6G關鍵新興技術-可重構智慧表面(RIS)技術演進

台灣亞太產業分析專業協進會 107 年認證產業分析師 楊欣倫

一、產品定義及範圍

根據歐盟 5G 公私聯盟協會(5G Infrastructure Public-Private Partnership，5GPP)定義，可重構智慧表面 (Reconfigurable Intelligent Surface, RIS) 技術是由能夠任意塑造電磁波面的材料組成，幾乎是被動(Passice)設備，可以適應或改變發射器和接收器之間的無線電信號。

另一種定義則是由許多波長反射元件所組成的陣列模組，每個反射元件皆可獨立控制，透過主動智慧調控，讓訊號波束在特定方向上增強並反射，甚至可以抑制或消除干擾訊號。以解決 6G 所採用的太赫茲因繞射性差，導致基地台訊號容易被牆壁等障礙物所阻擋的問題。可以應用於高頻覆蓋增強、綠色通訊、輔助電磁波環境感知和高精度定位等場景。

可重構智慧表面(RIS)技術在行動通訊領域有較廣泛的討論，且已經從學術領域的前期實驗室開發，演進到 MWC 2023 展會中廠商展出的原型與實證場域的示範。針對此項技術有諸多類型與稱呼，但在功能上近乎相同，主要用於解決非視距傳輸、降低覆蓋缺口等，相關名詞包含可重構反射表面(Reconfigurable Reflecting Surfaces, RRS)、智慧表面(Smart Surface) 、透射超表面(Transmissive Metasurfaces)、大型智慧超表面(Large Intelligent Metasurface, LIM)、軟體控制超表面(Software-controlled Metasurface)、智慧反射陣列(Smart reflect-arrays)、軟體定義表面(Software-defined Surface , SDS)以及主動式智慧表面(Passive intelligent surface , PIS)等。

二、產業技術趨勢

預期 6G 世代，由於頻譜稀缺性與對高傳輸量的需求，將往高頻段的次太赫茲(Sub-Terahertz)與太赫茲(Terahertz, THz)發展，開發成功後，6G 的資料傳輸率將是 5G 的 10~100 倍，可達每秒 100Gbps，甚至 1Tbps 以上。但受限於太赫茲因繞射性差，導致基地台訊號容易被牆壁等障礙物所阻擋的問題。有效部署 RIS 作為可控表面可以強化網路容量和覆蓋範圍，同時也為綠色通訊、輔助電磁波環境感知和高精度定位等場景應用創造機會。RIS 可以設計為自配置和無線網路基礎設施的一部分，調整其電磁特性以因應動態流量需求和傳播特性。

使用 RIS 的主要優勢在於它們是所謂的被動元件，為極低功率電子設備，代表了一種環境

ITIS 智網 http://www.itis.org.tw
經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載

友好且低成本的解決方案，可以部署在牆面、天花板、廣告牌、燈柱、活動車輛等等情境中，將用作可重新配置的反射器或收發器，以實現大規模的傳輸作業；而簡易安裝為重要設計考量項目，用以推廣此項技術的廣泛使用。

3GPP Release-18 雖然已列 RIS 為候選研究項目之一，但目前仍未被納入正式工作項目。隨著相關技術的演進與原型推出，RIS 相關技術的早期標準化作業預期有望在 Release-19 或後續標準制定中啟動。此外歐洲 RISE-6G、中國智能超表面技術聯盟(RIS TECH Alliance, RISTA)等產業聯盟陸續投入技術架構、標準規範、產業生態系的研究，顯示此項技術備受重視。

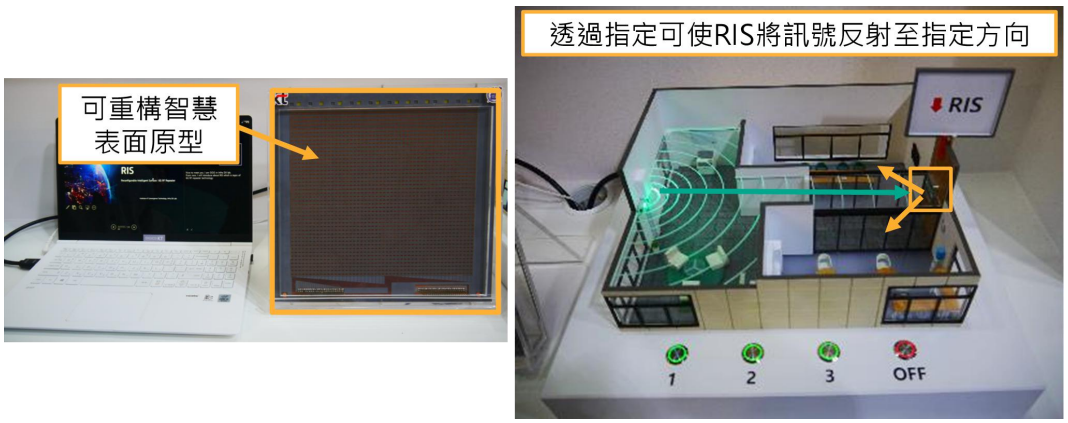
三、國際大廠技術發展趨勢

(一)韓國電信(KT)：可重構智慧表面(RIS)

KT 與首爾國立大學研究團隊合作開發的 RIS 可以擴大太赫茲(THz)波束的接收區域。裝置能夠調整無線電傳輸和反射方向的技術可以用於難以設置基站或中繼設備的地區。RIS 可根據無線電波的特性調整發射功率，通過將外部信號發射到建築物內或以必要的角度反射能避開障礙物，從而提高無線電接收盲區的覆蓋範圍。藉由此技術與相關材料搭配，達成低成本、簡單安裝、環境友善的目標。

MWC 2023 展會中展示產品原型，並以模型展示在辦公室實際場域的測試成果，透過訊號傳遞指令，可使 RIS 裝置將無線電波束傳至指定方向，無線電波束容易受到水泥牆等裝潢所阻斷，透過 RIS 裝置可將波束傳遞至玻璃隔間的會議室內，用以改善辦公大樓內訊號盲區的無線通信品質，降低擴充通訊裝置與布線的成本。

ITIS 智網 http://www.itis.org.tw
經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載



資料來源：工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2023/07)

圖 1　KT 可重構智慧表面原型與場域試驗示意模型

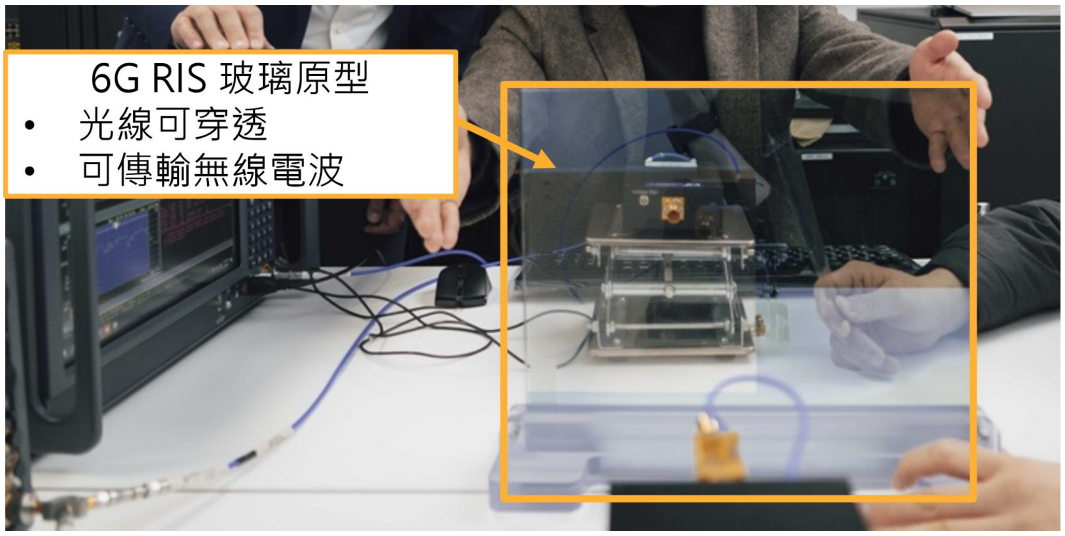
(二)韓國 SKT：6G RIS 玻璃

SKT 利用廣泛用於建築物外部的「Low-E 玻璃」材料開發出可使用 RIS 的技術，作為 6G 高頻段的通訊技術。Low-E 玻璃是在玻璃的一面鍍上一層薄薄的銀膜製成的產品，它可以透過大部分的可見太陽光線，並反射相當一部分的太陽光線。Low-E 玻璃因其優良的絕緣性能而被廣泛用作建築外牆材料，但它也具有阻擋無線電波的性能，不利於移動通信頻率的傳輸。

2023 年 2 月 SKT 與韓國東友精密化學(DONGWOO FINE-CHEM)合作開發的 RIS 應用技術使得生產 6G RIS 玻璃成為可能，這款玻璃可以傳輸光和無線電波，同時保持絕緣性能。SKT 預計新開發的 6G RIS 玻璃的商業化將有助於提高無線通訊品質，例如擴大 6G 室內覆蓋範圍。

2022 年 8 月，SKT 開發出 5G/LTE 頻段的透明天線和 RIS 技術，並將透明天線應用於部分市區公車的公共 Wi-Fi 的 LTE 路由器，成功實現商用。規劃透過克服高頻段限制的技術(例如創新天線技術)確保從 5G Advanced 到 6G 的主要技術。

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載



資料來源：SKT、工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2023/07)

圖 2　SKT「6G RIS 玻璃」原型

(三)韓國三星(SAMSUNG)：可重構智慧表面(RIS)

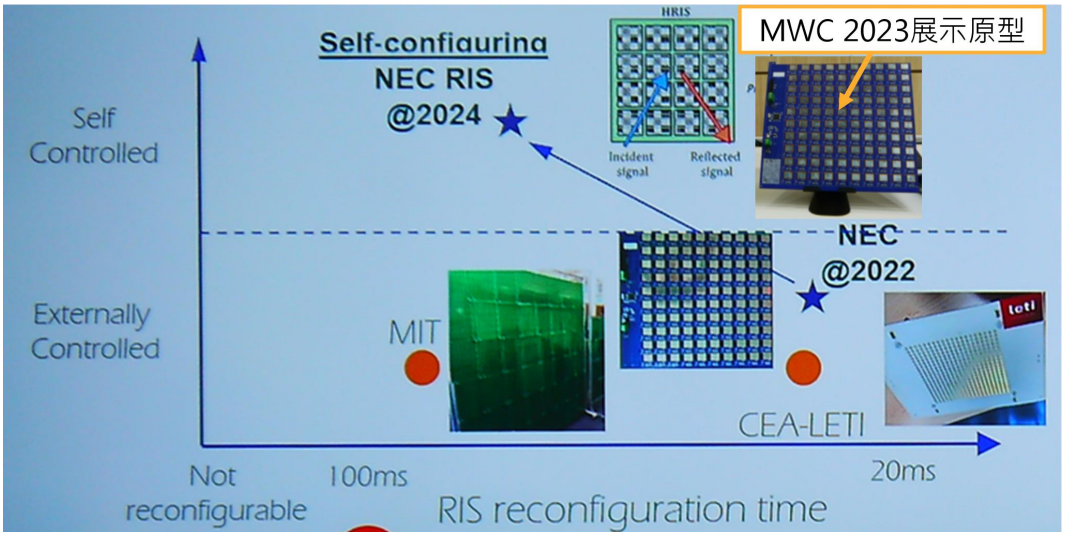
三星對可重構智慧表面(RIS)領域之研究，是以超材料(metamaterial)構成的平面，可提升波束銳利度，進而將無線訊號精準導向或反射至指定方位。此技術有助減少高頻訊號(如毫米波)的穿透損耗和受到阻擋的狀況。三星 RIS 透鏡技術可將訊號強度提升 4 倍，波束導向範圍增加 1.5 倍，有助減少高頻訊號(如毫米波)的穿透損耗和受到阻擋的狀況。

(四)日本 NEC：智慧表面(Smart Surface)

2022 年 1 月 NEC 歐洲實驗室開發出第一個完全被動智慧表面(smart surface)的原型讓智慧表面有望進入下階段標準制定與量產的準備，並且達成低延遲的要求透過 RIS 技術可在開放空間控制和提供強大且一致的 5G 無線信號適合在火車站、購物區和 5G 連接工廠等大型開放空間建立公共和私人網路。

2022 年 NEC 開發智慧表面仍需外部控制，未來將整合到現　有的無線網路中，降低電信營運商的安裝和維護成本。為了實踐更快的重新配置速度，將使智慧表面能夠直接插入現有的符合 O-RAN 的網路架構，其中 RAN 智慧控制系統(RAN Intelligent Controller, RIC)可以直接與設備交換訊息並更改其配置，目標在 2024 年實現自我配置(Self-configuration)功能。

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載



資料來源：NEC、工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2023/07)

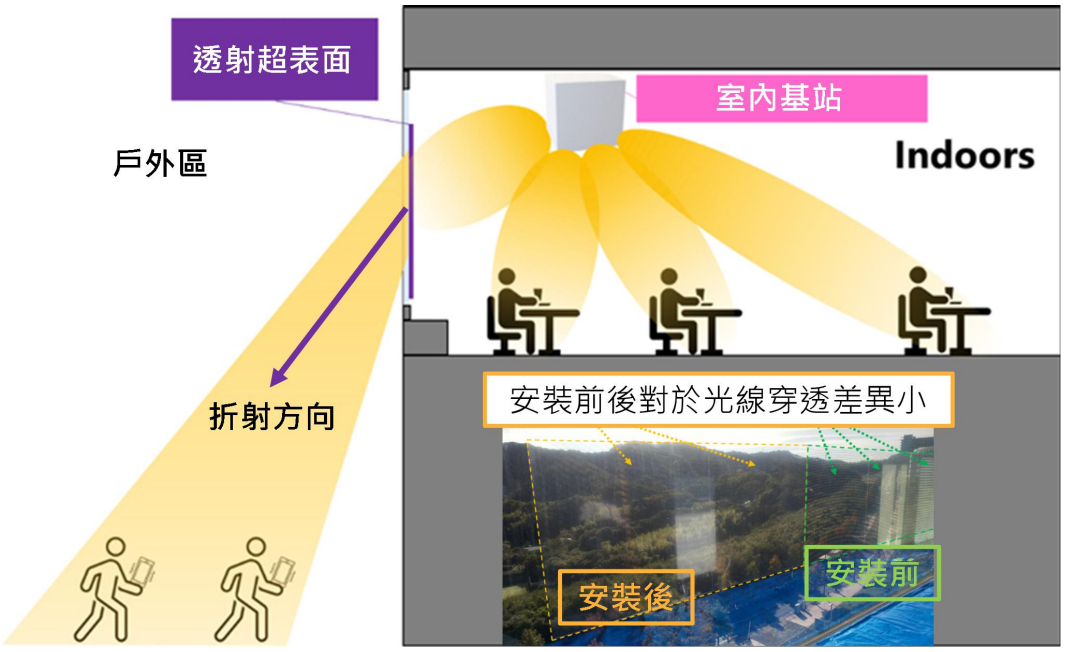
圖 3　NEC「智慧表面」原型與性能展望

(五)NTT DOCOMO：透射超表面(Transmissive Metasurface)

NTT DOCOMO 於 2023 年 1 月進行世界首次在窗戶上進行透射超表面的試驗，以將室內無線電波傳輸到建築物的室外底部，改進了建築底部的毫米波連接與覆蓋。實驗使用的 28 GHz 頻段的透射超表面，可使穿過玻璃窗的毫米波波段向特定方向彎曲，室內波束朝向建築物外部的底部，可擴大建築物底部周圍的區域覆蓋範圍。薄膜狀材料附著在內側的窗戶玻璃上，使其更易於安裝，其透明度不會破壞景觀和現有設計。透射超表面的設計不會干擾其他頻段，例如 LTE 和 Sub-6 頻段。

過去高頻段的無線電波難以到達建築物屋頂上安裝的發射基地台視線之外的地方，因此建築物底部常成為訊號盲區。解決方案通常需新增天線安裝在鄰近的結構物上，但也存在因景觀等問題無法安裝的情況，透過此項技術不僅可以減少裝置安裝成本，且利用透射表面也可以滿足擴增訊號覆蓋、不須能源、安裝便利及美觀等需求。

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載



資料來源：工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2023/07)

圖 4　NTT DOCOMO 透射超表面波束傳輸示意與薄膜外觀比較

(六)中興通訊：可重構智慧超表面

中興通訊早在 MWC 2022 已首次發表 RIS 解決方案，在 MWC 2023 上發佈最新一代可重構智慧超表面解決方案：「Dynamic RIS」。中興通訊 Dynamic RIS 基於基站內生智慧，透過 5G 基站和 RIS 動態協同波束賦形演算法，可實現 RIS 動態波束掃描和使用者追蹤，從而實現更多的覆蓋，更好的用戶體驗，以及移動性支援。

中興通訊持續推進 RIS 商用進程。在組網方面，2022 年 8 月在上海完成了 Dynamic RIS 外場驗證。在該驗證中，使用一個毫米波 AAU 和一個 Dynamic RIS 組網，僅用一個 RIS 實現 10,000 平方公尺的覆蓋，實現了毫米波 AAU 30%的覆蓋提升。在該覆蓋區域使用者下載平均速率提升 6 倍，上傳平均速率提升 20 倍。

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載

資料來源：工研院產科國際所 ITIS 研究團隊(2023/07)

圖 5　MWC 2023 中興通訊「可重構智慧超表面」展示與性能說明

四、結論

可重構智慧表面(RIS)可視為是 5G Advance 邁向 6G 的高頻段(毫米波、太赫茲)，對於擴大覆蓋區域、提升通訊品質、強化傳輸效能、節約能源的關鍵技術。近幾年逐漸從學術研發，逐步轉為原型及場域試驗，甚至部份廠商的產品已經達到可以商業化應用的程度。MWC 2023 可以看到更多的電信商與設備商展示其 RIS 的原型系統與實證成果，RIS 成為 3GPP 標準制定候選技術的能見度大增。

透明與穿透力成為新興 RIS 技術之一，透過玻璃材料改良、薄膜等新興技術也在近期逐步邁入場域試驗，有別於被動電子元件的型態，更加強調穿透力、安裝便利性、美觀性，幾乎隱藏於日常的建築與裝潢設計中。

下世代行動網路更重視環境永續、淨零排放等議題，勢必加強電信產業在能源效率、設備碳排放、可回收再利用、可分解等需求。目前 Ericsson 已討論到未來萬物聯網的情境下，如何達到電信設備「零耗能」的可能性，因此 RIS 成為歐美、北亞地區的學研單位、聯盟及重要廠商積極投入資源開發的關鍵技術。

台灣廠商目前主要著眼於 5G 投資的回收與變現，普遍對於 6G 發展處於觀望階段。台灣

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載

產業鏈倚靠 4G/5G 的發展奠定基礎與技術能量，在半導體、關鍵零組件與資通訊硬體研發製造與組裝等領域具領先優勢，且有政府支持的 RIS 研發計畫。但相較於日、韓競爭對手，台灣廠商相對在 RIS 的研發投入上相對起步較慢，知名電信營運商與設備商目前都已進入場域試驗階段，對未來標準將具有領導能力，我國業者未來應思考在 6G 標準制定前，積極布局 RIS 技術發展的能量儲備

(本文作者為工研院產科國際所執行產業技術基磐研究與知識服務計畫產業分析師)

原文出處：ITIS 智網 http://www.itis.org.tw/

經濟部技術處科專計畫成果，未經同意不得轉載