

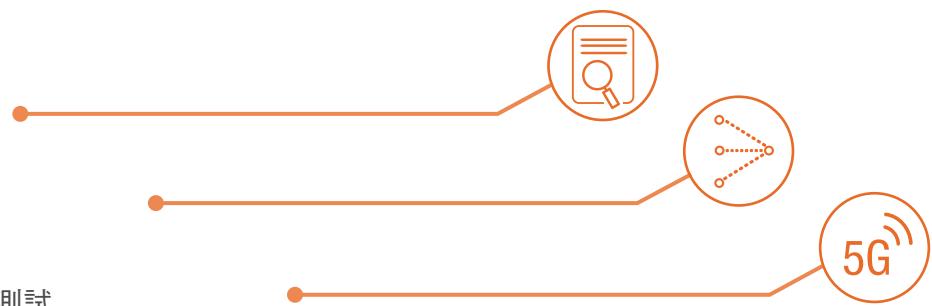
測試 5G New Radio 裝置

全面掌控 5G New Radio 的複雜性並
加速進行 5G 設計

隨著 3GPP 核准了 5G New Radio (NR) 初始標準，以及首批晶片組的發佈，設計並提供高品質裝置的大賽已然展開，以滿足 5G 的嚴苛要求。5G NR 採用新技術，並透過靈活的參數集、更複雜的波形和通道編碼技術，來擴展毫米波 (mmWave) 頻率、更寬的通道頻寬，以及先進的多天線存取，最終達到效能改進的目標。這些新技術的結合，顯著增加了設計和測試的複雜性。本應用說明介紹測試 5G NR 晶片組、元件和裝置的新測試方法和技術，讓您能加速完成 5G NR 設計。

5G NR 測試應用

- 測試 5G NR 資料傳輸速率
- 5G NR OTA 波束成形功能測試
- 毫米波 5G NR 裝置及系統 OTA 測試





測試 5G NR 資料傳輸速率

5G NR 將需要更快的資料速率，以支援增強型行動寬頻（eMBB）使用案例，例如 UHD 影片串流、虛擬實境（VR）和擴增實境（AR）。當行動通訊業者加速完成 5G NR 部署計畫時，晶片組和裝置製造商也必須加快他們的開發工作，例如確認如何以最有效的方式測試 5G NR 資料傳輸速率。

5G eMBB（增強型行動寬頻）使用案例的目標是下行鏈路（DL）的資料速率最高達到 20 Gbps，上行鏈路（UL）的資料速率最高達到 10 Gbps。除了使用低於 6 GHz 的頻率之外，5G NR 還透過利用更高頻率的毫米波頻譜來實現這一目標。LTE 最高以 6 GHz 頻率運作，而毫米波運作的頻段最高則達到 52.6 GHz，是已經核准的 5G NR 第 15 版標準。5G NR 帶來新的訊框架構和波束成形存取程序，增加了設計的複雜性，也增加了設計的難度和功能原型測試程序。

測試 5G NR 裝置傳輸速率的主要挑戰包括：

- 配置 5G NR 訊框架構以獲得更高的傳輸速率
- 配置 5G NR 裝置，以進行量測並製作量測報告，進而實現鏈路調適最佳化
- 毫米波頻率 5G NR 波束成形效能最佳化

5G NR 訊框架構。5G NR 導入了靈活的參數集，可以擴展子載波間隔。可擴充的時槽區間允許子載波針對不同類型的服務層級進行最佳化，兼顧傳輸速率、延遲和可靠性之間的平衡。子載波間隔由 $2^u \times 15$ kHz 的子載波間隔管控。15、30 和 60 kHz 子載波間隔用於較低的頻段；60、120 和 240 kHz 子載波間隔則用於較高的頻段。圖 1 顯示隨著頻率的增加，時槽區間就越短，這會減少 TTI（發送時間間隔）並為運作頻段和通道特性最佳化子載波間隔。

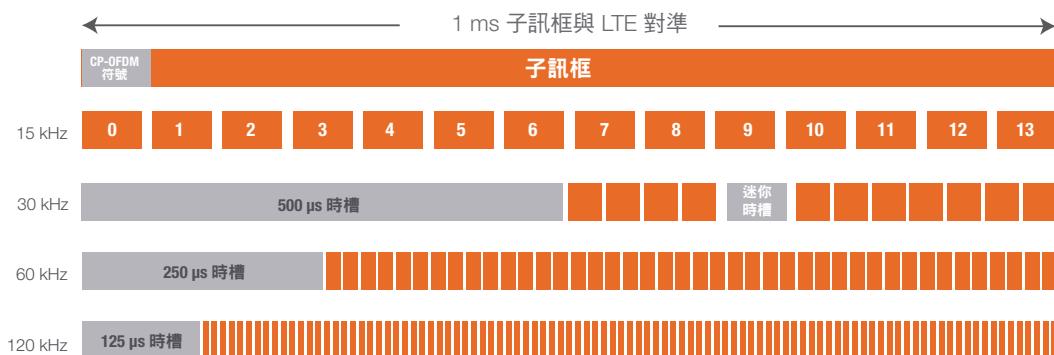


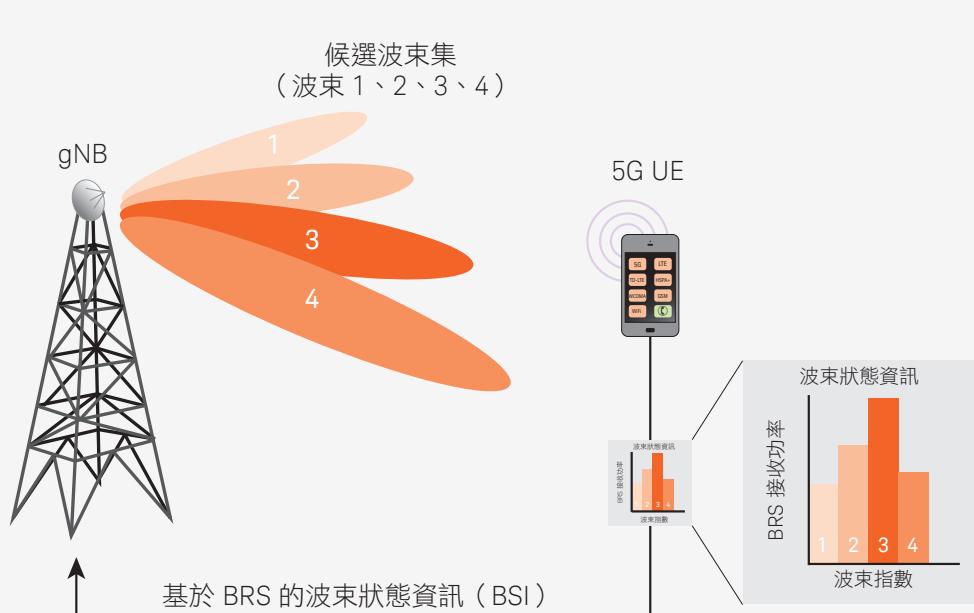
圖 1：子載波間隔和時槽區間的關係

在 TDD (分時多工) 頻段中，5G NR 還允許動態 TDD 運作，在該運作中，網路可以動態地將每個時槽指定為 DL 或 UL。這樣就可以更有效地使用頻譜。透過使用動態 TDD，網路能夠為 DL 或 UL 分配更多或更少的資源，取決於所提供的網路、裝置和服務等特定訊務要求。

在測試 5G NR 裝置傳輸速率時，能夠存取低層訊框架構非常重要，以配置和測試最大傳輸速率。

毫米波頻率波束成形效能。波束成形可用來克服在較高頻率下的傳播和滲透損耗。透過使用提供額外天線增益的高指向性輻射波束，波束成形實現了更強的信噪比 (SNR)。5G NR 規格定義了以下新的波束成形程序：

- 波束擷取與追蹤
- 波束劃分
- 波束反饋
- 波束切換



協定堆疊不同層級的許多因素，都會影響波束成形效能。確認瓶頸並測試不同架構，對於最佳化傳輸速率極為重要。此外，在毫米波頻率下測試波束成形需要空中介面 (OTA) 測試方法，讓測試解決方案進一步複雜化。

圖 2：分析 5G 波束劃分

5G 傳輸速率測試解決方案

使用網路模擬器，可以模擬第 1 層（PHY）、第 2 層（MAC/RLC/PDCP）和第 3 層（RRC/NAS），以建立資料傳輸速率測試。¹

範例測試配置（參見圖 3）使用是德科技 **5G 協定研發工具套件**，來建立測試和配置腳本元素。用來發送和接收控制資訊及資料的同步和參考信號、波束成形，與資源區塊的功率位準可指定。

腳本是用來評估資料傳輸速率，和整合即時追蹤顯示測試的進度，包括發送和接收的第 3 層協定訊息。啟用動態控制點後，測試工程師可以即時修改參數。

日誌檢視器包括一個 KPI 檢視器，用來擷取不同層級的關鍵效能指標。這包括不同層級的傳輸速率圖形（PHY/MAC/RLC/PDCP 和應用層）、CQI（通道品質資訊）、MCS（行動交換中心）、BLER（誤塊率）和 ACK/NACK（確認/否定確認）與時間，提供對設計中可能存在瓶頸的洞察力。從信號品質的角度，能夠驗證例如 BSI（波束狀態資訊）和 BRI（波束劃分資訊）之類的 KPI，以確保 UE（使用者設備）已經選擇了最強的波束。

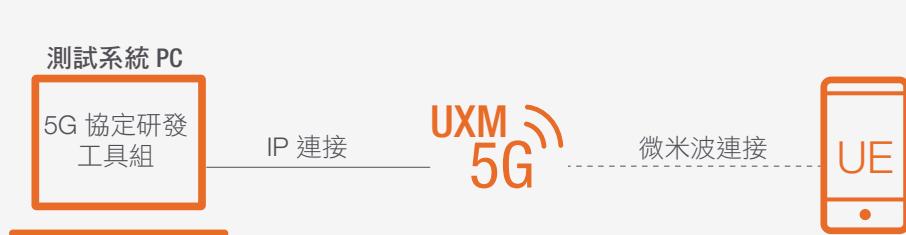


圖 3：是德科技 5G 傳輸速率測試設定

由於 5G NR 在毫米波頻率下採用新的訊框架構和波束成形技術，因此擁有能在協定堆疊的不同層級進行評估和調整的測試平台，極具實用價值。是德科技的 **5G 協定研發工具套件**提供了一種簡單易用的解決方案，能夠在協定堆疊的不同層級監測並進行更改，為快速最佳化裝置傳輸速率提供洞察力。

更多詳細資訊，請參閱應用說明：**測試 5G 資料傳輸速率**

¹ PHY：實體層、MAC：媒體存取控制、RLC：無線鏈路控制、PDCP：封包資料收斂控制、RRC：無線資源控制、NAS：非存取層



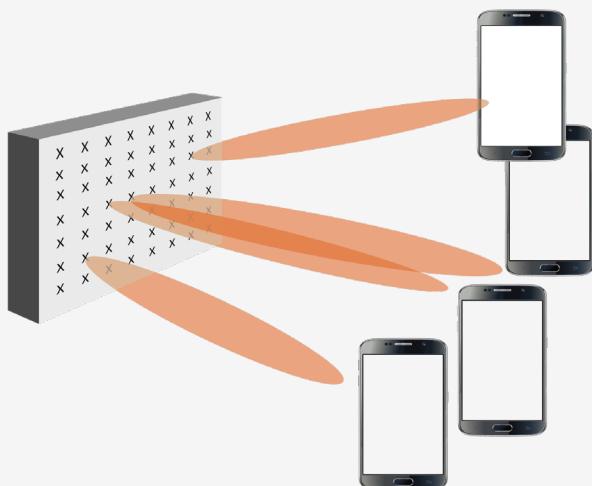
5G NR OTA 波束成形功能測試

3GPP 5G NR 第 15 版標準制定了最高達到 52.6 GHz 的行動通訊運作。為了克服在這些較高頻率下較高的路徑損失和多路徑傳播問題，將採用波束控制或波束成形技術。波束控制並不是新的技術，其能夠對所需方向提供高方向性信號。然而，用於毫米波頻率的行動通訊波束控制，需要所需測試和驗證的新存取技術。當裝置在網路中移動時，裝置和基地台必須找到彼此並保持高品質的通訊鏈路。

在新頻率範圍 2 (FR2) 毫米波運作頻段運作的 5G NR 裝置，可能將其天線整合到晶片組和手機中，因此難以探測傳導測試。因此，預計空中介面 (OTA) 測試將取代傳統使用在低於 6 GHz 設計的傳導測試方法。OTA 測試也可以在真實情境中提供更真實的波束效能評估。

測試毫米波波束成形的主要挑戰包括：

- 驗證毫米波初始存取
- 最佳化毫米波波束追蹤與切換
- 測試波束成形空中介面 (OTA)



從概念上來說，這是透過對由天線元件陣列發送的信號應用相位和增益調整，來實現波束控制，進而在特定空間方向上提供高增益（參見圖 4）。

圖 4：多元件天線陣列控制波束到多個裝置

毫米波初始存取。新的初始存取程序由 UE 和 5G 節點提供一項機制 (gNB)，來建立適當的波束方向以進行方向性通訊。一旦初始存取程序完成，UE 就會進入「連接」狀態，並且使用封閉迴路波束調整程序，執行進一步的波束追蹤/劃分。

波束精細化。使用通道狀態報告（CSI）報告機制，5G 節點可以利用週期性參考信號（CSI-RS）量測，來追蹤下行鏈路波束的狀態。如果服務波束是次佳的，則 5G 節點可以指示 UE 切換到不同的波束。

波束成形信號具有的高度方向性，讓對來自不同角度方向的波束測試初始存取、波束追蹤，和波束切換程序變得極為重要。這需要一個即時 OTA 測試環境。

毫米波 OTA 波束成形測試解決方案

Keysight UXM 5G 無線測試平台使用毫米波射頻頭端和雙極化喇叭天線來支援毫米波 OTA 波束成形量測。UXM 網路模擬器與毫米波射頻接頭一起做為 gNB，支援高於 6 GHz 的發射器（即下行鏈路）和接收器（即上行鏈路）射頻埠。該解決方案部署了基頻和協定處理元件，以模擬 5G 網路實體。該平台實現了 5G NR 協定和射頻測試。當和毫米波射頻接頭、雙極化喇叭天線及電波暗室結合使用時，可以模擬同步下行鏈路波束。透過添加定位器來控制 UE 方向，可以進一步增強該設定。在此配置中，可以在不同的空間方向上進行具有到達角（AoA）測試功能的 5G 波束成形。



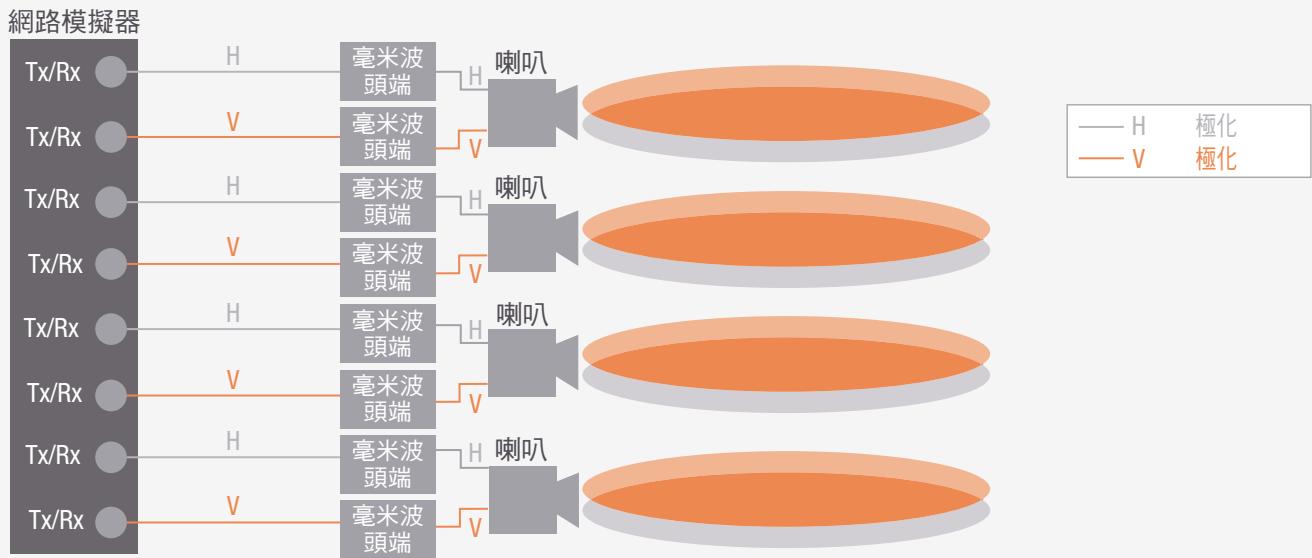
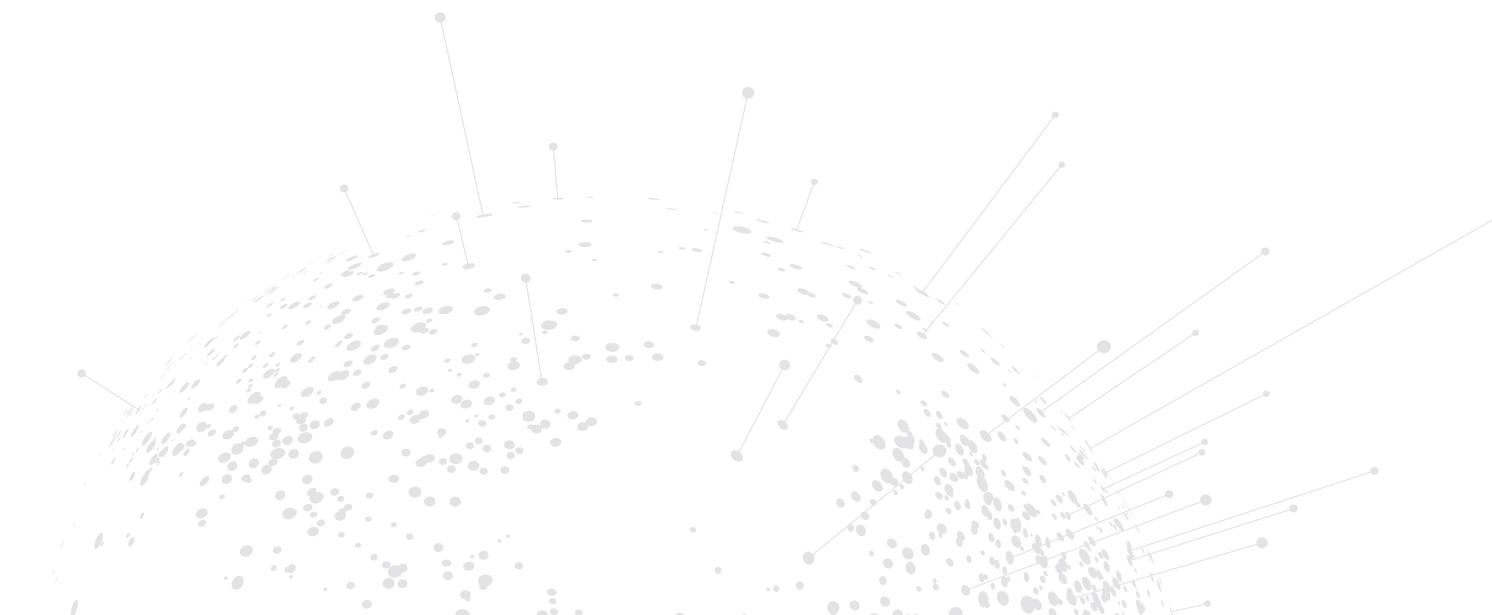


圖 5：模擬具有多個到達角（AoA）的下行鏈路

是德科技 5G 協定研發工具套件，提供 5G NR 協定配置參數和程序的腳本控制，因此該 OTA 測試設定可用於測試 UE 波束功率量測、波束擷取和追蹤、波束切換，以及其他行動性和協定測試情境。

更多詳細資訊請參閱應用說明：[適用於 5G TF 波束成形功能測試的 OTA 配置](#)



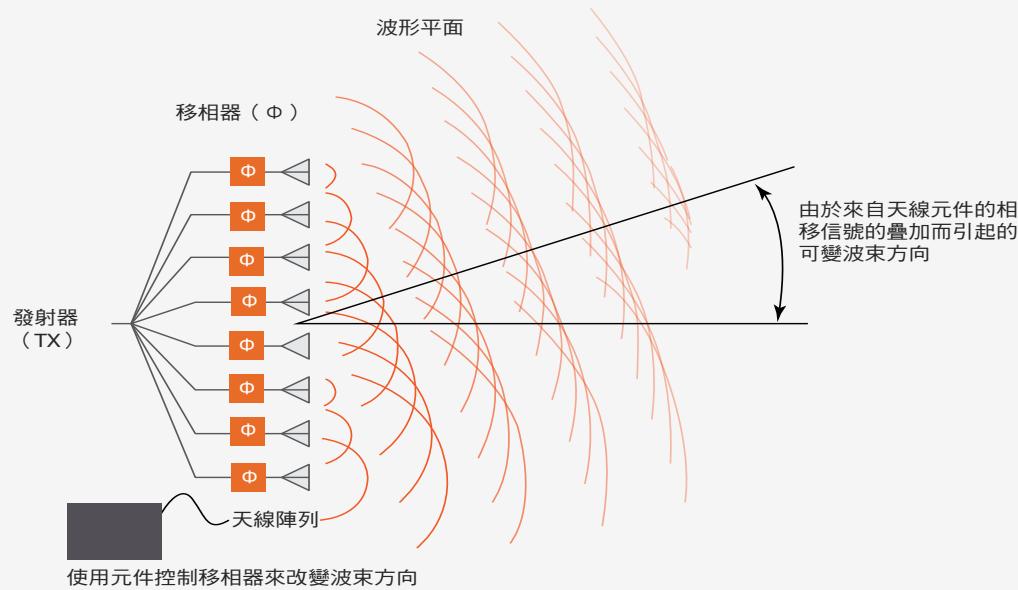


對毫米波 5G NR 裝置和系統進行 OTA 測試

毫米波頻率可提供更為連續的頻譜和頻寬更寬的無線通道，是非常重要的 5G 技術。然而，毫米波信號也會受到信號傳播問題的影響，例如路徑損失增加、延遲傳播，甚至是因機箱或人為干擾所導致的阻塞。這些因素使得建立和維護行動裝置到基地台的無線通訊鏈路變得更加困難。您需透過 OTA 測試來測試具有整合天線的調變解調器。OTA 測試可在各種真實情境下，顯示、分析並驗證 5G 裝置的波束碼型和效能。空中傳輸或空口（OTA）測試是開發 5G 裝置時，最具挑戰性的任務之一。

測試毫米波波束成形的主要挑戰包括：

- 在遠場測試毫米波裝置的問題
- OTA 測試方法仍在定義中



相位陣列天線能夠產生具有較高天線增益的窄波束，以克服毫米波頻率下的更高路徑損失，其正在整合到 5G 裝置中，但沒有連接器或探測點以進行傳導測試。因此，需要 OTA 測試來驗證和最佳化 5G 裝置的效能。

圖 6：具備移相器的多元件天線陣列，用來控制波束

測試遠場中的毫米波裝置。直接遠場中的量測在概念上是最簡單和最全面的 OTA 量測系統類型。該裝置安裝在以方位角和仰角旋轉的定位器上。隨著頻率的增加和裝置輻射天線尺寸的增加，遠場距離也會變長。例如，輻射直徑為 15 公分並於 28 GHz 下運行的裝置，會產生 4.2 公尺遠場距離和 73 dB 路徑損耗。在此情況下，傳統遠場測試方式會造成遠場測試區域與路徑損耗過大，因而無法進行準確且可重複的 OTA 量測。

OTA 測試方法。在開發週期的不同階段，從研發到相符合性測試，再到製造、安裝和維護，都必須進行 OTA 測試。OTA 測試解決方案必須具備靈活性，以處理各種需求。相符合性測試是所有基地台和 UE 在進入市場之前必須通過的關鍵里程碑。3GPP 相符合性測試可分為射頻、無線資源管理（RRM）解調變，和信令測試。到目前為止，這些測試僅不到 50% 已定義，使得 OTA 測試方法仍有很大的缺口。

由於整個設計和驗證生命週期中的測試要求範圍廣泛，所以沒有任何一種測試方法可以完全涵蓋所有可能的測試。想要在 5G NR 裝置開發領域搶先成功，瞭解根本的挑戰和 OTA 測試方法將不可或缺。

OTA 測試解決方案

典型的 OTA 測試解決方案，將包含電磁波吸收室、不同的探量技術和測試設備，以產生並分析在空間中傳播的輻射信號。電磁波吸收室提供的非反射環境，可以屏蔽外部干擾，以便在受控環境中產生並量測已知功率和方向的輻射信號。

OTA 測試方法可以大致由運作頻率、裝置輻射天線陣列尺寸，以及需要執行的測試來決定。到目前為止，3GPP 已經核准了針對基地台和 UE 的三種射頻效能 OTA 測試方法，如表 1 所示。

| 直接遠場 (DFF) | 間接遠場 (IFF) | 近場到遠場轉換 (NFTF) |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 一種簡單、全面的方法 | 在緊密的天線測試範圍 (CATR) 中提供近場到遠場轉換 | 一種能夠降低成本的緊密方法 |
| 對毫米波裝置，可能會有很大的較大路徑損失 | 適用毫米波裝置的測試，但並不適用空間 RRM 測試 | 且僅限於收發器應用，更別說沒有接收器或射頻參數測試 |

表 1：3GPP 核准的 OTA 測試方法比較

DFF 測試方法功能最強大，涵蓋了廣泛領域的測試需求。但是，由於較大的輻射天線陣列會造成過度的路徑損失，DFF 方法只能用於輻射天線陣列 $\leq 5\text{ cm}$ 的裝置。IFF 測試方法是一種新的替代方案，它提供了比 DFF 方法距離要短得多的遠場測試環境。

如果您自己調查和部署 OTA 測試解決方案，可能需要花費相當長的時間和重工。選擇是德科技成為 OTA 合作夥伴，體驗部署 OTA 不同的方法，可在裝置生命週期的不同階段使用。是德科技空中介面（OTA）測試解決方案包括測試區域、探測與測試設備，可處理射頻到毫米波之各種射頻、解調變及功能性效能測試需求。

更多詳細資訊，請參閱白皮書：**適用於毫米波 5G NR 裝置和系統的 OTA 測試**

結語

新的 5G 技術和效能改善，推動了對新測試方法的需求。隨著靈活的參數集、更複雜的波形和通道編碼技術、擴展到毫米波的頻率、更寬的通道頻寬，以及先進的多天線存取機制在 5G 裝置中實現，設計人員必須存取協定堆疊的多個層級，以充分測試傳輸速率和波束成形效能。此外，對 OTA 測試解決方案的需求使情況更加複雜化。

是德科技在早期階段與產業領導者合作，以釐清 5G 的複雜性，進而開發了涵蓋整個工作流程的測試解決方案，從模擬、開發和設計驗證，到相符性和驗收測試，一直到製造和部署等所有階段。

我們的解決方案利用整個工作流程中相同的量測技術來確保結果一致，引導您找到晶片組廠商和通訊業者指定的合適測試解決方案，讓您能夠善用量測結果並更快地進入市場。

詳細資訊，請上網查詢：www.keysight.com

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢
是德科技聯絡窗口：www.keysight.com/find/contactus

