

結合車間通訊之先進駕駛輔助系統應用

Advanced Driver Assistance Systems Applications with V2X Communications

曾蕙如
Huei-Ru Tseng

中文摘要

先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)是近年來全球各大車廠積極發展的智慧車輛技術之一，為了將來達到無人駕駛智慧車輛的技術進階過程，車間通訊技術(Vehicle-to-Everything, V2X)亦快速升溫。各國政策之推行亦驅動ADAS與V2X需求成長，2014年2月3日美國交通部國家公路交通安全管理局宣布正式啟動立法程序，並於8月18日發布法規制定預告，屆時將強制小型車輛安裝車對車(Vehicle-to-Vehicle, V2V)通訊設備與系統，其中安全與隱私議題特別受到重視，故美國交通部同步發展安全憑證管理系統以解決安全與隱私問題，同時，今年美國政府宣布自2022年9月1日起，將自動緊急煞車系統(Autonomous Emergency Braking, AEB)列為新車標準配備。本研究主要以車間通訊技術作為出發點，針對歐美政策發展近況、車間通訊發展與安全標準制定介紹，同時輔以國內目前ADAS與V2X之整合應用之研發進行說明。

Abstract

Global automakers actively develop Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) of intelligent vehicles in recent years. To achieve autonomous cars, Vehicle-to-Everything (V2X) communication technology developed rapidly. National policies also promote the growth of ADAS and V2X demand. February 3, 2014, the U.S. Department of Transportation's (DOT) National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) announced that it will begin taking steps to enable Vehicle-to-Vehicle (V2V) communication technology for light vehicles, and launched Advance Notice of Proposed Rulemaking (ANPRM) on August 18. However, security and privacy issues are raised in V2V communications. USDOT developed security credential management system for establishing trust among vehicles, which is necessary for safety applications based on V2V communications. This year, the U.S. government announced that from September 1, 2022, the Autonomous Emergency Braking (AEB) will be as a standard feature on all new cars. Therefore, this study will take V2X communication technology as a starting point for policy developments in Europe and U.S., and will describe the V2X communication technology, applications, international standards, and developments in Taiwan.

關鍵詞(Key Words)

先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems ; ADAS)
車間通訊技術(Vehicle-to-Everything ; V2X)
智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems ; ITS)
車對車(Vehicle-to-Vehicle ; V2V)
擬定法規制定預告(Advance Notice of Proposed Rulemaking ; ANPRM)

1 · 前言

根據世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 統計，全球交通事故每年約導致 125 萬人死亡 [1]，美國每年因交通事故死亡所造成之經濟損失高達 2300 億美元，而依據衛生福利部統計，台灣每年因交通事故所造成之經濟損失高達 4500 億台幣，近 3500 人死亡 [2]，為強化行車安全，歐美相繼立法推動先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 與車間通訊技術 (Vehicle-to-Everything, V2X) 應用與服務。ADAS 主要是為駕駛人提供車輛內部的運作情形與車輛外部的環境變化等相關資訊進行分析，預先警告可能發生的危險狀況，讓駕駛人提早採取因應措施，避免交通意外發生。此外，依據美國交通部國家公路交通安全管理局 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) 預估，在駕駛人保持清醒的前提下，V2X 技術可避免高達 80% 的車禍發生率或減輕其嚴重程度 [3]。因此 ADAS 結合 V2X 通訊技術之輔助，將能有效打造趨近零事故的交通環境。

針對歐美政策發展近況方面，歐盟所支持的 eCall 技術，已於 2015 年 4 月立法通過 2018 年 4 月後上市之車種將強制導入標準配套；而美國方面，2014 年 2 月 3 日美國交通部宣布正式啟動車對車 (Vehicle-to-Vehicle, V2V) 立法程序 [4]，並於同年 8 月 18 日發布擬定法規制定預告 (Advance Notice of Proposed Rulemaking, ANPRM)，屆時將強制小型車輛安裝 V2V 通訊設備與系統，預計 2016 年發布擬定法規制定 (Notice of Proposed Rulemaking, NPRM)，同時將於 2017 年美國總統歐巴馬任期結束前送交國會審議，於強制實施前給予汽車產業 18 個月的準備時間，相關時程如圖 1 與圖 2 所示，值得注意的是，預期立法實施將落在 2019 年至 2021 年。

美國交通部國家公路交通安全管理局 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) 與安全保險協會 (Insurance Institute for Highway Safety, IIHS) 於 2016 年 3 月 17 日，共同宣布從 2022 年 9 月 1 日起，自動緊急煞車輔助系統 (Autonomous

Emergency Braking, AEB) 正式列為新車標準配備 [6]，目前在美國汽車市場總市占率達 99% 以上的二十家車廠，皆已宣布將全面配合，包括 Audi、BMW、FCA US LLC、Ford、General Motors、Honda、Hyundai、Jaguar Land Rover、Kia、Maserati、Mazda、Mercedes-Benz、Mitsubishi Motors、Nissan、Porsche、Subaru、Tesla Motors Inc.、Toyota、Volkswagen，以及 Volvo Car USA。

綜上所述，歐美政策之推行驅動 ADAS 與 V2X 需求成長，本研究主要以車間通訊技術作為出發點，針對歐美政策發展近況、車間通訊技術發展與標準制定介紹，同時輔以國內目前 ADAS 與 V2X 之整合應用之研發進行說明。

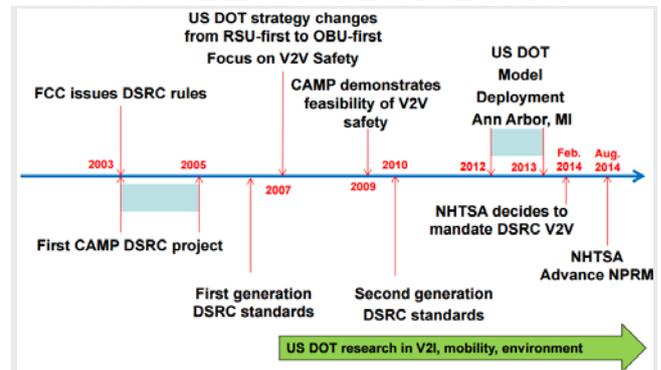


圖 1 美國 V2V 立法時程 (2003 年 - 2014 年)，資料來源：2016 ETSI ITS Workshop [5]

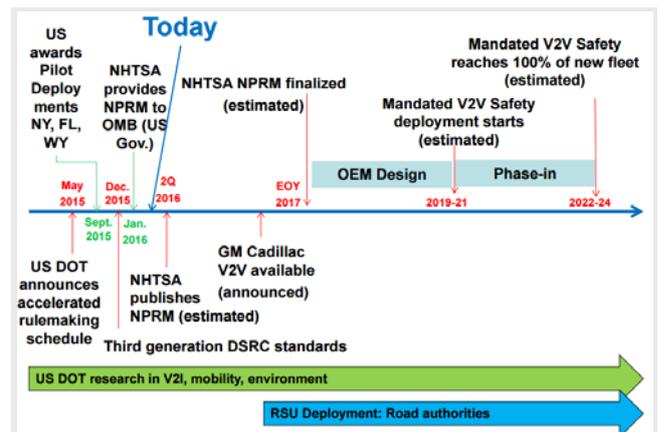


圖 2 美國 V2V 立法時程 (2015 年 - 2024 年)，資料來源：2016 ETSI ITS Workshop [5]

2 · 車間通訊技術

由於車輛行駛的過程中環境變化迅速且駕駛人對於周遭狀況之可反應時間短暫，為達到

有效之交通事故預防與安全警示以提高車輛行駛之安全性，車間通訊環境對於資訊傳遞延遲時間的要求特別嚴苛，因此V2X通訊技術因應而生。V2X通訊技術為連結車對車(Vehicle-to-Vehicle, V2V)和車對路側(Vehicle-to-Roadside, V2R)間之通用射頻(Radio Frequency, RF)通訊技術，針對車用環境支援公共安全與私人營運之中短距離通訊服務，其通訊架構可參考圖3，美國交通部所規範之V2X應用可參考圖4。



圖3 V2X通訊架構示意圖，資料來源：2016 USDOT Smart City Challenge: Connected Vehicles and Automation Webinar

V2I Safety	Environment	Mobility
<ul style="list-style-type: none"> Red Light Violation Warning Curve Speed Warning Stop Sign Gap Assist Spot Weather Impact Warning Reduced Speed/Work Zone Warning Pedestrian in Signalized Crosswalk Warning (Transit) 	<ul style="list-style-type: none"> Eco-Approach and Departure at Signalized Intersections Eco-Traffic Signal Timing Eco-Traffic Signal Priority Connected Eco-Driving Wireless Inductive/Resonance Charging Eco-Lanes Management Eco-Speed Harmonization Eco-Cooperative Adaptive Cruise Control Eco-Traveler Information Eco-Ramp Metering Low Emissions Zone Management AFV Charging / Fueling Information Eco-Smart Parking Dynamic Eco-Routing (light vehicle, transit, freight) Eco-ICM Decision Support System 	<ul style="list-style-type: none"> Advanced Traveler Information System Intelligent Traffic Signal System (I-SIG) Signal Priority (transit, freight) Mobile Accessible Pedestrian Signal System (PED-SIG) Emergency Vehicle Preemption (PREEMPT) Dynamic Speed Harmonization (SPD-HARM) Queue Warning (Q-WARN) Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) Incident Scene Pre-Arrival Staging Guidance for Emergency Responders (RESP-STG) Incident Scene Work Zone Alerts for Drivers and Workers (INC-ZONE) Emergency Communications and Evacuation (EVAC) Connection Protection (T-CONNECT) Dynamic Transit Operations (T-DISP) Dynamic Ridesharing (D-RIDE) Freight-Specific Dynamic Travel Planning and Performance Drayage Optimization
V2V Safety	Road Weather	Smart Roadside
<ul style="list-style-type: none"> Emergency Electronic Brake Lights (EEBL) Forward Collision Warning (FCW) Intersection Movement Assist (IMA) Left Turn Assist (LTA) Blind Spot/Lane Change Warning (BSW/LCW) Do Not Pass Warning (DNPW) Vehicle Turning Right in Front of Bus Warning (Transit) 	<ul style="list-style-type: none"> Motorist Advisories and Warnings (MAV) Enhanced MDSS Vehicle Data Translator (VDT) Weather Response Traffic Information (WxTINFO) 	<ul style="list-style-type: none"> Wireless Inspection Smart Truck Parking
Agency Data		
<ul style="list-style-type: none"> Probe-based Pavement Maintenance Probe-enabled Traffic Monitoring Vehicle Classification-based Traffic Studies CV-enabled Turning Movement & Intersection Analysis CV-enabled Origin-Destination Studies Work Zone Traveler Information 		

圖4 V2X應用，資料來源：美國交通部[7]

各個國家分配予DSRC使用之頻段不盡相同，可參考圖5所示，美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)於

1999年決定將5.9GHz (5.850-5.925GHz)頻段分配予汽車通訊使用。圖6為美國5.9GHz DSRC之頻段規劃，其以10MHz頻寬為單位，將75MHz頻寬劃分成7個頻道，頻道178為控制頻道(Control Channel, CCH)，其餘6個頻道為服務頻道(Service Channel, SCH)，其包含2個公共安全專用服務頻道(頻道172為車與車間公共安全專用服務頻道，頻道184為交叉路口公共安全專用服務頻道)，2個中距離公共安全/私用共享服務頻道(頻道174與176)，以及2個短距離公共安全/私用共享服務頻道(頻道180與182)。

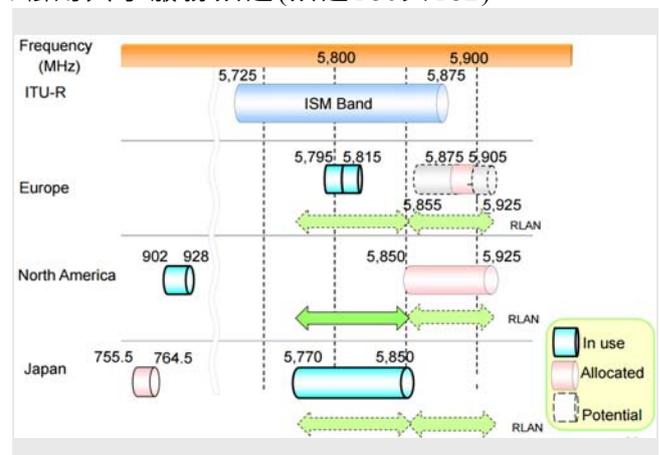


圖5 全球DSRC頻段規劃，資料來源：2016 ETSI ITS Workshop [8]

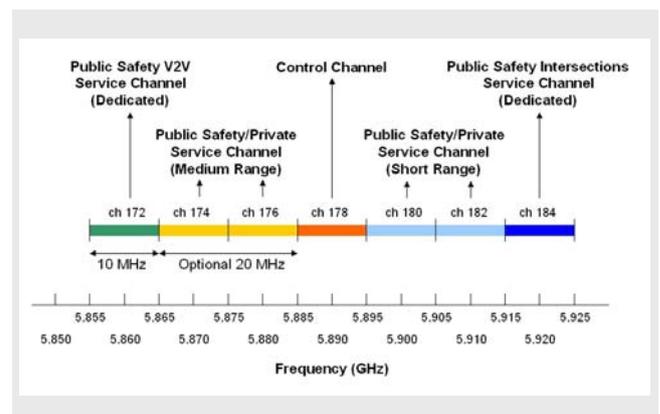


圖6 美國5.9GHz DSRC頻段規劃，資料來源：IEEE 802.11 WAVE SG

美國材料試驗學會(American Society for Testing and Materials, ASTM)於2002年批准採納5.9GHz為規格制定頻段的DSRC標準E2213-02，並於2003年將新版標準E2213-03送交FCC，經同意後成為北美地區DSRC標準。此外ASTM亦將該標準推往電機電子工程師協會(Institute of Electrical and Electronics

Engineers, IEEE)以促成IEEE 802.11p標準的誕生，而此標準已於2012年整合至IEEE 802.11 [9]標準中。

許多高優先權安全性應用之通訊範圍與延遲時間需求，大部份應用所要求之延遲時間低於0.1秒，而碰撞前感測(Pre-Crash Sensing)應用則更進一步要求其低於0.02秒，如表1所示。相較於現有之藍牙(Bluetooth)、無線區域網路(WLAN)、蜂巢式通訊系統(Cellular System)、無線都會網路(WMAN)、衛星通訊(Satellite)等無線通訊技術，WAVE/DSRC具有低傳輸延遲(0.002秒)、高傳輸距離(1000公尺)與高傳輸速度(27Mbps)等特性，不但能夠符合上述行車環境安全性應用之需求，更因而被視為車間通訊的最佳無線傳輸技術，使用於提供安全與非安全性之行車服務應用。

表 1 行車服務安全/非安全性應用之通訊範圍與延遲時間需求，資料來源：美國交通部

行車服務安全/非安全性應用	通訊範圍(m)	延遲時間(s)
號誌預警	~250	~0.1
左轉輔助	~300	~0.1
路口防撞預警	~300	~0.1
協同式前方防撞預警	~150	~0.1
電子剎車警示	~300	~0.1
車道變換警示	~150	~0.1
盲點警示	~150	~0.1
撞擊預警偵測	~50	~0.02
自由流動電子收費	~50	~0.05

3 · 國際車間通訊標準制定趨勢

3.1 IEEE 1609標準制定趨勢

美規車間通訊技術底層採用IEEE 802.11p標準，而上層則採用IEEE 1609系列標準。圖7為IEEE 1609標準架構圖，對應至開放系統互連參考模型(OSI Reference Model)，IEEE 802.11p標準制定實體層(PHY)與資料鏈結層中的媒介存取控制層(MAC)之通訊協定，而媒介存取控制層中的多頻道運作(Multi-Channel Operation)至應用層之通訊協定則由IEEE 1609各個子標準所規範制定，各個子標準介紹如下：

(1) IEEE 1609.0 (Architecture)[10]：描述WAVE/DSRC架構與提供多通道WAVE/DSRC裝置於移動車載環境的服務。

(2) IEEE 1609.2 (Security Services)[11]：定義WAVE裝置使用之安全訊息封包格式及其處理程序，包含WAVE管理訊息與應用訊息之安全保護方式，其亦描述必要之管理功能以提供核心安全性功能，並搭配美國交通部所推動之安全憑證管理系統(如圖8所示)。

(3) IEEE 1609.3 (Networking Services)[12]：定義WAVE裝置管理與資料服務，並建立WAVE短訊協定(WAVE Short Message Protocol, WSMP)。同時，IEEE 1609.3可向後相容傳統網際網路之通訊協定如Internet Protocol (IP)、User Datagram Protocol (UDP)，以及Transmission Control Protocol (TCP)等現行網路服務常用之通訊協定。

(4) IEEE 1609.4 (Multi-channel Operation) [13]：描述多通道無線電運作、WAVE模式、媒體存取控制及實體層，包含控制通道與服務通道區間時間的運作、優先存取的參數，以及通道切換的規範及管理服務。

(5) IEEE 1609.6 (Remote Management Services)[14]：歸類於應用層，提供可相互操作服務以管理WAVE裝置。其主要描述一遠端管理服務，包含WAVE裝置的識別服務，並採用IEEE 1609.3標準定義之WAVE管理服務及WSMP識別服務。

(6) IEEE 1609.11 (Over-the-Air Electronic Payment Exchange Protocol for Intelligent Transport Systems)[15]：具體描述付款與身分確認所需之電子付款服務層及配置，並描述WAVE/DSRC應用之付款傳送機制。此標準並未完整定義電子付款服務之應用層協定，其主要功能為定義介接ISO組織所訂立之電子付款應用層標準與IEEE 1609.3之功能介面與必要資訊轉換處理。

(7) IEEE 1609.12 (Identifier Allocations)[16]：描述IEEE 1609系列標準中所使用的提供服務識別值定義(Provider Service Identifier, PSID)。其列出現行WAVE系統中ID分配之規範，及目前已分配使用的ID值。

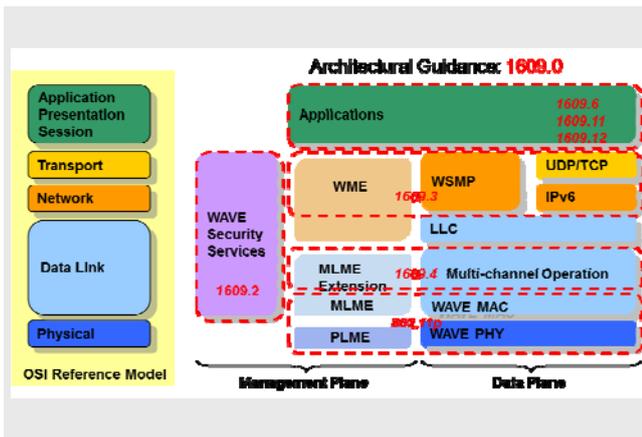


圖 7 IEEE 1609標準架構

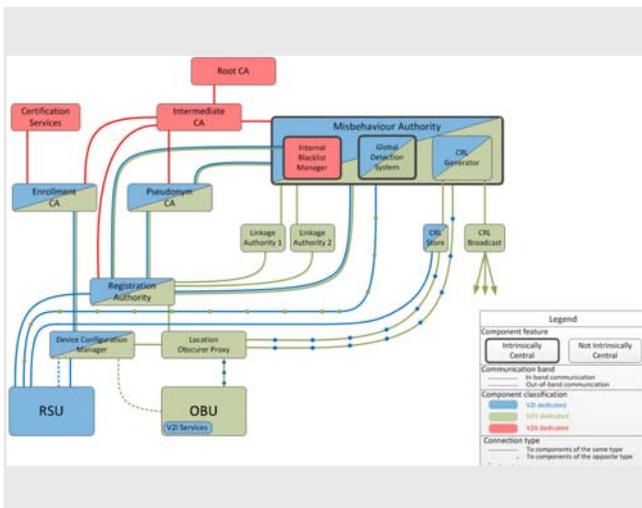


圖 8 安全憑證管理系統架構，資料來源：2015 USDOT：Preparing a Security Operational Concept for Connected Vehicle Deployments [17]

3.2 ETSI TC-ITS標準制定趨勢

歐洲方面，歐洲電信標準組織(European Telecommunications Standard Institute, ETSI) [18]為EC (European Commission)官方認可的歐洲標準發展組織，其針對ICT (Information and Communications Technologies)產出全球性應用標準，包含固定性、移動性、無線電通信、聚合、廣播以及網路技術。ETSI TC-ITS以發展智慧型運輸架構相關標準為主要目的，其標準制定架構及與OSI對應分別如圖9與圖10所示，ETSI TC-ITS由5個WG組成，各個WG簡述如下：

(1) WG1 (Application Requirements and Services)：規範ITS中基礎應用之需求與服務，並制定Applications與Facilities兩層之通訊協定。

- (2) WG2 (Architecture and Cross Layer)：發展適合所有ITS之通訊架構與跨層管理協定，並扮演歐洲ITS通訊架構之協調者角色。
- (3) WG3 (Transport and Network)：規範Networking和Transport兩層之協定，並利用車載網路特有之地理位置資訊特性，發展制定GeoNetworking及IPv6相關協定。
- (4) WG4 (Media and Medium related)：規範MAC和PHY兩層相關之標準，其將歐洲ITS使用之頻譜劃分為ITS-G5A、ITS-G5B與ITS-G5C三個部分，並兼顧其中之相容性。
- (5) WG5 (Security)：制定ITS相關之安全性議題，並搭配協同式智慧型運輸安全管理系統(Cooperative-ITS Security Management System, CSMS)之運作，如圖11所示。筆者自2014年4月起，擔任WG5副主席職務迄今，協助規劃與推動ETSI ITS通訊安全標準制定方向，負責TR 102 893 TVRA安全標準制定，此草案為車載安全通訊標準制定之基準，規範車載環境中威脅、弱點與風險分析，並於2016年6月，推動惡意行為偵測(Malicious Behavior Detection)新工作項目TR 103 460成立，並為此工作項目之負責人。

歐洲標準化委員會(European Committee for Standardization, CEN)與ETSI於2014年2月ETSI ITS Workshop宣佈協同式智慧型運輸系統(Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS)第一版標準正式發佈，其主要依據2009年歐盟指令(Mandate M/453)，希望滿足不同製造商所生產之設備能彼此與道路系統通訊之需求，達到day-one application布建之成熟度，而目前ETSI目前正著手制定第二版標準，主要涵蓋更多使用案例(Use Cases)，包括自動跟車(Platooning)、協同式可適應性巡航控制(Cooperative Adaptive Cruise Control, C-ACC)、以及弱勢道路使用者(Vulnerable Road Users, VRU)等。

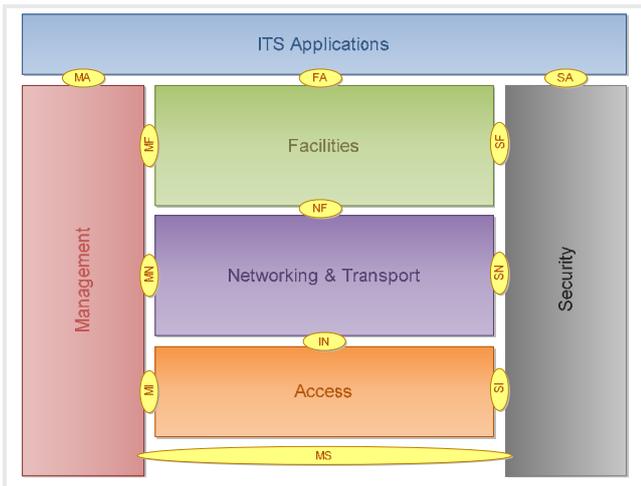


圖 9 ETSI TC-ITS標準制定架構，資料來源：ETSI EN 302 665 [19]

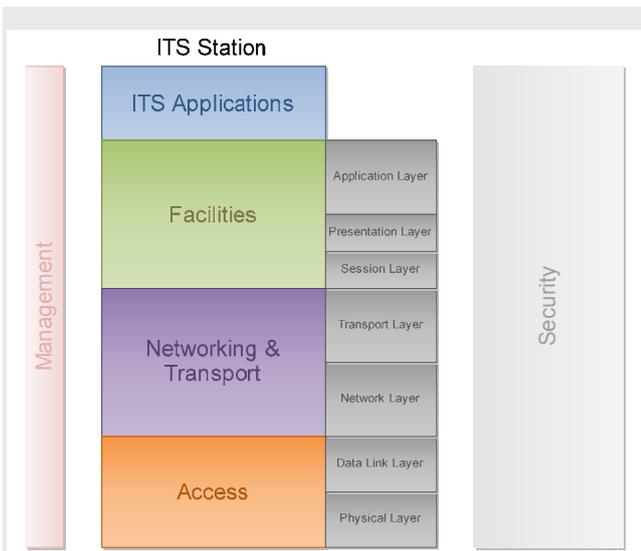


圖 10 ETSI TC-ITS標準制定架構與OSI之對應，資料來源：ETSI EN 302 665 [19]

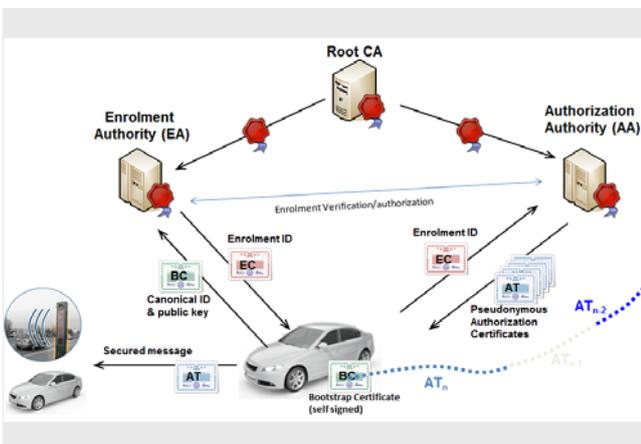


圖 11 CSMS PKI架構，資料來源：ETSI TS 102 940 V1.1.10

3.3 3GPP V2X標準制定趨勢

3GPP (3rd Generation Partnership Project) 成立於1998年12月，主要制定蜂巢式電信網路科技，包含無線接取技術、核心傳輸網路以及服務能力，從編碼技術、加密技術以及服務品質保證等議題皆提供完整定義與系統規範。3GPP下有4個技術規範委員會，分別為RAN (Radio Access Networks)、SA (Service & Systems Aspects)、CT (Core Networks & Terminals) 與 GERAN (GSM EDGE Radio Access Networks)。

自2015年2月，SA委員會下的第1工作群 (Working Group 1)，簡稱為SA1，其專責定義服務規範委員會，開始定義與討論LTE支援V2X服務應用之議題，目前SA1已針對V2X Use Cases提出24項定義，主要可分為車對車、車對路側、車對網路(V2N, Vehicle to Network)，以及車對行人(V2P, Vehicle to Pedestrian)，相關應用情境可參考圖12。此外工作小組亦通過enhanced V2X (eV2X)研究項目，主要研究方向在於提供自動駕駛與自動跟車等先進車聯網應用通訊技術，並於2016年6月將V2X列為3GPP R14規範。3GPP SA2，其專責定義系統架構委員會，亦於2016年2月開始定義與討論LTE架構下V2X服務的網路架構。

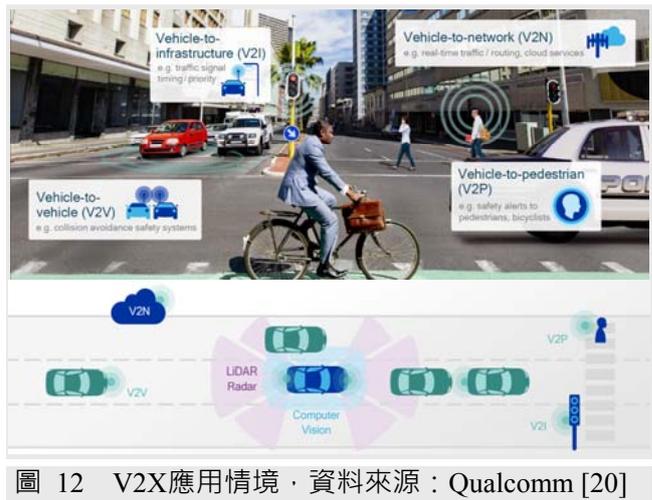


圖 12 V2X應用情境，資料來源：Qualcomm [20]

3.4 國際車間標準互通性測試

工研院團隊自2011年起開始參與歐洲ETSI Cooperative Mobility Services Plugtests™互通性測試活動，與全球各地ITS供應商與測試元件供應商共同參與，目前已累計參與四屆互通性

測試活動，連續四年通過測試項目，亦於2015年荷蘭Helmond Automotive Campus成功完成戶外實車互通性測試，應用驗測情境包括交通路況、道路施工、緊急車輛/救護車鄰近警示等。

2016年歐洲車載標準互通性測試活動將於11月7日-18日於義大利Livorno海港舉行，工研院團隊將協辦此活動，並與ETSI及主辦單位義大利國家電信聯盟 (Conorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni, CNIT)共同籌劃場域測試情境與案例，如圖13所示，提供參與廠商進行互通性測試之用。



圖 13 2016歐洲車間標準互通性測試活動場域-義大利Livorno海港，資料來源：ETSI ITS Cooperative Mobility Services Event 5 Website [21]

4 · 國內車間通訊產品與應用案例

隨著車間通訊標準的制定，各家廠商陸續開發出符合歐美規標準之車載設備 (On-Board Unit, OBU) 與路側設備 (Road-Side Unit, RSU)。由工研院所研發之工研院車載通訊組件 (ITRI WAVE/DSRC Communications Units, IWCU)，是為提供智慧型運輸系統以及道路上安全性提昇而發展出的一套整合型無線通訊通道系統，符合美規標準IEEE 802.11p/ 1609、歐規ETSI與SAE J2735之產品。

IWCU提供兩種不同型態的成品：一個是可置於車上的車載組件(OBU)，另一個是可架設於路旁建築上的路側設備(RSU)，產品發展演進從提供基礎車對車，以及車對路的通訊功能，進而延伸連結車身網路及寬頻行動網路，同時朝向設備微型化發展，結合行動裝置，提供豐富的人機互動介面，產品發展藍圖如圖14所示。

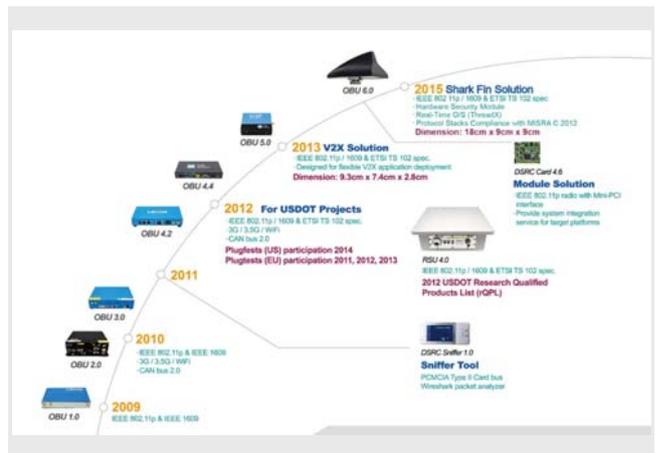


圖 14 工研院IWCU產品研發藍圖

針對國內先進駕駛輔助系統結合車間通訊技術之研發，將以協同式緊急煞車警示系統作為案例介紹，如圖15與圖16所示。此情境適用於當前方車輛發生緊急煞車，特別是後方車輛被前方大型車輛(如，卡車或聯結車)遮蔽視線，前方車輛將其自身的電子煞車資訊透過廣播的方式傳遞給後方的車輛，以提醒後方車輛駕駛人留意，避免發生連環車禍。當後方的車輛接收到緊急煞車訊息則透過車內螢幕顯示警示畫面或發出警示音以提醒駕駛。

此系統主要利用車間短距無線通訊技術，除廣播電子煞車資訊，亦週期性廣播車牌資訊，結合影像感測，進行車牌比對技術，建構以前車動態為基礎之協同式緊急煞車警示系統，可即時偵測與前方車輛車距、危險程度預估，以警示駕駛與前車保持安全距離，並提供同車道與鄰車道之緊急煞車警示，讓駕駛即使在視線完全被前車阻隔情況下，仍能提前得知前方緊急事件，作出相對反應，此系統為先進前方防追撞技術，提供精準的前方與側方緊急事件警示，可有效提升駕駛安全。

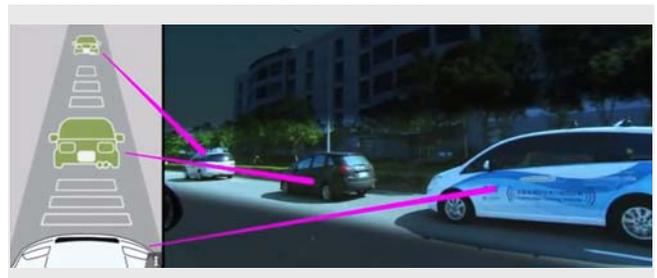


圖 15 協同式緊急煞車警示系統 - 一般模式，資料來源：ITRI Channel [22]



圖 16 協同式緊急煞車警示系統 - 警示模式，資料來源：ITRI Channel [22]

5 · 結論

全球汽車產業在不斷提升運作效率的同時，透過更先進的電子科技來提升汽車的價值與差異化已是主要的途徑。先進駕駛輔助系統結合車間通訊技術研究的發展，儼然成為下世代車聯網的主要潮流，過去的車載資通訊技術，已為人類帶來車內外影音娛樂、無線通訊等功能應用與服務，在行車安全方面，從過去由駕駛者自行判斷危險，並採取行動的被動式安全，逐漸的將朝向主動式安全發展，讓智慧車輛透過車間通訊技術，結合車輛控制以及資訊運算處理，達到反應時間更短以滿足車輛自主安全措施之需求，並帶給駕駛更舒適、更便利、更安全的全新體驗與感受。

未來人、車、路與環境之終端設備、服務中心、服務設施、路側設備等將透過異質網路整合，形成網網相連狀態，使分散的資訊得以融合，促使用車人與車輛及周遭環境之互動。未來如何整合多方資訊及支援新型應用服務，同時兼顧駕駛安全及使用者體驗，將成為下世代先進駕駛輔助系統技術發展之一大挑戰。

參考文獻

- [1] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en>
- [2] <http://iiqsw.mohw.gov.tw/>
- [3] http://www.its.dot.gov/presentations/pdf/nasa_briefingv3.2.pdf
- [4] <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2014/USDOT+to+Move+Forward+with+Vehicle-to-Vehicle+Communication+Technology+for+Light+Vehicles>
- [5] https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201603_ITS_WORKSHOP/S01_CITS_STATUS_WORLD/CI
- [6] <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2016/nhtsa-iihs-commitment-on-aeb-03172016>
- [7] http://www.its.dot.gov/pilots/cv_pilot_apps.htm
- [8] https://docbox.etsi.org/Workshop/2016/201603_ITS_WORKSHOP/S02_ITS_NEXT_CHALLENGES/SPECTRUM_ITS_WRC19_ARIB_OYAMA.pdf
- [9] IEEE Std 802.11 – 2012, “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,” March 2012.
- [10] IEEE Std 1609.0-2013, “IEEE Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Architecture,” July 2013.
- [11] IEEE Std 1609.2-2016, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Security Services for Applications and Management Messages,” March 2016.
- [12] IEEE Std 1609.3-2016, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Networking Services,” April 2016.
- [13] IEEE Std 1609.4-2016, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Multi-channel Operation,” March 2016.
- [14] IEEE P1609.6/D0, “Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Remote Management Services,” April 2012.
- [15] IEEE Std 1609.11-2010, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Over-the-Air Data Exchange Protocol for Intelligent Transportation Systems (ITS),” February 2011.
- [16] IEEE Std 1609.12-2016, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Identifier Allocations,” March 2016.
- [17] http://www.its.dot.gov/pilots/technical_assistance_events.htm
- [18] ETSI website: <http://www.etsi.org>
- [19] ETSI EN 302 665 V1.1.1, Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture, September, 2010.
- [20] <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/cellular-vehicle-to-everything-c-v2x-technologies.pdf>
- [21] <http://www.etsi.org/news-events/events/1054-plugtests-2016-itscms5>

[22] <https://www.youtube.com/watch?v=wBreTj6cE4A>

作者簡介

曾蕙如



現任工研院資通所車載資通訊系統設計與驗證部技術副理。國立交通大學資訊科學與工程研究所博士。專長為車載網路與通訊技術、網路安全、密碼學，以及國際車載資通訊標準制定，並為ETSI TC-ITS WG5副主席，擔任ETSI TR 102 893與TR 103 460標準負責人。

E-mail: hueiru@itri.org.tw