

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

高速公路電子收費車道最適配置之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-009-056-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

計畫主持人：黃承傳

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國93年11月1日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

高速公路電子收費車道最適配置之研究
Optimal Layout of ETC Lanes at Freeway Toll Stations

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-009-056

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

計畫主持人：黃承傳

共同主持人：

計畫參與人員：

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：國立交通大學交通運輸研究所

中華民國九十三年七月三十一日

摘要

有鑑於電子收費技術之應用已成為未來公路收費作業之發展趨勢，且其實施在國外已有許多成功的案例，我國高速公路主管當局自民國 86 年起亦已開始積極推動辦理電子收費系統之規劃、技術研發測試與建置等工作。電子收費系統的引進，倘若規劃設計與管理妥當，確有提高收費站容量、降低車輛延滯與提高收費站整體作業績效與服務水準的效果。反之，也可能適得其反。本計畫主要目的即在針對我國高速公路現有收費站之幾何條件、交通特性與使用情況，系統化的探討未來電子收費系統引進時，其設置位置與數量如何作最適當、有效的配置，以達成預期目的，發揮最大的投資效用。

本研究以微觀的模擬方法，分析中山高速公路全線不同收費站的幾何與交通特性，從中選擇泰山、楊梅、新營三個收費站分別作為 20 個、14 個與 10 個收費車道代表性案例，探討在各種不同交通量、交通組成、ETC 使用率之組合情況下，設置不同 ETC 車道數與位置對 ETC 使用人、非 ETC 使用人，以及收費站整體作業績效的影響，據而歸納出各種不同組合情況下最適當的 ETC 車道配置方式與數量，並研討各種配置方式所適用的條件與門檻值。研究成果可以提供作為實際設置電子收費系統的參考。

關鍵詞：電子收費、系統模擬、績效評估

Abstract

In view of the fact that using Electronic Toll Collection (ETC) technique to replace manual operation is becoming the major trend, and that there are many successful cases in the world, the Authority in charge of freeway administration in Taiwan Area has taken a series of actions for the adoption of this new technology in our freeway toll stations since 1997.

The benefit of ETC system such as increasing capacity, reducing vehicle delay, and upgrading the level of service of entire freeway toll stations can be achieved only if the system is properly planned, designed and managed. The main objective of this study is to investigate how the ETC system should be optimally installed in terms of its location and no. of lanes in different toll stations of our freeway system, with different geometric, traffic and operational characts., in order to obtain maximum benefit from the investment.

This study begins with analyzing the geometric and traffic characteristics of all the toll plaza in No.1 Freeway, from which 3 representative type of toll plaza with 20,14 and 10 toll lanes are selected for detailed studies. Microscopic simulation technique is then used to simulate the effect on ETC users, non-ETC users, as well as overall performance of a toll station, under various situations of traffic volume, % of ETC users, no & allocation of ETC lanes etc, Finally, Optimal no. of ETC lanes & location for different situations are proposed for each of the 3 types of toll plaza. The results of this study can provide as useful information for the implementation of ETC project.

Keywords: Electronic Toll Collection(ETC)、 System Simulation、 Performance Evaluation

壹、研究動機與目的

台灣地區高速公路收費站之設置為主線柵欄式，目前係以找零及回數票等人工收費方式收取通行費，車輛通過收費站時必須停車或減速繳費，於高交通量時容易造成擁塞，影響主線之運行效率。有鑒於自動化電子收費技術(ETC)，已成為現代化公路收費作業之必然發展趨勢。且其應用在國外已有許多成功的案例，交通部國道高速公路局自民國 86 年起即已委託中華電信公司積極辦理電子收費系統之規劃、技術研發、測試等工作，並以 BOT 方式在國內推動實施。

ETC 系統的引進，倘若規劃、設置妥當確有提高收費站容量、降低車輛延滯與提高收費站整體作業績效的效果。倘若規劃、設置不當或駕駛人使用意願不高，亦可能適得其反。舉例而言，如果 ETC 車道設置太多，或使用率太低，雖然有利於使用 ETC 車道之車輛得以快速通過收費站，但另一方面亦會增加非 ETC 車道車輛之額外延滯，整體車流之平均延滯可能不減反增，降低收費站之整體作業績效。反之，如果 ETC 車道設置不足，造成 ETC 車道之平均延滯高於非 ETC 車道，將會影響駕駛人使用 ETC 的意願。我國高速公路收費站現行車道使用分配除分車種外，又分為找零與不找零，組合方式較多，情況比較複雜，未來 ETC 車道的設置位置與數量，如何配合收費站的幾何條件，交通量與車種組成特性，以及 ETC 之使用率等因素做最適當與最有效的配置，為一值得加以系統化深入探討的課題。

基於上述之背景與動機，本研究主要目的如下：

1. 探討國外電子收費系統之實施現況與發展情況；包括作業方式、收費技術、設置成本與效益評估等，以及我國高速公路電子收費系統之規劃與推動情形。
2. 全面分析中山高速公路所有收費站的幾何與交通特性，並調查用路人之意願，據而歸納出數種最具代表性的組合情況，作為本研究方案研擬與實驗設計的主要依據。
3. 模擬分析在不同收費站幾何、交通特性與 ETC 使用率之組合情境下，不同 ETC 車道之佈設位置與設置數量對 ETC 與非 ETC 使用人，以及收費站整體績效的影響，據而歸納出各種不同情境下最適當的 ETC 車道配置方式。
4. 依據模擬分析的結果，檢視我國高速公路電子收費計劃的規劃內容，並研擬適當的建議。

考量我國現有高速公路系統中以中山高速公路最為重要，故本計劃係以中山高速公路全線十個收費站為研究範圍，進行其幾何設計特性與歷年交通資料之收集與分析。但本文之研究成果亦可適用於其他高速公路之收費站。

貳、文獻回顧

2.1 我國高速公路收費系統概況

根據國際橋樑隧道及收費道路組織(IBTTA)之標準，高速公路每一主線車道需配以 2.5 倍的收費車道數。台灣地區高速公路收費車道即參考此一標準，國道 1 號以 2.5 倍，國道 3 號則以 3 倍配置。故收費車道數除國道 1 號員林至高雄段間尚有五站未完成拓寬目前仍為 10 車道外，其餘均為 14 與 20 個車道。大小型車收費車道分配係按交通組成比例佈設，每一車道均設有感應線圈(Detector Loop)，連接站上電腦紀錄統計通過車輛數。

因高速公路對於重型車輛行駛內側車道有較多的限制，且大貨車須在通過收費站站前或站後進行過磅以防超載，因此目前多數收費站之佈設係依車種及收費方式分類，由右向左設置大貨車、客聯車、找零小型車及不找零小型車等 4 種收費車道。各收費站各收費車道以對稱分派南北兩向為原則，惟近年來為紓解交通擁塞，中央二線車道常機動調撥供車流較大方向使用，以提高服務效率。此外，亦有彈性利用將各型車道合併使用

(小型車找零與客聯車混合、客聯車與大貨車混合)等權宜措施，以提高收費站的整體服務效率。

國道高速公路自民國 63 年 7 月 30 日開始徵收通行費迄今已有 20 多年，其收費制度與技術演進如下：

- 1.現金繳交：早期交通量不大，繳費方式係由用路人以現金交予收費員，然費率金額訂定為考慮作業方便性，均為 5 的倍數以加快作業效率。
- 2.回數票：由用路人先行購置回數票於過站時繳交票卷，可大幅減少收費時間，減輕收費員工作負荷，效率確已顯著提昇，至今仍在推廣鼓勵中。據統計民國 89 年各車種回數票使用率，小型車為 85.7%、大客貨車為 83.9%、聯結車為 97.5%。
- 3.不找零車道：自民國 72 年 2 月 1 日起，於北部汐止、泰山、楊梅、造橋等站先行辦理，民國 73 年 9 月 1 日再擴展至全線各收費站，專供回數票及不找零小型車使用，溢繳現金則投入透明現金箱以供徵信及稽核。
- 4.小型車回數票專用道：自民國 85 年 12 月 1 日起經三個月試辦與宣導後正式實施，同時取消原來設置之不找零車道，更進一步提高收費作業效率。
- 5.電子收費車道試辦：自民國 87 年 11 月 23 日起於國道 3 號樹林及龍潭收費站進行高速公路電子收費試辦計畫，每站雙向均設置一個小型車電子收費車道並先後開放 5700 位用路人使用，該計畫已於民國 90 年 1 月 8 日停止。

2.2 電子收費系統發展概況

一、台灣地區電子收費系統之發展

1.發展沿革〔3〕

我國 ETC 發展始於民國 78 年 3 月由交通部科技顧問室提出「高速公路採用電子收費系統」構想，同年 8 月 12 日針對「單向式」IC 卡進行技術可行性評估，後因「雙向式」IC 卡之研發技術已漸成熟而有取代「單向式」IC 卡的趨勢而暫停。

民國 82 年交通部國道新建工程局與台灣營建研究中心合作探討「高速公路自動收費利用雙向通訊與 IC 卡之可行性研究」〔4〕，完成以頻道選擇多重存取雙向通訊之模擬分析及車上單元雛形之通訊功能實驗，認為國內有開發電子自動收費系統之單項技術能力，惟系統整合能力仍有待加強。同年 4 月交通部成立「高速公路電子自動收費」推動小組，積極籌畫高速公路電子收費系統民間投資相關事宜。86 年 2 月交通部政策決定委請中華電信公司協助辦理高速公路電子收費系統之規劃、技術研發、系統建置等工作。

2.ETC 試用計劃

「高速公路電子收費系統試用計畫」係由中華電信公司暨所轄電信研究所負責系統測試、建置及營運（前端系統採用紅外線系統及非接觸式 IC 卡）。第一階段試用計劃自民國 87 年 11 月 23 日起至 88 年 4 月 30 日止，於國道 3 號樹林及龍潭收費站雙向最內側車道設置電子收費車道，並開放 2500 輛小汽車申請為試用車輛，以進行系統試用、評估及改善。88 年 5 月起廣續擴大進行第二階段試用計劃，並自 88 年 7 月起於汐止收費站南下不收費車道（右側起第二車道）進行大、客貨車之測試計畫。試用期間共約有 5700 位用路人參加測試，測試收費通行量約 170 萬輛次，車主滿意度達 96% 以上〔5〕。

3.高速公路電子收費計畫之推動〔6,7〕

高速公路電子收費計畫之推動執行，係依據交通部民國 86 年之政策規劃，由高速公路局以契約方式委託中華電信公司自行籌措資金辦理，再由未來之營運收入回收其投資，分為二階段建置營運如下：

(1)主線式電子收費系統

第一階段係於既有人工收費站區建置電子收費系統設備，系統採小型車電子收費專用車道，使用電子收費系統之用路人無需停車即可完成繳費。

(2)多車道自由車流電子收費系統

第二階段係於既有主線路段規劃之收費點轉換建置門架式電子收費系統設備，且收費車道無實體分隔，系統可以讓裝設有電子收費車上設備之車輛以正常車速通過收費區及自由變換車道之情形下，仍可正確對各類車種扣取通行費。

電子收費系統可概分為前端系統與後端系統，前端系統包括車上單元(On Board Unit, OBU)、路側系統(Road Side Unit, RSU)，後端系統包括中央電腦、帳務處理、客戶服務及通信傳輸等子系統。因前端系統屬尖端先進科技，全世界只有少數公司在研發，而後端系統為龐雜的電腦營運管理系統，為符合本土化需求大多由本地國自行開發，並與由國外引進的前端系統整合運作。中華電信於試用計畫中前端系統係引進奧地利 EFKON 公司的紅外線通信技術，車上單元之計費器則用插卡式 OBU 與非接觸式 IC 卡。但由於政府政策的改變，目前該項計畫已改由某一民間公司以 BOT 方式推動辦理中。

二、國際電子收費系統之發展〔8〕

1.前端系統技術

因後端系統大多由本地國自行建置，因此僅就前端系統技術概述如下：

(1)前端系統通信技術

前端系統通信技術可分為短距通信技術(Dedicated Short Range Communications, DSRC)及長距通信技術。短距通信技術又可分成微波及紅外線兩大類，微波除北美洲早期發展的系統採 915MHZ，歐洲、澳洲及日本等已建置或規劃中之 ETC 系統均採 5.8MHZ。目前僅馬來西亞、中國大陸、巴西及奧地利部份 ETC 系統採用紅外線，其供應商迄今只有一家廠商。

長距通信技術係以全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)與全球行動通信系統(Global System for Mobile Communications, GSM)之衛星通信方式，為歐洲在自由車流的電子收費系統上重點發展系統之一，因其應用於 ETC 系統仍在研發中，目前尚無大規模的使用者。

(2)前端通訊技術標準化

短距通信技術(DSRC)是電子收費系統中的一項核心技術，為車輛與路側設施之間交換資訊的最可靠方式。微波通信系統在歐洲、澳洲、北美洲各國及日本等已成立協會致力於國際標準化之制定，目前大致朝向 5.8MHZ 發展，惟同為 5.8MHZ 系統產品，各廠商生產之發射、接收器通信協定尚無標準，故不同廠商之產品仍無法共通使用。使用紅外線系統只有單一廠商，故目前並無標準化的問題。

2.ETC 之應用實例

(1)瑞典：

瑞典 Combitech 公司係 ETC 之前端系統製造供應商，該公司之產品技術為 5.8GHZ DARC 微波通訊系統，適用於 Multilane Free Flow 或 Single lane，另車上單元(Tag)為雙向可讀寫式。電子收費系統運作方式係以收費站(點)之路側系統偵知並追蹤所有通過電子收費區之車輛。車輛追蹤係經由兩個獨立之量測系統進行，一個是門架上通訊發射單元與車上單元間微波通訊傳輸，另一個是車輛偵測及分類子系統，兩個量測資料經過比對後可正確收取車輛通行費。其收費方式採預付或後付，費率依車型而定，並以車輛偵測及分類子系統來測量車輛尺寸以查核與所裝設車上

單元類型是否符合，防止車輛少繳費用。配合車牌照相執法子系統記錄不正常車輛外觀與車牌影像，輔以光學字元辨識(Optical Character Recognition,OCR)子系統分析通過車輛之車牌號碼，供執法取締之用。

(2)新加坡

新加坡政府為解決市中心區交通壅塞之問題，早自 1975 年即已實施區域通行證計劃(Area License Scheme,ALS)，採人工收費方式以管制進入市區之交通量，並於 1998 年 9 月正式啟用電子道路收費(Electronic Road Pricing,ERP)以取代人工收費。

ERP 計畫係由日本三菱重工得標承建，系統之規劃、建置及測試歷時三年餘。其前端通訊技術採 2.45MHZ 微波通訊，以混合車道自由車流方式佈設，並有辨識違規車輛，攝取違規影像資料功能。收費對象包括所有車輛，依不同車型之車內單元(IU)使用 Smart card 扣取通行費。其收費系統設計速率為 120km/hr，違規車輛偵測最高速率可達 190km/hr，營運期間之失敗率則在十萬分之一以下，車間距最小辨識距離約為 25 公分。

(3)馬來西亞

馬來西亞目前以 BOT 方式由民間機構投資興建 E11、E5 及 E6 等三條高速公路營運收費，且均設置有電子收費系統，其電子收費系統實施概況如下：

- a.馬來西亞目前以 BOT 方式興建三條收費高速公路，特許營運期間屬私人公司產權，三條高速公路收費系統皆包含有人工收費、Touch and Go(停車以卡片刷過收費板繳費)及電子收費等三種收費車道，因屬私人營運無警察執法，故收費車道設有欄柵管制車輛通行。
- b.政府對於電子收費系統因未於事前制定統一標準，致目前三條高速公路有採用紅外線、微波等不同之收費系統，因不同系統間無法相容使用，且收費車道均設有欄柵管制車輛通行，故用路人裝置 Tag 之意願不高，使用 Touch and Go 則可適用於各高速公路，反而較為方便。

(4)澳洲墨爾本

澳洲墨爾本的電子收費系統係由瑞典 Combitech 公司以先進之 Multilane-Freeflow 技術建置營運，其電子收費系統施行概況如下：

- a.墨爾本 City Link(MCL)係由民間以 BOOT(Build Own Operate Transfer)方式興建約 22 公里長之高速公路，其功能在穿越墨爾本市中心區及聯絡鄰近的三條高速公路，營運期為 34 年。其中電子收費系統規劃及發包為期二年，測試建置至開始營運期程亦為二年，於 1999 年 8 月通車營運。
- b.全線規劃 6 個收費區(Toll Zone)，建置 13 個收費門架(grantry)，40 個收費車道。其收費車道採最先進的混合車道自由車流系統(Multilane-Freeflow)，可讓駕駛人以正常速度通過，即使在收費區有超車、變換車道之行為，系統仍可對所有通過車輛進行扣繳，駕駛人無須有過收費站之心理準備。
- c.前端通信系統以 5.8GHZ 頻寬之微波進行車上電子卡與路側系統間之通訊，執法系統係以紅外線照相機拍攝違規(不正常扣款)車輛之車牌號碼，並以光學字元辨識(OCR)處理後，寄發違規繳(罰)款通知單。
- d.系統營運採電子收費卡(e-Tag)及一日券(Day Pass)二種方式，前者由用路人申請 e-Tag 及開立通行費帳戶(可採預付或後付式)，並將 e-Tag 裝置於汽車前方擋風玻璃，即可自由通行於各收費站區，目前 e-Tag 使用比例已達 85%。一日券係提供非經常使用 MCL 之用路人繳交通行費之權宜措施，其通行費率較 e-Tag 高，以

日計費，每日行駛次數不受限制，一年最多能申請 12 次。

2.3 收費站模擬分析之相關文獻

早期以模擬方法分析高速公路收費站容量與作業特性之相關文獻大多屬巨觀之模式，本節僅就近期以微觀模擬方法應用於收費站分析之相關文獻予以回顧。

- 1.民國 82 年，鄭賜榮〔9〕利用 FORTRAN 語言建構一收費站模擬模式(TPS)，並利用調查資料進行程式之測試驗證。該模式是採事件導向(Event-Advance)模擬車輛之相關動作。惟事件推進之模式很難有效的處理車輛互動關係，因此 TPS 模式無法同時模擬雙向收費站調撥之作業，也很難和其他模式整合，串聯成整體高速公路系統之模擬。
- 2.民國 87 年 7 月，運研所鑑於上述 TPS 模式的缺點，且由於電腦速度大幅提昇及價格大幅調降，乃重新發展時間推進之微觀模式以替代原先之 TPS 模式。此新模式訂名為時間推進收費站模擬模式(Time_Driven Toll Plaza Simulation Model, 簡稱為 TTPS 模式)〔10〕。此模式可模擬多種收費方式、調撥作業及地磅作業。
- 3.民國 88 年，賴炳榮君〔1〕調查 ETC 收費站之運作特性，並利用 TTPS 模擬模式模擬 ETC 系統在收費站之不同的佈設對收費站整體服務績效所產生的影響。經以連續假期暫停收費時所調查各車輛之車頭距推估 ETC 容量約在 1579 輛/小時/車道至 1538 輛/小時/車道之間，顯示 ETC 車道服務容量確較一般人工收費車道之服務容量為高，其模擬結果顯示：在僅設置 1 線 ETC 車道之情況下，設置於小型車車道範圍之最內或最外側時，其收費站之服務績效最佳。
- 4.民國 90 年，謝霖霆君〔2〕，以楊梅收費站為對象，針對其車流與收費特性進行現場調查，再以調查資料來輔助建構收費站模擬模式。模擬改變現行收費車道的收費方式之績效值，針對設置位置、設置數量及使用 ETC 車輛比例等變數進行模擬分析，並採用平均旅行時間、平均延滯時間及平均速率三項績效指標，以及車道變換總次數及平均每車變換次數兩項安全性指標作為評估基礎。其模擬結果顯示，ETC 設置位置以內側車道為佳；而在不同的 ETC 車輛比例下依據各種不同評估指標可得到不同的最適 ETC 車道設置數量，決策者可依照不同的考量重點來做決定。

高速公路收費站整體容量及其服務績效主要隨其幾何配置、收費作業方式、收費車道數、車流組成情形，及使用回數票比例而定。基於中山高速公路收費站幾何配置、收費車道數之改變較為困難，且裝設電子自動收費設備後，駕駛人付費方式的選擇行為，會隨自動收費車道與人工收費車道的多寡與相對績效而改變。因此，未來在決定設置 ETC 車道時必須考慮上述各項限制條件與影響因素進行系統化的分析與評估，期以達成引進 ETC 收費方式之目的，發揮最大的資源使用效益。

參、研究方法與成果

本計劃之進行步驟及其主要內容與方法概述如下：

- 1.文獻回顧：收集國內外有關電子收費技術特性、應用實例經驗，以及收費站微觀模擬分析等相關文獻，並加以整理評析，以作為本計畫之重要參考與基礎。
- 2.電子收費系統技術特性分析：主要在比較國內未來可能採用的紅外線與微波二種技術系統特性的差異，並分析對於電子收費車道容量是否有影響，以作為模擬模式參數設定的依據。依據賴炳榮[1]之調查 ETC 收費車道每車道容量約為 1600 輛/小時，而曾平毅、林豐博[22]之分析則為 1400 至 1800 輛/小時，隨車輛之通過速率而定。
- 3.收費站現況與交通特性分析：收集中山高速公路 10 個收費站之幾何設計、歷年交通量及交通組成與繳費方式比例等資料，分析其交通特性變化趨勢與型態，並考慮區位條件等因素，從三種收費站車道群（20、14、10 車道）中選擇以泰山、楊梅與新營為代表性的收費站，作為主要研究對象。

4. 駕駛人使用意願調查：駕駛人使用意願受許多因素影響，如個人社經特性、經費負擔費用、延滯節省時間、使用高速公路頻率等。本研究設定若干情境，以問卷調查方式分析歸納可能的使用率範圍，作為模式實驗設計的參考。
5. 模式構建與驗證：現有的收費站作業微觀模擬模式以運研所所發展的 TTPS 模式功能最完整，且已有若干應用實例[1、13、22]，本研究經深入探討其適用性後，選擇該模式做為分析的工具。
6. 方案研擬與實驗設計：本文主要在探討不變更主線收費方式與增建收費車道之前提下，不同 ETC 車道之佈設位置與車道數對不同車道使用人與收費站整體作業績效的影響，據而歸納出不同車道數之收費站在不同交通量、交通組成，ETC 車道與非 ETC 車道使用率之組合情況下之最適當配置方式，因此係以系統化的方式研擬各種可能的組合方案，並依據 2、3、4 項的基本資料分析結果設定輸入變數與參數值，進行一系列的模擬實驗。
7. 方案模擬分析與評估：將上述模擬實驗的結果，以圖表方式進行系統性的分析與歸納。評估指標則以通過收費站區之車輛平均速率以及平均延滯為主。
8. 結論與建議：綜合本研究各項分析結果，歸納出主要的結論與建議事項，期能提供實務應用上，以及後續研究的參考。

本研究已依照預定計畫順利完成上述各項工作。主要成果將擇要分述於下節之結論與建議。

四、結論與建議

經分別就不同收費車道群之代表性收費站(14個收費車道群以楊梅收費站為代表、20個收費車道群以泰山收費站為代表、10個收費車道群以新營收費站為代表)之交通特性加以分析。再以不同的ETC車道配置位置、數量及使用率等變動因素，模擬在不同交通量情況下對收費站整體服務績效之影響情形並依模擬結果歸納出在不同的ETC使用率與交通量下所需配置ETC車道數之最適方案，所獲致之主要結論如下。

4.1 結論

一、經模擬評估結果，ETC車道配置位置對收費站服務績效之影響為：

1. ETC 車道由右側向左側逐一擴增配置時，只有在較低 ETC 使用率與交通量下，收費站的整體績效尚能維持一定的水準。
2. ETC 車道由左側向右側逐一擴增配置時，在不同的交通量及 ETC 使用率達一定比例的情況下，收費站整體績效會優於無實施 ETC。在 ETC 車道容量足以負荷 ETC 交通量之基本條件下，其整體績效會隨者 ETC 使用率之增加而增加。
3. ETC 車道配置位置應以由行車方向之左側向右側逐一擴增之方式較由右向左之方式為佳。

二、14個收費車道群：經綜合歸納3種車道配置方式，9種交通量與8種ETC使用率，共216個組合狀況之模擬結果如下。

1. 當 ETC 使用率在 50%時，配置 1 個或 2 個 ETC 車道對收費站的整體服務績效差異不大，且明顯優於配置 3 個 ETC 車道。但在低流量(約 2200 輛/小時以下)時，以配置 1 個 ETC 車道較佳。
2. 當 ETC 使用率在 60%時，配置 1 個或 2 個 ETC 車道對收費站的整體服務績效之差異亦相當有限，且較配置 3 個 ETC 車道為佳。但在低流量低於 3500 輛/小時下，以配置 1 個 ETC 車道較佳，高於此流量時則需配置 2 個 ETC。
3. 當 ETC 使用率在 70%以上時，配置 2 個 ETC 車道對收費站的整體服務績效較配置 1 個或 3 個 ETC 車道為佳。然在交通量約小於 2300 輛/小時，配置 1 個 ETC 車道之服

- 務容量應已足夠，而當交通量約大於 2300 輛/小時，必須增設第 2 個 ETC 車道，否則將因 ETC 車道容量不足而影響整體服務績效。當 ETC 使用率在 80%以上時，配置 3 個 ETC 車道並沒有比配置 2 個 ETC 車道有效佳的整體績效。
4. 整體而言，14 個收費車道群之收費站，每一方向配置 2 個 ETC 車道有效佳的收費站整體績效。且在不同 ETC 使用率下，配置 3 個 ETC 車道並沒有比配置 2 個 ETC 車道有效佳的整體績效。
- 三、20 個收費車道群：經綜合歸納 4 種車道配置，9 種交通量與 8 種 ETC 使用率共 288 個組合狀況之模擬結果如下。
1. 當 ETC 使用率在 40~60%時，於各種不同交通量下，均以配置 1 個 ETC 車道對收費站的整體服務績效最佳。
 2. 當 ETC 使用率在 70%以上時，於各種不同交通量下，均以配置 3 個 ETC 車道之整體服務績效最佳。
 3. 以內插方式推估，ETC 使用率約在 65%時，於各種不同交通量下以配置 2 個 ETC 車道為佳。
- 四、10 個收費車道群：經綜合歸納 2 種車道配置、9 種交通量與 8 種 ETC 使用率，共 144 個組合狀況之模擬結果如下。
- 當 ETC 使用率約在 50%以上，以配置 1 個 ETC 車道即可滿足不同交通量下的需求，且隨著 ETC 使用率之提高，其相對整體服務績效越佳。若增設第 2 個 ETC 車道，反而降低其他人工收費車道之容量，對收費站整體服務績效不增反降。
- 五、因 ETC 使用率多寡將影響到收費站各類收費車道的服務容量，若未考量各收費站之交通需求特性，並在 ETC 使用率未達一定比例時貿然增設 ETC 車道，可能因而降低其他人工收費車道之服務容量，影響收費站的整體服務績效。因此 ETC 使用率與 ETC 車道配置數量應相互配合，方有利於收費站整體服務績效的提昇。

4.2 建議

- 一、本計畫之研究範圍僅限於高速公路主線柵欄式電子收費方式對收費站服務績之分析，對於非主線柵欄式電子收費方式，如匝道電子收費或多車道收費方式等不同作業方式，仍有待進一步研究。
- 二、本研究僅針對小型車電子收費對收費站服務績效之影響加以評估，對於大型車加入電子收費，以及重車過磅與電子收費車輛所造成過站交織等較為複雜的問題，仍有待進一步的研究。
- 三、回顧國內電子收費測試之經驗及國外實施成功的案例，電子收費系統技術不是關鍵性問題，管理面的問題才是系統發展的最大挑戰。因此電子收費系統之實施應考量國內環境特性，並參酌世界各國的實際運作經驗，訂定周延完整的執行計畫。

參考文獻

1. 賴炳榮，「電子收費系統收費站服務績效之研究：TTPS 模式之運用」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
2. 謝霖霆，「高速公路收費站電子收費車道設置之研究」，國立中央大學碩士論文，民國 90 年 6 月。
3. 張芳旭，「我國電子收費系統之展望」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國 87 年 10 月。
4. 交通部台灣區國道新建工程局，「高速公路自動收費系統利用雙向通訊與 IC 卡之可行性研究」，民國 82 年 4 月。

5. 高速公路收費系統網站(<http://www.etc.com.tw>)，民國 90 年 6 月 27 日。
6. 交通部台灣區國道高速公路局、中華電信股份有限公司，「高速公路電子收費系統建置及營運契約」，民國 90 年 4 月。
7. 中華電信股份有限公司，「高速公路電子收費系統建設招標文件」，民國 91 年 1 月。
8. 何煖軒、林之杰、康志福、蘇俊欽，「高速公路電子收費暨交通管理系統」考察報告書，民國 90 年 9 月。
9. 鄭賜榮等，「台灣地區高速公路容量與服務水準評估指標之研究」，交通部運輸研究所，民國 82 年 11 月。
10. 交通部運輸研究所，「TTPS 收費站模擬模式使用手冊」，民國 87 年 9 月。
11. 交通部台灣區國道高速公路局，「八十九年高速公路年報」，民國 90 年 3 月。
12. 高速公路局收費站交通量通報系統(<http://211.79.135.70/info>)，民國 90 年 12 月 1 日。
13. 交通部運輸研究所，「高速公路收費孔道最適調撥時機模擬之研究」，民國 83 年 9 月。
14. 陳晉源，「高速公路收費站容量分析及其改善措施之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 75 年 6 月。
15. 陳憲文，「高速公路收費站前後車流隨機特性分析」，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 82 年 6 月。
16. 陶冶中，「歐洲電子收費系統發展趨勢」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國 87 年 10 月。
17. 張堂賢，「電子收費與交通控制」，一九九八台灣電子收費系統技術與應用研討會專輯，民國 87 年 10 月。
18. 張瓊文、曾平毅，「高速公路收費站服務時間之特性分析」，中華道路季刊，第四十卷第二期，第 32-41 頁，民國 90 年 4 月。
19. 郭詩益，「中山高速公路收費站容量及服務水準界定之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 81 年 6 月。
20. 張家祝、黃承傳等，「高速公路交通特性分析與基本容量訂定」，交通部運輸研究所，民國 76 年 11 月。
21. 黃承傳、蔡義清、郭詩毅，「高速公路收費站服務水準等級界定之研究」，運輸季刊，第 27 期(P.83-96)，民國 84 年 9 月。
22. 曾平毅、林豐博等，「高速公路收費站延滯模式之研究」，運輸計劃季刊，第 31 卷 4 期(P.795-816)，民國 91 年 12 月。
23. Electronic Toll Collection Market Analysis & Technology Update, Transport Technology Publishing Co.,1999.
24. Jianling Li, David Gillen and Joy Dahlgren, "Benefit-Cost Evaluation of the Electronic Toll Collection System : A Comprehensive Framework and Application", Transportation Research Board 78th Annual Meeting, Jan.10-14,1999, Washington, D.C..