

考慮公車車隊之公車優先號誌模擬分析

許添本* 鄭雄飛**

摘要

所謂公車優先號誌，係利用偵測器發現公車需求，進而通知交通號誌控制系統提供適當的控制方法，以利公車通過交叉路口，減少公車行駛延滯。根據國外實施經驗及模擬結果顯示，公車優先號誌確實能有效降低公車於路口等候號誌的時間，故若能實施公車優先號誌，可提供一便捷的公車運行環境，並吸引旅行者使用公車。本研究將首先將分析公車專用道上公車車隊現象，建構公車車隊分析模式，其次再建立一套包含公車及小汽車的微觀車流模擬模式，模擬公車優先號誌考慮不同的公車車隊特性下績效表現。並以國內公車專用道為例，分析適宜之公車優先號誌控制模式。

一、緒言

公車服務品質不外乎市區公車的旅行時間與可靠度，而其主要影響因素有號誌功能、乘客上下車服務與路口交叉幾何狀況等，不同因素會造成不同之延滯時間，以致對公車旅行時間產生不同的影響，一般認為公車專用道的設置可使公車免於混流(Mixed Flows)干擾，而使其行車延滯減少、提昇服務品質，不過其效益卻明顯受到號誌功能之影響，故若能於交叉路口處配合實施公車優先通行號誌，將可提供公車更高的便捷性。

以台北市公車系統為例，主要幹道上共設置 7 條公車專用道，且公車專用道採近端設站比例高達 70%。據調查，公車專用道上，尖峰時間流量每小時可達上百輛，在站區往往行成公車車隊現象，且公車車隊中每部公車之服務時間迴益，若實施公車優先號誌該如何將公車車隊現象納入考慮是必須研究的，此外棋盤式路網的設計，造成交叉路口公車相互競爭，若兩方向上之公車均為車隊現象時，該如何進行優先號誌決策？這些為國內特有的問題，國外的公車優先號誌控制策略不見得適於國內使用，因此發展一套適合國內的公車優先號誌控制模式為本研究嘗試的方向。

* 國立台灣大學土木工程研究所交通組副教授

** 國立台灣大學土木工程研究所交通組研究生

二、公車優先號誌控制策略

常用的優先號誌控制策略大致可依優先程度之差異及公車是否傳回訊息而分為兩大類。依優先程度而言可分為：絕對優先與條件優先。而依公車是否傳回訊息而言，可分為：消極式優先、積極式優先與輔助式優先。其中積極式優先即為本研究所欲採行之控制方式。

2.1.1 優先程度區分

公車優先號誌可依優先程度的不同區分為**絕對優先**與**條件優先**。所謂的絕對優先即不考慮其它的車種的需求下，允許公車不受限制下通過號誌路口；而條件優先則是考慮號誌路口其它車種的需求、路口的整體績效情況下，讓公車在部分條件限制下優先通過路口。

一、絕對優先 (Unconditional Priority)

絕對優先號誌控制係在不考慮其他車種車流所產生之延滯與號誌系統之連鎖的情況下，允許公車優先通過交叉路口之控制方式。此種控制方式嚴重影響其他車種車流的運行與造成路口績效值大幅降低，通常應用於警車、救護車等緊急車輛處理[1]。

二、條件優先 (Conditional Priority)

條件優先係考慮各影響因子對交叉路口之影響，在有利於交叉路口總績效的情況下，讓公車優先通過之號誌控制方式。Werner 等[1]則指出德國之大眾運輸系統有針對絕對優先號誌控制作修正，其修正方法則為當公車已產生延誤時則可獲得絕對優先通行的權利。

2.1.2 以公車傳回訊息區分

視要求而釋放之優先號誌控制方法乃係指當公車到達交叉路口時，傳達一個訊息給路口控制器，以要求路口控制器給予一個優先通行之權利。然而視狀況而釋放之優先號誌控制又可以依要求程度區分為：消極式優先、積極式優先與輔助式優先。[2]

一、消極式優先 (Passive Priority)

消極式優先係透過廣泛的收集公車運作行為的歷史資料，經整理分析後用以預測公車優先通行的需求，由事前之建立控制策略，設定於該控制器之內。常用的控制策略有：(1)降低週期時間 (2)提供公車綠燈時相 (3)以時相設計助於公車移動 (4)連鎖以供公車續進 (5)配合公車量來調整號誌週期 (6)在兩時相以上的號誌，可將公車號誌時相的綠燈時間分割成兩部分，減低公車的等候時間，且不增加其它車輛的延誤。

二、積極式優先（Active Priority）

積極式優先號誌控制策略主要是採用即時的觸動號誌控制觀念，透過偵測器取得公車到達或離開資訊，即時判定優先號誌控制方式。其作法其基本上包括：

1. 延長綠燈時間

當公車於綠燈時間觸動偵測器，但控制系統預測公車到達停止線時燈號顯示將轉為紅燈，則可延長公車行進方向上的綠燈時間，延長的時間為公車由偵測器至停止線的行駛時間，使公車能順利通過路口，降低公車延滯。

2. 切斷紅燈時間（提早綠燈時間）

當公車到達時為紅燈，其前方為一衝突時相，當衝突時相經過最短綠燈時間後，立即進行號誌轉換，提前開啟公車行進方向綠燈，以利公車通行。

3. 插入綠燈時間

當公車到達時為紅燈時間，控制系統於現有的紅燈時間插入一小段綠燈時間，以確保公車能順利通過路口。

三、公車車隊站區需求時間模式之建立

根據本研究於尖峰時段，針對台北市現有之公車專用道（松江路與錦洲街、松江路與一江街）各調查一小時之結果顯示，在公車專用道近端設站站內形成車隊的車輛數，佔總觀測車輛數（267 輛）的 73.6%，而整個公車車隊進站延滯類型根據本研究之調查結果顯示有 42% 的公車受號誌因素而阻礙，如圖 1 所示。此外由於公車車隊在站區內易產生後車服務完畢後，因前車尚在服務乘客，而造成後車等待前車之現象，因此此種受前車阻礙之現象，經由本研究整理之後，如表 1 所示。

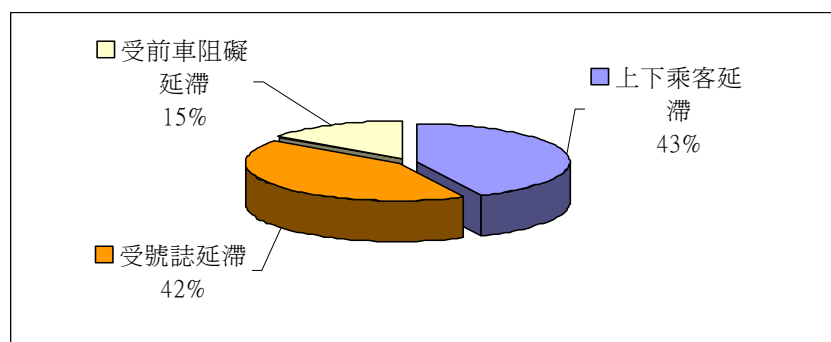


圖 1 進站延滯類型百分比

表 1 受前車阻礙百分比

	第一部公車	第二部公車	第三部公車
1部公車之車隊	×	×	×
2部公車之車隊	24%	×	×
3部公車之車隊	20%	20%	×
4部公車之車隊	×	×	38%

由於國內公車專用道設計多採近端設站，因此部分公車往往於停站服務完畢後，因號誌轉換而停等產生延滯。因此在設計公車優先號誌邏輯時，必須考量公車專用道近端設站情況。在過去的公車優先號誌研究中，往往因考慮近端設站時，需考量每部公車的服務時間的不同所產生的變異，造成優先號誌設計不易，而予以省略。有鑑於此，本研究嘗試建構一包含服務時間變異之公車車隊站區需求時間模式（Departure Need Time, NDT）。

一般公車進站服務過程中主要包含：(1)駕駛者反應時間，(2)車輛移動時間，及(3)車輛服務時間。因此只要求出車間距的期望值便可推估出一部公車從進站到服務完畢所花費時間的期望值；但兩部以上的公車同時進站時服務時，車輛的推進則會發生「前車阻擋後車」，因此，在車間距的分析上就必須區分「不受前車阻擋」與「受前車阻擋」兩種情境來分析，有關推導的細節茲說明如下：

公車車隊站區需求時間推導

若站區為二車隊以上時，公車的推進則會發生「不受前車阻擋」與「受前車阻擋」兩種情境，本研究分別以二車隊圖 2 與圖 3 所示為例，進而以此推估公車車隊站區需求時間。

其中 h ：車頭距(秒) R ：表反應時間(秒) M ：表車輛進站時間(秒)
 S ：表車輛服務時間(秒) M' ：表車輛離站時間(秒) W ：等待時間(秒)
 H ：車隊站區需求時間

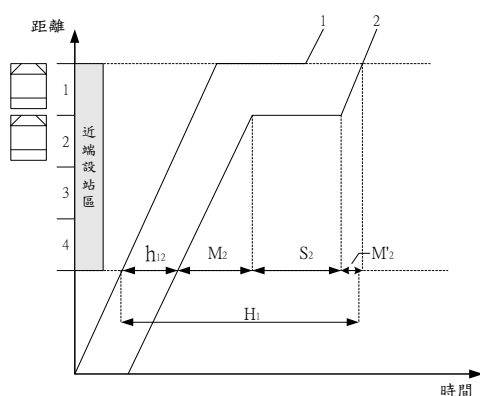
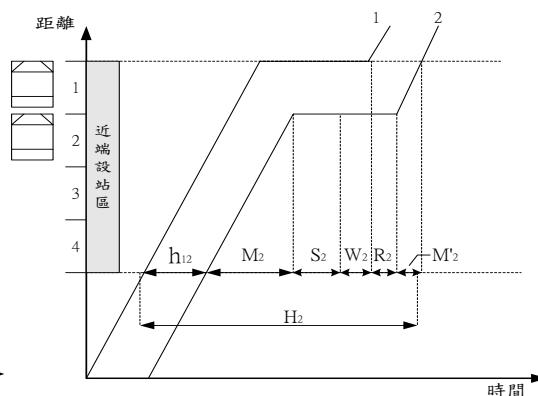


圖 2 二車隊「未受前車阻擋」車流圖解示意圖 圖 3 二車隊「受前車阻擋」車流圖解示意圖

未受阻二車隊站區需求時間： $H1 = h12 + M2 + S2 + M'2$

$$= h12 + (M2 + M'2) + (S2)$$

受阻二車隊站區需求時間： $H2 = h12 + M2 + S2 + W2 + R2 + M'2$

$$= h12 + (M2 + M'2) + (S2 + R2 + W2)$$

由上我們可以推導出 n 車隊「受阻」與「未受阻」之站區需求時間：

未受阻 n 車隊站區需求時間：
$$\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1} + (M_n + M'_n) + S_n$$

受阻 n 車隊站區需求時間：
$$\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1} + (M_n + M'_n) + (S_n + W_n + R_n)$$

因此二車隊站區需求時間 DNT 可以下式表：

$$\begin{aligned} \text{DNT} &= \max(H1, H2) \\ &= \max(h12 + (M2 + M'2) + (S2), h12 + (M2 + M'2) + (S2 + R2 + W2)) \\ &\approx h12 + (M2 + M'2) + \max(S2, S2 + R2 + W2) \\ &\approx h12 + (M2 + M'2) + \max(S2, S'2) \end{aligned}$$

$$E(\text{DNT}) = E(h12) + E(M2 + M'2) + E(\max(S2, S'2))$$

$$= E(h12) + E(M2 + M'2) + \int_0^{\infty} [1 - P(S2 < t)P(S'2 < t)]dt$$

因此，在未受號誌的情況下，一旦有 n 車隊在站區狀況下，則可推導出 n 部車的從進站到服務完畢的時間，如式 (1)。

$$E(\text{DNT}) = E\left(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}\right) + E(M_n + M'_n) + E(\max(S_n, S'_n))$$

$$= E\left(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}\right) + E(M_n + M'_n) + \int_0^{\infty} [1 - P(S_n < t)P(S'_n < t)]dt$$

$$(\text{for } n \geq 2) \quad (1)$$

四、公車車隊站區需求時間實例分析

本研究將相關資料分為二部份進行分析，該二部份分別為「**進離站時間整合分析**」與「**受阻與未受阻車隊需求時間整合分析**」，分析說明如後。

一、進離站時間整合分析

公車進離站時間主要受停車席位的影響，因此本研究從調查資料中選取不受號誌及站外延滯影響之一車隊、二車隊、三車隊及四車隊資料進行進離站資料分析。在統計分析上利用卡方檢定法進行適合度檢定，再將通過檢定之進離站時間的卡方值轉換為 P-value，選取 P-value 最大之時間即代表該車隊之進離站時間。統計結果進站時間如表 2 所示，而離站時間如表 3 所示。

表 2 車隊進站時間分析

	一車隊	二車隊	三車隊	四車隊
進站時間(秒)	10	8	6	4
χ^2	$\chi^2(0.05, 40)$ =55.76	$\chi^2(0.05, 52)$ =69.83	$\chi^2(0.05, 55)$ =73.31	$\chi^2(0.05, 40)$ =64.00
卡方值	16	24.88	19.33	15.5
P-value	0.9998	0.9995	0.9999	0.9999

表 3 車隊離站時間分析

	二車隊	三車隊	四車隊
進站時間(秒)	6	7	10
χ^2	$\chi^2(0.05, 69)$ =89.39	$\chi^2(0.05, 54)$ =72.15	$\chi^2(0.05, 34)$ =48.6
卡方值	42.83	24.57	15.5
P-value	0.9944	0.9998	0.9972

在表 3 中並無一車隊之離站分析，主要因為當公車停在第一席位時，其車頭往往已接近站區前端之停止線，因此在本研究中並不將其納入分析考慮。將表 2 與表 3 之車隊進離站時間整合後，即可求得 (1) 式中進離站時間之期望值 $E(M_n + M'_n)$ ，如表 4 所示。

表 4 車隊進離站時間期望值 (單位：秒)

	進站時間 (M_n)	離站時間 (M'_n)	$E(M_n + M'_n)$
一車隊	10	0	10
二車隊	8	6	14
三車隊	6	7	13
四車隊	4	10	14

二、受阻與未受阻車隊需求時間整合分析

在受阻車隊與未受阻車隊之間最大的差異，在於受阻車隊多了等待時間與反應時間。因此在求取車隊站區需求時間 (DNT) 的期望值係由 $\max(H1, H2)$ 的期望值所決定，而 $\max(H1, H2)$ 的期望值係由未受阻公車之服務時間 S_n 與受阻公車之服務時間 S'_n (含等待時間與反應時間) 的期望值所決定，即 $\max(S_n, S'_n)$ 的期望值，如式 (1) 所示。為求得 $\max(S_n, S'_n)$ 的期望值，本研究係以「伽瑪分配」來配適此二種不同的公車服務時間，並以 Kolmogorov-Smirnov 檢定方法進行適合度檢定。由前面的統計結果，本研究將各車隊站區需求時間整理如表 5 所示。而表中之車頭距 (headway) 之加總，在模擬模式中將可利用偵測器獲得。

表 5 公車站區需求時間

N 車隊	$E(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}) + E(M_n + M'_n) + \int_0^{\infty} [1 - P(Sn < t)P(S'n < t)]dt$ $n \geq 2$
一車隊	$10 + 18 \cdot 2$
二車隊	$E(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}) + (8 + 6) + 25 \cdot 35$
三車隊	$E(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}) + (6 + 7) + 25 \cdot 81$
四車隊	$E(\sum_{j=1}^{n-1} h_{j,j+1}) + (4 + 10) + 27 \cdot 64$

五、公車優先號誌控制邏輯

整個公車優先號誌控制系統流程圖可以圖 4 表示。

此外為簡化問題及處理近端設站部分，本研究作如下的假設與限制：

1. 本研究以二時相號誌，在不考慮轉向車輛，設定模擬分析之號誌控制邏輯。
2. 當公車進入站區後，優先號誌控制系統能獲知公車的動態及位置。

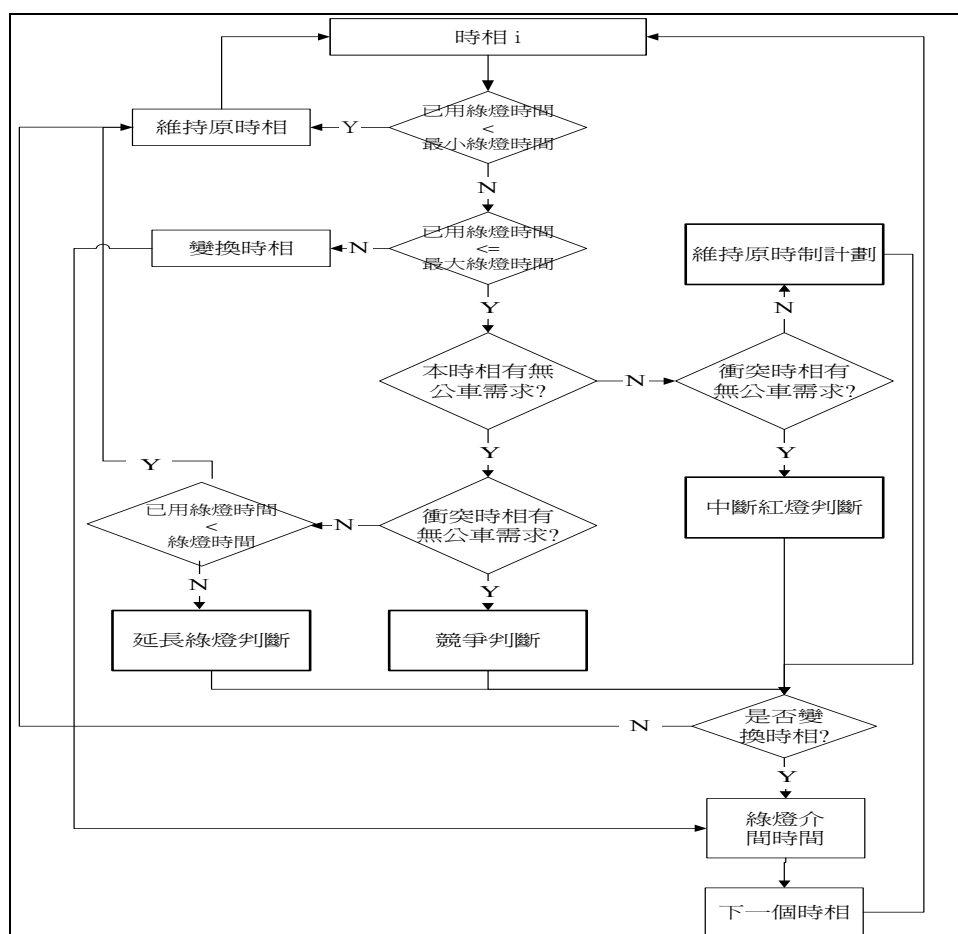


圖 4 控制系統流程圖

5.1 TOL 邏輯[3]

在本研究中，當車輛之間產生競爭時(公車與公車、公車與小汽車)則以 TOL(Traffic Optimization Logic) 邏輯判別是否延長綠燈或中止綠燈切換時相。如圖 5 所示，其計算過程如下：

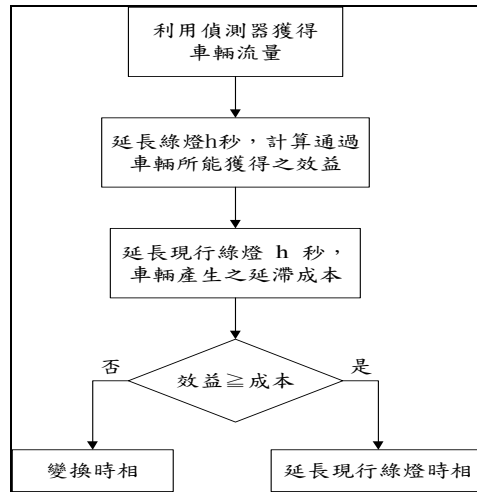


圖 5 TOL 控制邏輯圖

1. 現行綠燈時相 i 延長 h 秒所能獲得延滯成本的節省為 B
2. 現行紅燈時間 I' 增加延滯為 D
3. 延長綠燈與否之判斷

在本研究中，若為條件優先，則必須個別計算公車之效益與小汽車之效益，再將兩者加總。為反應公車與小汽車之乘載率不同，其中小汽車乘載率為 1.5，公車乘載率為 30。

為建構優先號誌控制邏輯，本研究針對站區的公車特性進行研究，並將站區分為兩個部分，如圖 6 所示。一為服務完畢之公車為 Section3，簡稱 SEC3，共有 K 輛公車服務完畢；一為服務中之公車為 Section2，簡稱 SEC2，共有 M 輛公車正在服務上下乘客。

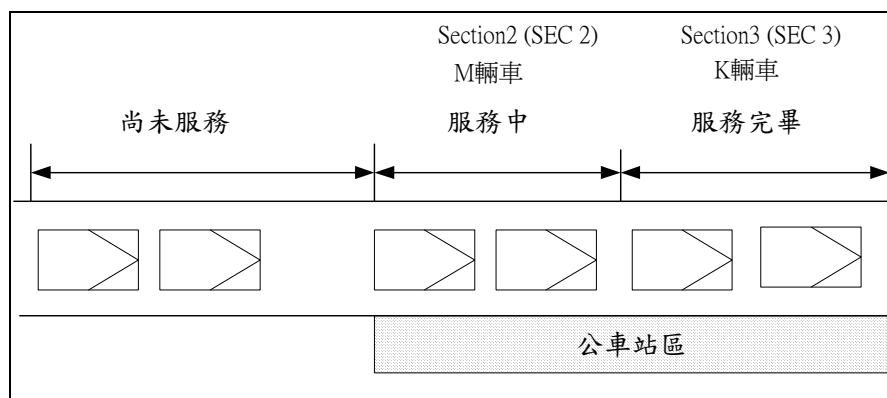


圖 6 站區示意圖

5.2 延長綠燈邏輯

一、延長綠燈

(一)Section3 有公車，Section2 無公車

只要 Section3 上的第 k 輛公車到達停止線的時間點，在最大綠燈時間內時，則延長綠燈使第 k 輛公車能順利通過停止線。其邏輯為：

當 $U_i(t) + GE_k < G_{max}$

則 $G_{min} = \max(G_{min}, U_i(t) + GE_k)$

其中， $U_i(t)$ ：時相 i 已用過的綠燈時間

GE_k ：由現在時刻，Section3 第 k 輛公車到達停止線所需的時間

G_{max} ：最大綠燈時間

G_{min} ：最小綠燈時間

(二)Section3 無公車，Section2 有公車

當 Section3 沒有公車，而 Section2 有公車時，只要 Section2 上的第 m 輛公車能在最大綠燈內通過停止線，則延長綠燈使第 m 輛公車順利通過停止線，但是由於 Section2 之公車為服務中之公車，因此必須用一有效方估測第 m 輛公車到達停止線時間，此一部分則藉由第三章所述之公車車隊站區需求時間 (Departure Need Time, DNT) 計算之。其邏輯為：

當 $U_i(t) + DNT_m < G_{max}$

則 $G_{min} = \max(G_{min}, U_i(t) + DNT_m)$

其中， DNT_m 為現在時刻，Section2 第 m 輛公車到達停止線之時間，亦即本研究於表 5 調查之結果。

(三)Section3 有公車，Section2 有公車

當 Section3 與 Section2 同時有公車時，則判斷邏輯先計算 Section3 中之公車通過路口之時間是否在最大綠燈內，如果 k 輛車通過停止線之時間還在最大綠燈時間內，則進一步計算 Section 中之第 m 輛公車是否能在最大綠燈時間內通過停止線，若在最大綠燈內，則延長綠燈，否則立即轉換號誌。其原則如下：

當 $U_i(t) + GE_k < G_{max}$

則 $G_{min} = \max(G_{min}, U_i(t) + GE_k)$

當 $G_{min} + DNT_m < G_{max}$

則 $G_{min} = \max(G_{min}, G_{min} + DNT_m)$

否則進行號誌切換。

其中， DNT_m 為現在時刻，Section2 第 m 輛公車到達停止線之時間，亦即本研究於表 5 調查之結果。

二、條件優先

有關延長綠燈之條件優先，則將絕對優先中延長綠燈時間代入 TOL 邏輯，進行路口

績效判斷，當績效大於 0，則延長綠燈，當績效小於 0，則立即切換號誌。

5.3 切斷紅燈邏輯

一、絕對優先

(一)Section3 有公車

在決策時點時，當優先程度為絕對優先，競爭時相的 Section3 有公車，則立即切換號誌，使公車減少等待時間，而提早通過路口。

(二)Section3 無公車，Section2 有公車

當 Section3 無公車需求時，而 Section2 有公車需求，但由於 Section2 之公車為服務中之公車，因此必須利用 DNT 計算第 1 輛公車到達停止線時間。

其邏輯為：

$$\Delta S = E(DNT_1) - \text{ServicedTime}$$

$$SW = \Delta S - CT - ST$$

當 $\Delta S \leq 0$ 時，則立即切換號誌

當 $SW \leq 0$ 時，則立即切換號誌

當 $SW > 0$ 時，維持原時制， $U_i(t) = U_i(t) + ST$

其中， ΔS ：由現在時該，第一輛公車還需多少時間服務完畢

ServicedTime：已服務時間

SW：號誌切換時間(Time interval)

CT：綠燈介間時間

ST：執行優先號誌控制邏輯的間隔，本研究定為 3 秒

當 ΔS 與 SW 則小於 0 時，表示公車已服務完畢，或是即將服務完畢，因此唯有立即切換號誌時相，方能確保公車能順利通過路口。當 SW 大於 0 時，表示，本時相經過綠燈介間時間後，競爭時相之公車仍未服務完畢，因此，不需立即切換號誌。

二、條件優先

有關切斷紅燈之條件優先，亦是利用 TOL 邏輯，進行路口績效判斷，當切斷紅燈之績效小於 0，則保持原號誌時制，當績效大於 0，則立即切換號誌給予公車通行。

5.5 競爭模式

一、絕對優先

(一)

當本時相 Section3 有公車需求時，在最大綠燈時間內一律延長綠燈使其通過路口。當競爭時相也有公車需求時，需等待本時相之 Section3 之公車通過路口後，再將綠燈時相切換至競爭時相。

(二)

當本時相 Section3 無公車需求時，而競爭時相 Section3 有公車需求，此時立即切

換號誌，使競爭時相之公車能順利通過路口。

(三)

當本時相與競爭時相 Section3 均無公車需求，而 Section2 同時有公車需求時，則以本時相公車車隊 DNT 與競爭時相公車車隊 DNT 比較，較早服務完畢之公車車隊則給予綠燈時相。

二、條件優先

有關競爭模式下之條件優先，在作法上直接利用 TOL 邏輯進行路口績效判斷，當績效大於 0，則延長一個時階，當績效小於 0 則立即切換號誌。

六、模擬模式確認

模式確認之主要目的在測試模式是否達到原先設計的目標，確認由模式所產生之隨機變數量與模式輸入之分配型態是否相符，及模式的推進邏輯是否合理，其運作的程序如下[4]：

1. 首先進行模擬程式除錯 (Debugging) 的工作：包括程式撰寫時所產生的錯誤及程式語法上的錯誤。
2. 模式隨機變錯之確認：包含亂數產器有無符合隨機且均勻的要求及各種統計分配有無通過檢定。
3. 模式邏輯的確認：包括模式觀念上、理論上、假設上與行為關係上進行確認，其方式有二：
 - (1) 追蹤 (Tracing) 模式內不同體 (Entities) - 每部車或車隊，於模式中各程式間運作之情形，並確認其跟車行為、變換車道、併入、轉出、加速…等有無達原先預測的結果。
 - (2) 就模式內各主、副程式之邏輯與輸出與輸入之間關係進行確認。
4. 模式內參教校估與敏感性分析：針對不同流量水準下之模式運作有無異常現象之試，來了解模式適用之狀況；此外，需了解不同參數值之大小對模式之影響程度，如車輛最大減速率、交通組成、駕駛人反應時間等影響因素進行敏感度分析。

本研究主要是建立考慮公車車隊的優先號誌控制邏輯，因此在控制邏輯的確認上必須優先號誌邏輯是否正確，此外還必須更進一步的確認考慮車隊與無車隊之控制邏輯有無差異，因此本研究藉由車輛運行軌跡圖，可以得知公車車輛在號誌路口的推進是否合理。

6.1 車輛運行軌跡

在模式確認的過程中，本研究將亂數種子固定，如此一來，我們在追蹤車流軌跡時，

可以針對同一部公車進行追蹤。

一、切斷紅燈策略之公車運行軌跡

圖 7 為固定時制下公車運行軌跡圖，圖中 A 車在停站服務後，於綠燈時間離開，B 車於停站服務後，受號誌阻礙而停等，C 車並無停站服務，但也受號誌阻礙而停等。以 B 車為例，停站服務結束時點為 286 秒，而紅燈時相結束時點為 360 秒，因此 B 車受號誌阻隔約 80 秒左右。圖 8 為考慮車隊現象之優先號誌控制邏輯，B 車於停站服務後，受號誌阻礙而停等，但是由於實施切斷紅燈策略之優先號誌，因此紅燈時相結束時點為 295 秒；因此可了解本研究之優先號誌確實能夠有效的縮短公車等待時間。

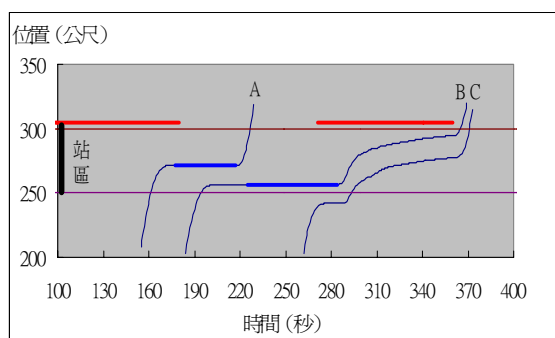


圖 7 定時時制下公車運行軌跡圖(1)

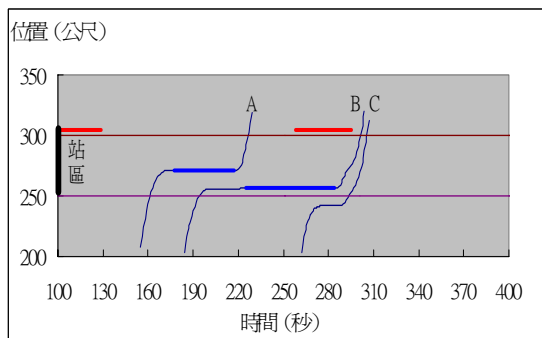


圖 8 考慮車隊下切斷紅燈之公車運行軌跡圖

二、延長綠燈策略之公車運行軌跡

延長綠燈策略係用於將原時制綠燈時間延長，其目的是讓即將離站之公車能因綠燈時相的延長而能順利通過路口，不受號誌阻礙。圖 9 為固定時制的結果，只有 3 部公車能於綠燈時相通過路口，其它車輛則受號誌阻礙而產生延滯。圖 10 則為考慮公車車隊下之公車優先號誌下延長綠燈之公車運行軌跡，在該控制邏輯下，可通過 8 部公車。由圖形分析可知，本研究的模擬模式在近端設站絕對優先的情況下確實能使公車得到絕對優先的通行權，不需因紅燈而產生停等。

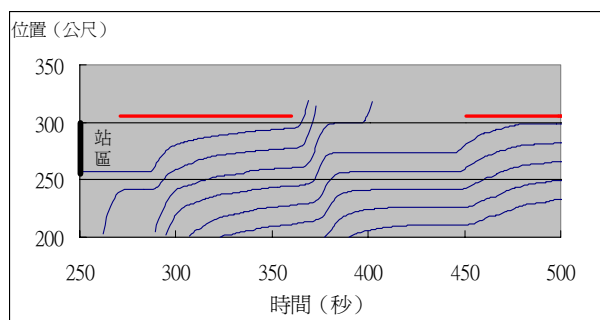


圖 9 定時時制下公車運行軌跡圖(1)

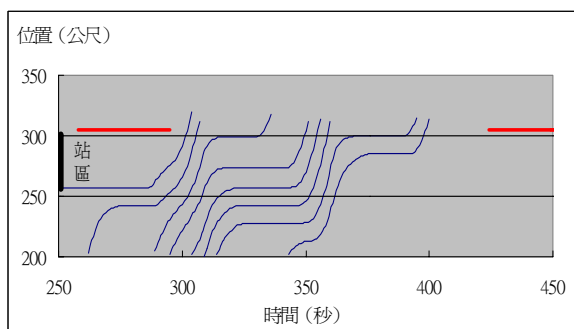


圖 10 考慮車隊下延長綠燈之公車運行軌跡圖

三、未考慮公車車隊優先號誌 V.S 考慮公車車隊優先號誌

本研究之公車優先號誌係考慮公車車隊現象之控制邏輯，因此為比較出未考慮公車車隊優先號誌與考慮公車車隊優先號誌之間差異，本研究將模擬 1000 秒時間內之公車運行軌跡圖畫出，如圖 11 與 12 所示。

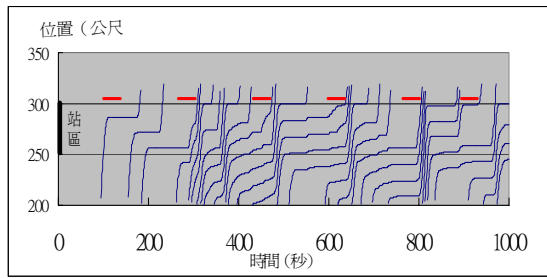


圖 11 未考慮車隊優先號誌公車運行軌跡圖

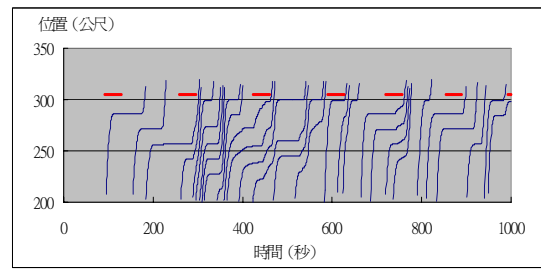


圖 12 考慮車隊優先號誌公車運行軌跡圖

由上下二圖可看出當未考慮公車車隊現象時，優先號誌在模擬時間 1000 秒內可通過 25 部公車，就考慮公車旅行時間而言，平均每部公車旅在觀測路段 150 公尺內的旅時間為 128.6 秒，這包含了上下車與受號誌阻塞之時間。而考慮公車車隊現象時，優先號誌在模擬時間 1000 秒內可通過 28 部公車。平均每部公車旅在觀測路段 150 公尺內的旅時間為 77.25 秒，這包含了上下車與受號誌阻塞之時間。因此很明顯可看出本研究的模擬模式確實能使公車車隊得到優先通行權，不需因為紅燈而產生停等延滯。

七、模擬模式之應用

由於兩條相交道路分別都設有公車專用道，且近端都有設站。本研究跟據公車流量的不同分為 30、60、90、120vph 四種，在號誌週期為 74 秒時小汽車流量採取 300、500、700 三種，當號誌週期為 180 秒時，小汽車流量採取 900、1100 和 1300vph 三種。優先號誌程度則分為絕對優先與條件優先的不同，可將在考慮公車車隊到達下的績效模擬所有結果呈現如圖 13-圖 16。

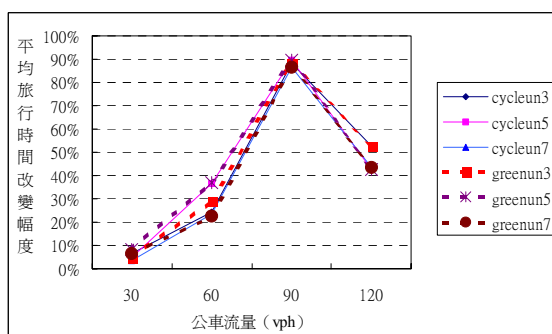


圖 13 絕對優先系統績效圖（一）

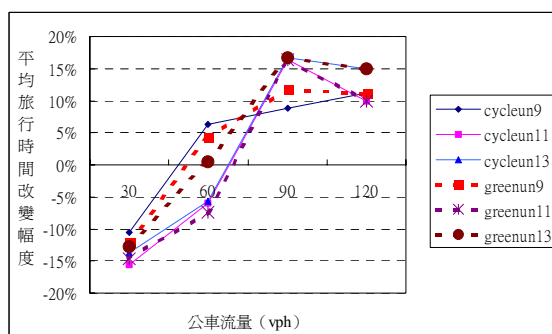


圖 14 絕對優先系統績效圖（二）

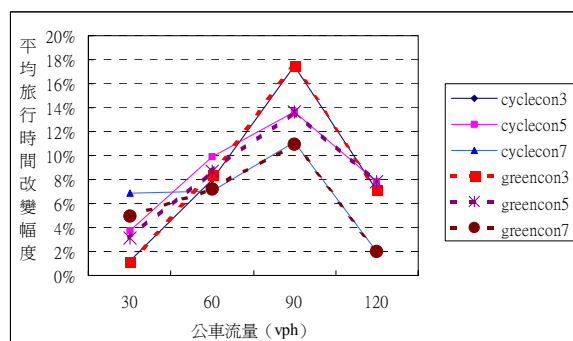


圖 15 條件優先系統績效圖（一）

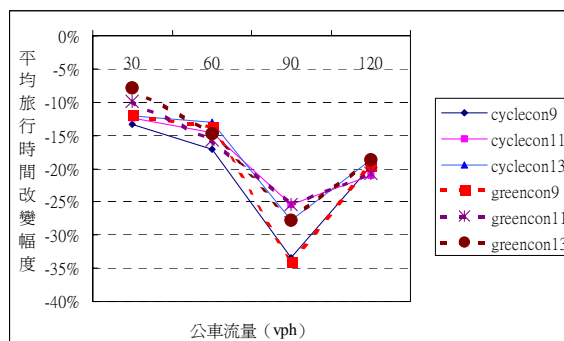


圖 16 條件優先系統績效圖（二）

整個號誌是在考量整個路口最佳的情況下，進行號誌決策，所以可以由表 6-* 看出系統平均旅行時間減少 10%~35% 左右，此外由表可看出所有對公車或是系統而言，均是條件優先較佳，係主要絕對優先在不考量系統情況下，反而破壞了號誌週期，因此還造成整個系統的急速惡化，因此並不適用於雙道路公車專用道近端設站之路口。

八、結論與建議

根據本研究所建構之公車優先號誌控制模式與原有的定時時制相較，可發現當實施條件優先之績效優於絕對優先，其主要原因為整個條件優先是以整個路口之績效變化，作為一號誌判斷之準則，而絕對優先則僅針對公車系統而言，因此對整個路口系統而言，條件優先較佳。此外當公車流量增加時，整個優先號誌之績效也愈顯著，其主要原因在於優先號誌得以反應出公車之乘載率。

由於本研究僅針對一路口進行模擬分析，因此建議未來可朝整個幹道之續進、路網之最佳，以進一步分析公車優先號誌之試用性。

九、參考文獻

1. Werner Brilon, Wolf Laubert, "Priority for Public Transit in Germany," Journal of Advanced Transportation, Vol.28, No.3, pp-313-340, 1994
2. Srinivasa R. Sunkari, Phillip S. Beasley, Thomas Urbanik II, Daniel B. Fambro, "Model to Evaluate the Impact of Bus Priority on Intersections", Transportation Research Record, No.1494, pp.117-123, 1995.
3. 李樑堅，「建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯」，成大交研所博士論文，民國 82 年。
4. 黃泰林、李樑堅、廖晉德，「車流模擬模式中確認程序與驗證方法之研究」，運輸，第 18 期，民國 81 年，頁 45-66。