

車載通訊物聯網應用於即時性十字路口行車安全

Real-time Vehicular Safety Technology and Applications for Intersection Movement Assist

趙永晟

Yung-Cheng Chao

中文摘要

本系統透過車載短距通訊(WAVE/DSRC)技術輔以雷達掃描十字路口周遭車流環境及行進中車輛即時動態GPS位置取得當下經緯度、車速、方向等資訊並將其廣播給周遭駕駛以供駛入該十字路口區域的車輛獲得精確的橫向來車即時警示資訊，使縱向車道的車輛大幅提升行車安全。最後根據實車展示結果，該系統能有效率且精準地通知駕駛人，同時過濾掉不必要的假警報警示，進而改善整體用路人安全及品質。

Abstract

In the proposed systems, it is applied by the technology of Wireless Access in Vehicular Environment/Dedicated Short Range Communication (WAVE/DSRC) combining radars installed against the intersection scanning the surroundings and Global Positioning System (GPS) of vehicles to access vehicular speed, latitude, longitude, direction, and other information immediately. The above information will be gathered into DSRC On-Board Equipment (OBE) of the vehicle around the intersection. Meanwhile, it will provide real-time transverse alerts to the vehicles. In this paper, based on theoretical analysis and field trial, it is revealed that the proposed system can warn the driver efficiency, improve traffic safety, and avoid unnecessary false alarms.

關鍵詞(Key Words)

十字路口安全防撞 (Intersection Movement Assist ; IMA)

車用無線網路 (Wireless Access in Vehicular Environment ; WAVE)

短距無線通訊 (Dedicated Short Range Communication ; DSRC)

1 · 前言

近年來，行車安全輔助的功能是世界級車廠一直以來追求的目標，如何減少到零事故、零傷亡，也是各國交通單位、政府部門迫切關注的話題；因此，美國交通政府部門、車廠業者、學術單位提出一系列智慧運輸系統相關研究計畫，如IntelliDrive(sm) [1]；CAMP/VSC-2

[2-3]；CICAS [4]；SafeTrip-21 [5]；California PATH [6]。其中又以“十字路口”為交通事故最容易發生的地點，本篇論文係利用美國交通部及美國各大研究機構、車廠與其供應商成立之車間短距無線通訊技術(Wireless Access in Vehicular Environment/ Dedicated Short Range Communication; WAVE/ DSRC) [7-9]，經過四

年(2008~2011)制定，完成以IEEE 1609/IEEE 802.11p [10-15]為車載短距無線通訊協定標準，以IEEE 802.11p與IEEE 1609.4為實體層與MAC層，IEEE 1609.3為網路層、IEEE 1609.2為安全子層、IEEE 1609.11與SAE J2735 [16]為應用層。其運作頻率在5,855 ~ 5,925MHz，並分成7個獨立的頻道，分別為Channel 172、Channel 174、Channel 176、Channel 178、Channel 180、Channel 182、Channel 184，各頻道均為10MHz；Channel 178為控制頻道(Control Channel；CCH)，負責廣播WSA (WAVE Service Advertisement)封包，其他頻道為服務頻道(Service Channel；SCH)，只能傳遞WSM (WAVE Short Message)封包。

在本文協同式行車安全應用下，要求每一輛汽車配備車機與全球定位系統(Global Positioning System；GPS)接收器，行駛中的車輛經由全球定位系統獲得本身及時經緯度位置、行駛車速、航行方向與時間，再藉由車機週期性地廣播該即時資訊，給週遭行駛車輛，降低車禍與事故之發生，然而不幸的是，目前市售的GPS精準度無法滿足車道級定位；車用導航機或手機之定位誤差約5~15公尺不等，於空曠處，其誤差較小，接近5公尺，但於都會區內，因高樓林立，導致到接收端多路徑影響，降低GPS衛星定位效能，是故其定位準確度誤差較大，最大可達15公尺或更多；再者，一般道路其車道寬度約1.5個車身，約4公尺，故其定位誤差足以橫跨2~4個車道；且協同式行車安全訴求涵蓋都會區，都會區擁有較多行駛車輛，彼此同時廣播本身資訊，進而建立整體用路人安全環境；然而，GPS定位精準卻在都會區內卻是最差的。

本論文研發結合十字路口雷達與車間通訊技術，針對十字路口建立鳥瞰圖表，進而形成橫向來車緊急警示系統，提高警示精準度，使車間通訊應用於十字路口防撞系統邁向商業化水準。將可大幅提升民眾裝車載通訊裝置之意願。本篇將依序章節介紹十字路口即時動態全景鳥瞰之動機、系統架構與功能、系統運作與

訊息流程，接著再進行實車實路之測試與分析，最後作總結。

2. 系統架構

在本節中，我們依序介紹十字路口安全防撞系統架構，整個系統架構分成三部分：

2.1 路側端

透過車載短距通訊結合雷達偵測危險車輛之危險駕駛警示系統，使駕駛人得以獲得高精確度之危險警示，使駕駛人能在視線受阻的情況下，當十字路口前發生碰撞可能時，駕駛人能迅速得知此突發事件避免追撞肇事。路側端透過4G與後台端介接，透過有線乙太網路介接路口的號誌與CMS顯示看板，並以車載短距離通訊(DSRC)廣播路口相關資訊給車載單元(OBU)，本章節將針對IMA路側端系統架構設計，系統架構、系統與周邊組件說明，並進一步說明RSU分別與車載端、後台端、號誌、CMS之間的介接設計與描述，如圖1。

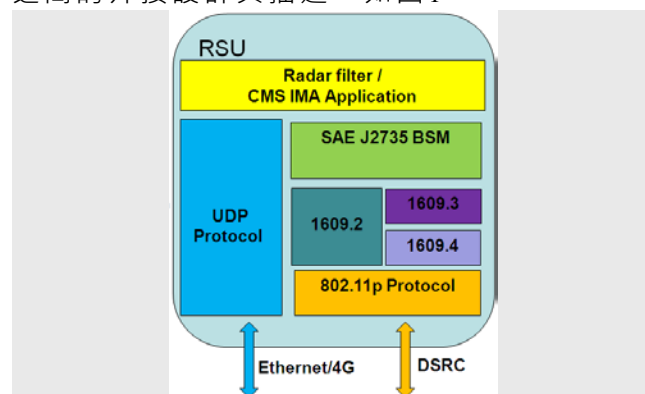


圖 1 路側端系統架構圖

2.2 車載端

透過車載短距無線通訊結合雷達偵測危險車輛之危險駕駛警示系統，使駕駛人得以獲得高精確度之危險警示，使駕駛人能在視線受阻的情況下，當十字路口發生前在碰撞可能時，駕駛人能迅速得知此突發事件避免追撞肇事。車載端透過4G與後台端介接，透過藍芽通訊與手機介接，並以車載短距離通訊(DSRC)廣播路口演算法判斷後的警示資訊給路側單元(RSU)，本章節將針對IMA車載端系統架構設計，系統架構、系統與周邊組件說明，並進一

步說明車載端分別與路側端、後台端、顯示平台之間的介接設計與描述，如圖2。

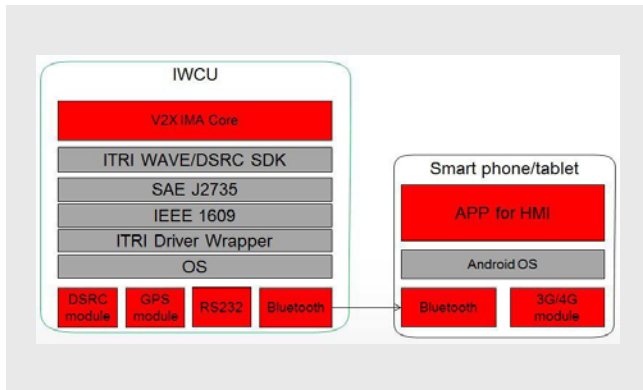


圖 2 車載端系統架構圖

2.3 後台端

主要功能為具有能接收並管理相關路邊設備之後台管理系統如圖3，其實作範圍包含：雷達資料接收功能：透過接收UDP封包，來解析路口雷達之各物件資料，物件包含位置、速度以及車身長度等資訊。另外，CMS資料接收功能包含透過接收UDP封包，來解析各路口CMS之資料，其資料包含時間、亮燈狀態以及秒數等資訊。OBU資料接收功能：透過接收UDP封包，來解析各路口OBU車輛以及公車OBU之資料，其資料包含時間、經緯度以及速度等資訊。而路口號誌資料接收透過接收UDP封包，來解析各路口號誌燈號之資料，其資料包含時間、燈號狀態以及剩餘秒數等資訊，輔以路口各設施資料彙整功能，使資料能夠透過UI介面讀取各自的即時資料，並可存至伺服器內供調閱。

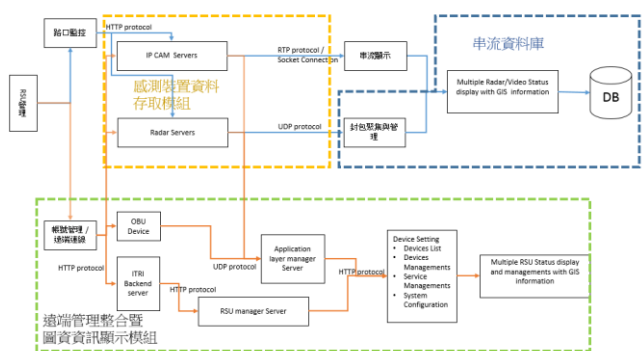


圖 3 後台端系統架構圖

3 · 系統功能與規格

在本節中，我們依序介紹十字路口安全防撞系統內容功能結構，整個系統分成三大部分：

3.1 路側端系統功能架構

在本節中，我們將路側端系統功能分成三大部分：

3.1.1 路側端資料整合模組

路側端介接各個設備蒐集路口相關資訊並解析，經過整合後以UDP方式透過4G傳送到IMA後台端，每種資訊有各自的頻率，其中包含以1秒頻率更新的號誌資訊與以50毫秒頻率更新的路口車輛資訊定期傳送到後台端外，IMA路側端並會將路口即時顯示在CMS看板上的警示資訊與即時經過的OBU資訊傳送至後台端，如下圖所示。

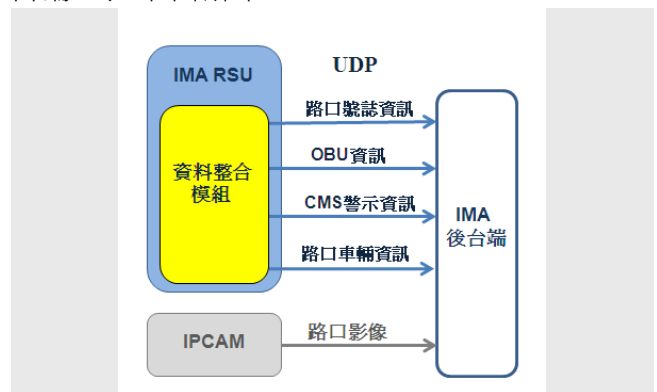


圖 4 後台介接端應用架構圖

3.1.2 路側端通訊模組

路側端將路口的車子經過毫米波雷達掃描蒐集並過濾後，將相關車載資訊封裝在基本安全訊息(SAE J2735 BSM)裡，透過專屬短距通訊技術定期廣播，當OBU車載機收到此訊息並解析後，與本身車子的資訊經由IMA演算法預期是否可能產生碰撞來警告駕駛者，圖5說明J2735 encode概念。在SAE J2735規範文件中定義了各式相關行車狀況訊息的格式，基本安全訊息(SAE J2735 BSM)是規範中的一種格式，當IMA RSU偵測到的行車狀況時，會主動將資訊通知J2735 Encoded模組，模組收到資訊後依據格式規範封裝並送至IEEE1609.3模組進行傳

送。反向而言，OBU車載機亦會定期廣播基本安全訊息(SAE J2735 BSM)，並將IMA即時的警示訊息封裝SAE J2735 BSM封包中，在當車載機經過時，路側端會透過IEEE 1609.3模組接收並呼叫SAE J2735模組解析，達到監控經過此路口的車載機並將IMA即時警示訊息送回後台端紀錄。圖6為路側端與車載端應用架構圖即顯示了路側端與車載端之間的資料流。

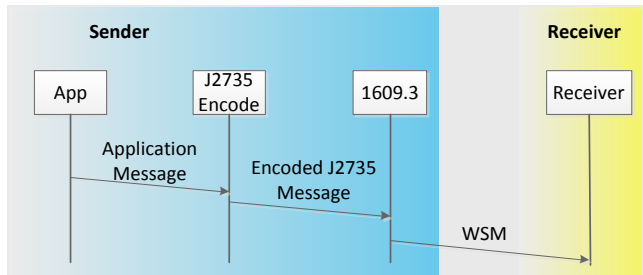


圖 5 SAE J2735 Encode概念圖

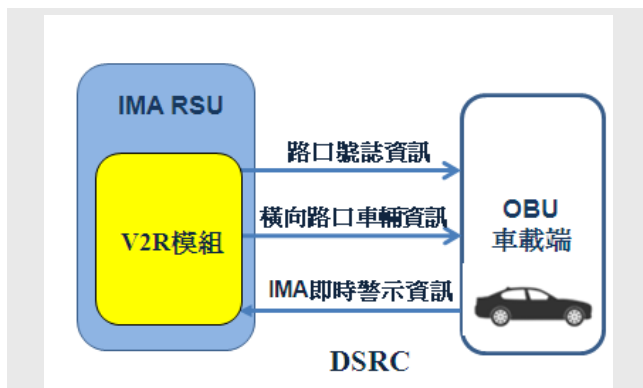


圖 6 V2R應用架構圖

3.1.3 雷達過濾及CMS模組

路側端毫米波雷達資訊以50豪秒的頻率掃描物件，並封裝在特定格式中，IMA路側端透過Serial Port以序列埠程式接收並解析毫米波雷達資訊，其中包含物件個數、物件相對於雷達的2維座標位置、物件相對於雷達的2維方向速度、物件長度等。圖7之毫米波雷達相對於車輛之座標概念圖，顯示此種雷達相對於車輛之座標，經由Radar過濾模組修正並過濾錯誤的物件資訊後，將過濾後物件的位置換成GPS系統的經緯度與速度，並計算此物件車輛的航向，透過CMS IMA演算法將預期即時碰撞的警

示訊息透過Ethernet以UDP方式送給路口CMS看板，系統架構如圖8所示。

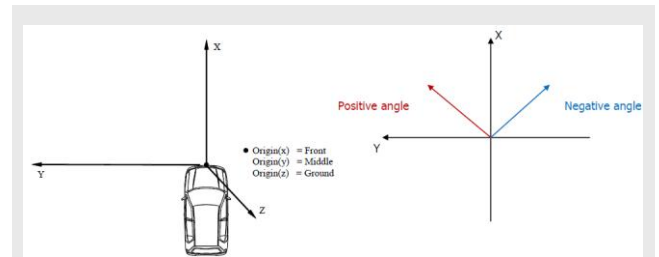


圖 7 毫米波雷達相對於車輛之座標概念圖

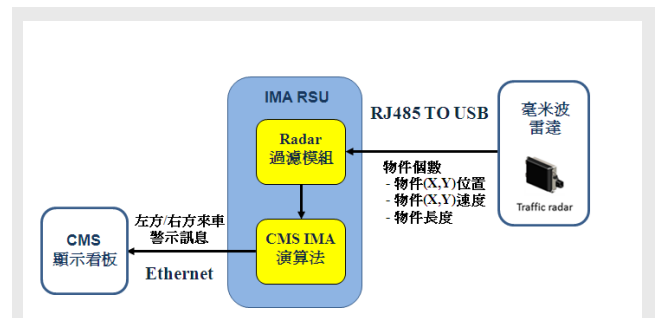


圖 8 雷達過濾轉換與CMS IMA演算架構圖

3.2 車載端系統功能架構

本節我們將車載端系統功能分成三大部分：

3.2.1 車載端十字路口安全防撞警示判斷模組

車載端接收雷達掃描之周遭車輛及號誌資訊及具備DSRC通訊功能之車輛資訊後，經過和自己本身經緯度資訊演算後透過藍芽傳送到手機端，演算法利用10Hz更新頻率的車輛GPS資訊與顯示平台手機端的藍芽傳輸，如圖9所示。

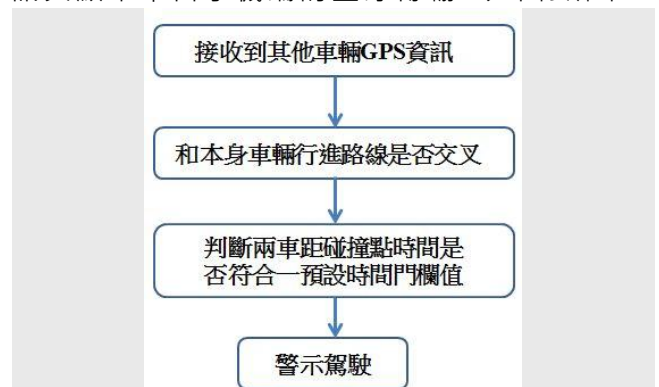


圖 9 車載端演算法架構圖

3.2.2 藍芽通訊及平台警示模組

車載端十字路口安全警示模組將判斷後的車輛及警示資訊以藍芽傳輸方式傳至手機等顯示端，其中包含當下時間、自身經緯度位置、方向及速度，及判斷後的警示資訊等，手機UI介面將根據十字路口安全演算模組計算出的結果提供駕駛對應的警示，並同時於公車平台將當下時間、自身經緯度位置、方向及速度，及判斷後的警示資訊同時傳給後台，而客車平台，則將資訊傳至路側端RSU。

3.3 後台端系統功能架構

在本節中，我們將後台端系統功能分成三大部分：

3.3.1 路口監測模組

路口監測模組為動態的路口設備視覺化的介面，具體實現測試場域之道路雷達偵測物件、路口交通號誌、CMS警示訊息，以及OBU行經路口之資料視覺化之功能。除此之外該UI界面並包含原始資料的即時顯示視窗、路口攝影機之影像，以及簡易的雷達物對應到實際路口的分佈圖。功能架構如圖10所示。

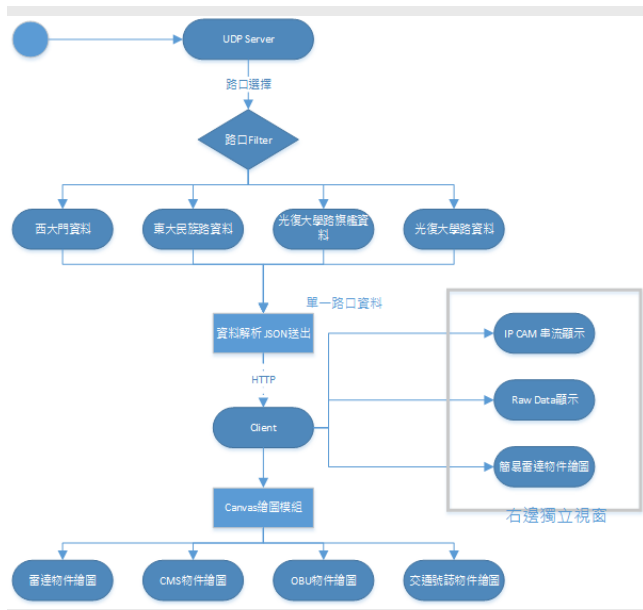


圖 10 路口監測模組架構圖

3.3.2 安心應用推播模組

安心應用推播模組主要提供影像顯示及事件通知兩個部分的服務。影像顯示方面使用

者透過HTTP以及RTSP影像串流的方式來連接測試場域攝影機，並以類似電視牆顯示的方式來呈現。而事件通知方面，為透過定期更新路口況資料的方式尋找特定區域異常、緊急事件透過GCM(Google Cloud Messaging)與智慧型手機APP相結合，提供特定事件下影像以及訊息之警示及推播。車載端十字路口安全警示模組將判斷後的車輛及警示資訊以藍芽傳輸方式傳至手機等顯示端，其中包含當下時間、自身經緯度位置、方向及速度，及判斷後的警示資訊等，手機UI介面將根據十字路口安全演算模組計算出的結果提供駕駛對應的警示，並同時於公車平台將當下時間、自身經緯度位置、方向及速度，及判斷後的警示資訊同時傳給後台，而客車平台，則將資訊傳至路側端RSU，功能架構如圖11。

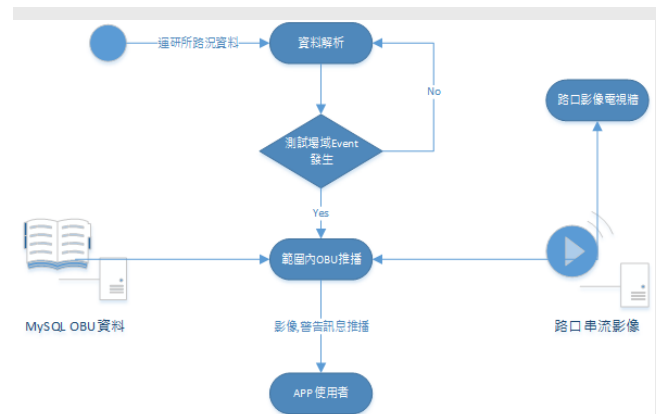


圖 11 安心應用功能架構圖

3.3.3 效益分析模組

效益分析模組主要提供資料分析以及資料管理兩大功能。在資料分析部分包含碰撞點分析以及CMS警示分析兩部分。碰撞點分析提供了路口TTC的模擬展示功能；CMS警示分析則提供了在各路口所記錄的歷史CMS警示紀錄分析功能，該功能詳細提供各路口歷史警告次數統計以及歷史資料之最大、平均值分析。；而資料管理方面主要提供分析者存取(下載)後台所記錄之各路口Device之UDP資料。

3.3.4 即時設備模組

提供各路口之RSU、道路雷達、路口交通

號誌、CMS、IP CAM以及OBU之即時狀態(包含設備上線與否)。使用者也可透過該介面監控各路口Device狀態與管理遠端RSU系統，並可針對線上OBU進行追蹤。其模組包含以下五個部分：雷達物件資料顯示：主要負責將來自後台Socket所收到之雷達UDP資料進行資訊解析，再將所解析之物件位置、速度、方向以及長度在視窗做顯示。交通號誌資料顯示：主要負責將來自後台Socket所收到之路口號誌UDP資料進行資訊解析，再將所解析之號誌燈號、剩餘秒數在視窗做顯示。CMS資料顯示：主要負責將來自後台Socket所收到之路口CMS UDP資料進行資訊解析，再將所解析之CMS警告訊息在視窗做顯示。OBU資料顯示：主要負責將來自後台Socket所收到之路口OBU UDP資料進行資訊解析，再將所解析之位置、速度、IMA狀態在視窗做顯示。UDP Server負責接收來自路口設備之UDP訊息，如圖12。

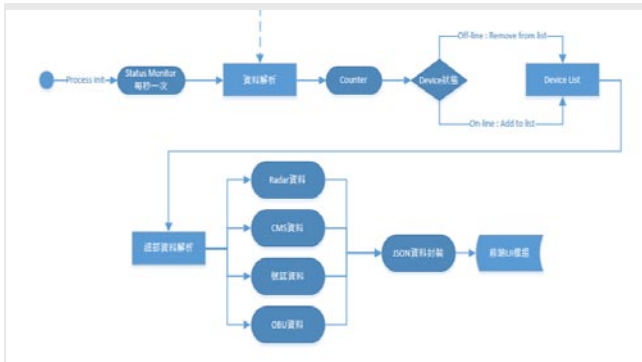


圖 12 即時設備模組功能架構圖

4 · 系統運作與訊息處理流程

在本節中，我們將分別描述路口有無架設雷達之十字路口安全防撞機制處理流程。

4.1 有雷達輔助之十字路口安全防撞流程

有雷達輔助之十字路口安全防撞流程。我們以下面步驟解說該流程。

步驟一：路側IWCU與路口紅綠燈號誌結合。此時，十字路口之IWCU會收到雙向的紅綠燈時態與剩餘秒數。

步驟二：路側雷達端週期性地廣播J2735 BSM

資訊，包含路口紅綠燈時態及剩餘秒數、車輛數目、車輛寬度、車輛位置、車輛速度。此時，十字路口DSRC通訊區域內的IWCU均會收到該封包。

步驟三：IWCU收到封包後將判斷是否橫向來車位置及速度對自身車輛造成威脅。

步驟四：根據接收到的訊息封包格式，X位置[0]#Y位置[0]#X速度[0]#Y速度[0]車速#，進行解算。

步驟五：手持顯示裝置經由藍芽通訊接收到封包後根據IMA警示狀態給予駕駛聲音及影像的雙重警示。

4.2 純車輛之十字路口安全防撞流程

而沒有雷達輔助之十字路口，則可以利用車間通訊達到安全防撞的效果，我們以下面步驟解說該流程。

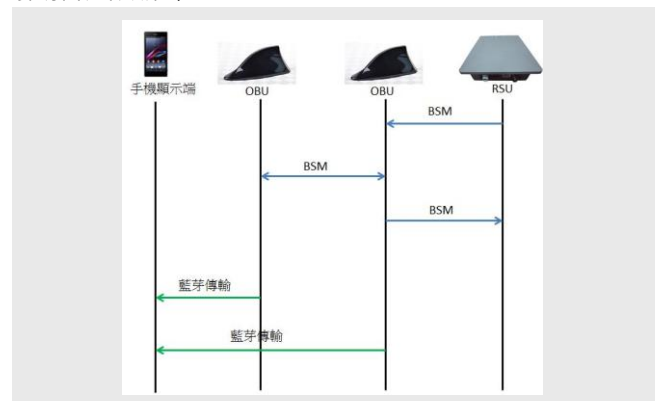


圖 13 V2V十字路口安全防撞資料架構圖

步驟一：IWCU接收GPS告知自身車輛的經度、緯度，車速及方向等定位資訊。

步驟二：IWCU週期性地廣播J2735 BSM資訊，包含行車方向、車輛寬度、車輛經緯度、車輛速度。此時，十字路口DSRC通訊區域內的IWCU均會收到該封包，如圖14藍色線之BSM封包。

步驟三：自身車輛之IWCU取得GPS告知自己的經度、緯度、車速、方向等定位資訊。

步驟四：IWCU收到封包後將判斷是否橫向來車位置及速度對自身車輛造成威脅。

步驟五：根據接收到的訊息封包格式，車速#航向#經度#緯度，於OBU端進行解算。

步驟六:手持顯示裝置經由藍芽通訊接收到封包後根據IMA警示狀態給予駕駛聲音及影像的雙重警示，如圖13綠色線。

5 · 實車展示

目前，我們已完成該十字路口即時動態防撞系統，不論是V2R十字路口安全防撞系統或是V2V十字路口安全防撞系統，均可從本系統提供之警示訊息，得知自身車輛安全狀態。當橫向來車車速及位置造成威脅時，本系統可即時顯示並發出聲音通知駕駛者小心。

本系統達成數種物聯網概念，如圖14，從路側端雷達及交通號誌器資訊及CMS顯示看板資訊，到移動中的車輛，及車內駕駛或使用手機與車機聯網的使用者，進而到整個後台系統，成就了首套應用於交通安全的物聯系統。

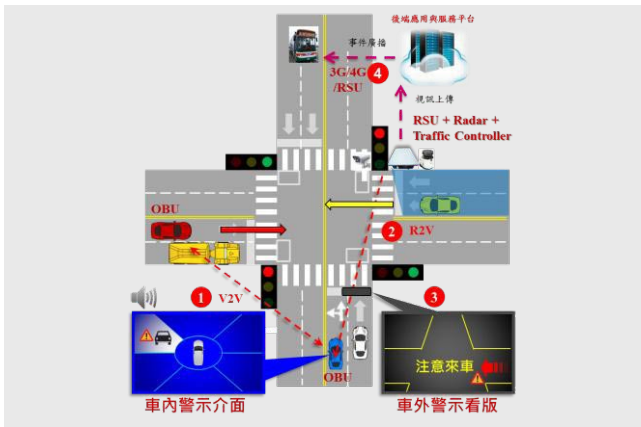


圖 14 物聯智慧車載端應用架構圖

6 · 結論

物聯網應用在車載行車安全領域是目前潮流，也是未來車聯網的主要趨勢。現今交通事故發生率最高的地方是十字路口，舉凡汽車駕駛分心不注意，視野受其他車輛或建築物阻隔，不良駕車習慣等等，都會對其他駕駛者產生威脅。

本論文所提的行車安全防撞系統，利用車間通訊或路側通訊設備結合雷達，進行各車道物體掃描；同時也有可結合紅綠燈號控誌器取得十字路口當下紅綠燈時態的數位顯示看板，再藉由路側單元使用短距無線通訊廣播給區域

範圍內所有車輛，當移動車輛收到後，進行危險層級計算，使整套系統的信賴度大幅提升，達到真正可商業化之水準，民眾使用車載通訊設備的接受度將逐漸提高，進而擴大整體車載機物聯市場，成為活絡台灣車載資通訊產業的催化劑。本篇論文提出的技術將可技轉國內廠商，協助台灣車電廠商打入全球車載通訊設備供應鏈。

參考文獻

- [1] IntelliDrive(sm), “The US DOT IntelliDrive(sm) Project,” May 2011, <http://www.its.dot.gov/press/2010/vii2intellidrive.htm>.
- [2] VSC, “Vehicle Safety Communications (VSC) Project,” DOT HS 810 591, April 2006.
- [3] VSC-A, “Vehicle Safety Communications Applications (VSC-A) Project,” DOT HS 810 073, 2009 January 2009.
- [4] CICAS, “The Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems - (CICAS) project,” May 2011, <http://www.its.dot.gov/cicas/>.
- [5] SAFETRIP21, “The SAFETRIP21 Project,” May 2011, http://www.rita.dot.gov/publications/horizons/2008_05_06/html/introducing_safe_trip_21.html.
- [6] PATH, “The PATH project,” May 2011, <http://www.path.berkeley.edu/PATH/Research/projects.html>.
- [7] Y. L. Morgan, “Notes on DSRC & WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 12, No.4, Fourth Quarter 2010, pp.504-518.
- [8] J. B. Kenny, “Dedicated Short-Range Communication (DSRC) Standards in the United States,” Processings of the IEEE,

Vol. 99, No. 7, July 2011, pp.1162 -1182.

- [9] G. Karagiannis, O. Altintas, E. Ekici, G. Heijenk, B. Jarupan, K. Lin, and T. Weil, "Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 13, No. 4 Fourth Quarter 2011, pp.584-616.
- [10] IEEE Std. P802.11p/D11.0, "IEEE Draft Standard for Amendment to Standard specifications-Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments," April 2010.
- [11] IEEE Std. 1609.1-2006, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Resource Manager," 2006.
- [12] IEEE Std. 1609.2-2006, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments - Security Services for Applications and Management Messages," 2006.
- [13] IEEE Std. 1609.3-2010, "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Networking Services," June 2010.
- [14] IEEE Std. 1609.4/D8.0, "IEEE Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation," June 2010
- [15] IEEE Std. 1609.11-2010, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Electronic Payment," 2010.
- [16] SAE J2735, "Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary Standard Activity," Sep 2009. <http://www.iteris.com/itsarch/html/standard/saej2735.htm>

作者簡介

趙永晟



國立清華大學通訊工程研究所碩士·現職為工研院資通所車載資通訊與控制系統組副工程師。專長為車載網路與通訊技術及無線感測網路系統架構與技術。