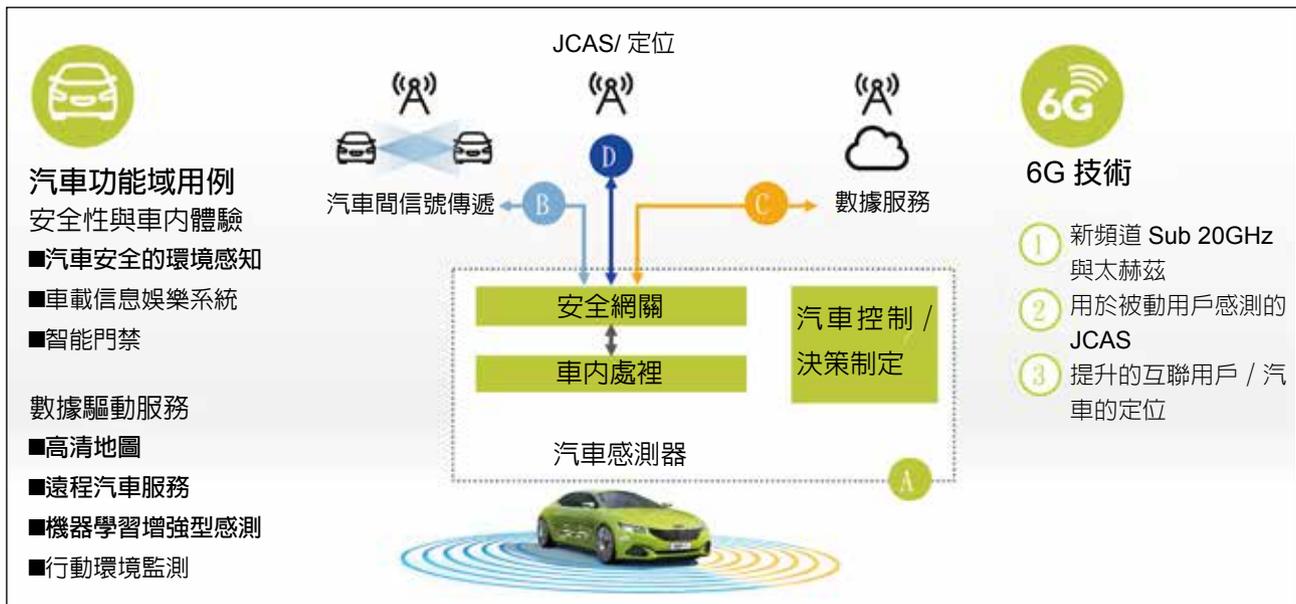


# 6G 通信與移動出行 (II)

## 利用聯合通信與感測 (JCAS) 技術增強汽車安全

■特約作者：Dick Van Den Broeke、Wim Van Houtum、Kees Moerman、Ashish Pandharipande、Wim Rouwet 與 Mark Tomesen

圖 4: 互聯汽車凸顯汽車安全系統的重要性



### 增強汽車安全系統

下面我們藉由不同的汽車用例來探討一下，未來的連接功能在汽車感知與安全方面可以發揮哪些作用。圖 4 顯示了汽車感測系統的一個概念設置，以及汽車用例（加粗的案例強調了安全問題）與汽車安全相關的 6G 機遇。我們首先闡述了連接在汽車與感測系統中的一般作用。毫米波雷達是 ADAS 汽車感知的核心感測技術，旨在提高舒適性與安全性。恩智浦為汽車雷達應用提供可擴展的高度整合式產品組合，以支援汽車安全性能計畫，如歐洲新車安全評鑒計畫 (Euro NCAP)。

汽車行業對 ADAS 的多個自動級別進行了定義。在自動駕駛 L3 級別中，駕駛員在“解放雙眼雙手”的駕駛模式下仍應保持警惕，並在面臨複雜情

況時接管對車輛的控制。自動駕駛級別越高，駕駛員與汽車之間的互動將越少。較高級別的自動駕駛對系統冗餘提出了新的要求，原因是汽車將負責更多的駕駛功能。解決方法之一是為汽車配備冗餘的感測器配置，包括攝像頭和雷達等感測器。

在這種感測器配置下，可把汽車連接當作另一種方法，用來加強冗餘並擴展感測性能，以支援 ADAS 功能。連接可以將汽車的感知能力擴展到其車載感測器的探測範圍之外，並能感知到更遠處的狀況。無線連接還能使收集到的車載資料與附近的其他汽車、鄰近的基礎設施及遠端後端系統共用，從而增強應用，並開創新的資料驅動服務。

圖 4 中的虛線框 (A) 部分表明，車載汽車自動化系統支援安全關鍵型駕駛，它由環境感知感測器、

汽車內處理單元以及汽車控制與決策單元組成。V2I 或 V2X 連接，如圖 4 中 (B) 所示，可以支援汽車間的信號傳遞。V2I 和 V2X 連接可實現各種警告信號傳遞，比如交通超速、本地路況更新以及此類汽車連接部署更加密集後出現的各種防碰撞安全用例。

連接速率提高後可以實現先進的應用，比如高清 (HD) 地圖，預計高清地圖將成為未來自動駕駛解決方案的一部分。這種地圖技術提供廣泛的屬性，包括交通標誌、速度限制、道路曲率、人行橫道及障礙物，精確度可達到亞米級。這些地圖可在惡劣天氣條件與感測視野被遮擋等困難場景下提供感知能力，以輔助汽車感測。例如，地圖可以提供相關道路元素的資訊，

幫助汽車感測器提高探測能力，並提高自動駕駛決策的安全性。在自動駕駛應用中，安全是根本，因此確保地圖資料的完整性與時效性至為重要。從汽車到後端地圖基礎設施的高速無線連接，允許眾包收集感測器資料，以協助高清地圖繪製，並確保及時更新。此外，超低延遲通信能夠即時提供導航輔助，以提升駕駛體驗。高清地圖與汽車定位和本地感測相結合，為實現更安全的駕駛提供了一個強有力的組合。

汽車無線連接能夠收集大量車載感測器、控制器及設備產生的資料，在高級分析與機器學習的基礎上開創新的資料驅動應用與服務，如圖 4 中的 (C) 所示。這些資料服務可以由遠端雲、基礎設施邊緣雲或這些技術的組合來提供。遠端服務在資料監測的支援下，可確保各元件與子系統的運行符合要求，並能及時發現任何性能異常。

高級診斷與反應式 / 預測性維護服務的提供，使汽車在行駛過程中的性能與安全得到了保證。在汽車生命週期所有權範圍內，可通過無線遠端升級 (OTA) 向最終用戶靈活地提供大量汽車功能。高速連接支援收集大量資料，用於訓練機器學習模型及其適當的部署與更新，進一步增強車載感測，並提高汽車決策的安全性。

互聯汽車可被視作移動的感測器，能夠支持從環境感知與駕駛模式分析，到交通管理與環境污染

監測的各種應用。

如前所述，預計下一代 6G 連接將提供新的頻段。具體來說，毫米波頻段的頻譜適合更密集的基礎設施，這取決於無線電波的傳播特性。不斷加大毫米波連接的部署，為雷達感測功能被集成到道路基礎設施中提供了可能。這些雙 6G 頻譜，以 JCAS 技術與高精度 UE 定位的形式，為 6G 基站開啓了新的功能。這些新功能，如圖 4 中的 (D) 所示，可用于進一步增強汽車感測能力。在下一節中，我們將詳細介紹定位與 JCAS 技術及其在汽車 UE 中的潛力。

## 汽車 UE 與準確定位資訊

如參考文獻<sup>[8]</sup>和<sup>[9]</sup>所述，汽車 UE 可以獲得準確的定位資訊，從而對其雷達能力進行延伸。在深入研究 6G 移動系統及以後系統的定位問題之前，有必要先梳理一些關鍵的術語。無線定位是指確定“狀態”，也就是互聯設備的位置與方向。此外，無線感測是指確定某個無源物體或現象（如尚未連接到網路的東西）的狀態。最後，雷達指的是一種特定類型的感測技術。

5G 支援無線定位，主要依靠一種名為到達時間差 (TDOA) 的技術。基於 TDOA 的定位需要幾個時間同步的基站來執行計算，以確定準確的設備定位 (3 納秒的誤差相當於 1 米的定位誤差)。這一要求有別於核心通信功能。在核心通信功能中，一個基站就足以提供通信覆蓋。這樣帶來的問題是，在未知的傳播環境中，從單一基站接收的信號能否進行感測。在這種場景下，以下兩個目標與加強安全系統密切相關：

1. 我們要確定用戶的位置。
2. 我們要知道用戶的移動方向。

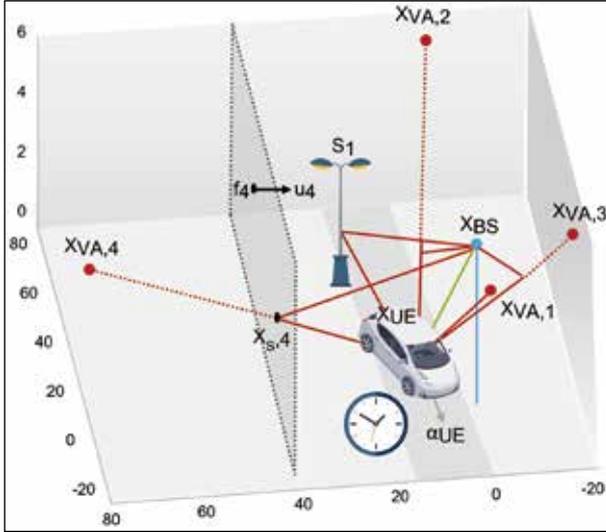
要實現這兩個目標，我們必須認識到，由於使用者的位置 / 行動與基站的時鐘不同步，我們必須知道用戶的時間戳記。

獲得位置與行動資訊，應從建立一個傳播環境地圖開始。目標 1) 與 2) 似乎可以通過多路徑探索來實現。即使視距 (LOS) 路徑被阻斷，仍可實現這

兩個目標。

基站向使用者設備發射信號（雙靜態場景）且

圖 5：雙靜態場景：在 3D 環境中，每個物體有兩個出發角 (AOD)、兩個到達角 (AOA) 及一個到達時間 (TOA)，可用來確定 3 個未知數 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )。圖片來自參考文獻 [8]。



使用者收到不同傳播路徑的信號疊加，這時就會出現簡單形式的多路徑探索。在單靜態場景下，雷達發射器與接收器處於同一位置。在雙靜態場景下，發射器與接收器處於不同位置。在雙靜態場景下，每個 3D 物體反射提供兩個出發角 (AOD)、兩個到達角 (AOA) 及一個到達時間 (TOA)。這些資訊足以用來確定三個“未知數”，即位置座標 ( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )。

如果頻寬和 / 或天線數量足夠大，則可以解析出這些多路徑分量，延遲也會給出角度資訊。如果存在一定數量的多路徑，則多路徑的解析度是可能實現的，如圖 5 中的紅線所示。多路徑指的是燈杆 (S1) (具有特定的 AOA 與 AOD) 等小物體與牆壁 (反射點通過“虛擬錨點” [XVA,1,...,XVA,4]) 表示等大物體的反彈。此外，圖 5 中的藍線表示基站位置 (XBS)，綠線表示視距 (LOS)，汽車 UE 的位置為 XUE，方向為 UE。時鐘圖像象徵時間要求。

## 附文

作為 6G 及以後網路發展的下一步，JRC2LS (“聯合雷達通信、計算、定位及感測”的縮寫) 對延伸傳統的聯合雷達通信概念 [9] 提出了構想。這意味著，不僅要將雷達與通信集成到一起，而且還應從更廣泛的意義上，將其與雲計算、定位及感測相結合。JRC2LS 策略與恩智浦對邊緣計算的長期看法不謀而合。要實現這一願景，還需解決太赫茲信號、新波形、新基礎設施卸荷、可重構智慧表面 (RIS)、高定向波束賦形及基於模型 / 資料驅動演算法等領域的技術挑戰。重要的是，要瞭解不同技術相互加強的效果。由於波束賦形高度定向，感測與通信之間應該會形成更大合力。擯棄傳統的權衡取舍，通過協調的方法進行定位，則定位越好，通信就越好，反之亦然。

恩智浦認為，6G 及以後的系統的發展將受到極端條件下的通信、定位與感測用例的驅動，這些是 5G 所無法支持的。這些能力與恩智浦的通信系統與汽車雷達系統組合相輔相成。此外，恩智浦擁有深厚的硬體經驗，可以解決最重要的挑戰之一：開發面向 6G 及以後網路的射頻硬體。因為 6G 涵蓋毫米波乃至太赫茲頻段的各種頻段，所以在射頻 / 無線技術與設

計方面存在諸多挑戰，只有克服苛刻的傳播通道特性才能建立高品質的通信鏈路。同時，能耗問題也令人擔憂，它成為了整體解決方案的另一個制約因素。

汽車生態系統對增強城市感知有著強烈的需求，隨著 6G 的興起，這個問題可以通過新建密集網路得以解決。在城市地區，由於高層建築和密集交通阻擋了攝像頭、雷達與雷射雷達等視距感測器，車內感測器在感知方面存在問題。通過 6G 增強資料來擴展感知，對進一步提高交通安全、監測與管理至關重要。

6G 通信與感測可以通過幾種方式支援態勢感知。首先，可以在固定的 6G 基礎設施中添加 JCAS，以增強汽車感知能力。

利用現有的通信天線陣列進行感測，系統的性能可以與雷達相媲美。資料可以在邊緣進行處理，結合站上共用的多個天線的資訊。JCAS 將增強車內感知，因為通信基礎設施的建設能夠擴展車內感測器的能力，增加感測覆蓋距離 (可通過多個蜂窩基站實現)，並能感測到汽車視角盲區。例如，在有高大建築物的路口“環顧四周”，以及從汽車的角度觀察被卡車等大型物體遮擋的車流。這些新功能為車載視距感測器 (攝像頭、雷射雷達、雷達) 提供了寶貴的資訊。

現在，即使只有一個基站，也可以對用戶進行定位並繪製傳播環境圖。詳情參見參考文獻<sup>[8]</sup>。

這種場景符合 Hexa-X 專案<sup>[9]</sup>的 6G 願景，也符合本白皮書中提出的觀點。6G 定位與感測願景的實現，離不開高精度的定位性能及其與通信的緊密結合。

舉一個具有啟發意義的例子：通過網路支援提高汽車安全，從而實現精確定位的方案。衆所周知，所謂的“城市峽谷”（大城市中高樓間的通道）會影響 GNSS/GPS 的接收。只有少數衛星可以收發信號，而對於那些可收發的衛星，不難發現，在附近建築內的反射信號有時會比直接路徑上的信號更強（圖 6）。這種情況會造成很大的定位誤差，有時甚至會把汽車位置投射到建築內的反射位置。這種定位誤差會嚴重影響 ADAS 和自動駕駛系統的安全性與可信度。

圖 6：城市峽谷中反射的 GNSS 信號造成的鏡像



利用 6G 的定位功能，特別是配備了 JCAS 的基站，可大大增強可信度。基礎設施可以使用安全的 6G 或 V2I 鏈路共用增強位置資訊（參見圖 4 (D)），從而可以檢測到 GNSS 位置的異常，並通過汽車系統予以糾正，獲取更可靠、更準確的位置資訊。

使用安全的低延遲<sup>[14]</sup>通信，即使用 V2I 或 6G 蜂窩通信（如通過使用目前由 ETSI 制定標準的合作式感知服務），所產生的位置資訊也可以與附近環境中的汽車即時共用。共用資訊可提高車內態勢感知能力，補充即時車內資料以及從雲端獲得的更多靜態資料，如已知的交通擁堵、計畫中的道路維護作

業等，同時為汽車的觀察增加一定程度的冗餘。

恩智浦最近的一篇博文“6G 網路中的聯合通信與感測”<sup>[2]</sup>提出了一個重要用例：交叉路口的安全。其他用例包括右轉彎匯流輔助（視線被建築物擋住）、汽車視線看不到的即時障礙物檢測，以及弱勢道路使用者（VRU）警告。目前已經定義了許多用例，未來還將設想出更多的用例 [11 a、b、c]。

收集到的資料也可供城市道路基礎設施使用。6G 安全邊緣<sup>[15]</sup>計算的詳細的即時交通資料，大大增加了可用的資訊，彌補了其他資料感測器來源資料的不足。根據 IoT Analytics 的研究，

“交通監測與管理”在十大智慧城市用例中排名第二，僅次於“互聯公共交通”<sup>[10]</sup>。汽車安全有一個廣泛的生態系統，它不僅為設備廠商，也為交通管理鏈中的各個組織提供了商業潛力。例如，網路運營商能夠利用收集到的額外資料進行變現。道路基礎設施運營商可以使用這些資料來落實先進的交通管理與安全用例，同時還能降低成本，因為維護成本較高的靜態交通感測器（如線環）可被更靈活的技術所取代。當地政府可能會看到事故的減少和交通流量的改善。而車主通過訂閱這些資料或收到道路運營商發出的警告，可以體驗到更高的安全性，

圖 7：JCAS 增強型家交叉路口



並縮短行駛時間。

## 結論

超 5G/6G 涉及到各種主題，如信號波形、網路架構與拓撲、邊緣計算方案以及各種應用與用例。在 6G 與移動出行領域，我們看到了以下關鍵機遇：

- 小蜂窩基站主導的 6G 網路緻密化，加上具有更高頻寬的新頻段開通，將以感測與定位的功能形式，實現連接與環境感知的融合。
- 6G 技術的大頻寬提供高資料速率連接，賦能資料與機器學習驅動的應用。這些新的 6G 功能將為增強汽車安全以及創造新的汽車服務帶來新機會。
- 恩智浦與互聯汽車生態系統的其他主要參與者一起，為實現這一願景做好了充分準備。恩智浦擁有關鍵的無線技術，可以解決新頻率範圍所面臨的各種挑戰。

## 參考文獻：

1. 《汽車連接的未來》，恩智浦 /ABI Research 發佈的白皮書，作者：研究總監 Andrew Zignani。
2. “6G 網路中的聯合通信與感測”，Kees Moerman，2021 年 11 月 5 日，<https://www.nxp.com.cn/company/blog/jointcommunication-and-sensing-in-6g-networks:BL-SENSING-IN-6G-NETWORKS>
3. “6G 網路的聯合通信與感測”，Håkan Andersson，2021 年 10 月 25 日，<https://www.ericsson.com/en/blog/2021/10/jointsensing-and-communication-6g>
4. 《工業物聯網可信度框架基礎》，v1.00-2021-07-15。 [https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness\\_Framework\\_Foundations.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness_Framework_Foundations.pdf)
5. 6G 智慧型網路與服務行業協會 (6G-IA)：<https://6g-ia.eu/>
6. 在 7.125-24.250GHz 頻段運行 NR 的可行性研究專案，3GPP TR 38.820
7. “100GHz 以上無線通訊與應用：6G 及以後的發展機遇與挑戰”，IEEE access 2019，作者：THEODORE S. RAPPAPORT (IEEE 會員)、YUNCHOU XING、OJAS KANHERE、SHIHAO JU、ARJUNA MADANAYAKE (IEEE 會員)、SOUMYAJIT MANDAL (IEEE 高級會員)、AHMED A。
8. 2020 年新冬校項目，“無線定位：基礎知識與先進的技術”，2020 年，講師：H.Wymeersch，視頻：<https://youtu.be/O5rtcCclINc>
9. IEEE PIMRC 2021，WS6——“6G 時代的集成通信、定位與感測”，Hexa-X 傳播，<https://pimrc2021.ieee-pimrc.org/integrated-communication-localization-and-sensing-in-6g-era/> 視頻：<https://youtu.be/zGOGzbHz0SA>
10. “目前優先考慮的十大智慧城市用例”，IoT Analytics，2020 年 9 月
- 11a “智慧交通系統 (ITS)；車載通信；基本應用集；定義”；ETSI TR 102 638，[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/102600\\_102699/102638/01.01.01\\_60/tr\\_102638v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102600_102699/102638/01.01.01_60/tr_102638v010101p.pdf)
- 11b 用例列表，“V2V 安全通信車載系統要求”，SAE 路面車輛標準 J2945/1，第 4 節
- 11c Day1 用例，“歐洲合作式智慧交通系統戰略，邁向合作式、互聯與自動化移動出行的里程碑”，歐盟委員會 COM (2016) 766 最終版，2016 年 11 月 30 日，<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0766&from=EN>
12. <https://isac.committees.comsoc.org/>
13. 2021 年 6G 研討會：<https://www.youtube.com/watch?v=qSip2kjPitE>
14. 根據美國交通部 /NHTSA，一些汽車用例的延遲要求  $\leq 20$  ms；LTE PC5 V2X 直接通信等不能保證。參見 CAMP 最終報告，<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/3925> (如碰撞前感測，第 29 頁)
15. 恩智浦安全邊緣產品，<https://www.nxp.com.cn/applications/enabling-technologies/security:SECURITY-TECHNOLOGY> 