



智慧型 動態交通號誌 控制系統 — 應用於 台北市 重點壅塞區域

江伊嵐 / 景翊科技股份有限公司 技術經理

陳奕廷 / 景翊科技股份有限公司 總經理

葉梓銓 / 臺北市交通管制工程處 處長

各大城市中因為都市化程度不斷提升，人口愈來愈多，造成都市地區交通壅塞及環境惡化，特別是在經貿活動熱絡的市中心、通勤要道及人潮聚集區，運輸系統的供給已無法負荷逐漸成長的交通車流，不協調的交通號誌系統造成了車輛停等排隊、通行時間減少，無效率的車輛空轉或時走時停的狀況下，所浪費的油耗以及空氣汙染，更是城市治理需要面對的重要課題，根據環保署統計，除了境外汙染之外，境內汙染多為移動汙染源，主要為交通運輸排放之廢氣，根本性解決壅塞問題應由各種交通管理策略來著手，例如：提倡搭乘大眾運輸、改變交通需求型或道路收費制度等，降低私人運具的使用時間，智慧動態號誌控制可能是較為立竿見影的做法，智慧動態號誌控制可以合理分配通行權，保障良好交通秩序，合理的號誌時制可以有效地提高路口、路段、區域的交通通行能力，讓交通分佈更加均衡。

臺北市為首善之都，科技與經貿發展熱絡，市內重要發展區域在交通尖峰時段，行車行駛速率相當低，導致市民的旅行時間增加。臺北市從智慧城市辦公室成立以來，致力於智慧交通的發展，其中，智慧交控也是智慧交通當中相當重要的一環，在 ICT 產業迅速發展之下，臺北市交通管制工程處已擘劃智慧交控之願景，包含智慧控制中心、智慧控制器、事件自動偵測以及智慧號誌等，並規劃 108 年 ~ 111 年共完成 50 處智慧號誌。在 2019 年已在內湖及南港區域共 10 處路口實施全動態號誌控制系統（以下簡稱內湖及南港系統），透過先進偵測技術及即時 AI 演算，雲端化系統每五分鐘依據道路真實流量，24 小時不間斷調適紅綠燈秒數，使綠燈時間達到最有效的利用。本文首先從號誌控制的概念切入，簡要說明目前定時號誌與動態號誌的效益，接著，針對內湖及南港系統控制邏輯以及系統加以詳述，最後提出動態號誌在實務上的結論與建議。

關鍵詞：動態號誌控制、適應性號誌

定時號誌與動態號誌

定時號誌設計與困境

在台灣，百分之 95 以上的路口採取的控制策略為定時號誌（Time of Day, TOD），定時號誌是將一天分成若干時段，每一時段均有其特定的時制計畫，然後按照此依預定時間表，每天週期性地執行此固定時制計畫，而週期性時制的計畫通常是依照過去的尖、離

峰交通量來設計，如下圖 1 為南港展覽館周邊路口的時制計畫表，周一到週五早上 09:00 ~ 09:40，路側的號誌控制器依循第 11 套時制分配固定的紅綠燈秒數，圖 1 之右下方為路口每個方向開啟綠燈之順序，基本上在路口的號誌控制器都內建像這樣的時制計畫（Timing Plan），表內項目包含了週期（cycle）、時比（split）、時差（offset）等基本交通控制參數。

臺北市交通管制工程處 路口號誌時制計畫

路口名稱: 康寧路三段 安捷路 編號: GS0302 編號: SPUSN10

※參數順序: 藍、全紅、行人閃、行人停

一	二	三	四	五	六	日
時制 00:00-00:00	00:00-00:00	00:00-00:00	00:00-00:00	00:00-00:00	00:00-00:00	00:00-00:00
時制 05 05 05 05 05 05						
時制 01:00-01:00	01:00-01:00	01:00-01:00	01:00-01:00	01:00-01:00	01:00-01:00	01:00-01:00
時制 06 06 06 06 06 06						
時制 05:00-05:00	05:00-05:00	05:00-05:00	05:00-05:00	05:00-05:00	05:00-05:00	05:00-05:00
時制 01 01 01 01 01 01						
時制 07:00-07:00	07:00-07:00	07:00-07:00	07:00-07:00	07:00-07:00	07:00-07:00	07:00-07:00
時制 15 15 15 15 15 03 03						
時制 08:00-08:00	08:00-08:00	08:00-08:00	08:00-08:00	08:00-08:00	08:00-08:00	08:00-08:00
時制 09 09 09 09 09 07 07						
時制 09:00-09:00	09:00-09:00	09:00-09:00	09:00-09:00	09:00-09:00	09:00-09:00	09:00-09:00
時制 11 11 11 11 11 11 07 07						
時制 09:40-09:40	09:40-09:40	09:40-09:40	09:40-09:40	09:40-09:40	09:40-09:40	09:40-09:40
時制 04 04 04 04 04 16 16						
時制 11:50-11:50	11:50-11:50	11:50-11:50	11:50-11:50	11:50-11:50	11:50-11:50	11:50-11:50
時制 18 18 18 18 18 17 17						
時制 12:30-12:30	12:30-12:30	12:30-12:30	12:30-12:30	12:30-12:30	12:30-12:30	12:30-12:30
時制 04 04 04 04 04 17 17						
時制 13:00-13:00	13:00-13:00	13:00-13:00	13:00-13:00	13:00-13:00	13:00-13:00	13:00-13:00
時制 02 02 02 02 02 05 05						
時制 16:00-16:00	16:00-16:00	16:00-16:00	16:00-16:00	16:00-16:00	16:00-16:00	16:00-16:00
時制 19 19 19 19 19 19 19						
時制 16:30-16:30	16:30-16:30	16:30-16:30	16:30-16:30	16:30-16:30	16:30-16:30	16:30-16:30
時制 02 02 02 02 02 02 02						
時制 17:00-17:00	17:00-17:00	17:00-17:00	17:00-17:00	17:00-17:00	17:00-17:00	17:00-17:00
時制 10 10 10 10 10 10 10						
時制 18:00-18:00	18:00-18:00	18:00-18:00	18:00-18:00	18:00-18:00	18:00-18:00	18:00-18:00
時制 12 12 12 12 12 12 12						
時制 19:00-19:00	19:00-19:00	19:00-19:00	19:00-19:00	19:00-19:00	19:00-19:00	19:00-19:00
時制 13 13 13 13 13 13 13						
時制 20:30-20:30	20:30-20:30	20:30-20:30	20:30-20:30	20:30-20:30	20:30-20:30	20:30-20:30
時制 08 08 08 08 08 08 08						
時制 22:00-22:00	22:00-22:00	22:00-22:00	22:00-22:00	22:00-22:00	22:00-22:00	22:00-22:00
時制 14 14 14 14 14 14 14						
時制 23:00-23:00	23:00-23:00	23:00-23:00	23:00-23:00	23:00-23:00	23:00-23:00	23:00-23:00
時制 05 05 05 05 05 05 05						

時制	週期	時差	方向	時相	時相一	時相二	時相三	時相四	時相五	時相六
01	150	0	0	SD	70	25	5	50		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
02	200	0	0	SD	89	52	5	54		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
03	200	0	0	SD	106	50	5	59		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
04	200	0	0	SD	90	47	5	58		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
05	150	0	0	SD	83	29	5	31		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.4,7.2		
06	90	0	0	SD	41	19	5	35		
					3.2,7.3	3.3,7.3	0.0,0.0	3.4,7.0		
07	200	0	0	SD	90	50	5	55		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
08	200	0	0	SD	93	49	5	51		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
09	200	0	0	SD	90	47	5	58		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.10		
10	200	190	0	SD	72	80	4	44		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.4,7.3		
11	200	0	0	SD	90	41	5	64		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.8		
12	200	0	0	SD	67	90	4	39		
					3.2,7.8	3.2,7.3	0.0,0.0	3.4,7.3		
13	200	0	0	SD	75	81	5	39		
					3.2,7.1	3.2,7.3	0.0,0.0	3.4,7.3		
14	150	0	0	SD	70	28	5	47		
					3.2,7.1	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
15	200	0	0	SD	90	45	5	60		
					3.2,7.1	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.10		
16	200	0	0	SD	90	50	5	55		
					3.2,7.3	3.3,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
17	200	0	0	SD	90	50	5	55		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.3		
18	200	0	0	SD	90	47	5	58		
					3.2,7.3	3.2,7.3	0.0,0.0	3.3,7.8		
19	200	0	0	SD	89	48	5	58		
					3.2,7.1	3.2,7.3	0.0,0.0	3.4,7.3		

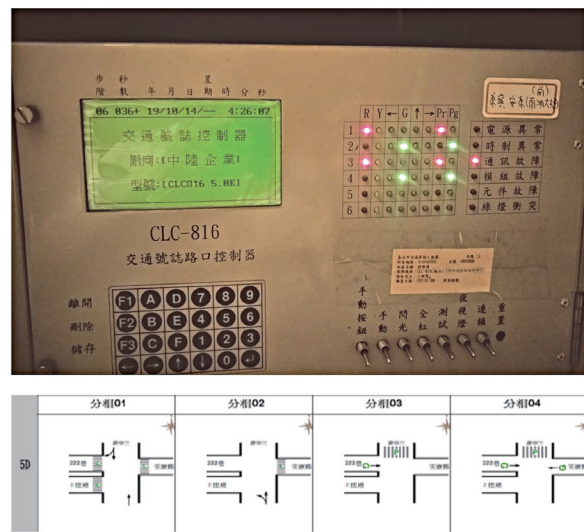


圖 1 臺北市路口時制計畫表及號誌控制器

同前述，時制計畫係依據路口的歷史車流量趨勢來制訂，實務上，各縣市交通業務單位不定期檢討並調整既有的時制計畫，通常在重要瓶頸及易壅塞路口或是交通特性改變之狀況下，需要進行號誌時制重整作業，使單一或多個路口的控制作最佳化的調整，為了使交通規劃人員進行時制計畫重整時有相關準則可以參考，故交通部在 2007 年發行交通號誌時制重整計畫^[1]，內容包含時制重整的作業程序及績效評估方法等，如圖 2，由於號誌時制具有生命週期的概念，各路口常因社經活動改變使交通量需求變化，活動發展隨之變動，因此自然需要進行時制重整，通常各縣市政府會在 1 ~ 3 年之內作為時制更新的週期，通常在易壅塞、交通瓶頸或是匝道與平面匯流路口，則會更頻繁的調整時制計畫，依據美國運輸運作聯盟（National Transportation Operations Coalitions）在 2005 年度時所發行之號誌紀錄報告（The National Traffic Signal Report Card：Technical Report），所統計，完成一路口之時制計畫重整作業，包括計畫管理、平日假日轉向交通量資料蒐集、路口群組分類整理、定性分析、號誌時制計畫分析、路口時

制微調及最終時制計畫下載等，約 4,000 美金其中人力調查成本占了近 40%。

看似合適的定時號制的設計，若在該時段路口交通量變化量大或是有突發交通事件等，導致綠燈於部分時段未達到最有效率的分配或紅燈空等情形，例如，在大型展場活動結束時，大量的疏散車流導致路口交通量與歷史趨勢相差過大，此時「預設」的定時號誌綠燈時間不足，車流無法即時疏解，嚴重時可能會造成回堵等情形，圖 3 偵測器位置在南港展覽館周邊，可以看出周六的交通量趨勢差異並不大，惟 1/19 的尖峰時段車流量遽增。目前在類似像這樣的情況之下，交通控制中心可自動偵測並觀測現場路況監視器（CCTV），若無裝設 CCTV 路口則由民眾主動反應通報，交通勤務單位將會引導現場車流動線，因號誌控制器與交通控制中心已連線，中心相關業務人員可手動調整增加相應方向的綠燈時間，待壅塞情況稍微舒緩，在將綠燈時間恢復至定時號誌狀態。顯然這樣的運作方式既浪費人力，號誌綠燈反應也不夠智慧化，再者，周而復始的進行時制重整，調整時制計畫亦無效率。

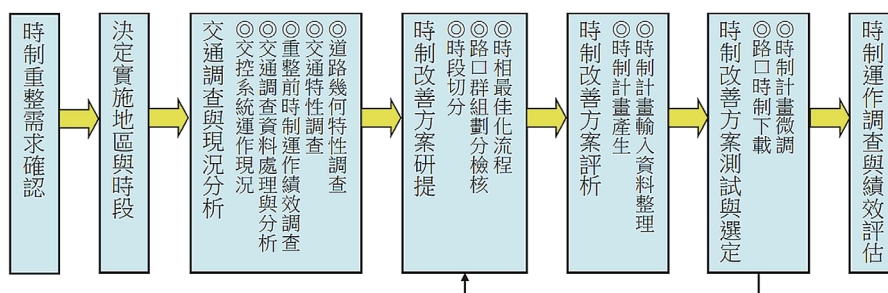


圖 2 時制重整建議作業流程

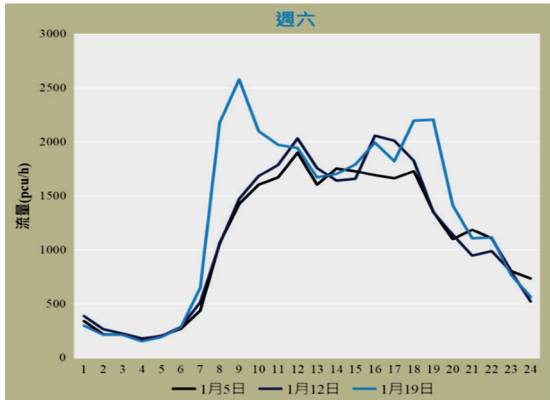


圖 3 南港展覽館周邊路口偵測流量統計圖

動態控制設計

動態號誌控在這個時候就可以發揮更有效率的綠燈分配，圖 4 是 PTV Group 所發行的 BALANCE (Balancing Adaptive Network Control Method) 解決方案在尖峰時段在南港區域的控制狀態，BALANCE 是基於交通車流模型的智慧適應性號誌系統，結合模式評估範圍內之路側偵測器的即時流量，針對當前的交

通狀況，以 5 分鐘為時間間隔不斷最佳化控制路口之時制計畫，圖 4 之黑色實線為定時號誌的綠燈秒數，綠色實線則為 BALANCE 動態綠燈秒數，綠燈秒數可能會增加或是減少，圖內可以看到紅色虛線為飽和度 (Saturation flow rate)，該指標是代表壅塞的指標，理論上飽和度越高越壅塞，超過 1 或是接近 1 時為過飽和或是近似飽和狀態，此時，應該多給予這個方向更多綠燈秒數，因此圖 4 之飽和度與 BALANCE 綠燈時間趨勢相同，便可達到動態控制的需求。

簡單來說，動態號誌控制普遍做法，指的是運用先進的技術，蒐集即時的車流資料，把這些車流資料輸入模型裡面，透過模擬演算決定最好的綠燈分配方式。來提升綠燈使用效率，整體概念流程圖如圖 5，在道路供給容量，如號誌綠燈時間、車道數不變動的情況下，當車輛需求不規則的增減，將由微波型、雷達型、AI 影像辨識或其他種型態偵測器，獲取到交通資料再由最佳化運算後，下達最佳的綠燈時間予號誌控制器，而運算模組目標式不外乎為評量路口或路網降低車輛的旅行時間、停等及延滯等。

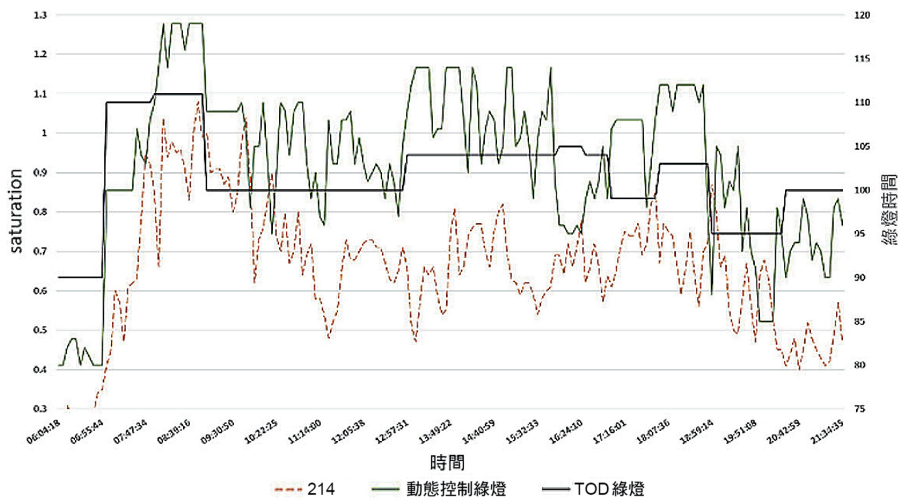


圖 4 尖峰時段動態控制示意圖

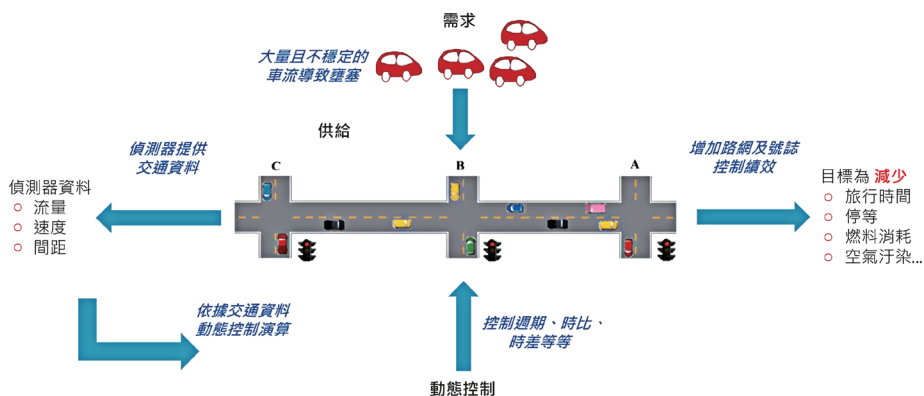


圖 5 即時動態控制流程

動態控制的方式又可以分成很多類，而國際上如今已提出之都市交通控制邏輯之種類與數量極為繁多，例如：各種定時式、觸動式、動態式、全動態式等模式，在（Intelligent Transportation System, ITS）領域普遍深受國際交通運輸界的重視，表 1 彙整出各種控制策略之比較以及適用時機，其中，觸動控制以及適應性號誌策略，為目前臺北市建置智慧號誌系統的主要策略，觸動號誌控制（或稱感應性控制）主要用於交通量變化顯著且無規律，或主要道路和次要道路交通量懸殊之地點，藉由設於道路上之偵測器偵測車輛或行人到達狀況，依據所收集到的車流資料，調整綠燈時間，即時變換燈號；適應性號誌控制策略（或稱全動態交通控制策略），其目的乃為增加路口號誌時制調整之智慧性，以期能夠更快速地因應交通狀況的變化，同時改進動態查表式、動態計算式交通控制方法的缺失，如特殊事件之反應不夠迅速、流量預測之準確度甚低、時制轉換模式所造成之不良績效等等，進而提高運作績效。

BALANCE 適應性動態控制解決方案

號誌時制設計為動態控制的運算邏輯的核心，求解結果必須滿足真實性，縮小與現實的差異，同時兼顧求解時間、成本效益與實用性或相容性，因此多轉為巨觀車流模式進行求解，增加求解效率。PTV BALANCE 解決方案是以動態巨觀車流模式為基礎，配合號誌限制建構複合型最佳化模式以描述車流與號誌之交互作用，在德國、奧地利、波蘭以及印度等國家

之城市陸續導入該方案，並持續優化交通控制路網，BALANCE 解決方案在臺灣實作場域涵蓋交流匝道口、主要幹道、科學園區周邊通勤要道等，估計已控制 28 處路口。因該解決方案模式涉及交通車流數學式、最佳化演算法以及運輸規劃理論，而架構特色以及交通流的處理方式為該解決方案的特色，故以下說明之。

動態求解的架構

描述現實的車流與號誌問題，模式化方法是一項有利的工具。數學模式乃將各種物理現象以量化的關係式呈現，描述彼此的關連，在特定目標下於可行解空間中尋求適當的解。評估良好的適應性號誌控制模式，應該具備三種層次^[2]，策略性（strategic）層次指的是模型可以反映真實路網、車流負荷以及號誌所反映出的狀態，甚至可以預測 5 ~ 15 分鐘之內會有什麼反應，戰術性（tactical）指的是模式內應有最佳化的演算法來計算最好的方案，最後，操作性（operational）則是能夠與行人、公共運輸優先等實務性的客制化策略相容。

PTV BALANCE 以模式為基礎（Model-Base）的解決方案，與門檻為基礎（Logic-Base）的相異處在於，門檻為基礎的邏輯著重於「條件」，舉例來說，當行人或車流達到設定好的門檻的時候，號誌時制應該做何等變化，而模式為基礎的邏輯著重於「模式」，各個影響因素之間有系統性的關聯，以內部反覆迭代運算產生即時的最佳化時制，圖 6 為 BALANCE 的架構，其中，交通流模型（Traffic Flow Model）給予系統現況交通

表 1 動態控制策略一覽表

控制策略	觸動控制	動態查表	動態 TOD	動態計算	適應性號誌
適用時段	全時段	尖峰時段、特殊時段	尖峰時段、特殊時段	尖峰時段、特殊時段	全時段
適用範圍	半觸動適用於幹、支道交通量相差懸殊，且支道交通量變化甚大之地點 全觸動適用於各道路交通量相近但變化甚大且不規律之地點	適用於交通量變化大且不穩定的路口	適用於交通量變化大且不穩定的路口	適用於交通量變化大且不穩定的路口	適用於車流量變化較大且路口流量變化時常不規律之情況
控制方式	依路口車流特性在最小與最大綠燈時間之間浮動調整綠燈時間	自動選取預設之最適時制執行	彈性啟動 / 結束晨昏峰時制 調整非尖峰時段之時比	自動動態計算號誌時制	依據車流量 / 綠燈使用率動態分配各方向車流
偵測器位置	支道 / 幹、支道	幹、支道	幹、支道	幹、支道	幹、支道
時制產生	即時分析	離線分析	離線分析	即時分析	即時分析
時制更迭	小段時階或週期	10 ~ 15 分鐘	10 ~ 15 分鐘	10 ~ 15 分鐘	小段時階或週期
號誌週期	固定	固定	固定	固定	固定 / 非固定

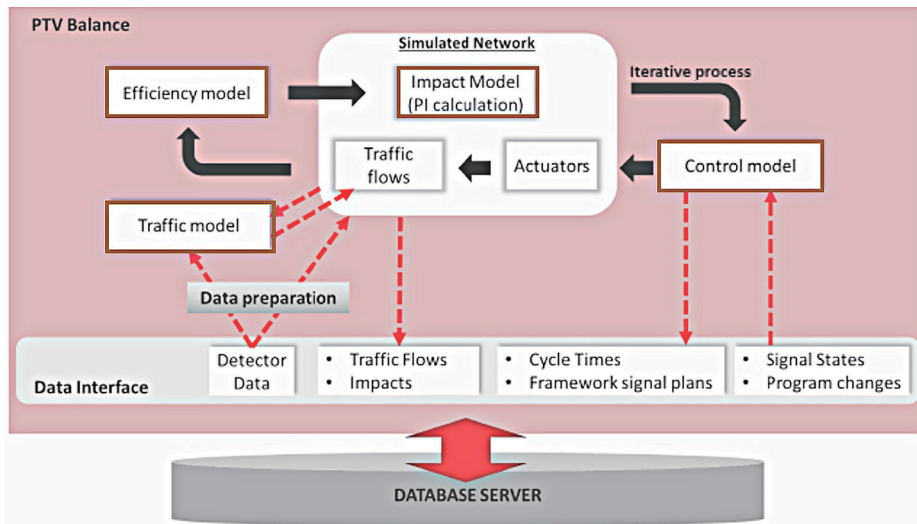


圖 6 BALANCE 解決方案架構

流，同時以中觀模式提供多組時制組合下的交通績效，效率模型 (Efficiency Model)；效率模型 (Efficiency Model) 處理過飽或是交通隨機性的情況，補足交通流模型的隨機性；控制模型 (Control Model) 則為運算的核心，以基因演算法最小化衝擊模型 (Impact Model) 的交通負指標 (延滯、停等車隊以及停等次數)。

對於交通流的詮釋

即時號誌控制系統仰賴穩定的偵測器資料，偵測器之偵測區以及偵測參數必需符合模式需求，因巨觀車流理論將車輛視為連續的流體，流量、密度與速度 (Q-K-V) 三大基本交通參數，所組成的連續函數最常用於分析車流行為，現行多數的偵測器已可以偵測到上述三大基本參數，新型的 AI 影像偵測器甚至可以偵測到停等車隊長度、延滯 (Delay) 或轉向量等交通績效參數，BALANCE 解決方案在因在模式上的優勢，只需要分車種以及分車道的交通量來計算。但是在實務上會面臨到的有可能是：偵測器所回傳到的數值準確率高？數值穩定不中斷？是否每一個控制路口、每一個方向甚至是每一個車道都裝設了偵測器？要如何使用偵測器所提供的橫斷面資料描述連續性的車流狀況？這些是號誌最佳化邏輯設計上的挑戰，BALANCE 之交通流模型融合了歷史及即時的交通車流，來處理實務以及理論上的問題，模式是架構在巨觀路網上，路網上的起-訖交通量 O-D (Origin-Destination) 包含了各路徑的交通流成為了運算的基礎。

BALANCE 解決方案係以每 5 分鐘為單位計算一次最佳化時制，交通流模型詳圖 7 依據計算順序可分為第一層以及第二層，第一層供應目前路網的 O-D 交通量給予第二層，每 5 分鐘計算一次，第二層則是將 O-D 以及影響模型所提供的時制，以中觀模式逐秒推算，在不同時制下每個路口的交通績效。第一層採用了 T-Flow Fuzzy (TFF) 程序，在理論上是相當實用的 O-D 逆推方法，該數學模型的求解將在最大化系統熵值和保持原有 O-D 矩陣的結構之間尋求平衡，在模型求解中，採用了模糊理論的方法，能更好的體現運輸需求在一定範圍內波動。這樣的機制使得系統在資料漏失、偵測器不足或是偵測區域沒有涵蓋所有車道的情況下，仍然可以持續運作，經估計因為通訊問題所導致的偵測器斷線次數，

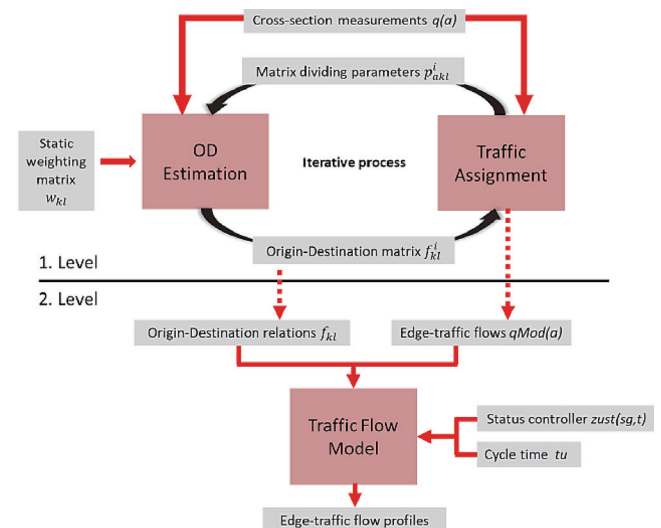


圖 7 交通流模型 O-D 推估流程

一個月多達 50 次，在沒有資料的情況下，BALANCE 解決方案能夠利用上下游偵測器資料以及歷史模型推算出合理的交通流，保持動態控制系統的穩定性。

虛擬環境 (Virtual Environment) 測試

PTV VISUM 與 PTV VISSIM 有高度的相容性，後者為離線微觀模擬軟體，其「微觀模式」乃以單一車輛個別行為現象及其他車輛間之關係為分析基礎，著重於期望速率、間距、相對速度或駕駛者反應時間等參數，用於交通管制、決策行為之分析、控制與評估，由於微觀模式能夠精準描繪道路幾何特性、車流特性、號誌控制及駕駛行為等要件，所以可以作為 (a) 設置一個虛擬環境來進行 BALANCE 測試，預防風險；(b) 可作多種情境方案模擬並分析大量資料；(c) 直接得到現實中較難收集到的交通績效指標。圖 8 為內湖及南港系統，上線之前初期建模校估之微觀車流模擬模型，所搭建的路網雛型、號誌時制及交通流皆由 VISUM 供應，分析者透過各種輸出績效指標判斷最佳化號誌對於車流的反應。

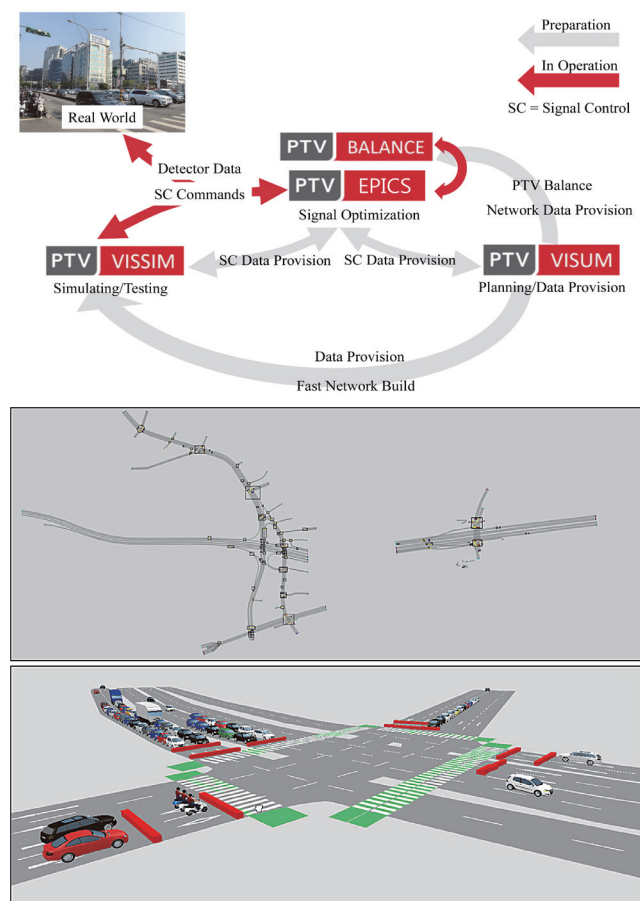


圖 8 南港及內湖區 VISSIM 虛擬路網模型

內湖區及南港區全動態號誌控制系統

內湖科學園區周邊與南港區展覽館（南軟園區）聯外道路，科技、經濟及貿易的發展之下，土地使用價值提高車流需求也隨之增加，長期以來面臨了不同型態的交通壅塞狀況，南軟園區因臨近南港展覽館，於展覽活動期間，主要聯絡道路易因車流量多產生壅塞問題，如康寧路與南湖大橋 / 東湖交流道路口車流回堵至經貿二路與三重路口；內科園區主要壅塞幹道，堤頂大道及舊宗路晨昏峰交通特性具明顯方向性，上午尖峰時段以進入內科園區之車流為主，於交流道附近路口因下匝道車流與平面道路車流交錯易產生壅塞問題，下匝道車流易溢流回堵至國道主線，下午尖峰時段則以離開內科園區之車流為主，鄰近交流道路口因多股車流集中前往交流道，易回堵至平面道路，進而影響堤頂大道及舊宗路上游之車流續進，經統計兩園區主要道路為北市所統計之十大壅塞路段，內湖及南港系統歷經約半年的建置期程，包含偵測器裝設、雲端伺服器搭建、動態模式建立與校估以及平台開發等詳圖 9，2019 年完成建置後開始啟用區域性動態號誌系統。

協控邏輯開發

「續進」設計或號誌連鎖最佳化是號誌設計的一種方式，求解目標為最大化可通過若干連續路口的秒數或車輛數，簡言之，良好的續進（Progression）號誌控制設計，可令幹道雙向之車輛得以盡量通過多個路口，而在動態控制之下路口續進方向的綠燈不斷的調整，鄰近周邊路口維持定時號誌，不隨之調整，反而會造成車流連續通過路口的時間減少，特別是兩路口街廓較小，或是有很明顯續進關係的路口，因此內湖及南港系統在續進控制策略上，分為主控和協控策略，主控路口由 BALANCE 動態控制，協控路口則依據主控路口的綠燈時間增減，維持續進的關係。圖 10 為主 / 協路口的時制時空圖，可描述出控制參數如時差、週期、續進方向時相之相對時差（Relative Offset, R.O.）、續進時相時間以及非續進時相時間，主 / 協路口通常是同週期或是半週期，所以依據這樣的邏輯可推算出恆等關係式，確保續進綠燈不中斷。在內湖及南港系統 2 處路口導入了上述的協控機制，值得一提的是主控路口仰賴偵測器資料，協控路口周邊則無需裝設，在整體建置成本上估計可以節省 15% 的經費。

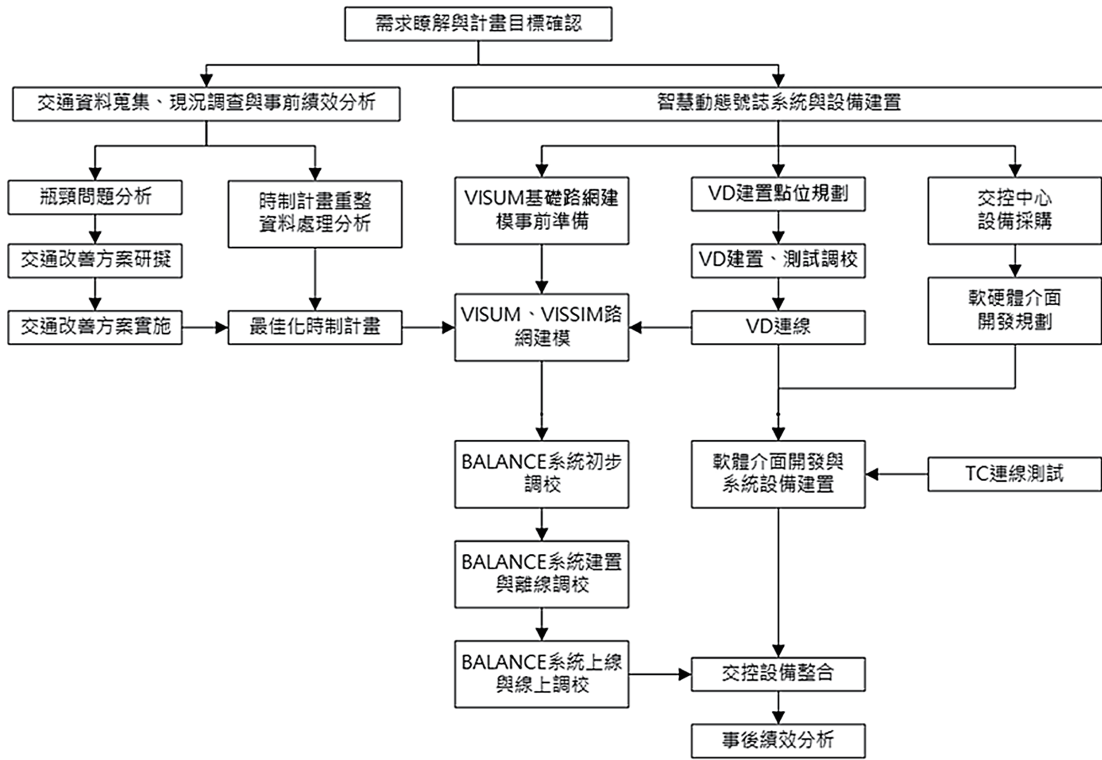


圖 9 內湖及南港系統建置流程

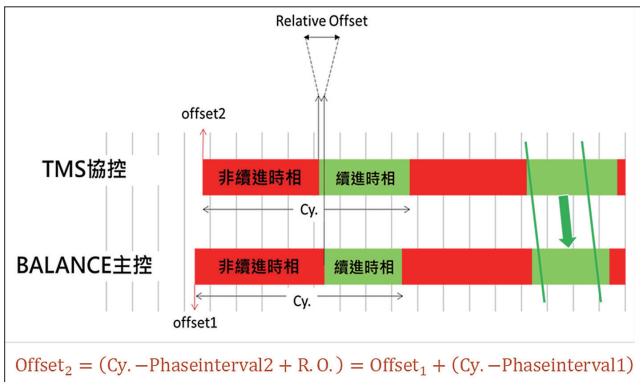


圖 10 主協路口續進時空圖及控制參數

動態控制即時監控平台

內湖及南港控制系統屬於「集中式」控制系統架構，亦為區域型號誌控制的主流，特色是 (a) 所有交通資料及控制指令由中心收納，控制指令也是從中心下達。(b) 雲端化動態控制智慧運算大腦於中心端部屬。(c) 路側端偵測器之交通資料傳輸連結至中心之網路為 4G 或是無線通訊，下達號誌時制計畫亦為 4G 或是無線通訊。動態即時控制系統屬於內部系統，基本上不開放一般民眾查詢，所以依據交控中心業務及層級需求，區分為系統監控人員及決策及分析人員，系統監控人員可

透過即時運算 Web 介面，隨時監看目前協控路口之時制計畫、道路績效及最佳化結果等各種資訊，決策及分析人員可一方透過動態綠燈秒數分析平台，監測目前時制狀態、時制計畫以及相關報表輸出，亦可在特殊時刻終止動態續進號誌的控制權，詳圖 11。

運作後績效表現

分析動態系統運作前後績效，在時間上分為事前（建置前）、事後（建置完成並實際運作）所進行之交通特性調查評估，以檢視計畫實施前後道路之交通服務績效。評估項目包含旅行時間、旅行速率、停等次數、整體延滯、行車油耗、一氧化碳排放、二氧化碳排放等績效指標。所統計出之交通效益部分，行車時間整體改善 7 ~ 10%，路口延滯減少 10 ~ 15%；換算節能減碳效益部分，全年 CO 排放量減少為 101.1 公噸 / 年，CO₂ 排放量減少則為 720.2 公噸 / 年，換算全年 CO₂ 減少貨幣化效益為 424,943 元 / 年，總計全年經濟效益為 59,547,334 元 / 年，而內湖及南港系統計畫總經費僅不到 1,800 萬元，因此，在高度都市化的城市建置動態號誌系統，既可以快速舒緩重現性或非重現性交通壅塞，也具有經濟效益 [3,4]。

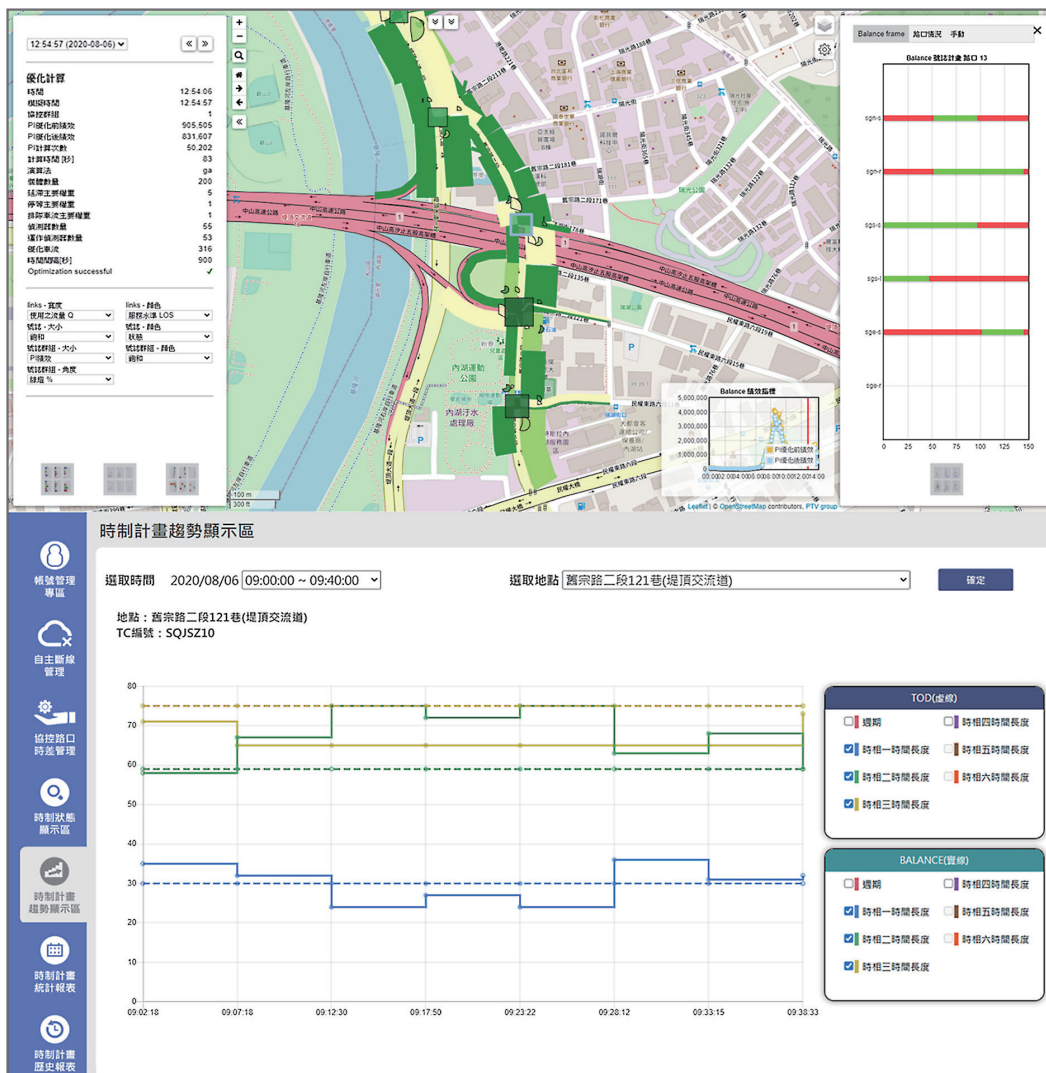


圖 11 即時運算 Web 介面 (上) 與動態綠燈秒數分析平台 (下)

結論

交通科技日新月異，透過動態的交通控制來提升號誌控制的效率，提升道路的供給，為現代化號誌控的主流，除了都市交通控制，如何整合不同單位建立層級交控系統，發展區域交通控制策略與演算邏輯，如協調管理運作機制、控制策略、系統功能與資通訊軟硬體建置、現場交控設施等項目之需求分析、規劃設計、建置與測試、區域交控資料庫建置、區域交控平臺建置與區域交控策略建立成為區域型動態交通控制的思考方向，另一方面，以動態號誌整體系統架構而論，路側控制設備、控制協定標準及控制中心傳輸架構等，限制了控制邏輯的發揮空間，如現行多數路口之行人、行車號誌秒數倒數顯示器，時制轉換補償或採用動態號誌控制秒數時，將會有顯示秒數與實際秒數不符或是斷秒熄燈

狀況，下地挖掘管道以連結其通訊線可解決該問題，然下地挖掘管道需要施工成本與時間，未來採用「PLC-IoT 技術」採既有電力線連結號誌控制器，是未來動態號誌控制系統發展的方向之一。

參考文獻

1. 陳一昌、張開國、張仲傑等 (2007 ~ 2010)，交通號誌時制重整計畫，交通部運輸研究所。
2. Otto, Thomas (2011): Kooperative Verkehrsbeeinflussung und Verkehrssteuerung an signalisierten Knotenpunkten. Ph.D. Universität Kassel, Institut für Verkehrswesen. Available at: <<http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-86219-190-1.volltext.frei.pdf>>
3. 陳奕廷、江伊嵐、葉梓銓等 (2019)，108 年度臺北市重點區域導入智慧動態號誌控制策略計畫期末報告書，臺北市交通管制工程處。
4. 葉梓銓、王耀鐸、楊子鎰、江伊嵐等 (2020)，智慧交通管理—以臺北市智慧號誌為例，第 28 屆海峽兩岸都市交通學術研討會。