

私立東海大學資訊工程學系研究所
碩士論文

指導教授：許玟斌 博士

高速公路收費站車道配置最佳化模式
An optimization of lane deployment of highway toll station

研究生：涂秀珠

中華民國一百年六月十六日

摘要

由於高速公路負荷呼滿載設計車流，所以不時發生交通壅塞的情形，尤其是在各個收費站前。因此如何改善收費站區大排長籠的措施，一直以來都是一個熱門的研究主題。高速公路收費站現行的三種收費方式（電子收費、回數票、現金），其中以電子收費系統最為有效率，它也是政府積極推動的方案，然而在高速公路全面實施電子收費前，有效配置收費站區之車道種類與數量也許能夠滿足用路人的需求與經濟效益。本研究使用 ProModel 建立一個模擬模式，模擬收費站的動態交通流量，以研究高速公路不同車流速度與收費站車道配置的關聯。模式的輸入項目包含：車輛即將進入收費站前分流道到收費票亭的行車時間、車輛通過票亭的服務時間，以及收費站車輛收費計數系統的歷史過站交通量。根據模擬結果，本研究確實能夠用來輔助訂定車道配置與調撥車道的有效策略。

關鍵詞：收費站、車道配置、ProModel、模擬模式

Abstract

With the heavy loading, almost reached its designed traffic volume, highway congested frequently especially in the sections towards toll stations. Thus, how to improve the traffic jam around the toll station has been a long time popular research topic. Currently, there are three types of fee collection: ETC, token and cash. Among them the ETC is considered on the most efficient method, it is also the practice government promoted mainly. However, before implementing ETC fully, the effective deployment of different types and number of toll booths may fulfill both road users' need and cost-and-benefit criteria. In our research we created a simulation model using ProModel to mimic and study the dynamic operation of toll stations, such as the relationship between different traffic flow speed and lane configuration of a toll station. Our model inputs include: the time of traveling of cars from the distribution lanes in front of the toll booths, the time spent paying the fee, and the historical records from a traffic flow counting system. Based on our simulation results, our system would provide an aid in designing lane configuration or developing strategies of lane allocation.

Key words: toll station, lane configuration, ProModel, simulation model

致 謝

因為工作業務所需，所以繼續攻讀在職進修碩士專班，在這求學過程中，雖然辛苦但收穫也很多。本篇論文能夠順利的完成，承蒙恩師 許玟斌教授，在論文撰寫中的細心指導與教誨，讓我益受良多，浩蕩師恩，銘感於心，感激之情，難以言表！也謝謝口試老師們給予珍貴的指導及建議，最後還要感謝實驗室的學長、學姐以及同學們在求學中的相互鼓勵和幫忙。謝謝大家！

涂秀珠 謹誌於
私立東海大學資訊工程學系所
中華民國一百年六月

目錄

摘要.....	ii
Abstract.....	iii
致謝.....	iv
目錄.....	v
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 前言.....	1
第二章 相關文獻探討.....	2
2.1 我國ETC技術概論.....	2
2.2 我國目前增設ETC車道標準作業程序探討.....	6
第三章 研究步驟與研究方法.....	8
3.1 定義研究範圍.....	9
3.2 彙整相關研究.....	10
3.3 建立解決模型.....	10
3.4 收集資料.....	11
3.5 模擬實驗.....	16
第四章 實証與分析.....	21
第五章 結論.....	24
參考文獻.....	25

圖目錄

圖 1 車道完整系統示意圖.....	4
圖 2 流程圖.....	8
圖 3 收費站車道配置圖.....	9
圖 4 收費站平面圖.....	12
圖 5 收費站小型車交通流量分配.....	12
圖 6 95年至99年ETC車道流量.....	13
圖 7 95年至99年大小車ETC車道流量.....	14
圖 8 99年8月份平均每週交通量.....	14
圖 9 99年8月份平均每日每小時(北向).....	15
圖 10 99年8月份平均每日每小時(南向).....	15
圖 11 設定Locations模組.....	16
圖 12 設定Process/Rule模組.....	17
圖 13 設定Arrivals模組.....	18
圖 14 設定Simulation options模組.....	18
圖 15 Simulation/ save& rum.....	19
圖 16 模型實驗結果.....	19
圖 17 收費站現有車道模型運動模擬.....	21
圖 18 收費站調整車道模型運動模擬.....	22

表目錄

表 1 ETC 建置期程大事記.....	3
表 2 造橋收費站電子收費車道期初建置表.....	7
表 3 鄰近收費站電子收費車道期初建置表.....	7
表 4 實際交通量與模型交通量差異分析.....	20
表 5 現有車道型模擬結果數據統計表.....	22
表 6 調整車道模型模擬結果數據統計表.....	23

第一章 前言

近年來由於高速公路日益增多的交通流量，使得高速公路交通壅塞路段大多發生在各收費站前，因此改善收費站前交通壅塞的措施，一直以來都是一個非常重要的議題。以目前現行的三種收費方式，其中以電子收費系統（Electronic Toll Collection, ETC）為最有效率的收費方式，ETC 除了能夠提高車輛運行效率外，還可以改善高速公路尖峰時間的壅塞並降低車輛產生之空氣污染、噪音問題，簡單來說，它就是車輛行經高速公路收費站時，只要車輛配備車上機與儲值卡，就可以利用無線傳輸的技術進行自動扣款。進而節省停車時間，降低車輛走走停停的耗損。在未來的規劃裡，更能提供完整而有效的交通資訊與路況，對政府政策推動有很大幫助，是公路收費系統的一種新類型。這是目前政府積極推動改善交通壅塞使用的方針[3]，所以在高速公路全面實施電子收費前，現階段該如何依據用路人的需求與經濟效益等因素，有效配置收費站區之收費車道是很重要的。

為使高速公路的用路人可以在更有效率及快速環境下完成繳交通行費。所以在模擬真實的高速公路車流在收費站前的運作情形，研究使用 ProModel 軟體建立一個模擬模式。實地去收費站測量收集分析從車輛進入收費站區分流道到收費票亭所需花費的時間，以及車輛通過票亭的服務時間等模擬所需數據，並收集及應用收費站計數系統的歷史過站交通量來做為制定模型的依據。以驗證本文中所制定的模型可靠程度。最後再利用此模擬技術來協助預測未來收費站區車流量的狀況，來掌握可能發生的結果，做有效的車道配置或調撥車道來解決交通壅塞的可行方法。

相關研究成果，預計可以提供未來在收費車道配置及車道數與相關政策之參考，是本研究最大目的。

第二章 相關文獻探討

2.1 我國ETC技術概論

由於資訊與通訊技術的快速發展，電子收費已在世界各地掀起熱潮。與傳統人工收費方式比較，電子收費除了能降低收費成本、減少行車時間之外，還有提昇行車安全、節省能源、減少廢氣排放、減少環境污染等好處。台灣高速公路自1974年7月開始收費，目前（2004年8月）在編號為國道1號及國道3號之兩條高速公路上，設有23個收費站，持回數票繳費過站時間雖已縮短至3.7秒，每車道每小時可通900輛，為人工收費之極限，但仍無法滿足更優質收費服務之需求。為提升效率、降低成本、實施電子收費確為可行之策，更是智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)之基礎。在1997年台灣即開始研究電子收費系統，並在1998年11月至2001年1月期間，委託中華電信公司在國道3號高速公路樹林及龍潭收費站進行測試。最後於2002年11月，由交通部國道高速公路局(以下簡稱高速公路局)規劃以民間參與方式推動，於2004年4月與建置營運公司(遠東電子收費公司)簽約，正式展開台灣高速公路電子收費的新里程[2]。

為回應用路人建議縮短電子收費過站時間，提供更好行車環境之期望，並擴大節能減碳之效益，自100年1月1日起，國道全線各收費站，除泰山收費站及頭城收費站外，其餘各收費站小型車電子收費車道速限由現行50公里/小時調高至70公里/小時[12]。

表 1 ETC 建置期程大事紀 (資料來源：遠通公司官方網站)

日期	大事紀
92 年 06 月 16 日	遠傳電信、東元電機、精誠公司及神通電腦共組遠東聯盟
92 年 11 月 20 日	針對「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」案進行投標作業
93 年 02 月 26 日	取得「民間參與高速公路電子收費系統建置及營運」案最優申請人資格
93 年 04 月 07 日	正式成立遠東電子收費股份有限公司
93 年 04 月 27 日	正式(與高公局)簽約
93 年 11 月 26 日	第一個收費站(後龍)通過查核驗證，成為全台灣第一個電子收費站
93 年 11 月 30 日	電子收費前端系統如期完成，驗證成功並宣佈全面系統建置(實際查核驗證通過日期：93/10/17，比預定目標提前一個多月)
93 年 12 月 03 日	正式宣佈高速公路電子收費全面建置開工
94 年 01 月 06 日	正式更名為遠通電收公司
94 年 05 月 15 日	國道三號收費站前端系統建置完成
94 年 07 月 15 日	國道一號收費站前端系統建置完成
94 年 10 月 31 日	前後端系統整合測試完成
94 年 12 月 02 日	高公局查核驗證通過
96 年 07 月 14 日	ETC 車道使用車次突破 1 億輛車次數量
96 年 12 月 10 日	提出 增開泰山收費站 ETC 小車車道申請
97 年 04 月 07 日	與 7-ELEVEN 完成結盟 國內四大超商內都可提供 ETC 相關服務(e 通機申購、卡片購買、卡片儲值、欠費代收)
97 年 04 月 14 日	泰山收費站增開小車第二電子收費車道
97 年 05 月 02 日	ETC 車道使用車次突破 2 億輛車次數量
97 年 07 月 30 日	國道五號頭城收費站 電子收費車道開通
98 年 01 月 06 日	樹林收費站增開小車第二電子收費車道
98 年 01 月 12 日	ETC 車道使用車次突破 3 億輛車次數量
98 年 03 月 12 日	與 7-ELEVEN 完成結盟，提供消費者加值 4 千元享 95 折優惠
98 年 08 月 16 日	ETC 車道使用車次突破 4 億輛車次數量
98 年 08 月 16 日	與全省四大超商(7-ELEVEN、全家、萊爾富、OK)完成結盟合作 提供消費者加值 4 千元 享 95 折優惠
98 年 11 月 18 日	全台 1,321 個郵局據點，正式成為 ETC 服務夥伴，提供有單欠費補繳服務。
99 年 02 月 20 日	ETC 車道使用車次突破 5 億輛車次數量
99 年 05 月 06 日	泰山收費站增開小車第三電子收費車道
99 年 07 月 14 日	ETC 用戶突破百萬
99 年 07 月 22 日	通行 ETC 車道成功扣款 通行費用 95 折
99 年 08 月 15 日	ETC 車道使用車次突破 6 億輛車次數量
99 年 10 月 15 日	遠通電收之計程收費前端系統通過第三公證單位”德國萊茵公司”之自主查核驗證測試
99 年 11 月 06 日	全民體驗 ETC 上路 用路人完成申辦登記立即享便捷 ETC 服務
99 年 12 月 30 日	ETC 跨入交通電子票證整合領域 e 通卡可搭乘臺鐵、客運

我國目前ETC使用的系統為專用短距離通訊(Dedicated Short Range Communication, DSRC)系統，訊號發送方式為紅外線系統。高速公路計次電子收費系統已經於2005年底全部建置完成，並在2006年2月10日正式上路，從北到南約可節省45分鐘的車程，大幅舒緩交通狀況。遠通電收公司也配合政府ETC政策，規劃進入計程收費階段，預計於2012年12月底前完成計程電子收費系統建置，想像未來使用高速公路不用停車，一路到底，車輛會更省油、製造更少的空氣與噪音污染[10]。

就現階段電子收費車道完整系統的運作功能包括下列項目（如圖1）：

1. 車輛偵測器：利用六道雷射光束涵蓋區域為車道整個範圍，偵測車道上行駛車輛進行車輛辨識。
2. 錄影模組：在車道安裝錄影模組將行經車輛錄影存證。
3. 感應扣款：裝有e通機感應收發器，當車輛行經e通機感應區，喚醒車上e通機與車上e通機進行溝通完成扣款。
4. 交易取像：裝置攝影取像設備其功能有車牌辨識功能，當車輛駛入電子收費車道時，可對車輛車牌進行取像以確保該車輛為e通機申裝之車主[3][9]。

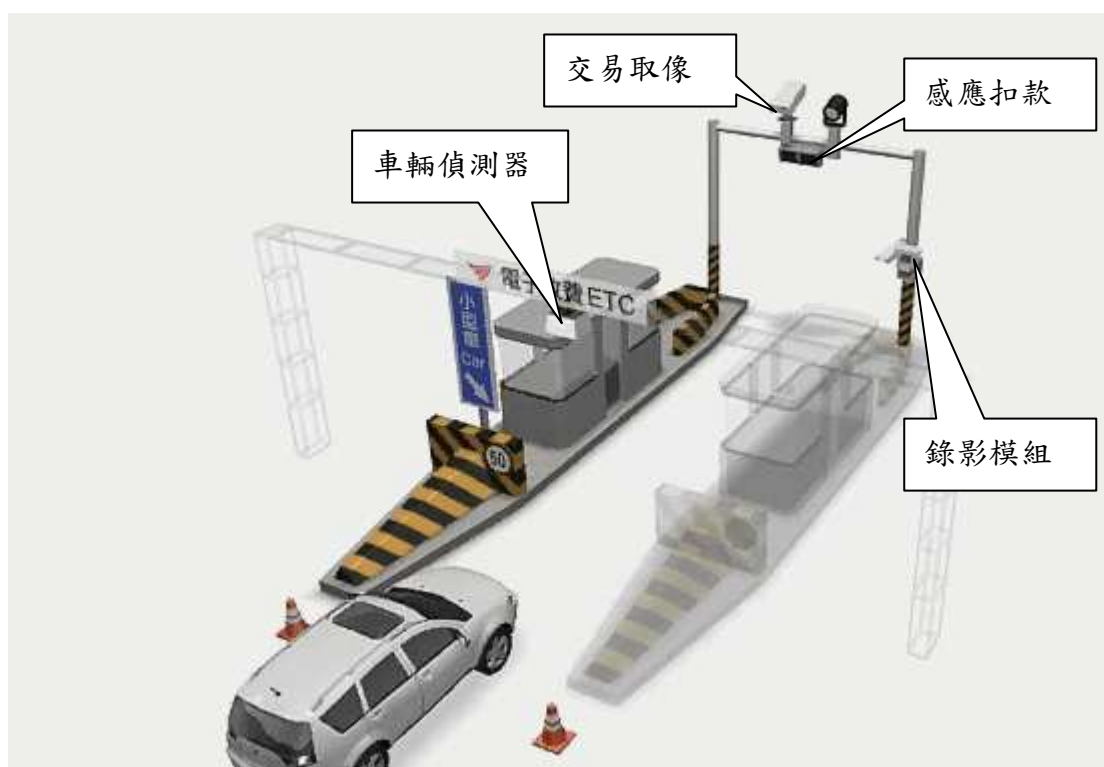


圖 1 車道完整系統示意圖(資料來源：遠通電收股份有限)

依據高速公路局表示：目前世界衛星定位系統等高速率資料傳輸系統的國家如德國、荷蘭等都是使用紅外線系統。馬來西亞、韓國也都正在啟用或建置紅外線系統中。據微波與紅外線，就「功能」、「技術」、「價格」方面比較，確實紅外線的表現較微波來的優異。遠通公司於投標前，對紅外線與微波並沒有成見，此次採用紅外線系統，是當時聘請國內、外專家花了三個月的時間，經過仔細客觀評估各層面的優缺點後，所做成的決定。紅外線系統的卓越辨識率功能，也經過國際機構驗證及評估證實。目前我們使用紅外線系統的整體成效，已證明其扣款成功率符合高速公路局所設定的標準，其優點如下：

1. 功能方面：無論是準確度、技術前瞻性、環保功能、系統互通性、功能延伸性、與產業價值等功能都比其它投標廠商的微波系統優越。
2. 技術方面：本系統所採用的 DSRC 內含車上機與儲值卡以及車輛定位系統 (Vehicle Position System, VPS)內含車上機、用戶身份辨識模組及儲值卡等最新技術，而不是單件式其它廠商使用的早期的電子式標籤。
3. 價格方面：它的使用價格是全世界最便宜的[7]。

另外我國發展 ETC 技術的優點下列各項：

1. 使用者的便利性提高：使用 ETC 系統，駕駛者將不必在道路收費站停下來付費，因此可以縮短通過收費站的時間。
2. 減少收費站壅塞的現象：使用 ETC 系統，收費站的處理能力將可大幅提昇 2~4 倍，因此可以減少收費站壅塞的現象，增加車流的暢通。
3. 減少收費站週邊的空氣污染與噪音，改善環境品質：由於車輛不需要停下來付費，因此可以減少車輛在收費站停車與發動的能源消耗，更可以減少噪音以及二氧化碳的排放量，因而改善收費站週邊的環境品質。
4. 實現更彈性的收費制度：由於 ETC 系統是用電腦系統進行收費計算，因此可以產生各種不同的收費制度，例如深夜收費折扣、因應環保需求在不同路段收取不

同的費用，或針對不同的使用者收取不同費用的設計。透過 ETC 電子收費系統將可以使付費制度變得更彈性，更符合經濟效益。

5. 促進區域週邊的繁榮：以前的收費站制度必須將收費站集中在某個地方方便管理，此外也需要廣大的土地面積來鋪設交流道。而導入了 ETC 系統，ETC 有自動收費的處理能力，因此收費站將不必固定集中在某個地方，可以產生更有彈性的收費制度，更可配合未來計程收費需求，將感應裝置設置於交流道。此外，使用了自動收費的 ETC 系統，將可減少人員的僱用支出，降低管理成本。對區域而言，高速公路鄰近地區的人口將會增加、所得提高、企業進入設廠的意願也會隨之升高[8]。

2.2我國目前增設ETC車道標準作業程序探討

為使高速公路用路人可以在通過收費站時，可以不必減速、不用停車、不使用現金即可更有效率及安全環境下完成收費站繳交通行費，高速公路局以民間興建營運後轉移模式(Build-Operate-Transfer, BOT)方式委由遠通電收股份有限公司負責高速公路電子收費系統建置、營運、維護、操作及行銷服務，並與該公司簽訂「高速公路電子收費系統建置及營運契約」[1]。其中內容敘述：當小型車電子收費車道之通行量若達營運契約之增開車道原則規範，得以增開電子收費車道。其電子收費車道容量規範為：小型車電子收費車道之服務容量以該車道專屬車種之飽和流量(輛次/車道-小時)推估，其契約規範採用1,600(輛次/車道-小時)連續兩小時連續兩天或一週平均尖峰服務流量達到1,200(輛次/車道-小時)以上，或當電子收費車道之平均服務流量達到該收費站總通行量之16%以上，連續達5天或於1個月內出現15天時，以各收費站為單位，視該收費站實際車流量暨車道平衡因素，逐步進行增開電子收費車道。

目前國道高速公路在國道一號、國道三號及國道五號共有23個收費站，在第一階段人工與電子收費方式並存時，各收費站南北向主線須建置電子收費車道至少大型車及小型車各1車道。而各收費站區電子收費車道數最多以不超過主線車道數加1為原則。

以造橋收費站為例：收費車道總數為14個（不含便道），主線車道數為南北各3個，南下電子收費車道小型車及大型車各1個，北上電子收費車道小型車及大型車各1個（如表1）[5]。

表1 造橋收費站電子收費車道期初建置表(資料來源:增開電子收費車道標準作業程序)

收費站 項目	收費車道數	主線車道數		電子收費車道期初(95年)建置數			
				南下		北上	
		南下	北上	小型車	大型車	小型車	大型車
造橋收費站	14	3	3	1	1	1	1

造橋收費站位於國道1號117.7KM處，而鄰近之其他收費站車道配置如表2：

表2 鄰近收費站電子收費車道期初建置表(資料來源:增開電子收費車道標準作業程序)

收費站 項目	收費車道數	主線車道數		電子收費車道期初(95年)建置數			
				南下		北上	
		南下	北上	小型車	大型車	小型車	大型車
楊梅收費站 (國一 71.4)	14	3	3	1	1	1	1
后里收費站 (國一 162.6)	14	3	3	1	1	1	1
後龍收費站 (國三 122.5)	18	3	3	1	1	1	1

第三章 研究步驟與研究方法

本研究包含:定義研究範圍、彙整相關研究、建立解決模型、收集資料、模擬實驗、結論等6個步驟，研究流程如下圖所示:

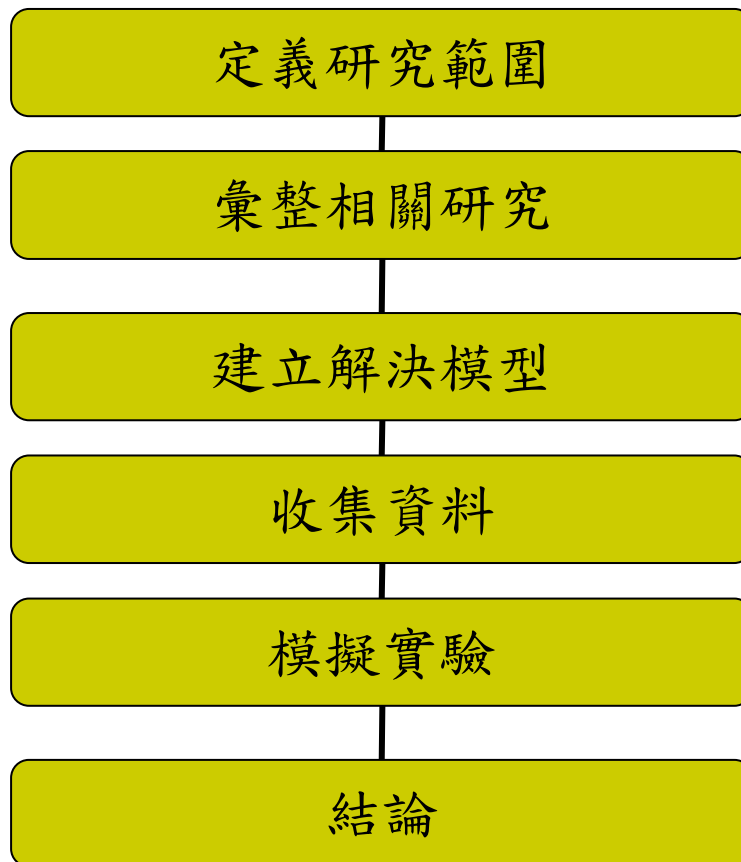


圖2 流程圖

3.1 定義研究範圍

筆者於國道一號造橋收費站橋服務，故研究資料數據以造橋收費站為研究範圍，建立之模型可適用於各收費站。目前高速公路局以ETC車道使用率作為增設ETC車道的標準，即該收費站「當小型車電子收費車道之通行量若達營運契約之增開車道原則規範，得以增開電子收費車道。其電子收費車道容量規範為：小型車電子收費車道之服務容量以該車道專屬車種之飽和流量(輛次/車道-小時)推估，其契約規範採用1,600(輛次/車道-小時)連續兩小時連續兩天或一週平均尖峰服務流量達到1,200(輛次/車道-小時)以上，或當電子收費車道之平均服務流量達到該收費站總通行量之16%以上，連續達5天或於1個月內出現15天時，以各收費站為單位，視該收費站實際車流量暨車道平衡因素，逐步進行增開電子收費車道[5]。」僅以單一條件下，恐無法顧及用路人即時選擇、車流錯綜性等複雜因子所造成之延滯車流，進而無法達成改善收費站區整體績效終極目標。

依造橋收費站站之車道配置及交通特性，依當時之車流量進行統計及分析，並以不同面向統計該收費站配置及調撥前後之服務水準、等候車輛長度、過站服務時間等，分析模擬前後對使用ETC用路人及人工收費用路人之影響及對整體收費站車流量和整體容量影響預估。

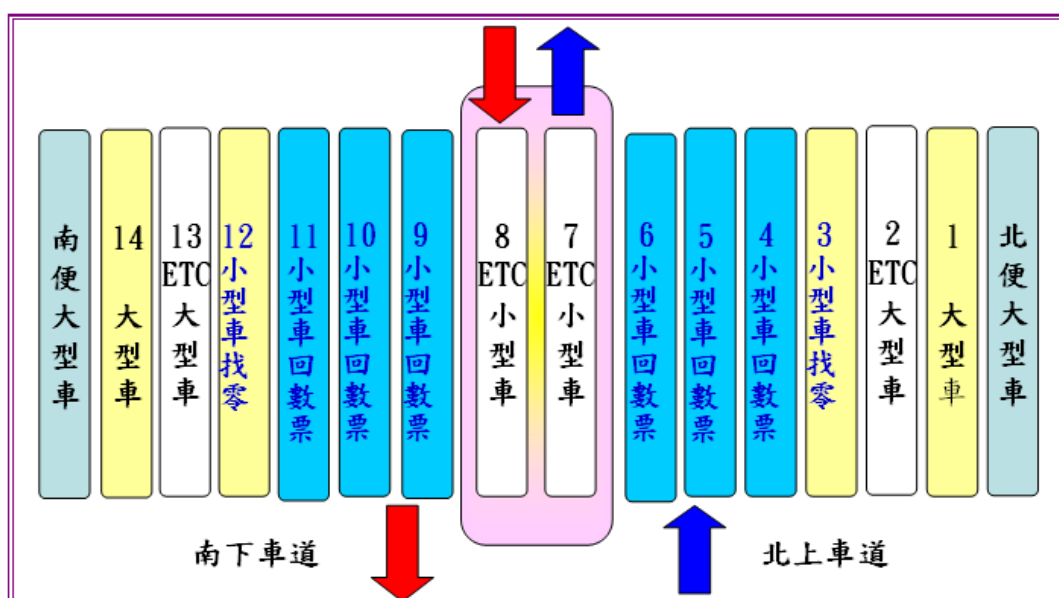


圖3 收費站車道配置圖

以造橋收費站為例，南北收費車道配置各為大型車2個、小型車道5個，其中使用小型車回數票專用車道3個、現金車道1個、ETC車道1個（如圖3所示），另有南北各1個收費便道供車流量大時，疏解交通擁塞調撥車道用，總共16車道（南北各8車道）。

3.2彙整相關研究

綜觀國外電子收費系統的技術大概可分為專用短距離通訊(Dedicated Short Range Communication, DSRC)系統和車輛定位系統(Vehicle Position System, VPS)以及影像收費(Video Toll)三種形式，DSRC又分為微波和紅外線兩種系統，這兩種最重要的差異就是：微波可多車道自由流功能，而紅外線目前只能做到偵測主線車道，其他兩者相差不遠。

使用微波訂為電子收費的國家標準有日本、澳洲、加拿大、美國、中國、歐洲等地。韓國，台灣，馬來西亞，都是使用紅外線訂為電子收費的國家標準。日本自西元二〇〇〇年三月起實施電子收費，採用插卡式的車上單元(On-board Unit, OBU)，整合導航、語音導引等附加功能，但裝設成本因而提高，OBU售價約四至五萬日幣，用路人則只願支付日幣一萬元，安裝意願低落，造成電子收費普及率很低，5年後政府補助裝置OBU後，才迅速提高普及率，可見OBU價格將成為電子收費推廣的關鍵。

馬來西亞也以民間參與投資方式，在部分高速公路採用紅外線系統實施電子收費，不過，曾實地參訪的高速公路局人員表示，馬來西亞採用紅外線、微波及刷卡等多種系統收費，造成用路人安裝車上單元的意願不高，且經營業者並未致力提升服務容量，造成電子收費無法發揮效益，值得國內借鏡[4]。

3.3建立解決模型

為了模擬真實的高速公路車流在收費站的運作情形，在研究中利用了ProModel軟體做為數據模擬的核心。ProModel軟體是一套功能相當強且容易使用的資料及圖型導向系統模擬軟體，它提供模組(Module)的觀念及操作方式讓使用者可彈性的設計多種生

產系統並進行模擬及分析。所以利用此模擬技術來協助預測未來車流量的狀況，來掌握可能發生的結果。

ProModel軟體提供了人性化的操作介面環境。只要利用鍵盤或滑鼠根據功能項目，選擇使用者所需建立的工具、工作元件及操作設定，就可以輕輕鬆鬆在不需要撰寫任何程式下，完成一個系統模擬的環境。在模擬結束後，將模擬模式所需的相關資料製成報表，再利用統計分析方法，來對現在高速公路局造橋收費站現行車道配置與調整後車道配置所產生的影響，進行取得最佳化分析[11]。

3.4 收集資料

依據實際測量造橋收費站車輛經過各車道之相關數據(如圖4)，當車輛進入收費站分流道起點到收費票亭(距離200公尺)所需花費的時間，依實地測量數據求其平均值為：

1. 電子收費車道所需時間 14 ± 1 (秒/輛)。
2. 回數票專用道所需時間 18 ± 2 (秒/輛)。
3. 現金車道所需時間 18 ± 3 (秒/輛)。

估計車輛進入不同收費票亭，從進入票亭到完成收費所需花費的平均服務時間，依實地測量數據求其平均值為：

1. 電子收費車道 1.4 (秒/輛)。
2. 回數票專用道 3.1 (秒/輛)。
3. 現金車道 6.7 (秒/輛)。

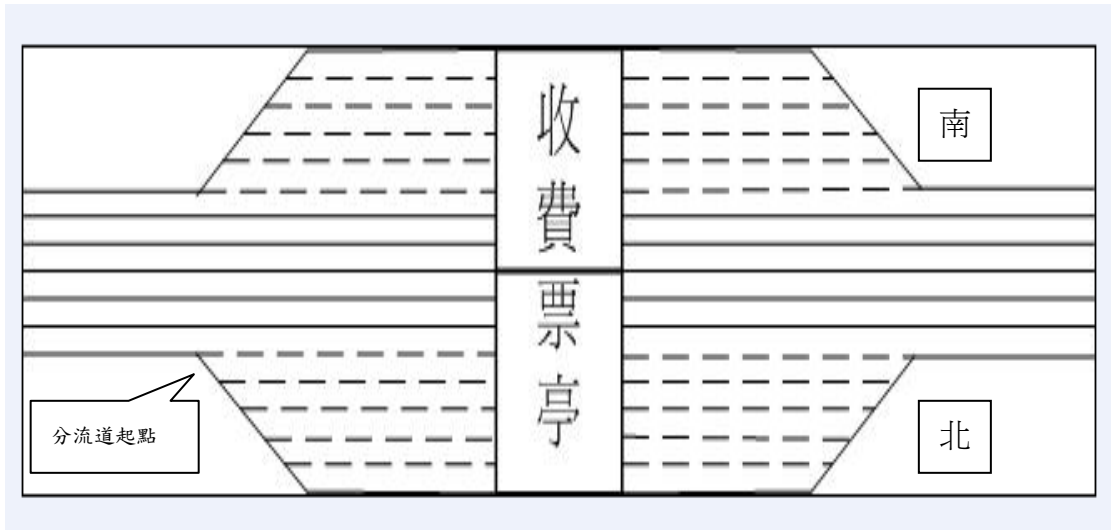


圖4 收費站平面圖

在交通特性分析方面，採用收費站車輛收費計數系統99年1月至8月的交通量資料，統計出小型車交通流量分配為（如圖5）：

1. 小車現金佔14.69%。
2. 回數票佔56.08%。
3. 小車ETC佔29.23%。

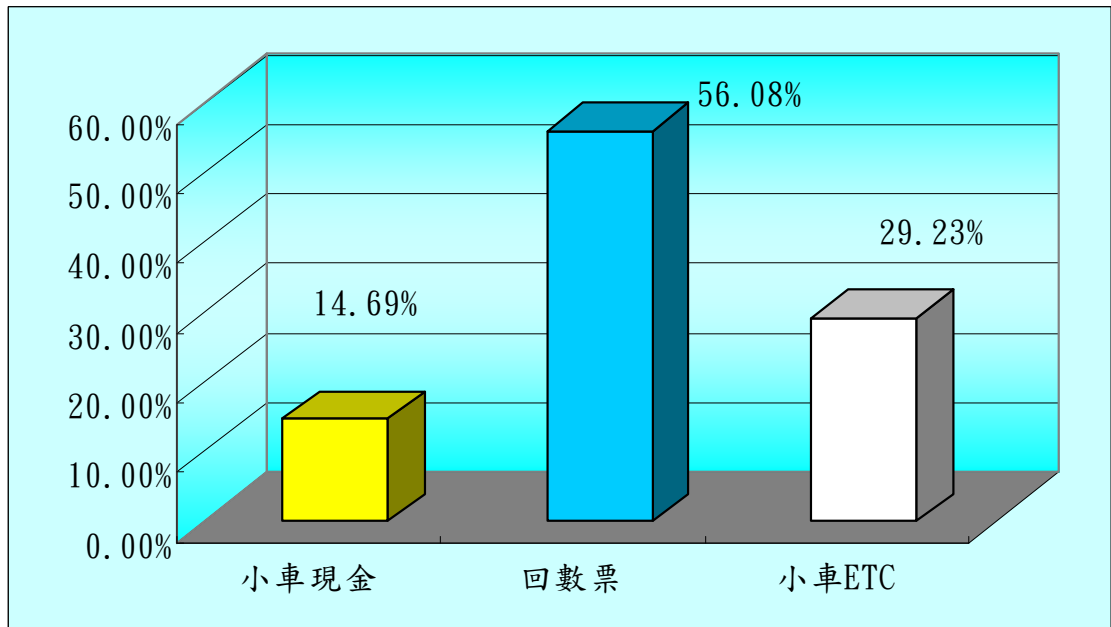


圖5 收費站小型車交通流量分配

由 95 年 2 月開始實施電子收費車道以來，使用率從 95 年的 14.50% 提高到 99 年的 38.92%(如圖 6)，隨著電子收費車道的使用率的增加，雖可進一步有效提昇道路運輸服務水準，但現階段在混合式收費中，收費車道數及配置是否會決定交通量順暢與壅塞？鑒於高速公路資源有限，如何根據用路人需求與經濟效益等因素，有效配置收費站區之電子與人工收費車道，也是很重要的研究之一。

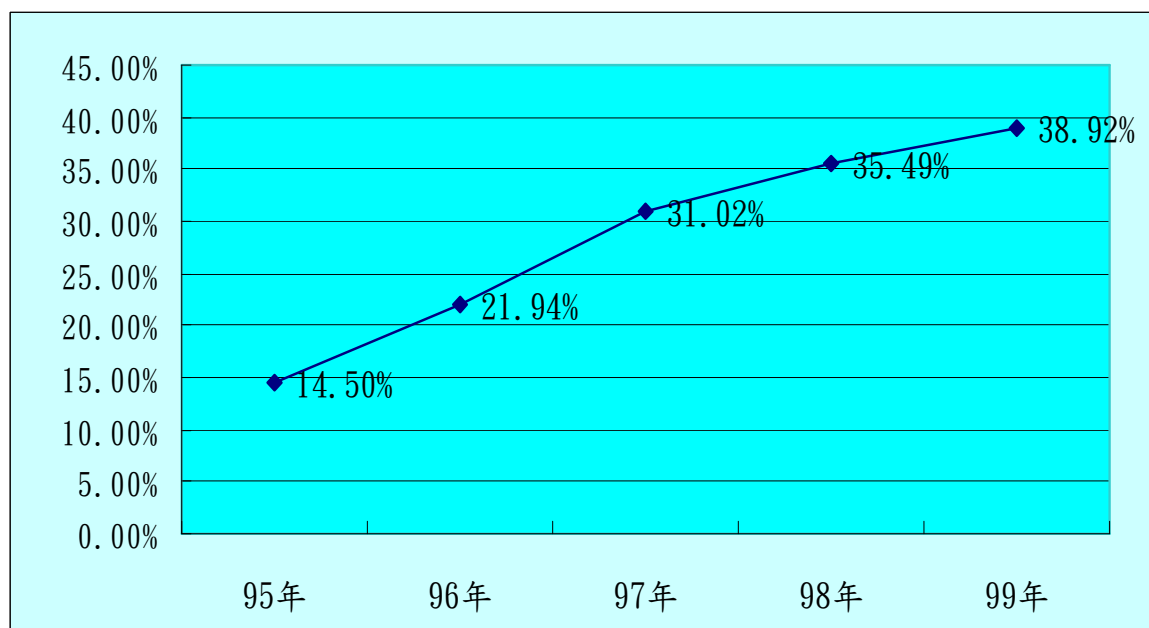


圖6 95年至99年ETC車道流量

各收費站大型車的交通量平均佔該總交通量20%左右，根據統計大型車電子收費車道使用率已到達總交通量的15.62%(如圖7)，使用率已接近飽和，所以不管將來大型車電子收費車輛使用率再提高也不會再增減車道數，因此在未來可能增減的車道以小型車為主，大型車輛因為已經固定只設置2個車道(1個為大型車ETC車道，另1個為人工收費車道)所以在研究中只針對小型車車道進行模擬。

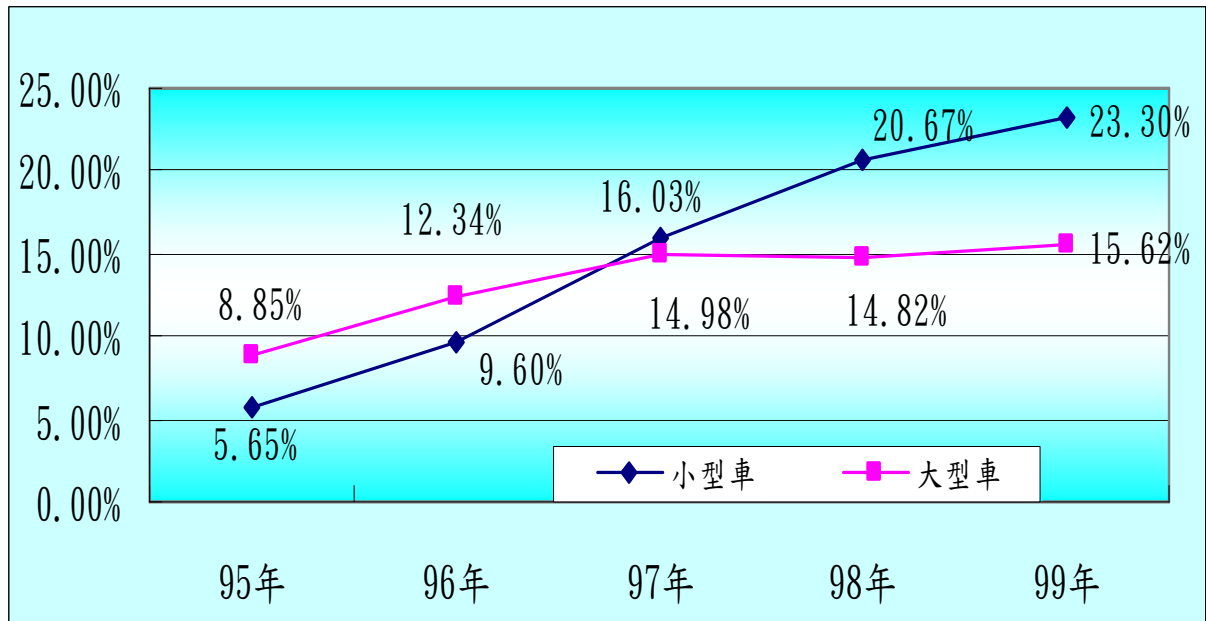


圖7 95年至99年大小車ETC車道流量

在交通量分時變化中，統計收費站每週、每日、每小時通行量，以觀察其變化情形，由圖8、圖9、圖10分時變化中，可看出交通量之尖峰時段與離峰時段，再依其交通特性做為車道增減及調撥依據。

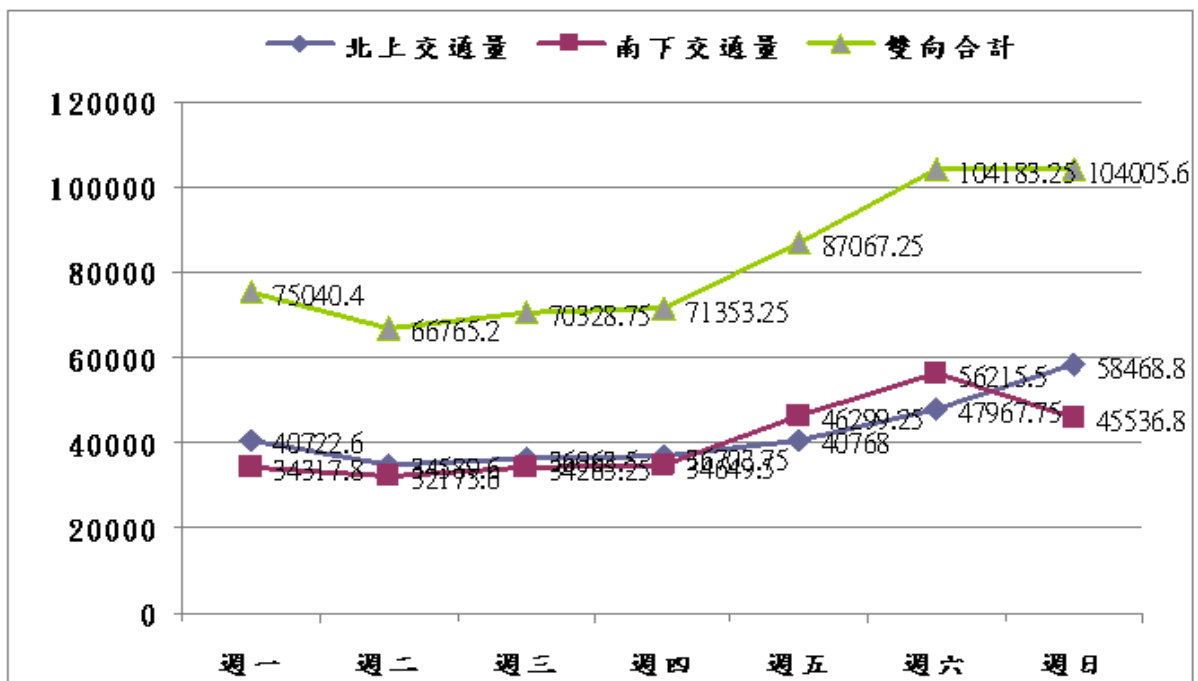


圖8 99年8月份平均每週交通量

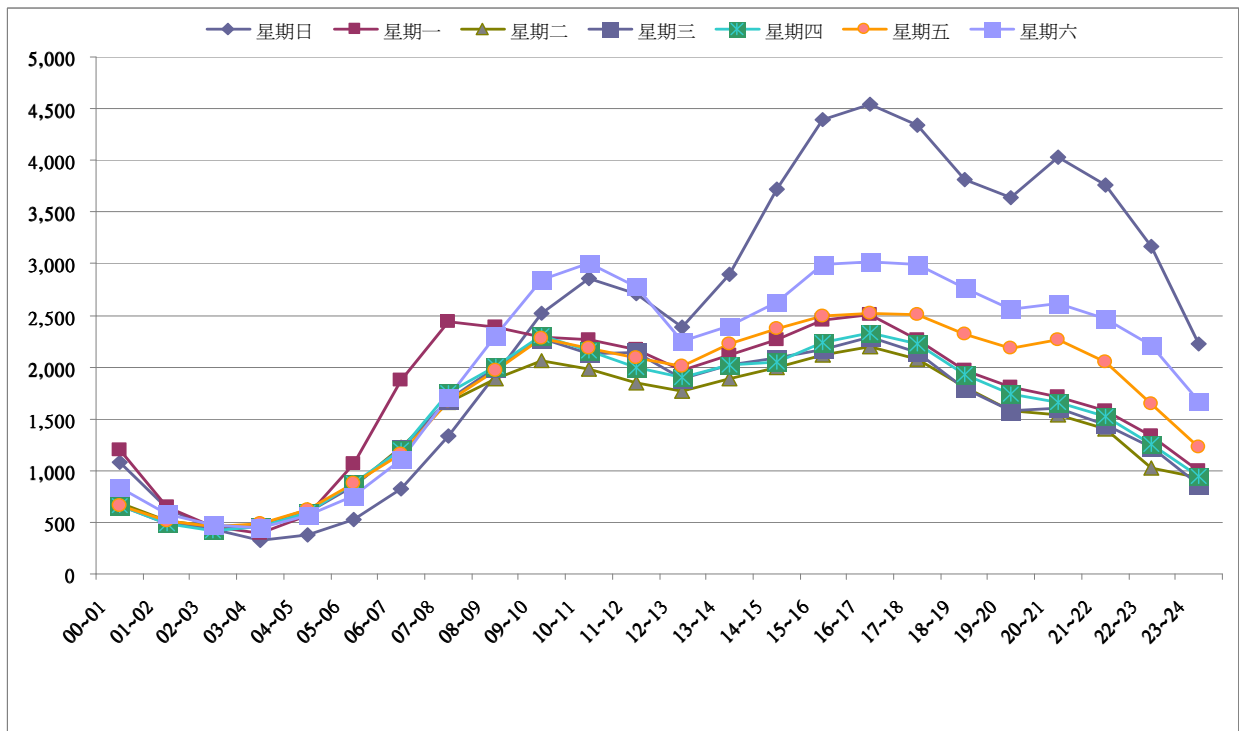


圖9 99年8月份平均每日每小時(北向)

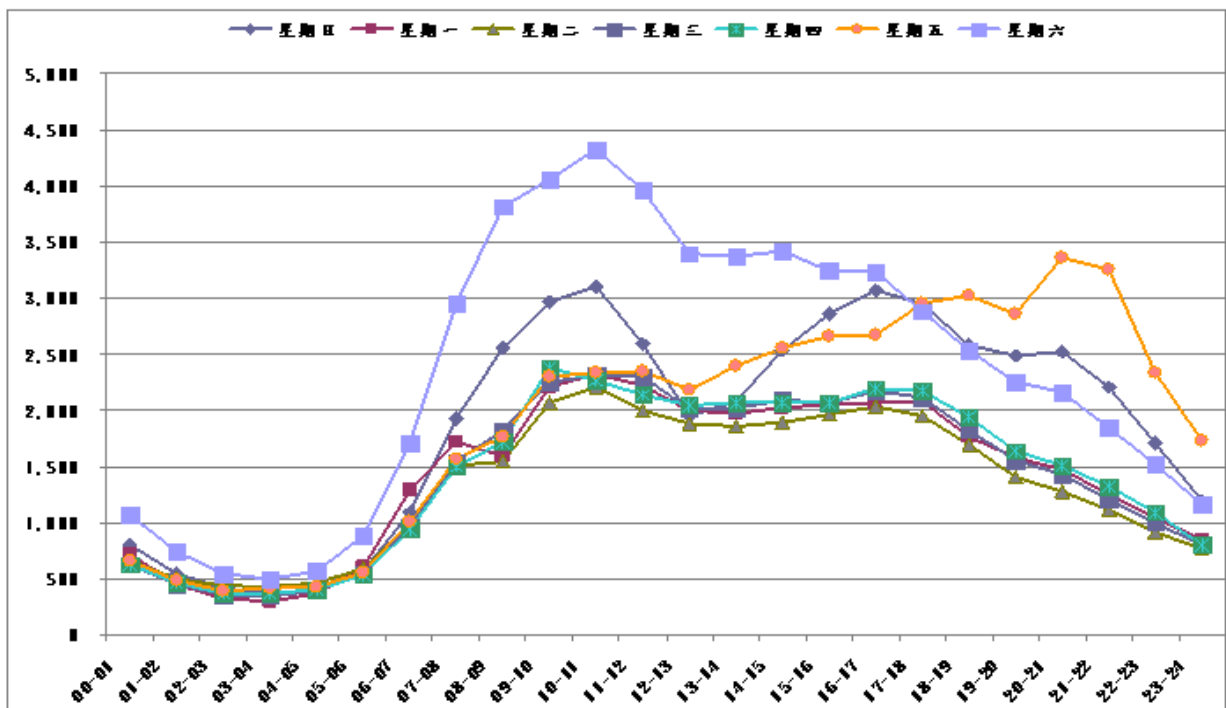


圖10 99年8月份平均每日每小時(南向)

3.5 模擬實驗

研究所採用的方法為模擬實驗法，對於高速公路收費站目前的實際車流情況與未來配置收費車道後的預估情況來建立一個實體模型，並依據各種不同的假定條件與可能狀況，以模型方式進行實驗分析，以提供未來收費站有效的車道配置或調撥車道的時機與車道數決策時做的參考依據。

模型設計方面，利用三個可變數來模擬收費站過站情形：

車道數(可變)， 交通流量(可變)， Arrivals 指站區多少時間(秒)進入一部車(可變)。

車道數配置(ETC 車道=1、回數票車道=3、現金車道=1)，Build / Locations 設定如圖 11。

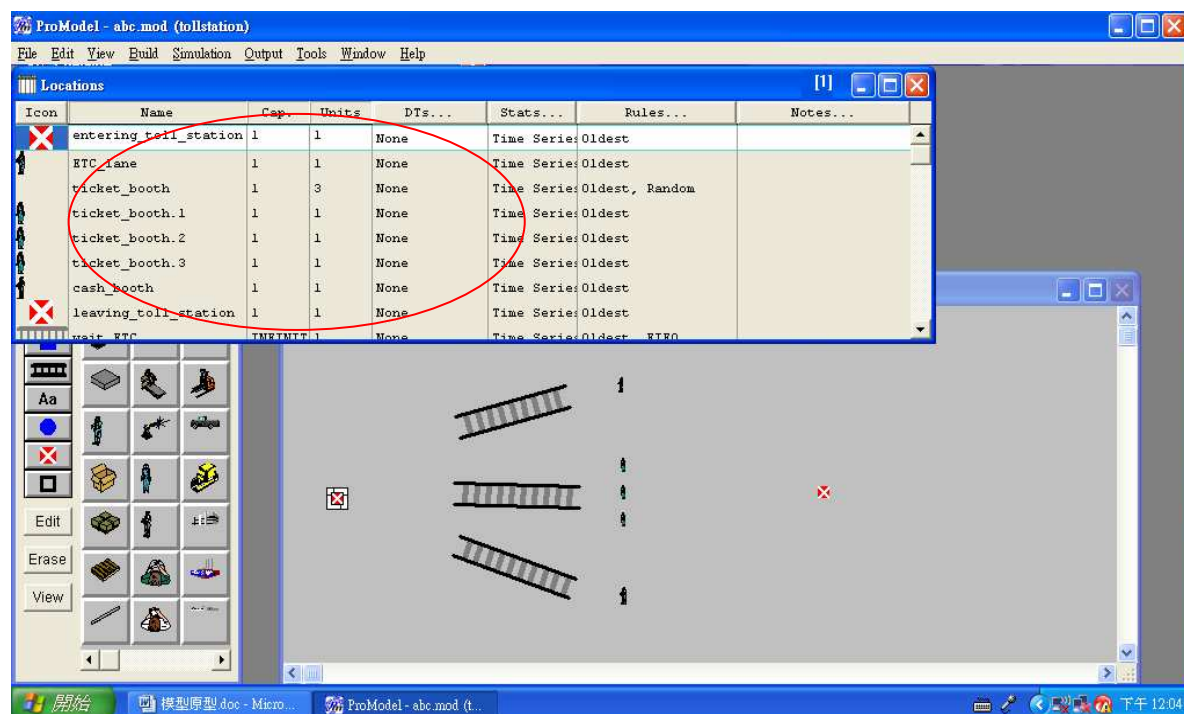


圖 11 設定 Locations 模組

交通流量分配百分比(以 99 年 1 月至 8 月過平均過站交通量為參數)Process/Rule 設定如圖 12。行車時間：行車距離為 200 公尺分流道行車速度至票亭及收費完成所須時間設定。

- 1.Wait_ETC wait u (15, 1)：即每一部車從 200 公尺分流道行車速度至票亭所須時間為 14~16。
- 2.Wait_ticket wait u (18, 2)：即每一部車從 200 公尺分流道行車速度至票亭所須時間為 16~20 秒。
- 3.Wait_cash wait u (18, 3)：即每一部車從 200 公尺分流道行車速度至票亭所須時間為 15~21 秒。

- 4.Wait_ETC wait e (2)：即每一部車從進入票亭到收費完成行車速度所須時間為 2 秒。
- 5.Wait_ticket wait e (3.8)：即每一部車從進入票亭到收費完成行車速度所須時間為 3.8 秒。
- 6.Wait_cash wait e (6.7)：即每一部車從進入票亭到收費完成行車速度所須時間為 6.7 秒。

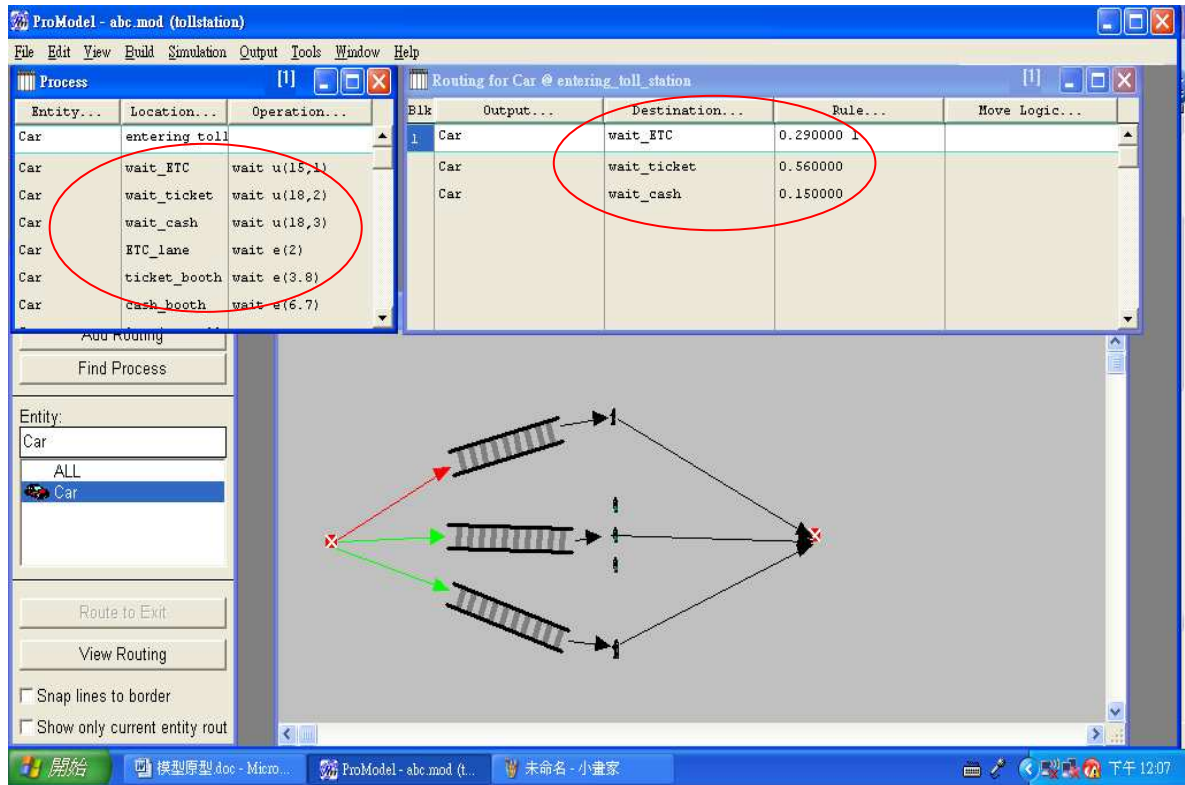


圖 12 設定 Process/Rule 模組

Arrivals：指站區分流道多少時間(秒)會進入一部車(可變)。

例：每 2.4 秒進入一部車，一分鐘可進入 25 部車，一小時總車流量為 1,500 輛車。相反的，如果每小時車流量為 2,000 部，則計算為 2,000 除以 60 分鐘，等於一分鐘進入 33.3 部車，再以 60 秒除以 33.3 等於 1.8 秒進入一部車，設定如圖 13。

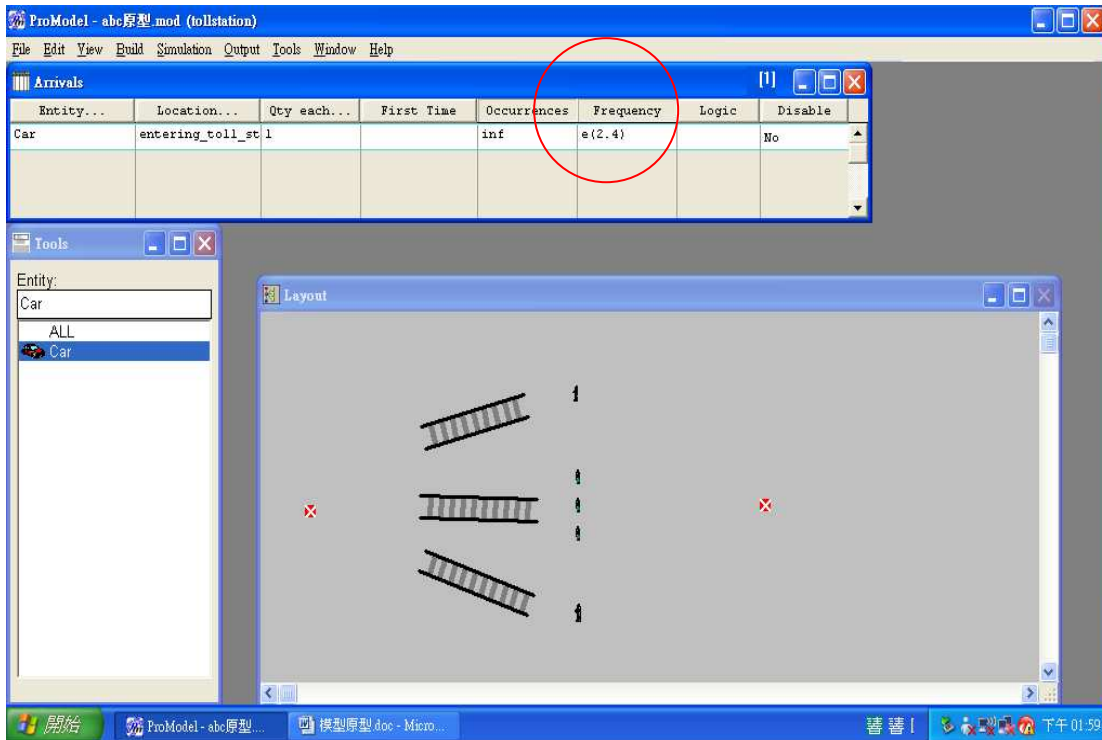


圖 13 設定 Arrivals 模組

Simulation options 設定時間單位為”秒”，second Run hours 設定為 60 分，操作過程如圖 14。

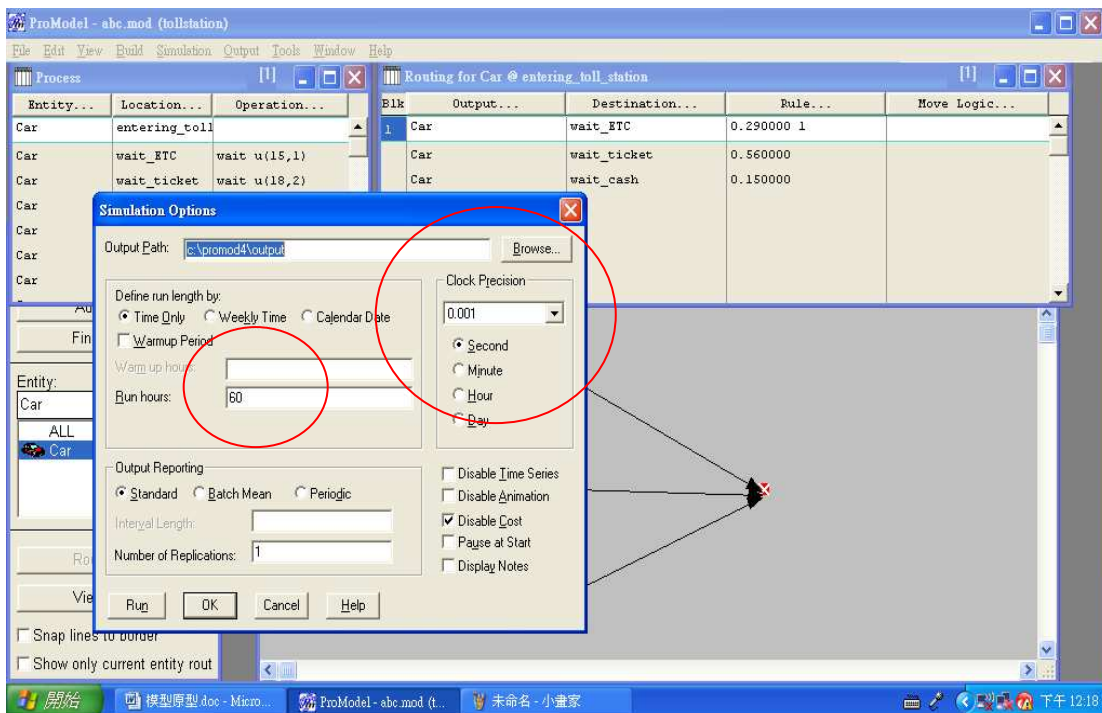


圖 14 設定 Simulation options 模組

Simulation/ save& run 在設定好模擬所需數據後即可進行實驗如圖 15。

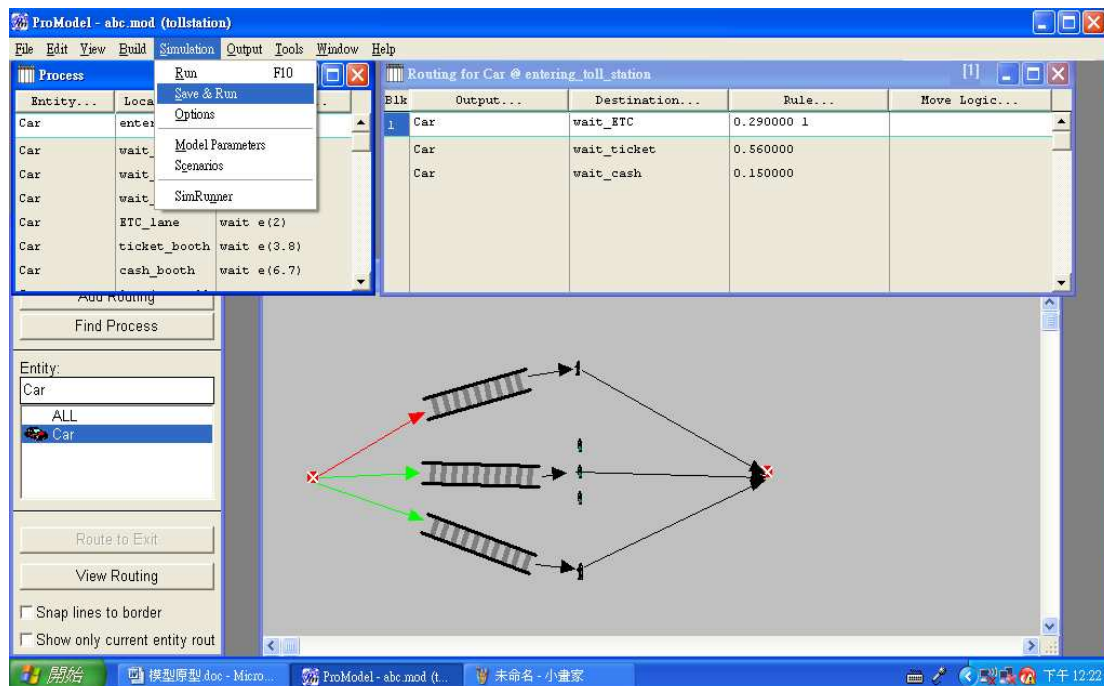


圖 15 Simulation/ save& run

設定好模組所需數據後，經過多次模型實驗所輸出的資料（如圖 16），使用收費站車輛收費計數系統的交通量與模型產生的交通量做比對，找出模型與實際交通量最接近的值，此時模型為最佳化後即可利用不同的可變數據做實驗，將輸出的資料進行統計分析。

The screenshot shows the 'ProModel Output - [General Report]' window. The report includes the following information:

Date: Jan/14/2011 Time: 12:23:15 PM
 Scenario : Normal Run
 Replication : 1 of 1
 Simulation Time : 60 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
entering toll station	60	1	1506	0.00	0	1	0	0.00
ETC lane	60	1	437	1.80	0.21	1	0	21.95
ticket booth.1	60	1	287	3.79	0.30	1	0	30.28
ticket booth.2	60	1	264	3.96	0.29	1	0	29.10
ticket booth.3	60	1	284	3.84	0.30	1	0	30.35
ticket booth	180	3	835	3.86	0.29	3	0	29.91
cash booth	60	1	226	7.47	0.46	1	1	46.93
leaving toll station	60	1	1497	0.00	0	1	0	0.00
wait ETC	60	999999	438	15.82	1.92	8	1	1.00
wait ticket	60	999999	840	18.44	4.30	14	5	1.00
wait cash	60	999999	228	22.85	1.44	6	2	1.00

圖 16 模型實驗結果

經過測試結果如表 3，在電子車道實際交通量與模型交通量差異數量為 13 輛，差異百分比為 2.89%，回數票車道實際交通量與模型交通量差異數量為 23 輛，差異百分比為 2.83%，現金車道實際交通量與模型交通量差異數量為 10 輛，差異百分比為 4.24%。在所有的情況下都顯示這個模擬模型的可靠性[6]。

表 3 實際交通量與模型交通量差異分析

車道	實際交通量	模型交通量	差異數量	差異百分比
電子車道	450	437	13	2.89%
回數票	812	835	23	2.83%
現金	236	226	10	4.24%

第四章 實証與分析

本研究將研究步驟與研究方法中之 3.5 模擬實驗所設定的模組數據，依據車道數的配置數量與車流量及到達時間的組成來模擬收費站過站情形，將模型所輸出的數據進行統計分析。

4.1 收費站現有車道模型運動模擬

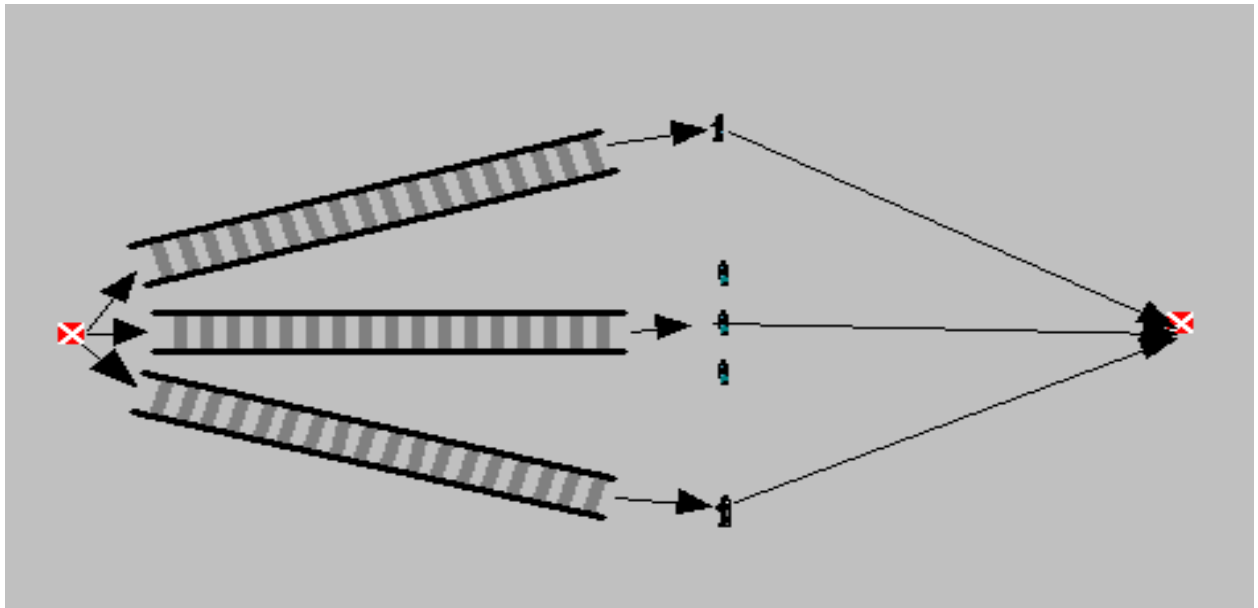


圖 17 收費站現有車道模型運動模擬

現有車道模型：

- (1)ETC 車道數 1 個
- (2)回數票車道數 3 個
- (3)現金車道數 1 個

變數：Arrivals 多久會有 1 部車進入系統，即每分鐘有多少輛車進入系統，亦即車流量為：輛/小時。

擁塞定義：以高速公路局現有規範，所有車道等候線超過 50 公尺(約 10 輛車)時，稱之。

表 4 現有車道模型模擬結果數據統計表 (單位:車輛數)

車道數 \ 車流量	1500 輛(2.4)	1800 輛 (2 秒)	2400 輛(1.5 秒)	3600 輛(1 秒)
電子車道(1)	2	3	4	2
回數票(3)	4	5	7	9
現金(1)	0	1	6	51

由表 4 統計模擬結果可知，當車流量到達每小時 3600 輛時，現金車道等候長度已超過 50 公尺(一部車 5 公尺計算約 10 輛車)，等候線上有 51 輛車在準備通過收費站，已超過高速公路局的擁塞定義，故電子車道車道數 1 個、回數票車道數 3 個、現金車道數 1 個的配置，已無法容納車流量 3600 輛/小時。此時應變更車道配置。

4.2 收費站調整車道運動模擬

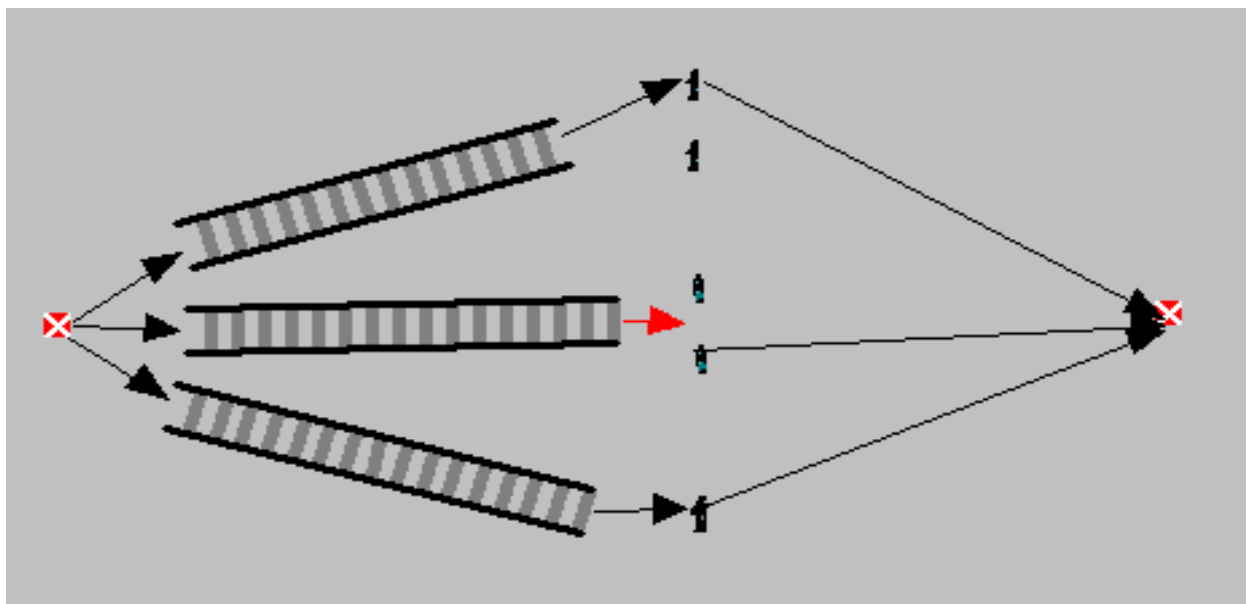


圖 18 收費站調整車道模型運動模擬

調整車道模型：

- (1)ETC 車道數 1 個
- (2)回數票車道數 2 個(減少 1 個)
- (3)現金車道數 2 個(增加 1 個)

表 5 調整車道模擬結果數據統計表

(單位:車輛數)

車道數 \ 車流量	1500 輛(2.4)	1800 輛(2 秒)	2400 輛(1.5 秒)	3600 輛(1 秒)	4000 輛(0.9 秒)
電子車道(1)	0	1	3	4	4
回數票(2)	6	8	6	11	34
現金(2)	0	1	1	1	3

由表 5 統計模擬結果可知，當車流輛達到每小時 3600 輛時，雖然回數票車道等候線已超過 50 公尺(一部車 5 公尺計算約 10 輛車) 等候線上有 11 輛車在準備通過收費站，但現金車道可做為回數票車道之變通(持回數票可通行現金車道)，故 ETC 車道數 1 個、回數票車道數 2 個、現金車道數 2 個的配置，仍可容納車流量 3600 輛/小時。所以調整車道配置方式較優於現有模型車道。

當車流輛達到每小時 4000 輛時，回數票車道等候線已超過太多，需要增開 1 個小型車車道來疏解交通，此時收費站將可把大型車調撥成大、小型車合併車道來解決壅塞狀況。

第五章 結論

本研究重點著重於實施全面電子收費系統前，現階段在混合式收費中，如何根據用路人需求與經濟效益等因素，有效配置收費站區之電子與人工收費車道，以求出其改善狀況，並就其改善狀況進行分析，以提供未來決策與設計新系統時的參考。本研究在此歸納出下列幾點結論：

1. 電子收費系統(ETC)為最有效率的收費方式。
2. 收費車道的配置及數量確實會影響收費站前的車流量。
3. 有效的車道配置或調撥車道可以改善交通壅塞的情形。
4. 此模型也可應用於車流量少，該如何縮減車道數以節省收費站人力及經費。

隨著電子收費車道的使用率的增加，未來也可利用此模擬進行何時該做電子車道數的增加與人工車道數減分析。

參考文獻

中文部分

- [1]李炯三，傅鐘賢，陳永強，楊斯婷（2006）。高速公路實施電子收費之模擬與分析，電子商務與數位生活研討會。
- [2]梁樾，連錫卿，林之杰，李振隆（2004）。台灣高速公路電子收費系統規劃，2004海峽兩岸智慧型運輸系統學術研討會。
- [3]張學孔，許哲瑋(1998)。民間參與公路電子收費系統建設之課題分析，1998 台灣電子收費系統技術與應用研討會。
- [4]曾大仁（2010）。高速公路計程電子收費發展策略，交通部2010陸海空重大交通政策論壇。
- [5]遠通電收股份有限公司（2009）。增開電子收費車道標準作業程序。

西文部分

- [6] Kyung-Chul Park,Sung-Mo Rhee,Hae-Sook Shin（2007）,Optimal Integrated Operation Strategy for Highway Tollgate using Micro Simulation,International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering(MUE'07)

網站部分

- [7]交通部臺灣區國道高速公路局，<http://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=604>
- [8]新通訊元件雜誌 2005 年 2 月號 48 期《趨勢眺望》
- [9]遠通電收股份有限公司，ETC智慧科技，<http://www.fetc.net.tw/portal/>
- [10]維基百科（2011），台灣高速公路電子收費系統，<http://wikipedia.tw/>
- [11] S204生產模擬實驗室(2011)，<http://mit.stut.edu.tw/40111/S204/m6.html>.
- [12] 交通部99年12月30日新聞稿，
<http://210.69.99.7/mocwebGIP/wSite/ct?xItem=18438&ctNode=145>