

LTE V2X車間通訊服務與系統架構

LTE Services and System Architecture for Vehicle-to-Everything

王玉喆

蘇子翔

蔡嘉泰

Yu-Che Wang, Tzu-Hsiang Su, Chia-Tai Tsai

中文摘要

隨著科技的進步，自動駕駛汽車所需之相關技術也愈趨成熟。自動駕駛汽車上路有兩個技術發展重點，一為主動式感測技術，二為協同式資料運算；後者多仰賴通訊技術進行資料交換與蒐集形成所謂車聯網(V2X, Vehicle-to-Everything)服務。為符合車用環境，比較熱門的通訊技術大多具有適用於戶外環境的特性，例如5.9GHz DSRC ;(Dedicated Short- Range Communication)以及LTE(Long Term Evolution)。制定LTE的3GPP (3rd Generation Partnership Project)自Release 14開始加入有關V2X (Vehicle-to-Everything)的議題。本文將針對3GPP現階段進行討論的LTE V2X服務與系統需求做介紹。

Abstract

Sensor technologies and Data fusion algorithm are mature for autonomous driving. The input source of data fusion algorithm depends on advance communication technology also called Vehicle-to-Everything. The communication technology for this purpose should be suitable for outdoor environment. For example: 5.9GHz Dedicated Short-Range Communication and LTE (Long Term Evolution). 3rd generation partnership project adds the topic of V2X (Vehicle-to-Everything) since release version 14. This paper will introduce the LTE V2X service requirement and system architecture.

關鍵詞(Key Words)

自動駕駛車 (Autonomous Car ; Driverless Car)

長期演進技術 (Long Term Evolution ; LTE)

車聯網 (Vehicle-to-Everything ; V2X)

1 · 前言

近年來，自動駕駛汽車成了汽車產業熱門發展的目標之一。全球各大車廠均紛紛展示相關概念車款，甚至啟動道路試行計畫，連帶使得先進駕駛輔助系統(ADAS)與汽車對各種物

體(V2X)通訊等兩大實現自動駕駛的關鍵技術迅速受到關注與重視。

自動駕駛汽車是由電腦取代人來操控汽車，需要依賴人工智慧、電腦視覺、GPS、雷達及感測裝置等多種資訊綜合運算，並且結合

先進駕駛輔助系統(ADAS)及車聯網(V2X)技術的開發，讓車輛與周遭環境互相連結溝通，交換彼此位置、速度、方向等資料，了解彼此動態以避免碰撞發生；透過這些確認，自動駕駛的可靠度將可大幅提高。

車聯網V2X (Vehicle to Everything) 是指汽車對各種物體通訊，是車輛與外部環境的連結，各個交通實體，包括車輛、交通基礎設施及任何道路使用者，都可以經由周遭的其他交通實體所提供之訊息而受益；進而延伸出車與車 (V2V)、車與交通基礎設施 (V2I)、車與行人 (V2P) 以及車與核心網路(V2N)等多種形式。

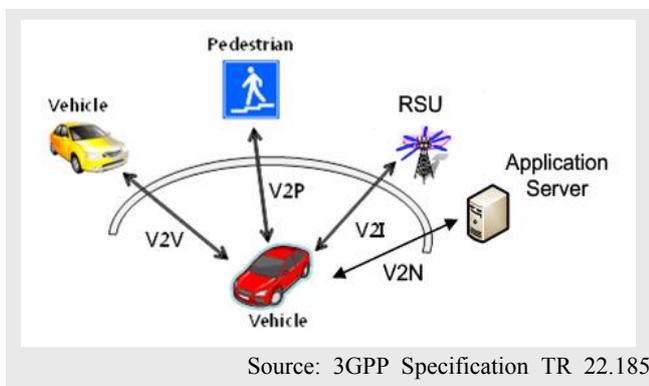


圖 1 V2X的類型

LTE支援的車輛通訊服務(LTE support for V2X services) 包含以下三種不同形式：

- Vehicle-to-Vehicle (V2V)車間通訊，以廣播為主要傳送方式，在不同使用者裝置(UE)間交換 V2V 相關應用資訊。讓車輛之間能即時互傳訊息，了解彼此動態以避免碰撞發生。車輛間可以直接通信；或者受限於通訊距離也可以透過支援 V2V 服務的基礎設施，如路側裝置或是應用伺服器等來轉送訊息。
- Vehicle-to-Infrastructure (V2I) 車與交通基礎設施通訊，支援 V2I 應用的

使用者裝置與路側裝置互相傳送應用層資訊。V2I 使車輛及路側裝置作為點對點網路中之通訊節點，互相提供有用訊息，特別是與交通壅塞及危險事故有關之訊息，大幅提升了行車安全與效能。

- Vehicle-to-Network (V2N)車與核心網路通訊，是指的使用者裝置與服務實體彼此透過 LTE 網路互相溝通，V2N 應用將相關資料傳輸至核心網路之後台應用伺服器進行資料儲存、使用與交換。
- Vehicle-to-Pedestrian (V2P)車與行人通訊，支援 V2P 應用的使用者裝置傳送應用層資訊，此資訊可被支援 V2X 服務的車輛廣播以對行人提供警示，或是由行人端支援 V2X 服務的使用者裝置向路過車輛廣播。車輛與行人間可直接交換 V2P 相關應用資訊；或者受到傳輸距離的限制，透過支援 V2X 服務的基礎設施來互傳資訊。

以上這些服務所形成的協同式知覺 (co-operative awareness)，可提供終端使用者更智慧的服務。車輛、路側裝置 (roadside infrastructure) 及行人等交通實體可收集周遭環境的資訊 (例如：從接近的其他車輛或感測器設備接收到的訊息) 來處理並分享，以便提供更多的智慧服務，諸如協同式碰撞警告或自動駕駛等。

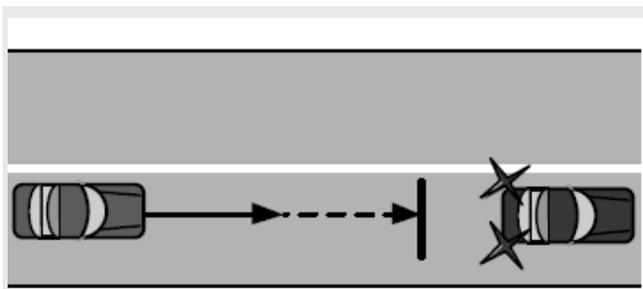
2 · LTE V2X 應用案例

2.1 Vehicle-to-Vehicle (V2V)

車間通訊(V2V)被用在車輛間交換行車資訊，協助偵測立即的碰撞威脅並警示駕駛者。以前方碰撞預警為例，前方碰撞預警用來警示駕駛即將發生與同車道及相同行駛方向的前車

發生追撞。使用車間通訊應用可以減少甚至避免碰撞造成的傷害。

支援車間通訊的前後兩車，使用車間通訊服務彼此溝通。前車週期性的廣播自己的位置、速度、加速度、行車方向等資訊。前車經計算周遭車輛行車資訊後發覺同車道後方即將發生碰撞，將此結果反應在廣播訊息中。後車接收到前車廣播出來的警示訊息後提醒駕駛採取相應的措施來避免可能發生的追撞。



Source: SAE J2945/1 MAR2016

圖 2 前方碰撞預警

2.2 Vehicle-to-Infrastructure (V2I)

車對基礎設施(V2I)的應用之一是在可以在駕駛尚未察覺時，在更遠的距離之前通知駕駛前方的路況、減少視覺上的盲點並提高能見度，使駕駛可以更早接到警告，有更多的時間做反應以避免危險發生。以彎道速限警示為例：

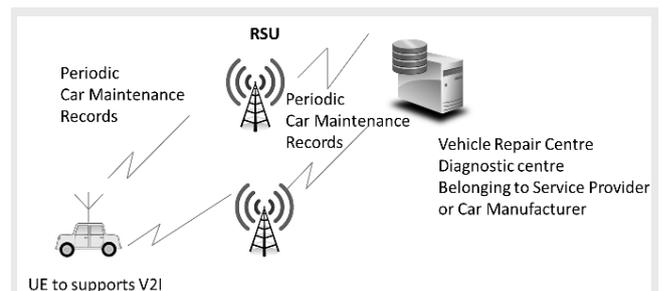


Source: <https://www.elektrobit.com>

圖 3 彎道速限警示

彎道速限警示可提醒駕駛以合適的速度過彎。一個支援V2I服務的路側裝置(RSU)設立於彎道之前，週期性的廣播包括位置、彎道速限、坡度、路況等資訊的訊息。裝備了支援V2I服務裝置之車輛進入該路側裝置的通訊範圍後，便開始接收到其所廣播的訊息；經計算車輛速度、加速度等資訊後提示駕駛採取對應措施。

由於路側裝置具有連網能力，因此車對基礎設施的另一應用是遠距診斷車況並提供及時維修通知。一輛註冊該服務的汽車在進入支援V2N服務之路側裝置的通訊範圍後，開始回報目前功能狀態給遠端診斷中心並接收及時維修通知。車輛維修中心位於車輛服務中心內，需要週期性的獲得並分析車輛資訊，依據分析結果提供車主相關維修保養建議。此舉可優化車輛檢測並降低車輛功能失效的風險。



Source: 3GPP Specification TR 22.885

圖 4 遠距診斷及時維修通知

支援V2N服務的車輛內建診斷裝置收集車內相關感測器的資料，包括引擎、傳動系統、穩定控制系統、安全氣囊、噴射系統、防鎖死煞車系統、胎壓等資訊。當車輛經過支援V2N服務的路側裝置時會將所收集之資料傳送給該路側裝置，路側裝置將資料傳送給汽車維修中心進行分析及診斷。若檢測到有零件需要維修或更換，汽車維修中心會將檢測資料、最接近的維修地點、維修的急迫性等資訊透過電子郵件或是支援V2N服務的裝置通知車主。車主可依此通知及時進行維修，並可要求車輛診斷中心刪除所儲存的車輛資料。

2.3 Vehicle-to-Pedestrian (V2P)

車對行人通訊服務(V2P)用來提供資訊給行人、腳踏車等弱勢道路使用者，協助偵測立即的碰撞威脅並發出警示。

由行人所攜帶的使用者裝置支援V2X服務，並持續監控V2X訊息的傳輸。在行人附近，一輛支援V2X服務的汽車即將穿越人行道或交叉路口，車上的使用者裝置週期性的傳送使用V2P通訊的V2X訊息，訊息中提供了該車輛的速度及方向等行車資訊。

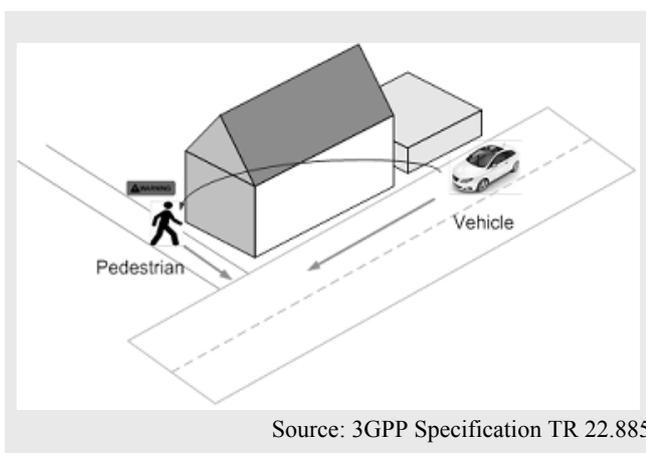


圖 5 行人碰撞警示

行人的裝置接收到附近車輛所傳送的V2X訊息後，得知周遭車輛的存在情況，計算碰撞風險並以視覺、聽覺、震動等方式提供必要的警示，使穿越路口的行人可以採取預防措施提前避開可能產生的風險。

上述之應用案例只是車輛通訊應用中的幾個例子，包含了安全性及非安全性應用。為實現這些應用，在研發相關技術時，應滿足操作上的各種潛在需求，並達到低傳輸延遲、高可靠度等基本要求；因此3GPP考量LTE V2X的服務特性提出兩種系統架構，本文於後續進行介紹。

3 · LTE V2X系統架構

目前3GPP所討論的LTE V2X服務大多以

行車安全為主，其次為交通便捷。前者因有低網路延遲的需求，訊息不適合像傳統電信網路架構透過核心網路來進行傳遞，需要透過D2D(Device-to-Device)的方式來達成。後者則多需要以一對多的multicasting方式來達成。因此3GPP也為LTE V2X定義了兩種實現架構PC5 based architecture 以及 eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) based architecture。

3.1 PC5 based architecture

3GPP在Release 12開始加入的D2D實現方式，在標準中定義為ProSe (Proximity Services)，LTE V2X PC5 based architecture則參考ProSe的架構與實現方式。PC5 based architecture的總體架構如圖6。

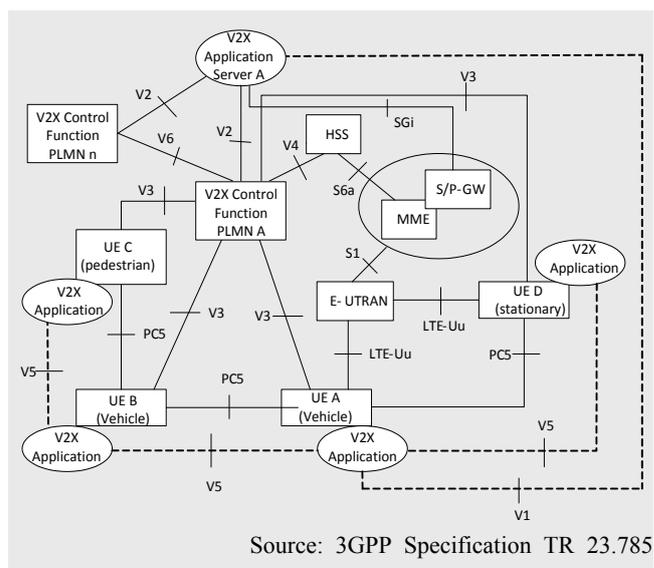


圖 6 PC5 based architecture

- V1: V2X 服務與 V2X 應用伺服器間的通訊介面。由 V2X 應用提供者自行定義。
- V2: V2X 應用伺服器與 V2X 控制單元的通訊介面。V2X 控制單元建置於電信營運商網路中，主要功能為管理 V2X 應用服務的權限認證、授權發放

以及 V2X 服務漫遊管理。

- V3: UE(User Equipment)與 V2X 控制單元的通訊介面。透過 V3 使 UE 進行服務認證請求以及取得服務授權。V3 的實現為 ProSe 的 PC3 介面定義在 3GPP TS23.303。
- V4: V2X 控制單元與 HSS (Home Subscribe Server)的通訊界面。V2X 控制單元透過 V4 可向 HSS 調取使用者的 V2X 服務權限。做為提供授權的基礎。
- V5: V2X 服務伺服器間的通訊界面。由 V2X 應用提供者自行定義。
- V6: V2X 控制單元間的通訊界面。主要處理使用者漫遊功能。
- LTE-Uu: UE 連上 E-UTRAN(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)的主要介面。包含 Physical Layer、PDCP (Packet Data Convergence Protocol) 以及 Nas (Non-access Stratum)。
- PC5: UE 間的通訊界面。定義於 3GPP TC23.785 Release 12。在實體層的實現稱為 sidelink。sidelink 是 UE 在實體層的新增功能。目前定義在 FDD 中採用 uplink 頻段並且在 TDD 中屬於 uplink 的 sub-frame。

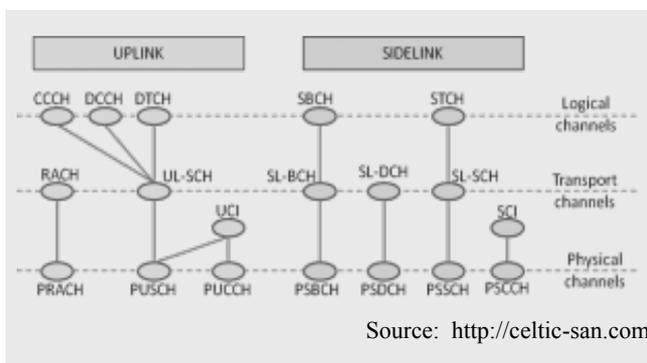


圖 7 Sidelink of UE

其中 SBCH (Secondary Broadcast Channel)、SL-BCH (Sidelink Broadcast Channel) 以及 PSBCH (Physical Sidelink Broadcast Channel) 用於同步。SL-DCH (Sidelink Discover Channel)與 PSDCH (Physical Sidelink Discovery Channel)用於探索。SCI (Sidelink Control Information)、PSCCH (Physical Sidelink Control Channel)、STCH (Sidelink Traffic Channel)、SL-SCH (Sidelink Shared Channel) 以及 PSSCH (Physical Sidelink Shared Channel)用於資料通訊。

3.2 eMBMS based architecture

eMBMS為3GPP用作提供多媒體網路服務時能有效利用網路資源而制定。其主要的特色是可以從一個服務提供者透過eMBMS同時向多個使用者設備進行資料的傳送。因共用網路資源以致提升網路的利用率。在LTE V2X服務中亦有這類型的服務。例如：由交控中心對行進中的車輛發布行車資訊。eMBMS based architecture的總體架構如圖8。

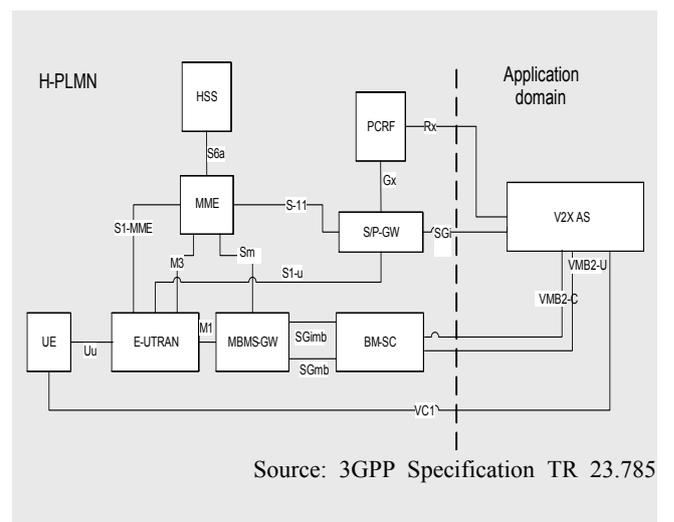


圖 8 eMBMS based architecture

在此架構中V2X AS (Application Server)可透過VMB2介面連結上原有的eMBMS架構即可運作。而VMB2介面也延用在eMBMS架構中MB2介面的功能定義。3GPP目前正考量是否有需要新增功能於原有的MB2介面。

4 · LTE V2X標準現況

3GPP為適用V2X的應用服務需求所定義的PC5 based architecture以及eMBMS based architecture。前者大多延用ProSe的架構後者則應用於現有的eMBMS。但V2X仍有許多為了滿足服務而產生的需求。

- V2X authorization
V2X D2D的授權由電信業者網路中的V2X控制單元維護，包含發放、更新與撤銷，同時支援漫遊時的授權維護。UE取得授權後將可以儲存相關資訊，使得V2X服務可以不用每次訪問V2X控制單元，並且可以在E-UTRAN的服務外繼續使用V2X服務。
- V2X UE Addressing & Identifiers
V2X的UE以PC5進行通訊(one-to-all ProSe Direct Communication)時，可以透過IPV6的自動設定進行，自動設定的規則定義於IETF RFC 4862。除此以外UE亦可以採用V2X-non-IP模式，在V2X-non-IP模式UE透過Layer-2 ID進行通訊(one-to-all ProSe Direct Communication)。同時為了避免UE(通常為車輛)被追蹤，無論使用IPV6自動設定模式或V2X-non-IP模式，IPV6與Layer-2 ID都需要在一定時間內進行更換。

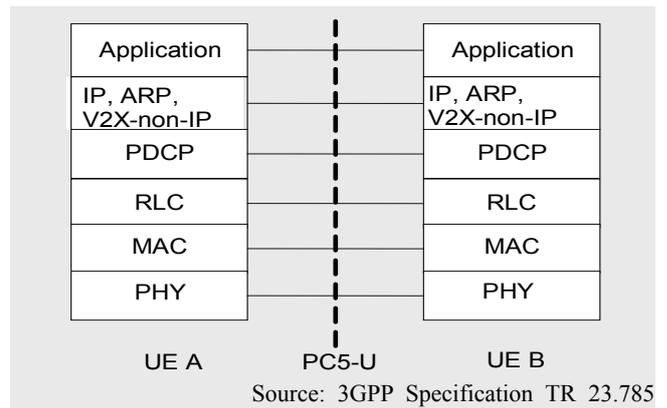


圖 9 PC5 user plan stack

- V2X Latency Improvement 透過PC5 based architecture實現的D2D通訊可以有效降低UE間通訊的網路延遲，然而當資訊要傳遞到其他區域仍具有網路延遲問題。因此3GPP定義VMO機制(V2V/V2P Message offload)，架構圖如圖10。

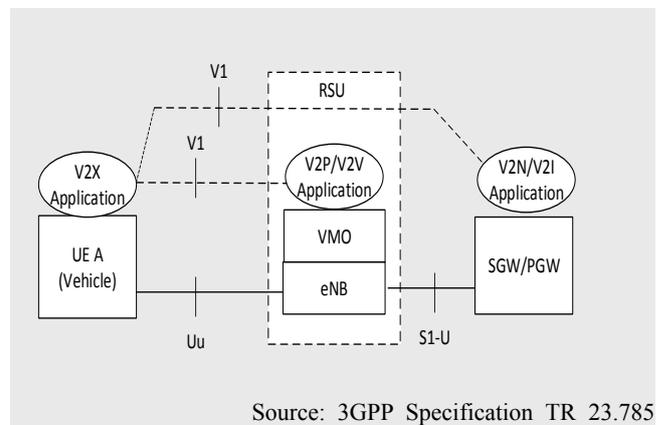


圖 10 VMO function architecture

VMO架構中定義了RSU(Road-Side Unit)，RSU除了eNB(Evolved Node B)還包含了V2V/V2P應用伺服器、VMO控制單元，並且與eMBMS互連。

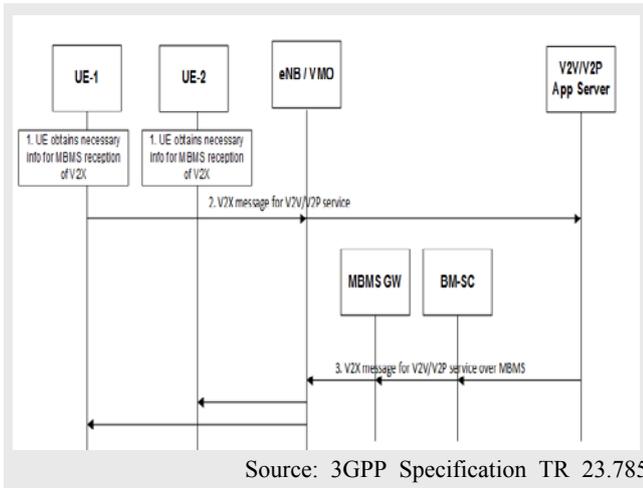


圖 11 VMO function flow chart

這個架構的優點在於UE可以將資訊透過LTE-Uu介面將V2X訊息送往RSU，經過VMO處理後轉送至對應的V2V/V2P應用伺服器。V2V/V2P應用伺服器可進行發送地區或對象的判斷，透過eMBMS進行multicasting。

3GPP標準會議在V2X的還有許多議題例如QoS機制、隱私機制、服務跨區應用、區域服務探索等皆還在集思廣益。其中最重要的則為QoS機制，包含了網路延遲的議題。主因在於目前所提出的兩種架構皆為沿用LTE現有架構，在服務運作上將可能與現行服務爭取資源。因此在這議題上仍有許多努力的空間。

5. 結論

自動駕駛汽車結合著許多的技術，機械、感測、通訊、資訊缺一不可。因為LTE的應用普及使得LTE V2X在眾多的車聯網服務中有著先天上的優勢，可預期在自動駕駛汽車中LTE V2X服務應能扮演重要角色。

3GPP自在2015年開始把LTE V2X納入議題，除了表示重視車聯網的發展，在制訂中許多議題也表現出LTE V2X與以往的電信網路使用習慣具有差異。透過列舉可行的應用服務案例，從中的找出技術修訂需求並且討論出解決方案是目前標準努力的重點。

參考文獻

- [1] 3GPP TR 22.885 Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services, 2016
- [2] 3GPP TR 23.785 Study on architecture enhancements for LTE support of V2X services, 2016
- [3] SAE J2945 On-Board System Requirements for V2V Safety Communications, 2016
- [4] <https://www.elektrobit.com>
- [5] <http://celtic-san.com>

作者簡介

王玉喆



國立成功大學工程科學研究所碩士，現職為工研院資通所車載通訊與網路部工程師。專長為行動通訊應用與通訊協定開發。

E-mail:
itri990237@itri.org.tw

蘇子翔



國立成功大學電信管理研究所碩士，現職為工研院資通所車載通訊與網路部工程師。專長為網路模擬與通訊協定開發。

E-mail: thsu@itri.org.tw

蔡嘉泰



國立交通大學資訊科學與工程研究所博士，現職為工研院資通所車載通訊與網路部資深工程師。專長為網際網路協定、無線網路通訊協定。

E-mail: tai@itri.org.tw