

摘錄本

# 5G Advanced 驅動的 優質體驗

2025 年固定無線接入手冊

洞察



[ericsson.com/  
fwa-insights](https://ericsson.com/fwa-insights)

# 典型的網路演進步驟

## 早期 5G 部署

5G NSA

## 卓越的網路效能

5G SA

## 差異化連接

網路切片

## 擴展 FWA 應用

增加新頻譜

早期的商用 5G 網路在無線接取與核心網路方面依賴 LTE 基礎設施。此架構稱為 5G 非獨立組網 (5G NSA)，旨在加速佈建。5G NSA 允許服務供應商透過 4G-5G 雙連接整合 4G 與 5G 載波，以此增加提供給終端用戶的可用頻寬。

為釋放 5G 的全部潛能、效能與效率，服務供應商引入了 5G 獨立組網 (5G SA)，其具備專用的 5G 核心網路與高效的 5G 空中介面，無需依賴現有的 LTE 網路。此卓越的效能網路也為更好的體驗與下一階段的獲利做好了準備。

現在，領先的服務供應商正在引入網路與 RAN 切片功能，以透過為新興的體驗導向型服務提供差異化連線，來實現 5G 獲利機會，這些服務對持續吞吐量、可靠性與延遲有高度要求。進階 FWA 即為一例。

隨著 5G FWA 的成功，電信業者正計畫超越現狀，以推動 FWA 連接數的持續成長，並滿足對更高速度等級的需求。透過增加新頻譜 (例如毫米波) 來擴展 FWA，以增強網路效能與用戶體驗。

5G Advanced 是 5G 技術的最新進展，是實現高效能可程式化網路的關鍵推手。第一波 5G 建設為覆蓋擴展和進軍新市場的探索性步驟奠定了基礎。另一方面，5G Advanced 釋放了強大的新網路功能與能力，使電信商得以透過 5G，以全新方式和更大規模實現自動化、創新與獲利。有關愛立信 5G Advanced 的更多資訊，請造訪：

→ <https://www.ericsson.com/en/5g/5g-for-service-providers/5g-advanced>

# 5G FWA 的 RAN 工具集

5G 卓越的網路性能是 FWA 成功的基礎，也是大規模提供類光纖服務的機會。

5G 獨立組網 (SA) 釋放了 5G 的全部潛力。5G NR 獨立組網軟體升級提供增強的用戶體驗、擴大覆蓋範圍、提升網路效率並降低複雜度，從而開啟新的商機。

載波聚合 (CA) 對於部署更優質的 5G 至關重要。它能最大化零散頻譜的使用並增強用戶體驗，同時也是擴展覆蓋範圍的強大工具。

Massive MIMO (M-MIMO) 是加速 5G 的關鍵組件。其波束成形、單用戶與多用戶 MIMO 解決方案增強了無線接入網路的用戶體驗、容量與覆蓋範圍。

更多中頻段 TDD 與毫米波的新頻譜正逐漸可用，其頻寬能夠承載大量的數據流量。

如前所述，切片與差異化連接能夠透過如高階 FWA 等體驗導向型服務，以及對持續吞吐量、可靠性和延遲有高要求的服務，來創造更多收益。

RAN 差異化連接是實現 5G 獲利機會的關鍵推手。此軟體解決方案在共同 5G RAN 的整體高效利用率下，為許多新服務提供服務差異化與效能保證。它支援無線資源分配的動態最佳化，以及橫跨不同切片的優先排序，以實現保證的服務等級協議。

許多 RAN 功能具備服務感知能力，可在配置與可觀測性 (Observability) 方面區分服務、功能與特性行為，並調整 RAN 行為以滿足多元的服務與需求。例如，它可用於最佳化參數設定以實現最佳 FWA 效能、將 FWA 用戶導向特定頻段，並為不同 FWA 用戶設備群體提供可觀測性。

即時 AI 驅動的自動化對於滿足業務需求與降低營運成本至關重要。分散式自動化允許在複雜的網路與服務情境中進行大規模的即時最佳化，並增加 AI 的使用，這是手動工作方式無法實現的。



FWA 的一個特徵是在固定位置使用高性能設備，通常具有優良的無線電條件與高數據消耗量。可應用特定的增強功能來優化這些 FWA 獨有的場景。FWA 增強的範例領域包括覆蓋、速度和容量。

例如，當結合上行鏈路單用戶 MIMO 與上行鏈路載波聚合時，FWA 用戶可以受益於更高的上傳速度與容量。這需要具備三

發射天線 (3Tx) 的設備。考慮到設備輸出功率限制，以及射頻元件的附加佈局在尺寸較大的 FWA 設備上比在智慧型手機上更為簡化，此點對 FWA 電信業者尤其具有吸引力。

另一個範例是部署於高塔無線車站點與屋頂室外型 CPE 之間、具備良好視線傳播條件的 FWA 系統。相較於智慧型手機，此

類部署能實現更長的毫米波蜂窩網路覆蓋範圍——可超越 10 公里。這需要使用高功率無線電設備、高功率 CPE 以及能夠適應更長距離所增加之傳播時間的毫米波擴展範圍軟體。

# 5G SA 實現的 多重 FWA 效益

在固定無線接入的背景下，5G 獨立組網 (SA) 的引入標誌著一個重要事件，它提升了 FWA 的效率、效能與差異化。

擺脫 4G 基礎設施的束縛，使服務供應商能夠塑造 5G 網路，釋放頻譜資源的全部潛力。這種策略自主性、即時的 NR 接入與降低的延遲帶來了一個精簡的 FWA 生態系。它象徵著朝向效率的根本性轉變，使得 5G FWA 每 GB 成本降低成為現實，顯示了 5G SA 的財務健全性。

5G SA 藉由最大化 NR 頻譜利用率，成為提升網路效能的關鍵。憑藉即時接入，它大幅簡化了無線接入網路與 CPE 設備。與 5G NSA 不同，SA 無需 LTE 錨點即可運作，從而實現超高速連接並提升終端用戶體

驗。SA 方法避免了與 LTE 共享功率，允許 NR 充分利用功率，從而實現卓越的上行鏈路覆蓋與吞吐量。結合卓越的大規模 MIMO 效能，這些增強功能對吞吐量產生強烈的正面影響，有助於整體提升可供 FWA 使用的網路容量。

5G SA 使服務提供商能夠在競爭格局中脫穎而出，使他們能夠在 FWA 產品中脫穎而出。透過利用 5G SA 的能力，電信業者實施複雜的獲利策略，利用網路切片和速度差異化。這優化了 FWA 收入，並建立了一個提供具有特定承諾之客製化服務的框架。

無論是服務家庭用戶、企業或線上遊戲，服務供應商都可以客製化 FWA 服務以實現最佳效能，從而提升整體客戶體驗。

總而言之，5G SA 改變了 FWA 的格局，強調效率、效能與差異化。透過最大化頻譜使用、優化服務效能及提供獨特服務，5G SA 成為電信業者為高階 FWA 連線開發新收入來源的策略性推手。

## 將 4G 流量分流至 5G FWA



降低 5G FWA 的每 GB 成本  
易於遷移（僅數據、固定式）

效率

## 覆蓋範圍擴展



FDD 與 TDD 載波聚合增加中頻段  
覆蓋範圍和系統容量

性能

## 網路切片



透過 FWA 的 SLA 獲利  
為新業務提供量身打造的方案

差異化

## 頻譜管理



最大限度地利用 NR 頻譜  
即時接入 NR 與更低延遲

## 速度和容量



容量和速度增強  
為服務效能進行優化

## 智慧流量管理



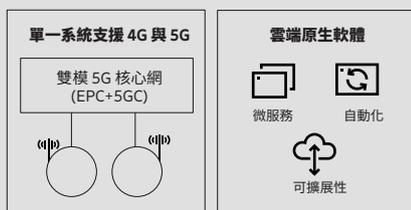
針對不同用戶群體的  
差異化移動性與載波聚合行為

# 支援 FWA 的雲端原生雙模核心網：優化的總體擁有成本與豐富服務工具箱

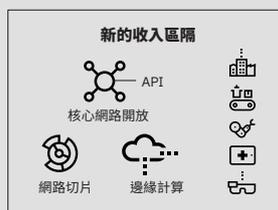
固定無線接取的核心網路建立在兩大關鍵支柱上，共同構成有效部署和管理 FWA 服務的全面基礎，確保成本效益以及提供創新、創造營收的服務。

## 為總體擁有成本 (TCO) 與效能優化的單一網路

- 適用於 eMBB、FWA 和物聯網的核心網路
- 在同樣服務 MBB 的同時，優化 FWA 效能
- 建構靈活，可在集中式、分散式、邊緣和雲端場景中運行
- 能源效率與自動化



- 端到端服務品質、頻寬控制與靈活計費
- 高級連線與網路切片
- 靈活的 IP 分配方案（動態、靜態和半靜態）
- 位置感知與 CPE 移動性限制



## 由多樣化服務工具箱驅動的獲利能力

**優化的總體擁有成本：**此支柱的核心目標，在於透過將 FWA 整合至一個統一的網路基礎架構中，以同時降低資本支出與營運支出；此基礎架構亦能支援其他服務，如增強型行動寬頻 (eMBB)、物聯網 (IoT)、企業解決方案等。透過採用雲端原生組件，可在集中式、分散式、邊緣及雲端環境中實現擴展性與靈活性，並藉由對所有網路功能提供在線軟體升級 (ISSU) 支援，從而大幅降低營運支出。獨特的負載處理設計，使其能在標準硬體上同時維持極高的吞吐量與高效的能源管理，讓業者能有效管理資源，並因應固定無線接取流量的持續成長。

**多樣化服務工具箱：**多樣化服務工具箱為業者提供多種進階功能，用以增強服務內容並開拓新的收入來源。其內含端到端服務品質 (QoS)、頻寬控制與彈性計費模式，能實現量身打造的服務交付。高階連線選項 (如網路切片) 可為不同客戶需求提供客製化解決方案。此外，彈性 IP 分配方案與位置感知功能進一步強化了服務個人化與效率，協助業者提供符合多元消費者和企業需求的高價值差異化服務。

# 下一波高階 FWA – 加入毫米波

## 毫米波頻譜的 獲利應用模式

- 提供無線光纖級服務
- 連接更多家庭用戶
- 支援更高數據用量
- 享受毫米波與中頻段 FWA 的整合效益

## 卓越的峰值速度

- 下行鏈路高達 10 Gbps
- 上行鏈路高達 2 Gbps 以上

## 導入毫米波

- 典型可增加 400-800 MHz 額外頻譜
- 實現近 3 倍容量提升與千兆級速率

## 全球佈局重點



所有擁有毫米波頻譜的電信業者皆積極探索其作為中頻段 FWA 後下一波技術的應用潛力。

建議及早展開測試計劃，以確定最適合部署毫米波 FWA 的應用場景。



都市常規蜂窩網路範圍

← 多元化部署 →



鄉村擴展蜂窩網路範圍

根據 GSA 統計，高頻段毫米波已成 5G 成長最快的頻段之一，截至 2024 年 7 月已有 27 個國家 / 地區完成毫米波頻譜執照分配。GSA 數據顯示，毫米波頻譜定價極具吸引力，其每百萬人口頻寬單位成本較 5G 中頻段頻譜平均價格低十倍。每位業者通常可獲配 400-800MHz 的大量毫米波頻譜，這對需要高速傳輸與大容量的 FWA 等應用極具吸引力。中頻段 TDD 與毫米波結合後，更可實現下行鏈路約 10 Gbps 以上、上行鏈路超過 2.2 Gbps 的峰值速率。

→ <https://www.t-mobile.com/news/network/t-mobile-shatters-for-5g-uplink-speed>

採用毫米波的 5G FWA 技術關注度持續攀升。GSA《4G/5G FWA 論壇調查 2024》預測，2024 年支援毫米波的 5G CPE 出貨量將達 90 萬台，約佔全部 5G CPE 出貨量的 6%。

儘管毫米波 FWA 尚未成為主流，但已實際應用於多樣化商業部署，從蜂窩網路範圍數百米的都市區域，到覆蓋範圍超越 10 公里的鄉村地帶皆可見其蹤跡。

Verizon 率先於 2018 年底推出基於毫米波的 5G FWA 服務。在取得中頻段頻譜後，Verizon 改採毫米波與中頻段混合的 FWA 部署策略。

nbm 於澳洲鄉村地區提供家庭與企業寬頻服務已逾十年，目前透過中頻段 FWA 覆蓋全澳超過 77 萬處場所。2022 年底，該公司宣布部署新一代 5G FWA 計畫，將運用擴展範圍功能導入毫米波技術。升級後的網路將憑藉增強容量與覆蓋能力，首次為 nbm 衛星服務區內 12 萬戶家庭與企業提供固定無線接入服務。

全球更多電信業者正積極評估並測試毫米波 FWA 技術以擴充網路容量與服務範圍。

從商業部署中獲得的重要經驗是：毫米波在適當條件下提供巨量容量與極速的能力無可替代。然而毫米波頻譜的傳播特性獨特，要完全掌握其容量潛力需時累積。早期啟動測試計畫，對確立毫米波 FWA 最佳

部署方案至關重要。儘管如此，毫米波將驅動下一波千兆級 FWA 發展已是不爭事實。

結合毫米波與中頻段的策略已成致勝方程式，其中毫米波服務於傳播條件優良的家庭，中頻段則負責條件較不理想的家庭用戶。透過毫米波實現的容量分流，中頻段能為更偏遠、更具挑戰性的地區服務更多家庭。這創造了在鄉村地區提供高階無線光纖服務、提升單站服務家庭數目、支援更高數據用量的絕佳機會。此模式不僅釋放毫米波 FWA 的完整商業與技術潛力，更開創結合中頻段實現毫米波頻譜獲利應用的誘人前景。愛立信研究顯示，導入毫米波後所有家庭用戶都將體驗速率提升，精選用戶更可享受千兆級速率，同時整體網路容量將增長三倍。

→ <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/closing-the-digital-divide-with-mmwave-extended-range-for-fwa>

# nbn 固定無線效能 藉毫米波顯著提升

## 挑戰性環境

- FWA 覆蓋 79 萬區域與鄉村家庭及企業，活躍服務 40 萬處場所
- 承諾典型批發繁忙時段至少 50Mbps 下行速率，平均用量 > 400 GB/ 月

## 技術進展成果

- 運用中頻段與毫米波實現 LTE 至 5G 的遷移與容量分流
- 毫米波將覆蓋半徑擴展至 11 公里以上
- 透過技術人員安裝的 CPE 實現高效能
- 導入 AI 與自動化進行資格審核與體驗管理

## 效能提升

- 效能提升：平均繁忙時段下行速率從 < 50 Mbps 增至超過 100 Mbps  
(依據 2024 年 12 月對 nbn 固定無線增強方案服務抽樣實施之速度測試結果。)
- 將覆蓋範圍擴大到 79 萬個場所，包括之前由地球同步衛星服務的 12 萬個場所
- 新的超高速 FWA 服務於 2024 年推出，峰值下行速度為 400 Mbps



NBN Co 擁有並營運澳洲國家寬頻網路，負責提供固定寬頻批發服務。其宗旨為提升澳洲數位能力，並透過最適化技術組合實現此目標。作為批發商，nbn 依賴零售服務供應商 (RSP) 透過第二層乙太網路產品，運用 nbn 固定線路、固定無線與衛星技術為終端客戶提供服務。所有服務均附帶嚴格的服務等級協議 (SLA)，住宅用戶平均月用量約為 450 GB。澳洲作為全球最大大陸之一，人口密度分布差異懸殊。nbn 透過固定無線接入服務，為澳洲部分區域、鄉村與偏遠地區客戶提供高速寬頻，主要基於 4G FWA 技術覆蓋約 79 萬處場所，其中活躍用戶約 40 萬。nbn 於 2024 年完成其固定無線接入網路升級計畫，透過大幅提升 LTE 容量，並新增中

頻段 (2.3 GHz 與 3.4 GHz) 及高頻段毫米波 (28 GHz) 的 5G 技術，成功擴充網路容量 (增加 80,000 個蜂窩網路覆蓋)、延伸覆蓋範圍 (涵蓋場所從 670,000 處增至 790,000 處)，並提升傳輸速度 (最高達 400 Mbps)。在此現代化計畫中，nbn 更引進了多項技術革新，包括傳輸距離最遠可達 6.9 公里的毫米波擴展範圍技術 (預計於 2025 年進一步提升至 11 公里)，以及新一代室外型用戶端設備。此外，nbn 更導入多項自動化與 AI 驅動功能，不僅強化了服務資格審核流程，亦同步優化客戶體驗管理機制。透過此次升級，nbn 已能全面更新其固定無線接入服務產品陣容：不僅將其最高階方案「Fixed Wireless Plus」的潛在最高速率，從

75/10 Mbps 提升至 100/20 Mbps，更同步推出兩個全新速率級距，其峰值速度如下：Fixed Wireless Home Fast (200–250/8–20 Mbps) 和 Fixed Wireless Superfast (400/10–40 Mbps)。初步成果顯示，在繁忙時段的平均下行速度已有顯著提升：「Fixed Wireless Plus」方案用戶從 50 Mbps (2023 年 12 月) 提升至 80 Mbps (2024 年 5 月)。「Fixed Wireless Home Fast」方案用戶達到 168 Mbps (2024 年 12 月) 以及「Fixed Wireless Home Superfast」方案用戶達到 312 Mbps (2024 年 12 月)。FWA 的覆蓋範圍已從 67 萬個服務場所擴展至 79 萬個，此舉讓 nbn 能夠將服務涵蓋範圍延伸至約 12 萬個目前仍依賴衛星技術的場所。

# 龐大開放的 3GPP 生態系， 以最低總持有成本與前瞻性 演進能力實現 FWA 部署

要在市場中保持競爭力，FWA 業者必須能夠以最低的總持有成本 (TCO) 提供數據服務，並實現網路與整個生態系具備前瞻性的持續演進。3GPP 透過以下三大核心優勢實現此目標：

## 網路平台

- 以 MBB 為基礎應用，作為主要資金來源，支撐頻譜與站點 / 覆蓋成本
- 多服務整合：MBB、FWA 及物聯網服務
- 與切片共享頻譜

3GPP 提供的網路平台以行動寬頻 (MBB) 作為基礎應用場景，其營收承擔了大部分站點基礎設施與頻譜成本。大多數現有 3GPP 業者具備先天優勢，因其能重複利用整個行動網路及其商業流程，同步提供包含 MBB、FWA 與物聯網在內的多種服務。頻譜資源可透過共享機制進行分配，而網路切片技術則提供了一種跨多服務管理網路與頻譜的方法，同時滿足甚至超越各類新興應用場景 (包括 5G FWA) 的嚴苛要求。

## 設備生態系統

- 受惠於 3GPP 晶片生態系的高性價比設備
- 近 100 家 CPE 設備供應商
- 擁有近百家 CPE 設備供應商的廣闊生態系

3GPP CPE 生態系受益於規模龐大且持續創新的智慧型手機與設備晶片市場。透過規模經濟效益，以及具備吸引力的外型規格與功能持續演進的 LTE 和 5G FWA CPE 產品，設備成本得以有效壓低。目前已有近 100 家不同的 FWA CPE 供應商，提供超過 1,200 款 LTE CPE 與超過 400 款 5G CPE (GSA, 2024 年 11 月)。

## 創新生態系

- 開放技術和多供應商
- 面向未來的技術，包括向 6G 的演進
- 全球頻譜分配

3GPP 的另一項優勢在於其具備前瞻性的生態系，能在確保規模與成本效益的同時，持續推動技術創新。3GPP 同時也提供開放的技術平台，其多供應商架構能避免依賴單一供應商。此外，透過全球統一的授權頻譜分配，進一步驅動網路設備與整體 FWA CPE 生態系的規模經濟效益。這種「規模經濟」與「避免單一廠商」的雙重優勢，將直接體現在相應的 FWA 服務中。

總而言之，基於 3GPP 標準的行動與匯流型營運商在進軍 FWA 市場時佔據絕佳地位。他們將能夠以最低的可能總持有成本提供服務，並實現網路與相應 FWA 服務的前瞻性演進，這一切都得益於一個提供規模經濟效益且非單一廠商的龐大生態系。

閱讀所有八大洞察，  
掌握 5G FWA 價值

[ericsson.com/fwa-insights](https://ericsson.com/fwa-insights)