



打破能耗曲線

降低行動網路能耗的創新方法

前言

能否在不增加能耗的情況下使資料流量增加四倍？

答案是肯定的，能耗曲線是可以被打破的，即降低行動網路當前的總能耗，同時大幅提高容量來應對流量巨增的挑戰。

這不只是一種可能。實際上，我們認為這是我們的責任，應與所有其他資訊通信技術行業參與者一起實現這個目標。

我們預計，當前全球每年運行行動網路的能源成本為250億美元。從成本和碳排放的角度來看，能耗是我們行業面臨的最大挑戰之一。

經過20多年的不斷研究，我們已證明行動寬頻能夠推動可持續發展、經濟增長並減少碳排放。資訊通信技術行業僅占全球碳排放量的1.4%，但能夠使其他行業（如能源、工業和交通運輸）減少15%的碳排放。

從生命週期的角度來看，我們碳排放的主要部分來自已交付產品的能耗。在此基礎上，我們對產品的排放和效能設定了目標，並向1.5C看齊，這符合“科學減碳倡議組織（SBT）”計畫。

如果採用與3G和4G相同的方式部署5G，能耗必將大幅增加，這是急需解決的重要問題。一些電信業者甚至預計能耗須增加一倍才能滿足不斷增長的流量需求，同時改善網路性能並部署5G。從成本或環境的角度而言，這種做法是不可持續的。在5G標準的推動下，再加上我們開展的大量開發工作，能耗將大大降低。5G是最節能的標準，將使行動系統更有效地使用智慧睡眠模式，並通過使用較低頻段有效擴展覆蓋範圍，同時通過載波聚合提高容量和速度。借助快速有效的資料

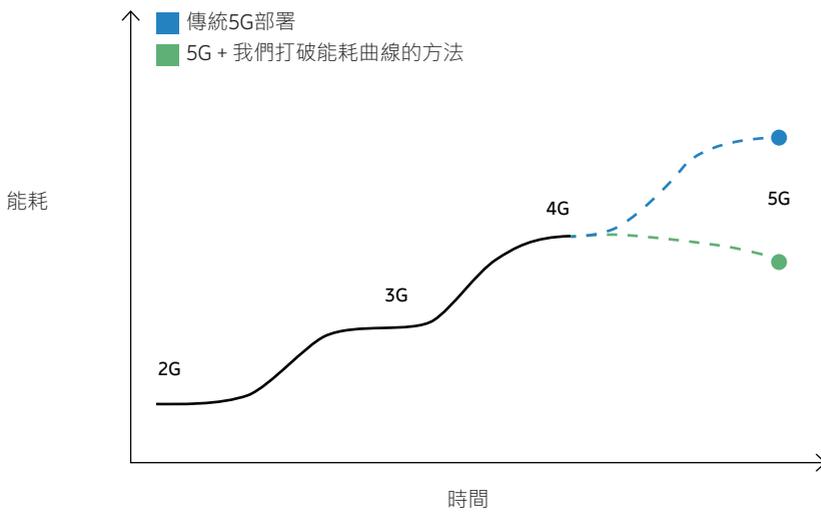
傳輸，系統能夠更快地返回低負載狀態。

愛立信很榮幸與客戶合作，評估和發展應對能源挑戰的解決方案。在本報告中，我們介紹了為客戶開發的形形色色的解決方案。這些解決方案均可能已經實施，為5G部署做好準備或提供支持。節能，從現在開始。



愛立信 (Erik Ekudden)
愛立信副總裁、技術長暨研發長

圖1：愛立信打破能耗曲線的方法



產業責任

要回這個關係到數十億美元的問題，我們認為可以打破能耗曲線。我們不僅勇於承擔，還引領並提供整體性解決方案。

執行概要

我們打破能耗曲線的創新方法。

要打破行動網路日益增長的能耗曲線，我們對一些最雄心勃勃的5G部署進行了分析，並進行了測試，旨在瞭解採用我們的整體性方法會產生什麼結果。我們與客戶一起完善了各種解決方案，以大幅節約能源。

通過第一步分析就可以直接節約能耗，還能對以後如何應用提供洞察。從何處開始以及如何實施我們的方法取決於每個網路的設計和狀態。下文介紹了我們創新方法的四個要素。

準備好網路

使用最新技術對網路進行升級改造並更換舊設備可帶來新的商機，同時大幅節約能耗。過去，通常通過添加新設備同時保留現有網路資產來管理移動網路的部署，這種做法

必須改變。我們已經看到，在低流量地區進行升級改造，僅靠節能就可在不到三年的時間內實現投資回報。

啟動節能軟體

愛立信無線接取網路 (RAN) 早已提供節能功能，並可立即啟動。添加機器學習功能將進一步降低能耗。Micro Sleep Tx (MSTx) 和低能耗調度解決方案 (LESS) 等功能能夠在保證用戶體驗不變的情況下，將無線電設備的能耗降低15%。

我們的5G軟體本身便具有節能功能。隨著時間的流逝，其高級功能將不斷發展，網路效率也將不斷提升。

精準構建5G

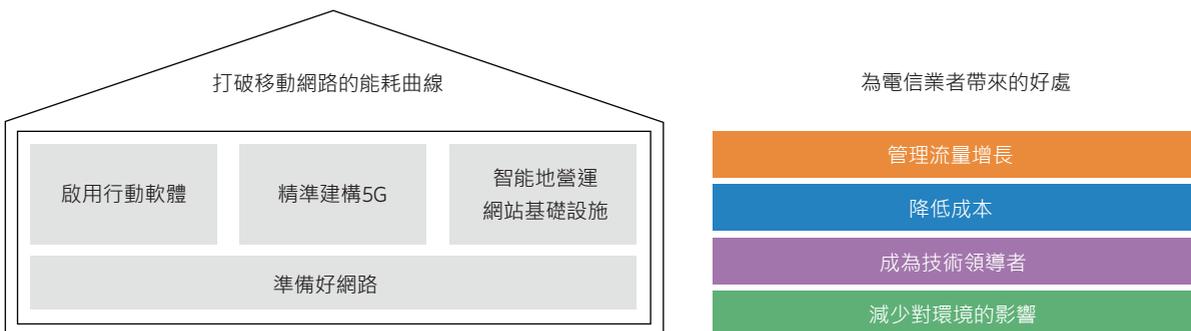
在合適的位置安裝正確的設備非常重要。精確構建5G是指在新的5G頻

率上優化網路性能，同時將資本支出和運營支出保持在限定範圍內。與愛立信獨有的解決方案（如，愛立信雙模雲端5G核網 (5GC)、愛立信無線系統 (ERS) 和愛立信頻譜共享功能 (ESS) 相輔相成，便可實現快速5G部署，無需添加任何產生額外能耗的硬體。這意味著電信業者在引入5G時可限制能耗的增長。

智慧地營運網站基礎設施

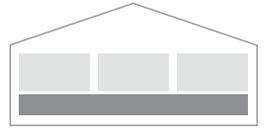
通過使用人工智慧 (AI)，營運商能夠更主動地營運網站基礎設施。我們的產品組合提供控制無源設備的工具，可實現預測性維護和零干預故障排除，從而降低成本、降低網站能耗並減少人員前往基地台做維護的次數。客戶案例表明，通過智慧網站控制解決方案，電信業者將網站能耗降低了15%。

圖2：打破能耗曲線的要素和優勢



準備好網路

使用與時俱進的硬體進行升級改造，提供卓越的性能。



為5G做好準備和引入5G為升級和改進現有網路創造了機會。鑒於當前網路的容量有限，不斷增長的流量需求為性能帶來了挑戰。在網路升級改造的過程中，需要大幅節約能源和物理空間，從而顯著降低移動網路的總能耗，無需增加預算即可為5G部署提供空間。

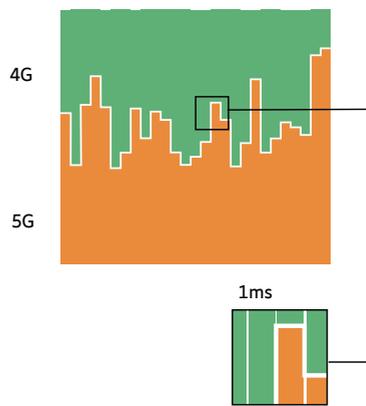
對於網路演進，電信業者具有不同的起點和部署重點。我們建議，網路升級改造應涵蓋網站設備以及核心設備、傳輸設備和無線接入設備的各個方面。例如，將帶冷氣的基站設備及機櫃升級到使用熱交換的機櫃及使用被動式散熱的無線多模寬頻頭端設備那將大大降低能耗。

強大的硬體至關重要

新的多模硬體平臺可減少占用空間，並提供最新的節能技術，這些技術有助於打造高效能網路。使用最新的愛立信無線系統（ERS）解決方案和愛立信雙模雲端5G核網（5GC）解決方案進行升級，可立即降低能耗並節約成本，可通過安裝軟體促進未來向5G快速遷移。

愛立信無線系統是一個完整的平臺，可建構性能最高的無線接入網（RAN），並提供最佳的模組化功能，以確保最低的總體擁有成本（TCO）。自2015年以來發貨的所有ERS設備均支援5G。如果在愛立信無線系統平臺上安裝好設備，只要經過軟體升級就能使用5G及高效的技術。

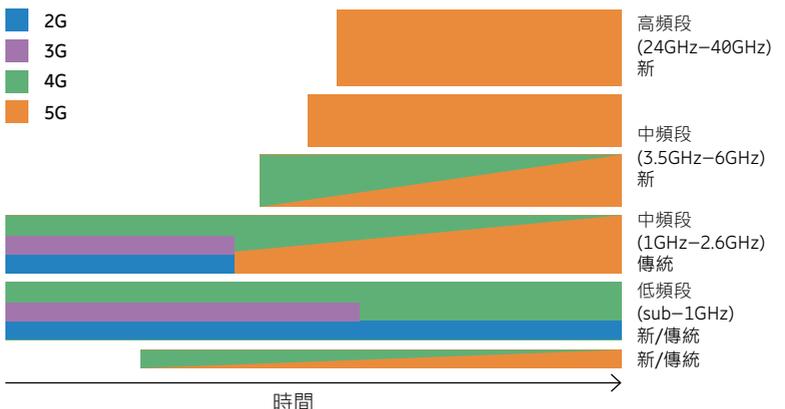
圖3：獨特的愛立信頻譜共用
1ms解決方案



一毫秒即可完成4G和5G的切換

借助愛立信4G/5G頻譜共享功能（ESS），電信業者可在相同的頻率上同時運行4G和5G，無需添加新的能耗硬體。愛立信頻譜共享功能解決方案使這兩種技術均可立即使用同一頻譜，並在毫秒內就將資源配置給需要它們的終端（圖3）。在愛立信無線系統基地台硬體上遠端安裝軟體即可使用該解決方案。

圖4：頻譜演進計畫示例



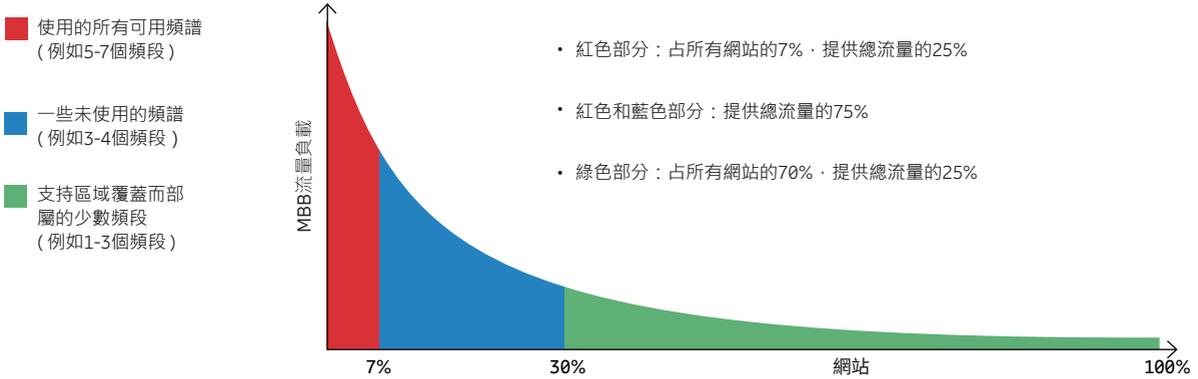
頻譜演進計畫——使用最高效的標準在為未來RAN能力做準備時，需要查看當前的頻譜資產，以創建頻譜演進計畫，評估頻譜需求將如何發展變化（圖4）。

通常，電信業者會為多種無線技術（2G-4G）提供若干頻段。隨著時間的推移，新的頻譜頻段將提供更多容量，但需要對頻譜進行重新分配，以逐步將流量轉向4G和5G。

我們致力於確保網路可遷移到最高效的技術。這可能意味著要部署強大的4G平臺，利用現有用例盈利，並為應對下一波5G浪潮奠定基礎。我們建議將2G和3G移至較低的聯合頻段，採用節能、混合模式的配置，並在可能時候，停掉一種或兩種技術。

用4G取代2G/3G很可能使同一頻譜的容量翻倍，還可以使用4G標準提供的更高效節能功能。這是一個絕佳的機會，可減少舊無線技術耗費的電力並為部署未來5G設備做好準備。

圖5：典型行動寬頻流量負載分為三個部分



網路現實

根據對全球網路大量流量資料的分析，我們瞭解到2G、3G和4G在所有無線網站的流量分佈幾乎相同（圖5）。

高流量負載的網站同比增長幅度通常最大，而流量較低的網站增長要低得多。

我們的資料還表明，所有環境中都存在低負載和高負載情況。由於細胞面積較小，一些密集城市網站的流量較低，而一些農村網站覆蓋區域較廣並承載較高的流量負載。

瞭解上述情況後，電信業者能夠對網路演進進行建模，以滿足預期的流量增長，同時優化總體擁有成本

定義品質

電信業者感知的交付品質取決於其

是否準確規劃了上述紅色和藍色部分中最重要的網站。一直以來，主要焦點都是管理這些網站的容量擴展和頻譜效率，以保護和應對不斷增長的移動寬頻流量。

定義網路能耗

要打破行動網路總能耗曲線，必須解決上面綠色部分的問題。在這些基站保留較舊的設備可滿足不斷增長的流量需求。然而，如果引進最新的愛立信無線系統設備進行同類升級改造，能夠立即使能耗降低約30%。在某些情況下，它甚至能夠在三年內實現升級投資回報。而對於這70%的部分網站，其業務策略還應該考慮這一點，那就是意味著升級改造，只需遠端安裝愛立信頻譜共用軟體即可在全國範圍內輕鬆部署未來的5G用例。

雙模5G核心（5GC）技術提升了營運效率

為了高效地為5G遷移做好準備，核心網正迅速進行雲原生部署轉型。

我們的雙模5GC將5G演進分組核心網和5GC架構的網路功能整合到一個通用的雲原生軟體平臺，支援獨立和非獨立的5G、4G、3G和2G接入技術。它提供較高的編排和自動化水準，可提高運營效率，此外，通過雲原生操作可減少20%的基礎設施需求。

30%

在同類升級改造中，愛立信無線系統能夠立即將能耗降低約30%

客戶成功案例：英國倫敦Vodafone豐的網路升級改造

挑戰

• 對倫敦的4G網路進行升級改造，使其支持5G和IoT，同時在性能基準測試中保持領先地位

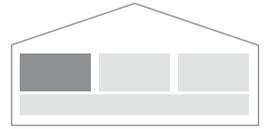
解決方案

• 使用愛立信無線系統可攜式設備對4000個網站進行升級改造

影響

• Vodafone鞏固了其最佳性能地位
• 增加了流量容量，提高了吞吐量，能將能耗平均降低了20-30%
• 無需起重機，更快地完成部署並減少資本支出

啟動節能軟體



開啟軟體功能，且不影響用戶體驗。

我們提供節能軟體功能，可自動打開和關閉設備，以滿足不斷變化的流量需求。

來自全球網路的經驗表明，這些功能可大大降低能源成本，無需任何額外的硬體投資。

我們的解決方案可優化電信業者整個網路的效能，提供能源用量概覽，對節能效果進行評估，並為各代移動網路提供可選豐富的無線接入網 (RAN) 節能功能。

能耗資料訪問和分析

測量能耗並將其與網路性能的其他方面相關聯對於主動決策至關重要。

愛立信網路管理器 (ENM)、愛立信

網路IQ統計 (ENIQ Statistics) 和愛立信能耗報告 (Ericsson Energy Report) 為電信業者提供了重要資訊，有助於其瞭解、診斷和識別改善網路效能的機會。

通過愛立信網路管理器，可從網路節點、愛立信網路控制器和現場機櫃收集所有能耗和網路性能資料。愛立信網路IQ統計 (ENIQ Statistics) 說明收集和存儲性能管理資料。

根據這些資料，愛立信能耗報告通過以下方式提供有實施意義的資訊

- 驗證網路能耗
- 分析網路效能
- 提供狀態資料，以實現節能並提升網路性能。

使用節能軟體評估和優化RAN能耗

在將節能功能應用於所有無線技術 (2G-5G) 時，我們能對可實現的全網節能及降低運營支出的幾率進行評估並提供建議。

我們還支援電信業者在RAN性能評估中引入效能，將其作為新的維度，平衡節能與網路性能。

RAN睡眠模式將以最小的負載工作，減少能耗

RAN是能源的主要消耗者。我們可幫助電信業者自動于低流量時段，並在不需要容量時禁用容量。

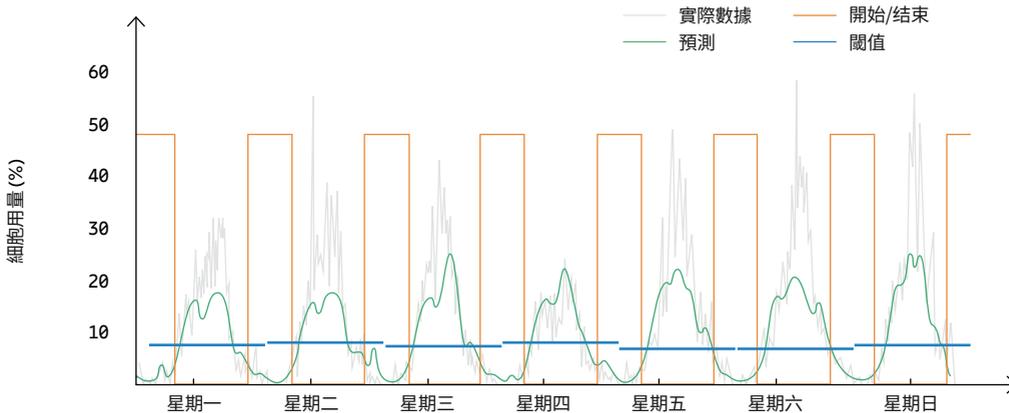
通過預測流量模式和負載以及終端使用者需求 (從細胞級到子幀級) 的高級測試，我們可以動態啟動RAN計算和無線電設備，在保障網路性能的同時實現最低能耗。

圖6：4G 和5G 節能功能示例 *



*功能可用性參見產品規劃路線圖

圖7：增強MIMO睡眠模式的人工智慧流量預測



通過啟動節能功能（如Micro Sleep Tx (MSTx) 和低能耗調度解決方案 (LESS)，電信業者可立即降低能耗（圖6）。在4G中，MSTx和LESS可將無線電設備的能耗降低15%，同時保障用戶體驗。從5G開始，MSTx將一直處於啟動狀態。

增強MIMO和細胞睡眠模式以增強感知流量的節能效能

機器學習 (ML) 將應用於節能功能，以提高效率並使節能功能更具自主性。MIMO睡眠模式 (MSM) 和細胞睡眠模式 (CSM) 是率先採用機器學習的首批節能功能。

資料流程量模版可能會隨環境變化（如新建了建築物和道路）而發生變化。機器學習利用即時流量預測增強現有功能（圖7）。如果細胞細有4x4MIMO，對於其增強MSM，機器學習演算法會對流量進行連續分析。然後，預測何時使用所有四個射頻天線分支或僅使用一個分支進行發射以及何時切換回來，確保節能功能不會影響用戶體驗和相關的關鍵性能指標 (KPI)。在一個試驗組中，現場資料表明，在保障關鍵性能指標的同時，每個網站的能耗平均降低了14%。

隨著此功能在5G網路中的部署，能耗將進一步降低。由於下行鏈路的接收一般是不連續的，因此5G射頻介面延長了射頻功率放大器的睡眠時間。

在密集網路中，存在重疊覆蓋的細胞。借助細胞睡眠模式，重疊覆蓋的細胞可檢測低流量狀況，並在確認由覆蓋細胞提供支援後關閉自己，以節省電能。覆蓋細胞監測流量狀況，以適時打開睡眠中的細胞。這是一種自組織網路 (SON) 功能，可根據網路流量情況進行調整。關閉重疊覆蓋細胞後，該細胞中的流量負載會被分流到覆蓋細胞。

機器學習能夠預測並增加一個或多個細胞應處於MIMO睡眠模式或細胞睡眠模式的時間。我們的即時試驗表明，隨著時間的推移，預測將更加精準。

客戶成功案例：印度尼西亞Indosat卡達電信，4G高級節能試驗

挑戰

- 在高負載的4G住宅集群 (68個宏網站) 中，在不影響關鍵性能指標的情況下降低功耗

解決方案

啟動4G節能功能：

- Micro Sleep Tx
- 低能耗調度解決方案
- MIMO睡眠模式

影響

- 將4G的能耗降低20%~25%，同時保障關鍵性能指標
- 性能最佳的網站可將4G能耗降低50%以上
- 試驗非常成功，在全網部署了4G節能功能 (>3000個網站)，預計節省200~300萬美元

客戶成功案例：葡萄牙沃達豐，利用機器學習實現自動化MIMO能源管理

挑戰

- 通戰過增加使用MIMO睡眠模式來降低能耗，同時滿足性能要求
- 動設置參數，確定何時啟動和去啟動發射器分支

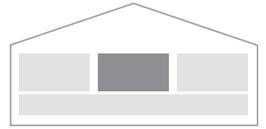
解決方案

- 將機器學習應用於MIMO睡眠模式，優化能源分配
- 根據四個星期的流量資料訓練機器學習演算法，識別流量模式並預測何時啟動或去啟動各個地點的發射器分支

影響

- 自響動化MIMO睡眠模式管理的性能優於人工管理，使每個網站的能耗平均降低了14%
- 為每個網站量身定制效能
- 保障用戶體驗關鍵性能指標

精準構建5G



愛立信網路擴展的最佳實踐與方法。

為每一種站型打造精準的無線解決方案

精準構建方式可以為每一種站型創建具有最佳無線解決方案的網路，即優化網路性能，避免超量規劃硬體而導致不必要的資本支出和運營支出增加。

推出5G時，確定何時何地、在5G頻段上部署哪些新設備至關重要。

5G總能源成本的增加將受到服務提供者部署策略和設備選擇的影響。

為了實現所需的節能效果，從頻譜演進計畫和網路現實評估中獲得的洞察將是評估最佳無線解決方案的關鍵所在。我們可以幫助服務提供者評估並選擇最優的無線解決方案，為規劃時間內的預期流量增長提供支援。精準構建5G可以節約整個網路的功耗，並降低總體擁有成本 (TCO)。

在全國部署5G

在5G中高频段細胞構建無線網路，輔之以愛立信產品組合的獨特功能，為5G業務推出的可持續性提供全面支援。自2015年以來，所有愛立信無線系統 (ERS) 設備均已支援5G。愛立信頻譜共享功能 (ESS) 使電信業者能夠在當前的2G、3G或4G頻段中快速引入5G，以實現5G的全國覆蓋，而無需添加新的能耗硬體。ESS與5G雙連接和載波聚合相結合，還增加了5G中高频段細胞的覆蓋範圍 (圖8)。

若要部署獨立組網的5G網路，5G核心 (5GC) 網是唯一的選擇。通過愛立信的雙模5G核心網，服務提供者可以將當前的演進分組核心網 (Evolved Packet Core networks) 高效地升級為全面的5G核心網。服務提供者可以利用現有網路基礎設施 (從2G到4G) 在廣泛的區域內啟動5G業務，並根據自己的需求來擴展

覆蓋範圍，這也等於還利用了之前的頻譜投資。因此，服務提供者可以提供5G商用服務，無需高昂的總體擁有成本即可轉向獨立5G。

零接觸優化網路

我們的自組織網路 (SON) 優化管理器解決方案通過優化服務提供者的工作來保障最終用戶體驗，同時優化了效能，主要通過提供細微性更細的網路性能資訊，並利用機器學習預測覆蓋範圍和容量來實現。自組織網路優化管理器在考慮效能的同時提出了一些網路改進建議。此類資料和洞察可說明服務提供者就需要在何處添加網路做出明智決策。資源使用更加均衡，網路根據平均網路負載進行規劃，而不是根據峰值負載。

我們的自組織網路可將流量負載分發性能提升20%左右，從而大幅節約能耗。

圖8：將5G中頻與低頻的愛立信頻譜共用功能整合在一起

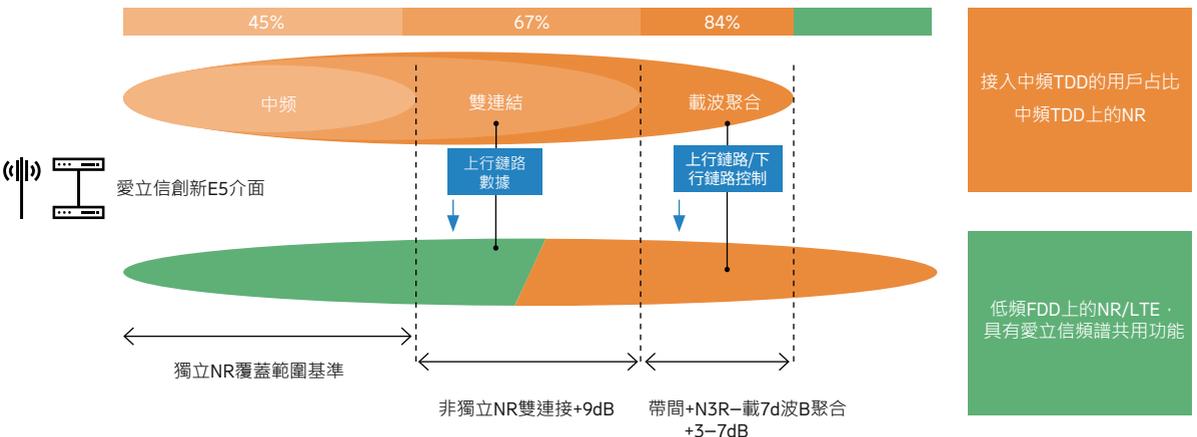
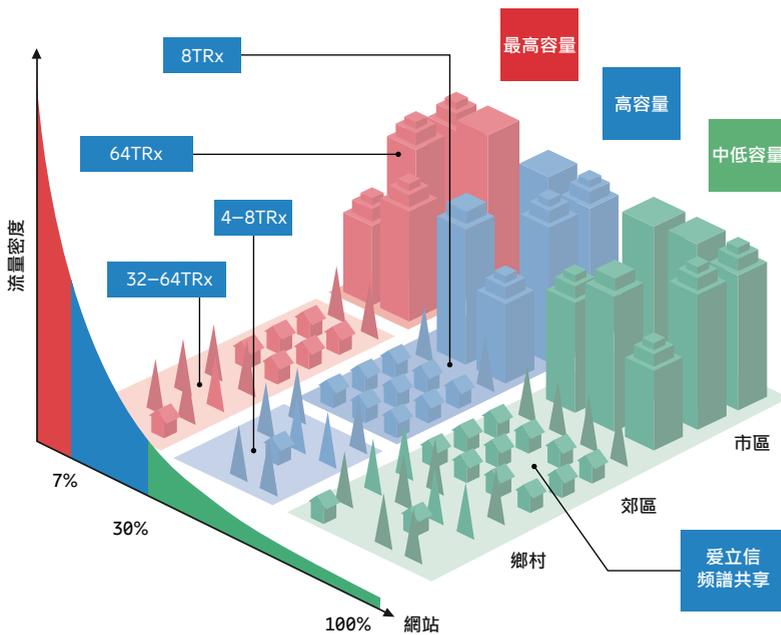


圖9：精準建構5G，優化總體擁有成本



引入靈活性

我們擁有各種各樣的無線接入網（RAN）產品組合，使您可以靈活地選擇能耗更低但又能滿足各個網站的流量和覆蓋範圍需求的無線模型。

我們的工具展示了行動寬頻容量如何隨著預期的流量增長，可以評估城市、郊區和鄉村的流量特徵（圖9）。服務提供者需要根據網站

的需求增長曲線規劃解決方案的技術容量。

對於大型MIMO（Massive MIMO），功耗隨天線集成無線設計中包含的無線單元和發射器數量按比例增加。因此，部署適當的5G無線基站網站配置對於以較低的TCO滿足性能要求並節約能源至關重要。例如，根據流量負載的不同，64T64R大規模MIMO天線集成

無線單元的能耗比32T32R版本的相同天線集成無線單元高20-100%。

此外，在容量需求較低的地區，具有2至8個天線分支的5G射頻拉遠基站將非常適合，能以更低能耗提供相同的最終用戶峰值速率。

瞭解這些情況有助於服務提供者在靈活部署5G方面做出更好的決策。

客戶案例：精準建構5G網路

韓國SK Telecom

挑戰

- 在滿足客戶對資料速度和覆蓋範圍期望的同時，經濟高效地部署5G

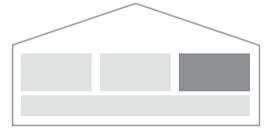
解決方案

- 我們採用精準的方式構建5G
- 三種不同的3.5GHz無線配置，以匹配每個網路無線網站的容量和覆蓋範圍要求：
 - 64T64R大規模MIMO無線單元
 - 32T32R大規模MIMO無線單元
 - 4T4R無線單元

影響

- 實現5G的預期速率
- 減少資本支出和運營支出，同時滿足服務要求
- 與部署64T64R相比，節約了能耗：
 - 32T32R無線單元 – 節約45%的能源
 - 4T4R無線單元 – 節約60%的能源

智慧運營網站基礎設施



網站流量的增長不僅需要更多現場設備，還需要複合功能。

網站容量的增長將需要集成更多設備。網站電源預算和空間通常非常有限，因此需要緊湊且節能的解決方案。此外，網站還應該採用高效、環保的技術。

隨著現場需求和複雜性的日益增加，服務提供者面臨的挑戰更加嚴峻。其中，運營效率的降低、“被動式” 基站系統資料的碎片化以及缺乏針對所有基站的大局觀是急需解決的迫切問題。

我們使用自動化和人工智慧技術，可通過網路運營中心（NOC）或現場的平板電腦、智慧手機或筆記型電腦查看，從而實現智慧基站能源管理。使用全天候資料獲取點，服務提供者不僅可以實現預測性維護，還能降低運營和維護（O&M）成本、碳排放和基站功耗。

智慧互聯基站將基站單元以數位方式集成在一起

具有智慧機櫃的愛立信智慧互聯站點（圖10）是一種智慧且統一的基站數位化方式，可以對所有基站設備進行遠端控制和監視。視覺化可以在網路、基站和機櫃級實現，還可以從網路運營中心或到現場實地訪問。

智慧互聯基站將被動式基礎設施的各種測量和告警與主動式系統（無線電、基帶和傳輸）的資料整合到一個運維工具：愛立信網路管理器（ENM）系統，實現自動化和人工智慧資料獲取和基站資料分析，因此服務提供者可以通過即時洞察和控制更有效地管理網路。服務提供者還受益於更智慧的基站管理，獲得有關可用性、容量、網路性能和能源管理的全天候資訊，以及對網路穩定性實施前所未有的控制，從而大大降低了生

命週期成本、實地檢查次數以及能耗指標，同時提高了網路品質。

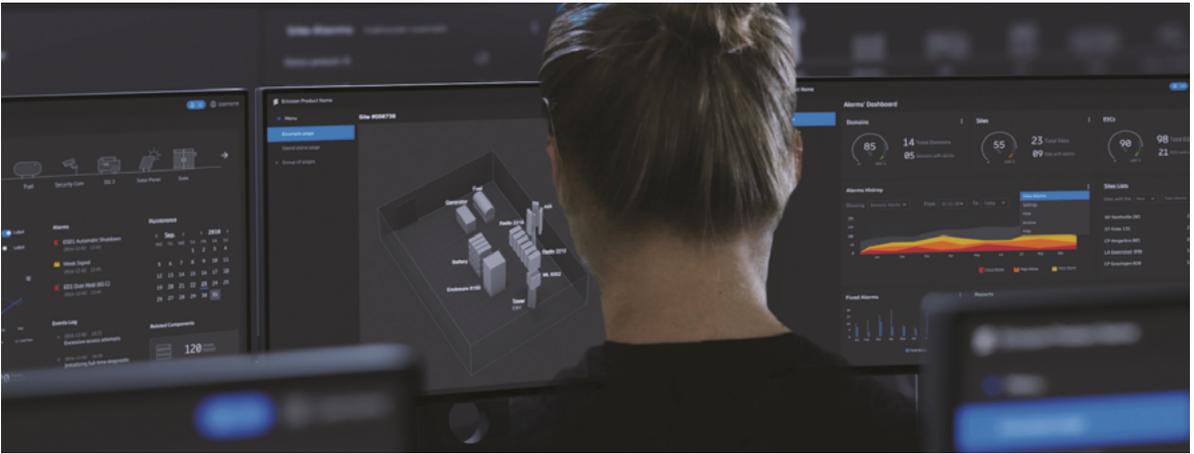
人工智慧驅動的基礎設施運營

我們的能源基礎設施運營（EIO）是資料驅動的服務，可降低能源相關的運營支出和資本支出，並提高運營效率，大幅減少碳排放。

能源基礎設施運營需要多家供應商協作，專注於利用被動式基礎設施以及現場的主動式無線傳輸設備提高效能。儘管有許多可優化主動式基站單元（即無線設備）的功能，但支援愛立信無線接取網路（RAN）的被動式單元往往被忽略，而它們可能占整個基站功耗的50%以上。

圖10：愛立信智能互聯基站概述





在網路運營中心查看智慧網站。

因此，我們開發了能源基礎設施運營解決方案作為端到端能源管理解決方案，以利用人工智慧和資料分析來解決和管理影響基站能耗的所有基站單元。

該產品基於來自愛立信智慧互聯基站智慧機櫃或單獨部署的基站控制器的資料，同時連接到所有相關的被動式基礎設施（電池、柴油發電機、整流器、暖通空調、太陽能等）。這使得所有基站單元都可見、可測量和可控制，並最終實現遠端智慧基站管理。能源基礎設施運營解決方案採用人工智慧，已成功用於30多個全自動效能管理案例：

- 收集並測量所有相關的被動式和主動式基礎設施資料
- 即時主動地進行分析
- 根據豐富的告警和性能測量自動啟動故障單和工單

能源基礎設施運營解決方案還提供建議，以提高基站效能、優化基站訪問、改善網路性能，並最終顯著降低基站的總體擁有成本。該解決方案採用獨特的創新商業模式，可通過節約總體能耗來實現價值，具有極其誘人的投資回報率。

我們的服務產品可能帶來以下好處：

- 減少約15%的能源運營支出
- 減少約15%的無源基礎設施基站訪問
- 減少約30%的運行中斷

我們的能源基礎設施運營解決方案不受供應商、設備和技術的限制，這意味著，服務提供者可能未在網路中安裝我們的設備，但該能源基礎設施的運營解決，也能為服務提供者所用。

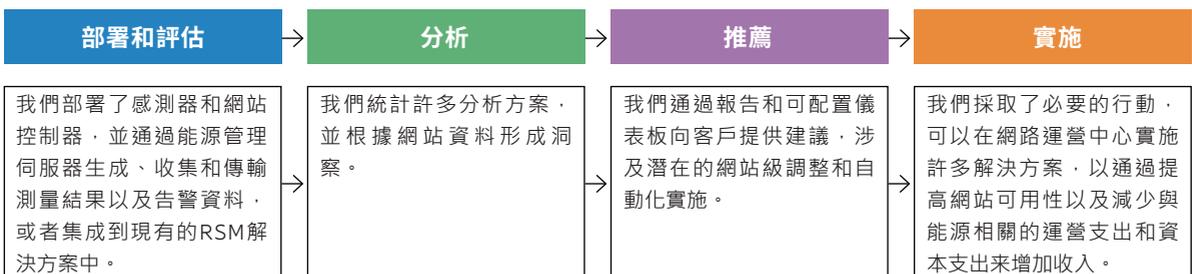
能源基礎設施運營解決方案試點

能源基礎設施運營解決方案已在歐洲、亞洲、中東和拉丁美洲的客戶中試用過，目前已在緬甸 Telenor 的網路中使用。

> 50%

支援被動式接入網的被動式元件可能占網站總功耗的50%以上。

圖11：愛立信能源基礎設施運營解決方案概覽



關於愛立信

愛立信致力於協助通訊服務供應商發揮完整的連結價值。公司旗下產品組合範圍跨足網路、數位服務、管理服務以及新興業務等，旨在協助我們的客戶提升效率、加速數位化，並為企業開拓新的營收來源。愛立信藉由持續投資於創新通訊和行動寬頻服務，造福全球數十億人口。愛立信在斯德哥爾摩的納斯達克OMX證券交易所和紐約的納斯達克上市。更多訊息請見：www.ericsson.com

更多資訊請訪問 www.ericsson.com

歡迎關注

愛立信通訊櫥窗粉專



更多資訊，請前往

<https://www.ericsson.com/zh-tw/about-us/company-facts/ericsson-worldwide/taiwan>

©台灣愛立信版權所有 2020