

# 智慧型運輸系統下之 DSRC 整合式模擬系統之建立

胡大瀛

蘇子翔

陳伶宜

成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所

tayinhu@gmail.com yakumo1027@gmail.com bye654@gmail.com

## 摘要

智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS) 透過電子、通訊及其他科技產品的應用成功的達到改善交通問題，其中包括減少事故的發生、提升運輸的效率。車間通訊 (Inter-Vehicle Communication, IVC) 是智慧型運輸系統裡面重要的一環，車間通訊藉由專用短距通訊技術 (Dedicated Short Range Communication, DSRC) 可以負責交通資訊系統的蒐集與傳播的工作。車輛行動網路 (Vehicular Ad hoc Network, VANET) 的研究，結合無線網路與交通車流的影響。本論文將提出整合模擬系統，透過動態交通模擬軟體 DynaTAIWAN 以及網路模擬工具 NS2 的運用，以期能對未來再 VANET 的研究上提供一套可靠的模擬工作。文章中會以 ETC 電子收費以及車間通訊的廣播模擬作為範例介紹。

**關鍵詞：**智慧型運輸系統(ITS)、車間通訊(IVC)、專用短距通訊技術(DSRC)、車輛行動網路(VANET)、NS2、DynaTAIWAN。

## Abstract

Considerable attentions are directed at increasing the efficiency of existing surface transportation systems through the use of advanced computers, electronics, and communication technologies. The application of advanced technologies to the surface transportation system has come to be known as Intelligent Transportation Systems (ITS). With the innovation and advancement of communications, Telematics, the integration of telecommunications and informatics, need to be incorporated into new generation of traffic analysis methods.

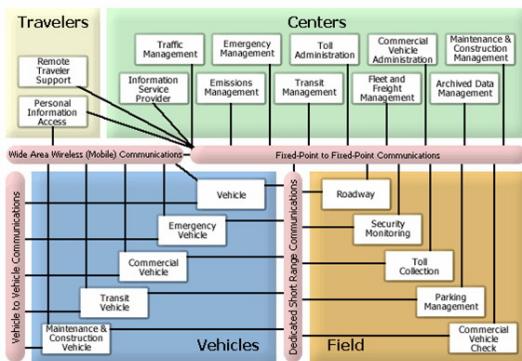
In this research, an integrated simulation framework is proposed to simulate vehicular flows and information flows simultaneously in order to study possible benefits and difficulties of VII and IVC in a realistic environment. The vehicle movement is simulated by DynaTAIWAN, a native simulation-assignment model. The communication simulation is achieved through NS2.

## 1. 前言

由於世界各國主要城市之交通狀況持續惡化，在道路容量無法大規模的增加下，結合電腦、電子與通訊科技來有效的提昇運輸系統效能已是

世界各國的努力目標，此一發展可統稱為智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS)。其最重要的觀念在於有效的利用尖端通訊科技，藉由資訊的供給加強對運輸系統的管理。

智慧型運輸系統近年來在通訊網路的進步可以分成 2 個部份—車輛與基礎設施的整合 (Vehicle -Infrastructure Integration, VII) 與車間通訊 (IVC)。車輛與基礎設施的整合，透過無線網路的環境使車輛與道路基礎設施之間資訊可相互傳遞，圖 1 為 ITS 基礎架構圖。



資料來源：U.S. GAO(1997)

圖 1 ITS 基礎架構圖

車間通訊 (IVC) 透過無線網路的環境使車輛與車輛之間可相互傳遞資訊，並將資訊經由車內處理器蒐集彙整後呈現給駕駛人。車輛無線通訊的潛力受到相關公共運輸部門和車輛產業的重視，車輛與道路基礎設施的整合或車輛間的通訊已經漸漸開始進行研究與發展，主要考慮的重點除了效率的提升外，更強調安全。

不論是 VII 或 IVC，目的都在於傳遞資訊，於是通訊網路在 ITS 的發展中扮演著越來越重要的腳色。為了要實現 VII 以及 IVC 本研究採用 5.9GHz DSRC，是美國為 ITS 所訂之專屬頻道，並且 5.9GHz DSRC 在 PHY 層以及 MAC 層採用 IEEE 為車間通訊所訂 802.11p 之標準，相容於以往不同的 DSRC 標準。

車間通訊 (IVC) 所組成的車輛行動網路 (VANET) 與舊有移動網路 (Mobile Ad hoc NETwork, MANET) 有許多的不同點，例如：車速遠大於 MANET 上的節點、VANET 必須是可以涵蓋一個很大的通訊範圍、網路負載受到車流量、號誌等交通因素的影響。

本研究針對 VII 以及 IVC 相關研究提出整合模擬系統，系統中包含了通訊模擬以及交通模擬。在

通訊模擬上，利用 NS2 作為模擬的工具。NS2 為開放原始碼(open source)的模擬工具，透過 C++ 以及 tcl 劇本使模擬更接近車間通訊的環境。在交通模擬中，本研究利用運輸研究所的 DynaTAIWAN 模擬指派模式，該模式最大的優點為充份考慮國內混合車流、交通控制系統與駕駛人的行為反應。

透過整合模擬系統，將可以更進一步分析以車輛為主蒐集交通的可能。例如：可改變因子用來評估 DSRC 的傳輸表現、資訊在車間的傳遞或是與路邊裝置傳遞的可靠性、在裝載 OBU(on board unit)車輛不足的情境下，如何利用已知的資訊，推估無資訊路段、車流擁擠情況之下對無線通訊是否會造成影響、車間通訊有何限制存在等。

本研究將設計高速公路的單一車道，首先透過 DynaTAIWAN 來得到車輛的模擬資訊，在道路的前半段可以觀察車輛與車輛間的通訊、而後半段將設計電子收費(ETC)感測器來觀察車輛與道路基礎設施間的通訊，藉由透過模擬 ETC 電子收費以及高速公路上的車間通訊來說明整合模擬系統的概念。

本論文的第 2 節將做文獻的探討，第 3 節提出模擬式的整合架構，第 4 節將設計一 ETC 於高速公路之數值實驗，第 5 節將對本文做結論。

## 2. 文獻探討

### 2.1 專用短距通訊技術(DSRC)

DSRC 是智慧型運輸系統中發展過程中不可缺少的關鍵成分，5.9GHz DSRC 是美國交通運輸的專屬頻道，提供動態車輛安全資訊傳遞 LOS (line of sight) 以及 NLOS (non-line of sight) 提供寬頻、即時、長距離以及雙向通訊。

此技術可以提供駕駛人在行進途中，透過車上無線通訊裝置、路側裝置或車與車間的相互傳輸，接收各種即時資訊服務(路線導航、即時路況、多媒體娛樂等)，以提昇整體路網行車效率和交通安全。DSRC 可分為車間通訊(V2V)和車路通訊(V2R)兩種，如圖 2 所示。

車路通訊主要是透過車載機(On Board Unit, OBU)和路側裝置(Road Side Unit, RSU)進行通訊傳輸；車間通訊指的是車輛在一定的距離範圍內，透過車上裝置相互傳輸交換資訊。兩者之間的差別，在於車路通訊需透過交控中心進行資訊的整合，透過路邊裝置傳至於車載機；而車間通訊不需透過整合的資訊服務中心，只需安裝車載機即可進行相互通訊。如圖 2 所示，可了解車間通訊和車路通訊間的關係。

DSRC 的相關應用和發展有許多構想，甚至已經實做出，例如：車內標誌、電子車牌執照、道路電子收費(ETC)、停車場收費…等。

### 2.2 VANET

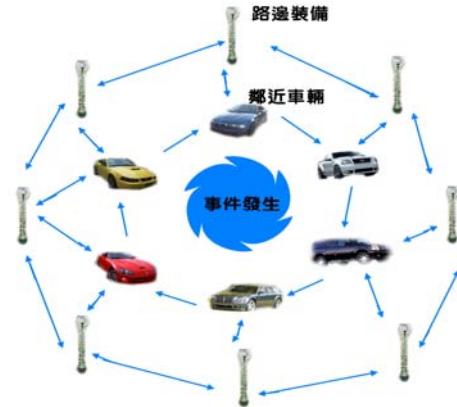


圖 2 車路通訊和車間通訊

車間通訊所使用的無線通訊方式是 Ad Hoc。在 Ad Hoc 的網路中所有的節點都是由移動的主機所構成，所以又稱為 MANET(Mobile Ad Hoc Network)。車輛與車輛間或是車輛與路邊感測器間在 ad hoc 中通訊的 MANET 網路環境又稱為 VANET (Vehicular Ad Hoc Network)。在 VANET 與 MANET 相比之下有幾項相異點，像是以車子為主機的節點具有高速的特性、節點之間不斷廣播以及接收資訊、VANET 的節點在速度以及密度上具有函數關係、交通車流的擁塞會造成密度的不均形成高度動態的環境…等

車間通訊的應用層面相當廣泛，可分為安全性與便利性兩大類，在安全性的應用上，包括緊急警報系統(emergency warning system)、車道變換輔助系統(lane-changing assistant)、防碰撞系統(anti-collision system)、道路情況警報系統和緊急情況通報系統等。在便利性上的應用上，包括路程規劃、交通路況監視、周邊道路資訊(加油站、休息站、餐廳、旅館等資訊)和網際網路服務(收發電子郵件、網頁瀏覽)等。

### 2.3 IEEE 802.11a & 802.11p

802.11a 是 802.11 原始標準的一個修訂標準，於 1999 年獲得批准。802.11a 標準採用了與原始標準相同的核心協議，工作頻率為 5.725~5.85GHz，最大原始數據傳輸率為 54Mb/s，達到現實網路中吞吐量(20Mb/s)的要求。具有 2 項特點使得 802.11a 適用於 DSRC 及 IVC：(1)由於 2.4GHz 的頻帶已經被廣泛使用，所以採用 802.11a 具有較少衝突的優點。(2)雖然使用高載波頻率使得 802.11a 的傳輸距離無法像 802.11b 及 802.11g 的遠，但用於 DSRC 及 IVC 這種短距離的通訊是足夠的。

IEEE 802.11p(又稱 WAVE；Wireless Access in the Vehicular Environment，或稱 IEEE 802.11 WAVE Study Group)，標準以與 E2213-03 相容為出發，採用 5.9GHz 頻段，利用 IEEE 802.11a 作為通訊技術。IEEE 802.11p 的應用以 DSRC 原先所規劃的方向為主，並加強車用安全，包括碰撞警示、道路危險警示等。具有 2 項特性：

### (1)與其他規格互通

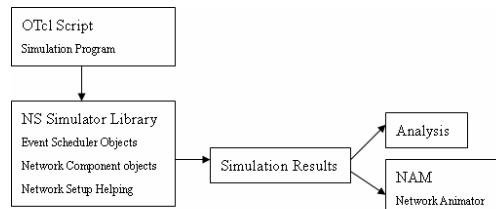
為了避免規格不一，使得市場接受度受到影響，IEEE 802.11p 除了與 ASTM E2213-03 相容之外，也與 ISO 組織下的專門制定車用規格的 TC204 (Intelligent Transport Systems) 的 WG 16 建立溝通管道，TC204 WG16 也決議將支援最終的 IEEE 802.11p 版本。

(2)促使 IEEE 802.11a 規格可應用在高速移動上 IEEE 802.11a 規格雖然可支援 54 Mbps 的傳輸速度，但是無法應用在高速移動上。IEEE 802.11p 對 IEEE 802.11a 作部分的修正，讓它可以應用在高速移動。

## 2.4 NS2 (Network Simulator, version 2)

NS2 是一套物件導向的網路模擬器，由 UC Berkeley 所開發完成。NS2 能夠模擬真實網路系統的架構和特性。網路架構上，可以模擬路由器 (router)、連結 (Link)、節點 (Node) 等。在網路特性方面，可以透過模擬結束後的 trace 檔，分析出封包延遲時間 (packet delay)、封包遺失率 (packet drop) 等。

NS2 是由 C++ 編寫，用來解譯由 OTcl 或 Tcl 所編寫好的腳本檔。透過 C++ 執行快速的優點，使解譯腳本的效率提升，並配合 OTcl 使腳本具有豐富的變化能力。NS2 是一個 open source 免費的軟體，目前也有許多的使用者分別開發出不同的模組，像是通訊協定 (WiMAX、802.11a/b/g...)、路由協定等，使得 NS2 更加完整，更具有模擬真實網路環境的能力。



資料來源：柯志亨等(2005)

圖 3 NS2 操作流程

## 2.5 DynaTAIWAN

DynaTAIWAN 為動態車流模擬指派模式，目標為在 ITS 環境下發展一具備交通分析與預測功能之交通模擬核心系統，模擬整體路網車流之表現與績效。整體架構包含模擬層與即時控制層；系統考量本土車流包含汽機車混合車流以及駕駛行為，所模擬之行為係以本土特性為依據。具多種可發展的模擬情境，例如：事件影響之模擬、活動影響分析、動態路徑導引、多車種分析等。

## 3. 整合模擬系統

在考慮 VII 與 IVC 的課題時，車流特性、速

度、無線通訊與環境因素等課題，都必須進一步的分析與測試。為能充分瞭解車輛與短距通訊的互動與可能應用，提出整合模擬系統。整合式模擬系統原則上可分成兩部份，一部份為車輛移動的模擬，一部份為無線通訊的模擬。

系統完成後，實際應用架構如圖 4 所示，首先提供交通資訊到 DynaTAIWAN，例如路邊 RSU 傳來之道路狀況、車輛 OBU 傳來之車速資訊等，透過模擬之後，車輛資料將會根據駕駛者行為模擬產生修正，進而影響到車流狀況以及車流中的其他車輛等。而得到的車輛移動資訊將可提供到 NS2 進行無線網路方面的模擬，例如具備 OBU 車輛不夠的情形下，是否可將資訊傳遞出去、當路況發生車輛過於擁擠時是否對資訊的傳遞造成影響等。通訊網路模擬過後，當發現通訊將可能產生問題時，交控中心便可透過路邊 RSU 提供解決方案。藉由此模擬系統將包含整體 VII 以及 IVC 的架構。學術研究上，更可在過程之中控制許多因子，例如路網設計、車輛指派、車輛速度、傳輸技術選擇、封包繞送方式、訊息傳遞機制等，以便於深入探討相關的課題。

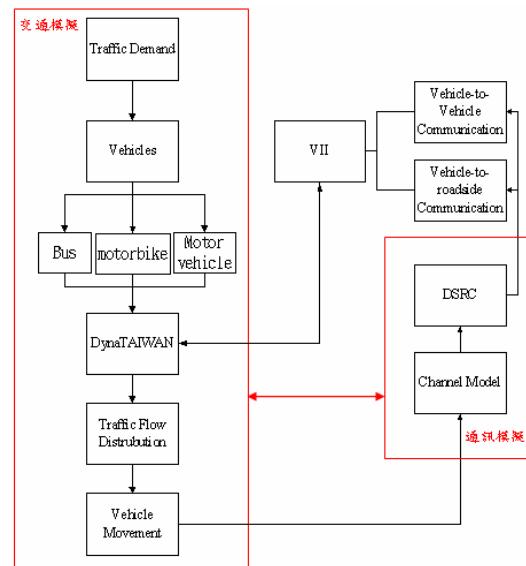


圖 4 整合模擬系統之觀念性架構

目前系統開發狀態為離線階段，如圖 5 所示，將路網以及事件需求引入 DynaTAIWAN，經過模擬之後將車輛移動的軌跡檔人工轉成 NS2 的 tcl 劇本檔，交由 NS2 進行網路的模擬，最後分析 NS2 模擬完之 trace file。離線狀態的缺點是 VANET 的節點為車輛，車輛數多或是車輛速度與方向多變，皆會造成劇本建立之難處。

## 4. DSRC 於 ETC 的數值實驗

ETC 為加速道路收費的速度與效率、並減低收費站對於主線或交流道之延誤而建置。ETC 電子收費系統主要可分為兩類，一為 VPS (Vehicle

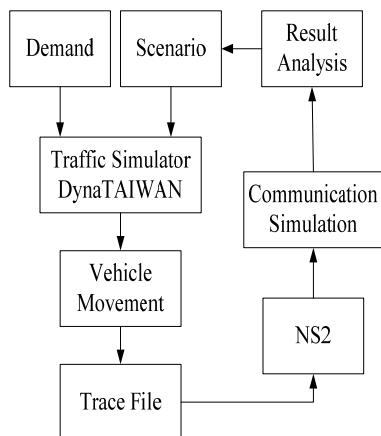


圖5 整合模擬系統之離線架構

Positioning System)，另一則採用 DSRC，目前各國大多採用 DSRC 的微波系統，另外台灣目前的遠通電收採取的是紅外線之技術。建置初期為在車道設置收費閘道，閘道上安置有扣款之感測器以及執法之監視器。當裝載有 OBU 的車輛通過時，感測器將會與 OBU 進行通訊達成扣款的目的。ETC 的未來將朝向發展多車道交流，為公路帶來更佳使用。

#### 4.1 實驗設計

本文實做範例以單車道的高速公路來做介紹。首先在路網方面設計為五個節點，前 2 個節點將可觀察高速公路上車輛與車輛間的通訊，第 3 個節點是 ETC 感測器的位置，在車輛進入第 2 個節點後，將可觀察車輛與道路設施(ETC 感測器)的通訊狀況，路網架構如圖 6 所示。

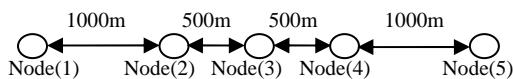


圖6 路網示意圖

透過 DynaTAIWAN 進行模擬之後利用 output 資料中的 TotOutflow.dat 觀察交通流量，選取要進行網路模擬的時段，接著使用 output 資料中 VehTrajectory.dat 取出車輛軌跡，計算該時段車輛在節點間的速度以及記錄其行進方向。在 NS2 的部份，tcl 劇本檔分成 2 部分，第一部分為基本網路設定包含實體層、MAC 層、建立節點及事件發生。第二部份為車子的前進方向以及速度，來源是從 DynaTAIWAN 模擬後的 VehTrajectory.dat 裡所引導出來的資料。圖 7 以及圖 8 分別為 DynaTAIWAN 以及 NS2 的圖形介面表示。從圖 9 可以見到不僅是車輛與 ETC 感測器在傳遞資訊，車與車之間也在傳遞資訊。

#### 4.2 評估指標

在 DynaTAIWAN 中可獲得許多詳細的車流評估指標，可分成三種層次：系統、路段、個別車輛，系統常用指標，包括平均旅行時間、平均旅行速度、平均旅行距離；路段常用指標包括車流密度、車流速度等。

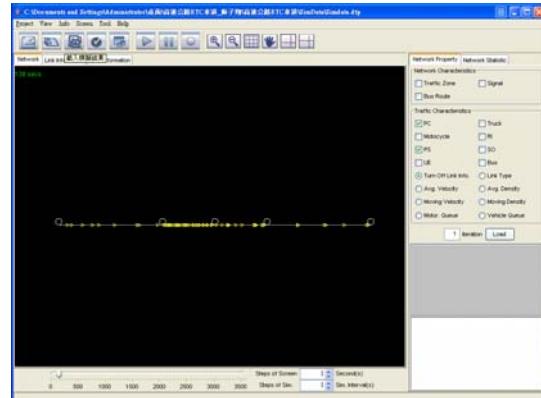


圖7 DynaTAIWAN 圖形介面

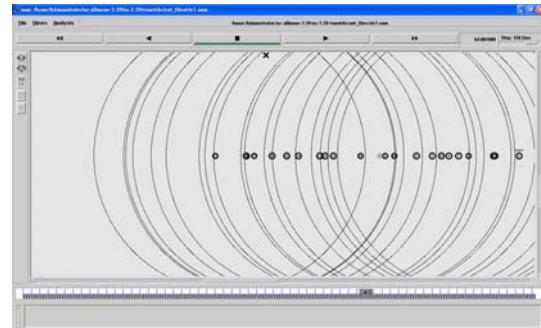


圖8 NS2 圖形介面

在網路方面，可以透過封包遞送率(Packet Delivery Ratio, PDR)和連續封包遺失的分佈(Distribution of Consecutive Packet Drops, DCPD)來作為評估。封包遞送率(PDR)是一個接收端成功接收到傳送端發送出封包的機率。實際上，算法為在某一個時間內接收端資料封包接收與傳送端資料發送的比值。而連續封包遺失分佈(DCPD)是描述在 IVC 無線通訊的環境連續封包遺失的機率分佈。根據這 2 個指標能量化 DSRC 無線通訊的可靠度。

#### 4.3 實驗結果

有了這些評估方式後，可以試著將車輛需求增量改為 3 倍，來觀察車輛數增加的情況對於交通上以及資訊傳遞上是否有影響。車輛需求增量後結果可參考表 1 交通模擬後評估項目以及圖 9 為 NS2 模擬過後分析 trace 檔之結果。

從表 1 可以觀察到當車輛需求因子增量後，可發現車輛平均等待時間由 0 (min/veh) 上升至 11.81 (min/veh)，因為為車流量提升所造成的擁塞狀況，此時車輛的平均旅行時間提升許多，平均速度也因為擁塞而下降。

而 NS2 所模擬出的結果，雖然皆沒有封包 loss

的狀況發生，但從圖 9 中可發現代表 ETC 感測器所收到的總資料量的綠線，因為車輛擁塞結果而使車輛堵塞在傳輸距離之外，收到封包之時間即向後遞延，造成 ETC 整體效益之下降。

表 1 車輛需求增量前後比較

	車輛 總數	平均旅 行時間	平均停 等時間	平均 速度
車輛 需求 增量 前	566 輛	2.30 (min/veh)	0 (min/veh)	1327.02 (m/min)
車量 需求 增量 後	1145 輛	14.73 (min/veh)	11.81 (min/veh)	211.70 (m/min)

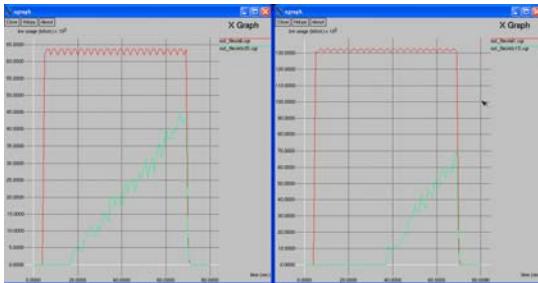


圖 9 感測器所收到總封包數(左為增量前)

除了增加車輛數之外，另外本研究也嘗試在一樣的車輛需求因子底下，提升車輛的速度，以觀察單車道時的車數是否會對通訊上造成問題。其結果顯示，若該車道沒有阻塞的情況，ETC 仍然可以正常運作，雖然所收到的資料量因車子快速通過而略少，但沒有封包 loss 的情況發現。

## 5. 結論

透過 DynaTAIWAN 以及 NS2 所組成的整合模擬系統，可以提供未來 VII、IVC 以及 DSRC 研究的核心工具，不論是在研究、教育或者是運輸通訊網路的規劃。

國內近年來推動車用資訊系統(Telematics)產業，透過 Telematics 的服務包括可以降低到路擁塞所造成的延遲成本以及空氣污染、方便交通問題上的統計、車隊管理系統降低管理上的成本以及提升經營效率等。而在 Telematics 的產業之中包含了許多資訊產品，例如車用微處理器、無線通訊設備、軟體平台等。希望透過整合模擬系統，能使開發更為簡易順利並得以降低成本。

模擬系統未來將往多方整合的架構去發展，並且致力於提高其模擬之可靠性，以期能提供業界發展、交通規劃或網路研究一個可靠的模擬環境。

## 參考文獻

- [1] 鄧有清(2005),”車用規格IEEE 802.11p介紹與未來發展”，經濟部產業技術資訊服務推廣計畫。
- [2] 柯志亨、程榮祥、謝錫堃、黃文祥 (2005)，計算機網路實驗—以NS2模擬工具實作，學貫出版。
- [3] 資策會創新應用服務研究所 (2006) ，「車載資訊應用平台推動計畫」，經濟部資訊運動小組。
- [4] B. Gallagher, H. Akatsuka, “Wireless Communications for vehicle safety: Radio Link Performance & Wireless Connectivity Methods ” IEEE vehicular technology magazine 2006.
- [5] H. Xu and M. Barth, “An Adaptive Dissemination Mechanism for Inter-Vehicle Communication-Based Decentralized Traffic Information Systems,” Proceedings of the IEEE ITSC 2006, pp. 1207-1213.
- [6] U.S. GAO, “Report to Congressional Committees : Urban Transportation”, GAO/RCED-97-74, Feb, 1997.
- [7] <http://ivc.epfl.ch/>
- [8] <http://www.its.dot.gov/vii/index.html>
- [9] <http://www.itis.org.tw/pubinfo-detail.screen?pubid=29635400>