

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

整合 ITS 技術於公車捷運化系統之研究(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-002-051-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：張學孔

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 31 日

計畫編號：NSC 93-2211-E-002 -051

執行期間：二年期（第一年：93年8月1日至94年7月31日）

計畫主持人：張學孔 臺灣大學土木工程學研究所教授

一、摘要

關鍵詞：公車捷運系統、智慧型運輸系統、專家系統

在都市大眾運輸系統之中，公車系統所運輸的旅客遠較其他系統如捷運、市區鐵路及其他副大眾運輸系統都還要高，然而傳統公車之服務水準與品質常為民眾所詬病，無法滿足民眾對行的品質的要求，因此，為提昇公車服務之品質與效率，發展結合軌道運輸便利性及公車運輸彈性之公車捷運系統（Bus Rapid Transit, BRT），已成為發展大眾運輸之方案選擇之一。

BRT 是結合智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems, ITS）技術、現代土地使用規劃及運輸政策重新建構的快速大眾運輸系統。BRT 結合軌道運輸之效率及公車系統之彈性，以達快速、便利、舒適及低污染之目標，而智慧型運輸系統則是目前世界各先進國家規劃及解決交通問題所採用的重要方法，透過通訊、電子及運輸相關技術之整合，可以提升運輸系統的效能，提高系統的可靠性。本研究係界定 BRT 與 ITS 技術間之相關性，產生在不同 BRT 營運型態下各種 ITS 之技術特性，以專家系統決定最佳 ITS 的技術組合使 BRT 系統績效最佳化。由於 BRT 系統目前於世界各國尚屬新興之都市運輸方式，本年期研究進度主要著重於文獻回顧與實際資料彙整與分析，以作為下年度納入技術選擇之專家系統設計之基礎。

Abstract

Key words: Bus Rapid Transit, Intelligent Transportation Systems, Expert System

Bus Rapid Transit (BRT) combines the quality of rail transit and the flexibility of buses. BRT is a complete rapid transit system consisting of many features such as dedicated bus lane, priority for transit, cleaner and quieter vehicles, rapid and convenient fare collection, intelligent transportation technologies and integration with land use policy. The first stage of this research has explored the domestic and overseas practices and studies to generalize the characteristics of BRT and analyzed critical issues of application of ITS technologies in BRT. It is expected in the second stage that an expert system for selecting the optimal combinations of ITS technologies for BRT will be obtained.

二、研究緣起與目的

在都市大眾運輸系統之中，公共汽車系統所整體運輸的旅客遠較其他系統如捷運、市區鐵路及其他副大眾運輸系統都還要高，然而傳統公共汽車之服務水準與品質時常為民眾所詬病，並且無法滿足民眾對行的品質的要求，因此，為提昇公共汽車服務之品質與效率，而發展結合軌道運輸交通便利性及公共汽車運輸彈性之公車捷運（Bus Rapid Transit, BRT），已成為發展大眾運輸之方案選擇之一。

BRT 結合 ITS 技術、現代土地使用規劃及運輸政策，重新建構一種近似公共汽車系統的快速大眾運輸系統。BRT 結合軌

道運輸之效率及公共汽車系統之彈性，以達快速、便利、舒適及低污染之目標，而 ITS 則是目前世界各先進國家規劃及解決交通問題所採用的重要方法，透過通訊、電子及運輸相關技術之整合，可以提升運輸系統的效能，提高系統的可靠性。

目前全球各國都會區已陸續完成或正規劃發展 BRT 系統，除了南美各國正運行的諸多系統，台北市及昆明推行多年的公車專用道及路網亦有顯著成效，目前北京在南中軸路正在興建 16 公里的 BRT 系統，上海則進行 BRT 路網之規劃，成都亦考量 BRT 與二環相容的建設方案，重慶則已規劃完成一條 BRT 路線，並以其車輛工業之優勢，積極投入 BRT 系統之推動。由於 BRT 系統之多樣化，故如何審慎選定 BRT 系統技術，減少公部門財政負擔，確實解決都市交通擁擠，提高未來之營運效率，成為 BRT 系統規劃時一項重要且值得研究之課題。本研究探討 ITS 技術應用於各國 BRT 之方法，分析及界定有關 ITS 技術與 BRT 之相關性及適用性，並透過相關資料的蒐集、案例之探討，從中產生在不同 BRT 營運型態下各種 ITS 之技術組合，以決定最佳 ITS 的技術組合使 BRT 系統績效最佳化。

三、ITS 技術於 BRT 系統之應用

近年來 ITS 技術已廣於應用在各種運輸系統中，以提升運輸系統之營運效率，在 BRT 系統採用的 ITS 技術方面，主要有下列幾項：

- (1) 車輛優先：包括號誌時相時制的調整、車輛進出車站的設計、大眾運輸優先號誌等。
- (2) 智慧車輛的設計 (IVI Technology)：車輛避碰、警告、自動車輛控制、準確停靠車站等技術。
- (3) 收費系統：BRT 系統可為車上收費或車站收費，均使用快速的電子收費系統。
- (4) 車輛營運與車隊管理：車輛與調度

站間之通訊系統、定位系統、派遣系統及車輛本身之機械監視系統，均可確保車輛與路線上行駛的效率與安全。

- (5) 乘客資訊系統：乘客資訊系統為使用者最容易接觸到之 ITS 技術，包括車站或站牌的資訊系統、個人乘車資訊系統、車上資訊系統及旅行路線規劃等。
- (6) 其他 ITS 技術：從上述系統可附加的技術有資料存取系統、乘客計數、安全警告、車上影音等技術。

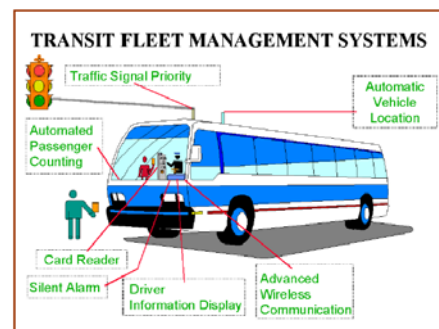


圖 1 應用 ITS 技術於 BRT 車輛管理系統 [4]

四、整合 ITS 技術與 BRT 系統

ITS 技術可以使大眾運輸營運增加時安全及營運效益。車輛及乘客遠端監控系統可以使得乘客的安全性更受到保障。在營運方面，車隊的管理也可以透過 ITS 相關技術提升其效率。未來在車輛自身的機械監控系統發展成熟後，車輛的行車安全可以受到更進一步的保障。而 AVL 技術可以使排班調度更具彈性化及可靠，上述 ITS 的技術都是為了減少旅行時間及改善整理運輸網路的營運效率。

BRT 系統的設計就是為了減少傳統大眾運輸服務的延滯。單獨一項 ITS 技術可以提供 BRT 系統未來基本的效益之一，而整合所有相關 ITS 技術將可以改善更多服務及營運之效率。BRT 系統若無整合 ITS 技術，就只能算是較進步的一種傳統大眾運輸系統，而不能稱做 BRT。同樣的，若只採 ITS 技術，而忽略了 BRT 之

基礎建設，如車輛的專用路權，那也無法有效提升大眾運輸之容量。因此 ITS 技術與 BRT 之間的主要關係如下[5]：

- (1) ITS 技術的整合決定 BRT 系統之特性。
- (2) 使用 ITS 技術是為了達到 BRT 系統之目標。
- (3) ITS 技術的應用可以使 BRT 之效益顯現在使用者中。

依據前述各項的案例分析，可以歸納出世界各 BRT 系統對於各項 ITS 技術的使用概況如表 1 所示。

表 1 ITS 技術於各城市 BRT 使用之概況

ITS 技術	城市數
車輛優先	
號誌時制時相	3
車站及車道管制	7
優先號誌	7
智慧車輛技術	
避碰系統	1
碰撞警示	4
車道導引	4
進站停車	5
收費	
車站電子收費	7
車上電子收費	11
營運	
先進通訊系統	8
先進排班調度系統	10
車輛機械監視及維修	1
車輛監視系統	20
乘客資訊	
車站乘客資訊	21
站外乘客	0
車上乘客資訊	9
旅次規劃	1
其他技術	
資料蒐集儲存	0
旅客計數	5
無聲警示	3
聲音及影像監視	4

從表 1 中之數據可以顯示目前 BRT

系統採用最多的是以乘客資訊系統、車輛監視系統、排班系統、電子收費及優先號誌，這也是在 BRT 基礎建設時應一併設置之基本系統技術，而各項技術的使用上有下列之特性：

(1)在優先號誌方面，優先號誌的設計會與車站設置位置有關，也會與公共汽車專用的形式相關，加上若公共汽車車輛間距過近形成車隊通過路口時，如何調整優先號誌之時制，都是優先號誌設置時所需考慮的重點。

(2)車站與站台的設計是 BRT 系統的重點之一，車站的設計必須有足夠的空間供民眾候車、購票及查詢各種路線及其他資訊，配合 AVL 及 GIS 系統，乘客可以有效知道車輛到站時間資訊及車輛路線資訊。多路線及多運具的車站也可提供轉乘其他路線或運具服務。在月台設計的部分，站台高度的設計必須配合車門高度及車門與月台間聯結的方式，以利乘客或行動不方便的乘客能快速上下車輛。

(3)在車輛自動停靠車站及車輛導引的技術方面，目前各國 BRT 系統均在試驗中，未來將以自動駕駛為主，人工駕駛為輔，以提高車輛行駛的精準度，目前比較成熟的車輛導引方式是以輔助輪機械引導的方式行駛，目前英國、德國、澳洲的系統均採此種系統，但此種系統需要額外的道路硬體建設配合，對景觀或道路阻隔影響較大，而美國拉斯維加斯的 CIVIS 系統採用「光軌」之導引系統較為先進，但若遇到下雪季節，該導引線可能會因遮蔽而無法使用。

(4)在車輛設計方面，除了先進的技術及低底盤公共汽車外，低污染車輛設計也是 BRT 系統也要採行的技術之一，如燃料電池 (Fuel cell)、混合動力 (Hybrid Electrical Vehicle)。在公共運輸方面，世界各主要車廠也研發了採用油電混合系統的低底盤、無臺階小型巴士，動力系統使用油電混合車的混合系統，可將二氧化碳排放量減少一半。近年來新型巴士車輛設計利用前輪驅動模式，實現了乘坐空間低平地板設計。座椅採用在彈簧上固定座位的「平

穩升降式座位」。這種座位當有人坐上後就會下降，起身時彈簧會對起立有輔助作用。未來車輛的設計中短程將以油電混合動力車為過渡，長程則將由燃料電池電動車為主導。

從上述各點之討論可以得知，ITS 技術與 BRT 基礎建設必須相輔相成，在 BRT 硬體基礎建設時，必須將未來可能所採用的 ITS 技術所需要之管線及空間做預留，並可用分期建構的方式依序建構 BRT 所需之 ITS 系統，由於 BRT 對於所採用的技術會遠較軌道工程有彈性，因此在 ITS 系統建置時程也相對可以針對使用者之需求依序建置。

五、結論與建議

BRT 系統的設計目標之一是為了減少傳統大眾運輸服務的延滯、增加可靠度與營運效率，而 ITS 技術可以使大眾運輸營運增加時安全及營運效益。車輛及乘客遠端監控系統可以使得乘客的安全性更受到保障。在營運方面，車隊的管理也可以透過 ITS 相關技術提升其效率，BRT 採用 ITS 的技術都是為了減少旅行時間及改善運輸網路的營運效率。

整體而言，單獨一項 ITS 技術可以提升 BRT 系統未來基本的效益，而整合所有相關 ITS 技術將可以改善更多服務及營運之效率。本研究從各國發展 BRT 系統時所採用之 ITS 技術為出發點探討 ITS 技術採用時所產生的各項課題，對未來 BRT 系統建置時可作為相關策略擬定之參考。

此外，在各項系統的建置與維運中，「財務」將是重大的考慮因素，在後續的研究中，將 BRT 建置 ITS 系統所需之建置與維運經費作細部的分析，以更準確預測引進各項系統技術的成本及效益，期能在功能需求與永續財務之思維下找出最佳的技术組合。

由於 BRT 系統在世界各國目前尚屬新興之觀念與建設，結合過去公車專用道的特點與 ITS 之新技術達成提升公車運行效能之目標。本年度研究進度著重於蒐集國內外 BRT 之規劃、設計、營運資料及

其執行成效、分析各地區 BRT 對於 ITS 技術選擇之條件與研析 ITS 相關技術應用於 BRT 之項目準則。下年度將進一步建構 ITS 技術於 BRT 系統分期建構、投資之項目準則，並規劃後續 ITS 技術於 BRT 系統應用，預計發展專家系統以做為未來 BRT 系統規劃設計時選擇 ITS 技術組合之參考。

參考文獻

1. 張學孔 (2004)，大眾運輸發展政策之探討：國際都市公共汽車捷運系統之發展，第十四次重大工程建設績效研討會，中國工程師學會主辦，台北市。
2. 鄭永忠 (2003)，公車捷運系統發展策略之研究，台大土木所碩士論文。
3. 能源基金會 (2002)，快速公交系統一向可持續城市交通發展之路。
4. 張學孔 (2004)，大眾運輸政策：公車捷運系統之優勢與發展趨勢，國內重大工程績效研討會論文集，中國工程師學會。
5. S.K. Chang (2002)，"Taipei Dedicated Bus Lane System," in Urban Transport for Growing Cities: High Capacity Bus Systems (Editor: G. Tiwari), Macmillan India Ltd.
6. FTA BRT Reference Guides : http://www.fta.dot.gov/initiatives_tech_assistance/technology/bt/reference_guide/2341_ENG_HTML.htm
7. H. Levinson et al. (2003) Bus Rapid Transit Volume 1 : Case Studies in Bus Rapid Transit, TCRP Report 90, TRB, National Academy of Science.
8. H. Levinson, H. et al. (2003), Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, TCRP Report 90, TRB, National Academy of Science.
9. W. Kulyk (2002), "ITS Enhanced Bus Rapid Transit Systems," US Department of Transportation.