

# 天線專家翁金輅， 領航 6G 通訊關鍵技術

二〇二四年九月，華為推出了全球首款三折手機 Mate XT，同日蘋果也發布了支援 5 G 毫米波技術的 iPhone 16 系列。當大眾熱烈討論新機的外型與功能時，第二十七屆終身榮譽國家講座主持人、中山大學電機工程學系講座教授翁金輅的關注焦點，卻放在這些創新機型對隱藏式手機天線帶來的全新挑戰。

例如，Mate XT 的折疊設計使得手機尺寸頻繁變化，這對天線效能影響甚大；同時，現今智慧型手機內部通常配置十支以上的天線，尤其在毫米波頻段，多天線如何在有限的空間內互不干擾、協同工作，這些實際應用面的問題正是翁金輅數十年來埋首研究的領域。

## 從新款手機，解碼臺灣手機天線領航者的研究核心

「我們的核心工作就是提升手機終端中的天線效能，並確保技術的可行性。」翁金輅強調，天線研究不僅限於天線本身，而是涵蓋整個通訊產業的發展方向，特別是多輸入多

輸出 (Multi-input Multi-output, MIMO) 天線技術的成功應用，必須依賴一系列配套技術的支持，包括高效的訊號處理運算、低功耗電路設計，以及更長效的電池續航力，「當前正處於行動通訊技術的關鍵分水嶺，如果再次重蹈當年選擇 WiMAX ( Worldwide Interoperability for Microwave Access ) 而非 LTE ( Long Term Evolution ) 的覆轍，國內業者將面臨重創。」

為此，翁金輅積極與聯發科等國內主要企業合作，提供實驗數據和技術建議，希望協助業界做出正確決策，引領臺灣通訊產業重返世界舞臺。

## 突破極限：模組化創新實現 6 G 多天線系統

在三十餘年的學術生涯中，翁金輅發表超過九百篇期刊論文，並取得三百多項專利。特別是在 MIMO 系統領域，利用多天線技術提供高速、可靠的行動通訊之卓越成就，讓他在國內外學界與業界備受推崇。



## 翁金輅

工程及應用科學領域

### 第二十七屆國家講座主持人獎

中山大學電機工程學系傑出講座教授

對消費者來說，可能很難理解MIMO多天線技術，但實際上，自4G時代開始，2×2MIMO系統（兩個發射天線和兩個接收天線）已廣泛應用於行動通訊。在5G時代，更進一步採用4×4MIMO的四重空間技術。翁金輅進一步解釋：「這就像是將單車道擴展為雙車道或四車道，大幅提升數據傳輸能力。」不過，鮮少人知道，該項技術其實面臨巨大的挑戰。

雖然十年前，翁金輅已推翻「天線之間需保持半波長（約八公分）的距離，兩支天線為極限」的觀念，率先開發出適用於5G手機的八天線與十二天線設計而享譽國際；但他坦言：「若想實現6G的高速傳輸，至少需要八支天線。由於天線是輻射元件，它們之間極易產生干擾，關鍵是如何在有限空間內實現高度集成，並確保不會相互干擾。尤其隨著手機螢幕尺寸不斷增大，天線的空間卻愈來愈小，這成為當前天線設計的重大挑戰。」

近年來，翁金輅團隊將天線間距縮小至波長的十分之一以下，並透過開發Y形、環形、方形、矩形等多種結構，致力於天線微型化。此外，在設計天線時，他們還在輻射元件與接地面之間加入高密度介質層。由於介質密度愈高，介電常數愈高，意味著它能更有效地儲存與集中電能，從而增強天線的電磁場，實現縮小天線尺寸並提高性能的目標。

「我們還致力於多天線的模組化整合，將四支天線或八支天線合併為一個模組，這意味著八支天線只需兩個模組甚至一個模組即可實現。」翁金輅認為，這種創新模式不僅大幅簡化天線的布置與測試，更為實現6G高速傳輸奠定基礎。

他透露，目前的研發重心已從八重空間回到四重空間，即採用四×八MIMO系統（四個發射天線，八個接收天線），以八個天線接受四重訊號，既能提升兩倍至四倍的傳輸速率，還能以相對簡單的方式實現八重訊號的效果。此外，實際驗證結果相當出色，吸引了韓國指標性通訊廠商對此概念深感興趣，並進行6G的合作研究。

### 毫米波與中頻段，誰將引領6G主流？

隨著3G網路在二〇二四年六月底正式退場，臺灣全面邁入4G和5G時代，6G技術的發展也被提上日程。與此同時，業界面臨兩大發展趨勢的抉擇：採用高頻段的毫米波（mmWave）技術，還是持續使用中頻段並透過MIMO多天線系統來提高傳輸速度。

簡而言之，毫米波技術透過更大的頻寬傳輸更多數據，類似於使用更寬的水管來增加流量；而MIMO技術則是在相同頻寬內提高頻譜效率，猶如在相同直徑的水管中加快水流速度，同樣能夠增加流量。

行動通訊屬於電磁波範疇，而電磁波的頻率範圍相當廣泛，不同頻率具有不同的特性，例如電磁波的頻率愈高，波長愈短，這會導致能量衰減愈快，傳輸距離愈短且穿透力愈弱，但可用頻寬卻更大，傳輸量也相應增加。為了更有效地利用這些特性，行動通訊將電磁波的頻率範圍，依據頻率高低劃分為低頻、中頻和高頻等「頻段」，確保各種應用（如無線電、Wi-Fi、手機網絡等）之間不會相互干擾，以及涵蓋不同的覆蓋範圍。

「頻寬與頻譜效率是提升傳輸速率的兩大主要途徑。」翁金輅指出，毫米波因其頻寬更大，理論上可以藉由其較大頻寬將傳輸速率提高，例如提高四倍的傳輸速度。然而，由於其能量衰減迅速、穿透力弱，容易受到障礙物影響，因此更適合用於點對點或感測應用。此外，毫米波設備的建設成本極高，目前國內仍未普及相關手機與基地臺。

相比之下，多天線技術則是透過提升頻譜效率來增加傳輸速率，雖然頻寬不變，但頻譜效率可以藉由多重空間訊號同時傳輸來提高，例如提高四倍的傳輸速度，達到與毫米波同等的高速傳輸。同時，多天線系統使用中頻段，具有傳輸範圍廣、抗干擾能力強的優勢，能提供更穩定且可靠的高速通訊品質。更重要的是，這項技術可以利用現有的硬體設施，大幅降低營運商的成本，提高實施可行性。

他進一步將多天線技術比喻為城市中的高樓大廈：「就像高樓能在有限的土地上容納更多人口，多天線技術也能在有限的頻譜內傳輸更多數據。相較之下，毫米波則如同將居住地搬到郊區，雖然空間增大，但生活機能不如市中心理想。」

值得注意的是，歐洲電信標準協會（ETSI）於二〇二四年九月公開表示：「6G更有可能是5G的演進，而非革命性的變革。」全球行動供應商協會（GSA）的數據也顯示，目前發布的5G設備中，僅約9%支援毫米波通訊。這些跡象皆印證了翁金輅對於多天線MIMO技術在6G發展中可能扮演關鍵角色的前瞻性見解。

### 在質疑聲浪中前行，勉勵學子跨領域學習

身為臺灣MIMO多天線系統的研究先驅，翁金輅一路走來經歷不少質疑聲浪，但他始終以實驗和成果證明技術的可行性。他強調：「手機通常被用戶手持或放在口袋裡，這些真實的使用情境都會影響訊號傳輸，尤其在高頻段更為明顯，許多研究卻忽略了這一點。」

為彌補此一研究缺口，翁金輅團隊在中山大學校園內建立先進的6G中高頻高階MIMO系統，每三至四週就在校園內進行一次大規模的實地測試，特別關注在人口密集區的高速傳輸效果。他引以為豪地說：「因為我們追求的是高可靠

性與高速傳輸，缺一不可！」

同時，翁金輅也勉勵有志於天線系統領域的學子們要勇於跨領域學習：「我們希望培養具領導力的天線專家，而非僅按照規格設計天線的技術人員。由於通訊系統極為複雜，領導者需理解不同領域的視角、掌握全局。唯有如此，才能為行動通訊天線系統的整體發展做出正確的判斷與貢獻。」

