



台灣高速公路 電子收費系統 建置成果

The Introduction of ETC System and Implementation Achievement

吳忠潔 Richard Wu／遠創智慧股份有限公司 副總經理

簡正銓 Cheng-Chuan Chien／遠創智慧股份有限公司 專案經理

臺灣在 2013 年底正式推動國道多車道自由車流電子計程收費系統 (Electronic Toll Collection, 簡稱 ETC), 以 99.9% 的電子收費交易正確率、99.97% 可收費成功率, 以及 10 個月內完成 319 座電子收費門架的經驗, 獲得國際橋樑隧道及收費公路協會 (IBTTA) 及智慧運輸系統世界年會 (ITS World Congress) 年度最高榮譽首獎肯定。本文介紹電子收費門架設計概念、電子收費系統架構及未來可能之衍生應用。期望對未來智慧運輸、智慧城市的發展提供技術與服務之參考, 觸發工程界新型態之系統應用服務。

Abstract

The nationwide distance-based multi-lane free flow Electronic Toll Collection (ETC) system was launched in Taiwan at the end of 2013. The system performed at an exceptional level with a 99.9% electronic toll transaction accuracy rate, a 99.97% chargeable success rate, was completed in record time with the construction of 319 ETC gantries within a period of 10 months. This construction experience and service performance has gathered international recognition with the receiving of major awards from International Bridge, Tunnel & Turnpike Association (IBTTA) and ITS world Congress. This article describes the concept of toll gantry design, ETC system architecture and possible future derivative applications. It is expected to provide reference for further development of smart transportation and smart city and its potential in revolutionize system application services in the new fields of engineering.

前言

高速公路電子收費 (ETC) 於 2013 年 12 月 30 日由原來收費站計次收費模式, 無縫轉換為按行駛里程計

費之計程電子收費模式, 成功達成「走多少、付多少」公平付費理念。本案由高速公路局以 BOT 方式由遠通電收公司執行, 乃國內自主研發、建置完成, 現為全世界 RFID 應用於 ETC 的一大成功案例, 計程建置工程包含門架、機電、車道系統工程, 創新的門架設計與工法, 以零公 (工) 安、高品質、高效率歷時 10 個月完成全國 319 座收費區門架建置, 營運迄今正式邁入第 5 個年頭, eTag 用戶數也突破 700 萬, 系統穩定度及準確率趨近百分之百, 已吸引許多新南向國家前來洽談合作, 未來有機會看到臺灣團隊進軍海外市場。

電子收費工程概述

為確實達成計程電子收費目標, 收費區規劃設置於兩兩交流道間之主線路段, 換言之, 高速公路主線上兩兩交流道之間的每一路段均設置有一處收費門架, 車輛由交流道進入主線後, 只要通過收費門架代表該車已行駛該門架所在之路段, 每一門架依據其在路段長短會對應到不同的收費牌價。



圖 1 計程電子收費門架設置示意圖

計程收費階段所採為多車道自由車流電子收費系統，電子收費車道間無實體分隔，車輛可以正常車速通過收費區，車輛可自由變換車道，亦能正確地對各類車種扣取通行費並記錄交易資料。工程分項可分為鋼構門架工程、機電工程、網路傳輸工程、車道系統工程等。



圖 2 多車道自由流電子收費系統示意圖

電子收費門架設計概念

我國電子收費案採 BOT 模式，建置營運商遠通電收要負責系統之設計、建置，也必須負責至 2025 年移轉前的系統營運維護工作，在門架建置施工期間，需在現有高流量的高速公路上進行建置工程、設備安裝與系統調校，故電子收費門架的設計概念乃為國內獨創，特別考量維運需求、人員安全，研發出單門架、雙走道、模組化、現場吊裝快速的鋼構門架。

國外 ETC 門架設計案例

以國外多車道自由流電子收費門架，大多是採用雙門架或三門架系統，門架組成沒有設置走道，車道設備直接往下懸吊於橫桿，如下圖所示。因此，當有設備需要維護或故障更換時，維運人員需要利用高空作業車，由下往上進行維修作業，工作難度高；也由於高空作業車停等時需占用主線車道，故還要交通維持封閉作業，包括標誌車、交通錐、拒馬的設施做好改道導引。對通行中之車流交通造成嚴重的衝擊，除了將造成局部路段擁塞，也提高主線事故發生機率。



圖 3 國外多車道自由流電子收費門架案例

國內 ETC 門架設計特色

有鑑於國外門架設計之缺點，國內門架設計採用桁架結構形式，在主桁架前後兩側方別安裝有人行走道，走道上除供維運人員行走、作業之用外，亦提供做為設備安裝之空間，其設計特色說明如下：

- (1) 單門架系統：門架的型式與車道設備的需求密切相關，早期受限於偵測設備、車牌攝影設備技術，國外多採用雙門架或三門架才能符合各車道設備間所需之相對位置，遠通電收在最初投標時的投資計畫書採納國外技術顧問的建議亦是採用前、後相隔 12 公尺之雙門架組成，惟歷經計次收費階段多年累積之經驗，加上引進可以具備可向前斜射的偵測設備，使得門架設計得以調整為單門架系統，其優勢在於可節省路側門架之施工成本、縮短高速公路施工時間，在維運上，維運人員在單一座門架上可完成所有作業，不需要爬上爬下於多座門架之間。



圖 4 國內多車道自由流電子收費門架

- (2) 前、後走道：利用前、後兩走道相隔約 5 公尺達成偵測設備與車牌攝影設備所需之相對距離，並且利用前、後走道安裝所有車道設備，讓維運人員可以直接在走道上維修、更換所有設備，省去使用高空作業車、封閉車道交通維持等，避免於日常維運時造成現有交通車流衝擊。
- (3) 走道傾斜角度平行路面橫坡：因為高速公路路面均有路拱，部分彎道還有超高，而車道設備包含偵測設備、車牌照相機、RFID 天線等，掛設高度距離路面均有最佳配置高度，例如：RFID 天線距路面約在 5.6 公尺，車牌照相機也有最適高度，過去傳統設計是門架水平平衡桿配合支架機構處理，利用桿件垂直向上或向下延伸取得最適高度，由於每座門

架高度均不相同，在設備安裝、維護上困難度高，需要花很多的時間。鑑於此，ETC 門架走道創新地採用平行路面橫坡的設計模式，因為走道距離路面高度一致，只需用單一尺寸的支架固定在走道上即可簡易的解決安裝高度課題，讓維運人員可以在最快的時間完成設備的更換與調校作業。

- (4) 創新設備支架設計：在現有車輛通行的高速公路上進行建置工程及系統安裝調校，為避免相關支架、螺桿、螺帽、設備等掉落及縮短施工時間而造成公（工）安問題。於設備支架之設計與工法，盡可能以滑軌設計直接掛設於箱體再鎖扣，利用彈簧螺桿替代螺帽，為設備角度調整設計有角度調整設計，利用創新之支架型式，讓門架上設備安裝更加安全。



圖 5 ETC 門架前、後走道及走道上設備安裝照片

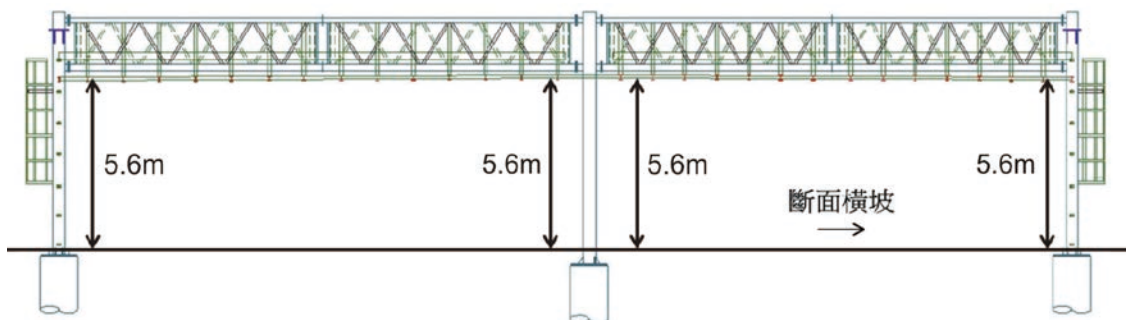


圖 6 門架走道傾斜角度平行路面橫坡



圖 7 車道設備與設備支架安裝照片

電子收費系統架構

緣 2006 年收費站電子收費車道啟用之初，收費系統是採用紅外線技術，搭配車載機（On Board Unit, OBU）及 e 通卡，儲值餘額儲存於卡片中，透過路側安裝的紅外線扣款設備進行感應並扣減 e 通卡內的餘額，所有交易過程著重在 OBU、e 通卡及紅外線扣款設備。由於 OBU 與 e 通卡製作成本高，導致用路人購買安裝意願低，自 2006 年至 2012 年期間，ETC 利用率仍在 42~43% 左右，無法有效提升。



圖 8 e 通卡與車載機 (OBU)

自 2012 年起，在 BOT 合約與社會輿論壓力下，遠通電收與高速公路局不斷商議，最終決定引進無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, RFID) 技術，放棄原有 OBU 與 e 通卡，改於車上安裝 eTag 標籤；儲值餘額不再仰賴 e 通卡這類的晶片卡，而改將儲值儲存於後台虛擬帳戶之中；故路側不再需要扣款功能（原有的紅外線扣款設備），路側所著重的是如何正確、完整的辨識車輛，可透過 RFID 偵測 eTag 及拍照辨識車牌號碼兩種方式。由於 Tag 標籤的製作成本遠低於 OBU，配合第一張 eTag 免費贈送及申裝 eTag 享高速公路通行費 9 折優惠下，在短短 1 年半之間，提升 ETC 利用率達 94%，也順利於 2013 年 12 月 30 日轉換進入多車道自由流之計程電子收費。

因為上述的重大變革，導致前端（路側）設備與後端（中心）系統有了相對應的調整，說明如下：

前端（路側）系統架構

前端系統功能目的在於確保，(1) 車輛數精準偵測、(2) 車輛身分正確識別。依上述兩目遠通電收選擇所需要的系統設備：

(1) 車輛數精準偵測：車輛偵測設備種類繁多，例如：環



圖 9 車窗型 eTag 與車燈型 eTag

路感應線圈、超音波、微波、紅外線、光學雷達、壓力感測、影像偵測等，電子收費因為涉及高速公路通行費收入，必須具備偵測敏銳度高、車輛行駛速率高、維修簡易快速等特性，故採用雷射偵測器。雷射偵測器除感測車輛進入門架下之交易區外並觸發照相機進行拍照，可藉由相機照片為媒介精準計算車輛數，還可經由雷射進行車輛外型實體掃描得知車輛之車型（如小型車、大型車、聯結車等）。

- (2) 車輛身分正確識別：電子收費與用路人息息相關，如果收費對象錯誤導致該收費的車輛沒收到而不該被收費的車輛反而被收費時，將引起無端被收費的用路人的抱怨，少量輕微者衍生客服抱怨電話，大量嚴重者則可能引發社會群體對於電子收費喪失信任。為此，懸掛於車頭的車牌及安裝於車上 eTag 即是識別身分的重要資訊，故設置有照相機拍攝車牌、RFID 天線與讀取器 (Reader) 取得 eTag 資訊。在現實的環境裡，此兩項車輛識別資訊不可偏廢，原因是車牌資訊屬於影像、類比訊號，車牌又容易受到天候、髒污、塗改、異物遮蔽…等因素導致無法辨識或辨識錯誤；eTag 資訊屬數位化訊號，可彌補車牌影像之不足，且數位化訊號不會產生誤判，惟 eTag 有時會受到金屬或其他 RF 訊號干擾而降低偵測率，且於現實環境並非所有車輛強制安裝仍有少比例的車主選擇不安裝，對此，還是需要仰賴車牌辨識來補足。

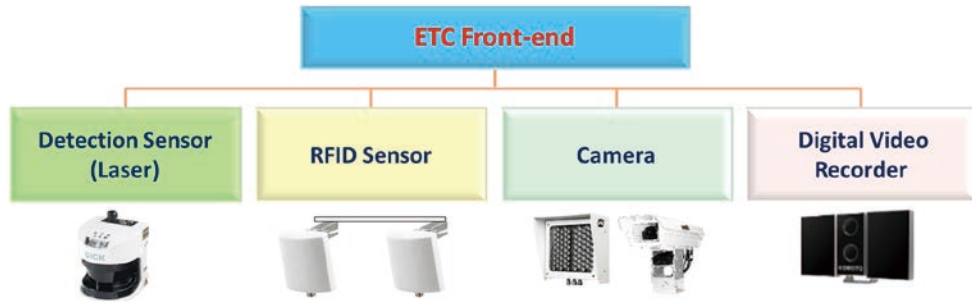


圖 10 前端（路側）系統架構

(3) 稽核輔助：為確保收費通行量及收費正確，系統內設置有稽核輔助系統，採用數位影像錄影（Digital Video Recorder），提供做為稽核比對之用。

後端（中心）系統架構

電子收費的後端（中心）系統，其主要功能在於接收前端（路側）系統所回傳的資訊（前端資訊包含車輛偵測、車牌辨識及 eTag 資訊），並提供電子收費所需之服務功能，說明如下：

- (1) 交易接收與驗證系統（Transaction Mediation and Validation）：其系統負責接收前端模組回傳的資訊，此外，對於在前端無法確認的車輛車號的照片或異常的 eTag，再透過智慧化自動車牌辨識邏輯（Automation ALPR Intelligence）及人工車牌辨識（Violation），進行交易的驗證，務必確保交易正確。
- (2) 計費與清分系統（Billing and Settlement）：此系統為電子收費本質核心，配合高公局的一般日計費模

式及連續假期單一費率，用於計算每筆車輛所經過門架所需收取的通行費（Billing），以及按月定期向高公局提出通行費結算。

- (3) 客戶服務系統（Customer Service）：透過此系統建立與客戶所有的關聯平台，包括手機 App、網站查詢服務，客戶來電客服中心所需的查詢系統（CRM Service），以及與便利商店合作的 Kiosk 服務平台。讓客戶能夠便利、多元的獲取即時的服務。

未來可能的衍生應用

電子收費系統現階段雖僅應用於高速公路電子收費，但就整體系統而言，於路側已經具備精準的之車輛偵測、eTag 偵測、車牌辨識等技術，於中心端具備有巨量資料處理、儲值帳戶、計費與清分、客戶服務等平台系統 … 等功能，未來應用此技術與平台，期望能衍生出其他相關應用。



圖 11 前端（路側）與後端（中心）系統整體架構圖



圖 12 未來可能衍生應用

目前初步構想可分為五大應用面向，包括智慧停車（Smart Parking）、智慧付費（Smart Payment）、智慧保安（Smart Security）、智慧交通（Smart Traffic）及智慧安全（Smart Safety），可涵蓋大部分智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System）的推動重點項目，並擴充至其他與車輛相關之行動支付與保安輔助。

- (1) 智慧停車（Smart Parking）：例如路外停車場管理，停車場入出場流程如下圖，採以 RFID 系統偵測 eTag 開啟停車閘門，以替代原有的停車取票、取卡，繳費時，直接經由 eTag 所代表之帳戶或信用卡扣款，讓繳費更便捷，用路人停車資訊更詳盡。此外，現況有些大樓、學校停車場進出管理，雖無收費行為，已經開始導入由 RFID 系統偵測住戶、教師車輛 eTag 資訊，自動開啟門禁，減輕大樓管理員的工作負擔。
- (2) 智慧支付（Smart Payment）：與電子收費、停車收費相同的概念，利用偵測 eTag 確認車輛後，有關



圖 13 路外停車場進出流程

於車輛相關的支付行為，例如速食店得來速、加油站、洗車站...等，均可直接經由 eTag 所代表之帳戶或信用卡扣款，扣款後，扣款資訊即時傳送至用路人手機進行付費確認，便利又安全。

- (3) 智慧交通（Smart Traffic）：現況已於高速公路主線布設超過 300 處電子收費門架，可蒐集到每一路段、時段完整的交通資訊，包括平均速率、平均旅行時間等，經由此大數據資訊及後台運算功能，高速公路局已完成即時路況資訊的查詢與連續假期旅行時間預測，透過手機 App 1968、網站或路側旅行時間看板供用路人查詢使用。除高速公路外，現在於部分縣市主要幹道，也逐步開始導入 RFID 偵測器，以替代傳統使用之環狀感應線圈偵測器，由 RFID 偵測之優勢在於不需要開挖路面，且所蒐集到的資訊可藉由 eTag ID 的比對，推估車流之起訖及轉向資訊。
- (4) 智慧安全：車輛行駛進入山區、霧區、隧道路段，或於汛期期間行駛於堤外便道，可能因為天候、地震、落石...等，造成行車受困或行車事故，於危險路段入口導入 RFID 系統偵測車輛，有天候狀況



圖 14 高速公路即時路況資訊系統



圖 15 危險路段智慧安全服務

發生時，事前可即時利用手機提醒駕駛人緊急避難，萬一事故發生，事後可掌握受困車輛訊息，作為救援調度聯絡之參考。

結論與建議

臺灣的電子收費案，所展現的由傳統收費站人工收費方式轉型為以 RFID 技術實現多車道自由流的高速

公路電子收費服務，建立雲端帳務平台，結合便利超商 Kiosk 及手機 App，提供客戶便利的查詢、加值服務，使 ETC 成為 ITS 發展之重要骨幹建設，更可應用至交通管理、智慧停車、車聯網、智慧城市等創新業務。期盼分享此一經驗，能夠引發下一波的創新工程與系統整合專案，建立創新的工程兼具商業模式的新興產業。



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260
e-mail: service@ciche.org.tw

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體

歡迎加入學會



<http://www.ciche.org.tw>
請上網下載入會申請表