

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

用路人異質資訊融合與應用技術平台之開發-子計畫一：異質交通運輸資訊融合技術之研究(I)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93 - 2218 - E - 009 - 048 -

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：王晉元

共同主持人：

計畫參與人員：林至康、張惠汶、吳瑞豐

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學 運輸科技與管理學系

中華民國 94 年 10 月 1 日

摘要

本研究利用公車的在行駛中傳回之 GPS 定位資料，發展一套資料處理方式，推估路段中之速率，做為路段速率資訊提供之用。然而公車並非專屬的探針車輛，有其主要的載客任務需執行，所傳回來的速率資料必需加以處理，才能提供正確資訊。本研究發展資料處理模式，主要包括兩個部份，一為資料過濾模式，主要是在公車站牌與路口位置設定停等區，配合公車速率資料型態，自訂過濾規則，以濾除公車上下客、路口紅燈停等之低速資料。另一為資料切割模式，此模式主要以統計上改變點分析方法，找出一切割點，使切割點至目前更新時間之間的資料是相似的。

關鍵字：探針車、旅行者資訊系統、旅行速度

Abstract

This research proposes a data processing model to process the real-time travel data collected by the buses instrumented with GPS, and estimate the average speed in a link. However the buses have their main missions to do, such as carrying passengers, we must filter out the unneeded data to provide accurate travel information. The data processing model includes two parts. One is the data filtering model to filter out the un-normal low speeds resulted from stops for collecting passengers or red light. The other is the data-cutting model. This model using the change point analysis of statistic theory to find a cutting point where the data has significant difference.

Keywords: probe vehicles, ATIS, travel speed

一、研究背景與目的

國內不論是在都會區中或是在城際間的各项活動都很頻繁，對於路況資訊需求日切。一般來說，收集即時旅行資訊有兩項基本的方法(Turner *et al.*, 1995)。一種是每隔一段距離，在固定點設置偵測器，。另一種方法是，利用在交通流(traffic flow)中行駛之裝有 GPS 配備之車輛來收集資料，此種裝有 GPS 配備之車輛也就是探針車輛(probe vehicle)，探針車輛與控制中心之間保持固定頻率之通訊，以追蹤探針輛在路線上的位置與速度。

考慮國內環境，由於受限於政府財力與預算的限制，在近幾年內全面佈設偵測器的機會不大，利用探針車輛，可說是一個在短期內可行，同時既有效率又即時的方式。一般來說，要為路況收集設定專屬的車輛，所需之經費、人力相當可觀，可行程度低，但若就現有設備、資料，加以利用，建立以目前裝有衛星定位系統之車輛做為探針車，經過其傳回資料之處理，而提供道路之路況資訊，將可為現有之系統帶來高附加價值，並達到系統充份利用之目的。

台灣地區近年來自從開始倡導智慧型運輸系統的觀念後，陸續有一些運輸業者，在其車隊車輛上安裝衛星定位系統，做為即時監控與調度等管理之用；另外，可預見未來將會有更多的車隊安裝此類系統，若是能夠利用這些車輛作為探針車輛，藉由所收集到之 GPS 定位資料來提供即時的資訊，同時，隨著此類裝有定系統車輛數目的增加，路況收集的廣度與即時性也就能隨之增加。

本研究的主題在於利用現有裝有衛星定位系統之車輛系統，做為探針車輛，透過其所傳回之資料，發展一套資料的處理方式，推估路段速率，以做為路段速率資訊提供之用。

二、文獻回顧

Turner and Holdener(1995)以休斯頓 AVI(Automatic Vehicle Identification)交通監控系統的實際資料，研究在已知可接受精確度的條件下，給定路況更新頻率下，對於提供即時的路況資訊(旅行速度與時間等資料)，所需之最小探針

車數量。本篇研究以迴歸分析估計旅行時間變異(travel time variation)，並利用旅行時間變異來計算探針車樣本大小。

Helinga and Fu(1999)的這項研究主要是在檢驗有關探針車樣本大小的研究中相矛盾的結論，一為增加探針車輛的數目並沒有辦法改善估計造成的誤差，一為藉由增加探針車輛的數目可增加估計正確性。些篇研究檢驗在有號誌的節線上，探針車輛取樣基準對旅行時間估計正確性的影響。本篇研究的結論提出，在評估以探針車輛樣本平均數代表母體平均的可靠度時，偏誤樣本的程度(degree)是一關鍵因素。

李俊賢引(1996)用 L. Fu 與 L.R. Rilett 所提出之動態隨機最短路徑問題(Dynamic Stochastic Shortest Path Problem, DSSPP)，重新導出隨機性動態旅行時間(Static Dynamic Travel Time, SDTT)模式。以期引用此模式在分析旅行時間之平均值與變異數、以及將不確定性加入計算邏輯以瞭解變異數如何影響旅行時間之優點。

Sen (1997)探討了探針車輛之部署密度與估計路段旅行時間之變異數之關係。其所引用的資料為美國在芝加哥的 ADVANCE 計劃所收集到車輛經過各個路段之旅行時間資料。在 ADVANCE 計劃中，交通資訊中心(Traffic Information Center, TIC)將收集到之各車輛在路段之旅行時間，以五分鐘為單位加總平均各車輛在路段之平均旅行時間。假如該路段有偵測器，則 TIC 將同時使用從偵測器以及探針車輛所得之資料進行路段之旅行時間預估；而倘若該路段無偵測器，則 TIC 將引用探針車輛之資料為該路段之「目前旅行時間」。而 TIC 便以此資料輸入旅行時間計算公式，得到預測路段未來 5、10、以及 15 分鐘之旅行時間。

吳佳峰(2001)此研究主要透過車輛歷史旅行資料預估車輛旅行時間，為了能夠正確預估車輛旅行時間，此研究設定了車輛運行路線分段以及車輛歷史旅行資料劃分時段之準則。為使模式能夠同時適用於城際間長途旅次以及市區內旅次，此研究之模式將預估車輛旅行時間分隔為車輛運行時間以及車輛停等時間。此篇研究中，在調整預估旅行時間機制方面，引用了車輛所提供之 GPS 定

位訊號以彌補僅觀察車輛歷史旅行資料無法針對車輛實際運行狀況而對預估旅行時間調整之缺點。從 GPS 定位訊號可以提供模式車輛目前所在位置、該時點之瞬時速度、並可經過比較兩筆定位訊號計算車輛之平均車速。從車輛平均車速，模式可觀察車輛運行速度之變化，提供預估車輛運行時間之調整機制所用；而從車輛瞬時速度，可提供模式車輛實際運行遭遇停等之狀況，以供預估車輛停等時間之調整機制所用。

本研究回顧國內外有關探針車輛之研究，發現以往的研究主要是應用在旅行時間的估計、探針車輛樣本大小研究為主。而在旅行時間的估計上，輸入資料主要皆賴以大範圍且密集之偵測器佈置，以測得各路段之車輛平均速度以及車流量。然而反觀國內之環境，要在短期內鋪設足夠的偵測器以獲得如此條件之輸入資料有所不易之處。

三、系統架構

本研究之系統架構圖如圖 1 所示。說明如下。

(1) 公車之 GPS 定位資料

針對每一公車取得其在路段速率更新時間以前的所有時間、經緯度、速率等定位資料。

(2) 資料過濾模式

此部份主要針對每一輛公車的整個路線的資料進行資料過濾模式的處理，經過資料過濾模式的資料為不包含受到站牌與路口紅燈影的資料。過濾完後的資料，即為我們可用的資料。

(3) 擷取路段資料

針對每一公車擷取屬於某一特定路段的資料。由於在資料過濾模式中，是針對每一公車整個路線做處理的，而我們要提供的是路段的速率資訊，所以須先擷取屬於我們所要分析的路段的資料，再進行資料切割模式的處理。

(4) 資料切割模式

在資料過濾模式後，得到可用資料後，針對屬於所有此特定路段的所有公車速率資料，依時間先後順排序，再將更新時間前至上次切割點的所有速率資料放入資料切割模式處理，找出一切割點。

(5) 路段速率計算與提供路段速率資訊

最後取切割點至目前時間的速率資料進行路段速率的計算，並提供路段速率資訊。

另外，由圖 1 之系統架構中，本研究主要兩個模式的進行順序為先進行「資料過濾模式」再進行「資料切割模式」，主要是我們先將資料過濾後，所有資料即為可用資料，再從這些可用資料中去切割與目前資料相近的資料計算平均速率。倘若我們將系統之進行順序調換，先進行「資料切割模式」，則很可能資料切割點均出現在探針車停等時，而時得資料的分段成為以停等為分段，而非以路段及資料相似情形為分段。

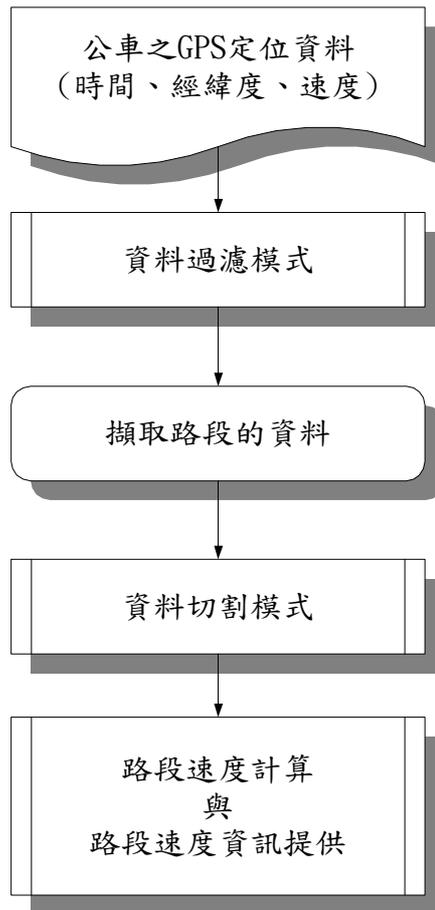


圖 1 系統架構圖

四、資料過濾模式

本研究以自訂過濾規則的方式來過濾資料。本研究擬訂的規則法主要是在路口與站牌位置前後訂定一範圍作為停等區，再根據公車 GPS 定位的位置資料、速率型態判斷是否濾除該筆資料。

在停等區之設定方面，本研究設定為站牌或路口前後各 100 公尺，停等區之設定方式，主要是本研究實際收集公車之 GPS 資料，求算公車自原行始速率減速至完全停住所行駛之長度，及自停等加速至正常行駛速率之行駛長度，而求算出之長度可能為 70、80、90 或 120，本研究取一長度能涵蓋 90% 所算出之長度而將之定為停等區之長度。而停等區之設定方式，需隨地點之不同重新校估設定。

針對每一經過研究路段之所有路線公車，取得更新時間前所有 GPS 定位資料，由時間最早的資料開始判斷起，如果該筆資料位於停等區，則檢查該筆資料是否為 0，如果是 0，則找出此筆資料緊臨前後所有連續 0 的資料，將這些連續 0 的資料濾除，即刪除圖 4-3 中 B 的部分。另外，刪除這些連續 0 之前減速資料(圖 4-3 中 A 的部份)以及這些連續 0 之後的加速資料(圖 4-3 中 C 的部份)。在連續 0 之前後減速、加速資料的刪除方面，本研究根據所收集之資料，判斷速率資料在 0 前與 0 後之減速與加速時間，約需 10 秒可完成，所以本部份之刪除規則為刪掉連續 0 前 10 秒的資料及連續 0 後 10 秒的資料。

如果位於停等區的該筆速率資料不是 0，但小於 15km/hr(本研究自行訂)，則判斷是否處於加速或減速中，如果是則刪掉該筆資料。假設該筆資料為第 i 筆資料，令為 S_i ，減速中的判斷方式為，當 $S_{i-1} > S_i$ 且 $S_{i-2} > S_{i-1}$ 且 $S_{i-3} > S_{i-2}$ ，則為減速中。加速中的判斷方式為，當 $S_{i-1} < S_i$ 且 $S_{i-2} < S_{i-1}$ 且 $S_{i-3} < S_{i-2}$ ，則為加速中。

有關停等區設定為 100 公尺是否過長，而可能刪除整個路段的資料方面，因為本研究之刪除規則除了考慮停等區以外，還需配合資料型態，只有位於停等區中的停等資料與停等前後的 10 秒加減速資料，以及停等區中處於加減速中的

低速資料才會被刪除。如果經過站牌與路口並未停等，將不會刪除，所以發生整個路段資料全被刪資之情況的機率很低。

五、資料切割模式

我們所要取用的輸入資料必需是與目前現況類似的資料，因此，對於我們所收集到的資料，必須在過濾掉公車上下客與路口紅燈停之低速資料後，決定一切割點，在切割點之後至更新時間之間的與目前情況類似的資料，才為我們所用，對於在切割點之前的資料則加以捨棄。

根據以上的論點，尋找統計上、文獻上相關的方法論，以改變點(change-point)分析較符合本研究的需求。

本研究採用之資料切割模式，在「沒有改變點」假設檢定的部份，採用貝氏方法，在「改變點位置估計」的部份，採用最大概似估計的方法，主要是最大概似法之估計方式為直接估計改變點的位置。

(一)設定虛無假設與對立假設

虛無假設(H_0)：沒有改變點存在($\mu_1 = \dots = \mu_n$)

對立假設(H_1)：有改變點存在($\mu_1 = \dots = \mu_\tau \neq \mu_{\tau+1} = \dots = \mu_n$, $1 \leq \tau \leq n-1$)

(二)檢定之統計量

由於本研究類型屬於 μ_1 未知的情況，且根據對立假設，本研究屬於用雙邊檢定，所以採用以下之檢定統計量。

$$T^* = n^{-2} \sum_{i=2}^n \left[\sum_{j=i}^n (Y_j - \bar{Y}_n) \right]^2, \text{ 其中 } Y_j \text{ 為資料切割模式的輸入速率資}$$

料， n 為輸入速率資料的筆數。

(三) 拒絕虛無假設之臨界值

由於 T^* 的分配為 $\sum_{r=1}^{n-1} \lambda_r^* Z_r^2$ ，其中 Z_1, \dots, Z_{n-1} 為獨立之 $N(0,1)$ ，

$$\lambda_r^* = \left\{ 2n \sin\left(\frac{(2r-1)\pi}{2(2n-1)}\right) \right\}^{-2}。$$

由於文獻上並沒有此分配的臨界值表，所以本研究以 C 程式語言，自行撰寫 T^* 的分配，在固定 n 下，產生 30000 個符合 $\sum_{r=1}^{n-1} \lambda_r^* Z_r^2$ 的 T^* ，並將產生的值由小到大排列，取第 28499 個(也就是第 95 百分位)的值當作 T^* 的臨界值 T^{**} 。亦即產生在 90% 的信賴區間下，不同樣本數之 T^* 臨界值 ($T_{(n,90\%)}^{**}$)。

(四) 拒絕或無法拒絕虛無假設

如果 $T^* > T_{(n,90\%)}^{**}$ ，則拒絕虛無假設，也就是有改變點之存在。

如果 $T^* < T_{(n,90\%)}^{**}$ ，則無法拒絕虛無假設，也就是沒有改變點的存在。

在改變點位置估計使用最大概似估計(Maximum Likelihood Estimator)法

$$\hat{\tau} = \arg \max_{1 \leq r \leq n-1} \left[\sum_1^r \log f(Y_i, \theta_1) + \sum_{r+1}^n \log f(Y_i, \theta_2) \right]$$

來估計改變點的位置。其中， $\hat{\tau}$ 為估計的改變點位置，也就是 $\hat{\tau}$ 之前為一組(包含 $\hat{\tau}$)， $\hat{\tau}$ 之後為一組。， f 為常態分配之 pdf， Y_i 為資料切割模式的輸入速率資料， θ_1 為前組之速率資料平均數， θ_2 為後組速率資料平均數。

六、實例測試

在模式擬定完成之後，本研究希望藉由實例的測試來評估模式的效果，並藉由實例測試的結果對模式做修正，以求模式之完整性與正確性。本研究將以新竹市光復路往市區方向過溝站至聯工所站為例做測試。

以上午所收集到的資料為例，在公車的部份，針對每一趟進行過濾模式的處理，共 22 趟。每趟過濾完的資料擷取屬於光復路上建新路口至建中路口的資料，之後將這 22 趟過濾完且屬於分析路段的資料依時間先後做排序。自 8:00 開始，每 10 分鐘更新此路段速率一次。以 8:00 為例，此時資料只有 8:00 至 7:00 的速率資料，則 8:00 往前至 7:00 為資料切割模式之輸入時間段，取這些資料進行資料切割模式的處理，改變點的尋找方向為至 8:00 往 7:00 的方向找，找到的改變點位置為上午 7 點 56 分 27 秒的地方。所以我們由 8:00 往 7:00 取至 7 點 56 分 27 秒(含 7 點 56 分 27 秒)的資料，共 8 筆資料，此 8 筆資料的平均為 42.0。在 8:00 時，光復路上建新路口至建中路口的平均速率為 42.0 公里/小時。

實例測試過程中，在資料過濾模式與資料切割模式方面，均能達到我們所期待的功能，將實例測試的結果列表顯示。由圖 2 中，我們可以看出以公車為探針車求出的結果與當時車流中小汽車的結果比較時，有時會有高估的現象，有時低估的現象，本研究實例分析中的小汽車也只是車流中極少數的樣本，所以與原先預期以公車做為探針車輛會有比小汽車低估的現象並不一致性。

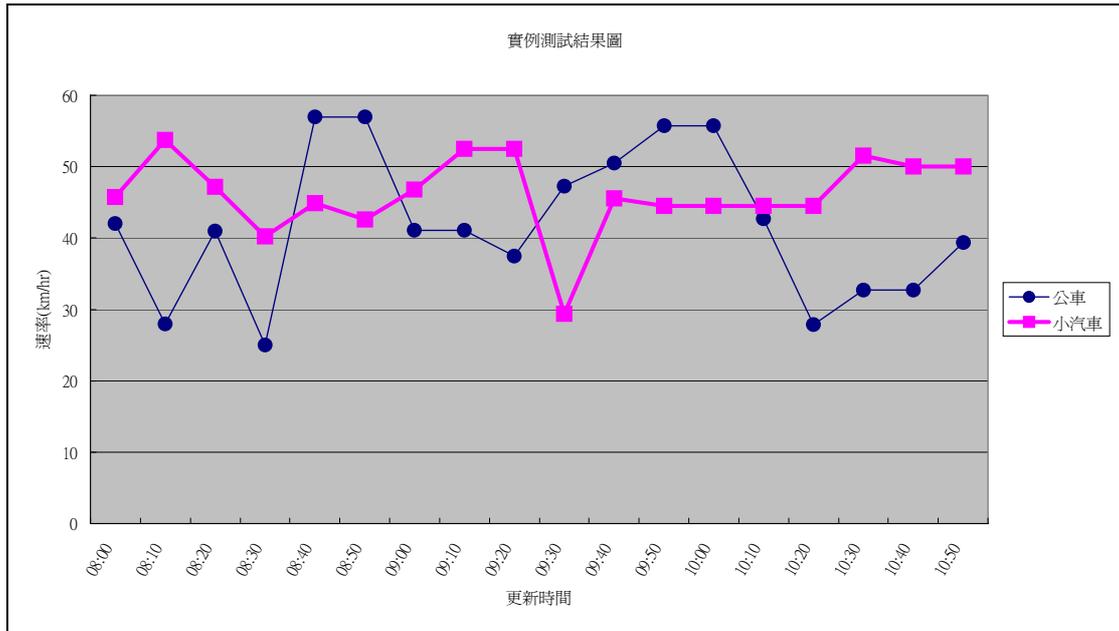


圖 2 實例測試結果圖

另外由本研究所收集的最原始資料觀察，這兩個時段探針車經過該路段時，均未因紅燈或站牌而停等，而本研究根據經驗猜測造成公車高估之原因可能為小汽車走內車道被等待左轉車輛擋住而減速、變換車道等，而公車走外車道不受影響，但因本研究在實例調查時並未記錄這些資訊，所以並無從找出真正原因，建議往後相關的調查需將車子行駛之車道，在路綠燈擋住等資訊，以使結果更為有意義。

七、結論與建議

本研究發展之資料處理模式主要包括兩個部份，一為資料過濾模式，主要是在公車站牌與路口位置設定停等區，配合公車速率資料型態，自訂過濾規則，以濾除公車上下客、路口紅燈停等之低速資料。另一為資料切割模式，此模式主要以統計上改變點分析方法，找出一切割點，使切割點至目前更新時間之間的資料是相似的。在實例分析方面，本研究以新竹市光復路往市區方向建新路口至建中路口為例，進行完整的模式分析，包括資料的收集、資料過濾模式的處理、資料切割模式的處理至路段中速率的推估。分析的結果，在資料過濾模式與資料切割模式方面均能達到所期望之功能。然而以公車做為探針車

輛，在速率推估方面，有低估或高估的現象，較不穩定，而由於實例調查所記錄的資訊並不完整，無從推測其造成原因。

參考文獻

- (1) Bhattacharya, P. K. (1994). "Some Aspects of Change-Point Analysis." Institute of Mathematical Statistics Lecture Notes-Monograph Series, 3, pp.28-53
- (2) Hall, F. L. (1987), "An Interpretation of Speed-Flow-Concentration Relationships Using Catastrophe Theory", *Transportation Research A*, Volume 21A, No. 3, pp.191-120
- (3) Helinga, B., Fu, L. (1999). "Assessing Expected Accuracy of Probe Vehicle Travel Time Reports." *Journal of Transportation Engineering*, 125(6), 524-530.
- (4) Okutani, Iwao. (1987). "The Kalman Filtering Approaches in Some Transportation and Traffic Problems." Pp397-416
- (5) Sen, A., Thakuriah, P. V., Zhu X. Q., and Karr A. (1997). "Frequency of Probe Reports and Variance of Travel Time Estimates." *Journal of Transportation Engineering*, 123 (4), 290-297.
- (6) Turner, S. M., and Holdener, D. J. (1995). "Probe Vehicle Sample Size for Real-Time Information: The Houston Experience." *Proc., Vehicle Navigation and Information Sys. (VNIS) Conf., IEEE, New York*, 3-9.
- (7) 李俊賢(1996)，「在靜態模型中運用傅立葉轉換分析隨機性動態旅行時間之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文。

計畫成果自評

本計畫發展資料過濾與資料切割模式來對探針車所收集到的資料來進行處理，並透過實例驗證的方式來證實本研究所開發完成模式的正確性與可行性。本研究的成果已經撰寫成論文，目前正在投稿審查中。

本研究的成果，除了具有學術性外，對於國內旅行者資訊的提供亦具有顯著的貢獻。

本研究的成果大致與原先預定的工作項目相符。