



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

# 愛立信 行動趨勢報告

2023年6月

# 發行人的話

## 滿足不斷演進的網路需求

隨著先進連網技術的發展，與新興商機的推動下，全球各地電信商持續加大對 5G 的投資。儘管國際的地緣政治持續動盪，造成部分國家 / 地區市場的整體經濟放緩，但 5G 的發展動能仍然強勁成長。

新興的主要 5G 市場開始嶄露頭角。印度正展開大規模網路部署，是全球成長最快的 5G 市場，也是印度實現「數位印度 (Digital India)」願景的關鍵。與此同時，北美地區目前處在第二波 5G 建設的浪潮，藉由開放新的中頻段頻譜，北美電信商現在能為眾多用戶提供卓越的多頻段 5G 體驗。

目前全球 5G 用戶數已經超過 10 億人。在過去兩年中，在 5G 領先市場的電信商實現了不俗的收入成長。全球仍持續佈署 5G，儘管 5G 中頻頻譜支援更高的容量，而且覆蓋範圍表現出色，能為用戶帶來絕佳的體驗，但是它目前僅達到全球 4G

站點的約 25%，其中北美領先，歐洲落後。隨著全球行動網路數據流量持續成長（預計到 2028 年複合年成長率約為 25%），智慧網路現代化已經勢在必行。在應對流量成長的同時，提升行動用戶體驗，則需要持續的網路演進。值得注意的是，與當初 4G 網路擴展情況相比，5G 中頻段的建設會更加節能、更具成本效益。

在本期報告中，基於對不同地區的行動網路數據流量成長和模式的分析，與大家分享一些有關未來網路演進的關鍵因素見解。

當您逐步深入研讀本期報告，您會發現，愛立信正在著手解決下一波 5G 應用帶來的挑戰。我們強調建立新型態模型來評估行動品質體驗 (QoE) 的重要性，以便設計出滿足未來服務性能需求的網路。另外，在擴增實境 (AR) 服務應用在行動設備的使用量不斷成長下，行動網路需要為更高

的性能要求做好準備，主要方法是在現有基地台添加新的頻譜與功能。不僅如此，我們透過新加坡電信 (Singtel) 在 2022 年新加坡大獎賽 (Singapore Grand Prix 2022) 上部署 5G 網路切片為例，展示了差異化連結服務的商業機會。

我們相信您會發現這份報告很有吸引力。當您在探索 5G 應用和網路演進時，希望這份報告能夠為您提供有用的見解。

### Fredrik Jejdling

愛立信執行副總裁暨網路業務部主管

## 目錄

### 預測

- 04 2023 年 5G 行動用戶數預計將達到 15 億
- 05 領先 5G 市場的營收持續攀升
- 06 各地區的 5G 用戶數不斷成長
- 08 深入觀察：東北亞
- 10 智慧手機市場低迷無礙 5G 發展
- 11 4G/5G 物聯網連結成長，伴隨 2G/3G 物聯網連結下降
- 12 超過 100 家電信商現已提供 5G FWA 服務
- 14 5G 持續推動創新的行動資費方案
- 16 高用量用戶推動行動網路流量成長
- 18 行動網路流量兩年內幾乎成長一倍
- 19 5G 推動五年內的行動流量成長
- 21 5G 人口覆蓋率已達 35%

### 文章

- 23 探索流量模式如何推動網路演進
- 26 探索 5G 網路的差異化服務
- 30 行動網路增進 AR 服務的使用
- 33 行動體驗品質：新服務的網路就緒性
- 36 研究方法
- 37 名詞對照
- 38 全球和區域關鍵數據

**執行編輯：** Peter Jonsson  
**專案經理：** Anette Lundvall  
**預測分析：** Richard Möller  
**編輯：** Stephen Carson, Steven Davis

### 文章共同作者：

Martin Bäckström, Greger Blennerud, Fredrik Burstedt, Marko Cejvan, Yossi Cohen, Gunnar Heikkilä, Josip Jelic, Doroteja Kobescak, Fredric Kronestedt, Per Lindberg, Peter Linder, David Lindero, Jun Ying Liu, Karl Olsson, Natasa Pipic, Eliane Semaan, Raymond Soh, Tomislav Tolic, Kenneth Wallstedt, Li Yang G, Jialong Zhang

### 文章作者：

Cheong Hai Thoo, Terrance Lai, Kuan Wai Mun, Lynette Poh, Harish Nambiar, Cara Foong, Hian Hou Chua

5G 正在迅速發展。預計今年 5G 用戶數將突破 15 億，其中，今年增加的用戶數將高達 5 億。這方面成長是在整體經濟面臨困境的情況下實現。目前全球已經有大約 240 個商用 5G 網路投入營運，而前 20 名 5G 市場的電信商也隨著用戶滲透率的提高實現了營收成長。

## 預測

預計到2023年底，全球每支智慧手機的月平均流量預期將超過20GB。

20<sub>GB</sub>

全球前20名5G市場的電信商營收正在上升，並在過去兩年內增加了7%。

7%

現在有100多家電信商提供5G固定無線接入(FWA)服務。

100

到2023年底，全球5G行動用戶數將達到15億。

15<sub>億</sub>

# 2023年5G行動用戶數 預計將達到15億

2023 年第一季度，5G 用戶總數新增 1.25 億達 11 億

儘管全球經濟疲軟，地緣政治充滿不確定性，但是全球電信商仍持續部署 5G，約有 240 家電信商已經推出 5G 商用服務。5G 獨立組網 (Standalone, SA) 的部署也在進行中，目前已有 35 家電信商部署或開通 5G SA 服務<sup>1</sup>。電信商為消費者推出最常見的 5G 服務有增強型行動寬頻 (eMBB)、固定無線接入 (FWA)、遊戲和基於 AR/VR 的服務。

## 北美地區 5G 用戶數成長強勁

北美 5G 用戶<sup>2</sup> 滲透率高於預期，截至 2022 年底，該地區的 5G 用戶滲透率為全球最高，達 41%。其次為東北亞，滲透率達 30%，接下來是海灣阿拉伯國家合作委員會 (Gulf Cooperation Council) 國家的 18%，

以及西歐的 13%。預計到 2028 年，北美的 5G 普及率最高，高達 91%，其次為西歐的 88%。

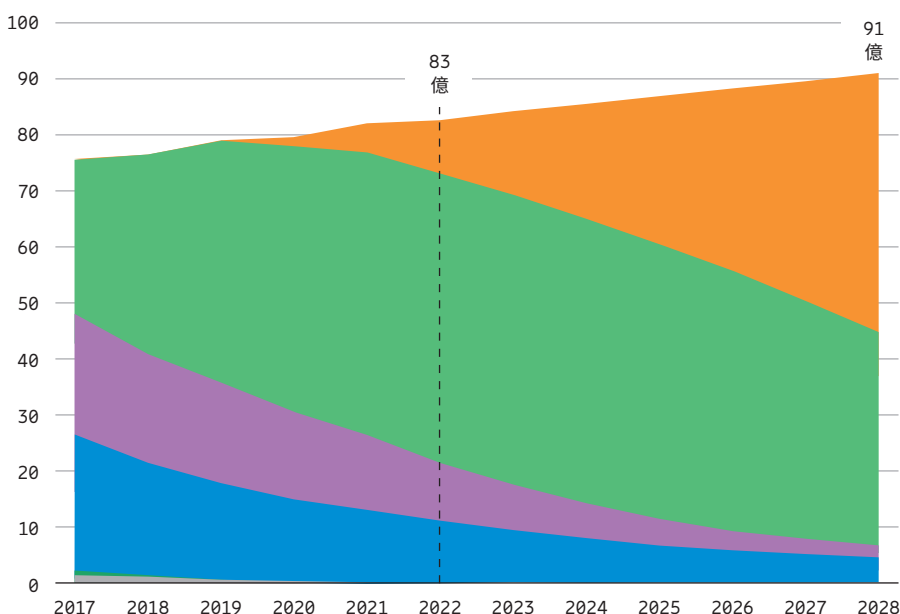
考慮到一些國家的頻譜拍賣延期和持續不利的整體經濟條件，我們對全球 5G 用戶數預測進行了調整。到 2028 年底，預計全球 5G 用戶數將達到 46 億，占行動用戶總數的 50% 以上。到 2028 年，5G 將成為用戶數最多的行動網路存取技術。

4G 的用戶數仍在增加，在 2023 年第一季度成長了 5,900 萬，達到 52 億。隨著用戶轉移到 5G，4G 用戶數預計將從今年開始下降，到 2028 年底將降至 38 億左右。

本季中，3G 用戶數減少了 8,500 萬，而僅使用 GSM/EDGE 的用戶數減少了 5,900 萬，其他技術<sup>3</sup> 減少了約 400 萬。

中國、孟加拉和奈及利亞是本季新增用戶數最多的國家，每個國家新增了 400 萬。

圖1：依技術區分的行動用戶數 (億)



2023年，預計5G用戶數將達到15億

# 15億

<sup>1</sup> GSA (2023年5月)。

<sup>2</sup> 如果用戶使用的裝置支援3GPP第15版定義的新版無線電接入標準 (NR)，並且能夠連結到5G網路，則將其計為5G用戶。

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

# 領先5G市場的營收持續攀升

藉由提供 5G 服務，全球前 20 個 5G 市場在過去兩年內營收成長了 7%，創造了巨大的商業價值。

透過分析 5G 領先市場，我們發現 5G 用戶滲透率越高，服務收入就越高。根據愛立信的調查資料和分析，2022 年第四季<sup>1</sup>，這種收入趨勢仍在繼續。如圖 2 所示，在全球前 20 個 5G 市場<sup>2</sup> 推出 5G 服務後，過去兩年的收入以 3.5% 的複合年成長率成長，累計成長了 7%。

## 在通貨膨脹飆升的時代，電信商如何提升 5G 的價值

歷史經驗告訴我們，電信商很難根據通貨膨脹來相應地提高行動服務業務的資費。隨著近期許多地區通膨攀升，為了應對物價上漲的壓力，一些電信商已經開始根據消費者物價指數 (CPI) 來調整資費。

但到目前為止，這種調整幅度遠低於通膨水準，而且也沒有普遍被採用。由於這些調整僅適用於新約或續約的用戶，對 2022 年的收入成長影響微乎其微。

消費者不會因為被動的價格調整而多花錢，但是 5G 服務的推出卻能讓他們體驗到更加多樣化和豐富的服務，這也為電信商帶來主動提升行動資費的機會。

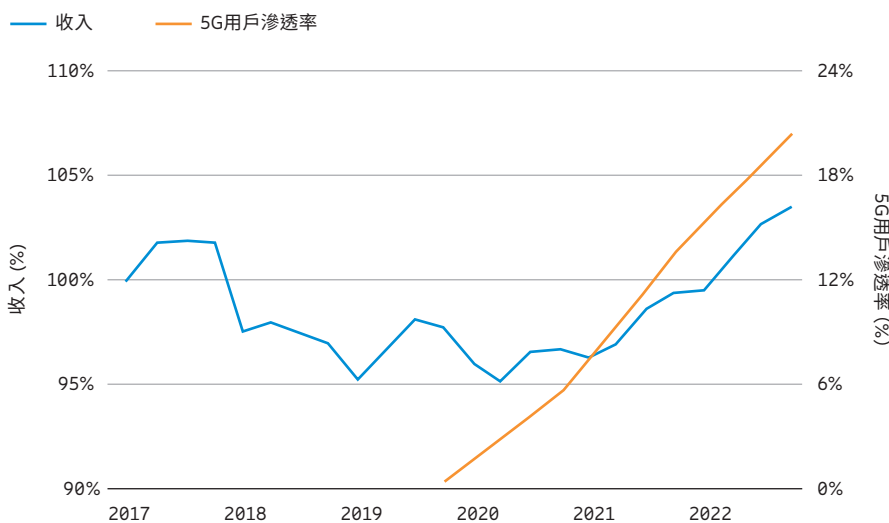
## 新的 5G 服務提升了連結的價值

5G 提供了更大的數據用量方案、更高的速度和更好的使用者體驗，這些對消費者和企業客戶都創造了新的價值。這些價值也讓電信商有機會增加銷售和收入。從

圖 2 中的收入趨勢可以發現，電信商已經開始從這種價值中受益。

隨著 5G 網路和生態系統的日益完善，更多的服務和應用將不斷浮現，為客戶帶來更多的價值。

圖 2：收入與 5G 用戶滲透率對比圖—前 20 個 5G 市場 (以 2017 年第一季為基準，百分比)



### 方法

我們依照 5G 用戶滲透率的高低，選出了前 20 個 5G 市場。接著以 2017 年第一季為基準，統計了這些市場中每個電信商的收入相對變化。

為了排除季節性因素的影響，我們用四個季度的移動平均值來衡量收入變化。最後，我們對各個電信商的收入變化取平均，得出了前 20 個 5G 市場的總體收入變化情況。

資訊來源：愛立信對 TechInsights 資料的分析，2022 年第四季。

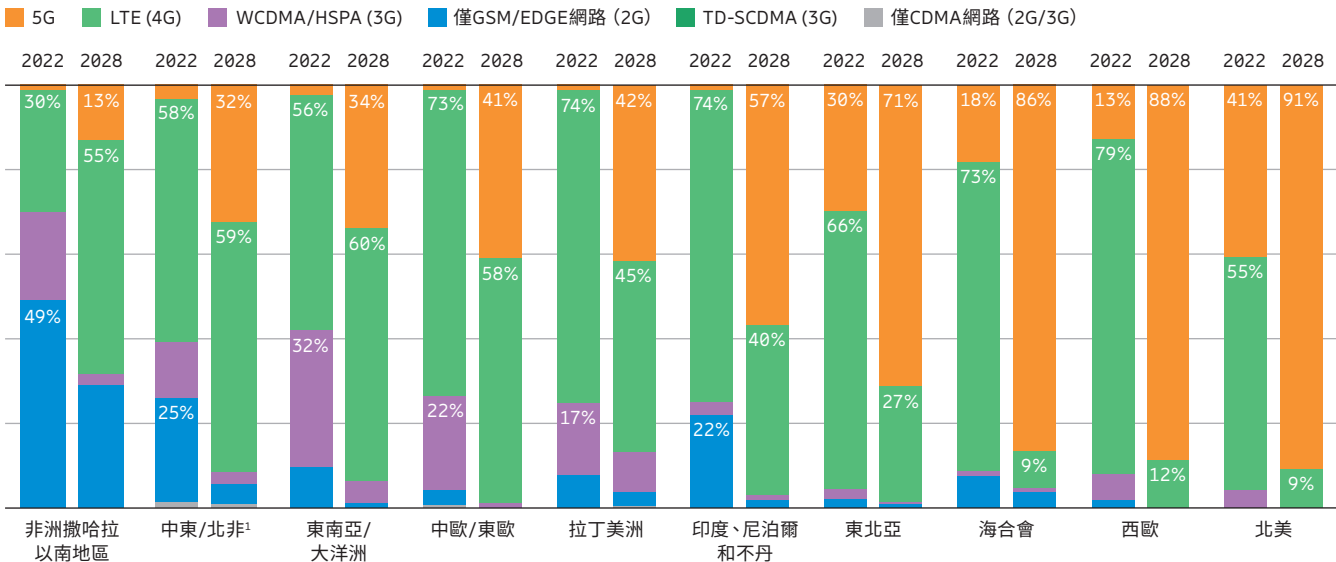
<sup>1</sup> 《愛立信行動趨勢報告-商業評論版》(Ericsson Mobility Report – Business Review edition) (2023年2月)。

<sup>2</sup> 「前 20 個 5G 市場」包括以下國家/地區：澳大利亞、巴林、中國、丹麥、芬蘭、香港、愛爾蘭、日本、科威特、摩納哥、挪威、卡達、沙烏地阿拉伯、新加坡、韓國、瑞士、臺灣、阿聯酋、英國、美國。

# 各地區的5G用戶數不斷成長

北美的 5G 採用率強勁，截至 2022 年底，該地區的 5G 用戶滲透率達到 41%。

圖3：依地區和技術區分的行動用戶數 (%)



## 非洲撒哈拉以南地區

雖然整體經濟環境充滿挑戰，但非洲撒哈拉以南地區的國家有許多年輕人口，對連網服務有很高的需求，所以仍將投入資源發展網路關鍵基礎設施。這將為電信商帶來新的成長，主要來自於高階行動網路流量方案和增值服務（如行動銀行和行動支付等）。

向 4G 網路的轉移仍在進行中。預計到 2028 年，4G 將成為新增用戶的主力，到預測期間結束占行動用戶總數的 50% 以上。2G 雖然因為設備價格低、服務資費低、農村用戶多而仍有重要地位，但從現在到 2028 年預測期間結束，其用戶數將下降到用戶總數的 29%。由於基數較小，

5G 用戶數的成長速度將最快。到目前為止，非洲撒哈拉以南地區已有 10 多個國家推出了 5G 商用服務，還有更多國家也在計畫部署 5G 網路，因此我們預計到 2028 年 5G 用戶數將占用戶總數的 13%。

## 中東和北非

電信商持續投資 4G，預計 2022 年至 2028 年間，其用戶數將以每年 4% 的速度成長，到預測期間結束將占該地區用戶總數的 60% 左右。

隨著越來越多的國家為了鼓勵 5G 網路建設，紛紛發放執照和分配頻段，5G 用戶預期將快速成長，預計到 2028 年將占用戶總數的 32%。

4G 和 5G 是主要的技術，因為它們能夠滿足高頻寬和低延遲的服務需求，並提供各種價格合理的裝置選擇。因此，在 2022 年至 2028 年的預測期間內，2G 用戶數將急劇減少，到預測期間結束時將只占用戶總數的 5% 左右。

行動金融服務有望繼續保持成長態勢，因為行動連結數量不斷增加，基本轉帳業務也不斷拓展。此外，企業客戶支付、匯款、保險等其他服務也將促進行動金融服務的普及。

<sup>1</sup>所有中東和北非的統計資料均包括海灣國家合作理事會國家。

### 海灣阿拉伯國家合作委員會 (GCC)

海灣阿拉伯國家合作委員會 (海合會, GCC) 在全球 5G 網路部署和服務方面位居前段班, 受益於強而有力的法規政策和框架, 以及公部門的多項推動措施, 使 5G 市場快速成長。預計從 2022 年至 2028 年, 5G 用戶數將從 1,300 萬成長到 7,000 萬, 到預測期間結束將占用戶總數的 86%。

相較之下, 4G 目前占用戶總數的 73%, 但隨著大量用戶轉向 5G, 享受增強型行動寬頻 (eMBB) 和固定無線接入 (FWA) 等多元的服務, 預計 4G 用戶將以每年 29% 的速度減少。此外, 隨著各產業紛紛展開重大的數位轉型專案, 電信商也將繼續開拓企業領域的業務。

### 中歐和東歐

中歐和東歐的 5G 技術普及和用戶業務的成長通常比西歐地區慢。部分原因是頻譜分配較慢, 以及消費者對於升級到更昂貴的行動業務意願較低。到 2022 年底, 4G 仍然是中歐和東歐地區的主流技術, 約占用戶總數的 73%。該地區行動用戶的成長已經趨於平緩, 預計未來幾年將接近零成長。然而, 用戶從 2G/3G 向 4G 轉移的趨勢仍然強勁, 預計將一直持續到 2024 年。從 2025 年起, 5G 將成為唯一成長的行動業務類型。

在預測期間內, 3G 用戶將持續大幅下降, 其在行動用戶總數中的占比將從 22% 降至僅 1%。

### 東南亞和大洋洲

5G 在該地區的覆蓋率不斷提高。截至 2022 年底, 馬來西亞和菲律賓分別有約 50% 和 66% 的人口可以使用 5G。與此同時, 澳大利亞和泰國超過 80% 的人口可以接觸到 5G 技術, 新加坡在 2022 年中就已實現了超過 95% 的覆蓋率<sup>2</sup>。印尼的領先電信商利用現有頻譜推出了 5G 商用服務, 同時期待新的 5G 頻段釋出, 以便擴展網路。越南的電信商也在等待頻譜可用的同時, 積極展開試驗。

由於一些國家的頻譜拍賣時間延遲和成長速度不如預期, 我們對之前 6.2 億的預測進行了適當的調整。我們認為到預測期間結束, 5G 用戶數將達到約 4.3 億。儘管如此, 電信商仍然致力於為消費者和企業提供創新的產品和服務。例如, 利用 5G 獨立組網 (SA) 功能來建構網路切片案例。5G FWA 服務市場也有強勁動能。澳大利亞和菲律賓的電信商持續擴展其 5G FWA

商用服務, 印尼也在使用 sub-6 頻譜和毫米波進行 5G FWA 試驗。此外, 電信商還積極與合作夥伴建立關係, 拓展其 5G 生態系統。

### 拉丁美洲

4G 目前是該地區占主導地位的無線接入技術, 截至 2022 年底, 已占用戶總數的 74%。4G 用戶數成長強勁, 2022 年新增了約 6,000 萬。然而, 隨著用戶向 4G 和 5G 轉移, 3G 用戶數正在減少。許多電信商將在未來兩年內關閉 3G 網路, 以便將無線頻譜重新用於 4G 部署。

由於 5G 在該地區的普及比較緩慢, 且整體經濟狀況預計仍較艱難, 先前預測的 5G 用戶數將延後一年達成。截至 2022 年底, 5G 用戶數約為 700 萬。預計從 2024 年起, 將出現更大規模的成長。到 2028 年底, 5G 將占行動用戶總數的 42%。

### 印度、尼泊爾和不丹

自從印度在 2022 年 10 月初推出 5G 服務後, 印度的電信商正持續積極部署 5G 網路以覆蓋各大城市, 由於 5G 服務的定價具有吸引力, 以及 5G 智慧手機日益普及, 到 2022 年底 5G 用戶數已達到約 1,000 萬。預計到 2023 年底 /2024 年初, 全印度範圍內的 5G 網路將覆蓋更多人口, 進一步促進用戶成長。到 2028 年底, 5G 用戶數將達到 7 億, 占該地區行動用戶總數的 57%。eMBB 和 FWA 是 5G 初期的使用案例, 但未來還有更多的產業和垂直領域將受益於 5G 技術。

與此同時, 4G 仍然是該地區連結和數據成長的主要驅動力, 但未來將日漸式微, 預計將從 2022 年的 8.2 億下降到 2028 年的 5 億。該地區的行動用戶總數將在 2028 年成長到 12 億。

### 東北亞

該地區的電信商一直積極投資 5G 網路建設, 以提高覆蓋率和容量, 特別是室內覆蓋率。2022 年, 5G 用戶數持續強勁成長, 新增了約 2.4 億。5G 是唯一成長的行動業務類型, 預計到 2024 年底, 該地區的 5G 用戶數將達到 11 億。5G 用戶數快速成長, 再加上市場不斷推出新的 5G 終端裝置, 對電信商的財務表現產生了正向影響。中國大陸、臺灣和南韓等領先 5G 市場的主要電信商報告指出, 5G 用戶數的增加對行動服務營收和用戶平均收入 (ARPU) 都產生了正向影響。

### 西歐

西歐的 4G 網路部署廣泛, 是所有地區中 4G 滲透率最高的地區, 截至 2022 年底, 其占行動連結的 79%。5G 用戶數成長強勁, 從 2021 年的 3,200 萬成長到 2022 年底的 6,900 萬。

預計從 2023 年開始, 該地區 4G 用戶數將減少, 而 5G 用戶數將大幅增加。在該地區, 5G 用戶數到 2023 年底將達到 1.43 億, 到 2028 年底, 滲透率將達到 88%。未來幾年, 許多電信商的 3G 網路將關閉, 以便把頻譜分配給 4G 和 5G 網路。

### 北美

中頻段頻譜可以提供更好的覆蓋和速度, 讓許多使用者享受到多頻段 5G 的優勢。2023 年, 5G 的滲透率持續強勁成長, 預計到年底用戶數將超過 2.5 億。北美各地的電信商提供的寬頻方案種類越來越多, 使客戶可以輕鬆找到適合自己的 5G 服務產品。其中 FWA 是推動北美固定寬頻成長的主要技術, 它可以為家庭和小型企業提供高速連網服務。5G 也將在企業領域發揮重要作用, 為分支機構和行動專業人士提供 WLAN。預計到 2028 年, 北美的 5G 用戶數將達到 4.1 億, 占到行動用戶總數的 90% 以上。

<sup>2</sup>這些國家/地區的人口覆蓋率資料是根據各地區電信商的報告而得出的。

# 深入觀察： 東北亞

東北亞地區由 5 個各具特色、充滿活力的市場構成，它們是現代數位創新的中心，而 5G 是一項推動創新的關鍵賦能技術。

東北亞地區的電信商在早期 5G 部署方面投入了大量資源。其中韓國率先開通了 5G 商用服務，到 2020 年，該地區的其他 4 個市場也都實現了 5G 網路覆蓋。目前，該地區的 5G 人口覆蓋率和滲透率在全球處於領先地位。

該地區彙集了 5G 生態系統各個領域的重要參與者，包括優秀的電信商、行動基礎建設供應商、晶片製造商、終端供應商和 OTT 服務提供商。可透過提高資費、整合多樣化的內容和推出新服務，如固定無線接入 (FWA) 和網路切片等方式在該地區實現 5G 商業獲利。

在整體經濟強勁、電信商財務表現良好以及無線和數位產業生態系統完善的共同推動下，監管機構和電信商都迫切地希望成為 5G 領導者。

## 日本：技術創新，部署穩健

日本行動市場非常重視引進先進技術和實現永續發展。日本的主要電信商正在積極探索雲化無線存取網 (Cloud RAN) 的潛力，力求在這項技術上取得領先地位。此外，電信商還制定了積極的永續計畫，即到 2030 年實現自身活動的碳中和，助力日本的永續發展。

在電信商業環境部分，由於政府主導的一項倡議要求電信商推出低廉的資費方案，導致日本電信商每用戶平均收入 (ARPU) 自 2020 年 3 月以來持續下降。

但在最近幾季，日本電信商扭轉了這一局面，目前 ARPU 緩步成長。此外，他們還積極探索企業和消費者金融服務帶來的其他收入機會。

與東北亞的一些國家相比，日本在中頻段部署方面還有提升空間，中頻段可幫助消費者體驗高性能 5G。預計電信商將加快 5G 部署的投資，特別是中頻段部署。這將為消費者帶來豐富的體驗，並有助於實現 5G 商業價值，帶來營收。

## 中國大陸：領導 5G 的大規模部署

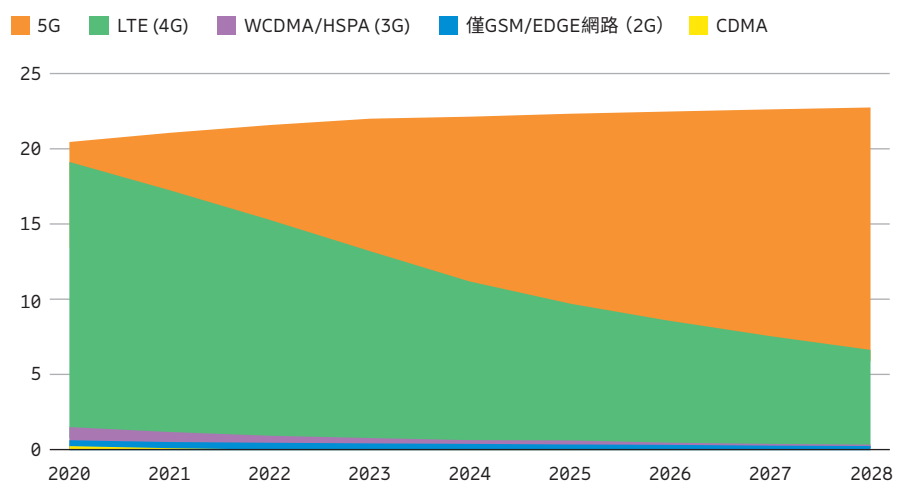
2023 年是 5G 在中國投入商用的第四年。截至今年第一季末，中國共建了 264 萬個 5G 基站，覆蓋了 2.6 GHz 和 3.5 GHz 的中頻段 mMIMO、可覆蓋全中國的 FDD 700 MHz 和 2.1 GHz，以及眾多的專用 5G 室內基地站。目前，行動用戶中有三分之一是 5G 用戶。2022 年，中國市場上已供應了超過 2 億支 5G 智慧手機，占全球出貨量的 35%。

在 5G 商用啟動後的第二年，就實現了向獨立組網 (SA) 的升級。現在，所有的 5G 基站和大部分 5G 智慧手機都支援 SA

功能。目前，超過 95% 的 5G 流量由 5G SA 技術承載。在獨立組網技術的加持下，新網路功能已經商用了一年多，這些功能包括靈活地進行服務分離和打造差異化服務的網路切片，以及快速實現語音演進的 5G 語音服務 (VoNR)。3GPP R17 的 RedCap 可降低成本、功耗和網路資源需求，目前正在進行行動物聯網技術解決方案的測試。

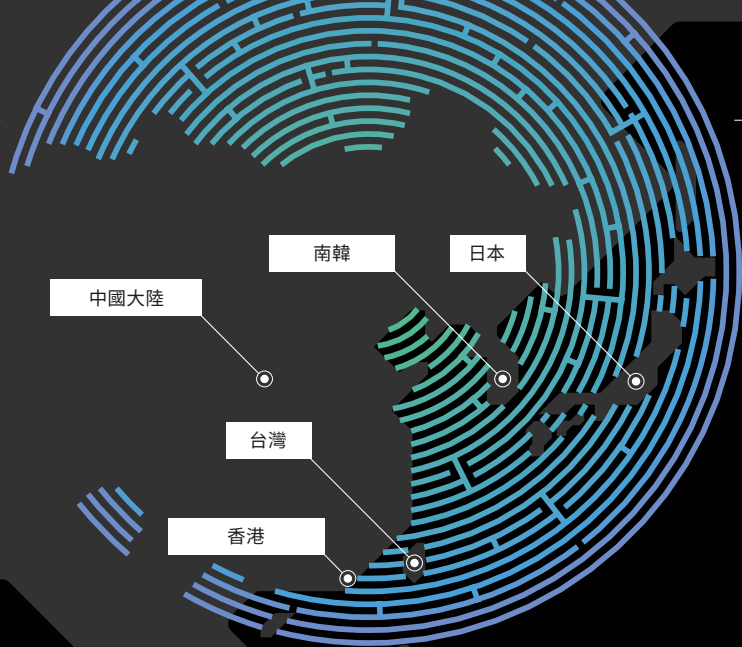
中國大陸的電信商搶佔先機，充分利用先行部署 5G SA 的優勢，將 5G 企業專網作為新的成長引擎。根據中國官方工信部的資料，到 2022 年，中國已經有超過 1.4 萬個採用網路切片技術的虛擬專網投入案例<sup>1</sup>。

圖4：依技術區分的東北亞地區行動用戶數 (億)



<sup>1</sup> 中華人民共和國工業和信息化部 (MIIT), [www.miit.gov.cn/zwgk/zcjd/art/2023/art\\_9f5022af3cdf48789484117d9da03c58.html](http://www.miit.gov.cn/zwgk/zcjd/art/2023/art_9f5022af3cdf48789484117d9da03c58.html)





### 南韓：在 5G 採用和服務創新方面處於領先地位

韓國電信商自 2019 年 4 月推出 5G 商用服務以來，一直位居 5G 部署和性能的前段班。他們主要部署 5G 中頻段，目前還沒有提供低頻段或高頻段服務。然而，5G 的人口覆蓋率已經達到了 94%。為了在郊區和農村地區擴大 5G 覆蓋範圍，電信商導入了 RAN 共用計畫，以降低部署成本。電信商計畫在 2024 年實現全國人口的 100% 覆蓋。

截至 2023 年 2 月底，韓國的 5G 用戶滲透率達到了 37%，5G 用戶產生的流量占行動數據總流量的 78%。與所有類型數據流量方案的平均值相比，5G 數據使用量的月平均約為 4G 用戶的 3.6 倍。

而與不限流量方案相比，5G 數據使用量是此類方案的 1.6 倍。韓國政府支援電信商的 5G 目標，並儘量滿足其容量需求，計畫將額外的頻段分配給三家電信商。其中 3.40–3.42 GHz 頻段已經被分配。韓國電信商積極推動再生能源的利用，以實施 RE100 路徑圖，這是一項旨在為商業活動提供 100% 再生能源的國際氣候倡議<sup>2</sup>。

為了實現商業營收，韓國電信商提供包括 AR 和 VR 服務在內的多種服務捆綁方案，並利用人工智慧、資料中心和雲端計算拓展企業市場。

### 臺灣：專注於提升 5G 網路表現

臺灣的電信商不斷最佳化網路性能，在第三方機構和官方的基準測試中名列前茅，也經常在全球 5G 基準測試中名列前茅。

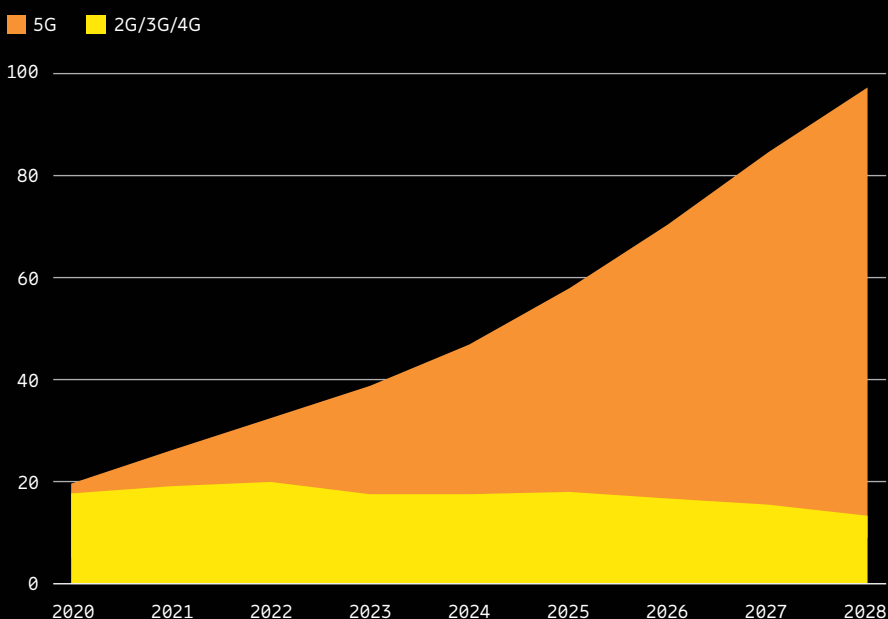
2023 年第一季，臺灣 5G 用戶數達到了 700 萬，滲透率高達 30%。該地區的主要電信商預計，到 2023 年底，滲透率將進一步提升至 40%。在過去的 24 個月裡，5G 的普及也帶動了行動服務 ARPU 的成長。

由於臺灣民眾普遍使用不限流量方案，每月平均數據使用量高居全球前段班，平均達到 30GB。政府的一項調查顯示，有 46% 的消費者即使在家裡也更傾向於透過行動網路上網。

### 香港：積極部署 5G

雖然香港的整體行動用戶數未見成長或僅微幅成長，但向 5G 的轉移仍在繼續，滲透率從 2021 年底的 20% 左右提高到 2022 年底的 30% 以上。2023 年前景樂觀，預計 5G 的普及將有所加速，而且疫情後漫遊業務的收入也將恢復。香港的電信商把 5G FWA 和企業解決方案作為新的業務成長機會。

圖5：東北亞地區行動數據流量 (EB/月)



<sup>2</sup> RE100, www.there100.org.

# 智慧手機市場低迷 無礙5G發展

高階市場一直表現強韌，全球市場領導者的表現優於平均水準。預計 2023 年下半年全球智慧手機出貨量將恢復成長。

- 2022 年第四季，智慧手機市場延續了前三季的下滑趨勢，出現了兩位數的跌幅。這一趨勢在 2023 年初仍在持續，第一季全球出貨量較去年同期下降了 13%<sup>1</sup>。
- 目前已經有 870 多款 5G 智慧手機在市場上推出，其中 2023 年以來就有 80 多款。
- 預計 2023 年 5G 智慧手機將占所有智慧手機出貨量的 62%<sup>2</sup>。
- 儘管折疊手機的出貨量在 2022 年成長了 26%，但這一類別僅占智慧手機市場的 1%。

## 網路切片與 5G SA 的演進

使用者路由選取策略 (URSP) 能夠讓裝置根據使用的應用程式自動選擇網路切片，這一功能已經在搭載 Windows 11 的筆記型電腦上實現。越來越多的電信商在其網路中啟用 5G 新版無線電接入標準獨立

組網功能 (NR SA)。由於非獨立組網 (NSA) 和獨立組網功能可以在同一個網路中共存，並且具有 SA 功能的裝置保留了對 5G NSA 模式的支援，許多 SA 部署是逐步進行的。裝置製造商可以在進行充分測試後升級裝置上的軟體。隨著網路和裝置中載波聚合能力的增強，SA 方案在傳輸速度與 NSA 不相上下，同時增加了新 5G 核心網的許多優勢。

## RedCap—新進標準

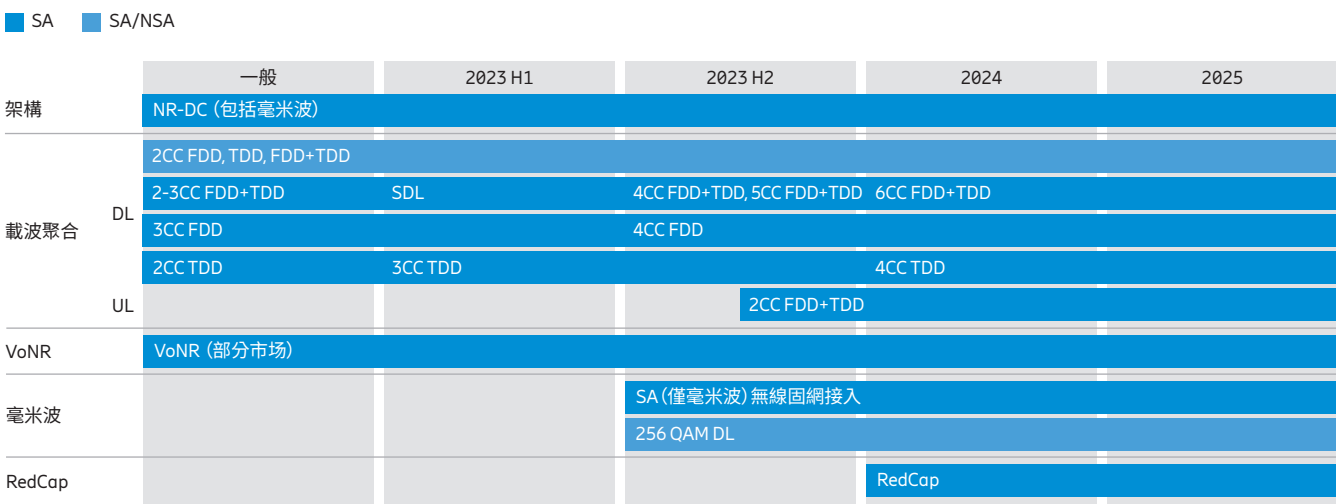
為了支援更多的 5G 應用場景，第一批降低容量 (RedCap) 裝置已經發佈，這些裝置基於 3GPP R17 標準，進一步加強了 SA 技術。它們預計將鎖定目前 LTE Cat-4 裝置的市場，例如智慧手錶、口袋型路由器和物聯網設備。第二批 RedCap 裝置正在開發中，它們將與使用 LTE Cat-1 的低成本

物聯網裝置展開競爭。

## 非地面網路 (NTN)

普通智慧手機開始支援非地面連結功能，這是去年的一個新進展。衛星網路可以在全球幾乎任何地點提供戶外覆蓋，但難以達到地面網路的容量水準。最初的計畫基於專用解決方案，主要針對緊急情況和個人安全等場景。而基於 3GPP 的 NTN 技術則有望在全球範圍內廣泛開關這個市場。

圖6：5G技術的市場就緒情況



注：該圖展示了網路功能的可用性以及設備的支援情況。

<sup>1</sup> 資訊來源：Canalys。

<sup>2</sup> 資訊來源：IDC。

# 4G/5G物聯網連結成長，伴隨2G/3G物聯網連結下降

LTE Cat-1 設備正在被廣泛用於各種案例。

大規模物聯網技術 NB-IoT 和 Cat-M 可支援涉及大量低複雜度、低成本、電池壽命長且只有中低傳輸量的設備的廣域案例。這兩項技術持續在世界各地推廣。在全球範圍內，有 125 家電信商已部署或推出 NB-IoT 商用網路，56 家已推出 Cat-M，40 家已部署這兩種技術<sup>1</sup>。這些技術連結的設備數量在 2022 年底已達到近 5 億台。網路功能的增強推動了大規模物聯網技術的成長，透過頻譜共用實現了 FDD 頻段中的 4G 和 5G 大規模物聯網技術的共存。

以 2G 和 3G 連結的物聯網設備數量正在緩慢下降。由於預期這兩種技術的退場率在未來幾年將持續上升，因此，到 2028 年結束前，每年的負成長率都將保持在 15% 左右。2022 年，寬頻物聯網 (4G/5G) 連結數達到 13 億，成為連結行動物聯網設備的所有技術中占比最大的技術。這部分主要包括廣域案例，它們需要比大規模

物聯網設備支援更高的傳輸量、更低的延遲和更大的數據量。支援 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 RedCap 的導入得到進一步加強。到 2028 年底，預計近 60% 的行動物聯網連結將是寬頻物聯網連結，其中 4G 連結占大多數。隨著 5G 新版無線電標準 (NR) 在新舊頻譜中的導入，該部分的數據傳輸速度將大幅增加。

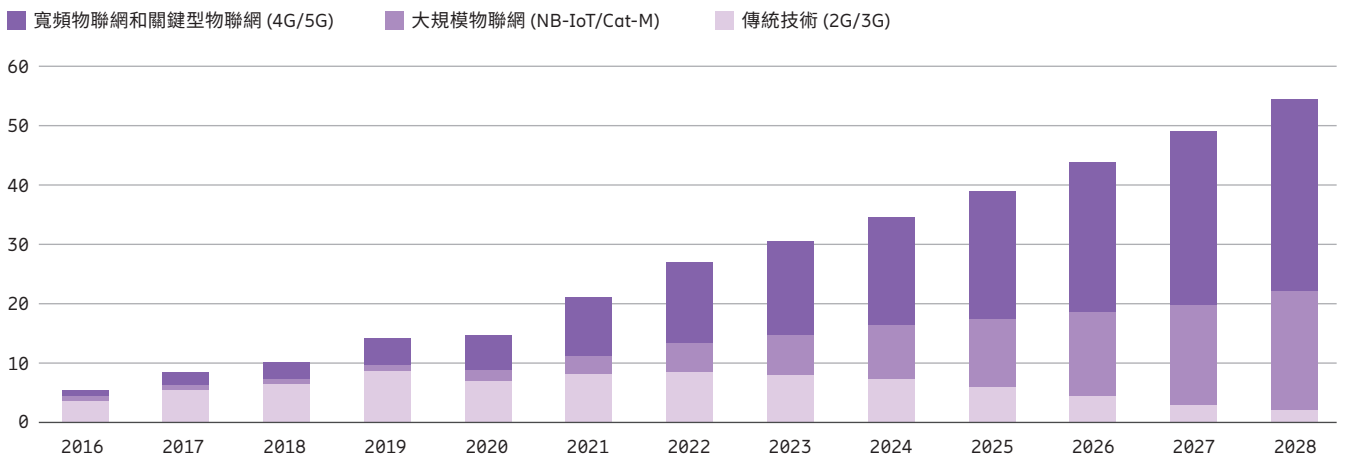
就行動物聯網連結數量而言，東北亞是全球領先的地區，預計 2023 年將超過 20 億。

圖7:物聯網連結(億)

物聯網類型	2022	2028	CAGR
廣域物聯網	29	60	13%
行動物聯網 <sup>2</sup>	27	54	12%
短距物聯網	102	287	19%
<b>總計</b>	<b>132</b>	<b>347</b>	<b>18%</b>

注：基於四捨五入的數位。

圖8:不同類別和技術的行動物聯網連結數量(億)



<sup>1</sup>來源：GSA (2023年3月)。

<sup>2</sup>廣域物聯網的數據包含這部分的數據。

# 超過100家電信商 現已提供5G FWA服務

在受訪的 100 多家提供固定無線接入 (FWA) 的電信商中，約 40% 現已提供 5G FWA 服務。北美和西歐地區的採用率最高，近 70% 的電信商現已透過 5G 提供 FWA 服務。

FWA 穩步成長，主要展現在：

- 提供 FWA 的行動電信商的數量
- 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
- 提供的流量，即連結數和每個連結使用的數據總量都在增加

## FWA 的全球發展態勢

愛立信對電信營運商的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，高於 2022 年 11 月的 77%。目前有超過 100 家電信商透過 5G 提供這項服務，約占 FWA 電信商總數的 40%。

## 基於速度的資費方案繼續成長

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 作為寬頻替代方案實現新收入。超過四分之一的 FWA 電信商現已提供基於速度的資費方案（也稱為服務品質或 QoS）。剩下四分之三的電信商仍在採用基於流量的資費方案（即每月數 GB 的流量包），提供盡力而為（Best-effort）服務。

## 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，北美是參與調查的所有電信商皆提供 FWA 服務的地區。
- 在北美，提供基於速度的資費方案的電信商比例最高，達到 90%。
- 在北美和西歐，約 70% 的 FWA 電信商提供 5G FWA 服務。

圖9：2020到2023年間全球的電信商對FWA服務的提供情況

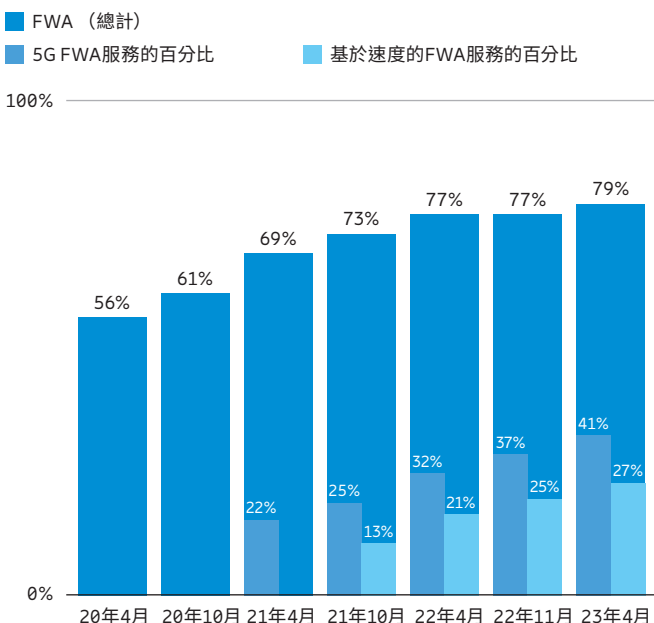
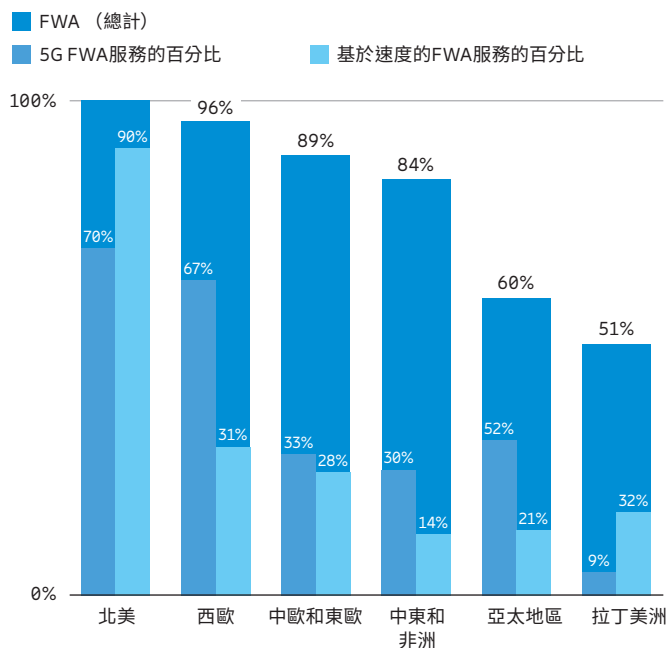
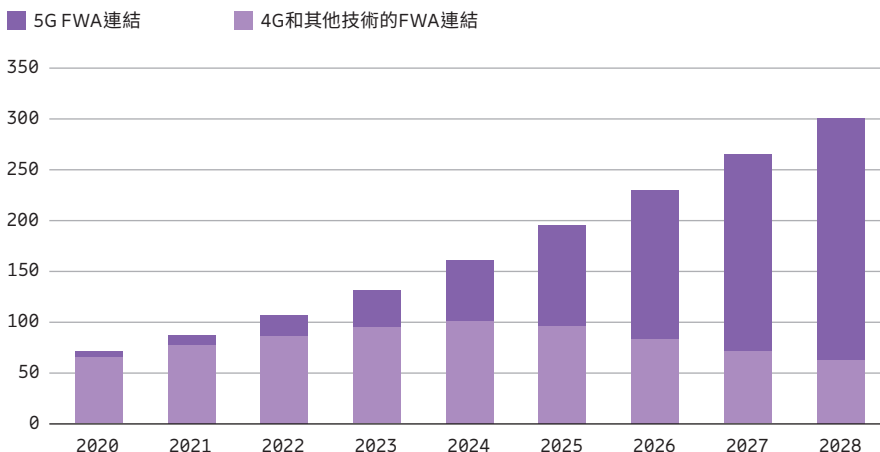


圖10：2023年各地區電信商對FWA服務的提供情況



<sup>1</sup> 約占全球行動收入90%的310家電信商。

圖11：FWA連結數（百萬）



**FWA的定義**

FWA 定義為透過支援行動網路的用戶端設備 (CPE) 提供寬頻接取的連結。包括各種形態的CPE，如室內（桌面和窗戶）和室外（屋頂和壁掛式用戶端設備）。不包括電池式的可攜 Wi-Fi 路由器或外接適配器。

**FWA 電信商的發展情況**

- 美國兩家領先的電信商總共擁有超過 500 萬個 5G FWA 連結。
- 挪威的一家電信商成為歐洲第一家關閉銅纜 DSL 網路的公司，將 5.1 萬個連結替換為 FWA 服務。由此節約的能源相當於挪威一座中型城市一年的耗電量。
- 阿曼 (43% 的寬頻連線是 FWA) 在 2022 年實現了 95% 的 5G FWA 年收入成長。
- 印度一家主要電信商表示，未來 2 至 3 年內，將透過 5G FWA 服務和光纖相結合的方式為 1 億個家庭和企業提供服務。
- 日本已成為所有主要電信商都提供 5G FWA 的首批國家之一，包括對 FWA 和 / 或電池供電的袖珍路由器服務的 5G 獨立組網支援

**到 2028 年，FWA 連結預計將超過 3 億**

預計到 2028 年，FWA 連結數將從 2022 年底的 1 億增至 3 億。這一數字占固網寬頻連結的 17%。在這 3 億多的連結中，預計近 80% 是 5G FWA 連結。

**到 2028 年，亞太地區 (APAC) 的 FWA 連結數將占到全球總數的近一半**

該預測囊括了新興市場 5G FWA 的宏偉目標，即新興市場將增加連結數和 5G FWA 連結的比重。大型高成長國家（如印度）5G FWA 的數量增加，有可能推動整個 5G FWA 生態系統的規模經濟，進而產生更多人們負擔得起的 CPE，為低收入市場帶來正面影響。

預計到 2028 年，亞太地區的 FWA 連結數將成長近 3 倍，在全球 FWA 連結中的占比將從 36% 增加到 46%。

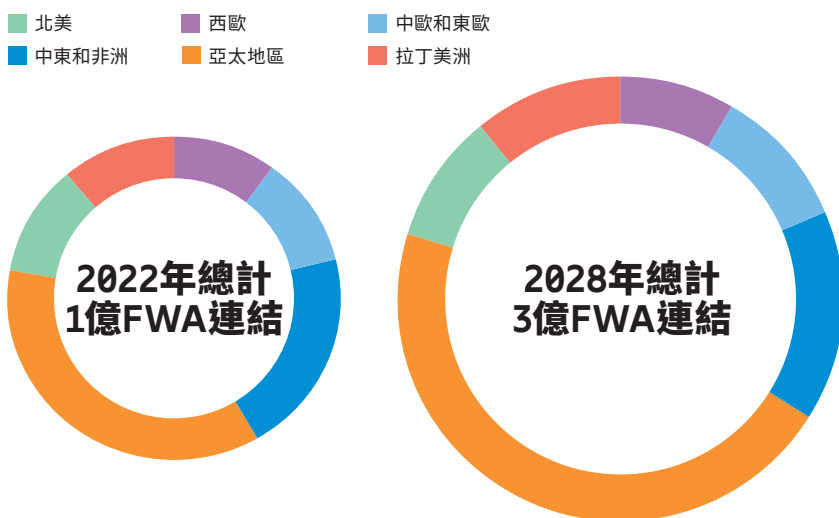
**FWA 對全球行動數據流量的影響**

2022 年末，FWA 數據流量占到全球行動網路數據流量的 21%，預計 2028 年將成長近 6 倍，達到 143 EB，約占行動數據流量總數的 30%。

到2028年，5G將占FWA連結的近80%。

80%

圖12：FWA連結的地區分布：2022–2028



亞太地區的FWA連結數將占到全球總數的近一半。

50%

到2028年，FWA將占到全球行動數據流量的30%。

30%

# 5G持續推動 創新的行動資費方案

隨著 5G 逐漸成為消費者預設的選擇，電信商正在鼓勵前代網路的用戶轉換到 5G。

## 重要洞察

- 隨著 5G 日漸成熟，營運商正使其成為消費者的標準選擇。只有 22% 的 5G 營運商以不同的價格提供 5G 和 4G 服務。
- 約 58% 的 5G 營運商提供包含娛樂服務的方案，如電視和音樂串流媒體或雲端遊戲平臺。
- 在國家層面，不同營運商提供的智慧手機和行動服務的價格和方案之間，幾乎或根本沒有差異。

愛立信對全球 310 家行動電信商提供的服務方案進行的一項最新研究<sup>1</sup>表明，隨著 5G 日漸成熟，電信商正使其成為消費者的標準選擇。在提供 5G 服務的 182 家電信商中，只有 22% 表示消費者需要為了獲得 5G 服務支付差價。2022 年 12 月和 2023 年 1 月進行的訪談顯示，許多電信商都計畫主動地將用戶轉移到 5G，因為 5G 是一項更高效的技术。隨著 5G 的成熟以及電信商積極將使用者從上一代網路中轉移過來，使用前代網路的使用者數量預計將繼續降低。

對單純 SIM 卡方案 (SIM-only plan) 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置為 24 個月，而不是 30 天。此外，大多數電信商都對 24 個月的合約選項提供折扣，以鼓勵用戶選擇該選項，而不選擇 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)，43% 的電信商向消費者提供至少 1 個吃到飽方案。5G 電信商通常提供更多的吃到飽服務，有時會將固定用量方案限定為預付費式服務。在提供吃到飽服務的電信商中，約有 17% 附帶一些邊界條件。附帶此類條款和條件的電信商大多數 (79%) 是 5G 電信商。

基礎服務方面持續來回變化，自上一次調查以來的 6 個月內，已有 16 家電信商完全取消了吃到飽服務，另有 17 家開始提供此類方案，占參與調查的行動電信商總數的 10% 以上。類似的變化在過去也出現過，顯示這方面存在一些不確定性並且電信商在反覆進行大量嘗試。例如，有些電信商將吃到飽方案從常規服務中移除，只為訂閱了固網和行動服務捆綁方案的客戶提供該服務。

在取消了吃到飽服務的電信商中，70% 現已開始提供基於服務的連結方案。這種類型的連結方案允許消費者購買某種形式的附加方案，例如「串流媒體通行證」，以具有吸引力的價格觀看影片，不使用基礎方案中的數據。

提供某種類型的連網服務方案的電信商總數已從 179 家減少到 176 家。但以串流

影片、雲端遊戲或高解析度音訊等數據密集型服務為主要目標的電信商數量基本上沒有改變 (119 家)。這一領域可以看到一些變化，提供每月吃到飽服務的電信商數量略有減少，而提供基於時間的方案 (time-based package) 的電信商數量有所增加。這些服務有些被設計為「小時制方案 (buckets of hours)」，例如一個月內可以消費的固定串流影片流量，有些被設計為連續幾個小時的無上限數據吃到飽，消費者只需在開始看電影或玩遊戲之前「隨選」購買。

疫情期間出現的一種新型資費方案主要是為在家工作或學習的用戶提供折扣流量 (discounted GB)。這些類型的方案始於東南亞，隨後擴展到東歐，現在也出現在一些拉丁美洲國家。

**只有 22% 的 5G 電信商以不同於 4G 的價格提供 5G 服務。**

# 22%

<sup>1</sup> May 2023.

### 內容聚合與遊戲吸引著消費者採用 5G

提供包含各種流行娛樂服務的捆綁方案做法很常見，這類服務包括電視和音樂串流媒體或雲端遊戲平臺。大約 58% 的 5G 電信商正在以各種形式開展這項工作。最常見的做法是隨著價格檔次的提高而增加捆綁服務的價值（內容）。提供增值服務的另一種做法是電信商充當內容聚合者。在這種情況下，電信商提供了一個功能表，消費者可以從各種（有時是數量非常龐大的）月度或年度合約選項中進行選擇。大多數情況下，無論消費者在哪一檔，都有可選服務的功能表，而且消費者在添加服務的數量方面幾乎具有完全的靈活性。最積極主動的電信商在客戶購買智慧手機或 SIM 卡的過程中明確推廣這些服務。這樣提供的增值服務不僅包含數位內容或串流媒體服務，而且還可以包括足球季票、烹飪課程或瑜伽課程等。對消費者來說，除了能夠一站式找到所有的服務並以一種簡單的方式簽約外，這種做法的另一個主要優勢在於當消費者選擇其中的兩項或多項服務時，通常可以打個小折扣。

### 使用速度等級細分產品

在 2022 年 11 月更新的研究中，我們發現 24% 的 5G 電信商將智慧手機的上網速度等級作為價格差異化的參數。儘管在本次調查分析中，5G 電信商的總數已從 174 家增加到 182 家，但這一數字仍為 24%。在這些電信商中，約 68% 將速度等級與數據用量結合使用，39% 的電信商使用混合版本（速度與固定用量和吃到飽方案結合使用）。兩家僅提供 4G 服務的電信商也使用速度來區分方案。

這種模式在吃到飽比例最高的西歐最常見。在西歐，約 60% 的電信商將速度等級與數據用量結合使用，15% 的電信商使用混合版本。

### 產品服務缺乏本地差異性

在全球層面，不同國家 / 地區之間的差異相當大，消費者使用的方案種類以及可供消費者選擇的方案種類都在增加。但在國家 / 地區層面，往往基本或根本沒有差異。對於正在考慮購買新手機或行動服務方案的消費者來說，國內電信商提供的價格和方案通常非常相似。這在似乎更關

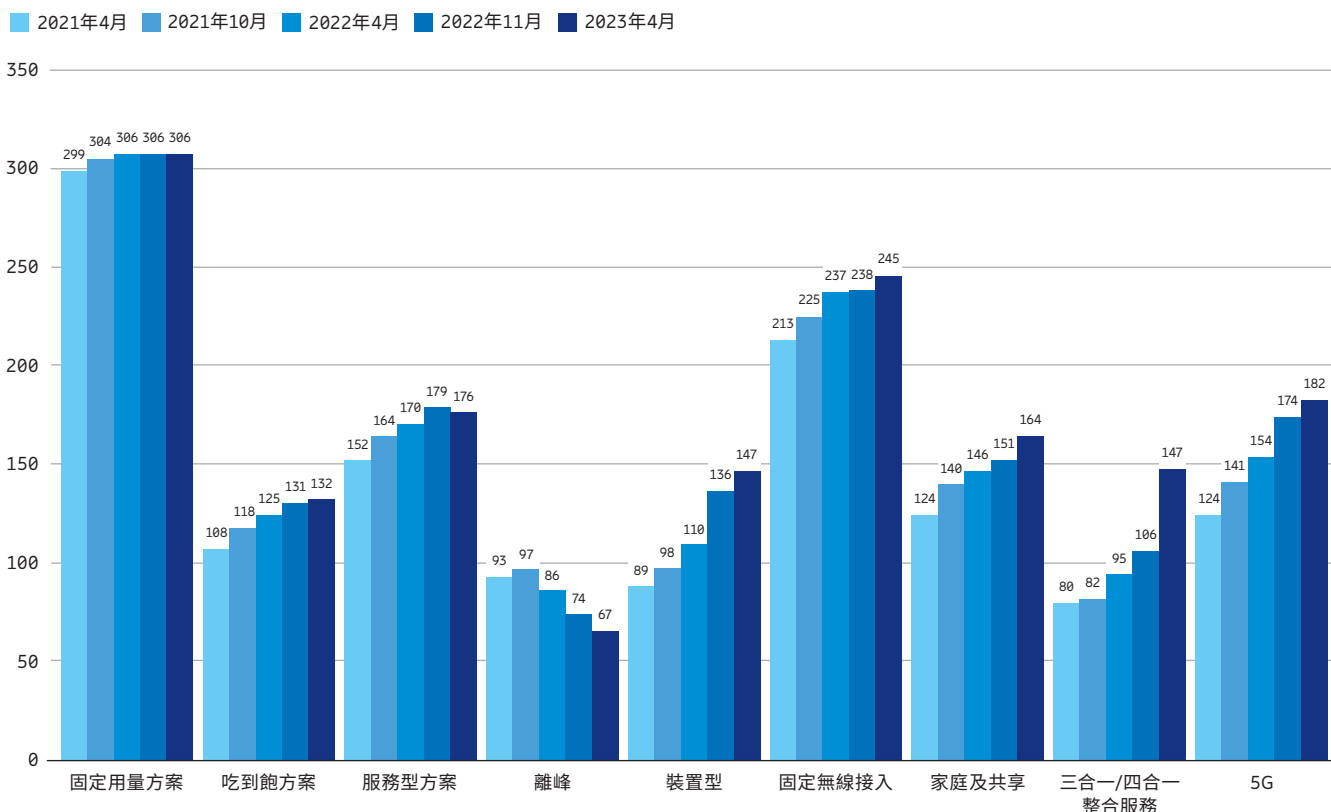
心價格而不是其他差異化因素的西歐尤其明顯。偶爾會有一兩家中小型電信商試圖簡化服務，只提供兩到三個方案，但這種情況極為罕見。大多數情況下，他們都只是在模仿更大規模的競爭對手，以稍低一些的價格吸引消費者。因此，新推出的方案模式過不了幾個月就會被其他電信商所效仿。

這一點在引入新模式的國家尤其明顯，例如速度等級。在提供速度等級服務的多數國家，絕大多數或幾乎所有的電信商都提供這項服務。然而，中小型電信商憑藉在所有價格檔次都提供最高速度的服務脫穎而出也是很常見的情況。

約 58% 的 5G 電信商提供包含娛樂服務的捆綁方案。

# 58%

圖13：電信商數量（依提供的服務類型區分）



註：「離峰」包括為鼓勵在低流量時段（通常是夜間）使用服務而提供的折扣。「裝置型」是指使用SIM/eSIM的消費者物聯網服務，通常是智慧手錶或行李/寵物追蹤器 (bag/dog tracker)。包括行動網路、固網、市話和電視/媒體服務在內的整合服務被稱為「三合一/四合一整合服務」。

# 高用量用戶推動行動網路流量成長

數據流量很大一部分是由少數用戶產生的，各用戶族群使用的應用組合也不盡相同。

兩個先進行動寬頻市場的行動網路流量測量數據顯示，不同用戶族群使用應用組合的情況有相似之處、也有差異點。

此分析基於對歐洲和北美兩個商用 4G/5G 網路的流量測量，只考慮了在行動網路中以裝置使用數據的情況，並根據用戶每月數據用量將其分為不同的群體。

## 70% 的流量來自十分之一的用戶

不同群體的用戶分佈和數據使用情況因市場而異，主要取決於可供選擇的資費方案。然而，數據使用占比最高的用戶（依數據使用量計算）對流量的貢獻通常非常相似。在兩個樣本網路中，約 70% 的總流量由前 10% 數據使用量最大的用戶產生。在北美網路中，每月使用超過 20 GB 的用戶僅佔所有用戶約 14%，但產生的總流量佔 80%。在歐洲網路中也發現了類似的情況，每月使用超過 20 GB 的用戶佔所有用戶數量約 17%，但其數據使用量佔總流量 81%。在北美網路中，每月數據使用超過 50 GB 的用戶僅佔約 5%，在歐洲網路中，每月數據使用超過 50 GB 的用戶佔 7%。

在歐洲網路中，使用量很小的用戶（即每月使用不到 5 GB 的用戶）在所有用戶中佔比 63%。在這些用戶中，有相當一部分流量（16%）來自通訊服務（包括訊息、網路電話、視訊通話等）和網頁瀏覽，而超過 30% 的流量來自各種應用的長尾<sup>1</sup>。

## 樣本網路中的應用組合和各種流量占比

在分析樣本網路中的應用組合和各種流量占比時，應該考慮到這些可能不代表總流量的絕對占比，因為有些流量無法被

分類。例如，在各種用戶族群中，影片流量的絕對占比可能都更高，因為一部分被包含在「其他」類別中。然而，分析不同用戶族群應用組合的相對變化仍然能夠反映出不同的數據使用模式。

**影片觀看：**在所有用戶族群中，影片觀看都是占主導地位的活動。密集使用的用戶和使用量超高的用戶影片觀看量占比最高，在樣本網路總流量中占比超過 60%<sup>2</sup>。在兩個樣本網路中，與使用量很小的用戶相比，密集使用量的用戶影片觀看量占比增加了超過 20 個百分點。

**社群媒體：**社群媒體是僅次於影片的第二大數據用量的應用。在兩個樣本網路中，使用社群媒體最多的是使用量較小的用戶和中等使用量用戶。

**音訊：**各樣本網路的音訊流量存在差異，北美網路各個用戶族群的音訊流量占比為 2-3%，而歐洲網路的音訊流量占比不到 1%。

**遊戲<sup>3</sup>和軟體下載：**遊戲和軟體下載的流量占比相對較低。就遊戲而言，未達到密集使用量級別的用戶，其遊戲和軟體下載的流量占比都低於 1%，只有在流量使用量更高的用戶中占比才有所增加。這意味著與其他用戶族群相比，數據使用量高或超高的用戶更有可能下載軟體和玩遊戲。

歐洲網路中數據使用量超高的用戶遊戲流量占比約為 3%，北美網路中，數據使用量超高的用戶的遊戲流量占比約為 2%。在這兩個網路中，數據使用量超高用戶的

軟體下載、檔案共享和遊戲的流量占比都顯著高於其他各用戶族群。

## 高數據使用量用戶觀看隨選視訊的流量占比成長

在兩個樣本網路中，社群媒體產生的影片流量占比正在下降，而隨選視訊（VoD）串流媒體服務的流量占比呈上升趨勢，無論是數據使用量很小的用戶，還是使用量超高用戶都是如此。

**北美：**社群媒體產生的影片流量占比從 88% 下降到 49%，而隨選視訊串流媒體服務的流量占比從 4% 上升到 23%。

在北美網路中，YouTube 在所有使用者群中影片流量占比最高，特別是使用量較小的用戶和中等使用量用戶。其次是 Facebook 和 TikTok，包括高使用量用戶。對於每月數據使用量超過 50 GB 的用戶族群，TikTok 的流量占比高於 Facebook。

**歐洲：**社群媒體產生的影片流量占比從 93% 下降到 71%，而隨選視訊串流媒體服務的流量占比從 1% 上升到 17%。

在歐洲網路中，Facebook 在所有使用者族群中影片流量占比都最高，其中在使用量很小的用戶和使用量較小的用戶中占比最高。

<sup>1</sup>例如：電子郵件、位置服務、照片分享、天氣、線上狀態、健康或健身。

<sup>2</sup>未分類的影片流量屬於「其他」類別的一部分。

<sup>3</sup>包括基於應用和雲端遊戲。



圖14: 歐洲電信商: 不同用戶族群的用戶和各流量占比

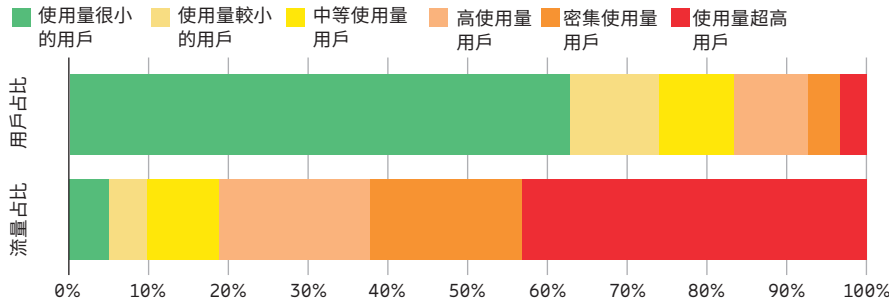


圖15: 北美電信商: 不同用戶族群的用戶和各流量占比

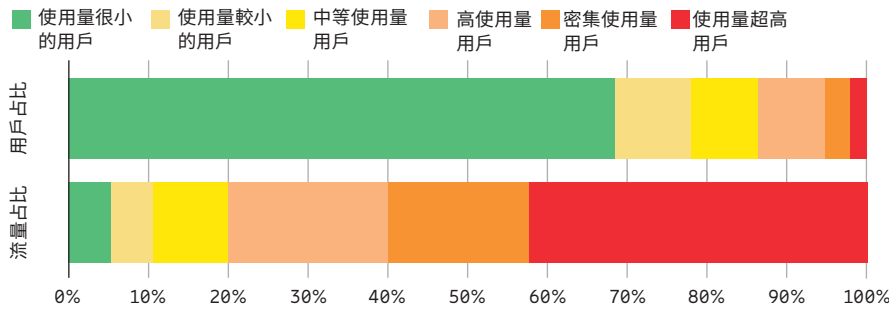


圖16: 歐洲電信商: 不同用戶族群的各類應用流量

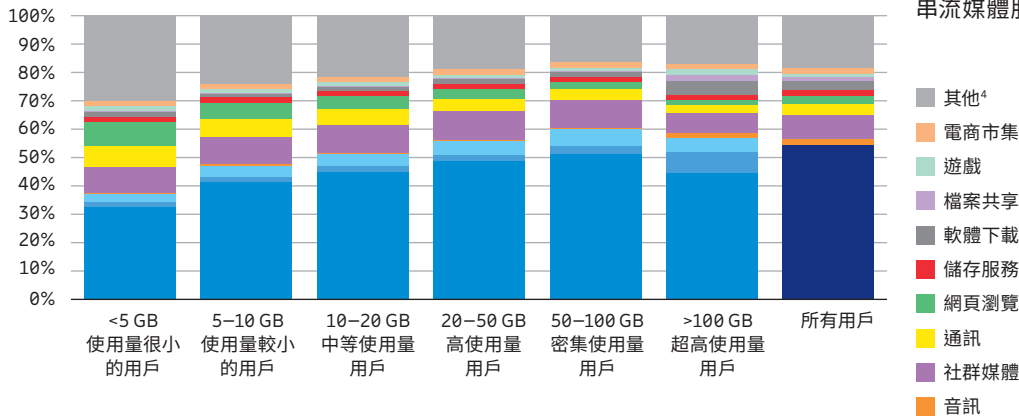
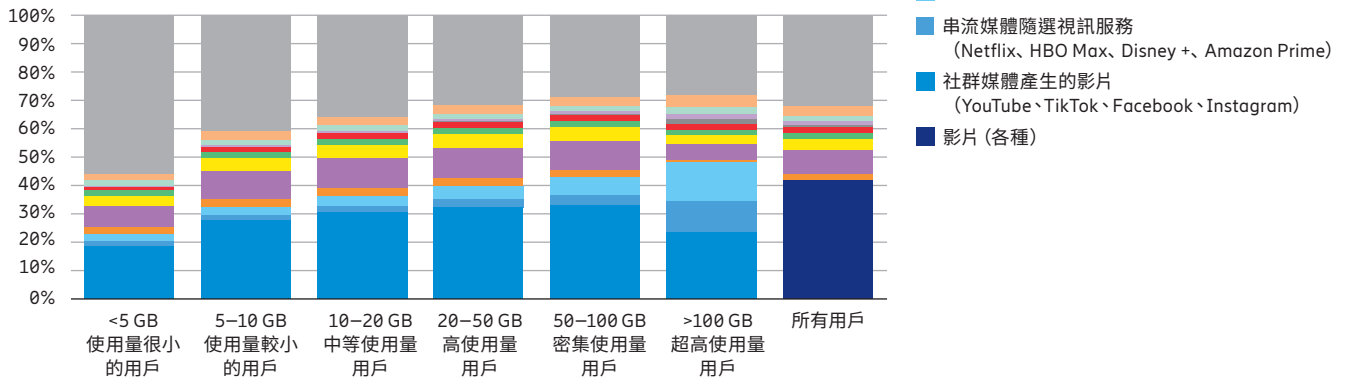


圖17: 北美電信商: 不同用戶群的各類應用流量



在兩個樣本網路中，使用量很小的用戶至密集使用量用戶的 Netflix 的流量占比為 1-5%，而使用量超高用戶（每月超過 100 GB）影片流量占比約 13%。

在兩個樣本網路中，Facebook 和 YouTube 影片流量占比都最高，對於各用戶族群來說，Facebook 和 YouTube 總占比通常為 50-60%。

在兩個樣本網路中，Facebook 在各使用者族群的影片流量中占比都很高，但隨著數據使用的增加，其占比顯著下降。YouTube 的流量占比也呈現出類似的趨勢，而 TikTok 的流量占比則隨著數據的增加呈上升趨勢。

影片的影響

影片對於各先進行動寬頻市場的數據使用和流量總量有顯著的影響。這一趨勢是由密集使用量用戶和超高使用量用戶所推動的，他們的影片觀看占比最高。

在使用量很小的用戶至使用量超高用戶中，各用戶族群影片流量的占比不同，社群媒體產生的影片占比減少，而隨選視訊串流媒體服務的占比則有所提高。

<sup>4</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，這部分流量所占比例過小。「其他」的很大一部分可能是影片流量。

<sup>5</sup>「未分類」包括無法識別為特定服務的影片流量，或者與分類的流量相比，這部分流量所占比例過小。

# 行動網路流量兩年內 幾乎成長一倍

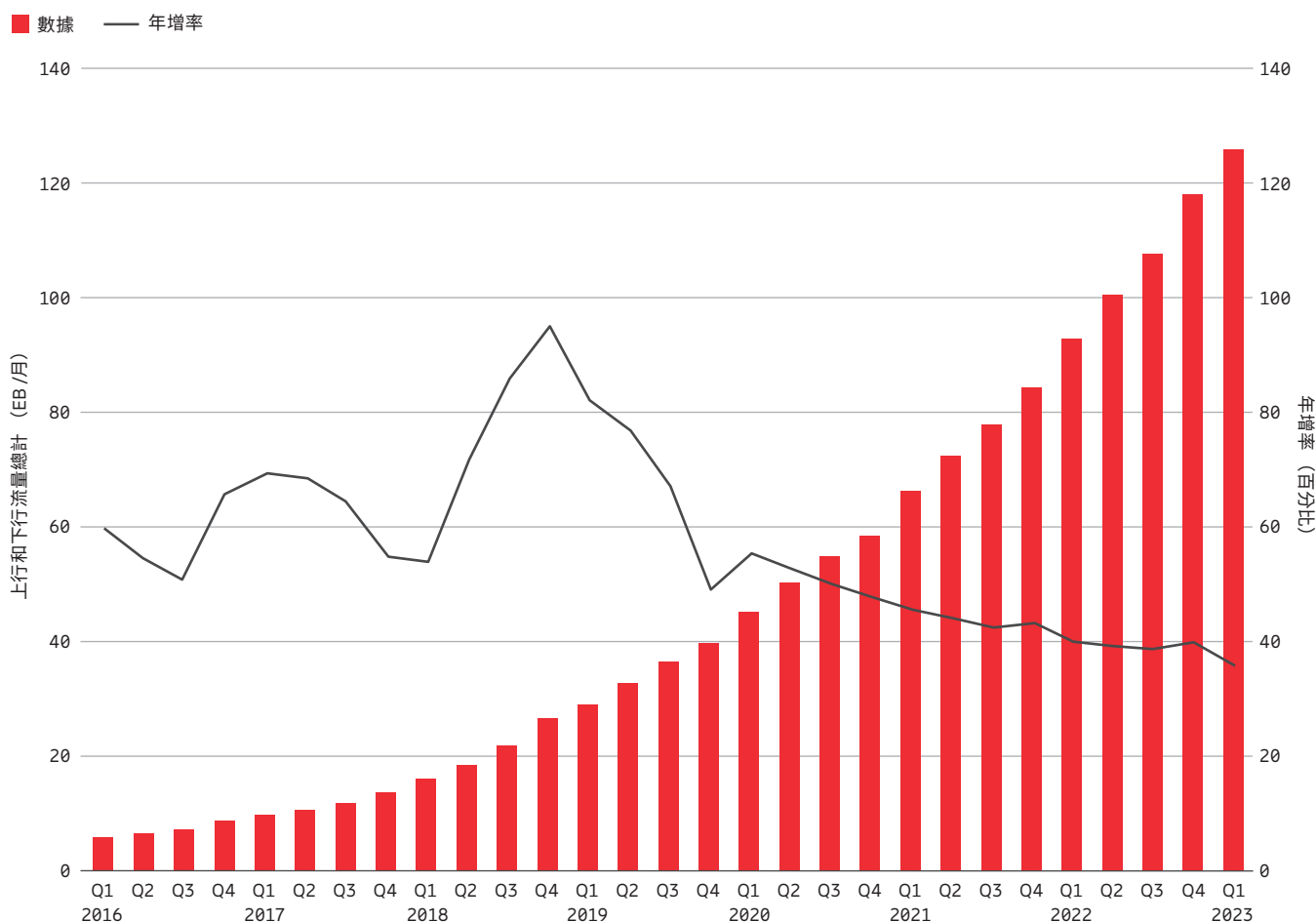
行動網路數據流量在 2022 年第一季到 2023 年第一季之間成長了 36%。

2022 年第四季至 2023 年第一季，行動網路數據流量的季增約為 7%。每月全球行動網路數據流量達到約 126 EB。從絕對數值來看，這意味著行動網路流量在短短兩年內幾乎成長一倍，2021 年第一季時每月只有 66EB。

從長期來看，行動網路流量<sup>1</sup>的成長是由智慧手機用戶數增加和平均每個用戶的數據量增加所推動，主要原因是影片內容觀看量的增加。

圖 18 顯示了 2016 年第一季至 2023 年第一季全球每月網路數據流量的淨增加量和總流量，以及行動網路數據流量年增率。

圖 18：全球行動網路數據流量和年增率 (EB/月)



來源：愛立信流量統計 (Q1 2023)。

註：行動網路數據流量還包括固定無線接入 (FWA) 服務產生的流量。

<sup>1</sup> 流量不包括 DVB-H、Wi-Fi 或行動 WiMAX，但包括 VoIP。

# 5G推動五年內的行動流量成長

2027年，行動數據流量的所有成長都將來自5G，而4G流量將會下降。

全球行動數據總流量（不包括固定無線接入（FWA）產生的流量）2022年底達到了每月93EB左右，預計2028年將成長3.5倍，達到每月329EB。包括FWA在內，到2022年底，行動網路總流量達到了每月118EB左右，到2028年底將達到472EB。截至2028年的預測流量成長有一個假設性前提，即XR服務（包括AR、VR和混合實境（MR））的初步成長將在預測期間的後期發生。然而，如果這類服務的成長高於預期，那麼到預測期間截止前的數據流量成長可能會比目前預測的更高，尤其是上行鏈路流量。目前，影片

流量估計占所有行動數據流量的71%左右，預計2028年這一比例將增至80%。

在預測期間內，提前推出5G的熱門市場可能會在流量成長方面領先。2022年末，5G在行動數據流量中的占比約為15%，相比2021年末的9%有所提高。預計到2028年，此一數據將增至66%。

## 不同地區流量成長情況不同

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動態，不同國家

的流量成長也會有很大差異。在全球範圍內，每支智慧手機行動流量的成長可歸因於三個主要驅動因素：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的性能持續改善而導致的數據使用成長。

舉例說明，這些差異反映在非洲撒哈拉以南地區和海灣合作理事會（海合會，GCC）國家之間。非洲撒哈拉以南地區的平均每支智慧手機的每月行動數據使用量約為4.7GB，而海合會各國的平均每支智慧手機的每月數據使用量2022年底達到26GB。2023年，預計全球平均每支智慧手機的數據使用量為20GB，到2028年底將達到47GB。

在北美，預計2028年平均每支智慧手機的每月行動數據使用量將達到58GB。吃到飽的資費方案以及5G網路覆蓋範圍和容量的提高，日益吸引著新5G行動和FWA用戶。每分鐘使用產生的數據流量將隨著遊戲、XR和基於影片的應用的成長而顯著增加。這些體驗需要更高的影像解析度、增加的上行鏈路流量，以及更多地將資料處理從裝置卸載到雲端，以滿足用戶的需求。2028年，我們預計北美5G用戶滲透率將是所有地區中最高的，超過90%。

在西歐，服務使用和流量成長預計將遵循與北美類似的模式。儘管較為分散的市場形勢延緩了5G在大眾市場的普及速度，但到2028年，每支智慧手機的數據使用量預計將達到每月56GB，接近當時北美的使用量。

圖19: 全球行動網路數據流量(EB/月)

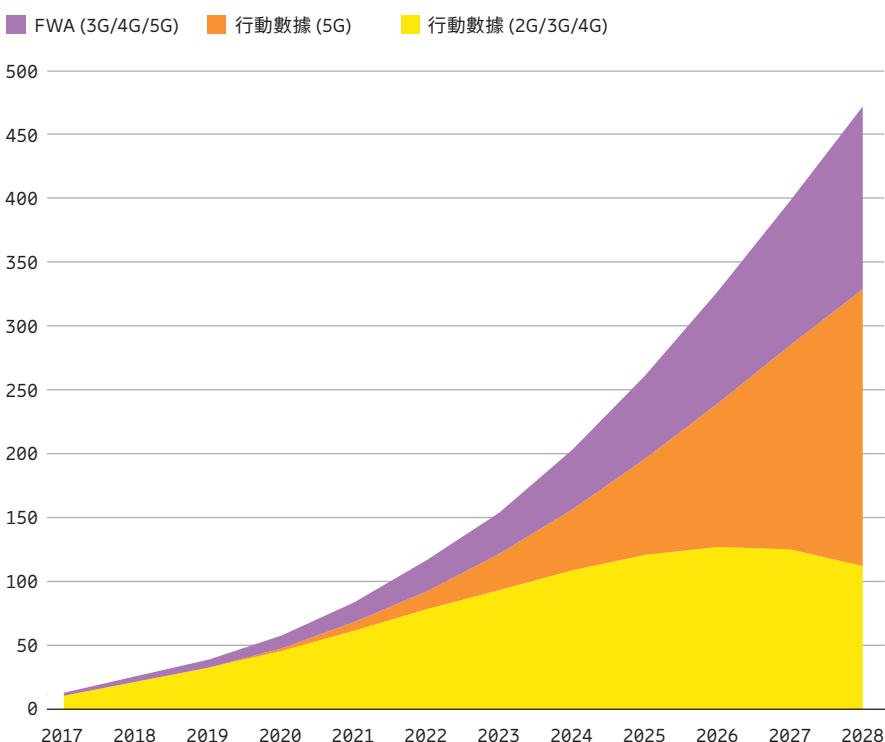
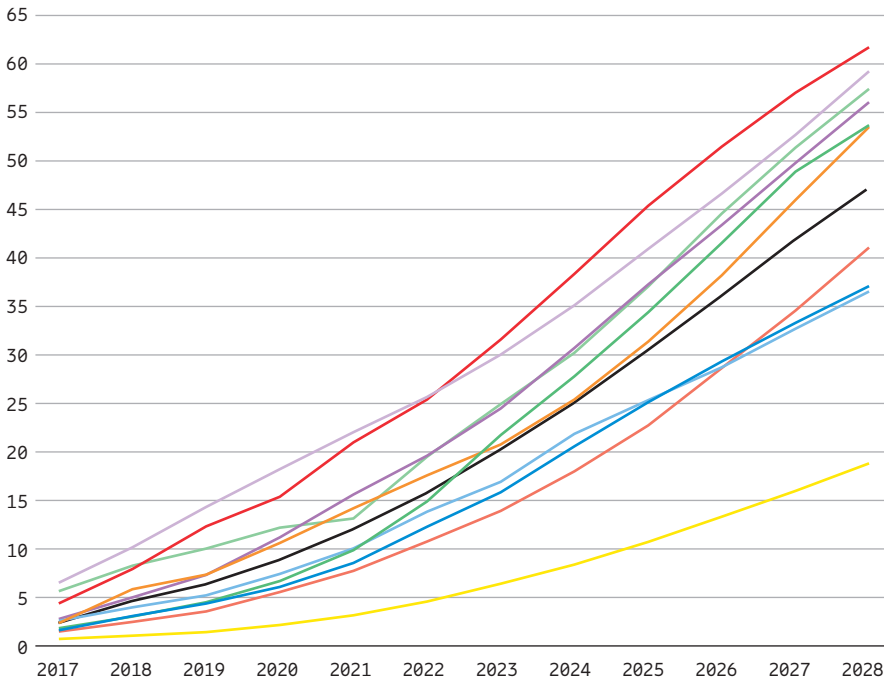


圖20：每支智慧手機的行動數據流量 (GB/月)



地區	2022	2028	CAGR 2022–2028
印度、尼泊爾、不丹	26	62	16%
海合會國家	26	59	15%
北美	20	58	20%
西歐	20	56	19%
東北亞	18	54	20%
東南亞和大洋洲	15	54	24%
全球平均	16	47	20%
拉丁美洲	11	41	25%
中東和北非 <sup>1</sup>	12	37	20%
中歐和東歐	14	37	18%
非洲撒哈拉以南地區	4.7	19	26%

預計到 2028 年，**東北亞**地區在全球行動數據流量總量占比將達到 30% 左右。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 2028 年達到每月 54 GB，影片是主要的流量類型。電信商預計，隨著新影片服務（例如高畫質影片和 XR 服務）的推出，流量將進一步成長。

**非洲撒哈拉以南地區**預計將是行動數據總流量成長最快的地區。2022 年至 2028 年，隨著非洲撒哈拉以南地區各個電信商繼續投資 4G，並將用戶從傳統的 2G/3G 網路轉移到 4G 網路，其流量將每年成長 37%。這種數據流量的增加，主要是由於智慧手機的流量增加了 4 倍，2028 年每部活躍智慧手機的平均數據使用量將達到每月 19 GB。

在**中東和北非地區**，隨著更多的用戶轉向 4G、當前 5G 覆蓋範圍的擴大增加了用戶的接受度，以及有吸引力的服務和更實惠的智慧手機的推出，數據流量也出現成長。2022 年至 2028 年，中東和北非地區總數據流量將以每年 27% 的速度成長，預測期末每支智慧手機的每月數據使用量為 37 GB。儘管總體用戶數量成長緩慢，但海合會 (GCC) 國家仍將經歷數據流量

的成長，因為每支智慧手機的數據使用量將以每年 15% 的速度成長，達到每月平均 59 GB。這將由對數據密集型服務的需求成長所推動。5G 的各種工業案例也將促進總數據流量的增加。

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。事實上，增強型行動寬頻正成為印度政府「數位印度」願景的基礎，將印度轉變為一個數位賦能的社會和知識經濟體。

印度（還有 GCC 國家）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 2022 年的每月 26 GB 成長到 2028 年的每月 62 GB 左右，複合年成長率 (CAGR) 為 16%。印度地區的行動數據總流量預計將從 2022 年的每月 18 EB 成長到 2028 年的每月 58 EB，複合年成長率為 22%。這是由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占行動用戶總數的比例預計將從 2022 年的 76% 成長到 2028 年的 93%。

**東南亞和大洋洲**的每支智慧手機的行動數據流量繼續強勁成長，預計到 2028 年將達到每月 54 GB 左右，複合年成長率為 24%。

在預測期間內，**拉丁美洲**各個國家的智慧手機數據流量成長率大相逕庭。流量成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的，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 2028 年，平均每支智慧手機的數據流量將達到每月 41 GB。

在**中歐和東歐**，2024 年前，2G 和 3G 用戶向 4G 的轉移將推動流量成長，2024 年後，5G 有望取代前幾代技術，成為用戶數最多的技術。在預測期間內，平均每支智慧型手機的每月數據流量預計將從每月 14 GB 增加到約 37 GB。

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消費量遠高於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。

# 5G人口覆蓋率已達35%

全球 5G 中頻人口覆蓋率已達到約 30%。然而，在中國以外的地區，5G 中頻人口覆蓋率僅為略高於 10%。不同地區的覆蓋率有明顯差異，範圍從 7% 到 90% 不等。

2022 年底，全球 4G 人口覆蓋率超過 85%，預計 2028 年將超過 95%。目前，全球部署了 816 個 4G 網路。其中，336 個已升級為 LTE-Advanced，62 個支援每秒千兆位元 (Gigabit)<sup>1</sup>。

5G 的建設仍在進行，全球已有 240 多個商用網路。到 2022 年底，5G 人口覆蓋率已達到 35% 左右，預計到 2028 年將增加到約 85%。

### 不同地區 5G 人口覆蓋率有很大差異

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 FDD 5G

載波，它可以提供全覆蓋和行動性。2022 年底，全球 5G 中頻段人口覆蓋率達到 30%，但如果不包括中國預計將略高於 10%。

在不同地區，5G 總人口覆蓋率以及中頻覆蓋率有很大差異。例如，拉丁美洲和中東非洲地區的中頻人口覆蓋率達到了約 7%，5G 總人口覆蓋率也類似，約為 8%。中國的 5G 人口覆蓋主要依靠中頻，覆蓋率達到了約 90%。

在歐洲各國，5G 覆蓋率有很大差異，總體人口覆蓋比例為 58%，而中頻覆蓋率僅為 15% 左右（這些資料未包括俄羅斯）。

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，目前覆蓋率已達到約 80%。

圖21：依地區區分的世界人口覆蓋率和中頻覆蓋率（2022年底）

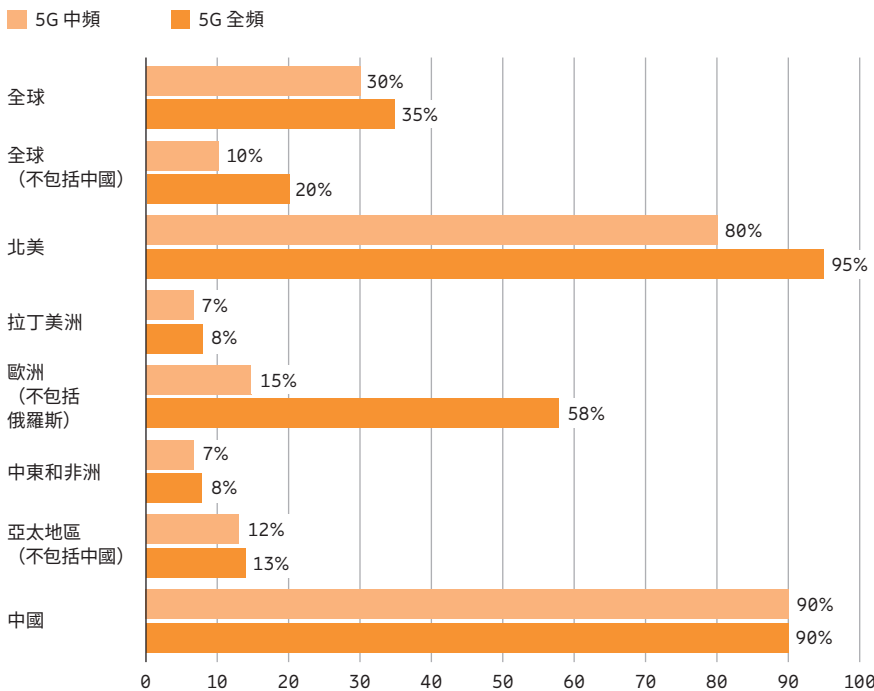
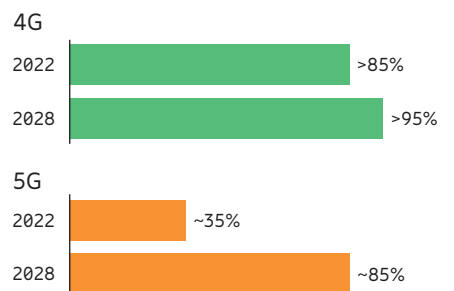


圖22：全球人口覆蓋率（依技術區分）



到2022年底，全球5G人口覆蓋率達到了 35%

# 35%

注：這些數據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> 愛立信和 GSA (2023年5月)。

高階服務和新設備（包括AR、VR和混合實境）的推出，將推動流量進一步成長。流量模式的改變，也將對網路提出新的要求。確保這些服務的成功，意味著讓網路做好準備應對增加的需求，並確保各項服務可行性，以推動商業化。本期報告的文章重點介紹了為未來需求做好準備，討論了建模場景、所需的網路能力和現網切片的實施經驗。這些文章討論了營運商如何滿足消費者和企業對服務品質的需求和期望。



人口稠密的城市地區對流量的需求比農村地區高1000倍。通過對北美和歐洲網路的分析，本文為營運商提供了設計網路時應考慮關於位置以及流量消耗模式的見解。



通過向5G客戶提供優質服務，可以成功將網路切片轉換為營收。新加坡電信在新加坡F1大獎賽上提供網路切片服務的案例證明了這一點。本文以新加坡電信為例，探討了5G差異化服務的未來。



預計未來幾年AR使用量以及對網路容量的需求將加速成長。本文通過一個建模場景，顯示了AR需求成長預計將超過行動寬頻容量成長，並討論了需要做到哪些事情才能跟上AR的腳步。



消費者對行動QoE的期望會隨著新服務的推出而成長，與此同時，對於提高行動網路性能的需求也將增加。然而，衡量行動QoE的傳統方法實用性有限，我們必須開發新的模型來衡量行動QoE。

文章

# 探索流量模式 如何推動網路演進

為了實現更好的 5G 網路表現，必須根據地理位置需求提供合適的網路覆蓋和容量。

**重要洞察**

- 人口稠密的城市地區的流量需求比農村地區高出 1000 倍。
- 現在有更多的服務需要考慮上行鏈路性能。這對於像 XR 這樣的對上行鏈路有嚴格要求的新服務尤為重要。
- 5G 的推廣遠未完成。5G 中頻段僅覆蓋了全球約 25% 的 4G 站點，其中北美領先，歐洲次之。

行動網路在 RAN 領域必須不斷發展，利用中頻段和毫米波來滿足容量和速度需求。但並非所有地理區域都需要相同的性能。我們對一些北美和歐洲網路的不同地理位置的數據流量成長和模式進行了詳細分析，其結果證實了這一點。這也為網路演進提供了關鍵的見解和考量。

### 各地的流量成長並非完全一致

通過分析西歐和北美的幾個網路中不同地點的流量成長（人口稠密的城市地區、一般城市地區、郊區和農村地區）時，我們可以清楚地發現行動用戶集中度的差別。在西歐和北美，人口稠密的城市地區的流量需求要比人口稀少的農村地區高出 500 到 1000 倍。

**方法**

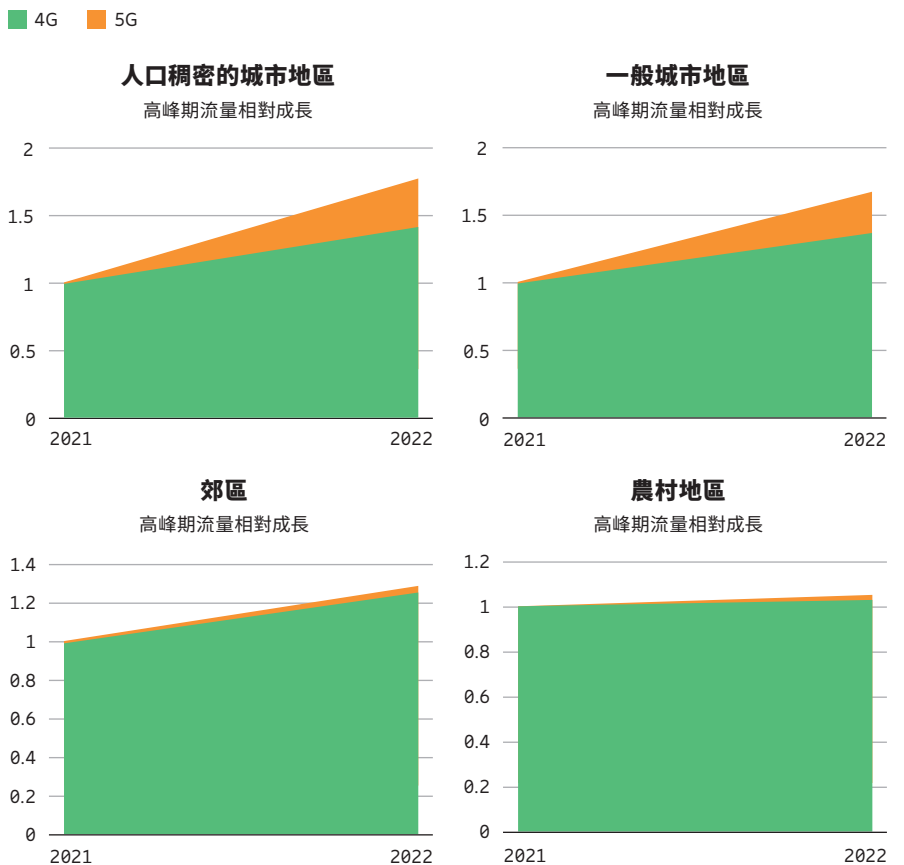
在對西歐的流量模式分析中，我們從 4 個網路收集流量數據，包括來自 18 個位置的 21 個數據集，收集時間是 2021 年第 3 季和 2022 年第 3 季。對於北美，我們從 3 個網路的 12 個位置收集了 30 個數據集，收集時間是 2022 年第 1 季。

圖 23 顯示了 2021 年至 2022 年，西歐網路的四種不同位置在高峰期的流量相對成長率。最近一年的資料顯示，流量成長最高的位置是人口稠密的城市地區和一般城市地區，成長率高達 80%。

但農村地區的成長率相對低得多，甚至不足 10%。農村地區 5G 流量比例較低，是因為目前網路部署階段的人口覆蓋率尚且不足，但也有農村地區 5G 裝置滲透率較低的原因。

在比較北美和西歐時，我們在 2022 年的流量分析中可以觀察到幾個關鍵差異。首先，北美人口稠密的城市地區和一般城市地區的流量需求都較高。其次，在所有位置，5G 都佔據大部分的流量。5G 可能是城市地區流量增加的主要驅動因素。

圖 23：西歐網路高峰期的相對流量成長率，按位置類型劃分



## 流量行為模式推動各地理位置的流量成長

為了支援網路演進策略，我們有必要更詳細地瞭解不同地理位置的流量模式和行為。瞭解白天的人口密度非常重要，尤其是在人口密集度從稠密到一般的城市地區，因為西歐和北美流量最高的時候都在中午。圖 24 顯示，在西歐，人口密集的城市地區的流量高峰期出現在中午，而農村地區的流量高峰期在晚上。農村地區可能是受到固定無線接入(FWA)用戶的影響，那裡的固定無線接入的使用率要高得多。北美遵循類似的模式，這兩個地區(城市地區和郊區)流量模式都平坦得多，最高流量水準在中午到傍晚之間分佈得更均勻，然後才出現下降。

按位置分析的流量表明，與其他位置相比，高峰期的人口稠密城市地區的上行鏈路占總流量的比例更大。在北美，人口稠密的城市地區上行鏈路流量約占總流量的 14%，而農村地區僅占大約 9%。傳統意義上，對於行動寬頻和 FWA 服務，上行鏈路對整體用戶體驗的影響較小。然而，隨著更多以上行鏈路為中心的服務出現，營運商現在還需要考慮上行鏈路的性能，尤其是在人口稠密的城市地區。這樣做是為了迎接對上行鏈路要求更高的新服務(如 XR)，這類新服務將對網路提出更苛刻的需求。

對各位置的網路資料的調查表明，儘管城市地區的總流量明顯較高，但高峰期會有個別的最高流量出現在郊區，這種差異在西歐更為明顯。這表明在考慮網路容量要求時，我們必須既考慮人口密度，也考慮每個用戶的峰值使用量。

### 北美在中頻部署方面領先歐洲

全球 5G 人口覆蓋率在 2022 年底達到 35%。然而，當我們觀察為網路性能帶來躍進的中頻部署時會發現，只有約 25% 的 4G 站點進行了升級，而在中國以外，這一比例降至 20% 左右。本文所研究的各個地區存在顯著差異，其中北美的覆蓋率超過 30%，而歐洲僅略高於 10%。

從特定的網路分析來看，自 2019 年以來，5G 已在西歐和北美進行商業部署，但 5G 部署遠未完成。在歐洲，郊區和農村地區增加了一些額外的站點(總計約占全部站點的 5-10%)，以滿足更高的覆蓋預期和執照義務。通過分析西歐的網路，我們發現，為了滿足網路覆蓋，營運商主要側重於部署分頻雙工(FDD)的新版無線電(NR)站點，而為了滿足容量需求，營運商主要是部署中頻段分時雙工(TDD)基站。

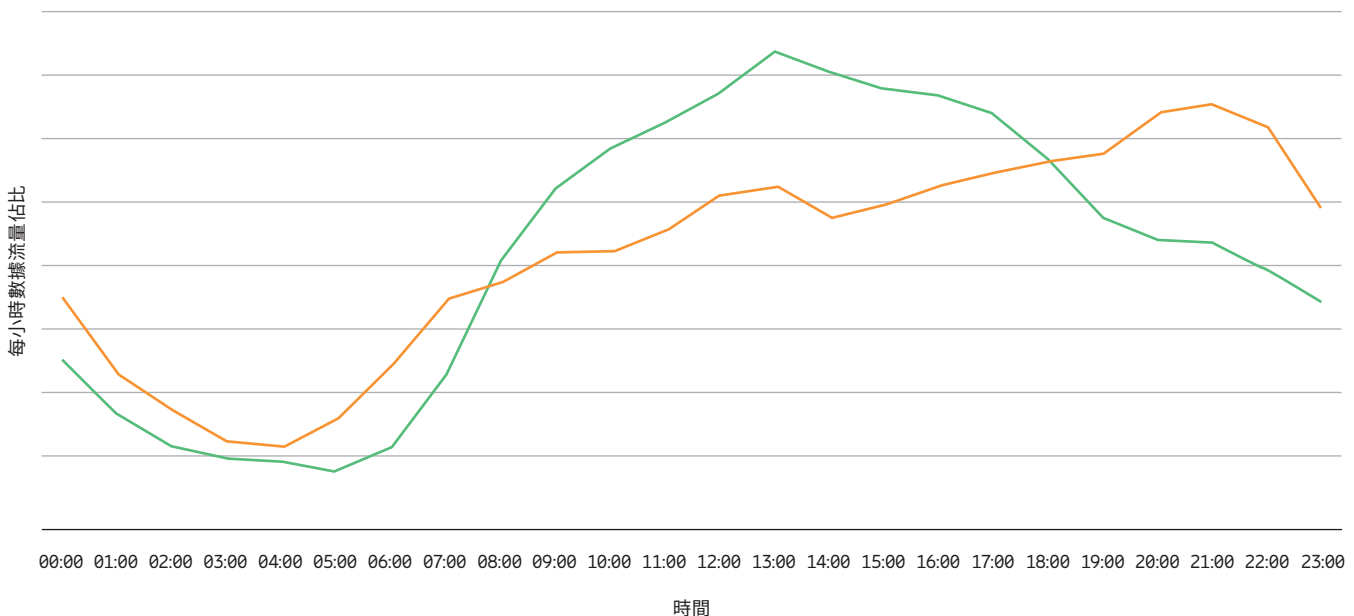
通過研究西歐和北美網路在不同地理位置的 5G 部署，這兩個地區的網路部署

狀態可見一斑，如圖 25 所示。該圖顯示了已升級到 5G NR FDD 的站點比例，並與添加了中頻段 TDD 或毫米波 5G 載波的站點比例作比較。根據特定基站的容量需求，中頻段 TDD 和毫米波載波可以在同一站點共存。值得注意的是，雖然西歐 5G NR FDD 標準與北美一樣高(在某些情況下甚至更高)，但其中大部分是通過頻譜共用實現的。這提供了更高水準的覆蓋範圍，但沒有相同水準的容量、時延或上行鏈路能力。

北美從 5G 部署的早期階段開始，就一直關注中頻帶和毫米波，以提供更高的容量和覆蓋範圍。毫米波能夠為人口稠密的城市地區和一般城市地區帶來更高的網路容量。自從我們收集資料以來，北美營運商持續穩定部署中頻段，北美現在部署的站點數量已經高於全球平均水準。

圖24：西歐典型24小時內的每小時流量

— 西歐人口稠密的城市地區 — 西歐農村地區

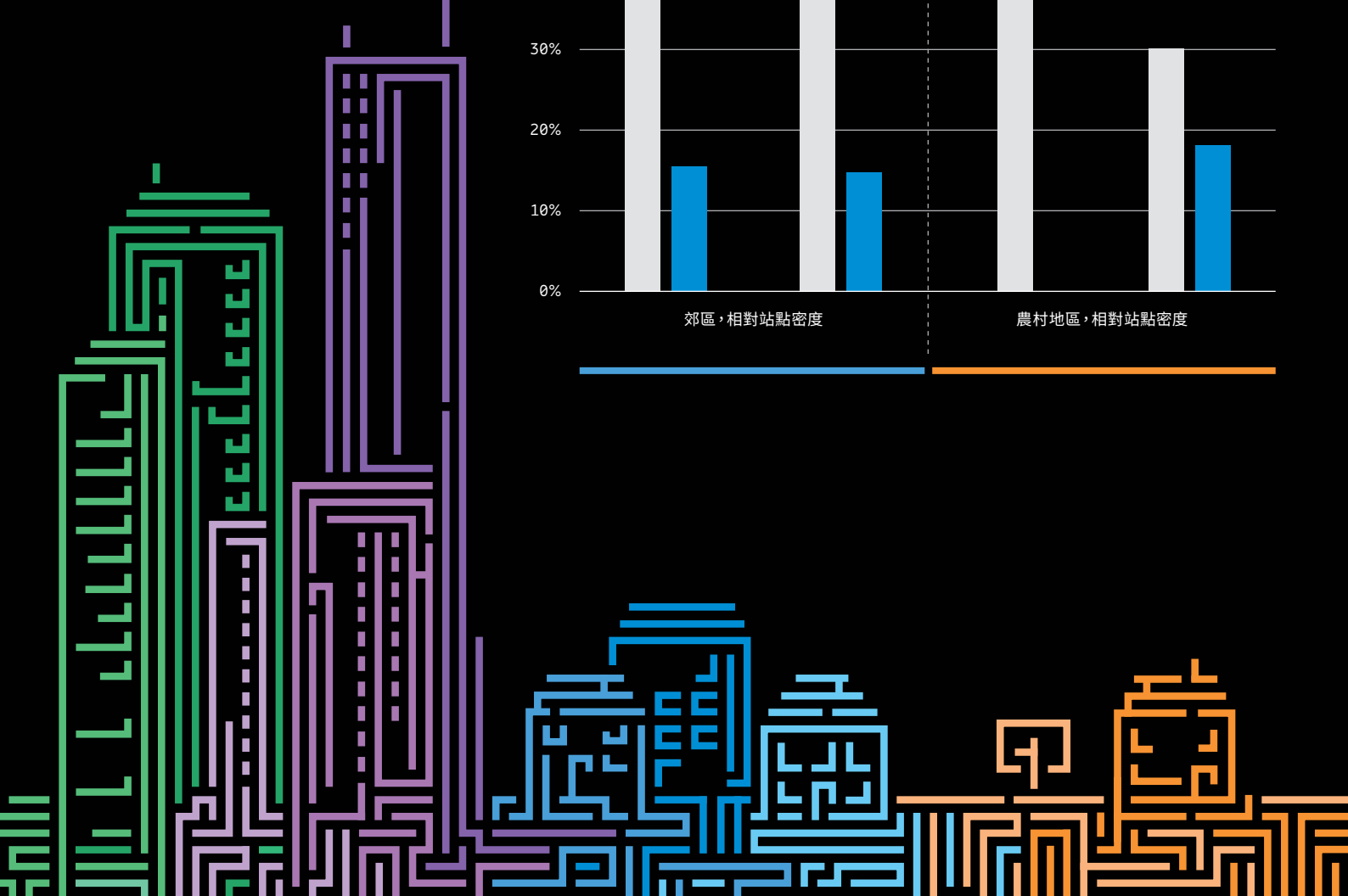
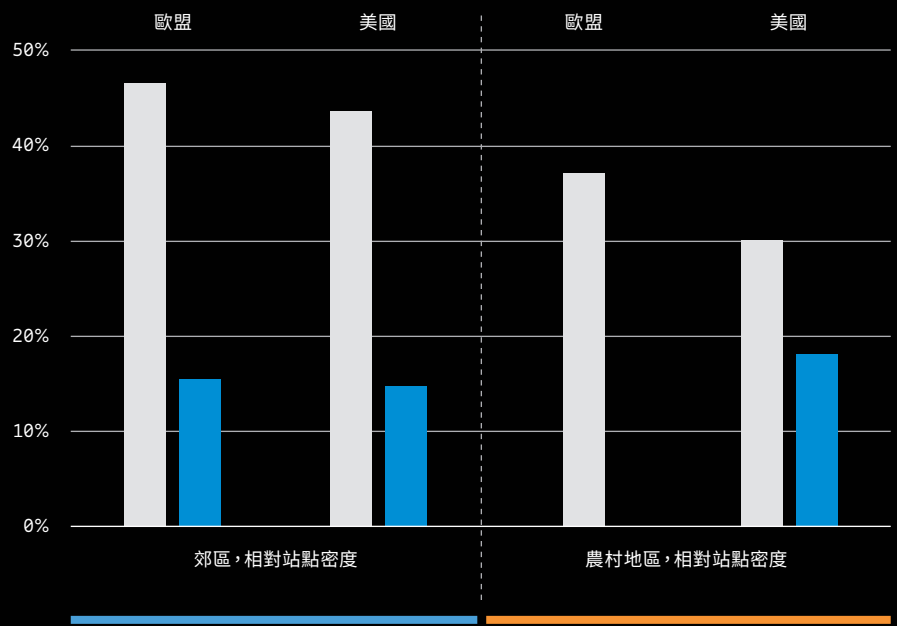
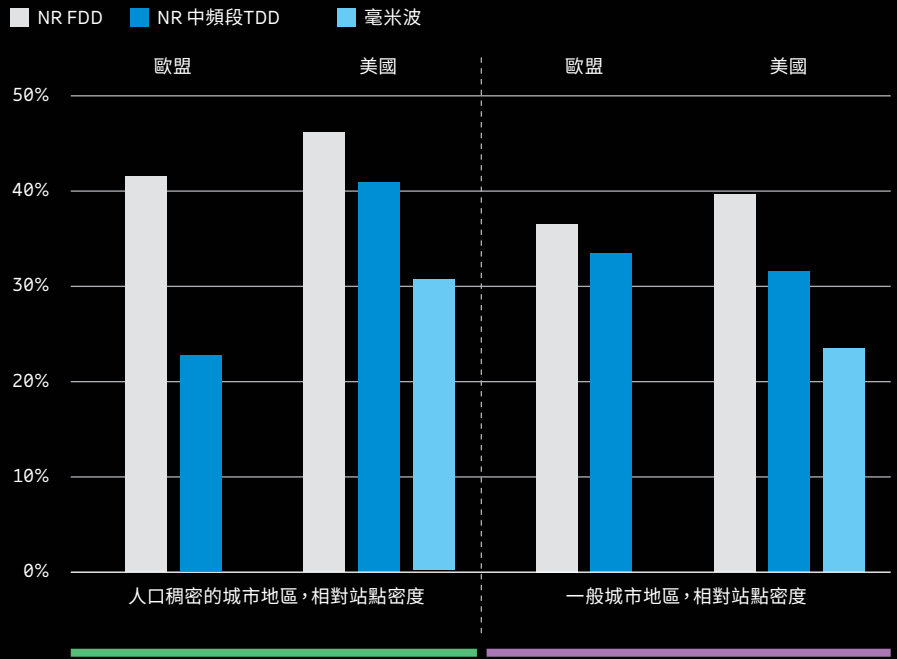




### 5G 的部署遠未完成

網路部署包含覆蓋型站點和容量型站點。覆蓋型站點提供基本的地理覆蓋，而容量型站點在覆蓋範圍良好且使用者密度高的位置增加了額外的容量。為了實現最佳的 5G 性能，必須保證整個網路的覆蓋和容量。用 5G 升級覆蓋型站點可以擴展覆蓋範圍，但還需要升級容量型站點以為大多數使用者實現 5G 服務。我們的分析顯示，首先，目前仍有很多站點沒有 5G，需要升級到 5G 以增強網路覆蓋範圍。其次，許多站點沒有額外的容量維度和中頻 TDD 部署，以實現 5G 性能的躍進。沒有網路演進，資源利用率就會升高，導致用戶體驗不佳。因此，必須保持峰值利用率，或者在理想情況下，隨著時間的推移降低峰值資源利用率，以提供更高的速度，並確保高品質的用戶體驗。

圖25：5G部署的相對站點密度



# 探索5G網路的差異化服務

在2022年新加坡F1大獎賽上，新加坡電信成為全球首家在重大體育賽事中部署5G網路切片的營運商，並以此展示了差異化連接服務的商業機會。

## 重要洞察

- 在網路切片的支援下，新加坡F1大獎賽的賽車迷們享受了高品質的影片串流，將他們的觀賽體驗提升到全新水準。
- 與4G服務相比，基於5G網路切片的消費者服務必須更具吸引力、價值和差異化優勢。
- 網路切片能夠為不同的市場區隔引入新的商業模式。

新加坡是一個島國，面積與美國紐約市相似，人口約600萬。2022年7月，它成為世界上第一個5G獨立組網(SA)完全覆蓋的國家(覆蓋率95%)。

新加坡政府資訊通信媒體發展局(IMDA)<sup>1</sup>正在推動一項國家數位轉型計畫，該計畫強調了世界級5G基礎設施對於實現創新案例和產業轉型的重要性。IMDA採取的措施包括鼓勵和促進產業參與者相互合作的新政策。此外，IMDA的措施包括：

- 與建設局(BCA)合作，開發由5G支援的建築資訊模型(BIM)系統，以提高建築業的生產力和安全性
- 與陸路交通管理局(LTA)合作，探索5G在自動駕駛汽車技術中的應用
- 與能源市場管理局(EMA)合作，調查5G在智慧電網技術中的潛力

- 與一家跨國汽車製造商合作，部署由5G支援的機器人，協助運輸車輛製造材料，用於開發新加坡首個按訂單生產(BTO)型電動汽車(EV)工廠
- 與醫療產業合作。這是5G實施的關鍵領域。其潛在應用包括遠端醫療監控和遠端診療

新加坡電信推出5G SA網路，旨在支援消費者、企業和公共部門領域的新數位成長機會。其5G策略包括朝向具有智慧服務協作功能的全自動網路演進，使消費者和企業能夠按需求訂閱多種產品、服務或案例。

## 部署覆蓋全國的5G SA網路

2021年5月，新加坡電信推出了全球首個全國性5G SA網路，儘管當時由於新冠疫情，網路部署面臨重重挑戰。目前，它已通過3.5 GHz TDD和2.1 GHz頻段實現了超過95%的全島覆蓋率。截至2023年3月，已有超過760,000名用戶註冊了5G訂閱服務。就前10個最常用的應用程式而言，4G和5G用戶的行為大致相似，他們的社交媒體和影片應用程式的數據使用率很高。隨著由5G支援的新應用(如AR和VR)變得越來越普遍，這種情況預計將發生變化。

新加坡電信已經看到5G客戶的數據用量明顯增加。這部分歸因於客戶能夠通過5G網路體驗更高品質的影片和更豐富的媒體，從而獲得更好的客戶體驗。

## 新加坡5G實施面臨的挑戰

新加坡電信認為，擴展的5G SA網路覆蓋範圍與網路切片功能相結合，是釋放新客戶價值的關鍵。其5G SA網路部署策略的一個重要部分就是覆蓋700多個室內位置、地下基站和流量需求巨大的地鐵路線。然而，考慮到新加坡的大部分地理區域是人口稠密的城市地區，確保高樓層建築和地下區域的網路覆蓋一直是個重大挑戰。



本文由愛立信與新加坡領先的通訊和數位服務提供者新加坡電信(Singtel)合作撰寫。新加坡電信致力於取得5G時代尚待開發的數位成長。

<sup>1</sup> www.imda.gov.sg/How-We-Can-Help/5G-Innovation.

新加坡電信必須克服的主要挑戰是：

- 視線障礙：牆壁、地板和其他障礙物會是一個重大挑戰，因為它們會造成訊號阻擋，導致覆蓋範圍較差。
- 訊號衰減：高樓層建築和地下區域通常會使用吸收或反射 5G 訊號的材料，導致訊號衰減。
- 空間有限：高樓層建築和地下區域通常空間有限，因此安裝 5G 天線或小型基站具有挑戰性。
- 高密度地區：新加坡是一個高密度城市，容易出現流量擁塞，導致客戶體驗較差。
- 成本高昂：由於安裝過程的複雜性和挑戰性，在高樓層建築和地下區域部署 5G 基礎設施的成本可能很高。

為了克服這些挑戰，基本的無線接取網規劃設計需要足夠健全，包括部署適當數量的基地台以確保 5G 覆蓋，並以最佳方式使用所有可用的 5G 頻段。隨著 5G 流量的強勁成長，網路需要能夠處理要求苛刻的案例，並且仍然能夠為一般用戶提供所需的網路流量。切片、無線資源分配<sup>2</sup>和服務品質 (QoS) 等網路技術對於有效管理不同的案例和流量需求越來越重要。

### 網路切片帶來新機會

5G 網路切片使多個獨立的邏輯網路能夠存在於同一個實體網路基礎設施上。每個切片皆可作為一個分隔的端到端網路，以適應不同的應用程式對安全性、可靠性和性能的要求。它使營運商能夠從提供一刀切的無線連接轉變為針對特定案例提供對應的服務和客製網路切片。隨著 5G 網路功能的發展，切片將從提供基本功能的「靜態」(預先配置類型) 發展為隨著客戶需求變化而創建、部署和修改的「動態」(按需求配置類型)。後者將通過自動化部署和操作，實現切片的準時和快速交付。對於營運商而言，基於切片可觀測性、服務編排、自動化和服務層級協議 (SLA) 進行收費是管理和實現網路切片商用服務的關鍵。

網路切片將在支援不同的 QoS 和基於服務的連接產品發揮重要作用。對於大多數營運商來說，網路切片目前仍處於試用、探索和學習他人經驗的階段。

### 利用網路切片技術實現差異化客戶服務

2022 年，新加坡電信採用了測試與學習的方法來確保網路切片正確實施。兩個絕佳的測試機會是 10 月的新加坡 F1 大獎賽和 12 月的世界盃足球錦標賽。

新加坡電信是世界上第一家使用無線資源分配並在 5G SA 現網中為新加坡 F1 大獎賽提供端到端網路切片的營運商。超過 30 萬名觀眾在濱海灣地區參加了此次活動，他們集中在賽道周圍很小的區域內。

體育直播通常會在繁忙和擁擠的無線環境中遇到延遲、抖動 (Jitter) 和其他干擾，這會對觀看體驗產生負面影響。鑒於 F1 賽車可以達到超過 300 公里/小時的速度，在場的車迷們會想要觀看整個 F1 赛道上的比賽實況。這為測試 5G 網路切片的能力提供了一個絕佳的機會。為此，新加坡電信專門部署了一個網路切片，為訂閱了新加坡電信影片串流平臺 (CAST) 的 Sports Plus 服務的使用者獨享。該切片進行了核心網、傳輸網和無線網的端到端設計和配置，以實現更高的輸送量和穩定的低時延。此外，新加坡電信為基地站配置了一個專屬的無線資源區塊提供影音服務，保證了賽事區域中的影音品質。

由於網路切片的應用，新加坡 F1 大獎賽上的高階方案用戶能獲得 437 Mbps 的平均網速。

# 437

<sup>2</sup>無線資源分配是一種毫秒級調度分配頻譜資源的軟體解決方案。

圖26：新加坡電信對近期至中期網路切片案例的展望

市場區隔	1-2年	2-4年
 消費者	獨立客製化切片	自動駕駛汽車
	智慧家居設備	遠程辦公
 企業	物流和交通運輸	智慧城市
	智慧工廠和工業物聯網	遠端培訓教育
	醫療	
 公共部門	公共安全和緊急服務	智慧電網
	智慧交通基礎設施	智慧用水管理
	公共無線網路	

相較於4G用戶，5G用戶可以在比賽週末以9.90新加坡幣的價格購買CAST Sports Plus方案來獲取串流媒體服務，在賽道區域的任何地方享受出色的影片觀看體驗。4G用戶由於網路壅塞嚴重，下行鏈路傳輸量較低（平均4.2 Mbps），只能體驗較低的影片品質，而5G高階方案用戶由於下行鏈路傳輸量較高（平均437 Mbps），能夠體驗全高清的即時影像串流。5G網路切片的價值在於保證用戶在無線資源受限的條件下享受無縫影片串流。

這次5G網路切片的實測只是個開始，新加坡電信旨在借此機會學習如何為特定案例實施正確參數設置，並進行無線資源管理。客戶沒有為網路切片功能支付額外費用。網路切片是手動預設配置的，而且新加坡電信努力確保在每個賽道區域中平均創建切片。未來，這一過程將自動化，以提高效率並實現擴展。網路切片編排將是此過程的關鍵組成，它將提供網路切片管理功能，包括切片規劃、生命週期管理和配置。另一個重要方面是實施切片可觀測性解決方案，以提供對切片性能的即時可見性。這樣可以根據流量模式的變化即時進行相應調整。

以相似的方式，透過5G SA網路切片和無線資源分配擴展到全新加坡的網路，為訂閱了Singtel TV計畫的5G用戶提供世界盃足球比賽的全高清影片串流。

#### 從實施首次網路切片學到的經驗

通過測試與學習的方法，新加坡電信能夠更好地瞭解網路切片和無線資源分配機制的實際運作。在設計5G網路以滿足消費者和企業要求更嚴苛的應用案例時，需要依賴這一點。同樣重要的是，要為「切片區域」制定良好的流量預測，並且不要降低切片和非切片使用者的網路維度。使用網路切片的高階方案用戶與普通用戶相比，應該在體驗上具有明顯差異。在即時5G網路中實現無線資源分配意味著工程師能夠更好地理解該功能的實際運作。例如，在某些情況下，對一般使用者和高階用戶使用無線資源分區會導致難以預測的結果。隨後，工程師根據該事件的洞察修改了網路切片設計。另一個經驗是服務開通的無縫體驗，使客戶可以輕鬆方便地訂閱服務並立即享受它。

基於新加坡F1大獎賽的經驗，新加坡電信已經認識到部署網路切片以支援其他

地理範圍有限的區域（如購物區、會議中心、體育場館、校園、工廠、機場和礦場）的新案例商業潛力。基於網路切片的服務也可以在這些範圍有限的區域動態創建和部署，在有需要時滿足特定需求。通過對這些領域的客戶和市場的研究和洞察，可以發現那些能夠從差異化服務產品中受益的客戶群。

#### 網路切片商業化的機會

新加坡電信旨在通過市場研究和調查來瞭解企業業務要求，以便為目前的需求訂製切片功能，並為未來建構服務演進的路線圖。隨著新案例和商業模式的發展，營運商將更好地瞭解不同客戶群所偏好的5G性能水準。因此，建構網路切片基礎非常重要，使得營運商可以在獲得有關客戶的新見解後對切片服務進行擴展。

網路切片可以為不同市場帶來新的業務模型，請參見圖27。

可以提供的服務包括針對特定服務的客製化訂閱和基於地理位置的訂閱，以滿足特定的客戶需求，如下所示。

圖27：網路切片為不同市場帶來的機會



**B2B 需求：**

- 物流管理 / 港口營運，確保通過 5G 遠端操作自動導引車 (AGV) 的服務能夠實現
- 監控 / 安全管理，確保監控影片透過 5G 以可靠的上傳速度持續傳輸
- 醫療應用，確保可以通過穩定的 5G 連接執行遠端診斷

**B2C 需求：**

- 基於應用程式的服務，通過不同的應用程式訂閱方案來區分使用者體驗
- 通過網路切片增強訂閱使用者的安全性
- 優先訪問（基於位置 / 地理區域）服務，按位置（例如在遊戲熱點區域）提供差異化的用戶體驗

新加坡電信認為安全切片是早期最有前景的企業案例之一。圖 26 顯示了新加坡電信對近期中期網路切片案例的展望。

**從實施網路切片學到的經驗**

網路切片技術是實現連接層中流量分離的出發點。它將演變為使用者路由選取策略 (URSP) 技術，實現動態切片，使得流量可以在設備中通過使用者應用程式自動進行分離。營運商需要與設備製造商密切合作，以塑造滿足市場需求的 URSP 能力。面向消費者市場的 5G 網路切片的主要商業挑戰是創造有吸引力且有價值的服務，這些服務要創造與目前的 4G 服務的差異性。5G 獨立組網和網路切片帶來了新的功能，例如資料優先順序、更快的速度和更低的時延。但是，這些功能需要結合具有明確價值主張的、目的性明確的案例，以推動消費者採用。新加坡電信一直在努力尋找潛在 5G 案例，將其非 5G 客戶群轉移到 5G 服務，以便他們能夠享受 5G 獨立組網和基於網路切片服務的全部好處。

在設計網路切片時，需要在可用的網路資源內平衡優先業務和正常業務的用戶體驗。對於擁擠的活動，具有 QoS 保證的網路切片也必須在高無線雜訊環境中運行。因此，需要準確預測使用者的流量需求，以平衡優先順序和非優先順序服務之間的資源配置。由於客戶期望優質的服務體驗品質，因此與 OTT 服務提供者的合作對於確保端到端服務的優先順序非常重要。

隨著網路切片需求的增加，營運商需要實現更高階的網路和服務編排功能。服務保證將變得非常重要，特別是對於執行任務關鍵型活動的產業，他們需要明確定義的服務層級協議。

# 行動網路增進 AR服務的使用

影片、訊息和多媒體服務目前主導著行動寬頻網路流量，其中大部分來自影片串流。然而，隨著 AR 流量的成長，營運商需要解決有關網路覆蓋範圍、容量和性能的問題。

## 重要洞察

- 在廣域案例中使用 AR 的設備和應用程式的成長預計將在這個十年的後半期加速。
- 行動網路需要重新調整規模，以處理這些新的即時服務的流量和性能要求。
- 新的解決方案將利用額外的頻譜並使用能夠實現更高效率的新功能，並輔以增加無線存取網路 (RAN) 密度。

AR 讓使用者能夠體驗疊加在現實世界之上的資訊或數位物件。擴增程度可以從簡單的資訊顯示，到呈現出適應動態環境的完全數位化物件，就像它們實際存在於其中一樣，允許多個用戶同時與它們互動。這些新服務有望促進工業和商業流程的數位化躍進，並提供新的通訊方式。消費者也將受益，因為這些技術也應用於娛樂、遊戲和社交媒體。

當所有關鍵要素都充分發展到足以支援大規模服務時，AR 生態系統就走向了一個轉捩點，預計這將在這十年的後半期實現。生態系統中的關鍵要素包括有吸引力的設備和應用程式，這些設備和應用程式將通過在邊緣雲端上運算來實現，這將需要高品質的行動連接。

因此，我們通過定義參數來建模一個場景，使無線網路容量能夠與預期的流量需求進行比較，並探索增加無線網路容量以支援 AR 服務成長的替代方案。

## 方法

洛杉磯是一個以密集的低樓層建築為主要的城市，我們用洛杉磯的資料模擬行動寬頻和 AR 流量組合的網路影響。這是在基於 AR 到 2030 年發展的一系列假設下完成的。這次模擬的目的是探索行動網路需要為增加的需求準備好哪些運行條件，以及處理預期需求所需的額外無線網路容量。

我們預測了行動數據流量以確定其成長率，並考慮了 AR 流量使用場景。預測的每台設備的平均每月行動數據流量以 GB 為單位，而總行動流量以 EB 為單位。

愛立信的模擬顯示，洛杉磯等地區的無線網路容量將在 2030 年左右勉強滿足行動寬頻流量需求。

這次模擬假設了所有目前可用的頻譜都已部署，並考慮了產業預測的 5G 性能演進。

值得注意的是，上行鏈路在滿足預計流量需求方面將面臨挑戰。事實上現在已經需要增加額外的容量，例如增加中頻頻譜部署。

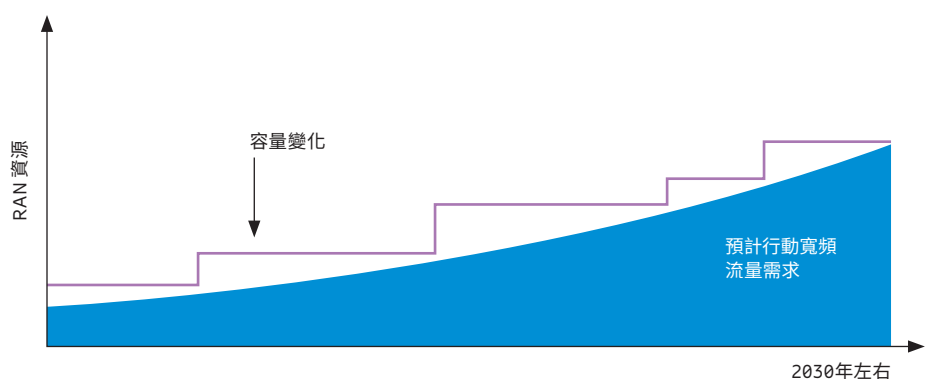
## 愛立信類比使用的頻譜：

- 2x20 MHz 低頻段 FDD
- 2x40 MHz 中頻 FDD
- 1x120 MHz 中頻 TDD
- + 毫米波

## 2030 年行動寬頻流量和模擬參數：

- 使用者密度：~10,000/km<sup>2</sup>
- 訂閱用戶數量相對穩定不變
- 平均基地台站點間距：700 m
- 總流量需求（上行鏈路和下行鏈路）：每月 63 GB
- 上行鏈路佔總流量需求的比例：15%
- 繁忙時段的流量比例：10%
- 每個訂閱使用者的繁忙時段上行鏈路傳輸量：69 kbps

圖28：行動寬頻流量和容量的變化



鑒於AR市場的發展，AR用戶可能會在同一時間段內要求無線網路容量。這可能有幾種情況，每種情景都有不同的容量要求，且高於預期的行動寬頻流量需求。AR眼鏡銷量成長的預測顯示，到2030年，北美地區AR眼鏡銷量將增加到2000萬至3500萬隻。假設續訂率約為30%，則到2030年AR頭戴式裝置的安裝基數將達到3000萬至5000萬，相當於智慧手機訂閱滲透率的10-15%。

行動寬頻和AR應用生成的流量類型不同。AR的採用將產生巨大的無線網路容量需求，具體取決於雲計算卸載和使用的程度。相對於（盡力而為的）行動寬頻，由於連續的高解析度影片串流以及邊緣雲計算卸載，AR用戶將消耗更多流量（位元）。此外，AR的每位元無線網路數據消耗更高，因為它對提供良好用戶

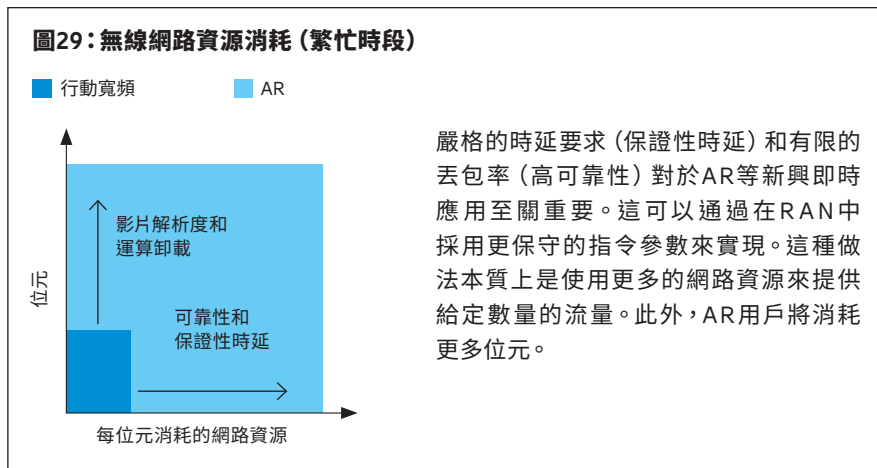
體驗所需的保證性時延和高可靠性有嚴格的要求範圍。行動寬頻和AR流量之間的差異尤其體現在上行鏈路流量。圖29顯示了AR使用者相對於行動寬頻用戶在繁忙時段對無線存取網（RAN）的影響。

我們在AR的運算卸載場景中模擬了每天兩小時重度使用AR的流量配置（50Mbps下行鏈路和10Mbps上行鏈路的峰值流量速度）。保證性時延設置為20毫秒往返時間，可靠性設置為99%。然後將結果與2030年行動寬頻用戶的預計流量進行比較。在這種情景中，上行鏈路和下行鏈路的容量需求都會顯著增加，但是由於上行鏈路預計將成為瓶頸，因此我們呈現的結果將集中於上行鏈路。

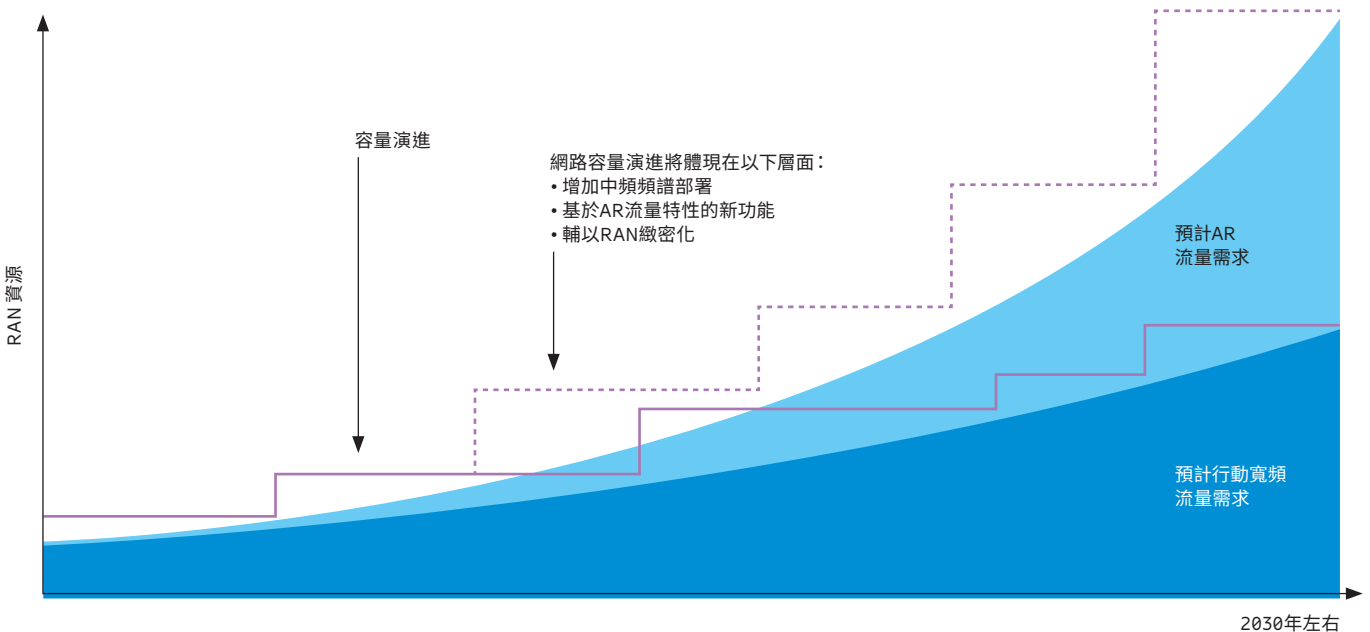
這項模擬表明，AR用戶在繁忙時段消耗的上行鏈路流量大約是行動寬頻用戶

的3倍。相對於行動寬頻盡力而為的服務品質，AR流量每位元平均需要4倍的RAN網路容量。在此期間，這總共比一般行動寬頻用戶的上行鏈路RAN網路容量要求高出12（即3x4）倍。

在繁忙時段內，這個使用者滲透率較低的服務要消耗行動寬頻使用者的12倍容量，這將對網路產生高度需求。鑒於10-15%的滲透率（取自上面AR眼鏡的預估安裝基礎），我們看到與僅具有行動寬頻流量的網路相比，該網路的上行鏈路流量負載相對增加了一倍以上（2.1-2.7倍）。增加的流量負載對網路性能提出了額外的要求，以便提供額外的容量。



**圖30：AR和行動寬頻的流量和容量變化**



有幾種解決方案可以解決此問題：

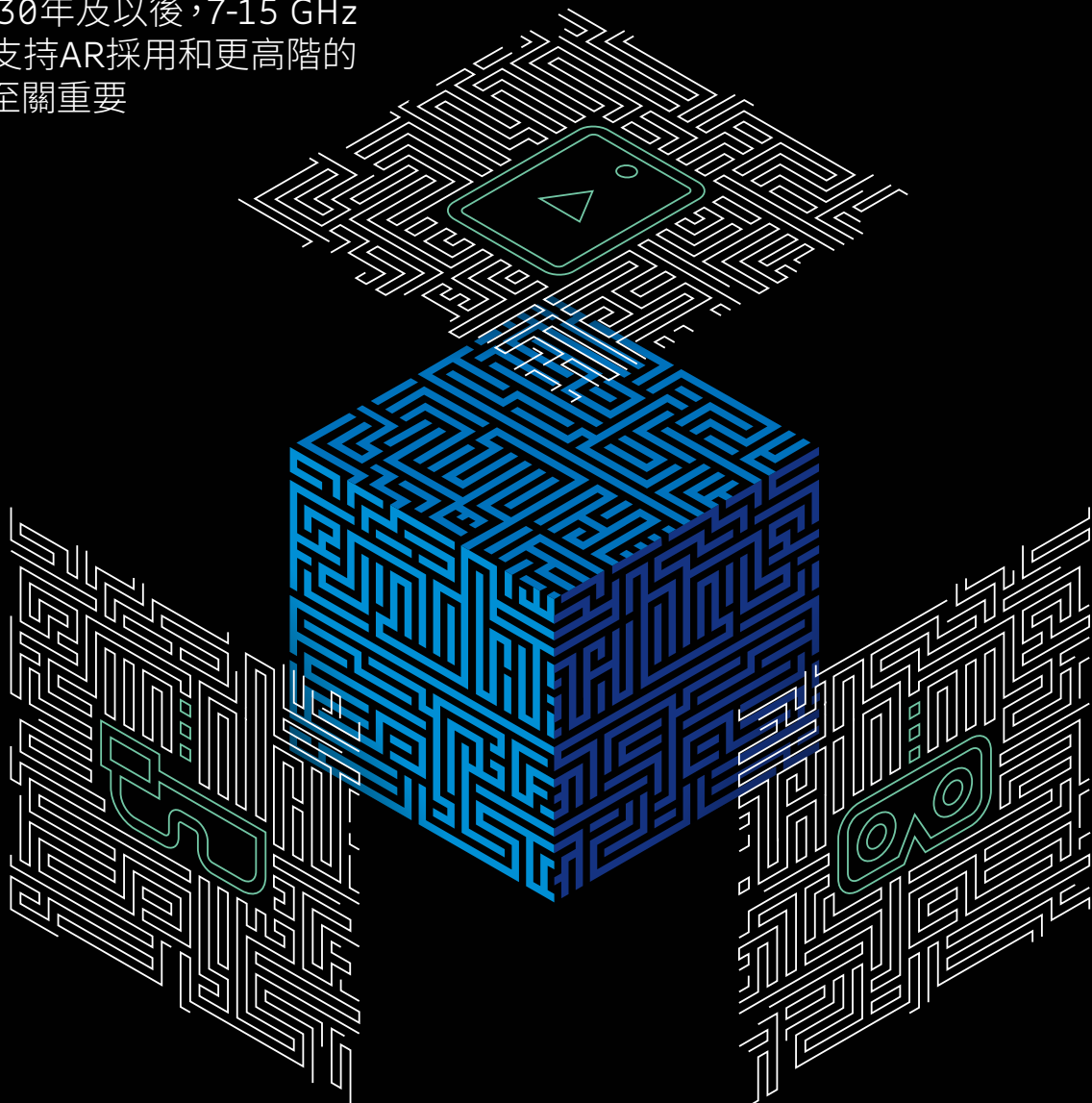
- 部署中頻頻譜來增加容量。根據國家 / 地區的不同，新增中頻段可能在 3.3–4.2 GHz、4.4–5 GHz 和 6.425–7.125 GHz 頻率範圍內。一些 3.3–4.2 GHz 和 4.4–5 GHz 頻段已經在世界部分地區獲得許可，並且有支援這些頻段的設備生態系統。在國際通信聯盟 (ITU) 2023 年世界無線電通信大會 (WRC-23) 上，準備討論 6.425–7.125 GHz 頻段的應用區別，相應的生態系統也正在開發中，而且該頻段已被納入 3GPP 標準 (3GPPn104)。6.425–7.125 GHz 頻段是廣域網路頻譜共存的關鍵契機，在許多情況下，也是最後可用的中頻段資源。

- 開發新的功能來增加容量和改善覆蓋範圍。一個例子是基於傳輸量和時延要求的智慧流量頻段轉換。另一個例子是優化調度，通過允許在給定的時延範圍內進行額外的重新傳輸來減少時延並提高可靠性。
- RAN 緻密化。但是，它會導致高成本和較長建置時間。

在研究的 AR 場景中，這些解決方案本身都不足以解決 2030 年的容量差距。需要將這三者結合起來才能滿足未來的網路需求。行動寬頻流量增加，AR 流量增加，再加上雲計算卸載需要達到一定水準，這些都顯示著巨大的網路負載需求。

到 2030 年，現有站點網路上的可用頻譜和 5G 性能演進將無法滿足這一需求。在現有站點上增加頻譜和功能將是滿足未來網路需求的第一步，與此同時，還要按時間地點的需要來實現網路緻密化設計。從長遠來看 (2030 年及以後)，7-15 GHz 釐米波頻譜對於支持 AR 採用和更高階的案例至關重要。

在2030年及以後，7-15 GHz  
對於支持AR採用和更高階的  
案例至關重要





# 行動體驗品質： 新服務的網路就緒性

下一波 5G 應用將帶來新的網路需求挑戰。營運商將應用新的模型來評估行動體驗品質 (QoE)，以設計支援未來應用性能需求的網路。

## 重要洞察

- 美國的網路數據顯示，與 4G 相比，5G 大大提高了影音串流品質。
- 應用開發人員和網路規劃人員需要一種新的方法來評估新興行動服務的 QoE。
- 隨著新服務的採用，對於繼續提高行動網路性能的需求也不斷提高，以此滿足新行動體驗的要求，以及使用者對 QoE 日益提高的期望。

第一波 5G 主要為智慧型手機的現有應用帶來了增強的用戶體驗。預計下一波 5G 將出現新型應用和案例，這將為網路帶來符合終端用戶期待的行動體驗品質 (Quality of experience, QoE) 的新挑戰。行動用戶體驗是應用程式品質和網路品質的綜合。營運商需要一些對體驗進行評等的方法，並在市場上得到客戶的肯定，讓消費者和企業知道，營運商提供的行動服務體驗是可以信賴的。最終，這將影響客戶願意為服務支付多少費用。

## 預測行動體驗品質的模型

QoE 原本的測量方法是通用的，與特定的應用程式和網路組合無關。使用者對網路品質的期望通常以三種方式衡量：

- 人口覆蓋率 (在低頻或中頻頻譜中使用特定行動存取技術 (4G, 5G) 的百分比)
- 無線訊號強度 (在設備上測量並顯示為 1-4 格)
- 速度測試 (使用者在給定時間內、在給定位置上啟動的傳輸量峰值速率測試)

這些只是針對使用者的基礎網路品質測量指標。但如果作為規劃網路以獲得更高階體驗的參考數值，其價值有限。另一種方法是計算各種行動體驗的品質，這需要使用從設備檢索的輔助資料點並通過以下方式進行分析：

- 統一採計自不同服務、設備、測量方式和設備提供商的資料
- 應用演算法和標準化模型，以測量一組特定的資料點並關聯特定服務的 QoE

國際電信聯盟的電信標準化部門 (ITU-T) 著手標準化移動 QoE 並確保一個寬泛的基準供模型使用。ITU-T Rec. P.1203 是世界上第一個用於衡量影片串流服務長時間觀看 QoE 的標準，該標準已經建立多年。用於測量雲遊戲<sup>1</sup> 和影片通話<sup>2</sup> QoE 的模型正在開發中。

這些模型將依賴一組資料點作為輸入，還需要知悉它們對 QoE 的影響，並將計算得出的總體評分作為輸出。

愛立信與 Ookla 合作，於 2023 年第一季度在美國開展了一個全國性的資料收集專案。所有數據都是從使用三大電信營運商的行動網路的智慧手機中統一採集的，並根據上述方法使用這些資料評估行動 QoE。研究的三種體驗是影片串流 (解析度從 144p 到 4K)，手機遊戲和視訊會議。這些服務皆已發展成熟，且客戶期望通過行動網路獲得高品質的服務。結果表明，需要持續改進網路表現，才能為這些類型的應用提供一致的 QoE。為雲遊戲和擴展現實 (XR) 應用提供良好 QoE 的總體網路就緒性仍處於起步階段。

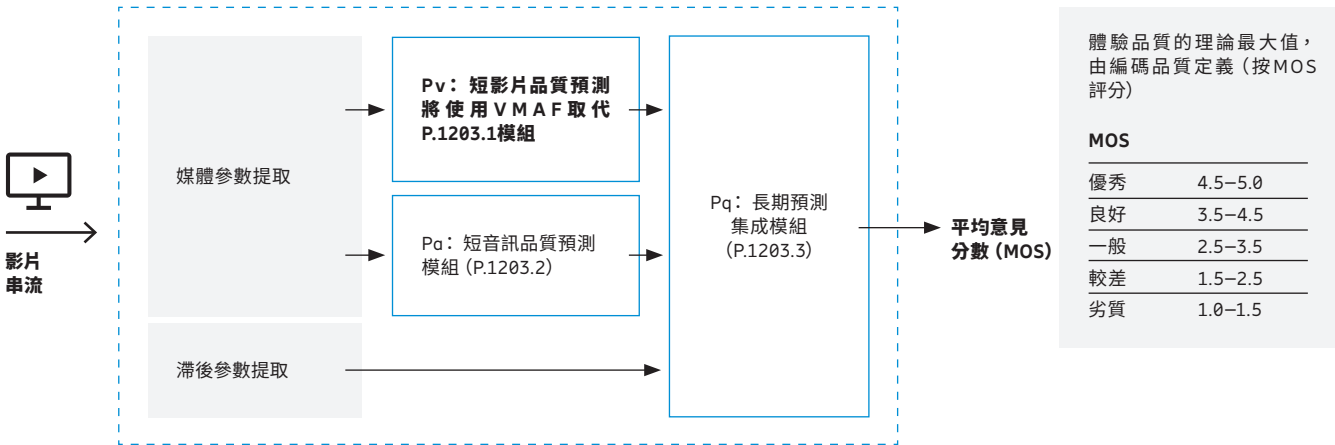
## 建模行動影片串流的體驗品質

影片是行動網路中的主要流量類型，其使用量持續成長。預計到 2028 年，行動網路中所有數據流量的 80% 將是影片流量 (見第 19 頁)。影片觀看逐漸從電視轉向串流媒體，行動影片品質也朝向全高清、2K 和 4K 解析度發展。然而，行動影片的用戶體驗取決於許多可衡量的面向，例如固有編碼品質 (受解析度、畫面播放速率和轉碼器的影響) 和動態品質效果 (例如內容到達時間、重新緩衝和基於通道容量的解析度調整)。

<sup>1</sup> ITU-T 工作專案 P.BBQCG, [www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_item.aspx?isn=17809](http://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17809).

<sup>2</sup> G.CMVTQS, [www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_item.aspx?isn=17785](http://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_item.aspx?isn=17785). 說明：視訊通話與視訊會議不同，但類似於雙向視訊電話會議。

圖31：影片串流品質模型



影片 QoE 經過深入研究，它使用 5G 問世之前的標準化模型，例如 ITU-T P.1203 標準<sup>3</sup>。這包括用於估計短影片 (P.1203.1) 和音訊 (P.1203.2) 品質的模組，以及一個集成模組 (P.1203.3)，用於估算由於通道適應和停滯而導致的最終成像階段品質。短影片品質分數被輸入到集成模組中，將最終品質分數顯示為整個體驗的單個平均意見分數 (MOS)，分數從 1 到 5。這是一個客觀模型，旨在模仿人類的行為和感知，產生類似在實驗室環境中對一組人進行主觀影片品質測試所產生的 MOS 值。

在這項研究中，愛立信採用基於開源程式碼的影片多方法融合模式 (Video Multimethod Fusion Approach, VMAF) 演算法取代了 P.1203.1 模組，因為 P.1203.1 不支持一些常用的轉碼器<sup>4</sup>。由於測試影片是已知的，並且是預先編碼的，VMAF 可以離線評估所用解析度的編碼品質，而 P.1203.3 用於添加動態效果，如內容到達時間、重新緩衝和解析度調整。模型生成的 QoE 衡量值 (輸出) 表示為整個體驗的單個平均意見分數 (MOS)，分數從 1 到 5 (參見圖 31)。此圖顯示了 P.1203 架構，其中 VMAF 替代了 P.1203.1。

該模型依賴由解析度定義的理論最大值，其中標清 (SD) 是在智慧型手機上提供良好體驗 (MOS 3.5-4.5) 的最低解析度，而優秀的體驗 (MOS 4.5-5) 至少需要全高清解析度 (參見圖 32)。

### 對於行動影片串流 QoE 的見解

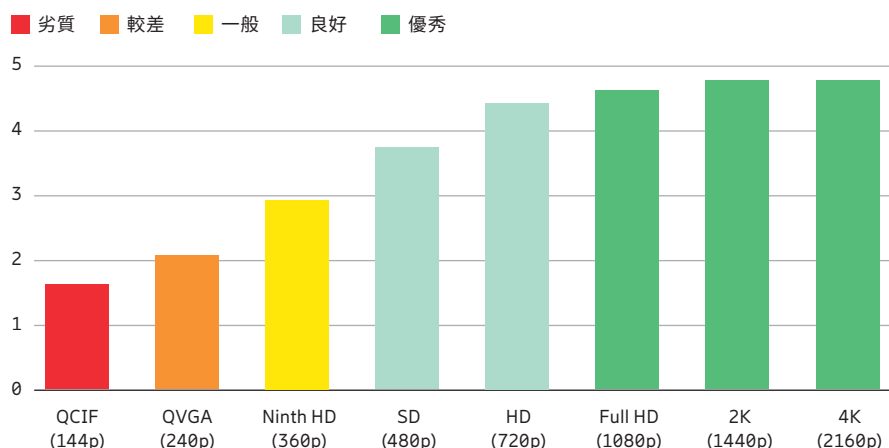
把該模型 (圖 31) 應用在美國的商用網路上運行的行動影片串流時，我們發現：

- 61% 的行動影片串流實現了優秀的品質 (MOS 4.5-5)。3 家大型營運商的測量結果為 44-72%。營運商之間的差異與使用的頻譜和網路部署策略有關。高解析度樣本有限，僅佔所有測量的影片串流的 12% (2K) 和 4% (4K)。
- 只有 13% 的影片串流品質不太好 (低於 3.5 MOS)。不佳的無線條件是 40% 的不良體驗的根本原因，主要體現在射頻 (RF) 強度差，或射頻品質差，或兩者兼具。
- 與 4G 和 Wi-Fi 相比，5G 提高了影片串流品質。具有優秀品質的串流媒體比例從 58% (4G) 增加到 72% (5G)。與 Wi-Fi 相比，QoE 差距從 22% 下降到 8%。5G 弱化了 Wi-Fi 以前提供的串流媒體品質優勢。

### 對於手機遊戲 QoE 的見解

三分之二的行動應用收入來自手機遊戲<sup>5</sup>，我們正處於第四次遊戲浪潮 (繼主機、PC 和手機遊戲之後) 的開端，如今營運商提供越來越多雲端遊戲。本文研究從手機應用程式遊戲到手機雲端遊戲的轉換，將實質性地改變網路性能要求。對於在智慧型手機或平板電腦上以應用程式<sup>6</sup>的形式執行的手機遊戲，其 QoE 取決於時延、丟包率和抖動。我們將一個簡單的模型應用於取得的數據，來評估這些參數，以得出 QoE 評價：

圖32：將影片串流數據傳輸到智慧型手機的最大可能MOS值



<sup>3</sup> 愛立信，影片 QoE，利用標準滿足不斷提高的用戶期望 (2017 年 6 月)。

<sup>4</sup> GitHub, VMAF.

<sup>5</sup> Data.ai, State of Mobile 2023 (2023年1月11日)。

<sup>6</sup> 沒有影片元件被傳輸，只傳輸上行和下行鏈路中的中繼資料。

- 57% 的手機遊戲體驗品質為優秀。基於行動網路的遊戲對時延相當敏感。但是，營運商之間的時延差異有限，3家一級營運商的 QoE 都在 54-58% 的範圍內。從 4G 到 5G 的轉變，使具有優秀 QoE 的遊戲的工作階段增加了 6 個百分點。
- 伺服器位置可能導致時延過長而影響手機遊戲 QoE。位於美國的伺服器 (82% 提供優秀品質) 和位於其他地方的伺服器 (38% 提供優秀品質) 在手機遊戲 QoE 存在差異。

在這種情況下，我們使用一個簡單的評估模型來評估 QoE。但還需要更多的研究來更深入地瞭解哪些參數會影響行動用戶所能感知到的遊戲的 QoE。

### 對於行動視訊會議 QoE 的見解

新冠疫情導致在家辦公的人普遍採用了 2D 視訊會議服務。這項服務不僅會繼續存在於線上線下混合的工作場所，而且還將朝向沉浸式 3D 通訊發展。雖然 PC 目前作為工作和家庭視訊會議的主要平臺，但行動設備在工作場所和通勤時的重要性與日俱增。行動視訊會議的 QoE 取決於影片解析度和往返時延。行動視訊會議與使用固定網路連接的視訊會議有幾個面向不同。通常行動視訊會議不使用 4K 和 2K 的高解析度，並且不同視訊會議服務之間全高清 (1080p) 和較低解析度的使用略有不同。視訊會議本質上對時延敏感，但往返時延下降到約 100 毫秒後才會有所感知。

為了建立一個標準化模型，我們使用了與影片串流相同的解析度基準(參見圖 32)。

解析度估計值來自視訊會議服務啟動時的可用位元速率。網路時延的影響評估使用了 ITU-T G.107 模型，該模型最初是為語音品質預測而定義的，因為相比影像時延，使用者往往對音訊時延更敏感。我們得出的主要結論是：

- 79% 的行動視訊會議體驗 (4G) 為優秀品質，傳輸量和時延變數均達到優秀品質的門檻
- 88% 的行動視訊會議體驗 (5G) 為優秀品質，比 4G 的 79% 躍升了 9 個百分點
- 5G 成為了行動視訊會議整體 QoE 最佳的網路，甚至比 Wi-Fi 領先 3 個百分點

### 新型行動體驗的網路就緒性

本文中描述的方法，對於新型體驗最具價值。應用開發人員和網路規劃人員都需要新的工具來評估 QoE。但是，QoE 模型是針對特定體驗的，需要再針對雲端遊戲和 XR 等新型體驗進行標準化。

作為分析的一部分，我們檢查了現有網路滿足這些類型服務的下行鏈路、上行鏈路和時延品質的能力。手機雲端遊戲和 AR 案例對於 5G 連接的要求不同：

- 手機雲端遊戲<sup>7</sup>：10 Mbps 下行鏈路、5-9 Mbps 上行鏈路和 30-75 ms 單向時延
- AR<sup>8</sup>：2-60 Mbps 下行鏈路、2-20 Mbps 上行鏈路和 5-50 ms 單向時延

通過對測量的下行鏈路傳輸量和往返時延進行建模，我們測量了新型服務的網路就緒情況，按模型化服務存取測試的百分比如下：

- 手機雲端遊戲：40% 的服務的傳輸量和時延值滿足最低要求
- AR：3-32% 的服務的傳輸量和時延值滿足最低要求

AR 的網路就緒情況的巨大差異取決於 AR 的「風格」，以及每種風格在需求範圍中的位置。遠端渲染所需的伺服器位置對資料點收集的結果與時延有很大的影響。隨著 AR 風格、伺服器位置、模型開發和資料點收集的成熟，網路初始設定也須因應需求規劃調整為特定值。

高比例 (61%) 的行動影片串流體驗被評為「優秀品質」，而滿足手機雲端遊戲 (40%) 和 AR (3-32%) 體驗的最低網路要求的百分比比較低，這顯示仍然需要持續的 5G 網路演進。這對於滿足對網路性能有更高要求的新型態業務是必要的。

### 性能需要進一步提高

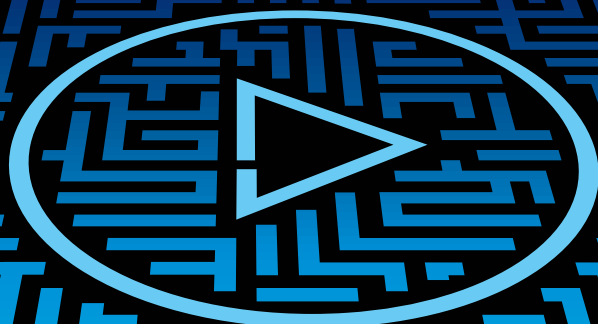
為具有較高網路性能要求的新體驗定義 QoE 評級模型仍有待精進。但是，定義模型的工作和取得資料點以預測體驗品質的工作可以並行，這樣模型和強大的資料集就可以在標準完成之前指引網路演進計畫。隨著新服務的採用，營運商需要繼續提高行動網路性能，以滿足新的行動體驗的需求，以及用戶對 QoE 不斷成長的期望。

<sup>7</sup> Xbox Game Pass 要求，微軟。

<sup>8</sup> 「XR 和 5G：通過時間關鍵型通訊大規模擴增實境」(2021 年 8 月 24 日)。

「優秀」體驗品質的行動影片串流占比從 4G 的 58% 上升到 5G 的 72%。

72%



# 研究方法

## 預測方法

行動用戶

數字四捨五入

用戶

行動數據流量

人口覆蓋率

### 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。

### 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。

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。行動網路數據流量還包括由FWA業務產生的流量。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。請留意《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。高流量區域的流量(按傳輸量計算)將遠遠高於平均流量。

### 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。

如需了解更多資訊  
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)占主導地位

**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:** 複合年成長率

**Cat-M1:** 用於物聯網連結的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雙連結

**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:** 用於物聯網連結的3GPP標準化的低功率廣域 (LPWA) 行動技術

**淨零 (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雙連結

**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	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022-2028	單位
全球行動用戶數	8,200	8,260	9,100	2%	百萬
• 智慧手機用戶數	6,160	6,420	7,740	3%	百萬
• 行動PC、平板電腦和行動路由器	390	410	660	8%	百萬
• 行動寬頻用戶數	6,770	7,030	8,490	3%	百萬
• 行動寬頻用戶數，僅使用GSM/EDGE	1,290	1,100	440	-14%	百萬
• 行動寬頻用戶數，WCDMA/HSPA	1,330	1,030	220	-22%	百萬
• 行動寬頻用戶數，LTE	5,050	5,160	3,800	-5%	百萬
• 行動寬頻用戶數，5G	510	950	4,620	30%	百萬
• 固定無線接入連結	88	107	300	19%	百萬
<b>固定寬頻連線</b>	<b>1,360</b>	<b>1,450</b>	<b>1,800</b>	<b>4%</b>	<b>million</b>
<b>行動數據流量</b>					
• 每部智慧手機產生的數據流量	12.2	16	47	20%	GB/月
• 每台行動PC產生的數據流量	17	20	30	7%	GB/月
• 每台平板電腦產生的數據流量	9.5	11.2	27	16%	GB/月
<b>總流量**</b>					
行動數據流量	69	93	329	23%	EB/月
• 智慧型手機	66	90	320	24%	EB/月
• 行動PC和路由器	0.6	0.8	2.1	17%	EB/月
• 平板電腦	2.1	2.4	6.7	18%	EB/月
固定無線接入	15.6	24	143	34%	EB/月
行動網路總流量	84	118	472	26%	EB/月
固網數據總流量	220	270	600	14%	EB/月

## 區域關鍵數據

行動用戶數	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022-2028	單位
北美	400	410	450	2%	百萬
拉丁美洲	700	710	790	2%	百萬
西歐	540	540	560	0%	百萬
中歐和東歐	570	570	560	0%	百萬
東北亞	2,110	2,160	2,270	1%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,640	1,680	1,740	1%	百萬
東南亞和大洋洲	1,150	1,140	1,290	2%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	1,140	1,110	1,230	2%	百萬
中東和北非	750	730	880	3%	百萬
海灣合作委員會(GCC) <sup>2</sup>	74	75	80	1%	百萬
撒哈拉以南非洲地區	860	900	1,070	3%	百萬
<b>智慧型手機用戶數</b>					
北美	310	320	340	1%	百萬
拉丁美洲	550	560	670	3%	百萬
西歐	400	420	450	1%	百萬
中歐和東歐	380	390	430	2%	百萬
東北亞	1,900	1,970	2,130	1%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,500	1,560	1,650	1%	百萬
東南亞和大洋洲	890	930	1,120	3%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	800	840	1,140	5%	百萬
中東和北非	550	560	800	6%	百萬
海灣合作委員會GCC <sup>2</sup>	61	63	71	2%	百萬
撒哈拉以南非洲地區	370	410	690	9%	百萬

## 區域關鍵數據

LTE用戶數	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022–2028	單位
北美	320	230	40	-25%	百萬
拉丁美洲	460	520	360	-6%	百萬
西歐	440	430	60	-27%	百萬
中歐和東歐	350	410	330	-4%	百萬
東北亞	1,590	1,420	630	-13%	百萬
中國 <sup>1</sup>	1,200	1,050	480	-12%	百萬
東南亞和大洋洲	560	640	770	3%	百萬
印度、尼泊爾和不丹	780	820	500	-8%	百萬
中東和北非	370	420	520	4%	百萬
海灣合作委員會GCC <sup>2</sup>	58	55	7	-29%	百萬
撒哈拉以南非洲地區	183	270	590	14%	百萬

5G用戶數	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022–2028	單位
北美	55	166	410	16%	百萬
拉丁美洲	3	7	330	N/A	百萬
西歐	32	69	490	39%	百萬
中歐和東歐	1	5	230	N/A	百萬
東北亞	397	637	1,610	17%	百萬
中國 <sup>1</sup>	353	560	1,310	15%	百萬
東南亞和大洋洲	9	25	430	N/A	百萬
印度、尼泊爾和不丹	0	10	700	N/A	百萬
中東和北非	11	22	290	N/A	百萬
海灣合作委員會GCC <sup>2</sup>	6	13	70	31%	百萬
撒哈拉以南非洲地區	1	3	140	N/A	百萬

每部智慧型手機產生的數據流量	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022–2028	單位
北美	13	20	58	20%	GB/月
拉丁美洲	7.8	11	41	25%	GB/月
西歐	16	20	56	19%	GB/月
中歐和東歐	10.2	14	37	18%	GB/月
東北亞	14	18	54	20%	GB/月
中國 <sup>1</sup>	15	18	47	17%	GB/月
東南亞和大洋洲	10	15	54	24%	GB/月
印度、尼泊爾和不丹	21	26	62	16%	GB/月
中東和北非	8.7	12	37	20%	GB/月
海灣合作委員會GCC <sup>2</sup>	22	26	59	15%	GB/月
撒哈拉以南非洲地區	3.3	4.7	19	26%	GB/月

行動數據總流量	2021	2022	2028 預測值	CAGR* 2022–2028	單位
北美	4.6	6.7	21	21%	EB/月
拉丁美洲	3.8	5.3	24	28%	EB/月
西歐	6.0	8.0	23	20%	EB/月
中歐和東歐	3.1	4.3	12	19%	EB/月
東北亞	23	30	97	22%	EB/月
中國 <sup>1</sup>	20	26	84	22%	EB/月
東南亞和大洋洲	8.3	12.8	55	27%	EB/月
印度、尼泊爾和不丹	14.1	18	58	22%	EB/月
中東和北非	4.3	6.2	27	27%	EB/月
海灣合作委員會GCC <sup>2</sup>	1.1	1.3	3.3	17%	EB/月
撒哈拉以南非洲地區	1.08	1.7	11.4	37%	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），因此計算出的綜合數字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)