



以 5G MEC 技術實現低延遲 V2X 事件廣播應用

中華電信研究院研究員 / 洪祥軒
中華電信研究院高級研究員 / 莊茹茵
中華電信研究院研究員 / 卓彥汝
中華電信研究院高級研究員 / 呂柏文

關鍵字：車聯網、V2X、VRU、5G、多接取邊緣運算

摘要

本研究使用5G多接取邊緣運算（Multi-access Edge Computing, MEC）環境建構實驗場域，並以V2X事件廣播服務應用為出發點，搭配生活中常見的車輛逆向超車之危險行為，利用5G行動網路傳送SAE J2735標準車載通訊訊息實現緊急事件預警。透過5G MEC環境所提供的高穩定與低延遲特性，使手機端獲得即時性的路側端警告資訊。經實際車輛驗證，End-to-End延遲平均40.6 ms，符合3GPP發佈文件有明確的定義，對於安全相關的服務當中延遲要求100 ms內。

一、前言

運輸領域宗旨在於物件以快速、經濟、

安全、節能、舒適的方式達到目的地，近年來AI領域軟硬體成熟，促使各種智慧交通應用服務百花齊放，世界各國皆推動智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS），係利用先進之電子、通信、電腦、控制及感測等技術於各種運輸系統（尤指陸上運輸），透過即時資訊傳輸，以增進安全、效率與服務，改善交通問題[1]。根據新的市場研究報告Self-Driving Cars Market，依照零組件（雷達、光達、超音波、相機）、汽車種類、自駕等級、電車及區域，全球自動駕駛汽車市場規模預計將從從2021年的2030萬台到2030年的6240萬台，複合年增長率為13.3% [2]。

而目前國際汽車工程學會（SAE）對於自駕車作出六個不同級別的分類，如下：



- Level 0 由駕駛人全面控制載具（方向、加速、煞車）。
- Level 1 主要由駕駛人操控且有單一輔助系統（巡航定速）。
- Level 2 即 ADAS，車輛能控制方向及速度，但任何時間駕駛人仍可取得控制權限。
- Level 3 自駕車有環境感知能力，能做出及時應變，但駕駛人需做適當性的反應。
- Level 4 對於特定區域可以完全的自動化，駕駛人不一定需做適當性的反應。
- Level 5 載具完全的自動化。

自動駕駛可有效降低因人為錯誤或反應延遲等因素之事故，然而自駕車受限於感知器技術限制、道路環境等因素，自駕車事故亦經常出現於國內外新聞版面。為確認自駕車輛及週邊一般用路人安全以實現全無人載具駕駛，車聯網（Internet of Vehicle）或V2X（Vehicle to Everything）被視為不可缺少的一項關鍵技術。

車聯網泛指車輛透過無線通訊技術與其他用路人及週邊設備所建立的車載網路應用服務，而3GPP以行動通訊技術為基礎而重新定義了名為C-V2X（Cellular-based Vehicle-to-Everything）的車聯網標準，並定義了車輛間（V2V）、車輛與道路設施（V2I）、行人（V2P）及雲端（V2N）等四種概念性架構。目前C-V2X標準正在演進當中，3GPP Rel.14在4G（LTE）導入似特定短距離通訊（Dedicated Short Ranged Communication，

DSRC）技術的直接通訊（direct-link/sidelink / PC5）技術規範，並且與DSRC競爭使用5.9GHz頻段，Rel.15則對於LTE V2X技術進行增強並導入了5G（NR，New Radio）連網通訊（Uu）技術，其採用Sub-6及mm-wave兩種頻段，而Rel.16技術則制定5G（NR）PC5技術規範，以整合5G行動通訊的「高頻寬」、「低延遲」、「廣連結」等特性，並透過整合Rel.14及Rel.15規範提供完整的車聯網通訊環境與應用情境。

配合自駕車的市場浪潮，5GAA（5G Automotive Association, 5G汽車協會）也積極推動C-V2X應用與驗證規範。目前國際V2X通訊技術的支援逐漸由DSRC移轉至C-V2X。因3GPP Rel.16標準完成不久，目前市場的主流C-V2X設備以Rel.14為主，而在國內，符合此標準的C-V2X設備主要運用於輔助自駕車處理感知器盲點的安全性應用情境，例如通過號誌化路口時所需的交通號誌燈態（Signal Phase and Timing，SPaT）資訊廣播、優先號誌控制、弱勢用路人（Vulnerable Road-Users，VRU）事件偵測等應用。

本研究主要關注提供弱勢用路人危險事件告警的V2X資訊廣播服務。其中弱勢用路人主要指移動速度及車體保護性相較汽車低的行人、自行車及機車等非機動車輛或慢速機動車輛。透過藉由將範圍縮小至常發生的車輛跨越雙黃線事件，以驗證提供斑馬線穿



越行人及對向駕駛者動態性告警機制之可行性，並且考慮事件發生的緊急性與系統之資訊延遲性要求。V2X服務應用與延遲需求在3GPP發佈文件有明確的定義[7, 8]，對於安全相關的服務當中，Emergency warning指出延遲要求100 ms，如表1所示，即可驗證本團隊5G MEC V2X事件廣播應用架構為可行。

二、關鍵技術

(一) 5G 通訊規範

第三代合作夥伴計劃（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）成立於1998年12月的標準化機構，是專於制定行動通訊技術（3G、4G、5G ...）規範組織之一，由參與團體集體會議討論，議定出技術規範及標準。第一代行動通訊技術，簡稱1G是為類比式電話系統，第二代依序為2G為數位通訊提供語音及簡訊服務，3G則是語音加上低速網路服務，4G的出現帶入行動網路高速寬頻，是以單一系統接取，及同軸電纜或光纖傳統點對點架構，新發展的5G提供高速寬頻網路，且低延遲、高可靠度、大連結，屬於多系統接取平台，雲化多點對多點網路架構。

開放性無線接入網路（Open Radio Access Network, O-RAN）基礎概念是以開放標準化，使得設備不受單一設備商所限制，此開放式架構可讓5G基地台緊密佈建減少成本，5G基站採巨量天線系統及極簡主

義（Ultra-Lean）並附有彈性化、可延展性設計（能支援LTE-NR共存）與4G緊密結合設計，利用大規模陣列天線提升系統頻譜涵蓋，實現距離大頻寬設計、低延遲設計、涵蓋距離。

5G設備中，核網扮演與網際網路溝通的角色，主要功能是提供連線服務管理（Control Plane）、資料交換（user Plane）、虛擬化服務。連線過程會先經過Control Plane，Control Plane會審核使用者的資料（電信資費方案、該方案所能獲得的網路頻寬、繳費情形），完成Control Plane的程序之後，電信業者會留通道給手機，此外連接端之無線網路（3G、4G、5G）資料交換則是以Data Plane的方式進行。基本上流程是，與本地基站進行連線進行無線傳輸，並與核網完成註冊連線、資料通道協定進行連線，會先從通訊網路轉換到IP網路環境，再遞送到網際網路。

關於目前5G基站彈性架構，主要分成兩種。非獨立組網架構（Non-standalone, NSA）是終端雙連接LTE和NR兩種無線接入技術，其優勢在於初期所需要投入的資源成本較低，但傳輸速率受限。獨立組網架構（Standalone, SA），是建置新的5G基地台，終端僅連接NR一種無線接入技術，核心網路使用5G架構，不再依賴4G，傳輸速率不受限制。



表 1 各種安全應用服務延遲需求

Service Type	Use Cases	Description	Latency Requirement
Safety-related services	Forward collision warning (FCW)	The FCW application is intended to warn the driver of the host vehicle (HV) in case of an impending rear-end collision with a remote vehicle (RV) ahead in traffic in the same lane and with the same direction of travel.	100 ms
	Control loss warning (CLW)	The CLW application enables an HV to broadcast a self-generated loss of control event to surrounding RVs.	100 ms
	Emergency warning	The emergency vehicle warning service enables each vehicle to acquire the location, speed and directional information of a nearby emergency vehicle.	100 ms
	Emergency stop	This use case describes how v2V communications are to be used in the case of an emergency stop in order to trigger safer behavior in other cars that are in close proximity to the stationary vehicle.	100 ms
	Queue warning	Using the V2I Service, relevant queuing information can be made available to other drivers beforehand. This minimizes the likelihood of crashes and allows drivers to take mitigation steps.	100 ms
	Road safety services	V2X messages are delivered from one UE that supports V2I Services to other UEs that also support V2I Services via a Road Side Unit (RSU), which may be installed at the road side.	100 ms
	Pre-crash sensing warning	The pre-crash sensing warning application provides warnings to vehicles in the event of an imminent and unavoidable collision by exchanging the attributes of the vehicle when a non-avoidable crash is anticipated.	20 ms
Automated driving-related services	Automated overtake	Executing safe overtaking maneuvers requires cooperation among vehicles travelling in multiple lanes in order to create the necessary gap to allow the overtaking vehicle to quickly merge into the lane corresponding to its direction of travel in time to avoid a collision with an oncoming vehicle.	10 ms
	Cooperative collision avoidance	Collisions between two or more vehicles are prevented by controlling the longitudinal velocity and displacement of each vehicle along their path without creating hazardous driving conditions for other vehicles that are not directly involved. All involved vehicles should undertake computing optimal collision avoidance actions and apply them in a cooperative manner.	100 ms
	High density platooning	High Density Platooning, i.e., the creation of closely spaced multiple-vehicle chains on a highway, has multiple benefits, such as fuel saving, accident prevention, etc.	10 ms
	See-through	For the safety of pedestrians who are crossing the road in front of an HV, the camera in the HV detects the situation and shares information regarding the pedestrian with RVs to the rear of the HV.	50 ms

根據國際電信聯盟（ITU）對5G應用場景的定義，如圖1所示（引用該篇論文FIGURE 2），可分為三大應用場景[3]，增強行動寬頻上網（Enhance Mobile Broadband，eMBB）、高可靠低延遲通訊（Ultra Reliable Low Latency Communications，uRLLC）、大量物聯網連結（Massive Machine Type Communications，mMTC）。其中eMBB提供Gbps等級速率、大容量的網路服務，常見的應用於全息通影 AR/VR。而uRLLC講求低延遲網路服務應用，如工廠自動化、公共安全、車聯網。mMTC以廣闊部件為主，特色以高連結數、低耗電、低成本、大涵蓋，如智慧城市、智慧電表、智慧路燈。

行動邊緣運算（Mobile Edge Computing，MEC）此概念由歐洲電信標準協會（ETSI）在2014年提出，主要是減少核心網路的資料處理效能壓力，在行動網路的邊緣提供雲端運算的能力。運用在5G行動網路邊緣提供運算與資料儲存能力，於靠近用戶的位置提供應用服務，對於鄰近用戶提供網路功能，實現極低延遲網路架構，並且結合虛擬化與雲端化技術，有效管理設備資源一般網路、5G基站、區域機房、4G/5G核心網路、應用服務伺服器。實際的作法是將核心User Plane與應用移至離用戶更近的位置，縮短資料傳輸路徑、有效降低端對端時延，相較於服務存取需經過Internet，資料較為可靠

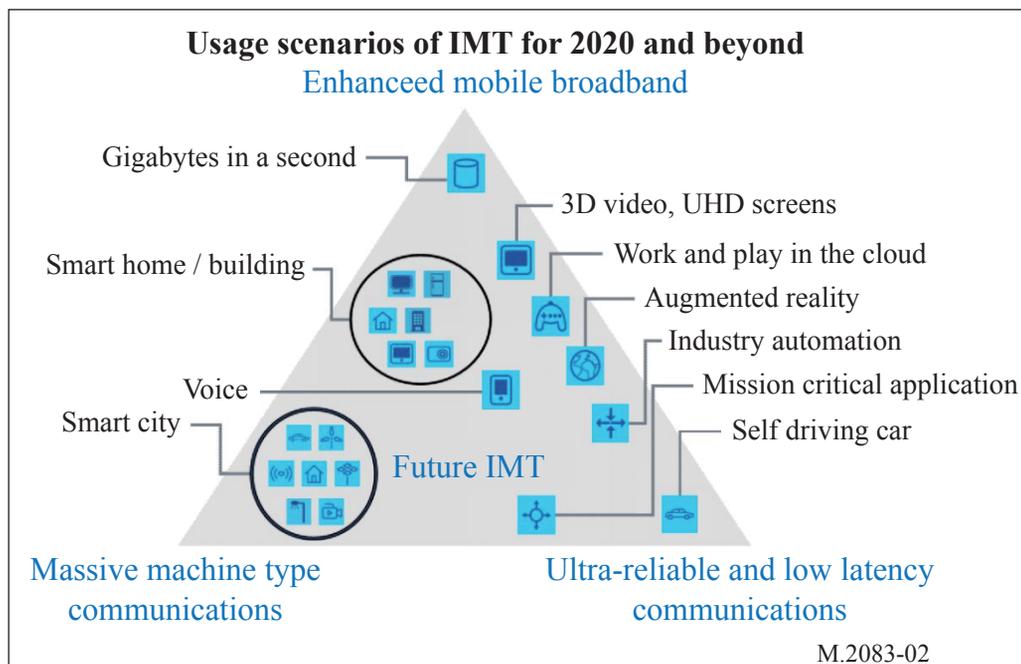


圖 1 5G 應用場景實例



及穩定，確保傳輸安全，時間延遲較低。

(二) 影像辨識

近年來，AI影像辨識技術日趨成熟，賦予機器視覺能力，其借助於機器學習和深度學習算法，它們可以看到及探索世界，已廣泛用於交通、醫療、製造、營造、農業、零售等各行各業。交通運輸需求的增長，推動該技術的發展，其核心技術是計算機視覺，從自動駕駛汽車到車流檢測，智慧交通系統（ITS）已成為提高交通效率、有效性和安全性的關鍵領域。常見應用如下：

1. 自駕車應用：自動駕駛汽車不再是科幻小說，全球數以萬計的工程師已經在測試和提高自動駕駛汽車的可靠性和安全性，計算機視覺用於辨識物體（例如，路人、載具、路標或交通信號燈）、創建 3D 地圖或軌跡預測，在使實現自駕車中發揮了關鍵作用，從汽車中感測器（雷達、光達、相機）收集周圍環境的數據，對其進行解釋並做出相對應的反應。先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems，ADAS）技術就是結合了計算機視覺技術，如模式識別、特徵提取、物件追蹤和 3D 視覺，以開發輔助駕駛活動的實時算法。
2. 交通流量分析：由於計算機視覺領域發展，利用路側監視器推估交通車流追蹤和估計也具有可行性。這些演算法現在可以準確

地追蹤和統計高速公路交通或監控和分析城市地區（例如，十字路口）的交通密度，依交通流量特性調查檢討瓶頸路口路段，研析相關交通管制改善措施，幫助設計更好的交通管理系統並提高道路安全。

3. 行人檢測：行人的辨識和追蹤在行人保護系統和智慧城市設計具有潛在影響，進而成為重要的計算機視覺研究領域。室內智慧型監控與無人駕駛自動車皆使用相機自動識別和定位圖像或視頻中的行人，同時考慮與身體著裝和位置、遮擋、不同場景下的照度和背景雜訊等相關變化。
4. 車位佔用檢測：計算機視覺已廣泛用於停車導引資訊系統（Parking Guidance and Information，PGI），系統目的於通過將駕駛員引導至佔用率較低的停車場，幫助尋找空置停車位，目的是減少搜索時間，從而減少周邊道路上或其他交通擁堵。停車場利用各種技術來幫助駕車者找到空置的停車位，由於深度學習的發展，基於相機判斷停車位置實現了極高的準確度，幾乎不受照度和天氣條件變化的影響。

(三) 車聯網

3GPP組織於LTE-V2X（3GPP TR 22.885）及NR-V2X（3GPP TR 22.886）中，分別定義了27種及25種應用情境，5GAA對應的LTE-V2X（R14）應用情境[4]，如圖2

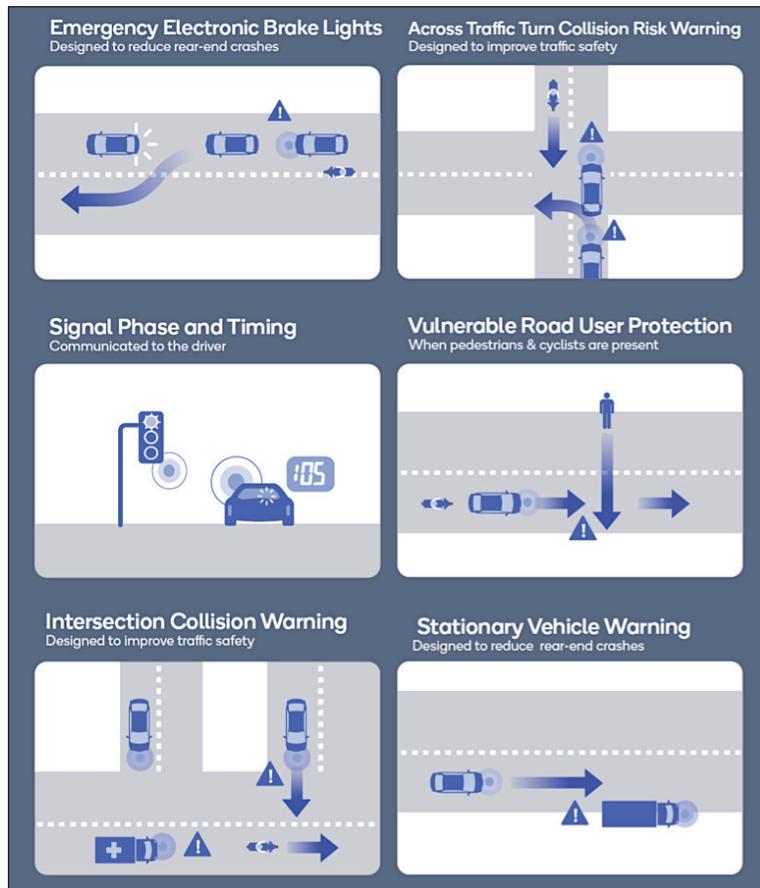


圖 2 六種 3GPP Rel.14 應用情境

所示，主要著重於基本安全，如緊急煞車告警、紅綠燈相位與時間資訊、路口直行/轉彎碰撞、行人安全、靜止車輛等，而NR-V2X則因應較低的時間延遲與大頻寬，可提供自駕車隊、感測器資訊分享（含高解析度地圖）、遠端遙控、進階駕駛系統（含軟體更新、車況監控）等應用。

V2X 場景主要是以專用短程通訊（DSRC）為基礎，在安全相關V2X應用中，

主要採用SAE J2735、SAE J2945等。其中J2735標準主要的內容是定義訊息集（Message Sets）、資料訊框（Data Frames）及基本資料元素（Data Elements），並利用ASN.1編碼規則來進行資料編/解碼，以便應用程式有效藉由DSRC/WAVE或是其他通訊終端進行資料交換。J2735定義了17個訊息，訊息名稱如表2所示，架構分成多個部分（part），Part I常以訊息的基本ID、時間戳記、訊息類型、訊息內容等呈現，即Frame header。Part II及Part



表 2 J2735 各種服務訊息

項次	訊息名稱	簡易說明
1	MSG_MessageFrame (FRAME)	定義訊息標準
2	MSG_BasicSafetyMessage (BSM)	車輛基本安全
3	MSG_CommonSafetyRequest (CSR)	交換基本安全訊息
4	MSG_EmergencyVehicleAlert (EVA)	緊急車輛告警
5	MSG_IntersectionCollisionAvoidance (ICA)	路口避免碰撞
6	MSG_MapData (MAP)	地理描述訊息
7	MSG_NMEACorrections (NMEA)	定位校正訊息
8	MSG_PersonalSafetyMessage (PSM)	路人安全訊息
9	MSG_ProbeDataManagement (PDM)	擷取數據管理
10	MSG_ProbeVehicleData (PVD)	擷取探測數據
11	MSG_RoadSideAlert (RSA)	路側警示
12	MSG_RTCMCorrections (RTCM)	定位校正
13	MSG_SignalPhaseAndTiming Message (SPAT)	號誌時相
14	MSG_SignalRequestMessage (SRM)	號誌要求
15	MSG_SignalStatusMessage (SSM)	號誌狀態
16	MSG_TravelerInformation Message (TIM)	車牌、號誌資訊
17	MSG_TestMessages	預計功能新增

III常以應用方面為主，通常是依照服務所需進行彈性擴展所需的訊息。

SAE J2540標準提供應用於智慧型運輸系統 (Intelligent Transport System , ITS) 與 (International Traveler Information Systems , ITIS) 。其對於通訊片語給予一定的限制，避免標誌相同語意但不統一的

情況，並提供部分彈性提供在地所需的地理名詞，基本術語 (term) 由56種資料元素 (Data Element , DE) 所填充。

VRU的基本實例，於3GPP TR 22.885可以找到，路人端經由V2X訊息即時監控，當車輛即將穿越人行道會十字路口，此時可以應用攝影機、光達、雷達之技術，持續以

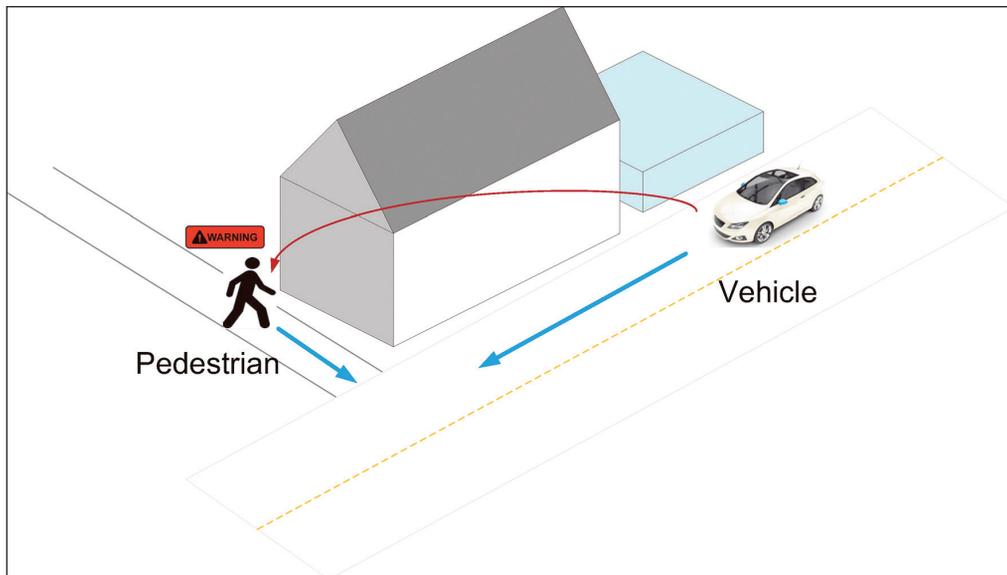


圖3 路人視線死角碰撞告警

SAE J2735訊息給予固定週期傳送給中控端，可以取得車輛動態軌跡、速度資訊，依照一定條件廣播訊號給用路人[5]。如圖3所示（引用該篇5.17.3章節之圖），路測設備持續偵測載具軌跡，出現使用非機動車輛之弱勢用路人，在特定條件下，如有預期碰撞，將觸發弱勢用路人危險事件，經由用路人手機端預期危險車輛靠近。

三、應用系統架構與開發環境

2020中華電信5G服務開台，最大頻寬、最佳頻位之國際主流3.5GHz頻譜，採用4G/5G雙連結架構技術，率先5G開台，引領台灣進入5G新時代。同時也建置5G開放實驗室，提供Ericsson及Nokia兩套5G網路設備

平臺，提供完整的實驗測試環境，因應未來物聯網、AI人工智慧、企業專網等各領域的需求。

為了促進V2X的應用場景向著更加多樣化的方向發展。例如，利用5G低延遲提供即時路況資訊，並採用高速率影像回傳車輛或路口畫面，後端伺服器無可避免的帶來極大的傳輸和處理壓力，基於此MEC可服務本地化處理，在車聯網場景中實現數據的短距離間傳輸，降低了end-to-end延遲，從而滿足車聯網的服務需求，提供道路基礎設施、車輛、行人高速且可靠的通訊。實現完整的V2X應用服務，目前中華電信打造了5G實驗網並建立了許多系統與服務。

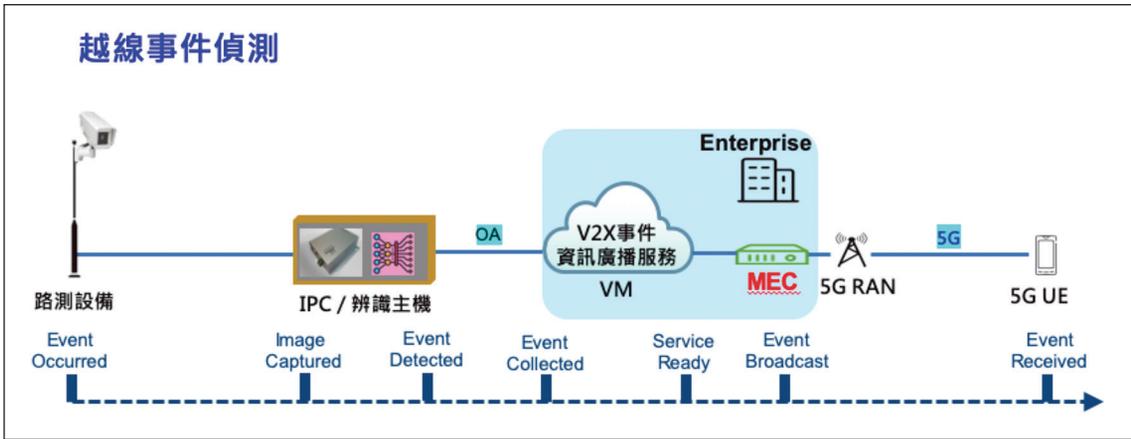


圖 4 系統架構圖

對於V2X事件廣播服務應用，本系統架構分為四個部分，路側設備、MEC環境、5G基地台、5G手機，如圖4所示。

(一) 路側設備

為了預防駕駛的僥倖的心態，透過道路監視攝影機（IP cam），經由院內區域網路環境傳遞至路旁工業電腦，進行AI車輛辨識，即可取得車輛行駛路徑，可得知是否有穿越雙黃線的行為，初步產生JSON標準格式代表越線事件發生，參數主要為行車方向、車牌號碼、觸發時間，將此訊息傳接至MEC平台。

(二) MEC 邊緣運算環境

於中華電信5G實驗網，MEC主機是介於用戶端與核網之間，將網路業務與計算能

力下沉到更接近用戶的無線接入網側，從而降低核心網的負載和開銷，並降低了服務延遲。基地台與核網連線採Inline模式，串進MEC進行訊務的攔截，兩端搭配Bypass Switch與SDN Switch，當設備異常時可偵測並直接透通資料，當設備、程式異常甚至斷電時，可直接透通線路資料至核網，維持基地台正常運作。

關於MEC邊緣應用部署，主機是使用DELL的R740xd，將服務應用植入Virtual machine，並由ECoreCloud（ECC）雲平台管理MEC主機，再以平台虛擬化的方式執行，應用服務即可利用SSH來傳輸命令列介面和遠端執行命令。

(三) 5G 基地台建置

關於5G實驗網行動寬頻基地臺5G NR頻段（3.5GHz），是採NSA非獨立組網架

構，以雙連結（Dual Connectivity，DC）方式串接LTE與NR，並採Option 3x標準對LTE硬體影響較小，利用原有的4G基地台，節省成本，且可支援承載分離（split bearer），資料聚合效果較佳，將資料分別從5G基地台或LTE基地台傳到手機終端。設備行動寬頻基地臺LTE跟NR，是分別使用Ericsson的Radio2219及Air6488無線射頻基站。

（四）V2X 訊息廣播

專用短程通訊中的SAE J2735訊息標準定義了許多與行車安全相關的訊息，其中旅行者資訊（Traveler Information Messages，TIM），其向旅行者或裝置發送各種警告或是提醒資訊（路標、CMS看板），跟自行定義一個半徑距離會是特定幾何區域來表示事件發生影響範圍，當中的可使用具規範的ITIS編碼系統來發送，並且保持地點命名的彈性於使用片語當中，編碼系統的用意，是在於更精準且更加標準化的表達旅行者所關心的資訊，TIM對於事件的時間狀態有嚴格的定義，準確的定義開始和持續時間，可視為一分鐘的週期廣播。

四、實驗過程與結果

於中華電信研究院大門前置路廊建立智慧路口應用服務場域，模擬於行車穿越對向車道之危險告警應用，運用本院於行人穿越道前所設置減速丘，其原目的是為了強制使行過的車



圖5 公務車已構成越線

輛減速，以免行人發生意外，但很多駕駛會直接繞過減速丘以利完全避免顛簸，卻要承擔一定的安全風險，如圖5所示。

起初的越線參數傳送至中華電信研究院5G實驗網中的MEC平台進行邊緣運算處理，依據SAE J2735規範，其主要是傳送車輛即時的所有相關資訊，當中的TIM應用層訊息格式，提供危險事件的路側代號、GPS座標、發生的時間、車道寬度、半徑影響範圍、警告標語，其中警告標語是依照ITIS編碼及TEXT組合而成，並依照MUTCD交通標誌呈現DO NOT PASS WHEN SOLID YELLOW LINE IS IN YOUR LANE。

位於MEC中另有V2X管理平台，當中的應用服務，除了本篇TIM另有BSM、SPAT、MAP集中管理於MEC平台，為了能應付巨量數據的吞吐，資料庫架構大致分為三個部分。



(一) 數據採集：

多通道持續監聽V2X訊息，例如接收於路側端產生的TIM訊息，並以維運自動化方式，開機後即可腳本自動初始服務，當有訊息傳遞交握失敗後，即有後台監控戳記錯誤時間、錯誤內容。

(二) 數據管理：

將V2X訊息以格式ASN.1解析成參數，過濾不合法、錯誤參數或雜訊，確保正確資料存入資料庫，以方便爾後的日常監控管理、問題分析與異常排除。

(三) 數據分析：

可將特定時間、定位、服務等多維度進行查詢，例如即可以很直觀的對於延遲數據進行巨量的統幾分析。

在V2X服務中最重要環節即是邊緣運算主機與手機端的訊息溝通，事件告警最講求以低延遲高速的應用服務品質。當車輛越過雙黃線視為危險事件，MEC平台即刻拋送TIM訊息，經由5G基地台，以火速的方式利用響聲（刺耳嗶嗶聲）廣播至手機端，並有其他應用服務同時進行（BSM、SPAT），如圖7所示，讓使用者能預先得知可能的意外，即可做出臨時應變，例如切出外車道或是減緩速度禮讓對向車輛，事後並有CMS看板立

即警示（越線違規）顯示對向來車已經越線的事實，如圖6所示。

五、研究結果

汽車產業正走向物聯網及自動駕駛的技術轉型，為了提供預防交通事故、改善交通流量甚至實現自動駕駛，這些服務皆仰賴於車輛、路邊基礎設施中的感測數據，其中道路安全在未來的自駕藍圖必發揮起關鍵的作用，到目前為止，對於具有高可靠、低延遲性的先進車輛服務並無廣泛部署，主要的原因在於缺乏完整的服務配套通訊介面，或許5G通訊有望解決這項問題。本文提出了一個通用的系統架構來實現道路安全用例，並研究5G邊緣運算的通信。通過各端點設備比較延遲end-to-end來評估生成的數據資料鍊傳輸時間，以便驗證5G對於V2X事件廣播應用之可行性分析。

根據2018期刊論文[6]，係於芬蘭的自



圖 6 CMS 看板越線違規告警



圖 7 手機 APP 響聲介面配合其他應用

駕車環境應用，該篇有三個道路安全用例。其一，當地主要幹道天氣與安全提示，經由車載相機、感測器、本地數據，傳遞給道路使用者與維護人員。其二，機器視覺與光達改善道路安全，利用車與車之間的通訊，利用車輛內置相機與光達提供控制系統與駕駛人有關前方路況如障礙物等更多訊息。其三，輔助駕駛低延遲提醒，該用例中包括車輛控制建議、路線規劃等其他建議訊息。該篇採5G/LTE的邊緣運算結構，提供本地化的道路服務，並使用CoAP專用的Web傳輸協議和MQTT發布與訂閱機制進行資料的溝通橋樑。根據該論文，第一段延遲量測，此

應用情景是將源於車輛產生的安全訊息拋至MEC主機，根據一個發送端，CoAP協定延遲為27.8 ms，MQTT協定為226.3 ms。第二段延遲量測，此應用情景是將由MEC主機收集的安全訊息拋至車載端，根據一個接收端，CoAP協定延遲為54.6 ms，MQTT協定為212.1ms。

為了V2X事件廣播應用之可行性，本團隊利用車輛危險越線告警來證明之，從路側端的機器視覺辨識取得車輛越線事實，再由本地MEC邊緣運算主機，生成SAE J2735中的TIM應用服務，於MEC平台端進行管理與訊息的儲存，經由5G基地台，將TIM訊息拋送給手機端，讓用路人及時獲得手機語音告警。MEC平台作為TIM應用服務的伺服器端，以建立TCP交握與手機溝通，根據平台端的時間戳記，共110筆平均40.6 ms，如圖8所示。

參考文獻

1. <https://www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=1556>
2. <https://www.prnewswire.com/news-releases/self-driving-cars-market-worth-62-4-million-units-by-2030--exclusive-report-by-marketsandmarkets-301461896.html>
3. M.2083 : IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond
4. https://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/presentations_2018/2018_10_17_tokyo/presentations/2018_1017_3GPP%20Summit_07_5GAA_FLAMENT.pdf
5. 3GPP TR 22.885 V14.0.0 (2015-12) 5.17.3
6. Use Cases and Communications Architecture for 5G-enabled Road Safety Services
7. Latency of Cellular-Based V2X: Perspectives on TTI-Proportional Latency and TTI-Independent Latency
8. 5GAutomotiveVision,document5G-PPP,2015.

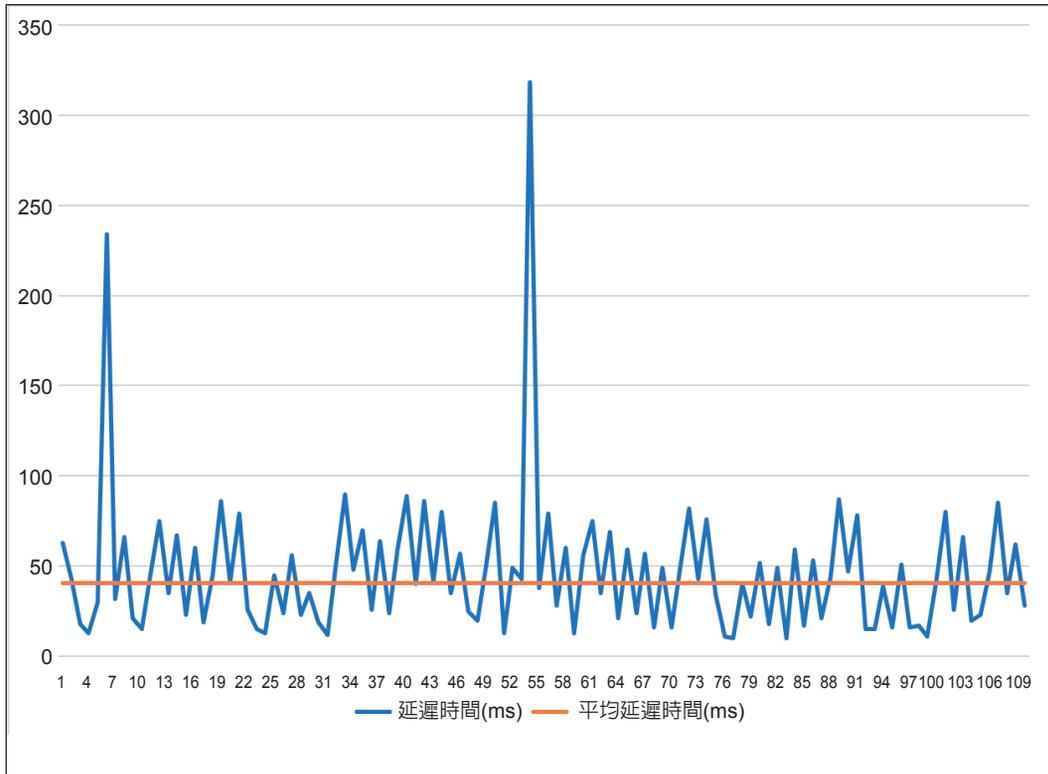


圖 8 事件廣播應用延遲時間