

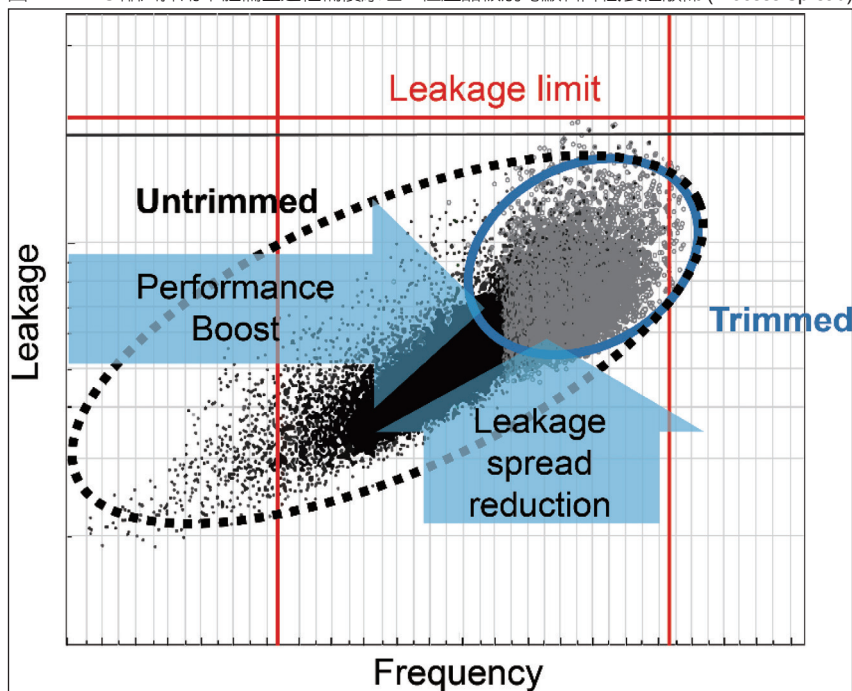
# 細微運動 難逃毫米波雷達法眼

■文：任苙萍

雷達 (Radar) 的全名是「Radio Detection and Ranging」(無線電偵測和定距)，旨在藉電磁能量以定向方式計算空間中標的物之方向、高度、速度，進而推估形態；將它嵌入感測器中，可在三維空間定位目標並衍生應用功能，例如，針對物理特性做分析、識別、決策及執行，但基於頻率、放大器效率、光刻技術節點、功能集成能力、數量和成本考量，雷達技術正在發生質變，朝向能提供密集 4D 點雲的 4D 成像雷達發展，期使雷達點雲密度更接近光達的點雲。另就製程來看，砷化鎵 (GaAs) 正被矽鍺 (SiGe) 取代，但 CMOS 或 BiCMOS 是更新穎的版本。

此外，Si CMOS 或絕緣層上覆矽 (SOI) 等器件可集成更多功能到雷達晶片上，包括多個收發器、波形發生器和類比數位轉換器 (ADC)。最新的 Si CMOS 甚至帶有儲存器的微控制器 (MCU) 及數位訊號處理器 (DSP)，單晶片 (SoC) 趨勢明顯。封裝方式及電路設計亦有改變：1. WLP-BGA 或覆晶球柵陣列 (BGA) 等晶圓級封裝正在興起；2. 頂層由特殊射頻 (RF) 材料組成的混合電路板正在取代分

圖 1：ADAS 晶片採用本體偏置過程補償原理，在產品級別可顯著降低製程散佈 (Process Spread)



資料來源：<https://www.gsaglobal.org/forums/fd-soi-a-technology-setting-new-standards-for-iiot-automotive-and-mobile-connectivity-applications/>

別獨立的 RF 和數位電路板；3. 小型天線陣列朝向封裝天線 (AiP) 發展。舉凡自動駕駛、機器人或手勢控制等人機介面皆可見其蹤跡，特別適用於偵測細微動作。

## 神速探測 + 邊緣 AI，還需要「感測器融合」？

Markets and Markets 預估，2021 年全球汽車雷達市場預計將

達 66.1 億美元，而兼具光、電之長的毫米波 (mmWave) 是位於 24 ~ 100GHz 的超高頻頻譜，最大優勢是：電波本身極短、完整電波包發送需時亦短，理論上可將延遲降低到 1 毫秒。這正是自駕車、無人機及工業物聯網 (IIoT) 用以避障、防撞、測量範圍或高度並做出回應的關鍵閾值。最新的毫米波汽車雷達系統使用短波電磁技術來確定被檢測物體的範圍、速度和相對

表：車用感測器類型比較

感測器類型	優點	缺點
攝影機	可提供高解析度和顏色檢測，善於識別、區分標的物	可能被眩光蒙蔽，無法在黑暗或雲、雨、霧、雪中看清
超音波	40 ~ 100 kHz，覆蓋範圍達 10 公尺，能感測到相機無法應付的透明玻璃，且價格便宜、成本不到 1,000 美元	缺乏 ADAS 必要的範圍和響應速度
光達	可提供周遭 360 度完整視圖，生成附近物體的 3D 圖像	價格昂貴
毫米波雷達	可檢測遠距物體，可覆蓋 200 公尺並結合周圍物體的準確距離和速度估算	角解析度不如相機，但可望經由改進解決

資料來源：筆者整理

角度，以 77GHz 頻段為主流，能區分微小的運動，是先進駕駛輔助系統 (ADAS) 和自動駕駛感測器套件的關鍵組件。

隨著感測器數量日增，對網路頻寬、遠端儲存和資料處理系統要求也迅速提高，「邊緣智能」開始蔚為風潮。與「感測器融合」(Sensors Fusion) 集中處理數據反其道而行，為求更完整的串聯、避免毫米波受到建築物等遮蔽或遭遇網路壅塞，新興作法是在感測器附近做更多運算，以大大減少需要在車輛周圍移動的數據量，但這需對現今車輛的設計進行根本性改變，以「數據為起點」來設計系統，這對於減少頻寬量、移動數據量、電力消耗和散熱至關重要。這亦大幅簡化了設計和測試工作，且測試可在整個生命週期隨時運行，有利於感測器保持精準回應。

另一方面，感測器的老化會產生漂移現象、還會限制有效性，需要有一個基準來衡量這些變化，此時，可利用人工智慧 (AI) 推論做補償。一旦將這些裝置部署在最終使用環境中，還必須制訂故障緩

解策略。先來了解一下成像雷達本質：使用多個雷達發射器 (Tx) 和接收器 (Rx) 捕獲並處理多個雷達訊號產生所需的解析度；若借助 MIMO (多輸入多輸出) 和波束成形等無線技術，亦可解決無法區分位於相同範圍／速度內物體的問題。

## 擁有「超高角解析度」，區分相鄰物體並非不可行

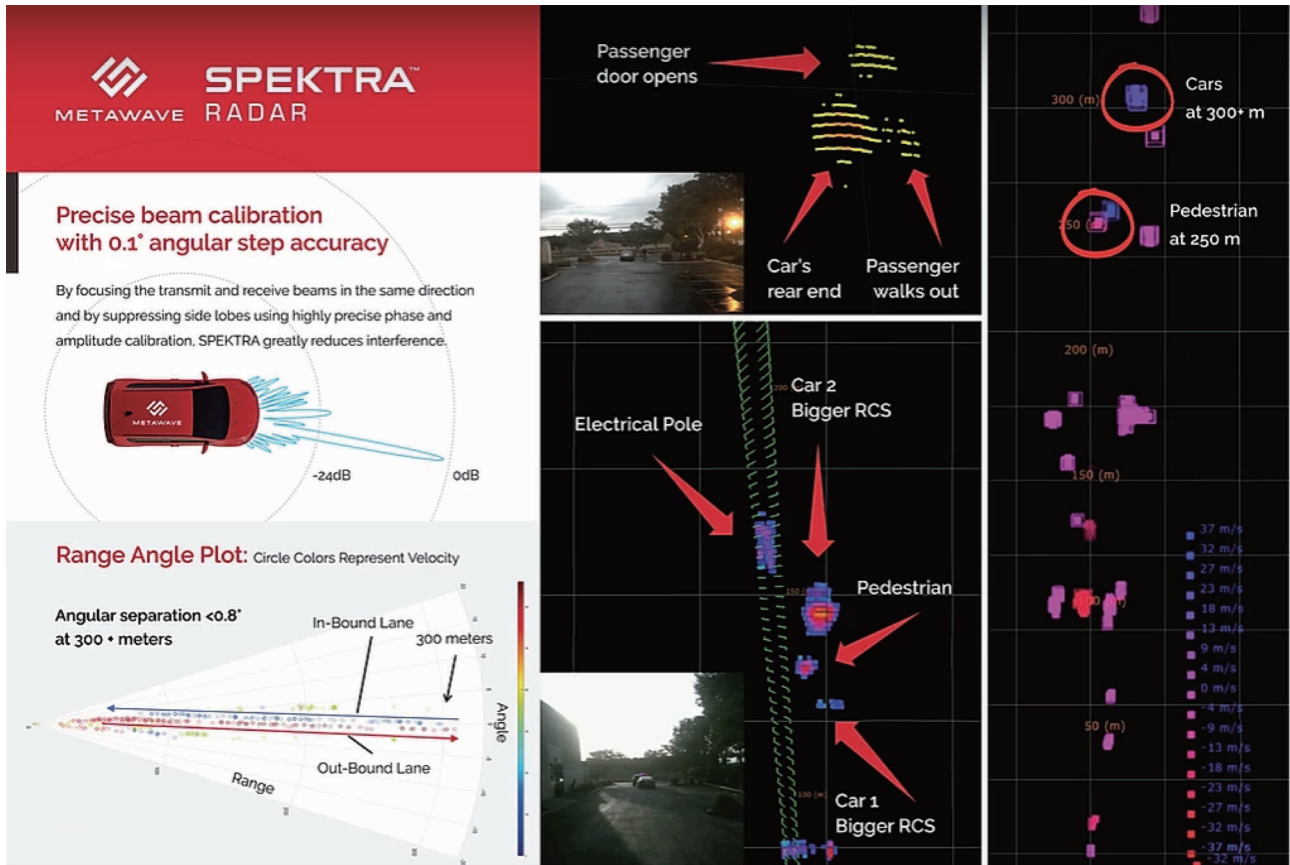
新創公司 Metawave 近期展示名為「SPEKTRA」的 77GHz 類比波束轉向 3D 雷達，能清晰檢測出 300 公尺以上的車輛和 200 公尺以上的行人；迄今已申請逾 150 項專利，並於 2019 年獲得首項授權。Metawave 介紹，以自有 MARCONI 77GHz 相位控制器和毫米波 IC 為核心，「超高角解析度」是這款產品的特色。搭配校準系統使用，可使光束收、發在  $\pm 22^\circ$  範圍內以  $0.1^\circ$  為步長精確控制、區分彼此相鄰的物體，例如，緊挨著的汽、機車。此功能是角度或空間解析度的函數，在方位角和

仰角方向上的角解析度都必須符合要求。

在類比域中的窄光束，使其能以高精度快速檢測整個車輛視場 (FoV) 中的物體並避開干擾。其聚焦光束和小橫截面可在遠距離和所有天候條件下檢測人、物，且窄波束和高角度精度能追蹤交錯往來，解決傳統雷達的痛點——須使用四個以上的收發器晶片進行數位波束成形 (Beamforming)，或是只能「一閃而過」某個寬視場，限制了可視範圍及準確區分附近物體的能力。不僅如此，Metawave 還計劃推出專有 AI 平台「AWARE」以執行即時對象分類和標記，實現更快的 ADAS 處理效能。

松下 (Panasonic) 去年底亦展示全新 79GHz 3D 成像雷達，就號稱感測結果不輸相機或光達等光學感測器。利用其專有的不等距天線佈局和 MIMO 訊號處理技術，可識別前方 30 公尺以上的人、車等具體形狀，若非高速行駛、偵測範圍也有限，不一定要依賴感測器融合。然而，光達能覆蓋 150 公尺的範圍，每秒採樣超過百萬個空

圖 2：Metawave SPEKTRA 波束控制類比雷達展示遠程、高解析度和準確性



資料來源：<https://www.metawave.co/post/metawave-demonstrates-spektra-world-s-highest-resolution-analog-radar>

間點，若要追蹤車輛的確切位置或捕捉忽然出現的臨時障礙物，光達仍具利基；畢竟，自駕車不是只有避障需求，還須配合高清地圖做更精細的導航和運動軌跡預測。

## 決戰 60GHz 頻段，兼顧隱私、覆蓋更廣

與此同時，松下正致力於將 60GHz 毫米波 WiFi 用於智慧運輸系統 (ITS) 領域，作為 DSRC (專用短距離通訊) 和 4G/5G 網路的補充。透過應用天線方向性和無線鏈路控制技術，松下已在新加坡南洋理工大學 (NTU) 的 ITS 展開測試。新趨勢是在感測器附近做更多

的運算，以大幅減少需要在車輛周圍移動的數據量；對於須做出立即回應的汽車感測器來說，這一點尤其重要。索思未來 (Socionext) 也在去年底推出低功耗 60GHz 雷達感測器 SC1220，工作功耗僅為 1~2.5mW，可實現靈活的工作週期 (佔空比, Duty Ratio) 控制，將於今年第二季度量產。

毫米波雷達還可透過無人機實現距離測量，並避免碰撞和軟著陸。愛因斯坦 (Ainstein) 是目前無人機完整雷達系統的唯一供應商，去年初獲選為內華達州 2019 NASA UTM (無人飛機系統交通管理) 合作夥伴，為空域平台提供防

撞感測器，這是無人機達陣「超越操控視線」(BVLOS) 及順應空氣流動所不可或缺的；其「μSharp 貼片防撞雷達」只有信用卡大小，便於安裝在小型無人機。去年底，其 US-D1 無人機雷達高度計亦獲美國聯邦通信委員會 (FCC) 授權；今年初，再於美國消費電子展 (CES) 展出 60GHz 物聯網 (IoT) 雷達感測器 WAYV Air。

WAYV IoT 系統包辦短、中、長距，能在各種情況追蹤、分析人／車流量，以改善路況、優化零售商店佈局或協助旅館規劃救援動線，以實現建築自動化、空間利用率及安全性。愛因斯坦表示，此類



圖 3：WAYV Air 基於 60GHz 雷達感測技術，供室內／室外環境檢測和追蹤人員之用，有助於實現建築自動化、空間利用率及安全性



資料來源：<https://www.metawave.co/post/metawave-demonstrates-spektra-world-s-highest-resolution-analog-radar>

感測器無法識別特定個人或使用臉部辨識，沒有隱私問題；另有別於超音波，毫米波感測器可佈建在天花板後面等隱秘處，更為美觀、覆蓋範圍更廣。愛因斯坦還為德州儀

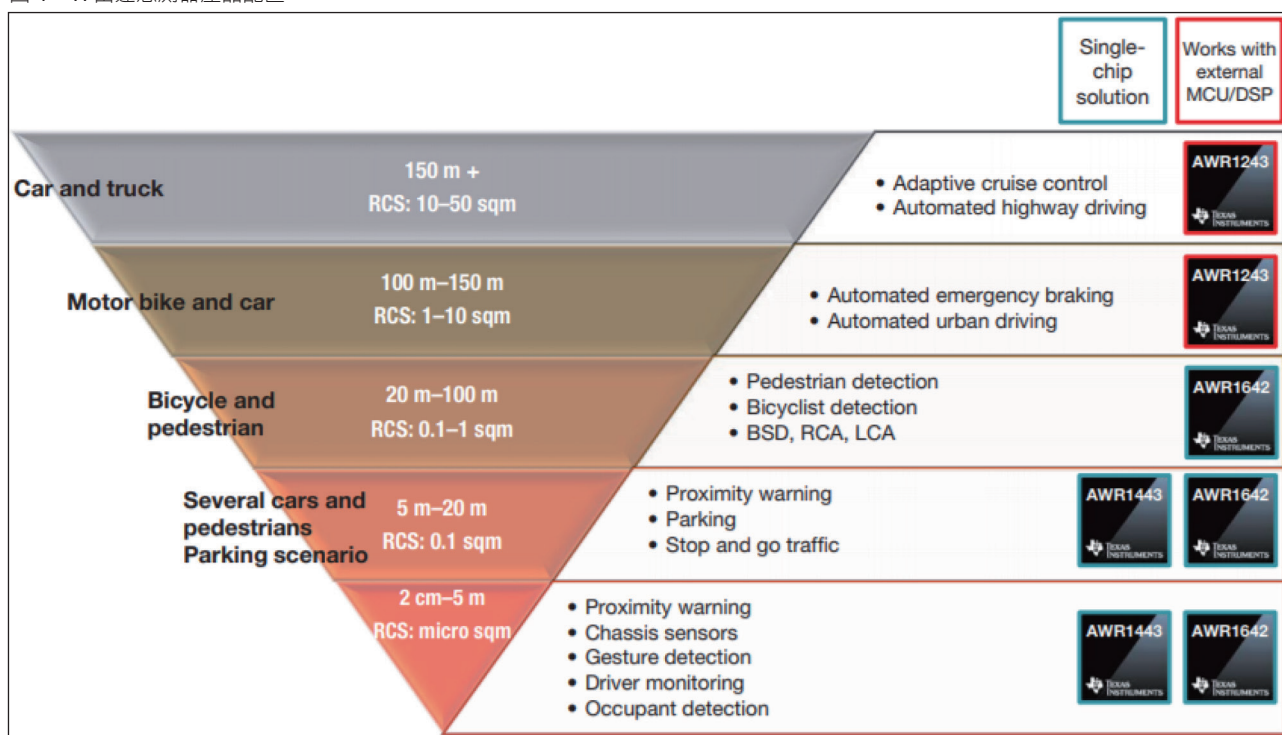
器 (TI) 開發用於人數統計、人群監管、改善工業環境安全及空調／照明的雷達評估板，同時正進軍汽車領域，今年初甫與一階 (Tier1) 供應商 ADAC Automotive 展示車用

毫米波雷達模組。

## 24GHz 雷達感測將走入歷史，「級聯成像」加速、簡化高清開發

特別一提的是，FCC 和歐洲電信標準協會 (ETSI) 為免 5G 設備受到太多干擾，已明令禁止雷達感測器使用 24GHz 頻段，此規格只提供至 2021 年底，接棒而起的毫米波頻段將是 60、77 和 79 ~ 81 GHz。TI 主張，77GHz 頻段主要用於汽車，而 60GHz 是工業安全應用首選，目標應用包括建築物／工廠自動化系統、交通監控、物料搬運、人員檢測／計數和智能機器人。EchoDrive 日前推出標榜「可增強機器學習認知」的新型雷

圖 4：TI 雷達感測器產品配置



資料來源：<http://www.ti.com/lit/wp/spyy009/spyy009.pdf>

達即是結合 TI 毫米波感測器；嵌入感測器後，自動停車搜尋模式的最大測量精度為 40 公尺，停車模式則接近 0 ~ 20 公尺。

有鑑於創建 MIMO 雷達系統是一大挑戰，TI 備有「級聯毫米波感測器成像雷達」參考設計——級聯成像雷達射頻 (RF) 系統，可加速並簡化高解析度成像雷達的開發，支援長距離雷達 (LRR) 波束成形應用，並具有增強角解析度性能的中距離雷達 (MRR) 和短距離雷達 (SRR) MIMO 應用。其雷達感測器是單晶片調頻連續波 (FMCW) 裝置——發送一個頻率不斷增加的射頻能量之「線性調頻脈衝」訊號，採用 RFCMOS 製程可讓單晶片得以容納三個發射器 (Tx) + 四個接收器 (Rx) 通道，並內置鎖相迴路 (PLL) 和類比數位轉換器 (ADC) 系統。

感測器還嵌入用於處理雷達訊號的 DSP 子系統，而內置的自動偵測處理器子系統則負責無線電配置、控制和校準，另具備一個板上可編程的 Arm Cortex-

R4F 處理器用於進行對象追蹤、分類，以及 AUTOSAR(汽車開放系統架構) 和介面控制。今年驚艷 CES 的醫療保健技術供應商 Essence Group，其展示的跌落檢測器即採用 TI 60GHz 3D 毫米波感測技術；無獨有偶，同樣在 CES 2020 引起矚目的還有台灣科技新創基地 (TTA) 領軍的開酷科技 (KaiKuTek) 等一眾台灣廠商，亦看好 60GHz mmWave WiGig (Wireless Gigabit，即 802.11ad) 在手勢識別的潛力。

### 深度學習演算法 & AI 加速器加持，更勝一籌

開酷科技進一步結合毫米波、深度學習 (Deep Learning) 演算法和 AI 加速器，開發出全球首款完整集成的 60GHz 手勢識別／追蹤單晶片 (SoC)，並公開宣稱 60GHz 有幾大吸引力：1. 最大頻寬可達 10Gbps，且其徑向解析度 (radial resolution) 的有效距離近乎 1.5 cm，對於手勢識別等細微動作

尤其重要；2. 空中的毫米波訊號會迅速衰減，60GHz 非常適合 < 10m 的視線和短距離應用；3. 使用定向天線，可提供更好的隱私保護並減少干擾。上述 SoC 具備低延遲特性，擬於今年底量產，手機、穿戴裝置、遊戲運動感測／控制和智能家居是首要目標。

最新加入 60GHz 戰局的還有英飛凌 (Infineon)，剛發表首個集成到智慧手機的雷達系統，集成天線的尺寸僅為 6.5 mm x 5 mm；透過檢測微小的動作和手勢讓手機等設備做出預期反應，並僅在需要時才啟用，節省能源。他們認為，手勢識別是人機交互最直觀的方式之一，可代替觸摸或點擊之類的介面；最重要的是，可檢測到紅外線 (PIR) 等其他技術幾乎看不到的運動來實現智能照明，亦可提升智能音箱的音訊品質。除了保護隱私，雷達感測器不需開口或借助透鏡，可感應多種材料進而節省成本，且不受環境光和操作環境影響亦極具吸引力。 CTA

# COMPOTECHAsia 臉書

## 每週一、三、五與您分享精彩内容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>