畫討論範圍

議題	單位	意見	回應	目前研討處理
		法釐清，操作上造成的問題也需要注意。		
	良基電子 黃義銘副董	5F19 中已經定義 data2 有 12 種不同的行人觸動模式，照本協定規範方式重新定義並不是技術上的問題，只是現在這些號誌都已經安裝在多個縣市運作，如果須改成這種定義，現行的設備都需要更新。	新版本制訂之後，必然會造成既有設備無法繼續使用，為了後續設備採用的協定能趨於一致，須更新既有設備。	已與座談會跟各機關說明更新設備有成本之議題。
號誌控制器時制補償議題	華電聯網 楊璨凱博士	請教號誌協會各位廠商先進，有沒有開發過時制補償的協定？例如像是行人號誌或是倒數，以往廠商都會開發相關的協定，那時制補償上有無類似的開發經驗？	會議中並無廠商反應有類似開發經驗。	
		臺灣的號誌控制採用步階來進行管理，如果補償的時候是否只能砍綠燈步階？如果動到行閃或是行紅，對於弱勢用路人的使用安全，將造成議題。	秒數的限制與安全性原則應該回歸設施管理標準和依據，而非都市交通控制通訊協定制訂之項目。通訊協定主要任務為確保路側設備與控制中心之前能夠順暢溝通。	非本期計畫討論範圍
		補償機制的啟動與關閉，是否可以保留，然後開放給地方進行設定？有些地方需要這樣的操作彈性，有些地方可能都不需要，給定預設值，讓地方使用單位可根據實際情況進行管理。	遵照辦理，修訂的協定中已經制訂補償機制的啟動與關閉。	前期協定內容已有研討補償機制的啟動與關閉。
	先進感知 吳長綱總經理	當路口有緊急優先號誌與弱勢用路人機制時，可能救護車通過會需要加車綠，弱勢用路人通過的話需要加行綠，兩者如果有衝突時，優先權應該為何？	優先權的決定遵照各機關交通管理單位的決議，都市交通控制通訊協定只提供溝通方式。	非本期計畫討論範圍
		在弱勢用路人應用時，是否一定要遵守連鎖的要求？還是可以打破連鎖的限制？如果打破連鎖之後該如何補償，是否可以制訂統一的方向。	道路連鎖的優先度遵照各機關交通管理單位的決議，都市交通控制通訊協定只提供溝通方式。	非本期計畫討論範圍
	台灣世曦 黃文鑑博士	當一般 TOD 轉換的時候需要補償，又遇到動態控制時需要補償之時，兩者何者為先？還是一起處理？	根據前期研討，週期型動態控制仍須啟動補償，時相控制才能設定關閉補償。	前期研討已指定補償啟動與關閉的時機。
		一般固定(TOD)的補償和動態控制時的補償機制要區分清楚，處理方式也要釐清，避免交錯進行	前期針對補償啟動的時機已有說明，對於連續路口若非採用同一廠牌號誌控制	前期研討已提供設定補償方式的指令。

議題	單位	意見	回應	目前研討處理
		導致補償時間需要很長，拉長不連鎖的時間，造成續進的問題。	器，應指定相同的補償策略，縮短恢復連鎖的時間。	
	良基電子 黃義銘副董	實務上有遇到一些情況，如果透過時相控制，可透過 5F1C 改變時相步階的秒數，此時如果開啟補償，可能會導致時相控制的微調失效，因為會跟補償機制相互影響。	前期協定研討針對此點，提供時相控制時，可關閉補償機制的作法，避免相互影響而失效。	前期研討已提供設定關閉補償的指令。
		如果是中央手動的模式下，如同時相控制一般，也有同樣的問題。在這些模式之下，如果開啟補償，可能會遇到微調失效的情況。	前期協定研討針對此點，提供時相控制時，可關閉補償機制的作法，避免相互影響而失效。	前期研討已提供設定關閉補償的指令。
		如果是動態控制則是希望開啟補償機制，因為動態控制會設定新的時差，由控制器進行補償，對於適應性號誌模組較為方便。	前期協定研討針對此點，規定週期型動態控制仍須執行補償。	
倒數秒數管理	台灣世曦 黃文鑑博士	印象中有在內湖看過連續兩個紅燈倒數，一個是倒數長的紅燈，另一個是很短暫的紅燈倒數。這個應該越來越少了，之前可能還有必要性，現在應該不需要這種顯示方式。	就目前蒐集情況，兩階段紅燈的顯示已經沒有發現。	預計修正前期研討，取消兩階段紅燈管理協定。
	華電聯網 楊璨凱博士	學習式的倒數秒數無法正確顯示，通訊式則可避免這問題，因此保留此彈性可管理學習式的倒數秒數顯示管理。	將保留倒數開關機制。	保留倒數開關機制。
	良基電子 黃義銘副董	實務上可讓現場 IPC 透過此指令來控制倒數秒數的開關，避免動態控制時倒數秒數錯誤，並不是給交控中心來使用，而是保留現場 IPC 控制倒數秒數的彈性。內容。	將保留倒數開關機制。	保留倒數開關機制。
行人行車燈頭狀態檢查機制	號誌協會 王健森秘書長	臺北市有委託協會討論 PLC 轉 RS-485 的機制，來提供號誌與燈號之間的通訊，中路公司有提供相關的數據給臺北市參考，後續期末會有成果發表，期待臺北市該是辦案能有完整的成果呈現。	會持續與號誌協會聯繫，研討 PLC 與其他通訊機制用於燈頭與號誌控制器溝通之可行性。	
	台灣世曦 黃文鑑博士	福州的號誌蠻先進的，號誌上都有攝影機，可感應行人也可用於判斷對面的燈號是否正確。	目前國內號誌之 cctv 用於計算車輛轉向量，並不用於偵測號誌故障。	非本期計畫討論範圍

議題	單位	意見	回應	目前研討處理
	先進感知 吳長綱總經理	此題目是否可直接擴充非燈頭燈面…其他 road side unit 都需要有這樣的需求，是否能建立所有故障的需求回報機制？	許多路側設備皆有需求，但目前研討的對象與號誌控制器相關。	非本期計畫討論範圍
		設備有雙向溝通的需求，設備可主動回報故障狀態，但是也有需求讓中心設定到路側設備單元的參數。	遵照辦理，目前有設定需求的設備，皆有規劃設定指令。	
	良基電子 黃義銘副董	如果採用雙向溝通的話，看來用原本兩芯的 RS-485 連線機制是不可行。而且也很難換成可雙向的 4 芯 RS-485，因為現在牽兩條線就很困難，要牽肆條線很多地方無法達成。採用無線方式，應該可行，如果採用這樣的通訊方式，多傳遞一些資訊也是合理的。	根據通訊方式不同，會有不同的處理方式。目前通訊方式很難達成前期協定研討的需求，建議採用可支援雙向溝通的通訊方式。	
		號誌協定中已經有制訂，亮度減光的通訊協定。	目前有號誌控制器至中心的減光協定，但是沒有號誌控制器至燈頭的減光協定。此外，號誌的亮度也應該有安全規範，需要符合安全標準。	燈面亮度非本期計畫討論範圍
	聯嘉光電 楊明儒協理	通訊面不論用 RS-485 或是 PLC，如果以全雙工做故障回報是可以的，但是要做即時故障偵測如綠衝突，可能會有即時性的問題。若是要推無線的方案，就是要用到車聯網的頻段，但每個路口都用這樣的頻段，是否會有加密的問題？還是需要請 NCC 開闢一個專門給號誌使用的頻段？	前期協定規劃為偵測燈頭故障，燈號衝突機制仍然由原本號誌控制器機制處理，若要透過通訊協定檢查燈號衝突，須提供更穩固之作法。 無線通訊之頻段須請管理單位提供一致之處理方式，非協定研討內容。	非本期計畫討論範圍
		硬體面的問題是如何偵測故障的問題，一定會增加成本，而且對於故障，是需要和號誌控制器溝通，包含怎麼偵測？怎麼通知號誌控制器？或是提供怎樣的機制讓號誌控制器來偵測？	提供偵測的機制必然會增加成本，目前本計畫正在研討相關的溝通機制，確保號誌控制器能收到燈頭故障訊號。	已於座談會上跟管理單位說明增加偵測設備會增加成本。
	聯嘉光電 梁家豪專案協理	號誌損壞有很多種樣態，包含 LED 顆數損壞的樣態，包含電路損壞的樣態，都必須先蒐集所有故障的樣態，才有辦法制訂相關的標準。	就管理單位的使用上，不需要知道如此詳盡的故障樣態，可於採購規範中制訂故障的門檻，於協定中擔只須回傳故障的事實即可。	

議題	單位	意見	回應	目前研討處理
		例如亮度或是瓦特數都有不同的定義，如何制訂損壞的標準，才能確定故障樣態。	詳細的故障定義與判斷方式建議於各縣市採購規範中制訂，協定中只須回傳故障或是正常的狀態即可。	
	台灣之光 郭昭仁董事長	如果號誌動態控制會影響號誌連鎖，可以透過 LED 字幕機來播放訊息，包含優先車輛通過、動態控制執行等資訊提供給行人參考。	目前已有縣市採用此方案，可將號誌管制訊息或是緊急車輛通過訊息透過 CMS 發布。	
	中外工程 范江濃經理	路口夜間號誌燈可能過亮，在偵測故障的同時，是否可以支援亮度減光的協定，避免民眾認為路口燈夜間過亮，而通報故障。	目前有號誌控制器至中心的減光協定，但是沒有號誌控制器至燈頭的減光協定。此外，號誌的亮度也應該有安全規範，需要符合安全標準。	燈面亮度非本期計畫討論範圍



圖 7.4.1 與中華交通號誌協會進行都市交通控制通訊協定研討之討論畫面

二、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集

「都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集」主要蒐集產官學各界先進對於都市交通控制通訊協定之修訂需求，議題整理如表 7.4-3，當天線上會議討論畫面如圖 7.4.2 所示。

表 7.4-3 「都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集」議題彙整表

單位	意見	回應	目前研討處理
臺北市政府交通管制工程處 王耀鐸主任	號誌控制器連線率大約 99%，目前都有使用一些新的功能，如 AI 路口流量偵測，也有做了 90 幾組的 etag，但是議會認為有個人資訊的問題，所以已經停用，其中有 30 幾組改成 AVI。	本期研討之自動車輛辨識協定可用於eTag與AVI上。	研討之協定包含 eTag 和 AVI。
	智慧號誌的部份預計可完成 330 處，	本期計畫中也有針對優先	分析優先號誌中

單位	意見	回應	目前研討處理
	今年也做了 20 幾處的優先號誌功能，明後年的智慧號誌也會納入優先號誌之功能。	號誌進行討論與試辦計畫。	心控制與現場控制之優缺點，提供建置單位參考。
	交控中心很仰賴設備的故障偵測，可提供分析與統計報表。	設備故障的協定已於前期進行研討，今年度增加資訊可變標誌之故障狀態回報內容。	增加資訊可變標誌面板故障回報與查詢協定。
	通訊式行人行車燈倒數機制臺北已經在應用，今年預計可完成 30%。	通訊式的行人行車燈倒數，才能使用都市交通控制通訊協定。	已制訂行人行車燈之通訊協定。
	號誌不斷電系統，今年會完成 300 多處，其中希望能蒐集如 UPS 啟動與剩餘電量等等資訊，還有 6800 多面內照式牌面的運作狀態，能夠制訂通訊協定，整合至交通控制中心。	UPS 為目前各縣市正在推行的設備，有助於提供穩定的號誌電力，本期預計整理相關資料，研討其協定。	研討號誌 UPS 協定內容
	臺北市大約每一到兩年會有工程或是維護案，可很迅速配合套用新的協定內容，包含中心軟體與路測設備等等。	感謝臺北市的協助配合，讓都市交通控制通訊協定滾動式修訂機制得以落實。	
新北市交通管制工程科黃宇辰股長	新北於去年在淡水馬偕設置優先號誌未佈設路測設備，而是利用消防局智慧雲端救護系統定位救護車位置，並透過設置虛擬區間來觸發救護車緊急優先通過需求，由交控中心調整下游號誌紓解車流，來確保上游救護車能快速通過路口。成果可以縮減救護車通過路口停等時間 8%左右，但是車機的 GPS 有漂移的問題，此問題如何解決是未來新北會遇到之課題。	採用車機來定位緊急優先車輛的問題在於車機定位的準確性，採用專用 GPS 定位車機相較於採用手機或是平板，能提供較為精準的定位資訊。	
	目前 CMS 的面板故障都是透過民眾通報，如果能讓中心可以主動偵知 CMS 面板故障，對管理十分有幫助，希望協定研討能解決此問題。	本期將研討 CMS 面板故障偵測與回報之通訊協定。	制訂 CMS 面板故障偵測與回報協定。
	號誌燈號故障也是透過民眾通報才能報修，如果協定能提供這些燈箱的故障情況，中心就能主動進行維修，而不是等民眾通報才去處理。	本期延續前期，研討燈箱燈頭之故障狀態回報通訊協定之可行性。	前期已制訂號誌燈箱燈頭故障回報機制。
	新北於重要路段有佈設 etag，可用於預測旅行時間，並能顯示歷史的旅行時間，可輔助交通管理決策。Etag 偵測率並非 100%，有時甚至沒有資料，有無辦法加強 etag 回補的機制，讓資料更為完整。	旅行時間計算有即時性，eTag 回補機制用來補足的是歷史資料分析功能，即時資料的蒐集與處理應強化通訊與設備之穩定性。	已補充說明 eTag 的回補機制與使用方式。
桃園市政府	於大園有設定 AI 智慧號誌，所以於行	有採用 AI 智慧號誌、動態	已制訂行人行車

單位	意見	回應	目前研討處理
交通局 王國偉股長	人行車倒數需要採用通訊式，以避免倒數秒數不正確之問題。行人觸動的部份也建議採用通訊式倒數，來顯示正確的倒數秒數。	控制或是時相控制等策略的路口，皆建議採用通訊式之行人行車倒數燈，才能避免秒數顯示錯誤。	燈倒數通訊協定。
	桃園台一線剛好與鐵道平行，因此鐵道觸動也是很重要的課題，但是本次協定研討中並沒有太多調整，希望計畫能針對此進行相關研討。	目前鐵道觸動為收到觸動訊號，號誌控制器執行相關動作，並不需要指定特殊參數。	
	桃園如臺北一般，在重要路有有安裝 UPS 需求，目前都透過各別廠商提供的平台獲得資訊。目前桃園已經做了 175 個，明年規模可能到達 275 個左右，如果能讓中心透過單一界面來了解 ups 狀態，希望能整合至都市交通控制通訊協定中。	UPS 為目前各縣市正在推行的設備，有助於提供穩定的號誌電力，本期預計整理相關資料，研討其協定。	研討號誌 UPS 協定內容
臺中市政府 交通局 李冠霖股長	全市有 6000 多路號誌路口，目前約有 500 路連線路口，於主要幹道中佈設約 176 個 etag 設備偵測車流，今年也有推動優先號誌，目前臺中也有推動 UPS，相關使用經驗後續會提供參考。	UPS 為目前各縣市正在推行的設備，有助於提供穩定的號誌電力，本期預計整理相關資料，研討其協定。	研討號誌 UPS 協定內容
	臺中設備通訊量有時候會增高，本次修訂協定內容有轉向量偵測之後就立即回傳，這樣是否會拉高通訊量？估算通訊費用就會有不同的標準，想詢問設計上是否就是每一輛車都會回傳一筆？還是有統計型的協定，5 分鐘才會傳一筆資料？	轉向量協定有兩類：路口即時轉向量資料，此為即時資料，通常傳輸給路口設備偵測設類(如 IPC)，不會回傳至中心。另一為路口轉向量統計，每小時會主動回報各方向之轉向量。這資訊可用於回報中心，一小時一筆，應該不會造成通訊量過大。	協定內容有路口轉向量統計資料，每小時回傳一筆，不會造成通訊量之負擔。
	臺中智慧號誌系統調整秒數的範圍沒有很大，對於特殊事件處理較為缺乏處理機制，若能透過 etag 來偵測這些特殊事件，可輔助智慧號誌系統運作。	已制訂自動車輛辨識通訊協定，可回傳車輛資料，輔助事件偵測與判斷。	已制訂自動車輛辨識通訊協定。
臺南市政府 交通局 蔡滌塵技士	關於轉向量的部份，臺南有引進 AI 影像辨識，於中心端辨識，而非現場辨識，不知此架構對於通訊協定上有無不同？請協助釐清。	中心辨識與現場辨識影響的是通訊傳輸機制，對於協定使用上並無不同，都是採用相同協定。	
	CMS 的圖形部份，臺南陸陸續續有建置多面 CMS，發現下載全圖指令時，早期的 CMS 顯示需要很久的時間，可能需要快兩分鐘，但是新建置的 CMS，下載速度與正確性都會提高很多。新舊設備的廠商反應協定上的處理有些微的不同，造成管理上面的困擾，希望協定能夠統一，例如將來都全	理論上測試完成支援協定的設備，都應該能正確下載圖形指令，但是廠商開發能力的差異，可能導致某些版本的 CMS 無法順利顯示圖片。本期制訂 CMS 圖形下載的協定就是希望將協定內容規範更明確，也減輕廠	已調整全彩與三色的協定定義，讓兩者只要支援其之一即可，減輕開發負擔。

單位	意見	回應	目前研討處理
	部採用全彩的協定來處理，畢竟三色會越來越少，這樣就能避免此問題。	商開發的負擔。	
	針對號誌有異常的顯示，若是將所有號誌異常全部接回，將會發現大多數號誌都是有問題的，但是這一些異常實際上並不影響操作，但是系統上會顯示號誌異常。若是未來調整號誌協定，是否可以針對此方面的調整，讓資訊可以簡化或是提供更精確的內容。	協定規定的是狀態蒐集與傳輸，但是故障樣態的影響，對於各交通控制中心可能有所不同。例如某種故障於 A 中心很重大，但在 B 中心卻可接受。故此，建議可從交通控制系統處理，提供可設定顯示的介面，解決此問題。	
	執行緊急車輛採用路側 IPC，對於整條道路下載優先控制指令，控制的時候沒有問題，但是回復之後的補償有發生問題，會造成民眾反應不連鎖，廠商反應為不同廠牌之號誌控制器處理方式不同，採用不同的補償機制。雖然週期和時比一樣，但是補償機制不同，就會產生不連鎖。建議能否指定較為一致的補償原則，減少這種情況的發生。	前期協定研討重點之一，就是希望能統一不同廠牌號誌之補償機制，縮短恢復號誌連鎖的時間。	前期已制訂號誌補償機制之管理協定。
創新交通科技 曾明德博士	5F14 有一個 planid=0 ，說明動態控制的時候處理方式。現在改用 5F34 去做的時候，是否有一個說明可以解釋相關配合。	5F34 的 planid 參考的對象就是 5F14，所以只要參考 5F14 的說明即可。	
	5F00 可回應目前正在有做動態控制中，這指令會在開始時和結束時回應，但是運作中沒有回應。此狀態很重要，建議是否可以在每週期開始時，主動回報 5F00，避免遺漏這個資訊。	5F00 有用於其他控制策略，例如手動操作，不只有動態控制。可在 5F08 的協定中增加一個 byte 說明控制策略，如此即可每週期開始前回報控制策略。	修訂前期 5F08，增加控制策略內容。
華電連網 楊瓅凱博士	針對優先號誌或是輕軌應用每秒查詢號誌會造成號誌控制器或是 IPC 的負擔，甚至會造成延遲。建議是否可以設計一個機制，讓號誌自動拋出相關資訊，包含目前時制、燈號燈態或是補償資訊，不需要許多查詢的機制。	前期研討的 5F08 指令可提供時制與補償資訊，5F0D 指令可提供燈態資訊。	5F08 與 5F0D 指令已可提供相關資訊。

單位	意見	回應	目前研討處理
建程科技 王東生副總	都市交通控制通訊協定的目錄中，是否能分不同部份？因為有些是直連設備，例如號誌控制器與交控中心，這些可歸於主目錄。另外是否可分附錄給週邊設備，例如號誌控制器與燈面，這樣規劃比較明確。	遵照辦理，於都市交通控制通訊協定目錄中，說明現場設備之間的通訊協定內容。	

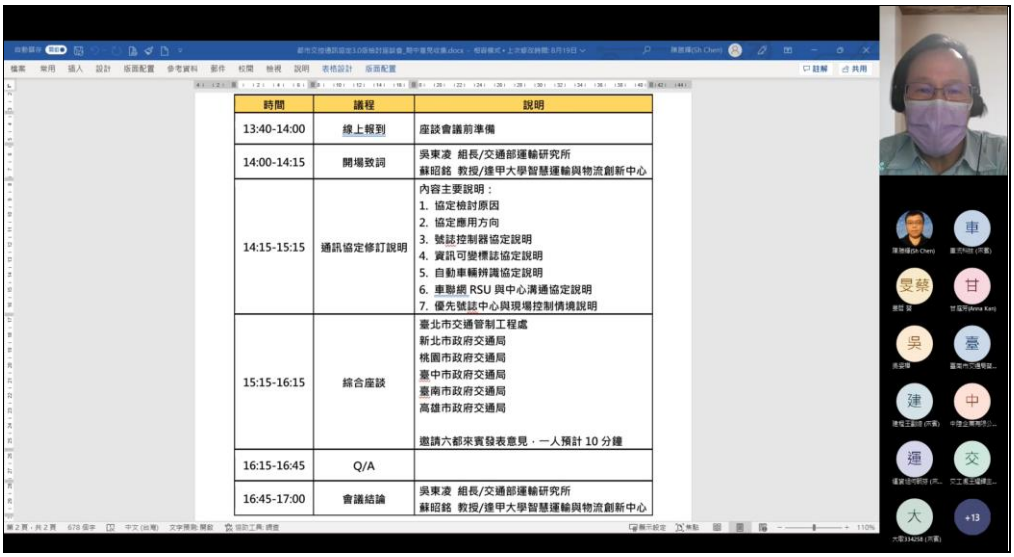


圖 7.4.2 「都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討-需求蒐集」之討論畫面

7.4.2 第一年期延續檢討內容

根據研討會之各方先進討論之後，歸納第一年期延續檢討內容如表 7.4-4 所示。號誌控制器訊息中的時制補償機制，根據幹支道來決定補償方式，由於設定複雜，且牽涉號誌控制器安裝時施工之方式，加上交通管理單位對此並無急切之需求，因此建議若要支援此種設定，須進行長期研討方能討論合適應用之方案。

而行人行車燈頭狀態回報機制，指令格式已經完成，但是須考量實際路口採用的通訊方式，若維持目前採用的兩芯 RS-485 通訊方式，主動回報的機制將會有困難。目前臺北市正在進行通訊方式的相關研討，若能確定未來路口設備間的通訊連接方式，就能決定指令的設計方向。

表 7.4-4 第一年期延續檢討之成果辦理方式說明

分類	協定內容	目前研討狀態	一年之內可確認	需長期研討
號誌控制器訊息	觸動控制組態管理	補充行人觸動的模式內容(5F H+19 H) ，目前以管理單位需求為主，制訂 5 種觸動模式。**已完成修訂初稿**	-	-

分類	協定內容	目前研討狀態	一年之內可確認	需長期研討
	時制補償機制管理	新增設定與查詢時制補償參數，目前先制訂延長綠燈時相秒數、縮短綠燈時相秒數與混合模式三種方式處理。	-	設定幹支道來決定時制補償之作法，涉及號誌安裝與設定，須長期研討蒐集各縣市之作法才能凝聚共識。
	倒數秒數管理	新增設定與查詢倒數秒數執行模式，不需要設定兩階段紅燈計算，但保留關閉倒數機制。**已完成修訂初稿**	-	-
車輛偵測器訊息	交通資料之傳輸週期管理	修正無線通訊限制與擴增歷史資料格式，增加自行車資料(6FH+0E H)說明，**已完成修訂初稿**	-	-
	歷史資料記錄狀態管理擴充	擴增歷史資料格式，增加自行車資料，**已完成修訂初稿**	-	-
行人行車倒數號誌訊息	燈頭主動回報硬體狀態	目前已制訂燈頭硬體狀態回報之內容	燈頭硬體狀態回報受限於號誌控制器與燈箱之間的通訊方式，目前單向的RS-485很難達成主動回報的機制。目前臺北市正在研究透過不同的通訊架構提供號誌控制器與燈箱之間的通訊，若能提供穩定的雙向通訊，即可蒐集燈頭的硬體狀態。	-

7.4.3 資訊可變標誌通訊協定檢討

一、既有協定回顧

資訊可變標誌為「都市交通控制通訊協定 3.0 版」支援之設備，制訂多樣管理機制，並且被多個交通控制中心所採用支持，已經是很成熟之通訊協定。但隨著設備演進與通訊頻寬提升，既有「都市交通控制通訊協定 3.0 版」之內容以逐漸不足，因此後續之「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」中，針對資訊可變標誌全彩設備與圖形管理等應用，制訂擴充之協定，使其能配合現今設備之使用。資訊可變標示訊息配合修正主要因為下列幾點要素：

(一) 設備色彩升級

資訊可變標誌一開始只有單色(黃色)，後續演進成三色(黃色、紅色與綠色)，至今許多縣市都採購全彩設備。單色和三色可以採用相同的通訊協定進行溝通，但是全彩需要傳遞的參數大於三色，因此需要制訂新的通訊協定來處理。

(二) 設備面板進化

原始資訊可變標誌面板採用燈泡的方式進行顯示，但是目前各縣市主要的資訊可變標誌顯示都幾乎以採用 LED 模組進行顯示，兩者於故障判斷與狀態檢視上有所不同，因此協定也應該與時俱進。

(三) 通訊頻寬提升

從採用數據機進行通訊時就有資訊可變標誌設備存在，當時主流顯示方式為採用文字，顯示資訊的內容也較為侷限。在現今 5G 與光纖寬頻的通訊技術逐漸普及，與資訊可變標誌溝通的方式也有所改變，應該調整協定以因應頻寬的提升帶來之改變。

二、本期建議之修訂

(一) 資訊可變標誌全彩協定

因應目前許多都市都導入全彩資訊可變標誌，因此應統合「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」之結果，將全彩協定納入本期通訊協定修訂研討中。考慮到通訊協定向前相容，全彩協定與三色協定採用二擇一的方式，支援全彩協定可不支援三色協定，如此既有三色或是單色設備仍然能被採用新協定之交通控制系統所支援。表 7.4-5 說明資訊可變標誌之全彩通訊協定與三色通訊協定對應關係。

表 7.4-5 資訊可變標誌全彩通訊協定

項目	單色與三色採用協定	全彩採用協定
設定預設之全文全彩參數	AF H+12 H	AF H+22 H
查詢預設之全文訊息的全彩參數	AF H+42 H	AF H+52 H
回報預設之全文全彩參數	AF H+C2 H	AF H+D2 H
查詢目前之全文全彩參數	AF H+44 H	AF H+54 H
回報預設之全文全彩參數	AF H+C4 H	AF H+D4 H
下載全彩資訊可變標誌圖型	AF H+18 H	AF H+28 H
查詢字窗圖型	AF H+48 H	AF H+58 H
回報全彩圖型	AF H+C8 H	AF H+D8 H

(二) 資訊可變標誌圖形管理

1.圖形管理之需求

相比文字，圖形普遍更能被人接受與理解，因此若資訊可變標誌能顯示圖形，資訊發布與管制的方案將更有彈性。雖然於交通管制應用上，於資訊可變標誌顯示過於吸引人之訊息，有可能影響道路上駕駛之注意力，增加行車危險性，但合適的圖形內容，也有加速駕駛掌握道路資訊之用途。表 7.4-6 說明目前六都對於圖形下載需求與目前交通控制中心之現況。

表 7.4-6 六都對於全彩圖形下載之需求與現況

地區	現況		意見說明
	硬體情況	軟體情況	
臺北市	目前已經有 3x6 的全彩 CMS 面板支援	中心軟體有支援此協定	目前有此功能，但是沒有擴展到全部的 CMS，因為圖形展示還是需要適當的設備與適當的位置，並配置合適的資訊。
新北市	目前硬體無支援	目前軟體無支援	目前 CMS 硬體多為三色，且解析度較為低的設備，停管的設備解析度較高，但無支援此協定。圖形化 CMS 可直接顯示直覺的資訊，若能支援，對於資訊發布管理上將更為有彈性。
桃園市	目前硬體無支援	目前軟體採用圖框方式下載圖形化 CMS	某些應用已經採用圖形與文字的整合顯示，提高民眾對訊息發布的接受程度，但是現行採用圖框的下載方式資訊更新速度不佳，若能有全圖直接下載的協定，將有助於提升資訊更新的速度，讓資訊發布更為即時。
臺中市	目前硬體無支援	目前軟體無支援	臺中目前有設置全彩的 CMS，若透過圖片的通訊協定可快速下載圖形資訊，發布機制可以強化，能發布更多種類之多元資訊。
臺南市	目前硬體無支援	目前軟體無支援	臺南持續增設全彩 CMS，惟受限於現行通訊協定、4G 傳輸速度、設備更新效率等因素，現況仍以顯示文字訊息為主，樂見中央制訂通訊協定改善，並有利 CMS 廠商配合技術支援。
高雄市	目前硬體無支援	目前軟體無支援	高雄市 CMS 目前多為三色，且無支援下載協定。如透過圖片的通訊協定可快速下載圖形資訊，可強化資訊發布機制，彈性發布更多元資訊內容。

實際上多個縣市在之前已經逐漸嘗試採用圖形或是圖形文字混合的方式，讓民眾更能快速接受交通管理訊息，如圖 7.4.3 為臺北市於木柵動物園開放觀賞貓熊時，於鄰近之資訊可變標誌顯示全彩圖形，宣導市民觀看貓熊請搭乘大眾運輸工具。

圖 7.4.4 則是桃園市於 2013 年黃色小鴨風潮之時，在資訊可變標誌宣導此活動，並藉由圖形化路線(如臺 31 線省道)的方式，讓民眾能更快速記憶路線。當時資訊可變標誌設備雖僅有三色，但已經嘗試採用圖形化內容加強訊息之接受程度。



圖 7.4.3 臺北市資訊可變標示顯示全彩圖形範例



圖 7.4.4 桃園市資訊可變標誌顯示圖形範例

2.圖形管理之回顧

有鑑於此，「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」中也針對圖形應用規劃圖形管理機制，將一張完整的圖片，區分成不同區域，透過區域管理與重新下載，經由資訊可變標誌組合成完整圖片訊息，再顯示於面板上。圖 7.4.5 說明「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」之區域組合設定，可將資訊可變標示面板分成數個自訂區域，用以決定顯示的資訊內容與顯示方式。

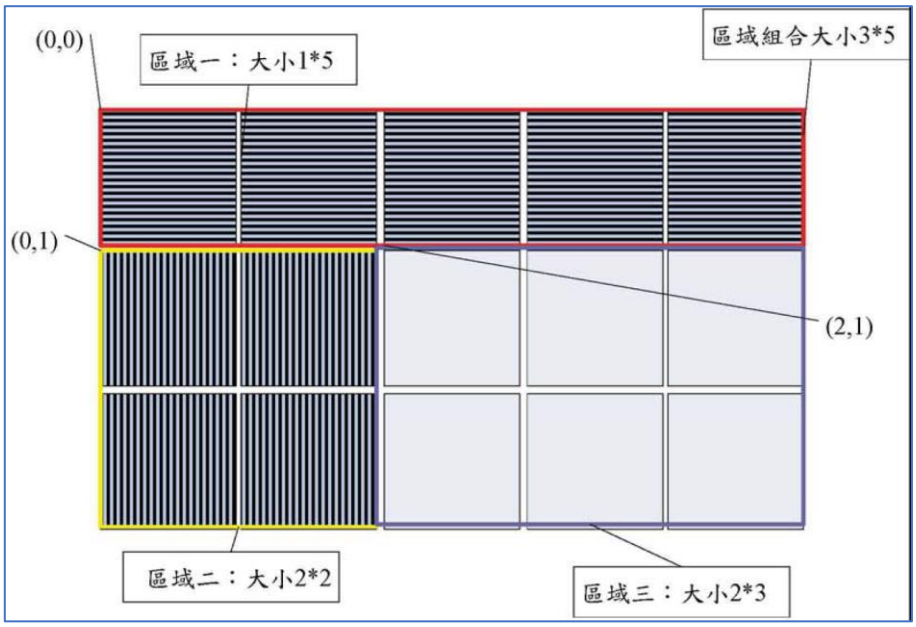


圖 7.4.5 「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」圖形管理之區域組合設定

圖 7.4.6 則為「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」之區域顯示設定，指定該區域顯示的內容與顯示時間，資訊可變標誌接受此指令後，須根據參數調整該區域內容，其他未指定或是未調整的區域則不異動，面板會重新顯示組合完成的訊息。



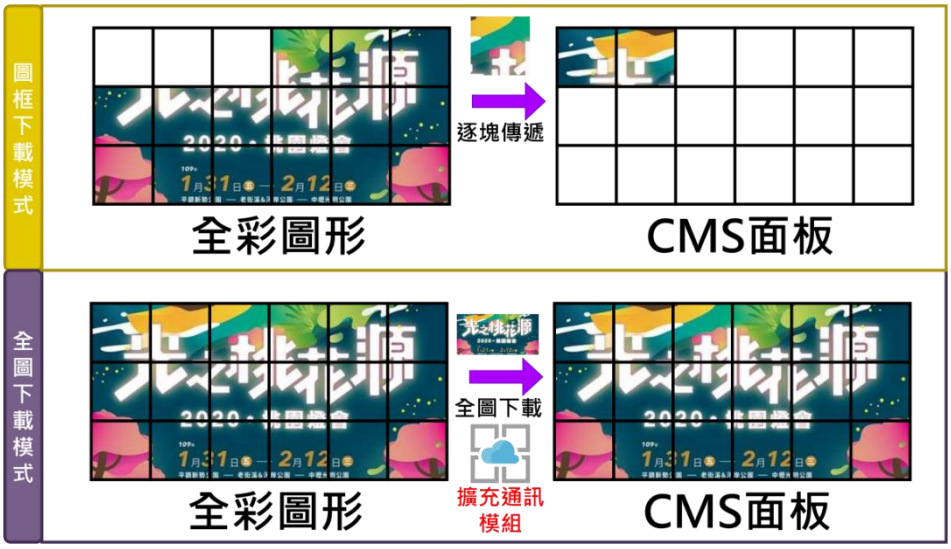
圖 7.4.6 「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」圖形管理之區域顯示設定

雖然「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」中圖形管理立意良好，協定制訂也十分有彈性，並考量降低通訊量以吻合當時通訊技術門檻，但此協定在「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」發布之後幾乎沒有廠商實做完成，主要原因為對於資訊可變標誌與交通控制中心，皆需要大幅修正架構，尤其對資訊可變標誌控制器而言，更須提升其運算能力才能負擔這樣的圖形組合。

3.全圖下載之協定規劃

綜合上述分析，加上現今通訊技術提升，通訊頻寬已經不再是傳遞資訊的限制，因此建議採用全圖下載之協定，增加圖形下載之正確性、穩定性以及應用性。不同「都市交通控制通訊協定 3.0 版」以及「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」的圖形下載採用圖框的方式，一塊塊或是一區區的下載圖形，全圖下載直接將整張圖視為一個整體，一次性的下載圖片。圖 7.4.7 說明全圖下載之概念。

當全彩圖大小超過封包負載大小上限，全圖下載協定可進行分割，確保整張圖形可以順利傳輸。相較分割成數十個圖窗多次下載，全圖下載於通訊上負載損耗更低。此外，圖形組合與管理皆在交通控制中心完成，現場資訊可變標誌只是單純的顯示設備，對資訊可變標誌的硬體要求下降，顯示圖片的速度也能提升。



資料來源：桃園市交通控制中心

圖 7.4.7 全圖下載之概念說明

4.全圖下載之協定特性與效率分析

全圖下載特性包括：圖形如同全文一般，具備圖形碼(編號)；可和文字全文輪詢，也可單頁顯示；儲存之後如同靜態全文一般，可用圖形碼指定顯示。此外全圖下載速度視資訊可變標誌面板與解析度而定，在頻寬足夠的情況之下，面板大小 3x6，字窗解析度為 48x48 的資訊可變標誌，下載一張全彩全圖須 3-5 秒；根據臺北市交通控制中心實測，從下載至設備顯示全圖，小於 10 秒；而若是採用車輛偵測器每分鐘蒐集路況，可用圖形發布圖形化路況顯示資訊(以往通常都為 5 分鐘更新)。

(三) 面板狀態管理

1.面板狀態管理需求

資訊可變標誌面板組成從原本的燈泡提升為 LED 模組，面板故障檢測的方式與展示都較以往不同，但協定針對此點卻仍未有相應的規劃。目前越來越多交通控制中心希望能獲得現場資訊可變標誌面板顯示之狀態，甚至某些交通管理單位會於面板之外安裝 CCTV，透過影像的方式來確認面板顯示內容與故障狀態。

以目前通訊頻寬背景以 LED 模組顯示之細緻程度，交通控制人員會期望能獲得資訊可變標誌顯示即時故障狀態，掌握面板破損程度，當發生明確故障之時，能在民眾反應之前，就先派人維修排除故障。

圖 7.4.8 為採用逐點掃描協定來確認面板之故障狀態，以往協定僅能在面板顯示模組故障超過某一個百分比之後，才會主動回報交通控制中心設備面板故障，但此百分比故障門檻十分不直覺，且無法讓交通管理人員理解現場到底損壞為何，透過逐點掃描協定，如同檢核液晶螢幕壞點一般，可獲得面板詳細之健康狀態，配合交通控制系統軟體，可達成如圖 7.4.8 右邊之顯示畫面，管理人員不用到現場或是額外裝設 CCTV 就能瞭解目前面板顯示狀態。

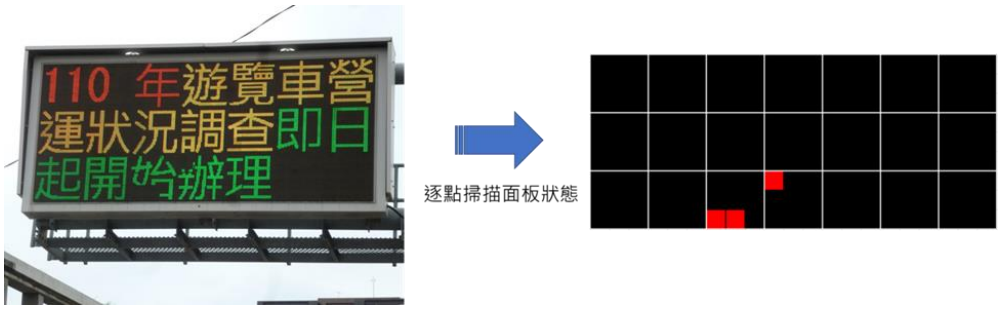


圖 7.4.8 採用逐點掃描方式掌握面板故障狀態

2.面板狀態協定規劃

交通控制中心可透過面板狀態協定強迫資訊可變標誌掃描面板顯示狀態，但是大部分的時間無須如此，因為「都市交通控制通訊協定 3.0 版」現場設備共用訊息中已規範硬體主動回報機制，當發生故障時會主動告知交控中心。而且掃描面板顯示故障也有可能造成現場資訊可變標誌運作上的負擔，或是會造成面板閃爍，因此建議可結合硬體主動回報機制，當發生故障之時，在透過面板狀態協定掃描面板狀態，獲得進一步之故障資訊之後，在決定如何排除此次問題。整體檢核流程建議可參考圖 7.4.9。

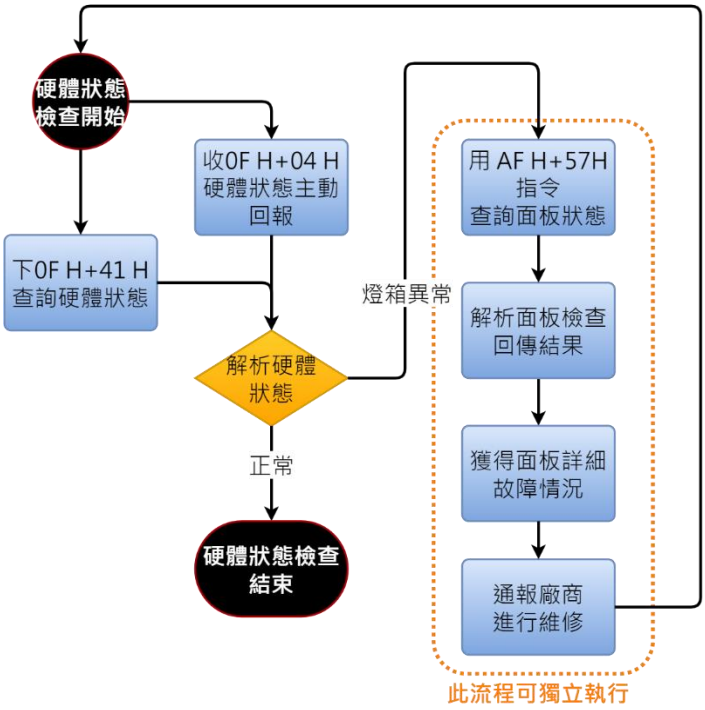


圖 7.4.9 面板狀態管理協定使用流程

(四) 離線顯示模式

「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」檢討了「都市交通控制通訊協定 3.0 版」之應用，增加了一種離線顯示模式，可指定 Timeout 時間，讓斷線之後的資訊可變標誌資訊仍顯示一段時間，超過 Timeout 之後才熄滅。

但是修訂的方式並不符合協定修訂之一致性與向前相容性，因為讓原本的協定增加一個參數，整個協定長度增加了 1 Byte，由於指令碼沒有異動，導致支援新協定的交通控制中心系統，可能無法繼續支援只採用「都市交通控制通訊協定 3.0 版」的設備。因此本期建議修訂，將原本「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」增加 1 Byte 的修訂方式，改為增加一組新的協定，且不異動既有通訊協定 3.0 版的指令長度與參數長度，以向下相容。

7.4.4 自動車輛辨識通訊協定檢討

自動車輛辨識通訊協定為「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」之內容，目前有自動車牌辨識設備與電子標籤偵測器兩種設備採用此協定，協定可吻合目前設備之使用情境，本期檢討將針對協定容易造成疑義之處進行補充說明，並補足自動車輛辨識設備於現場設備共用資訊中缺少之部份。

一、即時資料回報管理

(一) 需求說明

1.自動車輛辨識設備用於智慧路口偵測之用時，需要即時偵測車輛資料，提升運算之即時性。

2.除了週期性自動車輛辨識回報之外，也需要有事件型(即時回報)資料回報。

(二) 補充說明

1.「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」設計之時，就有參考國道資料與都市需求規劃資料回報型態，除了週期性回報之外，也具備事件性回報資料(當車輛被辨識之後立即回報資料)。

2.於協定中補充相關說明，讓使用人員更瞭解此機制。

二、資料回補檢核

(一) 需求說明

1.自動車輛辨識功能如同車輛偵測器，也須具備資料回補機制來補足因為通訊斷線或是系統故障時所遺失之資料。

2.但不同於車輛偵測器，每分鐘所辨識之車輛資料並不是常數，因此需要有一個基準值讓系統確認已經回補所有資料。

(二) 補充說明

1.「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」設計之時，有考慮到此應用，因此可透過指令查詢該時間範圍之內的流量，可用於資料回補的總數。

2.於協定中補充相關說明，讓使用人員更瞭解此機制。

三、設備共用訊息規劃

「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」中並無說明自動車輛辨識於現場設備共用訊息之內容，本期協定檢討將研討此部份，補足共用協定之內容。表 7.4-7 說明建議自動車輛識別協定支援現場設備共用訊息之內容。

表 7.4-7 建議自動車輛識別支援現場設備共用訊息

訊息類別	訊息型態	通訊協定	訊息等級
訊息回應處理	設定回報	0F H+80 H	B
	設定回報 查詢回報	0F H+81 H	B
	查詢	0F H+41 H	B
	查詢回報	0F H+C1 H	B
設備日期、時間管理	設定	0F H+12 H	B

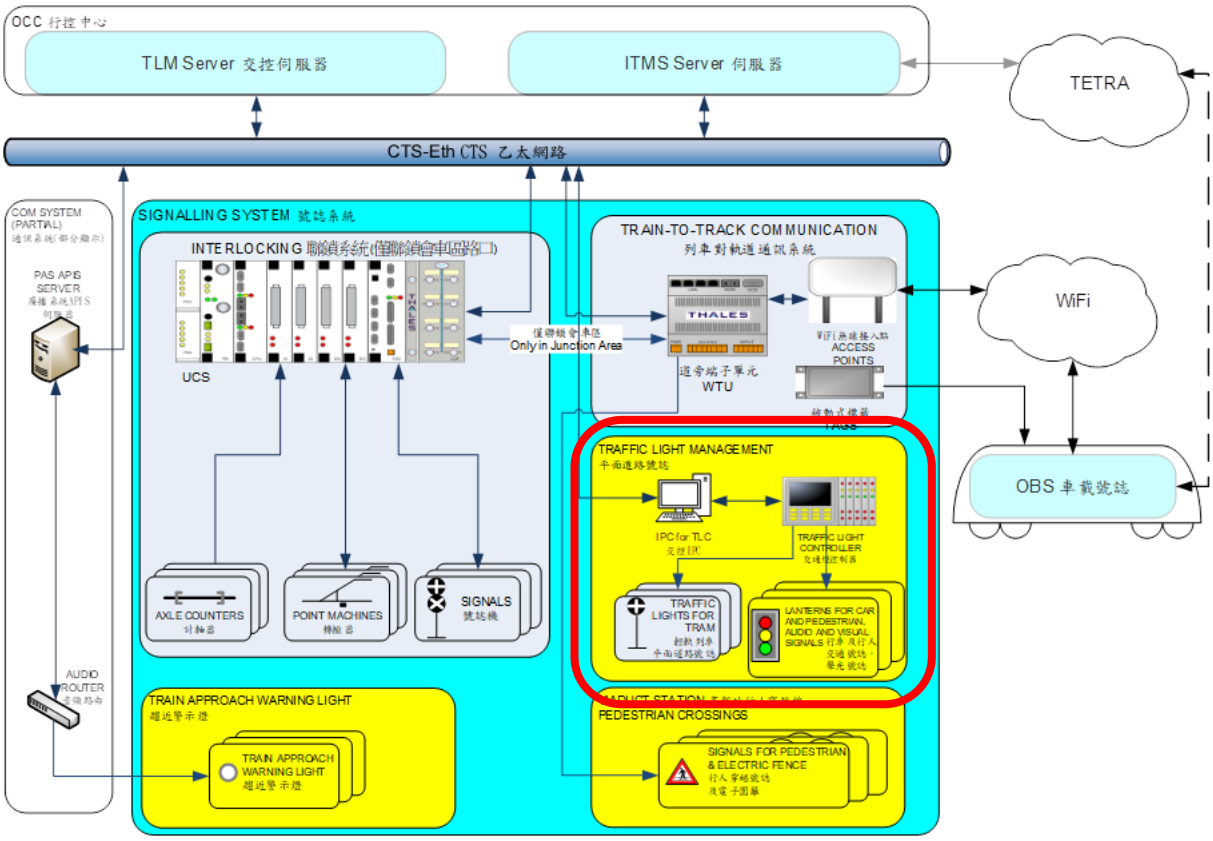
訊息類別	訊息型態	通訊協定	訊息等級
	設定回報	0F H+92 H	B
	查詢	0F H+42 H	B
	查詢回報	0F H+C2 H	B
	主動回報	0F H+02 H	B
設備硬體狀態管理	設定	0F H+14 H	B
	查詢	0F H+44 H	B
	查詢回報	0F H+C4 H	B
	主動回報	0F H+04 H	B
設備韌體燒錄日期及版本管理擴充	查詢	0F H+53 H	B
	查詢回報	0F H+D3 H	B

7.4.5 輕軌通訊協定檢討

一、輕軌系統架構說明

國內輕軌之應用目前有新北市淡海輕軌系統與高雄輕軌系統，兩個輕軌系統都有與平面道路相交，因此與號誌管理十分密切，輕軌系統的控制資料須與號誌系統的控制系統溝通，確保輕軌通過路口的安全性，並對整體路網的順暢性不會造成過多之影響。目前國內輕軌與號誌系統連接的方式可分成兩大種類，一是新北淡海輕軌系統與高雄輕軌一期，採用透過號誌控制器來託管輕軌的輕軌平面號誌燈；另一是高雄輕軌二期，不透過號誌控制器來顯示輕軌平面號誌燈，而是新增設備(LRSC)來處理。

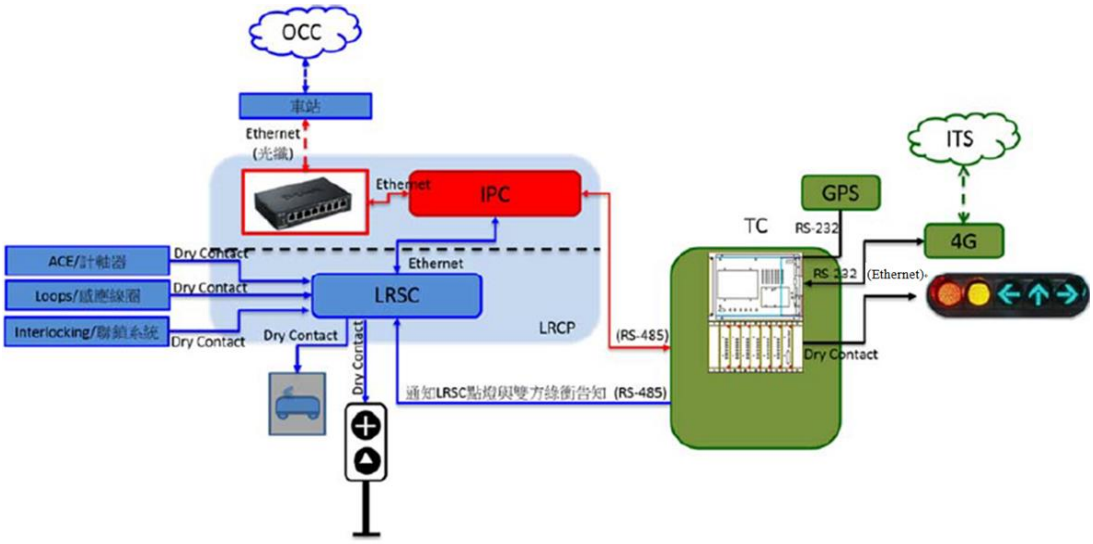
圖 7.4.10 為新北淡海輕軌系統架構圖，紅框部份為與號誌控制器相關內容，輕軌系統的平面道路號誌連接於號誌控制器，顯示與管理都透過號誌控制器，因此輕軌系統的輕軌優先號誌決策電腦(IPC)和號誌控制器之間須透過通訊協定進行溝通。



資料來源：新北市淡海輕軌系統

圖 7.4.10 新北市淡海輕軌系統架構

圖 7.4.11 為高雄二期輕軌系統架構圖，輕軌的平面道路號誌會透過 LRSC 設備顯示燈號，輕軌 IPC 和號誌控制器之間仍然須透過通訊協定進行溝通，但是燈號的管制就不透過號誌控制器執行。溝通的內容為優先號誌執行內容與目前時制計畫的內容確認，因為輕軌通過路口時具有優先權，理論上路口要優先開放讓輕軌通過，但是輕軌本身有靠站停等與旅客上下車等不確定因素，導致通過路口的時間會有變化，因此需要輕軌 IPC 與輕軌道旁終端機(WTU)密切溝通獲得輕軌車輛目前位置，計算優先號誌執行內容之後，再讓號誌控制器執行該步階控制策略。



資料來源：高雄市智慧型微電腦號誌控制器(輕軌優先專用機)規格說明

圖 7.4.11 高雄輕軌二期架構說明

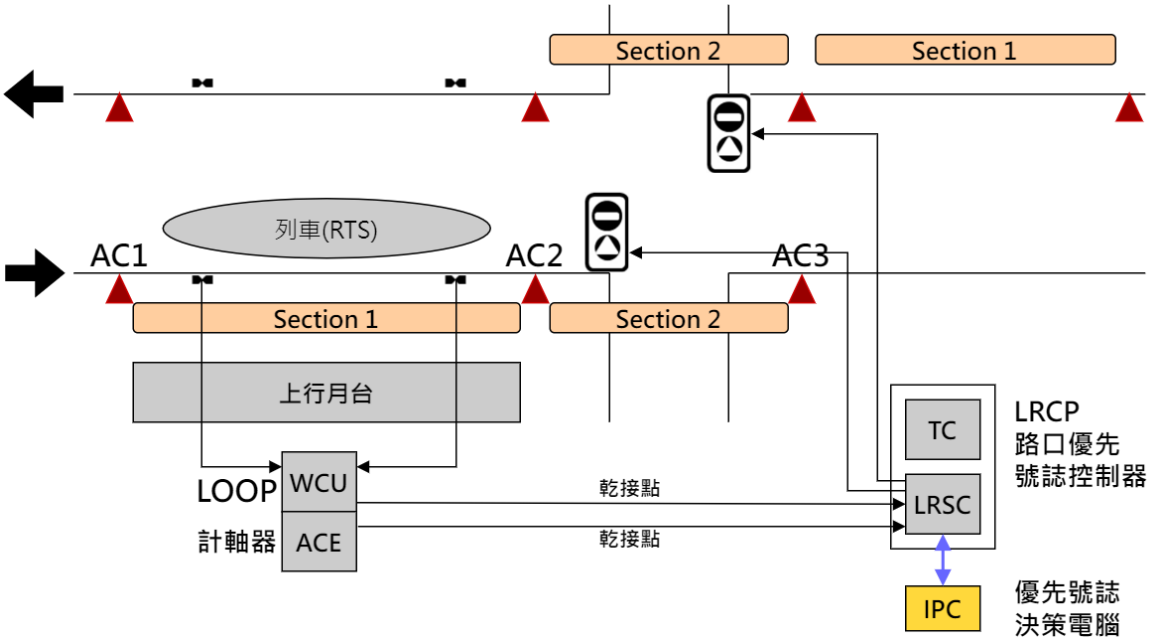
雖然平面道路號誌在兩個架構中由不同設備管理，但是燈號的綠衝突管理方式卻一致。新北淡海輕軌系統與高雄輕軌一期綠衝突管理機制如同高雄輕軌二期一般，皆由號誌控制器所以提供，只是新北淡海輕軌系統與高雄輕軌一期是號誌控制器本身處理，而高雄輕軌二期的綠衝突管理則是透過 LRSC 與號誌控制器相互溝通來達成。

二、輕軌指令溝通流程

輕軌系統和交通控制系統之間的溝通主要目標就是提供觸動輕軌優先號誌的訊號，訊號來源可來自兩個來源，一個是輕軌行控中心(OCC)，另一個來源則是輕軌道旁設備，例如道旁終端機、WTU 等等。架構圖如圖 7.4.12 所示。目前大部分的觸動來源皆是輕軌道旁設備，由自動化偵測輕軌列車的位置，AC1 為列車觸發輕軌優先號誌的位置，此時會傳送訊號給輕軌優先號誌決策電腦，啟動輕軌修先機制。AC2 為列車到路口的位置，輕軌列車到此點時，輕軌優先號誌應該已經調整完成，透過綠燈延長、紅燈截斷或是插入時相的方式，讓輕軌列車行進方向的燈號顯示為綠燈。AC3 則為輕軌列車通過路口的位置，此時表示列車已經離開路口，輕軌優先號誌機制應該回歸路口正常的控制策略(例如 TOD)，降低對交通路網的影響。

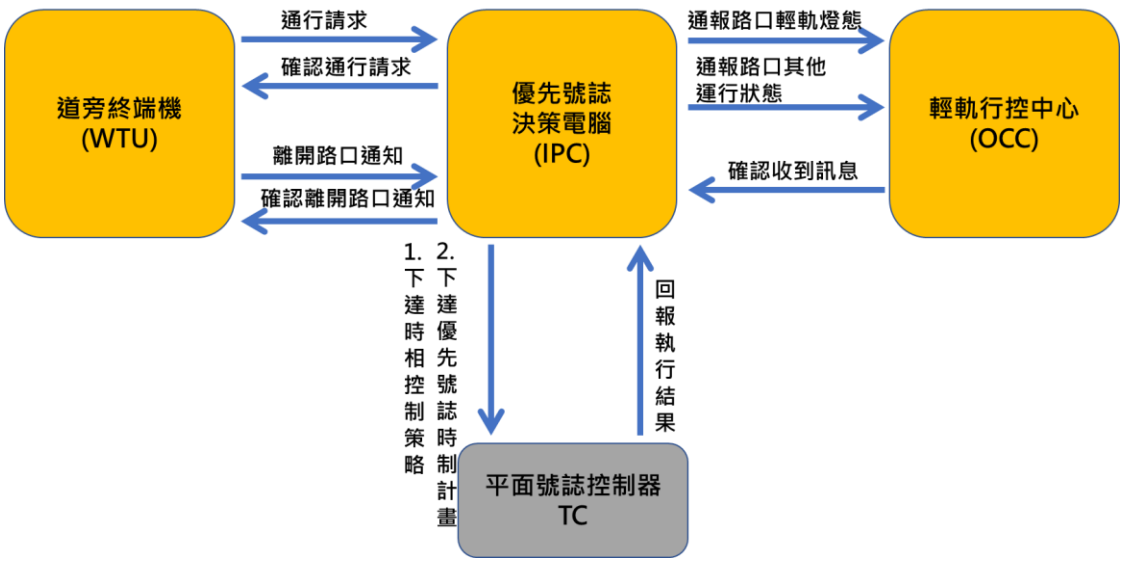
輕軌系統透過道旁終端機蒐集列車資訊，由輕軌優先號誌決策電腦(IPC)計算優先號誌之號誌控制策略，設定至號誌控制器，並回報狀態資訊給輕軌行控中心，整體指令溝通流程如圖 7.4.13 所示。道旁終端機可蒐集列車進站、離站資訊，提供目前列車的位置，輕軌優先號誌決策電腦(IPC)則是現場優先號誌

的決策單元，可獲得號誌控制器目前的時制，並根據列車位置計算並推測到達路口的時間，藉此調整步階秒數，讓列車可以順利通過路口。此操作為輕軌優先號誌決策電腦(IPC)與號誌控制器透過通訊協定完成，不須透過交通控制中心或是輕軌行控中心。輕軌行控中心則是監控管理單位，接收目前輕軌燈態與路口運行狀態，管理人員於行控中心透過管理系統監視整體現況，除非有特殊需求，行控中心才會對現場輕軌優先號誌決策電腦(IPC)進行控制與管理。



資料來源：高雄捷運公司

圖 7.4.12 高雄輕軌系統架構



資料來源：新北市淡海輕軌系統

圖 7.4.13 輕軌系統指令溝通流程

於高雄輕軌二期架構中，當輕軌優先計算程序啟動時，輕軌優先號誌決策電腦(IPC)會傳送啟動優先計算之訊息至號誌控制器；此時，號誌控制器即不能

接受交通控制中心進行的任何資料修改與現場手動控制等相關作業。包含來自交通控制中心或現場手控、全紅、閃光等模式(即員警撥動手動開關亦無法啟動現場手動功能，待優先策略結束時即恢復一般運作狀態)；同時液晶面板須顯示「目前正在執行輕軌號誌優先策略，暫時停止現場控制功能」。如此時 ITS 中心下達指令時，號誌控制器須回報目前執行輕軌優先策略不提供控制。

為提供輕軌優先號誌決策電腦(IPC)號誌時制修改之即時內容，當交通控制中心下載時段型態、時制計畫、時制計畫基本秒數修正等相關指令時，號誌控制器除修正本機內容並回報交通控制中心外，亦須將執行成功之相關指令通知輕軌優先號誌決策電腦(IPC)。

輕軌優先號誌步階控制之指令流程如圖 7.4.14 所示。IPC 會通知號誌控制器切換控制策略至步階控制，並透過「都市交通控制通訊協定 3.0 版」之指令查詢目前時制計畫內容已瞭解目前執行步階與剩餘秒數等資訊，再透過 WTU 或是計軸器等列車資訊蒐集單元回報之車輛位置，判斷是否為現行步階與下一步階應執行秒數，透過修訂過之 5F H+1C H 指令，指定下一步階執行秒數，以此不斷輪迴判斷與計算下一個步階，直至列車通過該路口。

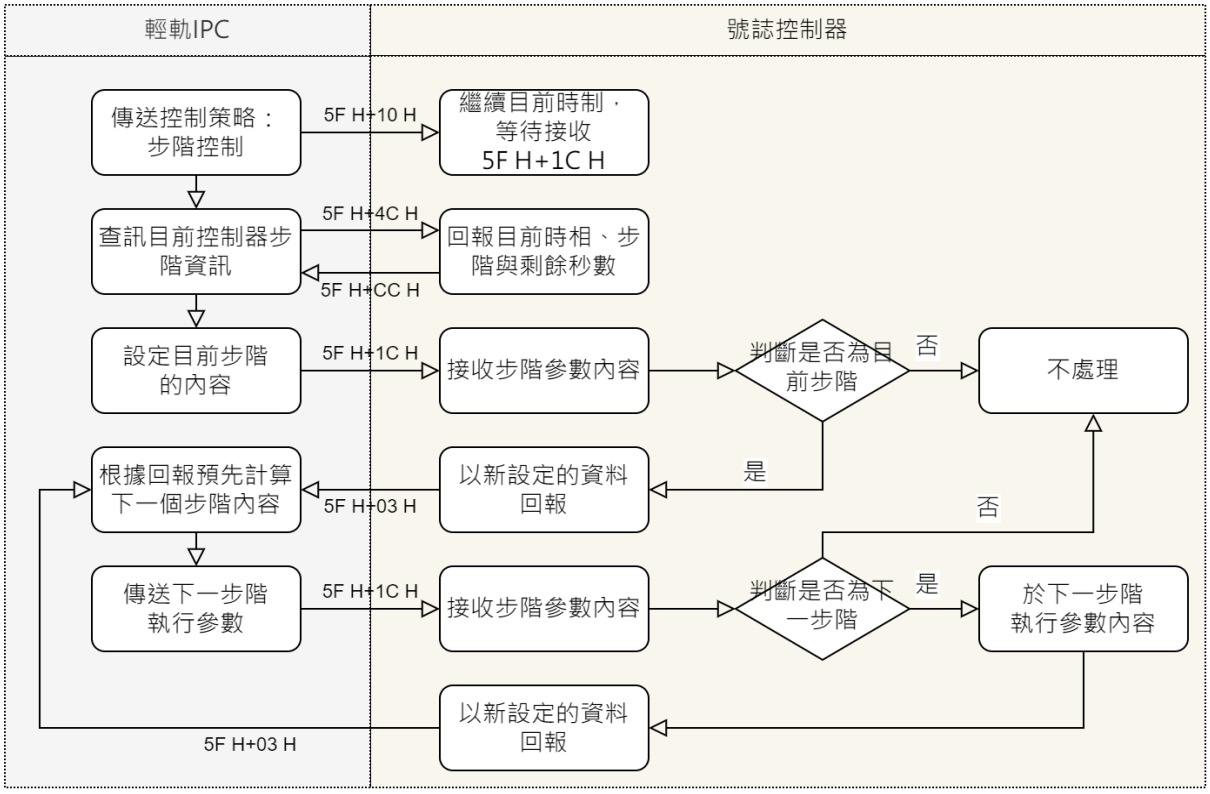


圖 7.4.14 輕軌系統優先號誌步階控制流程

5F H+1C H 修訂的內容為重新定義協定中的參數 EffectTime，從原本的「訊息有效執行時間(秒)」修改為「為該步階之總秒數(秒)」。同時配合此次修訂增

進行模式調整，如表 7.4-8 所示。

表 7.4-8 步階控制協定 5F H+1C H 修訂內容

EffectTime：1 Byte，整數(0~255)，為該步階之總秒數(秒) ● 指定 SubPhaseID 中 StepID 的步階執行總秒數。若接收此指令時，該步階已執行秒數大於等於 EffectTime，則轉換制下一步階。若已執行秒數小於 EffectTime，則放大此步階執行秒數。 ● 此指令可預先下載，等到執行至指定之 SubPhaseID 和 StepID 才套用。但是只能套用至一個週期之內，如果指定的 SubPhaseID 和 StepID 本週期之內還未到，那就是執行到 SubPhaseID 和 StepID 時套用設定。但是指定的 SubPhaseID 和 StepID 本週期已經執行過，那就是下一週期的 SubPhaseID 和 StepID 到了再套用。一旦套用過此設定，該設定就重置，不會套用到下一個週期。

三、輕軌協定整理

輕軌優先號誌之通訊協定可分成 6 個部份討論，如圖 7.4.15 所示，這 6 部份的協定內容與對象如表 7.4-9 所示。

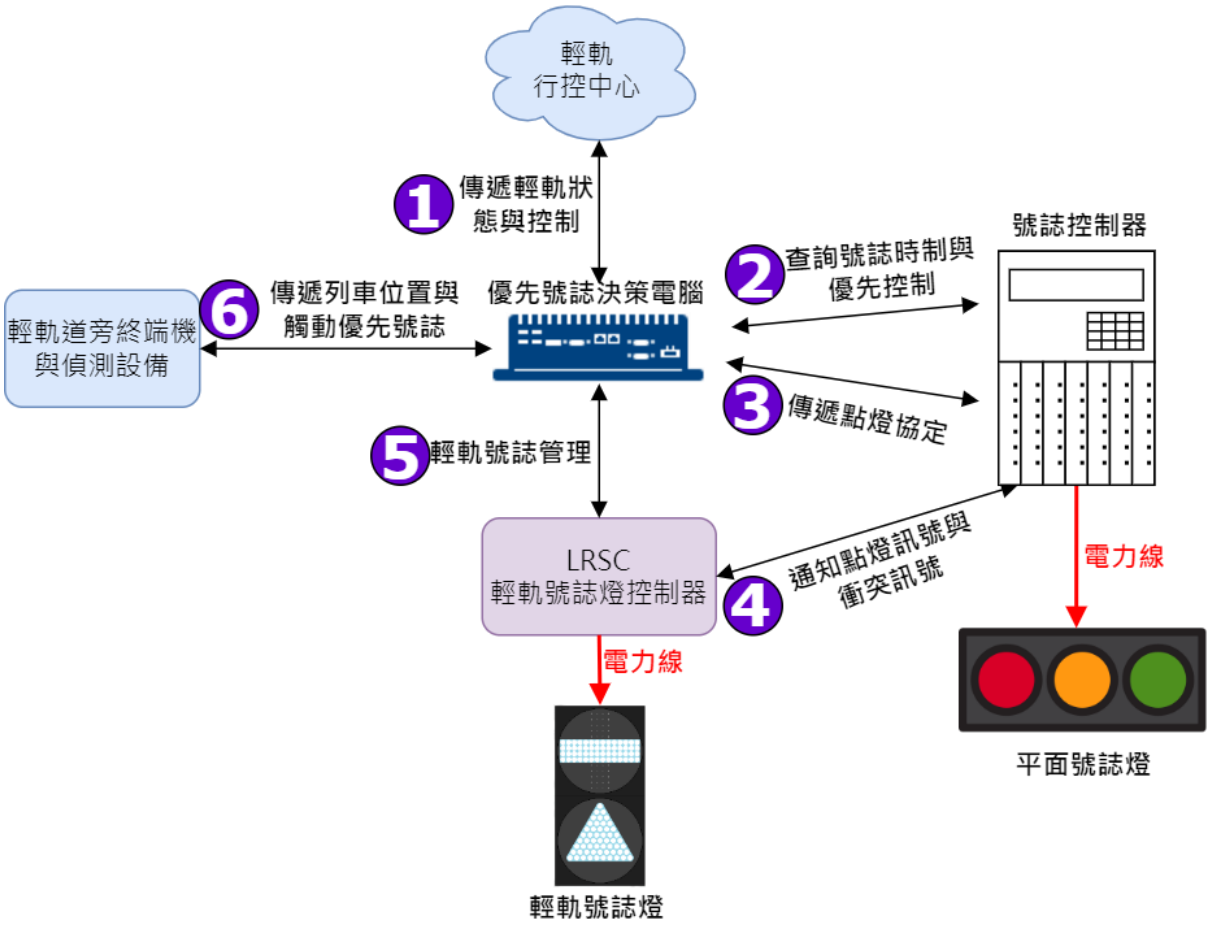


圖 7.4.15 輕軌優先號誌通訊協定溝通圖

表 7.4-9 輕軌優先號誌通訊協定溝通內容表

分類	對象	內容
1	● 輕軌行控中心對 ● 優先號誌決策電腦	● 輕軌列車資訊管理 ● 路口管理 ● 輕軌號誌管理 ● 輕軌優先號誌參數管理
2	● 優先號誌決策電腦對 ● 號誌控制器	● 查詢時制計畫 ● 查詢目前燈態 ● 設定控制模式 ● 輕軌優先控制
3	● 優先號誌決策電腦對 ● 號誌控制器	● 輕軌行車燈態管理 ● 輕軌行車燈故障主動回報
4	● 號誌控制器對 ● LRSC	● 設定輕軌號誌燈態 ● 主動回報輕軌號誌燈態
5	● 優先號誌決策電腦對 ● LRSC	● 輕軌行車燈態管理 ● 車輛偵測器資料管理 ● LRSC 狀態回報管理
6	● 輕軌道旁終端設備對 ● 優先號誌決策電腦	● 傳遞列車位置 ● 觸動輕軌優先號誌

輕軌系統之協定應用方面為與平面道路相交之交通管理，並不包含軌道營運相關的用途，整體輕軌系統採用兩種協定，優先號誌管理部份採用「都市交通控制通訊協定 3.0 版」的號誌控制器訊息，與號誌控制器溝通。軌道列車資訊、輕軌平面號誌燈管理則是透過輕軌協定，讓輕軌優先號誌決策電腦(IPC)、號誌控制器與輕軌行控中心彼此溝通。表 7.4-10 說明輕軌通訊協定之內容。

表 7.4-10 輕軌通訊協定內容

序號	訊息類別	訊息型態	訊息編號		對象
			本通訊協定	用途	
1	輕軌號誌燈態管理	設定	5DH+13H	傳送輕軌燈態至現場設備	TC
2		查詢	5DH+43H	要求設備傳送目前燈態	TC
3		查詢回報	5DH+C3H	回報目前燈態之資料	TC
4		主動回報	5DH+03H	主動回報輕軌號誌燈態，燈號變化傳送	TC
5	輕軌列車資訊管理	查詢	5DH+44H	查詢輕軌各偵測器的資訊	IPC
6		查詢回報	5DH+C4H	回報輕軌各偵測器的資訊	IPC
7		主動回報	5DH+04H	主動回報輕軌列車通過各偵測器的資訊	IPC

序號	訊息類別	訊息型態	訊息編號		對象
			本通訊協定	用途	
8	路口管理	主動回報	5DH+05H	回報因輕軌影響所調整的綠燈秒數內容，當計算調整之後回報	IPC
9	輕軌號誌管理	設定	5DH+16H	設定輕軌號誌參數(上下軌速度與是否啟動優先號誌)	IPC
10		查詢	5DH+46H	查詢輕軌號誌參數	IPC
11		查詢回報	5DH+C6H	回報輕軌號誌參數	IPC
12		主動回報	5DH+06H	主動回報輕軌號誌更改的參數。(上下軌速度與是否啟動優先號誌)，現場異動時回報	IPC
13	路口管理	主動回報	5DH+07H	當有輕軌號誌燈故障時，主動回報訊息	TC over IPC
14	輕軌列車資訊管理	主動回報	5DH+08H	使用於 WTU 偵測器，輕軌列車通過各偵測器資訊回報	IPC
15	輕軌優先號誌參數管理	設定	5DH+19H	設定輕軌能通過的分相	IPC
16		查詢	5DH+49H	查詢輕軌能通過的分相	IPC
17		查詢回報	5DH+C9H	回報輕軌能通過的分相	IPC
18	輕軌優先號誌連線參數管理	設定	5DH+1AH	設定優先號誌運作參數	IPC
19		查詢	5DH+4AH	查詢優先號誌運作參數	IPC
20		查詢回報	5DH+CAH	回報優先號誌運作參數	IPC
21	輕軌進階參數管理	設定	5DH+1BH	設定輕軌進階參數 (模擬車輛進離站)	IPC
22		查詢	5DH+4BH	查詢輕軌進階參數	IPC
23		查詢回報	5DH+CBH	回報輕軌進階參數	IPC
24		主動回報	5DH+0BH	主動回報輕軌進階狀態(連斷線)	IPC

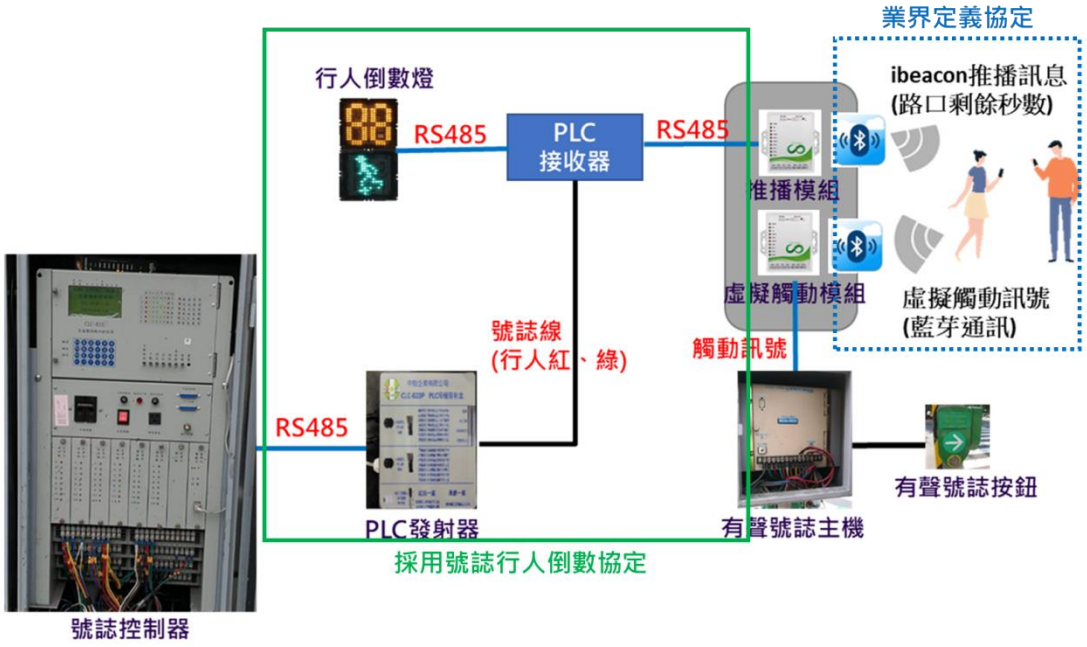
7.4.6 弱勢用路人通訊協定情境檢討

弱勢用路人之應用為路口架設有聲號誌，或透過資料交換獲得行人倒數秒數，再經由智慧手杖、智慧手機或是其他的輔助工具，將路口的行人資訊傳遞給弱勢用路人，以協助弱勢用路人通過路口，提升交通安全。以往在路口提供弱勢用路人服務最常見的機制就是有聲號誌，弱勢用路人經過路口時，可按下啟動按鍵，有聲號誌就會發出聲響，提供弱勢用路人過馬路之資訊，隨著音響的急促，可知道該路口即將轉換燈號，可以此做為是否要通過路口之判斷。

路口因為車輛通行噪音極大，過於小聲的有聲號誌聲響，弱勢用路人可能無法順利聽到聲音，因此許多裝設有聲號誌的路口，都會放大有聲號誌的音量。但音量過大有時會造成附近居民之困擾，造成民怨，所以才會設計成有一個按

鍵做為開關，有通過路口之需求時，才會啟動有聲號誌。此種設計雖然可降低一部分民怨，卻增加弱勢用路人之不便，除了有聲號誌聲響音量受限之外，還須先找尋有聲號誌開關按鈕，並不是十分友善之解決方案。

為解決上述問題，交通管理單位與業界廠商提出採用智慧輔具與智慧手機等工具，達成「按下有聲號誌按鈕」與「接收有聲號誌聲響」這兩大需求。主要架構概念為增加藍芽或是其他短距無線通訊技術，傳遞號誌倒數秒數至智慧輔具或是智慧手機，弱勢用路人透過自己手中的設備就能接收到目前路口通過剩餘時間，除了資訊快速準確之外，也不會造成附近鄰居之困擾。此外，智慧手機或是智慧輔具也能透過這些短距無線通訊技術傳遞觸動資訊，模擬按下有聲號誌按鈕之行為，這樣弱勢用路人也不用在路口尋找有聲號誌按鈕，提升便利性。



資料來源：臺北好行 APP 暨臺北市即時交通資訊網功能

圖 7.4.16 弱勢用路人有聲號誌架構說明

圖 7.4.16 為臺北市有聲號誌之架構，通訊協定部份可區分成兩大應用：

一、號誌控制器至推播模組

推播模組需要發送路口倒數資訊給智慧輔具，因此必須獲得現在路口的即時秒數。其實可將推播模組想像成各路口的行人燈，每一個行人燈能顯示倒數秒數，透過通訊式的連線方式加上行人倒數通訊協定，號誌控制器可通知各行人燈目前即時倒數秒數，推播模組也可採用此種方式，從號誌控制器獲得最新資訊。協定部份可採用行人倒數通訊協定，通訊方式則視路口實際需求而選擇

適當方案。

目前通訊方式有透過 PLC(電力網路線)溝通，也有透過無線通訊：如 wifi 或是 RFID 等技術進行溝通，也有路口採用混合型，同時支援 PLC 與無線通訊方案。都市交通控制通訊協定研討的內容並不包含通訊方案，都市交通控制通訊協定只規範傳遞資料的內容與處理方式，因此建制單位採用最合適方案來達成此目標。

二、推播模組至智慧輔具

與前者不同，此段通訊不像號誌控制器那般有都市交通控制通訊協定可使用，同時推播模組與智慧輔具都為業界廠商設備，也非交通管理單位所管轄之設備，因此本次協定研討建議此段通訊協定應該開放由業界廠商自行定義，雖然目前大多數廠商都採用藍芽推播的技術為通訊方案，但是其上傳遞之資料格式目前並無統一，各家廠商擁有自己的資料格式。廠商採用自己的通訊協定優勢為推播設備與智慧輔具相容性高，通訊較為穩定且反應快速，同時可刺激各家廠商針對自家產品進行最優化，提供更加吻合市場需求之產品。

若真需要有標準通訊協定，也可如同業界制訂標準一般，由市佔率高的多家廠商組成聯盟或是協會，共同制訂傳輸協定。由業界主導協定制訂的優勢在於調整迅速，可因應市場與技術發展，快速調整協定內容。綜合以上諸點，開放讓業界自行定義推播模組至智慧輔之通訊協定對弱勢用路人與產業界更有幫助。

7.4.7 車聯網 RSU 與中心溝通協定檢討

一、國內實驗場域回顧

(一) 中興新村實驗場域

「中興新村「智慧運輸-車聯網」示範場域規劃建置」計畫在民國 106 於中興新村建立車聯網示範場域計畫，其中有規劃交通控制中心與車聯網路側單元(RSU)溝通之訊息與用途。圖 7.4.17 為該計畫雛型中心系統架構圖，紅色框線標示處則為 RSU 與交通控制中心傳遞資料之內容，RSU 與交通控制傳遞的資料流如下：

1.OBU 透過 DSRC 將資料送至 RSU。

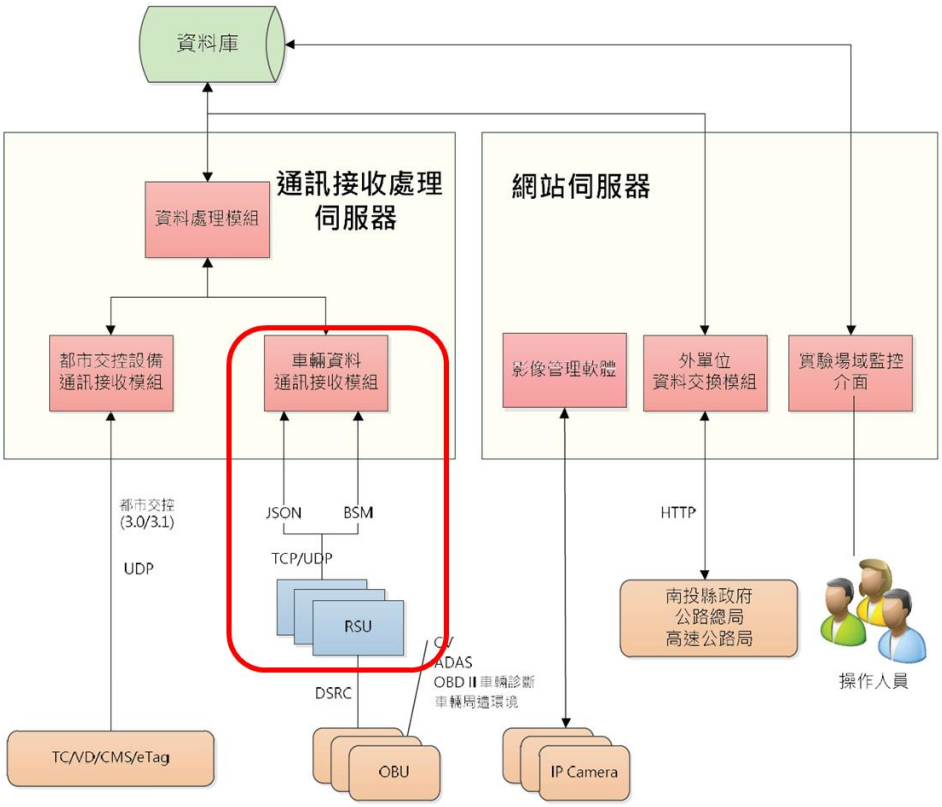
2.RSU 以 TCP 方式與中心進行註冊，並以 UDP 方式將車輛偵測資料傳

送至中心。

3.RSU 整合車輛資料後透過 UDP 將資料回傳至控制中心車輛資料通訊接收模組，解譯後傳送至資料處理模組後存入 DB。

4.CV(車聯網系統) 資料採用 BSM(Basic Safety Message) 格式。

5.其餘資料採用 JSON 格式。



資料來源：中興新村「智慧運輸-車聯網」示範場域規劃建置

圖 7.4.17 中興新村實驗場域交通控制中心與 RSU 傳遞內容

BSM(基本安全訊息集)主要是用來傳遞汽車行駛或靜止時的所有相關資訊，例如位置、速度、方向等。OBU 傳遞這些資料給 RSU 之後，再回傳到交通控制中心進行資料蒐集與分析。

除了蒐集資料之外，交通控制中心也可透過 RSU 傳遞資料至 OBU。圖 7.4.18 為監控平台功能架構圖，紅框部份為中心透過 RSU 發布及訊息 RSU 設定：

1.RSU 設定功率、傳輸率：本功能可設定 RSU 傳輸功率與頻率更新之功能。

2.RSA 訊息下載：本功能可設定欲透過 RSU 發佈之資訊內容，依據 DSRC 採用之 SAE J2735 規範，按照 RSA 格式將前方壅塞資訊及多事故路段警示等，經由資訊發布模組推播給 RSU 再透過 OBU 提供給駕駛人，

以達到提供詳細路況資訊或交通安全告警的目的。

3.TIM 訊息下載：本功能可設定欲透過 RSU 發佈之 TIM 資訊內容，依據 DSRC 採用之 SAE J2735 規範，按照 TIM 格式將異常天候資訊及緊急路況資訊提供與駕駛人。



資料來源：中興新村「智慧運輸-車聯網」示範場域規劃建置

圖 7.4.18 中興新村實驗場域監控平台系統架構圖

(二) 基隆實驗場域

自民國 104 年起於基隆建置車路整合實驗場域，由以往強調基礎設備系統之建設，轉向為提供民眾服務與系統管理效率上，在車路整合應用模式與先期模擬測試階段，將透過「系統整合、資訊加值、前瞻技術」等方面，進行更高階地全面性實現智慧型運輸系統服務。在「效率」面，目標為達成即時交通資訊服務及擴大資訊蒐集範圍，藉結合無線通訊技術，如專用短距通訊(Dedicated Short Range Communications, DSRC)與其他車載設備互相傳遞訊息，並整合現有之基礎系統建設，透過 V2I/C2I 的方式，與交控中心之資訊做有效之應用，共同提升車流資訊、路況資訊、和警示資訊等效率與附加價值。

圖 7.4.19 為基隆實驗場域中車路整合平台整體架構，紅框部份為交通控制中心與 RSU 溝通之部份，可得知主要訊息用途為路側資料蒐集、交通資訊發布以及 RSU 運作狀態監控。圖 7.4.20 為車路整合雛型平台的軟體架構圖，共分六大功能，紅框為 RSU 傳遞資料制交通控制中心的部份：

1.資料蒐集功能

OBU 資料交換功能依據 DSRC 採用之 SAE J2735 規範，OBU 將車輛狀態資料以 BSM 格式傳送給周遭其他車輛、道路沿線 RSU 及控制中心。

2.資訊發布功能

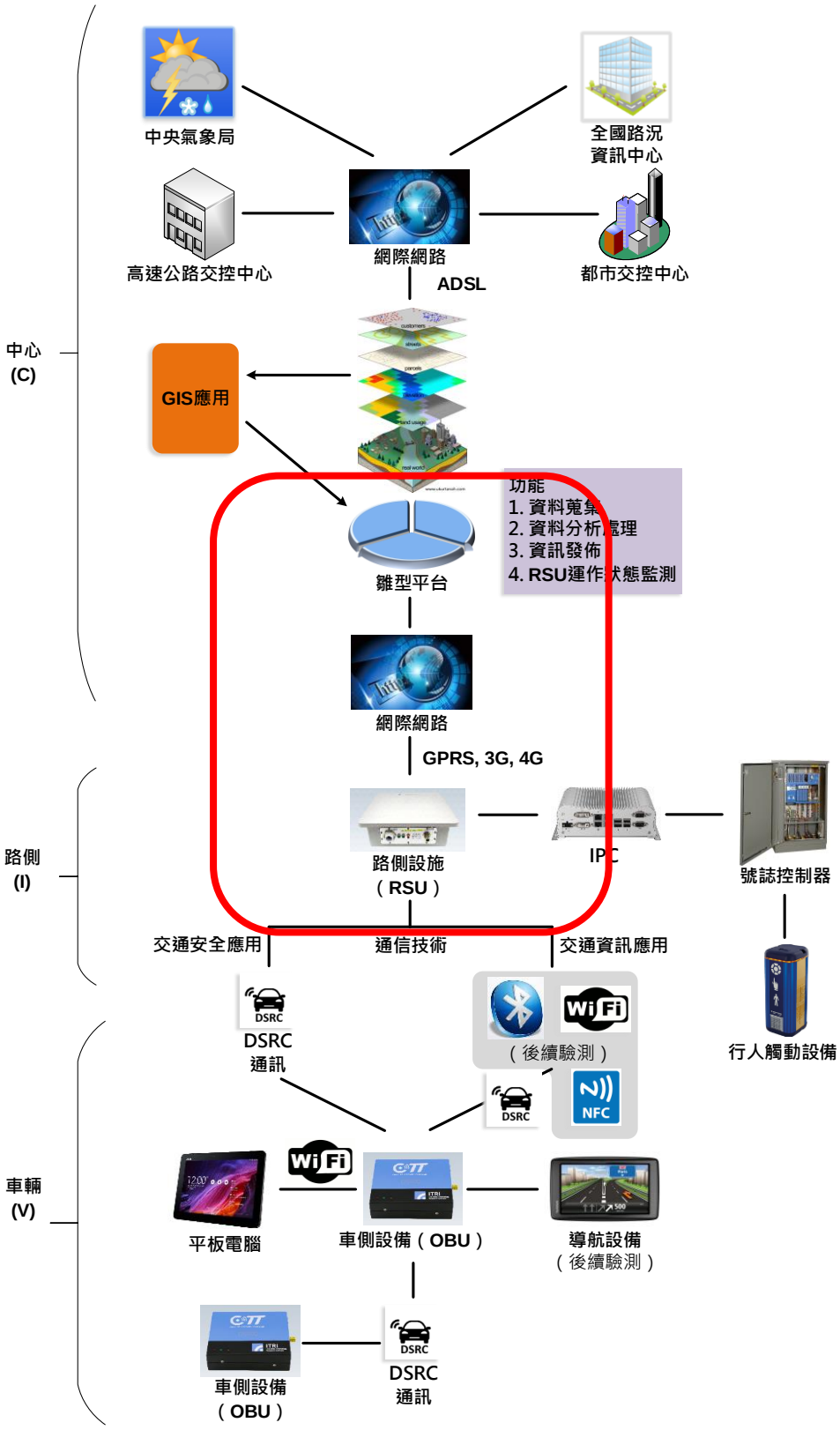
依據 DSRC 採用之 SAE J2735 規範，按照 TIM 及 RSA 格式將前方壅塞資訊、易肇事路段警示、異常天候資訊、緊急路況資訊等，可經由資訊發布模組推播給 RSU 再透過 OBU 提供給駕駛人，以達到提供詳細路況資訊或交通安全告警的目的。

3.系統運作監控功能

監控驗測範圍內之 RSU 運作狀態，包含連斷線情形、CPU 使用率、DSRC 傳輸輛等；並蒐集之外部中心訊息傳輸狀態以確實掌握資料蒐集與設備情形，將採用 JSON 將監控設備狀態的訊息傳送回平台進行監控及記錄。

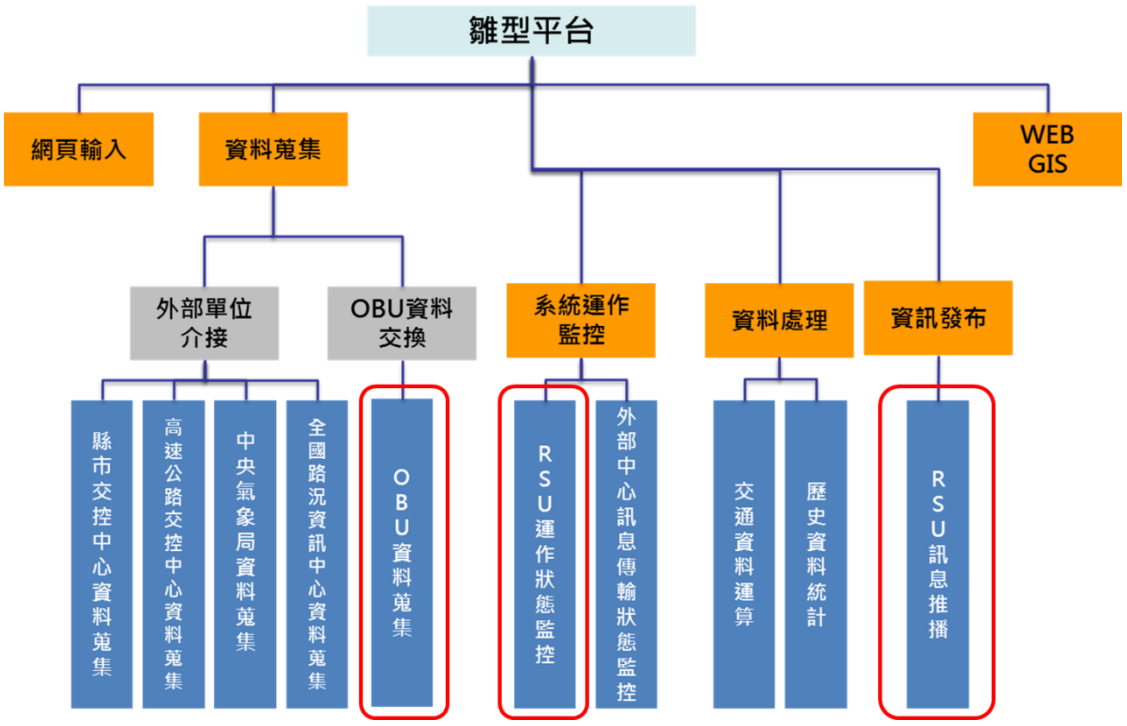
在「我國智慧型運輸系統車路整合應用模式探討與先期模擬測試」研究計畫中，有多個測試情境，當中有兩個與 RSU 和交通中心溝通相關，圖 7.4.21 測試情境為適用情境有前方交通壅塞資訊、異常天候資訊、易肇事路段警示

以及緊急路況警示等應用服務。RSU 可發布從交通控制中心所獲得之即時路況資訊與異常事件警示資料給 OBU，讓駕駛能提前反應。



資料來源：先進交通管理與車路整合技術創新應用

圖 7.4.19 基隆實驗場域車路整合平台系統架構圖



資料來源：先進交通管理與車路整合技術創新應用

圖 7.4.20 基隆實驗場域雛型平台系統架構圖



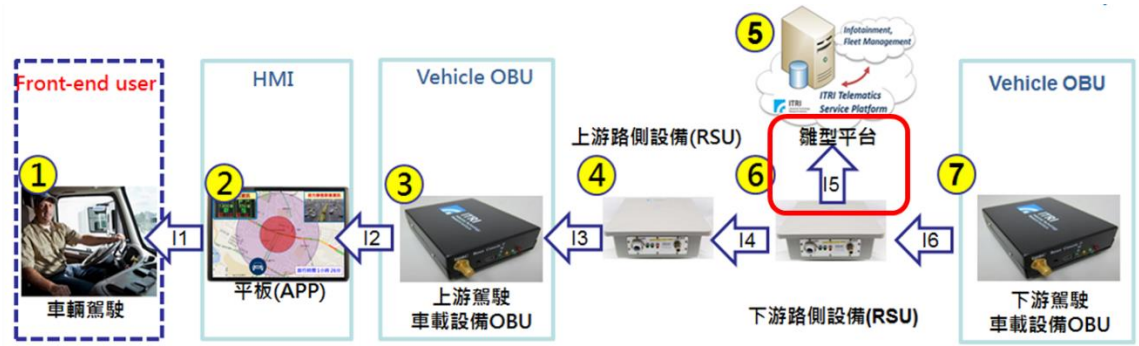
#	Interface	Communications Protocol	Format Standard	Direction	Messages
I1	使用者觸控/圖形化顯示	N/A	N/A	①←②	介面顯示： 1.即時路況服務(壅塞資訊/CMS畫面/CCTV影像) 2.異常事件警示(易肇事路段警示畫面/緊急路況資訊/異常天候資訊)
I2	WIFI	TCP/IP	JSON	②←③	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(壅塞資訊/CMS畫面訊息/CCTV影像訊息) 2.異常事件警示(易肇事路段警示訊息/異常天候資訊)
			JSON	②←③	資料存取(服務資訊提供)： 1.異常事件警示(緊急路況資訊)
I3	WAVE/DSRC	IEEE 802.11p	SAE J2735 / TIM / RSA	③←④	WSMP/WSA
I4	Ethernet/ Cellular (3G/4G)	TCP/IP	SAE J2735 / TIM	④←⑤	資料存取： 1.即時路況資訊(壅塞資訊/CMS畫面/CCTV影像) 2.異常事件警示(易肇事路段警示畫面/異常天候資訊)
			SAE J2735 / RSA	④←⑤	資料存取(服務資訊提供)： 1.異常事件警示(緊急路況資訊)
I5	交控中心/氣象中心	TCP/IP	XML	⑤→⑥	狀態查詢： 1.即時路況資訊(壅塞資訊/CMS畫面/CCTV影像) 2.異常事件警示(易肇事路段警示畫面/緊急路況資訊/異常天候資訊)
			XML	⑤←⑥	資料存取： 1.即時路況資訊(壅塞資訊/CMS畫面/CCTV影像) 2.異常事件警示(易肇事路段警示畫面/緊急路況資訊/異常天候資訊)

資料來源：我國智慧型運輸系統車路整合應用模式探討與先期模擬測試

圖 7.4.21 基隆實驗場域控制中心提供 RSU 資料內容

圖 7.4.22 測試情境則是下游 RSU 回報路況資訊給上游 RSU 與交通控

制中心，這些資訊透過下游 OBU 回報，再經由 RSU 轉傳至交通控制中心內容為即時路況服務(前方壅塞資訊)。



#	Interface	Communications Protocol	Format Standard	Direction	Messages
I1	使用者觸控/圖形化顯示	N/A	N/A	①←②	介面顯示： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)
I2	WIFI	TCP/IP	JSON	②←③	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)
I3	WAVE/DSRC	IEEE 802.11p	SAE J2735 / TIM	③←④	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)
I4	WAVE/DSRC	IEEE 802.11p	SAE J2735 / TIM	④←⑥	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)
I5	WAVE/DSRC	IEEE 802.11p	SAE J2735 / TIM	⑤←⑥	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)
I6	WAVE/DSRC	IEEE 802.11p	SAE J2735 / BSM	⑥←⑦	資料存取(服務資訊提供)： 1.即時路況服務(前方壅塞資訊)

資料來源：我國智慧型運輸系統車路整合應用模式探討與先期模擬測試

圖 7.4.22 基隆實驗場域 OBU 提供資料透 RSU 回傳交通控制中心

二、RSU 與交通控制中心傳輸協定

(一) 車聯網資料

由前述章節可得知，中興新村場域與基隆場域中，RSU 與交通控制中心傳遞的資料若為車聯網相關資訊，都是直接採用國際標準(SAE J2735)的格式，如此可將低 RSU 與 OBU 的處理負擔，因此建議無須重新制訂傳輸協定。交換的資料格式有：

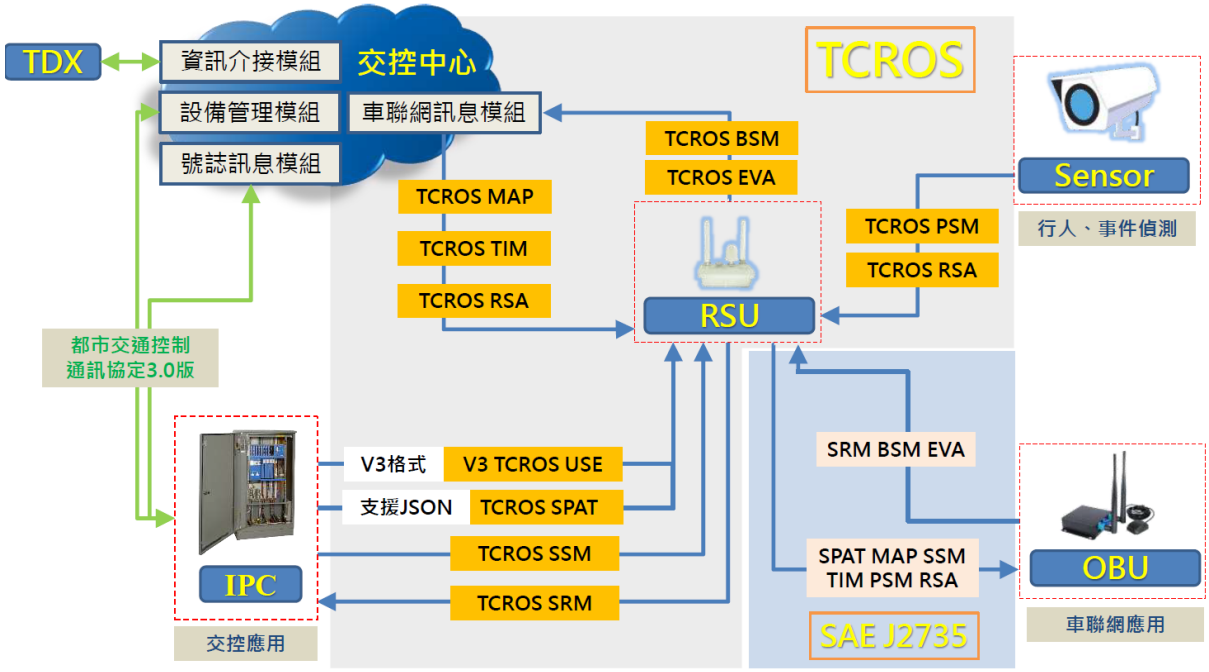
1.RSU 至交通控制中心

此部分蒐集的資料格式為 BSM，為 OBU 所上傳之資料，其中包含汽車行駛或靜止時的所有相關資訊，例如位置、速度、方向等，交通控制中心可經由蒐集這些資料來取代傳統車輛偵測器與自動車輛辨識器等設備，降低路側設備維護成本。

2.交通控制中心至 RSU

採用 TIM 及 RSA 格式將前方壅塞資訊、易肇事路段警示、異常天候資訊、緊急路況資訊等，推播給 RSU 再透過 OBU 提供給駕駛人。

而在交通部的「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫」中，針對 RSU 與交通控制中心的溝通，則是規劃了「智慧路測資通訊標準 TCROS」的標準，其中透過 TCROS MAP、TCROS TIM、TCROS RSA、TCROS BSM 與 TCROS EVA 的格式內容與交通控制中心溝通，因此本計畫對於 RSU 與交通控制中心車聯網的溝通方式建議採用「淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫」計畫所制訂的標準，避免重複定義。應用範圍如圖 7.4.23 所示。



資料來源：淡海新市鎮智慧交通場域試驗研究二期計畫

圖 7.4.23 智慧路測資通訊標準 TCROS 應用範圍

(二) RSU 設備相關資料

RSU 設備相關的協定內容，並不在交通部「智慧路測資通訊標準 2023 TRCOS」計畫中探討，因此本計畫參考美國 NTCIP 的 RSU 管理內容，制訂國內採用的監控管理方案。協定的內容可分為部份：

1.管理 RSU 設備

管理 RSU 設備的相關資訊，例如查詢 RSU ID(Retrieve RSU Identity)、查詢 RSU 組態版本、查詢 RSU 位置資訊、查詢 RSU 告警設定(Manage Notifications)、管理網路介面與管理時間組態。

2.RSU 狀態監控

監控 RSU 的運作狀態如表 7.4-11 所示。另外蒐集 RSU 的主動告警如下：

- IntegrityCheckError：一致性檢查出錯，RSU 資料可能被竄改。
- AuthorizationVerificationError：授權驗證發生錯誤。
- SignatureVerificationError：簽章驗證發生錯誤。
- NetworkAccessControlList：網路存取權限發生錯誤。
- TimeSourceLoss：對時來源遺失。
- TimeSourceMismatch：與對時來源時間差異過大。
- GNSSAnomaly：GNSS 異常。
- GNSSLocationDeviation：設備位置偏差。
- CertificateManagement：無可用之憑證(如憑證過期)。
- DenialofService：遭受 Dos 攻擊。
- Watchdog：Watchdog 異常。
- Environmental：執行環境異常(如溫度過高)。
- AuthenticationFailure：認證失敗。

表 7.4-11 RSU 運作狀態蒐集資訊

參數	說明	備註
TimeElapsedSinceRSUPowerOn	開機時間	單位秒，填入已經開機時間。
RSUInternalTemperature	RSU 內部溫度	單位攝氏，填入目前 RSU 內部溫度
AmountOfFreeMemory	可用記憶體	單位(%)，剩餘記憶體比率
InstantaneousCPULoad	即時 CPU 負載	單位(%)，目前 CPU 即時使用率
15MinutesCPULoadAverage	15 分鐘 CPU 負載平均	單位(%)，過去 15 分鐘內 CPU 之平均使用率
5MinutesCPULoadAverage	5 分鐘 CPU 負載平均	單位(%)，過去 5 分鐘內 CPU 之平均使用率
1MinuteCPULoadAverage	1 分鐘 CPU 負載平均	單位(%)，過去 1 分鐘內 CPU 之平均使用率
StorageSpaceAvailable	RSU 儲存空間可用率	單位(%)，儲存空間剩餘比率
NumberOfMessagesExchanged	已交換訊息量	整數，目前從上次開機之後已經交換之訊息數量
RSUClockStatus	RSU 時間狀態	可填入的資料項目為： Other：其他狀態 Active：正常對時中 PendingUpdate：停止對時中
RSUSystemStatus	RSU 系統狀態	可填入的資料項目為： Other：其他狀態

參數	說明	備註
		Okay：系統正常運作 Warning：系統有告警，但仍可運作 Critical：發生重大故障狀態，無法運作 Unknown：目前系統狀態未知

3.RSU 設備控制

目前針對 RSU 設備控制規劃了 RSU 裝置的重開機與關機操作。RSU 設備相關的協定內容如表 7.4-12 所示。

表 7.4-12 RSU 與交通控制中心設備管理訊息協定列表

路側單元(RSU)訊息					
序號	訊息類別	訊息型態	訊息編號	訊息等級	備註
1	管理RSU設備	查詢 查詢回報	RetrieveRSUConfig	B	透過 Http API 方式存取
2		查詢 查詢回報	RetrieveRSUTimeConfig	B	透過 Http API 方式存取
3		設定 設定回報	SetRSUTimeConfig	B	透過 Http API 方式存取
4		查詢 查詢回報	RetrieveRSUNotificationConfig	B	透過 Http API 方式存取
5		設定 設定回報	SetRSUNotificationConfig	B	透過 Http API 方式存取
6	RSU狀態監控	設定 設定回報	SetRSUStatusReportInterval	B	透過 Http API 方式存取
7		查詢 查詢回報	QueryRSUStatusReport	B	透過 Http API 方式存取
8		主動回報	RSUStatusReport	B	透過 Http API 方式存取
9		主動回報	RSUNotification	B	透過 Http API 方式存取
10	RSU設備控制	設定 設定回報	SetRSUOperation	B	透過 Http API 方式存取

7.4.8 優先號誌中心與現場控制情境檢討

緊急救援車輛優先號誌透過偵測緊急救援車輛優先車輛之位置，於靠近路口時通知號誌控制器，進行步階控制，採用拉長行進方向綠燈或是截斷競爭方向紅燈之策略，讓緊急救援車輛優先通過路口。實務上有交通控制中心端控制(集中式)與現場設備端控制(分散式)之管理方式，其中有三個因素決定採用何

種架構，分別是「車輛定位方式」、「控制策略下載方式」與「使用協定方式」。

一、中心端控制情境

目前於臺北市與新北市有採用中心端控制之方式，臺北市雖然不是用於控制號誌，而是透過發布資訊可變標誌來傳遞緊急救援車輛通訊訊息，但整體架構仍屬於中心端控制。新北市則是透過中心計算緊急救援車輛優先控制策略之後，下載號誌控制器，使緊急救援車輛得以優先通過路口。

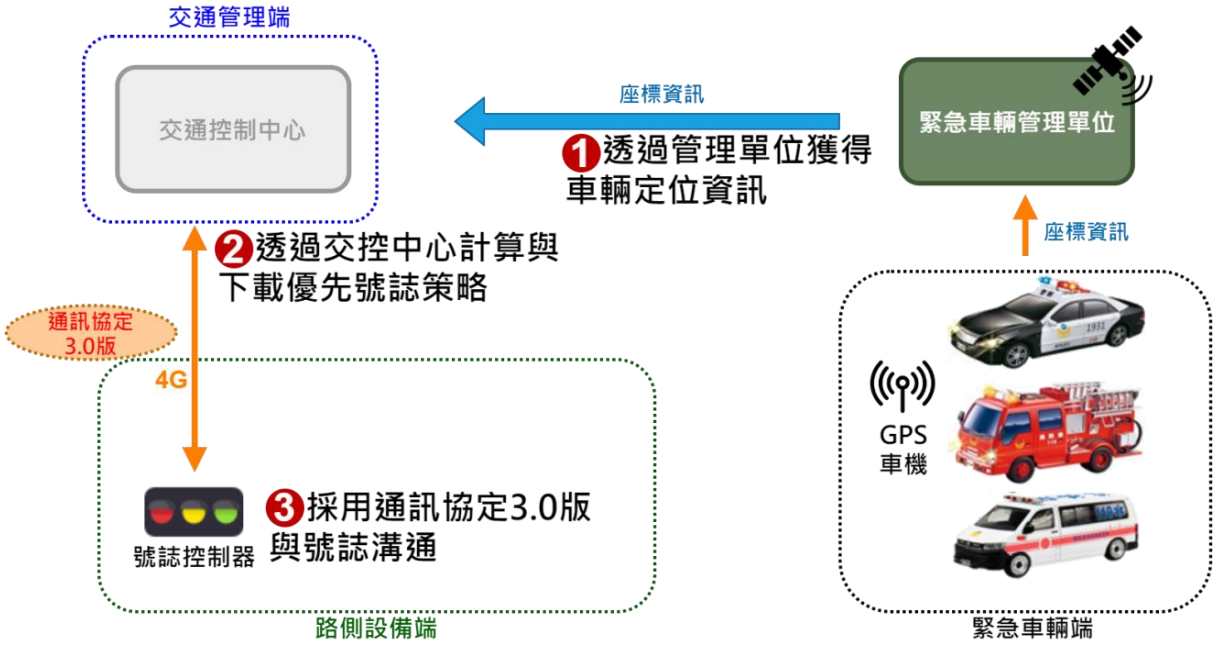


圖 7.4.24 緊急救援車輛優先號誌管理-中心端控制

如上圖 7.4.24，中心端控制由於現場端設備較少，故車輛定位方式通常採用緊急救援車輛管理單位所提供之資訊，資料來源為 GPS 車機定位。交通控制中心利用地圖來計算緊急救援車輛與路口位置，依據行車速度與方向判斷通過路口時機，決定路口優先通行之時制策略。若該路口還有其他控制策略運作，例如適應性號誌，中心必須要協調這些控制策略，決定優先權避免衝突。計算完成之結果最後會透過「都市交通控制通訊協定 3.0 版」的指令，使用既設號誌控制器通訊線路，下達步階控制之指令。控制指令跟輕軌優先號誌相同，為 5F H+1C H 之修訂版本，請參考表 7.4-8。

二、現場端控制情境

現場端控制緊急救援車輛優先號誌目前有高雄市採用，且本計畫中緊急救援車輛優先通行服務方案也將以現場端控制為主體開發。由於現場端控制情境於路側會裝設 RSU 設備，可用來與緊急救援車輛上之 OBU 溝通，獲得車輛精

確資訊，如位置、速度、方向等，因此可用於獲得車輛定位資訊，如圖 7.4.25 所示。

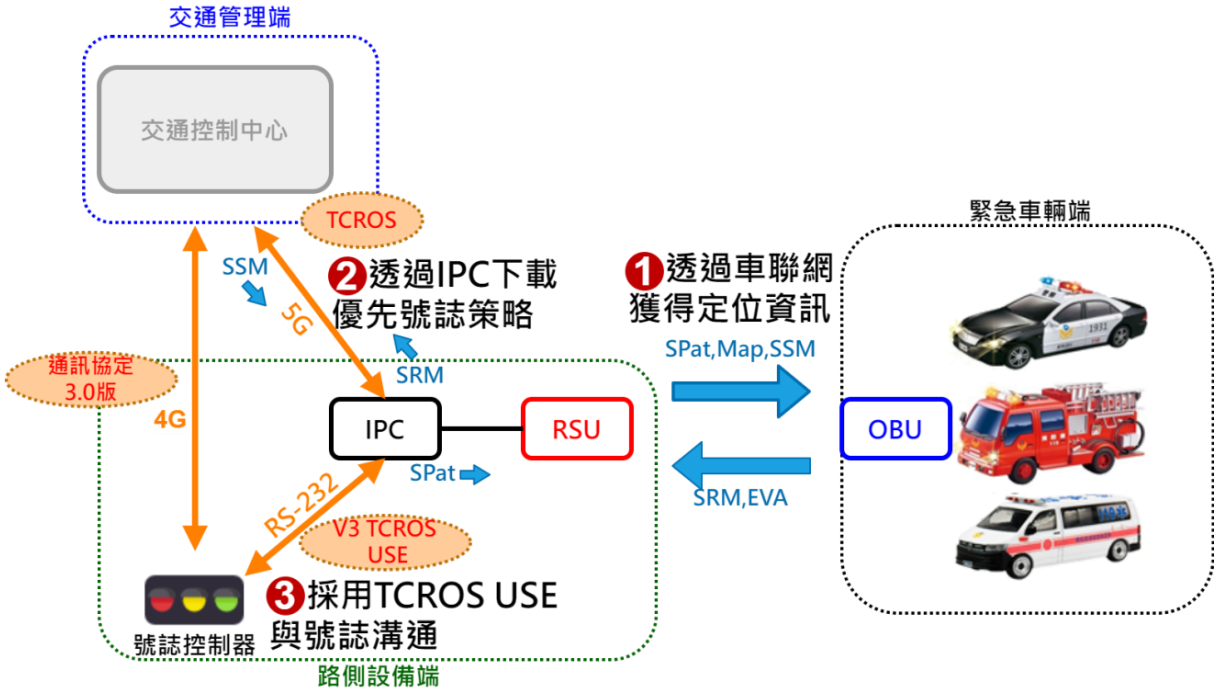


圖 7.4.25 緊急救援車輛優先號誌管理-設備端控制

RSU 獲得緊急救援車輛位置與行進速度後，可依據此回報 SRM 需求給交通控制中心，中心回傳 SSM 資訊並透過現場 IPC 進行優先策略計算，最後透過 TCROS USE 協定與號誌溝通，調整路口燈號。緊急救援車輛優先通行服務指令下載方式為透過 IPC 與號誌連接通訊，並不透過號誌控制器既有之通訊線路。

三、控制方式比較與結論

如表 7.4-13 所示，兩種方案各有優缺點，可根據安裝的環境與該縣市之架構選擇合適之方案。雖然不論中心端控制或是現場端控制，都提供了完整之解決方案，但若以通訊協定的角度來考量，協定的使用可有多種組合方式，例如可採用車聯網技術定位緊急救援車輛，後續以「都市交通控制通訊協定 3.0 版」進行號誌溝通，這樣可結合車聯網可精確定位緊急救援車輛與採用「都市交通控制通訊協定 3.0 版」設備較多之優勢，增加交通管理單位建置緊急救援車輛優先通行服務之選擇性。

表 7.4-13 設備端控制與中心端控制之比較方案

方案		車輛定位方式	控制策略下載方式	使用協定方式
都市交通控制通訊協定 3.0 版(中心端控制)	優點	可採用目前之車機定位方案，可根據車輛行進路線調整，不須額外硬體	採用目前號誌通訊架構即可運作，路口連鎖與適應性號誌可透過中心協調	採用現行之通訊協定 3.0 版，支援性較高，建置成本較低
	缺點	車機品質決定定位經準度，傳遞座標之即時性也會影響效能	號誌控制器與交通控制中心的連線品質穩定性會影響運作成果	通訊協定 3.0 版之指令仍須修正，須汰換韌體才能正確運作
車聯網(現場端控制)	優點	定位精確，速度快	現場處理，快速且不易受到連線品質影響	採用國際標準，易於與國際接軌
	缺點	要另購置 OBU，跟目前勤務單位採用之方案不同。異動路線須佈設新 RSU 設備。	要另外購置 IPC，如果要處理整個路網連鎖，仍須交控中心支援資訊，路口若有適應性號誌須協調處理	須汰換號誌控制器為 TRCOS 版本，成本較高

7.4.9 都市交通控制通訊協定測試工具

一、測試工具架構

都市交通控制通訊協定測試工具採用單機版設計，連接測試的設備模擬器，用以檢驗第一年期與第二年期所新增與修訂的協定內容可行性與穩定性。測試工具設計之架構圖如圖 7.4.26 所示。整個測試工具的架構可分成兩部份：

(一) 都市交通控制通訊協定驗證工具

都市交通控制通訊協定驗證工具採用單機版 App 開發，具備可從外部檔案讀取測試設備組態的機制，可快速切換須測試的設備。驗證工具支援兩種連接方式：

1.TCP/Socket

用來連接都市交通控制通訊協定 3.0 版碼框的設備，例如號誌控制器、資訊可變標誌以及車輛偵測器等等設備。目前各縣市之路側設備連接方式也都採用此種連接方式,透過網路直接建立 Socket 的方式與設備連接，因此採用這樣的連接方式可以最大程度的模擬現況。

2.Http API(SpringBoot)

Http API 為目前主流的設備連接與資料交換的方式，可透過 Http 協定完成對設備的 CRUD 操作，因此新型的路側設備可能會採用此種通訊

方式。透過 Http 協定傳遞 JSon 格式的指令，並解析路側設備回傳的 JSon 格式內容，藉以完成整個控制流程。驗證工具採用 SpringBoot 做為底層接收 Http API 之核心服務，提供 Http API 的連接與錯誤處理。

(二) 模擬設備

由於本計畫兩年期所新增與修訂的都市交通控制通訊協定內容市面上並無任何路側設備硬體所支援，因此若要測試這些修訂的指令內容，就必須通過模擬器進行驗證。如同驗證工具一般，模擬設備也分成兩大類：

1.都市交通控制通訊協定 3.0 版碼框設備

吻合既有都市交通控制通訊協定 3.0 版碼框的設備支援都市交通控制通訊協定 3.0 版通訊底層的傳輸規範，封包的內容和格式都必須與都市交通控制通訊協定 3.0 版規定的一致。本計畫中所建制的模擬設備並不會實作所有都市交通控制通訊協定 3.0 版的指令，而是針對本計畫兩年期中，新增與修訂的指令進行模擬測試。

2.Http API 模擬設備

支援 Http API 的路側模擬設備，例如本計畫設計的路口資料偵測器和路側單元(RSU)。透過 Http 協定傳遞 JSon 格式，根據都市交通控制通訊協定修訂內容回應指令。模擬器的運作會隨著下傳的指令進行變化，例如可異動主動回報的週期，就能改變模擬器主動回報上傳資料的頻率。

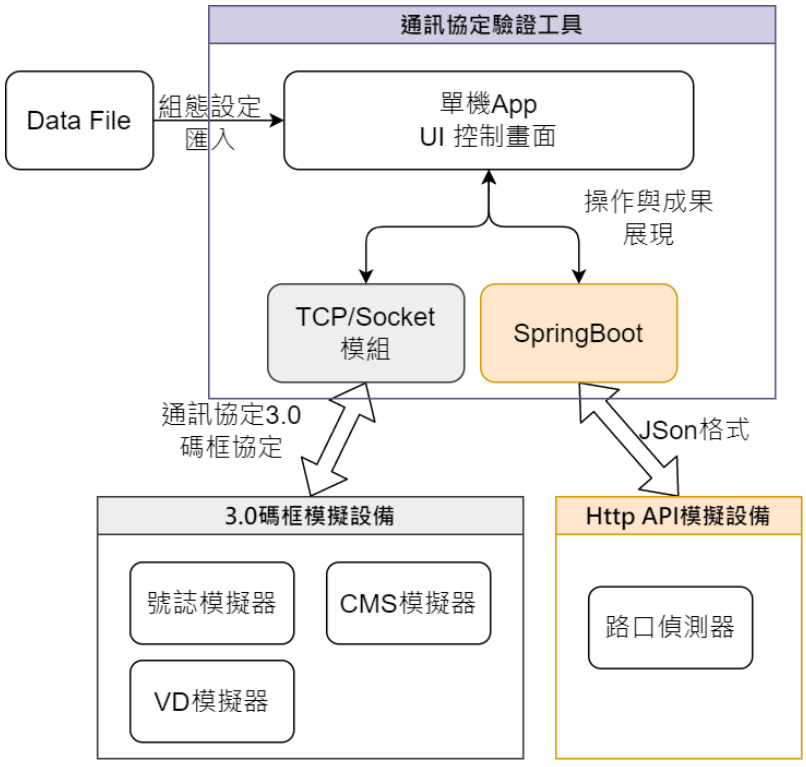


圖 7.4.26 都市交通控制通訊協定測試工具架構圖

二、測試項目與範圍

由於本計畫中都市交通控制通訊協定測試工具主要目標是驗證新增與修訂的指令穩定性與回應時間，因此測試的項目會專注於新增與修訂的指令，不測試之範圍如下：

(一) 已經於「都市交通控制通訊協定 3.0 版」以及「都市交通控制通訊協定 3.1 版初稿」中已經存在之指令不模擬測試，因為那些指令都已經驗證可行性，並已經在各交通控制中心使用。

(二) 調整協定層級(例如 B->O)。

(三) 補充說明(例如說明協定使用方式、增加錯誤說明或是移除無線通訊限制等等)。

(四) 號誌控制器與燈箱之間的指令，因為都不具備測試之實際硬體，兩者都用模擬的話，無法反應真實現況。

綜合以上，本次都市交通控制通訊協定測試工具檢驗的指令如表 7.4-14~表 7.4-19 所示。

表 7.4-14 現場設備共用訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號		訊息等級	備註
		本通訊協定	修正方式		
GNSS 對時設備管理	設定	0F H+22 H	新增	O	增加 GNSS 對時模組管理
	查詢	0F H+52 H	新增	O	增加 GNSS 對時模組管理
	查詢回報	0F H+D2 H	新增	O	增加 GNSS 對時模組管理
設備日期、時間管理擴充	設定	0F H+32 H	新增	O	擴增對時指令，增加精度至毫秒
	查詢	0F H+62 H	新增	O	擴增對時指令，增加精度至毫秒
	查詢回報	0F H+E2 H	新增	O	擴增對時指令，增加精度至毫秒
設備韌體燒錄日期及版本管理擴充	查詢	0F H+53 H	新增	B	擴增查詢韌體版本資訊
	查詢回報	0F H+D3 H	新增	B	擴增韌體版本資訊查詢回報
設備位置資訊	查詢	0F H+4E H	新增	A	增加設備座標查詢功能
	查詢回報	0F H+CE H	新增	A	增加設備座標查詢回報

表 7.4-15 號誌控制器訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號		訊息等級	備註
		本通訊協定	修正方式		
時相資料管理	主動回報	5F H+0D H	新增	O	增加時相資料主動回報的時間
目前時制計畫管理	主動回報	5F H+08 H	新增	O	新增目前時制計畫內容主動回報
	設定	5F H+28 H	新增	O	新增目前時制計畫內容主動回報週期設定
	查詢	5F H+58 H	新增	O	新增目前時制計畫內容主動回報週期查詢
	查詢回報	5F H+D8 H	新增	O	新增目前時制計畫內容主動回報週期查詢回報
觸動控制組態管理	設定	5F H+19 H	修改	O	補充行人觸動的模式內容
時制補償機制管理	設定	5F H+25 H	新增	O	新增設定時制補償參數
	查詢	5F H+55 H	新增	O	新增查詢時制補償參數
	查詢回報	5F H+D5 H	新增	O	新增查詢時制補償參數之結果
號誌燈號硬體狀態管理	查詢	5F H+56 H	新增	O	新增查詢詳細燈號硬體狀態內容
	查詢回報	5F H+D6 H	新增	O	新增查詢詳細燈號硬體狀態內容之結果
綠衝突表管理	設定	5F H+27 H	新增	O	新增設定綠衝突表定義
	查詢	5F H+57 H	新增	O	新增查詢綠衝突表定義
	查詢回報	5F H+D7 H	新增	O	新增查詢綠衝突表定義之結果
倒數秒數管理	設定	5F H+29 H	新增	O	新增設定倒數秒數執行模式
	查詢	5F H+59 H	新增	O	新增查詢倒數秒數執行模式
	查詢回報	5F H+D9 H	新增	O	新增查詢倒數秒數執行模式之結果
時制計畫管理	設定	5F H+34 H	新增	O	新增設定時制計畫內容
	查詢	5F H+64 H	新增	O	新增查詢時制計畫內容
	查詢回報	5F H+E4 H	新增	O	新增查詢時制計畫內容之結果

表 7.4-16 車輛偵測器訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號		訊息等級	備註
		本通訊協定	修正方式		
交通資料之傳輸週期管理	主動回報	6F H+0E H	新增	A	擴增歷史資料格式，增加自行車資料
歷史資料記錄狀態管理擴充	查詢	6F H+55 H	新增	A	擴增歷史資料格式，增加自行車資料
	查詢回報	6F H+D5 H	新增	A	擴增歷史資料格式，增加自行車資料

表 7.4-17 資訊可變標誌訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號		訊息等級	備註
		本通訊協定	修正方式		
顯示模組狀態	查詢	AF H+57 H	新增	B	新增逐點掃描機制
	查詢回報	AF H+D7 H	新增	B	新增逐點掃描機制
離線顯示模式管理	設定	AF H+32 H	新增	B	擴充離線模式管理
	查詢	AF H+62 H	新增	B	擴充離線模式管理
	查詢回報	AF H+E2 H	新增	B	擴充離線模式管理
全圖下載管理	設定	AF H+1A H	新增	A	新增全圖下載管理
	查詢	AF H+4A H	新增	A	新增全圖下載管理
	查詢回報	AF H+CA H	新增	A	新增全圖下載管理

表 7.4-18 路口資料偵測器訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號	訊息等級	備註
路口轉向輛資料蒐集	主動回報	TurningMovementEvent	B	透過 Http API 方式存取
	主動回報	TurningMovementStats	O	透過 Http API 方式存取
路口行人量資料蒐集	主動回報	PedestrianVolume	B	透過 Http API 方式存取
路口停等長度資料蒐集	設定 設定回報	QueueLengthCycleSet	B	透過 Http API 方式存取
	主動回報	QueueLength	B	透過 Http API 方式存取

表 7.4-19 路側單元(RSU)訊息檢驗指令表

訊息類別	訊息型態	訊息編號	訊息等級	備註
管理 RSU 設備	查詢 查詢回報	RetrieveRSUConfig	B	透過 Http API 方式存取
	查詢 查詢回報	RetrieveRSUTimeConfig	B	透過 Http API 方式存取
	設定 設定回報	SetRSUTimeConfig	B	透過 Http API 方式存取
	查詢 查詢回報	RetrieveRSUNotificationConfig	B	透過 Http API 方式存取
	設定 設定回報	SetRSUNotificationConfig	B	透過 Http API 方式存取
RSU 狀態監控	設定 設定回報	SetRSUStatusReportInterval	B	透過 Http API 方式存取
	查詢 查詢回報	QueryRSUStatusReport	B	透過 Http API 方式存取
	主動回報	RSUStatusReport	B	透過 Http API 方式存取
	主動回報	RSUNotification	B	透過 Http API 方式存取
RSU 設備控制	設定 設定回報	SetRSUOperation	B	透過 Http API 方式存取

三、測試工具操作方式

(四) 載入組態

都市交通控制通訊協定測試工具能讀取外部檔案進行組態之載入，組態檔案為 JSon 格式，記錄測試設備的連接 IP、Port 與設備種類格式，如圖 7.4.27 所示。

(五) 選擇測試指令

載入設備之後，視設備的種類進行設備連接。如果是都市交通控制通訊協定 3.0 版碼框的設備，需要按下「連接」以進行設備連接，如果是 HTTP API 協定的設備則不需要。從選單中可以選擇要測試的指令，選單中前置為「S」為設定類指令，「Q」為查詢類指令，讓測試人員快速選擇想要測試的指令，如圖 7.4.28 所示。

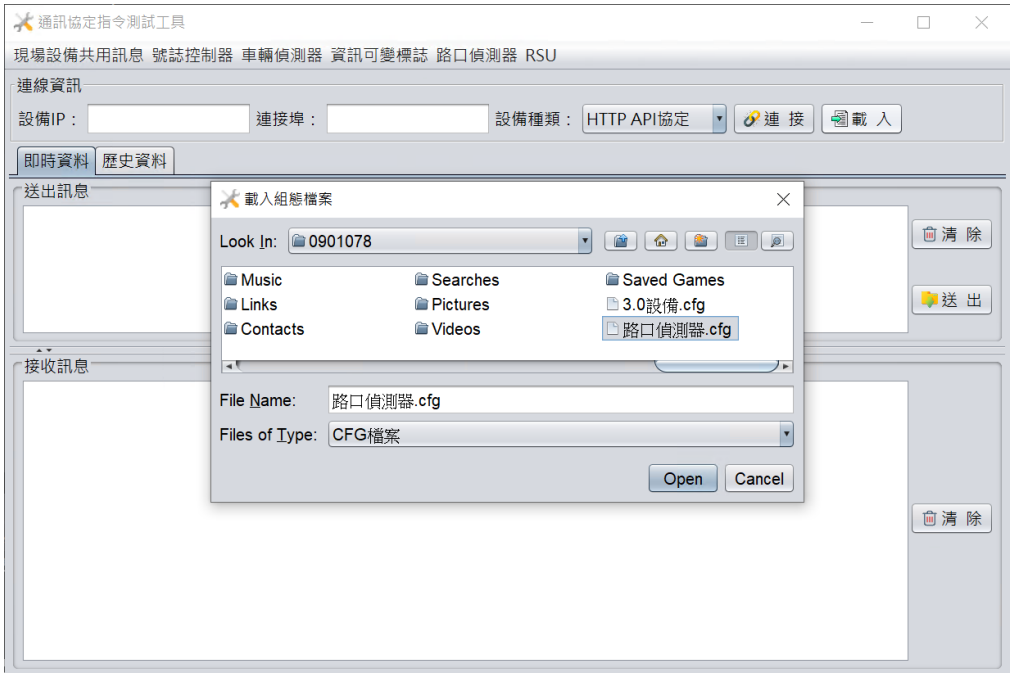


圖 7.4.27 都市交通控制通訊協定測試工具-載入組態

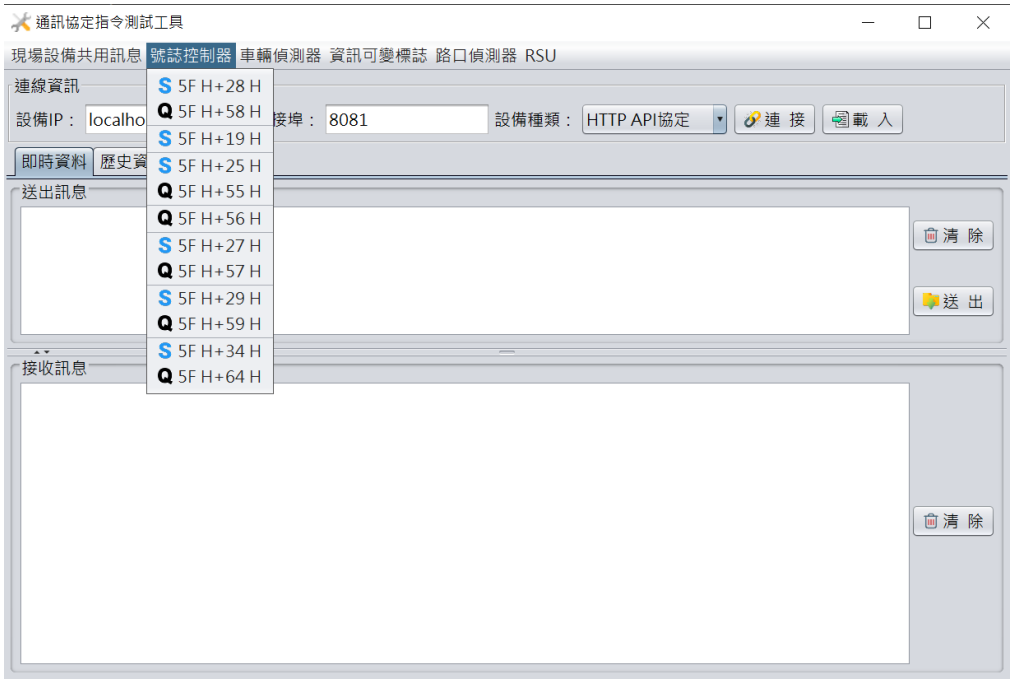


圖 7.4.28 都市交通控制通訊協定測試工具-選取測試指令

(六) 測試指令

選擇指令之後，指令內容會顯示於送出訊息區塊，此時可檢視或是調整指令內容，確認無誤後按下「送出」，指令將會傳送至測試設備。設備回應的內容則是會顯示在接收訊息區塊，可檢視本次測試是否正確。此外，設備如果有主動回報，也會顯示在接收訊息區塊中，如圖 7.4.29 所示。



圖 7.4.29 都市交通控制通訊協定測試工具-下載指令測試

(七) 檢視歷史資料

由於測試過程中可能會需要測試多個指令，加上設備主動回報，因此接收到指令的頻率會十分密集，需要能夠檢視指令接收歷程之功能。歷史資料頁面可記錄本次測試過程中，所有傳遞的指令資訊，包含時間、傳送方向以及指令內容，如圖 7.4.30 所示。

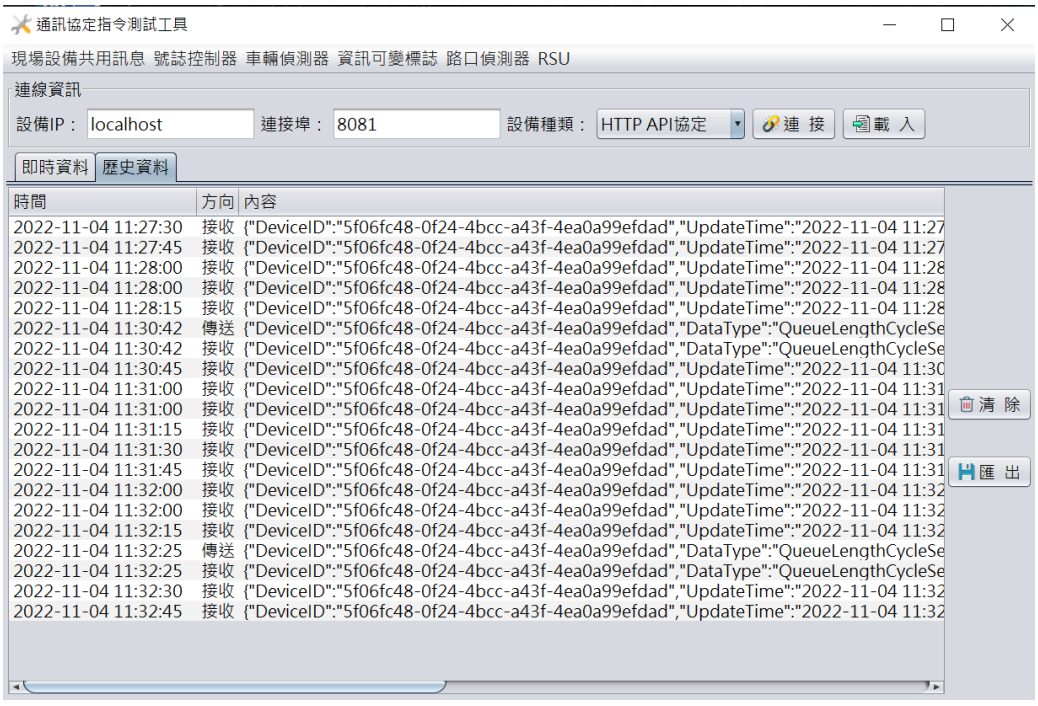


圖 7.4.30 都市交通控制通訊協定測試工具-檢視歷史資料

(八) 匯出測試資料

這些測試的歷程，也能匯出檔案，透過其他分析軟體進行資料彙整，只要按下「匯出」，將會把測試歷程匯出為 CSV 檔案的格式。

第八章 輔導實作競賽與計畫成果推廣

本章節針對本計畫之其他辦理成果進行綜合性說明，其中第一節係說明依據前期(110 年)競賽結果接續辦理之輔導實作競賽活動；第二節則針對成果發表會、學術投稿等推廣活動成果進行說明，最後則將本計畫執行期間相關活動大事紀進行臚列彙整。

8.1 辦理輔導實作競賽

本節針對「111 年交通數據創新應用服務-公共運輸數位轉型輔導暨實作」競賽之規劃構想及辦理成果進行說明。

8.1.1 規劃構想

一、活動目的

隨著政府開放資料的推動，使資料能廣泛應用於各領域，激盪更多跨領域的創新應用；而 5G 與 AIoT 技術的發展，為交通應用帶來無限的可能性；為使國內開放資料達到最大限度之利用，同時迎接「5G」與「AIoT」數位新時代的到來，本所(主辦單位)為鼓勵前期(110 年)參與「交通數據創新應用服務-公共運輸數位轉型之應用」之獲獎團隊發揮實作研發精神，委由逢甲大學智慧運輸與物流創新中心(執行單位)規劃辦理此一競賽活動，延續將去年獲選之各類創意概念性構想轉為實作成果，希冀透過競賽活動方式，使相關議題之概念性發想能夠落實且得到有效解法，以助公共運輸發展並可提供後續交通運輸業者管理應用之參考。

本競賽活動宗旨係為引導競賽隊伍將前期創意概念性構想轉為最小可行性產品(MVP, Minimum Viable Product)，以提升公共運輸管理/服務/營運效能為目標，透過與輔導業師與團隊進行定期交流探討實作執行方向，配合執行單位規劃之「業師交流會」、「小隊實作輔導月會」、「企業參訪」及「簡報表達升級課」等相關活動，讓競賽隊伍實作成果落實最大化。

二、參加對象資格

曾參與 110 年「交通數據創新應用服務-公共運輸數位轉型之應用」競賽

且獲獎團隊。

三、參加方式

前揭獲獎團隊於繳交團隊資訊與同意書等相關文件後即完成參賽報名程序，各參賽團隊應推派 1 名代表人(隊長)做為主要聯繫窗口，並提供詳細聯絡方式，包含姓名、地址、電話、e-mail 等，以利辦理後續各項競賽行政事宜；期間相關成員或實作內容如有更動應先通知執行單位並取得同意，如經審查未符規定者，執行單位得取消參賽資格。

四、主題內容與格式

(一) 實作主題繳交內容(構想階段)

各參賽隊伍以「公共運輸數位轉型之實作應用」為核心，於 111 年 6 月 22 日(星期三)前提交實作計畫構想簡報。實作計畫構想簡報製作以 10 頁為限，內容項目應包含：

1.前期競賽成果概述：請參賽隊伍就前期概念性成果簡要概述，讓輔導業師能瞭解各團隊前期作品，以利後續交流實作之可行性評估建議。

2.實作初步構想：請參賽隊伍就前期成果針對後續實作方案提出解決方法初步構想，包括相關實作流程、步驟(例如：需要如何進行實作/應用/…)。

3.預期成果：請參賽隊伍就討論之預計實作構想內容，描述實作預期產出之最小可行性成品。

4.實作方法所面臨之限制：若要將上述實作構想進行落地實際應用時，於目前環境下團隊面臨何種限制，例如：技術不足、資料無法蒐集…等。

5.期望業師所協助之方向：請參賽隊伍依照團隊所需支援項目列點描述，以利辦理「業師交流會」及「小隊實作輔導月會」。

(二) 實作主題繳交內容(期末階段)

各參賽隊伍以「公共運輸數位轉型之實作應用」為核心，於 111 年 10 月 14 日(星期五)前提交實作成果期末簡報。實作成果期末簡報製作以 25 頁為限，內容項目應包含：

1.實作動機：請參賽隊伍依據前期之概念性成果，描述本次競賽實作動機。

2.實作目的：針對產出之成品，描述其產出的目的為何，能解決何種問題。

3.實作方法：請參賽隊伍提出實作方法構想過程。

4.實作流程：請參賽隊伍就實就前期之創意概念發想(Proof of concept , POC)，提出本次服務流程構想或驗證(Proof of Service，POS)之步驟、流程等內容。

5.可行性評估：請就前述實作規劃內容說明實作過程之技術可行性或難易度分析(可依照資料蒐集難易度、演算法邏輯開發難易度、系統技術難易度…等面向進行分析)。

6.成果展示：請針對前述實作內容展示最小可行性產品(MVP)。

7.結論與建議：請羅列本實作成果之結論與建議。

五、評審方式

由執行單位邀集 5-7 位專家學者組成評審小組並依下表評分項目及其權重進行評審。評分方式採序位法，各評審依據下表評分項目分別評分後進行加總，再將總分高低轉換為序位，並依序位合計值由低至高排列出優勝順序，倘序位合計值相同者，則擇配分最高評分項目之得分較高者為優勝。競賽依序位法評比選出 1 隊特優隊伍、1 隊佳作隊伍及 2 隊完賽獎隊伍。

表 8.1-1 競賽評分項目與配分

評分項目	說明	配分
實作完整性	實作區域市場營運現況及經營性分析、權益關係人參與、配套方案、構想服務規劃、預期成果。	35
實作可行性	實作內容技術可行性、財務可行性、營運可行性、可具體落實困難度等。	30
創意與創新	實作構想創新性及獨特性。	20
實作方法	實作方法或應用技術及其具體加值。	15

六、競賽與輔導相關時程

(一) 111 年 7 月辦理業師交流會 (考量疫情關係採線上視訊會議方式辦理)。

(二) 111 年 7-9 月，各小隊與業師約訪至少 3 次實作成果輔導月會。每月至少召開一次會議並記錄包括實作構想可行性探討、實作資源盤點結合、實作成果商轉探討等課題。同時於 8 月舉辦微軟及中華電信 2 處企業參訪活動，讓各隊激盪出更豐富有創意的想法，突破實作過程的難處。

(三) 111 年 10 月 5 日辦理簡報聚焦培訓及交流會。

(四) 111 年 10 月 14 日前完成競賽成果繳交。

(五) 111 年 10 月 21 日辦理競賽暨媒合會。

(六) 111 年 11 月 10 日辦理競賽頒獎典禮。

8.1.2 輔導實作競賽成果

「111 年數位交通創意應用競賽-公共運輸數位轉型輔導暨實作競賽」於 111 年 10 月 21 日在本所 5 樓會議室召開評審會議，實際參賽隊伍共計 4 隊，每組簡報時間限時 12 分鐘、答詢時間限時 6 分鐘，依序位法評比選出 1 隊特優隊伍與 1 隊佳作隊伍，同時邀請三維工程顧問股份有限公司、中興工程顧問股份有限公司、台灣世曦工程顧問股份有公司、首都客運股份有限公司以及國光汽車客運股份有限公司共計 5 位業界先進代表，參與業界媒合會活動與競賽隊伍進行 Q&A 交流，經業界代表評星票選最佳人氣獎。

本次競賽活動於賽前規劃一系列輔導課程與活動，目的期望競賽隊伍所提之概念於 111 年進行實作展現或者可針對解決之方案提出更完善的服務流程，在輔導業師(中華電信王博士、LINE Taiwan 唐總監)帶領下，轉為最小可行性產品(MVP, Minimum Viable Product)，以下簡要說明輔導活動與競賽過程。

一、【活動一】業師交流會

(一) 舉辦地點：線上會議

(二) 活動目的：讓業師與參賽隊伍互相認識與互動，成為小隊與業師共同把創意化為實作的起點。

(三) 活動流程：由參賽各隊伍提報本計畫實作之初步構想後，請業師也介紹自身經歷與擅長領域，透過雙方皆表達意願的方式，由執行單位確認媒合結果，並公布後續輔導、參訪與相關活動事宜。

表 8.1-2 活動流程-業師交流會

時間		流程	備註
14:00	14:05	主席致詞	
14:05	14:15	實作構想簡報-小隊 A	各小隊 10 分鐘
14:15	14:25	實作構想簡報-小隊 B	
14:25	14:35	實作構想簡報-小隊 C	
14:35	14:45	實作構想簡報-小隊 D	
14:45	14:55	業師自介-王博士(中華電信)	各業師 10 分鐘
14:55	15:05	業師自介-唐資深總監(Line Taiwan)	
15:05	15:15	Q&A 及交流	15 分鐘
15:15	15:30	小隊休息 & 業師圈選屬意隊伍	請小隊至等候室
15:30	15:40	執行單位提醒 (公布業師、月會主題、獎勵)	

(四) 活動紀要：藉由業師交流會活動，讓各小隊闡述在實作過程中期望業師所指導的方向，以及小隊目前所面臨之實作限制，最後也透過討論過程讓業師與小隊進行媒合，冀望在業師帶領下小隊能夠於本次競賽活動中有所成長與收穫。

表 8.1-3 各小隊期望業師所指導方向

輔導業師	隊名	主題	期望業師所指導方向
唐總監	從聊天中獲得靈感	機智轉乘生活	● 後台技術程式架構邏輯 ● 指導系統完善方向 ● 擴增實境環境架構 ● TDX 資料應用
	不做沒機會做下去就隊	客運業者新時代 資訊值得你信賴	● 乘客精準到站時間優化實作 ● 乘客候補系統 ● 瞭解 LINE 後台操作需要明確提點問題及解決辦法
王博士	獎金獵人團	運用 TDX 資訊分析並提供預約制功能-提升臺中自行車使用度	● APP 介面程式撰寫 ● 新增定位裝置之可行性
	E 世代	不用來來回回，我來告訴你方向- 乘車資訊優化	● 程式撰寫技術 ● Google map API 嫁接 ● 資料處理



圖 8.1.1 業師交流會線上活動畫面

二、【活動二】競賽隊伍月會討論

(一) 舉辦地點：線上會議

(二) 活動目的：藉由競賽隊伍與輔導業師的月會討論，可讓團隊於實作過程

中進行方案檢討與規劃方向指引，同時掌握競賽隊伍每次月會的討論重點及實作進度，而月會討論內容包括團隊實作可行性構想評估、實作資源整合及方案服務流程規劃設計等。

(三) 各組月會紀錄摘要

表 8.1-4 七月月會討論內容

隊名	月會重點討論內容	目前實作進度	業師回饋
從聊天中獲得靈感	● API 串接後資料清洗 ● 是否要加入高鐵站內商家資訊 ● 加入 LINE TAXI 服務 ● 轉乘系統中與 Google Map 的競爭與合作	● LINE 機器人建置(包括:串接 webhook、LINE 主頁服務選單) ● API 串接(包括:臺鐵誤點、高鐵南北向列車時刻表)	● 針對目標客群、服務範圍、介面使用方式提出相關建議。
不做沒機會做下去就隊	● 客運現況候補流程 ● KIOSK 改機可行性 ● 候補過程中可能面臨之狀況及解決辦法 ● LINE 用於商業推播之作業模式	● 檢視與改善乘車流程 ● 初步設計 KIOSK 機台、電子看板及 LINE 商業推播模擬畫面	● 提供乘客相關候補資訊，取代精確候補區間，由乘客自行觀察候補狀況
獎金獵人團	● 針對 youbike 資訊、設備、過去至未來的服務趨勢進行探討	● GPS 追蹤、車柱傳送訊息運用大數據分析三種方案優缺點	● 運用大數據分析 TDX 資料，得知剩餘車輛去做預約系統，方案畫出邏輯流程(借車流程圖)
E 世代	● 後台所需資料蒐集 ● 概念性想法所面臨之問題	● APP Inventor 製作簡易程式模擬及 APP (初步建構)	● 先行下載 TDX 資料並理解其中內容

表 8.1-5 八月月會討論內容

隊名	月會重點討論內容	目前實作進度	業師回饋
從聊天中獲得靈感	● Beacon 導覽服務 ● 討論轉乘系統中與 Google Map 的競爭與合作	● LINE Beacon 導覽服務 ● API 串接中捷網頁連結	● LINE Beacon 的可行性探討及公車及景點規劃下參考國內外的圖像顯示
不做沒機會做下去就隊	● 呈現 LINE 綁定帳號動作再開啟變更後圖文選單 ● 會員加入個人化訂閱內容，如我的最愛或追蹤車次功能	● 客運票證涉及個人資料相關問題，使方案實行困難度較高。 ● 受限於技術與競賽時程，部分方案無法實行	● 加入情境設計與側錄影片並至統聯客運之場站進行現場問卷蒐集與訪談，車次動態可加入個人化訂閱內容
獎金獵人團	● GPS 追蹤、車柱傳送訊息運用大數據分析三種方案進行優缺點分析	● 抓取一個月份 YouBike 歷史資料或即時資料建構預測模型	● 藉由所抓取資料(以半年或一個月)去驗證並以數據資料的呈現方式(圖表化)
E 世代	● 將 APP 先改為手機網	● 將 TDX 的資料彙整	● 設計上須以使用者角度

隊名	月會重點討論內容	目前實作進度	業師回饋
	頁去進行製作 ● 以 google map 界接輔助，建立路線查詢	進資料庫 ● 規劃程式架構流程圖 ● 網頁呈現預覽圖	去進行思考加上相關意見回饋佐證此服務價值所在

表 8.1-6 九月月會討論內容

隊名	月會重點討論內容	目前實作進度	業師回饋
從聊天中獲得靈感	● 景點及旅途規劃的建議及模式 ● 成果簡報情境討論	● API 串接中捷網頁連結 ● 影片呈現	● 參考國內外的圖像顯示公車及景點規劃
不做沒機會做下去就隊	● 簡報情境 ● 車次動態版面設計 ● 業者與民眾回饋呈現方式 ● 可行性分析內容	● 至客運公司訪談以及民眾問卷調查 ● 調整車次動態搜尋介面 ● 調整電子票匣介面排序 ● 簡報初稿製作	● 調整車次動態搜尋介面，並使用交叉分析將資料做比對
獎金獵人團	● 討論數據分析之模擬方法-LSTM 預測模型 ● 統整過程中會面臨的狀況	● 每月歷史資料已整合完成 ● 目前嘗試將 LSTM 預測模型，放入整合完畢的資料進行分析	● YouBike 調度人員訪談聚焦到 YouBike 站點可租借到的數量問題，勿過度發散
E 世代	● Google Map API 與介面串聯 ● 設計出能夠讓使用者更直覺的操作介面	● 網頁公車動態、車站動態、導航功能連結。	● 設計上須以使用者角度去進行思考實際操作流程可拍攝影片

三、【活動三】企業參訪

(一) 舉辦地點：上午臺灣微軟總部、下午中華電信板橋學院

(二) 舉辦目的：藉由參訪活動讓競賽隊伍能從做中學，更瞭解目前企業對於 5G 的應用技術與智慧交通雲端服務。

(三) 活動紀要：透過企業參訪活動，可讓團隊於競賽過程中瞭解業界實務應用的技術，使團隊於實作方案規劃的服務流程或實作成品能加入實務層面考量貼近所服務之需求客群。



圖 8.1.2 臺灣微軟總部-VR 展示



圖 8.1.3 臺灣微軟總部-AI 面相分析說明



圖 8.1.4 中華電信板橋學院-5G 傳輸無人機飛航應用



圖 8.1.5 中華電信板橋學院-5G 垂直應用場域

四、【活動四】簡報表達升級課程

(一) 舉辦地點：線上會議

(二) 舉辦目的: 讓講師與競賽隊隊伍互相認識與交流，團隊針對競賽期間的成果進行簡報收斂外，同時可學習講師於實務應用層面上的簡報表達提升技巧。

(三) 活動流程

表 8.1-7 活動流程-簡報表達升級課

課程時間表		
時間	活動內容	活動地點
15:00~17:00	簡報表達升級課	TEAMS 線上會議
流程規劃		
時間	活動流程	備註
15:00~15:15	主席致詞	
15:15~15:25	實作簡報-小隊 A	各小隊 20 mins
15:25~15:35	講師與小隊 A 交流	
15:35~15:45	實作簡報-小隊 B	
15:45~15:55	講師與小隊 B 交流	
15:55~16:05	實作簡報-小隊 C	
16:05~16:15	講師與小隊 C 交流	
休息時間 10min		
時間	活動流程	備註
16:25~16:35	實作簡報-小隊 D	各小隊 20 mins
16:35~16:45	講師與小隊 D 交流	
16:45~17:00	Q&A 時間及講師經驗分享總結	
課程結束		

(四) 活動紀要：藉由競賽隊伍簡報實作成果初稿及講師簡報經驗分享，讓團隊對於競賽期間內的成果進行收斂與改良，也讓講師能提供過去擔任競賽評審之經驗供團隊參考，並修正簡報內容提升簡報表達的技巧。

五、【活動五】競賽評審暨業界交流媒合會

(一) 舉辦地點：本所 5 樓會議室

(二) 活動目的：本次競賽活動係延續「110 年數位交通創意應用競賽-公共運輸數位轉型之應用」活動之評選結果，針對入選隊伍於去年所提之概念經由輔導業師協助，將規劃方案內容轉為最小可行性產品(MVP, Minimum Viable Product)，於 111 年進行實作展現。

(三) 活動流程

表 8.1-8 競賽評審暨業界交流媒合會活動流程

項次	時間		議程
1	13:30~14:00		報到
2	14:00~14:10		主席致詞
3	14:15~15:40		參賽隊伍簡報
	第一組	14:20~14:40	機智轉乘生活
	第二組	14:40~15:00	運用 TDX 資訊分析並提供預約制功能-提升臺中自行車使用度
	第三組	15:00~15:20	不用來來回回，我來告訴你方向-公車搭乘方向資訊優化
	第四組	15:20~15:40	客運業者新時代 資訊值得你信賴
休息時間 15min			
4	15:55~16:25		評審討論與評分彙整時間
5	15:55~16:30		業界媒合交流會
6	16:30~16:40		主席講評總結
結束			

(四) 競賽成果：

經評選結果排序出特優隊伍為「不做沒機會做下去就隊」，參賽題目為「客運業者新時代 資訊值得你信賴」，相關實作內容與參賽心得如下：

1.實作內容摘要：

主要提供三個服務模組，解決乘客搭乘客運時，需提前領取紙本票及無法主動得知上車時間兩大問題，並經由客運公司官方 LINE、APP 及網站做為應用管道。服務模組包含「電子票匣」以快速檢視當日車票，「線

上候位」可線上登記與取消候位，「車次動態」提供線上檢視班次動態及候補資訊，亦可搜尋與收藏特定班次路線。本團隊提供之方案皆獲得客運業者高度認同及民眾高度使用意願，藉由數位化方案增加品牌形象，加速客運業者數位轉型。

2.參賽心得：

本團隊組成成員為去年競賽夥伴，共同經歷題目發想與方案構想等危急時刻，具備一定程度默契。今年暑假大家皆有各自安排好的規劃，原將婉拒此次實作競賽，但經過一番討論與彼此信心喊話，我們如組別名稱認為，不做沒機會做下去就對(隊)，因此下定決心創造屬於我們的故事，把握這個得來不易的機會，努力學習課外知識。首先很感謝業師唐欣總監於第一次會議即點出團隊整體架構問題，幫助我們重新聚焦欲解決問題及事項，為後續競賽打下良好基礎。經過多次會議，團隊主題愈來愈明確，除了檢核各項方案必要性，亦針對簡報情境進一步討論，最後獲得業師肯定與讚賞，十分有成就感。非常感謝主辦單位使我們在有疑問時能夠諮詢業師，每一次會議皆獲益良多，為我們整體實作報告成果能有良好展現的重要關鍵因素。從計畫發想時本團隊即以使用者角度發現問題點，因此需要聆聽更多同為乘客之意見，雖然民眾有效問卷份數蒐集不多，但經由親身與現場乘客們深入訪談後，讓我們真正瞭解方案是否合適，同時也從交談過程中吸取多方乘車心得，使研究更貼近實務，整體配套措施更完善。競賽過程中我們吸收許多實務上之想法與建議，若想實際營運仍需考慮許多因素，團隊也持續受到業者們的幫忙，例如取得方案驗證資料與特殊票種於 APP 預定規範等。透過寶貴的關係人訪談，學習到更多思考問題的角度與思維。很高興統聯客運副總在競賽後給予我們肯定，也答應我們會盡早讓方案上線，解決團隊所提之乘車及候車痛點。最後團隊非常感謝主辦單位，無論在競賽過程安排參訪或簡報課程，皆開拓我們對科技應用於交通領域之眼界，也感謝每位協助過團隊的先進與老師們，提供各種建議及指導。藉由參與此次實作競賽，讓團隊能以小小的力量，透過使用者角度提出想法，也在關係人訪談中，利用短短時間向業者們提出我們搭車時產生的痛點，將我們提出之解決方案供業者參考及交流，讓方案實踐不再只是想像，是個難能可貴的競賽經驗。

另一評選之佳作隊伍為「獎金獵人團」，參賽題目為「運用 TDX 資訊分析並提供預約制功能-提升臺中自行車使用度」，相關實作內容與參賽心得如

下：

1.實作內容摘要：

運用「TDX 運輸資訊流通服務」的數據，分析各種情境後瞭解目前共享自行車在各站點的使用程度，進行方案研擬，最後再針對分析結果提出改善建議，供業者參考進而增加使用度。其中，利用傳統的統計方式及模型演算法分析近幾個月自行車借用情形，從中找出規律，供未來 APP 預約制功能是否開放做為參考依據，甚至能透過模型分析讓使用者知道未來車輛數的可能變化量，最終達成使用者於使用自行車之意願並提升整體自行車使用度。

2.參賽心得：

首先，很感謝運研所、景翊科技公司與逢甲大學各單位的努力，促使這次交通數據創新應用服務-公共運輸數位轉型實作競賽的舉辦以及圓滿落幕，同時也要感謝王景弘博士在這幾個月對於團隊多方面的協助與配合。團隊因為嘗試了新的專業內容，所以在實作的過程中遇到種種困難，以致於我們一直更改測試預測的模型，而在資料處理及驗證的部分也花費不少的時間，最終才能得出一個有貢獻的成果，提供給 YouBike 公司參考，其中包含考量預約制的實施、可能會帶來哪些問題的發生以及如何預防改善。此外，在 App 介面上雖然不是真實做出一個程式介面，但是也利用動畫的方式呈現出團隊的設計理念。另外，在此次競賽當中看到了各個小隊不同的創意發想及成果，從中也受益良多，覺得大家都很努力也很優秀！最後，也要致謝各個評委與業界公司的學長姐們給予團隊的寶貴意見及回饋！讓我們知道在理念與實務上還是存在著一定的差距，因此我們也會將此做為課題而反思，於未來會更加積極努力的學習與成長。

(五) 活動合影



圖 8.1.2 競賽隊伍簡報過程

8.2 成果推廣活動

本節茲就計畫執行期間所辦理之相關成果推廣活動進行彙整說明如下，主要區分為三類，分別為成果發表推廣活動、計畫成果學術投稿活動、其他計畫相關活動大事記。

一、成果發表推廣活動

本計畫針對「都市交通控制通訊協定 3.0 版 110-111 年檢討成果」、「智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果」以及「緊急救援車輛智慧號控系統驗證實作技術研討」等主題，分別舉辦 3 場成果交流座談及研討會，活動辦理之相關過程說明如後。

(一) 都市交通控制通訊協定 3.0 版 110-111 年檢討成果交流座談會

1.會議日期：民國 111 年 11 月 8 日(星期二)

2.會議地點：線上會議(參與人次約 65 人)

3.會議內容：

時間	議程	說明
09:40-10:00	線上報到	會議前準備
10:00-10:10	開場致詞	吳東凌 組長/交通部運輸研究所 蘇昭銘 教授/逢甲大學智慧運輸與物流創新中心
10:10-11:10	通訊協定修訂成果說明	內容主要說明： ● 協定檢討考量與方向 ● 號誌控制器協定說明 ● 車輛偵測器協定說明 ● 路口資料偵測器協定說明 ● 資訊可變標誌協定說明 ● 自動車輛辨識協定說明 ● 輕軌號誌協定說明 ● 車聯網 RSU 與中心溝通協定說明 ● 優先號誌中心與現場控制情境說明 ● 資訊安全應用說明
11:10-12:00	Q/A	吳東凌 組長/交通部運輸研究所 蘇昭銘 教授/逢甲大學智慧運輸與物流創新中心



圖 8.2.1 都市交通控制通訊協定 3.0 版 110-111 年檢討成果交流座談會線上活動

(二) 智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果交流座談會

1.會議日期：民國 111 年 11 月 10 日(星期四)

2.會議地點：本所 5 樓會議室(參與人次約 60 人)

3.會議內容：

時　間	議　程
09:00~09:30	報　到
09:30~09:40	主辦單位致詞(林所長繼國)
09:40~10:00	111 年交通數據創新應用服務-公共運輸數位轉型輔導暨實作競賽　頒獎典禮
	頒獎人：交通部運輸研究所 林所長繼國
10:00~10:10	中　場　休　息
10:10~11:00	智慧交通數位神經中樞系統雛型建置成果發表
	主講人：逢甲大學建設學院 蘇院長昭銘 華電聯網(股)公司 謝副理伯嘉
11:00~12:00	綜合討論
	主持人：逢甲大學建設學院 蘇院長昭銘 與談人：新北市政府交通局 鍾局長鳴時 臺北市政府交通局 陳副局長榮明 桃園市政府交通局 張副局長新福 臺中市政府交通局 葉局長昭甫 臺南市政府交通局 熊副局長萬銀 高雄市政府交通局 張局長淑娟

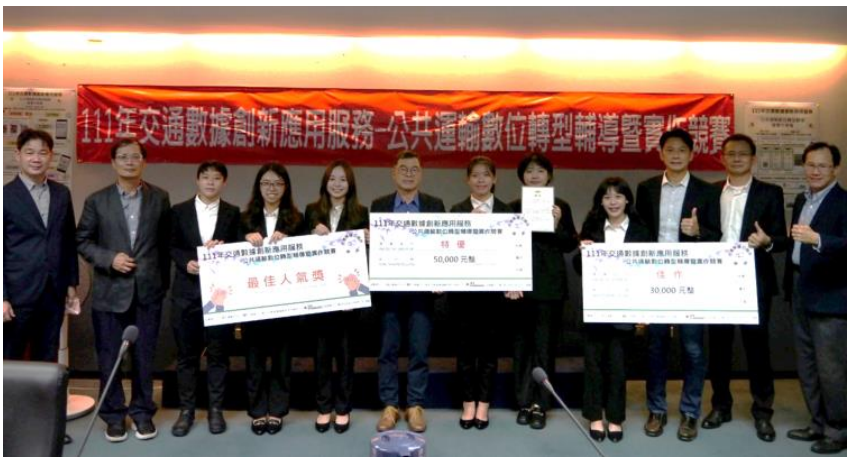


圖 8.2.2 智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果交流座談會現場活動概況(1)



圖 8.2.3 智慧交通數位神經中樞雛型系統建置成果交流座談會現場活動概況(2)

(三) 緊急救援車輛智慧號控系統驗證實作技術研討會

1.會議日期：民國 111 年 11 月 10 日(星期四)

2.會議地點：本所 5 樓會議室(參與人次約 60 人)

3.會議內容：

時　間	議　程
13:40~14:00	報　到
14:00~14:10	主辦單位致詞(交通部運輸研究所 黃副所長新薰)
14:10~14:50	緊急救援車輛智慧號控系統驗證實作技術分享
	主講人：台灣世曦(股)公司 游副理上民
14:50~16:00	綜合討論
	主持人：交通部運輸研究所 吳組長東凌 與談人：臺中市政府交通局 葉局長昭甫 中華電信(股)公司 羅博士彬榮 鼎漢國際(股)公司 林副總經理宜達



圖 8.2.4 緊急救援車輛智慧號控系統驗證實作技術研討會現場活動概況

二、計畫成果學術投稿

本計畫將相關研究成果投稿至國內外交通相關重要期刊及學術研討會共計 4 篇，相關投稿題目與投稿對象說明如下，並將投稿證明列示如圖 8.2.5~圖 8.2.8。

(一) 投稿題目：應用混合深度學習模式於高速公路多時段交通速率預測

投稿至運輸計劃季刊，已於 112 年 2 月接獲採納刊登通知。

(二) 投稿題目：高速公路可預期施工事件之車流影響模擬分析模式

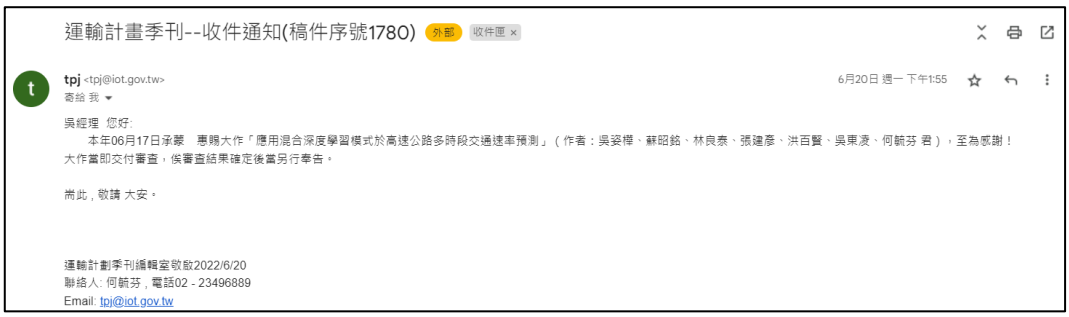
投稿至中華民國運輸學會 2022 年年會暨學術論文國際研討會，投稿分類為智慧運輸與高科技應用，並已審查通過，完成發表與刊登。

(三) 投稿題目：利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量

投稿至中華民國運輸學會 2022 年年會暨學術論文國際研討會，投稿分類為智慧運輸與高科技應用，並已審查通過，完成發表與刊登。

(四) 投稿題目：Application of Stacked LSTM, Attention Mechanism and Bidirectional LSTM in Multi-period Traffic Speed Prediction

投稿至 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems，目前尚在審查中。



運輸計畫季刊--收件通知(稿件序號1780) 外部 收件匣 ×

tpj <tpj@iot.gov.tw> 6月20日 週一 下午1:55

寄給 我

吳經理 您好:

本年06月17日承蒙 惠賜大作「應用混合深度學習模式於高速公路多時段交通速率預測」(作者:吳姿樺、蘇昭銘、林良泰、張建彥、洪百賢、吳東凌、何毓芬 君),至為感謝!大作當即交付審查,俟審查結果確定後當另行奉告。

耑此,敬請 大安。

運輸計劃季刊編輯室敬啟2022/6/20

聯絡人: 何毓芬,電話02 - 23496889

Email: tpj@iot.gov.tw

圖 8.2.5 「應用混合深度學習模式於高速公路多時段交通速率預測」投稿證明



中華民國運輸學會投審稿系統

親愛的吳姿樺,您好:
這是一封來自運輸學會111年學術論文研討會發送的通知函。
非常感謝您提交運輸學會111年學術論文研討會的「高速公路可預期施工事件之車流影響模擬分析模式」稿件。
稿件編號為2022-035。
我們將進一步通知您有關本稿件的後續處理結果。

謝謝您!
祝研安
詳細內容如下:

編號	2022-035
投稿年度:	2022
投稿人或通訊作者姓名:	吳姿樺
服務單位:	逢甲大學建設規劃與工程博士學位學程
職稱:	博士研究生
聯絡電話:	04-24517250 #4535
通訊作者e-mail:	ronniewu@icitl.com
投稿分類:	10.智慧運輸與高科技應用
論文題目(中文):	高速公路可預期施工事件之車流影響模擬分析模式
論文題目(英文):	The Traffic Impact Simulation Analysis of Predictable Work Zone Events on Freeways
作者(一)姓名(中文):	廖湘綺
作者(一)姓名(英文)::	Hsiang-Chi Liao
作者(其他)姓名(中文): (多位作者姓名間請用逗點分隔):	吳姿樺,蘇昭銘,吳東凌,周家慶,何毓芬
作者(其他)姓名(英文): (多位作者姓名間請用逗點分隔):	Zih-Hua Wu,Jau-Ming Su,Tong-Ling Wu,Chia-Ching Chou,Yu-Fen Ho
論文摘要(中文):	道路交通狀況不僅受到車流量多寡影響,亦會受到事件之影響,可分為重現性與非重現性兩類,針對重現性事件,過去研究應用各種車流預測方法進行探討皆有不錯成效,但對於非重現性事件(如:可預期施工或者不可預期之交通事故)卻較難以預測其交通影響狀況,而施工對道路交通產生衝擊,其所引發的交通衝擊則具有可預期性與可控制性(李光益,2010),因此,本研究參考過去相關研究經驗,調整駕駛行為參數(Driving Behavior)、期望速限分布(Desired Speed Distributions)、車種速限(Vehicle Compositions-Desired Speed Distributions),以微觀車流模擬方法建立高速公路施工模擬模式,研究結果顯示,所建構之施工模擬模式在三次驗證狀況下,平均整體MAPE為7.22%,且各小時(13:00~18:00)MAPE均落於極佳到合理預測範圍,並藉由交通模擬實驗設計之作法調整(縮)流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子,模擬高速公路於各施工情境下之速率績效,並將施工模擬績效透過壅塞機率轉換模式進行壅塞機率轉換進

圖 8.2.6 「高速公路可預期施工事件之車流影響模擬分析模式」投稿證明



中華民國運輸學會投審稿系統

親愛的吳姿樺，您好:
這是一封來自運輸學會111年學術論文研討會發送的通知函。
非常感謝您提交運輸學會111年學術論文研討會的「利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量」稿件。
稿件編號為2022-154。
我們將進一步通知您有關本稿件的後續處理結果。

謝謝您!
祝研安
詳細內容如下:

編號	2022-154
投稿年度 :	2022
投稿人或通訊作者姓名 :	吳姿樺
服務單位 :	逢甲大學建設規劃與工程博士學位學程
職稱 :	博士研究生
聯絡電話 :	04-24517250 #4535
通訊作者e-mail :	ronniewu@icitl.com
投稿分類 :	10.智慧運輸與高科技應用
論文題目(中文) :	利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量
論文題目(英文) :	Using Ensemble Learning Model and Time-Based Feature Extraction for Short-Term Bus Service Ridership Forecasting
作者(一)姓名(中文) :	吳姿樺
作者(一)姓名(英文) : :	Zih-Hua Wu
作者(其他)姓名(中文): (多位作者姓名間請用逗點分隔) :	洪百賢，李明展，蘇昭銘，吳東凌，何毓芬
作者(其他)姓名(英文): (多位作者姓名間請用逗點分隔) :	Pai-Hsien Hung, Ming-Chan Li, Jau-Ming Su, Tong-Ling Wu, Yu-Fen Ho
論文摘要(中文) :	公車服務具有高度調整的彈性，業者或管理單位在班次或班距規劃過程中，除了中長期預測可以有足夠的時間進行較為複雜的需求資料蒐集外，面對短期的預測，通常僅能使用簡單的歷史運量資料進行預測模型建構。本研究利用機器學習的集成模式進行短期公車需求預測，其輸入資料來自於票證資料的運量彙整與不同時間維度特徵選取藉以加強預測效果。從預測結果中，可以發現三項時間性特徵皆有助於預測性能之提升，只加入「路線前一日同小時運量」此項特徵，預測提升最為明顯；其次為只加入「路線前一日總運量」；最後為只加入「路線前一小時運量」。若三項特徵均加入模型中，MAPE由50.247%提升至8.313%。此外，本研究所使用的Stacking模型相較於其他模型也具有最好的預測效果。
投稿稿件原始檔(限word格式 30M以內) :	2022運輸年會_利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量.doc

圖 8.2.7 「利用集成學習模式與不同時間特徵預測短期公車服務運量」投稿證明



Submission Confirmation

Thank you for your submission

Submitted to	Transactions on Intelligent Transportation Systems
Manuscript ID	T-ITS-22-10-2757
Title	Application of Stacked LSTM, Attention Mechanism and Bidirectional LSTM in Multi-period Traffic Speed Prediction
Authors	Wu, Zih-Hua Su, Jau-Ming Hung, Pai-Hsien Lin, Feng-Cheng Chang, Chien-Yen Wu, Tung-Ling
Date Submitted	20-Oct-2022

圖 8.2.8 IEEE 投稿證明

第九章 結論與建議

本計畫相關重要工項包括智慧交通數位神經中樞系統之規劃、都市交通控制通訊協定檢討、持續精進交通事件影響分析預測模式(分析模組開發與實證)、「智慧交通數位神經中樞」系統雛型開發、實作示範場域遴選與設備佈建規劃、警消與災害防救車輛之智慧號誌控制系統功能實作等。茲將本計畫研究成果摘整重要結論與後續建議分別說明如後。

9.1 結論

一、智慧交通數位神經中樞系統分析模組開發與實證

1. 針對車流參數預測模式精進部分，本計畫經由前(110)期至本期計畫精進，於高速公路全時段速率預測性能改善 7.126%、尖峰時段速率預測性能改善 20.961%；全時段流量預測性能改善 5.006%、尖峰時段流量預測性能改善 3.370%，且進一步與高公局 1968 進行比較，由平均 MAPE 可看出 1968 為 29.9%、本計畫為 26.4%，預測效果差異不大，本計畫預測模式之預測結果略優於 1968。此外，本計畫亦將該模式應用於都市地區道路進行預測，以全日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 4.125%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 5.808%；以工作日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 4.381%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 6.368%；以週末日預測結果來看，全時段各方向平均 MAPE 為 3.315%、尖峰時段各方向平均 MAPE 為 4.902%。顯示本計畫預測模式之預測結果明顯貼近現實趨勢且能夠有效捕捉到尖峰時段時交通流劇烈變化之特性。並結合前(110)期計畫之「壅塞機率轉換模式」做為後續資訊發佈加值服務應用。
2. 針對施工事件影響分析模組精進部分，本計畫完成建構高速公路與都市地區施工影響模擬模式。在高速公路施工模式方面，為了改善前(110)期計畫 MAPE 值，本期計畫調整駕駛行為、期望速限分佈及車種組成速限分佈三種參數，以精進模擬路網真實度，結果顯示整體 MAPE 由 12.05% 提升至 7.22%改善幅度達 40.06%。都市地區施工模式方面，本期計畫透過「惠來溪及朝洋溪現地處理及水環境改善工程」施工案件進行模式建構，在非施工情境模式中環中路三段/市政路、環中路三段/朝馬路 MAPE 分別為 4.11%及 9.51%，而施工情境 MAPE 為 3.25%及 16.56%，表示

VISSIM 建構之施工模式能夠呈現良好之預測效果。最後透過情境組合設計，調整調整(總)流量(每小時到達車輛數)、車道數、車道封閉數、施工區長度、施工區位置五項控制因子，針對高速公路及都市地區產製不同施工條件下之速率績效表，共計 1,392 種績效並結合「壅塞機率轉換模式」及「車流流量預測模式」做為加值服務應用。

3. 針對公車時運量預測模式發展部分，本計畫經多次實驗，採納「星期別」、「小時別」、「前一小時運量」、「前一日同時段運量」、「前一日總運量」、「前 N 週同一日同時段平均運量」共六項特徵進行模式構建後，能得到較好之預測結果，其 MAPE 為 6.851%。並進一步取得一份預測模式未看過之票證資料進行實際預測驗證，驗證結果顯示平均誤差為 20.30%，仍屬於合理預測。

4. 市區公車營運績效分析模組在數位神經中樞系統中扮演決策功能之一，以票證資料為基礎，藉由個別路線的區間運量，與路段上所有路線的疊合資料呈現出不同種類的營運績效，最後依照門檻值匯出建議檢討的路線及其區間。這個模組利用系統分析功能將傳統的人工判斷改為預先產生決策建議，再交由管理者進行判斷，以及早因應變化趨勢。

二、智慧交通數位神經中樞系統之數位雙生雛型開發與實作

1. 本計畫運用 Ontology 設計數據模型做為數位雙生系統的核心，以 Microsoft Azure 雲端服務做為系統的骨幹，並配合視覺化 3D 介面呈現，構建出一套臺灣大道交通場域的數位雙生雛型系統，足以成為交通管理引入數位雙生概念的初步驗證。而本系統能夠透過各種物聯網偵測設備，監控車流、人流、公車動態、號誌等交通資訊，以 3D 即時影像的方式視覺化呈現各項交通數據，協助使用者更加直覺的了解現場狀況，並且做出決策。

2. 本計畫之智慧交通管理相關知識庫腳本流程為根據現況之實務運作流程，進行優化與具體化，透過設定即時人流增加、公車連班與緊急事件等情境與相關辨識條件，並加上具體的量化數據，協助 AI 影像辨識感知及判斷，並藉由 5G 的即時性同步通知業者及政府單位、醫院等，讓所有相關單位皆能在問題尚未惡化甚至發生之前就能有所掌握並預作準備，以減少人為疏忽或懈怠所產生的風險與損失。此外，也透過相關辨識流程的擬定，逐步將所有可能情境皆納入知識庫中做為未來交通管理、風險管

理等之手段方法，亦期望能藉此系統所產生之資料進行相關分析，以了解問題之所在並進一步改善解決。

三、緊急救援車輛之智慧號控制系統實證實作

1. 緊急車輛優先號誌實作係以中心端控制，車上端接收路側端(RSU)廣播之 MAP 與 SPaT 訊息，並於接近路口時發出 SRM 訊息，透過 RSU 回傳至中心，並由中心回覆對應之 SSM 訊息，經 RSU 傳送至 OBU 至車機。中心經邏輯運算後將所需更改之號誌時制透過 API 介面至交控系統，由交控系統下達指令更改現場號誌時制。在路側端與車輛端係透過 C-V2X 傳輸訊息，路側端與中心端則採用 5G 傳輸。
2. 本計畫係以路徑方式，由車機發送之 SRM 訊息，係一次提供沿途經過三處路口之預定抵達時間。執行優先號誌可大幅提升(約提升 63%)車輛順利通過路口之機率。且推估一年約可減少緊急車輛 973 小時之延滯時間。
3. 本計畫於水淹整合實測並記錄資料之封包丟失率、延遲(設備間封包收送時間差)、及正確性作為指標。丟失率以發送端發送後接收端是否接收到為判斷依據，格式正確性以接收端在接到封包後可解析視為正確，延遲以接收時間與發出時間差計算。SPaT、MAP、SRM/SSM 之丟失率分別為 0%、4.7%、0.44%(TMC 收到 SRM 到發出 SSM)、2.90%(路側端收到 SRM 到發出 SSM)；正確率皆為 100%；此外，依本次場域測試結果，各項資料傳遞延遲均小於 1 秒，顯示以 C-V2X 傳輸方式應可減少以往以 4G 傳輸產生之延遲。
4. 此外，本計畫歸納一參考指引手冊可提供相關單位未來預計建置緊急車輛優先號誌之參考，相關單位可根據其建置範圍、優先控制需求、成本考量等因素，選用適宜之設備及運作方式。

四、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討

本計畫延續前期(110 年)的研討成果，針對尚未完整探討的都市交通控制通訊協定內容進行進一步之確認，並研討新的應用方向，包含資訊可變標誌通訊協定、電子標籤偵測器通訊協定以及自動車輛辨識器通訊協定等，讓整個都市交通控制通訊協定檢討的內容更為完善，並完成通訊協定測試工具開發。

9.2 建議

一、智慧交通數位神經中樞系統分析模組開發與實證

1. 由於本計畫所開發之交通車流參數預測模式並未考量特殊事件對交通造成之影響，例如事故、施工、大型活動等。鑒於交通事件影響預測為一項重要且困難之研究課題，尤其隨時空範圍的擴大，預測困難度亦會隨之提升，主因為交通事件在時空範圍中相對稀疏，且在不同時空環境背景下所發生之事故同質性低，難以掌握其趨勢。故建議後續隨 5G、車聯網等資通訊技術之發展，相關交通資料之蒐集能較全面且多元，可嘗試透過本計畫模式進行交通事件影響之預測。
2. 在都市地區施工事件影響分析模組建構中，由於必須同時蒐集到非施工狀況及施工狀況下之交通量資料、號誌資料、施工交維計畫、道路幾何資料才可進行建模，倘若具備充足之交通量資料但無施工交維計畫也無法得知該路段施工道路幾何配置情況，因此建議地方政府單位可效仿臺中市政府開放交維計畫查詢系統，提供使用者查詢施工交維計畫案件。此外，目前本計畫所產製之速率績效部分，其模擬時間設定輸出以一小時為單位，並未考量到短時間施工模擬狀況，如施工情境 5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘之模擬時間單位，建議後續亦可針對小單位模擬情境進行組合應用。
3. 針對市區公車時運量預測模式之模式移轉性應用部分，本計畫以臺中市區公車 300 路為例，建立時運量之預測模式，未來可進一步探討所建立之預測模式是否適用於其他市區客運或是國道客運、公路客運。另後續研究在特徵選取上，建議持續探討若加入其他特徵是否對於模型之預測性能有所提升。此外，本計畫的時間特徵尚未加入月份或季節等項目，後續可再增加不同的時間特徵，以提高預測能力。亦或是考量不同的交通狀況(如尖峰、離峰、平日、假日、運量高低等)來進行不同測試情境之實驗。此外，本計畫執行期間曾與臺中市政府公捷處及聯管會進行訪談，建議未來亦可朝向開發公車每站各別運量預測方向進行，對於管理單位或將資訊發佈予一般民眾皆有一定之幫助。
4. 此外，無論哪個領域，預測的重要意義在於透過大量的歷史數據從中找尋客觀之規律後預測未來的事件，藉以事先掌握未來趨勢達到預警目的，並研擬相關策略。因此本計畫發展之預測模式，並不侷限於交通參數之

預測，建議未來研究亦可蒐集其他交通領域之資料，如公共運輸、停車等方面進行相關預測。

5. 針對市區公車營運績效分析模組，目前仍採離線方式運作，建議後續可將該分析功能導入系統中運作，並與資料庫建立連接，以呈現未來實際運作的情境。

二、智慧交通數位神經中樞系統之數位雙生雛型開發與實作

1. 數位雙生雛型系統目前僅有單方向監測功能，後續建議可加入設備生命週期管理，讓使用者能夠掌握各項設備的健康狀態，減少設備失效進行檢修造成的影響。此外，建議可納入更多物聯網設備，如 CCTV、RSU 與 OBU、智慧燈桿……等，讓系統能夠提供更多元的服務，如即時影像分析、緊急車輛監控、優先號誌…等。
2. 針對智慧交通管理相關知識庫之腳本流程雖為本計畫初步提出，但在 AI 影像辨識技術上，建議需要根據不同地區、情境或負責單位的需求進行感知條件與參數的修改，以更符合不同地區之實地監控應用。而為了精進知識庫或系統的準確判斷能力，建議亦可透過資料庫之累積進行分析並以此進行滾動式檢討和改進。此外，雖然不同地區或情境需要有不同的感知條件和判斷參數，但在後續通知的相關單位上卻是大同小異，因此建議未來相關計畫在進行知識庫深化探討時，可聚焦在感知條件、判斷參數之標準建立上。當建立基礎標準之後，建議將此異常事件處理知識庫的維運工作交由管理單位的資訊部門負責軟體系統的維護和更新，而處理流程則由營運部門隨各類應用情境之演變，在基礎標準上持續進行滾動式檢討和運作，如此方可有效協調資訊和營運部門各司其職，並確保系統的正常運作。至於在成本費用上，建議將系統整合到相關單位既有之管理系統中，以避免產生額外建置系統費用，減輕相關單位的負擔。

三、緊急救援車輛之智慧號控制系統實證實作

1. 在軟硬體設備整合上，本計畫係以勤崴導航王產生之路徑做為實測路徑，未來可考量與勤務派遣系統介接，將派遣路徑與緊急優先系統整合，以更接近實務運作。此外，依本計畫實作案例，導航裝置開機至接收資訊開始運作需 120 秒，由於本計畫測試係額外增加車上設備，包含導航裝置及通訊設備，並非與既有車上端設備整合，因此測試時開機需等待系

統設備訊號連結。未來如欲擴大推廣，建議考量與既有設備間之功能整合，例如與蜂鳴器整合，啟動蜂鳴器即啟動優先號誌系統，導航裝置亦須能即時處理定位訊號，以減少車輛發動後始開啟導航而產生之時間損失。

2. 本計畫實作時係依所取得之路口時制資料進行規劃設計及各項參數設定，惟現場測試時發現現場 TC 之時制計畫與設計階段取得資料不同，因此需重新修改資料庫所設定之各項參數以符合現場設備。建議應訂立機制維護基本資料，以確保規劃設計作業與現場資料一致性。此外，依本計畫實作經驗，同一廠牌型號之號誌控制器，部分功能於實驗室測試可正常運作，惟在現場測試未能正常運作。如能有檢驗單位確保其功能符合需求，則可減少現場確認與處理之時間與人力。

3. 目前既有之緊急救援車輛派遣系統雖有路徑建議，惟駕駛可能已其自身習慣或尖離峰時段選擇行駛不同路徑。由於號誌轉換需一定時間，如能提早得知預定行經路口、方向、預定抵達路口時間等相關資訊，有助於緊急車輛優先號誌執行。因此，建議未來擴大推廣時應教育訓練緊急救援車輛駕駛務必須依導航路徑行駛，方可確保續進行經之各路口。此外，緊急救援車輛優先號誌通行之實作涉及單位甚多，包含緊急救援車輛使用單位、交通管理單位、規劃設計單位、設備廠商、系統開發與整合建置廠商等，仍需仰賴相關單位相互協調配合始能達成。

四、都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討

1. 輕軌優先號誌通訊協定涉及輕軌路口設備建置與管理操作，輕軌之管理單位與系統開發單位對目前輕軌的運作與優先路口的觸發機制一些建議改善方案，建議可持續進行討論，讓輕軌運作更為適合當地交通狀態使用。

2. 路口間的設備交流日益重要，為了實現路口各設備間的有效交流，同時又不增加號誌控制器的負擔，本計畫建議採用其他控制模組作為輔助，以確保號誌控制器能專注於保證路口燈號的正確性，且亦能兼顧蒐集智慧城市所需資訊的功能。

參考文獻

[1] ericsson.com, “Ericsson and Unikie optimize factory parking with a 5G private network and automation” SEP. 07, 2021. Available at: https://www.ericsson.com/en/news/3/2021/ericsson-and-unikie-optimize-factory-parking-with-a-5g-private-network-and-automation

[2] James Manser, “Parking troubles? Here’s how 5G could help you find a space” JUL. 01, 2020. Available at: https://newscentre.vodafone.co.uk/smart-living/lifestyle/how-5g-could-help-you-find-a-parking-space/

[3] 李昱董、張德生(民 110 年 10 月 21 日)。科技戰警！智慧頭盔看一眼「警蜂 1.0」查贓車、涉案車。三立新聞網。取自 https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=834994

[4] 游念育(民 111 年 1 月 25 日)。北市府啟動 5G 智慧杆場域驗證 朝智慧城市邁進。中時新聞網。取自 https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220125003184-260405?chdtv

[5] 安迅士(Axis Communications)。Axis 加入臺北市 5G 智慧杆 POC 場域驗證計畫。全球安防科技網。取自 https://www.asmag.com.tw/showpost/12368.aspx

[6] iDS 智慧安防雜誌。利凌推出 Aida 智慧城市交通管理解決方案。取自 https://www.idsmag.com.tw/new_article_result.asp?search_security_id=31303&xmonitor=1&secur_id=HCP011

[7] icomera.com, “GoMedia Wins Cross Industry Partnership at the Railway Innovation Awards 2021” OCT. 18, 2021. Available at: https://www.icomera.com/gomedia-wins-cross-industry-partnership-at-the-railway-innovation-awards-2021/

[8] Joe O’Halloran, “ UK’s first 5G-connected tram on track across West Midlands” Mar. 08, 2021. Available at: https://www.computerweekly.com/news/252497439/UKs-first-5G-connected-tram-on-track-across-West-Midlands

[9] 林孝儒(民 111 年 1 月 18 日)。英遙控計程車計畫 可望今年上路。公視新聞網。取自 https://news.pts.org.tw/article/563988

[10] 林淑惠(民 110 年 12 月 23 日)。5G 躍臺灣 臺灣大大秀智慧自駕車應用。中時新聞網。取自 https://www.chinatimes.com/realtimenews/20211223005884-260410?chdtv

[11] He, R., Ai, B., Zhong, Z., Yang, M., Chen, R., Ding, J., ... & Liu, C. (2022). 5G for Railways: the Next Generation Railway Dedicated Communications. IEEE Communications Magazine.

[12] Thomas, R. J., Easton, J., Preece, J., Samra, M., & Nonyelu, F. (2022, June).

Developing a 5G-enabled Crowd Management and Passenger Navigation Solution for Post-COVID-19 Multi-Modal Travel. In World Congress on Railway Research.

[13] Franchi, F., Marotta, A., Rinaldi, C., Graziosi, F., Fratocchi, L., & Parisse, M. (2022). What can 5G do for public safety? Structural health monitoring and earthquake early warning scenarios. Sensors, 22(8), 3020. Kakkavas, G., Diamanti, M., Stamou, A., Karyotis, V., Bouali, F., Pinola, J., ... & Moessner, K. (2022). Design, Development, and Evaluation of 5G-Enabled Vehicular Services: The 5G-HEART Perspective. Sensors, 22(2), 426.

[14] Kakkavas, G., Diamanti, M., Stamou, A., Karyotis, V., Bouali, F., Pinola, J., ... & Moessner, K. (2022). Design, Development, and Evaluation of 5G-Enabled Vehicular Services: The 5G-HEART Perspective. Sensors, 22(2), 426.

[15] ericsson.com, “Ericsson and partners test new safety features on 5G self-driving bus” OCT. 29, 2021. Available at: https://www.ericsson.com/en/news/2021/10/ericsson-backed-trial-addresses-safety-on-self-driving-buses

[16] Adam Frosr, “ 5G traffic intersection safety project started” OCT. 3, 2019. Available at: https://www.traffictechnologytoday.com/news/intersections/5g-traffic-intersection-safety-project-started.html

[17] vodafone.com, “Trial of the UK’s first mobile ‘vehicle-to-everything’ road safety system goes live” JUN. 04, 2021. Available at: https://www.vodafone.com/news/press-release/trial-uks-first-mobile-vehicle-everything-road-safety-system-goes-live

[18] 楊東庭(民 110 年 12 月 2 日)。遠傳 5G 緊急救護 2021 醫療科技展首亮相。經濟日報。取自 https://money.udn.com/money/story/5612/5932914

[19] Guo, G., Yuan, W., “Short-term traffic speed forecasting based on graph attention temporal convolutional networks”, Neurocomputing, Vol. 410, pp.387-393, 2020.

[20] temporal convolutional networks”, Neurocomputing, Vol. 410, pp.387-393, 2020.

[21] Ye, H., Liang, L., Li, G. Y. et al., “Machine Learning for Vehicular Networks: Recent Advances and Application Examples,” IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol. 13, Iss. 2, pp.94-101, 2018.

[22] Yang, H., Li, X., Qiang, W. et al., “A network traffic forecasting method based on SA optimized ARIMA–BP neural network”, Computer Networks, Vol. 193, 2021, Article 108102.

[23] Han, T. Y., Tang, K. H., Oguchi, T., “Short-Term travel speed prediction for urban expressways using convolutional neural network and tensor decomposition”, Transportation Research Procedia, Vol. 48, pp.962-974, 2020.

[24] Vázquez, J.J., Arjona, J., Linares, M. et al., “A Comparison of Deep Learning

Methods for Urban Traffic", Transportation Research Procedia, Vol. 47, pp.195-202, 2020.

[25] Lai, W. K., Kuo, T. H., Chen, C. H., "Vehicle speed estimation and forecasting methods based on cellular floating vehicle data", Applied Science, Vol. 6, Issue 47, 2016.

[26] 交通部運輸研究所，「以大數據技術建置宜蘭地區交通管理預警機制之應用服務」，民國 105 年 12 月。

[27] 交通部運輸研究所，「應用大數據技術建置重要瓶頸路段及運輸走廊之交通預警機制」，民國 106 年 9 月。

[28] Kumar S.V., Vanajakshi, L., "Short-term traffic flow prediction using seasonal ARIMA model with limited input data", European Transport Research Review, Vol. 7, No. 21, 2015.

[29] Almeida, A., Brás, S., Oliveira, I. et al., "Vehicular traffic flow prediction using deployed traffic counters in a city", Future Generation Computer Systems, Vol. 128, pp. 429-442, 2022.

[30] Li, J., Guo, F., Sivakumar, A. et al., "Transferability improvement in short-term traffic prediction using stacked LSTM network", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 117, 2020, Article 102977.

[31] Peng, H., Du, B., Liu, M. et al., "Dynamic graph convolutional network for long-term traffic flow prediction with reinforcement learning", Information Sciences, Vol. 578, 2021, pp. 401-416.

[32] Boukerche, A., Wang, J., " A performance modeling and analysis of a novel vehicular traffic flow prediction system using a hybrid machine learning-based model", Ad Hoc Networks, Vol. 106, 2020, Article 102224.

[33] Chandra, S.R., Al-Deek, H., "Predictions of freeway traffic speeds and volumes using vector autoregressive models", Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations, Vol. 13, Iss. 2, pp. 53-72, 2009.

[34] Kamarianakis, Y., Gao, H., Prastacos, P., "Characterizing regimes in daily cycles of urban traffic using smooth-transition regressions", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 18, Iss. 5, pp. 821-840, 2010.

[35] Vlahogianni, E. I., Webber Jr. Ch.L., Geroliminis, N. et al., "Statistical characteristics of transitional queue conditions in signalized arterials", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 15, Iss. 6, pp. 345-404, 2007.

[36] Lewis, C. D.,."Industrial and Business Forecasting Method" , London, Butterworth Scientific Publishers, 1982.

[37] Yang, D., Zhou, X., Su, G., Liu, S., "A Microsimulation Model of a Congested Freeway using VISSIM.", IEEE Transportation on Intelligent Transportation

systems, vol. 20, no. 5, may 2019.

[38] 李光益(2010)。「高速公路長期施工路段流量模式建構與應用之實例研究」。臺灣說博士論文加值網，成功大學(博士論文)

[39] Sadegh, A., Radwan, E., Rouphail, N. M., “A comparison of microscopic traffic flow simulation systems for an urban area”, Transportation Research Record,vol.1163, no. 1, pp. 1-3, 1988.

[40] Khanta, P. R., “Evaluation of Traffic Simulation Models for Work Zones in the New England Area”, University of Massachusetts Amherst, Master of Science in Civil Engineering,2008.

[41] Maciejewski, M., “A comparison of microscopic traffic flow simulation systems for an urban area”, Institute of Machines and Motor Vehicles, Poznan University of Technology, Transport Problems, Vol. 5, Iss. 4, 2010.

[42] 薛博元(2011)，「高速公路速率控制與匝道儀控最佳化協控模式之研究」，臺灣說博士論文加值網，國立臺灣大學土木工程學研究所(碩士論文)。

[43] 鄒政修(2012)，「發展巨觀混合推進模式於高速公路匝道儀控之研究」，臺灣說博士論文加值網，國立臺灣大學土木工程學研究所(碩士論文)。

[44] 交通部運輸研究所，「提升高速公路交通運轉效能-區域路網系統模擬模式之建置」，民國 102 年 7 月。

[45] Sun, D. J., Zhang, L., and Chen, F., "Comparative study on simulation performances of CORSIM and VISSIM for urban street network", Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 37, pp.18-29, 2013.

[46] 張鈞凱(2014)。「高速公路可變速限聯合匝道儀控最佳化模式」。臺灣說博士論文加值網，國立臺灣大學工學院土木工程學(碩士論文)。

[47] Edara, P. K., Sun, C., Matisziw, T., “Calibration of VISSIM and QUICKZONE Programs work zone traffic impact analysis” , University of Missouri-Columbia, 2015.

[48] Edara, P. K., Rahmani, R., Brown, H., Sun C., “Traffic Impact Assessment of Moving Work Zone Operations”, Iowa Sate University Institute for Transportation, 2017.

[49] Goyal, S., Bhugra, S, “A Microsimulation Model of a Congested Freeway using VISSIM”, International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), Vol. 9, Iss. 12, 2021.

[50] Liu, L., & Chen, R. C. (2017). A MRT Daily Passenger Flow Prediction Model with Different Combinations of Influential Factors. 2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops.

[51] Yao, H., Wu, F., Ke, J., Tang, X., Jia, Y., Lu, S., Gong, P., Ye, J., Chuxing, D., & Li, Z. (2018). Deep Multi-View Spatial-Temporal Network for Taxi Demand

Prediction. The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18), 316, pp. 2588–2595.

[52] Xiu, C., Sun, Y., Peng, Q., Chen, C., & Yu, X. (2022). Learn Traffic as a Signal: Using Ensemble Empirical Mode Decomposition to Enhance Short-Term Passenger Flow Prediction in Metro Systems. Journal of Rail Transport Planning & Management, 22(100311).

[53] Wang, Y., Qin, Y., Guo, J., Cao, Z., & Jia, L. (2022). Multi-Point Short-Term Prediction of Station Passenger Flow Based on Temporal Multi-Graph Convolutional Network. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 604(127959).

[54] Liu, L., & Chen, R. C. (2017). A Novel Passenger Flow Prediction Model Using Deep Learning Methods. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 84, pp. 74–91.

[55] Liyanage, S., Abduljabbar, R., Dia, H., & Tsai, P. W. (2022). AI-Based Neural Network Models for Bus Passenger Demand Forecasting Using Smart Card Data. Journal of Urban Management, 11(3), pp. 365–380.

[56] 林志玟 (2020)，應用深度學習建構臺北捷運客運量預測模型之研究，天主教輔仁大學統計資訊學系應用統計碩士班碩士論文。

[57] CIO Taiwan(民 109 年 12 月 21 日)。淡海 5G 智慧交通場域啟用。產業速報。取自 https://www.cio.com.tw/tamhai-5g-smart-traffic-field-enablement/

[58] 江仁傑(民 108 年 9 月 2 日)。數位分身模擬城市 可預測設施損壞時限與規劃緊急應變。DIGITIMES。取自 https://digitimes.com.tw/iot/article.asp?id=0000567287_7DQ10BFR9X4UCQ62Z5WYF

[59] Rudskoy, A., Ilin, I., Prokhorov, A., “Digital Twins in the Intelligent Transport Systems”, Transportation Research Procedia, Vol. 54, 2021, pp.927-935.

[60] INTERYRAFFIC, “DIGITAL TWINS OF ROAD INFRASTRUCTURE”, Oct. 18, 2021. Available at: https://www.intertraffic.com/news/infrastructure/digital-twins-of-road-infrastructure/

附件一、期中報告審查意見處理情形表

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、淡江大學 陶教授治中		
1. 目前報告書內容均屬於專章類型之個別陳述，無明顯關聯性，建議思考期末如何進行整合，且加以敘明本案與 5G 的關係。	已重新調整章節架構使報告書內容更具整體性，並補充各工作項目使用 5G 之關聯性於報告書第 1.3 節。	同意辦理
2. 報告書 P.12，圖 2.1.1 交通數位神經中樞系統架構，宜增列「端、邊、網、雲、圖」之實體架構。	已重新調整章節架構，此部分移至第三章說明交通數位神經中樞系統整體性架構。	同意辦理
3. 報告書 P.21，5G 在智慧交通應用案例，應以「5G 公網」、「5G 專網」、「5G 混合網」三種不同情境分別回顧，得以歸納各情境下適用之交通服務應用。	已於報告書第 2.2 節依三種不同情境進行應用案例回顧說明，再歸納各情境較為適用的應用服務。惟相關文獻若無相關資料可佐證說明其為公網、專網還是混合網者，則較難歸納分析。	同意辦理
4. 報告書第 2.3 節 P30-56，應以前述三種 5G 情境為基礎，論述緊急車輛優先通行案例若使用 5G 公網與專網，分別改善了什麼，或其前後顯著差異為何，並以此進行第七章實證。	報告書 2.3 節主要係彙整緊急車輛優先號誌相關案例所使用之策略、架構及通訊技術等(期末報告調整至 6.1 節)，並將其納入 6.5 節建置參考手冊。本計畫之實測則在 5G 公網環境下，驗證所規劃之架構及邏輯確實可行。	同意辦理
5. 報告書第三章 P57~153，都市地區與高速公路事件預測模型仍有差異，模式之選擇如何判定？另外是否有納入短期事件預測？建請補充說明。	本計畫都市地區與高速公路車流參數預測模式構建差異在於使用之資料源不同(高速公路使用 EVP、都市地區使用 GVP)、以及輸入模型之特徵(變數)不同，經訓練後產出預測結果並與其他模型進行優劣比較，結果顯示本計畫模型之預測效果優於其他。另本期計畫針對事件影響之預測，係以可預期性施工事件為主進行交通模擬模式之構建，內容如報告書 4.2 節所示。	同意辦理
6. 報告書第四章 P154~170，該章內容與 5G AIoT 之關聯度宜再加強(例如 5G AIoT 與資料蒐集之關聯性)。	感謝委員提醒，原第四章知識庫內容於期末調整至第 5.5~5.7 節，本期計畫針對人流異常處理、公車連班處理、公車緊急事件處理等項目開發知識庫，其中即時人流異常偵測是使用 5G 通訊將影像回傳後進行辨識告警。	同意辦理
7. 報告書第五章 P171~214 ，數位雙生之 4 項關鍵元素應為數位模型、關聯數據、身份識別與即時監測，因此宜就關鍵技術(包括 BIM、GIS、AI、	感謝委員指導，本計畫針對數位模型及所需之關聯數據進行探討，構建數位雙生之數據庫，並以臺灣大道福雅路至工業區一路範圍進行實作測試，逐步構建	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
IoT、雲端、5G、模擬平台[AR、VR]等)，以 P.196 圖 5.4.1 之實作範圍進行實驗佐證，並據以編製數位雙生系統參考架構與指引手冊。	數位雙生系統參考架構，同時研擬執行流程以供他案數位雙生建置參考依據。	
8. 報告書第八章，有關此次競賽主題多跟 5G 較無關聯，建議宜限縮與本計畫研究重點相關之題目類別。	本期競賽部分係延續前期競賽獲勝隊伍之概念性構想，轉為最小可行性產品實作成果，相關競賽主題係屬延續性，爰不全然與 5G 有所關聯。	同意辦理
9. 目前 AI 技術之發展係以集中式為主，亦即將大部分資料回傳至中心後再進行辨識等運算處理，但未來 6G 發展之後會是以分散式為主，各設備於路側(邊緣端)就可進行 AI 辨識等運算之處理。	感謝委員寶貴意見。	敬悉
二、國立臺北大學 莊教授東穎		
1. 報告書中所呈現的內容與 5G 的關係並不明顯，例如報告書第三章 P.66 均是使用 ETC 系統蒐集資料進行分析、第四章 P.166~169 是使用 IC 卡搭乘公車的政府公開資訊平台、第五章 P.188 數位雙生使用 Microsoft Azure、第六章 P.246 之基隆實驗場域平台是使用 GPRS、3G、4G 等，建議應加強說明本計畫與 5G 電信網路的關係。	已重新調整章節架構使報告書內容更具整體性，並於各工項章節中說明與 5G 之關聯性，詳細內容可參閱期末報告第 4.1 節、第 5.5、5.6.4、5.7 節以及第七章。	同意辦理
2. 報告書第七章 P.274，有關 M600 5G Router 可提供 WiFi AP for local access，但不確定是使用 5G 通訊模組或 WiFi，建請再補充說明。	本計畫 M600 係使用 5G 通訊模組。	敬悉
3. 第八章針對創新應用服務競賽之主題，可加列使用 5G 電信網路為主要創新應用服務競賽之主題。	本期競賽部分係延續前期競賽獲勝隊伍之概念性構想，轉為最小可行性產品實作成果，相關競賽主題係屬延續性，爰不全然與 5G 有所關聯。	同意辦理
三、交通部高速公路局 廖副局長肇昌		
1. 報告書第二章，建議於報告中針對 5G 技術、5G 現況發展以及國內應用 5G 技術之相關交通案例，需再多加著墨，此外於智慧交通應用時，如何避免有 5G 應用死角、侷限情形或網路不穩定等情形，請再補充說明。	已重新調整本章架構，首先針對 5G 技術進行探討與分析，並依三種不同情境進行應用案例回顧說明，歸納各情境較為適用的應用服務。此外，由前述探討中發現 5G 係透過廣域佈設與熱點等方式來減少死角與侷限情形，網路不穩定除了透過廣域佈設的無縫銜接解決移動中的網路不穩外，更可透過熱點大容	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	量與高速度的方式解決，以上相關說明皆已納入期末報告中。	
2. 報告書第 2.2 節 P.28，表 2.2-1 5G 應用案例彙整部分，在臺灣應用的部分，可增列智慧停車管理系統、公車路線 APP、高速公路 1968、公路總局幸福公路 APP 等，以擴大 5G 智慧交通範疇。	遵照辦理，相關應用案例已納入報告書第二章 5G 應用案例的彙整表中。	同意辦理
3. 報告書第 2.3 節 P.30，本節介紹高雄市試辦計畫及宜蘭市案例，建議增列試辦年期，另建議洽詢此 3 案例之主辦單位相關試辦心得，包含所遭遇問題、挑戰及未來若納入常態建置是否有所需配套措施等。	遵照辦理，並補充於期末報告 6.1 節。	同意辦理
4. 報告書第 2.3 節 P.54，表 2.3-2 案例歸納彙整表，有關緊急救援因國外與國內情境不盡相同，是否有參考之處？建請補充說明。	有關國內外緊急救援車輛優先號誌案例成果綜整歸納如第 6.1.2 節所述，另配合實測成果彙撰第 6.5 節建置參考。	同意辦理
5. 國內於建築、工程管線管道已有數位雙生之應用案例，而交通應用方面則有交通部淡海新市鎮智慧交通場域之數位雙生平台，建議本計畫數位雙生研究可參考學習前述的應用經驗，並請團隊考量數位雙生交通應用於市區道路之效果是否會受到機車太多的影響。	本計畫數位雙生研究著重於數據庫的數位模型建立，與交通部淡海新市鎮智慧交通場域之數位雙生平台著重於元件庫的 3D 模型建立不同，但仍持續學習參考其數據庫及函式庫發展及應用經驗。另有關數位雙生交通應用於市區道路之效果是否會受到機車影響之課題，暫未列入本期研究範圍。	同意辦理
6. 報告書第五章 P.176，淡海新市鎮「5G 智慧交通試驗場域」之發展狀況，是否可補充說明？數位雙生雛型的發展是否可與該場域結合，以利資源運用，建請再補充說明。	淡海新市鎮「5G 智慧交通試驗場域」數位分身發展狀況係以 3D 實景的靜態模組顯示平台展示現場環境及設施設備管理，並結合 3D 模仿的動態即時顯示平台展示現場感測及應用資訊呈現。而本案數位雙生雛型的發展亦同步確認構建之數據庫標準化及資料共用一致性，以發揮兩者計畫最大效益。	同意辦理
7. 報告書第三章 P.57，本項預測模式成果，建議參考高公局 1968APP 旅行時間預測功能進行驗證。	遵照辦理，已完成與 1968 相關驗證內容，可參閱報告書第 4.1.5 節。	同意辦理
四、桃園市政府交通局 張副局長新福		
1. 報告書部分內容誤植，如 P.69 內文表 4-9、圖 4.11 應為表 3.1-5、圖 3.1.6；P.71 內文圖 4.13 應為圖 3.1.8；P.235 內文表 6.2-1 應為表 6.3-3；P.261 圖 7.1.2 跑版到另一	感謝指正，已全面檢視及修正報告書誤繕內容。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
頁，建請再檢視修正。		
2. 報告書 P.69 未說明資料篩選的規則，僅說明自每個檔案中針對各路段範圍分別取出 5 筆資料，是否隨機抽取？或依車種抽取？建請再補充說明。	有關高速公路交通參數預測模式構建使用資料係為高速公路局之 EVP 資料，5 筆資料係指現況 ETC 系統每隔 5 分鐘會針對 5 種車種分別蒐集其速率或流量。另本計畫蒐集之 EVP 資料非隨機抽取，而是採納整年度之資料。	同意辦理
3. 報告書 P.81，GVP 資料係挑選勤崴 GVP，惟未說明勤崴 GVP 的基本資料特性，如是否僅安裝特定車種、數量是否足夠、是否具代表性等？建請再補充說明。	本計畫採用勤崴 GVP，其數據來源用戶包含導航王、車聯網及計程車車隊等，車種則涵蓋汽車、一般機車、重型機車、大貨車、貨車及計程車等。每月不重覆裝置數達 40 萬以上，其時間及空間位置分布皆具備相當數量，經評估可具相當之交通狀況代表性。	敬悉
4. 報告書部分圖表需透過顏色來判讀，惟報告書係黑白列印，較難閱讀。	敬悉，後續將針對部分圖表改採彩色列印以利閱讀。	敬悉
5. 報告書 P.156 說明市區客運營運決策知識庫會提供「尖離峰班距調整」與「站點調整建議」，惟「站點調整建議」僅針對路線上特定站點需求量低建議刪除，似乎影響不大，是否可針對「新增站點」或「潛在站點/路線」提供建議，另建請補充說明公共運輸運量預測所考量的因子有哪些。	目前的運量預測主要是利用既有的票證資料整理出分時段運量後，加入不同時間特徵的資料，如前一日或前一個月的資料進行預測，相關內容請參考報告書第 4.4 節。	同意辦理
6. 有關第 7 章緊急救援車輛，相關意見如下，建請補充說明： (1)緊急車輛優先通行實作部分，採用中心式控制而不採用集中式(IPC)控制之原因為何？可再加強係與 5G 特性相關之論述。 (2)緊急車輛未見規劃的消防車或救護車數量。 (3)P.261 說明控制方式採中心控制，是否有考慮網路傳輸延遲或斷訊問題。 (4)優先號誌作動的偵測距離為何？緊急車輛距離路口多少距離時作動？距離是否恰當，1、2、4 號路口距離較近，是否會有同時多處路口作動問題？建請補充說明。 (5)承上，若同時 2 台以上緊急車輛接近路口，如何因應？建請補充說明。	(1)目前國內多採用 IPC 路側控制方式，以確保控制策略執行之即時性，惟考量未來如需進行大範圍路網控制或較複雜情境之運算，以路側控制所需成本較高，再者，在 5G 環境下，預期由中心控制方式應可符合緊急車輛優先號誌即時執行之需求。因此，本計畫規劃以中心控制方式進行緊急車輛優先號誌實作測試。 (2)本計畫現場實測先以測試車輛，針對所規劃之架構與優先邏輯進行測試，確認可行且穩定後，再以 1 輛消防車進行測試。 (3)依照目前國內執行動態號誌控制之經驗，採中心控制方式其傳輸延遲問題並不嚴重，經本計畫實測各項資訊傳輸延遲均<1 秒。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
(6)內容未見建置告警牌面，建議加設提醒用路人有緊急車輛靠近，避免用路人以為號誌故障。 (7)執行優先號誌後，路口號誌如何恢復正常(例如有號誌連鎖時，事後時制補償回復模式需要幾個週期)，建請補充說明。	(4)本計畫測試範圍不大，因此車輛於出發點(水湳分隊)發出訊號即開始作動，系統可透過 SRM 訊息預先得知緊急車輛通行需求(路徑)，因此沿線所經過路口可預先判斷車輛抵達時間以即時更改號誌時制。 (5)在優先號誌邏輯中，原則一週期提供一次優先，同時緊急車輛端會利用導航雲傳送 EVA 訊息，通知其他導航中車輛及人員，判斷是否與緊急車輛具有路徑上之重疊，達到告警作用。 (6)本期實測場域範圍交通車流量不高，爰先以義交協勤指揮方式處理。 (7)執行優先後，依控制器補償機制進行補償，原則上二周期內補償完畢。	
五、臺灣車聯網產業協會 鄭秘書長維晃		
1. 5G 通訊技術對於在交通應用最大之幫助係為提升效率及安全性，故在相關應用上應掌握此兩項重點。	感謝委員寶貴建議。	敬悉
2. 應透過整體的 5G 架構進一步去思考 V2X 的整合，不單單僅是車輛跟車輛之間的互相溝通，更是為了能夠即時傳輸而能進一步提升交通安全。	感謝委員寶貴建議。	敬悉
六、內政部消防署		
1. 首先肯定研究團隊對於本案之救災救護熱點以及駕駛習慣進行分析，並且所提出之參考手冊規劃大綱良好。	感謝委員肯定。	敬悉
2. 報告書 P.269，建請說明選擇水湳為實證場域之理由為何？其 5G 環境狀況又是如何？	本計畫實作範圍係經由前(110)期計畫縣市遴選過程中產生，並考量選擇交通狀況單純、車流量不高且鄰近消防分隊之環境做為測試場域，因此選定水湳為實證場域。 另經查詢行動寬頻系統涵蓋網站(https://coverage.cht.com.tw/coverage/tw.html)，本計畫場域 5G 行動網路通信連線狀況屬尚可至良好，惟實際使用仍可能受使用之終端設備、移動速度或其他因素影響。	敬悉
3. 報告書 P.261，實務上之勤務執行不會所有車輛皆同時出勤，例如一個分隊派遣四輛車出勤，但此四輛車不會同一時間出現在同一條路上，因此在	在優先號誌邏輯中，原則一週期提供一次優先，同時緊急車輛端會利用導航雲傳送 EVA 訊息，可通知其他導航中之車輛及人員，判斷是否與緊急車輛具有	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
相關號誌的時序或秒數上需再做些微調，提供作為優先號誌設計之參考。	路徑上之重疊，達到告警作用。	
4. 建議正式測試前建議先於實驗室模擬，現場測試則建議先於夜間或離峰時段進行測試，以避免影響既有道路交通。	本計畫係先於實驗室測試完成後再至現場進行測試，且現場測試時段均為平日離峰時段，並派遣義交協勤指揮，以減輕對既有交通之衝擊。	同意辦理
5. 實測場域共五處路口，由水淹分隊出發至最遠路口約 500 公尺，實施效益可能較不明顯，建議可把駕駛之實際感受納入考量(以高雄為例，共 12 處路口將近二公里實施優先號誌，部分同仁感受效益佳，部分同仁較無感)。	考量本計畫設備(含 TC、M600、RSU 等)數量、安裝、測試及計畫時程等因素，爰以場域五處路口作為實測範圍，透過現場實測驗證所規劃之架構及邏輯確實可行且穩定，後續再擴大推廣至其他範圍，以期更明顯之效益。	同意辦理
6. 由於實作測試可能影響民眾，建議各路口設置告示板，於公共場所(如學校、醫院)看板顯示測試相關內容，或請鄰里長加強宣導，以提醒民眾多加注意。	經檢視本期實測場域範圍交通車流量不高，爰先以義交協勤指揮方式處理。	同意辦理
七、交通部高速公路局		
1. 報告書第 3.1.2 節 P72，有關”日期”之特徵碼轉換一節，除”工作日”及”周末”外，建議本項次可多拆分出”特殊節慶”項目，以增加資料分析之精準性。	本計畫加入「特殊節慶」(筆數僅佔 696 筆)並經特徵提取分析後，結果顯示該特徵變數對於流量或有影響(P 值<0.05)，惟 ηp2 值為 0.0029，低於 0.01，亦即雖有影響，但影響程度極小，因此本計畫不採納該特徵變數。	同意辦理
2. 報告書第 3.1.2 節 P.73，本節僅說明 P 值小於 0.05 則代表該特徵值對於預測目標有顯著影響，並無說明本計畫使用 p 值為 0.05 之原因，建請補充。	統計分析中 α 均採 0.05 設定做為檢定標準 P<α 為顯著，P 值僅是用來判別變數間顯著性之方式，亦即有、無影響，即便數值顯示有影響，仍無法衡量影響程度之大小，因此應該避免只使用 P 值作為衡量依據，通常會與其他重要的數據一起使用，像是相關係數(用於連續型變數)，或是淨 eta 平方(用於分類型變數)。	同意辦理
3. 報告書第 3.1.2 節 P.73，有關本節 ANOVA 表分析結果之詳述部分，建議增加統計”信心水準”等資料判讀詳述，以利各審查單位研析。	本節三項分類型特徵(星期別、小時別、是否降雨)之 p 值皆小於 0.05，亦即在 95%信心水準下，表示該三項特徵對於工作日及週末之速率與流量存在顯著影響關係，惟 P 值僅是用來判別變數間顯著性之方式，亦即有、無影響，即便數值顯示有影響，仍無法衡量影響程度之大小，因此應該避免只使用 P 值作為衡量依據，通常會與其他重要的數據一	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	起使用，像是相關係數(用於連續型變數)，或是淨 eta 平方(用於分類型變數)。 小時別之 ηp2 值皆超過 0.138，表示此項特徵變數對於速率與流量影響效果高，因此保留作為後續預測模式構建使用。星期別特徵變數之 ηp2 值多數介於 0.058～0.138 間，為中效果之影響程度，亦可保留作為後續預測模式構建使用。而是否降雨特徵變數之 ηp2 值多數介於 0.01～0.058 間，為小效果甚至為低於 0.01 之無效果影響程度，因此該項特徵將予以剔除。	
4. 報告書第 3.1.2 節 P.75-76，有關本節 ANOVA 表部分，建議報告中可說明四張表格中，其 Residual(殘差)所各別代表之意義。	SSE=686937.906 表示組內離均差平方和，DF=67 表自由度，SSE/DF=MSE=113.977 表組內均方和。此為 ANOVA 分析之中間過程，不影響檢定結果之呈現，故予以簡化。	同意辦理
5. 報告書第 3.1.2 節 P.79-80，有關本節以 MAPE 評估標準化分，來進行速率、流量預測結果比較，建議本項次可多拆分出"特殊節慶"項目，以增加資料分析之精準性。	本計畫加入「特殊節慶」(筆數僅佔 696 筆)並經特徵提取分析後，結果顯示該特徵變數對於流量或有影響(P 值<0.05)，惟 ηp2 值為 0.0029，低於 0.01，亦即雖有影響，但影響程度極小，因此本計畫不採納該特徵變數。	同意辦理
6. 報告書第 P.209，本節所述"可變資訊標誌"，其正式名稱為"資訊可變標誌"，建請修正。	遵照辦理，已統一修正為「資訊可變標誌」。	同意辦理
八、交通部公路總局		
1. 本計畫執行至雛型開發階段，未來是否會與公總執行前瞻預算之子計畫有所連結？建請再補充說明。	本計畫目前與公總計畫暫無適當之連結，惟後續可參考公總子計畫之研究成果作為後續計畫成果關連探討。	同意辦理
九、臺北市政府交通局		
1. 報告書 P.82、84，第 4.1.3.1 及 4.1.3.2 等兩小節編號有誤，建請修正。	感謝委員指正，已全面檢視及修正報告書誤繕內容。	同意辦理
2. 報告書第 3.2.3 節 P.151，建請說明施工封閉時段之車流量預測值是否有考慮車流會有提前避開施工時段或行駛替代道路之行為，致施工路段車流量可能有降低之情形。	施工封閉時段之車流量預測值為先前車流參數預測章節所得出之結果，當未來有發生施工狀況時，結合施工交通模擬所產出之各情境速率績效進行查表。而針對施工封閉時段之車流量預測值，本計畫不考量車輛提前避開施工路段或改道之行為，由於道路施工連續施工多個小時，但實際每小時流量受施工	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	影響而有所不同，因此定義以每小時到達交通量進行模擬。	
3. 報告書第 7.2.3 節 P.279~280，建請說明紅燈截斷策略，即使各分相均需滿足其最小綠燈時間，若路口行人量大，是否仍會有行人無法於綠燈時間內通行完之情形，又有何策略因應。	本計畫實測場域範圍內路口行人量不大，且執行優先號誌各分相仍須滿足最小綠燈時間，應不致發生行人無法順利穿越路口之情形。	同意辦理
4. 報告書 P.56 緊急救援車輛優先號誌系統架構，建議分析 GPS 及 OBU 之優缺點及適用範圍。	該頁為案例分析彙整表，內容提及車機將 GPS 訊號回傳至中心，OBU 將車輛訊號透過 RSU 傳至 IPC，OBU 所傳送之訊號內容同樣包括車輛位置等資訊，主要差異在回傳至中心或回傳至現場 IPC。	同意辦理
5. 報告書第 6.3.3 節 P.236，有關輕軌本身有靠站停等與旅客上下車等不確定因素，導致通過路口的時間會有變化之情形，未來是否可評估因應策略，如事先蒐集資料進行預測，以增進號誌控制效率。	由於旅客上下車時間難以掌控，所以需要傳遞離站資訊與接近路口資訊給輕軌系統，藉以計算與調整路口的號誌。此機制類似緊急優先號誌運作機制，輕軌接近路口如同救護車輛靠近路口，路口將優先讓其通過。 雖可蒐集資料進行查表或是預測，但是旅客上下車的行為仍然是難以預估，因此採用動態計算的方式來提供路口控制。	同意辦理
十、桃園市政府交通局		
1. 本局在優先車輛案例研究於 95 年及 104 年即曾辦理優先號誌試辦計畫，但因受限於當年通訊環境不穩定以致沒有後續執行，以目前 5G 通訊技術較好應能改善。	感謝委員提供經驗參考。	敬悉
2. 行人議題中，因老年人穿越馬路需較多時間，故會將相關綠燈秒數進行延長以利老人通過。但若緊急車輛優先通行時，若是縮短綠燈秒數則是否有足夠時間讓年長者穿越馬路?應避免讓老年人有進退兩難之情況發生。	一般在時制設計時，會根據路口幾何特性及當地需求設計最小綠燈時間，因此在執行優先號誌時，即使競爭時相縮短綠燈，亦必須維持該方向最小綠燈時間，以確保行人通行安全。	同意辦理
3. 票證分析就實務面而言不需要即時，不可能票證一出來就馬上做路線的調整，應朝向票證的事後分析為主，於分析後將路線或站點調整建議提供給機關做參考應用。	感謝委員建議。這部分分析結果將作為本計畫第 4.5 節市區公車營運績效分析模組使用，未來此模組可供主管機關或業者分析運用。	同意辦理
4. 今年度桃園市府有執行一交通資訊中心相關規劃案，本計畫之研究方向	感謝委員肯定。	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
應可納入本府未來規劃參考應用。		
十一、臺中市政府交通局		
1. 報告書第四章，查本案決策知識庫架構規劃相關建議，預計可透過 PDCA 流程推出「尖峰班距調整、站點調整建議」等，並以時段(小時)運量作為判別因子，以觀察數值是否超過臨界點而進行決策，惟有關 300 路運量分析，報告書分時運量分析後未針對結果進行模型 PDCA 演示，建議可補充。	感謝委員建議。PDCA 的流程是一個長時間的架構，本計畫經討論後建立市區客運營運績效模組，現況可呈現 CA 的步驟，後續計畫可再將 PD 兩項步驟加入系統中，讓數位神經中樞具有長時間 PDCA 的功能。	同意辦理
2. 本案報告挑選 2021 年 3 月做為運量分析基準月，惟後續票證分析卻改用 2021 年 11 月旅次資料，建請說明未使用基準月票證資料之原因。	此處使用 3 月份資料是作為使用者行為樣態分群之用，透過節日影響較低的月份找出使用者的行為樣態。後續進行運量分析時改用 11 月份資料，主要係考量疫情降溫且同樣無節日影響，適合分析不同行為樣態的使用量。	同意辦理
3. 報告書第 168 頁，本案依照卡號將不同使用者分為 10 類，惟並未說明分類依據，爰於後續各類乘客搭乘金額貢獻未能深入分析，建議補充說明 10 類分群標準，並建議使用年齡或身分(學生、敬老、兒童)等進行分析。	使用者分類係依據其行為樣態，透過使用時段與頻率經由分群演算法(最大期望法)將行為樣態予以分群，通過迭代的方式直到收斂得到最大化概率的參數，以本計畫而言，當資料分為 10 群時，能得到最好的收斂效果，且由於此分類方式係依據行為樣態進行分群，較僅使用年齡或身分區分公平。	同意辦理
4. 報告書第 164 頁，圖 4.1.10 日期應為 2021 年 3 月 13 日，建請修正。	遵照辦理，已修正。	敬悉
5. 報告書第 261 頁，本計畫規劃第一處優先號誌距離出勤分隊僅 190 公尺，又第一處路口與鄰近第二處路口僅只有 128 公尺，從車輛出發至抵達路口可能只有 20 秒內抵達，故優先號誌是否來得及作動，建議補充說明。	本計畫於車輛出發點(水湳分隊)發出訊號即開始作動，系統可透過 SRM 訊息預先得知緊急車輛通行需求(路徑)，因此沿線所經過路口可預先判斷車輛抵達時間以即時更改其號誌時制。	同意辦理
6. 報告書第 262 頁，針對經貿三路/中平路，在同一週期有 2 次優先號誌時相(雙循環時相)部分，關於這部分在優先號誌時相的設計邏輯，以及是否有相關限制，建議補充說明。	依照目前設計，系統可透過 SRM 訊息預先得知緊急車輛通行需求，因此原則上將在最大最小綠燈時間限制下，於同一週期滿足緊急車輛優先通行需求。	同意辦理
7. 本計畫已透過導航軟體提供規劃路徑，但並未說明優先號誌將以路廊方式還是個別獨立路口處理優先號	本計畫測試路徑為連續轉向之路口，因此係採個別路口處理優先號誌，對整體幹道影響較小。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
誌，建議補充控制方式優劣，以及本案選擇其中之一理由。		
8. 建議補充緊急優先號誌欲達到之KPI，如預期實施後將較事前減少多少旅行時間，以於完成後檢視改善成果。	本計畫係以啟動優先號誌前後，車輛抵達路口遇到綠燈之比率作為執行績效指標，相關改善成果說明可參閱第 6.4.5 節。	同意辦理
十二、臺南市政府交通局		
1. 本局去年已採用 DSRC 技術，在成大及奇美醫院周邊共 21 處路口建置完成相關緊急優先號誌系統，但救護車是不特定方向到達路口，與本案由消防分隊出發所考量之情境不同。故想就教研究團隊在採用 CV2X 及採用中心控制的技術上是否有遇到什麼困難？以及後續是如何克服的？建請補充說明。	期中階段主要進行緊急車輛優先號誌架構與邏輯規劃，於期末階段辦理現場及整合實測，有關測試期間所遭遇問題及處理方式，已記錄於報告書第 6.4.5 節。	同意辦理
2. 在績效評估上，是否有考量車流衝擊？因就實務經驗而言，民眾通常不知道優先號誌啟動而不知如何反應，故應考量車流衝擊對於優先號誌之影響，並做為未來相關 KPI 以及效益之參考應用。	由於本計畫實測場域交通相對較為單純，因此執行優先號誌對車流衝擊不大。另有關執行績效係以啟動優先號誌前後，車輛抵達路口遇到綠燈之比率作為執行績效指標，相關改善成果說明可參閱第 6.4.5 節。	同意辦理
3. 中心控制與路側控制各有優缺點且成本差異大，本案為什麼要採用中心控制，又還要建置相關路側設備，建議補充說明。	目前國內多採用 IPC 路側控制方式，以確保控制策略執行之即時性，惟考量未來如需進行大範圍路網控制或較複雜情境之運算，以路側控制所需成本較高，再者，在 5G 環境下，預期由中心控制方式應可符合緊急車輛優先號誌即時執行之需求。因此，本計畫規劃以中心控制方式進行緊急車輛優先號誌實作測試。 本計畫路側設備包含 TC、M600、及 RSU，TC 主要依所接收控制指令更改號誌時制及回報號誌狀態，M600 主要係接收各類訊息及轉換格式後傳送出去，例如將 TC 傳來之 SPaT message 透過 RSU 廣播出去，RSU 則傳遞 OBU 與 M600 間之訊息，例如將 OBU 傳遞之 SRM 透過 M600 傳送至中心。	同意辦理
4. 本案以中心控制方式提供路口優先號誌，但對於突發狀況、車輛未依指派路徑行駛，或是緊急車輛駕駛通常	本計畫所規劃建議之作法即應要求車輛依指派路徑行駛，方可獲得路口優先號誌，如若車輛未依指派路徑行駛，所	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
會有慣用路徑等問題，本案會如何因應，建請補充說明。	行經路口則無法提供優先號誌。	
十三、高雄市政府交通局		
1. 報告書 P280，本案針對優先號誌已提出許多原則做為考量，建議再加入同週期內不要執行第二次，以避免用路人誤以為號誌異常而對號誌燈號產生疑慮。	在優先號誌邏輯中，原則一週期提供一次優先，同時緊急車輛端會利用導航雲傳送 EVA 訊息，通知其他導航中之車輛及人員，判斷是否與緊急車輛具有路徑上之重疊，達到告警作用。	同意辦理
2. 本案在優先號誌之內容中有說明是以延長綠燈、縮短紅燈為主，不會執行插入時相等策略，但本案有很多路口是多時相，若不執行插入時相則其效益是否會減少，建請補充說明。	本計畫五處路口中，三處路口屬二時相(其中經貿三路/中平路,在同一週期有 2 次優先號誌時相(雙循環時相)，亦屬二時相路口)，另二路口為多時相，插入時相雖能提供較大的優先權，惟其時相順序、每週期時相數量改變，對路口衝擊較大，民眾須一段時間適應，以避免誤以為號誌異常而產生危險，且 TC 設備需配合作較大幅度更動。考量本計畫設備安裝測試及時程，及測試目的係期望驗證本計畫所規劃之架構及邏輯確實可行，因此本案測試暫不執行時相插入策略。	同意辦理
3. 依道路交通相關法規，緊急救援車輛在開啟警示燈及警鳴器執行任務時得不受號誌管制之限制。以高雄市之案例，緊急救援車輛在啟動蜂鳴器執行緊急任務情況下，才會提供優先號誌。另與消防署合作之計畫中，則是介接消防署之緊急車輛派遣系統，確認是在送醫急救路徑上，才提供優先號誌服務。建議本案未來執行過程中，如介接派遣系統，確認執行緊急任務才提供優先，另建議優先號誌系統也要有關閉功能， 以避免誤觸動。	本計畫係先以一般車輛進行測試後，再實際以消防車進行測試，另本期測試並未介接派遣系統。	同意辦理
十四、新北市政府交通局(書面意見)		
1. 本市 108~110 年於淡海新市鎮推動本市智駕電動巴士測試運行計畫，為國內第一個整合 CV2X 蜂巢式車間通訊，目前本府持續推動淡海智駕車計畫二期，同時交通部淡海 5G 場域有密切合作，該計畫概述如下。對於此研究計畫中所即及資訊平台蒐集的路側與車輛相關道路資訊，若能將上	感謝委員提供寶貴建議。	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
述資訊即時與淡海 5G 場域電動巴士或相關測試車輛共享，將能提高車輛之安全性與舒適度。 (1)結合淡海 5G 場域，有效利用資源，期望打造淡海試驗場域，未來希望能提供其他車輛運行測試。 (2)模擬情境高達 10 種以上，提高智駕車運行時遇突發狀況之反應力，確保智駕車行駛安全性。 (3)由單車線運行路線，提高難度變為環線多車運行模式，以應變複雜交通環境。 (4)車輛間共享路況資訊，以車輛編組即拆分之功能性，滿足即時運輸服務需求。		
2. 報告書第 2.3.1 節 P30，優先號誌回顧未含本市案例，簡要提供計畫內容如下供團隊參考：本市於 109 年獲交通部 ITS 計畫補助於淡水民權路建置救護車優先號誌(共 7 個路口)，利用消防局既有「智慧雲端動態救護系統」取得救護車 GPS 及執勤狀態，並以集中式方式執行號誌控制，毋需建置路側設施。	感謝提供，已補充案例說明於報告書第 6.1.1 節。	同意辦理
3. 現況已有多個縣市各自執行緊急救援車輛優先號誌計畫，手段及控制方式皆有差異，仍請團隊研議如何使其成為通用性設施，使跨縣市緊急救援車輛亦可觸發優先號誌，擴大效益。	由於各縣市針對緊急救援車輛優先之需求不同，所使用設備及控制方式亦有差異，例如並非所有縣市之路口 TC 均具備 TCROS USE 功能，也並非所有區域均為 5G 涵蓋範圍，因此要將單一設備列為通用性設施尚有困難。本計畫將歸納相關案例及測試成果，提供使用者根據所要實施範圍之路口型態分類及其現況，選用適宜之緊急救援車輛優先通行控制模式。	同意辦理
4. 報告書第五章 P171、P213，第五章數位雙生平台比起目前 GIS 平台所需要之資源似乎更高，惟其所帶來之效益尚不明確，以 P.213 人流監控為例，其與原 CCTV 之影像辨識系統之差異為何？雙生平台在後續交控系統中所扮演角色為何？建請補充說明。	數位雙生平台除在展示演算效能、數據的空間精確性及時間連續性要求比 GIS 平台所需要之資源高外，尚需數據庫、元件庫及函式庫相互配合處理，方能發揮交通管理應用效益。以人流監控為例，本期計畫主要係透過影像辨識進行分析後提出警示。此外數位雙生平台在後續交控系統所扮演角色並非為取代既有系統運作，係以輔助既有交控系統，同步提供更精確的現場設施資料及	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	交通管理應用，且可立體化呈現現場交通環境及狀況，更易於評估及判斷交通管理策略執行，並可展示輔助決策及施政說明。	
十五、本所運資組(書面意見)		
1. 報告書之章節名稱請再審酌後修改。例如第三章交通事件影響分析預測模式庫，請參照前期(110 年)出版報告修正為交通量(或交通流量與速率)預測模式精進；第五章數位雙生雛型開發，應修改為智慧交通數位神經中樞系統雛型開發(數位雙生僅為該雛型系統之視覺化工具平台)；第七章緊急救援車輛之智慧號誌控制系統執行構想，應修改為緊急救援車輛之智慧號誌控制系統功能實作(或實作驗證)；各章內容編排與小節名稱亦請與本組討論確認後同步修改。	遵照辦理，已調整章節架構及名稱於期末報告。	同意辦理
2. 第二章文獻回顧部分， (1)第 2.2 節，據了解交通部刻正辦理 5G 帶動智慧交通技術與服務創新推動與管理計畫，建議可蒐集補充該案相關 5G 智慧交通議題發展策略；另該小節最後應有一段總結文字，說明前述國內外 5G 技術應用服務案例之執行策略，對本計畫之 5G 應用是否產生相關發想或可提出建議作為。 (2)第 2.3 節，據了解新北市與臺南市亦有緊急救援車輛優先通行之相關實作案例，建請補充。	(1)遵照辦理，已重新調整本章架構，首先針對 5G 技術進行探討分析，接著蒐集國內外應用案例進行彙整探討，並補充相關綜整內容於報告書第二章。 (2)遵照辦理，已補充蒐集相關案例，詳見報告書第 6.1.1 節。	同意辦理
3. 報告書第三、四、五、七章部分，建議應再重新調整章節架構以清楚本計畫之研究論述。建議應先有一章節介紹智慧交通數位神經中樞系統之整體架構(包括資料蒐集、分析預測、數位雙生視覺化模型、三大課題之模式庫與知識庫、以及系統各元件之相互關係等)，並說明本計畫之實作場域範圍與各類交通資料蒐集設備環境，然後再於後續章節說明本期(111 年)將會於實作場域蒐集哪些資料(車流/人流、公共運輸、號誌等)，再闡述如何構建數位雙生視覺化模	遵照辦理，已調整章節架構及相關論述於期末報告。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
型以進行即時資料監測；為解決哪些交管課題而發展交通量預測與公共運輸客流預測、緊急救援車輛優先通行等之模式庫/知識庫或決策支援技術，最後透過整體架構之運作產出哪些決策成果。		
4. 有關都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討部分， (1)報告中對於我國現有都市交通控制通訊協定之用詞，請統一為「都市交通控制通訊協定 3.0 版」。 (2)有關 6.3.5 節「車聯網 RSU 與中心溝通協定檢討」內容，除回顧本所前期中興新村與基隆車聯網實驗場域資料，後續請加強「智慧交通數位神經中樞」交通控制與管理在車聯網環境下之新增與衍生需求所對應之流程與通訊協定或資訊交換內容。 (3)請補充說明後續座談會時程規劃。	(1)遵照辦理。 (2)遵照辦理，已經研討美國針對 RSU 與交通控制中心溝通之通訊協定內容，請參考第 7.4.7 節。 (3)遵照辦理，請參考第 7.4.1 節。	同意辦理
5. 報告書第七章緊急救援車輛之智慧號誌控制系統執行構想部分， (1)期中報告初稿內容對於(a)緊急車輛優先號誌現場端分散式或交控中心端集中式之通訊技術與軟體功能需求、(b)緊急車輛定位精度、(c)緊急車輛即時位置資訊發布為開放資料(Open data)等之著墨較少，請於後續工作中積極處理，並透過第七章「緊急救援車輛之智慧號誌控制系統執行」的實作來產生本計畫工作項目第 6 點第(1)項之各項課題建議作法研提。 (2)請補充說明後續實作時程規劃。	(1)遵照辦理，已補充於第 6.5 及 6.3 節。 (2)遵照辦理，已於測試計畫內容補充實作時程規劃。	同意辦理
6. 報告書第八章部分，有關輔導暨實作競賽之活動計畫書已於 7 月 15 日簽奉核可，爰期中報告初稿內容請依據該核定計畫書修正。	遵照辦理，已依據核定計畫書進行內容修正。	同意辦理
7. 有關報告初稿中之錯漏字、語句不適當與資料來源修正部分，請於會後洽本所。	遵照辦理。	敬悉
十六、主席結論		
1. 請團隊強化論述說明本計畫與 5G 之關聯性與必要性，且成果要緊扣	遵照辦理。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5G 應用，產出相對應的量化 KPI，其量化的 KPI 亦需與安全及效率目標緊密鏈結。		
2. 請團隊仍需於報告書中簡述 5G 的基本說明，以及智慧交通數位中樞整體架構，包括 5G 架構、資料蒐集、實作場域範圍[含未來後續擴充範圍]等，再闡述從場域即時資料監測與預測下，進而發展本案核心模式庫與決策支援技術，暨產出最後決策支援成果，以進一步精進都市交通管理。	已針對 5G 之基本技術說明以及智慧交通數位中樞整體架構補充說明，詳如期末報告第三章。	同意辦理
3. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請研究團隊整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	同意辦理
4. 本計畫經徵詢審查委員意見，期中審查原則通過，請研究團隊後續依本所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。	遵照辦理。	同意辦理

附件二、期末報告審查意見處理情形表

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、淡江大學 陶教授治中		
1. 5G 技術具備 3 項特性，建議可於報告書(P.49)第 3.6 節中補充說明本計畫實作內容是使用哪項特性，例如：低延遲應用於緊急車輛安全、高頻寬應用於數位雙生串接大量影像、多連結應用於多設備連結等。	感謝委員寶貴意見，已於第 1.4 節補充各工作項目與 5G 通訊技術特性應用之關係。	同意辦理
2. 報告書 P.37 之圖 3.3.3 係以 IaaS、PaaS、SaaS 呈現系統架構，僅表現出雲平台概念，而第四章到第六章的成果非僅雲平台概念，建議應重新以端、邊、網、雲之技術層級去表達系統整體架構較為精準。	感謝委員寶貴建議，已調整本計畫整體架構圖，並從 IaaS、PaaS、SaaS 三層架構進行端、邊、雲之架構，詳如報告書第 3.3 節。	同意辦理
3. 第五章為本計畫重要亮點，從宏觀面來看，建議本計畫應以都市交通數位雙生基礎平台建立一公版的系統框架標準，讓各縣市後續得以擴散發展。	感謝委員寶貴建議，本計畫提出數位雙生開發流程，並採用 NGSI-LD Ontology 做為數據模型，旨在透過國際通用數據模型達成標準化系統框架，以利後續配合不同交通管理之應用並擴散發展。	同意辦理
4. 第六章有關緊急救援車輛之通訊技術，國內目前部分地區係採 DSRC 技術、國外案例亦有 DSRC+C-V2X 雙模運作情形，建議報告內容應增列 DSRC 通訊技術之相關內容。	有關 DSRC 技術已補充於第 6.5.4 節，並摘述如後:目前車聯網技術 V2X 有兩個標準，分別為 IEEE 組織主導基於 802.11p 的專用短距離通訊(DSRC)及 3GPP 主導的 C-V2X(蜂巢式車聯網)。在行動通訊網路標準組織 3GPP 在 Release 14 之後開始將 Cellular-V2X (C-V2X)納入標準。直到 2020 年凍結的 Release 16，產業技術發展已逐漸從 DSRC(Dedicated Short Range Communications)轉向 C-V2X。和 DSRC 相比，C-V2X 有較好的資源管理機制，預期會有較好的通訊效能以及較可靠的通訊品質，因此目前趨勢朝向以 C-V2X 為主流。	同意辦理
5. 結論與建議部分建議可針對運用 5G 之必要性進行說明，以利爭取後續經費挹注。	感謝委員寶貴建議，已就 5G 各項應用進行必要性之補充說明，並於第 2.3 節綜整國內外各案例應用 5G 之必要性。	同意辦理
二、交通部公路總局 李副總工程司忠璋		
1. 本計畫運用 5G 攝影機將即時車流資料展示於數位雙生系統雛型中，但在	未經特別訓練之影像辨識模型於夜間或雨天可能會受車燈燈光影響導致辨	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
夜間及其他氣候下是否會影響其影像辨識準確度？建請補充說明。	識率不佳，惟本計畫所採用之影像辨識模型係已針對整體畫面亮度、銳度、對比、目標亮度、Gamma 等參數進行調整訓練與實作驗證之成熟模型，因此該模型用於本計畫中已能夠在不同的環境條件下進行穩定的辨識。	
2. 目前數位雙生之實作場域範圍不到 500 公尺，請問若以目前 5G 網路通訊特性，數位雙生建模的最適範圍是多大，才不會對資料即時傳送有延遲的影響？建請補充說明。	數位雙生模型中之動態交通資訊需仰賴 5G 通訊方能進行即時傳輸並呈現，而 5G 基地台之間的平均距離約需 200 公尺方可達到充分的網路覆蓋，爰數位雙生建模之最適範圍應以此條件推算，就本計畫範圍而言，一處 5G 基地台可完成即時資料傳輸作業。	敬悉
3. VISSIM 模擬軟體亦有預測及視覺化模擬功能，數位雙生有無可能與 VISSIM 結合應用？建請補充說明。	考量模擬軟體視覺化功能與數位雙生之需求及目的略有差異，本計畫未對兩者結合應用之作法進行研究，建議可於後續相關計畫納入探討。	敬悉
4. 報告書第 5.5.1、5.5.2 節兩項知識庫可否結合應用？意即當車站候車人流辨識偵測量到達知識庫訂定之門檻時，建議可與公車連班處理知識庫結合應用以主動建議派班調整。	本研究所提出之知識庫中，其應變流程已將所有相關單位納入通知對象，若經業者同意，應可將候車人數達門檻知識庫與其派班系統結合介接。	敬悉
5. 報告書 P.47，偵測管理部分是以車道式偵測，還是針對整個路段進行偵測？另外在災害應變規劃上是指天然災害嗎？如果是的話，建議可參考公路總局相關經驗 SOP。	本計畫有關道路偵測相關應用模組，皆是以車道式偵測進行資料蒐集。此外有關天然災害部分，後續計畫可與貴局多交流討論借鏡相關寶貴經驗。	敬悉
6. 報告書 P.148，針對都市地區工程事件模擬驗證之表 4-2-31 與表 4-2-32，在環中路三段/市政路及環中路三段/朝馬路之總流量相同，此為系統給予的模擬設定值還是實際調查值？請再加以補充說明。另外表 4-2-33 與表 4-2-34 皆為環中路三段/市政路之速率驗證，其模擬總流量相同但模擬速率卻有差異之原因為何？亦請再補充說明。	感謝委員指正，報告書 P148 因誤植已修正為表 4-2-31~32，模擬總流量為實際 VD 流量資料作為輸入並統一用詞改為為每小時到達交通量。	同意辦理
三、交通部高速公路局		
1. 報告書 P.40 緊急救援車輛之智慧號控，本節所述「可變資訊標誌」，其正式名稱為「資訊可變標誌」，請修正。	感謝指正，已統一修正為「資訊可變標誌」。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2. 報告書 P.44 第 3.5 節分期發展構想及系統發展效益，有關本節(二)、2.交通管理、路況預測模組部分，其「施工預測」，本案是否有將「移動性施工」一項納入考量？請補充說明。	本計畫針對施工預測部分目前以固定性施工為主。	同意辦理
3. 報告書 P.73 表 4.1-9，尖峰時段之 MAPE 值均在 20%左右，是否符合研究預期？請補充說明。	有關本計畫車流尖峰預測結果，自前期至本期，預測速率 MAPE 已由 20.74%改善至 16.36%，改善幅度達 20.96%，已符合研究預期。	同意辦理
4. 報告書 P.88 第 4.1.5 節實證分析，有關表 4.1-16 之比較彙整，其 1968 或本計畫之模型於 2022/8/19 18:00 及 2022/8/27 12:00 之 MAPE 均大於 50%，有無探討其可能原因？請補充說明。	有關表 4.1-16 1968 與本計畫預測結果比較彙整，其 1968 或本計畫之模型於 2022/8/19 18:00 及 2022/8/27 12:00 之 MAPE 均大於 50%，探究原因可能為疫情趨緩且接近暑假尾聲，而興起一波出遊潮所致之非常態車流。	同意辦理
5. 報告書 P.110，本案僅針對固定範圍之施工進行模式建構，建議未來可針對本局於路容維護經常使用之「移動性施工」做探討。	本計畫針對施工預測部分目前以固定性施工為主，貴單位所提意見可再評估納入後續計畫辦理。	敬悉
四、交通部公路總局		
1. 針對本計畫車流預測部分，目前是否降雨及是否為假日此兩項特徵經研究後對於該路段而言屬於無幫助特徵，建議團隊後續隨連續假期樣本資料蒐集充足後，可持續探討此兩項特徵是否會隨研究場域不同而對於預測有所差異。	敬悉，建議可納入後續相關計畫進行探討。	敬悉
2. 市區道路應用 GVP 或 CVP 進行車流資料蒐集與預測，應用範圍容易受到環境限制，例如本局有些快速道路路段跟平面道路重疊易出現誤判、台 2 線於連假某些節點會回堵幾百公尺到一兩公里，但機車卻可鑽行前進，以致透過 GVP 或 CVP 資料可能同時呈現壅塞與順暢兩種結果，後續應思考如何判讀這些資料而不會造成預測失準。	本計畫使用之 GVP 來源可針對使用者需求可進行車種篩選，將路況資料排除機車後做後續應用。關於快速道路與平面道路發生誤判問題，本計畫 GVP 來源主要為導航軟體及商業資料，使用者在使用導航軟體過程中，搭配導航地圖與路徑區分快速道路路段跟平面道路，且車輛資料亦可依照車輛前後所處路段搭配圖資判斷合理性，較不會造成預測失準。	同意辦理
3. 目前市區使用 GVP 預測結果只有車速與旅行時間而無流量資料，據知今年科顧室 5G 補助計畫有實驗用 CVP 人流轉換車流之相關計畫，且已有初步成果，建議後續或可思考如何應用 GVP 預測車流量資料，俾便提供更多	CVP 以「人」為單位轉換為「車」或「車種」，相對 GVP 無須經過轉換直接以「車種」為單位產製對應之速率資料，GVP 仍存在一定優勢。若要應用 GVP 回推實際車流量，或可藉由 ETC 真實車流量或智慧路口車流量資訊，將 GVP 與部	敬悉

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
應用。	分車流量資訊做歷史比較加以回推GVP 樣本佔實際車流量的比例而取得預測車流量資料。	
4. 本計畫屬「推動 5G 提升智慧交通服務效能與安全計畫」之一，惟針對安全相關的論述較少，目前在數位雙生平台已有針對車流進行即時與未來預測之預警，建議未來亦可建立運用影像辨識偵測事故或散落物之安全影響模組，並可參考現行公路管理機關於事故與散落物處理之既定 SOP 流程，建立知識庫納入系統平台，以更加完善本計畫於安全管理方面之論述。	本計畫針對異常事件管理之部分，即是利用影像辨識之方式，進行人類異常行為之辨識，未來計畫亦可將散落物、異常物體進行偵測辨識以完善充實整體知識庫內容。	同意辦理
五、內政部消防署		
1. 報告書 P.371 第 6.4.5 節實作構想與結果分析「五、優先號誌執行結果」，，計算「節省時間」時，是否考量實際上消防車輛遇紅燈仍會緩速闖紅燈通過之情況？請補充說明。	依過往經驗，實務上在交通壅塞之路段(例如臺北市或高雄市案例)，確實會發生前方車輛因紅燈受阻而導致緊急車輛無法順利通過路口之情況。目前本案主要係測試規劃架構與邏輯確實可行，因此所推估之節省時間未考量緩速闖紅燈通過之情形。	同意辦理
2. 本計畫以消防車出發點做為實測路徑，建議後續擴充可考量往醫院端路徑，確保往醫院(目的地)路徑行車順暢，效益應更顯著。	敬悉，建議可納入後續相關計畫進行探討。	敬悉
3. 報告書附件四-7，緊急救援車輛優先號誌建置參考手冊初稿「五、緊急救援任務最佳派遣路徑判定」，經實際驗證經驗，消防署救災救護指揮派遣系統仍以僅提供救災救護案件地址、時間點、車輛定位為主，路徑仍以駕駛本身經驗判定當下車況行駛，故「最佳派遣路徑」現階段仍需外接相關導航軟硬體以提高精準度。	有關參考手冊中之派遣路徑，係綜整「消防署派遣系統」及「導航軟體提供行駛路徑」二種方式之特色，供後續使用者參考選用。	同意辦理
4. 有關附件四之第四章定位及通訊技術，建請補充 GPS 傳輸頻率(最小需幾秒傳一次資料才可符合緊急車輛優先號誌需求)？	以優先號誌執行需求，建議每秒傳送一次較可符合需求。	敬悉
5. 有關報告書 P377 所列集中式控制及分散式控制，建議納入參考手冊中與 4G/5G、C-V2X 的共同比較，以供後續建置單位參考。	有關集中式控制(中心端控制)及分散式控制(路側端控制)，與通訊技術(4G/5G及 C-V2X)之綜整比較已納入參考手冊。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
六、臺北市交通管制工程處		
1. 報告書 P.395 第七章都市通訊協定，因應通訊協定修改需求，且現行控制器功能複雜，機關人力很難完整進行軟體功能面測試，應建議有第 3 方軟體或機構協助功能檢測，以確保各家廠商實作結果及符合通訊協定相關規範，避免 ITS 案件執行時發生許多窒礙難行，且控制器應規範儲存 LOG 紀錄回傳中心(現行控制器有事件紀錄，但儲存空間不足會被洗掉，且未回傳中心)，以利後續責任釐清。	設備的檢驗與安裝之後的正確性，屬於設備驗收與保固問題，廠商針對協定內容實作內容不統一，只能透過驗收的過程中，加強對設備的檢驗，通訊協定層面並無法解決此問題。通訊異常也是無法透過通訊協定層面來排除此問題，但本計畫第一年期的研討，有增加新的號誌通訊協定來減少下載通訊協定的數量，減少對通訊之負擔。	敬悉
2. 有關緊急車輛優先號誌之執行成效 KPI，國內大多採用節省時間，國外則有採用緊急車輛肇事率降低之成效，建請再加以補充說明。	本計畫回顧國內外緊急車輛優先號誌案例之績效指標，主要為行駛時間，亦有少部分以停等次數及肇事率為指標。惟肇事分析需以較長期程(至少半年以上)及大範圍較為客觀，爰本計畫暫不採用肇事率降低做為績效指標。	同意辦理
3. 數位雙生若能做到路網全面監控，即可弭平 CCTV 死角問題，惟地方政府擔心成本高昂、沒有相關標準等因素，不敢貿然建置數位雙生平台。希望各縣市與中央能夠合作推動「公版數位雙生」，各部會可以針對共有資源進行協調，藉以規劃統一建置標準。	建置公版數位雙生需考量各場域的需求不同，本計畫採用國際通用、標準化之數據模型(NGSI-LD Ontology)，期能作為推動公版數位雙生之基礎，有利各單位共有資源進行協調。	同意辦理
4. 有關預測部分，常態性預測較為容易，但非常態性預測則較難，主要係因構建預測模型需採納之特徵較為複雜，且往往相關單位無法提供完整的施工或事故資料，建議本計畫之研究結論應強調跨機關的合作與溝通，以確保預測模式取得完整可用之資料。	敬悉，本計畫曾於 110 年針對事故部分進行相關影響預測模式構建，惟受限資料不夠完整導致預測準確率不佳。因此跨機關合作溝通，以確保蒐集完整可用之資料，確實可提升預測之準確性。	敬悉
5. 目前針對車流轉向量之調查資料大多數並無 E 化，若 E 化後則可對外提供公開查詢，故建議後續對於調查資料上傳之格式應一併討論建立標準。	本計畫所產出之路段車流調查表係以公路總局公路交通量調查統計表格式為標準，而路口轉向量圖則是以交維/交評所需之格式為標準進行產出。	同意辦理
6. 有關緊急車輛優先建置參考手冊，建議補充建置經費、維運成本、資料延遲，及現場端設備距離限制，供後續建置單位選用參考。	該手冊係歸納國內外緊急車輛優先通行相關案例所使用之控制策略、控制方式及通訊技術，供相關單位建置參考。因建置及維運成本與所選用之設備、建置數量及地點等均相關，資料延遲及現	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	場端設備距離限制則又與所選用設備有關，另考量資通訊產業發展迅速，各項設備及建置成本亦隨之變動，爰手冊僅可比較各項技術相對成本高低供建置單位參考。	
七、臺中市政府交通局		
1. 有關緊急車輛所使用之通訊技術，建請補充 5G 與 C-V2X 之關聯。	有關 4G/5G 與 C-V2X 技術比較詳見第 6.5.4 節。	同意辦理
2. 報告書第 385 頁，針對緊急車輛路徑之掌握，以利有效進行優先號誌控制決策部分，建議未來交通部與消防署協調，由消防署提供派遣系統資訊，以讓緊急車輛優先號誌系統運作效率最大化。	本計畫於規劃初期亦曾考量介接消防署派遣系統，惟受限計畫時程及經費，因此係以導航軟體產生路徑以進行實測。未來如有相關計畫，建議可與消防署協調提供派遣系統相關資訊。	同意辦理
3. 報告書第 386 頁，本計畫所需號誌控制器皆須符合 TCROS 通訊協定，建議補充說明現有號誌控制器若需符合協定之規格要求，以及更新方式，並將 TCROS 協定納入都市交控通訊協定標準的一部分。	本計畫係將原有號誌控制器韌體更新以符合 V3 TCROS USE 功能，TCROS 協定格式則參考 TTIA 發布之「號誌控制器與路側設施間資通訊標準」辦理。	同意辦理
4. 近年各縣市政府積極推動緊急車輛優先號誌計畫，建議運研所可以先針對本次緊急車輛優先號誌使用的都市通訊協定檢討，先提供預覽版本，以利其他計畫參考。	敬悉，俟後續成果報告定稿出版，即可提供公開閱覽。	敬悉
5. 針對運研所 112 年是否繼續試辦緊急車輛優先號誌計畫，希望所方能儘早告知，以利本局準備。	敬悉	敬悉
6. 報告書第 203 頁-市區公車時運量預測模式建構參數，考量本市公車運量除假期外，受大型活動及節慶因素影響，建議新增大型活動及節慶參數。	受限於計畫預測模式訓練過程需要一定的樣本資料數量，目前所蒐集資料中的特殊活動資料數量僅有數十筆，尚無法進行訓練，建議可納入後續計畫精進。	同意辦理
7. 報告書第 209 頁-市區公車營運績效模組，本案採巨業交通一個月資料進行模組實證分析，並分析出梧棲漁港與臺中間營運效率較低；考量本市現行部分路線為服務偏鄉地區民眾，整體載客需求相較市區低，建議本案模組新增時段分析，以利營運單位於低載客路線進行班次調整，以兼顧營運效能及服務偏鄉民眾交通需求。	目前所建立的績效模組未針對不同種類路線進行評估調整，偏遠路線的需求與市區路線有明顯差異，除了時段外，亦須考量空間分布，建議後續可針對偏遠路線的評估方式進行更進一步的檢討，並與主管機關討論適當的評估方向。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
八、國立臺北大學 莊教授東穎(書面意見)		
1. 第三章智慧交通數位神經中樞系統：已加入 5G 於智慧交通數位神經中樞系統相關背景說明。	感謝委員肯定。	敬悉
2. 第四章智慧交通數位神經中樞系統功能開發：已完成設計人工智慧方法(LSTM-Attention-BiLSTM)進行分析與預測(道路流量分析或未來事件影響)，但資料取得與 5G 電信網路關係陳述較不明顯(報告書說明以 ETC 系統為資料來源)。	感謝委員寶貴意見，本研究預測模式構建所需資料，包含車流參數及公車票證資料，受限於既有設備資料(如 ETC 及票證車機)蒐集方式非與 5G 有所關聯，係為本計畫之研究限制。	敬悉
3. 第五章數位雙生雛型開發：已完成於台中部分道路之實景與數位雙生平台(使用 Microsoft Azure)，亦說明與 5G 電信網路串接關係。	本計畫數位雙生平台之資料來源為臺灣大道場域實地觀測資料，透過 5G 低延遲、高頻寬特性即時回傳平台，讓平台資訊與實際狀況盡可能同步。	敬悉
4. 第六章緊急救援之智慧號誌控制：RSU 與 OBU 回傳資料中心若是用 4G(P.301)，應也宜改為 5G 電信網路，以符合本期 5G 計畫目標。	該小節(P.301)係高雄市緊急救援車輛優先通行之案例參考，該計畫之實作係以 4G 作為通訊傳輸係統。	敬悉
5. 第七章都市交通控制通訊協定：都市交通控制通訊協定研製與 5G 網路關係，宜加入探討，以符合本期 5G 計畫目標。	感謝委員寶貴建議，惟都市交通控制通訊協定與網路架構並無直接關聯，只是在不同網路架構上傳遞協定的資料，需可應用多種通訊網路，例如原本的 4G 網路亦可應用於 5G 網路。	敬悉
6. 第八章創新應用服競賽之競賽成果：完成創新應用服務競賽之競賽與關活動或學術投稿。	感謝委員肯定。	敬悉
九、新北市政府交通局(書面意見)		
1. 數位分身平台之建置著重發展核心包括國際化、標準化及視覺化等，訂定訊息數據格式以為聯網，並以絕對地理數位圖資呈現實體方位高度，報告書均以敘明，惟仍請團隊說明如何提升其通用性已擴大應用範圍。	本計畫數位雙生平台採用國際通用的 NGSI-LD Ontology 做為數據模型，期望數位雙生平台能夠達到國際化、標準化，以利後續提升通用性並擴大應用。	同意辦理
十、桃園市政府交通局(書面意見)		
1. 本計畫建置許多預測模組，對於後續交控策略的擬定與下達很有幫助，非常期待這些模組成熟穩定，也想了解本計畫預計如何驗證這些模組的準確性，是否後續會提供給縣市政府使用。	本計畫產出之預測模組包含車流及市區公車運量，車流預測驗證部分可參閱第 4.1.5 節，後續若地方政府有需求皆可提供參考。	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
十一、臺南市政府交通局(書面意見)		
1. 報告書 P.350 第 6.4 節緊急救援車輛優先通行號誌實作，本案實作規劃出勤車輛透過 4G 將定位資訊回傳至系統，而實作場域內則依據訪談結果歸納之路線情境設定路口號誌。請教車輛如未依照設定情境路線行駛時，應如何因應，本案是否有實作後的建議可供未來執行單位參考？請補充說明。	由於號誌轉換需一定時間，如能提早得知預定行經路口、方向、預定抵達路口時間等相關資訊，有助於緊急車輛優先號誌執行。因此建議應積極宣導緊急車輛駕駛須依導航路徑行駛，方可確保續進行經各路口。	同意辦理
十二、高雄市政府交通局(書面意見)		
1. 針對本案建構之各類交通預測模型與參數設計，是否後續可提供予各地方政府做為建構預測系統之參考？請補充說明。	本計畫建構之各類交通預測模型所使用參數已詳列於報告書中，可提供地方政府建構預測系統之參考。	同意辦理
2. 針對緊急車輛智慧號控系統是否能補充運用 CV2X、GPS 等不同技術建構之優缺點，以做為各地方政府後續推廣之參考依據？	有關定位及通訊技術之特色及限制，可參閱報告書第 6.5.4 節。	同意辦理
3. 各縣市刻正積極執行緊急車輛優先通行號誌計畫，惟各自採不同控制技術、建議團隊可再進一步研析跨技術、縣市或系統之統合，以擴大其效益。	本計畫已歸納國內外緊急車輛優先通行相關案例所使用之控制策略、控制方式及通訊技術，彙整一參考手冊以供相關單位建置參考。	同意辦理
4. 建請補充本次緊急車輛優先通行號誌驗證計畫投入之規模，如設備建置、參與的緊急車輛數量等。	本計畫使用之設備及功能詳如第 6.4.3 節，路側端包含 TC(具 V3 TCROS USE 功能)、RSU 及路側端 M600，車上端包含 OBU、車上端 M600 及車機導航，中心端則於臺中交控環境下建置測試平台。	同意辦理
十三、本所運資組(書面意見)		
1. 報告書第二章 2.3 綜合探討，表 2.3-1 歸納國內外 5G 應用於智慧交通與管理之案例，建議可再補充各案例使用 5G 之必要性(例如需要影像即時傳輸、需要取得車輛即時且精準位置等)，再小結提出我國於智慧交通管理上須使用 5G 技術之應用情境。	遵照辦理，已於此表各案例新增一欄位，補充說明各國應用 5G 之主要項目為何，以凸顯 5G 之必要性，再進一步說明我國於智慧交通管理之應用情境可運用 5G 技術再行加強。	同意辦理
2. 報告書第三章部分， (1)3.4 節 P37 第一段話提及「本計畫所提之智慧交通數位神經中樞系統主要由數位雙生展示模型與公共運	遵照辦理，已針對第 3.4 節第一段、P40 標題文字及第 3.5 節表 3.5-1 等內容，重新調整文字與表格之陳述方式。	同意辦理

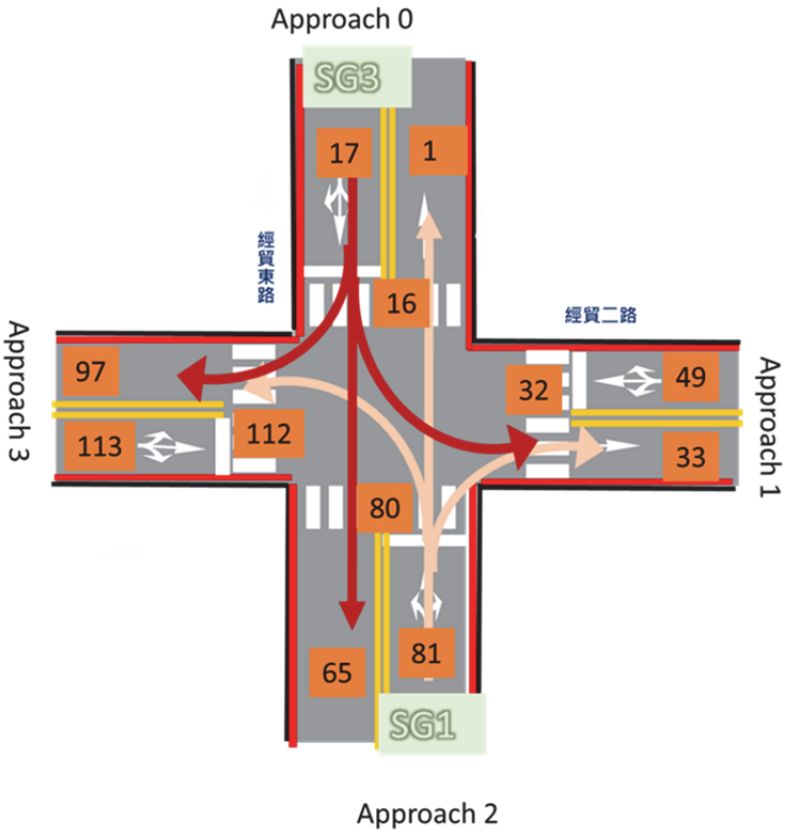
參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
輸模式庫兩大部分構成」，此處所述”兩大部分構成”似與實際成果不符，請檢視後修訂。P40 提及「二、模組化功能開發-緊急救援車輛之智慧號控制」，其標題與內文描述皆似與實際成果不符，請檢視後修訂。 (2)3.5 節 P46 表 3.5-1，何謂「基礎模塊另案處理」？另事件管理下方欄位無內容是何意？該表要如何與 P42-P46 內容對應？請再補充說明。		
3. 報告書第四章部分， (1) P51 首先說明本期計畫進行開發共有 5 項分析模組，請再與 P46 表 3.5-1 所列述之發展規劃內容確認是否一致。 (2)4.2.7 節與 4.2.8 節之標題與內容不符，請檢視後修訂。	遵照辦理，已檢視本期實作 5 項模組與表 3.5-1 所列述之發展規劃內容一致。此外，已修正誤繕章節名稱，第 4.2.7 節為施工情境速率績效表產製、第 4.2.8 節為應用情境說明。	同意辦理
4. 報告書第五章部分，針對智慧交通數位神經中樞雛型系統，已可成功介接實作場域交通即時資訊並以數位雙生技術呈現視覺化 3D 模型，惟第四章所開發之各類分析模組不應僅限於預測功能，應亦可於雛型系統中展現即時預警功能(例如透過車流速率與流量預測分析後，提出可能壅塞之示警及因應作業)。	敬悉，數位雙生現階段針對預/告警功能及因應作業部份以即時人/車流異常為主，未來人/車流常態預測或大型活動舉辦之人/車流預測等異常之預/告警功能及相關因應作業，建議可納入後續相關計畫作為功能擴充之執行參考。	敬悉
5. 報告書第六章部分， (1)本案緊急救援車輛智慧號控系統與高雄市交通局優先號誌通行及交通部淡海車聯網實驗場域，均導入車聯網通訊技術，請補充說明 P.354 圖 6.4.7 本案系統架構與運作流程，與上述高雄市及交通部計畫之異同處。 (2)6.5.3 節緊急救援車輛智慧號控系統資訊與設備部分，請依集中式與分散式等二種運作架構，分別列出所需之配套資通訊設備參考內容。	(1)本計畫與淡海及高雄案例異同摘述如後，(A)控制策略:本計畫與淡海場域均採綠燈延長及紅燈截斷，高雄市則尚有插入時相策略;(B)優先號誌控制方式：本案係於中心控制，淡海場域以路側 IPC 控制，高雄案例則 1 處路口以 IPC 控制、3 處路口由中心控制(與適應性控制整合);(C)路口 TC:本案與淡海場域均更新路口 TC 為具 V3 TCROS USE 功能;高雄市 TC 則未更新;(D)車輛端即時號誌資訊顯示:本案之即時號誌於車機端顯示，其餘二案則無;(E)緊急車輛優先測試平台:本案另開發平台以視覺化方式顯示即時資訊(車輛即時位置、路口燈號及倒數秒數…)及記錄查詢，另二案則無。有關高雄市案例詳見 6.1.1 節，淡海場域案例詳見 6.1.4 節， (2)遵照辦理，有關中心端控制及路側端	同意辦理

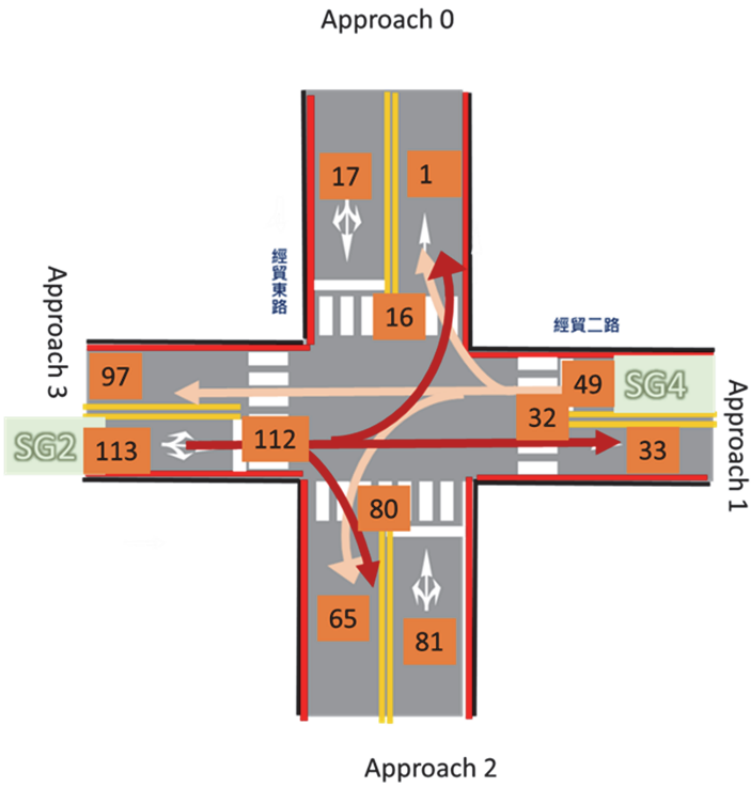
參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	控制所使用之通訊技術、協定及設備彙整於第 6.5 節。	
6. 第七章都市交通控制通訊協定 3.0 版檢討部分，已利用 110-111 年兩年期計畫完成原有 3.0 版項目內容之檢討修訂，惟請針對計畫執行過程各單位或產業界所提新增或衍生性的通訊協定應用需求，加以列表說明，以及預計完成檢討之時程建議，以供本所與交通部參考。	遵照辦理，針對兩年期研討期間，各界先進提出之意見與建議研討內容，已彙整建議後續研討方向。	同意辦理
7. 有關報告內文錯別字、語意不清、段落編排等部分請於會後洽本所運資組，至於編排格式則請依本所出版品印製規範修正。	遵照辦理。	敬悉
十四、主席結論		
1. 請團隊再強化論述說明 5G 應用於本計畫之創新服務與實質效益。	遵照辦理，已於報告書第 2.3 節補充說明各國應用 5G 之主要項目，再進一步論述我國於智慧交通管理應用情境如何運用 5G 技術加強。另亦於第 3.6 節補充說明本計畫工作項目採用 5G 技術之應用必要性。	同意辦理
2. 本計畫於本年度開發多項分析功能模組(如交通流量與速率預測、市區公車運量預測、市區公車營運績效分析等)，雖已可提供預測結果供交通單位查詢管理，然於智慧交通數位神經中樞雛型系統中，應可再進一步展現即時預警功能(例如透過車流速率與流量預測分析後，提出可能壅塞之示警及因應作為)，請團隊於期末定稿報告中再加以強化論述系統如何提供預警資訊，以及即時交通管理因應作為。	遵照辦理，數位雙生現階段針對預/告警功能及因應作業部份以即時人/車流異常為主，未來人/車流常態預測或大型活動舉辦之人/車流預測等異常之預/告警功能及相關因應作業，建議納入後續相關計畫作為功能擴充之執行參考。	敬悉
3. 請針對異常事件處理知識庫之後續維運與移轉機制規劃構想，再加以補充說明。	異常事件處理知識庫經由本計畫所建立一基礎標準後提供管理單位，後續針對異常事件處理知識庫之維運，建議可由該單位之資訊部門負責軟體系統之維護更新，處理流程則可由營運部門負責以本計畫建立之基礎標準持續滾動式檢討相關運作流程。相關內容已補充於報告書第 9.2 節。	同意辦理
4. 另於緊急救援車輛智慧號控系統規劃與驗證實作部分，請團隊依集中式	遵照辦理，有關中心端控制及路側端控制所使用之通訊技術、協定及設備已彙	同意辦理

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
與分散式兩種運作架構，再加以補充所需之配套資通訊設備內容，並深化成本效益分析，以提供各縣市執行參採。	整於報告書第 6.5 節。另有關成本效益受多重因素影響較難客觀分析，爰本計畫針對成本效益影響因素補充說明於第 6.5.4 節。	
5. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請逢甲大學整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	遵照辦理。	敬悉
6. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末審查原則通過，請逢甲大學於 111 年 12 月 20 日前提送期末定稿報告。	遵照辦理。	敬悉

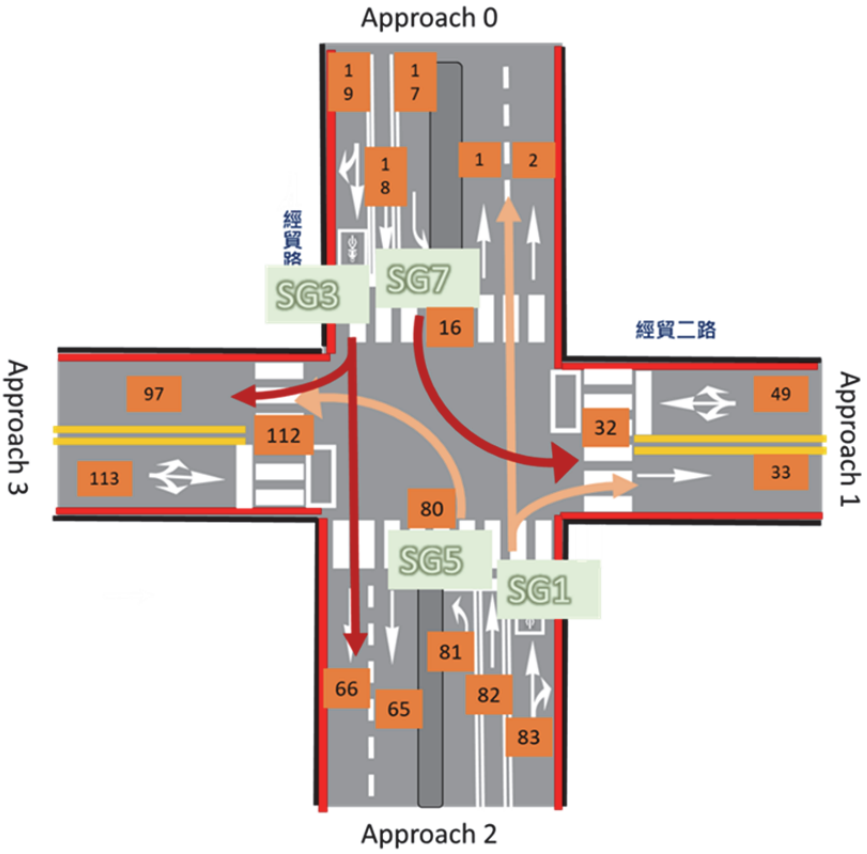
附件三、V2X MAP 車道幾何及 Signal Group

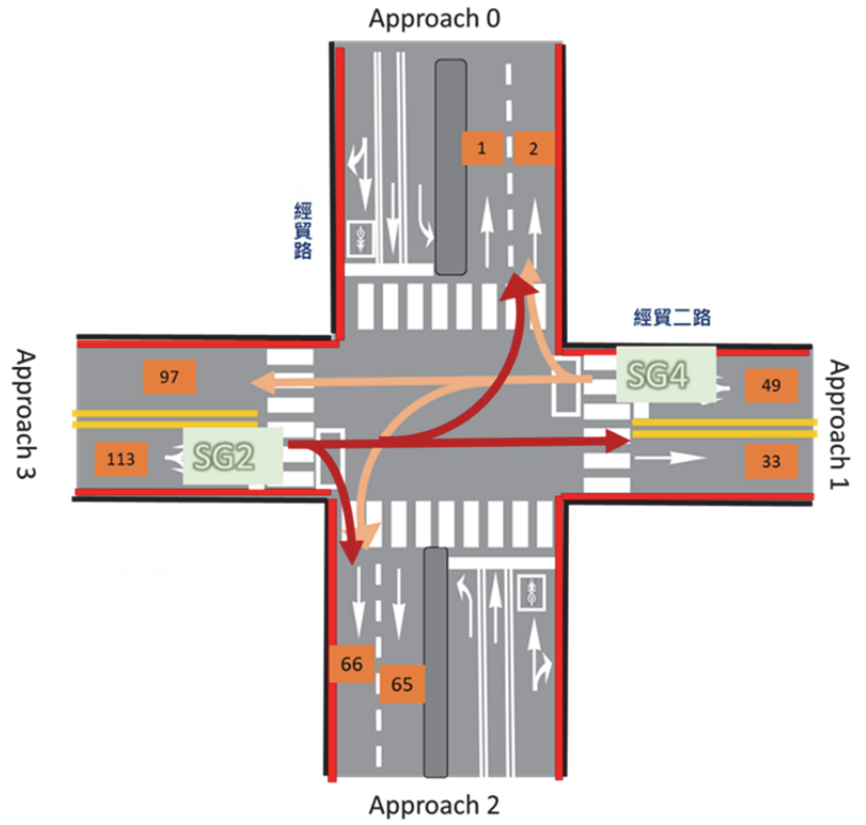
路口編號：1



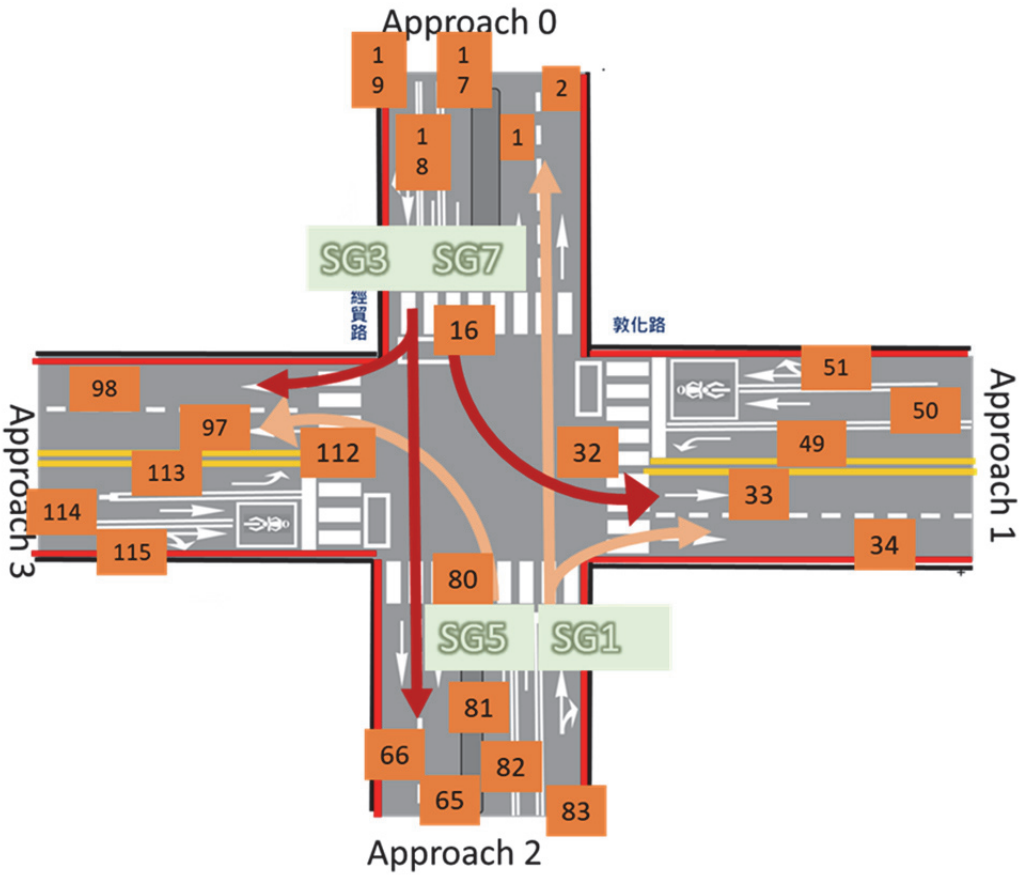


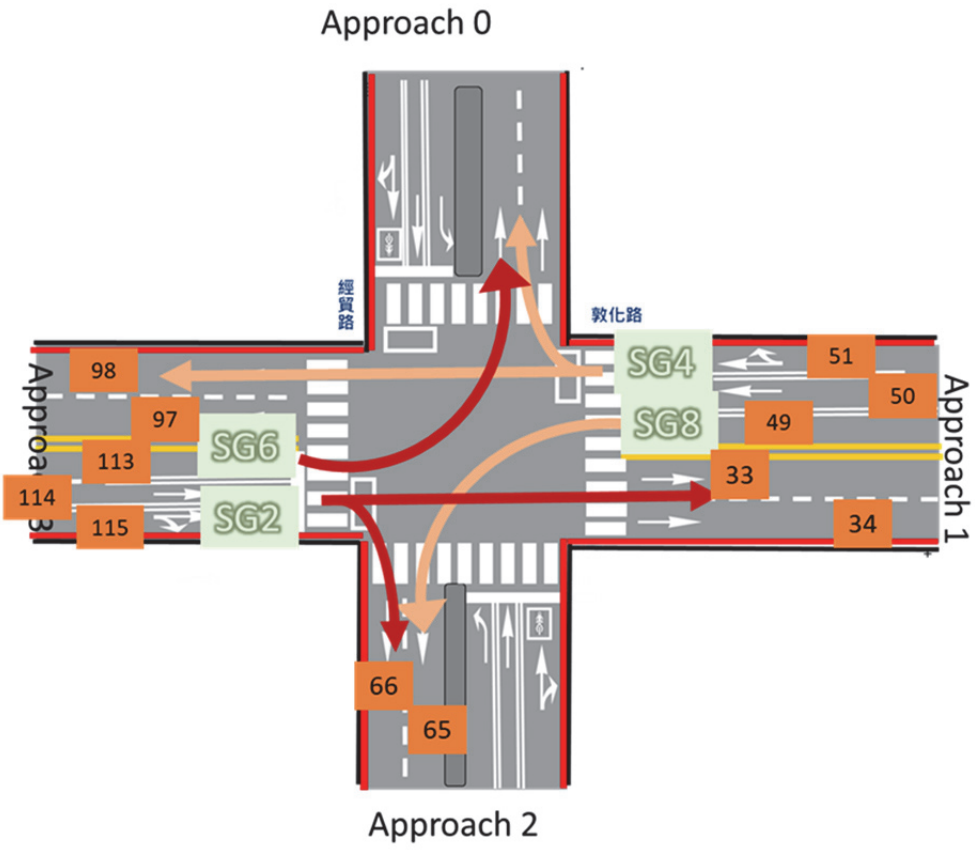
路口編號：2


Approach 0
19
17
18
1
2
經貿路
SG3
SG7
16
經貿二路
Approach 3
97
112
113
49
32
33
Approach 1
80
SG5
SG1
81
66
65
82
83
Approach 2

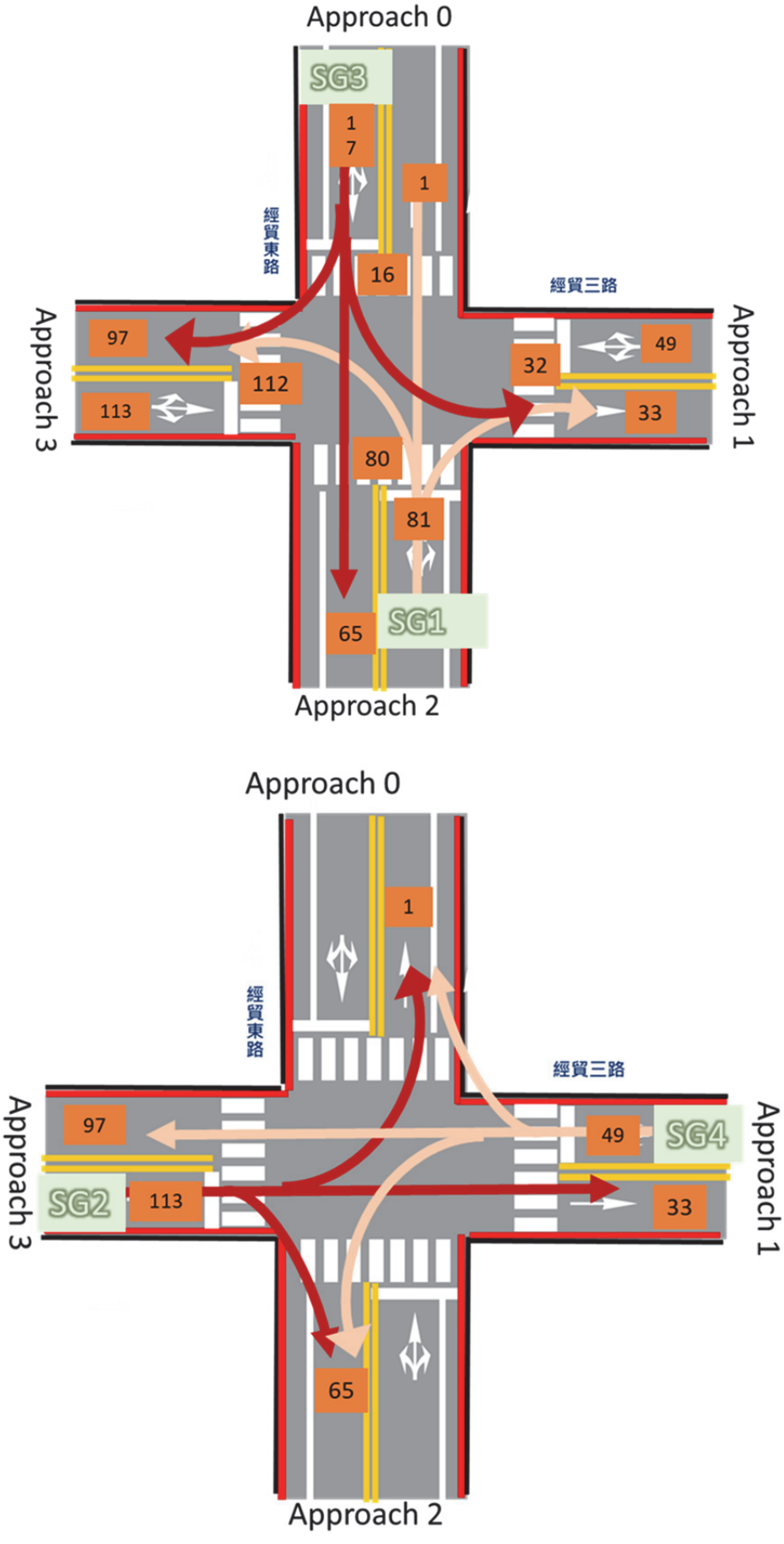

Approach 0
1
2
經貿路
經貿二路
Approach 3
97
SG4
49
113
SG2
33
Approach 1
66
65
Approach 2

路口編號：3

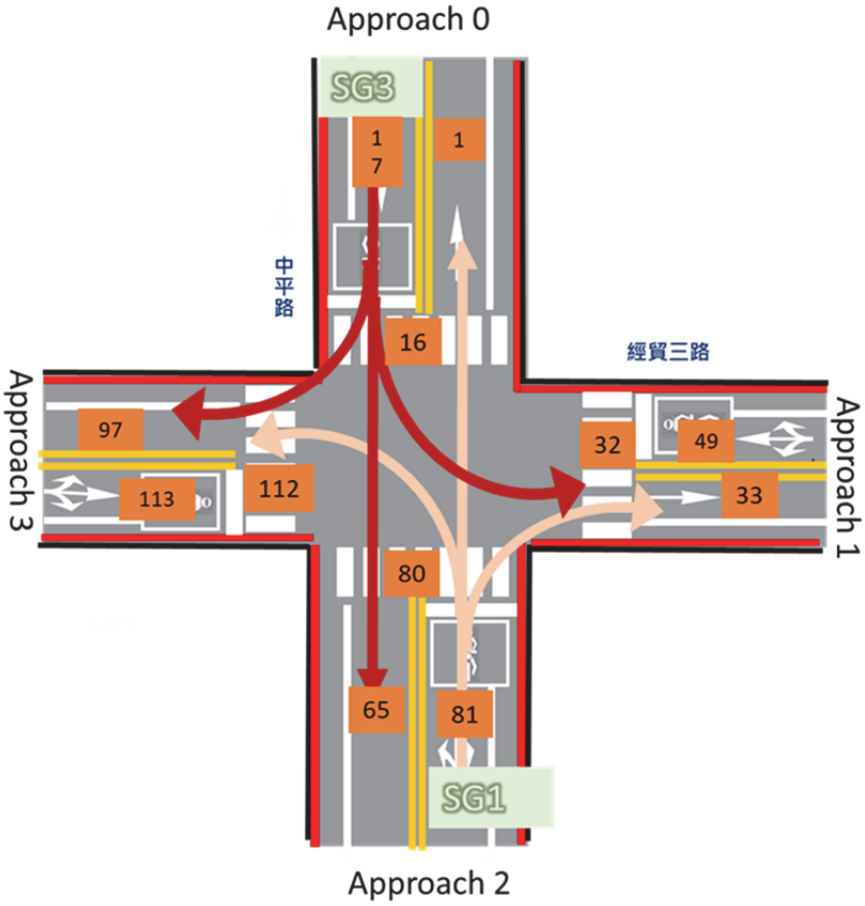

Approach 0
19
17
2
18
1
SG3
SG7
經貿路
敦化路
16
98
97
112
113
114
115
Approach 3
51
50
49
32
33
34
Approach 1
80
SG5
SG1
81
66
82
65
83
Approach 2

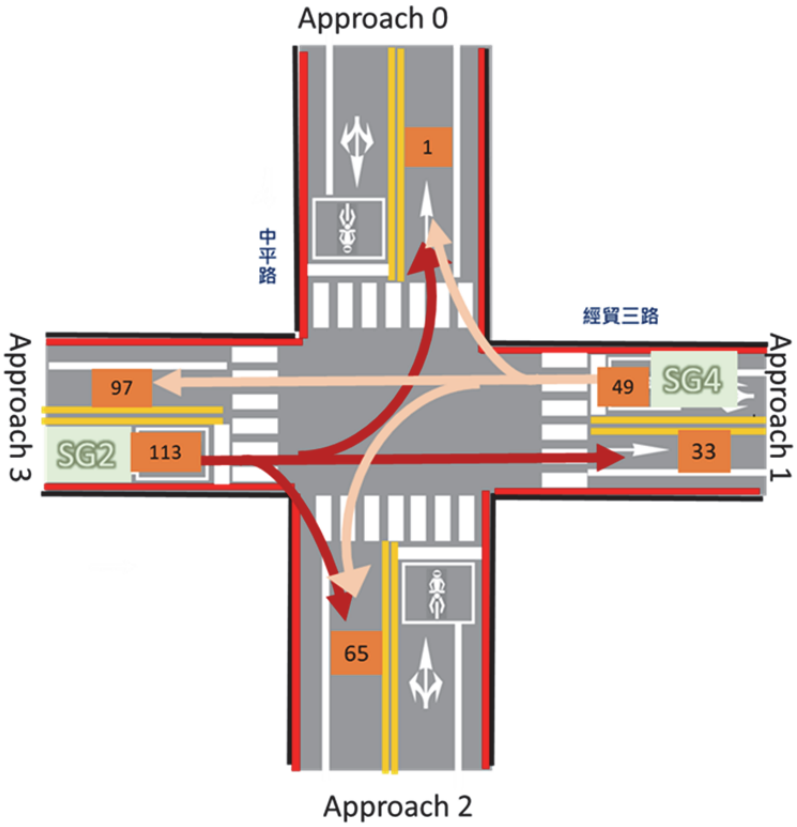

Approach 0
經貿路
敦化路
98
97
113
114
115
SG6
SG2
SG4
SG8
51
50
49
33
34
Approach 1
66
65
Approach 2

路口編號：4


Approach 0
SG3
1
7
1
經貿東路
16
經貿三路
Approach 3
97
112
113
49
32
33
Approach 1
80
81
65
SG1
Approach 2
Approach 0
1
經貿東路
經貿三路
Approach 3
97
49
SG4
SG2
113
33
Approach 1
65
Approach 2

路口編號：5


Approach 0
SG3
1
7
1
中平路
16
經貿三路
Approach 3
97
113
112
32
49
33
Approach 1
80
65
81
SG1
Approach 2


Approach 0
1
中平路
經貿三路
Approach 3
97
SG2
113
49
SG4
33
Approach 1
65
Approach 2