

應用短距通訊實現車隊防撞警示

許展維、梁智能、陳柏全、柯亮宇、黃皇賓
財團法人車輛研究測試中心

一、中文摘要

近二十年來隨著資通訊與車輛電子產業的進步，智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems, ITS)與智慧型車輛(Smart Car)的發展已成為世界各國極力投注資源改善交通運輸的趨勢。另外諸多駕駛者行駛易超速或是習慣性超時工作而導致疲勞、精神狀態不佳，而造成諸多車禍事故的發生。加上週休二日的團體出遊也越來越熱絡，車隊溝通的聯繫大多用手機或無線電以語音溝通，更甚者數據傳輸透過行動通訊網路(HSDPA/WCDMA/GPRS)經由後台雲端運算，達到監控通訊的目的，然而前者亦造成駕駛者的分心，後者提供的資訊缺乏即時的安全碰撞警示。

本文主要介紹一種利用短距通訊達成具車間數據通訊與碰撞預警的車隊防撞警示系統(Cooperative Collision Warning System, CCW)，實現即時車隊資訊廣播和避免碰撞的合作式數據交換。CCW 系統的概念是基於單向廣播鄰近車輛動態訊息，提供駕駛者鄰車車況以及碰撞的預防

警示。其中系統的優點是利用短距通訊作全向性的傳輸/接收，提供本車 360 度監視範圍於螢幕地理圖資畫面。為了達到車隊的通訊與防撞需求，系統關鍵在於具有訊息轉傳與碰撞點預測的能力，因此 CCW 系統軟體包含群集信息廣播(geocasting)與碰撞預防的演算法，然後實現整合短距通訊、GPS 定位於嵌入式系統，從車輛的定位數據和車身動態資訊，文中提供了衝突偵測作為時間預警，亦考量了 GPS 的定位誤差，進行了理論應用與硬體的結合，實驗包含靜態的封包傳輸測試與動態預警實測，其中靜態測試距離從 0 至 200 公尺，動態測試則以車輛中心的道路為示範區。

二、前言

在台灣每年約有 2 千人 24 小時內死於交通意外(A1 類交通事故)[1]，在世界主要先進國家道路交通事故，台灣的死亡率高居第一。車輛意外通常由許多不同的因素造成，如雨天、車速過快、駕駛不專心或盲點區域，通常百分之九十五以上主要

的原因歸咎於駕駛者的行為疏失。於是政府投入大量的資源與政策的推動，增加交通基礎建設的設備與服務，希望能夠增加交通安全、運輸流量與動態行車資訊等，進而減少意外的發生或傷亡，然而，死亡或受傷的統計數字卻仍然相對平穩，在於越來越多的車輛密度或疲勞駕駛等因素。

近十多年來由於週休二日的實施，導航機的普及應用，越來越多的人在週末使用導航機出外團體旅行，導航設備能在任何天氣皆能夠快速定位與提供高精度位置，雖然可以很容易由導航圖資知道自己本車的位置，然而團隊旅遊卻無法即時提供鄰車的狀況、位置。近年 ITS 的發展，網路通訊往往扮演相當重要的角色，透過 WiFi 技術，如藍芽、WiMAX 或短距離通訊[2]，Ad Hoc 網路不需任何的基礎設施，可避免像行動通信網路封包阻塞與服務可用率的缺點。事實上，藉由信息的溝通，可能的緊急情況或危險事件是可以事先避免，因此交換的數據可以用來改善安全意識周邊車輛的速度、位置和方向。為了達成與鄰車間行車安全資料的交換，歐、美、日三大陣營在短距車載無線通訊 (Dedicated short-range communications, DSRC)，各自提出自己的標準，其中日本

標準為完全自訂的 ARIB STD-T75 標準，與歐美標準不相容。美國的 DSRC 標準為 IEEE 802.11 與 IEEE 1609/WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) 系列 [3-5]，IEEE 802.11p 是由 WiFi 的 IEEE 802.11a 所修改而來，並針對快速行進的車輛環境中所設計的，減少連線及傳送資料的網路負擔，在本系統 802.11p 的車間通訊協定已被內嵌於系統軟體。在歐洲則是由 C2C-CC 組織來制定歐洲的 DSRC 標準，而歐洲的標準大部份皆是參考 IEEE 802.11p 再修改成適用於歐洲的版本。

為了實現高效率的信息廣播，群集廣播在感測器網路是很常被討論的一個課題，群集廣播主要針對目標區域網路節點作多跳式 (Multihopping) 的訊息廣播。在車間通訊領域，諸多重要文獻方法於近年來陸續被提出，系統延遲方面，Bachir 提出傳播延遲時間的分佈式計算與動態傳遞概念[6]，在廣播方式，Maihöfer 提出一 Ad Hoc 網路的車間通訊概念[7]。

本文提出的 CCW 系統使用嵌入式微處理器作為處理短距通訊單元、車輛單元與 GPS 定位單位，實現車隊通訊和碰撞預警。其中 GPS 模組每秒可提供精確的定位和航向，短距通訊模組具傳輸速率高的

特點，橋接鄰近車輛的數據通訊，廣播或轉傳車輛信息或位置。車輛單元，藉由霍爾感測器提供本車運動速度，具有比 GPS 較高的穩定度。此外，該車輛單元亦通過控制器區域網絡 (CAN) 介面接收煞車和油門信號。然後 CCW 系統整合蒐集的資訊與所發展的演算法，作多跳廣播與防撞計算，實現車隊碰撞預警。

三、車隊防撞警示系統架構

於 2006 年車輛中心就開始發展車間通訊防撞警示系統，至今，已完成階段性的系統開發，圖一為車輛中心發展中之系統平台架構。

圖中左圖 A 車的 CCW 系統核心為一嵌入式系統，連結 CAN 網路擷取車身訊號 (速度、油門、煞車)，然後加入 GPS 定位的位置、航向資訊，資訊整合後透過短距通訊模組傳輸本車資訊，同時通訊模

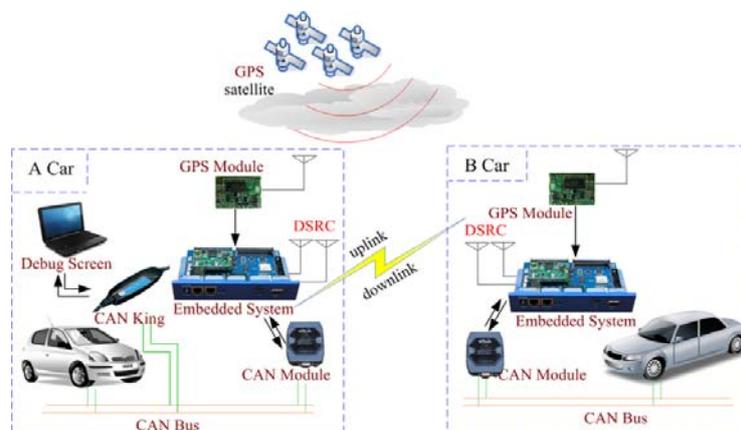
組也會接收鄰車傳送出的資訊，資訊整合後可顯示資訊於客制化螢幕，圖中車間通訊介面連接主要是使用 802.11p 與 UDP 協定，內部通訊使用 CAN 2.0A 協定[8]。

3.1 CCW 系統車間通訊

一般車載無線通訊模式可分為下列四大類型，分別為車內通訊、車外通訊、車路通訊及車間通訊。車內通訊如藍芽與 UWB，但其覆蓋率太低，車外如 3.5G 行動通信，其涵蓋率較高，但通訊延遲卻不符合需求，以 UDP 與 TCP 模式而言，時間延遲約為 0.8 秒與 1 秒[9]，就設計需求面來看，選擇 DSRC 需求如表 1 所示[10]。

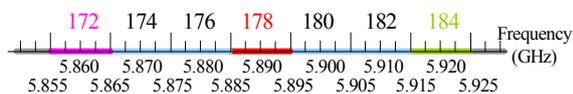
需求	功能	DSRC
涵蓋率	R300 公尺	傳輸/接收 R300~1000 公尺
傳輸率	足以傳輸多車資訊	處理車輛 3~27 Mbps
工作模式	Non-IP 高可靠度	運動資訊 資訊廣播 資料擷取
即時性	<100ms	雙向式資訊交換 延遲約為 50ms

表 1、通訊需求比較



圖一、防撞警示系統架構

在通訊頻譜中歐洲與美國皆使用 5.855~5.925GHz 的頻段，在歐洲頻段的使用規劃，5.885 到 5.895GHz 是屬於控制與緊急性安全專用的頻道，5.895 到 5.905GHz 則是分派為緊急性的安全專用頻道，5.875 到 5.885GHz 作為道路交通安全與改善交通效率使用，其餘作為與非安全相關的通訊。然而在美國所分配的頻道中，每個通道分配 10MHz，共分成 7 個頻道，其中在 5.890GHz(Ch178)為控制與緊急性安全專用的頻道與歐洲相同，車對車安全性相關的應用頻道被分配在 5.860(Ch172)與 5.920GHz(Ch184)頻段，如圖二所示。



圖二、美國短距通訊頻譜

3.2 CCW 系統定位功能

GPS 定位模組採用 NMEA-0183 格式標準，輸出速率為 9600 位元、資料位元為 8 位元、停止位元是 1 位元以及無同位元檢查。系統中的定位功能採用環天科技 BU-353 模組，核心是 SiRF 三代晶片以及介面為 USB，具有高靈敏度、低功耗 (80mA(avg.) @4.5~5.5V) 與快速定位 (Hot-1 秒) 的能力。CCW 系統則是擷取

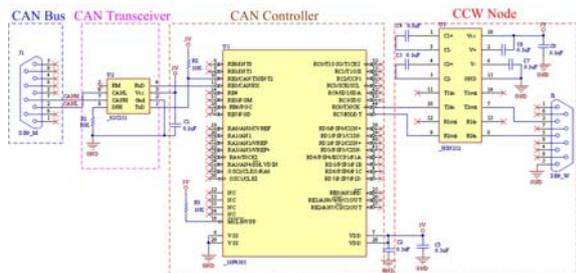
模組輸出 GPGGA 或 GPRMC 格式資訊，得知本車的位置與航向。

3.3 CCW 系統車身網路

CCW 系統採用的控制區域網路 (CAN)，是由 Bosch 公司在 1983 年為汽車應用而發展的網路系統，1993 年成為 ISO-11898 的國際標準，CAN 匯流排採用雙線串行通訊方式、非同步的多主機通訊協定，作為汽車或工業應用上各電子控制模組、感測器和制動器之間的通訊連結介面。其特色是基於 CAN 協定中的信息導向機制[11-12]，不需要定義每一個站台(節點)的位址，而是定義每一筆信息的識別碼 (ID)。識別碼必須是整個網路中獨一無二的，其不僅用以分辨信息的內容，也定義信息的優先權，通訊就可以經由仲裁 (arbitration) 傳送，確保不會延誤重要資料。

因此 CCW 系統透過 CAN 匯流排擷取行車的車速 (0x61)、煞車 (0x25) 和油門 (0x21) 開度情況，資料內容以車速來講，識別代碼是 0x61，資料欄只有一個位元組 (表示 0 kph 到 255 kph)，更新時間為 20ms。其餘煞車資料欄僅用一個位元代表車子是否踩煞車，油門則使用 5 個位元表示油門踩的比例大小。

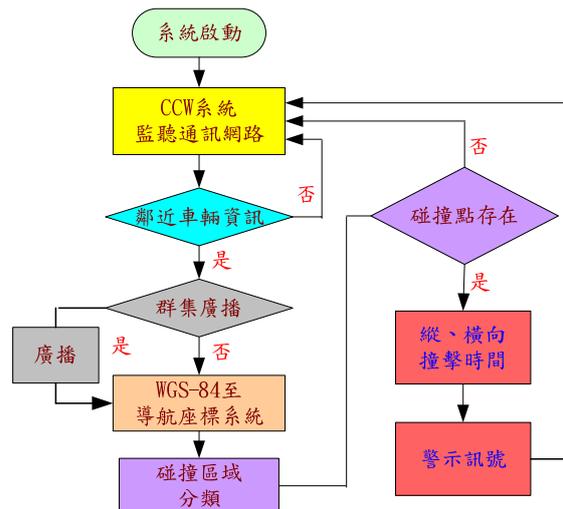
車身信號擷取電路採用 PIC18F4585 為 CAN 控制器和 PCA82C251 的收發器，收發器將控制器傳來的訊號轉換成電子差動訊號傳送至匯流排，圖三表示右邊為 CCW 系統管理者節點，透過中間的控制器與左方收發器進行傳送或接收。



圖三、車身訊號擷取電路

四、系統演算法

車隊防撞警示演算法流程分為四個工作項目，如圖四所示，系統啟動後，本研究之演算法會先使用邏輯判斷傳輸出來的車載資訊是否需要轉傳，若不需轉傳直接經由座標系統轉換後，然後建立本車與鄰車的幾何防撞模型[13-15]，再進行碰撞區域分類與碰撞點判斷，若無危險性，系統進入等待聆聽模式，等新的資訊進來，反之，當產生碰撞危險時，系統需要估算出碰撞點的位置以及估測本車到碰撞點的時間是否小於行駛的安全值，然後進行畫面的提醒或聲音的警示，以達成鄰近車隊的資訊傳輸與防碰撞預警的功能。



圖四、CCW 系統演算法流程圖

4.1 碰撞估算與導航座標轉換

系統會先使用本車與鄰車的行車資訊，進行概略地相對距離計算，主要是為了減少整體的計算量，並不需把每輛車都拿來精確防撞計算。(1)式是使用兩車的緯度(Λ)、經度(λ)與高度(h)作圓距離估算(Great-Circle Distance)，式中數字為每一度緯度與經度的大約距離，其中本車座標位置為($\Lambda_0, \lambda_0, h_0$)、相鄰車輛座標位置為($\Lambda_1, \lambda_1, h_1$)。

$$D = \{[110946.2573 \times (\Lambda_1 - \Lambda_0)]^2 + 111319.4907 \times (\lambda_1 - \lambda_0)^2\}^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

若是從式(1)計算的距離在所設定的警視範圍內，則需要進行細部計算，所以接下來會把各車的經緯度座標換算成相對區域導航座標，由於地球為橢球，所以並不能單純視為笛卡兒座標系統，因此計算座標轉換的流程包含三個步驟[16-18]。

步驟 1: 計算衛星座標系統(WGS-84)至大地座標系統(ECEF)

$$\begin{bmatrix} x^E \\ y^E \\ z^E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+h)\cos\Lambda\cos\lambda \\ (N+h)\cos\Lambda\sin\lambda \\ N(1-e^2+h)\sin\Lambda \end{bmatrix}, N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\Lambda}}$$

a: 橢球半徑, e: 離心率, f: 扁平率.....(2)

步驟 2: 計算鄰車相對於本車之大地座標

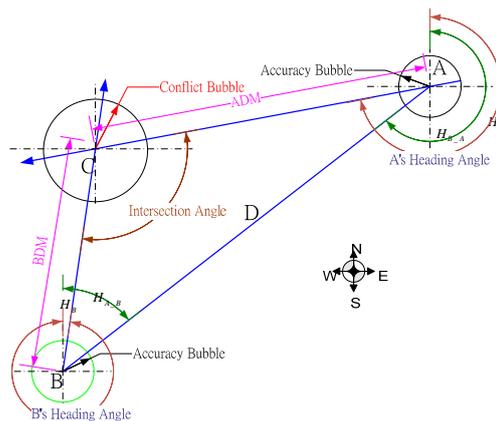
$$\Delta p = \begin{bmatrix} x_1^E - x_0^E \\ y_1^E - y_0^E \\ z_1^E - z_0^E \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

步驟 3: 大地座標至導航座標系統(NED)

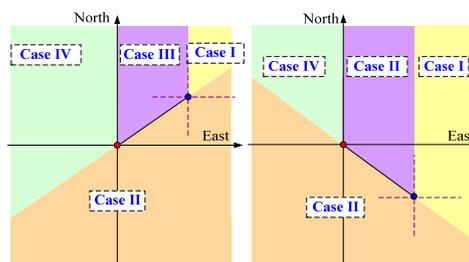
$$\begin{bmatrix} x^N \\ y^E \\ z^D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos(\lambda_0)\sin(\Lambda_0) & -\sin(\lambda_0)\sin(\Lambda_0) & \cos(\Lambda_0) \\ -\sin(\lambda_0) & \sin(\lambda_0) & 0 \\ -\cos(\lambda_0)\cos(\Lambda_0) & -\sin(\lambda_0)\cos(\Lambda_0) & -\sin(\Lambda_0) \end{bmatrix} \times \Delta p \dots\dots\dots(4)$$

4.2 區域防撞判斷與碰撞點估測

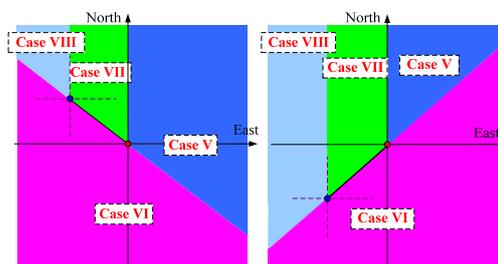
前節座標轉換，可算出兩車的相對導航座標，接著判斷兩車是否會發生碰撞，因此需要利用相對位置建立碰撞幾何。假設本車位置為 B 點，鄰車為 A 點，C 為可能發生的碰撞點，並假設定位點有一誤差範圍[19]，經由整理之後，幾何關係總共有八種對應，圖五為其中一種幾何關係。關係圖的方向以正 X 軸為東邊(E)，正 Y 軸為北邊(N)，加上個別的航向成為三角幾何。當利用幾何位置建立三角關係式，八種可能的關係經過推導與驗證，可使用圖六與圖七表示其碰撞可能發生的位置，為了能夠實現於嵌入式硬體，表 2 與表 3 規則化後來代表所有可能的區域碰撞分類。



圖五、碰撞幾何關係



圖六、碰撞點於 Quad I 與 IV



圖七、碰撞點於 Quad II 與 III

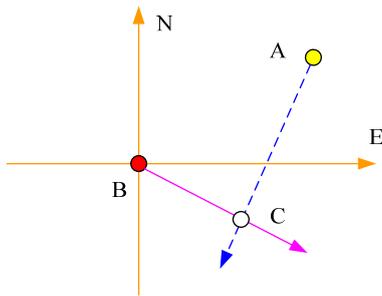
Angle	Collision cases			
	Case I	Case II	Case III	Case IV
$\angle A$	$2\pi - H_{BA} + H_A$	$H_{BA} - H_A$	$H_A - H_{BA}$	$H_A - H_{BA}$
$\angle B$	$H_{AB} - H_B$	$H_B - H_{AB}$	$H_{AB} - H_B$	$2\pi - H_{BA} + H_A$

表 2、Quad I&IV 的碰撞幾何角度關係

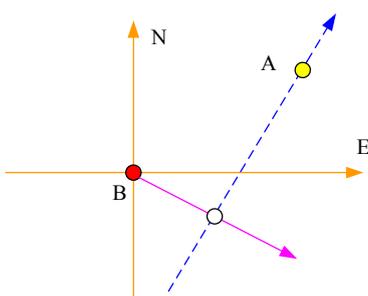
Angle	Collision cases			
	Case V	Case VI	Case VII	Case VIII
$\angle A$	$H_{BA} - H_A$	$H_A - H_{BA}$	$H_{BA} - H_A$	$2\pi - H_A + H_{BA}$
$\angle B$	$2\pi - H_{AB} + H_B$	$H_{AB} - H_B$	$H_B - H_{AB}$	$H_B - H_{AB}$

表 3、Quad I&IV 的碰撞幾何角度關係

當收到鄰車資訊判斷可能造成威脅時，利用座標系統轉換與碰撞幾何關係建立，將式(4)的關係可以反算兩者的相對角度，如： H_{AB} 代表以B為參考點時A的方位角。接著將所取得的A與B的航向角與相對航向角代入表2與表3，除行進平行外，必會有一關係成立，但這幾何代表兩種意義，一者為未來將有碰撞產生，另一為已經過之反向碰撞點，如圖八與圖九所示。



圖八、未來的碰撞點



圖九、反向碰撞點

確定碰撞點後，就可利用表2與表3確定幾何關係圖的 $\angle A$ 與 $\angle B$ ，而原本已有A至B的距離D，再利用式(5)正弦定理算出A距離裕度(A distance margin, ADM)與

B距離裕度(B distance margin, BDM)，然後利用向量延伸估算出至碰撞點的時間。

$$\frac{\sin(\angle CAB)}{BDM} = \frac{\sin(\angle ABC)}{ADM} = \frac{\sin(\angle ACB)}{D} \dots(5)$$

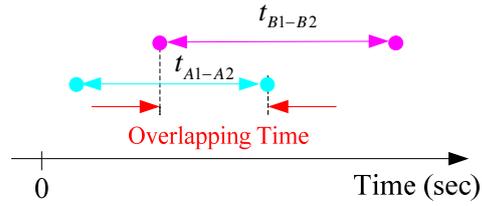
當計算到碰撞點後，接下來根據所計算出來的距離，計算縱向與橫向的碰撞時間，碰撞時間亦考慮定位誤差，通常取95%的信心度為誤差範圍(2σ)，有些文獻甚至會加入人的反應時間約0.5~0.75秒[20]。從式(5)可以算出與碰撞點的距離，然後由式(6)與式(7)算出兩車分別在縱向的碰撞時間。而除了考慮縱向直線運動的撞擊點外，也需要考慮橫向速度的碰撞，因此式(8)利用橫向投影量的分量去計算橫向接近的時間。

$$t_{A1-A2} = \frac{ADM}{V_A} \pm \frac{2\sigma}{V_A} \dots\dots\dots(6)$$

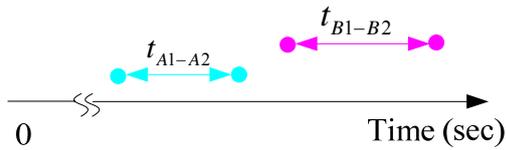
$$t_{B1-B2} = \frac{BDM}{V_B} \pm \frac{2\sigma}{V_B} \dots\dots\dots(7)$$

$$t_{LSM} = \frac{D}{V_B \cdot \cos(\angle A) + V_A \cdot \cos(\angle B)} \dots\dots\dots(8)$$

當計算出縱向與橫向的時間後，接下來就是判定是否確實會碰撞的問題，也就是說幾何關係僅是確定汽車行進是否會有交點產生，現在則是判斷是否真的會發生，當碰撞會發生時，就是具相同的接近時間，也就是碰撞時間會重疊，如圖十所示，圖十一則代表兩車至碰撞點時間不同。



圖十、碰撞區域時間重疊



圖十一、碰撞區域時間遠離

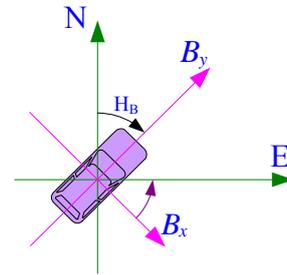
4.3 系統畫面顯示

一般來講，以實際開車情形為例，螢幕顯示主要以本身為畫面中心參考點，並且以自己的行進方向為畫面的上方，車輛的後面為螢幕下方來表示。從前面幾節的方法，當碰撞點與碰撞時間計算完，接著就是要把資料顯示在畫面上。

方法就是把碰撞點位於 NED 座標系統之座標值轉換成在汽車本體座標系統之座標值，從座標系統為 North-East-Down 系統轉換到以自己行進方向為 Y 方向，右邊為 X 方向之座標系統，如圖十二所示。

假設碰撞點在 NED 座標系統的座標值為 $[N, E, D]$ ，轉換後在汽車座標系統之座標值為 $[B_x, B_y]$ 。因汽車航向角為 H_B ，則兩座標系統之角度差恆為 $-H_B$ （體座標轉到 E 方向之角度），因此轉換關係如式(9)。

$$\begin{bmatrix} B_x \\ B_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(H_B) & \sin(H_B) \\ -\sin(H_B) & \cos(H_B) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E \\ N \end{bmatrix} \dots\dots(9)$$



圖十二、導航座標系統轉換至車輛座標系統

4.4 群集廣播(Geocasting)決策邏輯

前幾小節介紹如何估算碰撞點，達到事先預警的效果，然而要達到碰撞預防，有時在路口或車間並無法接收部分鄰近車輛的資訊，此時需要靠訊息轉傳的機制來彌補這個缺點，亦即傳送一個信息節點的資訊至某一區域範圍[21]，在車間通訊廣播，每一輛車都可以廣播自己的車輛動態信息和接收來自鄰車的訊息，感測器網路文獻提出的方法有很多，而車網的群集廣播文獻也有提出一些建議與方法[22]。

本文所使用的短距通訊模組，理論規格是半徑 300 公尺的涵蓋範圍(實際 Open Sky 約 140 公尺)，本系統預計若有訊息轉傳節點，希望能達到 500 公尺的車隊監視範圍。為了要達成群集廣播，有兩個關鍵點是主要判斷邏輯，相對距離與航向角差異，再者系統隨時需要更新廣播出來資

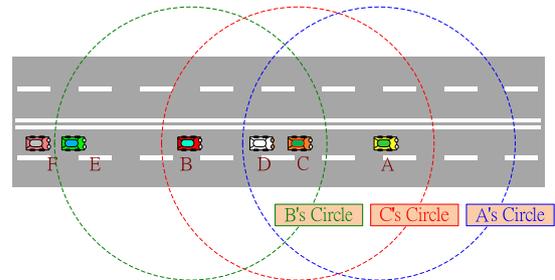
訊，因此傳輸的格式定義了 9 個欄位參數的字串，字串起使字元為“#”，終止為兩個控制字元復位<CR>與換行<LF>，9 個參數欄位為群組識別碼(group ID)、原始廣播節點(source node)、轉傳節點(repeater node)、時間(UTC time)、緯度(latitude)、經度(longitude)、高度(height)、航向(heading)與車速(odometry speed)。參數排列的字串如下：

```
#ARTC,E,,082714,24.059958,120.3837
84,8.6,310.62,63.1
```

圖十三表示為道路直線駕駛的情境，當 A~E 車皆為同一車隊時，訊息才會被顯示在畫面上。以 B 節點為例，B 車的功率範圍可以看到 C、D 與 E 車，然而從 B 車可以判斷功率範圍內車輛的相對距離(經緯度資訊)，發現 C 車無法監視到 E 車，因此此時會透過距離判斷的轉傳機制廣播兩車的動態資訊，同樣地，C 的功率範圍亦會轉傳 A、B 車的資訊，讓監視範圍擴及整個車隊。但系統並不是會連續一直當中繼站轉傳各車的資訊，此時還要考慮兩車的通訊時間與更新時間，若是更新時間先到，就會先進行轉傳工作，反之若兩車相對速度過大，通訊聯繫時間會變短，此時會較早啟動轉傳，而式(10)表示通訊聯

繫時間的計算，輸入資訊為相對位置、功率範圍大小與相對速度來計算。

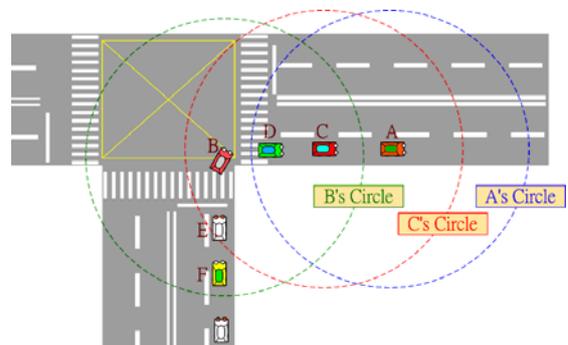
$$C_i = (-V_x \cdot x + V_y \cdot y) + \sqrt{(V_x^2 + V_y^2)R^2 - (V_x \cdot y + V_y \cdot x)^2} / (V_x^2 + V_y^2) \dots (10)$$



圖十三、直線道路駕駛

圖十四為路口轉彎的情境，以 B 車為例，B 車的功率範圍內有 C~F 車，當 B 判斷鄰車航向差異超過設計門檻值，即會把 C~F 都廣播一次，讓前車可以收到後車的資訊，對 C 車來講，C 會廣播 A、B、D 與 E 的資訊，因為透過前兩者的轉傳，A 車可以單純判斷功率範圍內的相對車況。

不管是直線駕駛或是路口轉彎，兩者合併為群集廣播演算法，圖十五為虛擬程式碼的邏輯判斷流程敘述。



圖十四、路口轉彎

```

// Location: B
// group: ARTC
// node: B
// time: B' s time

// Receiving Interrupt
(1) if( (group==ARTC) & (group!=B) )
(2)   put (packet+B' s time) into memory stack.
(3) else
(4)   discard
// Transmitting Interrupt
(5) if( ||Distance of Node_X || > Ri )
(6)   put Node_X into possible transmitting cases.
(7)
(8) for( possible transmitting cases_X ) {
(9)   if( X is the most outer edging point )
(10)    put X into transmitting schedule
(11) }
(12)
(13) for( || Heading difference for X || > H_threshold )
(14)   put X into transmitting schedule
(15)
(16) Transmitting X through DSRC module

```

圖十五、Geocasting 虛擬程式碼

五、系統實現與測試結果

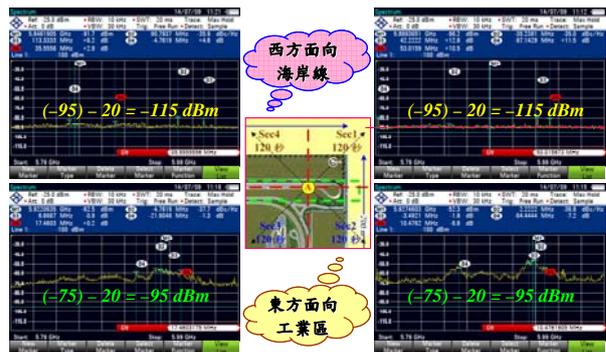
系統平台整合運作，包括靜態試驗與動態預警測試，靜態試驗內容為通訊單元的封包遺失與延遲量測，動態試驗內容為系統整合於車輛研究測試中心廠區作道路測試，如圖十六。



圖十六、靜態與動態測試場地

靜態測試時，選定車輛中心滑行道作為測試跑道，測試前必須先作背景雜訊量測，避免周遭相同頻道干擾，圖十七表示四個方向的量測結果，量測結果介於-115與-95dbm之間，圖中會減去 20dbm 是因

量測喇叭後端多有加一個 20dbm 的放大器，當確定背景沒有明顯的干擾源，隨即進行不同距離的定點測試，測試方法是使用 iperf 進行流量統計，每次發射 1000 個封包，當接收成功率達到 2 個標準差，算一次的成功次數，經由連續計時與多次測試統計之結果如表 4。由測試結果可發現使用的模組封包具遠距離遺失率高與較久的延遲時間，但在 100 公尺內的範圍還是具有不錯的表現。



圖十七、背景頻譜功率量測

距離 (m)	封包遺失率 (%)	時間延遲(msec)
+200	76	654.8
+100	70	461.7
0	55	19.6
-100	66	668.6
-200	54	361.3

表 4、封包遺失率與時間延遲測試

圖十八左側表示 CCW 系統整合後的實作平台，藍色盒子內為一嵌入式系統、短距通訊模組，連接線為 DSRC 天線與

GPS 模組，圖十八右側為實際操作情形，車上螢幕可透過 CAN 網路擷取相關資訊，把鄰車狀況顯示於廠區圖資畫面。



圖十八、CCW 系統平台

當系統裝置於車上完成架設，動態測試規劃群集廣播測試與防撞預警測試。圖十九表示三輛車在 ARTC 廠區道路，當車輛進入路口即將消失於監視範圍內，此時中間車輛會透過群集訊息廣播機制，把前後兩輛的資訊再傳送一次。圖二十實驗為測試長距離的可用性，圖中最遠兩輛車距離約 200 公尺，依然可經由群集訊息廣播得到彼此的位置。



圖十九、T 字路口群集廣播測試



圖二十、遠距離群集廣播測試

圖二十一展示路口防撞測試，測試中展現兩輛車各自從一側道路行駛出來，當駕駛者沒有特別注意遠方車輛靠近，則有可能進入路口時會發生碰撞，經由聲音的警示與畫面提醒，可以免除交通意外的發生，而且駕駛者可以充分了解 360 度的車況。圖二十二為另 T 字路口測試，當車子行經被遮蔽的道路時，從 T 字道路往主幹線移動，經由動態車輛訊息的傳輸，CCW 系統會幫駕駛者判斷前方路口的周遭狀況，達到事先預防的效果。



圖二十一、路口防撞測試



圖二十二、T 字路口防撞測試

六、結論

本文提出車隊防撞警示的概念，系統整合了短距通訊、GPS 定位與車身訊號，成為一個具合作式的防碰撞警示系統，從規劃設計、時序安排到驗證實現，系統利

用微處理器設計方法整合了各個次系統，並使用實車作完整有效地測試與分析，藉由動態行車資訊的上傳與下載，提供車隊駕駛者完整 360 度鄰車車況。文中提出的防撞警示演算法，從碰撞估算與導航座標轉換、區域防撞判斷與碰撞點估測、系統畫面顯示方法到群集廣播決策邏輯，能夠有效地解決車隊通訊聯繫與提供碰撞的預警成果。

七、未來展望

車隊防撞警示系統除了可以作安全應用外，其所搭載短距通訊單元未來應可結合即時交通與道路資訊的擷取、醫療緊急照護、文化創意服務、電子收費或多元整合服務(影音、娛樂、遊戲、網頁瀏覽、電子商務與防盜等)使用，進而達到智慧化生活的目的。

因此車載資通訊產業的推動，具有節能減碳、行車安全的效益，進而減少交通擁擠與車禍意外的發生。

八、致謝

本研究感謝經濟部技術處科專計畫補助(計畫編號:99-EC-17-A-04-02-0803)，使本文得以順利完成。

九、參考文獻

- [1] "Death Statistics from 1999 to 2008 of Road Traffic Safety Portal Transportation in Taiwan". Available at <http://168.motc.gov.tw/GIPSite/wSite/ct?xItem=27271&ctNode=1389&mp=1>
- [2] R. Sengupta, S. Rezaei, S. E. Shladover, et al., "Cooperative Collision Warning Systems: Concept Definition and Experimental Implementation," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Vol. 11, Issue: 3, July 2007, pp. 143-155.
- [3] IEEE P802.11p, Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)
- [4] IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-channel Operation. IEEE 1609.4, 2006.
- [5] IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Networking Services. IEEE 1609.3, 2006.
- [6] A. Bachir, A. Benslimane, "A Multicast Protocol in Ad hoc Networks Inter-Vehicle Geocast," *Vehicular Technology Conference*, Vol. 4, Issue: 22-25, April 2003, pp. 2456-2460.
- [7] C. Maihöfer, R. Eberhardt, "Time-Stable Geocast for Ad hoc Networks and its Application with Virtual Warning Signs," *Computer Communications*, Vol. 27, Issue: 11, July 2004, pp. 1065-1075.
- [8] Controller Area Network (CAN): An In-Vehicle Serial Communication Protocol, SAE Handbook, New York, SAE Press, 1990, pp. 20341-20355.
- [9] C. E. Lin, C. W. Hsu, Y. S. Lee, et al., "Verification of UAV Flight Control and Surveillance using Mobile Communication," *AIAA Journal of Aerospace Computing, Information and Communication*, Vol. 1, No. 4, April 2004, pp. 189-197.
- [10] D. Jiang, V. Taliwal, A. Meier, "Design of 5.9

- GHz DSRC-Based Vehicular Safety Communication,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 13, Oct. 2006, Issue: 5, pp. 36-43.
- [11] C_CAN User’s Manual, Robert Bosch GmbH, 2000. Available at http://www.bosch.de/de_e/productworld/k/products/prod/can/docu/Users_Manual_C_CAN.pdf.
- [12] S. Poledna, “The Time-Triggered Communication Protocol TTP/C”, *Real-Time Magazine* 98-4, 1998, pp. 98-102.
- [13] M. A. Christodoulou, S. G. Kodaxakis, “An Automatic System for Aircraft Collision Avoidance in Free Flight: the 3D Problem,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, Vol. 7, No. 2, June 2006.
- [14] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion, “Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety,” *IEEE Communications Magazine*, Vol. 44, Issue: 1, 2006, pp. 74-82.
- [15] Kato, S., Tsugawa, S., and Tokuda, K., “Vehicle Control Algorithms for Cooperative Driving with Automated Vehicles and Intervehicle Communications,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 3, Issue: 3, 2002, pp. 155-161.
- [16] K. R. Britting, *Inertial Navigation Systems Analysis*, New York: Wiley-Interscience, 1971, pp. 30-43, 44-78.
- [17] D. J. Biezad, *Integrated Navigation and Guidance Systems*, Reston: AIAA Publications, 1999, pp. 15-35, 39-71.
- [18] J. S. Wolper, *Understanding Mathematics for Aircraft Navigation*, New York: McGraw-Hill, 2001, pp. 42-71, 151-158.
- [19] C. E. Lin, S. J. Hung, “A Collision Avoidance Algorithm for Helicopter Flight Director and Surveillance System,” *AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, Denver, Colorado, USA, Aug. 16, 2000, AIAA-2000-4249.
- [20] J. W. Muttart, “Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis,” *Society of Automotive Engineers*, March, 2003, No. 2003-01-0885, pp. 1-21.
- [21] I. Stojmenovic, "Geocasting with Guaranteed Delivery in Sensor Networks," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 11, Issue:6, Dec. 2004, pp. 29-37.
- [22] C.T. Chen, S. Tekinay, S. Papavassiliou, "Geocasting in Cellular Ad hoc Augmented Networks," *Vehicular Technology Conference*, Oct. 2003, Vol. 3, pp.1858-1862.