

mmWave 延伸 3D 感測視線 幫汽車／機器開「天眼」

■文：任苙萍

毫米波 (mmWave) 是指波長介於 1 ~ 10 毫米的電磁波，工作頻率約在 10 ~ 300 GHz，高於無線電波、低於可見光及紅外線，兼具光波導引與電磁波導引特性；雖已有 140 GHz 天線樣品問世，但 24、77、79、94 GHz 是當下熱門頻段，而 60 GHz 有加溫之勢。如

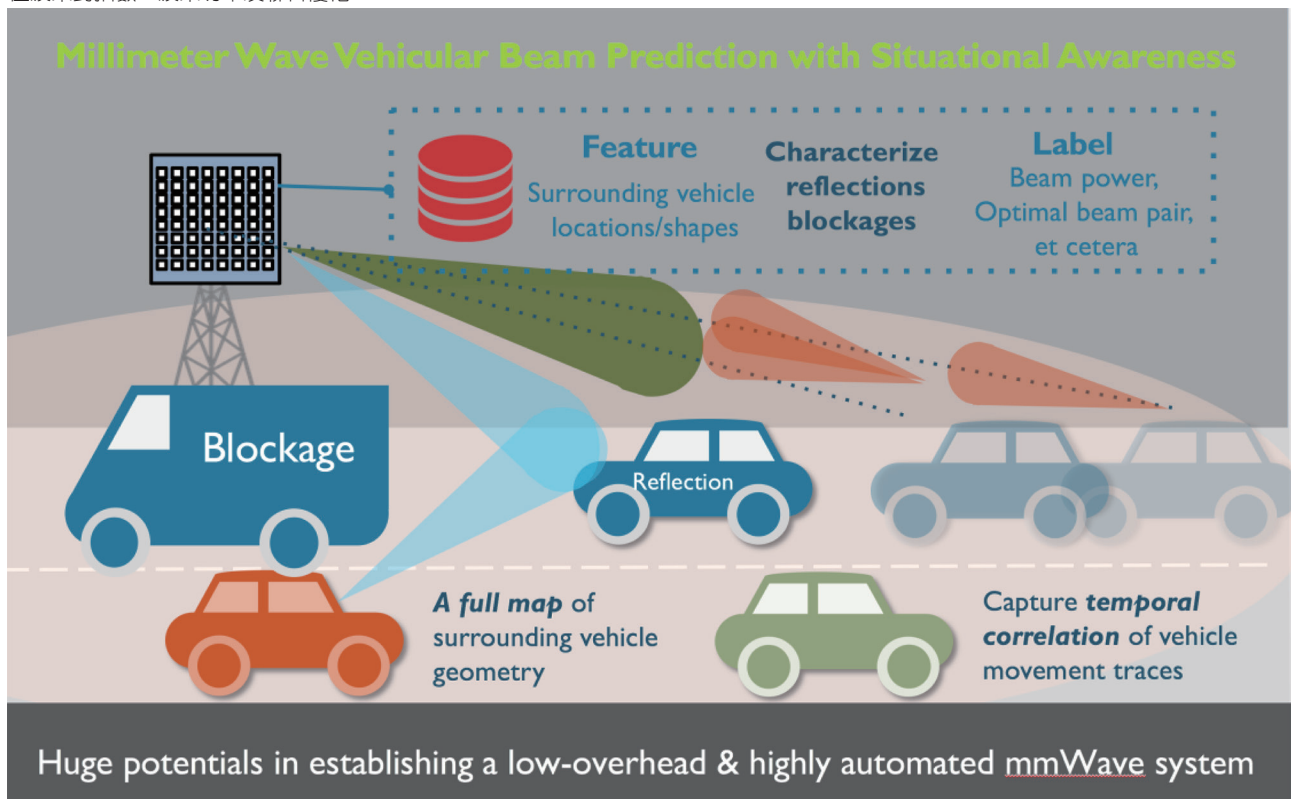
前文所述，車用雷達是毫米波感測的重點項目，高速或自動駕駛尤需拉大感測距離，行車安全才能多一份保障；美國國家公路交通安全管理局 (NHTSA) 已將自動緊急煞車 (AEB) 系統列為新車標配，中國大陸 2018 年新版新車評價指標 (C-NCAP) 亦納入主動安全系統，

皆少不了毫米波雷達相助。

77GHz 長距 + 79 GHz 短距將成範本

24 GHz 因「繞射」(diffraction，電磁波遇障礙物會偏離原來直線傳播路徑) 能力強，且訊號損失、衰減小，是最早初

圖 1：由於機動性高，光束掃描不足以滿足汽車應用低延遲要求，而毫米波可利用車輛和機器學習工具的態勢感知預測波束訊息，包括最佳波束對指數、波束功率及聯合優化



資料來源：<http://utsaves.org/initiatives/millimeter-wave-vehicular-beam-prediction-with-situational-awareness>

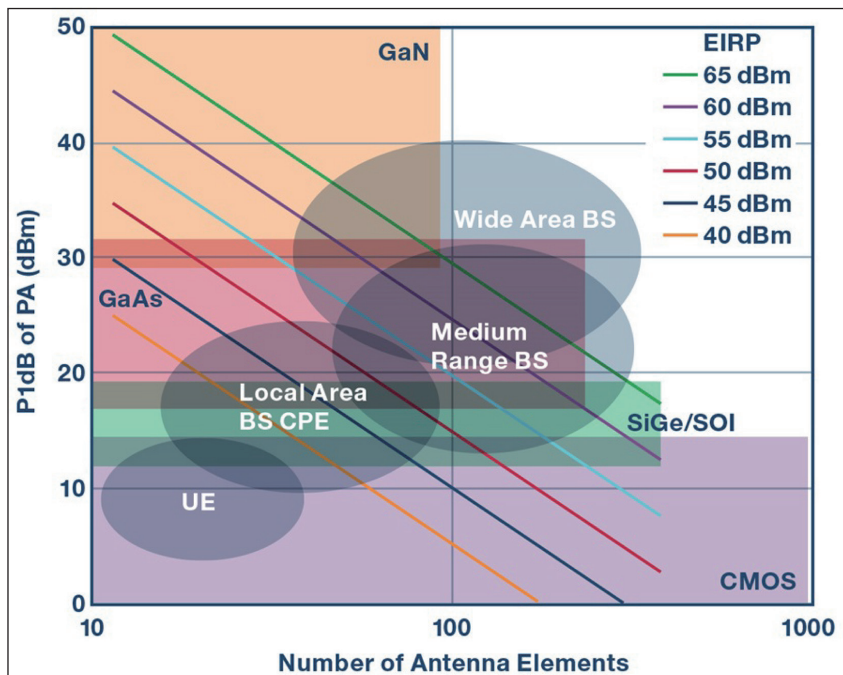
試啼聲者。然由於歐洲早先已將 24GHz 分配給天文和電信工業應用，為減少干擾，歐盟決議限制 24GHz 發射功率，使距離大幅受限；且解析度也受限於頻寬、無法拉高，無法辨識物體具體樣貌，故只能用於車側盲點偵測 (BSD)、車道偏移警示 (LDW)、自動跟車等短距離感測。77GHz 頻率高、波長短，距離和速度的檢測精度較高，適用於長距離自動緊急煞車、適應性巡航 (ACC)、前方碰撞預防 (FCW) 等。

2015 年世界無線電通訊大會定調將 77GHz 作為車載雷達之用，已成國際標準；至於 79GHz，偵測角度達 120 度，遠高於 24GHz 的 60 度和 77GHz 的 30 度，視角更見寬闊，4GHz 的頻寬亦在傳輸速率上大勝；惟距離解析度 (range resolution，能清楚分辨兩個物體的最近距離) 不如 77GHz，但足以取代 24GHz 短距雷達：頻寬更大、抗干擾能力更強、設備更小、更易於安裝。還有一個較少被提及的原因：利於車用雷達介面統一。現行 24GHz 天線採用的是 SMA 介面，而 77GHz、79GHz 則是透過「波導」(waveguide) 介面饋入訊號。

同屬高頻製程，有利器件集成

同樣採用高頻毫米波加上製程沿革，更有利集成：從砷化鎵 (GaAs) 走到矽鍺 (SiGe)，再進入互補金屬氧化物半導體 (CMOS) 時代，電晶體密度更高、功耗更低、

圖 2：各種基於發射器功率的毫米波無線電製程



資料來源：ADI 官網：<https://www.analog.com/en/technical-articles/bits-to-beams-rf-technology-evolution-for-5g-millimeter-wave-radios.html>

體積更小——英飛凌 (Infineon)、亞德諾 (ADI)、電裝天 (Fujitsu Ten)、德州儀器 (TI) 皆採 CMOS 製作高頻毫米波雷達收發晶片，亦順勢拉開將微控制器 (MCU)、數位訊號處理器 (DSP)，與訊號放大器、射頻 (RF) 等類比前端 (AFE) 整合序幕。自動因應多變的行車環境動態調整頻率，是車用雷達感測的另一挑戰，以便自主感知周遭車輛雷達的頻率、便即時應對進退，發揮車聯網 (V2X) 效益。

但先決條件是：雷達感測器必須能穿透塑料、牆壁、衣服、玻璃等阻隔，並經得起風霜雨雪霧和強烈光照等氣候考驗。隨著元器件走向整合，導入技術門檻變低、成本也日漸親民，毫米波開始試探汽車之外的應用，例如，24GHz 可用智慧家庭、工業機器人等短距感

測控制；而 60GHz 因具備以下特性，還能用於對雜訊干擾敏感的生命體徵感測或有距離層次的人機互動，頗具黑馬之姿：

1. 非授權頻段：聯邦通信委員會 (FCC) 大手筆為 57 ~ 64GHz 之間的免授權頻段分配 7GHz 非信道頻譜，足以實現多重 gigabit 等級的射頻鏈路，大數據吞吐不成問題；
2. 窄波束天線：60GHz 無線電波束非常窄，可將多個收發裝置安裝在同一處所，互不干擾。共址無線電可基於橫向、角度間隔或交叉極化天線而彼此隔離，且易於安裝和排列；
3. 訊號會因氧氣吸收而衰減：這雖限制了 60GHz 鏈路可覆蓋的距離，但結合小波束特性反會提高對其他 60GHz 無線電干擾的免

疫力。

TI 在毫米波的產品線佈局脈絡就很清晰：AWR1x 系列符合汽車安全完整性等級 ASIL-B 要求，例如，將 77GHz 毫米波感測單晶片 (SoC)——AWR1843 安裝在保險桿後面，能遠至 40 公尺之外自動搜尋空置車位、停車，

或偵測行人、監控車內駕駛人／乘客安全；而 IWR1x 亦將 AFE、類比數位轉換器 (ADC) 和處理器整合成一個 SoC，系統設計者不必再費神研究複雜的訊號鏈走線，又能極小化器件尺寸、功耗和成本，更重要的是：簡化了硬體配置、校準和軟體開發過程——其軟體開發套件 (SDK) 囊括多種演算法範例和軟體庫。

單柱難擎天，「感測融合」是解方

整體而言，「毫米波」雷達可透過訊號反射，確定物體的距離、速度和角度 (即使標的物體很小)，且能同時識別多個目標。相較於紅外線、雷射、視像等光波導引，毫米波導引對煙霧、灰塵的穿透能力強，具有全天候、全天時感測特性。業界普遍認為，實現先進

圖 3：使用 60GHz mmWave 感測器進行人員分類 (右上角紅色和藍色標示)，以及誤檢測緩解 (灰色)



資料來源：TI 官網：https://e2e.ti.com/blogs_/b/industrial_strength/archive/2018/11/07/leveraging-the-60-ghz-rf-band-for-intelligent-industrial-mmwave-sensing

駕駛輔助系統 (ADAS)，一台車至少需要「1 長 + 4 中短」，共 5 個毫米波雷達支援才夠；其中，近距探測因回波和發射波的間隔非常短，多以調頻連續波 (FMCW) 取代週期性發射的短脈衝。至於要達到 Level 3 以上的自動駕駛水準，「感測融合」(Sensors Fusion) 是必要手段。

例如，光達 (LiDAR) 是將光線投射到物體，經由反射形生 3D 輪廓、找出表面特性以判斷標的物，主要作用是提供「高角度」解析的距離資訊。905nm NIR 是其常用光源，角度解析度 < 0.1 度，遠遜於利用電磁波傳導的毫米波——24GHz 通常 > 20 度，高頻 77GHz 也還有 5 度以上的水準，但光達的好處是：可提供更為精細的 3D 影像，確切辨認偵測目標的形體。毫米波的遠視能力雖較佳，可探測 200 公尺以上的遠方物體，

卻無從辨認具體為何物？汽車、機車、單車或行人？自然無法推估障礙物的行進速度，亦無法及時採取適當因應措施。

理想場景是：先由毫米波負責大範圍初步搜索，其次由光達負責精準量測距離、方位並回報中控，配合一般近紅外線 (NIR) 攝影機仔細分辨障礙物類型後，採取應變措施；此外，夜視環境恐還需要紅外線雷達的輔助。另有人主張，應再將遠紅外線 (FIR) 攝影機加入掃描陣容，藉由物體的熱幅射影像協助判斷障礙物是否為活體？是動物、一般成人或老弱婦孺？該在多遠的距離觸發應對機制？當然，這還得視市況前景與建置成本而定。

CTA