

國科會工程處114年度學門主題式計畫 「整合感測與通訊技術與應用」 計畫徵求公告

壹、計畫背景

整合感測和通訊(ISAC, Integrated Sensing and Communication; JCAS, Joint Communications and Sensing; RadCom, Radar-Based Communication)結合感測技術和無線通訊技術已被視為次世代通訊網路一個新興研究領域。特別引人關注是它能夠實現對實體世界的感知和具備對實體世界更好的理解，近年來該技術所提供的優勢吸引學術界和工業界越來越多的關注和重視，尤其是國際電信聯盟無線通信部門(ITU-R, International Telecommunication Unit Radio Sector)已在下世代行動通訊系統(IMT-2030, International Mobile Telecommunications 2030)的展望中將整合感測和通訊納入第六代(6G, 6th generation)行動通訊網路的關鍵技術之一。同時，IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ISAC ETI (Emerging Technology Initiative) 亦大力支持並推廣與ISAC相關的學術和工業活動，歐洲電信標準化協定(ETSI, European Telecommunications Standards Institute)更成立 ISAC ISG (Industry Specification Group)以評估該技術之潛在效能與應用。許多研究亦指出，ISAC能進一步提高頻譜效率、降低硬體成本和功耗。全球行動網路大廠，如Nokia、Ericsson、華為、中興、InterDigital等，亦相繼提出其對於ISAC之技術發展與應用展望。

ISAC能帶來兩種效能增益：整合增益(integration gain)和協調增益(coordination gain)。整合增益是通過共享無線資源技術來實現 ISAC，以減輕傳輸、設備和基礎設施的資源重複。然而，要達成整合增益需要克服許多挑戰，例如ISAC之波形設計、系統和硬體資源的分配、訊號處理、天線設計、干擾管理、網路運作等。協調增益是從感測和通訊不同功能之間相互協助所獲得的增益。協調增益也可再分感測輔助通訊(sensing-assisted communication)和通訊輔助感測(communication-assisted sensing)。感測輔助通訊是指感測數據資料可以被收集並用於提升通訊性能，例如環境感測資料可以用來幫助通訊波束管理和資源分配，而感測資料輔助通訊也可實現網路感知。

另一方面，ISAC將感測能力賦予在下世代行動網路，等於是開啟行動網路的「眼睛」，使下世代行動網路成為知覺(context aware)網路，並進一步使物聯網裝置能由傳統之“先感測後通訊”之運作方式轉變為“同時感測與通訊”，以減少運作延遲、信令交換量、與處理成本，將為智慧城市、自主駕駛、低空物聯網、與智慧工業等領域帶來嶄新的應用。

於2024年1月，IEEE Communication Society (ComSoc) Technology News 揭露人工智慧(AI, Artificial Intelligence)、機器學習與生成式人工智慧技術對 ISAC 技術之緊密性和重要性。ISAC系統所處的環境複雜並不可預測，狀態和條件會隨著時間和其它變因而動態變化。藉由人工智慧/機器學習/生成式人工智慧來增強ISAC的性能將成為ISAC十分重要的研究議題。ISAC可再結合其它關鍵技術，例如邊緣計算、節能網路、可重置智慧表面(RIS, Reconfigurable Intelligent Surfaces)、語義通訊(Semantic Communication)、三維波束之全息多天線技術 (HMIMO, Holographic Multiple Input Multiple Output)、非陸地網路 (NTN, Non-Terrestrial Networks)、毫米波/太赫茲 (Terahertz)、量子感測和通訊，擴展ISAC技術之研究價值之深度和廣度。ISAC雖然是實體層傳輸與感測技術，若要使下世代行動通訊網路能夠支援ISAC，行動網路架構、協定、與介面亦需要有新的設計，包含新的信令交換流程、接取協定、資料傳輸流等。除了基站與行動終端，核心網路亦需要新增網路功能(network function)或網路切片(network slice)，以處理感測資料與一般通訊資料。關於ISAC之網路相關的標準制定工作於ETSI、3GPP、IEEE等標準制定組織已陸續展開相關探討。在另一方面，因為ISAC具備感知週遭環境之能力，使用者隱私性與資料傳輸安全性將成為ISAC實際佈署時特別重要的問題。提供隱私性與安全性保證的相關技術、法規與監管機制亦是需要探討之議題。

如同高等研究計畫署網路 (Advanced Research Projects Agency Network)係由美國政府支出所產生之「滴漏效應」並成為當今網際網路的重要前身，近年來美國的行業政策（如 CHIPS Act）開始投入對ISAC技術之支持和推動，巨大的國防研發資金亦對ISAC投入重要資源。歷史借鏡，ISAC 將被深度期待成為下世代虛實融合技術之基石。

貳、計畫目標與主要研究議題

本項學門主題式計畫之目標是研發「整合感測和通訊之技術與應用」，分為「感測和通訊整合技術」和「整合感測和通訊前瞻應用」，主要研究議題建議如下（不僅限於以下內容，申請人可研提其他具有價值整合感測和通訊技術和應用議題）：

一、感測和通訊整合技術

(一) 感測和通訊整合(Integration)關鍵技術：

研究感測和通訊整合關鍵技術以達到整合增益。感測和通訊功能在共享相同的硬體和/或無線資源下，研究波形設計(waveform design)最佳化、空間感測和通訊波束樣式最佳化、自我干擾消除、無線和系統資源分配最佳化、增強 ISAC 系統安全性、ISAC 系統網路實現等關鍵技術。其

中，波形設計最佳化是一個首要關鍵工作。ISAC 波形設計根據整合程度不同，分為非共享資源配置之鬆散整合，和資源共享配置之縝密整合，最終目標和挑戰是要實現完全統一的波形(fully unified waveform)。完全統一 ISAC 波形分為感測為中心設計、通訊為中心設計、和聯合設計方法。這些 ISAC 波形設計可規劃設計在現存之雷達 Chirp 波形、索引調變 (Index Modulation)、正交分頻多工(OFDM, Orthogonal Frequency-division Multiplexing)、非正交多工存取(NOMA, Non-orthogonal Multiple Access)技術等。在第五代(5G, 5th generation)行動通訊網路所使用的正交分頻多工在高速移動通訊會造成高都普勒偏移問題，進而限制 6G 網路的適用性。近期雙重散佈通道(doubly dispersive channels)的研究可解決此類問題，包含如延遲-都普勒域(Delay-Doppler domain)方式的正交時頻空間(OTFS, Orthogonal Time-Frequency Space)和 Affine Frequency Division Multiplexing (AFDM)等。全新 ISAC 波形設計最佳化、預編碼、訊號處理、和天線系統設計是重要的研究議題。

(二) 感測和通訊協調(Coordination)關鍵技術:

感測和通訊相互的輔助技術以達到協調增益。感測輔助通訊是指如何有效使用感測數據資料以達成有效提升通訊性能目的，環境感測資料可以用來幫助通訊波束管理和資源分配、於大型天線陣列系統中促進感測輔助波束預測和追蹤、毫米波和亞太兆赫茲系統中視距(LOS, Line of Sight)高信號衰減與被遮蔽條件下實現感測輔助之信號衰減與遮蔽預測和主動切換。另外，通訊輔助感測則是通訊訊號和系統用於擴展感知能力和實現網路感知，通訊輔助感知功能最佳化、實現通訊輔助下分散式協作網路感知。

二、 整合感測和通訊前瞻應用

(一) ISAC 技術應用和雛型平台:

ISAC 技術之應用包含厘米級定位、成像(包括壓縮感知、無線層析、多通道成像)、無線信號覆蓋範圍和地圖、手勢識別和人類活動識別、ISAC 為基礎之數位孿生技術(Digital Twin)、高精度定位和追蹤、同時定位與地圖繪製 (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM)、和同時成像、地圖繪製和定位 (Simultaneous Imaging, Mapping, and Localization, SIML)等，皆是值得發展的研究議題。在另一方面，建構 ISAC 雛型平台亦有助於在提高頻譜效率、降低硬體成本、和降低功耗之前提下建立

場域測試實驗與環境，包含規劃 ISAC 通訊晶片和天線設計、波形設計、訊號處理、通訊與感測模組之同步、系統整合之各種整合功能之雛型平台實現工作。另外規劃需考慮，當感測頻譜愈高，精準度愈高，但可應用距離愈短下，ISAC 雛型平台需明確規劃實作在頻譜 FR1(sub-6GHz)、或 FR2(mmWave)、sub-THz，或近期國際大廠所重視的 FR3 (cmWave)。並在法人或廠商提供硬體下，進行 ISAC 軟硬體的整合研究工作。

(二) 結合人工智慧或其它關鍵技術之 ISAC:

ISAC 結合人工智慧/機器學習/生成式 AI，或其它先進關鍵技術，例如邊緣計算、節能網路、可重置智慧表面、語義通訊、三維波束之全息多天線技術、非陸地網路、毫米波/太赫茲、量子感測和通訊等，亦是需要探討的議題。為了使下世代行動通訊網路能夠支援 ISAC，下世代行動網路(核心網路與基站)亦需要嶄新的設計工作，包含支援 ISAC 的網路架構、介面、協定、與網路功能。同時，相關標準制定工作亦是在技術發展時需要一併構思之規劃。在另一方面，提供隱私性與安全性保證的相關技術、法規與監管機制亦是 ISAC 技術特別需要探討之議題。

參、計畫申請及審查

一、計畫申請

- (一) 申請機構、計畫主持人及共同主持人必須符合「國家科學及技術委員會補助專題研究計畫作業要點」相關規定。跨學門學者可共提出計畫，如：資訊學門、智慧計算學門的學者可與電信學門的學者合作共同提出單一整合型計畫。
- (二) 計畫主持人以申請 1 件本項學門主題式計畫為限。
計畫主持人除了申請本項學門主題式計畫之外，亦可再同時申請學門大批專題研究計畫，惟請留意計畫內容之差異性，並應將本項學門主題式計畫列為第一優先執行。
- (三) 本項學門主題式計畫請以三年期單一整合型計畫進行規劃。
 1. 單一整合型計畫係指由總計畫主持人將所有子計畫彙整成一本計畫申請書(總計畫主持人須執行1件子計畫)，且至少需包含3件子計畫(含總計畫主持人執行之子計畫)以上，並由總計畫主持人任職之機構提出申請。
 2. 計畫經審查通過、核定補助後，主持人列入執行國科會專題研究計畫計算件數，共同主持人不列入執行國科會專題研究計畫計算件數。

3. 每一年度預計達成之技術指標及目標需說明進步性或應用連貫性，並針對研發之主題提出相關之應用場域規劃。請加強說明整合型計畫之總計畫與各子計畫之關聯性、分工合作架構、整體應用情境等，以強化整合之必要性。
 4. 有關計畫書表CM03「三、研究計畫內容」之篇幅上限調整為至多50頁。超頁部分不予審查。
- (四) 計畫主持人及團隊成員以電信學門為主，並鼓勵跨領域合作，共同組成研究團隊。請於表 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」中說明總計畫主持人及各子計畫主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃。
- (五) 計畫書中須詳述預計研發之目標技術、國內外發展現況以及與標竿技術之比較、查核點及最終效益。
1. 目標技術之國內發展現況、國際發展現況、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)。
 2. 藉由本項學門主題式計畫之投入，每季及每年度預計達成之技術指標及查核點，目標技術預期可提升程度(分年達成目標以及3年全程之最終效益)、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)；並應以補強關鍵技術缺口、具體可行的產業應用情境、明確之產業需求為目的。
 3. 需明確說明ISAC雛型平台實作頻譜，如：規劃在FR1(sub-6GHz)、FR2(mmWave)、6G規劃的Sub-THz，或FR3 (cmWave)，且需能展示所實作之ISAC雛型。
- (六) 為能充份展現本項學門主題式計畫之執行成效，請具體說明整合感測與通訊技術與應用所欲解決之問題、技術突破、國內外技術水準比較，並明列其所衍生之技術規格。說明計畫執行中與計畫執行結束後之技術落地情形(例如衍生產學合作計畫、技術轉移等)、以及智慧財產產出(例如專利、論文發表等)。在研究計畫申請書中，需明列：技術亮點、自訂可供查核其效率提升的評量指標、及研發成果驗證方式。
- (七) 本項學門主題式計畫以強化產學合作、落實產業應用為目標，故學界研究團隊提案時必須邀請國內業界參與共同執行，並提供「合作企業參與計畫意願書」(格式詳如附件 2-2，請附於 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」之後)，請具體敘明合作企業參

與方式、合作內容，例如提供軟硬體設備、提供實測場域、提供研發人力、投入配合款...等。

(八) 本項學門主題式計畫每年度申請總經費以新臺幣 1000 萬元為上限。

1. 基於資源有限，本項學門主題式計畫以不補助購置大型硬體設備或軟體為原則，請強化學界現有設備及平台之共用與協調支援，以使有限資源發揮最大效益。此外，鼓勵業界及校方投入資源，與國科會共同推動。
2. 除CM05「五、申請補助經費」之外，請一併上傳CM05-2，以便審查委員瞭解總計畫及各項子計畫之經費編列情形。

二、計畫審查與考評

(一) 計畫審查重點

1. 計畫主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益、計畫執行經驗、領導與協調能力。計畫共同主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益。
2. 計畫主持人及共同主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃。
3. 計畫之研究主題應著重於創新性、前瞻性及應用性，對於整合感測和通訊技術和應用的重要性、需求性、實務性，並結合學界研發能量及產業技術需求。計畫書應敘述國內外研究與技術發展現況，導引規劃多年期之技術平台發展藍圖。尤以解決開發整合感測和通訊技術和應用之關鍵突破點，以精進及完善其運作效力，提高技術之落地應用性為要。
4. 計畫書需分年陳述執行內容，並具體說明每一年度研發成效與查核點、年度技術指標及目標之進步性或應用連貫性。研發成效須著重實際產出之軟體、硬體或系統整合等之技術對學術或產業之貢獻，及與國際標竿之比較。查核點須說明所發展之整合感測和通訊技術和應用之績效量化評量指標與驗證方式。本案的評量指標中「標準提案或參與」，得由計畫團隊、合作的法人或廠商來執行。
5. 整體計畫分工架構，各子計畫之關聯性與整合程度。經費申請及人力規劃之合理性。
6. 預期完成之工作項目與預期成果之妥適性，除一般性學術成果指標外，應提供具體技術指標，尤其是場域應用驗證規劃、產業應用之具體性與可行性、解決產業實務問題的達成度等。

(二) 計畫考評機制

1. 本項學門主題式計畫經審查通過者，補助分年核定之多年期計畫（至多為3年期計畫）。每年辦理期中考評與期末考評，考評未獲通過者，將予退場，不補助下一年度計畫。此外，國科會得依據審查結果，調整計畫執行內容及經費(含刪除計畫共同主持人、刪減經費等)或提前終止計畫。
2. 期中考評與期末考評之重點包含：計畫執行進度與成果、研發之技術項目是否為業界需要之關鍵技術、研發技術相較國內外標竿技術之進步性、技術成熟度、技術落地及產業應用之可行性、實際場域應用之規劃及實測情形、合作企業之實質參與程度... 等。
3. 請依國科會通知，繳交計畫執行進度與成果，參加計畫審查會議、計畫觀摩、技術媒合、成果展示等相關活動，配合辦理實地訪視等。
4. 計畫主持人應於每年計畫執行期滿前2個月至國科會網站線上繳交期中進度報告，並於全程計畫執行期限結束後3個月內至國科會網站線上繳交完整版成果報告。