構建 5G 智慧交通數位神經中樞－

附錄四、《緊急車輛優先號誌控制系統》建置指引手冊

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 115 年 10 月

第一章 前言

本手冊與前期計畫所編撰之「緊急救援車輛優先號控系統建置參考手冊」在內容定位上有所不同。前期手冊主要係彙整國內外緊急救援車輛優先通行號誌控制之常見規劃、控制策略、系統架構、設備配置、定位與通訊技術等內容，作為相關單位辦理規劃設計與建置評估之參考依據；其重點在於提供通用性之方法整理與技術選項說明。相較之下，本手冊則係依據本計畫實際於臺中市水湳地區與交通局/消防局合作建置緊急救援車輛優先號誌控制系統之執行成果，說明本計畫於發車端所採行之建置方法、系統模組、資料傳遞流程、控制邏輯、軟硬體配置、測試驗證方式及後續整合落地作法。換言之，前期手冊偏重於「常見作法之彙整參考」，本手冊則偏重於「本計畫實作方法之具體說明與擴散應用」，兩者具有延續關係，但功能定位與撰寫目的並不相同。

1.1 編寫目的

本手冊主要在於提供相關單位針對緊急車輛優先號誌控制之規劃、設計、建置與應用參考，並以本計畫實際執行成果為基礎，說明發車端優先號誌控制之系統架構、控制流程、軟硬體配置、測試驗證與整合落地作法，期能作為後續相關單位推動建置與應用之依據。

1.2 適用對象與範圍

本手冊適用對象為執行緊急車輛優先號誌控制之相關單位，適用範圍則為執行緊急任務的消防車及救護車，分述如下：

一、適用對象

(一) 地方交通主管機關：規劃、建置與管理緊急車輛優先號誌控制系統。(《道路交通標誌標線號誌設置規則》第 4 條及第 5 條)

(二) 消防局及醫療單位：緊急車輛的實際使用者。

(三) 系統及設備廠商：提供軟硬體設備的供應商、系統開發及維護商。

二、適用範圍：執行緊急任務的消防車與救護車

1.3 相關背景依據

一、國內法規

(一) 「道路交通安全規則」規定緊急車輛執行任務時，得不受標誌、標線及號誌指示之限制。(《道路交通安全規則》第 93 條第 2 項)

(二) 「道路管理處罰條例」明訂駕駛人應禮讓執行公務的緊急車輛先行。(《道路交通管理處罰條例》第 45 條第 2 項)

二、實務需求

(一) 緊急車輛有優先路權，但在交通壅塞時仍可能被困在車陣中，難以通行。

(二) 緊急車輛在紅燈時快速通過路口，有很高的事故風險，可能造成二次傷害。

第二章 功能簡介

2.1 模式庫與功能說明

優先號誌系統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，功能說明如下:

一、 通訊與接收模組：

(一) 接收並解析優先號誌請求訊息(SRM)，並將訊息提供優先號誌演算模組。

(二) 在優先號誌執行中拒絕新的優先號誌請求訊息(SRM)。

(三) 在定時控制模式下才可接收優先號誌請求訊息(SRM)。

(四) 確認收到優先號誌請求訊息(SRM)完整性。

二、優先號誌演算模組：依優先號誌控制策略，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運算結果，與臺中市 T-TOPIS 號誌號誌資料 API 介面串接，由臺中市號誌系統下載至現場號誌控制器。號誌控制器接收指令後，切換燈號，達成優先號誌的目的。

2.2 適用場域與應用情境

一、適用於緊急車輛出動與送醫階段

緊急車輛行駛路徑包含由出發端至案發地點(出動)、案發地點至醫院(救護車)(送醫)、案發地點返回出發端(返隊)、或由醫院返回出發端(返隊)，如圖 1 所示，優先號誌需求主要在「**出動**」及「**送醫**」階段，「返隊」階段則不需。

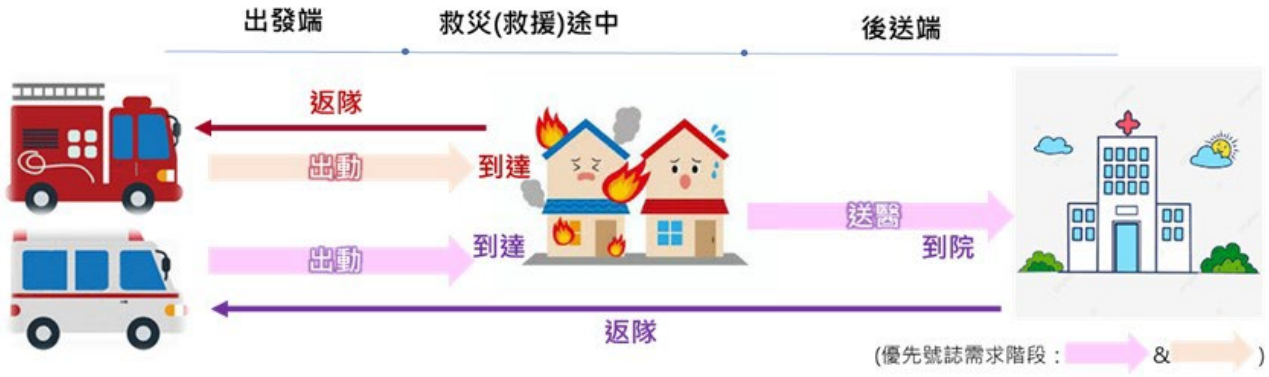


圖 1 緊急車輛出勤階段示意圖

二、使用者根據實施範圍之路口型態分類及其現況，規劃緊急車輛優先通行控制模式。路口應用型態分為：

(一) 獨立型：依路口車流型態設計。

(二) 幹道型：需求方向一次通過數處路口。

(三) 路網型：事先掌握緊急救援車輛之路徑較佳，可由路徑來判斷緊急車輛所需之行進方向及路口數量。

第三章 功能建置說明

3.1 系統架構概述

實施優先號誌策略，除確保緊急車輛的優先外，仍須維持路口安全，優先邏輯運作原則如下：

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、為避免橫向車輛損失過多時間，可透過補償競爭時相綠燈(Compensation Green)方法及禁止一段時間內(例如同一週期)再提供優先號誌功能。

六、控制策略可採單一策略或組合運用。

七、控制策略如圖 2，包含綠燈延長(Green Extension)、紅燈截斷(Red Truncation)、時相插入(Phase Insertion)及插入綠燈(Red Interruption)四種策略，分別說明如表 1。

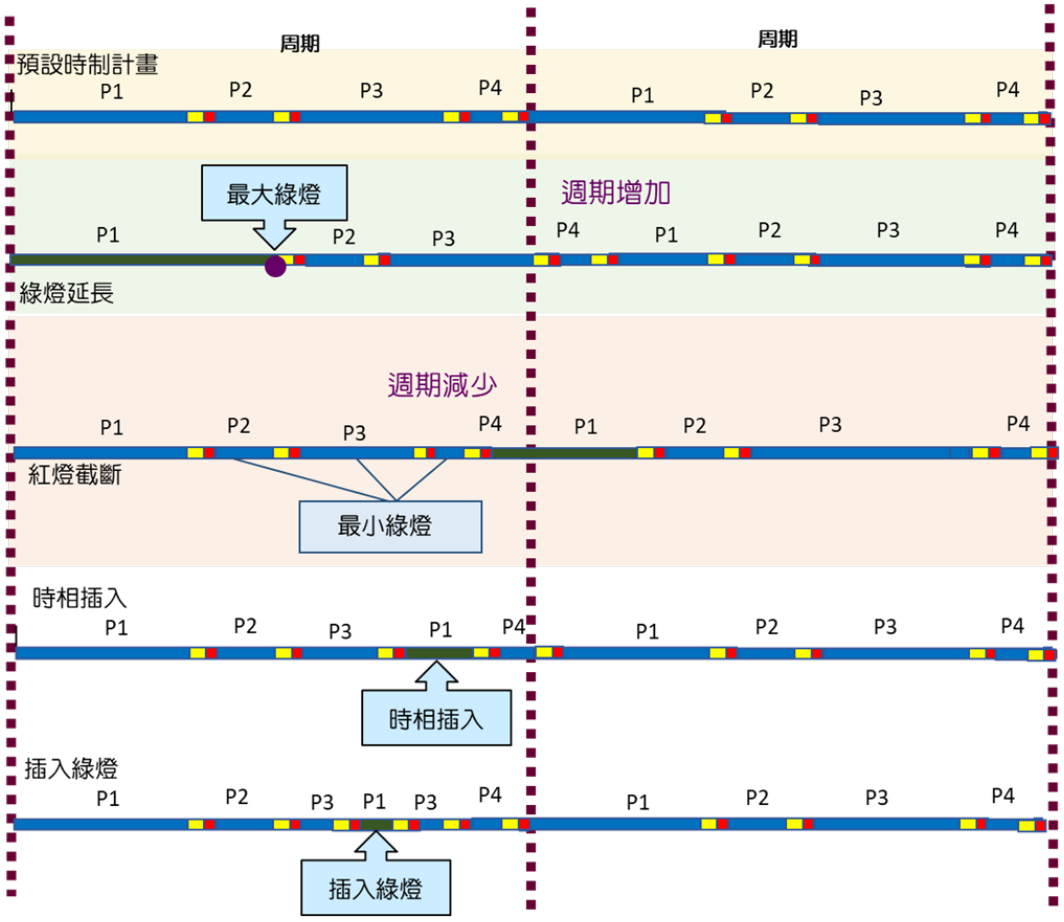


圖 2 優先號誌控制策略

表 1 優先號誌控制策略

控制策略	策略說明	注意事項
綠燈延長	路口綠燈即將結束時，系統透過偵測設備所得之資料，判斷緊急救援車輛通行路口之需求，並將到達路口時間及各緊急救援車輛之行車間距的大小作為判定延長綠燈之依據。	有最大綠燈時間限制
紅燈截斷	紅燈時相內接收緊急通行需求時，系統待競爭時相之最短綠燈結束後，根據車輛到達時間，判斷是否提前切斷紅燈時段。	需維持各時相最小綠燈時間
時相插入	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，插入優先時相，待車輛通過後，恢復原時制計畫。	● 對路口衝擊較大，TC 設備需配合大幅度更動。 ● 需透過宣導使用路人了解時相變化，以降低潛在安全疑慮。
插入綠燈	紅燈時相內接收緊急通行需求時，系統在衝突方向經過最短綠燈時間之後，判斷是否在紅燈時相插入綠燈時間。	● 返回該競爭時相剩餘時間如未能滿足最小綠燈，則不能開啟行人綠燈。 ● 需透過宣導使用路人了解時相變化，以以降低潛在安全疑慮。

優先號誌控制執行階段主要分為 4 階段：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 3。

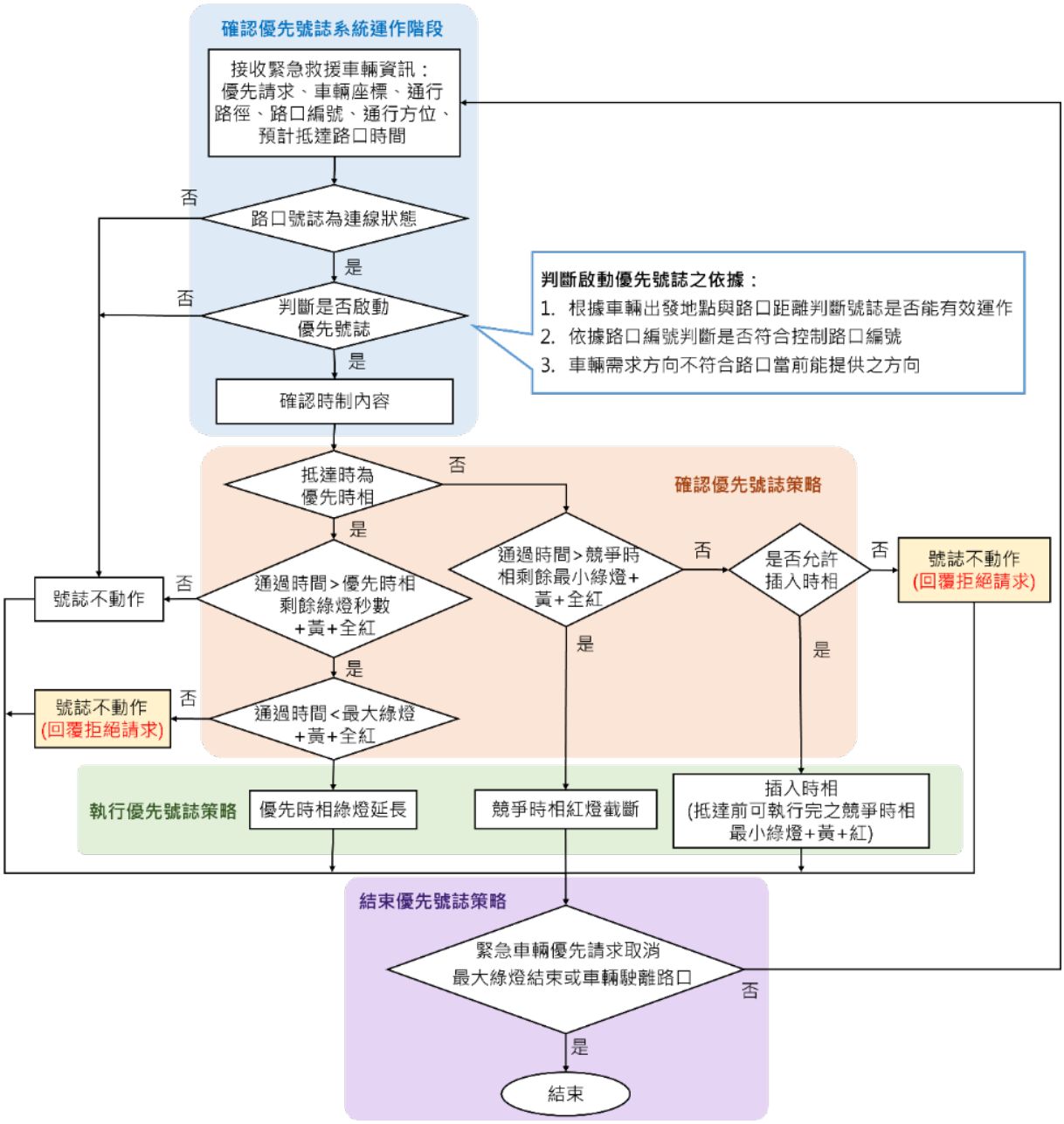

確認優先號誌系統運作階段
接收緊急救援車輛資訊：
優先請求、車輛座標、通行
路徑、路口編號、通行方位、
預計抵達路口時間
路口號誌為連線狀態
否
是
判斷是否啟動
優先號誌
否
是
確認時制內容
判斷啟動優先號誌之依據：
1. 根據車輛出發地點與路口距離判斷號誌是否能有效運作
2. 依據路口編號判斷是否符合控制路口編號
3. 車輛需求方向不符合路口當前能提供之方向
確認優先號誌策略
抵達時為
優先時相
否
是
通過時間>優先時相
剩餘綠燈秒數
+黃+全紅
否
號誌不動作
是
通過時間<最大綠燈
+黃+全紅
否
號誌不動作
(回覆拒絕請求)
是
通過時間>競爭時
相剩餘最小綠燈+
黃+全紅
否
是否允許
插入時相
否
號誌不動作
(回覆拒絕請求)
是
執行優先號誌策略
優先時相綠燈延長
競爭時相紅燈截斷
插入時相
(抵達前可執行完之競爭時相
最小綠燈+黃+紅)
結束優先號誌策略
緊急車輛優先請求取消
最大綠燈結束或車輛駛離路口
否
是
結束

圖 3 優先號誌邏輯運作

優先號誌系統架構如圖 4 所示，整體系統可概分為路側端、車輛端與中心端，由路側端廣播號誌(SPaT)與地圖(MAP)資訊，當緊急車輛接近路口時，車輛端發送優先請求訊息(SRM)，經由路側端傳送至中心端，中心端接收後回覆處理狀態(SSM)，並根據優先邏輯運算後下達指令至現場號誌控制器更改時制。

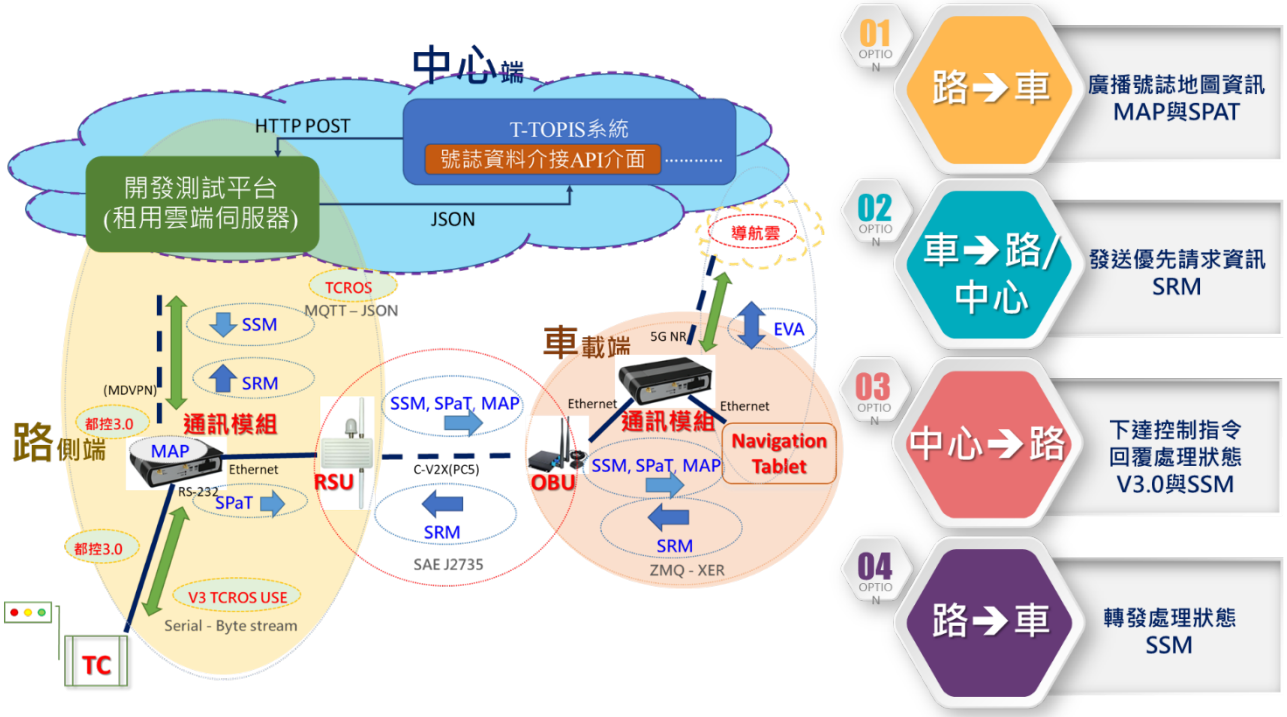


圖 4 優先號誌系統架構圖

3.2 軟體設計／演算法說明

一、通訊與接收模組

通訊與接收模組是整個緊急車輛優先號控之數據來源接收基礎，此模組的核心功能是穩定、持續地從緊急車輛獲取即時的車輛點位與優先請求訊息，並將這些資料傳送至優先號誌演算模組進行優先邏輯演算。本模組的建置與運作包含以下細節：

(一) 能接收並解析 SRM 訊息，並將訊息提供優先號誌演算模組。

(二) 在優先號誌執行中拒絕新的 SRM 需求。

(三) 在定時控制模式下才可接收 SRM 需求。

(四) 確認收到 SRM 訊息完整性。

二、優先號誌演算模組

依優先號誌控制策略，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演算結果，透過(既有)號誌資料介接 API 介面，提供臺中市號控管理系統產生控制指令，並下載至現場號誌控制器，執行時制轉換。

3.3 軟硬體資源需求

為確保緊急車輛優先號誌能夠穩定且高效運行，本章將詳細闡述所需的軟體與硬體環境配置。

一、軟體資源需求

(一)系統環境

1. 作業系統：Microsoft Windows Server
2. 程式語言：JAVA 17
3. 資料庫：Microsoft SQL Server

(二)開發與版本控制：ECLIPSE IDE、Git，ECLIPSE IDE 為主要的 JAVA 開發編輯器，Git 用於程式版本管控。

二、硬體資源需求

硬體需求分為現場端、中心端與車上端，以下說明硬體功能需求。

(一) 現場端

現場路側端設備包括 RSU、路側通訊模組及號誌控制器(TC)，路側設備運作功能如下：

1. 路側通訊模組(5G)

路側通訊模組即 5G Route，經由 MDVPN 連上中心端。路口圖資遵循 TCROS V2X MAP 格式，可於裝置安裝時，將該路口的圖資安裝於路側通訊模組(5G)，或是中心端傳送圖資予路口。路側通訊模組(5G)運作測試功能如表 2 所示。

表 2 路側通訊模組(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	收到中心端傳來的都控 3.0 訊息並轉發給號誌控制器 TC。
3	收到控制控制器(TC)傳來的都控 3.0 訊息並轉發給中心端、收到號誌控制器(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)再傳給中心端;以及將中心端傳來之 SSM (JSON)轉成 SSM(XML)，並透過 RSU 廣播出去。

2. RSU：C-V2X

RSU 透過有線 Ethernet cable 與路側通訊模組連接，RSU 運作功能規劃如表 3 所示。

表 3 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	接收車上端發送之 SRM 訊息，將 SRM 訊息傳送至通訊模組再由通訊模組轉發給中心端
4	將 SSM 訊息廣播出去

3. 號誌控制器(TC)

TC 需具備 V3 TCROS USE 功能(支援都控 3.0(視頒布進度依最新版內容) 及 TCROS USE)，號誌控制器(TC)功能如表 4 所示。

表 4 TC 測試項目規劃

項次	功能
1	將 SPAT message 傳送至路側通訊模組，再由 RSU 透過 C-V2X 廣播出去
2	接收中心端(透過路側通訊模組)下達之優先號誌指令並變換燈號
3	將都控(3.0 或更新版)訊息(透過路側通訊模組)回傳中心端

(二) 中心端

中心端為於臺中市交控環境下之優先號誌平台(可於交控系統新增功能或另租用雲端伺服器建置平台)。中心端負責解析路側通訊模組(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(透過路側通訊模組)至號誌控制器。另外需將 SSM 訊息傳送至路側通訊模組，由路側通訊模組透過 RSU 廣播出去。中心端功能如表 5 所示。

表 5 中心端(TMC)功能

項次	功能
1	接收並解析路側通訊模組(5G)轉發之 SRM 資料(Json 格式)
2	回應 SSM 資料(Json 格式)至路側通訊模組(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(透過路側通訊模組)至號誌控制器

(三) 車上端

緊急車輛車上端系統主要由導航車機、車載通訊單元 (OBU) 及通訊模組組成，旨在透過「車路雲」協同機制，以達成緊急任務路廊之號誌動態調整。車上端設備應具備處理 V2X 標準訊息之能力，確保與路側設備 (RSU)之資訊同步，車上端功能如表 6 所示。

表 6 車上端功能

項次	項目	內容說明
1	訊息接收與解析	須能即時接收並解析 RSU 傳送之道路幾何圖資(MAP)、號誌時制訊息(SPaT)及號誌狀態訊息 (SSM)。
2	需求發送與預測	須能根據行駛路徑，自動組建並發送優先號誌請求訊息(SRM)，內容應包含訊息發送時間、預計抵達各路口時間及方向。

車輛端以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 7 所示。

表 7 車輛端測試流程

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)車機啟動，結合大數據路徑預測模型(如 GVP)，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 並提供其他導航使用者比對
3	緊急車輛號誌路口抵達時間估算		(4)每秒更新各號誌路口之預計抵達時間(ETA)，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，提供緊急車輛號誌優先需求 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)，轉達中心端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	

步驟	流程說明	車端 OBU 溝通	導航車機	雲端服務
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。			

3.4 功能驗證與效果評估方法

功能驗證分為實驗室測試、現場測試、與整合測試，以下依序說明：

一、實驗室測試

實驗室測試目的在於測試各功能模組是否能依優先號誌運作機制進行優先號誌的請求及執行，測試所輸出的訊息指令是否能正確傳送與接收，以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、路側端及車上端紀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。相關測試，說明如下:

(一) MAP(J2735)訊息

MAP(J2735)訊息在實驗室測試階段架構如圖 5 所示，其延遲計算方式係以測試程式記錄 RSU 發出 MAP 的時間與 OBU 收到 MAP 的時間差。測試流程如下：

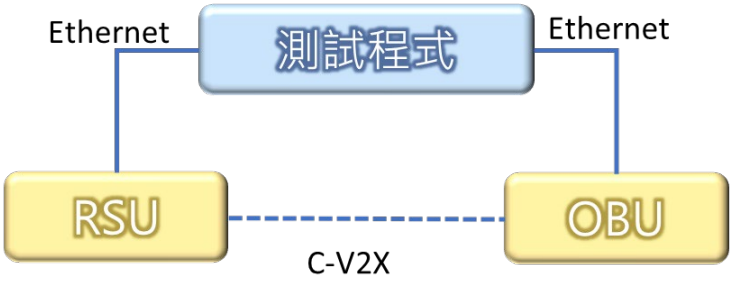


圖 5 MAP(J2735)訊息實驗室測試架構示意圖

1. 路側端通訊模組固定每秒發送 MAP(J2735)。
2. 導航裝置須能定時接收正確且一致之 MAP(J2735)。

MAP 訊息測試資料記錄欄位如表 8 所示。

表 8 MAP 測試紀錄內容

Intersections	ID	msgIssueRevision	region	ID	revision	laneID	directionalUse
vehicle	maneuvers	lon	lat	Signal Group	收到時間	發出時間	

(二) SRM/SSM 訊息

SRM 及 SSM 訊息在實驗室測試階段，導航裝置可透過 Internet 連接至 OBU，RSU 透過 Ethernet 與路側通訊模組連接，路側通訊模組則透過 MDVPN 與中心端通訊。延遲計算方式以中心端端發出 SSM 之時間-車載端發出 SRM 之時間。測試流程如下：

1. 導航裝置須能發送正確之 SRM(J2735)，須包含路口之 region、id 編號、inBoundLane 及 outBoundLane。
2. 路側端通訊模組須收到正確且一致的 SRM(J2735)，並轉成 SRM(TCROS)發送出去。
3. 中心端須能接收並解析 SRM，並發出對應之 SSM。
4. 路側端通訊模組須收到正確且一致之 SSM(TCROS)，再轉成 SSM(J2735)發送。
5. 導航裝置須收到正確且一致之 SSM(J2735)。

SRM 測試資料記錄欄位如表 9 所示，SSM 測試資料記錄欄位如表 10 所示。

表 9 SRM 測試紀錄內容

timeStamp	second	sequenceNumber	requestID	reauest type	inBoundlane	outBoundlane	
minute	second	duration	entityID	lat	long	收到時間	發出時間

表 10 SSM 測試紀錄內容

timeStamp	second	sequenceNumber	requestID	minute	second	
duration	status	entityID	lat	long	收到時間	發出時間

(三) SPaT 訊息

SPaT 訊息在實驗室測試階段，測試流程如下：

1. 路側端 TC 須能定時發送 V3 TCROS USE(Byte stream)訊息。
2. 路側端通訊模組須收到正確且一致的 V3 TCROS USE(Byte stream)訊息，並轉成 SPaT(J2735)發送出去。

3. 導航裝置須定時收到正確且一致之 SPaT(J2735)。

Spat 訊息測試資料記錄欄位如表 11 所示。

表 11 SPaT 測試紀錄內容

intersections	ID	region	ID	revision	status	moy	time Stamp	SignalGroup
state-time-speed	eventState	timing	startTime	minEndTime	收到時間	發出時間		

(四) 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。針對欲執行優先號誌之號誌控制器型號及韌體版本進行單元測試。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，以確保中心端能掌握正確與即時之號誌狀態。測試指令如下：

1. 設定控制策略 5FH+10H 指令(時相控制)
2. 查詢目前控制策略 5FH +40H
3. 回報目前控制策略 5FH +C0H
4. 主動回報目前控制策略 5FH +00H
5. 時相步階的即時控制 5FH+1CH
6. 回傳步階轉換資訊 5FH+03H
7. 查詢與回報定時時制 5FH+44H、5FH+45H、5FH+48H。
8. 優先號誌系統與既有交控系統 API 測試

二、現場測試

在實驗室測試完成後，再進行現場測試，現場測試內容原則與實驗室測試相同，重點在於以現場通訊環境(5G)針對各個路側設備逐一測試，測試車輛在不同時間(綠燈時相或紅燈時相)抵達路口，號誌是否依照預設邏輯運作。

(一) 號誌控制器測試

當實驗室號誌控制測試結果順利完成，即代表系統已經具備對現場號誌控制器執行優先號誌控制的能力，惟在現場執行畢竟攸關交通安全議題，故現場測試仍應依照正確的測試流程，方可確保系統正式測試時不致對現場交通造成嚴重影響。因此在現場應逐一路口測試各路口訊息接收回報狀況，由 TMC 下傳指令檢視現場控制器接收情形，包含主動回報、查詢、查詢回報等內容狀況、並確認號誌燈運作情形。

(二) 車輛端測試

以測試車輛行駛於測試路徑，當路徑設定完成後，導航軟體利用大數據資料分析成果賦予每一個道路一個權重值，作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。

待接近路口時，如接收到 RSU 發出之路口 SPaT 及 MAP 訊息，將以每 1 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。

(三) 路側端 RSU 及通訊模組

在現場環境逐一測試各路口 RSU(及通訊模組)功能，包含接收 V2X MAP 及 SPaT 訊息並持續廣播、接收 OBU 所產生之 SRM 訊息並透過路側通訊模組回傳 TMC、接收 SSM 訊息並廣播出去。

三、系統整合測試

當實驗室及現場測試完成後，即可進行系統整合測試。系統整合測試可分為整合測試及實作測試二階段：整合測試階段將先以測試車輛進行整體架構在現場環境之測試，確認整體功能完整後，再進行實作測試，將車上設備安裝於緊急車輛，確認車上端設備在緊急車輛之電力介接環境下，亦能正常運作。系統持續蒐集優先號誌運作資料，持續觀察調整參數，並進行優先號誌執行績效分析。

效果評估方式可藉由緊急車輛運行一段期間，系統持續蒐集優先號誌運作資料，並進行優先號誌執行績效分析。預先訂定績效指標，包含抵達各路口之燈號及旅行時間以進行啟動優先號誌前後之績效分析。

3.5 常見問題與因應對策

任何系統在長期運作中都會面臨各種挑戰。本節旨在透過建置經驗說明緊急車輛優先號誌系統在運作中可能遇到的常見問題，並提供因應對策，供相關單位建置緊急車輛優先通行號誌控制系統時參考，如表 12 所示。

處理流程主要為異常情形→問題釐清→異常排除(處理方式)，在發現異常情形時，

檢視可能產生的原因，再根據可能原因加以檢測排除。

一、中心端未接收到車輛端發送之優先請求訊息(SRM)

(一) 問題描述：依系統架構，SRM 訊息由車上端發出經由路側端再傳送至中心端，因此需釐清問題發生在車輛端、路側端或中心端，問題可區分如下。

1. 車輛端未發送。

2. 車輛端有發送，路側端未收到。

3. 路側端收到，中心端未收到。

(二) 潛在影響：中心端未收到優先請求訊息，無法判斷車輛預計抵達路口之時間，無法進行優先邏輯運算。

(三) 因應對策：根據可能產生之問題來源，因應方式如下。

1. 檢視 OBU 狀況是否正常，及是否與車機成功建立網路連線。

2. (檢查車端設備、天線、接線、或設備重啟)

3. 檢查 RSU 狀況及路側通訊模組之網路連線。

4. (路側端設備重啟，並檢視重啟後是否正常接收與發送)

5. 檢查中心端網路連線情況，並將路側端設備重啟後檢視是否正常接收與發送。

二、中心端可下載及接收號誌控制器回傳訊息，惟不穩定(時常不成功)

(一) 問題描述：中心端與路側端間訊號不穩定

1. 現場設備對中心伺服器進行 Ping 測試，有時正常，有時無回應。

2. 現場設備對另一現場設備進行 Ping 測試均正常。

(二) 潛在影響：通訊不穩定，中心端收到之優先請求訊息不連續，判斷車輛預計抵達路口之時間可能不準確，執行優先號誌效果較差。

(三) 因應對策：根據可能產生之問題，因應方式如下。

1. 請電信公司檢視設定。

2. 檢視所申請之號誌控制器之門號群組，是否與其他占用較大頻寬之設備(例如 CCTV)同一群組，致影響號誌控制器之通訊。如共用門號群組，建議將不同設備個別獨立門號群組。

表 12 系統運作異常因應對策

異常情形	問題釐清	因應對策
中心端未收到車輛端發送之 SRM 訊息。	1. 車輛端未發送。 2. 車輛端有發送，路側端未收到。 3. 路側端收到，中心端未收到。	1. 檢視 OBU 狀況是否正常，及是否與車機成功建立網路連線。 **(檢查車端設備、天線、接線、或設備重啟)** 2. 檢查 RSU 狀況及路側通訊模組之網路連線。 **(路側端設備重啟，並檢視重啟後是否正常接收與發送)** 3. 檢查中心端網路連線情況，並將路側端設備重啟後，檢視是否正常接收與發送
中心端可下載及接收號誌控制器回傳訊息，惟時常不成功。	中心端與路側端間訊號不穩定。**(現場端 PING 中心端有時正常，有時無回應；現場端 PING 現場端則正常。)**	請電信公司檢視設定。 **(同一群組門號中之 CCTV 佔用頻寬，將號誌與 CCTV 個別獨立群組後可排除通訊問題。)**
座標資料無法更新	1. 車輛端未發送 2. 車輛端有發送，資料收集端未收到 3. 資料收集端收到，中心端未收到	1. 檢視平板電腦或是車機是否正常。 2. 檢視資料收集端網路是否正常，可採用測試平板或是車機進行測試。 3. 檢視資料收集端與中心端之間網路是否正常，檢視中心端接收的服務是否正常。

第四章 整合與落地應用作法

4.1 整合應用模式

實施優先號誌策略，必須要號誌控制器設備進行操作控制及即時獲取號誌控制器燈態資料。現行交通路側設備包含號誌控制器等是由交控中心系統統一管理，為使本系統可以接入既有中心系統獲得號誌燈態資料及對號誌控制器進行控制，建議在優先號誌控制系統建置完成後，可採用以下整合模式，並結合實際情境進行應用。

一、API 介接模式

API 方式，主要由既有中心系統提供 API，優先號誌策略系統呼叫 API 以對號誌控制器進行操作，下載設定、查詢等指令。此模式是彈性最高、耦合度最低且最符合現代軟體架構的整合方式。

(一)系統架構：優先號誌策略系統 → 中心 API(既有中心系統) → 號誌控制器

(二)優勢：

1. 技術解耦：兩邊系統可獨立開發與升級，只要 API 規格不變，彼此不互相影響。
2. 安全性高：透過 API 可以集中管理認證、授權與流量。
3. 資料格式標準化：基於通用的 RESTful 與 JSON 標準，易於介接。

(三)技術重點

1. 認證與加密
   (1) 認證機制：建議採用 apiKey、JWT (JSON Web Token) 或 OAuth2 等標準機制進行客戶端身份驗證。
   (2) 傳輸加密：所有 API 通訊皆應強制使用 HTTPS/TLS 進行全程加密，確保資料傳輸安全。
2. 資料查詢與回傳格式
   (1) API 呼叫範例：使用 GET/POST 方法，並透過 Query Stringc 和 JSON 傳遞參數。
   (2) 回傳格式範例 (JSON Schema)：回傳的 JSON 應具備清楚且固定的結構，例如：

```
{
    "id": "S000201",
    "location": "建國路.民權路.台中路",
    "latitude": 24.170754,
```

```
        "longitude": 120.636637,
        "eqmtId": "8166",
        "status": 1
}
```


3. 流量管理與錯誤處理

(1) 速率限制(Rate Limit)：應在 API 服務設置速率限制(如本系統設計為每分鐘 600 次請求)，避免因客戶端程式錯誤或惡意請求導致服務過載。

(2) 錯誤碼設計：定義標準的 HTTP 錯誤碼，便於客戶端進行錯誤處理。

- 400 Bad Request：一個或多個請求參數遺失或無效 (例如：日期格式錯誤、endDate 早於 startDate)。
- 403 Forbidden：已通過認證，但沒有存取此資源的權限。請確認您的 apiKey 是否有足夠權限。
- 404 Not Found：請求的 roadId 不存在。
- 405 Method Not Allowed：請求的方法不被允許，或此資源不支援該 HTTP 方法（例如僅支援 GET，但使用 POST）。
- 429 Too Many Requests：超過請求限制。
- 500 Internal Server Error：伺服器內部發生錯誤，無法完成請求。請稍後再試，或聯絡系統管理員。

4. 版本管理：建議在 API 路徑中加入版號（如 /api/v1/prediction），當未來 API 規格有重大變更時，可透過升級版號（/api/v2/...）的方式，確保舊有系統的相容性。

二、WebSocket 號誌燈態資料介接

透過 WebSocket 機制，既有中心系統可在收到即時號誌燈態資料後立即轉發至相關系統，特別適合高即時性或高頻率更新的交通資料（如即時號誌燈態、ETAG 偵測資料等）。訊息內容通常以標準結構化格式（如 JSON）傳輸，並可依需要區分主題（Topic）或事件類型，使各單位僅接收其所需的資料，進一步提升整體資料流通效率與即時決策能力。

(一) 整合架構：即時資料 → 既有中心系統 → WebSocket → 各應用系統

(二) 優勢

1. 即時推送：透過 WebSocket 的長連線機制，號誌燈態資料可即時推送至各應用系統，減少輪詢（polling）與延遲。
2. 雙向通訊能力：除資料發布外，平台亦可即時回傳控制或狀態訊息（如訂閱

管理、連線狀態、錯誤通知），提升整體互動性與穩定性。

3. 高頻資料傳輸適用：特別適合秒級或亞分鐘級更新的資料（如即時號誌燈態、ETAG 偵測資料），有效降低系統負載。

(三) 技術重點

1. 連線與協定設計：採用 WebSocket（ws/wss）建立長連線，需定義連線驗證機制（如 API Key、Token、JWT）以確保資料安全與存取權限。
2. 訊息格式與主題(Topic)：需與平台管理者共同定義標準的訊息結構(如 JSON)、欄位格式，以及主題，方便平台轉發給不同應用系統。
3. 推送頻率與流量控管：明確規範資料推送頻率（例如：每秒推送），並於平台端實作節流（throttling）與連線數管控，確保整體系統穩定運作。

4.2 系統維運建議

為確保本系統在建置完成後能長期穩定地提供高品質服務，建議應建立一套涵蓋數據、功能到設備的完整維運計畫。

一、資料來源監控

建立自動化的資料監控模組，定時執行腳本，檢測從 WebSocket 接收的資料。檢核項包含資料的完整性（缺失率是否超過閾值）、正確性（速率值是否在合理範圍）與即時性（資料是否延遲過久）。若發現異常（如連續一小時無數據寫入），系統應立即透過 Email 或即時通訊軟體通報資料管理人員處理。

二、系統功能檢測

設置第三方自動化的系統健康檢查（Health Check）排程，定時執行。此排程可執行一個簡化版的測試，例如：測試優先號誌策略服務是否正常執行，並透過 API 查詢結果是否符合預期，以驗證核心流程的通暢。若健康檢查失敗，應立即通報系統維運人員，進行問題排查。

三、設備保養檢查

為確保系統硬體設施的長期穩定與可靠，應建立一套兼具自動化健康監控與週期性實體巡檢的雙軌保養計畫。自動化監控應透過部署監控代理程式，對伺服器的關鍵指標進行全天候追蹤，例如硬碟健康度、磁碟空間使用率、CPU 溫度及電源狀態，並設定警報閾值以即時通報異常。作為補充，建議每季進行的實體巡檢則專注於軟體無法偵測的物理層面，包含機房環境、設備散熱、線路連接的檢查，並輔以伺服器管理日誌的人工審查，以構成完整的硬體保養體系。

四、異常即時通報

將上述所有監控項目（資料、功能、硬體）的警報，整合至一個統一的告警平台。設定明確的觸發條件，如「資料庫連線失敗」、「無資料回傳超過 3 分鐘」、「CPU 使用率持續高於 80%」等。一旦觸發，系統應能立即透過 Email 或即時通訊軟體（如 Slack, Line）發出警報給對應的權責人員。

五、版本更新管理

為確保系統在功能迭代與安全升級過程中的穩定性，應建立嚴謹的版本更新管理流程。此流程應以 Git Flow 等標準化分支模型為基礎，並導入持續整合與持續交付（CI/CD）的實踐。所有程式碼變更在合併前需經審查，並透過自動化管線在預備（Staging）環境中完成所有單元、整合及端到端測試。唯有通過完整驗證的版本，才能被批准部署至正式（Production）環境。作業系統和相依套件的定期安全性更新，確保所有變更都經過嚴格的品質控管。