

摘錄本

多元 CPE 選擇實現 多樣化服務方案

2025 年固定無線接入手冊

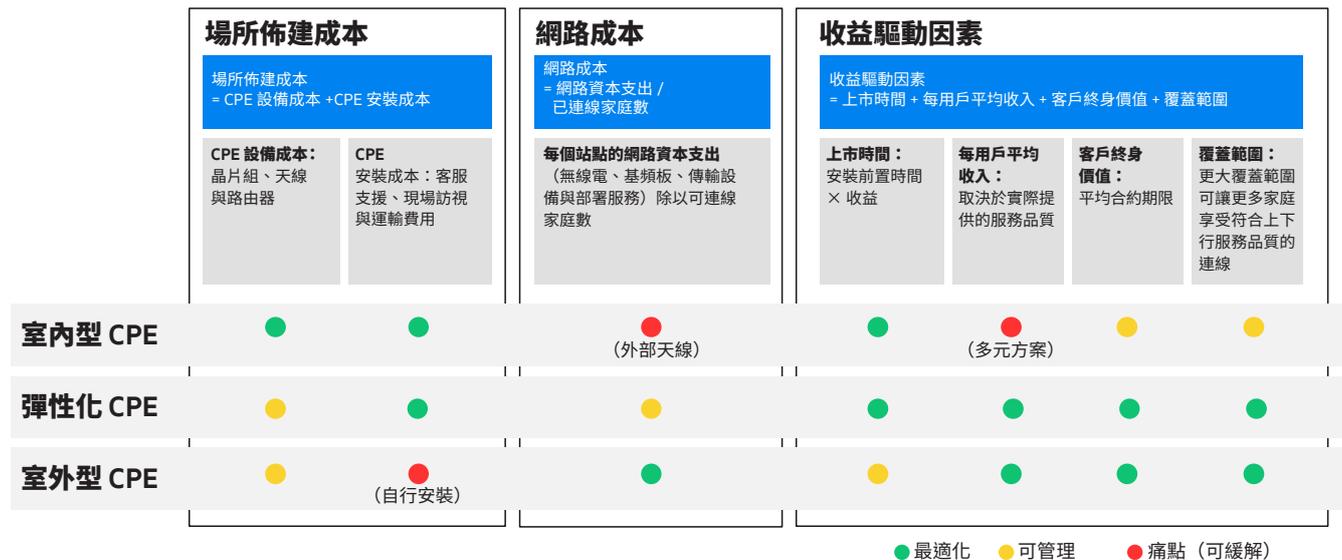
洞察七



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

彈性化 CPE 將獲利動能最大化

所選 CPE 的外型規格是設計 FWA 服務方案的關鍵參數。業界多將焦點置於 CPE 的場所佈建成本，卻常忽略另外兩大驅動因素——網路成本與收益，未能全面評估 CPE 選擇對整體盈利能力的影響。



場所佈建成本是指連接一個場所、住宅或中小企業地點所產生的直接成本。這其中包含了 CPE 設備的成本。通常情況下，室內型 CPE 會比室外型 CPE 更為便宜，這是因為其所使用的天線組件成本較低。安裝成本是另一項關鍵參數。在這方面，室內型 CPE 更具優勢，因為其相關成本極低或近乎為零，例如僅需為自行安裝提供必要的客服支援即可。儘管室外型 CPE 常配備自行安裝應用程式，多數家庭仍偏好專業安裝。僅就此標準而言，室內型 CPE 評分較高。

網路成本是常被低估的關鍵參數。這包含了無線接入網站點所有相關的 FWA 網路成本 (以及核心網與其他元件的分攤，如分封核心網)，這些成本需要分攤到已連接的 FWA 用戶上。室外型 CPE 的頻譜效率遠高於室內型 CPE，使得每個站點能夠支援的 FWA 連接數增加 2-3 倍。因此，在此參數上，室外型 CPE 的評分遠高於室內型 CPE，因為分攤到每個室外型 CPE 的單位網路成本，將比室內型 CPE 低 2-3 倍。

部分服務供應商透過為室內型 CPE 增加外接天線作為選配，來解決其缺點，這也包括後續為高端用戶升級外接天線的方案。

一個完整的 CPE 盈利能力評估，需考量與 CPE 選擇相關的四項收益驅動因素。上市時間是 FWA 的關鍵差異化因素，而 CPE 的選擇也會影響這一參數。室內型 CPE 通常能實現更快的上市時間，因為無需進行現場安裝。將室內與室外部署從下單到開通的天數前置時間差，乘以每月每用戶平均收入，即可量化上市時間差異所帶來的價值。另一項參數與客戶終身價值有關，相比室內型 CPE，室外型 CPE 能提供更高的客戶黏著度，從而延長客戶合約期並降低流失率。最後，室外型 CPE 能提供更大的蜂窩網路覆蓋範圍，觸及更多家庭用戶，並且能提供比室內型 CPE 更快速、更可預測的寬頻速度，從而能夠透過更高的每用戶平均收入水準來變現。

彈性化 CPE – 集兩者優勢於一身

彈性化 CPE 旨在融合室內型與室外型 CPE 的優點。這類彈性 CPE 兼具了室內型 CPE 的自行安裝與快速上市優勢，同時擁有比室外型 CPE 更佳的天線效率 (即更高的天線增益與更低的訊號衰減)。此類彈性 CPE 的一個關鍵處是，能讓電信業者對距離無線電站點遠近不同的家庭，使用同一類型的設備。重要的是，該設備必須提供所需的天線增益、功率等級、家庭安裝選項與衰減控制，以實現理想的安裝便利性與效能表現。

最建議的做法是，電信業者根據所提供的市場方案與所在地區類型 (郊區和 / 或鄉村)，備有多種 CPE。電信業者會向客戶建議首選的 CPE 類型 (例如，距離行動站點超過 1 公里的地點使用彈性化 CPE，靠近站點的用戶則使用室內型 CPE)。這為終端用戶和電信業者提供了更大的靈活性，能根據客戶需求與地理位置來優化最佳的 CPE 解決方案。

CPE 效能 差異

室外型與室內型 CPE 版本之間最顯著的差異，在於實現承諾服務等級的能力，尤其是在繁忙時段。室內型 CPE 設備在所需的無線電資源方面與智慧型手機設備相當，但由於始終位於室內，其表現稍差。相比之下，室外型 CPE 設備具有訊號品質優越 15–25 dB 的優勢，這等同於更低的每 Mbps 生產成本、更高的速度與更好的覆蓋——這在中頻段與毫米波部署的蜂窩網路地區尤其寶貴。

在選擇 CPE 類型時，有許多參數會影響網路增益，例如天線增益、CPE 功率等級、訊號衰減、站點間距與頻譜頻率。

室外型 CPE 在配備內建定向天線（於 3.5 GHz 頻率下為 10–14 dBi）並與指定無線電基地台建立具可預測性的射頻鏈路品質時，能發揮最佳效能。典型的天線配置為兩根接收天線，但配備四根接收天線的設備也已問世。更多的接收天線在都市環境中非常有用，因為設備可以接收到多路徑訊號。然而，單一 CPE 的傳輸模式仍僅為 Rank-

2，這是因為數據機預期會安裝在具有良好視線傳輸或接近視線傳輸的位置。

正確安裝的室外型 CPE 會對準最佳的服務蜂窩網路，從而降低鏈路預算中的路徑損失，並提升中頻段與毫米波 TDD 頻譜的利用率。訊號品質的大幅提升，主要源於兩方面：10 至 15 dB 的天線增益差異，以及避免了室內設備所需承受的另外 10 至 15 dB 牆體與窗戶衰減損失。室內設備訊號衰減的另一個因素是「深層室內損失」。由於設備通常被放置於住宅中央（即遠離窗戶），以提供最佳的 Wi-Fi 覆蓋，這會再增加約 5 dB 的路徑損失。

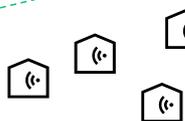
室內型 CPE 的頻譜效率與智慧型手機 CPE 相當，而室外型 CPE 的效率通常高出兩到三倍。換言之，在相同的總數據消耗量下，網路可服務的家庭用戶數能增加兩到三倍；反之，若全部服務室內型 FWA 用戶，則需要兩到三倍的頻譜資源。室外型 CPE 的最後一個優勢在於，其最佳、中等與最差用戶之間的相對效能差異顯著縮小，這使得 FWA 商業服務協議的訂定與履行更為

容易。最重要的關鍵在於，必須確保位於蜂窩網路邊緣或無線電條件不佳的用戶使用室外型 CPE，以盡可能高效地運用無線網路資源。

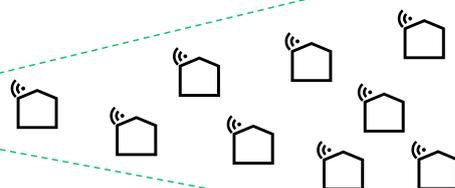
終端用戶或許會發現，在網路輕載時，即使使用室內型設備也能獲得相當良好的訊號覆蓋與可接受的連線速度；然而，一旦特定基地台因用戶數增加而負載升高，此情況便可能迅速反轉。在輕載網路中，任何用戶都能獲得大量無線電資源（PRB）調度並達到可接受速率，即使無線鏈路品質不佳且僅能使用 QPSK 調變亦不影響。在滿載的繁忙時段情境下，系統調度的資源將顯著減少，此時只有能夠處理更高階調變（如 64- 與 256-QAM）的設備才能達到可接受的速度。

調變與通道編碼方案是由設備透過上行鏈路持續回傳的通道品質指標（CQI）所決定的。當 CQI 較低時，無線網路需以低階調變技術來傳輸高速數據流（如影音與電視訊號），這將導致使用成本非常高昂。

室內



室外



關鍵參數

功率和天線收益
衰減損耗
頻率和蜂窩網路大小

經驗法則

室外型 CPE 能有效提升頻譜使用效率，在維持相當服務水準的前提下，可服務的家庭用戶數量將增加二至三倍。
反之，若僅使用室內型 CPE，則需要多出二至三倍的頻譜資源。

室內與室外型 CPE 的適配組合

室外型 CPE 提供的頻譜效率顯著優於室內型 CPE。雖然在某些地點的家庭用戶需要使用室外型 CPE，但在其他地點（例如靠近基地台的用戶），室內型 CPE 即已足夠。室外解決方案通常安裝成本更高、更複雜，因此必須在提供高效能與設備和安裝成本之間取得平衡。

在成本敏感的案例中（例如每用戶平均收入較低的區域），或者上市時間至關重要時，部署通常更便宜、更快速的室內型設備是合理的選擇。例如，如果可用頻譜很充裕，第一種策略可以是向大多數家庭提供室內型 CPE，並根據需要保留後續更換為室外型設備的選項。

另一方面，如果一個區域的潛在客戶數量相對於可用頻譜而言很大，那麼在銷售過程中識別哪些客戶能從室外型 CPE 中獲益最多，可能是值得的。在傳播條件較差的地區，例如茂密的植被、複雜的地形變化以及阻擋視線傳輸的障礙物，室外型設備的比例可能會更高。此外，室外型 CPE 改進的頻譜效率通常會擴大覆蓋範圍從而增加潛在客戶群，並提高室外型 CPE 的比例。



室內型的好處

- 更低的 CPE 成本
- 無安裝成本
- 快速部署



室外型的好處：

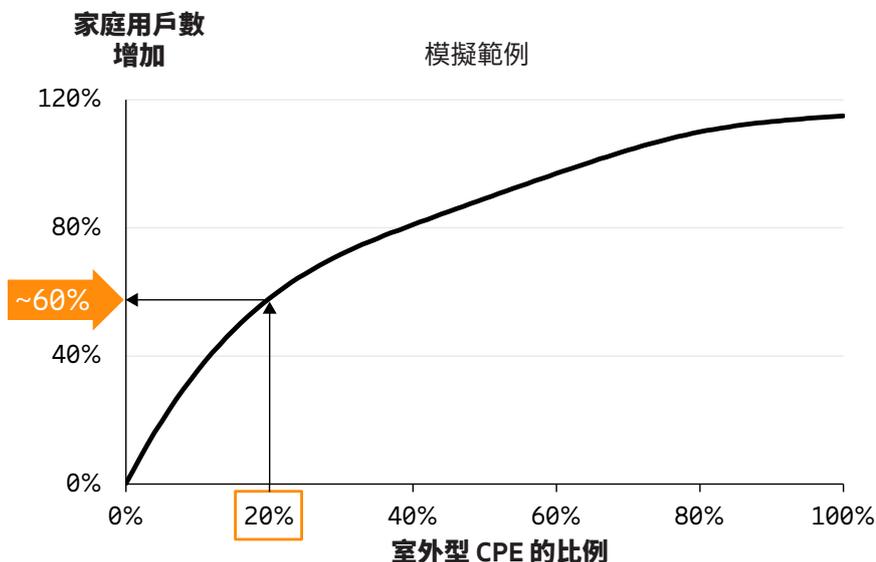
- 增加容量
- 吸引更多客戶
- 較大覆蓋範圍
- 更高的速度和消耗水平

該圖表以一個模擬範例說明了效能如何隨 CPE 類型而變化。在這個範例中，從傳播條件最差的家庭開始，室內型 CPE 被逐漸替換為室外型。容量增加幅度是相對於一個參考值進行標準化的，該參考值是在僅使用室內型 CPE 時，每個扇區平均能夠服務的用戶數。從曲線的形狀可以清楚地看出，大部分的容量增益來自於為位置最不利的家庭提供室外型 CPE。如果將 20% 位置最不利的家庭分配使用室外型 CPE，則每個蜂窩網路的平均家庭用戶數增加約 60%；

而當全部使用室外型 CPE 時，容量則略高於原來的兩倍。在此案例中，當僅使用室內型設備時，上行鏈路是限制因素。然而，當 20% 位置最不利的家庭改用室外型設備後，上行鏈路容量大幅提升，以至於該案例轉變為受下行鏈路限制。

儘管結果取決於具體的案例參數，但此範例在概念上說明了混合使用室內與室外型設備所帶來的效果。在實際案例中，應配備室內型設備的用戶比例，將取決於為服務目標客戶群所需的頻譜效率。

以室外型 CPE 取代室內型所帶來的容量增益



大部分的容量增益是透過為位置最不利的家庭提供室外型 CPE 來實現的

針對 6GHz 以下 FWA CPE 的明確外型規格



市場區隔 / 效能	室內 閘道器		彈性安裝 接收器		室外 接收器	
衰減損耗	高		中 - 低		無	
CPE 天線增益	~3-6 dBi	~7-11 dBi	~3-6 dBi	~7-11 dBi	~10-14 dBi	~15-18 dBi
CPE 尺寸	內建式		智慧型手機	平板電腦	筆記型電腦	
CPE 安裝選項	桌面		彈性 (桌面、窗戶、牆面)		牆壁 / 屋頂	
典型安裝	自行安裝				技術人員安裝	
典型地區	都市 - 郊區				郊區 - 鄉村	

傳統上，FWA CPE 主要有兩種外型規格：室內閘道器和室外接收器。室內閘道器提供整合式的外型規格，具備內建 WiFi 路由器。室內型規格是市場上最常見的，因為它能夠實現自行安裝、短上市時間和較低的解決方案成本。部分室內閘道器具有 7-11 dBi 的高天線增益。另一方面，室外接收器需要一個配套的室內 WiFi 路由器來分發訊號。室外型 CPE 設備提供高頻譜效率 (可實現高容量和高速)、長生命週期以及更高的客戶持有年限。室外型 CPE 設備與室內設備相比具有明顯的效能優勢，但通常需要由認證技術人員進行安裝。

彈性安裝接收器 (或稱彈性化 CPE) 透過消除訊號衰減，能提供與室內型 CPE 相似的天線增益。這些彈性設備降低了自行安裝的門檻，並提供比室內型 CPE 更高的頻譜效率。與常規室外型 CPE 一樣，彈性化 CPE 是透過乙太網路供電的接收器，並具有 IP65 防護等級。它們可以安裝在室內、靠近窗戶，或是在室外的牆壁或屋頂上，並可借助聲音或 LED 指示燈來顯示最合適的天線方向。也有 CPE 供應商設計了智慧型手機安裝應用程式。這些應用程式透過藍牙或類似技術與 CPE 設備通訊，以量測並指示服務基地的最佳安裝位置。

毫米波 CPE 的可用性 日益增加



市場區隔 / 效能	室內 閘道器	彈性安裝 接收器	室外 接收器			
CPE 毫米波 EIRP	概念驗證	設計的產品	~45–51 dBm	~33–39 dBm	~39–45 dBm	~45–51 dBm
毫米波功率等級			PC1	PC5/PC2	PC1	
CPE FR1 天線增益			~3–6 dBi	~7–11 dBi	~10–14 dBi	
CPE 尺寸			平板電腦	平板電腦	筆記型電腦	
CPE 安裝選項		彈性（窗戶、牆面）	牆壁 / 屋頂			
典型安裝		自行安裝	技術人員安裝			
典型地區		都市 – 郊區	郊區 – 鄉村			

在 GSA 2024 年 FWA 調查中，受訪的 30 家供應商裡，有 20% 已在產品組合中擁有支援毫米波的產品，另有 20% 的公司計畫推出支援毫米波的產品。在這兩組供應商中，近 70% 計畫推出功率等級 1（其最小有效全向輻射功率峰值為 40 dBm）或功率等級 5（其最小 EIRP 峰值為 30 dBm）的設備。

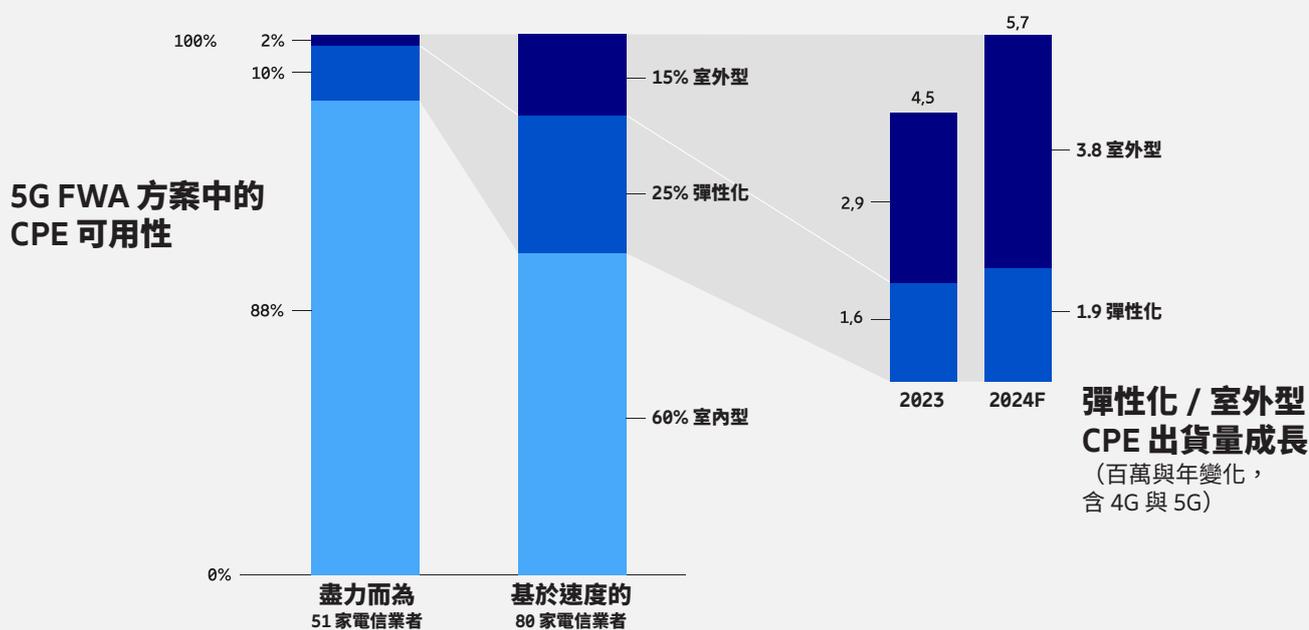
支援毫米波設備的 新興外型規格

市售毫米波 FWA CPE 的主要外型規格是彈性安裝接收器和室外接收器。對於室外接收器，其尺寸存在不同變體（由 FR1 天線增益驅動）。技術人員通常在郊區和鄉村地區，將這些設備安裝在牆面或屋頂上。

用於支援毫米波的 FWA CPE 的彈性安裝接收器備受期待。此類外型規格通常專注於都市和郊區場景，這些場景距離基地站相對較近（小於 1 公里）。因此，將不需要用於 FR1 的高增益天線，從而使整體外形更小，類似平板電腦。

基於速度的 FWA 方案中， 彈性化與室外型 CPE 占比 提升

客戶場所設備 (CPE) 的選擇對於支援 5G FWA 策略至關重要，特別是對於分級速率和優質體驗方案。



愛立信的研究調查了 131 家提供 5G FWA 服務的全球行動電信業者，深入分析了他們提供的 CPE 類型，並根據服務類型（即盡力而為或基於速度）顯示出明顯的趨勢。

對於 51 家採用「盡力而為」模式的電信業者，純室內型 CPE 占主導地位，佔其產品方案的 88%。這些業者中只有 12% 提供室外型或彈性化自行安裝 CPE 選項，這些選項可在室內和室外使用，提供了更大的部署靈活性。

另一方面，在 80 家採用基於速度模式的電信業者中，對純室內型 CPE 的依賴度下降至 60%。更有相當大的一部分，約 40%，採用了室外型或自行安裝 CPE 選項。這反映了對效能和適應性的重視，與對速度導向服務的需求相符。

除此之外，FWA CPE 的出貨量顯示彈性和室外型外觀規格的占比正在增加。彈性化自行安裝 CPE 是一種關注度和產品發布數量都在增加的外型規格。

來自 30 家領先 FWA CPE 供應商的數據顯示，2024 年室外型和彈性化 CPE 的出貨量預計將增長 27%，這些設備類別的出貨量將接近 600 萬台。

這些數據說明，為了支援基於速度的策略，業界正更多地採用適用於室外的 CPE。隨著 5G FWA 的擴展，彈性化且高效能的 CPE 將是滿足消費者需求和在全球範圍內擴展連線解決方案的關鍵。

彈性化自行安裝設備 深受 Three UK 客戶好評

彈性化自行安裝室外型 CPE：優勢與安裝選項



安裝於窗戶



安裝於牆面



安裝於立柱

持續的高速網際網路

享受更快的速度。更流暢的串流體驗。更強大的遊戲效能。多用戶容量。享受極致的 5G 寬頻體驗。

擴大的覆蓋範圍

現在甚至有更多家庭可以獲得超快速的 5G 寬頻。這個室外集線器可能是您唯一需要的設備。5G 寬頻體驗。

附贈 Eero Wi-Fi 路由器

該集線器隨附 eero Wi-Fi 路由器，可擴展您家中的 Wi-Fi 覆蓋範圍，並提供增強的安全性和改進的效能。

在基於室內型 CPE 的 4G FWA 和 5G FWA 強勁成長之後，Three UK 透過推出彈性化自行安裝 CPE，擴展了其 5G 家庭寬頻覆蓋範圍，將服務擴展至額外數百萬戶家庭，使總覆蓋場所達到 860 萬。

此前，擁有 5G 覆蓋區域的客戶因其訊號難以穿透牆壁，而難以在室內使用家庭寬頻服務。現在，借助新推出的彈性化自助安裝 CPE，客戶可以安裝一個連接到室內路由器的外部天線，從室外捕捉 5G 訊號。此解決方案確保了那些過去因牆壁和窗戶阻擋而無法獲得室外 5G 訊號的家庭，能夠獲得可靠的連線。

透過彈性化自行安裝 CPE 內建的 LED 指示燈，尋找最佳訊號變得簡單直接，這些指示燈會顯示網路強度。透過簡單的安裝方法（牆面、立柱、窗戶等），客戶可以快速輕鬆地連線上網。彈性化自行安裝 CPE 具有防水功能，其構造能夠承受室外條件。

使用這些新的彈性化自行安裝 CPE，家庭用戶可以享受到平均 255 Mbps 的下載速度，而英國家用寬頻連線的中位數下載速度為 69.4 Mbps。Three UK 的家庭寬頻客戶目前每月平均使用 381GB 的數據，且此數字預計將會成長。

向消費者強調的優勢包括穩定的網路速度，以及擴大了原本無法透過室內型 CPE 服務的覆蓋區域。無論是雲端遊戲、4K 串流、家庭視訊通話，還是簡單的網頁瀏覽，Three 的 5G 寬頻都能滿足那些需要同時進行多項高速活動的家庭需求。Three UK 目前收到了客戶的正面回饋，這些客戶對效能感到滿意，並讚賞自行安裝的簡便性和速度，以及其 5G FWA 產品提供的各種安裝選項。

客戶回饋

「服務品質與速度都非常出色」

「新 CPE 的自行安裝過程簡單快速」

「對多種安裝選項感到滿意」

「安裝新的室外天線後，我家現在已能接收 FWA 服務」

Redcap - 入門級寬頻的新機會

RedCap (Reduced Capability NR) 是一項新興技術，專為物聯網應用中的成本效益型、高電池效率設備 (如穿戴裝置與便攜設備) 所設計。

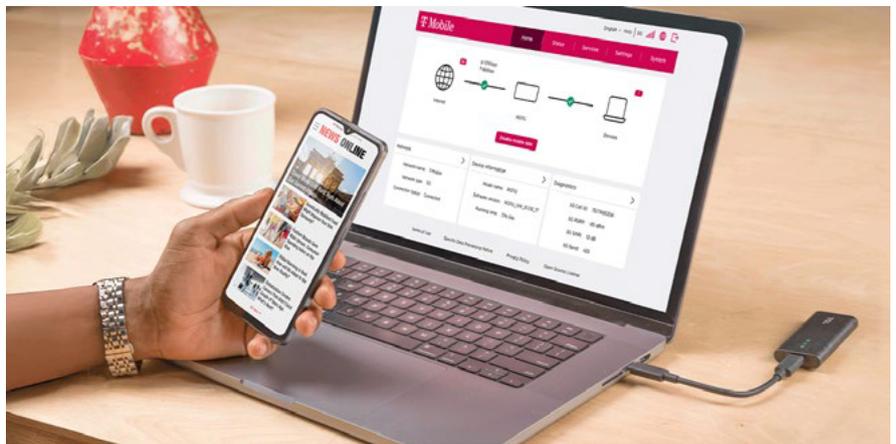
其峰值速度可達 150 Mbps，能夠取代 LTE Cat-4，為入門級設備擴展連線選項。

與 NR 相比，RedCap 提供功能有限、效能與頻譜效率較低的精簡配置，以最大限度地降低晶片組與設備成本。例如，其最大通道頻寬為 20 MHz，不支援載波聚合，並減少了天線配置。RedCap 亦需在獨立組網 (SA) 模式下運作，這可能限制其初期的市場接受度。該技術專為數據需求較低的應用場景優化，但其低成本特性也逐漸引起入門級寬頻應用的關注。

NR 具備極高的效能與頻譜效率。其架構同時具備可擴展性，能針對低成本晶片組與設備進行配置。NR CPE 適用於大規模、高數據消耗的 FWA 部署，而 RedCap 的技術限制使其較不適合廣泛的 FWA 應用。然而，RedCap 在成本效益型的入門級寬頻解決方案方面具備潛力，包括行動熱點路由器、USB 網卡，以及相當於 4G Cat-4 等級的「盡力而為」型 5G FWA CPE。

T-Mobile US 是首批推出 5G RedCap USB-C 網卡的服務供應商之一，宣稱其可支援 220 Mbps 的峰值速度。

隨著 RedCap 技術持續演進，它為特定利基型寬頻與物聯網應用帶來了機會，特別是在成本與最低數據消耗至關重要的場景。



市場區隔 / 效能	RedCap CPE	NR CPE
最大通道頻寬	20 MHz	100 MHz
技術	SA	NSA/SA
載波聚合	否	是
發射 / 接收天線	1/1 至 2	2 至 3/4 至 8
峰值速度	高達 150 Mbps	高達 10 Gbps
集線增益	否	是
CPE 價格	最低化	可擴展且持續下降

CPE 生態系合作

市場上有眾多供應商提供用於 FWA 的室內與室外 CPE。然而，相較於通常僅有少數客戶的 MBB 設備供應商，其中不少是小型業者。最大的市場是透過行動電信業者零售通路銷售的室內 LTE CPE，這些設備包含 Wi-Fi 與路由器功能。全球行動設備供應商協會 (GSA) 現定期發布《4G/5G FWA 設備生態系公司名錄》(4G-5G FWA Company Directory)，並定期報告電信業者的 FWA 活動與設備現狀 (5G - FWA Global Status Update)。根據 GSA 的統計，已識別出 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)。

原則上，市場上任何 CPE 設備在完成晶片層級的相關互操作性開發測試後即可使用，就像智慧型手機一樣。愛立信目前與五家 LTE 和 NR CPE 的 OEM 供應商合作，這些供應商均具備設計與適配能力，能供應滿足市場需求的必要數量。部分供應商專注於「現成」產品組合，其他則為 ODM 設計公司。

這些 OEM 供應商中有數家總部位於台灣，包括：

- **Zyxel Communications** 提供具備高容量連線能力、增強網路安全性與部署彈性的 CPE。其 5G NR FWA 解決方案整合了最先進的技術，為客戶提供卓越、自適應、零死角的 Wi-Fi 體驗。
- **WNC** 是全球射頻設計領域的領導企業，特別是在蜂窩網路與 Wi-Fi 產品方面。該公司亦利用毫米波擴展範圍功能，設計並測試了先進的高功率毫米波 CPE。
- **Askey** 是另一家創新型 OEM，專注於早期推出 5G NR 中頻段及毫米波的室外與室內應用產品。
- **GreenPacket** 總部位於馬來西亞，提供適用於多種使用場景、具備不同特性的創新 5G/4G FWA CPE 解決方案。該公司能重新設計產品以符合每位客戶的獨特

部署情境，並提供廣泛的高效能室內、室外及彈性安裝 FWA CPE，以滿足客戶的多元需求。

- **DZS** (前身為 Casa Systems) 總部位於美國德州普萊諾，提供創新的無線高效能連線產品與解決方案。其產品涵蓋室內到室外、自行或技術人員安裝、6GHz 以下及高功率毫米波。其設備組合並輔以多代工具集的開發，包括為安裝人員提供的實體支援工具，以及為安裝人員和消費者提供的智慧型手機應用程式。

FWA CPE 市場正在快速演進，新產品將持續推出。3GPP 設備生態系非常龐大，採用愛立信 FWA 網路的服務供應商將能透過選用最具成本效益、功能與效能最合適的 CPE，並實現互通運作而從中受益。

ASKEY



greenpacket



DZS



WNC
Wistron NeWeb Corp.



ZYXEL
COMMUNICATIONS



閱讀所有八大洞察，
掌握 5G FWA 價值

ericsson.com/fwa-insights