

協同式車輛碰撞預警系統 (Cooperative Collision Pre-Warning System for Vehicles)

黃崇明
成功大學
資訊工程系
huangcm@locust.csie.ncku.edu.tw

林士颺
成功大學
資訊工程系
linsy@locust.csie.ncku.edu.tw

周志勳
資訊工業策進會
新興智慧技術研究所
chzhou@iii.org.tw

摘要

摘要—車輛駕駛安全(Driving Safety)永遠為車廠及駕駛者所訴求的目標之一。隨著技術的進步，行進中車輛將可以在交通事故發生前即預先發出警告給駕駛者，使駕駛者可以提早反應，避免事故的發生。為了能有效發出碰撞預警，本研究設計並實做一系統，稱為協同式車輛碰撞預警系統(Cooperative Collision Pre-Warning System for Vehicle, CCPW)，能有效的在碰撞發生前即發出警示訊息，並可依駕駛者的特性而有不同的自訂警示等級。

CCPW 利用車載資通訊(Telematics)中的車間通訊方式(Vehicle To Vehicle, V2V)，讓車輛週期性的廣播本身的相關資訊，包括位置資訊(Location Information)、速率(Velocity)、航向(Course)等等，使行進中之車輛能交換彼此的相關資訊。接著利用所接收到的資訊，進行是否會發生碰撞的計算。

為了驗證本研究所提出的方法，我們使用 NS2 網路模擬軟體，模擬行進中車輛的移動與無線網路通訊的運作。模擬結果顯示，若無封包碰撞導致車輛無法接收其它相關資訊，本方法可得到 100% 的正確警示率。此外，本研究期望所發展之方法不受限於其它因素(例如：地圖資料)，我們實做與開發預警系統，將使得本研究有更高的擴展性，而不限於某種裝置或圖資之中。

關鍵詞—Telematics、WAVE(DSRC)、Collision

一、介紹

西元 1886 年 1 月 29 日，德國工程師卡爾·賓士[1]發明了世界上第一輛三輪內燃機汽車，因此獲得了德意志專利局頒發德註冊號碼為 NO37435 汽車專利證書，從此汽車便與現代人的生活習習相關。自從汽車被發明之後，相關的研究領域不斷的推陳出新，其中可大致的分類為：性能、安全、舒適等。其中，車輛駕駛安全(Driving Safety)永遠為車廠及駕駛者所訴求的目標之一，車廠及研究人員不斷的以更先進的技術以確保駕駛者及乘客的安全。

在駕駛安全的相關研究領域中，可再細分為主動式安全(Active Safety)與被動式安全(Passive Safety)[2]。被動式安全系統為一種當事故發生時用以減少或降低其傷害的程度，常見之被動式安全系統諸如安全氣囊(Airbag)、安全帶(Safety Belt)等等。另一方面的主動式安全系統包括三大部份，分別為車輛穩定性系統(Vehicle Stability Systems)、駕駛警告與信息系統(Driver Warning and Information Systems)及防碰撞系統(Collision Avoidance Systems)，係為利用各種裝置、設備、方法等，在事故發生前即產生動作，以期保持車輛的操控狀態，避免事故發生的機會或降低其損害程度[2]。其中，在駕駛警告與信息系統(Driver Warning and Information Systems)中，為了避免車輛碰撞的發生，因而發展了前向防撞警示系統(Frontal

Collision Warning System)、側向防撞警示系統(Side Collision Warning System)、後向防撞警示系統(Rear Impact Collision Warning System)、路口防撞(Intersection Collision Warning)等運用於不同環境中的碰撞警示系統[3]。

汽車廠商對於車輛的安全性亦相當重視，由福特(Ford)與美國政府共同合作研發之智慧型路口(Smart Intersection)[4]為一種應用於路口的碰撞警示系統。在 Smart Intersection 中，藉由全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)及建置於路邊的基礎設施(Infrastructure)的無線通訊方式，進行資訊的收集及傳遞，以減少易發生於路口的交通事故及擁擠。另一方面，在主動式碰撞警示系統中，中華賓士(Benz)及凌志(Lexus)分別以感測器(Sensor)、雷達(Radar)、及 GPS 等裝置建構前向防撞警示系統及後向防撞警示系統等等，在車輛即將發生碰撞前提供駕駛者適當的警示訊息以避免事故的發生。

一向以安全為主要訴求的車廠，富豪汽車公司(Volvo)，以各種不同的技術開發主動式安全系統，如 ACC (Adaptive Cruise Control) 主動車距控制巡航系統、CWBS (Collision Warning with Brake Support)碰撞警示暨預警煞車系統、EBL (Emergency Brake Light) 緊急煞車燈、BLIS (Blind Spot Information System) 駕駛視覺盲點資訊系統、IDIS (Intelligent Driver Information System) 智慧型駕駛資訊系統等，以輔助駕駛者更安全的駕駛環境。

各種不同的碰撞警示系統已提出且真實應用於車輛上，但以往的碰撞警示系統通常具有下列問題：1.使用感測器或雷達，通常於感應範圍外的移動中車輛將無法正確的提出警示給駕駛者，特別是於路口的情況中。2.使用基礎設施(Infrastructure)於碰撞預警系統中，如 Smart Intersection。其方法必需事先額外花費成本建置 Infrastructure 於路口方能使用，較無法涵蓋所有

的路口。3.電子地圖(E-MAP)的支援，某些碰撞系統需依賴電子地圖的支援(例如車輛至路口的距離)，才能正確的計算是否發生碰撞。若電子地圖的精確度不夠，或不同電子地圖之格式，將可能導置計算上的不正確。此外，這樣的碰撞系統通常須以電子地圖得知車輛至路口的距離，若地圖版本較舊也可能導致計算上的錯誤。

本文提出一種協同式車輛碰撞預警系統(Cooperative Collision Pre-Warning System for Vehicle, CCPW)，為一種 360 度之碰撞預警系統，能夠解決上述之問題，不需使用感測器、雷達、基礎設施、電子地圖等等，即可正確的於車輛發生碰撞前即發送警示訊息給駕駛者，並適用於各種不同夾角之路口、多重路口(Multi Intersection)等。CCPW 利用車載資通訊(Telematics)中的車間通訊(DSRC)的方式，交換與取得 GPS 的相關資訊後進行碰撞預警之計算，最後將可能發生碰撞之危險警告駕駛者，以得提早反應。本系統於開發實驗階段，以 NS-2 模擬軟體進行車輛的移動及車間通訊的模擬，最後實做系統開發於 Windows 作業系統使用介面中，以因應未來更大的擴充性。

本文剩餘的部份描述如下：第二章節介紹相關的車輛碰撞系統之研究，接著於第三章的部份詳細說明本方法之運作過程。第四章為本研究所進行之模擬與實做的介紹，最後將結論描述於第五章。

二、文獻探討

本研究中相關文獻分成兩主要部份：車輛安全與通訊協定。

1. 車輛安全

車輛安全一直是各大車廠的努力目標之一，且持續不斷的進行相關研究。在[9]中，作者使用 Sensor，來達到在彎道中碰撞預警的目的。雖然能在這樣的情況下產生正確的預警，

但卻不適用於十字路口的情况，因為在十字路口中分析中心所必需負載的資訊相當龐大，將可能無法及時處理緊急的訊息，且每一個十字路口 Sensor 的建置可能需要額外的成本，在廣大的區域中較無法全面建置使用 Sensor。

根據 2008 年 7 月報導[10][11]指出，美國福特汽車公司已成功開發十字路口的避碰系統，稱為 Smart Intersections，用以降低交通事故的發生及減少汽車在路口擁塞的情况。此技術與[9]中所使用之基礎設施類似，使用佈建於路邊的裝置來傳遞訊息給行進中之車輛。但是如上所述，此種避碰方式必需在每個路口建立路間通訊設備，需要大量投入資金，因此建立大區域的系統是較困難的。

另一方面，在[12]中作者指出十字路口的情况並非只有一種，而碰撞警告應能在多樣不同的情况適時的警告駕駛者；此外，透過由基礎設施如 RSU (Road Side Unit)連線到控制中心[9][13]，對於每輛行進中的車輛而言並不是最佳的方式。因此作者提出新的演算法，利用車與車之間的距離，及向量的計算，來達到碰撞預警之目的。雖然此方法能更快速的運算出是否會發生碰撞，但是在實驗過程中並未針對不同夾角之十字路口進行測試。

2. 通訊協定

美國材料試驗協會(American Society for Testing and Materials, ASTM)於 1992 年發展制定 DSRC 技術。當時 DSRC 標準的特性為：使用分時多工存取 (Time Division Multiple Access, TDMA)的技術，運作於 915MHz 的通訊標準協定，且包括車載通訊單元(On-Board Unit, OBU)與路基通訊單元(Road Side Unit, RSU)。

2002 年時，ASTM 重新制定 DSRC 標準，版本為 E2213-02。在此次規範中，將 5.9GHz 頻帶歸納為通訊頻道，並以 IEEE 802.11a 做為基

本的傳輸技術。到 2003 年時，新版的 E2213-03 受到 FCC 的重視，將其設定為北美地區 DSRC 的通訊標準。接著，ASTM 組織希望藉由 IEEE 聯盟的力量來推廣 DSRC E2213-03，因此促成了 IEEE 802.11p[14]的產生。IEEE 所制定的車用無線通訊 (Wireless Access in the Vehicular Environment, WAVE)[5][6][7][8]，其底層標準建立於 802.11p 的協定之上，與 E2213-03 使用相同 5.9GHz 頻帶，並加強車輛行駛安全如：碰撞警示、道路危險、車間通訊等特殊的車輛應用方式。802.11p 具有下列兩項特性：

- 互通於其它通訊規格：

802.11p 除了與 E2213-03 相通外，同時也能與 ISO 組織下專門制定車用規格的 TC 204 (Intelligent Transport Systems)的 WG 16 進行通訊，WG 16 最後決議也將同時支援 802.11p 標準。車用通訊標準的制定要求互通性，且考慮到在為未來的使用上有較佳的經濟效果，因此新版本的通訊標準除了互通之外，也希望能與已建置的舊版本進行通訊。例如，已建置的 E2213-02、CALM M5 的路側單元(Road-Side Unit, RSU)亦能夠提供為 802.11p OBU 的服務。

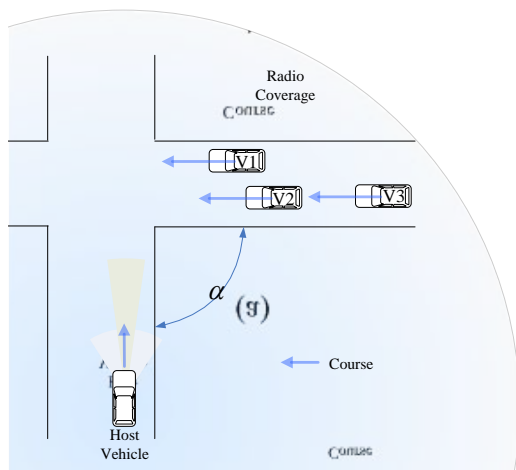
- 應用於高速移動：

802.11a 雖然提供了高達 54Mbps 的傳輸速度，但無法使用於高速移動中的車輛。因此 802.11p 修正此問題，讓通訊協定可運作於高速移動中。

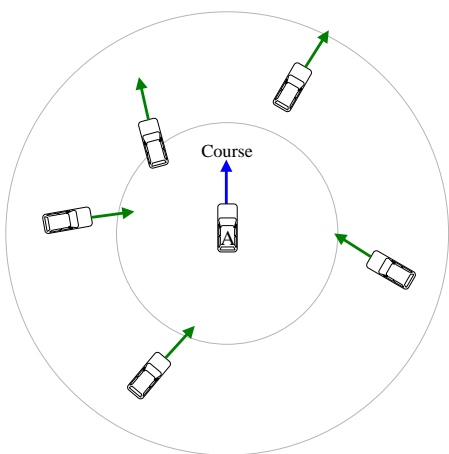
三、 研究方法

本研究所提出之協同式車輛碰撞預警系統 (Cooperative Collision Pre-Warning System for Vehicle, CCPW)適用於各種不同環境下的路口 (如道路不同之夾角 α)、多重路口的環境下，並不需事前於路口建置 Infrastructure 即可適時的發出預警。參閱圖 1(a)，以感測器為主的碰撞警示系統，因其受限於感測器的角度或距離等因素，對於橫向來車之偵測較無法達到適時的

警示效用；另一方面以 Infrastructure 為主的碰撞預警系統，在無建置之路可則完全無法發揮其效用。



(a)



(b)

圖 1 環境示意圖

CCPW 為一種對可能發生碰撞的危險情況發出警示訊息，其核心碰撞運算之演算法可對通訊範圍內 360 度任何移動中之車輛進行是否會發生碰撞的運算，如圖 1(b)所示。在本系統的運作中，每輛車以 GPS 訊號做為車輛的位置資訊(Location)，並藉由車間通訊的運作廣播本車的位置資訊，其中包括藉由 GPS 接收器所取得的經緯度(Longitude and Latitude)、行進方向(Course)、速度(Velocity)，與車籍編號(Vehicle

Identify) 等等封裝成相關資訊 (Relationship Information, RI) 封包並週期性的廣播之 (RI 封包的欄位內容定義於表 1 中)，而接收 RI 的車輛將不進行轉傳(Relay)的動作。任一車輛在無線通訊的範圍接收臨近車輛 (Neighboring Vehicles) 的相關資訊 (RI) 後，便可以本車的資訊加上鄰近車輛的資訊進行是否會發生碰撞的計算，如圖 2 所示。

CCPW 主要分成四個部份，分別為車間通訊 (Inter-Vehicle Communication)，及核心運作的 Part 1：資訊收集 (Information Collection)、Part 2：碰撞運算 (Calculation)、及 Part 3：警示與儲存 (Storage and Alerting)。接著將詳細說明每個部份的運作過程。

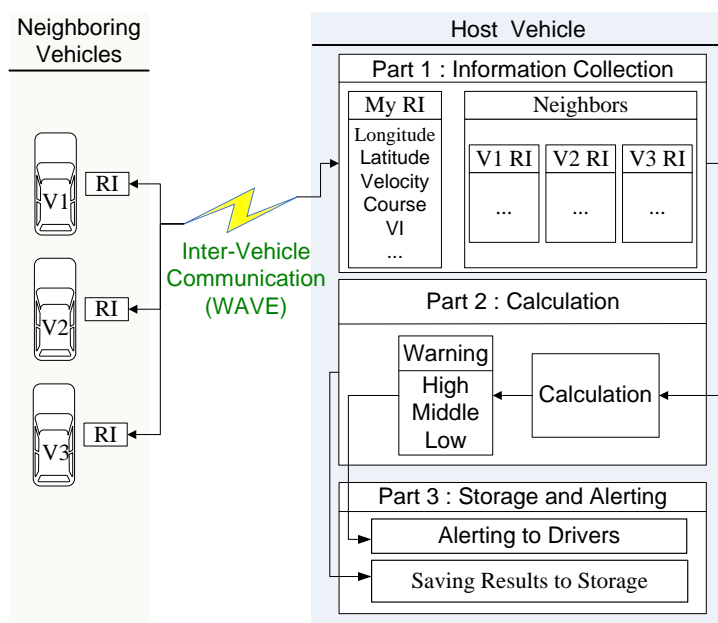


圖 2 CCPW System Structure

● 車間通訊 (Inter-Vehicle Communication)

車間通訊系為一種車輛與車輛間訊息交換的方式。在車載資通訊 (Telematics) 領域中，常見的車間通訊方式使用 WAVE 通訊協定，經由 DSRC 的傳遞達到訊息交換的目的。在本研究中，製定所需的 RI 封包並呈現於表 1 中，其中

RI 封包包括所需的經緯度(Longitude and Latitude)、行進方向(Course)、速度(Velocity)，與車籍編號(Vehicle Identify)等等。

表 1 RI 欄位內容

Relationship Information (RI)				
Longitude	Latitude	Velocity	Course	Vehicle Identify (VI)

跟據 IEEE 所製定的 WAVE 1609[5][6][7][8] 通訊協定中，其 WAVE 通訊協定需能夠支援 UDP/TCP 的封包。而在本研究中，RI 封包將由上層的 Application Layer 所定義並封裝後往下傳送，其大部份的訊息內容來自於 GPS 接收器，而較下層的通訊協定則可以依照所使用的裝置而進行 UDP/TCP 封包或 WSM 封包的傳遞。由於 RI 封包必需週期性的廣播給所有的臨近車輛，在系統的設計上預設其週期性為 1 m/s。而在實驗階段中，此參數是可以進行調整以因應不同的環境。

● Part 1：資訊收集(Information Collection)

在資訊收集的部份，每輛車都視為一獨立個體，且進行週期性的廣播自己本身的 RI 訊息。RI 訊息的內容來自於預設每秒接收一次的 GPS 訊號，在接收到 GPS 的訊號後，除了儲存於本身中，亦將其封裝成 RI 封包後廣播之。任一車輛接收到臨近車輛的 RI 封包後，將其資訊建立一鄰居資料表(Neighbor Table)，儲存所有接收到最新且即時的訊息。

由於接臨近車輛所廣播的 RI 訊息並非同步化的運作，因此可能於些許差異的時間上接收來自於不同車輛的 RI 封包。在接收到封包後，並不立即進入第二步驟的碰撞運算，而是等待一固定時間後才將其以批次處理的方式驅動步驟二。同樣的，在此預設每秒執行批次處理，

將本車的 RI 資訊，連同所有臨近車輛的 RI 資訊同時送入第二步驟中進行運算。

● Part 2：碰撞運算(Calculation)

在碰撞運算中，我們使用最接近點(Closest Point of Approach, CPA)的計算方法，對行進中車輛進行碰撞運算。其運算的結果可以得到兩移動中之車輛在多久的時間後(稱為 Time to Closest Point of Approach, TCPA)的會到達最接近距離(Distance to Closest Point of Approach, DCPA)。

CPA 的計算方式能求得兩行進中之車輛最接近的距離與時間，因此適用於行進中車輛預警系統的運算。此外，CPA 的特性為全向性，不論是車輛駛向何方位，只要獲得所需的資訊皆可進行碰撞運算，因此未來將不單是 90 度之十字路口之運算，甚至於多路口、直線行駛、超車等，都可經由 CPA 的計算來提早發出碰撞警告。另一方面，本研究所發展之方法，可將感測器或雷達所感應之資料經轉換後，同樣可進行碰撞的運算。若結合感測器或雷達之資訊，將可在臨近車輛無裝設相同的通訊模組時達到同樣的碰撞預警效果。

圖 3(a)為十字路口兩行進中車輛之情況，假設兩車保持相同的方向和速度，則可能發生碰撞危險。以 V_A 和 V_B 分別代表圖 3 中 A 車和 B 車的行進向量(包括方向和速度)，並藉由車間通訊的方式進行傳遞以得知目標車輛的相關資訊。假設本車為 A 車，臨近車輛為 B 車。以 A 車來看，在得知 B 車的位置與速度後，將 V_B 加上反轉後的 V_A 後可得到新的座標點 NP (NewPoint)，接著從 B 車連接 NP 求得新向量 V_{BA} 。延伸 V_{BA} 至 A 車附近(如圖 3(a)裡綠線所示)，並找出一直線垂直於 V_{BA} 之延伸並與本車(A 車)相交於點 CPA (Closest Point of Approach)。本車(A 車)至點 CPA 之直線距離稱為 DCPA (Distance to Closest Point of

Approach)，也就是兩車於若干時間單位後，會達到最接近的距離；由點 CPA 到達 B 車之距離除以 V_{BA} 之數值則為 TCPA(Time to Closest Point of Approach)，亦為兩車最接近點所發生的時間單位。從另一個角度來看，可以說兩車經過 TCPA 時間單位後，最接近的距離為 DCPA。其 CPA 的運作方式如表 2 所示。

表 2 Pseudo Code of Closest Point of Approach

```

Receive(MyRI, NeighborRI) /* Calculate the CPA */
{
     $\Delta = -V_A + V_B$ 
     $\alpha = \frac{\arccos(\Delta^2 + D_{A,B}^2 - D_{A,B}^2 \cdot \Delta)}{2 \cdot \Delta \cdot D_{A,B}}$ 
     $\rho_{CPA} = D_{A,B} \cdot \sin(\alpha)$ 
     $DCPA_{A,B} = D_{A,B} \cdot \cos(\alpha)$ 
     $TCPA_{A,B} = \frac{DCPA_{A,B}}{RVV_{A,B}}$ 
    Return TCPAA,B, DCPAA,B
}

```

表 2 為 CPA 運算的虛擬碼，其中 A 表示本車，B 表示臨近車輛，而 V_A 為本車的行進向量， V_B 為臨近車輛的行進向量。 $D_{A,B}$ 為兩車間的距離， α 為角度(非路口的夾角)， $RVV_{A,B}$ 為兩車的相對速率， $DCPA_{A,B}$ 為兩車的 DCPA， $TCPA_{A,B}$ 為兩車的 TCPA。

圖 3(b)為經過 TCPA 時間單位後的情況，兩車最短距離為 DCPA。若是經由計算後 DCPA 的數值為 0，則表示兩車在保持相同的方向和車速下，經過 TCPA 時間單位後會發生碰撞的情況。因此，我們可經由計算之數據應用於碰撞警示上，以降低事故發生的機會。在本系統中，考量車輛實際本身的尺寸長度介於 4~5.5 公尺內，因此以最大整數值除以 2(以中心點畫分為前後)，即為 3，做為車輛碰撞的依據；也就是說即當 DCPA 小於 3 公尺時，則表示於兩車於

TCPA 時間單位後會發生碰撞。

在步驟二裡，除了計算兩車是否會發生碰撞外，另外設置了不同的警示等級，讓使用者可以依本身的習慣使用之。警示等級共分三級，分別為高(High)、中(Middle)、低(Low)。警示等級為決定系統是否發出碰撞警告的依據，較高的警示等級意味著使用者希望能有較足夠的時間進行碰撞危險的處理，因此在高警示等級中，設置若兩車即將發生碰撞，則需於 9 秒前即發出警示給駕駛者。而中與低的警示等級分別為 6 與 3 秒前發出警示訊息給駕駛者。

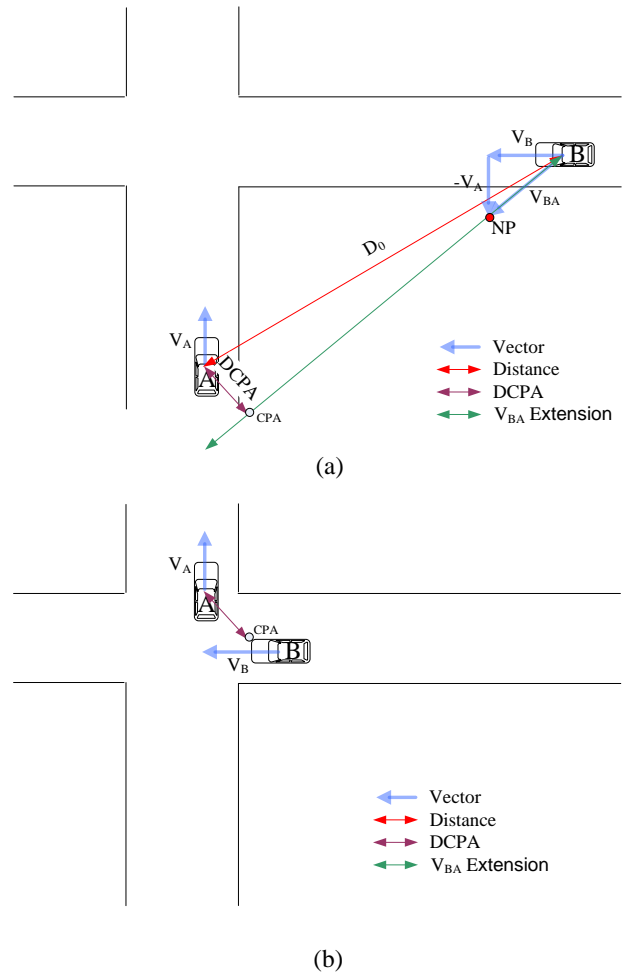


圖 3 CPA 運算示意圖

在完成車輛碰撞的計算後，系統將所得的資訊送至第三部份進行儲存。

● Part 3：警示與儲存(Storage and Alerting)

在第二部份中，由駕駛者所自行決定的警示等級將影響系統發出警告的時間。此部份將於適當的時間時即發出碰撞警告給駕駛者，以避免碰撞的發生。此外，由於交通意外事故發生後，往往需要經由現場的鑑定進行肇事責任的歸屬，因此本系統除了在事故發生前即發出警示給駕駛者外，亦將其相關資訊進行儲存。

相關資訊的儲存包括本車與目標車輛的 RI 資訊外，同時也需記錄碰撞計算的結果。為了避免資料儲存過於龐大，因此另外可設置資料儲存的時間，以降低儲存空間的使用。經由這樣的設計，可在事故發生後提供做為責任鑑定所使用。

四、系統開發與測試

CCPW 為事故發生前的預警系統，為求得較準確的數據，在此部份以模擬與實做分別描述其結果。

● 模擬實驗

在模擬實驗中，本研究透過 NS-2 來模擬網路通訊及車輛行駛中的各種不同情況。在網路通訊的部份，車間通訊使用 WAVE 通訊協定內所定義之內之 WSM 封包做為通訊方式，並於 NS-2 中進行 WSM 協定[7]的模擬。另一方面在系統實做的部份，先以 UDP 廣播封包的方式做為 RI 資訊的傳遞方式。雖然在模擬與實做中的通訊封包使用不同的協定，但對其系統及演算法的正確性是無影響的。由於 GPS 裝置的普及化，假設每輛車都配備 GPS 及 WAVE 通訊系統，以便能正確的廣播本身車輛的相關資訊。

首先，我們模擬單純的兩輛行進中的車輛，分別行駛於 Lane1 及 Lane2，如圖 4(a)中之 A、B 兩車。此模擬主要測試不同的道路夾角 α 是否會影響 CCPW 的正確率，如圖 4(a)所示。

模擬環境分別測試 α 為 10、30、45、60、90 度，及車輛行駛速度分別為 10、15、20、25 公尺/秒的情況下，行進中的兩輛車都可以正確的發出警告訊息，正確率達 100%。此外，我們也以相反行進方向進行如上所述的模擬，如圖 4(a)中的 C、D 兩車，其結果仍可達到 100% 的正確警示率。

第二個進行測試的環境如圖 4(b)所示之多路口環境。此測試環境以三路口交會、四路口交會等較複雜環境，每車道以一輛車往前行駛，並分別以不同速度進行 CCPW 運作的測試，其中包含車輛發生碰撞及未碰撞的情況。在這些測試環境下，CCPW 仍然達到 100% 的正確率。

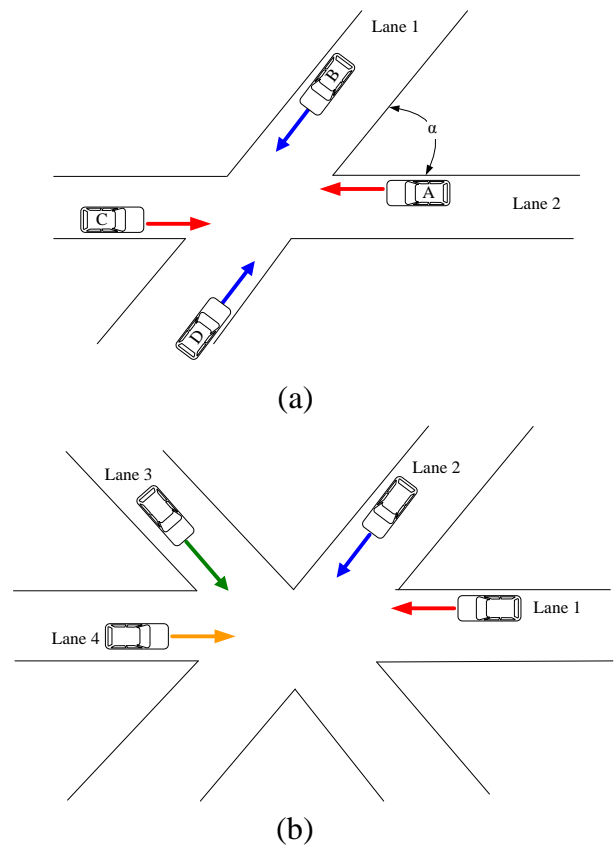
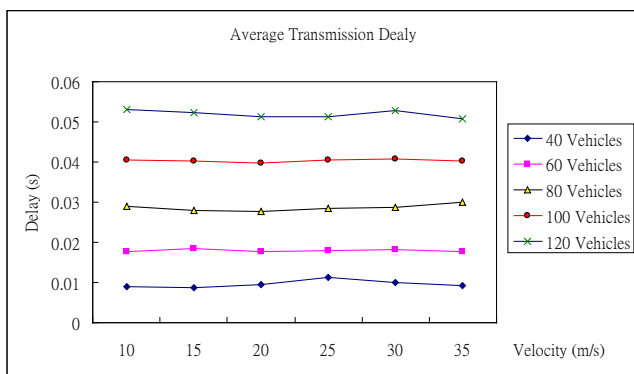


圖 4 路口；(a) α 夾角 (b) 多路口

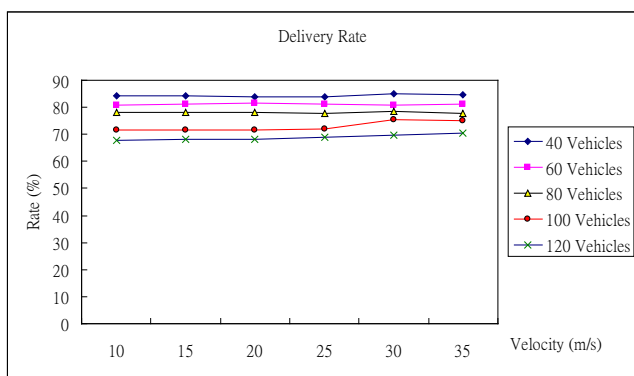
接著進行十字路口多車輛的模擬。模擬的道路 α 夾角為 90 度，共有 4 線車道，每車道模擬 10~25 輛車，車輛移動速度為 10~25 公尺/秒，

警示等級設定為 Low。在下列的模擬實驗中，隨機在每個車道中置放 10~30 台車輛，每次進行模擬時每車道以相同速度前進，分別為 10~25 公尺/秒。為了避免樣本數不正確，捨棄最好與最差的情況，取中間值的部份做為平均。所獲得之結果如下。

圖 5(a)呈現平均 Transmission Delay 的結果。我們將 Transmission Delay 定義為訊息從傳送端送出，到接收端所接收時的時間差。在本研究中，我們將所有封包傳送出的時間減去收到的時間，再除以接收者的數量，因此得到平均每個封包 Transmission Delay 的時間。從圖 5(a)中可見，Transmission Delay 時間並不會隨著速度改變而有太大的變化，主要的差別是車輛的數量，其對 Transmission Delay 有較顯著的影響。



(a)



(b)

圖 5 (a)Average Transmission Delay (b)Delivery

Rate

圖 5(b)顯示 Delivery Rate 的結果。Delivery Rate 為封包傳送與接收的比率。在此圖中，我們發現速度仍然不會影響 Delivery Rate，而是與 Transmission Delay 相同的被車子數輛所影響。當車子數量增加時，Delivery Rate 隨著數量增加而往下降，這是因為過多的封包碰撞導致有些許的封包遺失。

本系統最重要之關鍵成果為是否能正確發出警示訊息給駕駛者，也就是警示訊息的命中率。圖 6(a)為模擬實驗的結果。Hit Rate(即為警示訊息命中率)的定義為透過我們所提出的方法，在模擬實驗中，正確提出警示訊息的比率。我們分別比較不同車子數量及不同車速下，演算法所提出警示訊息的結果。由於系統預設碰撞前 3 秒內即會發出警示，亦即在這三秒內最多有三個警示訊息，最少有兩個警示訊息(因為訊息抵達時間的關係)，而對於駕駛者來說，碰撞警示只需至少提供一次即可，因此在 Hit Rate 的計算上以至少能提供一次警示訊息為計算準則。這也說明圖 5(b)與圖 6(a)中不相等之處。

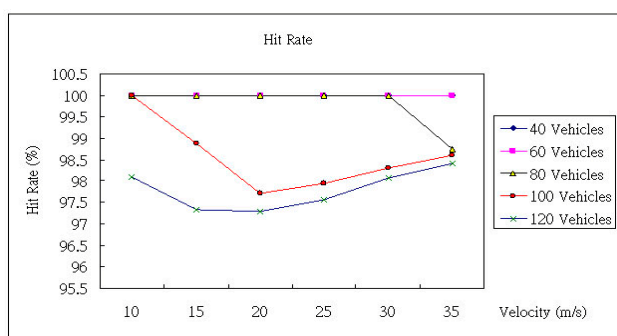
當車子數量低於 60 輛時(平均每條道路低於 15 輛)，我們的演算法有 100%的命中率，這也表示可以完全在碰撞意外發生前即發出警告給駕駛者。當車子數量慢慢增加時(從 80 輛~120 輛，平均每車道有 20~30 輛車子)，我們發現 CCPW 演算法的命中率隨著車子的數量增加而遞減。

CCPW 藉由所接收的相關資訊，而進行運算，對有威脅之情況才提出警告給駕駛者。然而，隨著車子數量的增加，十字路口之封包碰撞機率相對提高，導致接收端未能正確收到相關資訊。一旦未收到相關資訊，CCPW 便無法進行運算。因此，我們發現當車子數量增加時，在十字路口的封包碰撞情況越來越多，最後影

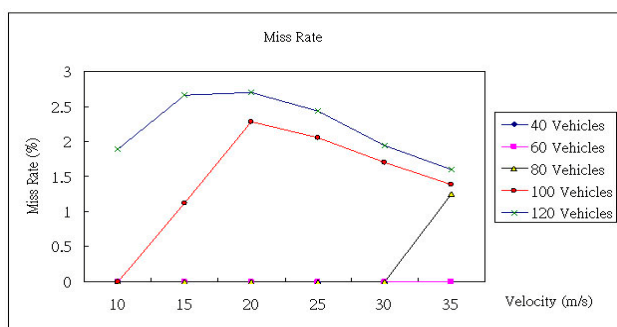
響 CCPW 的命中率。

在另一方面，除了比較車子數量的增加外，我們亦可以發現速度也會影響 CCPW 演算法的命中率。從圖 6(a)中，當車子數輛為 80 輛，且速度到達每秒 35 公尺時，命中率下降至 98.75%；車子數量為 100 輛且速度為 15 公尺/秒即開始下降，但當速度到達 25 公尺/秒時，CCPW 命中率卻又緩慢上升。

當速度增加而命中率下降是由於過多的車輛在較接近的時間同時靠近十字路口，而導致在十字路口的通訊上，發生了過多的封包碰撞；而隨著速度的再增加，車輛通過十字路口的時間變短，也因此減少了封包在十字路口碰撞的機會。



(a)



(b)

圖 6 (a) Hit Rate (b) Miss Rate.

上圖 6(b)為 CCPW 平均的失敗率(Miss Rate)，定義為在模擬環境中，系統應發出警告訊息但未正確發出警告的比率。Miss Rate 相對於 Hit Rate，當 Hit Rate 高時，Miss Rate 也就降

低。在此模擬中，車輛數量及速度皆會影響 CCPW 的正確運作與否。

● 系統實做

CCPW 系統軟體開發可分為五個主要運作單元(如圖 7 所示)，分別為：GPS 接收單元、傳送與接收單元、共享記憶體單元、核心碰撞運算單元、警示訊息控制單元等。

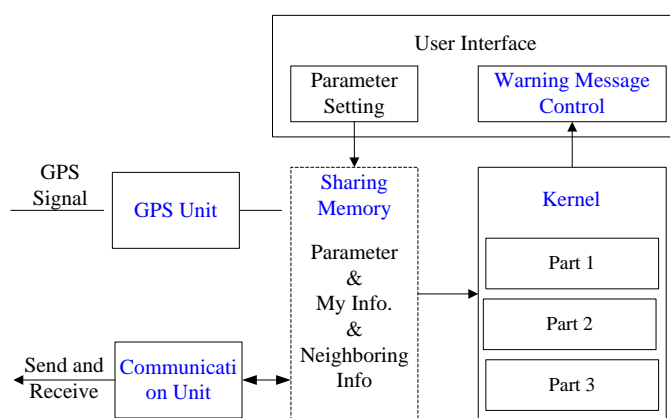


圖 7 系統架構

GPS 接收單元

GPS 接收單元為本系統中獨立運作的模組之一，不斷接收來自於 GPS 接收器的訊號，並將其 GPS 訊號轉換為系統中所需的資訊，最後儲存於共享記憶體中(My Info.)。

傳送與接收單元

傳送與接收是系統中分別獨立運作的兩個程序，這兩個程序分別扮演車間通訊的重要溝通元件。在傳送的單元中，以時間計時器來啟動傳送資料的機制。在車間通訊的接收部份，除了接收來自於臨近車輛的資訊外，並同時維護 Sharing Memory 中鄰近車輛資訊的正確性。

共享記憶體單元

共享記憶體單元負責儲存必要的資訊，並

確保資訊的正確性及唯一性。

核心碰撞運算單元

核心碰撞運算單元為主要的運算元件，以時間驅動的方式(預設每秒一次)進行所有在 NeighborInfo 表格中是否會發生碰撞的運算。在經過 CCPW 的碰撞運算後，可得知兩個主要的資訊：DCPA 與 TCPA，接著再依所設定的警示等級將資訊儲存於 WarningTable 中。若計算後的結果為不產生碰撞，則清除 WarningTable 的訊息。因此，在 WarningTable 中的資訊始終為最新且準確的碰撞資訊，其等待 Warning Control 發出警示訊息給駕駛者。

警示訊息控制單元

警示訊息控制單元負責週期性的檢查在 WarningTable 是否有碰撞的訊息需提供給駕駛者。由於 WarningTable 的新增與刪除是由核心碰撞運算單元所負責維護資料的正確性，因此在此部份只需正確的顯示碰撞訊息即可。

● 系統測試

完成系統雛型開發後，接著進行測試運作。由於測試階段需反覆的於路口進行實驗，因此先以 GPS 訊號模擬器(GPS Gate)進行 GPS 裝置的模擬。GPS Gate 為一套模擬 GPS 訊號的軟體，可以讓使用者輸入起點與多個中繼點，及終點，模擬車輛行經的路線產生 GPS 訊號到 COM Port 端。使用此模擬器的好處在於可容易的反覆進行實驗測試，且由於模擬的訊號與 GPS 裝置相同，因此未來實做 GPS 接收器時可快速的移植，降低 Cost。

首先進行兩輛行駛中車輛的碰撞運算測試。在我們的實驗中以一筆記型電腦模擬為移動中之車輛，而 GPS 訊號的來源即為上述之 GPS Gate 模擬器所產生。另外，車間通訊的部份，目前先暫以 UDP 廣播封包代替 DSRC 中的

WAVE 封包。在使用者界面的部份，若系統可以連接到網際網路，則在畫面上呈現以 Google MAP 的方示顯示，並將所接收到的鄰居車輛一併顯示於畫面中，如圖 8 與圖 10 所示。若系統無法連接網路，則將以車輛的相對位置呈現鄰居車輛的資訊，如圖 9 所示。在本系統中，E-MAP 只使用於位置關係的呈現，與車輛碰撞運算無關係，因此 CCPW 不會因不同版本的 E-MAP 而產生計算上的錯誤。

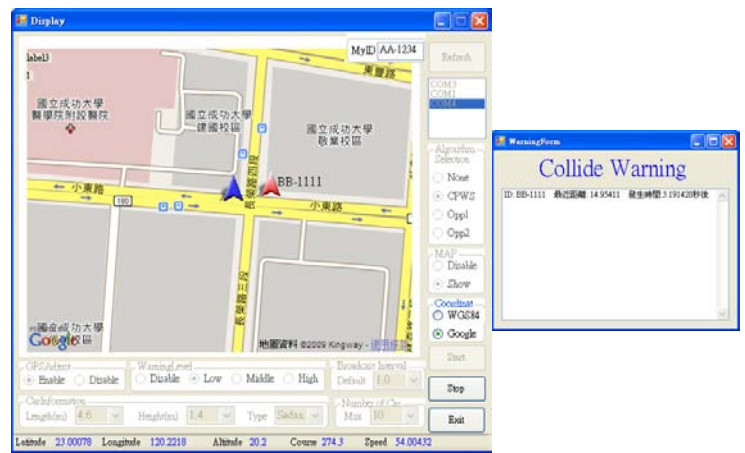


圖 8 2 Cars Simulation

圖 8 中顯示兩輛行進中車輛的情況。使用者可以在開始前先行設定某些參數，如警示等級(Warning Level)等。當 CCPW 查覺即將有碰撞發生時，圖 8 中右方之 Collide Warning 便會正確出現警示給駕駛者，並於危險解除後關閉警示。否則，將只有主畫面的 Display。

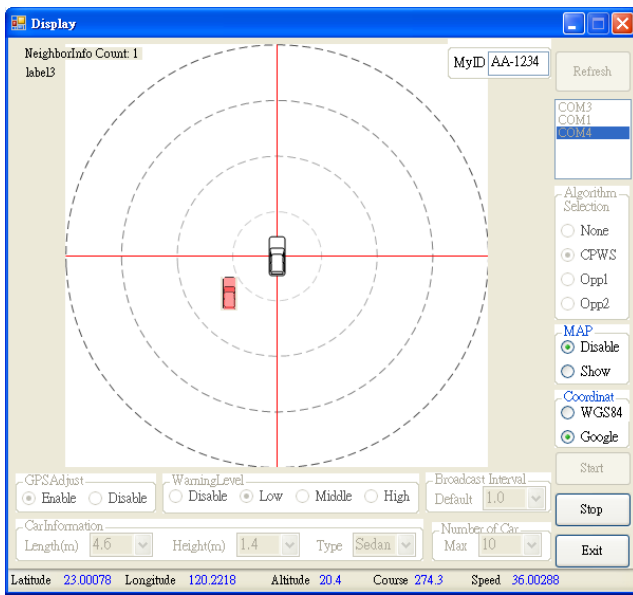


圖 9 Cars Simulation - MAP Disabled

當系統無法連接至網際網路時，系統將以相對的位置關係圖呈現鄰近車輛的位置，如圖 9 所示，其中圖形的正上方(北方)為本車的行駛方向。在圖 9 中，最外圍的虛線至本車的中心位置設計為 250 公尺。同樣的，若有可能發生碰撞，仍會出現如圖 8 右方圖示之警示訊息給駕駛者。

圖 10 為四輛行進中車輛的模擬示意圖。從圖中來看，所設計之系統可以正確呈現鄰近車輛的資訊，以及在發生碰撞前正確的顯示警示訊息給駕駛者。



圖 10 4 Cars Simulation

五、 結論

車輛駕駛安全是一直存在的議題，相關研究人員不斷地以更先進的技術提供更佳的安全系統來保護駕駛者與乘客。在本研究中，為了在車輛發生碰撞前提早發送警示給駕駛者，提出了協同式車輛碰撞預警系統(Cooperative Collision Pre-Warning System for Vehicle, CCPW)的研究。CCPW 是一種利用車間通訊的方式，傳遞交換車輛彼此間的資訊，而進行碰撞運算，其運作的方式不需感測器或雷達、Infrastructure、E-MAP 裡的路口位置資訊等等，便可正確的於碰撞發生前提出警示給駕駛者，以減少事故發生的機會。在本研究中所進行的模擬實驗結果顯示，CCPW 有非常高的警示成功率，唯有在路口車輛過多時發生封包碰撞時會降低些許的警示成功率。此外，為了讓 CCPW 能普遍的應用，我們實做了系統的開發，不需借助 E-MAP 裡的資訊即可正確的判斷是否發生碰撞。在實做的系統中，其 E-MAP 將只是用以輔助車輛位置的顯示，與碰撞警示無直接關聯性。

在未來的研究中，將持續以系統開發、CCPW 的效能改進等為主要研究目標，以解決目前 CCPW 只能適用較特定的情況。根據本研究的結果，未來將以三大主題進行研究：1.降低路口封包的碰撞率，以提高在車輛密度較高時的警示成功率。2.提高 GPS 定位的正確性。GPS 接收器的精確度將直接影響警示的正確率，若 GPS 的定位誤差過大，則可能導致 CCPW 的正確性降低。另外，若 GPS 的準確度提高至一定程度，CCPW 可直接對車道變換之車輛發出碰撞預警的效果。3.改善 CCPW，使其能運作於較多的真實環境中。

六、 Reference

- [1] http://culture.edu.tw/history/smenu_photome_nu.php?smenuid=542&subjectid=923
- [2] <http://www.autooo.net/utf8-classid36-id3188.html>
- [3] <http://safety.iot.gov.tw/techknowledge/files/先進大客車安全配備簡介.pdf>
- [4] http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=28611
- [5] IEEE Std. 1609.1-2006: IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Resource Manager” IEEE Standard 1609.1, October 13, 2006
- [6] IEEE Std. 1609.2-2006: IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments—Security Services for Applications and Management Messages” IEEE Std 1609.2, July 6, 2006
- [7] IEEE Std. 1609.3-2007: IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)—Networking Services” IEEE Std 1609.3, April 20, 2007.
- [8] IEEE Std. 1609.4-2006: IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)—Multi-channel Operation” IEEE Std 1609.4, November 29, 2006.
- [9] KyungBok Sung, JaeJun Yoo, DoHyun Kim, "Collision Warning System on a Curved Road using Wireless Sensor Networks", IEEE 66th Vehicular Technology Conference, VTC-2007 Fall.
- [10] 汽車世界專稿-Suen, “全美爭相研發新型十字路口安全技術”, http://www.autowld.com/article/2008/0715/article_1507.html
- [11] 日經 BP 社, “福特發佈安全系統”, http://big5.nikkeibp.co.jp/china/news/auto/aut_o200807160120.html
- [12] Flora Dilys Salim, Seng Wai Loke, Andry Rakotonirainy, Bala Srinivasan, Shonali Krishnaswamy, "Collision Pattern Modeling and Real-Time Collision Detection at Road Intersections", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2007.
- [13] F. D. Salim, S. W. Loke, A. Rakotonirainy, S. Krishnaswamy, “U&I Aware: A Framework Using Data Mining and Collision Detection to Increase Awareness for Intersection Users”, IEEE International Symposium on Ubisafe Computing, 2007
- [14] IEEE Std. 802.11-2007: IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications” IEEE Std 802.11, June 12, 2007