



[ericsson.com/  
mobility-report](https://ericsson.com/mobility-report)

# 愛立信 行動趨勢報告

2023年11月

# 發行人的話

## 5G獨立組網開啟新的機會

5G 的強勁發展不斷刷新記錄，2023 年全球 5G 用戶數增加了近 6 億，顯示即使在經濟困境和地緣政治動亂的背景下，人們對高性能連結的需求依然強勁。

目前部署的網路大多是 5G 非獨立組網，但越來越多的電信商 (CSP) 正在轉向 5G 獨立組網 (SA)。5G 獨立組網 (以下簡稱 5G SA) 為消費者和企業開闢了更多的可能性實現新的和更具挑戰性的應用案例。只有採用獨立架構，才能實現有限時延、更高速度、更大容量或網路切片優勢的 5G 案例。目前為止，已有 40 多家電信商在公共網路中部署或推出了 5G SA。5G 的部署還有很長的路要走。要獲得完整的 5G 體驗，需要進一步增加 5G 中頻網站的密度。到 2023 年底，預計全球 30% 的現有 4G 站點將部署 5G 中頻。

在本期《愛立信行動趨勢報告》中，我們將深入分析中頻 5G SA 在印度的大規模部署，電信商正探索利用 5G 技術為消費者和企業創造新的價值和機會。

行動網路需求的主要驅動力仍然是數據流量的不斷增長。由於人們大部分時間都在室內，室內場所也成為了流量的主要來源。為了讓用戶享受到完整的 5G 體驗，就有必要將 5G 中頻信號覆蓋擴展到室內環境。本期報告探討了室內連結需求如何推動提升網路性能的需求。

在製造業，無線連接正成為影響生產線產能的關鍵因素，因為工廠流程無法承受間歇性的網路中斷或無覆蓋區域。為此，我們探討了 5G 如何使現代超級工廠和綠色鋼鐵廠能夠靈活地應對快速變化和重新分配工廠資源。

我相信這份報告對您十分有幫助，除了探索 5G 不斷演進的趨勢，同時能夠為您提供有用的洞察。

### Fredrik Jejdling

愛立信全球執行副總裁  
兼網路業務部總經理

## 目錄

### 預測

- 04 2029年5G行動用戶數預計將超過53億
- 05 5G未受到智慧手機市場低迷的影響，滲透率持續上升
- 06 各地區的5G用戶數不斷成長
- 08 深入觀察：非洲撒哈拉以南地區
- 10 行動網路數據量持續攀升
- 11 數據量持續上升，增長率成長趨緩
- 12 5G將佔今年行動數據流量的25%
- 14 上行鏈路流量主要是通訊和雲端儲存服務流量
- 16 利用5G優勢提供行動服務方案
- 18 行動式物聯網連接數量預計在2023年達到30億
- 19 RedCap 5G NR拓展了寬頻物聯網的應用場景
- 20 全球已有50%電信商提供5G FWA服務
- 22 2023年底，5G中頻人口覆蓋率將達到30%
- 23 儘管用戶數和流量增加，ICT產業的碳足跡呈現持平

### 文章

- 25 大規模5G SA部署推動印度數位轉型
- 29 對室內連接的需要推動對增強網路表現的要求
- 33 5G為超級工廠和綠色鋼鐵廠帶來靈活性
- 36 研究方法
- 37 名詞對照
- 38 關鍵數據

**執行編輯：** Peter Jonsson  
**項目發起人：** Patrik Cerwall  
**專案經理：** Anette Lundvall  
**預測分析：** David von Koch  
**編輯：** Steven Davis

### 文章合著者：

Ruchika Batra, Greger Blennerud, Fredrik Burstedt, Anders Carlsson P, Sebastian Elmgren, Josip Jelic, Doroteja Kobescak, Ivan Komljenovic, Fredric Kronestedt, Christian Kuhlins, Per Lindberg, Jun Ying Liu, Nina Lövehagen, Geoffrey Macharia, Jens Malmodin, Jawad Manssour, Seda Onay, Ravi Shekhar Pandey, Tomislav Tolic, Jeff Travers, Björn Trollsås

### 文章作者：

Rajeev Saluja, Radhey Shyam Sarda

# 預測

對5G中頻的關注力度正在增加。隨著多個地區加速推進5G中頻段的部署，預計到2023年底，全球40%的人口將享受到5G網路的覆蓋。5G用戶數在各個地區都呈現出快速增長的態勢，包括本期重點預測的區域非洲撒哈拉以南地區。儘管5G的全球發展強勁，但從本次預測中對資通訊技術 (ICT) 永續性的研究來看，每個用戶的碳足跡維持低水平。

除中國以外的5G中頻覆蓋率已從2022年的10%上升到2023年底的30%左右。

提供FWA服務的電信商中有50%現在提供5G服務。

# 30%

# 50%

預計到2023年底，全球行動用戶數將上升至16億。

# 16億

預計到2029年底，全球每支智慧手機的月平均行動數據使用量將達到56GB。

# 56GB

# 2029年5G行動用戶數預計將超過53億

2023年第三季度，5G用戶數新增1.63億，總計達到14億。

面對全球經濟低迷和地緣政治風險，電信商仍在積極推進5G的部署。目前，全球約有280家電信商推出了5G商用服務，其中超過40家已經部署或開通了5G獨立組網(SA)<sup>1</sup>。電信商為消費者推出最常見的5G服務包括增強型行動寬頻(eMBB)、固定無線接入(FWA)、遊戲和基於AR/VR的服務。

## 北美領先5G用戶數增長

北美地區的5G用戶數<sup>2</sup>繼續保持強勁增長動力，預計到2023年底，該地區的5G用戶滲透率最高，為61%。其次是東北亞地區，5G滲透率為41%，再次是海灣國家合作理

事會(海合會，GCC)，為34%，之後是西歐，為25%。印度的5G用戶數增長也高於預期，預計到2023年底，該國的5G普及率將達到11%。到2023年底，全球5G用戶數預計將達到16億，佔行動用戶總數的18%。

到2028年，5G將成為佔主導地位的無線接入技術。預計到2029年，全球5G用戶數將超過53億，佔當時行動用戶總數的58%。預計到2029年，北美和海合會國家的5G普及率最高，為92%，其次是西歐，為85%。

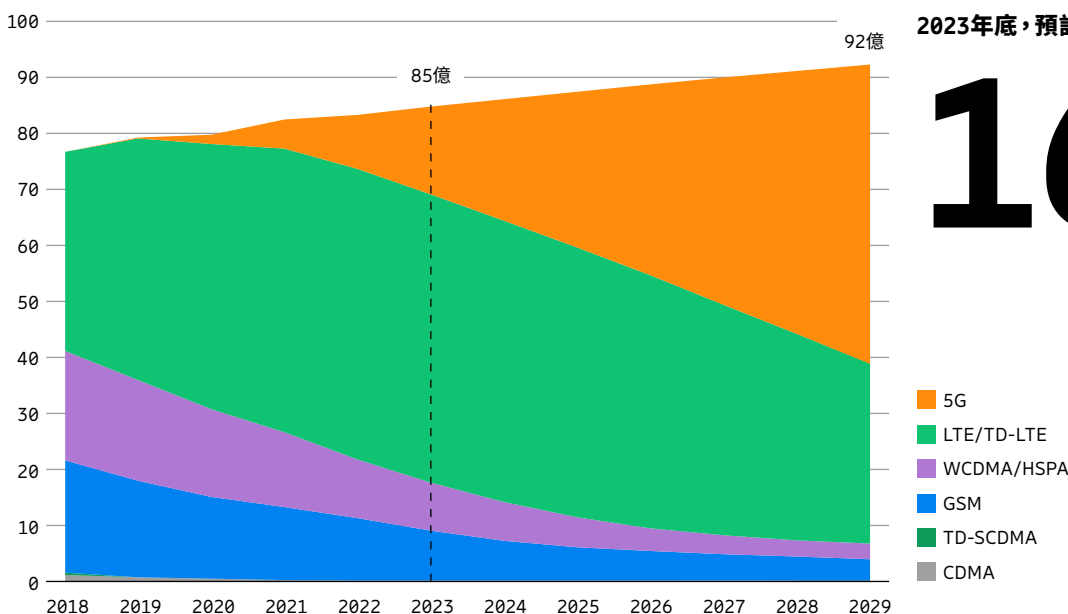
4G用戶數在2023年第三季度繼續增長，新增600萬，總數達到52億，創下歷史新

高。4G普及率目前正處於高峰期，但隨著用戶轉移到5G，4G用戶數將逐漸減少，預計到2029年底，將降至32億左右。

本季度，3G用戶數減少了6100萬，而僅使用GSM/EDGE的用戶數減少了5500萬，其他技術<sup>3</sup>減少了約200萬。

中國是本季度新增用戶數最多的國家，增加了1300萬，其次是印度，增加了1200萬，然後是美國，增加了300萬。

圖1：按技術區分的行動用戶數(億)



2023年底，預計5G用戶數將達到16億

# 16億

<sup>1</sup> GSA和愛立信(2023年11月)。

<sup>2</sup> 根據3GPP第15版的規定，如果用戶使用的裝置支援新版無線電接入標準(NR)並且能夠連接到5G網路，則將其計為5G用戶數。

<sup>3</sup> 主要是指CDMA2000 EVDO、TD-SCDMA和Mobile WiMAX。

# 5G未受到智慧手機市場低迷的影響，滲透率持續上升

5G在整個智慧手機市場佔有率繼續增加。5G終端裝置能夠支援新的網路功能，為用戶帶來超越行動寬頻的多樣化服務。

## 5G的普及率仍不斷成長

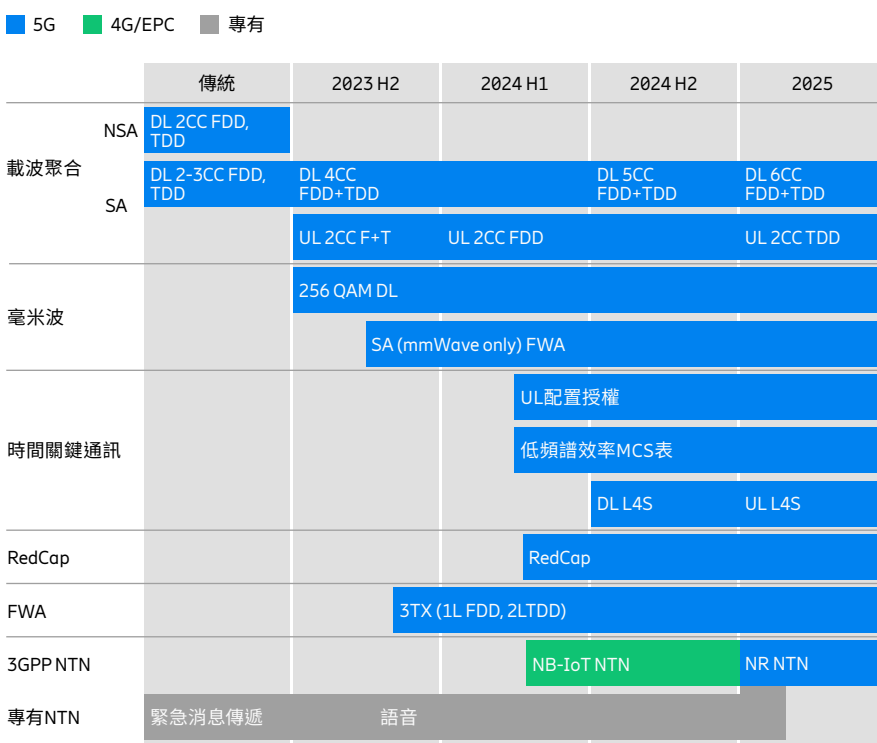
- 2023年初，智慧手機市場經歷了一段低迷期，但在第三季度出現了復甦的跡象，出貨量僅下降了1%<sup>1</sup>。
- 5G智慧手機型號的推出數量超過了1000款，其中2023年迄今就有240多款問世。
- 5G的佔比在出貨的智慧手機中持續上升，預計在2023年將達到62%，而2022年這一數字為57%<sup>2</sup>。
- 可折疊手機出貨量在2023年上半年度年增長了16%。目前已有10家廠商推出了可折疊智慧手機型號，2023年迄今共有17種不同的型號上市。
- 第三季有跡象顯示中國國內出現具競爭力的晶片生產技術，這可能會改變5G裝置市場在中國的地位。
- XR領域迎來了新的市場推動者，促進該領域的持續發展。
- 基於3GPP的非地面網路 (NTN) 技術有望實現規模經濟，促進全球行動通訊設備使用衛星服務。這一技術將從2024年開始提供基於單晶片系統 (SoC) 的集成方案，支援簡訊傳遞和低速數據服務。

## 5G SA鞏固了自己的地位

5G獨立組網 (SA) 已經取得了重要的進展，逐步發展成熟。這使得5G能夠實現新的功能，如基於新版無線電接入標準的5G語音服務 (VoNR)，以及新的服務，如網路切片和使用者路由選取策略 (URSP) 等。

- 市場上已經出現了支援4CC下行載波聚合和上行載波聚合的終端裝置，這將使大多數市場的個別用戶享受到與非獨立組網 (NSA) 相當甚至更優異的網路性能。
- 智慧手機作業系統已經引入了URSP支援，以滿足企業和消費者的不同需求。這將有助於提升5G的商業價值。
- 無論是使用sub-6還是毫米波頻譜，獨立組網 (SA) 的成熟度都是推動專用網路發展的重要因素。這是因為專用頻譜通常只使用一個載波，而非獨立組網 (NSA) 需要同時使用兩個載波，因此非獨立組網不適合專用網路的場景。隨著終端生態系統的不斷發展，智慧手機和平板電腦可以作為純數據裝置使用。
- 輕量化 (RedCap) NR已經具備商業化條件。這將降低5G SA中的終端裝置成本，並為基於NR的感測器和其他物聯網設備打開專用網路空間 (有關更多資訊，請參見我們的Redcap概述，第19頁)。

圖2：5G技術市場就緒情況



注：該圖展示了網路功能的可用性以及終端裝置的支援情況。

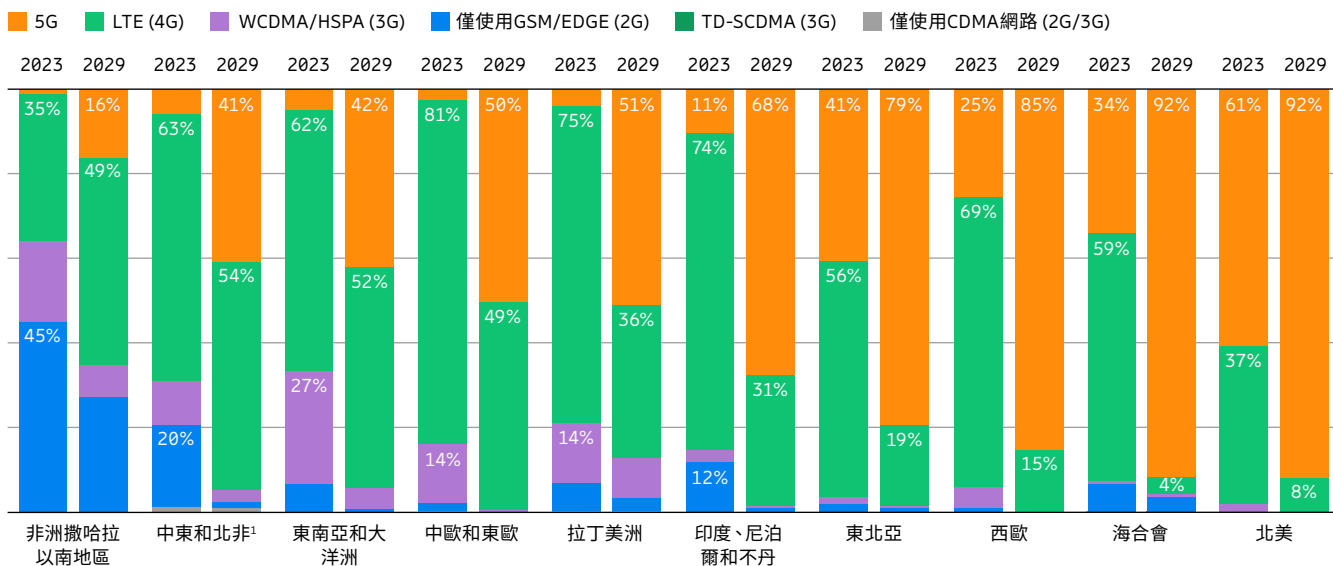
<sup>1</sup> 資訊來源：Canalys。

<sup>2</sup> 資訊來源：IDC。

# 各地區的5G用戶數不斷成長

北美地區的5G普及率最高，預計到2023年底，該地區的5G用戶滲透率將達到61%。與此同時，印度的5G滲透率預計將達到11%。

圖3：按地區和技術區分的行動用戶數 (%)



## 非洲撒哈拉以南地區

非洲撒哈拉以南的電信行業在資金短缺和高通膨的困境中仍然保持韌性。連結不僅是實現語音和數據傳輸服務的基礎建設，現在也成為銀行等滲透率較低的傳統行業推出新服務的必要條件。

隨著該地區低價智慧手機和數據服務的普及，4G用戶數將在2029年佔用戶總數的49%。5G將在2023年至2029年間以60%的年均增長率，成為成長最快的用戶類型，但到預測期結束，其佔比仍只有16%。由於流量壅塞地區的網路容量越來越接近最大容量，電信商將需要增加頻譜資源或提高城市地區的覆蓋密度，以保障用戶體

驗。2G用戶數將在用戶總數中保持相當大的比例，為27%。這主要是由於該地區的人口主要分佈在農村，寬頻覆蓋不足，另外智慧手機的可負擔性也是一個挑戰。

非洲撒哈拉以南地區的電信商也在探索在行動平臺上提供其他服務，如健康、教育和電子商務等。作為用戶總數增長最快的地區（3%），預計到2029年，該地區將擁有11億用戶數，其中7.6億（67%）將是智慧手機用戶。

## 中東和北非

儘管一些國家的經濟存在不確定性，但中東和北非地區的電信行業增長依然強勁，

預計2023年至2029年期間，用戶總數將以2.4%的年增率成長。智慧手機用戶數也預期將快速增加，年增率為5%（僅次於非洲撒哈拉以南地區）。

雖然4G用戶數將在2029年佔用戶總數的54%，但5G用戶數預計將在預測期內達到最強勁的成長，年複合增長率為41%，到2029年將佔用戶總數的40%左右。

預計電信商將推出更多的行動解決方案，如行動金融服務（特別是在北非部分地區，普惠金融仍然是首要任務）和固定無線接入（FWA），該地區的FWA呈現出強勁的成長動能。

<sup>1</sup>所有中東和北非地區的資料均包括海合會國家。

### 海灣阿拉伯國家合作委員會 (GCC)

與中東、北非和非洲撒哈拉以南地區相比，海合會地區的用戶基數較低，截至2023年為7600萬。預計5G用戶數在預測期內將以19%的年增率成長，到2029年，將佔用戶總數的90%以上。

電信商正在尋求透過各種方式來實現對4G和5G網路的投資回報。其中之一是提供機器對機器 (M2M) 或物聯網 (IoT) 等服務，涵蓋車隊管理、遠端監測、健康和金融服務等領域。

海合會地區的經濟實力強大，使各國政府能夠將資通訊技術和電信作為充滿野心的國家願景和數位化計畫的一部分進行投資。此外，該地區還在研究或已經提出了若干智慧城市項目，這些專案將充分利用5G網路功能，支援各式應用。電信商可以透過網路切片、5G獨立組網和API公開等技術，實現新應用案例，並從中實現收入成長。

### 中歐和東歐

從歷史上看，該地區的技術採用和用戶普及通常比西歐慢，5G的部署也因國家而異。部分原因是由於頻譜分配過程緩慢，例如波蘭的頻譜拍賣直到2023年10月才結束。反觀捷克已部署了中歐地區數一數二規模的工業5G專用網路。波蘭擁有龐大的製造業基礎和5G頻譜的可用性，預計也會很快跟進5G部署。

4G目前是佔主導地位的技術，預計到2023年底將仍佔用戶總數的81%。行動用戶數的增長已經趨於平緩，預計未來幾年將接近零增長。然而，用戶從2G/3G向4G轉移的趨勢仍然很強勁，預計將一直持續到2024年。從2025年起，5G將成為唯一成長的用戶類型。

在預測期內，3G用戶數將持續下降，在行動用戶總數中的佔比將從14%大幅減少至僅1%。

### 東南亞和大洋洲

預計到預測期結束時，該地區的5G用戶數將達到5.5億左右。泰國、菲律賓、新加坡和馬來西亞等東南亞市場已經對5G基礎設施進行了初步投資，目前重點已轉向為

消費者和企業提供多樣化的服務。提升用戶體驗、擴大網路覆蓋和促進企業數位化轉型仍然是整個地區的首要任務。在澳洲，電信商正專注於完善5G覆蓋，增加對毫米波技術的投資，並探索衛星解決方案來實現區域連結。此外，他們還強調加強網路安全措施來保護客戶，並探索5G的新成長應用領域，以開拓針對其他產業的服務。在越南和印尼等國家，5G的部署很少甚至尚未開通，電信商正在為5G做準備，並升級其4G網路。

### 拉丁美洲

4G用戶數仍在成長，是目前該區的主流無線接入技術。在2023年將新增約2000萬用戶，預計到2023年底，將佔用戶總數的75%。然而，隨著用戶分別向4G和5G遷移，3G用戶數逐漸下降。該地區的許多國家正在拍賣5G頻譜。烏拉圭和阿根廷在2023年完成了5G拍賣，預計秘魯將在2024年進行拍賣。

由於該地區面臨經濟挑戰，5G用戶數成長緩慢。預計到2023年底，5G用戶數將達到約2800萬。5G用戶數將在2024年後迎來快速成長，到2029年底，5G將佔行動用戶總數的51%。

### 印度、尼泊爾和不丹

在2022年10月正式開通5G服務後，印度的電信商在全國大力部署5G網路。隨著城市間的網路覆蓋快速增長，服務方案價格合理，以及5G智慧手機的供應持續普及，印度的5G用戶迅速增加。預計5G用戶數將在2023年達到1.3億，到2029年將成長到8.6億。

在5G商用的第一年，印度的主要電信商還推出了5G固定無線接入 (FWA) 服務，被視為該地區的一個重要收入機會。預計到2029年底，5G用戶數將佔該地區行動用戶總數的68%。

與此同時，4G仍然是該地區連結和數據使用增長的主要推動力。然而，隨著用戶向5G遷移，4G將日漸式微，預計4G用戶數將從2023年的8.7億下降到2029年的3.9億。到2029年，預計該地區的行動用戶總數將達到12.7億。

### 東北亞

該地區的電信商持續積極投資5G網路建設，以提高覆蓋率和容量，特別是室內覆蓋率。2023年，5G用戶數持續強勁增長，預計全年新增2.44億，總數達到8.9億。5G是唯一成長的用戶類型，預計到2029年底，該地區的5G用戶數將達到18億。5G用戶數快速增長，再加上市場不斷推出新的5G終端裝置，對電信商的財務收入帶來正面影響。中國大陸、韓國和臺灣等領先5G市場的主要電信商報告顯示，5G用戶的增加對行動服務收入和每戶平均收入 (ARPU) 帶來了正面影響。該地區對基於RedCap的新5G物聯網解決方案有濃厚的興趣。例如，中國監管機構的計劃顯示，2025年計劃將實現全國覆蓋和數千萬的用戶目標。

### 西歐

儘管該地區的5G用戶普及率落後其他已開發市場，但今年5G用戶數成長強勁，從2022年的6700萬用戶增長到2023年底的1.39億。該地區的5G滲透率將達到25%，但各國之間存在差異。英國和芬蘭是最早推出5G服務的市場，達成了相對高的滲透率目標，而其他市場的滲透率仍較低。隨著用戶向5G轉移，4G用戶數預計將大幅減少。預計到2029年底，5G用戶數將增加到4.8億左右，屆時滲透率將上升到85%。

### 北美

現在，中頻頻譜的增加使許多用戶能夠享受到更優質的多頻段5G體驗。2023年，5G的普及率持續強勁增長，預計到年底用戶數將增加到2.6億。北美各地的電信商提供的寬頻方案種類越來越多，客戶可以更容易地選擇合適的5G服務方案。其中FWA是推動北美固定寬頻增長的主要技術，為家庭和小型企業帶來高速的連網服務。5G將在企業領域發揮關鍵功能，為企業各分公司營業據點和行動專業人士提供WLAN。預計到2029年，北美的5G用戶數將上升到約4.3億，佔行動用戶總數的92%。

# 深入觀察： 非洲撒哈拉以南地區

諸多因素推動非洲撒哈拉以南地區的快速成長，包括良好經濟前景和有利網路覆蓋建設的前瞻性監管措施，反映該區的電信市場具備良好的發展條件

在每一期《行動趨勢報告》中，我們都會深入觀察一個特定地區的趨勢，這次我們研究了非洲撒哈拉以南地區。

在全球經濟放緩背景下，非洲撒哈拉以南地區的短期經濟表現將維持4%的穩定增長<sup>1</sup>。與此同時，預計未來6年行動用戶總數將以每年3%的速度成長，其中4G用戶數將上升9%，為電信商帶來巨大的市場機會。此外，智慧手機日益普及，終端裝置的價格越來越低，預計將推升每支智慧手機的數據使用量，預期每年增長將達到20%以上，從每月6.7GB用量增加到每月23GB。

由於具遠見的監管政策利多以及國內外電信商的巨額投資，非洲撒哈拉以南成為快速發展的電信市場，為電信商帶來巨大的商機。

## 促進連網互通：非洲撒哈拉以南地區的策略性網路基礎設施投資

資通訊技術（ICT）對於促成關鍵的氣候行動、引導非洲工業向低碳經濟模式轉型方面具有關鍵作用。研究顯示，ICT解決方案能夠在2030年前將全球溫室氣體排放量減少15%<sup>2</sup>。同時，面對層出不窮的經濟挑戰，非洲撒哈拉以南地區的一些國家反而展現了更堅定的決心，對網路基礎設施進行大規模投資。此一策略行動受到該地區人口優勢的推動，該地區以年輕人為主，對提高連接能力的解決方案的需求也急劇

上升。隨著社會對數位化及其益處的認可不斷增加，建立完善和現代化的網路系統的必要性也變得更加明顯。

## 4G正在重塑非洲撒哈拉以南地區

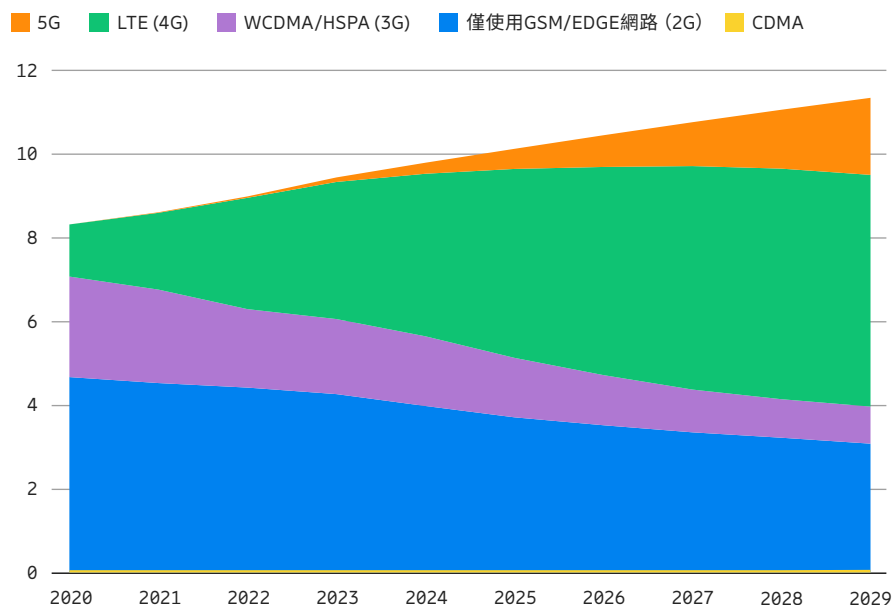
在追求現代化和增強網路連接的過程中，用戶不斷向4G網路轉移。趨勢顯示了到2028年時，4G將成為新增用戶數的主要驅動力。到2029年底，4G用戶數預計將佔行動用戶總數的50%。

這一技術變化突顯該地區電信市場的一個轉捩點。4G的廣泛應用將改變社群使用

數位服務的方式，無論是在教育、商業、醫療健康還是社交互動方面。

非洲撒哈拉以南地區的電信商正在轉型為科技公司，將行動支付服務整合到他們的數位服務中。這一轉變不僅有助於提升社會的普惠金融，更為電信商的收入帶來正面影響，與傳統的語音和數據服務相輔相成。4G所具備的高速度、高可靠性和高效率的優勢，對於建構一個數位化的賦能社會至關重要。

圖4：非洲撒哈拉以南地區按技術區分的行動用戶數（億）



<sup>1</sup> 國際貨幣基金組織（IMF），《非洲撒哈拉以南地區經濟展望》（2023年10月）。

<sup>2</sup> 《指數路徑圖》（2020年1月）。



到2029年，非洲撒哈拉以南地區的5G用戶數預計將達到1.8億。

# 1.8億

### 策略性頻譜部署推動5G發展

此區前瞻性5G投資獲得政府核准發放中低頻段頻譜牌照的支持。未來幾年，大多數行動用戶將繼續使用4G網路，而5G用戶還需要一段時間才能增加。儘管如此，許多非洲政府和電信商在過去一年中，在釋放相關頻譜資源的同時部署5G網路，並在相容的網路裝置上啟動5G取得重大進展。目前，除了奈及利亞外，非洲東部和南部的十幾個國家都已經開通了5G服務。

由於站點密度和可用頻譜的限制，城市地區逐漸達到最大容量，導致服務品質下降。為了維持和改善用戶體驗，非洲電信商可以選擇獲取更多的頻譜或進一步增加網路覆蓋密度。

肯亞和坦尚尼亞等多個國家的政府已經允許電信商根據技術中立原則，重耕其現有的頻譜資產以重新分配頻譜。大多數政府還向電信商提供了額外的頻譜，特別是在中頻段，以便5G能夠充分發揮其下載速度快的優勢。由於這些頻譜的覆蓋範圍有限，釋放一些低頻段的頻譜可以形成一種策略性的5G資源組合，同時提高網路容量和覆蓋率。只有少數國家釋放了高於6 GHz的頻率，這些頻率是提供超高性能5G服務所必需的。這包括在E頻段釋放了80 GHz頻譜，這些頻譜可用於大容量微波鏈路連接信號塔，這對於光纖覆蓋不足的郊區具有重要意義。

預計到2029年，該地區的5G用戶數將達到1.8億左右，佔當時行動用戶總數的16%。

### 彌合數位落差:非洲農村地區面臨的挑戰和解決方案

在非洲撒哈拉以南地區，農村人口佔比很高。這種人口分佈和經濟狀況給電信網路大型站點的建設和盈利帶來了巨大的挑戰。由於這些地區的人均收入很低，導致電信商的每用戶平均收入 (ARPU) 也很低。因此，在這些地區部署和維護基礎設施的成本往往超過了收益，這使得網路覆蓋的廣度和品質難以保證。

要為非洲農村地區的人們提供連結，讓他們享受數位化的紅利，就需要創新解決方案和協作努力。例如，為了專門滿足農村地區的需求，使用針對這些環境進行優化的定制射頻和傳輸解決方案，其中包括100%的太陽能 and 電池供電，以實現乾淨能源和可靠性。

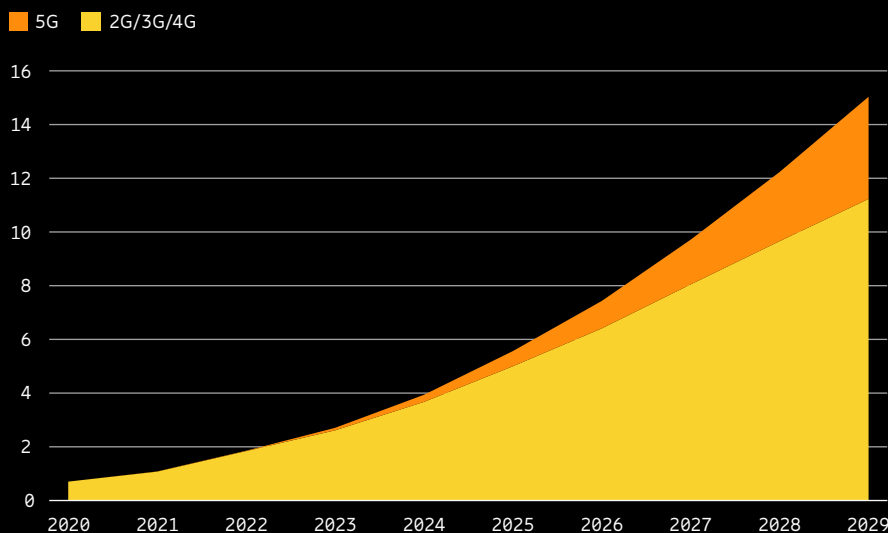
### 固定無線接入 (FWA) 成為焦點

在滿足非洲地區日益增長的寬頻需求的過程中，固定無線接入 (FWA) 成為了一項關鍵技術。目前4G FWA是該地區的主要解決方案，但隨著5G的進展，5G FWA能夠提供類似光纖的速度，有更大的發展空間。這種技術進步可以彌補傳統的固定寬頻基礎設施的不足。

值得注意的是，非洲的幾個主要市場，包括安哥拉、南非、奈及利亞、肯亞、尚比亞和辛巴威，已經推出了5G FWA服務。這種轉變的原因在於5G FWA具有成本效益高、部署速度快、靈活性強等優勢，可以適應不同的地理和市場環境。

非洲撒哈拉以南地區仍有許多家庭未連網，特別是在農村地區，而這種數位落差可以透過FWA有效地縮小。FWA也是一種經濟實惠的解決方案，可以為其他領域（如學校）提供數位連接，促進資訊和知識的傳播和共享。

圖5：非洲撒哈拉以南地區的行動數據流量 (EB/月)



# 行動網路數據量 持續攀升

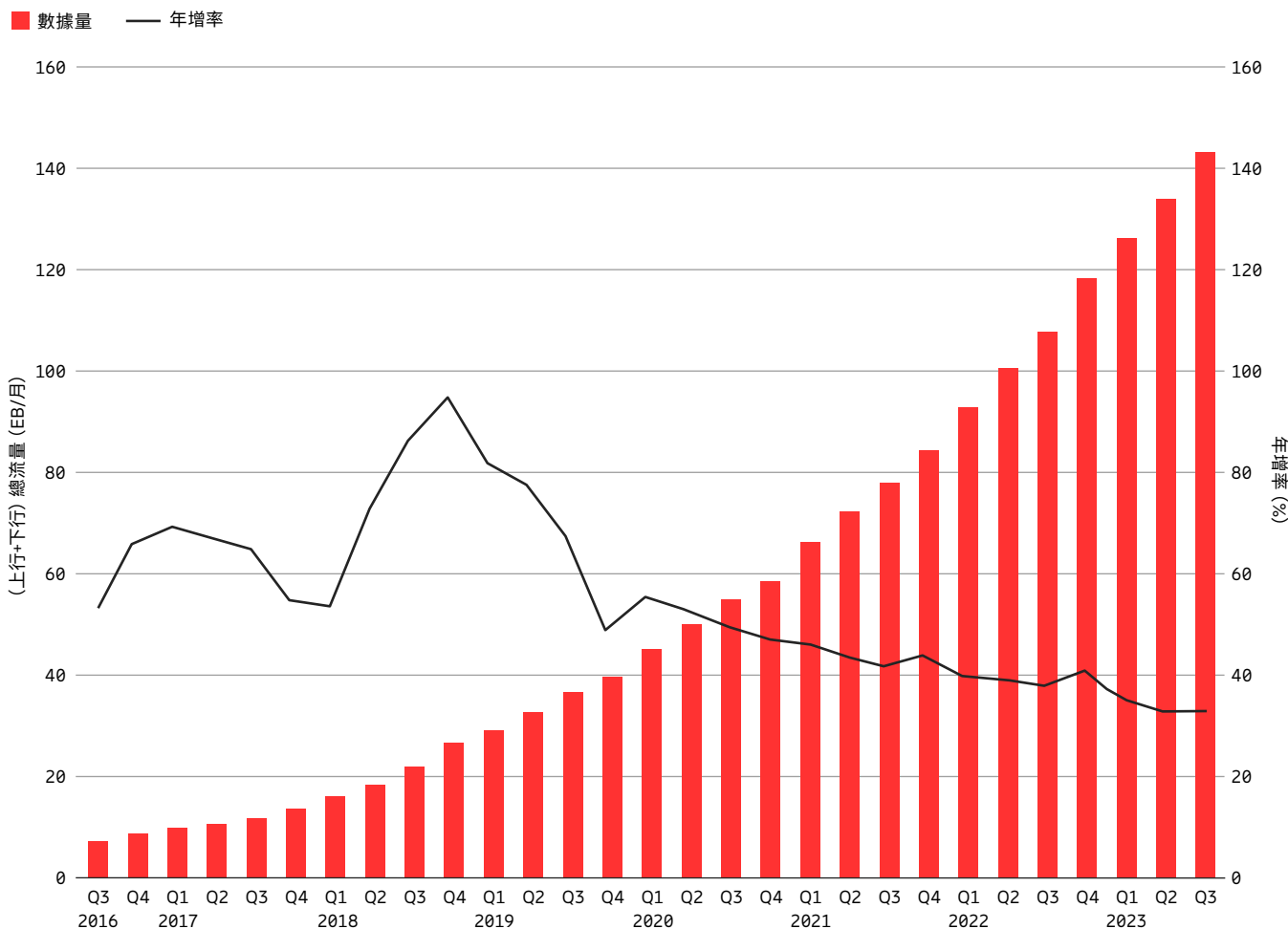
從2022年第三季度到2023年第三季度，行動網路數據量成長了33%。

從2023年第二季度到第三季度，行動網路數據量年增長了7%。全球每月行動網路數據量達到了143EB。

智慧手機用戶數越來越多，每戶的平均數據量也越來越大，觀看影片是主要原因。這些因素推動了流量的持續攀升。

圖6顯示了從2016年第三季度至2023年第三季度全球每月網路數據量總計，以及行動網路數據量的年增長百分比。

圖6：全球行動網路數據量和年增率 (EB/月)



資訊來源：愛立信流量測量 (2023年第三季度)。  
注：行動網路數據流量也包括由固定無線接入服務產生的流量。

# 數據量持續上升， 增長率成長趨緩

預計到2029年，行動數據量的年增率將逐漸放緩，但每年新增的數據量仍維持上升走勢。

## 流量預測方法

我們的流量預測基於以下三種來源的專有數據：現網測量數據、監管機構數據和電信商的報告數據。我們對這些數據集進行了分析、建模和擴展，以估算不同地區和全球的流量增長率。

圖7和圖8中的行動數據量計算並未包含FWA流量。如需了解數據量的更多資訊，請參見第12頁。

## 全球行動數據量驅動因素

過去10年，行動數據量呈現出驚人的成長動能，平均每兩年加倍成長。推動行動網路數據量成長的因素包括：對線上數位服務的需求不斷增加，人口密集的市場部署了4G/5G網路，每一代新的行動技術都提高了網路的容量，新的服務不斷出現，用戶體驗品質的有效提升，以及針對分眾市場設計的不同服務方案。

另外，用戶的轉移也是一個推升數據量成長的因素。目前，全球有近20億的2G和3G用戶，大部分用戶將在預測期內逐步轉向4G和5G網路。而5G用戶平均使用的數據量要比4G用戶多。

## 流量年增速放緩，淨增量提升

行動數據量的增長因年份不同而異，並且根據當地市場的動態，不同地區、市場和電信商的流量增長也有很大差異。預計未來幾年，大多數地區的行動數據量年增率將保持在20-30%之間，而在預測期間的

後期，年增率將降至20%以下。預計到2029年，不同地區行動數據量的年增率將呈現出不同的放緩曲線（見圖7）。但是，這並不意味著每年新增的數據量會減少；反之，到2027年，這一數字預計還會增加，之後才會趨於平穩（見圖8）。

我們對2029年的行動數據量成長的預測有一個假設性的前提，即XR服務，包括

AR、VR和混合實境（MR）的初步增長將在預測期的後段發生，然而對數據流量的具體貢獻尚不明確。如果這類服務的採用速度加快，數據量可能會在預測期末大幅超過目前的預期。電信商持續對網路進行現代化改造，以更佳的成本效益來管理日益增長的數據用量，同時推出新的服務和商業模式，以覆蓋增強型行動寬頻以外的廣大市場。

圖7：2022-2029年各地區行動數據量年增率預測

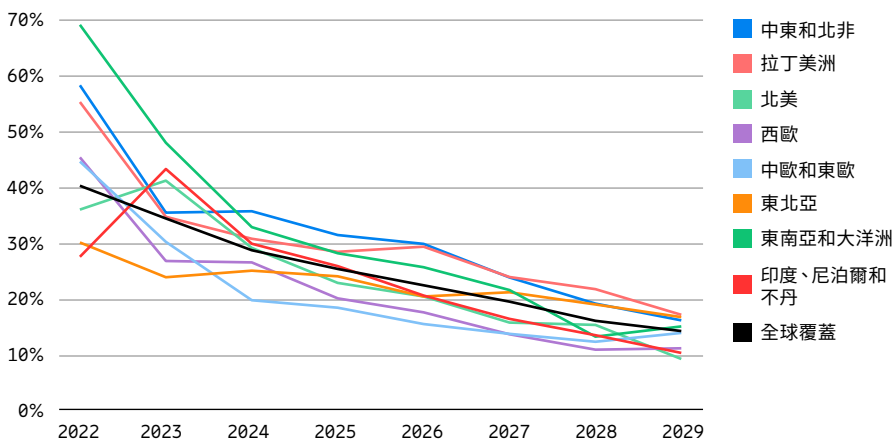
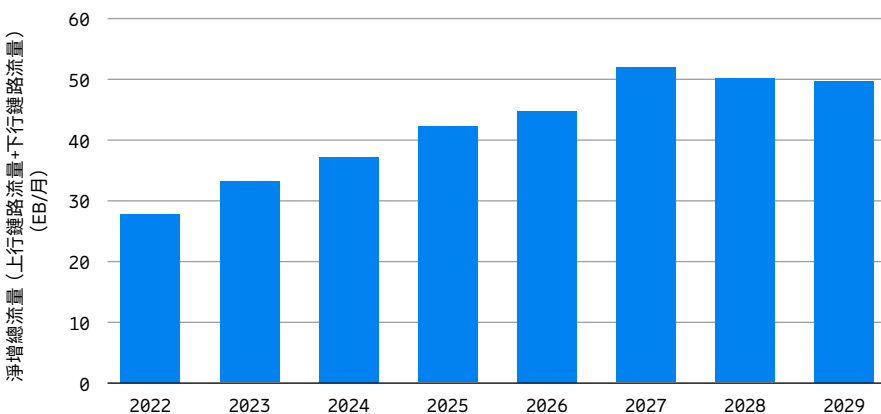


圖8：2022-2029年每年新增行動數據量預測



注：每個柱狀圖表示每一年年末與上一年末相比的流量增量。

# 5G將佔今年行動數據流量的25%

隨著用戶從上一代行動技術轉向4G和5G網路，行動數據流量展現強勁的成長動能。

全球行動數據總流量，不包括固定無線接入 (FWA) 產生的流量，2023年底達到了每月130 EB，預計2029年將增長約3倍，達到每月403 EB。包括FWA在內，到2023年底，行動網路總流量達到了每月160EB左右，到2029年底將達到563EB。截至2029年的流量增長預測有一個假設性的前提，即XR服務，包括AR、VR和混合實境 (MR) 的初步增長將在預測期的後段發生。然而，如果這類服務的普及率成長高於預期，到本預測期截止前的數據流量成長將可能超越目前預測，尤其是上行鏈路流量。2023年底，影片流量估計佔所有行動數據流量的73%左右。

在預測期內，提前推出5G的熱門市場可能會在流量方面領先。2023年末，5G在行動數據流量中的佔比預計為25%，相比2022年末的15%有所提高。預計到2029年，這一佔比將上升至76%。

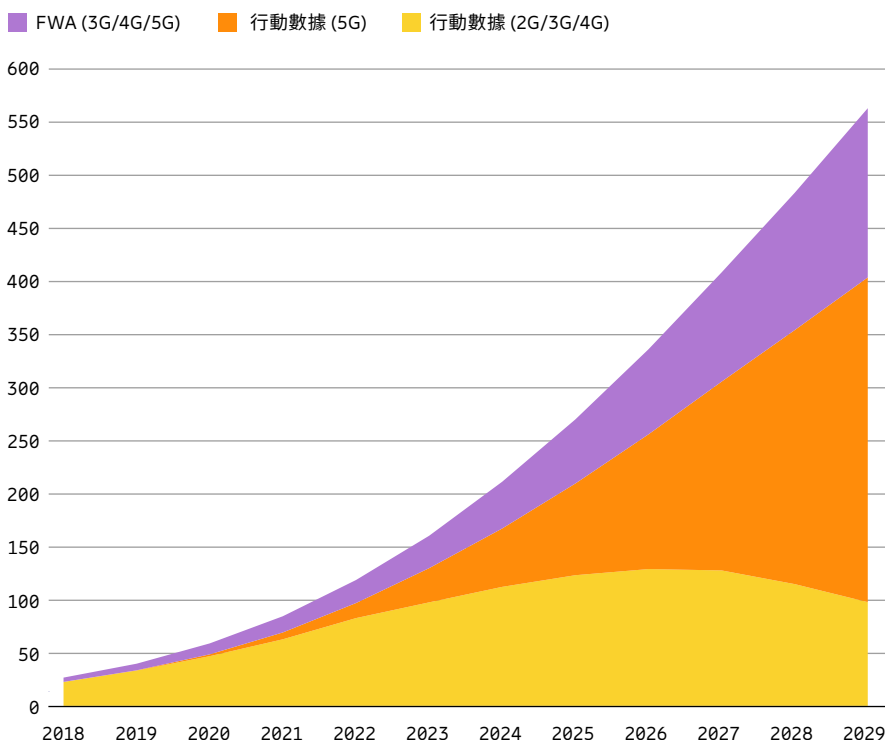
## 不同地區流量成長不同

流量成長在不同的年份可能會有很大的波動，並且根據當地市場的環境，不同國家的流量增長也會有很大差異。在全球推升智慧手機行動數據量的成長因素有三個：裝置能力的提高、數據密集型內容的增加以及由於部署的網路性能的持續改善而促進數據使用量的成長。

舉例說明，這些差異反映在非洲撒哈拉以南地區和**海合會國家 (GCC)** 之間。**非洲撒哈拉以南**的平均每支智慧手機的每月行動數據使用量在2023年底約為6.7GB，而海合會國家的平均每支智慧手機的每月數據使用量2023年底預計達到30GB。2023年，預計全球平均每支智慧手機的數據使用量為21GB，到2029年底預測將達到56GB。

在**北美**，預計2029年每支智慧手機的月平均行動數據使用量將達到66GB。吃到飽的數據方案，以及5G網路覆蓋範圍和容量的提高吸引5G新用戶躍躍欲試。數據量將隨著遊戲、XR和基於影片的應用的成長而帶動。這些體驗需要更高的影片解析度、更高的上行鏈路流量，以及更多地將數據處理從裝置卸載到雲端，以滿足用戶的需求。FWA已經開始改變總體的流量分布，它佔據了網路數據流量的大部分佔比。

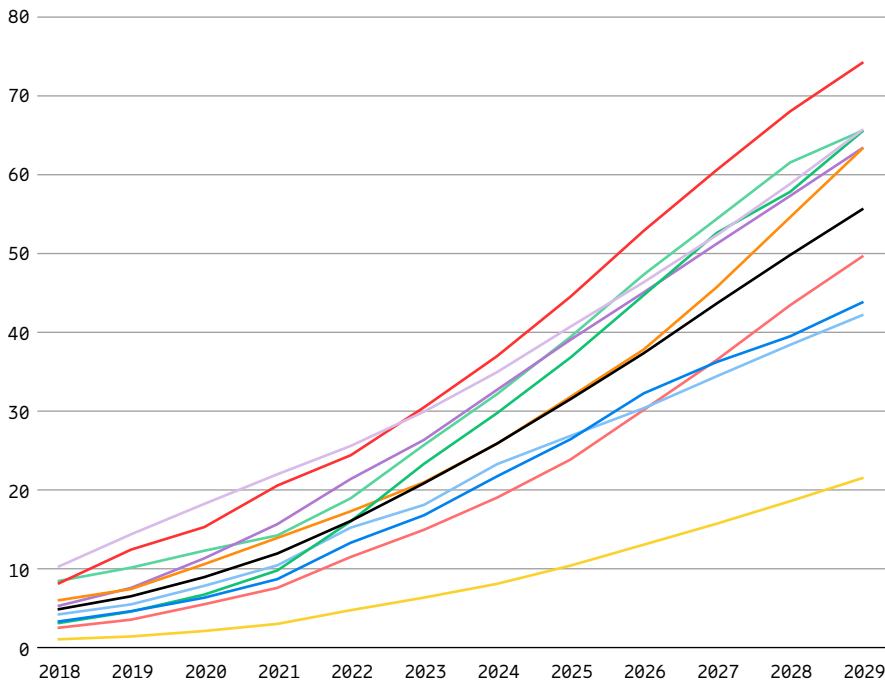
圖9：全球行動網路數據流量 (EB/月)



全球每支智慧手機的月平均行動數據使用量將從2023年底的21GB增長到56GB。

# 56 GB

圖10：每支智慧手機的行動數據流量 (GB/月)



在**西歐**，服務使用和流量成長預計將遵循類似北美的模式。到2029年，每支智慧手機的數據使用量預計將達到每月64GB，接近當時北美的使用量。

預計到2029年，**東北亞**地區在全球行動數據總流量中的佔比將接近30%。該地區5G用戶目前數據使用量平均是4G用戶的2-3倍。隨著越來越多的4G用戶轉移到5G，平均每支智慧手機的行動數據流量將增加，並在2029年達到每月64GB。影片是主要的流量類型。電信商預計，隨著新型XR應用服務的推出，流量將進一步提升。

**非洲撒哈拉以南**預計將是行動數據總流量增長最快的地區，從2023年到2029年，其複合年成長率(CAGR)將達到33%。此一增長的動力來自於非洲大陸4G網路覆蓋的不斷擴大，以及流量方案和智慧手機的日益普及。智慧手機流量預計將成為行動總流量的主要組成部分，預計到2029年，每支智慧手機的平均數據使用量將達到每月23GB。

**中東和北非**地區的行動數據流量也將呈現出顯著的增長，預計從2023年到2029年，其複合年成長率將達到23%。這一增長的原因在於更多的用戶從低速網路遷移到4G，以及5G的逐漸普及和多元的數據服務方案。4G流量將是推動成長的主要因素。預計到2029年，每支智慧手機月平均

數據使用量將達到45GB，年均成長率為17%。在海合會國家，行動數據流量的成長將相對緩慢，預計從2023年到2029年，其複合年成長率為16%。不過預計到2029年，每支智慧手機月均數據使用量仍將達到66GB，這主要來自於5G數據量的增加。預計電信商將利用5G推出不同產業的客製化方案，在未來幾年內整體數據使用量將進一步上升。

在**印度、尼泊爾和不丹**，行動網路在推動社會和經濟包容方面繼續發揮著關鍵作用。在印度，電子商務和電子治理等數位技術正在重塑國家的面貌。5G技術正在為印度的數位轉型帶來新的成長，進一步實現政府的願景，將印度轉變為數位賦能的社會和知識經濟體。

印度地區平均每支智慧手機的數據流量是全球最高的。預計將從2023年的每月31GB增長到2029年的每月75GB左右，複合年成長率為16%。印度地區的行動數據總流量預計將從2023年的每月26EB增長到2029年的每月73EB，複合年成長率為19%。這是由於智慧手機用戶數量的高速成長和平均每支智慧手機的數據使用量的增加所推動的。印度的智慧手機用戶佔行動用戶總數的比例預計將從2023年的82%增長到2029年的93%。2023年，印度智慧手機用戶已經增加7000萬。

**東南亞和大洋洲**的每支智慧手機的行動數據流量持續強勁成長，預計到2029年將達到每月66GB左右，複合年成長率為19%。

**拉丁美洲**各個國家的智慧手機數據流量成長率大相逕庭。流量增長是由覆蓋範圍擴大和4G（最終是5G）的持續強勁成長所推動，這與智慧手機用戶數的增加和平均每支智慧手機的數據使用量的增加有關。預計2029年，平均每支智慧手機的數據流量將達到每月50GB。

在**中歐和東歐**，2024年之前，2G和3G用戶向4G的轉移將推升流量成長，2024年後，5G有望取代前幾代技術，成為用戶數最多的技術。在預測期內，平均每支智慧手機的月數據流量預計將從每月19GB增加到約43GB。

特別需要注意的是，所有地區的每月數據使用量都存在顯著差異，一些國家和電信商的每月數據使用量遠高於該地區每月數據使用量平均值。

<sup>1</sup>所有中東和北非地區的統計資料均包括海合會國家。

# 上行鏈路流量主要是 通訊和雲端儲存服務流量

在一些網路的流量測量中發現，上行鏈路流量通常平均只佔總流量的8%左右。而對於雲端儲存服務，平均上行鏈路流量佔54%，下行鏈路流量佔46%。

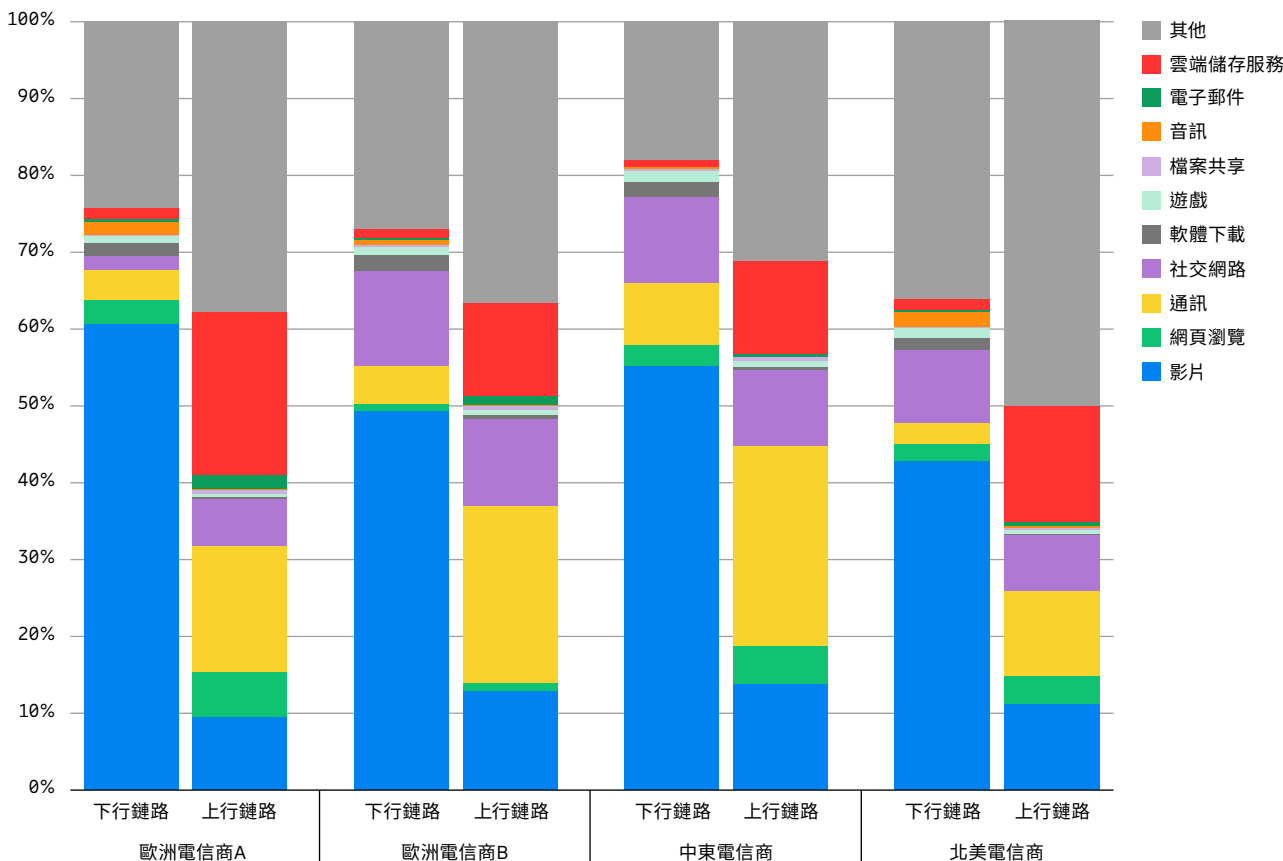
## 雲端儲存和通訊服務的上行鏈路流量佔比最大

在行動網路中，上行鏈路流量的佔比會受到地區類型和位置的影響，例如密集的城市地區和農村地區<sup>1</sup>之間的差異。另外，一些場合也會導致上行鏈路流量的增加，比如參加體育賽事或音樂會的觀眾，用戶會透過上傳影片和照片來分享他們的感受。

我們在歐洲、中東和美洲選擇了一些行動網路，對比不同應用類別在下行和上行鏈路流量中的佔比，可以看到影片流量在下行鏈路和上行鏈路的佔比極不平衡：下行鏈路流量為97%，而上行鏈路流量只有3%。這也符合預期，在所有網路的下行鏈路流量中，影片流量的佔比最大，其次是社交網路流量。而在四個網路樣本中，上行鏈路流量中佔比最大的應用類別是雲端儲存

服務、通訊服務（包括簡訊、網路電話、視訊通話等）和影片。在上述的兩個網路中，雲端儲存服務的上行鏈路流量佔比最高，流量佔比分別為15%和21%。在另外兩個網路中，通訊服務的上行鏈路流量佔比最高，流量佔比分別為23%和26%。而在通訊服務的上行鏈路流量佔比最高的網路中，影片佔比為第二高，流量分別為13%和14%。

圖11：各應用類別在下行鏈路和上行鏈路流量中的佔比



<sup>1</sup> 《愛立信行動趨勢報告》中「探索流量模式如何推動網路」（2023年6月）。

此相關性說明了用戶的習慣和需求，促使通訊服務和影片內容的使用率很高，在上行鏈路流量中有很高的佔比。例如，像WhatsApp或Viber這樣的行動應用程式提供了視訊通話，這是一個廣受歡迎的功能，而且在這些應用程式中分享影片的數量也逐年增長。通訊越多，影片流量就越多。

**影片在所有裝置類型上的流量佔比都是最高的**

我們在所有電信商樣本中，測量了三種不同類型的設備（智慧手機、平板電腦和固定無線接入（FWA）裝置）的每種應用類別的流量佔比。我們的分析結果顯示，影片流量在所有裝置類型上的流量佔比都是最高的，約在30-60%之間，這與裝置類型無關。在社交網路和通訊類別中，智慧手

機的流量佔比明顯高於平板電腦和FWA裝置，而網頁瀏覽在平板電腦和FWA裝置上的流量比智慧手機上稍微多一些。軟體下載和遊戲在平板電腦和FWA裝置上的流量佔比相對較高。

**方法**  
網路樣本中的應用組合和流量佔比可能不代表總流量的絕對佔比，因為有些流量無法被分類。例如，影片流量的絕對佔比在所有網路中可能更高，因為其中一部分包含在其他和社交網路類別中（例如Instagram傳輸流量、短影片和限時動態影片）。該分析基於一周的數據收集。

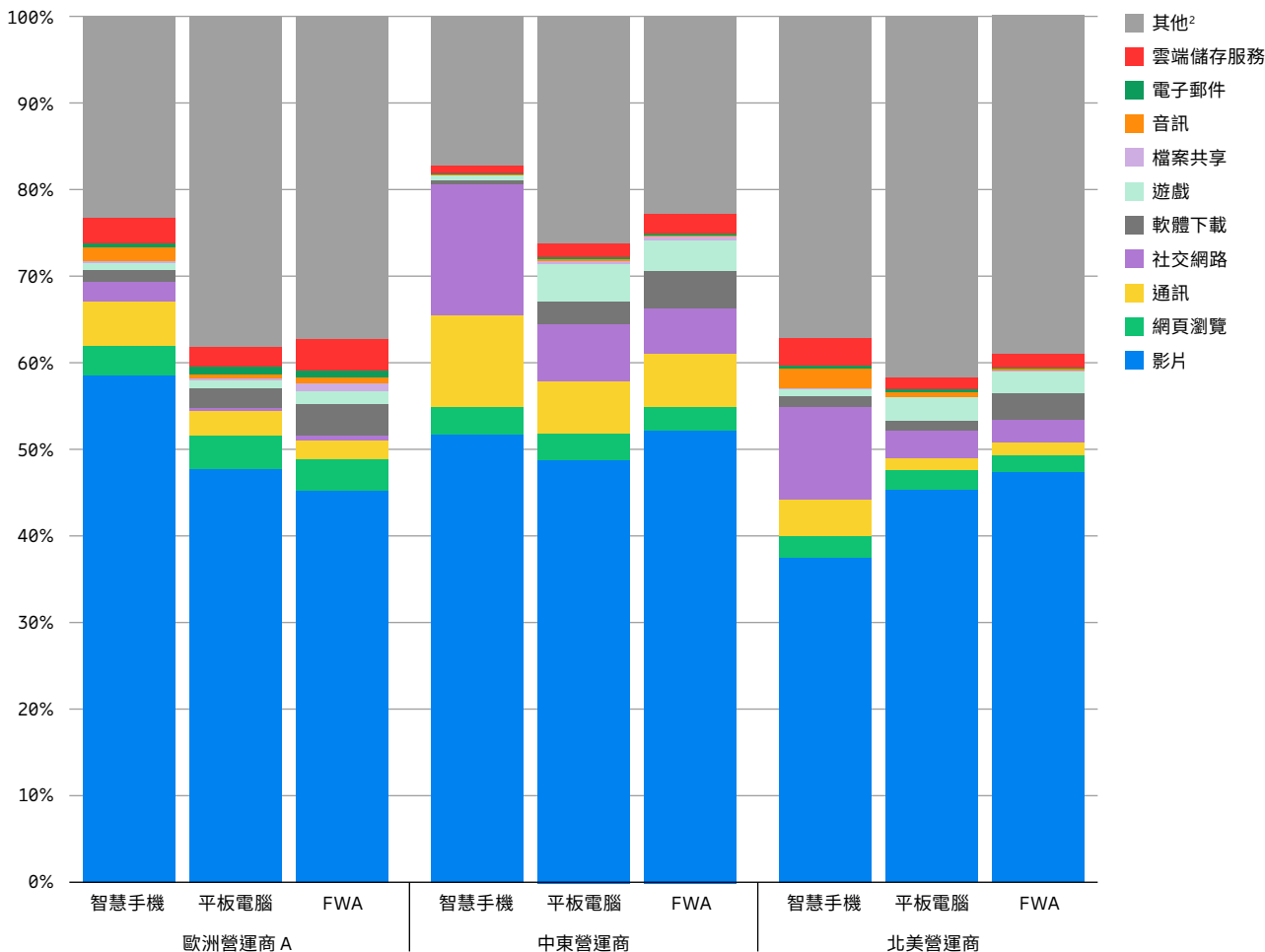
**影片流量的下行鏈路流量佔97%，明顯高於上行鏈路流量。**

97%

**上行鏈路流量在網路樣本中佔總流量的平均8%左右。**

8%

**圖12：每種應用類別在不同類型裝置中的流量佔比**



<sup>2</sup> 「其他」包括未分類的流量和權重過低的服務的流量，與圖中分類的流量相比，這部分流量佔比過小。「其他」的很大一部分可能是影片流量。

# 利用5G優勢提供行動服務方案

5G的優勢讓電信商能推出包括網路切片等差異化服務新方案，或者針對特定的活動或事件推出服務方案，提升用戶體驗。

## 重要洞察

- 5G已趨成熟，成為電信商向用戶提供的首選方案。
- 有多達60%的5G電信商現已提供包含媒體方案的多元服務，僅有30%的4G電信商提供此服務。
- 一些電信商新推出針對直播用戶的方案，利用網路切片以確保網路性能，在透過智慧手機直播時能擁有穩定的網路表現。

愛立信對全球308家行動服務業者提供的行動方案進行的一項最新研究<sup>1</sup>顯示，隨著5G日漸成熟，行動業者正促使5G成為消費者的標準選擇。

單純SIM卡方案預設採用長期合約的做法在電信商中似乎仍在繼續，並且不斷擴展。大多數電信商都將網站上的預設合約選項設定為24個月，而不是30天。此外，大多數電信商都對24個月和12個月的合約選項提供折扣，而不是30天的選項。

99%的受訪電信商提供某種形式的固定用量方案 (data buckets)，45%的電信商向消費者提供至少一個吃到飽方案。不同地區存在顯著的差異，在西歐，有89%的電信商在他們的服務中提供了吃到飽方案。推出5G的電信商中，提供吃到飽方案的比例是僅提供4G服務電信商的四倍，分別為61%與19%。在吃到飽服務中附帶邊界條件來限制熱點共用和使用相機或其他物聯網裝置的能力仍然相當普遍 (16%)，這說明了吃到飽方案的高不確定性。服務的常規變化很常見，一個流行的趨勢是簡

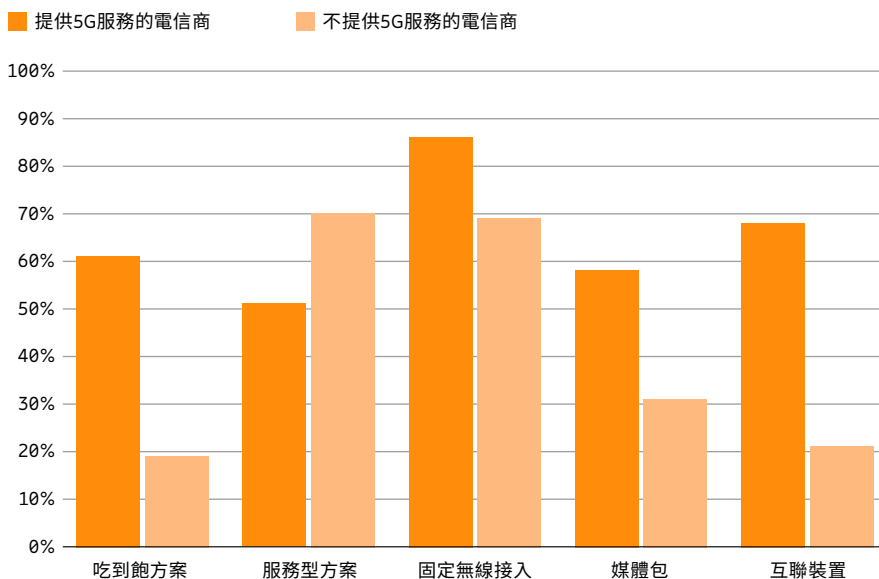
化可用的方案數量，或者讓每個方案都包含5G。與之前的研究一樣，有一部分電信商在他們的服務中移除或引入了吃到飽服務。使吃到飽方案成為所有類型中變動性最高的行動服務類型。

## 5G的優勢推動電信商的服務變化

本研究還考察了提供5G的電信商和那些還沒有在他們的市場上推出5G的電信商之間的具體差異。儘管吃到飽方案存在著無限增加數據使用量的風險，但5G網路可以更有效地管理增加的流量。電信商可能押注其中一個假設-智慧手機的數據流量將以合理的速度成長。

另一種數據方案是基於服務的連結，這種方案在還沒有提供5G的電信商中佔比更高。目前，僅提供4G服務的電信商中，70%的電信商在服務中提供了這些方案，而在提供5G的電信商中，這一比例為51%。在觀察離峰期方案時，也可以看到類似的趨勢，即這些方案以前在非洲、拉丁美洲的部分地區和亞洲的一些市場更流行。這些方案是在3G網路推出時引入的，而且在4G網路推出後仍然存在。近年來，隨著更先進的4G和/或5G版本的引入，以前的方案不再提供。與觀察到的許多其他優勢一樣，這些變化可以歸因於5G提供了更大的網路容量。

圖13：提供和不提供5G服務的電信商佔比



<sup>1</sup> 2023年11月。



### 電信商利用5G的工具包來建立更好的方案

5G帶來的一個更重要的優勢是，它提供了一些工具，可以提升用戶體驗的管理，例如通過API和網路切片。也因此出現了一些具有非常特定屬性的新方案。基本的服務方案仍然存在，以固定用量為基礎，無論是否包含高階吃到飽方案。除此之外，還出現了一些針對特定案例和分眾市場的方案。對於電信商來說，這可能意味著為客戶提供某些性能的保證，例如在奧地利，一個電信商為他們的固定無線接入（FWA）服務保證了最低的傳輸速度。另一個例子是針對直播者的方案，例如它適合想要即時分享精彩瞬間的網紅或任何用戶。這些方案利用網路優先順序或網路切片技術，確保在手機直播時獲得更佳的上行鏈路性能。還有一些方案則針對某個地點或者活

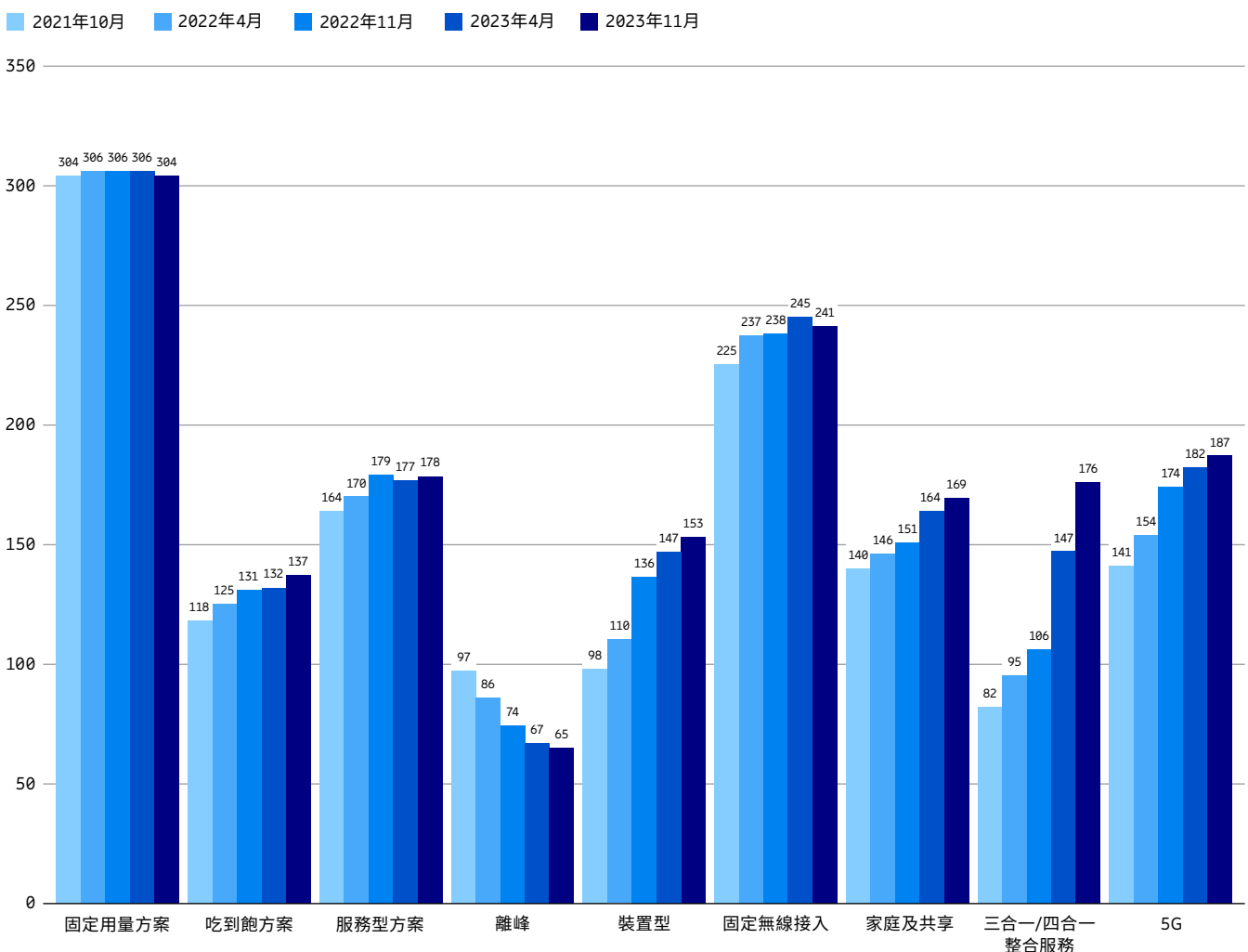
動同時聚集很多用戶的場合，有可能導致網路壅塞或者其他的連網問題。在提供5G服務的電信商中，很多都將媒體內容與服務方案捆綁銷售。這種做法通常只針對高資費方案，但也有越來越多的電信商提供自選套裝服務。用戶可以根據自己的喜好，選擇是否添加媒體內容到方案中。其他的套裝方案可能包括行動網路、固網和市話和電視。這通常被稱為三合一方案，如果再加上媒體內容，就是四合一方案。在提供5G服務的電信商中，58%的電信商目前提供了包含媒體內容的多合一方案，而在4G電信商中，這一比例僅為31%。這也說明了5G優勢及推動電信商方案創新的實證。

基於裝置的方案通常包括智慧手錶、背包、狗和兒童定位器等設備，以及相應的數據

流量。提供5G服務的電信商中，有68%的電信商向消費者提供這些類型的裝置和方案，而沒有提供5G服務的電信商中，只有21%的電信商才會提供這樣的服務。這種差異的原因可能不是網路能力，而是分眾市場和ARPU水準的影響。智慧手錶，特別是那些需要獨立合約的手錶，價格仍然較高，而且在ARPU較高的地區更受歡迎，這些地區也是最早實現5G覆蓋的地區。

同理，家庭和共享方案也在ARPU較高的地區比較常見，它們可以有效地減少用戶流失率。提供5G服務的電信商中，超過64%的電信商提供這些方案，而在沒有提供5G服務的電信商中，這一比例只有36%左右。

圖14：電信商數量(按提供的服務類型劃分)



# 行動式物聯網連接數量預計在2023年達到30億

寬頻物聯網佔所有行動式物聯網連接的50%以上。

大規模物聯網技術NB-IoT和Cat-M可以支援涉及大量低複雜度、低成本、電池壽命長且只有中低輸送量的設備的廣域案例。這兩項技術繼續在世界各地部署。全球128家電信商已部署或推出NB-IoT商用網路，60家已推出Cat-M，45家已部署這兩種技術。<sup>1</sup>行動式物聯網連接的總數量在2023年底預計達到30億左右。網路功能的增強推動了大規模物聯網技術的增長，透過頻譜共用實現了分頻雙工（FDD）頻段中的4G和5G大規模物聯網技術的共存。

通過2G和3G連接的物聯網設備數量正在緩慢下降。由於這兩種技術的退場率在未來幾年將繼續上升，因此，到2029年結束

前，其每年的負增長率都將保持在20%左右。

2023年，寬頻物聯網（4G/5G）連接數達到16億，並且預計到2029年底，將成為繼續連接行動式物聯網設備的所有技術中佔比最大的技術。這部分主要包括廣域用例，它們需要比大規模物聯網設備支援更高的傳輸量、更低的時延和更大的數據量。支持10Mbps下行鏈路和5Mbps上行鏈路速率的LTE Cat-1設備正在被廣泛用於各類案例。寬頻物聯網將隨5G輕量版（RedCap）的引入得到進一步加強。到2029年底，預計近60%的行動式物聯網連接將是寬頻物聯網連接，其中4G連接佔大多數。隨著

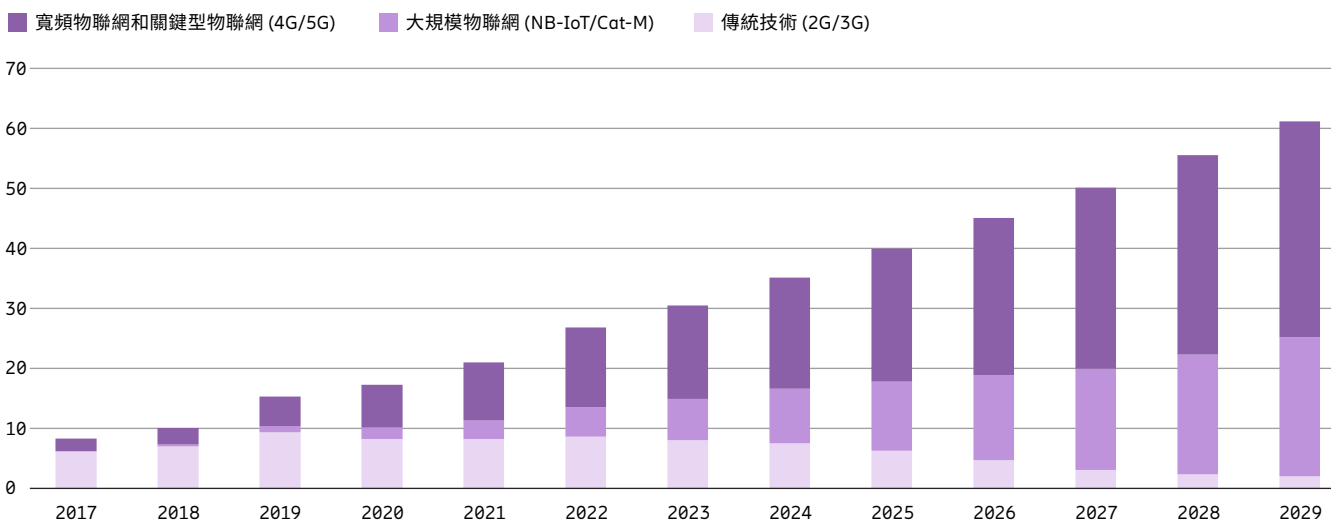
5G在新舊頻譜中的引入，該部分的數據傳輸速度將大幅增加。就行動式物聯網連接數量而言，東北亞是全球領先的地區，預計2023年將超過20億。

圖15：物聯網連接（億）

物聯網類型	2023	2029	CAGR
廣域物聯網	33	66	12%
行動式物聯網 <sup>2</sup>	30	61	12%
短程物聯網	124	323	17%
<b>總計</b>	<b>157</b>	<b>389</b>	<b>16%</b>

注：基於四捨五入的數位。

圖16：不同類別和技術的行動式物聯網連結數量（億）



<sup>1</sup> GSA (2023年9月)。

<sup>2</sup> 廣域物聯網的資料包含這部分的資料。

# RedCap 5G NR拓展了寬頻物聯網的應用場景

寬頻物聯網的應用場景主要由4G LTE裝置類別1和4支援，但隨著輕量版 (RedCap) 5G新版無線電標準 (NR) 裝置的出現，應用場景的範圍將進一步擴大。

## RedCap開啟了新的服務機會

預計到2029年，行動式物聯網連接的複合年成長率將達到12%，其中寬頻物聯網 (4G/5G) 連接的數量預計在3-4年內加倍成長。然而，我們目前的行動式物聯網預測還沒有納入RedCap連接，它將為5G網路帶來新的服務機會。與LTE裝置Cat-4相比，RedCap能夠提供相近的傳輸速率，同時具有更低的時延，以及更高的裝置能力和頻譜效率。此外，它還能夠支持5G NR的一些特性，如增強定位和網路切片。

已有RedCap商用軟體推出，支援分時雙工 (TDD) 和分頻雙工 (FDD)，覆蓋低頻和中頻頻段，可以作為5G獨立 (SA) 網路的軟體補充。第一批預商用RedCap基礎模組即將推出，預計在2024年將推出商用的裝置。這種裝置將開啟新類型裝置的生態系統，它們可以接入5G網路。這些裝置的成本和複雜度都比普通5G NR裝置更低，而且體積更小。

在領先市場如美國、中國、澳洲和一些亞洲市場的領導電信商，在2023年進行了試驗，使用預商用軟體在5G SA網路上進行了數據和5G語音服務 (VoNR)，以驗證該技術的性能。

RedCap能夠實現各種成本效益和功耗的應用場景，例如穿戴裝置 (如智慧手錶)、物聯網和擴增實境 (AR) 裝置等。預計將首先應用在低成本路由器、遠端監控鏡頭、高端計量儀器和固定無線接入 (FWA) 裝置上，然後逐步拓展到穿戴裝置和工業應用領域。未來可進一步建立新型服務，例如基於裝置的用戶或針對分眾市場的服務

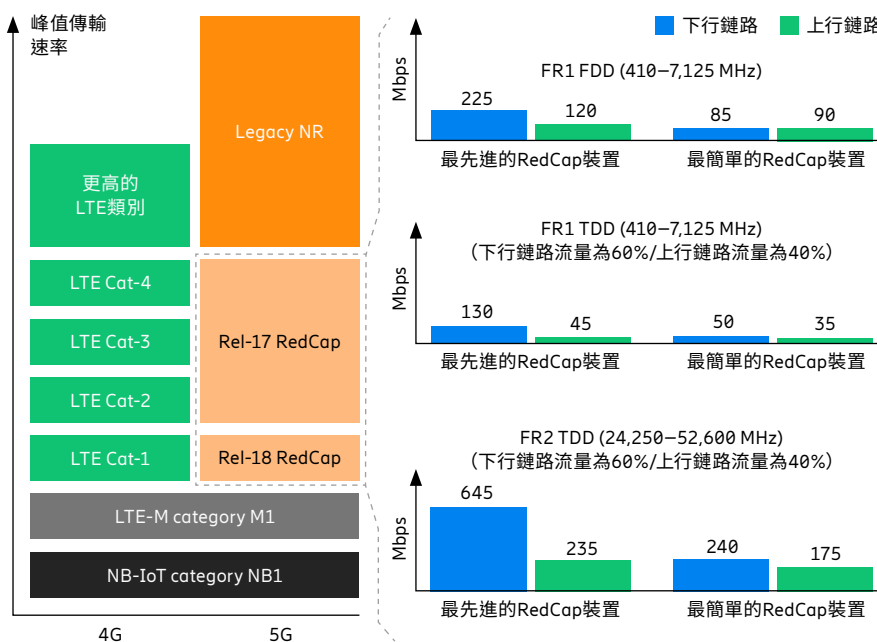
圖17：RedCap裝置所支援的應用場景



套裝方案。從4G和5G裝置類型的峰值傳輸速率來看，在兩種技術的高端應用中，都有能夠滿足要求較高應用場景的裝置類型。在低端和高端應用之間，有一系列可用的4G裝置 (Cat-1/2/3/4)，RedCap將為這個中端應用提供對應的5G裝終端置類型。RedCap裝置的下行鏈路和上行鏈

路峰值傳輸速率取決於裝置的複雜度和頻段，最簡單設備的下行鏈路/上行鏈路速率的範圍是從50/35 Mbps到240/175 Mbps，最先進設備的下行鏈路/上行鏈路速率的範圍是從130/45 Mbps到645/235 Mbps。

圖18：RedCap設備的峰值資料傳輸速率



# 全球已有50%電信商提供5G FWA服務

在全球各個地區，越來越多的電信商開始提供5G固定無線接入（FWA）服務。過去12個月，全球5G FWA的成長有一半以上來自新興市場新推出的服務。

去年，FWA穩定成長，主要展現在：

- 提供FWA的電信營運商的數量
- 提供5G FWA的電信商的比例
- 採用基於速度的資費結構的電信商比例
- FWA用戶裝置（CPE）出貨量增長，包括5G
- 提供的流量，即連結數和每個連結使用的數據總量

## FWA的全球發展態勢

愛立信對電信營運商服務方案的最新研究<sup>1</sup>顯示，約有80%的電信商現已開始提供

FWA服務。目前有121家電信商透過5G提供這項服務，約佔FWA電信商總數的50%。

FWA室內和室外用戶裝置的出貨量預計在2023年將成長31%，達到近2500萬台。其中，室內裝置的出貨量將達到2160萬台，年增長34%，是推升成長的主要驅動力。5G FWA CPE的出貨量預計在2023年將成長86%，達到1380萬台，佔總出貨量的40%以上<sup>2</sup>。

## 基於速度的資費方案持續成長

基於速度的資費方案通常用於固定寬頻服務，例如透過光纖或電纜提供的服務。消費者充分理解這類方案，使電信商能夠充分利用FWA作為寬頻的替代方案來盈利。約30%的FWA電信商現已提供基於速度的資費方案，比例較一年前的25%來得多。其餘70%的電信商仍在採用基於流量的資費方案（即每月數個GB的流量方案）。

圖19：2020到2023年間全球的電信商對FWA服務的提供情況

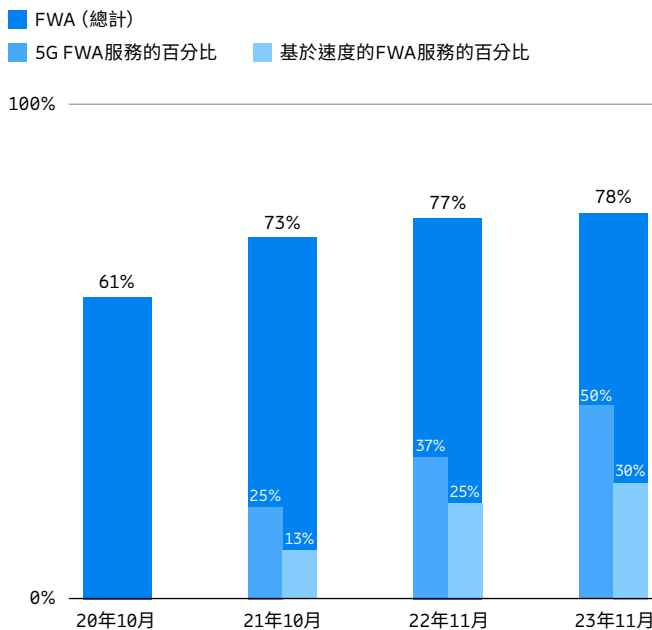
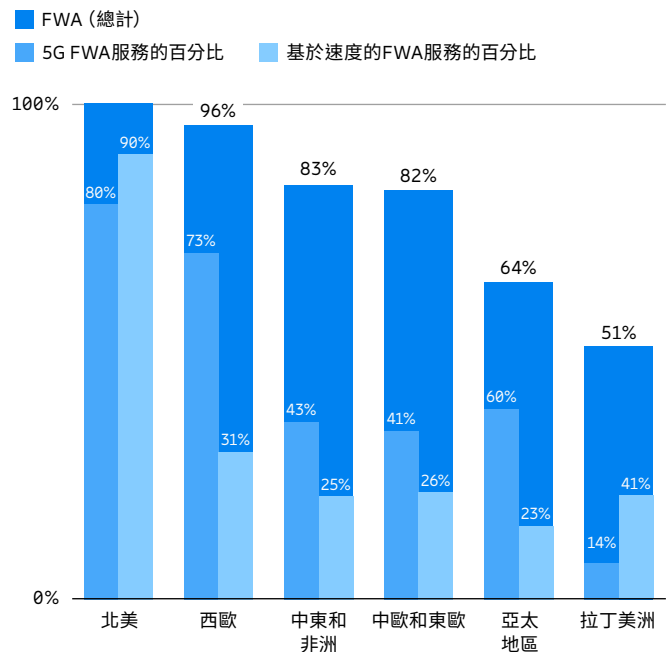


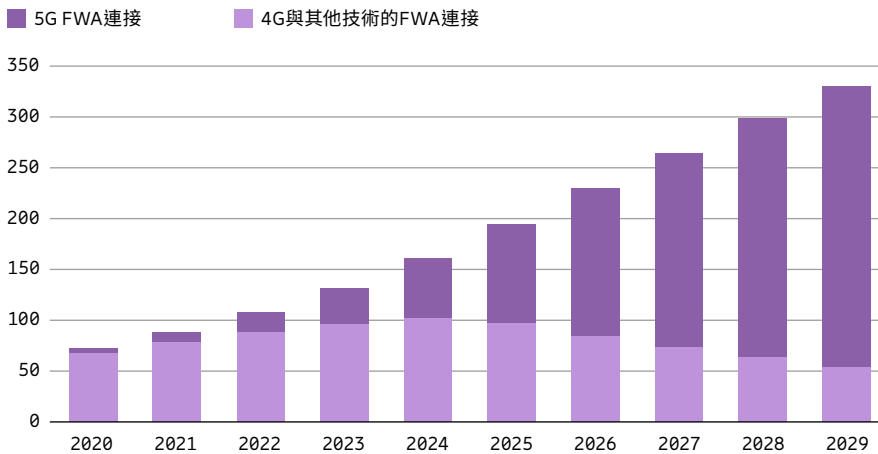
圖20：2023年各地區電信商對FWA服務的提供情況



<sup>1</sup> 約佔全球行動收入90%的310家電信商。

<sup>2</sup> 愛立信與GSA攜手的FWA Forum CPE調查（2023年9月）。

圖21：FWA連接數（百萬）

**FWA的定義**

FWA是通過支援行動網路的用戶端設備（CPE）來提供主要寬頻接入的連接技術。這包括各種類型的CPE，室內型（桌面和窗戶）和室外型（屋頂和壁掛式）。不包括電池供電的可攜式Wi-Fi路由器或網卡。

**各地區情況不同**

提供FWA服務的電信商比例在各地區差異很大：

- 在北美、西歐、中歐和東歐以及中東和非洲，超過80%的電信商現已提供FWA服務。
- 目前，北美是提供FWA服務的電信商比例最高的地區，所有的電信商都提供FWA服務，其中80%的電信商提供基於5G的服務，90%的電信商提供基於速度的方案。
- 拉丁美洲提供FWA服務的電信商比例較低，提供基於5G的服務的電信商比例也較低。但是，它的基於速度的方案的採用率在所有地區中排名第二，超過40%。
- 西歐的FWA服務採用率排名第二，但在提供基於速度的方案中屬於中等水準。

**FWA電信商的發展情況**

- 印度兩家主要電信商已經推出了5G FWA服務。電信商對於其未來兩到三年推廣5G FWA服務的目標相當樂觀。
- 在過去的一年裡，有18家電信商在新興市場推出了5G FWA服務。這些服務是在人口密集的國家進行的，如印度、巴西和奈及利亞。
- 截至2023年11月，全球有121家電信商提供5G FWA服務，其中50家來自新興市場，11家位於非洲撒哈拉以南地區。

**到2029年，FWA連結預計將超過3.3億**

預計到2029年底，FWA連結數將從2023年底的1.3億增加至3.3億，將佔固定寬頻連接的18%。預計3.3億的連結中，有將近85%是來自5G FWA連結。

**到2029年，亞太地區的FWA連結數將超過全球總數的45%**

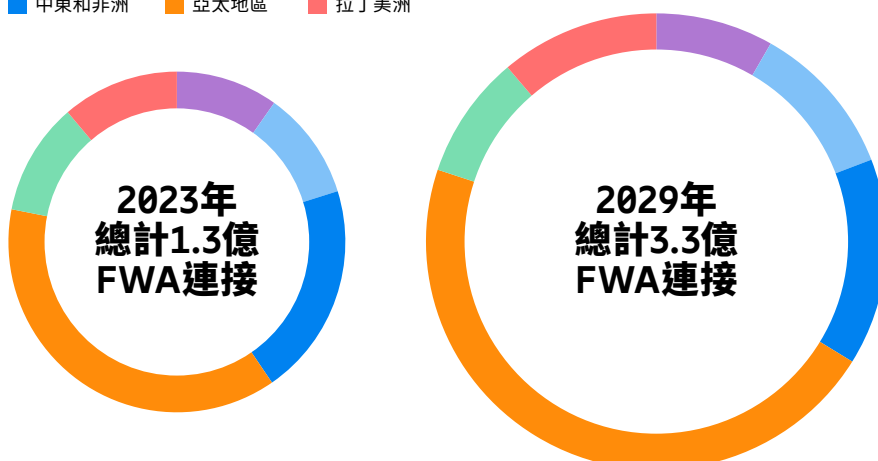
該預測已將新興市場針對5G FWA發展的樂觀目標納入考量，即新興市場預計新增連結數和5G FWA連結的佔比。高增長國家（如印度）5G FWA的數量增加，有望推動整個5G FWA生態系統的規模經濟，讓更多人能負擔得起的用戶終端裝置，進一步對低收入市場帶來正面影響。

預計到2029年，亞太地區的FWA連結數將成長3倍多，其在全球FWA連結佔比也將從38%上升到46%。

**FWA對全球行動數據流量的影響**

2023年末，FWA數據流量佔全球行動網路數據量的19%，預計至2029年將成長5倍多，達到159EB，佔行動數據量總數的近30%。

圖22：FWA連結的地區分佈：2023–2029



過去一年裡，所有新推出的5G FWA服務中有50%以上來自新興市場。

# 55%

# 2023年底，5G中頻人口覆蓋率將達到30%

除了中國，其他地區的5G中頻人口覆蓋率預計將達到30%。要享受完整的5G體驗，還需要進一步密集部署網路。

2023年底，全球4G人口覆蓋率預計達到90%左右，2029年將上升到約95%。目前全球部署了822個4G網路。其中，341個已升級為LTE-Advanced<sup>1</sup>，68個千兆LTE網路已投入商業營運<sup>1</sup>。

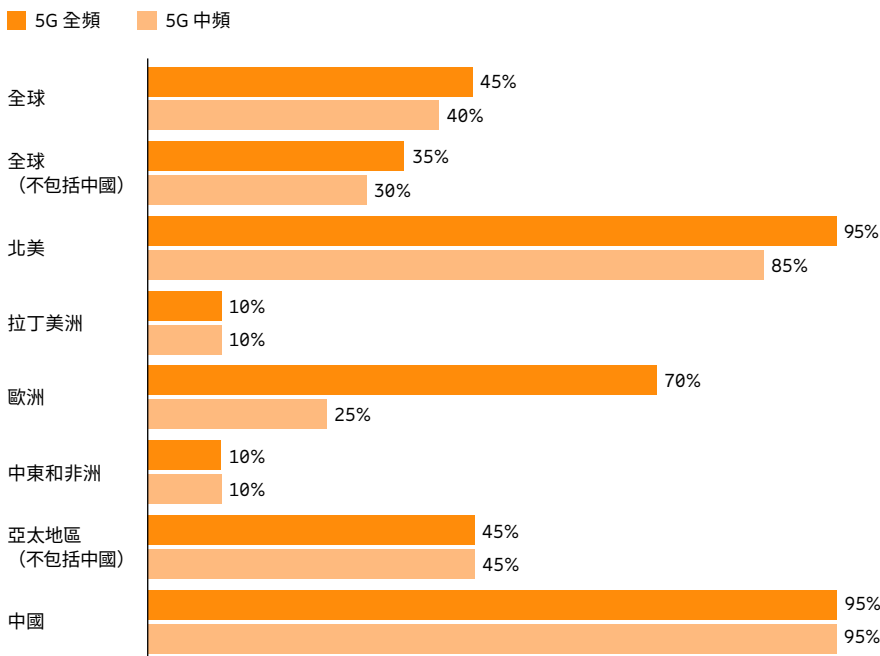
5G的建設仍在持續，全球已有280多個網路投入商業營運。到2023年底，5G人口覆蓋率將達到45%，2029年時將上升至約85%。

## 不同地區5G人口覆蓋率的差異不同

中頻段是提供5G體驗的最佳選擇，因為它既有高容量又有良好的覆蓋範圍，在大多數市場都可以使用結合低頻的FDD 5G載波，它可以提供全覆蓋和行動性。2023年底，全球5G中頻人口覆蓋率將達到40%左右，而中國以外的中頻覆蓋率已經達到了約30%。除中國外的覆蓋率增長主要由印度的大規模中頻部署帶動，以及歐洲在今年的幾次中頻部署。

中國的5G人口覆蓋主要依靠中頻，覆蓋率達到了95%。在歐洲各國，5G覆蓋率有很大差異，總體人口覆蓋比例預計達到70%，而中頻覆蓋率到2023年底預計達到25%<sup>2</sup>。這是因為一些國家的中頻頻段可用性有限，導致5G主要在低頻段部署。北美的5G部署涵蓋了低、中、高三個頻段。多家電信商已經在低頻頻段部署了5G，覆蓋約95%的人口。近年來，北美中頻頻段的部署也很迅速，2023年底人口覆蓋率預計約85%。

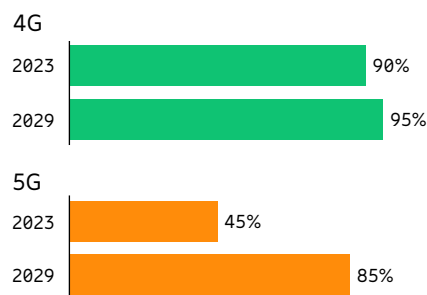
圖23：按地區區分的世界人口覆蓋率和中頻覆蓋率（到2023年底）



到2029年底，全球5G人口覆蓋率將達到約85%。

# 85%

圖24：全球人口覆蓋率（按技術劃分）



注：這些數位是四捨五入的，且指的是每項技術的覆蓋範圍。利用技術的能力取決於設備可用性和用戶數等因素。

<sup>1</sup> 愛立信與GSA合作（2023年10月）。

<sup>2</sup> 這些資料未包括俄羅斯。

# 儘管用戶數和流量增加，ICT產業的碳足跡呈現持平

ICT產業在使用階段消耗了全球電力約4%，約相當於2020年全球溫室氣體 (GHG) 排放的1.4%。預計到2030年，電力消耗將略有增加，而碳排放將下降。

ICT產業的電力使用是其GHG排放的主要來源。除了使用階段，碳足跡還包括與材料、製造和運輸相關的所有排放。2020年的研究使用了ICT產業價值鏈中150多家公司的報告資料<sup>1,2</sup>。2030年的預測是基於整個ICT產業所發現一些趨勢。

## ICT產業2007–2020年的發展

ICT產業在使用階段的電力消耗從2007年的710TWh增加到2020年的915TWh。2020年，ICT產業的碳足跡估計為7.63億公噸 (Mt) 二氧化碳當量 (CO<sub>2</sub>e)，而2007年為6.2億公噸CO<sub>2</sub>e。這個增長主要與物聯網/機器對機器 (M2M) 技術的使用有

關，特別是連網的遠端監控鏡頭 (見圖25的下方線條)。許多資料中心和網路增加了它們從再生能源獲取的電力的佔比，這使得碳足跡的增長速度放緩 (見圖25)。

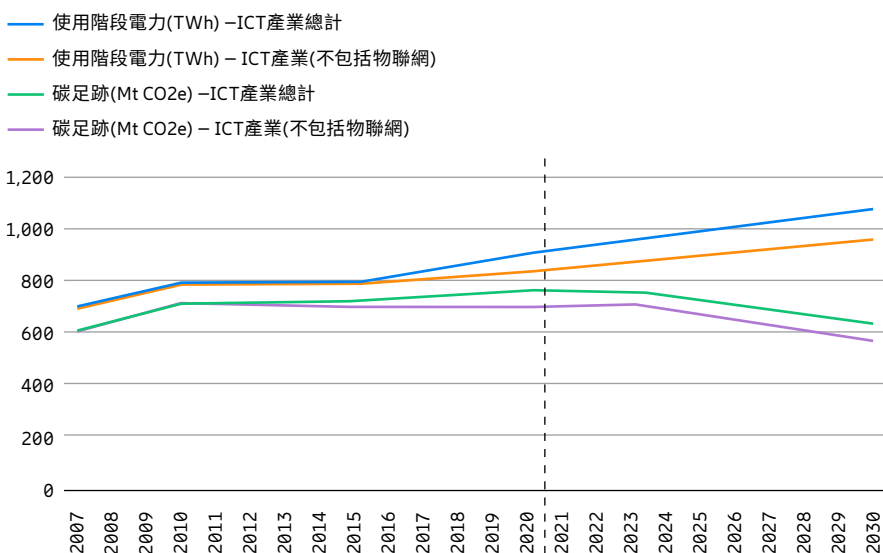
固定和行動數據量自2007年以來增加了約40倍，而ICT用戶 (固定和行動) 的數量增加了2.75倍。結合上述電力使用情況，這表明每個ICT用戶 (不計算物聯網用戶) 的電力使用和碳足跡都有所下降。每個用戶的碳足跡從125公斤降低到70公斤CO<sub>2</sub>e。對於智慧手機用戶和行動寬頻用戶，碳足跡約為25公斤CO<sub>2</sub>e，與2007年智慧手機推出時相似。

## 展望2030年

2030年的預測顯示，隨著網路的建設和用戶的全球增長，ICT產業在使用階段的電力使用總量將有所增加。ICT產業的碳足跡預計將減少，因為電網的排放因素預計將至少降低25%，而且網路和資料中心預計將進一步增加再生能源的佔比。這一預測是基於2007年至2020年的發展以及用戶和銷售趨勢。

ICT產業可以透過強化使用的材料和能源效率，以及增加再生能源的使用，進一步降低這一預測數字。更快地淘汰2G和3G等舊技術，將直接影響使用階段的電力，並降低預測階段的增長。我們需要共同行動，才能與國際電信聯盟 (ITU)<sup>3</sup>提出的2030年1.5度軌跡的目標保持一致，以支援淨零排放目標的承諾。

圖25：ICT產業2007–2020年的發展和2030年的預測



## ICT產業

本文所指的ICT產業包括以下領域：資料中心、行動和固定網路、使用者設備 (如個人電腦、顯示器、手機、平板電腦等，不論用途)、用戶端設備 (如路由器、數據機等)。此外，還包括支付終端、監控攝影機、智慧電錶、智慧家居設備和其他物聯網/機器對機器 (IoT/M2M) 通訊模組，這些在本文中統稱為物聯網設備。而電視、有線電視和廣播網路、印表機、平面媒體和其他設備則被歸為娛樂和媒體產業的一部分，不屬於ICT產業的範疇，但在本文引用的2020年研究中被計入。

<sup>1</sup> 「ICT行業電力消耗和溫室氣體排放-2020年結果」(ICT Sector Electricity Consumption and Greenhouse Gas Emissions – 2020 Outcome)SSRN (2023年4月)。

<sup>2</sup> 「透過綜合方法評估通訊使用者設備的內含碳排放量」(Assessing embodied carbon emissions of communication user devices by combining approaches)《再生和永續能源評論》(Renewable and Sustainable Energy Reviews) (2023年9月)。

<sup>3</sup> L.1470: 與《聯合國巴黎協定》相符的資通訊產業溫室氣體排放軌跡(Greenhouse gas emissions trajectories for the information and communication technology sector compatible with the UNFCCC Paris Agreement)，國際電信聯盟(ITU-T) (2020年)。

# 文章

我們的文章關注電信商和企業如何準備和規劃5G網路覆蓋。在第一篇文章中，我們與Jio一起探討了如何通過大規模的5G SA部署抓住全國性的商業機會。接下來的兩篇文章探索了針對特定目的和地點的覆蓋問題——我們著眼於優化重要室內場所的用戶體驗，最後討論了企業如何選擇5G來提高製造和生產環境中的敏捷性和規模。



我們探索了Jio的大規模5G部署策略如何為印度帶來了相當大的5G SA人口覆蓋，以及這樣的網路所帶來的商業和企業機會。

第25頁



行動寬頻用戶80%的數據流量，都發生在室內。本文探討了提高室內用戶體驗的最佳部署方案，特別是在擁擠的場所。

第29頁



在超級工廠和綠色鋼鐵廠中，要想充分優化和擴大空間利用率，就需要自動化技術。而自動化技術則需要無線連接。本文探討了這一不斷增長的製造業細分領域的特點，以及5G為什麼是理想的無線解決方案。

第33頁



# 大規模5G SA部署推動印度數位轉型

5G是印度數位轉型的基礎。Jio致力於通過大規模的5G獨立組網(SA)部署，為消費者和企業領域創造商機，以5G為印度數位轉型奠定基礎。

## 重要洞察

- 快速而廣泛的5G SA覆蓋和網路切片能夠為不同的市場區隔提供新的商業模式和創新。
- 採用網路切片的5G固定無線接入(FWA)是推動住宅和企業網路連接轉型的關鍵差異化因素。
- Jio認為，在網路自動化、網路切片和XR等不斷演進的案例中保持領先，能夠為其在市場上提供競爭優勢。

Jio於2016年建立了全新的4G網路，進入了行動寬頻市場。同年9月，該網路的服務覆蓋了印度80%的人口，引發了市場上各個營運商之間的白熱化競爭，從而推動了4G方案用戶數和數據用量的快速增長。僅在2016年9月(推出服務後的5個月內)，Jio的4G訂閱數就突破了1億。到2023年3月，印度的行動寬頻門號總數達到了8.3億，其中Jio佔據了53%的份額，而印度每個使用者的平均使用量也在同期從240 MB飆升到了17.4 GB。因此，印度在全球行動網路流量中的佔比從約3%增加到20%。

## 4G讓印度走向數位化

4G網路的廣泛覆蓋和經濟實惠的流量方案，在改變印度的數位化布局方面發揮了重要作用。行動寬頻網路的普及，促進了當地消費者在印度本地生態系中各種新型數位服務和應用的消費。更快的行動寬頻速度，增加了人們對影音串流媒體、社交

網路、電子商務、線上教育和數位支付等服務的需求。4G帶來的數位轉型，對印度的經濟產生了積極的影響，為人們提供了就業機會，激發了創業活力，催生了許多新創企業。2015年印度政府啟動的「數位印度」(Digital India)計畫，也因此取得了進展，通過數位化的方式，為公民提供了更高效、更便捷的公共服務。

## 5G是數位轉型的基礎

印度政府於2022年7月舉行了頻譜競標，Jio獲得低頻段(700MHz)、中頻段(3.5GHz)和高頻段(26GHz)的頻譜，這為5G的快速擴張奠定了基礎。預計5G將推動印度下一階段的數位轉型，有助於將該國建設成為一個數位賦能的社會和知識經濟體<sup>1</sup>。隨著5G SA的覆蓋範圍和容量持續擴增，印度的5G用戶正在享受著大幅提升的行動網路速度。與4G用戶相比，印度的5G用戶對其營運商的評價更加正面，顯示出更高的客戶滿意度(用淨推薦值或NPS衡量)<sup>2</sup>。

Jio已經成為印度5G SA部署的領導者，Jio堅信5G可以通過在各個領域促進創新，如製造業、醫療、農業、交通和教育，來加速經濟成長。這些創新可以帶來更多的就業機會和更高的經濟效率，這是印度數位轉型努力的一個重要目標。

5G還能協助印度達成其遠大的氣候目標和永續發展目標，通過提升環境監測和保護的水準，例如提供有關氣候、污染和野生動物追蹤的即時資料。



本文與Jio合作撰寫，Jio是一家領先的通訊和數位服務供應商，為印度各地的消費者和企業提供5G服務。

## 大規模快速部署全國性的5G SA覆蓋

Jio從一開始就採用了5G SA架構，部署了真正的5G能力，成為了這方面的全球先驅。Jio採用了多頻段策略，在低頻段(700MHz)、中頻段(3.5GHz)和毫米波(26GHz)上部署了5G。該策略是通過配置5G SA網路的分層管理和載波聚合功能，來最大化中頻段上的大規模陣列天線(Massive MIMO)覆蓋。這樣可以優化中頻段相對於低頻段(覆蓋層)的使用。

Jio的5G FWA產品組合(AirFiber)包括5G SA和智慧UBR，具有低時延和高容量的能力，可以提供住宅寬頻以及針對小型、中型和大型企業的商业連網解決方案。

<sup>1</sup> CSC, 數位印度專案。

<sup>2</sup> Ookla洞察文章, 「印度5G突飛猛進, 在全球行動網路排行榜突飛猛進」(India's Remarkable 5G Advancement Elevates it's Global Mobile Ranking). (2023年10月1日)。

Jio選擇5G獨立組網(SA)而不是非獨立組網(NSA)的網路架構,是基於印度數位轉型和社會經濟發展目標的背景,當時5G SA的生態系統還相對不成熟。這是一種前瞻性的策略,讓Jio能夠在激烈的市場競爭中提供真正脫穎而出的5G服務。Jio預計,利用5G SA網路固有能力的服務將會有持續成長的需求,例如低時延、海量的機器對機器通訊和網路切片。全國的5G SA網路部署對5G SA生態系統產生了重大影響,SA支援的設備數量明顯增長。印度發佈的所有新5G設備都支援SA,超過90%的設備支援載波聚合和新無線語音(VoNR)功能。5G SA還提供了對網路資源的更大控制,相比NSA架構,它可以提供更明確的服務品質和增強的客製服務功能。

Jio計畫在2023年底完成除了中國以外,世界上最快、最大規模的全國中頻5G部署。在2022年10月啟動後的僅12個月內,它已經部署了超過100萬個5G細胞,部署速度達到每10秒一個5G細胞。據稱,這佔據了印度已部署的5G容量的85%以上<sup>3</sup>。

部署速度促使提前對基礎設施進行了升級、高度光纖化以及對E-Band和非授權頻段無線技術(UBR)進行了最佳利用。

部署策略還包括使用先進的層管理和優化,以及完全自動化的自我組織網路(self-organizing network,SON)來強化網路性能。此外,還包括使用完全自動化的服務編排和管理功能來部署真正的5G服務。

### 覆蓋範圍擴大,訂閱和流量隨之增長

Jio正在大規模和高速地建設5G覆蓋和容量,目的是通過提供高品質的服務來吸引新的客戶,並加快將其4G客戶轉移到5G。2023年10月,Jio宣佈,它的5G服務啟動後不到11個月,就已經擁有了7000萬5G用戶。

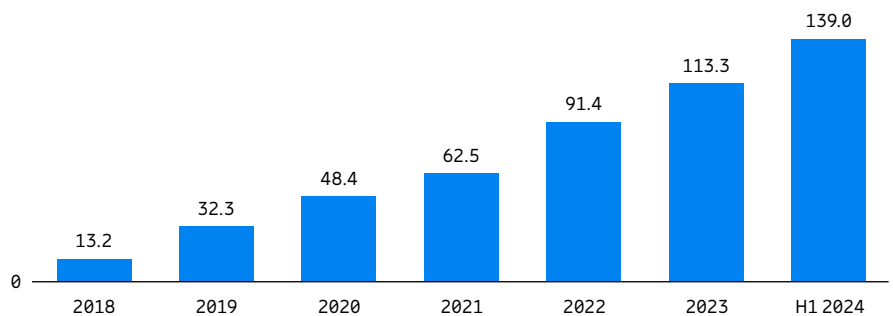
在中頻頻譜和載波聚合上廣泛部署5G SA,推動了行動網路數據用量的大幅增長。Jio的每月總數據流量年增長了29%。Jio致力於為消費者打造最優質的網路服務,這從他們在5G SA網路覆蓋和行動寬頻速率方面的快速發展可見一斑,具體資料可參見圖27和圖28。此外,Jio在協力廠商Speedtest<sup>®</sup>進行的5G網路評測中表現出色,因在速度、影片和遊戲等方面提供最佳客戶體驗而獲獎<sup>4</sup>。在印度,5G用戶對網路性能的滿意度也高於4G用戶。愛立信消費者研究室在最近發布的一項研究中,比較了消費者對4G和5G網路性能的滿意度,包括行動遊戲、影音串流、下載速度和

視訊通話等各方面,研究顯示,印度的5G消費者對網路性能的滿意度明顯高於4G消費者,平均提高了近30%<sup>5</sup>。這一切都歸功於無處不在的5G覆蓋,中頻和低頻之間的載波聚合,以及每個基站的大規模MIMO無線部署。

Jio通過廣泛的覆蓋範圍,將大量的流量從4G網路吸引到了5G網路,從而提升了其4G客戶的體驗。Jio還加快了將4G用戶升級為5G用戶的速度,為新用戶騰出了4G網路的容量。印度有大約2.5億2G使用者,Jio的目標是通過提供低成本的4G手機(12美元)和可負擔的服務方案,將他們轉移到4G。

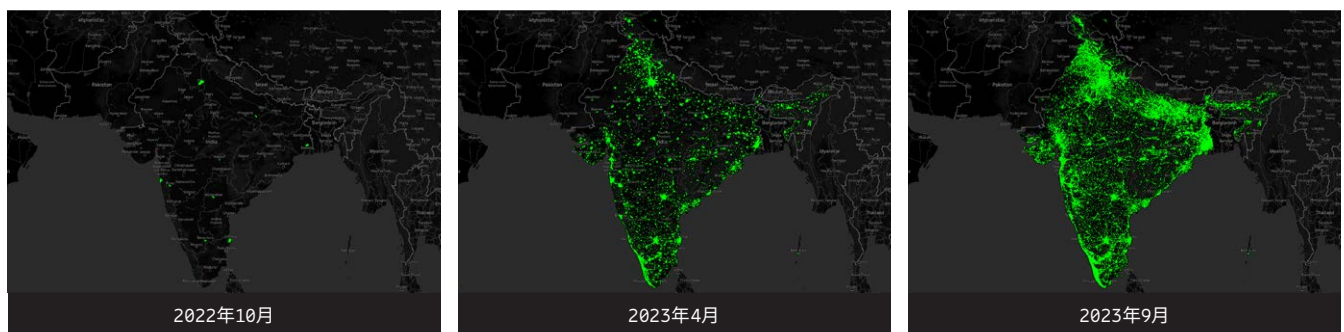
Jio認為以下兩個因素對5G的採用至關重要:建構無處不在的5G網路,為消費者提供高速、低時延的連接;採用動態的網路切片技術,無縫地提供沉浸式體驗。這兩個因素也是向客戶提供XR服務的重要條件。

圖26:過去6年,Jio的數據流量增加了10倍以上(單位:EB)



注:2018-2023年為財政年度。2024年上半年的數據流量調整為按年計算。

圖27:5G測試樣本。Speedtest<sup>®</sup>對印度Jio的分析



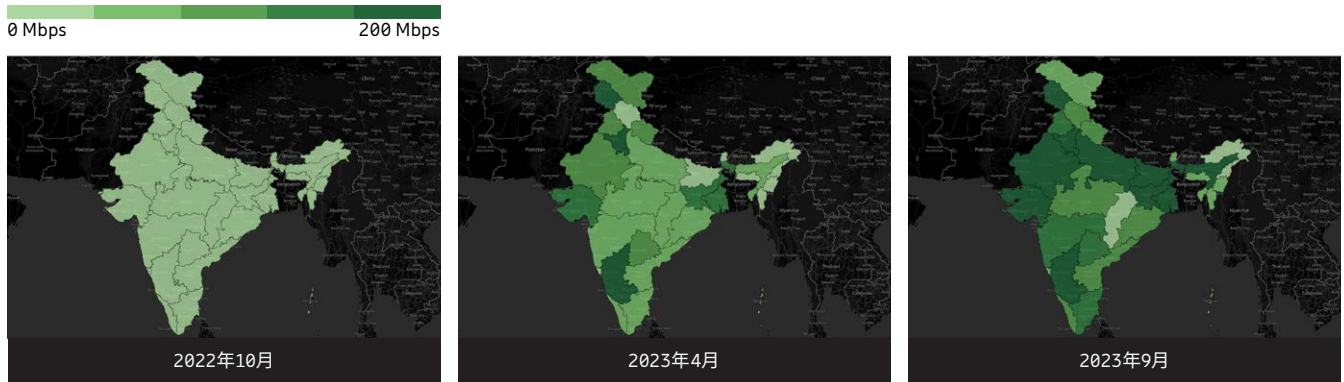
資訊來源:愛立信對Ookla<sup>®</sup> Speedtest Intelligence<sup>®</sup>資料的分析,測試時間為2022年10月、2023年4月和2023年9月。

<sup>3</sup> RIL 2023-2024年第二季度,媒體和分析師電話會議記錄(2023年10月27日)。

<sup>4</sup> 印度Speedtest獎項(2023年)。

<sup>5</sup> 愛立信消費者研究室,5G價值:將效能轉化為忠誠度(2023年10月)。

圖28：網路性能。基於Speedtest®對印度Jio公司的分析



注：Jio 4G/5G網路連接。圖中的地區根據中位元速度（0–200 Mbps）進行着色。

資料來源：愛立信對Ookla® Speedtest Intelligence®資料的分析，測試時間為2022年10月，2023年4月和2023年9月。

### 印度快速部署5G面臨的挑戰

部署5G時，必須讓基站和相關基礎設施等適應新技術的要求。部署過程高度依賴自動化技術，但同時也需要人類的專業知識。5G網路管理和故障排除面臨的一個主要挑戰，就是如何實現流程自動化，以及如何確保技術人員具備所需的技能和知識。Jio利用人工智慧（AI）和主動將整個流程自動化來建立流程，並為其技術人員提供全面的培訓，以應對這一挑戰，從而彌合能力差距。

消費者對5G網路的品質和性能有很高的期望。然而，要滿足這些期望並不簡單，需要優化網路，解決潛在的問題，如信號干擾和延遲，以及保證用戶的無縫體驗。Jio進行了全面的測試和網路微調，以確保其5G SA網路能夠承受預期的負載。

### 網路切片開啟新機會

Jio對網路切片的方法是基於其潛力和需要克服的挑戰。Jio已經為其固定無線接入（FWA）服務實現了端到端的網路切片，為住宅客戶提供數位娛樂、智慧家居服務和高速寬頻，而不影響其行動客戶的體驗。目前，它正在採用服務級和使用者級的切片，同時密切關注應用級切片不斷發展的生態合作體系。由於切片的商業模式仍處於起步階段，Jio認為，與產業和企業合作，共同創造有關切片解決方案的價值主張是至關重要的。Jio正在與設備合作夥伴和應用提供商合作，為各個領域打造創新的服

務，包括醫療、教育、零售、製造和安全監控解決方案。Jio還與企業夥伴合作，確定切片效益可以顯著影響其營運的領域。這種協作的方法有助於Jio制定一個強而有力的商業案例，並確保部署方案與企業的具體需求一致。

Jio利用完全自動化的服務管理和編排功能，實現了網路切片的快速部署、測試和上線，從而能夠迅速推出新服務。

### 網路切片面臨的上市挑戰

要把切片服務推向市場，一個主要的挑戰是要應對案例的不斷更新和快速變化，包含消費者和企業客戶。

這些案例要能夠吸引和影響客戶，能夠靈活創新並及時回應市場的需求變化。

切片解決方案的實施需要改變營運支援系統（OSS）和業務支援系統（BSS）。這些系統需要靈活和敏捷地支援動態切片。這包括與切片服務的動態特性一致的配置、監控、計費和品質保證等流程。有效地管理和維護網路切片對於提供無縫的客戶體驗至關重要。為了讓切片服務順利上市，我們需要密切關注最新的案例動態，確保設備相容性，並優化OSS/BSS流程，以適應這種創新技術的獨特需求。只有克服這些挑戰，營運商才能將切片服務成功地推廣到市場，並為客戶創造價值，這非常重要。

### 網路切片技術幫助產品脫穎而出

Jio的5G獨立組網（SA）網路為各種新商機打開了大門，從即時的服務，如遊戲和360度直播，到未來的XR體驗。雖然基於切片的B2C業務仍在發展，但Jio已經推出了一些可以從切片中受益的消費者服務，如雲端遊戲、電競和直播。Jio借助JioGamesCloud和JioGamesESports兩大平臺，力求在日益成長的雲端遊戲和電競市場佔據更大的份額。這些服務可以利用5G SA的高速度和低時延，提供引人入勝和有競爭力的遊戲體驗。

在Jio發展中期，它打算擴展其基於XR的服務。一個例子是推出JioDive VR頭盔和JioImmerse內容庫，使用者能夠獲得廣泛的VR應用和體驗。例如，在2023年的印度板球錦標賽中，觀眾可以通過這些設備線上觀看一場精彩的比賽，享受虛擬的100英寸大螢幕和360度的全景體育場。Jio的目標是繼續豐富其內容組合，提供沉浸式數位體驗，滿足尋求互動和虛擬體驗的多樣化用戶群。

Jio相信，2026年至2030年，XR應用程式將開始在遊戲、社群媒體、娛樂、零售、教育、醫療和製造等領域佔據主導地位。Jio將繼續隨著XR應用的演進，發展其5G網路能力。

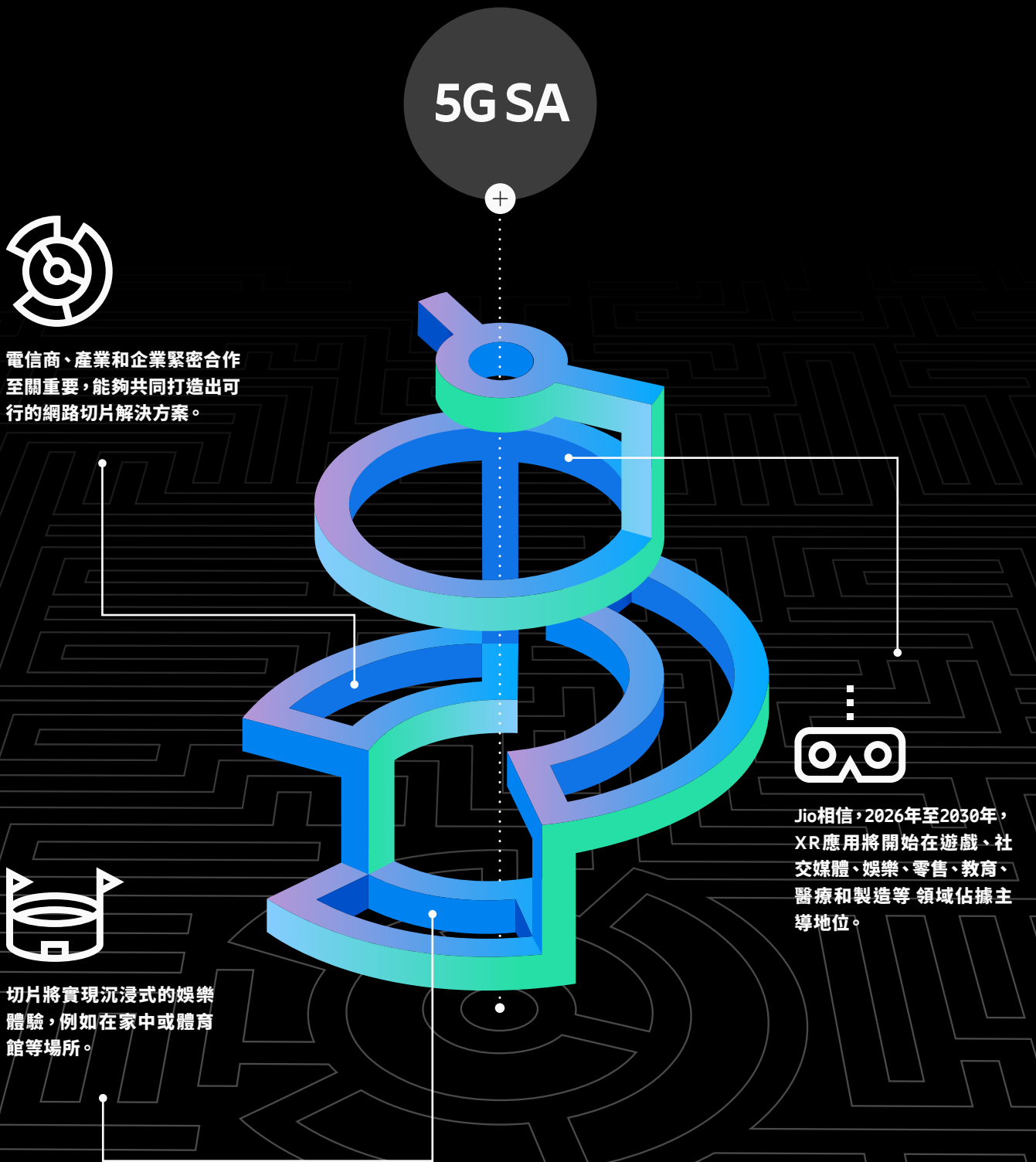
Jio正與其合作夥伴一起研究多種場景，以擴展在B2B領域的覆蓋範圍。包括針對各行業量身訂製基於切片的服務，例如為企業營運、特定事件或地點提供專用切片。與企業合作夥伴協同定義案例，並確保網

路和OSS/BSS生態合作體系準備好進行端到端的多切片管理，這一點至關重要。Jio已經在石油和天然氣、製造業等產業啟動了5G部署，並正在測試其他領域的解決方案，如：醫療保健、公共安全和緊急應變、安全的企業應用和服務，包括SD-WAN服務、SD-WAN支援的服務、Jio基於5G SA和智慧UBR技術的FWA產品組合（Airfiber）、遠端操作、數位分身、媒體廣播等。Jio認為，B2B2C服務的生態體系還在發展中，需要與各合作夥伴密切合

作，共同打造和優化價值主張，並建立健全的端到端管理機制。

### 繼續充分利用5G

建構網路覆蓋只是第一步，但Jio的情況告訴我們，也要注重提升消費者的滿意度，提供合理的方案以及有吸引力的附加服務，都是非常重要的。我們要與合作夥伴攜手打造創新的商業案例，才能充分把握機會。Jio的長期願景是，透過持續創新和領先技術，滿足消費者及企業日新月異的數位需求，實現永續成長。



電信商、產業和企業緊密合作至關重要，能夠共同打造出可行的網路切片解決方案。

切片將實現沉浸式的娛樂體驗，例如在家中或體育館等場所。

Jio相信，2026年至2030年，XR應用將開始在遊戲、社交媒體、娛樂、零售、教育、醫療和製造等領域佔據主導地位。

# 對室內連接的需要 推動對增強網路表現的要求

為了獲得理想的室內網路表現，關鍵場所需要通過最佳的網路部署方案，實現覆蓋範圍和容量的提升。

## 重要洞察

- 室內外的流量形態有顯著差異。相比室外，室內每位用戶的流量需求高出1.5至2倍，而且不同類型的室內場所也有不同的流量分佈。
- 與分散式天線系統 (DAS) 相比，室內小型基地台可以有效提升網路的傳輸能力，特別是在上行鏈路，為擴增實境 (XR) 服務創造了必要環境。
- 然而，目前的4G室內網路往往面臨著高負載和低效能的問題，無法滿足用戶的需求。因此，部署5G中頻段是實現完整5G體驗的關鍵。

目前，5G中頻分時雙工 (TDD) 主要應用於室外大型站點，為行動寬頻和固定無線接入 (FWA) 服務提供覆蓋和容量。但是，大量的流量是在室內產生的，因為我們90%的時間都在室內，80%的數據是在室內消費的<sup>1</sup>。

## 室內性能的重要性

鑒於我們的生活大部分在室內進行，因此有必要在室內場所提供良好的5G表現，特別是在使用者密集的地方。室內環境的傳播特性通常較差，因為建築物的結構含有鋼架和堅固的牆壁。這些挑戰主要出現在火車站、購物中心、體育場和機場等場所。為了應對這些挑戰，室內更適合部署客製化的5G解決方案，它們可以提供卓越的用戶體驗。

最近愛立信消費者行為研究室的一項研究顯示了關鍵地點的網路效能和電信商用戶流失率之間的密切關聯。研究發現，如果用戶在活動場所和機場遇到連接問題，他們在未來六個月流失的可能性是正常情況的三倍<sup>2</sup>。這說明了為提升客戶滿意度，有必要加強投資，優化關鍵場所的網路效能，以保障現有服務的品質。同時，這也是為了適應新興服務的發展，例如雲端遊戲和XR，這些服務對網路性能有著更高的要求。

## 研究方法

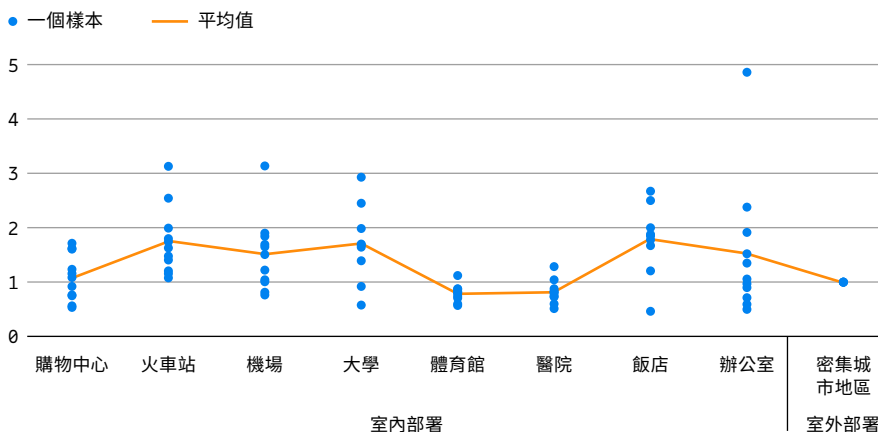
為了分析北美地區的室內流量特徵，我們從2023年第一季三個不同電信商提供的網路中，選取了九種典型的室內場所類型，每種場所類型收集了30個行動流量資料的樣本。

## 室內流量行為分析

為了選擇最適合使用者體驗和容量需求的室內解決方案，瞭解使用者行為是非常重要的。不同類型的場所，行動數據使用模式將根據使用者在行動網路上運行的服務而有所不同。室內場所通常是使用者密集的区域，高峰時段的網路容量需求很高。

在許多情況下，室內場所的平均流量消費也明顯高於由室外網路提供服務時的情況。圖29將室內場所的使用者平均流量與城市室外密集流量地點進行了比較。從圖中可以看出，在人流密集的場所中，使用者的峰值流量高於平均的1.5倍，甚至有一個機場的流量是室外流量的3倍以上。這表明，不同的場所類型有著不同的流量特徵，而且同一類型的場所之間也存在著很大的差異。

圖29：高峰時段的相對平均每用戶流量

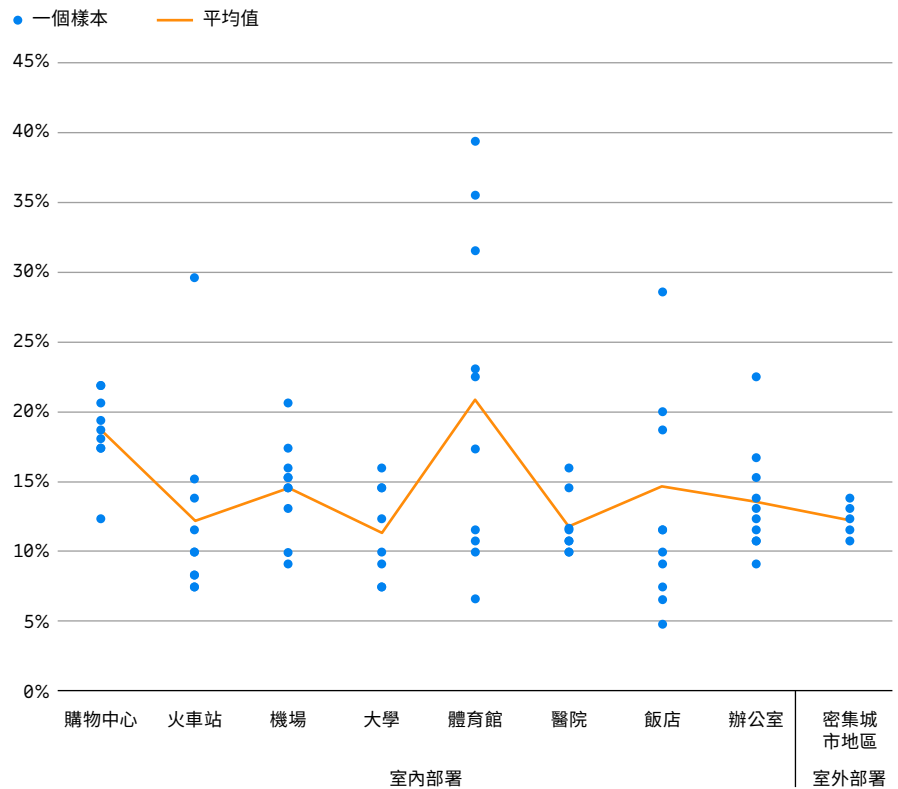


<sup>1</sup> 愛立信部落格，「五種室內5G改變你我生活的方式」(2023年7月)。

<sup>2</sup> 愛立信消費者研究室，「5G價值：將效能轉化為忠誠度」(2023年10月)。

流量行為分析更顯示出，與密集的城市區域相比，許多室內場所的上行鏈路流量比例高得多（見圖30）。體育場和飯店的上行鏈路流量比例也有很大差異。這可能是因為在現場活動中的社群媒體分享行為，例如體育場內的重度體育賽事，上行鏈路流量佔了35%。飯店的情況則可能受到它們的場所、客人和一周時間點的影響。這裡常用的服務包括上行鏈路服務，如上傳工作相關的資料、視訊通話和社群媒體，相比於下行鏈路流量密集的服務，如影音串流。這些結果表明，在規劃和部署室內5G解決方案時，需要對流量行為有一個清晰的瞭解。

圖30：上行鏈路流量佔總流量的比例



## 利用5G提升球迷體驗

在澳洲最近舉行的一次大型女子足球錦標賽中，Optus對三個體育場進行了升級，增加了5G頻段（非獨立和獨立），以提升球迷體驗。該賽事吸引了超過75萬名現場觀眾，比賽門票一票難求，體育場座無虛席。為了分析現場活動期間的球迷體驗，我們監測了包括體育場、貴賓包廂、附近的公共交通和體育場周邊在內的1100多個站點細胞。

在賽事期間，共產生了超過29 TB的行動數據流量，其中37%是通過5G承載的，在高峰時達到了51%。平均來說，體育場內的設

備有40%是具有5G功能的設備，這說明在這樣的賽事中擁有5G是非常重要的，它可以滿足流量需求和提升球迷體驗。在錦標賽期間產生的流量中，約有25%是由社群軟體所驅動的上行鏈路流量，這說明了在這類場所佈署網路時，考慮到上行鏈路和下行鏈路性能的重要性，以便給球迷提供完整的體驗。

在衡量這次賽事是否將5G網路成功帶到體育場時，關鍵的性能指標均達到超過99%的可用性。所有體育場的4G和5G都達到了這一目標。為了這次賽事，Optus對

7000個站點細胞做了現場調整，讓上行鏈路吞吐量比以往同類賽事提高了5-53%。

Optus還打算運用最新的高容量設計、產品和網路性能，為兩個主要的體育場帶來更大的提升。Optus的其中一項重要目標是通過提供新的沉浸式體驗，讓使用者享受到卓越的網路服務，並從中獲得收益。



圖31：Optus報告的2023年女子足球錦標賽網路統計數據

超過75萬名現場觀眾觀看了比賽。      產生了超過29 TB的行動數據流量，其中37%是通過5G承載的，25%是上行鏈路流量。      4G和5G在錦標賽期間的可用性都超過了99%。

>0.75<sub>m</sub>    >29<sub>TB</sub>    >99<sub>%</sub>

### 資源利用率接近容量

我們針對許多場所在繁忙時段的4G無線資源利用率，進行了深入分析。當資源利用率低於50%時，用戶體驗較佳，超過95%的用戶能夠在網頁瀏覽時快速載入內容。當利用率高達50%以上，且同時有眾多用戶要求服務時，使用者體驗會降低。許多用戶在競爭有限的資源。圖32顯示，在這些不同場所的部署中，資源利用率普遍較高。一般來說，體育場的表現較佳，因為它們在室內解決方案上投資較多，而且得到了廣域行動網路的良好支援。使用者體驗的一個關鍵指標是內容到達時間。一項由愛立信智慧手機研究室進行的研究顯示，可用的下行鏈路傳輸量和內容到達

時間有著密切的關係<sup>3</sup>。透過一個內容到達時間度量表，我們可以推導出滿足某個目標所需的傳輸量。這個度量表將站點分級為：

- 優秀(<1.5 s)
- 良好(1.5–2.5 s)
- 一般(2.5–4.0 s)
- 差(>4.0 s)

傳輸量結果分為：

- 優秀 (>20 Mbps)
- 良好 (10–20 Mbps)
- 一般 (5–10 Mbps)
- 差 (<5 Mbps)

當我們用這個度量表來測量各關鍵場所的區域邊緣效能(cell-edge performance)時，如圖33所示，我們可以看到，只有少數辦公室和體育場的部署達到了優秀的性能，而機場則是遠遠落後於其他場所類型的最差表現者。

較高的利用率和相對較差的區域邊緣內容到達時間，突顯了提升室內網路效能的必要性。在一個部署了5G室內小型基地台的場所中，平均傳輸量是原來的兩倍，區域邊緣傳輸量是原來的三倍。增加5G中頻段TDD後可以顯著提高用戶效能。

圖32：高無線資源利用率（超過50%）的場所百分比

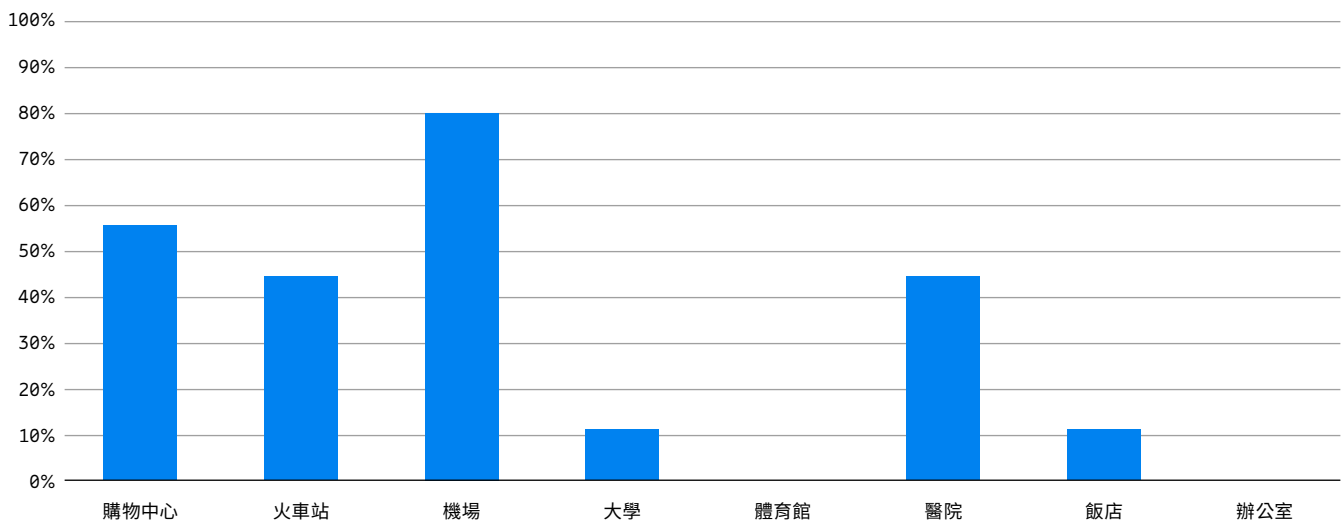
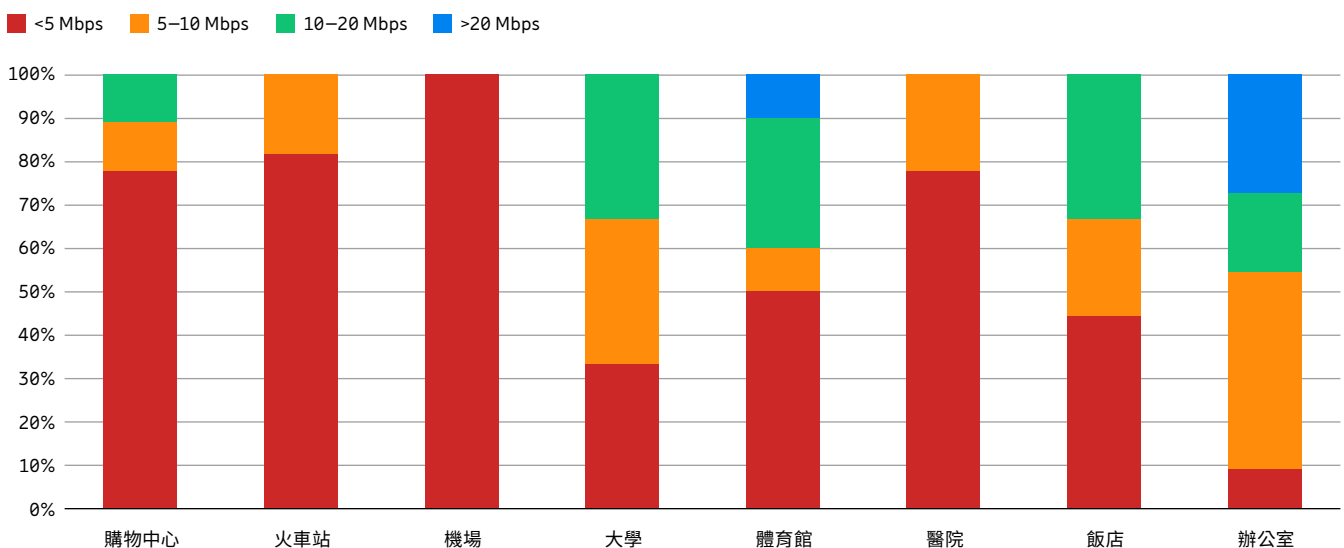


圖33：不同類別的4G下行鏈路區域邊緣傳輸量百分比



<sup>3</sup> 愛立信行動趨勢報告，「內容到達時間：網路效能基準測試」（2021年11月）。

### 美國的室內部署以4G DAS為主

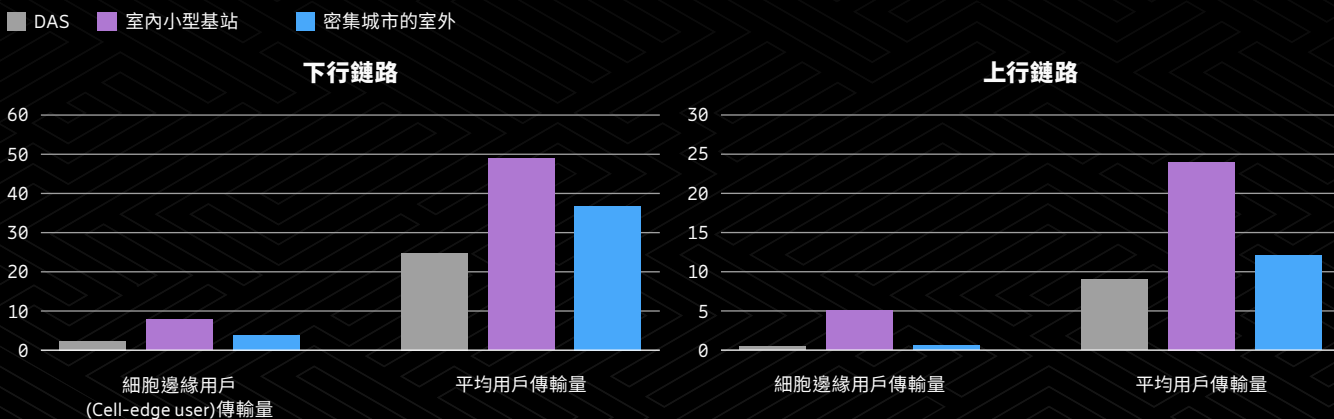
為了更好地了解目前的室內網路特徵和不同解決方案的性能，我們分析了來自美國的一系列網路部署，其中涵蓋了典型的室內場所。目前，這些室內部署中絕大多數仍是基於4G的解決方案，其中室內分散式天線系統 (DAS) 是最常見的，佔了超過70%。一個典型的室內區域部署了20-40 MHz的中頻段FDD，這與典型的廣域5G中頻段TDD的頻寬相比是相當有限的。分析尖峰時段的使用者體驗時，圖34顯示，即

使DAS的天線部署更接近用戶，在服務這些場所時，室內DAS解決方案的表現也不如室外廣域基地台部署。相比之下，室內小型基地台在上行和下行鏈路方面都提供了更優越的用戶體驗，包括在細胞邊緣，這將推動提高內容到達時間的必要性。室內小型基地台在上行鏈路中具有的顯著優勢，對於不斷成長的上行鏈路流量非常重要，尤其是在機場和體育場等關鍵場所，而且對於開關新的服務，如XR，也至關重要。

### 現在必須提升室內體驗

提升室內體驗已經刻不容緩，這是提高客戶滿意度的必要條件。這裡討論的例子說明了使用者體驗對於增強客戶忠誠度的重要性，而且考慮到人們大部分時間都在室內，這也為電信商提供了一個機會，透過更好的體驗來達到甚至超越消費者的期望。在一些關鍵的地點，特別是機場，投資需求十分迫切，因為它們的網路效能是最差的，也是導致客戶流失的主要原因。5G中頻段TDD和室內小型基地台是能顯著提高網路效能的最佳選擇，無論是對於下行鏈路的内容到達時間，還是對於上行鏈路效能，後者將是開啟新的沉浸式XR服務的關鍵。

圖34：室內DAS和室內小型基地台的4G上行和下行鏈路用戶體驗比較 (兆比特/秒)



相較於分散式天線系統 (DAS)，小型基地台能夠顯著提高傳輸量，改善室內用戶體驗，為XR類型的服務鋪路。





# 5G為超級工廠和綠色鋼鐵廠帶來靈活性

再生能源和脫碳的聯合重要性觸發了全球對永續製造的投資浪潮。

## 重要洞察

- 製造業要實現靈活性，就需要無線連接；電纜無法滿足需求。
- 生產過程無法容忍停機、網路延遲或覆蓋盲點。
- 5G專網利用中頻段的優勢，可以提供覆蓋廣、性能高、可靠性強的連接網路。

超級工廠是指規模非常龐大的製造基地，它們最初是為了應對電動車、電池和潔淨技術的市場需求而快速擴大生產規模而建立的。「綠色鋼鐵」廠則是指採用基於氫的還原法來降低碳排放的鋼鐵生產基地。這些工廠的設計目的是透過大規模的運作和內建的靈活性來提高效率。為了實現這種大規模的運作，綠色鋼鐵廠和專門從事汽車製造和電池生產的超級工廠中，正在部署5G專網。

### 規模和靈活性，魚和熊掌不可兼得？

超級工廠既需要規模，也需要靈活性。規模通常是透過提高自動化程度來實現的。傳統的自動化方式是「硬體連接」的，這意味著工廠很難重新配置，例如有一家工廠每年要進行大約300次佈局變更。這些變更可能包括為了匹配生產能力而設立新的測試站，或為了優化人體工學而改進生產線，或為了適應新的產品組合而調整材料的擺放。為了讓超級工廠充分利用其設

備、機器、工具和工人的效率，需要在現場保持靈活性。為了尋找一個既能保持規模和靈活性的解決方案，製造業，尤其是新興的超級工廠，一直在尋找能夠支援規模而不妨礙靈活性的技術方案。在連接性方面，這意味著需要一個無線解決方案。

無線連線可以提供靈活性，支援工廠資源的快速變化和重新部署，使得工廠可以在建設過程中就開始生產，動態地移動生產單元，並可以在任何地方連接工人。生產過程不能容忍間歇性的網路延遲或覆蓋盲點。

這些高需求使得無線網路成為了關注的焦點，它成為了影響生產產出的一個關鍵決定因素。所選的無線連線應該能夠適應像是無人搬運車（AGV），這類移動性較高設備的運行，例如實現無縫的區域切換。同時，它還需要能夠提供遠端控制設備，和基於週期的工業自動化協議所需的低時延，例如PROFINET標準<sup>1</sup>的要求。

### 5G滿足超級工廠的需求

工廠網路的功能不僅限於為智慧手機提供服務。生產線的連結必須具備高效能，能夠分配專用的資源並實現完全的冗餘。在一系列5G專網的部署中，最常見的系統是為工人提供無線平板電腦和工具、按需求提供遠端支援、AGV和機器人設備、以及為AI系統收集數據的感測器和攝影機，以便監控品質。考慮到這些案例的應用範圍，

用戶可能根本不是使用智慧手機的人類，而是一個自主的機器或無線工具。

這就產生了一個不同的流量特徵：設備可能對時延敏感，例如工業自動化設備或無線工具，或傳輸量可能是上行鏈路密集型的，例如高清攝影機。網路需要根據這些流量參數進行設計。5G網路可以滿足這些需求，5G能夠覆蓋大面積的工廠區域，提供高性能和高可用性的連接，為各種案例提供專用的網路資源，以及在發生故障時自動切換到備用設備。這也是5G備受青睞的原因。

一般的製造現場面積可能達到10萬平方公尺，而超級工廠的面積則遠遠超過這些數字，可能會大5倍以上。5G網路與Wi-Fi網路相比，更適合覆蓋大型區域，因為Wi-Fi網路需要更多的接入點來覆蓋同樣大小的區域，而5G網路只需要較少的室內無線基地台。此外，5G網路可以實現無縫的移動性，而Wi-Fi網路在接入點之間切換時可能會出現流量中斷，這對某些應用來說是不能接受的，例如無人搬運車（AGV）。

無線網路已成為影響生產線產量的關鍵因素。生產過程不能容忍間歇性網路延遲或覆蓋盲點。

<sup>1</sup> PROFINET是一種基於工業以太網路的資料通訊的開放技術標準。

為了確保網路的可靠性，考慮到網路是生產過程的核心，所有設備都採用了冗餘設計，以防止故障導致停機。室內覆蓋範圍也可以延伸到物流區域和製造廠。這種更廣泛的廣域覆蓋要求連接網路具備跨越數公里的地理冗餘能力。5G中頻段頻譜對無線電波反射較不敏感，相較於Wi-Fi，更適合混凝土、金屬、設備和庫存等可能干擾訊號的工廠環境。無線電規劃必須考慮到現場環境的特性。

### 超級工廠的部署場景

超級工廠是高額的資本投資，需要盡快投入營運以獲得回報，因此它們不能花費過多的時間進行單一應用的評估。它們跳過

了「單一應用」的測試，從一開始就綜合地確定技術需求，並同時應用多個案例。當多個案例應用到生產線的多個階段時，才能顯現出真正的價值。

汽車和電池製造商從一開始就將5G網路納入綠色工廠的設計中，這樣他們就可以用公共網路為員工提供服務，把專網用於生產流程。它們的目標是透過為關鍵的AGV運作、無線工具和移動型螢幕提供適當的連接，以便提高裝配線的生產效率。

超級工廠有著龐大的室內面積，而5G相比於Wi-Fi，更具有成本效益，因為所需的接入點數量減少了8-10倍。採用5G獨立組網

(SA) 模式，網路可能使用高達100 MHz的中頻段頻譜。如果某些設備需要使用4G，那麼可以採用5G SA加4G的混合模式。為超級工廠分配合適的頻譜，是支持各種具有高性能要求案例的關鍵。

考慮到這種設施的停機成本很高，為了盡量減少對生產線的中斷，完全冗餘的原則可以應用於網路的所有組件（包括電源、核心、基頻和無線設備），因為每個組件都是重複的。

當多個案例應用到生產線的多個階段時，5G的真正價值就顯現出來了。

## 案例分析：鋼鐵業的脫碳

### 法國安賽樂米塔爾公司 (ArcelorMittal)

ArcelorMittal是鋼鐵和礦業領域的全球領導者，積極參與鋼鐵製造的脫碳計畫。該公司的目標是到2030年在歐洲將其CO2排放量減少35%，到2050年實現碳中和<sup>2</sup>。

ArcelorMittal已經在法國的多個工廠部署了4G和5G專網，從敦克爾克開始。ArcelorMittal已經宣佈了5G 鋼鐵業(5G Steel)的營運，這是工業環境中最大的

4G/5G網路，由Orange Business Services提供。選擇4G和5G的關鍵考慮因素是：

- 廣泛的覆蓋：行動網路覆蓋了ArcelorMittal所有複雜的工業場所，包括室外和室內，甚至是高層金屬結構下面的場所。這種覆蓋為操作員提供了更大的行動自由，並在整個場所提供了連接。
- 低時延：5G降低了時延，支援自動駕駛汽車和遠端控制駕駛艙的部署，以及高風險區域的安全。

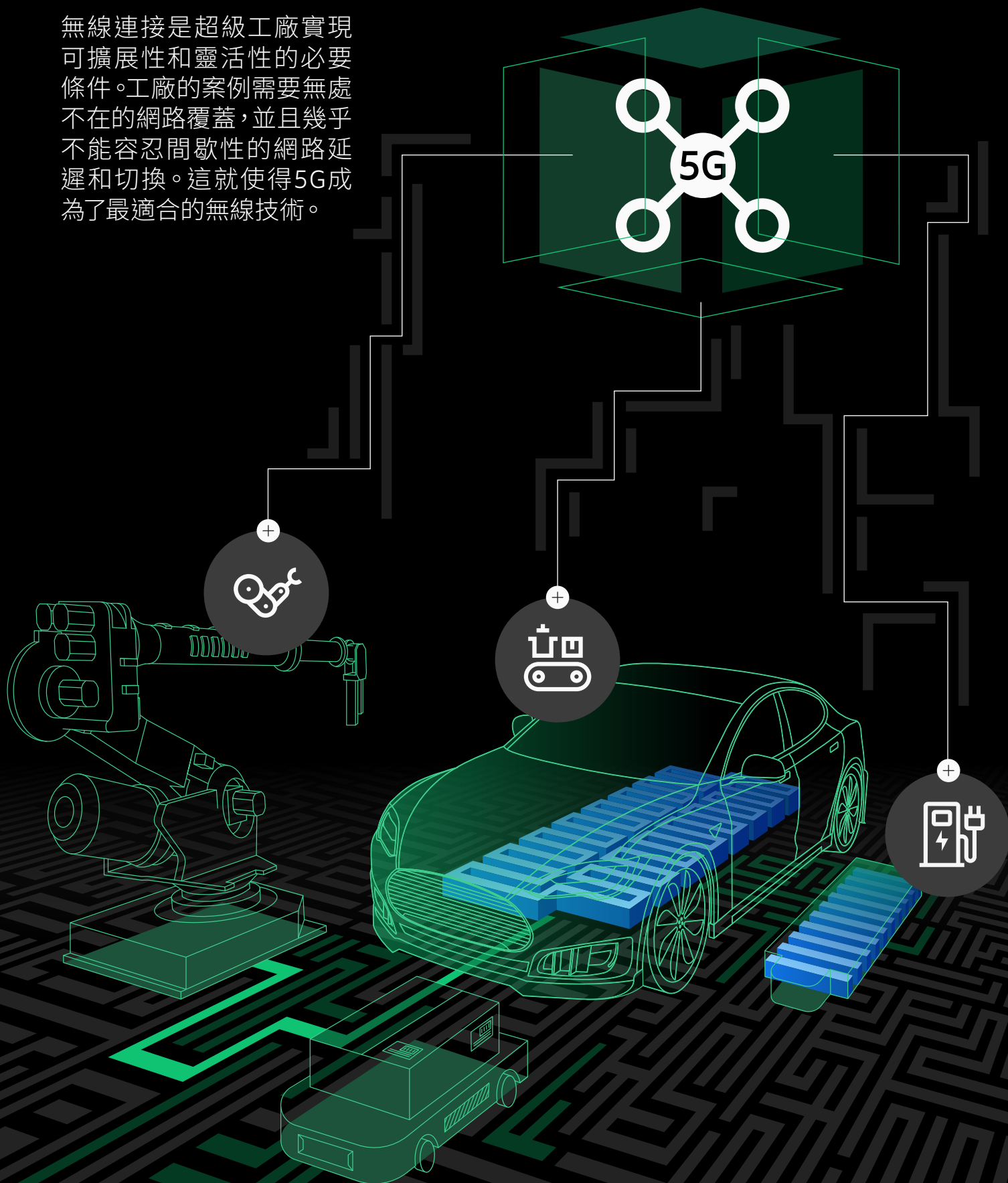
- 資料安全：行動專網保護了敏感的工業數據。
- 室內無線電覆蓋設計根據現場的具體情況進行調整，包括考慮大面積的金屬和鋼鐵區域對訊號的影響，以及隨著時間變化而移動的材料堆對覆蓋範圍的變化。



照片來源：Jonathan Delahaye/CUD

<sup>2</sup> 歐盟執委會，「國家援助：歐盟執委會批准8.5億歐元的法國措施，支持ArcelorMittal鋼鐵生產過程的脫碳工作」（2023年7月）。

無線連接是超級工廠實現可擴展性和靈活性的必要條件。工廠的案例需要無處不在的網路覆蓋，並且幾乎不能容忍間歇性的網路延遲和切換。這就使得5G成為了最適合的無線技術。



# 研究方法

## 預測方法

愛立信定期進行預測，以支援內部決策規劃及市場行銷。本《行動趨勢報告》的預測期間為 6 年，並以每年11月份的報告為起點向後推測一年。本報告中的用戶數和流量預測是以各種來源的歷史數據為基礎，並透過愛立信的內部數據來驗證，包括客戶網路中的大量測量數據。對未來發展的評估是以總體經濟趨勢、用戶趨勢、市場成熟度、技術發展預期和各種其他數據，如產業分析報告以及內部假設分析等。

如果基礎數據有所變更，例如電信商報告更新用戶數字，愛立信可能會修改相關歷史數據。

## 行動用戶 (門號數)

行動用戶包括所有行動技術。愛立信根據手機及網路能夠提供的最先進的技術區分用法。我們按技術區分的行動用戶根據他們可以使用的最高階技術進行區隔。在大多數情況下，LTE(4G)用戶還包括能夠接入3G (WCDMA/HSPA) 和2G (GSM或CDMA) 網路的使用者。如用戶與支援3GPP R15中指定的NR裝置相關聯並連結到5G網路，則將其計為5G用戶。行動寬頻包括無線接入技術HSPA(3G)、LTE(4G)、5G、CDMA 2000 EV-DO、TD-SCDMA和Mobile WiMAX。不包括HSPA和GPRS/EDGE的WCDMA用戶。FWA是透過支援行動網路的用戶端設備 (CPE) 提供寬頻接取的連結，包括室內 (桌面和窗口) 和室外 (屋頂和壁掛式) CPE，不包括使用電池的可攜式Wi-Fi路由器或介面卡。

## 數字四捨五入

由於數據進行了四捨五入，因此可能與實際總數略有不同。關鍵數據表中的用戶數已四捨五入至十萬單位。然而，為了更清楚的表達，本文的用戶數通常以十億或億為單位。複合年成長率 (CAGR) 根據基礎且未四捨五入的數字計算，再被四捨五入為整數百分比，流量則以兩位有效數字表示。

## 用戶

行動門號數(subscriptions)和用戶數(subscribers)之間存在較大差異，這是因為許多用戶同時擁有多項服務。造成這種情況的原因可能包括消費者本身對不同類型的行動電話服務及資費做區隔，以擴大行動通訊覆蓋範圍，及針對行動PC/平板電腦及手機使用不同的合約，以降低流量費用。此外，從電信商資料庫刪除非活躍用戶需要一些時間。因此，行動通訊普及率可能超過 100%，如今在許多國家都是如此。然而，在一些發展中國家和地區，多人共享一個門號也屢見不鮮，例如透過家庭或社區分享電話。

## 行動網路流量

愛立信定期測量全球所有主要區域的100多個現網的流量，並將這些測量結果作為計算全球總行動流量的代表性基礎。針對一些選定的商用網路，還會進行詳細的流量測量，旨在瞭解行動數據流量是如何發展的。這些測量不包括用戶數據。《愛立信行動趨勢報告》的全球和區域數據流量預測，代表了一個月內所有網路的估計流

量。行動網路數據流量還包括由FWA業務產生的流量，而不包括DVB-H、Wi-Fi或Mobile WiMAX流量。

## 人口覆蓋率

人口覆蓋率是使用區域人口和領土分佈資料庫，基於人口密度估算得出。我們結合這些數字與無線基地台 (RBS) 裝機的特定數據，估算每個基地台對六類人口密度群 (從都市到鄉村共分為六類) 的覆蓋率。基於該數據，我們能估算出某項技術對每個區域的覆蓋率，及其代表的人口百分比。透過匯總這些區域性資料，我們將能夠計算出每項技術的全球人口覆蓋率。

## 免責聲明

本文件的內容基於許多理論相關性和假設。愛立信不受本文件中任何聲明、陳述、承諾或遺漏的約束，也不對其負責。此外，愛立信可在任何時候自行決定更改本文件的內容，並不對此類更改的後果承擔任何責任。

## 愛立信行動市場展示平臺

利用愛立信新的互動式Web應用，瞭解本《行動趨勢報告》中的實際和預測數據。包含一系列數據類型，包括行動用戶數、行動寬頻用戶數、行動數據流量、每種應用類型的數據流量、VoLTE統計、每台裝置每月使用量以及物聯網連結裝置預測。您可以匯出資料，在出版物中使用生成的圖表，但需註明愛立信是資訊來源。

### 如需瞭解更多資訊

請掃描QR code，或瀏覽

[ericsson.com/mobility-visualizer](http://ericsson.com/mobility-visualizer)



# 名詞對照

**2CC:** 雙分量載波

**2G:** 第二代行動網路 (GSM, CDMA 1x)

**3CC:** 三分量載波

**3G:** 第三代行動網路 (WCDMA/HSPA, TD-SCDMA, CDMA EV-DO, Mobile WiMAX)

**3GPP:** 第三代合作夥伴計畫

**4CC:** 四分量載波

**4G:** 第四代行動網路 (LTE, LTE-A)

**4K:** 在影片中，水準顯示解析度為4000像素。3840 × 2160 (4K UHD)解析度在電視和消費媒體中使用。在電影產業，4096×2160 (DCI 4K)佔主導地位

**5G:** 第五代行動網路 (IMT-2020)

**AI:** 人工智慧

**AR:** 擴增實境。現實環境的互動式體驗，透過電腦產生的感知資訊「增強」停留在現實世界的物件上

**ARPU:** 每用戶平均收入

**CAGR:** 複合年增率

**Cat-M1:** 用於物聯網連接的3GPP標準化低功率廣域 (LPWA) 行動技術

**CDMA:** 分碼分工存取

**dB:** 在無線傳輸中，分貝是一個對數單位，可用於總計媒體從發射器傳輸至接收器的訊號增益或損耗

**EB:** 10<sup>18</sup> 位元組

**EN-DC:** EUTRA-NR雙連接

**FDD:** 分頻雙工

**FWA:** 無線固網接入

**GB:** 10<sup>9</sup> 位元組

**Gbps:** 千兆比特每秒

**GHz:** 千赫茲，10<sup>9</sup> 赫茲 (頻率單位)

**GSA:** 全球行動供應商協會

**GSM:** 全球行動通訊系統

**GSMA:** GSM協會

**HSPA:** 高速分組接入

**IoT:** 物聯網

**Kbps:** 千比特/秒

**LTE:** 長期演進

**MB:** 百萬位元組，10<sup>6</sup>位元組

**Mbps:** 兆比特/秒

**MHz:** 兆赫茲，10<sup>6</sup>赫茲 (頻率單位)

**MIMO:** 多輸入多輸出是指在無線設備上使用多個發射器和接收器 (多個天線)，以提高性能

**mmWave:** 毫米波是極高頻率範圍 (30-300GHz) 內的無線電波，波長在10mm至1mm之間。在5G環境中，毫米波指24至71GHz之間的頻率 (按慣例，26GHz和28GHz這兩個頻率範圍包含在毫米波範圍內)

**Mobile broadband:** 採用5G、LTE、HSPA、CDMA2000 EV-DO、行動WiMAX和TD-SCDMA等無線存取技術的行動數據服務

**Mobile PC:** 定義為帶有內置行動晶片或外部USB收發器的筆記型電腦或桌上型PC裝置

**Mobile router:** 具備行動網路連網能力的裝置，該裝置可透過Wi-Fi或乙太網路，連結一個或多個用戶端 (如PC或平板電腦)

**MOCN:** 多電信商核心網

**MORAN:** 多電信商無線存取網

**MR:** 即混合實境，它是一種沉浸式技術，可讓真實世界和虛擬環境的元素彼此融合、完全交互

**NB-IoT:** 用於物聯網連接的3GPP標準化的低功率廣域 (LPWA) 行動技術

**Net Zero:** 國際電信聯盟(ITU)將其定義為一種未來狀態，即減少所有可減少的排放，並透過碳移除技術進行對等或永久清除，以平衡剩餘的排放

**NR:** 3GPP R15定義的New Radio

**NR-DC:** NR-NR雙連接

**NSA 5G:** 5G非獨立組網是在傳統4G/LTE核心網上運行的5G無線存取網路(RAN)

**PB:** 10<sup>15</sup>位元組

**RedCap:** 降低能力/輕量級

**SA:** 獨立組網

**Short-range IoT:** 主要由透過免執照無線技術互連的設備組成，範圍一般不超過100公尺，如Wi-Fi、藍牙和Zigbee

**Sunsetting:** 關閉前世代行動技術的過程

**TD-SCDMA:** 時分同步碼分多工存取

**TDD:** 分時雙工

**VoIP:** IP語音 (網際網路協定)

**VoLTE:** GSMA IR.92規範所定義的LTE語音系統

**VR:** 虛擬實境

**WCDMA:** 寬頻碼分多址

**Wide-area IoT:** 由使用行動連結的設備，以及或免執照低功耗技術 (如Sigfox及LoRa等) 所組成

**XR:** 即延展實境，它是虛擬或真實與虛擬結合環境的總稱，包括擴增實境 (AR)、虛擬實境 (VR) 和混合實境 (MR)

# 關鍵數據

## 全球關鍵數據

行動用戶數	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
全球行動用戶數	8,310	8,460	9,210	1%	百萬
• 智慧手機用戶數	6,620	6,970	8,060	2%	百萬
• 行動PC、平板電腦和行動路由器	230	260	510	12%	百萬
• 行動寬頻用戶數	7,090	7,470	8,740	3%	百萬
• 行動寬頻用戶數，僅使用GSM/EDGE	1,110	890	380	-13%	百萬
• 行動寬頻用戶數，WCDMA/HSPA	1,040	850	270	-17%	百萬
• 行動寬頻用戶數，LTE	5,180	5,130	3,210	-8%	百萬
• 行動寬頻用戶數，5G	963	1,570	5,330	23%	百萬
• 固定無線接入連接	107	132	330	17%	百萬
<b>固定寬頻連線</b>	<b>1,450</b>	<b>1,530</b>	<b>1,850</b>	<b>3%</b>	<b>百萬</b>
<b>行動數據流量</b>					
• 每部智慧手機產生的數據流量	16	21	56	18%	GB/月
• 每台行動PC產生的數據流量	20	22	34	8%	GB/月
• 每台平板電腦產生的數據流量	12	14	33	16%	GB/月
<b>總流量**</b>					
行動數據流量	97	130	403	21%	EB/月
• 智慧型手機	95	128	398	21%	EB/月
• 行動PC和路由器	0.8	1	2.4	16%	EB/月
• 平板電腦	0.7	0.9	2.8	21%	EB/月
固定無線接入	22	30	159	32%	EB/月
行動網路總流量	119	160	563	23%	EB/月
固網數據總流量	270	330	660	12%	EB/月

## 區域關鍵數據

行動用戶數	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
北美	420	430	470	2%	百萬
拉丁美洲	710	720	790	2%	百萬
西歐	540	550	560	0%	百萬
中歐和東歐	560	560	560	0%	百萬
東北亞	2,160	2,200	2,260	0%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,690	1,720	1,760	0%	百萬
東南亞和大洋洲	1,140	1,160	1,310	2%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	1,150	1,160	1,270	1%	百萬
中東和北非	730	740	850	2%	百萬
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	75	76	81	1%	百萬
非洲撒哈拉以南地區	900	940	1,130	3%	百萬
<b>智慧型手機用戶數</b>					
	2022	2023	Forecast 2029	CAGR* 2023–2029	Unit
北美	360	370	390	1%	百萬
拉丁美洲	570	600	690	2%	百萬
西歐	440	460	490	1%	百萬
中歐和東歐	410	410	450	2%	百萬
東北亞	2,020	2,060	2,160	1%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,600	1,640	1,700	1%	百萬
東南亞和大洋洲	950	970	1,160	3%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	870	950	1,180	4%	百萬
中東和北非	560	600	780	5%	百萬
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	63	64	72	2%	百萬
非洲撒哈拉以南地區	420	460	760	9%	百萬

## 區域關鍵數據

LTE 用戶數	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
北美	230	160	40	-21%	百萬
拉丁美洲	520	540	290	-10%	百萬
西歐	420	380	80	-23%	百萬
中歐和東歐	420	460	280	-8%	百萬
東北亞	1,420	1,230	430	-16%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,050	890	260	-19%	百萬
東南亞和大洋洲	630	720	680	-1%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	850	860	390	-12%	百萬
中東和北非	420	470	470	0%	百萬
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	55	44	3	-35%	百萬
非洲撒哈拉以南地區	265	330	550	9%	百萬
5G 用戶數	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
北美	170	260	430	9%	百萬
拉丁美洲	10	28	400	N/A	百萬
西歐	67	139	480	23%	百萬
中歐和東歐	5	14	280	N/A	百萬
東北亞	646	890	1,800	12%	百萬
中國 <sup>1</sup>	569	769	1,480	12%	百萬
東南亞和大洋洲	33	57	550	N/A	百萬
印度、尼泊爾和不丹	10	130	860	N/A	百萬
中東和北非	18	44	350	N/A	百萬
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	13	26	75	19%	百萬
非洲撒哈拉以南地區	3	11	180	N/A	百萬
每部智慧型手機產生的數據流量	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
北美	19	26	66	17%	GB/月
拉丁美洲	12	15	50	22%	GB/月
西歐	22	27	64	16%	GB/月
中歐和東歐	16	19	43	15%	GB/月
東北亞	18	21	64	20%	GB/月
中國 <sup>1</sup>	18	22	66	20%	GB/月
東南亞和大洋洲	16	24	66	19%	GB/月
印度、尼泊爾和不丹	25	31	75	16%	GB/月
中東和北非	14	17	45	17%	GB/月
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	26	30	66	14%	GB/月
非洲撒哈拉以南地區	5	6.7	23	22%	GB/月
行動數據總流量	2022	2023	2029 預測值	CAGR* 2023–2029	單位
北美	6.8	9.6	27	18%	EB/月
拉丁美洲	5.8	7.8	30	25%	EB/月
西歐	8.8	11	28	16%	EB/月
中歐和東歐	4.8	6.3	15	15%	EB/月
東北亞	30	37	116	21%	EB/月
中國 <sup>1</sup>	20	26	88	23%	EB/月
東南亞和大洋洲	14	21	69	22%	EB/月
印度、尼泊爾和不丹	18	26	73	19%	EB/月
中東和北非	6.8	9	31	23%	EB/月
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	1.3	1.5	3.8	16%	EB/月
非洲撒哈拉以南地區	1.8	2.7	15	33%	EB/月

<sup>1</sup> 這些資料也包含在東北亞地區的區域性數字之中。<sup>2</sup> 這些資料也包含在中東和北非地區的區域性數字之中。

\* CAGR依據未四捨五入的數字計算。

\*\* 數字按照四捨五入計算(參見方法)，因此而計算出的綜合數位可能和實際數字有些許差距。

## 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、全球通訊平臺以及新興業務等，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/tw](http://www.ericsson.com/tw)