

捷運化公車準點控制模式之研究

蘇志強¹ 王子棟² 顏伯傑³

摘要

捷運化公車(Bus Rapid Transit · BRT)為建置成本低、可及性高、運量要求不大之大眾運輸方式，是有效改善都會區日益嚴重的交通壅塞問題的方法，相較於捷運系統建置成本高，施工時間長，運量規模要求大，推廣性受限並不適合每個都市。

本研究以高鐵嘉義站聯外BRT之建置為研究範圍，定義「準點」的意義及影響公車準點的因子，計分為非預期因素與預期因素兩大構面及天候因素、人為因素、站內因素與站外因素等4個子構面及34個項目，分析10個號誌化路口幾何特性，選出三個路口為代表性路口，分析並處理實施BRT公車優先號誌亟需解決的問題：如BRT公車優先號誌啟動時機、一維路口競爭模式之處理、BRT公車直行、左右轉與衝突車流之處理等問題，運用VPS(Vehicle Positioning System)核心技術作為公車節點續進特性動態資訊的演算基礎，即具有每秒傳輸定位座標之功能，構建BRT準點優先號誌模式，篩選BRT公車優先通行策略為延長綠燈與切斷紅燈，施作BRT公車準點優先通行策略雛型。

運用模擬方式，評估BRT公車直行與左右轉行向，在平均停等延滯、車輛平均停等百分比與總乘客延滯上對路口績效值與BRT公車通行的影響；改善BRT公車準點績效平均停等延滯，達到公車準點目標與提升公車服務品質。

關鍵詞：捷運化公車、準點、優先號誌

壹、前言

台北市於85年第一條捷運(MRT)通車後，為交通問題的改善打入了強心劑，台灣各都會區亦起仿效之意，諸如高雄捷運的規劃興建，但捷運系統建置成本高，施工時間長，運量規模要求大，推廣性受限並不適合每個都市，故有興建輕軌運輸(LRT)之考量。LRT採平面運行，成本較MRT低廉，可

¹ 中央警察大學交通管理研究所教授。

² 中央警察大學交通管理研究所碩士，現為雲林縣警察局交通隊警務員。

³ 中央警察大學交通管理研究研究生。

及性亦高，不失為良好的大眾運輸工具以改善交通壅塞方式之一；然而考量建置成本更低、可及性更高、運量要求不大之大眾運輸方式---捷運化公車(BRT)遂成為政府解決都會區交通壅塞問題或城際運具接駁的另一個重要方式。

BRT 簡單而言就是將公車捷運化，依美國交通部大眾運輸局提出的新概念即為「軌道思維，應用公車」(Think rail, use buses)，亦即將傳統公車提升至軌道運輸的服務水準以改善公車行駛時間及路權，提高運輸效率。由傳統公車升級到 BRT，除了具備專有或部分專有路權、改良式車體、高效率車外收費系統、結合 ITS 技術等各種要件外，能否達到準點的要求占極重要的地位，本文著重在捷運化公車準點控制模式之研究，以克服傳統公車難以準點的問題，期能達到下列研究目的：

- 一、BRT 與傳統公車的區隔。
- 二、兼顧路口績效與 BRT 準點需求。
- 三、提升 BRT 的服務品質以滿足乘客的需求。
- 四、提升 BRT 的載客量，使都市交通、乘客、公車業者達到三贏的局面。

貳、準點的定義與影響公車準點的因子

2.1 各大眾運輸系統對準點的定義

一、台灣鐵路管理局

依據台鐵調度總所遵循之鐵路統計制度(張葆鈞,民 57)，對於延誤之定義為實際到站時間超過原表訂到站時間十分鐘以上(含)者，稱為誤點。

二、台北大眾捷運股份有限公司

「台北大眾捷運股份有限公司系統服務指標」第二項快速指標中，準點係指列車於單方向上由起駛站行駛至終點站之實際到達時間與列車運行時刻表所預定到達時間之正負差距在一分鐘以內者。

三、國光客運股份有限公司

該公司對於誤點之定義為行駛之班車未能準時、慢分發車。對於準點性定義為行駛之班車，自起站能準確依時發車、能準時抵達迄站，其行車時間未提早或延誤。對於延誤之定義為泛指行駛之班車起站提早或慢分發車，或遲緩抵達迄站。

四、中華航空公司

該公司對延誤之定義係根據國際慣例，以公告班機時間表為準，班機離站時

間超過十五分鐘以上者為誤點。另依民用航空乘客與航空器運送人運送糾紛調處辦法：第3條：運送人於確定航空器無法依表定時間起程，致國內航線遲延十五分鐘以上、國際航線遲延三十分鐘以上者或變更航線、起降地點時，應即向乘客詳實說明原因及處理方式。

2.2 歸納文獻上準點的定義與影響公車準點的因子

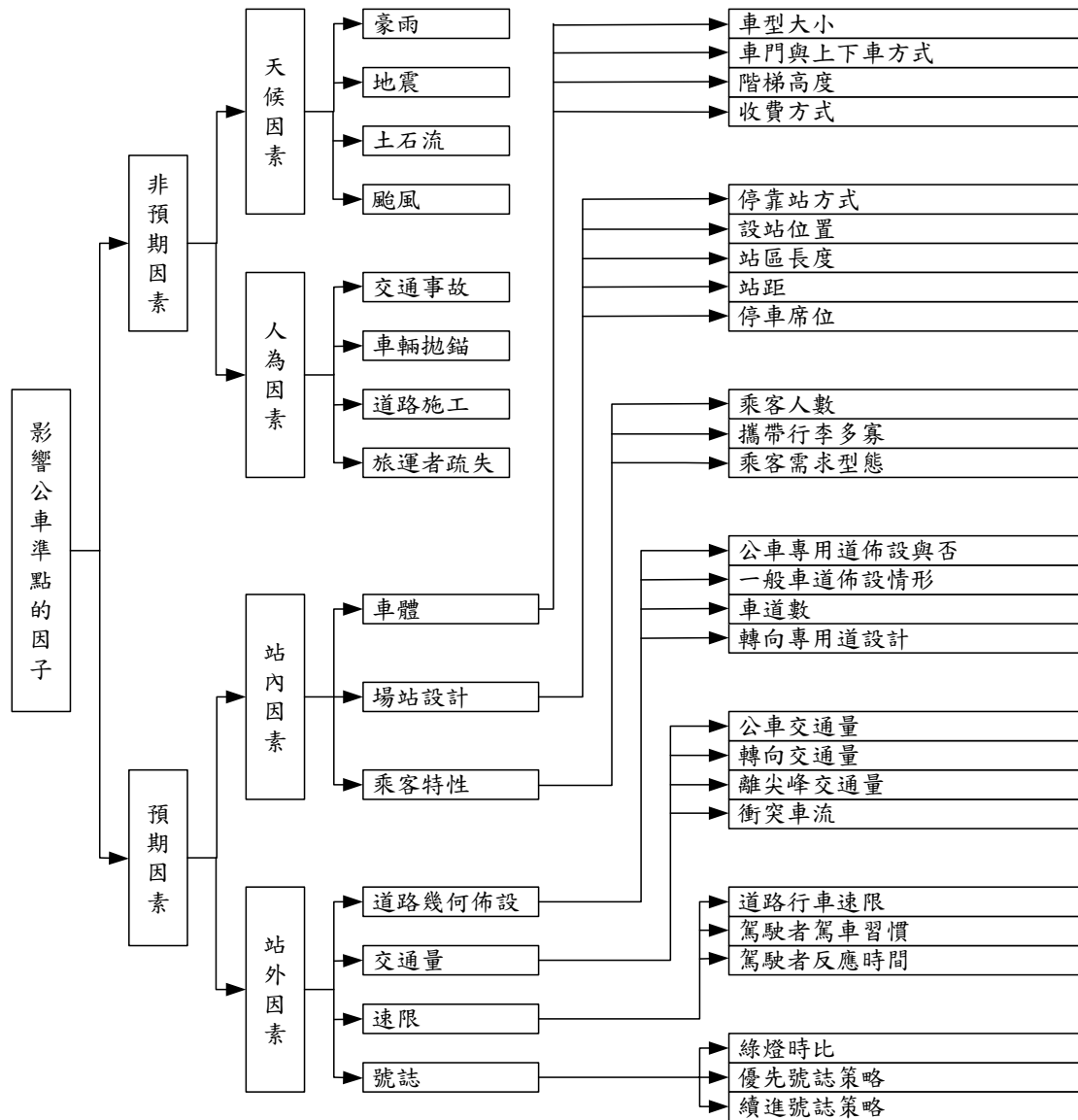
- 一、準點的定義可分為依班距的準點與時刻表的準點：前者的準點意義為相鄰班次之班距小於其預計(最大)班距者。後者的準點意義無統一的標準，有班車實際到站時間與時刻表上的應到站時間相契合；有班車於表定時間或是民眾心中的到站時間到達；有自起站能準確依時發車、能準時抵達站，其行車時間未提早或延誤；亦有列車於單方向上由起駛站行駛至終點站之實際到達時間與列車運行時刻表所預定到達時間之正負差距在一定時間以內者。捷運化公車要求高服務品質，本文所採 BRT 準點的意義如台北大眾捷運服務性指標：「列車於單方向上由起駛站行駛至終點站之實際到達時間與列車運行時刻表所預定到達時間之正負差距在一分鐘以內者」。意為自起站能準時發車、能準時或提前抵達每一個停靠站及迄站，故實際全程行車旅行時間與預估旅行時間能相同或正負差距在一分鐘以內者。
- 二、影響公車準點的因子：可分類為非預期因素與預期因素：非預期因素包括天氣、地震與土石流等天候因素或人為因素造成的車禍、車輛拋錨、道路施工、旅運者疏失等事件。預期因素又可分為站內因素與站外因素：站內因素包括車體(車型大小、車門與上下車方式、階梯高度等因素)、場站設計(收費方式、停靠站方式、設站位置、站區長度、站距、停車席位等因素)、乘客特性(乘客人數、攜帶行李多寡、乘客需求型態等因素)；站外因素包括道路幾何佈設(公車專用道佈設與否、一般車道佈設情形、車道數、轉向專用道設計等因素)、交通量(公車交通量、轉向交通量、離尖峰交通量、衝突車流等因素)、速限(道路行車速限、駕駛者駕車習慣與反應時間等因素)、號誌(綠燈時比、優先號誌策略、續進號誌策略等因素)，詳如表 2-1。

參、路口篩選與問題探討

3.1 高鐵嘉義站聯外 BRT 優先號誌化路口篩選

本文係針對高鐵嘉義站聯外 BRT 公車捷運路線「主線」之嘉義交流道東站至世賢八德站間 10 個號誌化路口做分析，上述各路口公車專用道均佈設於近中央分隔島之內側車道，有關各路口幾何型態、車道配置、時相設計與 BRT 公車行進方向等資料，詳如表 3-1：

表2-1 影響公車準點因子



【本文整理】

表3-1 高鐵嘉義站聯外BRT優先號誌化路口道路幾何分析

高鐵嘉義站聯外 BRT 優先號誌施作路口道路幾何分析						
路口名稱	路口幾何型態	車道配置	號誌型態	時相設計	設站方式	行進方向
世賢路與竹圍四路	三岔路口 世賢路：中央、快慢分隔島 竹圍四路：無	世賢路：雙向八車道（3快1慢）近路口另有左轉專用道 竹圍四路：雙向二車道	三色	簡單二時相	無	直行
世賢路與四維路	三岔路口 世賢路：中央、快慢分隔島	世賢路：雙向八車道（3快1慢）近路口另有左轉專用道	三色	簡單二時相	未設站	直行

	四維路： 快慢分隔島	四維路： 雙向八車道（3快1慢）				
世賢路與 竹圍路	三岔路口 世賢路： 中央、快慢分隔島 竹圍路：無	世賢路： 雙向八車道（3快1慢）近路 口另有左轉專用道 竹圍路： 雙向二車道	三色	簡單 二時相	未設 站	直行
世賢路與 北港路	交叉路口 世賢路： 中央、快慢分隔島 北港路： 中央分隔島	世賢路： 雙向八車道（3快1慢）近路 口另有左轉專用道 北港路： 【進市區】雙向6車道（2快 1機車優先道） 北港路： 【離市區】雙向8車道（3快 1機車優先道）	三色	四時相	街廓 設站	直行
世賢路與 50M路	交叉路口 世賢路： 中央、快慢分隔島 50M路： 中央、快慢分隔島	世賢路： 雙向八車道（3快1慢）近路 口另有左轉專用道 50M路： 【進市區】雙向2車道 【離市區】雙向8車道（3快 1慢）近路口另有左轉專用道 及槽化右轉短車道	三色	三時相	無	左轉 右轉
50M路與 大溪厝路	50M路： 中央、快慢分隔島 大溪厝路： 無	50M路： 雙向8車道（3快1慢） 大溪厝路： 雙向2車道	三色	簡單 二時相	街廓 設站	直行
50M路與 10k+734	50M路： 中央、快慢分隔島 10k+734： 無	50M路： 雙向8車道（3快1慢） 10k+734： 雙向2車道	三色	簡單 二時相	無	直行
50M路與 10k+300	50M路： 中央、快慢分隔島 10k+300： 無	50M路： 雙向8車道（3快1慢） 10k+300： 雙向2車道	三色	簡單 二時相	無	直行
50M路與 9k+400	50M路： 中央、快慢分隔島 9k+400： 無	50M路： 雙向8車道（3快1慢） 9k+400： 雙向2車道	三色	簡單 二時相	無	直行
50M路與 7號道路	50M路： 中央、快慢分隔島 7號道路： 無	50M路： 雙向8車道（3快1慢） 近路口另有槽化右轉短車道 7號道路： 雙向2車道；近路口另有槽化 右轉短車道	三色	簡單 二時相	街廓 設站	直行

由上表得知高鐵嘉義站聯外 BRT 公車捷運路線「主線」之嘉義交流道東站至世賢八德站間 10 個號誌化路口，依 BRT 公車行駛方向可分為直行與左右轉二大類，其中直行又可依時相設計分成簡單二時相與四時相二種，故篩選後取代表性的三個路口分別為 50 米道路與大溪厝路口（公車直行、簡單二時相）、世賢路與北港路路口（公車直行、四時相）、世賢路與 50 米道路路口（公車左右轉彎）。

3.2 BRT 公車優先號誌化路口問題特性分析

針對上述 3.1 節三個代表性路口實施 BRT 公車優先號誌亟需解決的問題分析與處理如下：

一、BRT 公車優先號誌啟動時機：

BRT 公車要求高服務品質，本文所採 BRT 準點的意義為自起站能準時發車、能準時或提前抵達每一個停靠站及迄站，故 BRT 公車若與停靠站班表延誤 1 分鐘以上，駕駛員應即動態調整車速與車間距，藉由路段上加速行駛以減少延誤時間，另由 BRT 公車車機設備所採 VPS 技術，並於距路口前一定之距離所預設之觸發點，判斷 BRT 公車延誤狀況，若於該觸發點仍延誤 1 分鐘以上。即於下一個號誌化路口啟動優先號誌。

二、一維路口競爭模式之處理：

高鐵嘉義站聯外 BRT 公車捷運路線雖僅有一線公車運行，但於同一路口仍有公車同時抵達的情形發生，若於先呼叫啟動優先號誌公車執行優先號誌且尚未觸發完全駛離偵測點時，對向公車亦有呼叫啟動優先號誌時，則實施優先號誌至二部公車均觸發完全駛離偵測點後，恢復原時制設計。

三、BRT 公車直行與同向及對向左轉衝突車流之處理：

於簡單二時相之路口採取啟動優先號誌時，關閉 BRT 公車同向與對向之左轉箭頭綠燈，於四時相之路口(世賢路與北港路路口)採取 BRT 公車專用號誌綠燈時相，臨近路口一般車流號誌為全紅時段處理。

四、BRT 公車左右轉與同向直行衝突車流之處理：

BRT 公車左右轉(世賢路與 50 米道路路口)啟動優先號誌時，採取 BRT 公車專用號誌綠燈時相，臨近路口一般車流號誌為全紅時段處理。

肆、準點控制模式

4.1 BRT 準點控制模式

根據過去研究顯示，影響 BRT 公車優先策略執行地點之選定除橫向道路交通量、路口型態及幾何條件、BRT 公車流量、BRT 公車設站位置、行人穿越量等外，亦需考量 BRT 公車優先號誌之執行時機，如尖峰是否啟動或其他考量因素，本文研擬適合嘉義市區 BRT 公車優先號誌實施準則如下：

- 一、BRT 公車遲到超過特定門檻值後，予以開放優先，門檻值之訂定於 BRT 公車為求達到站間準點為目的，在抵達停靠站後開車時間超過預定時刻表 1 分鐘時啟用。
- 二、遇有特種警衛勤務或路口交通指揮管制時，不執行 BRT 公車優先號誌控制。
- 三、當時相進行轉換時，不啟動 BRT 公車優先。

四、長時間電力失效及緊急車輛優先時，不啟動 BRT 公車優先。

4.1.1 對於遲到班車之處理機制

在 BRT 車輛落後預定班表達特定門檻值時，即啟動 BRT 公車優先號誌，系統提供之策略機制如下：

一、利用 BRT 公車經過觸動點，由路口控制器啟動 BRT 公車優先號誌

依據 BRT 公車通過觸動點回傳訊息之位置、車速等資料，利用如 4.3 節所規劃之優先策略基本實施模式，執行切斷紅燈或延長綠燈之策略。

二、車上設備顯示靜態班表時間或每一檢查點提供落後時間

利用車上 LED，顯示該車輛目前位置與預定班表提前或落後時間，於路段間設置數個檢查點，透過歷史相同時段車輛的旅行時間，判定目前班車位置、歷史預估時間及班表時間之間的差距。每個檢查點均可比對其班表時間與預估時間，並取得兩者差值，作為駕駛員動態調整車速與車間距之依據。

三、路段與路口的處理機制

BRT 公車駛離停靠站時，核對班表若已有延誤的狀況，駕駛員應即動態調整車速與車間距，藉由路段上加速行駛以減少延誤時間，另由 BRT 公車車機設備所採 VPS 技術，並於距路口前一定之距離所預設之觸發點，判斷 BRT 公車延誤狀況，以作為路口開放優先號誌的依據。

4.1.2 對於早到班車之處理機制

本文除滿足落後班車儘速趕上班表之要求外，若道路狀況一切良好，或遭遇無須停等乘客上下車之情形，班車可能產生會提早抵達目標站之情形。為達到 BRT 「準點」之目標，本文藉由下列機制，確保車輛準點到離站，並增進民眾對於大眾運輸之信心與信賴程度。

一、不啟動 BRT 公車優先號誌機制。

二、BRT 公車駕駛員於停靠站位上等候至離站時間

如同以班表為基礎的運具(包含鐵路、公路客運等)，BRT 車輛若提早抵達該站位，BRT 公車駕駛員應在停靠站位上等候，並告知交控中心本車屬於候車狀態。確保本 BRT 路線車輛之準點性，增加民眾對班表與到離站時間之信任程度。

4.2 BRT 公車優先通行策略篩選

本文規劃 BRT 公車準點控制部分，將由執行 BRT 公車優先號誌系統達成，透過路側觸動點之設定，車機及交控系統、BRT 公車動態中心之處理，藉使減少民眾車外等候及 BRT 公車上延滯時間，以達到準點為目的。以下將說明本文之 BRT

公車優先號誌之控制策略。

BRT 公車優先號誌之控制策略主要可分為被動式優先(Passive Priority)及主動式優先(Active Priority)，在公車動態資訊系統中，甚少採用被動式優先策略，本文所採用主動式優先係藉由偵測 BRT 公車接近路口而實施優先號誌，在考量公車優先號誌系統之控制策略與高鐵嘉義站聯外 BRT 公車捷運路線號誌化路口的實際狀況，延長綠燈及切斷紅燈二種公車優先號誌策略，其最長、最短綠燈時間均在設定的範圍內，用以提供 BRT 公車優先通行機制，並增加號誌控制之彈性及績效，且不致造成整體號誌系統過大的衝擊，作為本文之 BRT 公車優先號誌系統的控制策略。

4.3 BRT 公車準點優先通行策略施作雛型

依據 4.2 篩選之公車優先通行策略，本節預擬二個基本路口，分別為簡單二時相且近中央分隔島之內側車道佈設公車專用道之 BRT 公車直行路口(詳如圖 4-1 BRT 優先通行策略直行路口施作雛型示意圖)為基本路口模式，並以 BRT 公車預定到達路口時遭遇路口各個不同時相(如圖 4-3 BRT 公車直行預定到達時間示意圖)，以延長綠燈與切斷紅燈為優先通行策略之使用時機，分別探討在不同時相的 BRT 公車準點優先通行策略，以作為後續處理高鐵嘉義站聯外 BRT 公車捷運路線優先通行號誌化路口施作雛型。

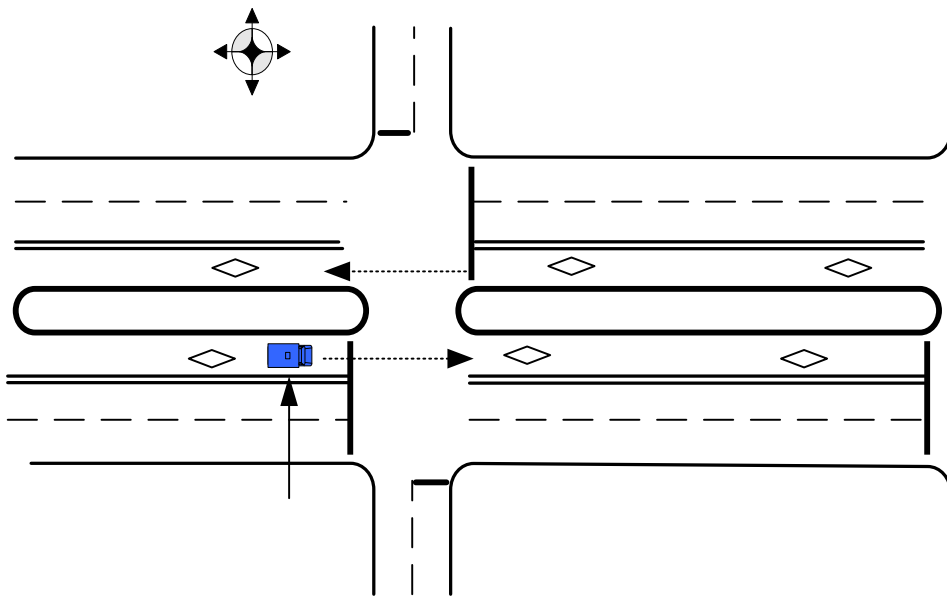


圖4-1 BRT優先通行策略直行路口(50米與大溪厝路口)施作雛型示意圖

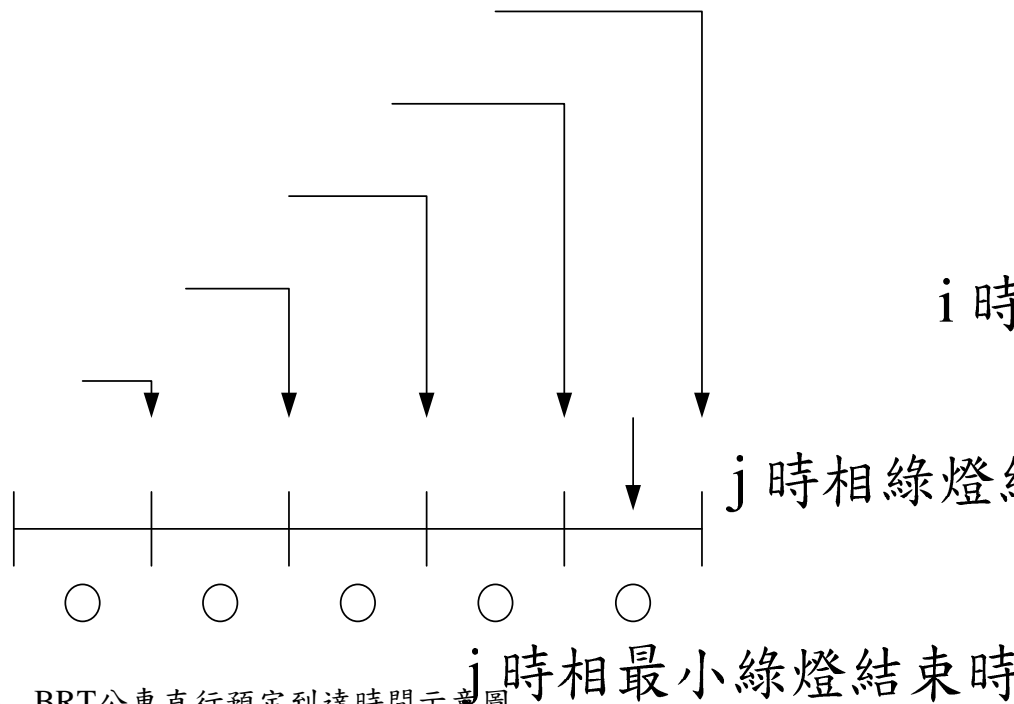


圖4-3 BRT公車直行預定到達時間示意圖

本小節 BRT 公車準點優先通行策略基本實施模式使用之相關參數詳如表 4-1。

表4-1 BRT準點系統控制邏輯參數表

參數	定義	參數	定義
E_n	BRT 公車預定到達時間	i	時相名，為東西向道路時相
i	時相名，為東西向道路時相	j	時相名，為南北向道路時相
G	綠燈時段	R	紅燈時段
G^i	原時制， i 時相綠燈結束時間	G^j	原時制， j 時相綠燈結束時間
G^i_{min}	i 時相最短綠燈時間	G^j_{min}	j 時相最短綠燈時間
G^i_{max}	i 時相最大綠燈時間	G^j_{max}	j 時相最大綠燈時間
Y^i	i 時相黃燈時間	Y^j	j 時相黃燈時間
$G^{i_{new}}$	i 時相新計算之綠燈時間	$G^{j_{new}}$	j 時相新計算之綠燈時間

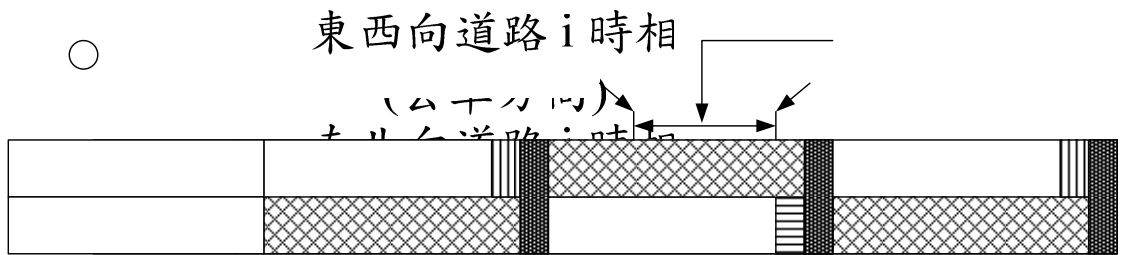
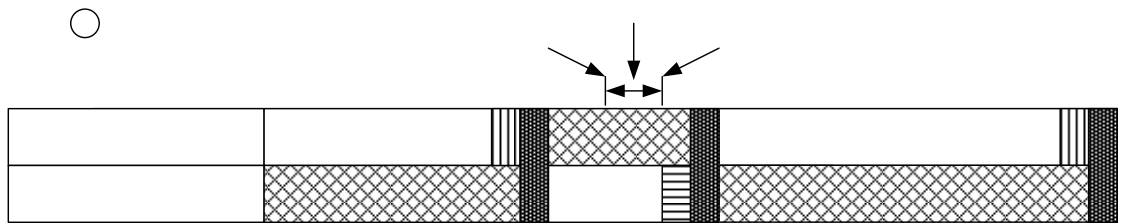
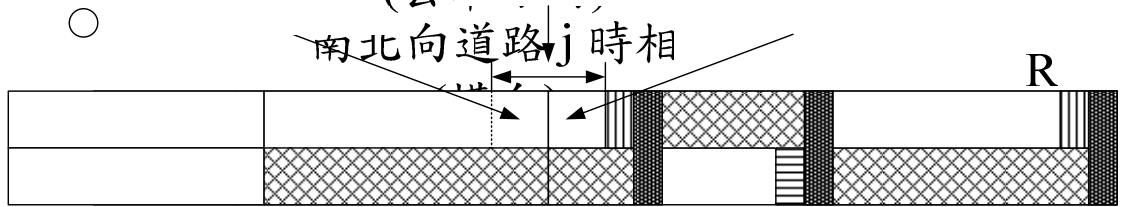
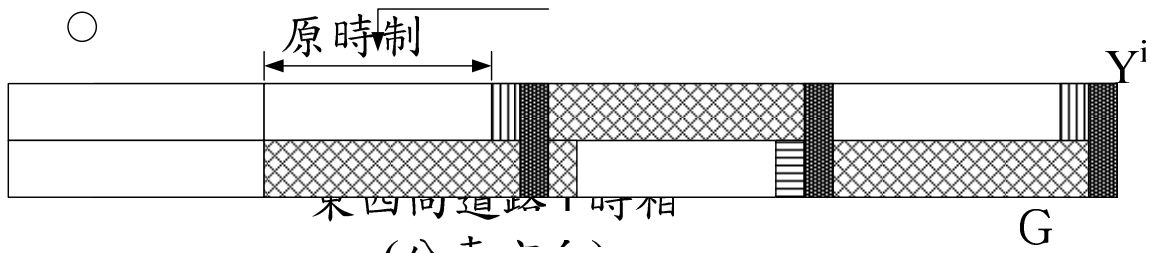
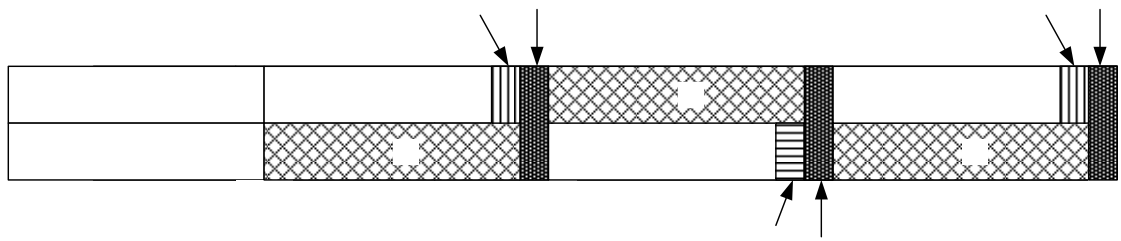
公車預定到達時間

4.3.1 A 路口 BRT 公車由西向東直行準點優先通行策略實施模式：

(如圖 4-1 甲車行進模式)

依照 BRT 公車預定到達時間而有五種不同準點控制策略實施方式：(如圖 4-5

BRT 公車優先號誌直行準點控制時相示意圖之①~⑤)



狀況⑤時制

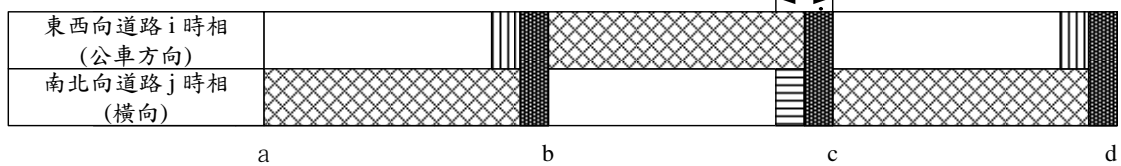


圖4-5 東西向道路 i 時相點控制時相示意圖
(公車方向)
南北向道路 j 時相
(橫向)

狀況①處理原則：BRT 公車預定到達時間於 BRT 公車方向(東西向)綠燈時相結束前：不變原時制設計，BRT 公車可通過路口；與 BRT 公車行向同向之東西向道路時相處理方式：

$$\text{newG}^i = G^i$$

狀況②處理原則：BRT 公車預定到達時間於 BRT 公車方向(東西向)綠燈時相結束後，BRT 公車方向(東西向)最大綠燈時間結束前：延長東西向道路綠燈時相至 BRT 公車通過路口；與 BRT 公車行向同向之東西向道路時相處理方式：

$$\text{newG}^i = E_n$$

狀況③處理原則：BRT 公車預定到達時間於 BRT 公車方向(東西向)綠燈時相結束後，非 BRT 公車方向(南北向)最小綠燈時間結束前：BRT 公車俟非 BRT 公車方向(南北向)道路最小綠燈時間與南北向道路清道時間結束後始通過路口；與 BRT 公車行向同向之東西向道路時相處理方式：

$$\text{newG}^i = G^j_{\min} + Y^j + AR$$

狀況④處理原則：BRT 公車預定到達時間於非 BRT 公車方向(南北向)最小綠燈時間結束後，非 BRT 公車方向(南北向)綠燈時間結束前：BRT 公車抵達路口後，俟南北向道路清道時間結束後始通過路口；與 BRT 公車行向同向之東西向道路時相處理方式：

$$\text{newG}^i = E_n + Y^j + AR$$

狀況⑤處理原則：BRT 公車預定到達時間於非 BRT 公車方向(南北向)綠燈時間結束後，BRT 公車方向(東西向)綠燈時相開始前：不變原時制設計，BRT 公車俟南北向道路清道時間結束後始通過路口；與 BRT 公車行向同向之東西向道路時相處理方式：

$$\text{newG}^i = G^i$$

伍、結論與建議

5.1 結論

在文獻回顧中，分析了造成公車及軌道運輸延誤的天然或人為的各項因子，均著眼於減少公車的旅行時間，然而僅減少旅行時間並無法讓公車在大眾運輸工具的角色中昇級，必須提昇公車的服務可靠度，亦即公車的準點要求。為求公車的準點，必須改善號誌、乘客上下車與公車行駛中因混合車流的延滯，在 BRT 公車系統中，承繼以往公車優先號誌系統，加強通訊傳輸技術以及引進 ITS 等子系

統來提昇公車優先號誌控制的效率，並由公車專用道與車體、站台、或其他相關元素上改善乘客上下車與公車行駛中延滯因素，然而國內外文獻卻鮮少有公車準點為目標的論述，如何讓 BRT 成為一項可取代大眾捷運系統或輕軌運輸的利器，準點服務占絕對重要的條件之一，藉由前幾章的探討及模擬實驗的結果 本文可歸納出下列幾點結論：

- 一、大眾運輸政策為導向的城鄉發展政策的確為解決都市擁擠問題的一大良方，而在 BRT 系統出現之後，對於以往推動大眾運輸政策時所面臨的問題可望得到解決，BRT 公車系統與其他大眾運輸相比，BRT 具有成本效益的優勢，是故不論是將台北市公車專用道系統昇級或在其他大眾運輸量不高的縣市引進全新的 BRT 公車系統，均可作為未來政府決策上的參考依據。
- 二、本文之捷運化公車準點控制系統是在現有的 ITS 系統下，應用 VPS 技術於公車車機上，增進預測 BRT 公車抵達路口停止線或停靠站的準確度，並於距路口前一定之距離預設觸發點，判斷 BRT 公車延誤狀況，以作為路口開放優先號誌的依據，使路口的號誌設計更加彈性有效率，亦能運用可變式資訊系統使乘客於站台享受更準確的高品質服務，亦即在公車優先號誌的基礎上，突顯 BRT 公車與公車的差別，與本文所強調大眾運輸準點服務的重要性。
- 三、本文在系統控制績效評估中綜合考慮了(I)基本定時號誌控制、(II) BRT 公車準點優先號誌控制模式，並分別在直行與左右轉向的路口型態與不同小客車流量的實驗設計下，進行測試，所得之實驗結果如下：
 - (一)在 BRT 準點優先號誌控制模式(B)與基本定時號誌控制(A)的比較中，發現 BRT 準點優先號誌控制模式無論是在低流量或高流量情況下，對路口績效均無產生太大影響，原因除了車流到達時間隨機性的誤差之外，亦可歸因於 BRT 準點優先號誌控制模式僅在公車延誤 1 分鐘以上啟動，並非每部 BRT 公車到達路口均啟動有關。
 - (二) BRT 準點優先號誌控制模式(B)較基本定時號誌控制(A)在 BRT 直行路口的整體路口績效方面大多為佳，探究原因應為橫向車道為雙向二車道，BRT 直行車道為雙向四車道，在未達飽和的狀況下，反而提高路口績效。
 - (三) BRT 公車在 BRT 準點優先號誌控制模式下，無論是在 BRT 公車平均停等延滯、BRT 公車車輛停等百分比與 BRT 公車總乘客延滯績效值下，均較基本定時號誌有顯著改善，不論是直行 BRT 公車或左右轉彎 BRT 公車，BRT 公車平均停等延滯均減少 3 秒以上，車輛停等百分比均減少 16%以上且均減少誤點 BRT 公車二部。

5.2 建議

- 一、BRT 見諸於國外的實施成效良好，不失為推動國內大眾運輸政策的良好方針，

然而 BRT 本身是一個相對較新的運輸系統模式，社會大眾很少有機會去了解，必須強調 BRT 公車係具有一般公車的便利性與經濟效益，兼具軌道捷運的服務品質，目前政府已於高鐵嘉義站聯外大眾運輸系統建置 BRT 公車系統，期待此一系統能吸引更多產業加入發展與應用，並能減少對現有道路的衝擊與降低運輸資源浪費。

- 二、本文所發展之 BRT 公車準點優先號誌控制模式，因高鐵嘉義站聯外 BRT 公車建置案尚未完成，本文模式無法進入實證，故於系統測試時僅以高鐵嘉義站聯外路口幾何型態配合簡單二時相控制系統做基本直行與左右轉向的離型運作，尚未能廣泛適用各實際的交通運作狀況，若能再加入多時相及依實際車流需求，將可增加號誌控制的彈性及其適用範圍。
- 三、本文對 BRT 準點的定義採如台北大眾捷運高品質之要求，意為自起站能準時發車、能準時或提前抵達每一個停靠站及迄站，故實際全程行車旅行時間與預估旅行時間能相同或正負差距在一分鐘以內者；建議未來研究可對「一分鐘」或考量 BRT 公車班距時間長短之因素，對旅客心中感受之其他時間，做敏感度分析或運用模糊邏輯的概念，尋求兼顧啟動優先號誌與達到準點要求的最佳解。
- 四、本文在路口控制模式僅考慮在 BRT 公車臨近路口時，因延誤對準點狀態產生影響，決定讓 BRT 公車取得號誌優先通行權，而在 BRT 公車接近路口一定距離前，意為在路段上由車駕員加速行駛以減少延誤時間，與 BRT 公車取得號誌優先通行權後，對延誤狀態以及下一個號誌路口決策的影響，本文並未探討，要解決這一部份的問題，建議未來的研究可朝路段切成數個點控制乃至路網控制作努力。
- 五、本文考慮 BRT 公車為高服務品質要求，讓未準點之 BRT 公車取得號誌優先通行權，在路口績效評比選擇 1. 平均車輛停等延滯(MOE1)； 2. 平均車輛停等百分比(MOE2)； 3. 總乘客延滯(MOE3)，作為控制系統的績效評估指標，建議未來研究可加入油耗量、空氣污染指標等成本效益分析做考量，以利於評估比較延誤時間與路口整體車流、乘客延滯做更合理的設計。
- 六、本文於原未延誤 1 分鐘以上而未取得號誌優先通行權之 BRT 公車，因衝突時相的停等而造成未準點之公車做深入研究，建議未來可將此種狀況納入考量。

參考文獻

一、中文部份

- 1.立皓科技股份有限公司，高鐵嘉義站聯外BRT之便民服務智慧化建置案，2005年。
- 2.謝興盛，捷運列車延誤時班距調整模式之模擬分析-以台北捷運中、高運量系統為例，國立成功大學交通管理科學研究所博士論文，2003年7月。
- 3.郭中天，公車到站時間暨複合路線旅行時間預估模式之研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2003年6月。
- 4.金克非，台南市公車路線服務可靠度之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，1985年7月。
- 5.張耀明，台灣城際旅行時間可靠度之分析與量測研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士班碩士論文，1999年6月。
- 6.鐘譽偉，旅行時間可靠度之研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，1999年6月。
- 7.鄭雄飛，考慮公車車隊之公車優先號誌模擬分析，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2000年6月。
- 8.陳陸陣，台鐵行車延誤補償制度之研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士班碩士論文，2000年6月。
- 9.吳佳峰，有GPS資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士班碩士論文，2001年6月。
- 10.徐培修，公車專用道服務水準評估方法之研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2001年6月。
- 11.朱文正，考量旅行時間可靠度之車輛途程問題-螞蟻族群演算法之應用，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，2003年6月。
- 12.陳凱斌，市區公車誤點時間與旅行時間模式之研究，逢甲大學交通工程與管理研究所碩士論文，2004年6月。
- 13.李嘉軒，建構公車捷運系統優先號誌控制模式之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，2004年6月。
- 14.鼎漢國際工程顧問股份有限公司，公車捷運化設計手冊，交通部科技顧問室委託，2004年。
- 15.周志昇，路口公車優先號誌設置準則之研究-以臺北市為例，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，2001年6月。
- 16.蘇志強、李紹榆，「公車優先通行號誌控制系統特性比較分析」，警學叢刊，第29卷，第1期，1998年。
- 17.蘇志強，「公車優先通行與調適性交通號誌整合控制之研究」，警學叢刊第26卷，第2期，1995年。

- 18.李紹榆，公車優先通行與智慧型全觸動交通號誌整合控制之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，1998年6月。
- 19.李政聰，幹道公車優先通行號誌控制模式之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，民國1999年6月。
- 20.謝有筆，台北市路口公車優先號誌控制系統實證之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，2001年6月。
- 21.顏贊峰，公車優先號誌控制策略於無設站路口之應用，國立中央大學土木工程學系研究所碩士論文，1997年6月。
- 22.許添本、盧嘉棟、吳育婷、鄭雄飛，「公車優先號誌一般化微觀模擬系統(MISSBUS)之建立與應用」，運輸計劃季刊，第三十二卷，第四期，2003年12月。
- 23.王銘亨，發展智慧型全觸動號誌控制模式之研究，中央警察大學交通管理研究所碩士論文，1998年6月。
- 24.鄭永忠，公車捷運系統發展之探討，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2003年7月。
- 25.蔡輝昇，交通控制理論與實務，生合成出版社，民國79年。

二、英文部份

- 26.Lloyd Wright,“Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities module 3a: Mass Transit Options,” 2003。
- 27.Lloyd Wright,“Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities module 3b: Bus Rapid Transit,” 2003。
28. Keenan Kitasaka,“Bus Rapid Transit Evaluation Study,” 2003。
29. George Gray, Norman Kelley, and Tom Larwin “Bus Rapid Transit: A Handbook For Partners,” 2006。
30. Stephen Falbel, Pilar Rodriguez, Herbert Levinson, Kristina Younger, and Sandy Misiewicz“Bus Rapid Transit Plans in New York’s Capital District,” Journal of Public Transportation, 2006 BRT Special Edition。
- 31.“NY5 Bus Rapid Transit Conceptual Design Study,” Capital District Transportation Committee, 2004。
32. Hunter-Zaworski, K.M. , W.C. Kloons and A.R. Danaher, “Bus Priority at Traffic Signals in Portland: The Powell Boulevard Pilot Project.” TRR 1503, pp.29-33, 1995。
33. Ludwick, J.S. , “Bus Priority System: Simulation and Analysis. ” Final Report, The Mitre Corporation, Prepared for the U.S. Department of Transportation. Report No. UTMA-VA-06-0026-76-1, 1991。
- 34 Richardson, A.J., and K.W. Ogden, “Evaluation of Active Bus-Priority Signals. “ Transportation Research Record 718, pp.5-12, 1979。

35. Seward, R.J. and R.N. Tauble, "Methodology for Evaluating Bus-actuated, Signal-preemption Systems. " TRR.630, pp.11-21, 1977 ◦
36. Khasnabis, S., G.V. Reddy and B.B. Chaudry. "Signal Preemption as a Priority Treatment Tool for Transit Demand Management, " Vehicle Navigation & Information System Conference Proceedings." Paper No. 912865, Dearborn, Michigan, U.S.A.912865., pp.1093-1104, 1991 ◦
37. Gang-Len Chang, Meenakshy Vasudevan and Chih-Chiang Su, "Modelling and Evaluation Adaptive Bus-Preemption Control With and Without Automatic Vehicle Location Systems. " TRA., Vol. 30, pp251-268, 1996 ◦
38. Amer Shalaby, Ali Farhan, "Bus Travel Time Prediction Model for Dynamic Operations Control and Passenger Information Systems" , TRB, 2003.
39. Peter Koonce, John Ringert , "Detection Range Setting Methodology for Signal Priority. " , Journal of Public Transportation, Vol. 5, No. 2 , 2002 ◦
40. MacGowan, J. and I.J. Fullerton, "Development and Testing of Advanced Control Strategies in the Urban Traffic Control System. "Public Roads, Vol. 43, Nos.2, 3, 4, pp.97-105, 1979-1980.
41. Cornwell, P.R., "Dynamic Signal Co-ordination and Public Transport Priority. "IEE, Road Traffic Monitoring and Control, pp.158-161, London, 1986.
42. D. Hinebaugh , "What is Bus Rapid Transit," Presented to the Pinellas MPO, 2002.
43. V. R. Vuchic, "Bus Semirapid Transit Mode Development and Evaluation," Journal of Public Transportation, Vol. 5, No. 2, 2002.
44. Webster., "Traffic Signal Settings, U.K. Transport and Road Research Laboratory," Crowthorne, Berkshire, England, TRRL Rept. 38, 1961.
45. FHWA, "Traffic Control System Handbook" , 1996. 46. Rajat Rajbhandari, Steven I. Chien, Janice R. Danial, "Estimation of Bus Dwell Times with Automatic Passenger Counter Information." , TRB, 2003.