

第一章 緒論

1.1 研究背景

自從美國開始提出引進資訊化、通訊化等科技，嘗試經由分析規劃、控制管理方式來改善交通運輸環境，不再只是由單方向來增加硬體建設來解決交通問題，也因此帶動了世界有關於智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System）之快速發展。我國交通部推動電信自由化以來，國內交通運輸相關單位開始注重引進資訊、通訊等科技，結合交通運輸之專業知識，隨著世界智慧型運輸系統發展之潮流將先進的科技整合到運輸領域中。

1.1.1 智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)

智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)即為透過即時之資訊、通訊、偵測、自動控制等新技術所架構之一個嶄新、完整、便利、高準確性之運輸系統。隨著時代的演進，人們對於交通運輸課題的處理亦逐漸朝向智慧化的方向邁進。儘管現今在運輸分析、控制、規劃、管理等各方面已經有相當程度的發展，目前仍缺乏即時性且準確度高的模式來反應交通現況。近年來旅行時間估計與預測之興起為交通運輸帶來很大的衝擊，其可補足現有模式中所無法反應的即時現況並提升更準確性之估計與預測。旅行時間之提供可從三方面來探討研究。

1. 交通管理者：能掌握現有之交通狀況，做出最佳交通管理與控制策略。
2. 交通運輸營運者：瞭解當前營運車輛之位置及旅行時間，做出最佳營運調度及排班處理。
3. 交通使用者：駕駛者獲得當前交通現況，在其所選擇之路徑上做出最佳決策，並準確掌握行車時間，以避免耽誤行程。

因此，目前國內外皆致力於旅行時間之研究，以利於交通管理者、交通運輸營運者及交通使用者三方面各得其所，做出最佳控制、規劃、調度、排程等策略，以提升掌握更準確性之交通現況。

1.1.2 先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information System, ATIS)

進一步從資訊觀點來探討，智慧型運輸系統可分為七大子系統，其中先進旅行者資訊系統(Advanced Traveler Information System, ATIS)主要為提供旅行者各項交通資訊。旅行時間估計(Travel Time Estimation)即為其中之一重要資訊，進而提昇旅行時間預測(Travel Time Prediction)之準確度。即時且準確之旅行時間估計與預測除了可以讓旅行者更能精準地掌握車輛之動態資訊，以協助旅行者快速擬定旅次之規劃並避免其因資訊不足所產生的焦慮壓力與不確定性；並能提供交通管理者進行控制與規劃現有交通狀況；大眾運輸系統使用者行前(Pre-trip)、行進間(En-route)旅行資訊；大眾運輸業者更快速、準確地車

隊管理，並提早對延誤班次進行調度。

當前國內不論是都會區或是城際間之各項活動皆頻繁，對於路況資訊之需求迫切。當即時之路況能夠被收集時，相關的模式、系統才能夠計算出如何導引旅行者以較快速、有效率之方式到達目的地，避免陷入擁擠的交通中而浪費時間，以達到提升效率之目的，同時縮短之旅行時間也代表著機動車輛廢氣排放的減少，對於環境的保護也是一大助益，獲得即時之路況資訊，也能夠讓旅行者減少因陷入擁擠車潮中所帶來之安全問題。

1.2 研究動機與目的

車輛旅行時間之估計，無論在都會區或城際間之交通聯絡網，皆扮演著重要角色。正因其重要性，旅行時間估計為近年來國際智慧型運輸系統研究單位逐漸興起之研究課題。為了提供準確之旅行時間估計，世界各國無不利用各種方法來收集此項資訊。除民眾、義工、執勤人員口耳相傳之方式外，一般來說，收集即時旅行資訊有兩項基本之方法。一種是每隔一段距離，在固定點設置偵測器，以固定的頻率來偵測車輛，此方法可蒐集到車流量、時間平均速度(Time Mean Speeds)、車間距(Headway)、車輛種類、車道佔有率(Lane Occupancy)等資料；另一種方法則是利用在交通流(Traffic Flow)中行駛裝有 GPS 配備之車輛來蒐集資料，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以固定頻率之通訊，以追蹤探針輛在路線上的時間(Time)、位置(Location)與速度(Speed)，獲得相關之交通資料。

1.2.1 研究動機

傳統上旅行時間估計所需之資料以固定式偵測器蒐集為主，考慮國內環境，由於受限於政府財力與預算之限制，在近幾年內全面佈設偵測器之機會不大，單靠公路警察與民眾義工之口耳路況傳播也略嫌不足。參考國外路況蒐集管道，利用探針車輛，可以說是一個於短期內可行，同時既有效率又即時之方式。所謂探針車輛，就是在車輛上安裝定位系統（目前通常是 GPS 定位系統），利用其固定頻率蒐集車輛之座標位置、時間、車速，即可以計算出所經過道路之旅行時間。但一般來說，要為路況蒐集設定專屬車輛，所需之經費、人力相當可觀，可行程度低，其數量多寡也影響估計與預測之精準度。而運用現有之運輸業者，如客運公司、物流公司、計程車行等，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，諸如台北市公車（部份）、台中市公車（部份）、高雄市公車（部份）、台灣大車隊、和欣客運、台中萬豐計程車隊、高雄捷立安計程車隊等。若是利用這些車輛作為探針車輛，對於路況蒐集之廣度與即時性亦能隨之增加。未來在國道高速公路上電子收費系統(Electronic Toll Collection, ETC)正式啟用，每輛高速公路上之車輛都可準確掌握其位置、上下匝道、所經過之旅行時間等等，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。

1.2.2 研究目的

當前國內高速公路固定式偵測器佈設位置並非全面性佈設，僅在重要路段佈設較為密集，在城際間佈設距離較長，且偵測器亦常有故障損壞之情形，若單以固定偵測器蒐集之交通資料進行車輛旅行時間估計，會影響整體估計之準確度；單以探針車輛估計車輛旅行時間，根據相關文獻中得中探針車數量約需占總車輛數 5~7%，方能使估計較為精準，其所需之車輛數龐大，目前亦無法達成，兩種資料蒐集方式與來源皆有其侷限性。

因此可將現有高速公路固定式偵測器佈設較長之路段，切割為固定距離，並利用探針車所蒐集之資料進行資料融合(Data Fusion)技術，將兩種不同型態車輛偵測器所獲得之交通資料進行篩選與結合，以提昇整體之估計準確度。並提供更精確且完整之車輛旅行時間資訊，以利交通管理中心進行交通控制策略之擬定，或是傳遞給資訊服務提供者(Information Service Provider, ISP)，再發佈給用路人。

經由上述歸納出本研究之目的：

1. 以固定式偵測器為基礎下，進行車輛車輛旅行時間之推算。
2. 以移動式探針車為基礎下，進行車輛車輛旅行時間之推算。
3. 以路段旅行時間為基礎下，估計路徑之車輛旅行時間。
4. 運用偵測器與探針車所提供之交通資訊，並符合現實交通時空環境關聯，進行資料融合，以有效地運用於估計車輛旅行時間模式中。

1.3 問題界定

由上述可知，本研究最終之目的乃在於求得偵測器、探針車及兩者資料融合之旅行時間，在釐清界定旅行時間演算式、估計及融合模式流程前，需先將旅行時間基本定義與幾個相關名詞界定清楚。

1.3.1 瞬時與真實旅行時間

本研究旅行時間估計係以路段為基礎，進而求得偵測器、探針車及兩者資料融合之路徑旅行時間，路徑旅行時間又可分為瞬間與真實之旅行時間兩者。此外，演算模式運用交通資料之處理過程亦可分為線上操作(On-line)與離線操作(off-line)。以下將針對上述幾個名詞加以詳細說明，並清楚歸納出本研究之研究方向。

1. 旅行時間：指行駛於固定兩點之間路段所需之時間。
2. 路段(Link)與路徑(Path)
 - 路段(Link)：泛指兩兩毗鄰之節點組合，亦稱之為車行路段。

- 路徑(Path)：泛指由一群具有特定方向與有順序的車行路段所組合之集合。
- 3. 線上操作(On-line)與離線操作(off-line)
 - 線上操作(On-line)：利用短時間內所偵測到之現況交通資料，立即進行旅行時間之估計，亦稱之為即時性操作。
 - 離線操作(off-line)：藉由長時間累計觀測之歷史交通資料，進行旅行時間之估計。
- 4. 瞬時(Instantaneous)與真實(Actual)之旅行時間
 - 瞬時(Instantaneous)
 - ◆ 瞬時路段：在 t 時點，交通狀態不變前提之下，利用偵測器及探針車測得交通資訊，並求得路段旅行時間。
 - ◆ 瞬時路徑：在 t 時點，交通狀態不變前提之下，將路徑上所有瞬時路段旅行時間之加總。
 - 真實(Actual)：在 t 時點，實際進入某路段(徑)之起點至完全離開該路段(徑)所需之實際旅行時間。

上述瞬時與真實旅行時間之相對關係可用圖 1.3.1 簡單示意：

由上述之定義簡單歸納出本研究在旅行時間探討課題，係以路段作為基礎之前提下，求得瞬時路徑旅行時間，而交通資料之取得係以離線操作(Off line)狀態，利用長時間觀測資料估計旅行時間，非屬於即時性。

$X \backslash t$	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5
$t = t_0$	$tt_1(t_0)$	$tt_2(t_0)$	$tt_3(t_0)$	$tt_4(t_0)$	$tt_5(t_0)$	$\sum TT(t_0)$ 瞬時路徑旅行時間
$t = t_1$		$tt_2(t_1)$				
$t = t_2$			$tt_3(t_2)$			
$t = t_3$				$tt_4(t_3)$		
$t = t_4$					$tt_5(t_4)$	
.....						
$t = t_i$						$\sum TT_{i+1}(t_i)$ 真實路徑旅行時間

圖 1.3.1 瞬時與真實旅行時間關係圖

1.3.2 估計與預測旅行時間

旅行時間估計與預測之架構圖如圖 1.3.2 所示，而其作業流程從交通偵測器與探針車之運作、交通資料之蒐集與分析、路段(徑)旅行時間之估計與預測，主要分為四個層面。

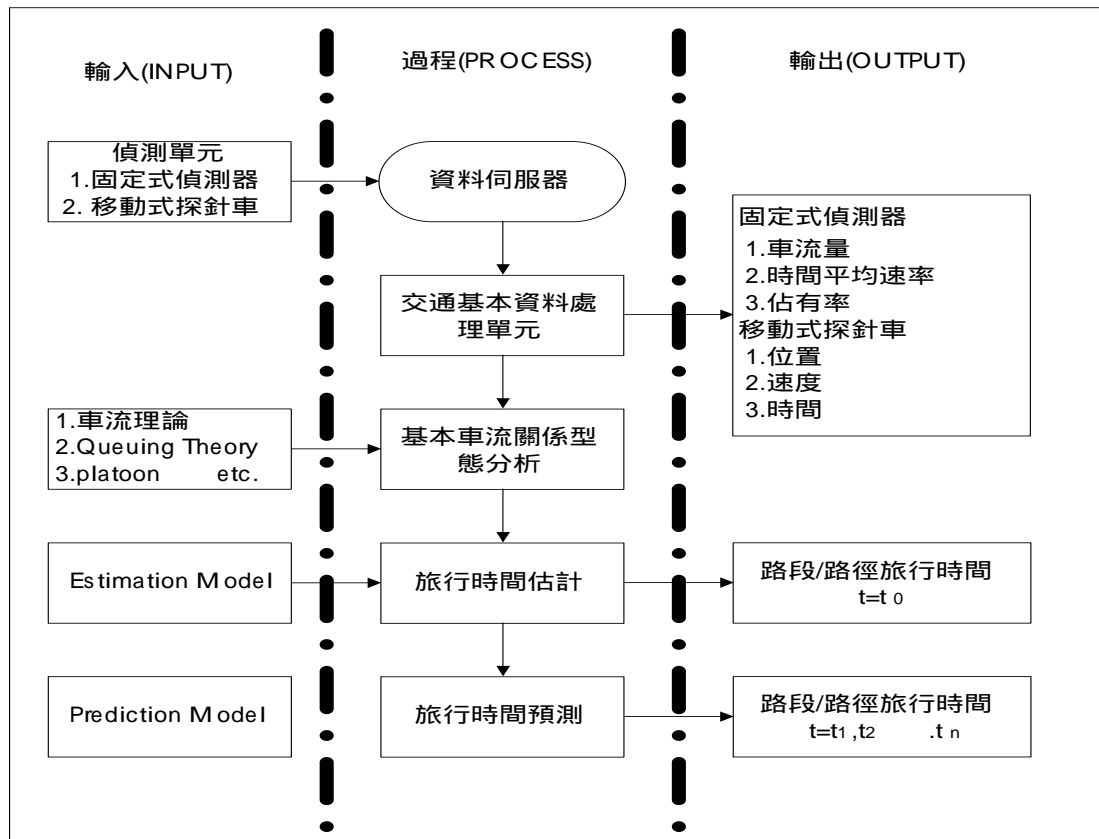


圖 1.3.2 旅行時間估計與預測模式測關係圖

● 第一層面：交通資料蒐集

交通資料蒐集需要由偵測器與探針車單元獲得，不同偵測器單元與旅行時間估計與預測有相當程度之關聯，涉及即時交通狀況之取得，因此，在考量此前提下，必須進一步針對交通偵測器、交通資料之蒐集與分析兩項議題界定並予釐清。另外，國內高速公路各路段並非皆有完整且充足之偵測器，在考慮此因素下，本研究將針對有無偵測器單元之處理詳細說明與定義。

1. 固定式偵測器與移動式探針車單元：

偵測器為交通狀況即時監控單元，紀錄交通相關之參數，以供交通控制或進一步資料分析所需。當前廣泛應用之車輛偵測器主要分為固定式與移動式偵測器兩類，由於固定式偵測器之設置常需要長期之規劃與建制，對於未佈設偵測器之重點路段，採以移動式偵測車來蒐集與監控即時路段，是目前常用之輔助方式。此兩種偵測器單元基本定義如下所示：

- 一、固定式偵測器：泛指固定安裝於特定路面、路測、車道上方之車輛偵測器。早期以簡單壓力管式開始，演化至現今的感應式迴圈偵測器、超音波偵測器、雷達式偵測器、磁力計偵測器及磁達式偵測器等等多種不同之型態。
- 二、移動式探針車：運用在車流中移動式車輛偵測器進行交通資料之蒐集。大致上可以分為主動式之浮車偵測器(Test Vehicle)及被動式探針車(Probe Vehicle)。

因本研究主要在於探討固定式偵測器與移動式探針車所各蒐集之交通基本參數資料，以利於資料融合(Data Fusion)來估計車輛旅行時間。故兩者不同型態之交通偵測器皆以研究探討。

2. 交通資料蒐集之項目：

偵測器在旅行時間估計與預測中扮演重要角色，除能整合初步蒐集之交通資料外，更能經過演算模式處理其他不同有意義之交通資訊。此交通資訊亦為演算模式之輸入單元，隨著演算模式之不同，輸入項目亦不同，整體流程係先從各交通路段上之各式偵測器蒐集當前之交通資料，在傳輸至交通控制中心的資料伺服器中，將資料初步處理及轉換，再以文字檔方式加以介面呈現並儲存，其中所獲得之基本交通資料隨固定式偵測器與移動式探針車大致有以下幾項：

- 固定式偵測器
 - ◆ 車流量(Volume)
 - ◆ 時間平均速率(Time Mean Speed)
 - ◆ 佔有率(Occupancy)
 - ◆ 點速率(Spot Speed)
- 移動式探針車
 - ◆ 時間(Time)
 - ◆ 位置(Location)
 - 經度(Longitude)
 - 緯度(Latitude)
 - ◆ 速度(Speed)

另外，不同型式偵測器所蒐集之交通資訊亦各異，固定式偵測器所蒐集之交通資訊如表 1.3-1 所示。

表 1.3-1 車輛偵測器可量測資料之比較表

型式	可量測資料
迴路線圈偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 平均車輛速率
雙迴路線圈偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車流量 ● 時間平均速率 ● 佔有率
超音波偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 車輛速率
微波式偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 車輛速率
主動式紅外線偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 車輛速率
被動式紅外線偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 車輛速率
影像式偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 車輛速率 ● 等候線長度 ● 轉向流量
主動式磁感應偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 利用數個偵測器及訊號處理方式可測得車輛速率資料
被動式磁感應偵測器	<ul style="list-style-type: none"> ● 車輛數 ● 車輛出現 ● 車輛佔有率 ● 利用數個偵測器及訊號處理方式可測得車輛速率資料

參考資料【17】【18】

3. 路段有無交通資料之處理方式：

旅行時間之估計會有下列兩種狀況之產生

(1) 路段本身可獲得交通資料下：

可藉由上、下游偵測器所偵測得之交通資料來估計該路段之旅行時間，如圖 1.3.3 所示：

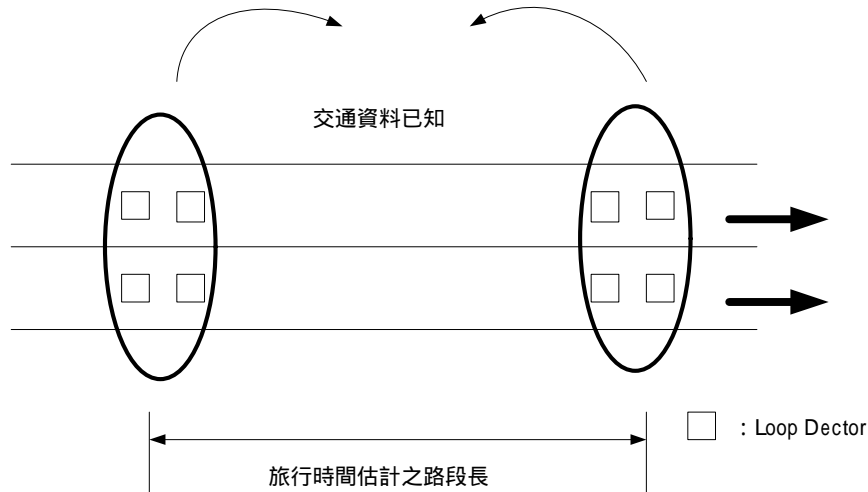


圖 1.3.3 偵測器已知之路段旅行時間估計

(2) 路段本身無交通資料下：

若該路段本身無偵測器蒐集或偵測器故障情形下，可藉由鄰近路段之交通資料，利用差補法或 Payne 演算模式估計路段旅行時間，如圖 1.3.4 所示：

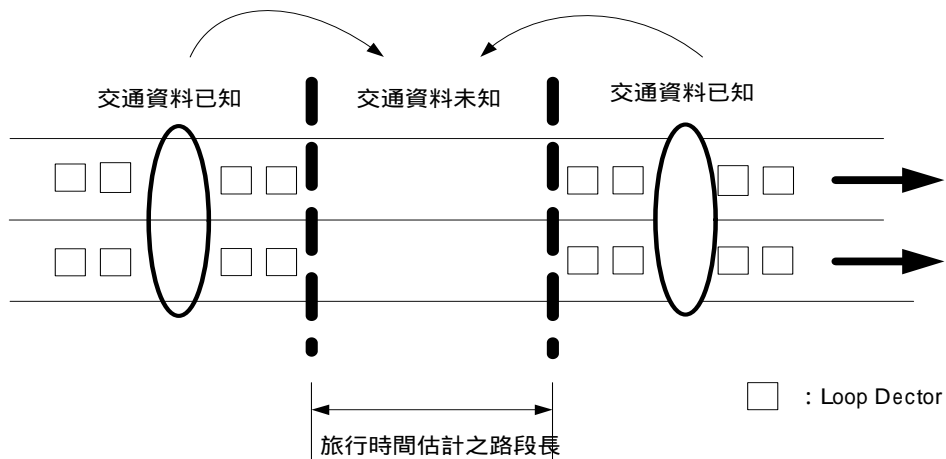


圖 1.3.4 偵測器未知之路段旅行時間估計

本研究在固定式偵測器估計路段旅行時間上，係假設在可獲得完整資料之前提下，進行路段旅行時間估計，而在固定式偵測器與移動式探針車估計旅行時間方面，係以情境(Scenario)方式假設可獲得完整與不完整資料之設計，以進行估計路段旅行時間之資料融合。

- 第二層面：旅行時間估計

旅行時間估計(Estimation)：利用路段上所佈設之偵測器，對該時點路段上之旅行時間加以估計。

- 第三層面：旅行時間預測

旅行時間預測(Prediction)：以現有旅行時間為基礎，對下一時點之旅行時間加以預測。以時間點(t)與路段節線(Link)所形成之旅行時間矩陣定義估計與預測之關係，如圖 1.3.5 所示。

本研究在旅行時間估計方面，乃利用長時間之偵測器資料以及探針車做離線操作(Off-line)估計，並探討在兩種不同型態車輛偵測器下，將各所獲得之路段旅行時間，進行資料融合，以估計路段車輛旅行時間，非即時性(On-line)之估計與預測研究。

- 第四層面：旅行時間模式之驗證分析

旅行時間模式乃各路段依據不同之交通狀況所構建，模式僅考慮依固定式偵測器與移動式探針車估計路段旅行時間，並透過資料融合獲得路段旅行時間。驗證分析係採用平均絕對誤差百分比(MAPE)及均方根誤差(RMSE)指標，以評估固定式偵測器估計車輛旅行時間、探針車估計車輛旅行時間及兩者不同型態偵測器資料融合估計車輛旅行時間，並證明資料融合的確提升估計之準確度。

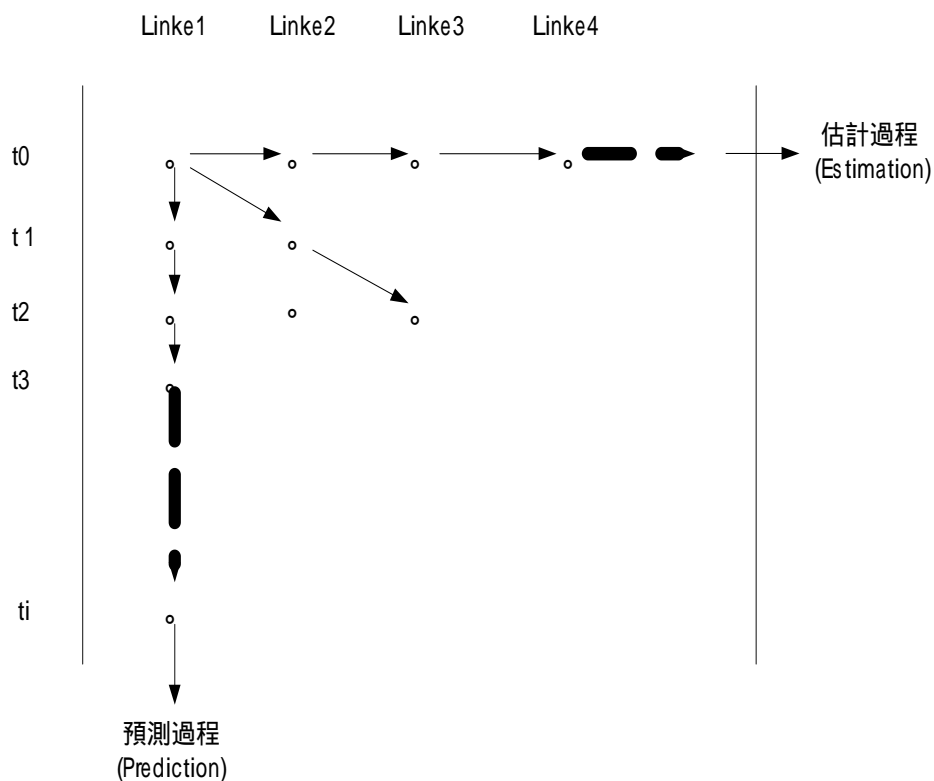


圖 1.3.5 旅行時間估計與預測關係圖

1.4 研究內容與範圍

由於交通資料與參數不易取得，本研究將運用系統模擬之方式，運用模擬軟體(Paramics)產生固定式偵測器相關交通資料以及其模擬軟體提供軌跡(Trace)車輛方式，將軌跡車輛產生之相關資料轉換成探針車所需之資料，並將模擬出之資料進行估計旅行時間模式運用。待分別估計車輛旅行時間後，將兩種不同型態之車輛旅行時間進行資料融合(Data Fusion)模式，最後將三種旅行時間與模擬真值比較分析，驗證資料融合確實提昇估計旅行時間之準確度，以提供用路人有效率與準確性之旅運資訊。

資料融合模式牽涉到時間推移與空間改變，因此在構建資料融合模式時，需先將兩種型態之時空特性作一致性轉換，使其時空特性符合一致性時，方能有效率地進行資料融合。

1.5 研究方法

回顧文獻發現，近年有關旅行時間估計之研究頗豐，旅行時間研究又分為兩大類，第一類為純運用固定式偵測資料進行旅行時間估計與預測，其模式方法如類神經網路、模糊理論模式及交通模擬模式、卡爾曼濾波模式等，此類模式除較難為一般人了解外，在執行層面上亦有所困難。如類神經網路，不僅在類神經訓練過程當中較為複雜，其限制式及其過程無法令人清楚瞭解中間黑盒子之處理資料過程，此外在軟體取得方面也是一大困擾，反觀利用歷史資料估計方式運用車流模式中簡易的時間平均速率(Time Mean Speed)與空間平均速率(Space Mean Speed)關係式獲得空間平均速率，以求得估計路段車輛旅行時間，此理論簡單且易於掌握。

第二類為純運用探針車輛資料進行旅行時間估計，此類研究以國外文獻探討居多，研究方法大多採用探針車輛實際所經過之路段旅行時間運用權重關係加以估計，根據文獻【19】所知車流中約 5%為探針車輛，亦可準確估計旅行時間，而目前國內專屬之探針車數量不足，因此探討層面均皆為輔助較多，或運用大眾運輸之定位系統作為研究資料，但因其屬運輸目的，傳回的速率資料必需加以處理，方可進行估計與預測，因數量分佈不足，其誤差也較大。

隨著先進大眾運輸系統技術之提昇，開始引進軍事系統上預測導彈路線之資料融合技術概念，實際且成功地運用在交通估計與預測旅行時間上，而其研究之融合模式依融合程序之不同亦不同，常見之模式有權重平均、卡爾曼濾波、貝式推論模式等等。本研究於資料融合層級上因屬於低層級之資料融合，故運用 Berka et al【20】於 1995 年所運用之權重平均模式，進行固定式偵測器與探針車資料融合估計車輛旅行時間，其方法淺顯易懂，並足以顯示估計之準確度。

此外由於本研究課題之相關資料蒐集在現實狀況中受到諸多限制,除當前國內高速公路並無充足及完整之偵測器資料可供研究利用,另外在探針車輛資料取得方面亦困難且數量不足,因此乃採取模擬模式獲得交通基本資料。

整體研究架構如圖 1.5.1 所示,先以模擬軟體(Paramics)產生交通資料,再藉由資料轉換演算式,以進行估計車輛旅行時間,最後再運用資料融合模式進行離線旅行時間估計。

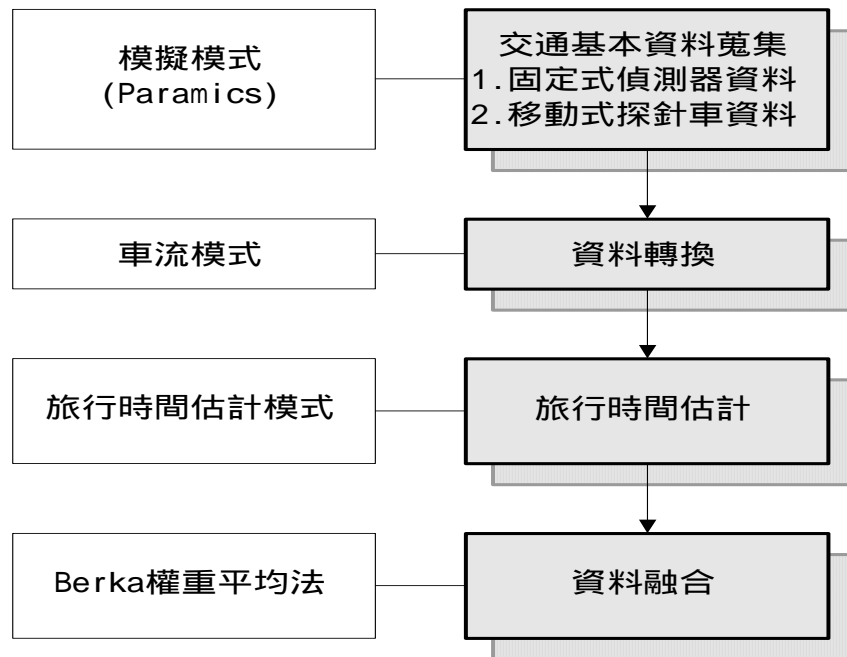


圖 1.5.1 整體研究架構圖

1.6 研究流程與架構

根據上述研究內容與範圍說明,本研究之研究流程歸納如下,研究流程架構如圖 1.6.1 所示。

【1】 課題分析---進行相關文獻資料蒐集與整理

研究課題及研究內容確立後,蒐集國內外有關 1. 偵測器與探針車資料結構相關研究; 2. 資料融合程序相關研究; 3. 模擬理論與 Paramics 軟體操作; 4. 預估旅行時間相關研究等相關文獻資料,資料來源包括國內外相關學術論文、相關期刊、各單位相關計劃報告及光碟資料庫檢索等。

【2】 估計車輛旅行時間模式構建

根據國內外有關估計旅行時間模式,在固定式偵測器方面應用歷史資料換算時間平均速率(Time Mean Speed)與空間平均速率(Space Mean Speed)關係式來估計路段車輛旅行時間,在移動式探針車方面應用所經過之路段實際旅行時間加以權重平均獲得估計車輛旅行時間。

【3】 交通資料融合模式構建

根據國內外有關多偵測器資料融合模式之資料融合處理程序 Level 0 及 Level 1，將高速公路偵測器與探針車所偵測之交通基本參數進行資料融合。其中資料融合處理程序 Level 0 是將交通基本資料參數進行參數蒐集分析；而資料融合處理程序 Level 1 是將 Level 0 所獲得之資料進行融合並存入交通基本參數資料庫。

【4】 模擬模式構建

經由交通模擬特性，運用 Paramics 模擬軟體工具，構建一套車流模擬模式，並透過模擬路網方式獲得相關所需之交通基本參數資料。

【5】 車輛旅行時間評估與分析

最後經由模擬模式所產生之交通基本資料，透過資料融合模式取得融合之資訊，進行估計車輛旅行時間，並以三種估計旅行時間(1.固定式偵測器估計旅行時間、2.移動式探針車估計車輛旅行時間、3.資料融合估計車輛旅行時間)與模擬真值車輛旅行時間進行模式之評估分析。

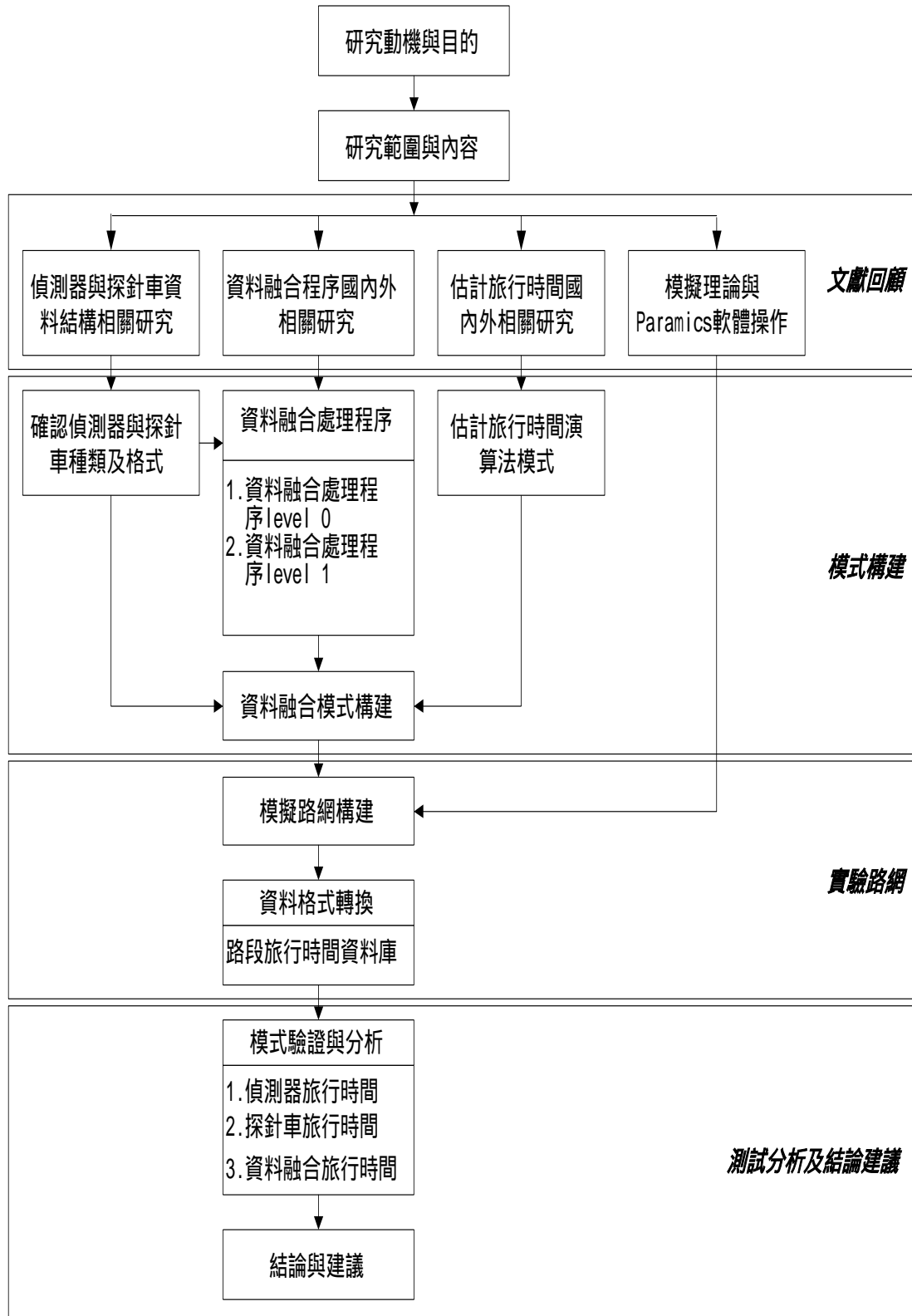


圖 1.6.1 研究流程架構圖