

打破能耗 曲線的路徑

打造淨零未來的關鍵模組



[ericsson.com/
breaking-the-energy-curve](https://ericsson.com/breaking-the-energy-curve)

前言



Fredrik Jejdling
全球執行副總裁暨
網路事業群負責人

社會各界必須攜手並肩共同應對全球氣候和能源挑戰。淨零計劃 (Net Zero) 是氣候行動的「北極星」，而行動網路將是業界應對上述挑戰的關鍵。打破行動網路的能耗曲線有助於減少能耗、降低成本和環境影響。

愛立信設定了到2040年實現整個價值鏈淨零排放的目標。2030年要實現的第一個重大里程碑目標是將供應鏈和使用中的產品組合的排放量減少50%，同時在愛立信自身的活動中實現零排放。

上一份報告聚焦如何在從4G網路向5G網路轉移的過程中實現節能，之後我們一直在積極學習和探索。

我們提供解決方案增強網路的永續性，幫助網路提高能源效率並整合再生能源，同時透過創新持續提高網路性能，加快在各地全面建設5G的步伐。

舉例來說，我們的目標是在2021至2025年間將標準新站點的能耗減少約40%，再加上行動網路向使用再生能源轉移，每站點的二氧化碳排放量可減少約70%。

愛立信在規劃、部署和營運網路方面經驗豐富且高瞻遠矚，以性能為先，並可幫助客戶節省能源和成本。

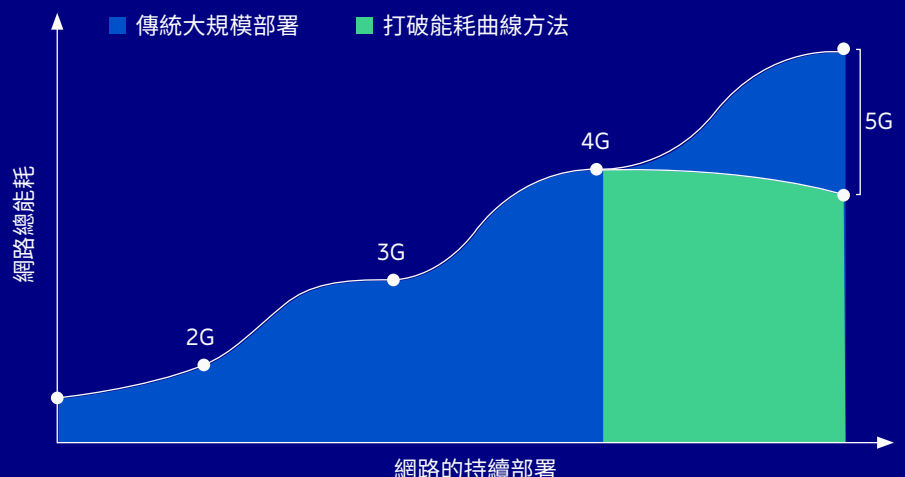
5G時代已經到來，5G連網不斷擴展，節能和面向未來的產品組合的優勢愈來愈明顯，但僅靠它本身還不足以大大降低整個行動網路的能耗。

我們不能繼續採取“一如既往”的做法，要實施更廣泛的網路變革和現代化，而不是零碎片段的置換。我們應利用最新的技術，充分發揮節能功能的效用，並認真思考能源問題

簡言之，我們需要換一種思路。

愛立信在規劃、部署和營運網路方面經驗豐富且高瞻遠矚，以性能為先，可幫助客戶節省能源和成本。我們從全域出發綜觀網路演進、擴展和營運，不斷改進我們的方法，打破行動網路能耗的上升軌跡。

圖1：打破行動網路的能耗曲線



賦能淨零

資通訊技術 (ICT) 產業在賦能投資者和監管機構目前要求的關鍵和指數級氣候行動方面扮演決定性的角色，並有望將全球工業總排放量減少15%。來自消費者、客戶和更廣泛的供應鏈的壓力日益增加，催生了這些需求。

為了滿足這些需求並與《巴黎協定》設定的“全球溫度上升幅度限制在1.5°C以內”目標保持一致，企業需要採用全價值鏈方法，根據淨零時程表設定氣候目標，承諾到2030年將總排放量減半，到2050年達到淨零排放狀態。

為了達到淨零目標，需要減少能耗並打破能耗曲線。

淨零碳排

淨零碳排描述的是這樣一種狀態，即排放了多少溫室氣體，就要從大氣中吸收相同量的溫室氣體。作為ICT氣候行動的「北極星」，國際電信聯盟 (ITU) 的淨零標準為ICT企業制定淨零目標和戰略提供了路徑，並為ICT產業提供了實現這些目標所需的行動。

ITU淨零標準既整合了ITU制定的ICT產業脫碳路線，又符合愛立信打破能耗曲線的藍圖，ICT企業遵循這些標準，可透過以下方式實現重要的2030年中期目標：

- 減少和避免排放，例如減少能耗
- 轉換到100%再生能源
- 根據ITU標準，透過永久性碳移除消除少量殘餘的化石燃料排放

想在2050年前實現淨零，除了提高能源效率外，還需要採取其他行動，包括減少產品開發環節的隱含碳、使用回收材料、增加資



源循環和減少軟體的碳足跡，以及制定供應鏈目標和建立合作關係，量化對其他領域的商業影響。單靠提高能源效率無法實現淨零目標。

愛立信的研究表明，行動網路約佔全球碳排放量的0.2%，約佔全球用電量的0.6%。對行動網路的需求將持續增長，如不採取行動，能耗和相關排放也將隨之增加。然而，能耗增加與其說是由於用戶數增加和流量增長，不如說是為了使支援多代行動網路的人口覆蓋範圍不斷擴大，而需要部署新頻段和網路設備。這是一個重要領域，業界在該領域大有可為。

宣導再生能源

為了達到淨零目標，需要減少能耗並打破能耗曲線。愛立信的研究表明，能耗佔電信商營運支出 (opex) 的20-40%，如果整個ICT行業轉向再生能源來滿足其所有電力需求，那麼碳足跡可減少80%。

愛立信的研究表明，行動網路約佔全球碳排放量的0.2%，約佔全球用電量的0.6%。

0.2%

隨著行動網路處理的數據與日俱增，現在有難能可貴的機會可應對碳排放挑戰。雖然愛立信一直致力於改善網路的能耗表現，以達到淨零排放，但電信商也需要轉向再生能源—現在就要開始行動。全球各地的電信商紛紛表示，能耗和永續發展標準對採購決策非常重要。減少能源需求（也就是減少能耗）將鼓勵再生能源生產，這也是簡化向再生能源轉移的重要一步。

愛立信打破能耗曲線的方法 持續在演進

雖然從全球角度來看，行動網路對用電量和碳排放的影響較小，但能耗和成本以及碳足跡理所當然地成為了我們行業面臨的最大的挑戰，究其原因，主要是因為網路容量需要繼續擴展，以滿足指數級的流量增長。

每個電信商都有自己的網路演進目標。然而，電信行業已經無法繼續沿用十年前的方法。愛立信發現，在全球範圍內，電信商在是否啟用節能軟體解決方案這一問題上猶豫不決，可能是因為他們認為這樣做比較複雜，也可能是顧慮對傳統網路性能指標的潛在影響。然而，要“打破能耗曲線”，我們必須搞清楚如何規劃、部署和營運行動網路。

自本報告上一版發佈以來，全球已部署了200多個5G商用網路。隨著我們向2025年邁進，愛立信認為，5G將繼續擴大規模，同時網路總能耗也會不斷降低。我們將我們的方法簡化為3個核心要素：

永續的網路演進

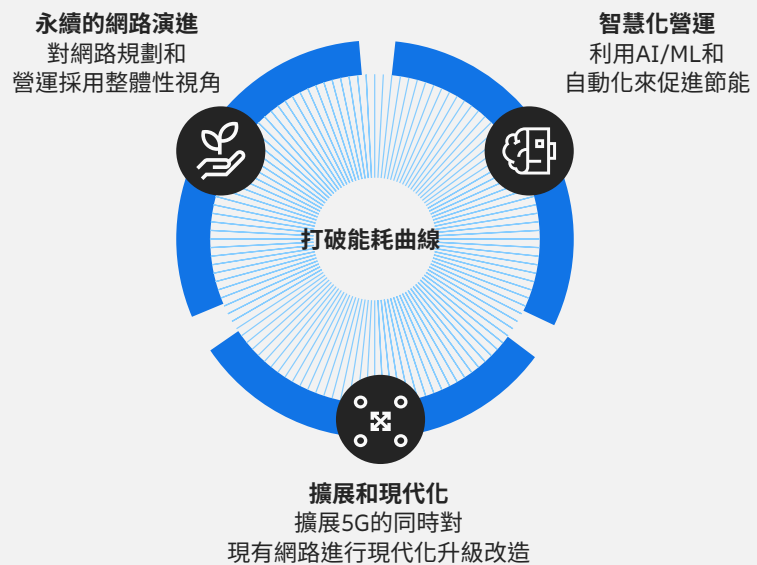
許多電信商目前已在營運5G網路，並進入了擴展階段，我們的洞察可對他們有所幫助，同時，我們將不斷提升產品的能耗表現。

網路規劃和營運需要不斷發展，以滿足以盡可能低的能耗實現業務目標和永續發展目標的需求。電信商應採用涵蓋了所有方面（包括對組織目標和網路現狀的評估）的整體性視角的工作流程，並據此制定網路演進計劃，為實現預期結果奠定基礎。

擴展和現代化

實施永續的網路演進計劃，逐步擴展5G，同時以此為契機，對現有網路進行現代化升級改造，從而降低能耗和碳排放。

圖2：愛立信的打破能耗曲線方法



使用新的5G解決方案擴展站點通常涉及部署新的頻段，這需要添加更多設備。為了避免增加能耗，需要對現有設備進行現代化升級改造。這是改變行動網路能耗軌跡的關鍵。綜合考慮投資和營運成本，我們新一代多頻及陣列天線 (multi-input multi-output, MIMO) 無線基地台和基頻可幫助電信商降低能耗，大大降低其未來的能源成本和總體擁有成本。

智慧化營運

由於流量每天都在變化，電信商有必要使用節能應用軟體來調整行動網路的容量以滿足使用者需求，並支援以最低能耗提供最佳用戶體驗。

這可以透過一系列工具和應用能力來實現，包括最新的人工智慧和機器學習 (AI/ML)，以及有助於減少技術複雜性的自動化解決方案。愛立信已經做好了充分的準備，能夠透過零接觸解決方案和預測性能耗管理解決方案支援電信商將能耗和碳排放保持在最低水準。

愛立信建議精確地規劃、部署和營運行動網路。遵循這三個步驟，便有望打破行動網路的能耗曲線。

永續的網路演進

對企業目標和網路現狀採用整體性視角，據此實施網路規劃和營運，幫助企業實現業務和永續發展目標。

為了營運永續網路同時滿足業務和營運目標，需要從整體角度出發考慮網路演進規劃。

事實上，企業內的組織通常有不同的指導目標，因此需要一個整體視角的工作流程。電信商可能遇到衝突的傳統領域包括網路KPI（圖3中藍色框）、用戶體驗（紫色框）、資本支出和營運支出（黃色框）以及能源成本（綠色框）等目標。

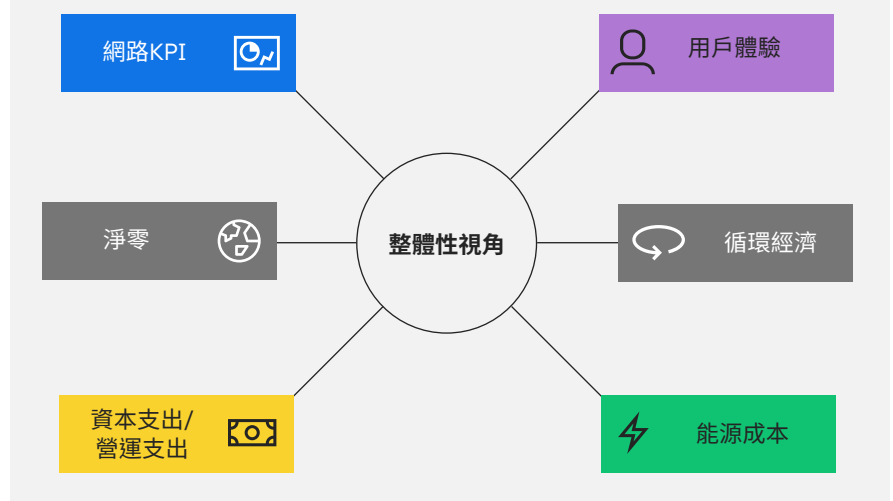
在大多數情況下，營運部門衡量傳統的網路KPI並將其用作獎勵指標。如今，強大的無線網路基於數據傳輸，在本質上與支援2G和3G網路上的電路交換語音的網路截然不同。我們認為，將對網路性能的關注擴展到用戶體驗及其與能耗的關係，將帶來最佳化無線存取網(Radio Access Network, RAN) 能源效率的新機會。

愛立信提供諮詢服務，幫助客戶部署和最佳化能源效率功能，同時實現節能並平衡對網路KPI和用戶體驗的潛在影響。

網路演進的整體性解決方案

網路表現有許多指標，可透過這些指標觀察到某些網路特徵的微小離異值，這些離異值從終端使用者的角度看則極不明顯。如果僅依據傳統的網路性能指標對網路工程師進行評估，將對內部啟動可降低能耗功能的意願產生阻礙。電信商需要一種方法來決定如何以最佳方式營運網路，同時引導未來的投資，從而隨著時間的推移降低總體擁有成本(TCO)。

圖3：實現業務和永續發展目標的整體性方法



隨著越來越多的電信商致力於實現淨零目標，並專注於管理能源成本，複雜性也相應地增加了。通常，電信商還希望增強循環經濟，例如延長硬體使用壽命。因此，需要與預先設定的企業目標一致的觀點驗證和計劃。

除了傳統的「電信價值」（如性能或覆蓋範圍），環境永續性也是消費者考慮的一個要素。

為了實現永續發展目標，上述傳統領域也要採用新的整體性視角，以打造從企業整體角度而言最高效的解決方案。這必須將組織目標放在一起進行評估，從業務和環境兩個角度發掘全部潛力。

我們建議網路規劃涵蓋核心網路、傳輸網路和無線存取網設備以及站點設備（包括電力系統和能源）的所有方面。永續的網路演進還要考慮利用再生能源（如風能和太陽能），以及用於儲能的高容量電池。

以RAN能源效率為第一要務

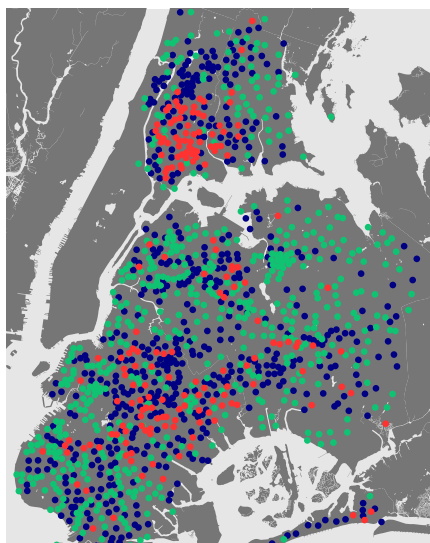
RAN的本質是提供全國覆蓋和服務容量。由於單個無線基地台提供的覆蓋範圍和容量有限，電信商需要部署成千上萬個無線站點才能實現全國覆蓋，通常是核心網路節點數量的10,000倍以上。因此，RAN及其主動和被動設備占電信商網路能耗的75%以上。電信商將繼續以RAN能源效率為第一要務，因為這是既控制能耗又提供卓越的用戶體驗的唯一方法。

透過能源測量可發現節點層面所有RAN硬體的實際能耗，並為未來的行動建立良好的基準。

圖4：網路情況

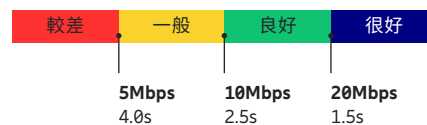
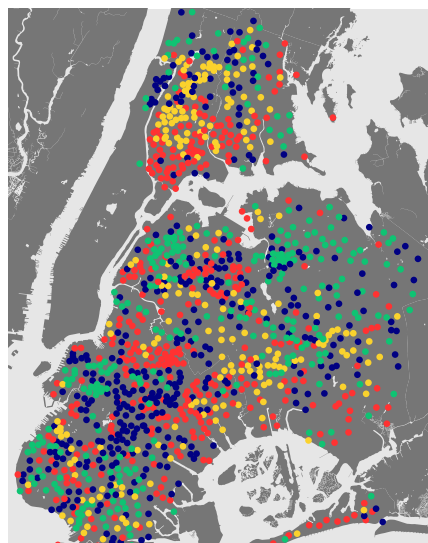
流量區間 (總數據量的百分比)

● 25% 高 ● 50% 中 ● 25% 低



用戶體驗

● 較差 ● 一般 ● 良好 ● 很好



“一鍵”傳輸資料量
內容到達時間
(Time-to-content, TTC)

電信商可以根據給定網路中站點的
流量情況最佳化站點建構和節能
策略。

我們長期以來一直使用能耗表現來衡量能源效率。我們探索“預期表現”和“能耗”之間的關係，可以發現在群集或站點層面存在的偏差。當在群集中執行不同的活動時，我們會觀察到能耗表現是如何隨時間變化的。

站點流量和用戶體驗

每個站點在網路群集中都有特殊的角色。為了更好地了解網路以及每個站點與整體網路性能之間的關係，建議在負載最高的時段觀察網路狀態，以確保發現潛在的容量瓶頸。如果目前沒有內部流程來觀察網路情況，愛立信建議觀察以下兩個方面：每站點的流量和每站點的用戶體驗。這兩項指標可共同說明電信商發現有價值的洞察。透過使用易於理解的視覺圖，電信商可定義網路部署和營運策略，例如建議如何更精確地應用節能軟體功能。

由多個物理站點組成的任何網路都遵循一個類似的站點流量負載分佈。愛立信建議將站點(或扇區)分為三個流量區間：

- 紅色流量區間囊括負載最高的站點，占網路總流量的25%
- 藍色流量區間囊括了提供佔總流量50%的站點(紅色和藍色一起表示提供了75%網路數據流量的站點)
- 剩餘25%的網路數據流量由綠色流量區間表示，這些站點負載較低

探索網路現狀

網路中不同節點在不同時間的流量負載是不一樣的。透過對基地台和部署的頻段進行適當的規模度量(dimensioning)，並使用軟體根據流量調整功耗，可以實現節能。本研究的一個重要發現是確定「最有價值的站點」(圖4，左圖，紅色和藍色流量區間)，並確保使用高效的網路設備運行這些站點。

電信商還需要瞭解終端使用者對網路性能的體驗如何。從使用者的角度來看，最重要的是要有可靠的最低性能表現。愛立信的研究表明，當承載大部分網路數據時，

觀察下行鏈路(DL)速度可反應用戶體驗。這些觀察結果可以稱為「內容到達時間」(Time-to-content, TTC)，因為它代表了用戶到達其目標內容所需的時間。愛立信已經開發了特定的觀測計數器，以便於數據提取。當站點回報DL速度低於最常見應用程式下載的預設閾值時，我們會對站點(或扇區)進行分級以確定改進區域。這樣有助於瞭解當前網路的總體狀態，並引導營運部門降低能耗。透過流量區間(圖4，左圖)，我們可以找到流量較少的站點(綠色站點)。通常，50-70%的站點屬於綠色流量段。如果將這些站點與使用者體驗觀察結果相關聯(圖4，右圖)，我們可以看到這些站點在繁忙時段表現出色，表明這些站點在已活化頻段和已部署無線單元方面存在部署過度。這展示了如何識別可應用擴展節能設置的站點，例如將硬體的某些部份建置於睡眠模式或關閉無線基地台。

有了永續網路演進計劃，可利用網路觀測結果保證流量性能，並定義針對不同網路群集和站點的不同節能營運策略。

總而言之，升級網路演進計劃是打破能耗曲線方法的基礎。

擴展和現代化

在擴展5G時，對現有網路實施有效的現代化升級改造對於減少行動網路的總能耗至關重要。

為了在擴展5G時降低能耗，對現有設備進行現代化改造至關重要。多頻段技術允許將多個無線單元的功能組合成現有頻段的單個物理單元。透過將更多元件整合到同一無線單元中，可提高能源效率、減少設備尺寸和重量。

隨著新一代多頻段無線基地台的出現，我們可以增加頻段，同時減少無線單元的數量和能耗。由於站點租賃合約通常根據站點規格（單元數、體積和重量）制定，因此建構更緊湊和更節能的站點可顯著降低總體擁有成本（TCO）。然而，目前的挑戰是，電信商控制TCO的預算不盡相同。因此，我們建議電信商將其公司所有成本納入其中，包

括能源成本和站點租金的營運支出，並將其與站點現有基礎設施的現代化相搭配。

透過現代化改造增加更多頻譜

現代化改造既有助於增加頻譜和容量，也能夠減少能耗。愛立信「矽晶片科技」（Ericsson silicon）的進步使愛立信能夠將多個頻段組合成一個遠端射頻單元（remote radio unit）。在本案例中，Radio 6626使一個無線單元能夠取代6個單頻段無線基地台。

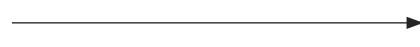
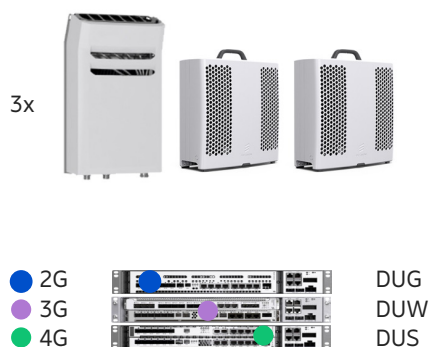
圖5左側的傳統站點有9個使用3個頻段的無線基地台。將這3個基頻相結合，該站點支援2G、3G和4G。該配置被兩個Radio 6626和一個多標準 Baseband 6631所取代。

現代化改造後站點的容量將提高60%，能耗降低50%，無線基地台的重量減半，體積減少三分之一，同時增加一個額外的FDD頻段。它還將在現有頻段上支援5G，同時消除3G。

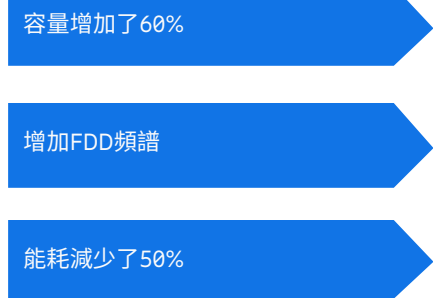
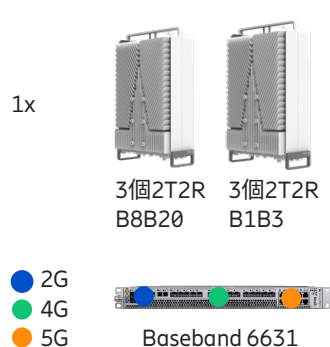
從4G轉移到5G，RAN設備處理要求會顯著增加。能源效率是我們的第一要務—隨著容量需求的增加，它將引導新元件、產品和功能的開發。例如，專門打造的愛立信「矽晶片科技」處理硬體旨在滿足這些性能需求。它在打造高性能和輕量化產品方面發揮著關鍵作用，從2016年到2022年，使產品能源效率提高了10倍。

圖5：站點擴展和現代化改造—添加FDD頻譜

從傳統站點
單頻段2T2R FDD無線基地台



到下一代站點
多頻段Radio 6626 FDD

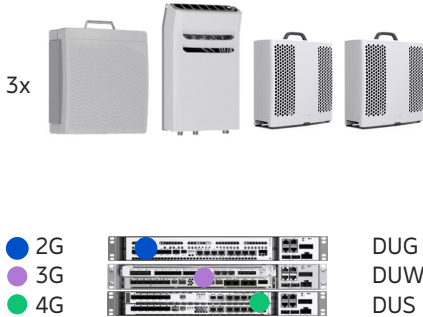


容量	1
能耗 (kWh)	100%
頻譜 [MHz]	900, 1800, 2100

容量	1.6倍
能耗 (kWh)	50%
頻譜 [MHz]	800, 900, 1800, 2100

圖6：基地台擴展和現代化改造——添加5G中頻段和FDD頻譜

從傳統站點
單頻段2T2R FDD無線基地台



容量	1
能耗 (kWh)	100%
每扇區的輸出功率	400W
頻譜 [MHz]	800, 900, 1800, 2100

近年來，愛立信取得重大進展，與前幾代產品相比，大規模陣列天線基地台的能源效率提高了50%，使我們的多頻段基地台的能源效率提高了20%。同時，在提供相同容量的情況下，我們的基頻段比同類競爭產品的能源效率高30-60%。總之，這使我們能夠大幅降低每交付GB的能耗。

新的網路性能需求要求提高頻譜效率和靈活性。大規模陣列天線技術允許電信商在全國範圍內提供強大卓越的5G體驗。

愛立信大規模陣列天線無線解決方案分為三個部分：

- **容量 (Capacity)** 涵蓋容量需求最高的站點，並在所有部署場地提供卓越的性能。
- **覆蓋 (Coverage)** 針對站點間距較大的部署，例如在垂直場域中用戶分佈較少的郊區或農村地區。
- **緊密 (Compact)** 涵蓋部署有限制的站點。它優先考慮總體擁有成本 (TCO)，並確保機械特性符合站點限制，如尺寸和重量。

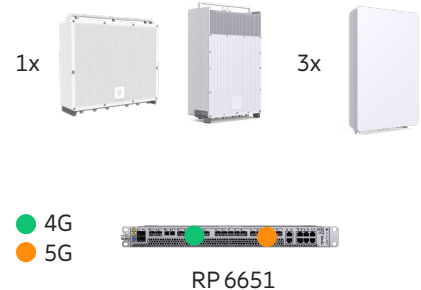
容量增加了10倍以上

添加TDD中頻段

添加FDD中頻段

能耗減少了37%

到下一代站點
多頻段Radio 6646 FDD
多頻段Radio 6626 FDD
Massive MIMO AIR 3268



容量	>10x
能耗 (kWh)	63%
每扇區的輸出功率	680W
頻譜 [MHz]	700, 800, 900, 1800, 2100, 3500

在擴展5G中頻時選擇正確的流量區間可保證最佳的用戶體驗和最佳的能耗。

使用軟體功能以避免增加更多新硬體也相當重要：

- 載波聚合 (Carrier Aggregation) 藉助低頻段擴展了中頻段覆蓋範圍。透過將數據遷移到能源效率更高的5G頻段 (電信商通常有100 MHz的載波)，傳輸每資料位元的能耗可減少為原來的十分之一，同時還可以提升用戶體驗。
- 創新解決方案 (如愛立信動態頻譜共享功能，Ericsson Spectrum Sharing) 使用預先部署的硬體，讓電信營運商能夠在現有4G頻段上部署5G而不損害性能，從一開始就實現全國範圍的5G覆蓋。

增加中頻段大規模陣列天線，對FDD頻段進行現代化改造

在中頻段增加 5G 大規模陣列天線不會增加能耗。

圖6左側的傳統站點有12個無線基地台，支援4個頻段，可支援2G、3G和4G。該配

置升級為兩個多頻段和多扇區無線基地台，以及3個大規模陣列天線無線基地台。在本案例中，Radio 6626是一款雙頻三扇區無線產品，它取代了6個單頻無線基地台，可提供4G容量。Radio 6646是一款三頻三扇區無線產品，將為4G提供覆蓋，同時增加一個新的FDD 5G頻段。最後，AIR 3268是一款超輕量大規模陣列天線無線裝置，適用於新的5G TDD頻段。現代化改造後的站點將有5個無線設備，容量將提高10倍以上，能耗降低約三分之一。這種前瞻性站點配置將以較高的能源效率，大大提高5G覆蓋範圍和中頻段 (3.5GHz) 性能，並擴展獨立組網的部署。

高效的行動網路需要的站點更少，能耗也更少。橫跨更少站點的自動化、最佳化網路減少對環境的影響並降低運行成本。

過去，安排、維護和升級站點需要工程師親自前往站點現場展開工作，交通碳足跡影響較大。現在，透過提高虛擬測試、監測、根本原因分析和遠端升級的自動化水準後，大大減少了在現場花費的時間。

智慧化營運

利用AI/ML和自動化技術，以最少的能耗最大限度地提高已部署硬體的性能。

電信商部署行動網路，以滿足未來三到五年的預期高峰流量需求，每天大部分時間的容量將超過需要的容量。行動網路的流量負載是不斷變化的，例如晝夜差異或細微到毫秒級的變化。我們的節能軟體解決方案利用這些負載變化，全流量和無流量之間的功耗變化高達97% (圖7)。

節能功能和特性適用於所有無線接取技術，並可幫助現有網路大大降低能耗。

我們建議始終啟動毫秒級功能。有些特性會關閉大部分元件或設備 (如天線分支或細胞)，在單個細胞層級最佳化此類特性可最大限度地減少能耗。然而，我們也注意到，由於擔心對網路性能指標的潛在影響或有效管理這些解決方案會比較複雜，目前電信商在是否在網路中部署這些解決方案這一問題上猶豫不決。

為了充分利用節能功能，我們必須轉變行動網路的營運方式。既想達成節能目標同時又期望最佳化用戶體驗，則需要電信商仔細管理網路性能和節能措施。

解決行動網路能源效率難題的一個關鍵是需要瞭解整個網路端到端及其單元 (包括被動和主動站點設施)。被動設施是維持無線站點正常運行的支持生態系統，包括電池、供電單元和溫控單元。

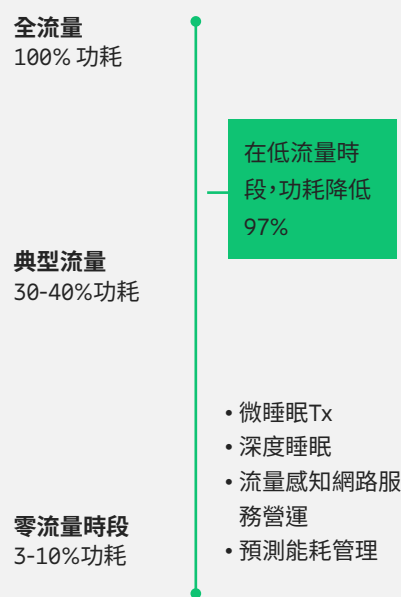
此外，將不同的電源接入被動設施也比較複雜，例如，利用柴油發電機或太陽能電池板可以補充電網電力。這些設施的能耗行為將根據負載和流量趨勢而變化。

要高效地管理行動網路，我們需要考慮不同地區、群集和站點需要獨特的節能協定這一事實。這要藉助數據、AI和ML簡化各種自動化方案，以轉變網路營運方式。

我們認為，目前要實現永續網路的智慧營運有3個重要面向：

- 最大限度地利用數據提升自動化水準
- 全面開展節能行動，同時保持最佳用戶體驗
- 透過預測、自動化和編排，建構專注於永續營運的平台

圖7：適用於整個產品組合的創新



客戶案例 愛立信攜手Indosat打造更環保的網路

挑戰

- Indosat希望在增加數據流量的同時減少碳排放
- 透過積極推進LTE頻譜遷移和進行愛立信無線系統的現代化改造，打造更加永續的網路

解決方案

- 節能軟體功能的部署降低了總體能耗
- 升級了硬體、軟體和相關服務，以建構模組化RAN
- 使用愛立信能源基礎設施營運方案 (Ericsson Energy Infrastructure Operations, EIO) 高效管理所有能源相關資產

影響

- 該解決方案在雅加達實現了最高的頻譜效率，使用比競爭對手數量更少的站點產生更多的流量
- 與舊設備相比，節省約20-30%的能源
- 在部署了EIO解決方案的站點，能源費用進一步減少了3.6%，二氧化碳排放量減少了4%



1. 最大限度地利用數據提升自動化水準

自動化是網路數位轉型的關鍵。活躍的網路元素已經能夠透過管理介面報告功耗和其他性能數據。然而，被動設施的能耗最佳化往往被忽視，因為用於該設備的能源很難測量和控制。

為了最大程度地利用自動化，我們必須取得數據並對整個站點生態系統進行數位轉型，以實現智慧測量和控制。在被動設施上部署站點控制器、智慧感測器和機櫃可遠端測量和控制電力系統、冷卻系統和再生能源。綜合數據有助於確定站點負載和流量趨勢與被動單元的能耗行為之間的關聯，可以定義和部署每個站點的整體節能措施。

2. 全面開展節能行動，同時保持最佳用戶體驗

將AI和自動化導入行動網路管理領域，將利用網路基礎設施產生的數據，並實現自主最佳化。

根據不斷變化的流量和使用方式進行網路編排提高能源效率，同時提供最佳用戶體驗，這將是關鍵的平衡點；智慧營運將是差異化優勢。

預測性RAN能耗最佳化

根據流量和利用率預測，結合使用者體驗觀察結果，可在無線單元和細胞中實施不同的標準組合商業邏輯。協調節能行動必須考慮到採用不同的無線接取技術和頻段的各地區的流量情況。這對於以較高的能源效率提供適當的覆蓋範圍和容量至關重要。

例如，愛立信預測性細胞能耗管理 (Ericsson Predictive Cell Energy Management) 解決方案基於AI/ML和自動化架構減少了站點層級能耗。該預測引擎辨識哪些RAN可以採取節能措施 (如細胞鎖定、深度睡眠啟動或RAN功能配置)，而不會影響網路品質和用戶體驗。可以針對白天和夜間以及不同的網路群集部署多個標準組和節能閾值。

該解決方案透過客製化的節能措施補充了現有的RAN功能，在網路級別額外減少了2-8%的能耗。在擁有超過3.5億使用者的亞洲一級網路中應用該解決方案，每年可節省1,500萬美元，整個網路的二氧化碳排放量減少10萬噸。另一個例子是愛立信基於AI的陣列天線睡眠模式功能。它在手動設置的基礎上，為同一功能額外節省約5%的能源。然而，由於許多營運部門不會優先考慮手動微調參數設置，簡化啟動方式可增加對陣列天線睡眠模式功能的接受度和使用，這是最大的價值來源。

圖8：AI/ML解決方案及其在網路中的應用

預測性RAN能耗最佳化

利用AI/ML提高RAN性能並最佳化能耗

預測性基礎設施能耗最佳化

利用AI/ML營運每個站點的基礎設施

站點能耗剖析

利用AI/ML實現異常檢測和預測性操作

電源最佳化

利用AI/ML最佳化站點電源和增加投資報酬率 (ROI)

預測性基礎設施能耗最佳化

實現站點基礎設施數位轉型後，我們可利用RAN最佳化的原則，更高效地管理站點中的許多重要單元。我們可以使用AI/ML運行站點的溫控單元，根據溫度趨勢和耐熱因數動態調整冷卻設置。我們可以根据流量負載和使用趨勢以及RAN能耗最佳化措施等，關閉供電機組。與其他可用能源相比，類似應用可最佳化柴油發電機的運行時間。

站點能耗剖析

利用收集的端到端網路數據，可基於流量負載和基礎設施性能建立關聯，用於對類似站點的能源效率進行基準測試並預測異常情況。

愛立信節點/基地台功耗效率圖 (Ericsson Node/ Radio Power Efficiency Map) 解決方案測量每個站點的能源效率，並根據規模度、硬體、軟體和射頻對每個站點進行分析，以詳細瞭解能源效率低下的根本原因。我們的能耗剖析 (Energy Profiling) 使用預測模型，根據站點控制器提供的AC和DC電錶數據的趨勢分析識別異常情況。

電源最佳化

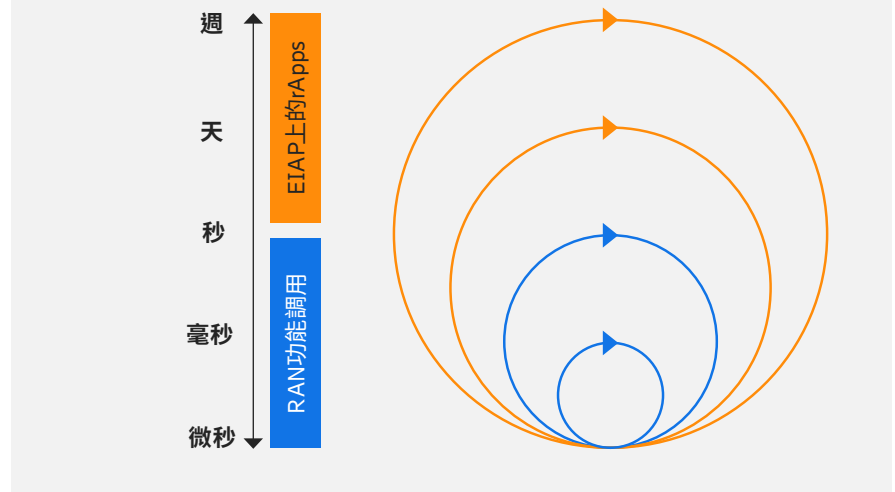
ML演算法有助於提升高容量鋰電池或再生能源的利用率，而不是依賴電網或燃料能源。

例如，愛立信基礎設施營運電源最佳化 (Ericsson Infrastructure Operations Power Source Optimization) 解決方案使用AI/ML根據成本、負載和能源可用性趨勢 (包括站點電池自主檢測) 預測站點的最佳可用能源。這減少了高費率區間的電網使用、柴油發電機運行時間，並提高了再生能源的投資回報率。

3. 借助預測性、自動化和協作能力，建構永續營運的平台

展望未來，通用服務管理和協作 (Service Management and Orchestration, SMO) 平台與一系列強大的永續性自動化應用的使用將大大增加。

圖9：RAN自動化的控制迴路



借助我們的SMO和愛立信智慧自動化平台 (Ericsson Intelligent Automation Platform, EIAP)，我們擴展了rApp-RAN 自動化應用，除了開放式RAN (Open RAN) 和雲端化無線存取網路 (Cloud RAN) 外，還將對現有的特製4G和5G RAN網路進行自動化。

我們正在加快rApp的研發，以提高網路演進、網路部署、網路最佳化和網路修復方面的營運效率和網路性能。這些rApp支援認知型、基於AI/ML的強大的自動化應用，可大幅降低能耗和減少碳排放。我們的解決方案涵蓋快速和慢速控制迴路場景，使用實例包括可作為無線產品、網路服務、rApp或兩者的組合。目標是透過在兩個控制迴路中執行AI來提高效率和性能，我們可使用集中式自動化功能，透過預測模型借助rApp實現複雜的決策，並輔以RAN層級分散式自動化功能，這些功能可以即時執行 (見圖9)。

隨著越來越多的數據和測量來自電信網路，AI和自動化將有能力實現高影響力的節能和減排機會。透過分析與流量模式、即時需求和網路資源可用性相關的大量數據，可以快速、自動地做出決策，從而使許多案例能夠達到所需的效率。使用AI和自動化對應用和商業邏輯進行持續創新，將使未來的網路更具永續性。

客戶案例 愛立信攜手德國電信 (DT) 朝向永續5G邁進

挑戰

根據再生能源的消耗和使用增加情況，確定並驗證成本和能源效率解決方案

解決方案

- 在Dittenheim站點增加一台風機，該站點已經部分採用太陽能電池板供電
- 整合燃料電池等其他能源，儘快取代應急用的柴油發電機

影響

- 風機可提供高達5千瓦的額外電力，作為另一種再生能源的來源
- 初步測試顯示，在風大的天氣，風機可產生比站點營運所消耗的能源還要更多的再生能源

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、雲端軟體與服務、企業無線解決方案、全球通訊平台以及新興業務等，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。

更多資訊請造訪：www.ericsson.com