

台中市BRT優先號誌設計

報告人

鼎漢 國際工程顧問股份有限公司
thi consultants inc.

林維信經理

102.4.26

台中BRT特色

大量運輸	18m長、雙節巴士、3車門、每車容量158人、車外收費，可大量上下巴士
班次密集	初期6分鐘一班，未來可達尖峰3分鐘一班
準點與快速	配合專用道與ITS系統，動態到站資訊系統及路口優先號誌
施工期短	施工期約一年半

優先號誌之路側vs. 中央控制方式

控制方式	路側控制方式	中央控制方式
優點	<ul style="list-style-type: none"> 不需透過中央電腦進行號誌控制，可減輕控制中心電腦系統負擔 將系統故障之風險分攤於各路口號誌控制器上，不致因中央系統故障而造成全部系統異常 號誌反應時間較快 	<ul style="list-style-type: none"> 可直接利用BRT動態資訊系統取得車輛位置，節省路側偵測與通訊設備之建設成本 系統架構較簡單 採封閉式系統，安全性較高 中心較易結合優先號誌進行車隊管理
缺點	<ul style="list-style-type: none"> 路側偵測或通訊傳輸建設與維運成本較高 較不易與既有路況偵測系統整合，進行號誌時制之調整，如動態時段控制 	<ul style="list-style-type: none"> 中心設備及建置成本較高 中央電腦系統工作量較大，且中央系統故障時易造成全部號誌系統運作異常 網路傳輸負載重，且網路品質及傳輸延滯對系統成敗影響很大

採用方案

3

優先號誌路側偵測與通訊技術評估

技術種類	GPS+短距無線通訊	信號柱	GPRS+GPS
技術定義	短距無線通訊技術包括 Zigbee、Wifi、DSRC...等	信號柱技術包括 Zigbee、微波、紅外線、Wifi、藍芽、環路線圈...等	亦可採用3G取代GPRS
偵測方式概述	路口與BRT設置短距無線傳輸設備，車上GPS模組偵測BRT位置與車速資訊，偵測距離至少需300米，路口設備根據當時號誌控制狀況及BRT預定到達路口時間調整時制計畫	於路段中佈設數組信號柱設備(如路口上游200及100公尺)，偵測BRT到達信號柱位置，偵測距離約可達20米，資訊經有線方式回傳路口以調整時制計畫	BRT位置與車速(由車上GPS模組提供)經由GPRS傳送至路口IPC，IPC根據當時號誌控制狀況及BRT預定到達路口時間調整時制計畫
技術問題	<ul style="list-style-type: none"> GPS遮蔽與誤差問題(現有技術已可改善，如DGPS、陀螺儀、航位推算、卡爾曼濾波器...等) 	<ul style="list-style-type: none"> 需大量在路段中建置信號柱，有立桿(景觀及商家反對)與接電、通訊管道之施工與成本問題 營運階段之設備維護管理問題 於人行道路側高架式易被同向其他大型車遮蔽 	<ul style="list-style-type: none"> GPRS常有傳輸中斷、通訊模組熱當及SIM卡熱當等問題(但可藉由提高規格方式改善) GPS遮蔽與誤差問題
優先號誌案例	倫敦、赫爾辛基、格拉斯哥、邁阿密、波特蘭、奧斯汀、傑克遜(佛州)	布拉格、斯圖加特、布里斯班	三峽、嘉義BRT

採用方案

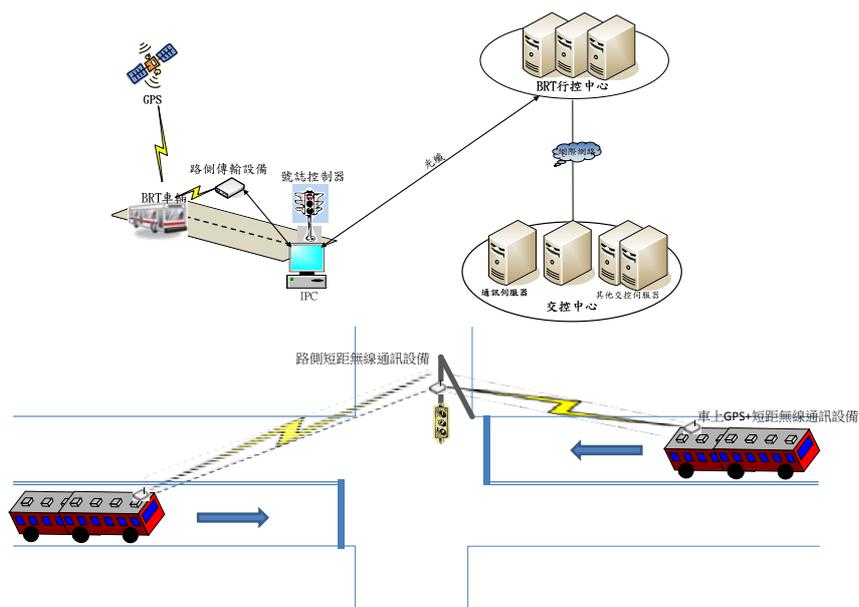
4

優先號誌控制策略規劃

- 無BRT專用號誌
- 所有路口均提供優先號誌控制功能
- 採**相對優先**，亦即優先號誌有幹道最大綠燈及支道最小綠燈的限制，並非完全不需停等紅燈
 - **絕對優先**如緊急車輛可直接將支道綠燈切斷、轉為幹道綠燈
- 採**路側控制**方式，直接在路口處理，不經由中心下達控制指令
- 實施策略包括**綠燈延長**及**紅燈切斷**，不實施**支道綠燈補償**
 - 支道綠燈補償對主幹道車流影響較大
 - BRT班距甚短，若實施支道綠燈補償將影響後續BRT之順利通行
- 車內提供下游路口狀態顯示(剩餘綠燈時間)

5

優先號誌系統架構與偵測方式



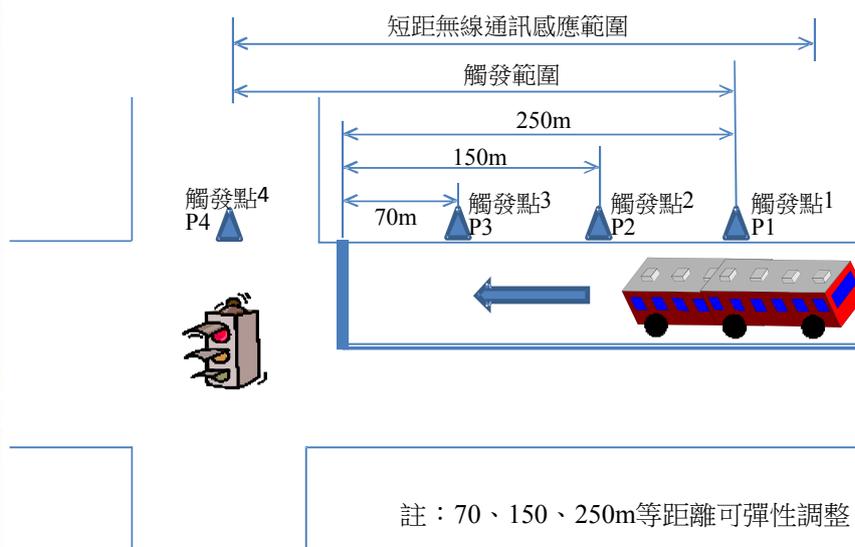
6

優先號誌系統架構與偵測方式

- 採「短距無線通訊+GPS」方式偵測與預估BRT車輛到達路口時間
- 車上設置GPS模組、短距無線通訊模組及車載機等設備
- 各路口設置短距無線通訊設備，接收雙向BRT車上設備傳輸之車輛資訊
- 路口號誌控制器旁設置工業電腦(IPC)，路口短距無線通訊設備將接收之車上資訊傳送至IPC，IPC立即根據即時號誌控制狀況及BRT預定到達路口時間改變時制計畫，並將新時制計畫傳送至號誌控制器
- 路口IPC利用光纖與行控中心連結，行控與交控中心間以網際網路連結

7

BRT觸發方式



8

BRT觸發方式

- 採用多點觸發方式(由車載設備偵測觸發，4個定點，定點位置可由交控中心遠端設定)，減少無定位資訊、傳輸中斷等異常狀況的影響
- 當BRT進入觸動範圍時(觸動點P1)經短距無線通訊設備傳送BRT資訊(車輛位置、車速等)至路口IPC，通知BRT已進入觸動範圍，由IPC計算預定到達路口時間
- 條件式優先：IPC比對到達P1時間與上一班BRT到達P1時間後，若時間差距超過1又1/2正常班距(車間距門檻值)，才進行後續優先控制
 - 避免執行號誌優先次數過多對路口車流產生嚴重干擾

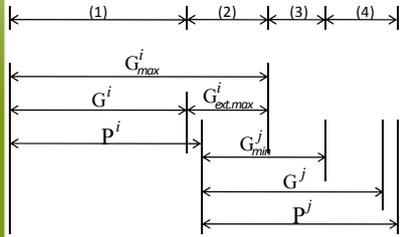
9

BRT觸發方式

- 路側控制/觸發方式
 - IPC根據位置與車速計算車輛預定到達路口時間
 - IPC根據車輛預定到達路口時間，參考目前的號誌控制狀況，決定時制計畫需改變的方式(時制不變、綠燈延長幾秒、紅燈切斷幾秒)，並將新時制計畫下達號誌控制器
 - 採多點觸發方式(3個check in點)：P2點回傳資訊更新P1點回傳資訊(預定到達路口時間、時制計畫)，P3點回傳資訊更新P2點回傳資訊
 - 當BRT行駛至路口中心點(P4，check out點)經短距無線通訊設備傳送BRT資訊至IPC，以告知BRT通過路口時間

10

BRT優先控制邏輯



參數說明

參數 i 相關	參數 j 相關
i 方向為 BRT 優先之方向	j 為非 BRT 優先之方向
G^i 為 i 方向之原綠燈時間	G^j 為 j 方向之原綠燈時間
P^i 為 i 方向之原時相時間	P^j 為 j 方向之原時相時間
$G_{ext,max}^i$ 為 i 方向可延長綠燈之最大值	G_{min}^j 為 j 方向之最小綠燈時間
G_{max}^i 為 i 方向之最大綠燈時間	

Φ_i (BRT行駛時相)



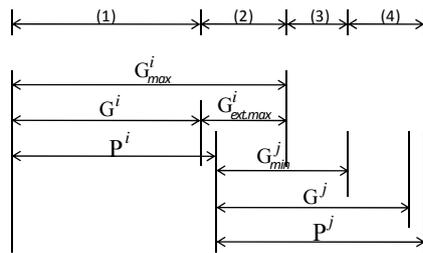
Φ_j (支道時相)



BRT到達區間說明

BRT到達區間	區間代表意涵說明
時段(1)	i方向原綠燈時段
時段(2)	i方向之可延長綠燈時段
時段(3)	i方向之最大綠燈時間到j方向之最小綠燈時間
時段(4)	i方向之最大綠燈時間到j方向之原時相時間

BRT優先控制邏輯



控制邏輯

BRT到達區間	優先號誌控制邏輯
時段(1)	根據原有時制順利通過
時段(2)	將i時相綠燈延長至BRT預定到達路口時間
時段(3)	待i時相到達最小綠燈，切斷i時相紅燈，執行i時相綠燈
時段(4)	於BRT預定到達路口時間切斷i時相紅燈，執行i時相綠燈

交控/行控中心軟體功能

- 交控中心
 - 時制計畫管理
 - 優先號誌開關管理
 - 遠端設定啟動或關閉
 - 參數化設定優先號誌
 - 新增、管理BRT路線與路側設備
 - 優先號誌監控管理
 - GIS與簡圖顯示路口號誌與優先號誌施行
 - 設備異常監控管理
 - 顯示BRT即時動態資訊
- 行控中心
 - 號誌訊息接收與傳送
 - 優先號誌監控
 - GIS與簡圖顯示路口號誌與優先號誌施行



13

路側與車上硬體設備

- 工業電腦
 - 在路側端作為優先號誌的協調器
 - 作為快捷巴士、號誌控制器資訊運算中介
 - 將優先號誌執行紀錄回傳至行控中心及交控中心以利監控管理
- 短距離無線通訊設備
 - 供快捷巴士與路側設備間進行訊息溝通使用
 - 使用頻率需符合我國NCC規定之公開免費頻率
 - 通訊方式應具國際通用標準
 - 傳輸距離至少需達300m
 - 為避免設備故障，車上與路側採用另一組設備完全相同之複聯設計(Fully Duplicated for Redundancy)

14

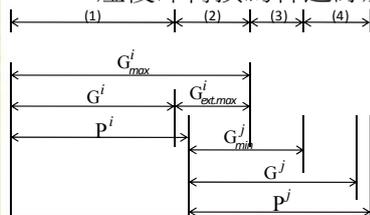
路側與車上硬體設備

- 優先號誌車載機
 - 符合TTIA「營業大客車車載機產業標準」1.5版以上
 - 利用GPS量測與觸發優先號誌路口觸發點
 - 接收與顯示下游路口綠燈剩餘時間
- 號誌控制器
 - 符合「台中市交通控制系統通訊協定規範」，且需能正確接受台中市交通控制中心現有控制指令
 - 需與台中市交通控制中心系統進行整合，並確保號誌控制相關功能正常運作

15

無BRT專用道路段之設計方式

- BRT行駛於一般車道，易受交通壅塞影響造成BRT預定到達路口時間的計算失準
- 紅燈時路口前的停等車輛使BRT無法在預估時間到達路口(支道紅燈需提早切斷以疏散路口停等車輛)
- 設計方式
 - 若BRT於check in觸發點之時速低於門檻值(如15 km/hr)，不啟動優先號誌
 - 若BRT預定到達路口時間晚於幹道最大綠，支道滿足最小綠燈後即轉換為幹道綠燈(即時段4控制邏輯與時段3相同)



BRT到達區間	優先號誌控制邏輯
時段(1)	根據原有時制順利通過
時段(2)	將時相綠燈延長至BRT預定到達路口時間
時段(3)(4)	待時相到達最小綠燈，切斷時相紅燈，執行時相綠燈

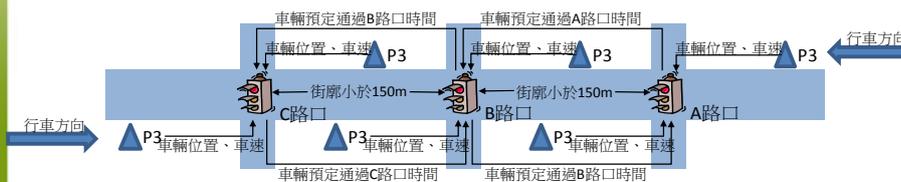
16

近端設站之處理方式

- 站台前端距離路口停止線少於70m視為近端設站
- 近端設站站台距離路口甚近，無法規劃一般觸動點(P1、P2、P3)
- 採車門關閉觸動方式，經短距離無線通訊設備傳送至路口IPC
- 路口IPC比對車門關閉時間與上一班BRT車門關閉時間，若時間差距超過車間距門檻值才進行優先號誌請求
- 車門關閉代表BRT離站，預定到達路口時間設定為車門關閉觸動後一段固定時間(可調整之參數，暫訂5秒)，路口IPC根據該預定到達路口時間實施綠燈延長或紅燈縮短策略

17

短街廓之處理方式

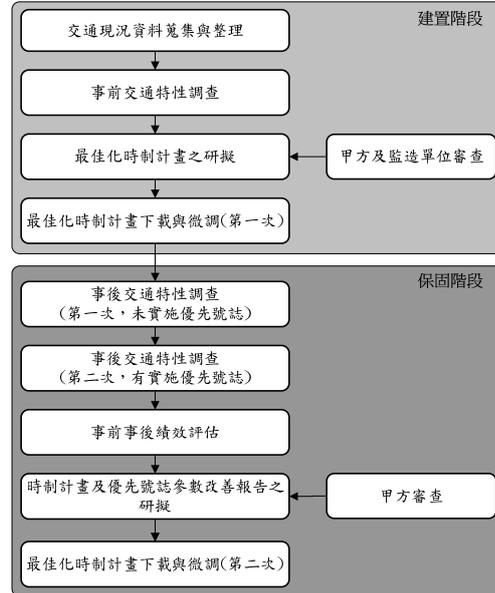


- 當路口間距離不足以劃設完整觸發範圍，因路口IPC不知BRT車輛通過上一路口時間而無法預估到達本路口停止線時間，故需以連動方式處理，將上一路口資訊採短距無線通訊傳送到下一路口
- 以上圖往西行車方向為例，當BRT通過A路口P3觸發點時，A路口IPC計算車輛預定到達A路口時間、原號誌控制狀況、改變後號誌時制計畫等，計算車輛預定通過A路口時間後，採DSRC通訊傳送到B路口IPC
- B路口IPC根據車輛預定通過A路口時間、車速、號誌控制狀況、AB路口間距離等，決定B路口時制計畫需改變方式

18

號誌時制重整與優先號誌參數設定

- 機電系統標建置廠商需執行BRT營運前後沿線路口交通流量調查、號誌時制重整、以及優先號誌參數設定等工作
- 範圍包含台中車站至英才路口等合計57個路口，以及橫交道路路口



19

簡報完畢，敬請指教

20