

讓 5G 順利運作

在工作流程中加速測試，迅速將 5G
裝置交付客戶



簡介

5G 裝置接力賽

5G 正迅速發展。全球加速部署 5G 的潮流，對整個行動通訊生態系統造成連鎖反應。

5G 技術複雜度也開始呈現指數級成長，主要挑戰來自 5G New Radio (NR)、大規模多輸入多輸出 (MIMO)、毫米波 (mmWave) 頻率和空中傳輸 (OTA) 等技術所需的測試方法。

裝置製造商必須有效克服這些挑戰，才能比競爭對手更快實現 5G 商業化。

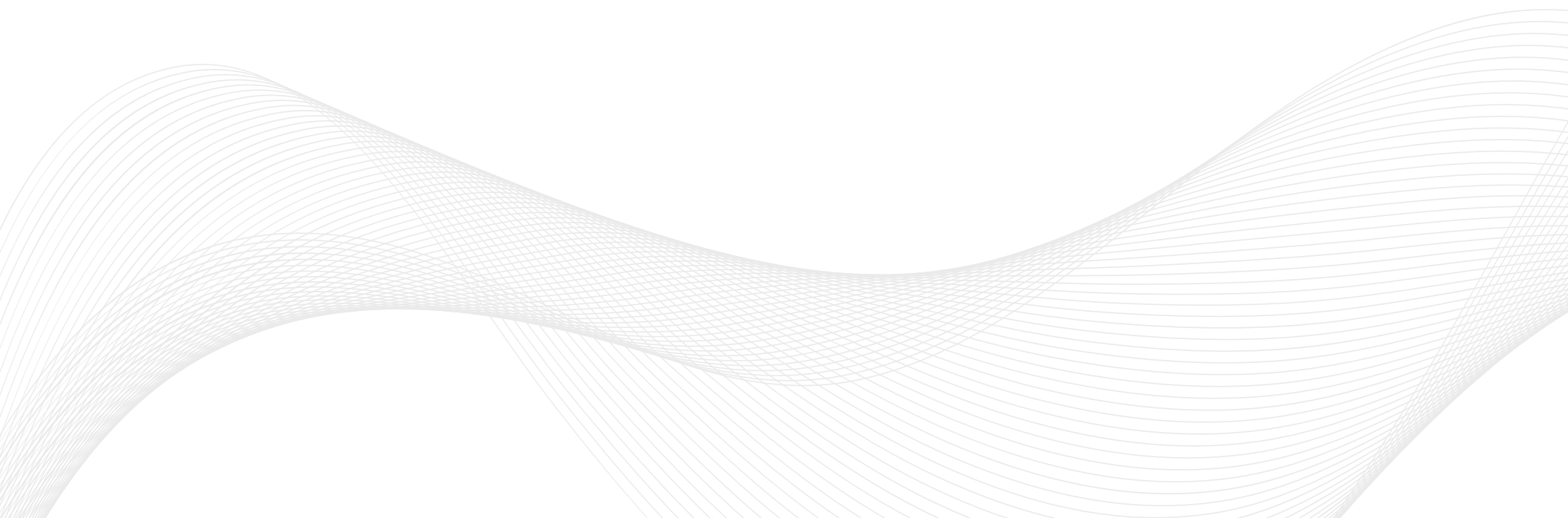
就像接力賽一樣，5G 工作流程分成四個階段，包括裝置設計、相符性測試、電信業者驗收測試 (CAT) 和生產製造。本應用說明提供許多實用秘訣，可幫助您加快推展整個工作流程並加快產品的上市，讓您在市場上捷足先登。

5G 裝置工作流程的 4 個階段



目錄

實現商業化的 4 階段，在 5G 競賽中大獲全勝





SPRINT 1

加速 5G 設計

實現最佳設計的 5 大策略



設計

SPRINT 1

模擬、設計和驗證：實現 高效能，降低複雜度

相較於 4G，5G 的功能大幅改進，其規格目標在於將資料傳輸速率提高 100 倍，並提供低於 1 毫秒（ms）的延遲。

裝置工程師必須：

- 依據最新標準進行設計
- 驗證各種不同使用案例的通訊協定
- 驗證射頻效能，確保裝置提供預期的服務品質（QoS）

運用以下五大策略，加速開發可穩定運作的裝置：

1. 透過模擬來降低原型建構和重新設計的成本

建構毫米波原型的成本極為高昂。在模擬系統中，使用通道模型和基地台鏈路建立天線模型，有助於在設計週期的早期便深入了解您的設計。

資料模擬成為設計過程中的重要環節，讓您在整個開發工作流程中進行故障排除。

利用這個方法，您可以在模擬中添加不同的缺損，以便在開發硬體原型之前，將設計最佳化。



2. 採用多功能工具支援眾多使用案例

掌握 5G NR 波形的頻率、時間和調變，至關重要。NR 規格中的新功能包括具有不同子載波間距的靈活參數集、動態分時多工（TDD）和頻寬成分，這些新技術皆增加了波形建立和分析的複雜度。

關鍵點是，軟硬體必須能夠產生並分析 5G 波形，支援 sub-6 GHz，以及在頻寬更大的新毫米波頻率中，許多不同的使用案例。

3. 利用 IQ 星座圖和數值誤差向量振幅（EVM）量測來分析信號品質

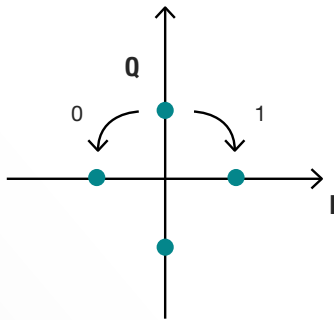
影響信號品質的因素包括基頻信號處理、調變、濾波和升頻轉換。IQ 缺損、相位雜訊、線性和非線性壓縮，以及頻率誤差，會導致調變信號失真。

裝置設計必須克服寬頻毫米波信號實體上的挑戰。評估信號的調變屬性，提供了信號品質最有用的指標之一。

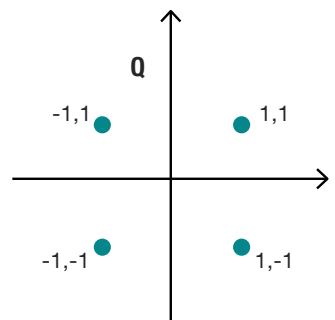
查看 IQ 星座圖有助於確定和排除失真誤差。數值誤差向量幅幅（EVM）量測，提供了波形失真的整體建議。

5G 調變機制的密度增加

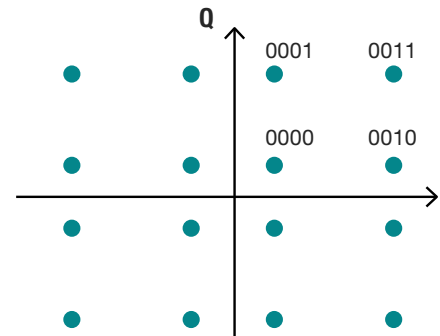
$\pi/2$ -BPSK - 每個符號 1 位元



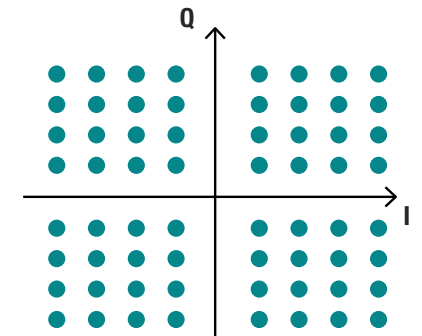
QPSK - 每個符號 2 位元



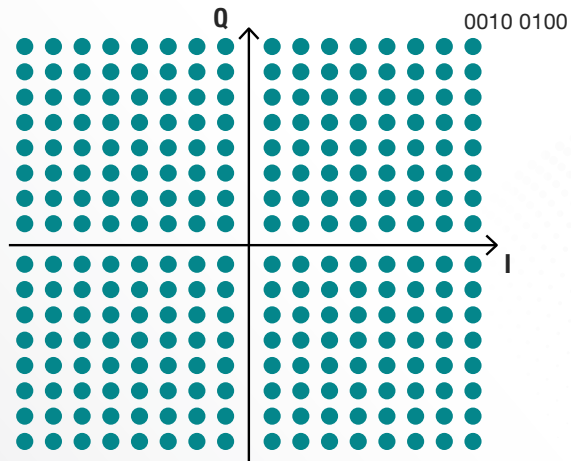
16-QAM - 每個符號 4 位元



64-QAM - 每個符號 6 位元



256-QAM - 每個符號 8 位元



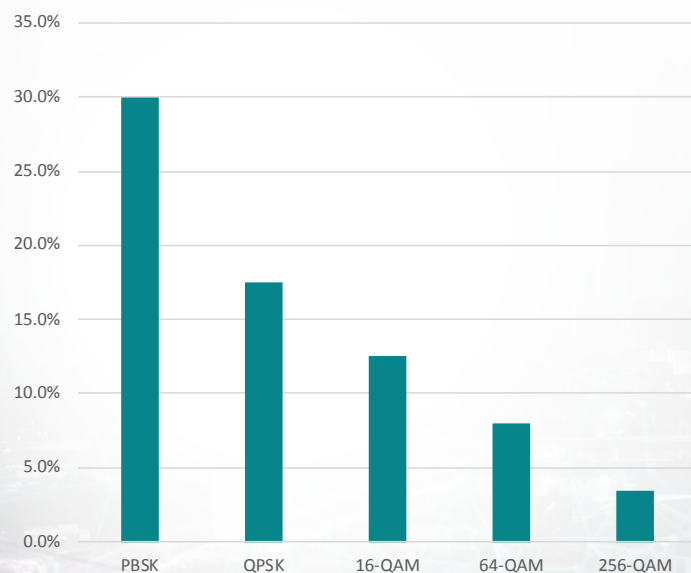
提高準確度有助產出更出色的設計

測試解決方案的效能要求，比待測產品或系統來得更高。

您必須在不導入新問題的情況下，正確地量測並分析信號品質：

- 對於元件測試：整體上比系統好 10 dB
- 對於系統測試：比射頻標準的信號源好 3 dB

不同的 5G 調變機制所需之誤差向量振幅 (EVM)



4. 評估真實缺損對裝置效能的影響

大部分的裝置測試都是在受控制的環境中完成的。然而，這些裝置實際上需在有信號傳播問題的環境中運作，包括過多的路徑損耗、多路徑衰減和延遲擴展。

實務上有效的方法，是借助網路模擬器來測試波束端對端傳輸速率。在測試配置中加入通道模擬器，有助於了解端對端的全堆疊資料傳輸速率特性，並模擬各種真實的射頻條件。

5. 利用間接遠場（IFF）減少 OTA 測試配置的距離和路徑損耗

5G 蜂巢式通訊鏈路需採用遠場假設來進行評估。根據輻射波的特性，遠場距離和相關的路徑損耗會隨頻率增大。

第三代合作夥伴計劃（3GPP）已經核可了基於縮距量測系統（CATR）的間接遠場（IFF）測試方法。雖然這種方法只能量測單一信號，相較於 DFF 方法，它能有效減少量測毫米波裝置時的距離和路徑損耗。

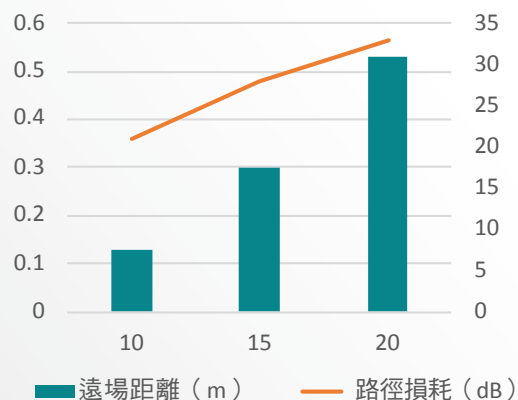
OTA 技術可為您節省寶貴時間

典型的 OTA 測試解決方案，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。僅憑一己之力，您可能得花上大量時間才能部署 OTA 測試解決方案。

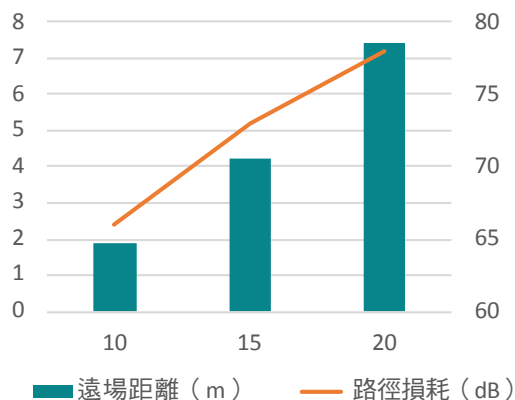
由於 3GPP 尚未完全定義特定的要求和測試方法，您應確保您的測試合作夥伴具備 3GPP 規格的技术專長，及早期部署所需的專業知識。

針對 5G New Radio 設計，您必須具備 5G OTA 測試方法的專業知識，了解適用於毫米波或是 sub-6 GHz 的各種射頻、解調和功能測試所要求的電波暗室、探量和測試設備，以避免不必要的重新設計。

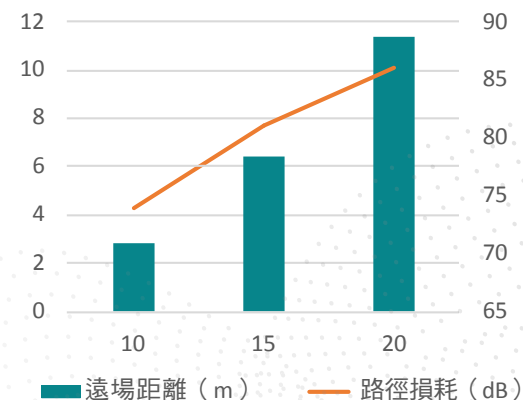
視裝置數量而定，2GHz 下之遠場距離與路徑損耗



視裝置數量而定，28GHz 下之遠場距離與路徑損耗



視裝置數量而定，43GHz 下之遠場距離與路徑損耗





SPRINT 2

達成 5G 相符性

加速相符性測試的 4 大見解



相符性測試

SPRINT 2

相符性測試：跟上不斷演進的規格

相符性測試可確保裝置和基地台符合 3GPP 射頻存取網路（RAN）工作委員會所定義的最低效能水準。

通過相符性測試是製造商將 5G 產品推出問市的最大障礙之一。

5G NR 能夠在 FR1（410 MHz 至 7.125 GHz）和 FR2（24.25 至 52.6 GHz）運作。FR2 的測試複雜度明顯提高許多。不僅測試案例遽增，而且標準還在持續演進。其相符性測試要求和測試方法的完成度還不到 50%。

利用以下四個技巧，您可加速 5G 相符性測試：

1. 您需依據 3GPP RAN2 和 RAN4 文件中指定的最低要求進行相符性測試。

您可上網至 [3GPP 網站](#)，找到 38.xxx 系列文件，以獲得 5G NR 文件。

相符性測試規格源自於 3GPP RAN2 和 RAN4 文件中指定的最低要求。

設計人員可以採用最低要求作為指南以測試其 5G NR 產品，因為此要求比正式規格更為嚴格。

技術規格	說明
TS 38.101-1	無線電發射和接收；第一部分：範圍 1 獨立模式（FR1 傳導測試）
TS 38.101-2	無線電發射和接收；第二部分：範圍 2 獨立模式（FR2 輻射測試）
TS 38.101-3	無線電發射和接收；第三部分：範圍 1 範圍 2 與其他無線電交互操作（FR1 傳導測試與 FR2 輻射測試）
TS 38.101-4	無線電發射和接收；第四部分：效能要求

最低要求（RAN4）

測試要求

測試容差度

量測
不確定性

2. 採用靈活的測試解決方案簡化測試配置

測試設備需具備足夠的頻寬，以滿足從 sub-6 GHz 到不同毫米波運作頻段的要求。

用於 FR2 的測試設備，需符合更寬的頻率和頻寬要求。

在許多測試中，您需使用多個接收器測試源和多個用於發射器測試的分析儀。

模組化平台可減少工作台佔用空間，並簡化測試配置。

3. 藉由部署標準平台來滿足各種需求

5G NR 以支援在 FR1 和 FR2 頻段運作的不同使用案例及部署情境為目標。這些測試組合形成了龐大的測試案例矩陣。

5G NR 可以在獨立模式（SA）或非獨立模式（NSA）下運作。有各種不同部署選項可供選擇。裝置需要透過單一或多個部署選項進行驗證。另外還需針對演進統一陸地無線存取（E-UTRA）和 5G NR 雙連結（EN-DC）進行測試。

隨著橫跨各種運作頻段的不同 MIMO 和載波聚合（CA）組合陸續加入，目前總共有超過 1,000 個 UE 測試案例。

使用常見硬體平台涵蓋不同頻率範圍和 UE 相符性測試應用，包括 RF、RMM 和協定，以便提供更大的擴充性。

1

將 5G 測試案例的
覆蓋範圍最大化

2

擴充至更寬頻寬
和更高頻率

3

及早解決並
驗證問題

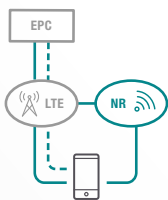
4

加速完成測試

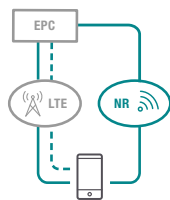
5G NR 部署的可用選項

非獨立模式 (NSA)

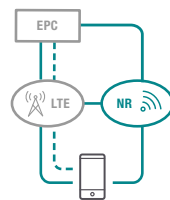
選項 3：非獨立 NR，LTE 輔助，EPC 連接



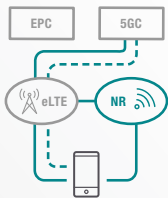
選項 3A：非獨立 NR，LTE 輔助，EPC 連接



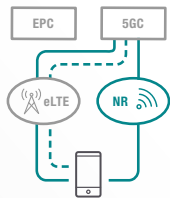
選項 3X：非獨立 NR，LTE 輔助，EPC 連接



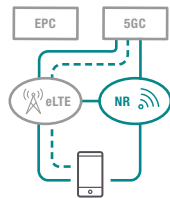
選項 7：非獨立 NR，LTE 輔助，5GC 連接



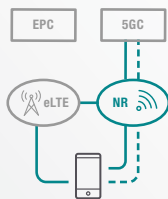
選項 7A：非獨立 NR，LTE 輔助，5GC 連接



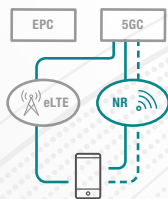
選項 7X：非獨立 NR，LTE 輔助，5GC 連接



選項 4：非獨立 eLTE，NR 輔助，5GC 連接



選項 4A：非獨立 eLTE，NR 輔助，5GC 連接



獨立模式 (SA)

選項 2：獨立 NR



選項 5：獨立 LTE Rel-15，連接



4. 借助可擴充的測試解決方案讓您隨時跟上不斷演進的 5G NR 標準

第 15 版相符性測試規格定義工作仍持續進行中，以因應各種使用案例和網路部署選項。載波聚合、FR2 和 RRM 測試案例的完備性仍不到 10%。

預計將於 2020 年初發布的第 16 版標準，正如火如荼地進行 5G NR 最佳化、發展新使用案例，並確認新的服務、裝置、部署模型和頻譜頻段類型。

為使測試解決方案能因應未來需求，您需確保測試設備會隨標準改變而跟著演進。想像一下測試供應商能夠以多快的速度提供新版軟體，來因應最新的測試案例應用。

隨著標準進化到更高的頻率及更寬的頻寬，擴充測試硬體成了一项巨大的限制。建議採購或租用一開始就具有較寬涵蓋範圍的測試設備，或採用可輕鬆擴充的測試設備。



SPRINT 3

成功通過電信業者驗收測試

加速電信業者對裝置驗收測試的 3 種策略



驗收測試

SPRINT 3

電信業者驗收測試：滿足行動網路業者的要求

在相符性和生產製造之間，電信業者驗收是裝置工作流程中的一個重要階段。電信業者驗收的目的是確保裝置的功能和效能均能滿足使用者期待。5G 裝置需充分展現其具備一定的效能和安全性，讓業者可接受它們連線上網。

領先的電信業者會發展出一套全面的驗收程序，包括互操作性測試、現場試驗、協定和射頻相符性和網路模擬方法等。多數電信業者皆會執行相符性測試。且所有業者都進行網路設備商的互操作性測試和現場試驗。電信業者本身還會針對其網路特有的特性和功能的進行測試，例如網路可靠性或覆蓋範圍等。

採取以下三種策略以加速電信業者對您的裝置的接受度：



驗收測試

1. 利用相符性工具套件率先進行測試

裝置工程師可以使用相符性和 CAT 工具套件提前進行測試。

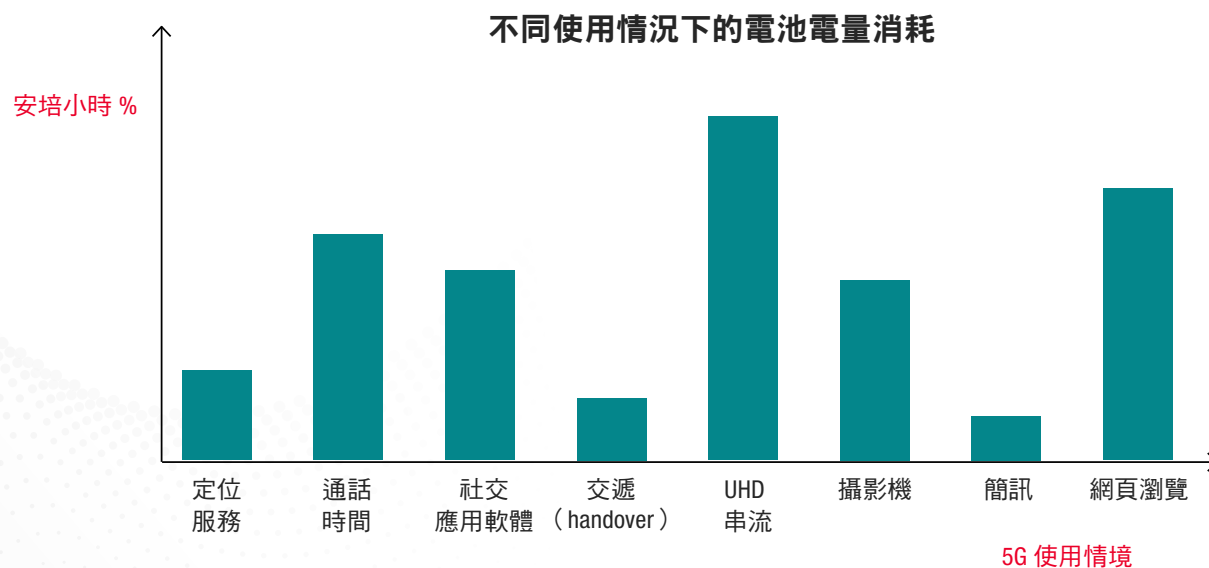
通用測試套件包含射頻特性分析、無線電資源管理（RRM）和協定。它們代表最可能的網路配置，並足可應用於某些使用案例。

靈活的相符性測試解決方案可讓您客製超出認證要求的測試案例，使裝置工程師能夠測試某特定網路的配置和使用案例。

2. 進行裝置壓力測試將電量消耗最佳化

在裝置上不斷增加更多的特點和功能。毫米波操作頻段和 5G NR 的雙連線為裝置是否與基地台保持高品質通訊的關鍵。耗電量是行動裝置的一項重大競爭因素。

5G 使用案例有各式各樣的電池要求和效能。裝置工程師應主動選擇具有代表性的使用案例和應力裝置，以確保電池壽命，並使用網路模擬器和電源分析儀進行多種不同排列和活動組合。

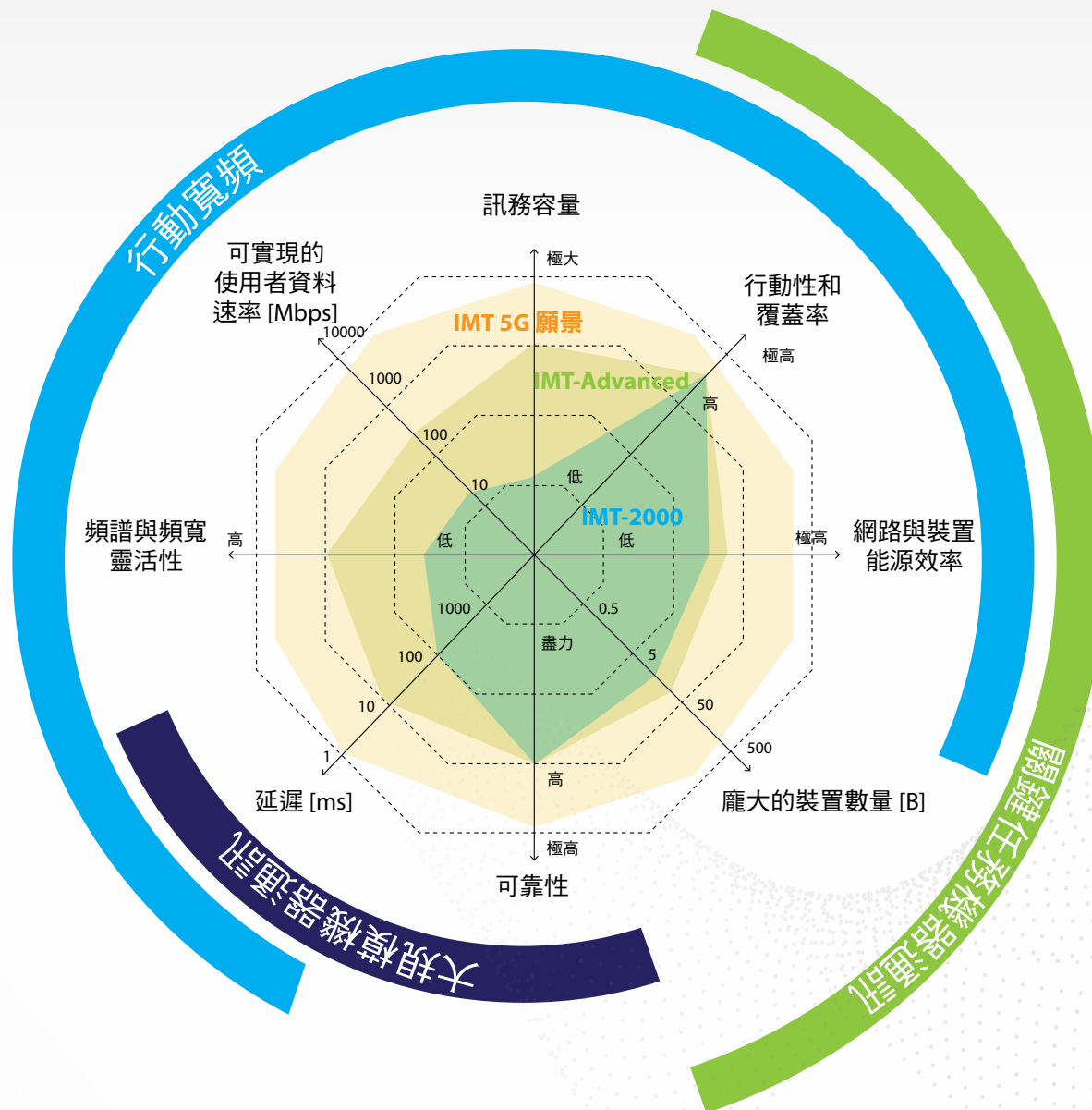


驗收測試

5G 的使用案例範圍

5G 需要測試大量且不同的使用案例矩陣：

- 增強型行動寬頻（EMBB）專注於高資料量測速率，旨在提供高速下載、擴增實境（AR）和高畫質影片。
- 大規模機器類型通訊（MMTC）專注於連接數十億個「事物」。使用案例包括智慧農業和最佳交通服務。
- 超可靠的低延遲通訊（URLLC）將實現自動駕駛汽車、遠端手術和虛擬醫療訪問。



來源：ITU: 5D/TEMP/390-E



驗收測試

3. 執行虛擬路測以測試真實裝置效能

與 4G 相比，5G NR 中新初始存取程序提升了交遞測試的重要性。相符性測試不足以確定不同場合條件下的使用者體驗，也不足以涵蓋所有營運商特定的交遞場景。傳統的路測很昂貴。

虛擬路測（VDT）可讓設備製造商在部署到真實網路之前，測試裝置實際的交遞（handover）效能。VDT 使用現場取得的資料建構測試，通過在受控制的實驗室環境中模擬真實的射頻網路條件來重新播放路駕或室內測試路徑。這有助於減少現場測試所需的時間，進而加速驗收測試。



驗收測試



SPRINT 4

輕鬆駕馭 5G 製造

節省測試時間和成本的 4 大技巧



SPRINT 4

製造測試： 贏得 5G 規模競賽

裝置製造商正全速走向商業化。通過相符性和驗收後，測試和測試時間的成本決定了獲利能力與產品上市時間。

在 5G 時代，裝置製造商需克服 4G 所沒有的全新製造測試挑戰：更多頻段、毫米波頻率和更寬頻寬。

要讓 5G 裝置進入製造工作流程並不容易。裝置製造商必須掌握 5G 的複雜度，以能快速創新，轉型並在 5G 競賽中取勝。

部署下列四種技術可減少測試時間和測試成本：

1. 加速量測

加速量測有助於測試工程師朝終點線衝刺。

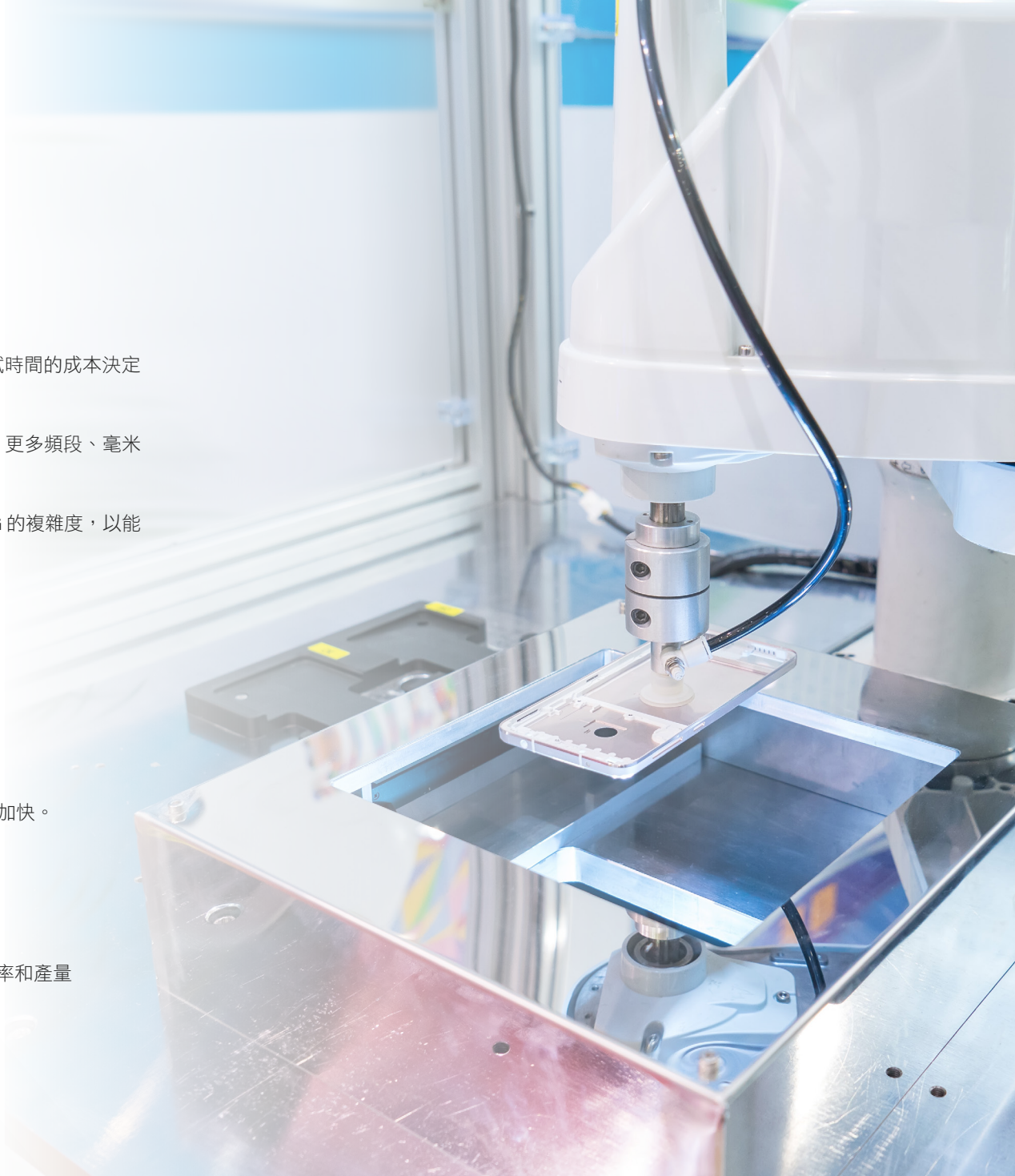
基於硬體的現場可程式閘陣列（FPGA）量測可顯著縮短測試時間。

針對多種通道和無線電格式在不同功率和頻率範圍下的測試速度會加快。

2. 多裝置測試

同時測試多台裝置可縮短裝置製造商的測試時間。

進階測試排序和單次擷取多次量測功能（SAMB）有助於讓量測速率和產量達最大化。





3. 雲端資料處理

雲端資料處理可助您極致提升量測速率。

將關鍵的運算放在基於高速雲端伺服器上平行執行。借助其高效率的測試架構，大幅提高量測速率。

製造商可重複利用測試站，提高了測試資產的使用率與靈活性。

4. 量測一致性

在整個裝置工作流程中使用相同的量測演算法對於縮短開發時間很有幫助，

且讓工程師對量測結果更有自信。

可追溯至設計源頭，加速解決問題。



結論

5G 裝置接力賽

接力賽是一項田徑比賽，通常由四個短跑（sprints）組成。在 5G 裝置的世界中，這四場短跑階段分別對應到設計、相符性、電信業者驗收測試和生產製造。

5G 承諾的極高資料速率和低延遲是相當有挑戰性的。裝置製造商需採用高效靈活且可擴充的測試解決方案來克服 5G NR、mMIMO 和毫米波頻率帶來的技術挑戰。他們還必須重新考慮整個工作流程中的整體測試策略，以充分利用協同效應並獲得先發優勢。

更多資訊

關於在整個裝置工作流程中加速 5G 創新的深入見解，請至以下連結查看：

要加快 5G 裝置的開發時間，請參閱《邁向 5G 的第一步》白皮書系列專文（共四部）：[5G New Radio 標準](#)、[毫米波頻譜](#)、[MIMO 和波束成形](#)，和 [OTA 測試](#)

欲加快相符性測試，請下載 [《正面迎擊 5G New Radio 相符性測試挑戰》](#)。最新的 [《5G New Radio 標準與相符性測試》海報](#) 也能讓您一手掌握關鍵資訊

欲縮短測試時間和成本，請參閱 [《掌控 5G 裝置製造要點》](#)

