

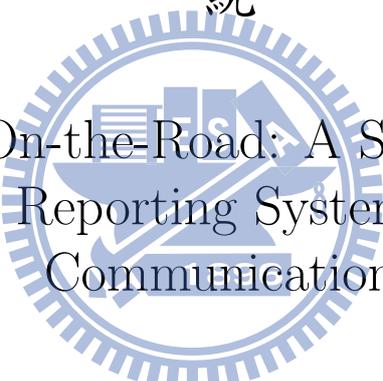
國立交通大學

資訊學院資訊科技（IT）產業研發碩士專班

碩 士 論 文

道路監控:基於車間通訊之可疑車輛追蹤與回報系  
統

Surveillance On-the-Road: A Suspicious Vehicle  
Tracking and Reporting System Based on V2V  
Communications



研 究 生：薛坤澤

指 導 教 授：曾煜棋 教授

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月

道路監控:基於車間通訊之可疑車輛追蹤與回報系統

Surveillance On-the-Road: A Suspicious Vehicle Tracking and Reporting System Based on V2V Communications

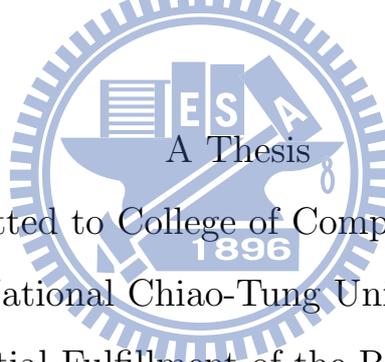
研 究 生 : 薛坤澤  
指 導 教 授 : 曾煜棋

Student: Kun-Ze Syue  
Advisor: Yu-Chee Tseng

國立交通大學

資訊學院資訊科技 (IT) 產業研發碩士專班

碩 士 論 文



Submitted to College of Computer Science  
National Chiao-Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Industrial Technology R & D Master Program on  
Computer Science and Engineering

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

# 道路監控:基於車間通訊之可疑車輛追蹤與回報系統

學生：薛坤澤

指導教授：曾煜棋

國立交通大學資訊學院資訊科技 (IT) 產業研發碩士專班

## 摘 要

由於車載無線存取能力/特定短距通訊 (WAVE/DSRC) 和嵌入式監控系統科技迅速的發展，已使得車輛監控網路成爲可能。車輛監控網路科技將在車輛上，配備影像攝影機，並用來監控位於道路上的各種事件。在這篇論文中，每台車輛將配備有影像攝影機，並結合車牌辨識 (LPR) 技術，來做到識別可疑車輛(如:贓車)之目的。此外，亦利用WAVE/DSRC爲車載無線通訊介面，透過車間通訊 (V2V) 的技術，完成協同式可疑車輛的追蹤和快速回報此發現訊息於道路上最近的警車。特別的是，我們提出一個無基礎設施 (Infrastructure-less) 的架構，此架構將包括追蹤模組 (Tracking module) 與回報模組 (Reporting module)，此方法架構將設計針對可疑車輛的追蹤與回報處理機制。對於追蹤模組的功能設計爲，在追蹤期間，必要時將把追蹤的工作換手 (Handoff) 至附近的車輛。此外，透過無需數位地圖 (Digital map) 的路口偵測 (Intersection detection) 機制完成回報到道路上附近的警車;對於回報模組的功能設計爲，利用協同式導引回報訊息至道路上最近警車的方法，以替代常用的氾濫式廣播 (Flooding) 訊息傳遞方式。而透過網路模擬 (Simulation) 的結果顯示，我們提出的方法架構可以避免不必要的重廣播 (Rebroadcast) 訊息，並可以有效地節省網路上訊息量的開銷。

**關鍵字：**特定短距通訊、車牌辨識、車載監控網路、車載追蹤、車載無線存取。

# Surveillance On-the-Road: A Suspicious Vehicle Tracking and Reporting System Based on V2V Communications

Student: Kun-Ze Syue

Advisor: Yu-Chee Tseng

Submitted to College of Computer Science  
Computer Science and Engineering  
National Chiao-Tung University

## ABSTRACT

The rapid progress of *Wireless Access in Vehicular Environment/Dedicated Short Range Communication (WAVE/DSRC)* and embedded surveillance system technologies has made vehicular surveillance networks possible. The vehicular surveillance network is a technology where video cameras are deployed on vehicles to monitor various phenomena on the road. In this paper, each vehicle employs a video camera to identify suspicious vehicles (such as stolen cars) through *license plate recognition (LPR)* technologies. In addition, WAVE/DSRC-based radio interfaces are used to cooperatively track the identified suspicious vehicle and quickly report the discovery to nearby police cars via *vehicle-to-vehicle (V2V)* communications. In particular, we propose an infrastructure-less framework for suspicious vehicle tracking and reporting, which consists of a tracking module and a reporting module. The tracking module can handoff the tracking job to neighboring vehicles as necessary and detect intersection for reporting to nearby police cars without additional digital map. The reporting module can guide reporting messages to the nearest police car instead of flooding. Simulation results show that the proposed framework outperforms existing works, which can significantly reduce the control overhead by avoiding large amount of unnecessary rebroadcasts.

**Keywords:** Dedicated Short Range Communications, License Plate Recognition, Vehicular Surveillance Networks, Vehicle Tracking, Wireless Access in Vehicular Environments.

# 誌 謝

首先我要誠摯地感謝我的指導老師曾煜棋教授，這兩年來的指導與鼓勵，並提供良好的研究環境與充足的實驗設備，讓我得以順利完成此篇論文，並取得碩士學位。

同時也要感謝口試委員王素華、王文良、黃貞芬教授給予碩論方面的指正和建議。

另外，我也要由衷地感謝博後陳烈武學長，在本篇論文上面的協助與建議。在彼此分工與合作下，更讓我有參與發表兩篇國外Conference Demo Papers的機會，豐富了求學間的學經歷。

我也要感謝實驗室一起打拼的研究同儕們，讓我們常在課後閒暇之餘，有著美好的回憶與趣事。另外，也要由衷地感謝實驗室裡的每位學長、學姊、學弟妹的鼓勵與幫助。

最後，我要感謝家人對我的期許與幫助，讓我得以寬心去完成碩士學位。僅以此篇論文獻給我摯愛的家人。

在此向你們獻上我最誠摯的謝意。



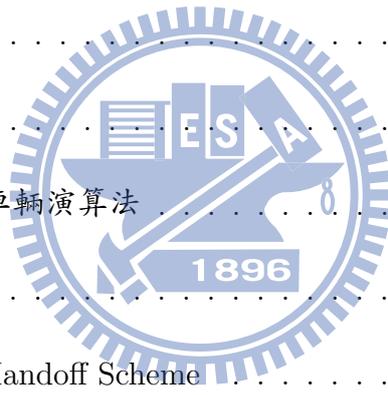
薛坤澤 謹識於

國立交通大學資訊學院資訊科技 (IT) 產業研發碩士專班

中華民國九十九年六月

# 論 文 目 次

書名頁 . . . . .	i
中文摘要 . . . . .	ii
英文摘要 . . . . .	iii
誌謝 . . . . .	iv
論文目次 . . . . .	v
表目錄 . . . . .	vii
圖目錄 . . . . .	viii
第一章、緒論 . . . . .	1
第二章、問題定義 . . . . .	3
第三章、追蹤與回報可疑車輛演算法 . . . . .	5
3.1 Tracking Module . . . . .	6
3.1.1 Tracking Handoff Scheme . . . . .	7
3.1.2 Intersection Detection Scheme . . . . .	8
3.2 Reporting Module . . . . .	8
3.2.1 Rebroadcast Decision Scheme . . . . .	10
3.2.2 Intersection-guiding Search Scheme . . . . .	11
3.2.3 Memory-based Backoff Scheme . . . . .	13
第四章、效益評估 . . . . .	16
第五章、系統實作 . . . . .	21
5.1 Microprocessor . . . . .	23

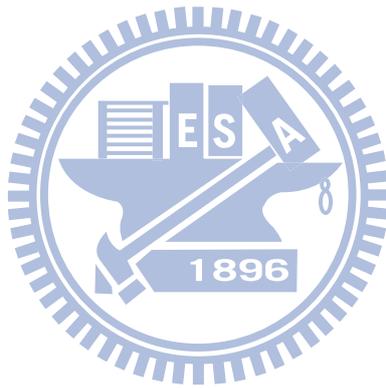


5.2	Camera Module . . . . .	23
5.3	GPS Receiver . . . . .	23
5.4	WAVE/DSRC Radio . . . . .	24
5.5	CO <sub>2</sub> Sensor . . . . .	24
5.6	3G Module . . . . .	24
5.7	實際演示 . . . . .	24
	第六章、結論 . . . . .	26
	參考文獻 . . . . .	27



# 表 目 錄

3.1 符號摘要定義表 . . . . .	6
3.2 預設的EDCA參數表 . . . . .	14
4.1 模擬參數表 . . . . .	17



# 圖 目 錄

2.1	可疑車輛追蹤與回報的系統架構 . . . . .	3
3.1	SVTR組成架構圖 . . . . .	5
3.2	Handoff追蹤工作示意圖 . . . . .	7
3.3	路口偵測示意圖 . . . . .	9
3.4	路口偵測定義表格圖 . . . . .	10
3.5	回報可疑車輛至警車示意圖 . . . . .	11
3.6	Intersection-guiding search scheme程序說明圖 . . . . .	12
4.1	模擬實驗的城市場景圖 . . . . .	16
4.2	總回報訊息數量的比較 . . . . .	17
4.3	封包碰撞率的比較 . . . . .	18
4.4	平均回報至警車延遲時間的比較 . . . . .	19
4.5	在不同車輛數與換手追蹤區間下的換手成功率 . . . . .	19
5.1	VS <sup>3</sup> 系統建構方塊圖 . . . . .	21
5.2	VS <sup>3</sup> 的相關硬體元件 . . . . .	22
5.3	實際操作演示圖 . . . . .	25

# Chapter 1

## 緒論

由於車載無線存取能力/特定短距通訊 (WAVE/DSRC) 和嵌入式監控系統科技迅速的發展，已使得車輛監控網路成爲可能。車輛監控網路科技將在車輛上，配備影像攝影機，並用來監控位於行駛於道路上的各種事件，諸如：車輛安全 [1]、緊急煞車警告訊息 [2] 和市區監控 [3] 等。對於這篇論文要完成的工作是，我們將專注於可疑車輛的追蹤與回報至位於道路上附近的警車，並無需藉助建置高成本的基礎建設來加以完成。目前文獻針對這兩個目的，往往都需要仰賴佈建大量的路旁基礎建設與感測器來實現 [4-7]。

對於追蹤目的相關的文獻中，在 [4] 中利用無線感測技術，並提出一個車載追蹤系統架構，Roadside units (RSUs) 被設置在沿途的道路上，並在週期性時間內，將不間斷地持續追蹤道路上的車輛，並且，這些RSUs通常會透過有線網路連接後端的基礎設施，接收來自於中控伺服器的查詢和回應必要的相關資訊。[5] 中呈現出基於無線區域網路 (WLAN) 的即時車載定位系統，提出的解決方案是使用類神經網路搭配地圖資訊，並以接受自車載附近WLAN 存取點 (APs) 的訊號強度爲特徵值，做樣本空間的訓練處理，使其完成車載定位追蹤目的。然而，在這兩篇文獻所提的內容中，大量的RSUs和WLANAPs必須被安裝於道路旁，分別地提供目標車輛資訊和接收車載的訊號強度。在 [7] 呈現在VANETs環境中，提出一個智慧型停車方案，在這方案中亦包含著贓車追蹤機制。當竊賊沿著道路行駛贓車期間，路途中所經過的RSUs將可以偵測到來自於贓車移動中所發出的停車訊號 (Parking beacon)，並根據這Beacon中夾帶的停車場識別碼，它將可以回報贓車目前的位置到停車場處理中心。但是這樣的機制處理方式，相似於 [4] 和 [5]，都需要藉由沿著道路上佈建RSUs來達成贓車的追贓。

另外，對於回報目的相關的文獻中，[6] 提出一個收尋策略來定位靠近於查詢者的特

定車輛，其策略簡稱為ANTS，而這策略的收尋行爲，主要是基於觀察迷失螞蟻尋找巢穴的方式。ANTS已經被使用在上海 [8]，透過在路口設置大量數目的Local nodes，此主要負責存取車載資訊和接受來自車載的查詢訊息。然而，若在路口佈建Local nodes，亦同時需要結合大量的RFID readers和無線APs加以配合，這將造成佈建上鉅額的成本開銷，更重要的是，建置這基礎設施位於郊區與鄉村裡，將不切實際。

特別地，我們提出對於可疑車輛追蹤與回報的無基礎設施架構(Infrastructure-less framework)，此架構將包括追蹤模組(Tracking module)與回報模組(Reporting module)。在Tracking module設計機制中，必要時須將追蹤的工作換手(Handoff)給附近車輛和在無需藉助數位地圖的方式下，透過路口偵測機制(Intersection detection scheme)，在路口回報追蹤訊息至附近的警車。對於Reporting module的處理機制，在網路上將以較低的訊息量開銷，找尋附近的警車。另外，由於本篇研究論文透過車間通訊 (V2V)為基礎，將無需仰賴路旁的基礎設施(Roadside infrastructure)。換句話說，傳統的監控和追蹤系統方式，往往都藉著設置於路旁攝影機設備的影像記錄來實現。這樣的解決方式，將存在著兩個問題，第一，它將須要花較多的時間與心力，從大量的影像記錄中，去識別出特定車輛。第二，由於一般特定車輛並非被事先所設定，所以影像記錄通常不夠清晰明確。更進一步地，往往影像記錄的數量愈趨龐大的同時，相對將造成人力成本提升。

本篇研究論文之架構共區分為六個章節:第一章為緒論，闡明本研究之背景、動機與研究方法。在第二章將定義可疑車輛追蹤與回報的問題。第三章將描述我們的架構，分別說明Tracking module和Reporting module機制演算法。模擬分析的結果，將被闡述在第四章。第五章顯示系統實作雛型。最後，第六章則是本研究論文的結論。

# Chapter 2

## 問題定義

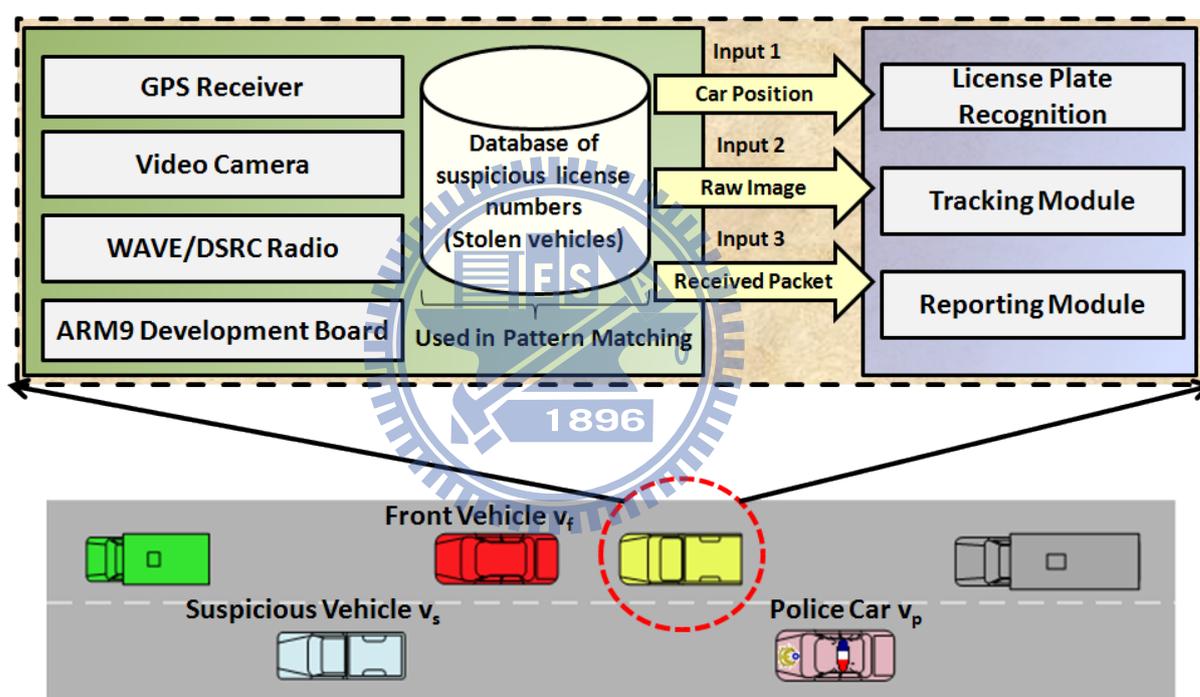


圖 2.1: 可疑車輛追蹤與回報的系統架構

如圖 2.1所示為可疑車輛的追蹤與回報的系統架構，在本篇研究論文認定道路上的車輛，將經由V2V通訊來形成車載監控網路。對於每台車輛，將會配備有GPS接收器和Video攝影機，GPS接收器主要讓車輛取得自己的位置資訊，而Video攝影機將用來拍/記錄位於車頭正前方車輛的車牌照照片/影像，藉由車牌辨識(LPR)技術，每台車輛將可以即時識別出位於它正前方的車牌號碼。另外，車輛上將建立一個可疑車輛資料庫(Suspicious vehicle database)，此資料庫之建立，可事先從警政單位下載或透過車載間通訊更新。車輛行駛道路期間，對於可疑車輛的判別可經識別出的車牌號碼與資料庫的查詢比對來得知。每台車輛亦裝有支援IEEE 802.11p [9] 無線電介面，其通訊操

作設定在WAVE模式。WAVE模式將可簡化避免Association和Authentication的程序，使減少連線設定的時間。只要車輛間操作在相同的通道(Channel)，並且使用Wildcard basic service set identification (BSSID)，其48-bit長度欄位將全被設定為1，則相遇的車輛將能立即通訊，無須加入BSS的程序。另外，每台車輛將週期性廣播Beacons，使可以獲得通訊範圍內鄰近車輛的位置分佈。TTL(time to live)被指定在廣播訊息中，以限制車載監控網路上的傳送距離範圍。

對於Suspicious vehicle tracking and reporting(SVTR)問題的定義，如下所述：對於每個無線電介面，將有一個固定的通訊範圍 $R$ 。每一部車輛 $i$ 必須去識別和比對資料庫來確定正前方的車輛 $v_f$ 是否為可疑車輛 $v_s$ 。在道路行駛期間，給予LPR兩種切換模式，其 $i$ 在Normal mode和Urgent mode將分別以 $t_u$ 和 $t_n$ 秒識別 $v_f$ 的車牌號碼，另外，在 $v_s$ 被識別之前， $i$ 都將以Normal mode來識別 $v_f$ 的車牌號碼。一旦 $v_f$ 被認定為 $v_s$ 後， $i$ 將回報這個發現至附近的警車 $v_p$ ，並且切換成Urgent mode來不斷地識別 $v_f$ 的車牌號碼和持續追蹤。如果在追蹤期間，當 $v_s$ 由於改變車道或轉向，導致 $i$ 無法繼續式識別出 $v_s$ 時，則在 $v_s$ 後面將此追蹤的工作立即Handoff從 $i$ 至 $i$ 的附近車輛。

本篇研究論文的目標，對於車載設計一個有效率的機制，來協同式追蹤已被識別認定的 $v_s$ 。除此之外，在追蹤期間，我們需要回報賊車目前的位置給 $v_p$ ，而這樣的Reporting message  $m_r$ 應該要被導引至附近的警車 $v_p$ ，以Multi-hop方式來傳遞前進。所以，當 $v_p$ 接收到這些 $m_r$ 後，將可以重建 $v_s$ 的移動軌跡和立即追緝抵達 $v_s$ 目前所在位置，使警方採取必要的處理措施。

# Chapter 3

## 追蹤與回報可疑車輛演算法

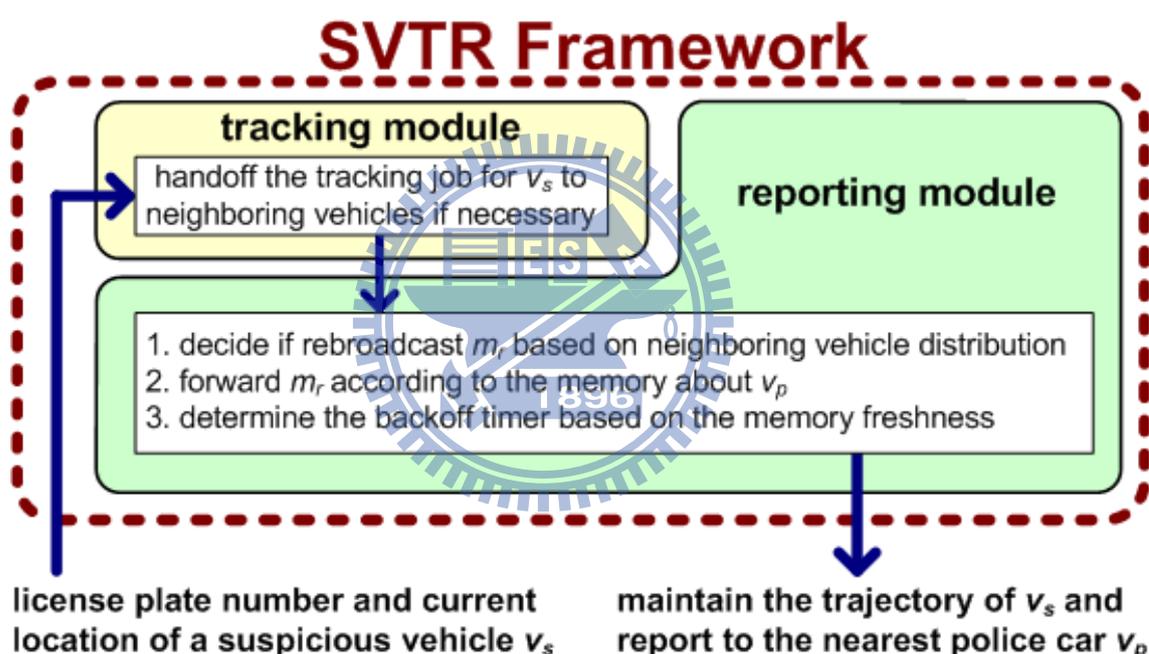


圖 3.1: SVTR組成架構圖

在這章節，我們將針對SVTR問題提出一個Infrastructure-less framework的演算法，其由Tracking module和Reporting module兩部份所構成，其如圖 3.1所示。第一點、對持續追蹤已被識別的 $v_s$ ，本篇研究論文提出Tracking handoff和Intersection detection schemes，其內容將被描述於3.1節。第二點、對於有效率地傳送Reporting messages  $m_r$ 到附近的警車 $v_p$ ，本篇研究論文將提出Rebroadcast decision、Intersection-guiding search和Memory-based backoff schemes，其方法描述在3.2節。表格 3.1顯示本篇論文符號摘要表。

表格 3.1: 符號摘要定義表

符號	定義
$v_s$	被識別為可疑車輛，例如：贓車。
$v_f$	位於車頭正前方的車輛。
$v_p$	在追緝 $v_s$ 的警車。
$m_h$	傳送給鄰近車輛的追蹤換手通報訊息。
$m_r$	傳送給附近警車 $v_p$ 的回報訊息。
$d_r$	$m_r$ 的傳送方向，其指從傳送者至接收者的方向。
$d_b$	$m_r$ 的廣播方向，其內容被傳送者所描述。
$s_H$	指位於車頭的扇形區域。
$s_T$	指位於車尾的扇形區域。
$s_R$	指位於車輛右側的扇形區域。
$s_L$	指位於車輛左側的扇形區域。
$s_C$	指描述 $m_r$ 將被重廣播的方向，其值將表明為 $s_H$ 、 $s_T$ 、 $s_R$ 和 $s_L$ 其中之一。
$\theta$	指 $s_H$ 和 $s_T$ 的角度；反之， $s_R$ 和 $s_L$ 的角度則為 $(180-\theta)^\circ$ 。
$t_u$	在urgent mode時的LPR時間區間。
$t_n$	在normal mode時的LPR時間區間。
$t_i$	指車輛 $i$ 遇到 $v_p$ 迄今經過的時間。
$\tau$	可調整參數，定義車輛的backoff timer區間秒數數值。
$\rho$	backoff類別的數目。
$T$	車輛記憶 $v_p$ 的合法時間區間。

### 3.1 Tracking Module

在車載監控網路中，藉由On-board的Camera，每台車輛 $i$ 可以針對它的 $v_f$ 進行拍照的動作，使 $i$ 能識別以取得車牌號碼和經由贓車資料庫(可經由網路或附近的警車來更新建立)完成比對處理。當可疑車輛 $v_s$ 被辨識認定後， $i$ 將不斷地進行拍照辨識與持續追蹤 $v_s$ 。對於協同式追蹤 $v_s$ ，當 $v_s$ 改變車道或轉向，透過本篇論文提出的Tracking handoff scheme去立即傳送追蹤工作給鄰近車輛。此外，對於 $v_s$ 移動軌跡的重建，本篇論文設計一個Intersection detection scheme，故當在追蹤程序期間，當行駛遇到路口時，將回報贓車 $v_s$ 當前移動的位置給 $v_p$ 。

### 3.1.1 Tracking Handoff Scheme

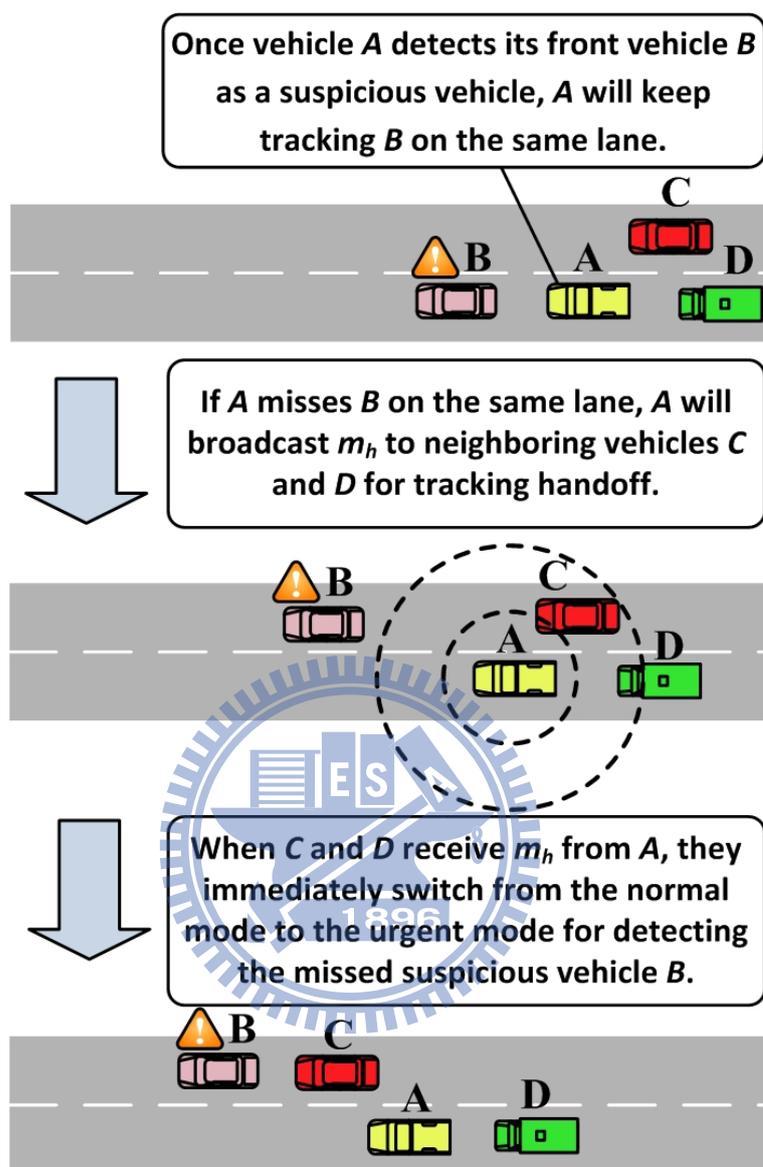


圖 3.2: Handoff追蹤工作示意圖

如果當車輛*i*在Normal mode偵測 $v_f$ 為 $v_s$ 時，*i*將立即切換成Urgent mode去持續追蹤 $v_s$ 。在Urgent mode期間，一旦*i*不能夠再偵測到 $v_s$ ，*i*將立即廣播(Broadcast)一個Tracking handoff message  $m_h$ 到鄰近的車輛，當這些車輛接收到 $m_h$ 後，為了協同偵測遺失的 $v_s$ ，它們將從Normal mode切換成Urgent mode，一旦鄰近車輛*j*偵測到 $v_s$ 後，將完成來自*i*的追蹤工作Handoff程序，而其他鄰近車輛將在事先定義的限定偵測時間內，自動從Urgent mode切換回Normal mode。相似地，在Urgent mode操作時，一旦*j*不能偵測到 $v_s$ ，*j*將重複如*i*所述的程序。以圖 3.2為例，A車目前為正在以Urgent mode的追蹤車輛，而B車為被A車追蹤的可疑車輛。一旦A車在Urgent mode不能再偵

測到B車，A車將廣播 $m_h$ 給C和D車，此時，對於收到 $m_h$ 的C和D車，為了偵測B車，將立即從Normal mode切換成Urgent mode。一方面，當C車已經偵測到B車後，此追蹤工作已從A車Handoff至C車;另一方面，在經過一段事先定義的限定偵測時間內，D車將從Urgent mode切換回Normal mode。

### 3.1.2 Intersection Detection Scheme

如圖 3.3所示，外圈為每輛車 $i$ 的傳輸範圍，而內圈是一個基於道路車輛密度來過濾鄰近車輛的可調整參數。根據 $i$ 的行駛方向，我們將把傳輸範圍切割成四個扇形區域，其分別對應為車頭 $s_H$ 、車尾 $s_T$ 、車右側 $s_R$ 和車左側 $s_L$ 。另外，我們定義 $s_H$ 和 $s_T$ 的角度為 $\theta^\circ$ ;反之， $s_R$ 與 $s_L$ 的角度則為 $(180-\theta)^\circ$ 。備註:對於內圈區域範圍並不被考慮包含在四個扇形區域中。

因為每輛車將週期性地廣播包含位置資訊的Beacon訊息，所以 $i$ 可以維護在通訊範圍內的鄰近車輛的分佈。除了位置資訊， $v_p$ 也會不斷地宣告它的身份於Beacon訊息中。由於 $i$ 的鄰近車輛位置可以藉著接收Beacon訊息來得知，因此 $i$ 將可以判斷是否有鄰近車輛落在 $s_H$ 、 $s_T$ 、 $s_R$ 和 $s_L$ 中。

藉由檢查是否每個扇形區域存在鄰近車輛， $i$ 可以偵測出它自己是否正位於路口(Intersection)或路段(Road segment)。例如:如果沒有任何鄰近車輛落在 $s_R$ 和 $s_L$ ，則它暗指 $i$ 正位於路段;相反地，如果有鄰近車輛落在 $s_R$ 或 $s_L$ 其一，則它暗指 $i$ 正位於路口。如圖 3.3所示為例，車輛A、C、D和E正位於路段位置，而車輛B正位於路口位置。備註:對於道路轉角(如:存在鄰近車輛落在相鄰的兩個扇形區域)，由於它包含不同方向的兩個路段，故在我們的判斷機制中，將被認定為路口來處理。圖 3.4顯示路口偵測定義表格圖。

## 3.2 Reporting Module

一旦被車輛 $i$ 識別為 $v_s$ 時，經由V2V通訊，此發現應該被快速回報到道路上附近的警車 $v_p$ 。因此，在附近的警車 $v_p$ 接收到來自車輛 $i$ 的訊息 $m_r$ 後，它可以花較少的時間，抵達 $v_s$ 目前的位置。特別地，本論文提出的Reporting module，對於上述的目的，仍可衍生出各式的應用。例如:駕駛者想去回報一個意外事故給救護車。很明顯地，

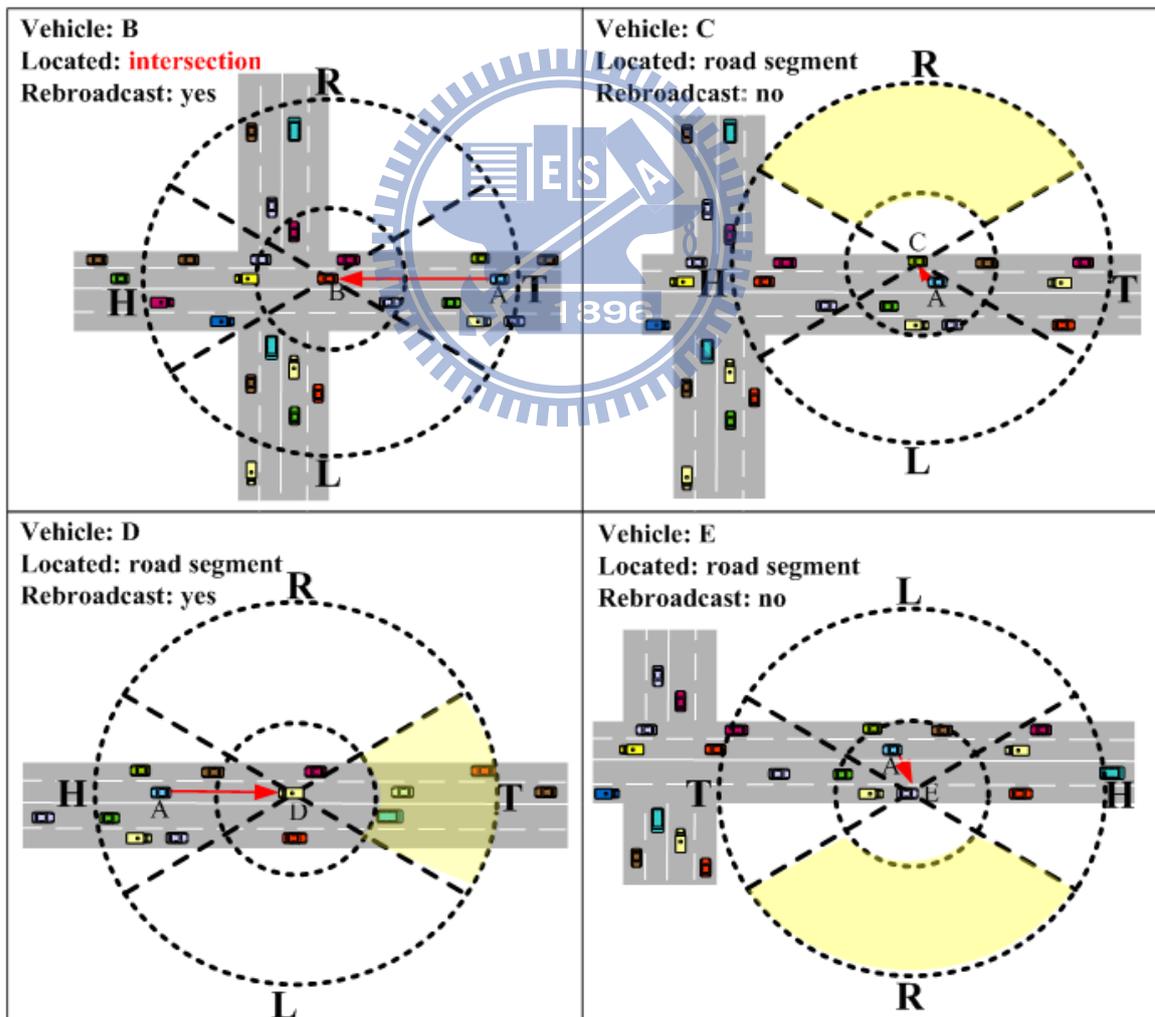
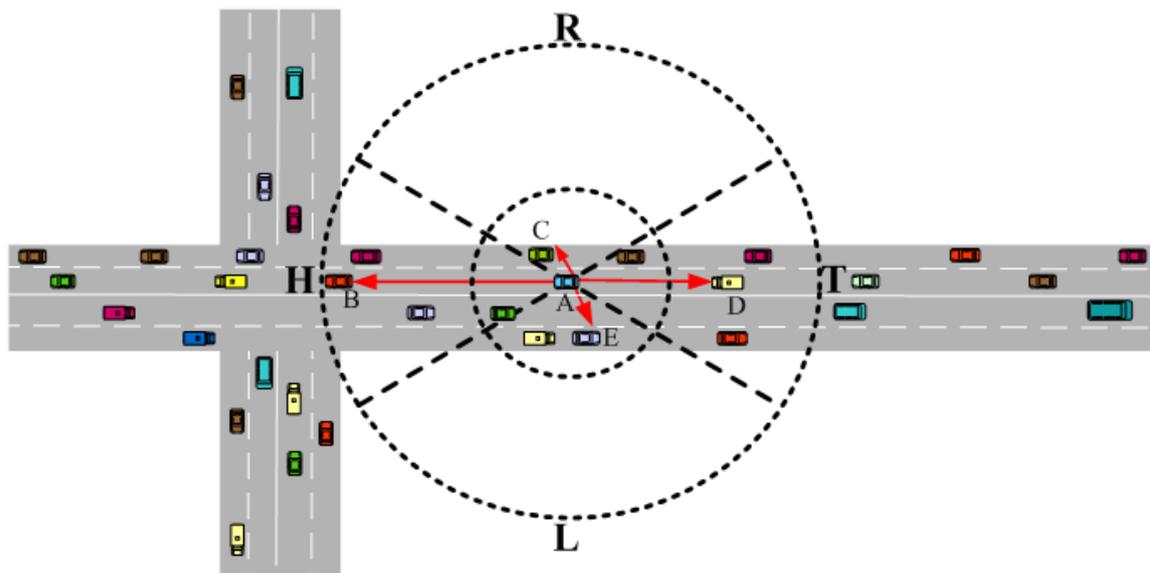


圖 3.3: 路口偵測示意圖

**0** : No vehicle                      **S** : Road segment  
**1** : Vehicle presence                **I** : Intersection  
**X** : Don't care

$S_R$	$S_H$	$S_L$	$S_T$	Locate
<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>S</b>
<b>1</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>I</b>
<b>0</b>	<b>X</b>	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>I</b>
<b>1</b>	<b>X</b>	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>I</b>

圖 3.4: 路口偵測定義表格圖

若是能找到一台最靠近事故現場的救護車，將是我們最期望的。對於找尋最近警車  $v_p$ ，氾濫式廣播(Flooding) 是一個快速直覺的收尋方法。然而，它會產生出較大的網路流量(Network traffic)，也因此，它的易擴縮性(Scalability) 有較差的表現。為了減少回報  $m_r$  到附近的警車  $v_p$  所造成的網路control overhead，本篇論文提出了Rebroadcast decision、Intersection-guiding search 和Memory-based backoff schemes，來有效率地降低  $m_r$  的重廣播(Rebroadcast)數量。在  $m_r$  的訊息封包中，將包括發現者的ID、 $v_s$  的位置和車牌號碼及訊息的序號等資訊。

### 3.2.1 Rebroadcast Decision Scheme

在這個機制中，車輛必須根據它們的位置和  $m_r$  的回報方向  $d_r$ ，而來決定是否要重廣播  $m_r$ ，對此機內容制描述如下：

1. 一旦車輛  $i$  辨識出  $v_s$  的車牌號碼後， $i$  將立即傳送  $m_r$  到附近的警車  $v_p$ 。當車輛  $j$  收到來自  $i$  傳送的訊息  $m_r$ ， $j$  首先根據鄰近車輛的分佈，偵測目前的位置型態(路口或路段)，如果  $j$  目前正位於路口，它將立即重廣播  $m_r$ 。相反地，如果  $j$  目前正位於路段，它將基於傳送者位置，來檢查在  $d_r$  方向是否有鄰近車輛落在相符的扇形區域  $s_C$  中。假如  $j$  在  $d_r$  方向的  $s_C$ ，有鄰近車輛存在， $m_r$  將被重廣播；否則， $m_r$  將被忽略，以避免不必要的重廣播。如圖 3.3 所示為例，由於傳送者A車落在B車的  $s_T$ ，以至於  $d_r$  方向則是從  $s_T$  到  $s_H$ ，因此，在  $d_r$  方向的  $s_C$  意指為  $s_H$ 。

- 相似地，在其它車輛接收到從*i*發送出的訊息 $m_r$ 後，它們首先偵測目前的位置型態(路口或路段)。一方面，對於位於路口的車輛，它將廣播 $m_r$ 至所有的扇形區域;另一方面，對於位於路段的車輛，它決定是否要重廣播的條件，主要是根據是否在 $d_r$ 的方向 $s_C$ 是否存在鄰近車輛。如圖 3.3為例，基於目前的位置和  $d_r$ ，又因為沒有鄰近車輛落在它們的 $s_R$ ，所以車輛C和E決定不去重廣播 $m_r$ 。反之，車輛D的 $s_T$ 存在鄰近車輛，所以車輛D決定去重廣播 $m_r$ 。

### 3.2.2 Intersection-guiding Search Scheme

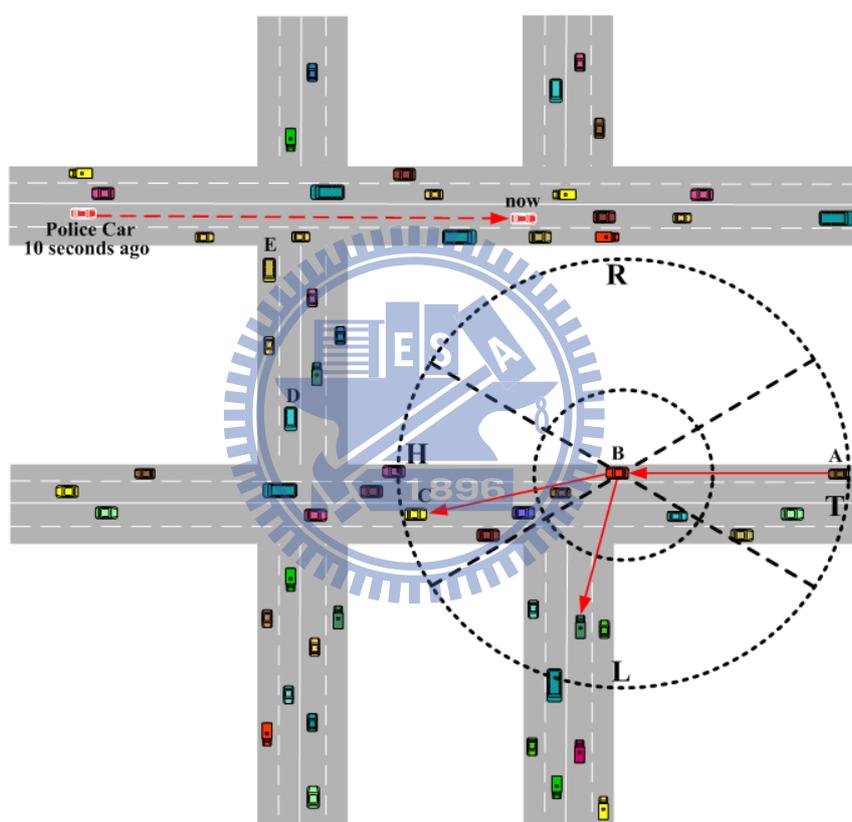


圖 3.5: 回報可疑車輛至警車示意圖

基於上述的Rebroadcast decision scheme，我們更進一步提出一個Intersection-guiding search scheme來導引 $m_r$ 傳遞到附近的警車 $v_p$ 位置，其處理機制如下所述:

- 以圖 3.5場景為例，當車輛A識別到 $v_s$ 後，回報 $m_r$ 到附近的警車 $v_p$ ，從車輛A發出的 $m_r$ ，將傳送路徑將經過圖中的四個路口。圖中B車正位於第一個路口處，C和D車正位於第二個路口，而E車正位於第三個路口。

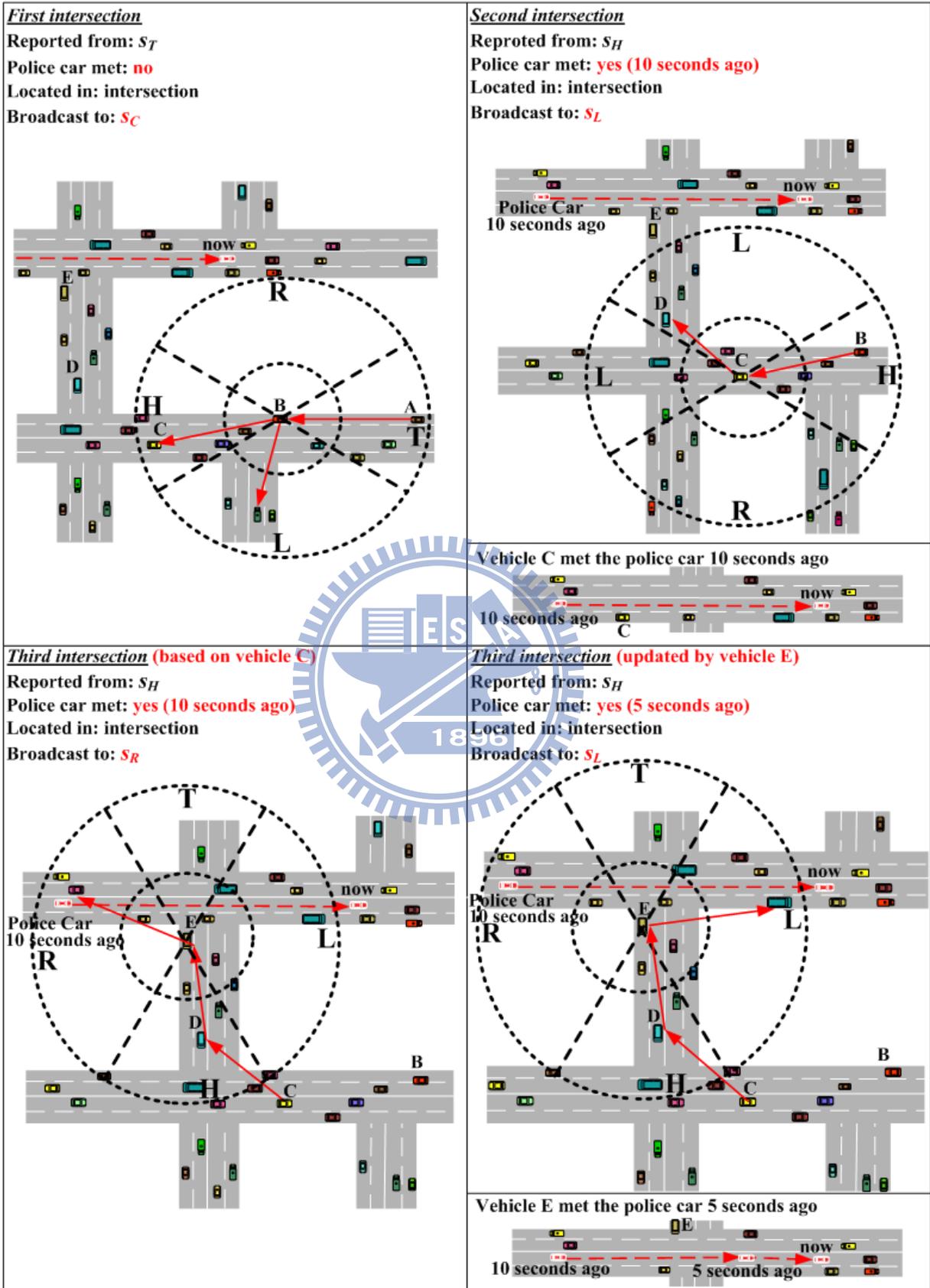


圖 3.6: Intersection-guiding search scheme 程序說明圖

2. 在圖 3.6 的第一個路口所示，車輛B偵測到 $m_r$ 是來自於 $s_T$ (從車輛A到車輛B)，而且車輛B它自己正位於路口的位置。除此之外，由於車輛B先前被未遇過警車 $v_p$ ，所以，車輛B決定去重廣播 $m_r$ 且不會導引廣播方向 $d_b$ (註:"廣播至 $s_C$ "將以" $s_H$ "、" $s_T$ "、" $s_R$ "或" $s_L$ "替代)。所以，位於第一個路口且接收到來自B車重廣播 $m_r$ 的車輛，將自己決定它的廣播方向 $d_b$ 。
3. 在圖 3.6 中第二個路口所示，車輛C偵測到 $m_r$ 是來自於 $s_H$ (從車輛B到車輛C)，而且車輛C它自己正位於路口。特別地，由於車輛C在10秒鐘前遇過警車 $v_p$ ，所以，根據記憶中警車的位置，車輛C將導引 $m_r$ 至它的 $s_L$ 。因此，只有在車輛C的 $s_L$ 方向的鄰近車輛，將試著重廣播來至於車輛C所發送的 $m_r$ 。而對於那些落在其它扇形區域方向的鄰近車輛，因為 $m_r$ 中 $d_b$ 已經被描述(註:表示為"廣播至: $s_L$ "),且它們並未落在所描述的方向，所以他們將立即忽略 $m_r$ 。備註:被車輛C所描述的方向 $d_b$ ，是關於車輛C與過去對警車位置的記憶的區域對映轉換。
4. 在圖 3.6 中第三個路口所示，車輛E偵測到 $m_r$ 是來自於 $s_H$ (從車輛D到車輛E)，而且車輛E它自己正位於路口，所以根據車輛C對於警車 $v_p$ 的記憶， $m_r$ 應該被重廣播到車輛E的 $s_R$ 。然而，車輛E已經在五秒前遇過警車 $v_p$ ，此記憶資訊比車輛C所描述的更新。所以，根據車輛E對警車的記憶， $m_r$ 將被導引更新至 $s_L$ 。因此，警車 $v_p$ 可以被發現而不用重廣播 $m_r$ 到其他路口上的路段。

由於 $d_b$ 可以經由車輛對警車 $v_p$ 的記憶而在路口被導引，因此，氾濫式廣播 $m_r$ 將可以有智慧地被避免，並且轉換成單方向的訊息傳遞前進。藉由本篇論文提出的Intersection-guiding search scheme，重廣播 $m_r$ 的數量將可被充分地減少，同時也能減少由於訊息碰撞(Message collisions)所造成的回報延遲時間。

### 3.2.3 Memory-based Backoff Scheme

在IEEE 802.11p [9]，Enhanced Distribution Channel Access(EDCA)原本被提出在IEEE 802.11e，目前被利用來對通道上優先權的存取。它經由對每個封包的優先權，來選擇不同的通道存取參數。總共存在有四個存取種類，定義為background(AC\_BK)、best effort(AC\_BE)、video(AC\_VI)和voice(AC\_VO)。另外，Backoff scheme亦被採用在EDCA，且包括Arbitration Interframe Space Number(AIFSN)和Random back-off timer。而AIFSN是在單一時槽上固定一個等待時間單位，此外，backoff timer的

表格 3.2: 預設的EDCA參數表

AC	$CW_{min}$	$CW_{max}$	AIFSN
AC_BK	$aCW_{min}$	$aCW_{max}$	9
AC_BE	$(aCW_{min}+1)/2-1$	$aCW_{min}$	6
AC_VI	$(aCW_{min}+1)/4-1$	$(aCW_{min}+1)/2-1$	3
AC_VO	$(aCW_{min}+1)/4-1$	$(aCW_{min}+1)/2-1$	2

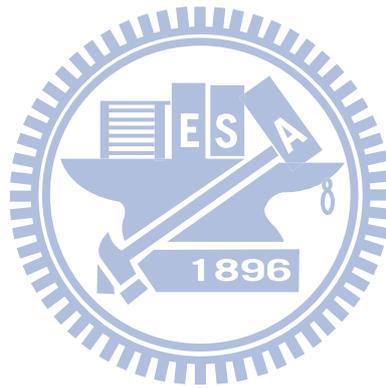
設定是根據Contention Window(CW)隨機選擇一個等待時間。對於一開始CW的大小，將被初始化成 $CW_{min}$ ，當在傳送期間遇到碰撞後，會加倍CW的大小，直到到達 $CW_{max}$ 。IEEE 802.11p預設的EDCA參數，詳列在表格 3.2。在我們設計的機制中， $m_r$ 將給予最大的優先權和伴隨著最小的AIFSN，並搭配一個Memory-based backoff timer。

為了減少重廣播 $m_r$ 次數，本篇論文設計一個Memory-based backoff scheme，使曾遇過警車 $v_p$ 的接收者成為決定重廣播導引者，而不須集中式的控制。當車輛 $i$ 接收 $m_r$ 後， $i$ 首先決定是否要重廣播它，如果 $i$ 決定要去重廣播 $m_r$ ， $i$ 將根據遇警車 $v_p$ 至今已經過的時間 $t_i$ ，來決定給予backoff timer。假如 $i$ 之前從沒有遇見警車 $v_p$ ，則 $t_i$ 將被設定成 $\infty$ 。因此，當 $i$ 有最小的 $t_i$ 時，就代表著可以取得最小的backoff timer，其概念顯示如下：

$$BT_i = \begin{cases} [0, 2^{\tau+1} - 1] & 0 < t_i \leq \frac{1}{\rho}T \\ [2^{\tau+1}, 2^{\tau+2} - 1] & \frac{1}{\rho}T < t_i \leq \frac{2}{\rho}T \\ \vdots & \\ [2^{\tau+\rho-1}, 2^{\tau+\rho} - 1] & \frac{\rho-1}{\rho}T < t_i \leq \infty \end{cases},$$

$\tau$ 是可調參數，定義車輛的backoff timer區間秒數數值。 $\rho$ 是backoff類別數目，而 $T$ 是車輛記憶 $v_p$ 的合法時間區間。因此，當曾遇見警車 $v_p$ 的接收者，它可以輕易地選擇到最小的backoff timer，如此他們之中，必會有可以成為第一個重廣播的導引者。此外，隱性確認(Implicit ACK)策略將被使用來消除多餘的 $m_r$ ，意指著當接收到同樣序號數的 $m_r$ ，將暗指著Implicit ACK。若已接收到Implicit ACK的車輛，將不需要再去重廣播它。此外，我們將不會重新傳送，來自重廣播導引者的任何碰撞 $m_r$ 。所以，有著相同序號數的 $m_r$ ，即使任何重廣播導引者，發生了其他控制訊息或資料封包的碰撞，亦將不會再重傳。為了避免沒有任何重廣播者成功地廣播 $m_r$ ，則backoff timer將被設定成 $2^{\tau+\rho}$ ，一旦傳送者的時間器倒退到0，它將送一個新序號數的 $m_r$ ，以區分為不同的Implicit ACK。

從上面的表示式，很清楚地可以瞭解到，backoff timer的選擇是建構在接收者對於先前遇見 $v_p$ 的記憶資訊。有著最小 $t_i$ 的車輛 $i$ ，將盡可能選擇到最小的 $BT_i$ 。因此，它將比其他車輛有較早的機會去重廣播和導引 $m_r$ ，當其它的車輛偵測到有著同樣序號數的 $m_r$ ，它們將會忽略，以避免不必要的重廣播。在此機制的運作下，Memory-based backoff timer scheme將能有效率地減少重廣播的次數，同樣也能有效地減少訊息碰撞的機率。



# Chapter 4

## 效益評估

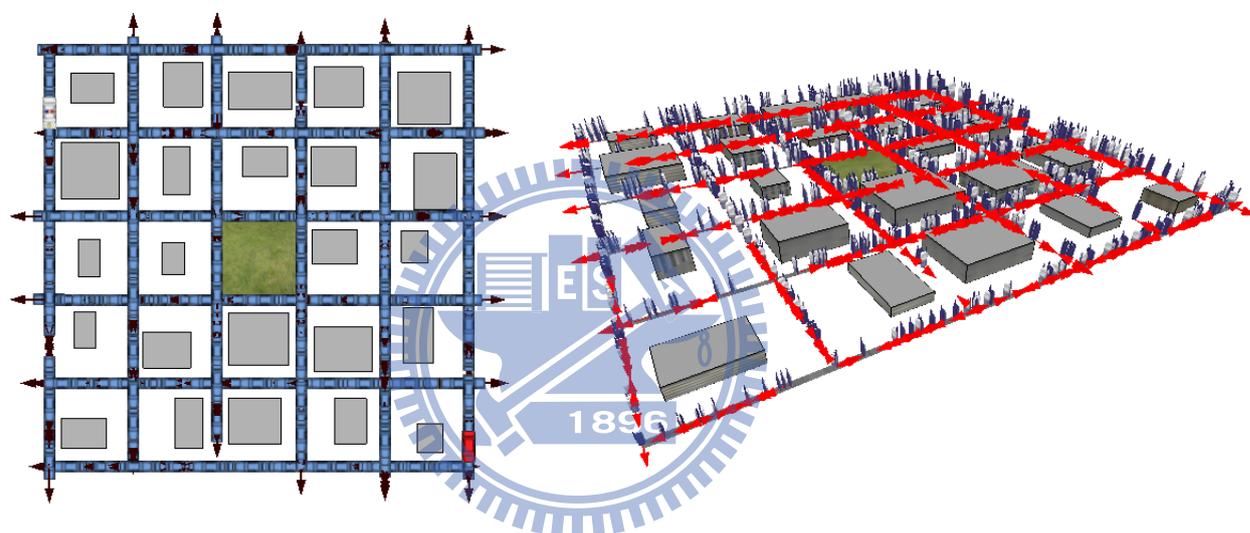


圖 4.1: 模擬實驗的城市場景圖

對於本篇論文提出的可疑車輛追蹤和回報架構，我們使用QualNet 5.0網路模擬器 [10] 並加入適當的修改來實作。對於此次模擬的效益評估，我們把環境設定在 $5km^2$ 的城市的區域，其中包含了每棟建築物的區域大小為 $1km^2$ ，如圖 4.1所示。另外，車輛將被規律地初始在街道上，且每輛車在路口將隨機選擇前進方向。對於我們模擬的基本參數設定，詳列於表格 4.1。此外，我們將設定相關變數 $t_u = 1s$ 、 $t_n = 10s$ 、 $\tau = 1$ 、 $\rho = 3$ 和 $T = 30s$ 。在下列的評估圖當中，對於發送Reporting messages的總數量和回報至警車的時間延遲，我們將與氾濫式廣播(flooding scheme)和智慧型廣播(intelligent broadcast scheme [11])做衡量比較。

在圖 4.2描述說明在不同的車輛數比較下，所衡量出的總回報訊息數量。我們設定模擬的總車量數為750、1000、1250、1500和1750。對於可疑車輛與警車這兩者是亂數選定，從圖 4.2我們可以觀察到，我們提出的方法有較低的總回報訊息數量，這是因為

表格 4.1: 模擬參數表

Parameter	Value
Number of Vehicles	750 ~ 1750 vehicles
Vehicle Speed	40 km/hr ~ 60 km/hr
MAC Protocol	IEEE 802.11a
Radio Model	Two ray ground
Routing Protocol	Broadcast forwarding
Reporting Message Size	128 bytes
Communication Range	300 m

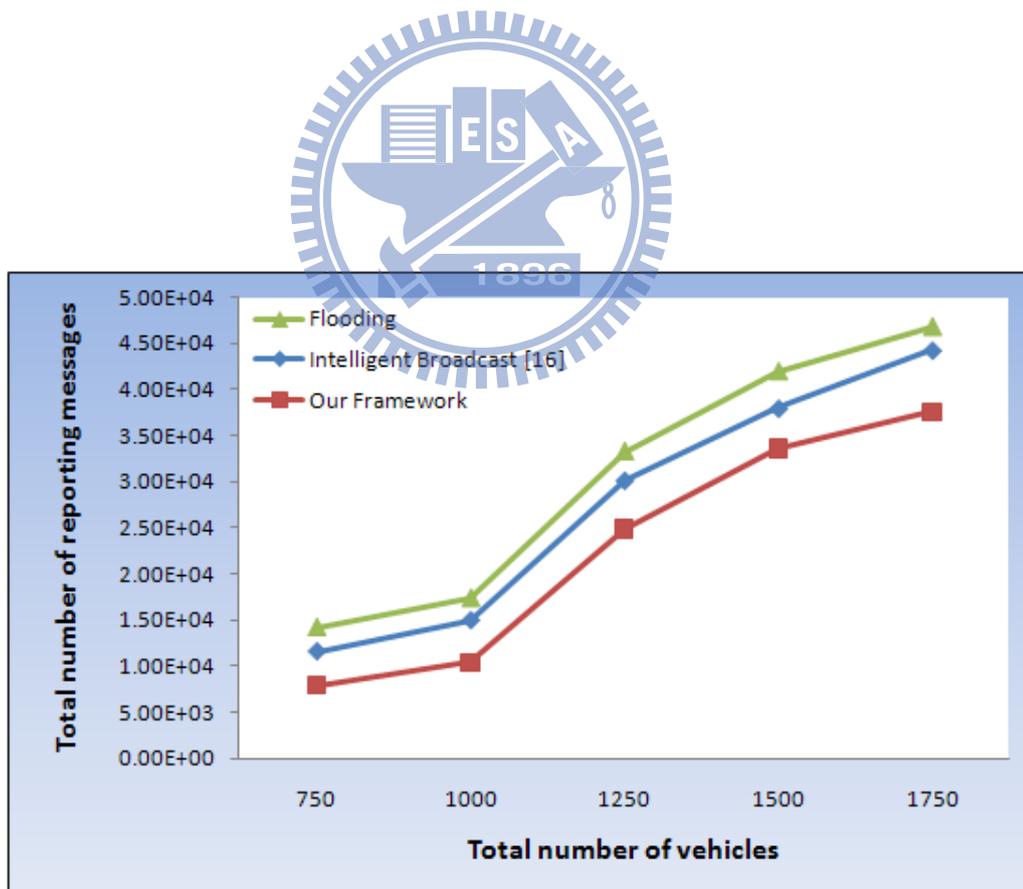


圖 4.2: 總回報訊息數量的比較

我們的Reporting module可以有效地根據警車位置的記憶，在每一個路口導引回報訊息時，使轉變成單一路段的重廣播。相反地，氾濫式廣播與智慧型廣播將在路口的每一個路段重廣播，所以他們的回報訊息會隨著總車量數而增加。

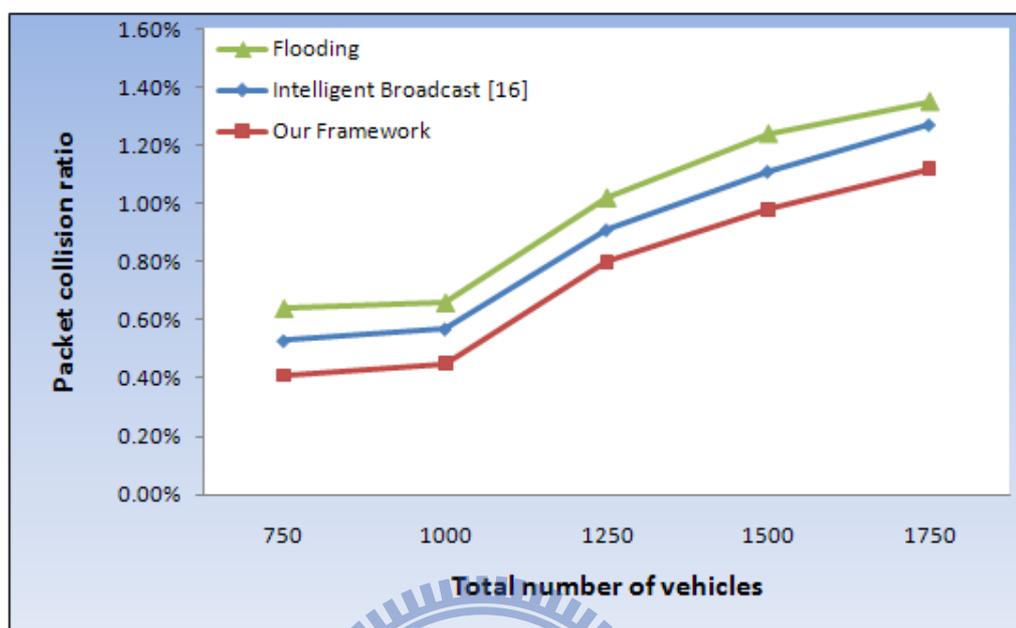


圖 4.3: 封包碰撞率的比較

圖 4.3顯示在道路上不同的車輛數所造成的封包碰撞(Packet collision)率，然而可疑車輛與警車這兩者亦是亂數選定。從圖 4.3，我們可以觀察到，我們提出的方法對於氾濫式廣播與智慧型廣播有較低的封包碰撞率，這是因為氾濫式廣播將廣播很多次回報訊息，所以將導致在相同時間內有較高的傳送封包機率，對於智慧型廣播亦同樣有此情形，當隨著車輛數的增加，此情形將變得更糟。相反地，我們的方法僅須要傳送回報訊息至那些靠近警車的那些車輛，這將意指單一路段相對於路口上的每一個路段有較低的車輛數，除此之外，在我們提出方法中的memory-based backoff機制，能更進一步減少封包碰撞率。

圖 4.4顯示在各種道路的車輛數下，平均回報至警車延遲時間。如同圖 4.2和圖 4.3，可疑車輛與警車這兩者亦是亂數選定。在圖 4.3，我們提出的方法與氾濫式廣播和智慧型廣播隨著車輛數的增加，將有著相似的回報延遲時間。由於提出的方法僅須要傳送回報訊息至單一路段，而不用至路口的各個路段，因此它可以產生相似地回報延遲時間，同時保持回報成本較低的優點。另一方面，在圖 4.5 顯示在不同的車輛數與換手追蹤區間下，衡量出換手的成功率，其參數改變量分別從750至1750與從5至30秒。換手成功率將隨著總車輛數與換手追蹤區間的增加，而從36%遞增至97%。

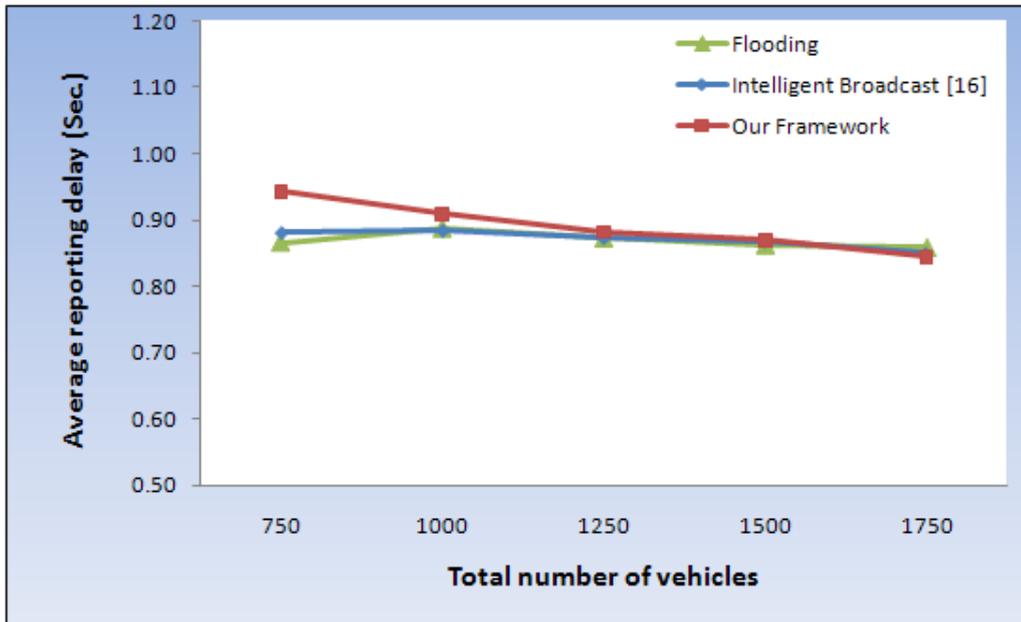


圖 4.4: 平均回報至警車延遲時間的比較

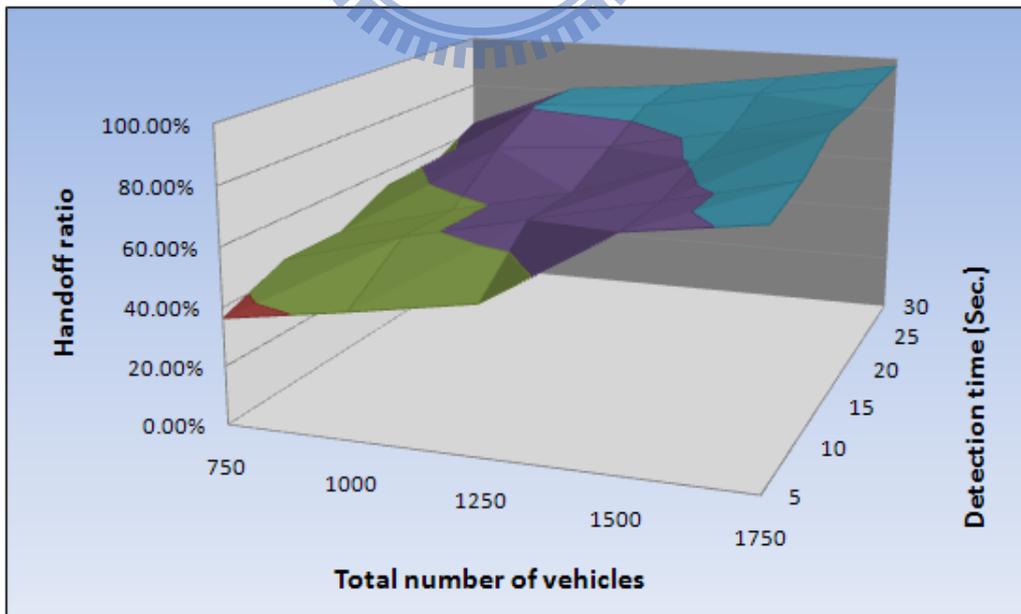


圖 4.5: 在不同車輛數與換手追蹤區間下的換手成功率

從這些結果，我們可以結論出，我們提出的方法架構可以達到較低的傳廣播數量和封包碰撞率，同時亦與先前的方法有著相似的平均回報延遲時間，故它將能夠更有效率地利用無線頻寬。另一方面，在車載網路中採用我們的方法，將可以避免由於不必要的重廣播，所造成傳送回報訊息的頻寬浪費和避免減少嚴重的封包碰撞而導致回報訊息的碰撞機會。



# Chapter 5

## 系統實作

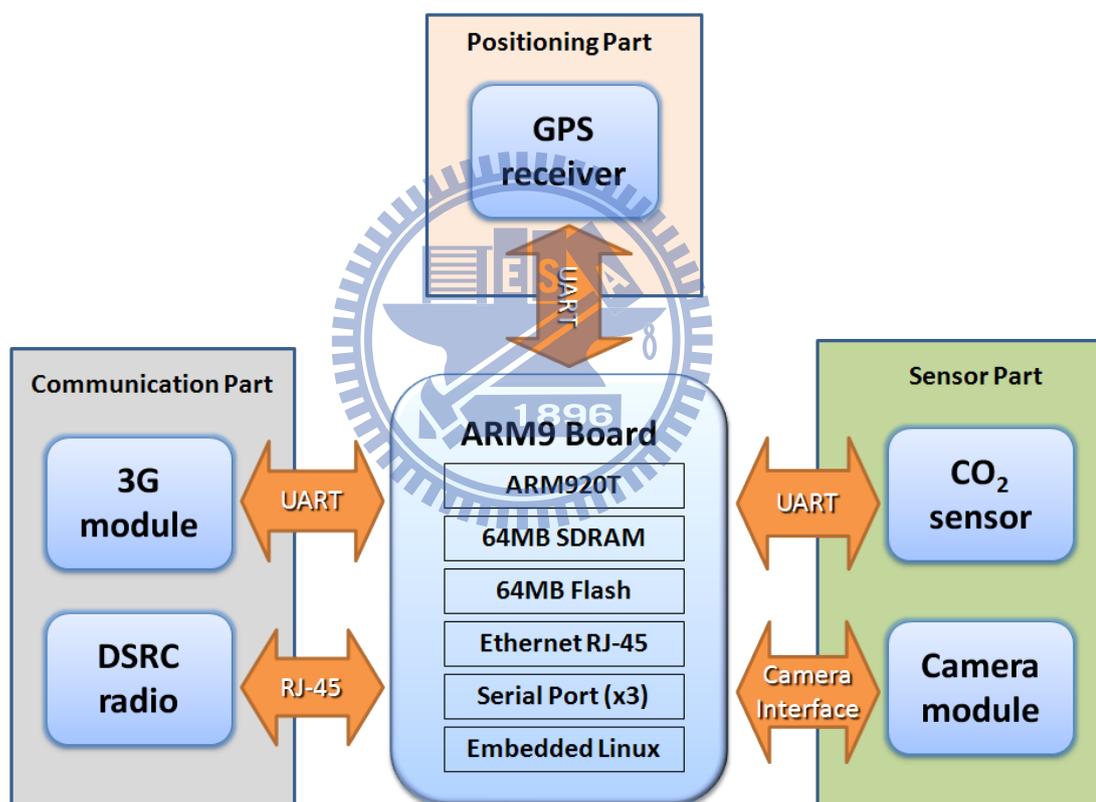


圖 5.1: VS<sup>3</sup>系統建構方塊圖

我們已經發展提出的SVTR系統原型，其被稱為Vehicular Surveillance and Sensing System(VS<sup>3</sup>)。在圖 5.1顯示其系統建構方塊圖。除了可疑車輛的追蹤和回報，我們額外增加了一個CO<sub>2</sub>感測器和一個3G通訊模組來針對車輛安全應用的擴充 [1]。Camera模組和WAVE/DSRC無線電通訊設備，分別以內建的攝影機插座介面和Ethernet RJ-45介面，被連接到ARM 9開發板中。反之，其它的模組則藉由 UART介面被連接到我們的開發板中。以下將描述相關的實作細解:

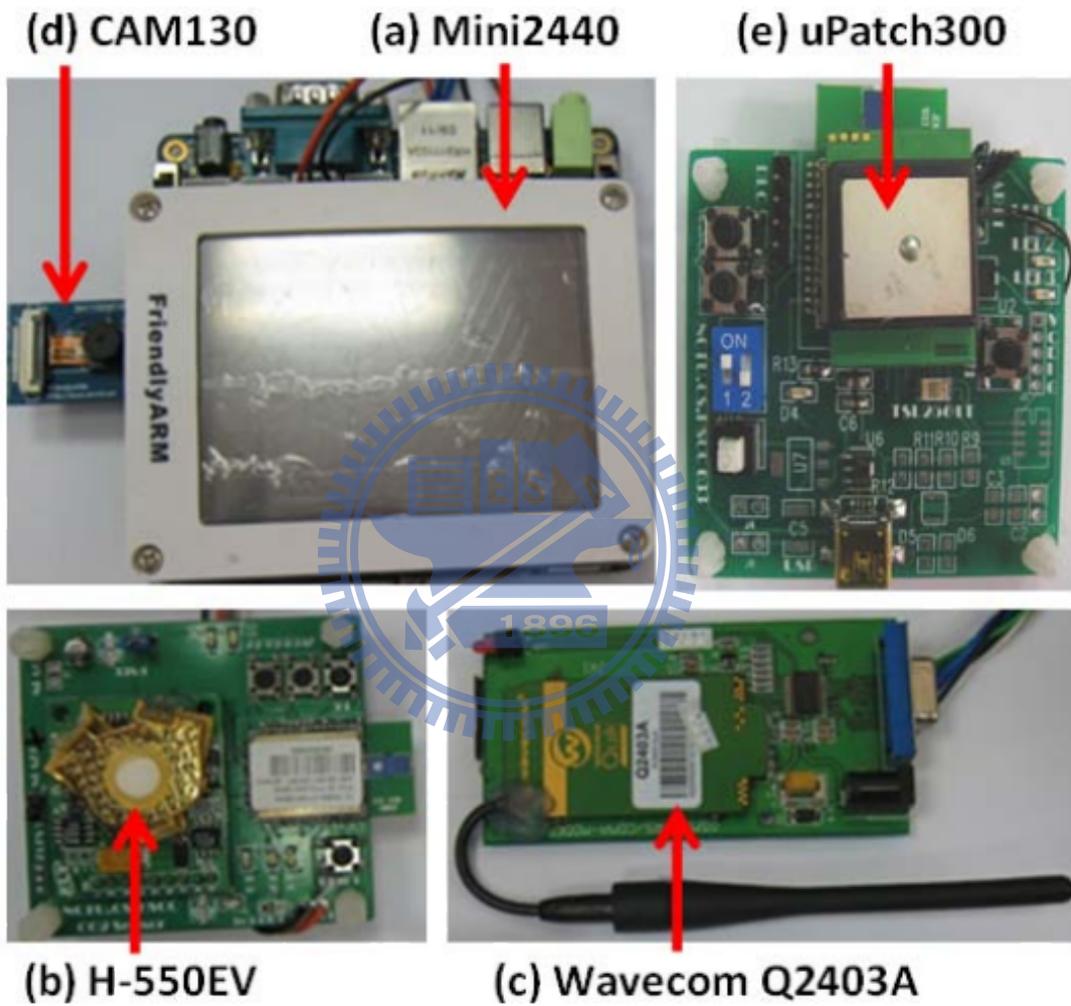


圖 5.2: VS<sup>3</sup>的相關硬體元件

## 5.1 Microprocessor

Microprocessor是裝載在每台車輛，有著3.5" TFT LCD的ARM 9 board(Mini2440 [12])，顯示於圖 5.2(a)。此開發板有一個400MHz 32-bit RSIC integer處理器(ARM920T [13])、64MB SDRAM、64MB Nand Flash、Camera介面、三個序列埠、一個10/100M Ethernet RJ-45和一個內建的麥克風。特別地，Mini2440可以運行embedded Linux或WinCE等系統來開發各種應用。在開發階段期間，Linux需要先安裝arm-linux-gcc編譯器，然後，再把ARM9 board透過RS-232介面連接到PC，使其完成cross compiler環境。

## 5.2 Camera Module

在圖 5.2(d)所示為Camera模組CAM130，是一個CMOS光學感測器。它將接收來自Mini2440的拍照指令，來擷取full-resolution圖片，並透過Camera傳輸介面把影像資料傳送到Mini2440。相似於CO<sub>2</sub>感測器，在Linux中須針對一個character device(如:"/dev/camera")做開啓的動作，以取得Camera的原始影像資料。一個Array將被宣告用來儲存來至此character device的資料。藉由Linux framebuffer的處理機制，擷取到的影像資料可以透過複製到對映的記憶體空間，使其影像內容可以顯示在TFT螢幕上。

為了使從Camera擷取到的影像資料輸出成圖檔，jpeg library *libjpeg*被靜態連結至可執行程式(executable program)。它將轉16-bit color圖片資料至24-bit color格式(RGB888)。更進一步地，對於16-bit的RGB byte，將透過顏色補償(Color compensation)來使得圖片更清晰。

## 5.3 GPS Receiver

GPS模組主要是以uPatch300 [14]來實作，它具有一個嵌入式的GPS天線，如圖 5.2(e)所示。它是遵循NMEA(National Marine Electronics Association) 0183協定，使用有著高感度的SiRFstarIII晶片來提供地理位置資訊，使其完成車輛位置的定位。

## 5.4 WAVE/DSRC Radio

WAVE/DSRC模組主要被ITRI WAVE Communication Unit(IWCU [15])所實作，它可直接經由Ethernet RJ-45連接至Mini2440。它目前有兩個IEEE 802.11p [9]介面和一個Ethernet連接器，要發展在Mini2440的車載應用程式，只須要透過標準的Linux socket APIs(如:bind()、sendto()和recvfrom())就可以傳送UDP封包，之後，IWCU可以將會轉UDP封包為WSMP(WAVE short message protocol)。

## 5.5 CO<sub>2</sub> Sensor

CO<sub>2</sub>模組為將一個H-550EV CO<sub>2</sub>感測器 [16]整合至Jennic JN5139 [17]，其將透過UART介面與Mini2440 連接。我們的原型如圖 5.2(b)所示，此CO<sub>2</sub>感測器有著0~5,000 ppm量測範圍和±30ppm 精確性。JN5139有一個16MIPs 32-bit RISC處理器，是一個2.4GHz IEEE 802.15.4相容的無線電收發器，其具有192kB大小的ROM和96kB大小的RAM。特別地，在車輛內部，JN5139亦具有支援mesh networking和packet routing的操作靈活性。故為了取得自CO<sub>2</sub>感測器所偵測到的資料，在Linux中的一個character device(如:"/dev/ttySAC#")需要被開啓，使可以用來讀/寫資料從/至此序列埠。

## 5.6 3G Module

我們使用Wavecom Q2403A GSM/GPRS/CDMA模組，如圖 5.2(c)所示，其可透過Mini2440根據AT commands來加以控制。它能經由透過ARM9 board，根據指令來實現SMS、MMS和Video calls。為了傳送簡訊的操作，將可利用AT commands來請求此GSM/GPRS modem實現。

## 5.7 實際演示

對於*license plate recognition* (LPR)，我們整合一個軟體有著下列功能:車牌定位(plate localization)、車牌定向和縮放(plate orientation and sizing)、正規化處理(normalization)和邊緣偵測(edge detection)、字元切割 (character segmentation)和光

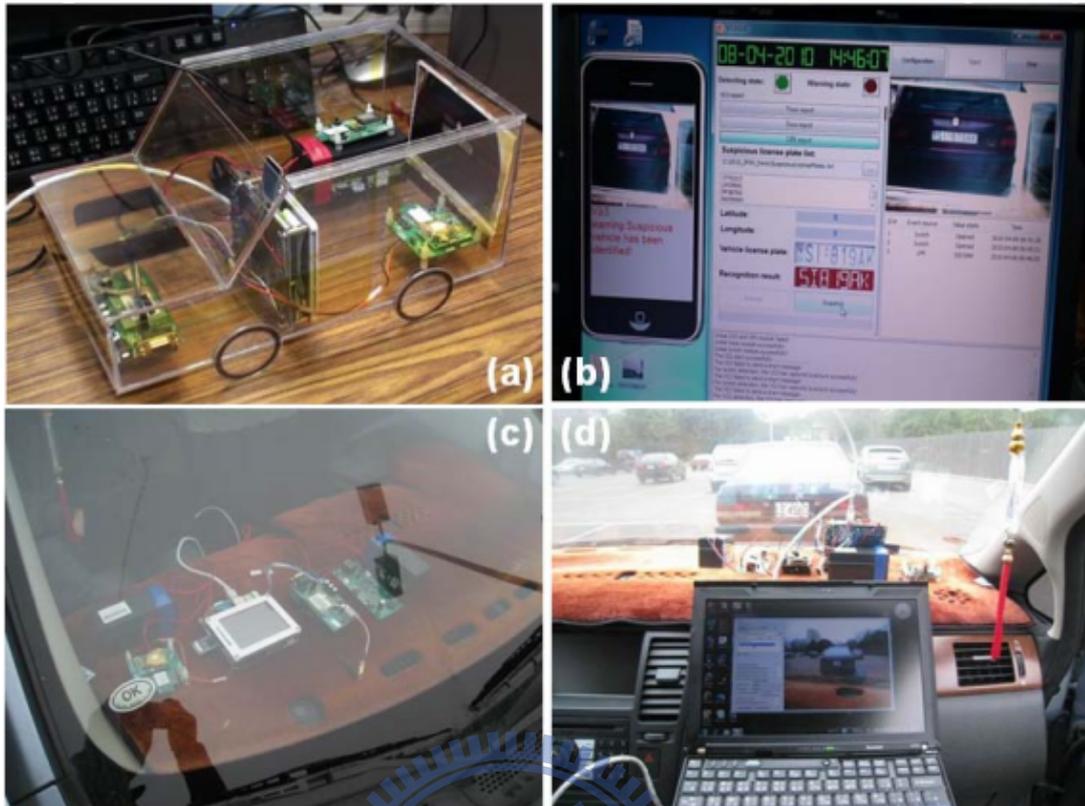


圖 5.3: 實際操作演示圖

學字元識別(optical character recognition)等。對於可疑車輛追蹤和回報系統，我們實際演示在模型的汽車內，對一張車輛的車牌照照片作車牌辨識的處理，如圖 5.3(a)所示，並且已經被識別認定為可疑車輛的結果被顯示在圖 5.3(b)。在圖 5.3(c) 與圖 5.3(d)分別顯示我們實機系統被真實安裝於汽車內部和一部可疑車輛被追蹤的場景示意圖。

# Chapter 6

## 結論

本篇研究論文整合了WAVE/DSRC車載通訊技術來達成道路監控之技術，使可以提供針對可疑車輛的追蹤與回報應用，而不需要仰賴透過佈建較高成本的Roadside infrastructures來協助。在道路上的車輛將形成一個車載監控網路，使其可以用來追蹤可疑車輛與回報贓車的發現至附近的警車。在本篇論文中，基於V2V的通訊方式，我們提出了Infrastructure-less的架構，主要用來實現可疑車輛的追蹤與回報處理，其主要由Tracking module和Reporting module兩部份機制所構成。對於Tracking module，將在必要時完成追蹤工作handoff的處理和無需透過參考數位地圖的協助，在追蹤期間當偵測到路口後，將回報追蹤資訊至附近的警車。對於Reporting module，將以回報較低的訊息傳遞量的通報方式，來完成通報至附近的警車為目的。本篇論文所提的架構，實驗證實可以充分地減少與避免不必要的重廣播訊息數量，使更可以適用於車載網路的環境中。

## 參 考 文 獻

- [1] L.-W. Chen, K.-Z. Syue, and Y.-C. Tseng, “VS<sup>3</sup>: A Vehicular Surveillance and Sensing System for Security Applications,” in *IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (IEEE MASS 2009)*, Oct. 2009.
- [2] P. Thammakaron and P. Tangamchit, “Adaptive Brake Warning System for Automobiles,” in *8th International Conference on ITS Telecommunications (ITST 2008)*, pp. 204–208, Oct. 2008.
- [3] U. Lee, E. Magistretti, M. Gerla, P. Bellavista, and A. Corradi, “Dissemination and harvesting of urban data using vehicular sensing platforms,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 58, pp. 882–901, Feb. 2009.
- [4] K. G. Aravind, T. Chakravarty, M. G. Chandra, and P. Balamuralidhar, “On the architecture of vehicle tracking system using wireless sensor devices,” in *International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops (ICUMT 2009)*, pp. 1–5, Oct. 2009.
- [5] M. Caceres, F. Sottile, and M.A. Spirito, “WLAN-Based Real Time Vehicle Locating System,” in *The 69th IEEE Vehicular Technology Conference (IEEE VTC-Spring 2009)*, pp. 1–5, Apr. 2009.
- [6] M. Li, H. Zhu, Y. Zhu, and L. M. Ni, “ANTS: Efficient Vehicle Locating Based on Ant Search in ShanghaiGrid,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 58, pp. 4088–4097, Oct. 2009.
- [7] R. Lu, X. Lin, H. Zhu, and X. Shen, “SPARK: A New VANET-Based Smart Parking Scheme for Large Parking Lots,” in *The 28th IEEE Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM 2009)*, pp. 1413–1421, Apr. 2009.
- [8] M. Li, M.-Y. Wu, Y. Li, “ShanghaiGrid: An Information Service Grid,” *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 18, pp. 111–135, 2006.
- [9] IEEE std, “802.11p/D4.0, Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE),” Mar. 2008.

- [10] QualNet, “<http://www.scalable-networks.com/products/qualnet/>,”
- [11] S. Biswas, R. Tatchikou, and F. Dion, “Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 44, pp. 74–82, Jan. 2006.
- [12] FriendlyARM, Mini2440, “<http://www.friendlyarm.net/>,”
- [13] ARM, ARM920T, “<http://www.arm.com/products/CPUs/ARM920T.html>,”
- [14] Fastrax, uPatch300, “<http://www.fastrax.fi/>,”
- [15] ITRI WAVE Communication Unit, “<http://www.itri.org.tw/>,”
- [16] H-550EV CO<sub>2</sub> Sensor Module, “<http://www.co2sensor.co.kr/new/eng/ndir-co2-sensor-module-h550ev.htm>,”
- [17] Jennic, JN5139, “<http://www.jennic.com/>,”

