



# 2020 高科技、媒體與電信產業趨勢預測

Deloitte 高科技、媒體與電信產業團隊係由全球首屈一指的專家群所組成，旨要協助不同規模與組織架構的客戶迎向數位浪潮，並深化自身的核心競爭力。無論布局在世界上的任一角落，或是在價值鏈中是何種定位，我們全球緊密連結的專家網絡，打造了最完整且專業的顧問服務與解決方案，以協助客戶在多變的商業環境中，掌握絕佳商機。歡迎您與勤業眾信產業服務團隊聯繫，或至 [Deloitte.com](https://www.deloitte.com) 網頁深入了解我們的服務與產業研究成果。



# 目錄

前言	2
將 AI 帶入終端裝置：邊緣 AI 晶片的時代到來	4
機器人來了：專業服務機器人將有兩位數成長	18
企業 5G 專網：釋放企業潛能	30
智慧型手機新經濟：邁向美金兆元商機	46
尋找你的內容傳遞網路 (CDN)： 影片、遊戲、以及更多令人驚豔的精彩內容	60

# 前言

## 2020 年高科技、媒體與電信產業預測： 連結效應

勤業眾信2020年高科技、媒體與電信（TMT）產業趨勢預測涵蓋三大主題：第一，各種科技不再各自為政，而是逐漸緊密連結並相互依賴，其影響與價值隨之增加。第二，TMT 產業的營收大多來自智慧型手機、電腦、電視、企業資料中心與軟體，以及物聯網（我們將這些領域稱為「五大明星」）。第三，多年來號稱「即將問世」的許多服務與產品，終於要在 2020 年真正投入實戰用途。

### 想像這是一座森林...

在前幾年的 TMT 產業趨勢預測中，各章節中提及的科技趨勢經常相互參照或彼此印證。在今年的預測裡，這種情況將更加常見。舉例來說，邊緣運算人工智慧（Edge AI）晶片、5G專網與機器人有著相互連結的關係；此外，隨選影音服務與電視節目在彼此影響之際，同時亦可能受到低軌道寬頻衛星網路的影響。

如此交互連結的情況，為什麼在 2020 年變得更加明顯？

想像這裡有一座森林。森林剛開始形成時，樹苗各自生長，彼此相距數公尺遠。細菌、真菌、昆蟲與動物在同棵樹上共存，然而旁邊的樹上，共存的有機體則又未必相同。某種程度上，每株樹苗都有如一座生態系統各自獨立的島嶼。森林發展一旦成熟，地面附近的樹幹維持數公尺的彼此距離，然而離地 30 公尺的枝葉部分則向外開展、相互接觸，形成可能厚達 6 公尺的濃密樹冠。這片可能涵蓋數百萬棵樹的樹冠，已經融合成為同一個生態系統，而且可能綿延數千公里。

TMT 產業也有相同的現象。例如，10 年前的各種 AI 科技，就像是一株株的「樹苗」，彼此仍獨立發展，尚未能對其他領域產生影響：舉例來說，人工智慧針對辨識自然語言處理所產生的創新，對於改變視覺辨識技術並無幫助。後來，新的深度機器學習硬體開始同時促進所有類型的 AI 創新，創造出廣袤的「樹冠」，某個領域的進展或多或少能與其他原有AI領域的進展相輔相成。連結效應現象不止於此。直到近期，深度學習依舊仰賴造價數千美元並消耗數千瓦電力的晶片，因此能夠運用相關技術的機構大多屬於資料中心。而在過往 2 年的短暫時間裡，造價僅數美元、只消耗數瓦電力的新式邊緣運算人工智慧（Edge AI）晶片，已然使得機器學習落實在各個不同角落 — 前文所比喻的「樹冠」也隨之進一步擴張。隨著科技發展，更多的資料、演算法、資訊與解決方案在生態系統的各個部分流通，為消費者與企業造就速度更快、更有幫助的 AI 技術。

### 可觀營收與五大明星

5 大生態系統為 TMT 產業貢獻了大部分的營收。智慧型手機生態系統每年的總值已超過 1 兆美元；電視生態系統的總值則超過 6,000 億美元；個人電腦銷售與附屬產品（消費者與企業）每年創造大約 4,000 億美元的營收；企業資料中心與軟體合計將在 2020 年創造大約 6,600 億美元的營收；物聯網（受益於 5G 的問世）的總值將在 2021 年之前達到 5,000 億美元。

若將智慧手錶、消費性無人機、電子書閱讀器、家用 3D 列印機、擴增實境 (AR) 眼鏡、虛擬實境 (VR) 眼鏡、智慧音箱等其他較新裝置加總起來，相關生態系統的合併營收仍遠低於「五大明星」當中規模最小的領域。

今年的報告主要內容包括了「五大明星」生態系統的彼此連結、相關系統的廣告播送、配件銷售，或是針對這些系統提供內容的服務。例如，某些有聲書與數位廣播 (Podcast)，目前確實較常透過智慧音箱加以播放，然而到了 2020 年底時，超過半數的有聲書將以智慧手機直接播放。在可預見的未來，「五大明星」將創造可觀營收，其他領域則變成相對小眾的市場。

## 遲到總比不來好

科技業有個老笑話：「X 將是未來的明星科技... 而且永遠活在未來！」然而這句話並非永遠都適用。到了 2020 年，原本不斷延後問世的科技即將真正亮相上架。在這些大器晚成的科技當中，低延遲寬頻網路所使用的低軌道 (LEO) 衛星，正是 TMT 預測報告選用的典型範例。

早在 1998 年時，LEO 大型衛星網路的願景即已首度成形；第一項 (有限度的) 商業服務，則可望在 22 年過後，也就是 2020 年底左右問世。其他大器晚成但並未延遲這麼久的科技，包括了專業服務機器人，其單位銷售量可能在 2020 年超越工廠機械手臂；深受全球通勤者歡迎的自行車，尤其是電動自行車；以及數位廣播，相關營收將在 2020 年首度達到 10 億美元 — 至於數位廣播的首度放送早已是 16 年前的往事了。

上述三項趨勢，有機會使得往後的預測更加可靠！在相互連結且主要業者有限的生態系統裡，我們理當得以更精確、更有自信地預見趨勢。事實上，這種狀況下，還有另一個老笑話今後可能不再符合現實狀況：「預測絕非易事，預測未來更是如此。」

在不遠的未來，預測工作或許將不再困難。

### Paul Sallomi

全球高科技、媒體與  
電信產業負責人

### Mark Casey

全球電信、媒體與娛樂  
產業負責人

### Craig Wigginton

全球電信產業負責人

### Paul Lee

全球 TMT 研究中心負責人

### Jeff Loucks

美國 TMT 研究中心執行總監

### Duncan Stewart

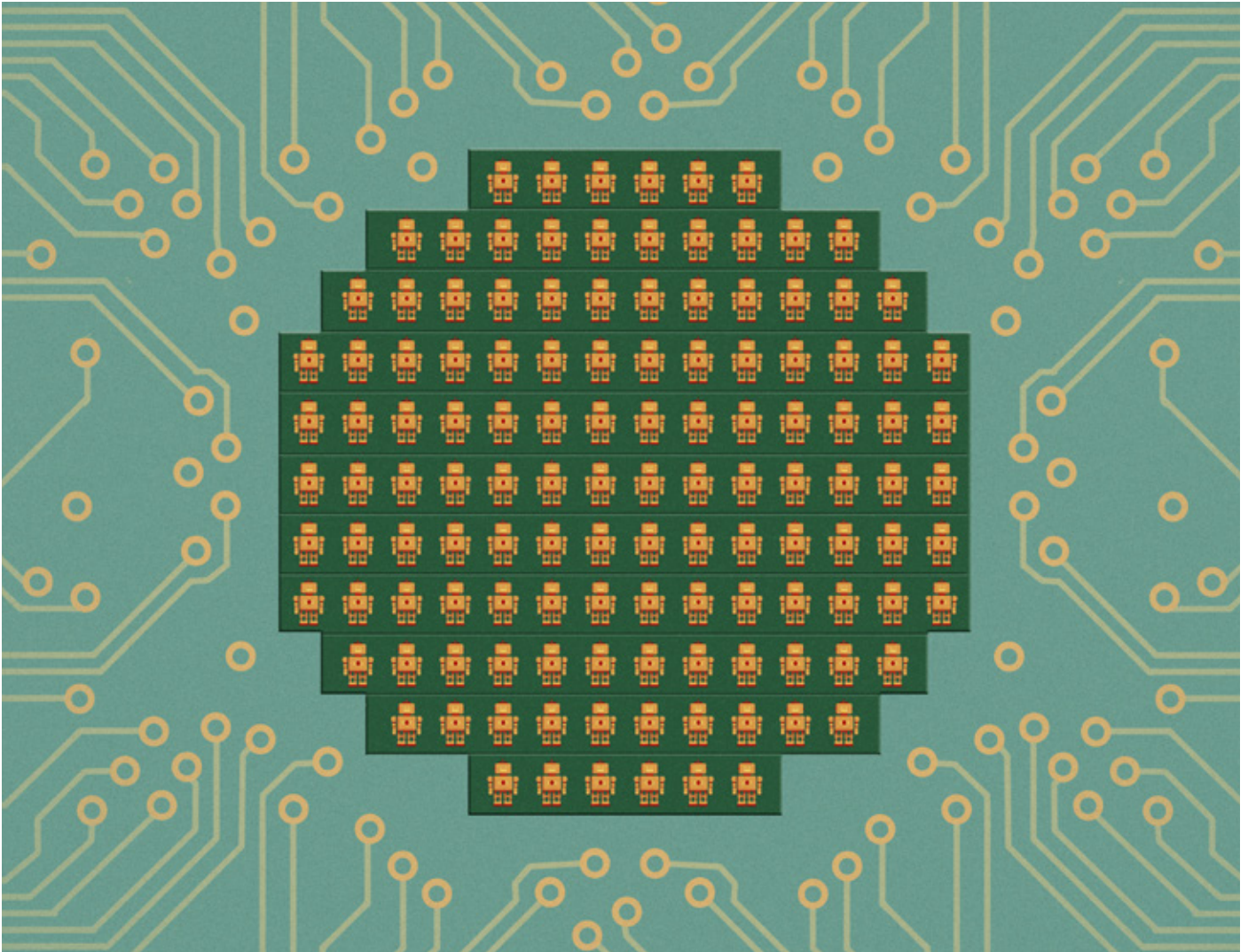
加拿大 TMT 研究中心總監

### David Jarvis

美國 TMT 研究中心  
資深研究經理

### Chris Arkenberg

美國 TMT 研究中心經理



# 將 AI 帶入終端裝置

## 邊緣 AI 晶片的時代到來

你或許有遇過類似的惱人經驗：使用智慧型手機的語音輸入功能撰寫電子郵件時，卻發現手機因未連上網路而無法正常操作。如今，新一代的邊緣運算人工智慧(Edge AI) 晶片將 AI 的優勢帶進了電子裝置，前述的挫折與麻煩也可望大幅減少。<sup>1</sup>

我們預測 2020 年的 edge AI 晶片銷售量將會突破 7.5 億組 — 這包括了直接在裝置內 (而

非遠端資料中心內) 執行或促進機器學習工作的各種晶片或晶片零件。這也象徵著高達 26 億美元的營收，較 Deloitte 預測的 2017 年 edge AI 晶片銷售數字 (3 億組) 高出 1 倍有餘<sup>2</sup> — 3 年期間的年複合成長率 (CAGR) 為 36%。此外，我們預測 edge AI 晶片市場的成长速度亦將遠勝整個晶片市場。到了 2024 年，edge AI 晶片的銷售量預計將超過 15 億組，甚至

可能更高。<sup>3</sup> 這代表單位銷售量的年成長率至少達到 20%，較整個半導體產業的 CAGR 長期預測值 (9%) 高出 1 倍多。<sup>4</sup>

這類 edge AI 晶片可能逐步普及於越來越多樣的消費性電子裝置當中，例如高階智慧型手機、平板電腦、智慧音箱及穿戴式裝置。這類晶片亦將應用於諸多企業市場：機器人、相機、感測器及其他的物聯網 (IoT) 裝置——這兩個市場皆相當重要。消費者的 edge AI 晶片市場遠大於企業市場，但其成長速度可能較為緩慢，2020 年與 2024 年之間的 CAGR 預期數字為 18%。企業用的 edge AI 晶片市場，儘管發展歷史短了許多——首款商業化企業 edge AI 晶片一直到 2017 年才上市<sup>5</sup>——但其成長速度明顯較快，同期的 CAGR 將達到 50%。

**到了 2024 年，Edge AI 晶片的銷售量預計將超過 15 億組，甚至可能更高。這代表單位銷售量的年成長率至少達到 20%，較整個半導體產業的 9% CAGR 長期預測值高出 1 倍多。**

## 無所不在：AI 運算的多元適用場景

直到最近為止，AI 的運算幾乎都是透過遠端的資料中心、企業核心設備或電信業者邊緣處理器進行，並未佔用裝置本身的硬體。這種情況的成因，在於 AI 運算所仰賴的處理器資源相當可觀，需要數百個不同類型的「傳統」晶片分別執行各種作業。相關硬體的尺寸、成本與用電量相當可觀，即便是一個小型手提箱的空間也未必足以容納 AI 運算陣列所需的設備。

如今的 edge AI 晶片正在改變這樣的情況。這類晶片的體積較小，成本相對低廉，用電量較少，產生的廢熱亦明顯較少，因而可能置入智慧型手機等手持裝置，以及機器人等非消費性裝置。透過 edge AI 晶片，裝置可在本地端直接進行處理器密集的 AI 運算，因而降低或省卻了傳送大量資料至遠端地點的必要性，進而確保可用性、速度、資料安全與隱私方面的效益。

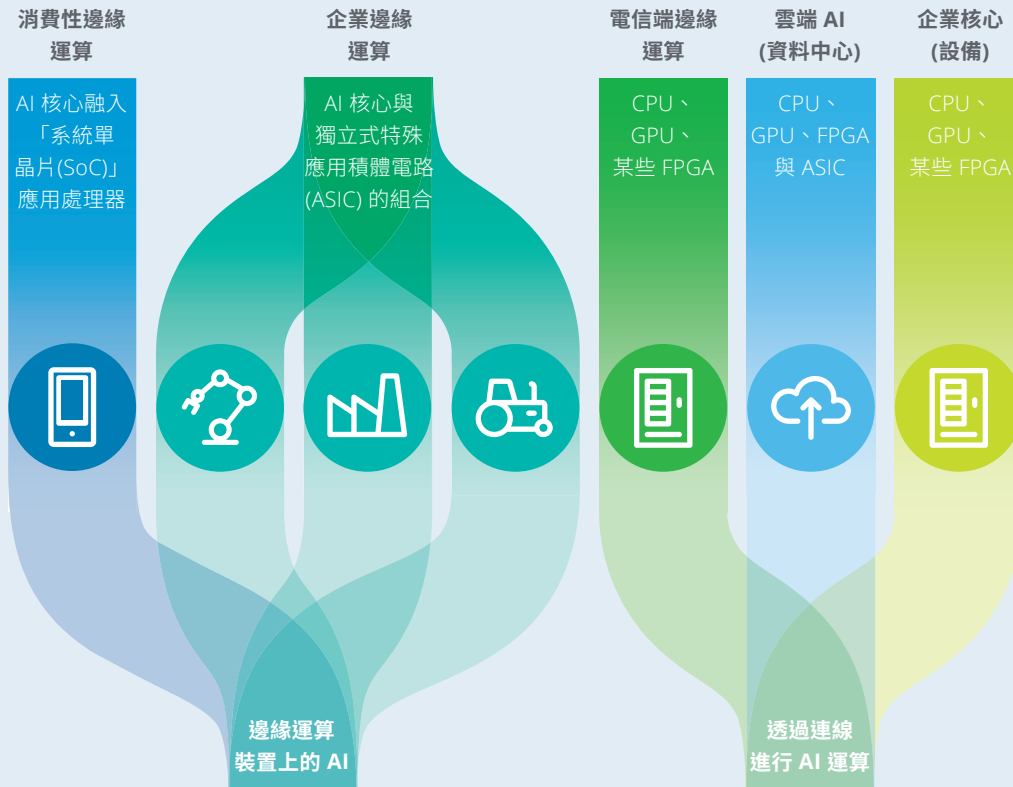
當然，AI 運算未必得在本地端進行。針對其中某些應用，像是裝置內 edge AI 晶片必須處理的資料已經太多的狀況，將數據資料傳往遠端 AI 陣列接受處理或許仍是比較合適或理想的方式。事實上，在大部分的情況下，AI 運算將會兼採不同方式：部分運算將由裝置本身進行，其他運算則在雲端進行。特定狀況下的理想組合，取決於必要的 AI 處理類型而有所不同。



圖 1 涵蓋了可能進行 AI 運算的各種場景，這些場景或許將在可預見的未來共存。

圖 1

### AI 運算可在不同實體場景進行



資料來源：Deloitte 分析。

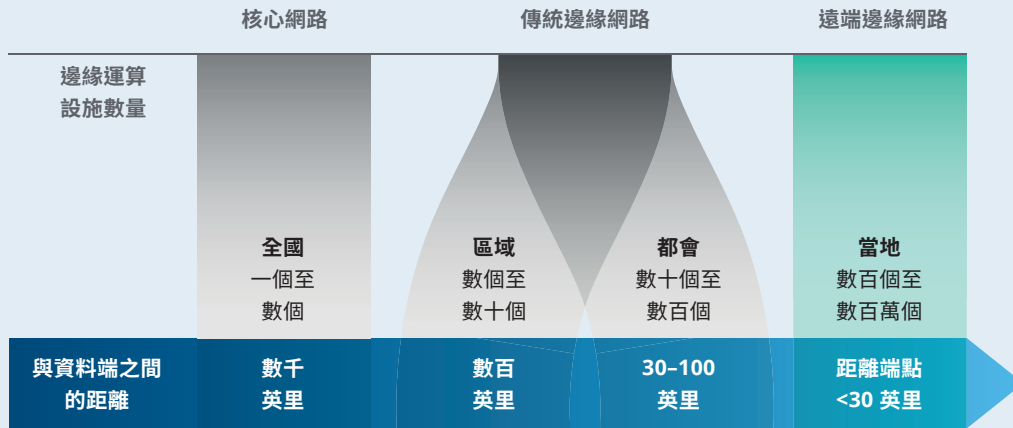
這裡需要稍微解釋什麼是「電信端邊緣運算(telecom edge)」。電信端邊緣運算，即圖 2 中的「遠端邊緣運算網路(far edge network)」<sup>6</sup>，係指運算執行的地點位於接近客戶的小型資料中心，而這類資料中心皆由電信業者擁有與經營。目前這類運算使用的是資料中心模式的 AI 晶片 (龐大、昂貴且極為耗電)，日後則可能逐漸改採本章所探討的某些 edge AI 晶片 (消費性或企業專用)。即便如此，電信端邊緣運算所用的晶片，皆位於電信網路之邊緣設施，而非實際的終端裝置。再者，並非所有電信端邊緣運算皆屬於 AI 運算。產業分析師指出，電信端邊緣運算市場 (各種運算，非僅限於 AI 運算) 的總規模將在 2020 年達到 210 億美元。此數值較 2019 年的總值增加超過 100%，相關市場亦可望在 2021 年成長超過 50%。<sup>7</sup> 該市場各類別的細部分析資料並未公佈，然而分析師認為，就 2020 年而言，AI 在整體邊緣運算部分可能仍處於萌芽階段，相關營收不會超過 10 億美元，或是電信端邊緣運算總支出的 5%。<sup>8</sup>



圖 2

**電信端邊緣運算，或是所謂的「遠端邊緣運算網路」，將運算場所帶至資料的方圓 30 英里內**

電信端邊緣運算的分類



資料來源：Technology Business Research, Inc.，「Telecom edge compute market landscape」，2019 年 12 月 2 日存取。

**消費者適用的 EDGE AI：未必昂貴**

不論是銷售量或銷售額，消費性裝置在 2020 年 edge AI 晶片市場所佔的比重都預期超過 90%。這類 edge AI 晶片大多安裝於高階智慧手機當中，目前比重超過了 70%。<sup>9</sup> 換言之，在 2020 年及未來幾年內，AI 晶片的成長主要來自於智慧型手機：智慧手機銷售量，以及搭載 edge AI 晶片的手機所佔百分比。雖然智慧型手機 2019 年的表現相對疲弱，銷售量年減 2.5%，但是 2020 年的銷售量可望達到 15.6 億支，與 2018 年的銷售量大致相同，年增率為 2.8%。<sup>10</sup> 我們認為，2020 年有超過三分之一的手機預計將搭載 edge AI 晶片。

除了智慧型手機，平板電腦、穿戴式裝置、智慧音箱等其他裝置類別也採用了 edge AI 晶片 (圖 3)。短期而言，這些智慧型手機以外裝置影響 edge AI 晶片銷售量的程度，可能遠遜於智慧型

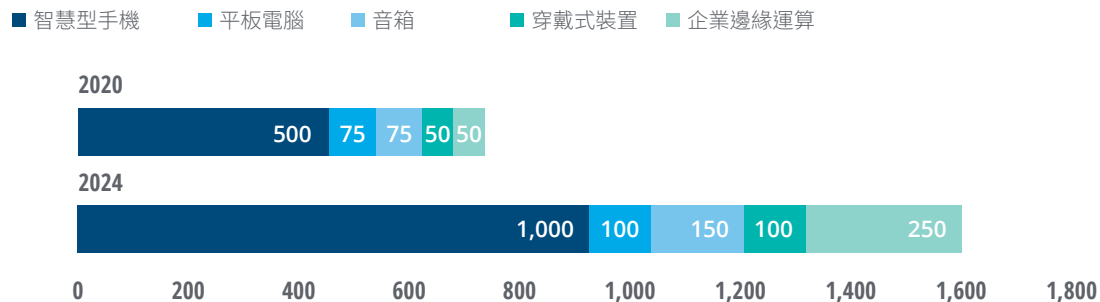
手機。其原因在於市場並無成長 (例如平板電腦的情況<sup>11</sup>)，或是市場小到無法產生重大影響 (例如，智慧音箱與穿戴式裝置的 2020 年度合併銷售量預期值僅有 1.25 億組<sup>12</sup>)。即便如此，許多穿戴式裝置與智慧音箱已經紛紛仰賴 edge AI 晶片，因此滲透率已經頗高。

**這類 Edge AI 晶片大多安裝於高階智慧手機當中；就目前已搭載消費性 Edge AI 晶片的裝置而言，此種手機晶片所佔的比重超過了 70%。**

圖 3

## 整體 edge AI 晶片產業將成長

各種搭載 edge AI 晶片的裝置，2020 年與 2024 年 (百萬單位)



資料來源：MarketsandMarkets, *Edge AI 硬體市場*, 分類方式為裝置 (智慧型手機、相機、機器人、汽車、智慧音箱、穿戴裝置及智慧鏡)、處理器 (CPU, GPU, ASIC 及其他)、耗電量、流程、終端使用者及區域 — 2024 年之前的全球預測值, 2019 年 4 月 4 日; Deloitte 分析。

## 智慧型手機 Edge AI 晶片的經濟概況

目前僅有最高階的智慧型手機搭載了 edge AI 晶片，這類手機在價格分佈上落在最上端的三分之一區間。話雖如此，若干價格低於 1000 美元的手機也應用了某些 AI 技術，例如中國手機廠商小米的「小米 9」<sup>13</sup> 在歐美市場的售價即低於 500 美元。此外，下列說明或許足以解釋，智慧型手機搭載 AI 晶片之後，未必會讓消費者感到過度昂貴。

智慧手機 edge AI 晶片的成本計算方式並不透明，不過合理的估算還是辦得到的。我們必須估算 (而非直接查詢成本分析表) 的原因，在於智慧型手機的「AI 晶片」並非獨立式晶片。現代的智慧型手機厚度僅有 7 至 8 毫米，無法容納太多的獨立式晶片。事實上，許多必要功能 (處理、圖形、記憶體、連線與 AI) 皆源自同一矽晶粒，這個晶粒稱為系統單晶片 (SoC) 應用處理器 (AP)。

若手機中有「AI 晶片」，指的是矽晶粒裡具備專門執行或促進機器學習計算工作的部分。該部分與晶片的其他部分皆使用相同材料、流程與工具。這當中包含數億個標準電晶體，電晶體排列方式卻有別於晶片的一般處理或圖形部分 (即建構方式不同)。AI 部分通常稱為神經網路處理器 (NPU)。

截至目前為止，三星、蘋果、華為等三家公司已經公佈旗下手機處理器的裸晶圖片，裸晶特點一目瞭然，分析師可藉此查明各項功能使用了晶片的哪個部分。三星 Exynos 9820 處理器的晶粒圖片顯示，晶片總面積中約有 5% 的部分專供 AI 處理器使用。<sup>14</sup> 據估計，三星 SoC 處理器的成本為 70.5 美元，堪稱造價第二高的行動電話元件 (僅次於顯示器)，約佔裝置總成本的 17%。<sup>15</sup> 假設 AI 部分與其他元件的成本相同 (以晶粒面積計算)，則 Exynos 的 edge AI NPU 約佔晶片總成本的 5%，即每個 NPU 的成本為 3.5 美元。

Apple 的 A12 Bionic 晶片亦將大約 7% 的晶粒面積分配予機器學習。<sup>16</sup> 據估計，整個處理器的造價為 72 美元<sup>17</sup>，這意味著 edge AI 部分的成本為 5.1 美元。據估計，華為的麒麟 970 晶片成本為 52.5 美元<sup>18</sup>，NPU 在晶粒中所佔的比重為 2.1%<sup>19</sup>，這意味著成本約在 1.1 美元左右。(即便如此，晶粒面積並非衡量 AI 在晶片總成本中所佔百分比的唯一方式。華為表示，麒麟 970 的 NPU 有 1.5 億個電晶體，在該晶片 55 億個電晶體當中所佔的比重為 2.7%。這麼一來，NPU 成本將略增為 1.42 美元。)<sup>20</sup>

雖然成本各有不同，我們卻可合理假設每個晶片的 NPU 平均成本為 3.5 美元。雖然每個晶片的價格都不高，但若將 5 億隻智慧手機的晶片成本加總起來 (更別說平板電腦、喇叭及穿戴裝置)，也是相當大的市場。更重要的是，如果製造商的平均成本為 3.5 美元，最低成本甚至可能只有 1 美元，那麼智慧手機處理晶片理應一併加裝專屬的 edge AI NPU。假設加成率屬於正常水準，若製造成本增加 1 美元，終端客戶只會多付 2 美元。換言之，即使是 250 美元的智慧型手機，只要不

到 1% 的漲價幅度，就能加上 NPU 及其附帶效益——更優質的相機、離線語音助理及其他效益。

智慧手機 (及其他裝置類型) 製造商可用各種方式取得 edge AI 晶片，他們的決策取決於機型、地理區 (某些情況下) 等因素。某些製造商向第三方業者購買處理器 / 數據機晶片，這類業者專門製造並向手機廠商銷售晶片，卻未自行製造手機。高通以及聯發科，是兩個著名的例子；在 2018 年的智慧型手機 SoC 晶片市場中，兩者的合併市佔率約為 60%。<sup>21</sup> 高通與聯發科，都提供了不同價位的 SoC；某些產品未必搭載 edge AI 晶片，然而高階產品 (其中包括高通的 Snapdragon 845 與 855，以及聯發科的 Helio P60) 通常包含了這種晶片。另一方面，Apple 完全不使用外界的 AP 晶片：該公司設計並使用自製的 SoC 處理器，例如 A11、A12 及 A13 Bionic 晶片等，均已內建 edge AI。<sup>22</sup> 三星、華為等其他裝置廠商則採行混合策略，他們向商業市場上的矽晶供應商採購了某些 SoC，其餘 SoC 則使用自製晶片 (例如三星的 Exynos 9820 與華為的麒麟 970/980)。

## EDGE AI 晶片負責哪些工作？

更好的提問方式也許是「這類晶片還有什麼是做不到的？」今日的機器學習堪稱是所有功能的基礎，這些功能包括但不限於生物特徵、臉部偵測與辨識、擴增與虛擬實境相關功能、趣味圖片濾鏡、語音辨識、語言翻譯、語音助理... 當然還有照片。從運用 3D 效果美肌，到光線極暗環境下的攝影，今日各種優異智慧手機的相機之所以能脫穎而出，均應歸功於 edge AI 硬體與軟體，而非鏡頭或感測器的像素數目。

確實，處理器不必借助 edge AI 晶片也能執行這些工作，甚至雲端環境也能執行這些工作，然而也只有 edge AI 晶片能改善工作成效、提升速度，並兼顧電力的節省 (進而延長電池壽命)。就隱私與安全而言，裝置自行處理工作也是比較妥當的方式；個人資訊一旦全程保留在手機內，就不會因為外流而遭到攔截或誤用。只要手機內裝有 edge AI 晶片，即使沒有連上網路，也能照常處理這些工作。



## 企業適用的 edge AI： 充滿商機的領域

既然智慧手機及其他裝置使用的 edge AI 處理器如此強大，何不針對企業應用同樣加以運用？事實上，某些使用案例已經這麼做了，例如某些自動無人機。無人機安裝智慧型手機 SoC 處理器之後，就能即時導航並避開障礙物，並可完全在裝置上進行各種工作，不必連接網路。<sup>23</sup>

即便如此，最佳化的智慧型手機或平板電腦晶片，未必就是諸多企業或工業應用的正確選擇。這種情況非常類似於晶片廠商在 1980 年代面臨的中央處理器 (CPU) 問題。1980 年代的個人電腦 (PC) 開始搭載性能卓越的 CPU；強大的運算能力與極大的彈性，使得這類 CPU 成為一般通用工具的理想選擇。即便如此，如果只是為了讓單純的恆溫裝置 (舉例而言) 更聰明，就升級搭載個人電腦的 CPU，實在不甚合理。當時的 CPU 體積太大，根本無法裝進恆溫裝置裡；而且這類 CPU 太過耗電，每個要價約 200 美元，對於總成本必須低於 20 美元的裝置而言未免太貴。為了改善上述缺點，業界全力進行研發體積較小、成本較低、用電量較少的晶片，並具備部分電腦 CPU 功能。

那麼目前的狀況不也類似？正如先前所述，智慧型手機 SoC 的 edge AI 部分僅佔總面積的 5% 左右，成本僅有 3.5 美元，用電量可能比整個 SoC 少了 95%。如果有人能打造出只涵蓋 edge AI 部分 (以及記憶體等其他必要功能)，但同時能達到成本低、用電量少且體積更小的晶片，那又會如何呢？

事實上，某些廠商已經成功，更多廠商正在跟進。舉例來說，目前 Intel 與 Google 皆已向開發業者銷售內部研發的獨立式 edge AI 晶片。頂尖

的圖形處理器 (GPU) 大廠 Nvidia 亦銷售一款客製化 AI 專用晶片 (並非 GPU)，這種晶片適用於體積較小、成本較低且用電量較少的邊緣運算裝置，而非體積龐大、耗電數百瓦，而且可能要價數千美元的資料中心專用 GPU。<sup>24</sup> 高通是頂尖的商業市場 SoC (用於智慧手機及其他消費性裝置的 edge AI 處理核心) 廠商，該公司已推出 2 款獨立式 edge AI 晶片，其功能不如 SoC，但成本較低、體積較小且用電量較少。<sup>25</sup> 華為同樣也這麼做。<sup>26</sup>

總而言之，目前據說有 50 家公司正在設計各種 AI 加速器。<sup>27</sup> 除了研發特殊應用積體電路 (ASIC) 晶片的廠商之外，現場可程式化邏輯閘陣列 (FPGA) 廠商也銷售了各種專供資料中心以外用途的 edge AI 晶片。<sup>28</sup>

就 2019 年而言，市場上的獨立式 edge AI 晶片皆以開發機構作為銷售對象，他們可能每次只買 1 組售價約 80 美元的晶片。假如裝置廠商的採購量多達數千或數百萬組，那麼晶片價格就有可能再低上許多：某些晶片的售價只有 1 美元 (甚至可能更低)，有些晶片則要價幾十美元。我們暫時以智慧手機 edge AI 晶片作為替代指標，並假設平均成本約為 3.5 美元。

## 1980 年代的個人電腦 開始搭載性能卓越 的 CPU；強大的運算能力 與極大的彈性，使得 這類 CPU 成為一般通用 工具的理想選擇。

除了價格相對低廉之外，獨立式 edge AI 處理器的另一優點在於體積小巧。某些處理器小到可以置入隨身碟，體積最大的處理器則安裝於信用卡大小的板卡上。此外，這類處理器的功率相對較低，介於 1 瓦與 10 瓦之間。而功能強大的資料中心叢集是由 16 顆 GPU 與 2 顆 CPU 組成，整體則要價 40 萬美元，重達 350 磅，耗電量高達 1 萬瓦。<sup>29</sup>

透過上述晶片，edge AI 可為企業創造許多新的可能性，IoT 應用方面尤其如此。針對已連線裝置提供的資料，企業就能運用 edge AI 晶片大幅提升蒐集與分析能力，根據分析結果採取行動，同時避免「將大量資料傳送至雲端」的成本、複雜性與安全疑慮。AI 晶片有助於解決的問題包括：

**資料安全與隱私。**企業組織一旦蒐集並儲存資料，再將資料移至雲端，必然會面臨網路安全與隱私方面的威脅，即使企業注重資料保護也難完全避免。隨著時間流逝，類似的威脅遂成為格外需要嚴肅因應的重大風險。各個司法管轄區，如今相繼制定了個人識別資訊方面的法規，消費者亦越來越瞭解企業蒐集的資料 — 80% 的消費民眾表示，他們並不認為企業已經盡力保護消費者的隱私。<sup>30</sup> 智慧音箱之類的裝置，已開始應用於醫院等場所<sup>31</sup> — 醫院病患隱私的嚴格管制也得以升級。

由於 edge AI 晶片有能力在本地端處理大量資料，個人或企業資料遭到攔截或誤用的風險隨之降低。例如，監視器一旦具備機器學習的處理功能，就能自行分析影片，據此判定哪些片段才是

重點，再將這些部分傳至雲端，藉以降低隱私風險。機器學習晶片也能辨識更多語音口令，如此一來，必須傳往雲端接受分析的語音資料就會減少。更精確的語音辨識，將帶來額外效益，也就是協助智慧音箱更精確偵測「裝置啟動口令」，避免無關的言語遭到喇叭誤判或監聽。

**連線狀況不佳。**裝置必須連上網路，才能在雲端處理資料。然而在某些情況下，連接裝置是不切實際的做法，無人機就是一個例子。操作者與無人機全程保持連線，可能有其難度，受限於操作地點的先天限制，更何況連線與資料上傳至雲端也都免不了消耗電池壽命。在澳洲的新南威爾斯，具備機器學習功能的無人機負責巡視海灘，代為守護、保障海濱泳客的安全。這種先進的無人機，有能力辨識出被大浪捲走的泳客，或在鯊魚與鱷魚發動攻擊前警告泳客，不必連接網路也能獨自執行各種勤務。<sup>32</sup>

**(太大的) 大數據。**IoT 裝置可能產生大量的數據資料。例如，空中巴士 A-350 噴射機有超過 6000 組感測器，並在飛航期間每天產生 2.5 TB 的各式數據。<sup>33</sup> 另一方面，全球各地的保全監視攝影機，每天產生大約 2500 PB 的海量資料。<sup>34</sup> 假如把這類資料全數傳至雲端，逐筆儲存與分析，成本高昂又複雜。反之，只要將機器學習處理器置入端點的感測器或攝影機，就能解決問題。例如，攝影機裡可以安裝視覺處理器 (VPU)，這種低功率 SoC 處理器專門分析或預先處理數位影像。裝置搭載 edge AI 晶片之後，就能投入各種資料的即時分析，將重點資料跟必備內容傳至雲端進行深入分析，同時「忘記」其餘無關資料，有效節省儲存與頻寬成本。

**電力限制。**透過低功率機器學習晶片，縱使是電池容量較小的裝置也能執行 AI 運算，不會輕易耗盡能源。例如，新款的呼吸治療吸入器已經開始搭載 ARM 的晶片，專門分析吸氣肺容量、藥物進入肺部時的流量等數據。此後，則由吸入器直接執行 AI 分析，並將結果傳至智慧手機的應用程式，協助醫護人員針對氣喘患者量身設計照護方式。<sup>35</sup>除了現有的低功率邊緣運算 AI NPU 之外，科技業者正在開發「微型機器學習」：體積小如微控制器單位的裝置，亦能執行深度學習(微控制器類似先前提及的 SoC，但體積較小，精密度較低，功率亦明顯較低，耗電量僅以毫瓦或微瓦計算)。舉例來說，Google 正在研發軟體庫 TensorFlow Lite 的新版本，這個版本容許微控制器分析資料，將需要傳往晶片以外裝置的各種數據濃縮成幾個位元大小。<sup>36</sup>

**需要較短的延遲時間。**不論是透過有線或無線網路，只要是在遠端的資料中心進行 AI 運算，即便是最理想的傳輸條件之下，資料來回的延遲時間至少也會達到 1-2 毫秒，最糟情況甚至達到數十甚或數百毫秒。運用 edge AI 晶片，在裝置上直接進行 AI 運算，延遲時間就有可能縮短成幾奈秒 — 對於某些分秒必爭的特定用途，裝置必須近乎即刻蒐集資料、處理資料並據以採取行動，這樣的省時優勢非常關鍵。例如，自動駕駛車輛必須蒐集並處理電腦視覺系統所提供的大量資料，完成物體辨識作業，至於控制車輛功能的感測器也會同時提供資料。自動駕駛車輛必須立即將這類資料轉換為決策，即何時應當轉彎、煞車或加速，達成安全行車的目標。為了達成這項目標，自駕車輛必須自行處理自身蒐集的許多資料。(今日的自動駕駛車輛，也基於同樣的需求，運用了各種晶片，其中包括了標準 GPU 與 edge AI 晶片等。)另一方面，對於機器人而言，較短的延遲時間同樣相當重要，並將在機器人出廠後配合人類同僚而重新設定之際顯得更加重要。<sup>37</sup>

## 訓練與推論的差別，以及資料中心式 AI 的連帶發展

由 edge AI 晶片所造就的人工智慧功能，另外有個比較適當的名稱，就是所謂的「深度機器學習」，其中包含了兩大要素。第一項要素是訓練。這裡所說的訓練，乃是重複分析大量歷史資料、偵測資料中的模式，以及針對這種模式偵測發展演算法。第二項要素是推論。在推論過程裡，訓練過程產生的演算法 — 通常透過進一步的訓練逐漸更新或修改 — 可供分析新數據，並從中產生有用的結果。

直到最近為止，機器學習軟體的所有訓練與推論皆使用相同的標準晶片，這是某種 CPU、GPU、FPGA 與 ASIC 的組合。這類的強大晶片，多半體積龐大、造價昂貴、相當耗電並產生許多廢熱；正因如此，這類晶片建構成的 AI 硬體，幾乎清一色安置在資料中心裡。本章所討論的 edge AI 晶片，在功能上則以推論為主(或只具備這種功能)，並使用資料中心訓練過程所發展的演算法。某些 edge AI 晶片確實也有訓練功能，然而大部分的訓練作業仍在資料中心內部進行。

值得注意的是，過去在資料中心裡的各種先進晶片同時負責訓練與推論作業；相形之下，現階段的業者所開發的各種資料中心晶片，某些晶片最適用於訓練，某些晶片最適用於推論，分工逐漸確立。<sup>38</sup>這種較新的發展，影響還不甚明確，不過，隨著 edge AI 晶片的問世，世界各地的資料中心可能會發現，目前的訓練與推論組合，將逐漸轉變成「更偏重訓練，更減少推論」。這樣的情況若是成真，比較專業的資料中心晶片就有機會在彈性層面展現格外的實用價值，資料中心一旦發現訓練與推論部分的比率有所轉變，就能據以調整硬體組合。



## 結論

今後 edge AI 晶片市場的成長，哪些業者將因此受惠？顯然，各種 edge AI 晶片的廠商，將會非常樂見這樣的發展。這些廠商幾年前的相關營收趨近於零，2020 年的「新增」營收卻將超過 25 億美元，未來幾年的成長率將達到 20%，毛利率則可能達到業界水準。接下來說明這些數值的相關背景。全球半導體產業 2020 年的營收預測值為 4250 億美元<sup>39</sup>，其中 edge AI 晶片所佔的比重太小，不足以影響整個產業甚或規模較大的業者。

事實上，主要的受惠者，可能是那些需要在裝置上使用 AI 的人士。除了大幅改善現有裝置的功能，edge AI 晶片也能針對全新裝置類型賦予新的能力與市場。長期而言，edge AI 晶片的最深遠影響，更有可能來自於後者的相關用途。

資料中心 AI 晶片的製造商，是否將因為某些處理作業（起初以推論為主）由核心移往邊緣，蒙受銷量下滑的衝擊？答案迄今仍不明朗。資料中心 AI 晶片的所有製造商，也在製造這類晶片的邊緣裝置版本，因此「處理工作由核心移至邊緣」的淨影響或許不大，甚或沒有影響。再者，AI 處理的需求成長如此之快，可能產生水漲船高的作用：AI 晶片產業（邊緣運算與資料中心合計）2018 年的營收約為 60 億美元，2025 年的營收可望超過 900 億美元，CAGR 為 45%。<sup>40</sup> 價格更低廉、體積更小、功率更低的 edge AI 晶片問世之後，針對資料中心 AI 晶片的價格（或單位銷售量）帶來下跌的壓力，則是可能性較高的潛在利空。這種情況已經發生過：在半導體產業的歷史中，邊緣裝置處理晶片的普及，通常會導致主機 / 核心處理硬體價格的下跌速度超過了摩爾定律中產品改良導致價格下跌的預期速度。

某些人士也認為，一旦 AI 處理運算由核心移往邊緣，雲端 AI 業者勢必受害。這點不太可能發生：根據最近的雲端 AI 或「AI 即服務」(AI-as-a-Service) 市場相關預測，其營收將由 2018 年的 20 億美元成長至 2024 年的 120 億美元左右，CAGR 為 34 %。<sup>41</sup> 假如 edge AI 晶片並不存在，這樣的成長率可能更高，但這仍然意味著雲端 AI 的成長速度達到了整體雲端市場的 2 倍，後者 2023 年之前的 CAGR 預測值為 18%。<sup>42</sup>

同樣的，邊緣運算裝置如果有能力在當地直接進行現場的 AI 推論，就難免令人擔心這類裝置今後是否不再需要連線上網。這種狀況其實未必會成真。事實上，這類邊緣裝置仍需要與網路核心相互通訊，據以傳送資料滿足 AI 訓練需求，接收更新版 AI 演算法作為推論之用，以及處理其他諸多工作。基於這類理由，我們預期所有或絕大多數的 edge AI 裝置仍將對外連接網路。

即便如此，連線的性質可能有別於兩、三年前的預期作用。當時仍然只有大型資料中心才能進行 AI 推論，意即智慧型 IoT 裝置必須連上網路，才有機會運用各種 AI 推論功能 — 不只是連接舊的網路，而是速度超快、服務品質獲得保障、連線密度頗高且延遲時間最短的網路。這些特性是 5G 無線網路才具備的。正因如此，人們自然會假設，所有使用 AI 的 IoT 裝置也需要使用 5G，而且非 5G 不用。

這樣的假設已經不再成立了。即使裝置可在當地進行大量的 AI 處理，也不會省卻連線的必要性，然而連線方式未必需要 5G 規格。當然某些情況下，更勝一籌的 5G 仍是必要的方式，而且 5G 市場料將大幅成長，2025 年底之前的 CAGR 高達 55%，每年的增幅超過 60 億美元。<sup>43</sup> 然而，受到了 edge AI 晶片普及的影響，5G 規格 IoT 的市場商機可能略遜於數年前的預期數字。

.....

至於 edge AI 晶片的普及，也可能為消費者與企業帶來各種重大的改變。對於消費民眾來說，edge AI 晶片同時催生了多種不同的特殊功能，例如與語音助理對話，或是在難度極高的狀況下拍出令人驚豔的照片 — 過去只要不連上網路，這些功能根本無法運作。但是長期而言，edge AI 晶片的企業用途可能影響較大，因為企業的 IoT 應用可以透過這類晶片進入全新境界。對於製造、營建、物流、農業、能源等產業而言，AI 晶片驅動的智慧型機器，可能有助於拓展現有市場、對既存業者形成威脅，以及改變獲利分配方式。<sup>44</sup> 對於未來學家眼中逐漸普及並運用大量資料的多樣應用來說，蒐集大量資料、詮釋這類資料並立即據以採取行動的先進能力，甚為重要：相關用途包括了影片監控、虛擬實境、自動無人機、自動駕駛車輛以及更多其他項目。這樣的願景，主要取決於 edge AI 晶片的成就：電子裝置智慧化。

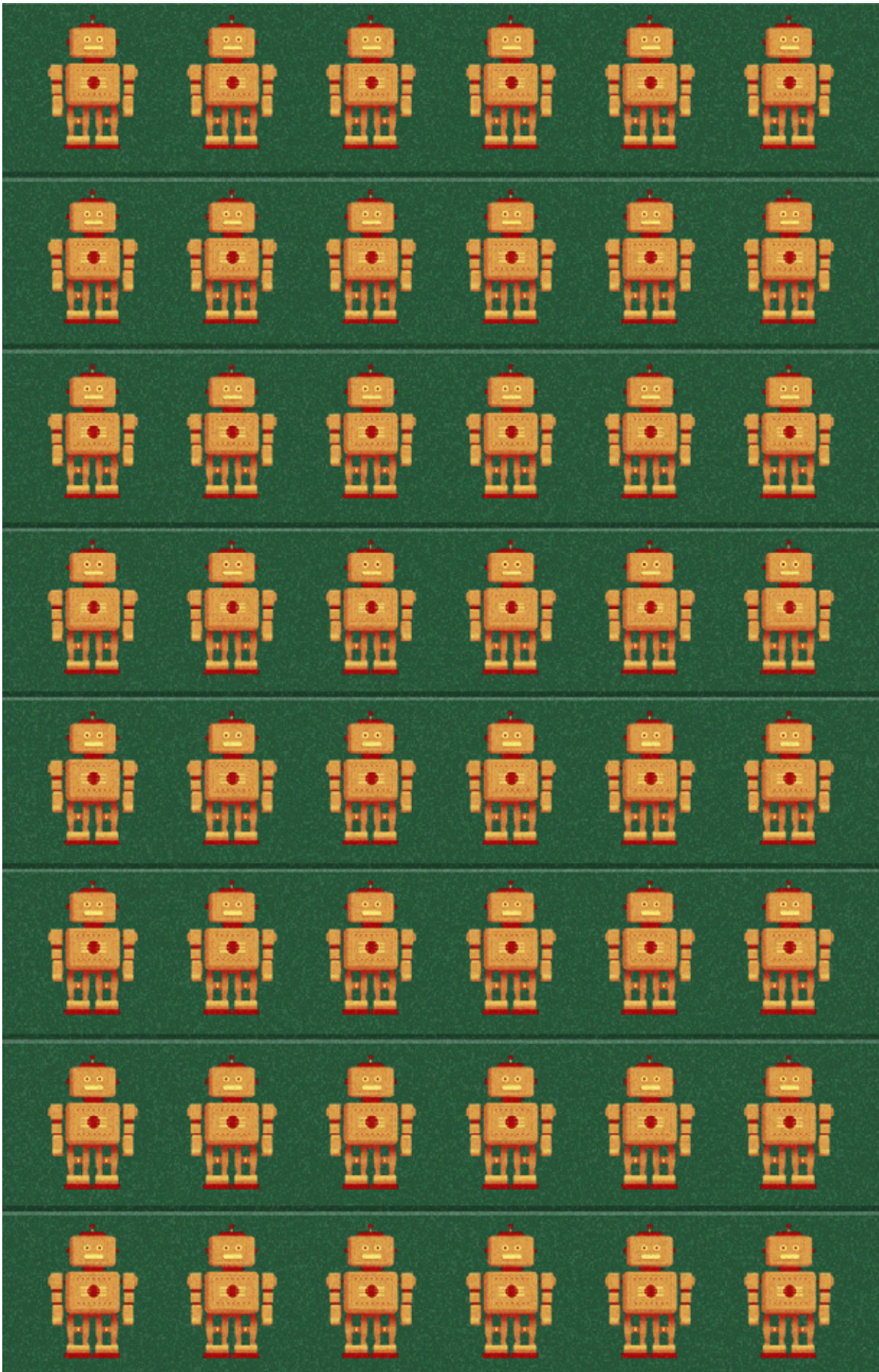
.....

# Endnotes

1. Devin Coldewey, "Google's new voice recognition system works instantly and offline (if you have a Pixel)," TechCrunch, March 12, 2019.
2. Deloitte, *2017 Technology, Media and Telecommunications Predictions*, January 2017.
3. Cision PR Newswire, "The edge AI market in hardware to grow at CAGR of 20.64%," April 15, 2019.
4. Cision PR Newswire, "The global semiconductor market at a CAGR of close to 9% during the forecast period," June 26, 2019.
5. Nate Oh, "Intel launches Movidius neural compute stick: Deep learning and AI on a \$79 USB stick," AnandTech, July 20, 2017.
6. The "far edge" is also known as the local edge, new edge, mobile edge compute (MEC), multiaccess edge or distributed new edge. All of these characterizations refer to the same thing.
7. Technology Business Research, "Telecom edge compute market landscape," June 11, 2019.
8. Conversation with TBR Edge Compute analyst, August 26, 2019.
9. Cision PR Newswire, "The edge AI market in hardware to grow at CAGR of 20.64%."
10. Gartner, "Gartner Says worldwide smartphone sales will decline 2.5% in 2019," press release, August 1, 2019.
11. Tablet sales declined 5 percent in both Q1 and Q2 2019, but were up 1.9 percent in Q3 2019. It is likely that the market for all of 2019 will be roughly flat to down. IDC, "Worldwide tablet shipments return to growth in Q3 2019, fueled by new product launches, according to IDC," October 31, 2019.
12. Deloitte Global estimates.
13. Cherlynn Low, "The Snapdragon 855 is a 7nm CPU primed for 5G, AI and more," Engadget, December 5, 2018. Several other Chinese smartphone manufacturers sell smartphones with this SoC in the US\$500 range, including OPPO.
14. Daniel R Deakin, "Teardown of Samsung Galaxy S10 allows for detailed die shot of the Exynos 9820," Notebook Check, March 10, 2019.
15. Michelle Alarcon et al., "Samsung Galaxy S10+ teardown," Tech Insights, March 1, 2019.
16. AnandTech, "Tech insights: Floor plan," accessed October 9, 2019. *TMT Predictions 2020* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. A12 Bionic is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries.
17. Daniel Yang & Stacy Wegner, "Apple iPhone Xs Max teardown," Tech Insights, September 17, 2018. *TMT Predictions 2020* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. iPhone is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries.
18. Ibid.
19. AnandTech, "Tech insights," accessed October 9, 2019.
20. Gary Sims, "What is the Kirin 970's NPU? – Gary explains," Android Authority, 2017.
21. Strategy Analytics, "Q1 2018 smartphone apps processor market share: Chips with on-device artificial intelligence (AI) grew three fold," press release, August 8, 2019.



22. *TMT Predictions 2020* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. A11 Bionic, A12 Bionic, and A13 Bionic are trademarks of Apple Inc., registered in the United States and other countries.
23. April Glaser, "Qualcomm's latest technology allows drones to learn about their environment as they fly," Recode, January 7, 2017.
24. Nvidia, "Autonomous machines: Jetson Nano," accessed October 9, 2019. Although based on a GPU-style architecture, Nvidia's stand-alone AI chip is not a GPU but an AI chip meant for use in devices, not data centers.
25. Jim McGregor, "Qualcomm brings AI, vision processing to IoT," *EE Times*, April 13, 2019.
26. Sally Gao, "Activating AI power with the Ascend chipset," Huawei blog, February 5, 2019.
27. Rick Merritt, "AI flood drives chips to the edge," *EE Times*, July 11, 2018.
28. Xilinx, "AI Edge platform," accessed October 9, 2019.
29. Brian Wang, "Nvidia DGX-2 is 2 petaflop AI supercomputer for \$399,000," Next Big Future, March 27, 2018.
30. Kevin Westcott et al., *Digital media trends survey, 13th edition*, Deloitte Insights, 2019.
31. Tess Bennett, "Deloitte brings Amazon's Alexa into wards to improve patient care," Which-50, May 14, 2019.
32. Arm Blueprint, "Edge AI: From the art of the possible to the art of the tangible," June 3, 2019.
33. Silicon Semiconductor, "Aviation depends on sensors and big data," November 6, 2017.
34. Jessica Burton, "The facts about big data storage in smart cities applications," Security Infowatch, August 16, 2019.
35. Arm, "From cloud to the edge: On-device artificial intelligence boosts performance," *MIT Technology Review*, May 16, 2019.
36. Sally Ward-Foxton, "AI at the very, very edge," *EE Times*, July 12, 2019.
37. Duncan Stewart, "Robots on the move: Professional service robots set for double-digit growth," *TMT Predictions 2020*, Deloitte Insights, December 9, 2020.
38. Paul Alcorn, "10nm Ice Lake CPU meets M.2: The 'Spring Hill' Nervana NNP-I deep dive," Tom's Hardware, August 20, 2019.
39. World Semiconductor Trade Statistics, "WSTS has published the Q2 2019 semiconductor market figures," August 27, 2019.
40. Research and Markets, "Global artificial intelligence (AI) chip market set to record a CAGR of 45.2% between 2019 & 2025 - ASIC segment anticipated to overtake the GPU type in the near future, in terms of revenue," press release, August 28, 2019.
41. Cision PR Newswire, "Global artificial intelligence as a service market by technology, by organization size, by service type, by type of cloud, by vertical, by region, competition, forecast & opportunities, 2024," August 27, 2019.
42. Anirban Ghoshal, "Global cloud computing to reach \$624 billion by 2023: ResearchAndMarkets study," Tech Circle, May 24, 2019.
43. Research and Markets, "Global 5G IoT market forecast to 2025: Market is forecast to grow at a CAGR of 55.4% - The state of 5G commercialization," press release, April 19, 2019.
44. David Schatsky, Jonathan Camhi, and Aniket Dongre, *Pervasive intelligence: Smart machines everywhere*, Deloitte Insights, November 7, 2018.







# 機器人來了

## 專業服務機器人將有兩位數成長

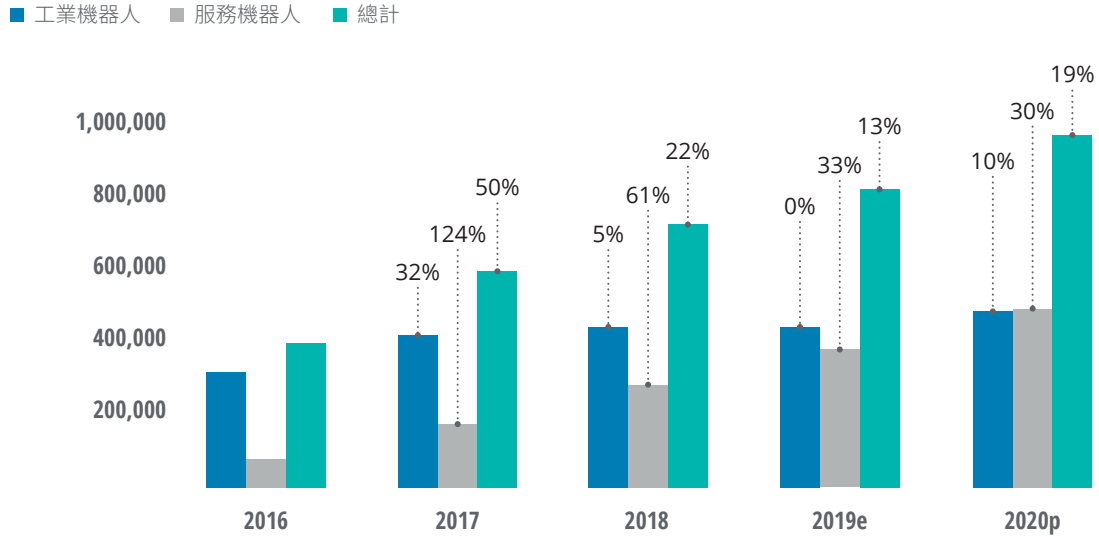
機器人在倉庫層架上揀貨的畫面似乎仍是未來場景，然而，未來與現狀之間的距離卻比大多數人想像中的更近。在2020年即將銷售出的100萬台企業用機器人中，我們預估專業服務機器人將占其中的五成以上，並創造超過 160 億美元的營收，更較 2019 年成長 30%。此外，就企業投

資而言，專業服務機器人的市場成長速度遠高於工業機器人（圖 1）。假如近期的趨勢可以視為徵兆，專業服務機器人的單位銷售量有望在 2020 年超越工業機器人，相關營收也將在 2021 年超越工業機器人。

圖 1

## 專業服務機器人的市場固然較小，成長速度卻遠高於工業機器人市場

全球每年的企業用機器人單位銷售量，2016–2020 年



註：柱狀圖上方的百分比數字代表年成長率。

資料來源：IFR 媒體記者會簡報，上海，2019 年 9 月 18 日；Deloitte 2020 年分析與預測。

當然，這並不表示工業機器人的市場面臨壓力。2020 年的工業機器人銷售營收預計將達到將近 180 億美元，較 2019 年增加 9%。工業機器人

仍將在未來數年內佔有重要地位，然而專業服務機器人市場受惠於 5G 電信服務與人工智慧 (AI) 晶片的最新發展，可望後來居上。

圖 2

## 在這座假設性的物流中心或倉庫中，橘色機械手臂屬於工業機器人，2 輛低底盤車輛則為專業服務機器人



資料來源：Shutterstock。



## 何謂工業與專業服務機器人？兩者有何差別？

事實上，企業機器人產業涵蓋了兩個截然不同的市場服務：工業與專業服務。外界通常用「機器人」一詞涵蓋這兩個類型，然而工業機器人與專業服務機器人的功能不同，造價不同，過去與未來的成長趨勢也大不相同。

工業機器人早在 1970 年代即已存在。生產線上的機械手臂乃是工業機器人的原型，這類機械的自由度與彈性各有不同，世界各地的工廠皆可看見它們的身影。製造業當中的汽車、電氣 / 電子、金屬、塑化與食品飲料垂直產業，都是主要的工業機器人用戶（依使用量由高至低排列）。

專業服務機器人的歷史較短，相關市場直到最近 10 年內才真正開始發展。專業服務機器人有別於工業機器人，主要用於製造業之外的產業，而且通常用於協助人類，而非取代人類。大多數機器人皆有輪子，因而具備機動能力或半機動能力；某些專業服務機器人裝有手臂，但僅佔少數，而且這類手臂無法（或並非用於）從事大多數工業機器人所承擔的粗重作業。目前研發的各種專業服務機器人，主要乃是迎合零售、餐旅、醫療保健與物流（用於倉庫或出貨）產業的殷切需求，不過同時也有些些許人被用在航太國防、農業與拆除作業上。<sup>1</sup>

不論是工業與服務業機器人，或是企業與消費者使用的機器人，各種機器人之間的界線已隨著時間而漸趨模糊。舉例來說，智慧工廠內四處搬運汽車半成品的自動化運輸車，該算是專業服務機器人，還是工業機器人呢？即便是「機器人」的定義也並不固定，因為業者開始為新形機器人賦予更先進的功能，智慧音箱則是一個例子。

## 工業機器人：終於恢復成長

2020 年的工業機器人單位銷售量預期將成長 10%，表現明顯優於 2018 年與 2019 年。2018 年的單位銷售量增加 5%，2019 年的銷售量則略為下滑。2020 年的成長率預測值回升至較高水準，對於工業機器人產業而言是好消息，相關產業在過去 2 年（目前影響仍繼續）飽受拖累，舉凡貿易戰爭、關稅壁壘、汽車與科技業成長趨緩以及中國景氣降溫，都影響了業績。

工業機器人使用程度最高的產業乃是汽車業 — 生產線上的機器人可組裝車輛，以及電子業 —

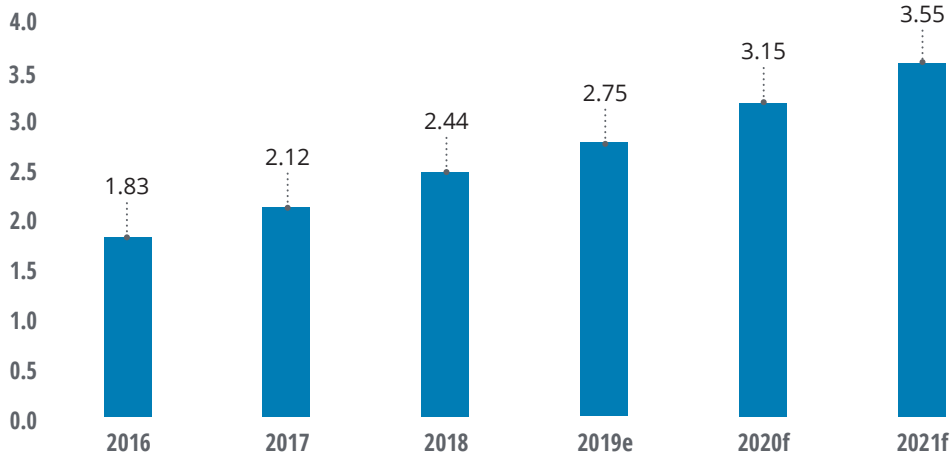
運用機器人在電路板上安裝晶片。這兩個產業共佔 2018 年全球工業機器人需求的六成之多，單位銷售量分別達到約 12 萬台（汽車業）與 11 萬台（電子業）機器人。就成長而言，汽車業 2018 年的需求較 2017 年增加 2%，電子業則減少 14%。<sup>2</sup>

若以地理市場來做分析，中國是最大的工業機器人市場：中國 2018 年的工業機器人銷售量為 15.4 萬台，佔全球工業機器人銷售量的 36%。這個數值大約是日本（第二大市場）的 3 倍，以及美國與南韓（第三大及第四大市場）的 4 倍。<sup>3</sup>

圖 3

## 到了 2021 年時，全球將有近 400 萬台工業機器人進行作業

2016-2021 年間全球每年的已安裝工業機器人 (百萬)



資料來源：IFR 媒體記者會簡報，上海，2019 年 9 月 18 日。

工業機器人市場似乎即將再度穩健成長，但成長速度仍遠低於許多產業人士與分析師的預期值。這種情況的可能原因在於期望過高，而非工業機器人市場的缺失使然。媒體廣泛的過度報導可能致使大家腦中浮現「機器人在不遠的未來遍佈各地」的駭人景象，例如：英國央行在 2015 年預測機器人可能導致英國失去 1500 萬個職位<sup>4</sup>；或是研究機構 Brookings 2018 年的研究結果指出，自動化極可能造成美國就業市場喪失多達四分之一的工作機會；或世界銀行在 2017 年預估機器人可能在 2032 年之前搶走全球超過 6 億個就業機會。<sup>6</sup> 事實上，這類預測的相關報導，多半採信比較偏高的數值 (危言聳聽更能挑起話題)，而且預測值本身不僅涵蓋實體機器人 (工業與專業服務機器人)，同時也一併納入人工智慧、機器人流程自動化等其他工具。大多數人若是看到了工業機器人產業的成長速度，可能會覺得 2020 年的成長率 (10%) 遠低於他們預期或擔憂的程度。

然而銷售量的溫和成長並不等於機器人數量或需求不多。全球各地已安裝的工業機器人陣容仍然相當可觀，且持續增加。即便是 2018 年與 2019 年的銷售速度有所趨緩，世界各地已有多達 250 萬至 300 萬具工業機器人正在執行各種作業。到了 2021 年，全球的已安裝機器人數量可能較 2016 年多出 93% (圖 3)。工業機器人在安裝完成之後，多半相當耐用：使用壽命通常為 10 年 (工作 8 萬至 10 萬小時)，且因應用而異。<sup>7</sup>

對於機器人的使用者而言，已安裝機器人數量乃是比較重要的指標，然而機器人的製造者則更加重視年銷售量與年銷售量成長率。國際機器人聯盟 (International Federation of Robotics) 在 2017 年的報告書裡預測，2020 年的全球工業機器人銷量，可能首度突破 50 萬具，較 2015 年的 25.4 萬具銷售量多出 1 倍以上。<sup>8</sup> 但是由於 2018 年與 2019 年的銷售速度趨緩，上述的預測不一定完全準確：我們預測工業機器人的銷售量要到 2021 年才能突破 50 萬大關，預期銷售量為 52.2 萬具。

## 專業服務機器人： 機器人的成長熱點

某些分析師可能認為，近來專業服務機器人急速成長的原因在於相關產業歷史較短且規模較小。就 2015 年而言，世界各地正在運行的專業服務機器人可能僅有 10 萬台左右<sup>9</sup>，2016 年度的全球專業服務機器人銷售量也只有 10 萬台。由於基期相當偏低，2017 年至 2019 年間實現兩位數百分比成長並不是難事。

我們預測，專業服務機器人產業在 2020 年及未來的成長率將會達到兩位數成長的水準，但這並非基於這個理由。這樣的預測乃是以兩大科技進展的影響作為根據：5G 網路技術提升了無線連線能力，再加上邊緣運算人工智慧(edge AI) 晶片的持續降價與進步，今後將可以在機器人身上直接進行處理器密集的 AI 運算作業，不必在雲端上進行。5G 與 edge AI 晶片的結合，足以克服專業服務機器人在現階段遭遇限制的諸多挑戰，確保機器人表現生產助力，因此將更受企業買方的青睞。

連線能力就是挑戰之一。專業服務機器人經常需要四處移動，但是維持可靠的連線狀態並非容易的事。透過有線網路進行連線雖是解決方案之一，但行動與彈性勢必受到限制。Wi-Fi 是成本較低的無線網路選項之一，但服務品質欠缺保障，存取點之間的資料傳輸通常不甚可靠。4G 無線網路可能成本較高（業者通常會收取每月連線費），延遲時間可能較長，機器人迅速反應的能力因而受限。4G 也不免遭遇連線密度的相關問題。單一工廠內部固然可以啟用數千具的工業機器人，4G 技術卻不一定有能力同時支援如此為數眾多的專業服務機器人。

然而進步的 5G 則有能力解決上述所有問題。完善的 5G 標準得以實現高達 99.9999% 的穩定可靠程度，意即每年的預期停機時間僅有 5 分鐘。<sup>10</sup>「網路切片」的技術能夠依據各種工作的優先順序設定網路性能，進一步提升優先作業的重點項目可靠程度。此外，5G 的延遲時間不到 1 毫秒，反應時間比 LTE 的 40-50 毫秒或 Wi-Fi 的 100 多毫秒更快。5G 支援的連線密度高達每平方公里最多 100 萬組裝置；在佔地 1 萬平方公尺的大型工廠或倉庫中，5G 網路能夠連結至多 10 萬組裝置，相形之下 4G LPWA 規格最多也只能連接 607 組裝置。<sup>11</sup> 5G 服務系統業者仍有可能據此收取月費，不過企業也可以轉而選擇建構私人 5G 網路，控管相關成本。<sup>12</sup> 雖然今日的 5G 技術仍然難以因應環境當中充斥大量金屬物質所帶來的干擾問題，所幸最新的版本 (3GPP 第 16 版) 可望於 2019 年 12 月定案，有機會克服相關的缺點。其他的舊有行動連線技術，包括 4G 與 Wi-Fi 在內，皆無法在充斥金屬的工業環境裡妥善運作。

**連線能力就是挑戰之一。專業服務機器人經常需要移動，因此維持可靠的連線狀態並非容易的事。雖然透過有線網路連線也是解決方案之一，但行動自由與彈性勢必受到限制。**

只要 edge AI 晶片領域持續有所進展，就可以針對性能與耗電量，進一步協助專業服務機器人達成使命。行動專業服務機器人的動力由電池供應，工作成果經常受到電力的限制。若運用耗電量高達數百甚或數千瓦的圖形處理器 (GPU) 等傳統晶片執行即時機器學習演算法，對於電池驅動型機器人而言相當不切實際。就專業服務機器人的設計而言，專為 AI 運算設計的晶片，耗電程度明顯較為減少，執行特定數量運算所仰賴的晶片也比較少，因而比較容易配合晶片搭載數量的相關限制與需求。倘若機器人本身的內建晶片不敷使用，還是可以透過 5G，將機器人同時連線至現場其他設備、電信邊緣伺服器或雲端支援裝置，採取協同方式完成任務。

## 至於 5G，機器人可望在企業 IoT 市場中佔有可觀比重，相關市場將成為 5G 的主要受惠者之一。

我們相信 5G 與 edge AI 晶片能將機器人的成長率推升至另一個境界。兩種機器人都會運用這些新技術，藉此提升自身的能力。縱使如此，專業服務機器人的進步機會，遠勝於工業機器人。今日的工業機器人通常連接著工廠的有線網路，因此已經具備高速又極為可靠的低延遲連線能力，每年並維持低成本運作。這類機器人的內部也有許多閒置空間，可以額外安裝各種支援機器學習的晶片，並在必要時輕易透過有線連線使

用更強大的遠端處理器，連線方式便宜又可靠。此外，工業機器人有別於大多數的專業服務機器人，並未使用電池：這類機器人大軍，多半直接連接電網，供電的伏特數、瓦數與安培數皆符合需求。

整個邊緣運算 AI 晶片產業似乎早已準備好迎接挑戰。Intel<sup>13</sup>、Nvidia<sup>14</sup>、Google<sup>15</sup> 等主要廠商 (還有更多廠商將跟進) 皆已銷售價格低於 100 美元、用電量低於 10 瓦的邊緣機器學習晶片；類似晶片的體積大多比郵票還小，最大型晶片的尺寸大致相當於信用卡的大小。這類晶片的功能強大程度，確實比不上搭載了數百個晶片的機器學習加速裝置 (資料中心的網路核心或將使用該產品)，卻足以在裝置上直接進行 AI 運算，確保專業服務機器人即使在處於離線斷網狀態也能履行任務。企業邊緣機器學習晶片的銷售量，料將在 2020 年達到 5000 萬組，並在 2024 年之前增至 2.5 億組。<sup>16</sup>

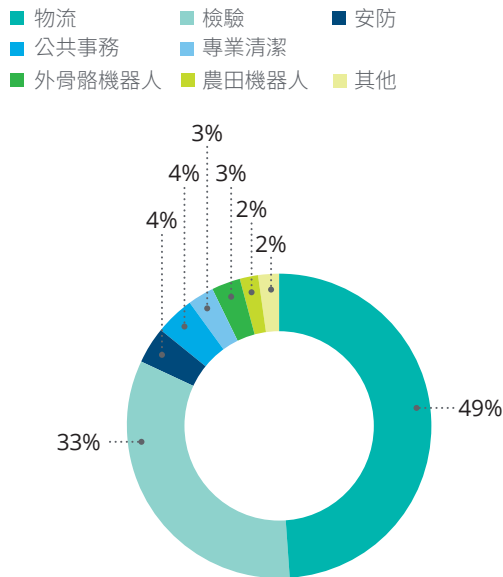
另一方面，5G 網路的問世將促使機器人在企業 IoT 市場中佔有可觀比重。(近期甚至出現了「殺手級 5G 應用—雲端機器人」這樣的新聞標題。)<sup>17</sup> 在所有應用當中 (不只是機器人)，5G 規格的 IoT 連線數量預計將在 2024 年之前達到 41 億筆，遠遠超過 2018 年的連線數量 10 億筆一年複合成長率為 27%。<sup>18</sup> 若以美元計算，整個 5G 電信 IoT 市場 (不只是機器人) 未來 5 年的年營收平均成長率預測值為 55%，並由 2020 年的 6.94 億美元增至 2025 年的 63 億美元。<sup>19</sup> 5G 專網市場亦可能有所成長，其中許多網路幾乎篤定用於機器人的網路連線。企業私人 5G 設施的 2020 年度相關支出僅有數億美元，不過到了 2023 年，相關投資可望達到數十億美元；<sup>20</sup> 在 2019 年當中，德國境內已有某些 5G 專網，用以連線生產線上的專業服務機器人。<sup>21</sup>



圖 4

## 綜觀 2019 年的專業服務機器人銷售，物流業佔了將近五成金額

各產業 2019 年的專業服務機器人單位銷售量



資料來源：IFR 媒體記者會簡報，上海，2019 年 9 月 18 日。

哪幾個終端市場最常使用專業服務機器人？汽車業與電子業是工業機器人類別的最大客戶，物流業則是專業服務機器人類別的最大客戶（圖 4）。2019 年的專業服務機器人銷售量約有 36 萬具，物流業者採購量所佔的比重僅略低於五成。檢驗與安防業者分居第二與第三，在 2019 年的專業服務機器人單位銷售額當中，兩者分別佔了 33% 與 4%。特別值得一提的是，在該年的專業服務機器人銷售量當中，醫療機器人僅佔 2%，但其價位頗高——該年的單位售價約為 50 萬美元，使得總體營收達到 37 億美元，在該年度專業服務機器人總營收中所佔的比重僅略低於 30%。<sup>22</sup>

## 就機器人年度單位銷售量的計算而言，消費產業甚為重要。

### 消費性機器人：營收貢獻度低，但為數眾多

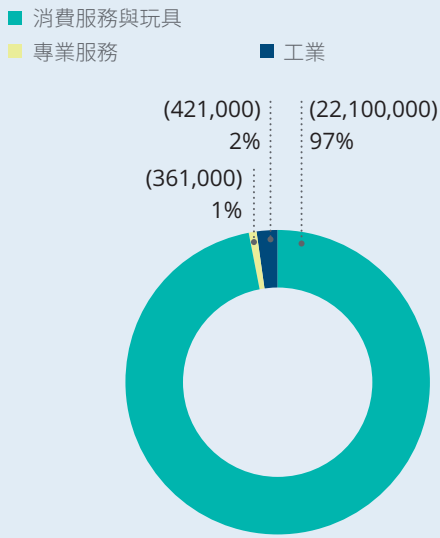
除了企業使用的工業與專業服務機器人之外，還有 2 個龐大且日漸茁壯的機器人市場。消費服務機器人專門用於吸塵、割草、清洗窗戶等工作，2019 年的銷售量為 1760 萬個單位，較 2018 年成長 44%。娛樂機器人主要為亞洲製造的玩具，其中某些機器人相當精密複雜，2019 年的銷售量為 450 萬個單位，較 2018 年成長 10%。<sup>23</sup>

就機器人年度單位銷售量的計算而言，消費產業甚為重要（圖 5），但就銷售額而言，產業的重要性明顯較低（圖 6）。消費型機器人在每年的機器人銷售量中佔了 97%，卻僅在機器人產業營收中佔了七分之一。話雖如此，5G 與 AI 晶片的成長動力，亦可能對於消費型機器人產生深遠影響。更聰明的吸塵器機器人，甚至有能力運用 AI 辨別可清除的灰塵與小狗糞便，從而成為掀起產業變局的主要動力。<sup>24</sup>

圖 5

### 在每年的機器人銷售量當中，消費型機器人佔了絕大多數...

各類別 2019 年的機器人單位銷售量  
(單位銷售量以及在總數中所佔的百分比)

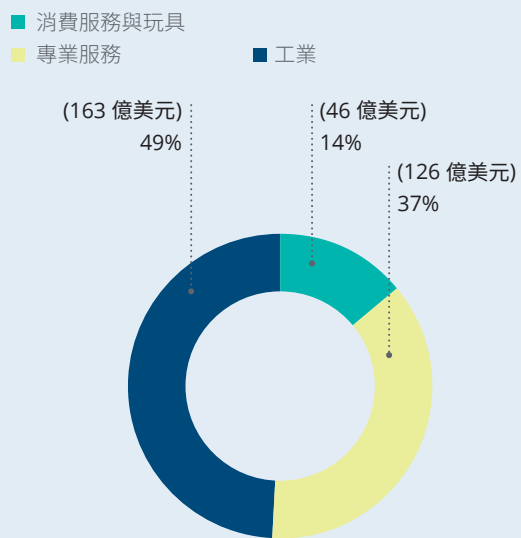


資料來源：IFR 媒體記者會簡報，上海，2019 年 9 月 18 日。

圖 6

### ... 卻僅在營收中佔了七分之一

各類別 2019 年的機器人營收  
(單位為 10 億美元，以及在總額中所佔的百分比)



資料來源：IFR 媒體記者會簡報，上海，2019 年 9 月 18 日。

## 結論

機器人產業 2020 年的成長率雖然可能回升至超過 20% 的水準，企業界對於產業的飛速成長還是不宜過度期待。2017 年的工業機器人成長率高達 32%，但整體而言，2008 年與 2019 年之間的工業機器人市場 CAGR 為 13%，我們預測未來服務與工業機器人的合併成長率將大致落在這樣的水準。這樣的成長並不足以導致機器人在近期內搶走大量人類職缺，也不足以造成每家公司都迅速改用機器人。

另一方面，機器學習領域的進展，將讓這類機器更強大也更具靈活彈性，因此工業機器人市場預期將持續擴張，但不致出現越級的火速成長。需要採用工業機器人的各家公司，大多已經擁有這類機器人，或已將其納入發展路徑圖。機械手臂能帶來豐厚投資報酬的使用個案亦不如想像中繁多。

對於企業主來說，更大的挑戰在於評估專業服務機器人是否與何時成為合適的作業工具。由於 5G 與 edge AI 晶片領域的進展帶來正向影響，到了 2025 年時，這類機器人的價格、功能與彈性差異將更勝 2020 年。隨著時間的推移，機器人的功用不再只是提升商品素質、降低商品成本或加速出貨而已。新一代的機器人將會更強大也更有彈性，針對商品的製造地點、應製造的商品，以及如何因應人力短缺或成本偏高的挑戰，逐漸影響相關決策。<sup>25</sup> 對機器人的製造者、銷售者與使用者而言，如何精確無誤地預先設想使用案例與投資報酬，可能成為策略人士未來的重要工作。

## 到底什麼才是機器人？類別不斷改變，界線漸趨模糊

美國正面臨護理人員短缺的問題，不遠的未來狀況還會進一步惡化，因為 2030 年之前將有超過 100 萬位持照護理師退休，整體人口卻不斷老化。<sup>26</sup> 德州已有多家醫院，運用機器人填補服務缺口。這類機器人自動執行的，並不是量測生命徵象、更換便盆等護理職務，而是無須直接接觸患者的各項勤務，減輕現有護理師的原有負擔。

Moxi (圖 7) 是一種裝設輕型工業手臂的行動服務機器人，製造廠商為德州業者 Diligent。<sup>27</sup> Moxi 連結醫院網路與患者的電子病歷，有能力執行各種簡單工作，例如運送檢體，或在完成清潔並可供患者入住的病房內放置新入院患者所需的全新入院用品組。

這些工作並不困難，但對於照顧病患的過勞護理師而言，免去這些雜務，就是減輕他們的重擔。商業雜誌 Fast Company 在 2019 年的文章中指出：「達拉斯的某位護理師... 向團隊人員透露，她從未看見 Moxi 在乾淨的病房放置入院用品組，不過用品組總是出現在該放的地方。護理師對 Diligent 的團隊人員表示，她不必再去煩惱這項工作，也就更有餘裕照顧病患。」<sup>28</sup>

Moxi 可不只是在病房之間悄然執行幫傭作業。它也具備社交功能，護理師可以跟它打招呼，患者可以跟它拍攝自拍照，兒童則寫信給機器人的創造者並詢問它住在哪裡，這是意料之外的趣味功能。<sup>29</sup> 醫院用機器人每小時巡視樓層一次，並以閃爍的愛心符號(眼睛的部位)問候路過的人。

像 Moxi 這樣的機器人，正在摸索著我們眼中「機器人」一詞的界限。Douglas Adams 於 1979 年的經典科幻作品「星際大奇航」(The Hitchhiker's Guide to the Galaxy) 中，Sirius Cybernetics Corporation 將機器人定義為「有趣的塑膠製夥伴！」<sup>30</sup> 如今機器人不再只是手臂或輪子，而是變成音箱、語音、對話與社交關係，我們原先嘲笑機器人的那些說法反而逐漸顯得可笑。

假如 Moxi 算是某種三合一機器人(服務、工業與消費)，Alice (圖 8) 的原型機種則又更加難以歸類，這種機器人原本用於協助年長者排遣寂寞，如今人們也在研究它如何協助失智症患者。<sup>31</sup> Alice 沒有手臂也沒有輪子，卻不只是智慧音箱 — 她能與人對話、轉動頭部並作出簡單的臉部表情。可以想像的是，Alice 的 2.0 版將進一步搭載輪子甚或手臂，執行拿取物品、協助餵食等簡易動作，但就目前的設計而言，她已經迫使我們進一步放寬「機器人」的定義範圍。

圖 7

### Moxi 挑戰了一般人對於機器人的傳統印象



資料來源：Moxi 圖片係由 Diligent Robotics 提供。

圖 8

### Alice 可協助銀髮族及失智症患者排遣寂寞



資料來源：Deloitte。



我們迫切需要 Alice 這樣的機器人。據估計，2019 與 2021 年間，殘疾人士與年長者專用機器人的市場規模僅有 3 萬具，不過在未來的 20 年內，相關市場規模可望大幅成長。<sup>32</sup> 到了 2050 年時，全球將有高達 21 億人年滿 65 歲，較目前的人數多出 2 倍，其中將近 5 億人的年齡超過 80 歲。<sup>33</sup> 失智症患者也有寂寞的問題，他們感到極度孤單的機率較一般大眾高出將近 1 倍。<sup>34</sup>

目前我們還可以簡單依據主要用途，為各種機器人分類：工業、服務與娛樂。然而 Moxi、Alice 之類的先進機器人則證明了這樣的類別並非一成不變。這點或許讓我們瞭解：真正重要的，並不是機器的名稱，而是機器的功能。





# Endnotes

1. Robotics Online, "What are professional service robots?," accessed September 26, 2019.
2. International Federation of Robotics (IFR), "IFR press conference, Shanghai," presentation, September 18, 2019, p. 9.
3. Ibid, p. 8.
4. Larry Elliott, "Robots threaten 15m UK jobs, says Bank of England's chief economist," *Guardian*, November 12, 2015.
5. Annie Nova, "Automation threatening 25% of jobs in the US, especially the 'boring and repetitive' ones: Brookings study," CNBC, January 25, 2019.
6. Archana Khatri Das, "World Bank predicts 600 million job losses worldwide by 2032," *Indvstrvs*, June 8, 2017.
7. Motion Controls Robotics, "Robot life cycle—FAQs," accessed September 26, 2019.
8. IFR, "IFR press conference, Tokyo," presentation, October 18, 2018, p. 6.
9. IFR, "IFR press conference, Shanghai," p. 9.
10. Yongbin Wei, "A new era in industrial production: How can 5G help to unlock the potential of the Industrial IoT?," *New Electronics*, May 31, 2019.
11. Christian Kim, "5G and massive IoT: Legacy technologies will bridge the gap for now," IHS Markit, February 13, 2019.
12. Please see companion prediction, *Private 5G: Enterprise untethered*.
13. Intel, "Intel® Movidius™ Neural Compute Stick," accessed September 26, 2019.
14. Nvidia, "Jetson Nano: Bringing the power of modern AI to millions of devices," accessed September 26, 2019.
15. Coral Beta, "Build intelligent ideas with our platform for local AI," accessed September 26, 2019.
16. Duncan Stewart, "Bringing AI to the device: Edge AI chips come into their own," *TMT Predictions 2020*, December 9, 2020.
17. Mobile World Live, "Cloud robots: The killer 5G application," March 8, 2019.
18. Ericsson, *IoT connections outlook*, June 2019.
19. Research and Markets, "Global 5G IoT market forecast to 2025: Market is forecast to grow at a CAGR of 55.4%—The state of 5G commercialization," *Global Newswire*, April 19, 2019.
20. Please see companion prediction, *Private 5G: Enterprise untethered*.
21. Ian Scales, "Going private: 5G will arrive early in some factories," *Telecom TV*, June 20, 2019.
22. IFR, "IFR press conference, Shanghai," p. 28.
23. Ibid, pp. 23–4.
24. Olivia Solon, "Roomba creator responds to reports of 'poopocalypse': 'We see this a lot'," *Guardian*, August 15, 2016.

25. For an analysis of the impact of these next-generation robots and the trends affecting them, see David Schatsky and Amanpreet Arora, *Robots unchanged: How a new generation of sophisticated robots is changing business*, Deloitte Insights, October 18, 2017.
26. American Association of Colleges of Nursing (AACN), "Nursing shortage," accessed September 26, 2019.
27. Katharine Schwab, "A hospital introduced a robot to help nurses. They didn't expect it to be so popular," Fast Company, August 7, 2019.
28. Ibid.
29. Ibid.
30. Douglas Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (Pan Books, 1979).
31. Deloitte, "Hello, my name is Alice: Social robot for the well-being of the elderly," November 28, 2018.
32. IFR, "Executive summary World Robotics 2018 service robots," accessed September 26, 2019.
33. United Nations, "Ageing," accessed September 26, 2019.
34. Dementia Australia, "People with dementia the loneliest people in Australia," media release, September 1, 2016.



# 企業 5G 專網

## 釋放企業潛能

要實現企業連網 — 不只是一般的連網，而是極為可靠、高速、低延遲又省電的高密度無線網路連線，基本上可以透過兩種途徑達成：1. 連接公共 5G 網路 2. 使用 5G 專網。企業 5G 專網的運作形式可以分為兩類：企業可以自行購買通訊

基礎設施，並藉由與電信營運商簽訂合約獲得營運上的支援，或是運用專屬頻譜獨立建置與維護 5G 網路。對於世界上最大的幾家企業而言，5G 專網可能成為優先選擇，製造廠、物流中心、港口等工業環境尤其如此。

在 2020 年底之前，我們估計全球將有超過 100 家公司開始測試部署 5G 專網，相關勞力與設備的投資總額將達到數億美元。在可見的未來，不管是單一站點或是分布於多個不同場域的 5G 專網設施，其建設與營運支出預料都將大幅提升。<sup>1</sup> 到了 2024 年時，專用網路所使用的蜂巢式行動設備與服務，有望創造出每年數百億美元的營收。

5G 擁有超越其他無線網路標準的性能，彈性又優於有線網路，其魅力並不難理解。在過去，蜂巢式行動網路難以在充滿金屬與無線電干擾的環境裡蓬勃發展，如今情況則已經改觀。到了 2020 年 6 月，各界期待已久的企業 5G 標準可望大致克服限制，推動 5G 在未來 10 年內順利進駐工廠、倉庫及其他原先不合適的地點。

當然，不是所有企業都會使用 5G 專用網路，然而，許多企業擁有充分的動機選擇使用自行架設的專用網路而非公共網路。專用 5G 網路有別於公共網路，可在設定上配合特定地點的獨特需求<sup>2</sup>，設定方式也能因場所而異，端視每個場所的工作類型而定。此外，透過專用網路，企業可以決定網路的部署時間表與涵蓋範圍品質。相關網路也能由現場人員安裝與維護，加速問題處理與排除。專用網路的安全性也更高，能夠提供網路的擁有者掌握更完整的控制權（公共網路未必能提供這樣的控制權）<sup>3</sup>：企業得以自行決定哪些使用者可以連線，資料與數據也能直接儲存於本地的終端裝置。將資料與數據保存於本地的終端裝置，也能縮短存取的延遲時間。專用網路甚至能夠在專屬頻譜上運行，因此無須擔心與第三方共用頻譜導致服務水準參差不齊等風險。

## 專用 5G 網路有多安全？端視資料處理地點而定

相較於公共網路，專用 5G 網路具備隱私與安全性的明顯優勢 — 至少大多數人的認知是如此。然而，就算企業擁有自己的網路，也不表示數據資料就永遠不會離開內部網路。企業可以用各種不同的方式，連線至自身選擇的資料處理地點，每個不同地點都會對安全與隱私性產生不同程度的影響。

假使企業計劃在本地保留所有數據資料，除了建構專用網路之外，也可能需要搭配適當的硬體與軟體，才能直接於本地處理資料。例如，針對機器學習運算，企業可能需要操作自有的機器學習設備及 / 或針對相關裝置安裝邊緣 AI 晶片，才可以在本地執行運算。另外也有公司同意容許一部分的資料離開私人網路，送往使用公共 5G 網路的雲端伺服器進行運算。這有可能導致隱私與安全風險升高，不過仍然能透過分散式機器學習 (federated learning，係指資料在私人網路中完成預先處理後，再將加密後的處理結果傳至雲端) 等技術，減少數據流出及外傳的相關風險。<sup>4</sup>

然而，若是企業與使用「電信端邊緣運算」(telecom edge) 架構的網路系統業者合作，那麼情況有可能變得較為複雜。這種情況下，電信業者的邊緣 AI 伺服器，可能位於電信業者的設施內，但其地理位置可能會更接近企業端 (不到 50 公里)。資料可能經由公共網路，往返於企業與電信業者的伺服器之間，或以「共置」(colocation) 方式儲存於使用專用 5G 網路的企業設施中，這種方式稱為「共置邊緣系統」(colo edge)。就目前看來，大多數選用「電信端邊緣 AI 架構」的 5G 專網，應該都會採用「共置邊緣系統」。



## 企業 5G：功能媲美有線網路，兼顧無線優勢

企業專用 5G 網路將運用 5G 的下一代標準，也就是 3GPP 第 16 版的新功能。第 16 版旨在促進 5G 取代私人的有線以太網路、Wi-Fi 無線網路及長期演進 (LTE) 網路，並包含多種專為工業環境設計的功能。<sup>5</sup> 據悉，2019 年間推出的各種 5G 網路，皆以第 15 版作為基礎；第 17 版則聚焦於新增的應用項目，例如 5G 廣播，並已訂於 2020 年中問世。<sup>6</sup>

第 16 版包含三大要素，這類要素可確保 5G 技術適用於某幾種特定的工業環境：

- **超可靠低延遲通訊 (uRLLC)：**透過 uRLLC，5G 能用足以媲美有線連線的低延遲與高可靠度，連接控制器、開關、感測器及致動器。<sup>7</sup>

- **大規模機器型通訊 (mMTC)：**mMTC 支援極高的連線密度，可達成工業規模的物聯網。透過該技術，5G 最多可在每平方公里內連結 100 萬個物聯網感測器與裝置。

- **增強型行動寬頻 (eMBB)：**eMBB 已經在第 15 版中開始使用，賦能 5G 以超高速傳輸資料的技術，速度最快可達 20 Gbps。<sup>8</sup>

第 16 版也支援時效性網路 (TSN)，這種技術使固網以太網路與 5G 網路能共存並聚合。<sup>9</sup> 透過 TSN，目前通常使用以太有線網路的應用項目亦可運用 5G 網路。<sup>10</sup> 此外，第 16 版也將支援免執照網路，意即專用 5G 網路的建設有機會使用免執照頻段的頻譜。

### 5G 的工業等級功能

5G 的功能更加強大，推進無線連網邁向過去沒有任何網路標準能企及的新境界，為原先被認為不可行的許多地點與用途帶來新契機。3GPP 第 16 版問世之後，5G 將具備下列能力：

- **各項應用的連線速度可達每秒數億位元：**過去唯有光纖網路能有這種驚人速度效能。此外，這種速度足以支援每秒傳輸量數億位元的超高畫質 (UHD) 影片，使遠端巡邏檢查成為可行。
- **可靠性高達 99.9999%：**這種等級的高可靠度，意味著每年網路的預期當機時間僅有 5 分鐘<sup>11</sup>，性能與固網以太網路相同。
- **攸關成敗的關鍵流程更加可靠：**5G 網路可作選擇性分割，使用者可明訂各個網路區塊的服務品質。針對優先程度最高的應用項目，使用者可以給予更高比重的網路資源，以進一步縮短預期當機時間。
- **佈有金屬障礙物的環境也能運作：**這種能力運用了第 16 版中通稱「5G CoMP」(協調式多點傳輸) 的功能<sup>12</sup>，是工業應用方面的必要能力。萬一有起重機、輸送帶等金屬物體阻擋了 5G 訊號的某條傳送路徑，可以立刻透過另一路徑傳送資料。多個發射器針對接收器創造出數個不同傳送路徑，確保資料封包順利完成傳送。

- **密度極高：**4G 網路最多僅可在每平方公里內支援 10 萬個裝置，反觀 5G 最多可連接 100 萬個裝置之多。就面積 10 萬平方公尺的工廠而言，4G 可連接 1 萬個裝置，5G 則為 10 萬個裝置，企業可藉此連接廠內的每個感測器及裝置。「提升密度」乃是日漸殷切的工業需求：例如，巴斯夫 (BASF) 的主要生產設施位於德國的路德維希港，目前該廠透過網路同時連結 60 萬組感測器及其他裝置，然而這項數字還可再增加 9 倍。<sup>13</sup>
- **延遲時間僅有幾毫秒：**根據 3GPP 第 16 版，5G 網路的反應時間為千分之一秒。特定類型的流程自動化與遙控裝置，需要的正是這種極短的延遲時間。甚至，專用 5G 網路的延遲時間可能比公共網路更短暫：若專用 5G 網路的核心位於企業設施內，則所有工作皆可在本地端處理，至於移地處理則可能產生更多延遲 — 若是採取電信業者邊緣運算，可能延遲數毫秒，透過更遠的資料中心則可能延遲數十毫秒，因為數據必須往返於企業與外地場所之間。

另一方面，5G 當然不是唯一的連網方式。短期而言 (到 2023 年底左右)，5G 可能與其他諸多蜂巢式行動及 Wi-Fi 標準共存，同時亦與今日極為普遍的有線網路標準共存。事實上，大多數的公司可能在中期內 (到 2026 年底左右) 部署 5G 並

續用現有連線方式，其中包括有線乙太網路。即便如此，5G 長期而言 (未來 10-15 年內) 仍有機會成為要求較高環境 (彈性最為重要，可靠性亦不可或缺) 或感測器密度較高設施的首選網路標準。

## WI-FI 與 LTE 亦佔有一席之地

5G 固然是無線網路的重大躍進，卻並非唯一好用的技術。對於許多用途與環境而言，Wi-Fi 或 LTE 已是綽綽有餘，企業料將持續運用這兩種技術建構私人網路 (圖 1)。

相較於私人蜂巢式網路，Wi-Fi 的部署方式快速又簡便，而且成本低廉，成為企業優先考量速度與經濟效益時的誘人選擇。專用 Wi-Fi 網路已用於工廠，而且通常用於非關鍵應用。Wi-Fi 6 等新的 Wi-Fi 標準將陸續問世，功能也大為增強。Wi-Fi 6 路由器已在 2019 年夏季上市<sup>14</sup>，只是相容的客戶端裝置尚未問世。

許多採用公共 LTE 網路標準，但縮減規模以配合私人建置用途的 LTE 專用網路，亦可能在 2020 年出現。有些公司可能會將 LTE 專用網路作為完整 5G 工業網路標準 (可能在 2021-2022 年推出) 問世前的權宜措施。LTE 網路通常使用高規格無線射頻設備，造價可能相當昂貴。即便如此，最先進的 LTE 版本可能在頻譜效率上超越 Wi-Fi，並將提供網路切片 (network slicing) 功能 — 儘管該功能僅適用於無線電網路。LTE 亦可能比 Wi-Fi 更穩定。

圖 1

## 各種連線技術的優缺點不盡相同

	Wi-Fi 6	LTE 專用網路	5G
 環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>辦公環境</li> <li>住家</li> <li>車輛</li> <li>購物中心</li> <li>交通運輸樞紐</li> </ul>	所有環境，包括礦坑、工地等沒有公共 LTE 網路的環境	所有環境，包括工業環境
 可用性	Wi-Fi 6 已在 2019 年第三季完成認證	現已可用	第 16 版標準將在 2020 年 6 月定案；可望自 2021 年起逐漸商業化
 速度	最高可達 9.6 Gbps	最高可達 1 Gbps (最佳情況)，最低為窄頻物聯網的水準 (速度極慢)	初期最高可達 10 Gbps
 密度	專為數位裝置密度較高的住家與辦公室設計。Wi-Fi 6 的環境密度是前一版標準的 4 倍	可在每平方公里內連接 10 萬個裝置 企業可設定上行與下行連結，亦可自訂使用政策	可在每平方公里內連接 100 萬個裝置
 機動性	主要為固定地點而設計	從私人到公共 LTE 網路的漫遊功能。 可高速交遞資料 (相對值為 350 公里/小時)	從私人到公共 LTE 網路的漫遊功能。 可高速傳遞資料 (相對值為 500 公里/小時)
 延遲時間與可靠性	> 100 毫秒，負載若有增加就可能無法針對「低延遲」提供極可靠的保證	私人管理並運用 LTE-M 技術時為 40-50 毫秒	超可靠低延遲通訊 (URLLC)： <ul style="list-style-type: none"> <li>在私人專網環境中的延遲時間低於 1 毫秒</li> <li>可靠性為 99.9999%</li> </ul>
 頻率範圍	剛問世時為 2.4 GHz 與 5 GHz，未來可延伸至 1 GHz 與 6 GHz	有執照與免執照頻譜，包括美國的 CBRS (3.5 GHz) 與 5 GHz	有執照與免執照頻譜，600 MHz 至 mmWave (24-29 GHz 與 37-43 GHz)

資料來源：Mark Turner，「Wi-Fi 6 explained：The next generation of Wi-Fi」，Techspot，2019 年 9 月 17 日；Gabriel Brown，私人 LTE 網路，2017 年 7 月；Lauren J. Young，「Telecom experts plot a path to 5G」，IEEE Spectrum，2015 年 10 月 6 日；Yongbin Wei，5G 在工業物聯網私人網路中的角色，2019 年 5 月 22 日；Sacha Kavanagh，「5G vs. 4G：No contest」，5G.co.uk，2018 年 9 月 27 日；Wi-Fi 聯盟，Wi-Fi 6：性能卓越的新一代 Wi-Fi，2018 年 10 月。

就目前而言，若是需要在要求最嚴苛的工業環境中使用連線功能，LTE 通常被視為首選技術。例如，中國的洋山港即運用客製化的 LTE 管理自動導引車 (AGV) 的車隊。<sup>15</sup> 就這種用途來說，LTE 的優勢在於涵蓋範圍與機動性皆優於固網乙太網路或 Wi-Fi。該港口將在完成部署後坐擁 130 輛 AGV、26 座橋式起重機，以及 120 座軌道式龍門起重機，所有車輛與機具皆以遙控或自動化方式運作。英國的 Ocado 亦部署了專用 LTE 網路，從而為旗下某個線上生鮮雜貨訂單的物流中心，控管 1000 具動作迅速的機器人。透過網路，該公司可在單一控制中心管理所有機器人，並以最高每秒 10 次的頻率與機器人通訊。

專用 LTE 網路固然造價不菲，卻能創造相當的經濟效益。例如，諾基亞 (Nokia) 運用先進的 LTE 專用網路 (4.9G) 處理旗下某個基地台工廠的自動化作業。透過 LTE 網路，公司可以達成在邊緣雲端伺服器上進行物聯網分析、及時運作數據的數位孿生、並透過連網機器人完成內部物流自動化作業。諾基亞表示，這類網路已使生產力提升 30%，產品上市成本亦減少 50%，每年創造的整體效益達到數百萬歐元。<sup>16</sup>



## 專用 5G 網路的溫床

透過第 16 版的規格，5G 可能在未來 10 年至 20 年內成為全球主要的區域網路 (LAN) 與廣域網路 (WAN) 技術，新建設施部分尤其如此。新工廠、新港口或新園區的規劃與興建，將會大幅降低有線連線的使用程度。某些地點可能在未來 5 年內大量設置專用 5G 網路，相關地點可能受惠於無線技術的速度、流量、延遲時間等方面的精進與改良。

就 2020–2025 年的專用 5G 網路市場 (依美元計價支出金額衡量) 而言，我們預測其中約有三分之一來自港口、機場及類似的物流樞紐。當中的原因，其實不難理解。大型機場有部分的固定機械與設備可以透過實體纜線連接網路，但是機場同時也必須在受到控管、敏感且安全的環境裡追蹤並聯繫數百輛堆高機與運輸車 — 此外還有數百或數千位員工需要管理。此外，港口管理者必須追蹤數千或數萬只貨櫃的諸多資料點：每只貨櫃的確切位置，貨櫃是否完成清關作業，貨櫃是否以正確的溫度保存，貨櫃是否遭人移動或開啟，貨櫃內容物是否遭人移除或有所增加等。在理想狀態下，每只貨櫃內的每件高價物品皆可追蹤 — 加總起來可能有 100 萬件物品。這類作業必須在只有 1 平方公里大小的區域內完成，該區域可能到處都是移動中的金屬物體，以及發出無線電頻率的裝置。

就這類作業而言，5G 顯然是最佳選擇。5G 得以適應這類環境而順暢運作，4G、Wi-Fi 等其他所有技術則無法勝任。此外，安全、彈性與價格考量，也可能驅使這類組織試圖控管自己的網路。

工廠與倉庫所帶來的 5G 專用網路發展機會亦佔三分之一。目前這些設施同時使用有線與無線技

術以維持運作，然而許多公司開始採用不需接線的新設備，並希冀這類設備能促成企業轉型。這些網路的「私人」性質亦可提升安全、隱私及彈性；企業可藉此研擬特有的專業解決方案；專用網路的成本亦低於公共網路服務的價格。

**就 2020–2025 年的專用 5G 網路市場 (依美元計價支出金額衡量) 而言，我們預測其中約有三分之一來自港口、機場及類似的物流樞紐，這些地點將成為 5G 專網的早期先進者之一。**

5G 第 16 版的部分功能，將在工業環境中扮演重要角色。在這些功能當中，最重要的便是在滿佈金屬的環境中無障礙運作的能力，不像前幾代的無線技術皆受到金屬的干擾與屏蔽。網路切片技術是 5G 普及化的另一重要推手。網路切片技術可依據優先順序設定網路性能，而非死板地針對各項裝置分配相同的網路資源。快速運作的遠端遙控型載具或許會從網路切片技術中取得較多的網路資源；至於感測器與追蹤裝置，可以容忍稍慢的速度或較長的延遲時間，則可予以彈性調度。

企業 5G 的另一重要特點，便是支援極高連線密度的能力。組裝廠的每個工業用螺絲起子，或是醫院的每個磅秤，皆可能納入大幅擴張後的網路之中，如此一來也能改善設備的監控與管理，進而提升生產力。萬物聯網之後，零碎資產的管理成效亦可大幅提升：例如掌握螺絲起子的位置，以及螺絲起子上一次維修保養後的使用頻率。

製造商若能運用 5G 與機器溝通，並進行機器與機器之間的通訊，就能減少重新配置產線所需的停機時間，進而打造出具有彈性且能頻繁重新配置產線的工廠。某些工廠設備當然不必移動：傳統的工業用機械手臂功能強大且價格昂貴，可能必須永遠固定在某處。儘管如此，為了提升生產力，企業已經開始為工廠與倉庫增添越來越多的移動 (Mobile) 要素。自動化專業服務機器人的使用逐漸增加，即是一例：這類機器人可運送物品，而且皆由機器控制，不需要人類的遠端操作。我們預測這類裝置 2020 年的銷售量將接近 50 萬個單位，較 2019 年增加 30%；到 2025 年時，自動化專業服務機器人的年銷售量可能超過 100 萬個單位。<sup>17</sup> 這類自動化運輸車將需要使用 5G 功能，從而支援各種活動，例如精準的室內導航與定位 (誤差 10 公分以內)。<sup>18</sup> 類似這樣的裝置日漸重要，促使廠房轉變成固定與機動設備的組合，提供充分的彈性。

5G 專網市場的最後三分之一將來自新建設施，尤其是園區設施。事實上，許多公司可能在初期選擇僅針對新建場所部署 5G，最後在園區中的各種設施與不同連線技術之間，創造一個個獨立存在的 5G 專網場域。

回顧歷史，園區或設施的興建涉及設計、採購、安裝以及處理各種銅製電線、乙太網路纜線、光纖纜線、3G 及 / 或 4G 蜂巢式數據機，以及 Wi-Fi 設備。

然而在未來 5 年內，5G 專用網路的成本效益將足以讓許多場所完全不需要使用有線網路，或是至少儘量不用有線網路。在特定的情況下，這類園區可能只是臨時場所。舉例而言，5G 專用網路的部署可以只維持數天的時間，支援大型音樂節的各項活動，並在活動結束後移除。行動服務商可以架設行動網路，提供 20 萬名音樂粉絲網路服務，並預留在速度及延遲時間等項目上符合明確標準的備用網路流量，以服務電視傳播 (以 5G 取代電纜連線)、喇叭連線、緊急服務等音樂節作業項目。<sup>19</sup>

## 企業可能以多種方式部署 5G 專用網路。規模最大的公司設置 5G 專用網路時，可能運用完全自有的基礎設施與專屬頻譜。

企業可能以多種方式部署 5G 專用網路。規模最大的公司設置 5G 專用網路時，可能運用完全自有的基礎設施與專屬頻譜 (在企業專網專頻取得許可的地區)，並透過內部團隊或外部的電信營運商管理網路。中型或規模較小的公司，則比較可能租用網路設備，委外管理網路，並向公共電信營運商租用頻譜 (針對公司地點使用地理圍欄)，或在某些情況下使用免執照頻譜。<sup>20</sup> 電信營運商、系統整合商或設備廠商，皆可管理網路及所有附屬項目。

## 消費者的好用產品，製造業者的必備產品？

首批 5G 產品在 2019 年上市時，係以消費者作為銷售對象，主因在於消費者的相關標準已率先問世 (即所謂的 3GPP 第 15 版)。然而，率先上市的产品未必最有用，至少就對整體經濟的影響而言是如此。大多數消費者或許僅能體驗 5G 的早期效益。這種技術可在車站等人潮洶湧的區域降低網路壅塞程度，並在家用寬頻方面成為固網連線的替代方案，然而它在速度、便利性與可用性方面的改善程度可能比較細微，許多人根本不會注意到。

企業 5G 的情況則截然不同。第 16 版在 2020 年 6 月問世之後，5G 料將促成企業運作方式的重大改變，尤其是製造業。

據估計，就 2020 年而言，全球僅有 10% 的機器具備無線連網功能。(據估計，到了 2025 年時，全球將有 50 億人使用行動裝置上網，即大多數民眾皆有無線連網的能力。)<sup>21</sup> 換言之，今日的生產線大多固定不變且設有纜線，使得重新配置工作既耗時又昂貴。這樣一來，生產線的產出彈性便受到限制。連接移動機器的實體纜線，也會逐漸老化。纜線的維修與汰換成本不低，因為除了零件與勞動成本之外，纜線汰換工作對於生產線的運作也會產生干擾。

為了讓缺乏彈性的廠房能因應客戶的新期望，即「大量個人化」(mass personalization)，近年來製造業不斷努力，然而相關措施並未全數奏效。<sup>22</sup> 私人環境中的 5G 第 16 版，提供了可能的解決之道。

## 工業 5G： 從降低成本到流程重塑

企業可能分階段建設 5G，未來幾年的初步建設主要運用於降低成本。某些網路建設可能先使用公共 5G 網路，再改為使用專用網路；當然，相反的情況也有可能發生。

以下為工業環境下的幾種 5G 應用。這類應用可以透過公共 5G 網路達成，然而企業若在最後改為採用專用網路，將可獲得更多效益。

### 5G 取代纜線

某些情況下，組織選用 5G 的理由可能相當簡單，即增設固網連線的費用較高。芝加哥洛許大學醫院在某棟較老建物內設置 5G 網路，就是基

於這樣的理由。該建物已有 100 年的歷史，其建築結構不適用於電腦時代：<sup>23</sup> 建物內的假天花板已經全滿，沒有增設纜線的空間。在建物內額外佈線的成本，可能較 5G 連線多出數百萬美元，相比之下 5G 卻能提供相同的連線能力與更大的彈性。洛許大學醫院也注重新建物的 5G 潛力——該醫院正在設計樓高 11 層的新設施，該設施將具備 5G 連線能力。

### 5G 用於遠端遙控

5G 亦可用於遠端遙控設施。例如，英國的某座小型農場有意運用 5G 打造「不必動手耕作的農地」，即完全自動化的農場。<sup>24</sup> 牽引機、無人機等受到遙控的機器將用於播種、維護與收割作物。地面加裝的感測器則可提供更多資訊。

同樣的，某家日本公司運用 5G 與東京商辦大樓內的駕駛連線，讓他們操作數十公里外工地上的挖土機。<sup>25</sup> 多個 4K 攝影機影片串流，可透過 5G 技術即時轉播高質量的挖土機周圍影像。正因如此，駕駛不必坐在狹窄的駕駛艙中、忍受可能的惡劣天候狀況，或是前往遙遠的工地。除了舒適度與便利性方面的優點之外，遙控型機械亦可讓年長或殘障人士持續從事經濟活動 — 這對日本這類的人口高齡化國家具有重大的意義。

此外，某些港口正考慮使用蜂巢式行動網路監控自動導引車、遙控起重機或進行影像監控。在荷蘭的鹿特丹，5G 連線型超高畫質攝影機可用於針對 16 萬公里長的管線網路進行目視檢查。<sup>26</sup> 在中國的天津，5G 連線型無人機已經用於檢查電力線路。<sup>27</sup>

### 5G 用於新的裝置類別

透過完善的 5G 標準，某些相對專門的新興裝置可充分發揮潛力。擴增實境 (AR) 與虛擬實境 (VR) 眼鏡即為 2 個實例。據估計，2019 年的消費與企業用 AR 眼鏡銷售量為數十萬副<sup>28</sup>，工業用 VR 眼鏡的銷售量亦然。<sup>29</sup> 透過高速又可靠的 5G 連線技術，這類裝置可能在雲端 (而非本地終端) 處理影像，使用者體驗隨之大幅改善。在相關試驗中，5G 已能向 VR 眼鏡傳輸 2880x1600 像素的影像 (介於高畫質與 4K 解析度之間)，更新頻率為每秒 75 格。<sup>30</sup> 為了將眼鏡相關動暈症的症狀降至最低，如此高的影格率確有必要。<sup>31</sup>

就可能的企業應用而言，AR 與 VR 眼鏡或許特別適用於維修。維修工作人員可以戴上高規格的 AR 眼鏡，使用現場的自動化輔助工具，例如 AR 疊加影像可引導工作人員處理設備。<sup>32</sup> VR 亦可能用於遠端維修，即運用 360 度球形攝影機傳送影像。

### 5G 提升生產力

藉著提升現行流程的效率，5G 可以大幅提升生產力。英國業者 Worcester Bosch 的一項試驗發現，5G 專網足以促使特定應用的生產力增加 2%，較預期值高出 1 倍。如此數值看似不甚驚人，卻等同於英國過去 10 年來的生產力平均增幅。<sup>33</sup>

5G 協助改善流程的方式，只受限於人類的創意。例如，在赫爾辛基的某個工廠，5G 連線型攝影機可以即時向低電壓傳動裝置的組裝人員提供資訊。攝影機影片能以機器視覺進行分析<sup>34</sup>，組裝方面的任何錯誤都將立即啟動警報。如果沒有警報，員工至少可以安心，因為這表示組裝流程完美無瑕。該廠應用的機器視覺，亦可在人體工學方面矯正員工在組裝時的身體與手部位置。

愛立信 (Ericsson) 正運用 5G 進行大約 1,000 個高精度螺絲起子的自動維修，並以使用程度作為根據。過去員工必須親手校正並潤滑螺絲起子，並針對螺絲起子需要維修服務的時機，運用書面系統加以追蹤。愛立信運用動作感測器，將螺絲起子的使用狀況化為數據，再運用窄頻物聯網 (NB-IoT) 模組進行連線，因而催升了相關流程的自動化，每年的工作量減少 50%。<sup>35</sup>



## 5G 用於流程重塑與新的營運模式

5G 最具吸引力的層面，或許是它能夠賦予企業徹底改造流程的能力，在製造方面尤其如此。5G 技術問世之際，許多國家的製造業都在尋求革新。對許多公司而言，這樣的技術來得正是時候。

汽車產業便是一例。今日的汽車買主希望愛車能夠個人化，也樂於為此付款。車輛製造商所提供的車款與子類別越來越多，以因應客戶的相關需求，然而生產線也因此必須配合提升彈性。為了滿足需求，德商梅賽德斯賓士 (Mercedes-Benz) 已根據名為「TecLine」的彈性生產線打造出新式工廠的範本。賓士的 TecLine 設施結合 5G 技術，廠內的彈性生產線包含 300 個沒有操作員的系統。組裝流程並未採取按部就班的線性組裝方式，而是由廠內不同區域的自動化運輸系統處理製程，智慧型撿貨系統會將合適的零件送至不同的工作站。<sup>36</sup>

Bosch Rexroth 正進一步發展這項概念。該公司正在中國西安興建工廠，該工廠僅有牆面、地板與天花板固定不動，其餘設施皆可移動。生產線採取模組化方式建立，相關機器透過 5G 彼此通訊，可以自行移動並重新組成新的生產線。<sup>37</sup>

其他產業亦可運用 5G 重塑流程。例如，醫院結合 5G，互連裝置數量可能比以前更多，縱使當裝置四處移動時也能保持連線。從磅秤到手臂式血壓計，醫療儀器可能不必再為了保持連線而留在固定位置<sup>38</sup>，醫師則可能透過這些裝置使用更精密的遠距造影及診斷功能。

## 企業 5G 專網的演進方式與私人分機交換機 (PBX) 相同

在早期的企業電話通訊中，語音通話是唯一的應用項目，當時企業如果想替 10 位員工備妥專屬電話號碼，就需要提供 10 條線路並支付相關的定期費用。假使某位員工想撥打內線電話，例如撥電話給 5 公尺以外的同事，訊號將從該員工的電話傳送至建物以外的電信業者總部轉接中心，再回傳至建物中同事的辦公室。這種方式自然不便宜，而且效率低又浪費。

到了 1970 年代，替代方案逐漸發展成形：自動化私人分機交換機 (PBX)。PBX 是企業設施內的電話交換器。每個內部電話都有自己的分機號碼。有了 PBX 之後，內線電話的訊號就不再需要離開辦公室：事實上，PBX 就是私人網路的一種，只有外線電話才會連接公共網路。企業可向電話公司租用 PBX，電話公司會提供維修與服務，再收取月費；自 1990 年代以來，企業亦可以自行採購並維修 PBX。PBX 具備公共網路線路欠缺的各種效益與特點 (例如等待接通時的音樂)，亦可擷節成本。

就早期的 PBX 而言，幾乎所有公司都委託電話公司安裝並維修 PBX。數十年後，由企業自行購置與操作型的 PBX 市場才開始發展。

到了 1988 年時，美國 PBX 市場每年約有 500 萬條電話線路。<sup>39</sup> 1997 年問世的網際網路通訊協定型 PBX (IP PBX) 技術，可讓企業運用 PBX 撥打市內與內線電話，甚至還可撥打長途電話，使得這類產品具備更多特點並進一步降低成本。<sup>40</sup> 透過 IP PBX，分佈各地的企業據點皆可納入國內或跨國的單一電話網路。

5G 專用網路和 PBX 一樣屬於內部獨立網路，卻也需要連接外界網路。相關網路可透過代管服務與電信業者合作，或是完全由企業自行管理。5G 專用網路具備許多公共 5G 欠缺的特點與效益，同時還可擷節成本。

就 5G 專網的早期發展而言，我們預期大多數公司將選擇委託專家代為管理：也就是同時經營公共 5G 網路的電信營運商。

---

## 結論

過去幾代通訊技術的改良，皆對企業造成顛覆性的積極影響，5G 第 16 版卻可能成為迄今最具顛覆性的行動技術。這種技術只要廣泛應用於專用網路，將對許多類型的公司造成顯著影響。

對於行動通訊營運商而言，5G 專用網路的成長可帶來額外營收。支援 5G 專網建設的業者，將有機會為企業 (尤其是中小企業) 建立並經營專用網路，提供網路管理技能。部分國家或地區的業者，有機會針對使用地理圍欄的特定地點轉租頻譜。如果想有效運用相關機會，今後的行動電信系統業者均必須培養提供垂直整合服務的能力，或與具備產業特有知識的公司相互合作：每個產業 — 或著是說每個網路建設 — 都可能有其專屬的需求及應用，需要速度、延遲時間、可靠性等性能屬性的不同組合。

對於網路設備廠商來說，5G 專網造就了範圍更廣泛的市場，可供他們銷售蜂巢式行動設備。某項預估 (但比較誇張) 指出，專用無線網路最多可能造就 1,400 萬座蜂巢式基地台，較全球公共行動營運商目前經營的 700 萬座基地台多出 1 倍 (然而企業蜂巢式網路的單一場所成本可能低於公共網路)<sup>41</sup>。5G 專用網路在維修方面的企業服務與支援需求，可能會創造更多業務機會。今後廠商必須決定是否直接向企業銷售產品，或是與行動營運商合作 — 合作形式通常為電信聯盟。

另一方面，主管機關必須決定企業專用網路可用的頻譜範圍 (若有的話)。某些國家或地區的主管機關，可能需要決定是否直接為企業分配頻譜，或是透過行動營運商分配頻譜。此外主管機關亦應考量哪些頻段的頻譜可以開放使用。

---

## 5G 專用網路的頻譜區段

5G 專用網路的性能，取決於可用頻譜的數量與範圍。中頻頻譜 (1-6 GHz) 在室內環境中表現良好，涵蓋範圍廣泛，基地台相對較少。毫米波頻譜 (24-29 GHz、37-43.5 GHz 及 66-71 GHz) 速度較快，延遲時間較短，其訊號比較容易留在建物內，干擾整體行動網路的可能性隨之降低；即便如此，該頻譜所需的基地台部署將比中頻更密集。

目前許多專用頻譜的使用方式皆已完成部署、處於試驗階段或納入考量。其中包括：

- 有執照頻譜 5G。運用這種方法，頻譜可分配予企業或交由營運商管理，據悉德國已經採用<sup>42</sup>。
- 有執照頻譜 LTE。
- 免執照頻譜獨立 LTE (MulteFire)。這是日本目前採用的方式，該國有意在最後將 MulteFire 改為 5G NR。
- 頻譜共用 LTE (例如美國的公民寬頻無線電服務 [CBRS] 區段)。美國的該項服務使用 3.5 GHz 區段，美國聯邦通信委員會已制定 3 個層級的頻譜共用架構。
- 免執照頻譜獨立 5G (MulteFire)。NR-U 即為一例，5 GHz 與 6 GHz 區段皆有獨立與非獨立運作模式。

數十萬家公司可能在未來 10 年內部署私人蜂巢式網路。某些公司可能將部分或所有纜線改為無線設備，然而「建設 5G 專網、調整流程並重新設計商業模式」的方式可能更加有利，也更具有挑戰性。越來越多的公司借助 5G 進行轉型，因

此產業面貌將有所改變，甚或大幅改變。假如這種情況成真，日後我們回顧歷史，5G 可能就不只是曾經出現的科技奇蹟，更是重塑企業經營方式的革命性力量。

# Endnotes

1. A survey by Gartner found that two-thirds of organizations planned to deploy 5G by 2020, predominantly for IoT communications and video. For more information, see: Gartner, "Gartner survey reveals two-thirds of organizations intend to deploy 5G by 2020," press release, December 18, 2018.
2. Qualcomm, "Expanding 5G NR to industrial IoT," accessed October 3, 2019.
3. Markus Fasse and Stephan Scheuer, "Carmakers want their own 5G networks," *Handelsblatt Today*, October 29, 2018.
4. Solmaz Niknam, Harpreet S. Dhillon, and Jeffery H. Reed, "Federated learning for wireless communications: Motivation, opportunities and challenges," Cornell University, September 6, 2019.
5. 5G delivers this capability via a single standard. In contrast, there are currently multiple industrial fixed ethernet systems: Sercos, PROFINET, and EtherCAT. For more information, see: 3GPP, "3GPP SA6 initiatives to enable new vertical applications," September 30, 2019.
6. For more information on the differences between releases 15 and 16, see: *IEEE Spectrum*, "3GPP release 15 overview," accessed October 3, 2019.
7. Gabriel Brown, *Ultra-reliable low-latency 5G for industrial automation*, Qualcomm, accessed October 3, 2019.
8. Lauren J. Young, "Telecom experts plot a path to 5G," *IEEE Spectrum*, October 6, 2015.
9. János Farkas et al., "5G-TSN integration for industrial automation," *Ericsson Technology Review*, August 27, 2019.
10. Chantal Polsonetti, "Could 5G NR + TSN mean the end of industrial ethernet as we know it?," ARC Advisory Group, June 10, 2018.
11. Yongbin Wei, "A new era in industrial production?," *New Electronics*, May 31, 2019.
12. Light Reading, "How can CoMP extend 5G NR to high capacity & ultra-reliable communications?," July 11, 2018.
13. Reuters, "Factbox: German industrial giants eye regional 5G licences," January 24, 2019.
14. ASUS, "AX6000 dual band 802.11 ax WiFi router supporting MU-MIMO and OFDMA technology, with AiProtection network security powered by Trend Micro, built-in WtFast game accelerator and adaptive QoS," accessed October 3, 2019.
15. Huawei, "World's largest automated container port uses 5.8 GHz LTE," accessed October 3, 2019.
16. Nokia, "Nokia's digitalization of its 5G Oulu factory recognized by the World Economic Forum as an "Advanced 4th industrial revolution lighthouse," press release, July 3, 2019.
17. Please see Deloitte TMT Prediction in the same series: *Robots on the move: Professional service robots set for double-digit growth*.
18. 3GPP, "Study on positioning use cases," accessed October 3, 2019; 3GPP, "Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains," accessed October 3, 2019.
19. Glastonbury Festival has 200,000 attendees plus staff. For more information, see Ben Wood, "The first 5G-enabled festival," CCS Insight, accessed October 3, 2019.
20. *IEEE Spectrum*, "Unlicensed spectrum may be critical to 5G," accessed October 3, 2019.
21. GSMA, *The mobile economy 2019*, 2019.



22. Vicki Holt, "Five expert insights into digital manufacturing and mass customization," *IndustryWeek*, July 19, 2018.
23. Mike Dano, "This hospital is installing 5G for one big reason: Getting rid of wires," *Light Reading*, January 29, 2019.
24. Harper Adams University, "Agricultural Engineering Precision Innovation (Agri-EPI) Centre," accessed October 3, 2019.
25. NTT Docomo, "Smart construction powered by 5G & IoT," accessed October 3, 2019.
26. Huawei, "KPN, Shell and partners test industrial 5G applications in the port of Rotterdam," November 6, 2018.
27. Xinhua, "China completes first 5G inspection of power lines," May 16, 2019.
28. International Data Corporation, "Augmented reality and virtual reality headsets poised for significant growth, according to IDC," March 28, 2019; Andrew McDonald, "CCS: VR and AR device sales to drop in 2018 despite long-term promise," *Digital TV Europe*, December 3, 2018.
29. The majority of VR units sold in 2019 were likely for use in consumer contexts, principally gaming. Shanhong Liu, "Unit shipments of virtual reality (VR) devices worldwide from 2017 to 2019 (in millions), by vendor," *Statista*, September 5, 2019.
30. Jeremy Horwitz, "AT&T: Our 5G network is ready for 2880×1600 VR and 5ms latency games," *VentureBeat*, April 1, 2019.
31. Ibid.
32. Ericsson, "Troubleshooting made easier with augmented reality," January 12, 2018.
33. Jayne Brooks, "UK's first 5G industrial trial suggests new technology could increase UK productivity by 2%," *Total Telecom*, June 18, 2019.
34. Juan Pedro Tomás, "ABB pilots industrial AI application using 5G," *Enterprise IoT Insights*, June 7, 2019.
35. Ericsson, "The world's first cellular IoT-based smart factory," accessed October 3, 2019.
36. Chris Davies, "Mercedes reveals the 5G robot-filled factory for its most high-tech cars," *SlashGear*, November 16, 2018.
37. Bosch Rexroth, "Bosch Rexroth invests in the factory of the future," press release, May 8, 2019.
38. Dano, "This hospital is installing 5G for one big reason."
39. *Network World*, "Intecom charts new strategy for future," June 26, 1989.
40. Kevin Gu, "How does a business phone system work?," *GenVoice*, May 10, 2019; Johnson Hur, "History of PBX," *BeBusinessed*, accessed October 3, 2019.
41. Mike Dano, "Nokia CTO: Private wireless could be 2x bigger than commercial wireless," *Light Reading*, May 30, 2019.
42. Bundesnetzagentur, "Electronic communications services," accessed October 3, 2019.





# 智慧型手機新經濟

## 邁向美金兆元商機

今日的智慧型手機銷售市場無比的龐大。然而，智慧型手機周邊相關產品及服務(智慧型手機新經濟：例如自拍棒、鈴聲、行動廣告與應用程式等)的銷售總額，很可能在短短幾年的時間內，超過智慧型手機本身的市場規模。

我們預測，智慧型手機周邊商品將在 2020 年創造 4,590 億美元的營收，<sup>1</sup> 營收將較前一年成

長 15% (580 億美元)，此數值超越了智慧型手機 2020 年的營收總額預估年增率 6% (266 億美元)。<sup>2</sup> 2020 年的智慧型手機銷售總額將達到 4,840 億美元<sup>3</sup>，至於整個智慧型手機生態系統 (智慧型手機及週邊商品) 的總金額則將突破 9,000 億美元。



這數值尚未計算行動與固網寬頻連線的支出金額，兩者皆可望在 2020 年創造數千億美元的營收。<sup>4</sup>

相關市場的潛力不止於此。由於智慧型手機周邊商品市場的最主要類別持續強勁成長，相關市場可望在 2023 年底前逐年成長 5% 至 10%。換言之，到了 2023 年，智慧型手機周邊商品的年度營收總額可能超過 5,000 億美元。

## 2020 年的智慧型手機銷售額料將達到 4,840 億美元，整個智慧型手機生態系統 (智慧型手機及週邊商品) 的總金額則將突破 9,000 億美元。

## 智慧型手機周邊商品包含了哪些項目？

智慧型手機周邊商品泛指各種不同的產品與服務 (圖 1)，其中大多數皆屬於下列的 3 大類別：

- **硬體：**其中包括音訊配件、電源相關配件、穿戴式裝置、智慧音箱、自拍棒與手機穩定器等相機配件、外盒與螢幕保護殼、手機架以及  
件。
- **內容：**主要為行動廣告，以及囊括遊戲、音樂、影片以及其他多種內容形式在內的軟體內容。
- **服務：**其中包括維修、保險、雲端儲存與商業軟體。

### 穿戴式裝置與智慧音箱的說明

我們的 2020 年智慧型手機周邊商品預測研究也將穿戴式裝置 (主要是運動手環與智慧手錶) 與智慧音箱的營收入範圍。這類產品本身固然屬於獨立裝置，但應用與操作上仍然高度依賴智慧型手機。

智慧手錶雖然也有螢幕與處理器，某些型號甚至可以自行連上網路，不過這類產品在與智慧手機連線、作為隨附裝置的時候，更能大幅拓展用途與功能。此外，智慧手錶的電池續航力有限，不足以維持行動網路連線的長期運作。<sup>5</sup> 智慧型手機的電池容量較大，足以彌補這樣的缺點，並透過藍牙技術將各種資訊的子集合 (例如新聞或訊息) 傳送至智慧手錶的螢幕上。

相較於運動手環與智慧手錶，智慧型手機的螢幕較大，更能完整顯示這類產品所蒐集的健康數據與環境資料 (例如步數、心跳速率及音量)。此外，透過智慧型手機的連線晶片，使用者可以更快速與第三方分享這類資料。

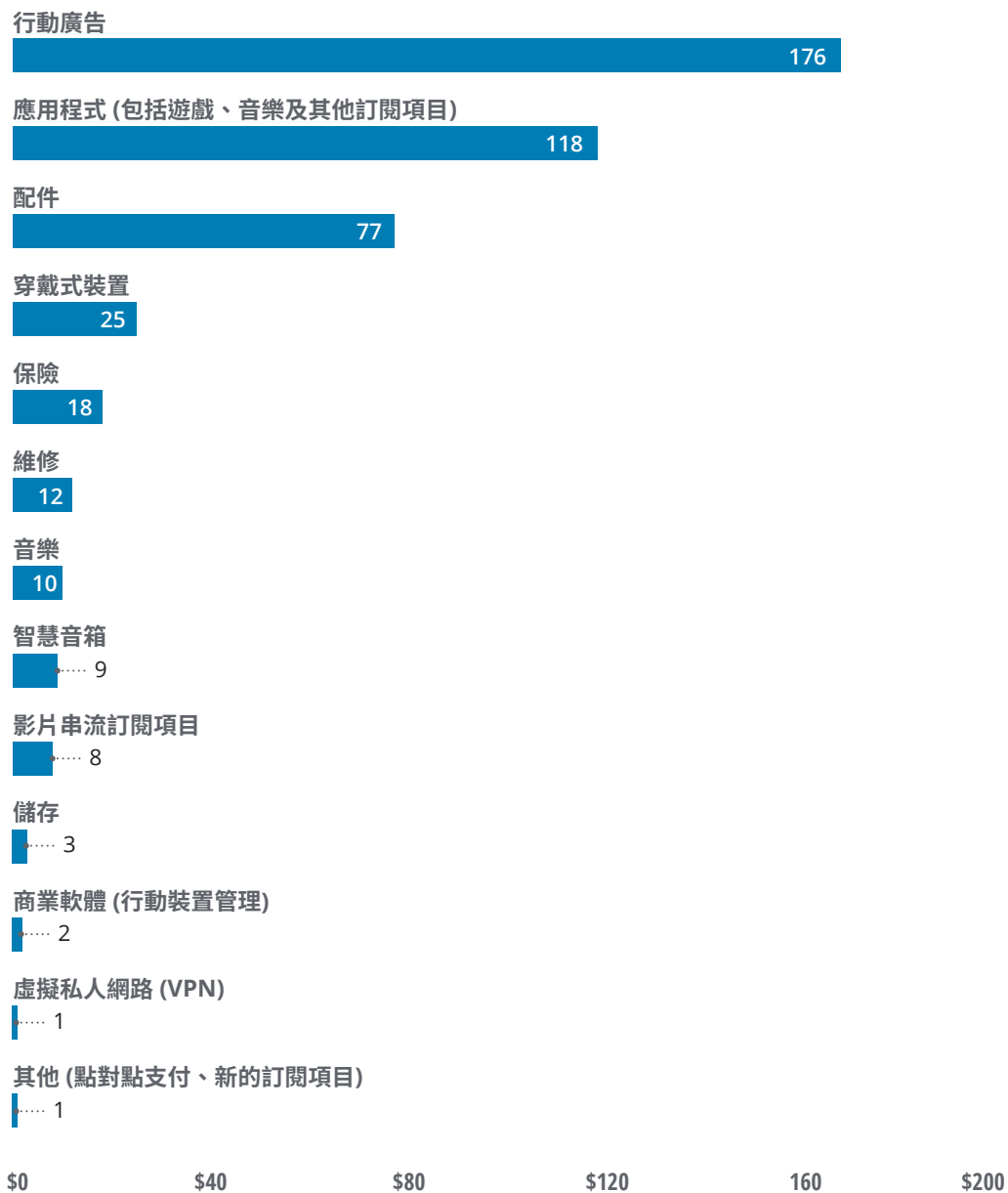
至於智慧音箱，大部分是沒有螢幕設計的產品，必須藉由智慧型手機才能進行設定，並以手機螢幕顯示音箱所提供的各種資訊，例如搜尋結果的輸出狀況。



圖 1

## 智慧型手機周邊商品市場涵蓋各種產品與服務

2020 年的智慧型手機周邊商品總額 (10 億美元)



資料來源：Deloitte 針對 App Annie、IFPI、Zenith 及其他機構的資料所作的分析。

我們預期，行動廣告、應用程式 (大多為遊戲) 與硬體配件，將成為 2020 年的智慧型手機增值商品的三大主力項目。我們預測這類產品將在 2020 年創造 3700 億美元的營收，佔總營收的 81%。就這點來說，智慧型手機的硬體配件的營收 (770 億美元) 已經比其他裝置類別的營收高出數倍之多：較平板電腦 (250 億美元) 高出 2 倍，較電玩主機 (150 億美元) 高出 4 倍，較智能喇叭 (90 億美元) 高出 7 倍，亦較虛擬實境裝置 (70 億美元) 高出 10 倍。<sup>6</sup>

## 深入剖析最賺錢的三大手機增值商品

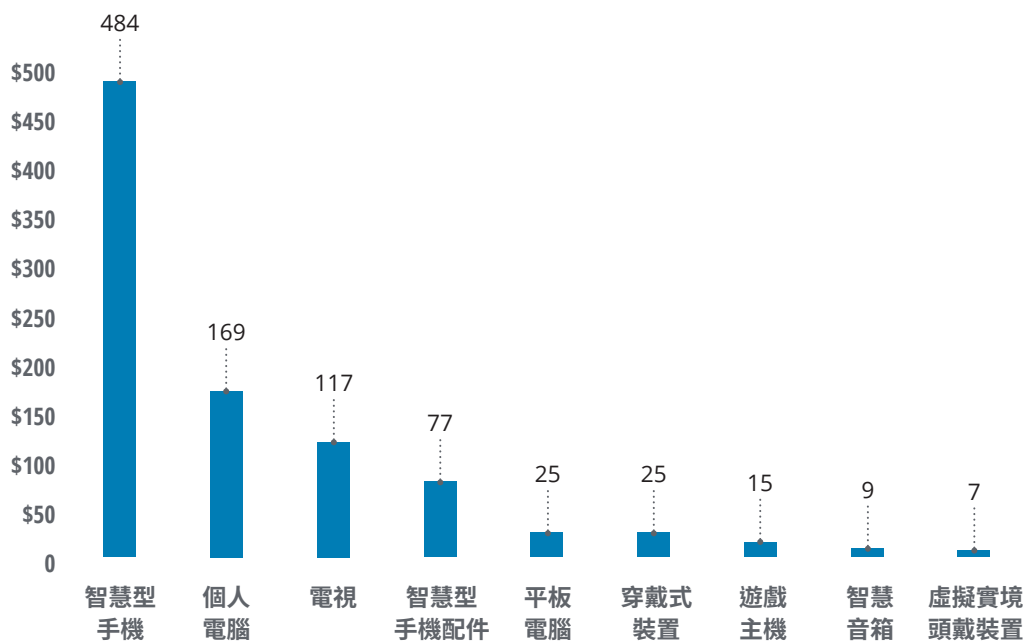
### 行動廣告：價值數十億美元

行動廣告是最賺錢的智慧手機增值商品，縱使智慧型手機的螢幕相對較小，這類廣告依舊蓬勃發展。手機螢幕的面積不大，卻幾乎無所不在、使用頻繁，並且高度深入個人生活。智慧型手機在所有的行動 (智慧型手機與平板電腦) 廣告當中所佔比重，料將在 2020 年達到 1760 億美元左右，年增率為 18%。

圖 2

### 光是智慧型手機硬體配件的銷售額，即已超過其他諸多裝置類別的銷售總額

2020 年智慧手機增值硬體營收 (10 億美元)



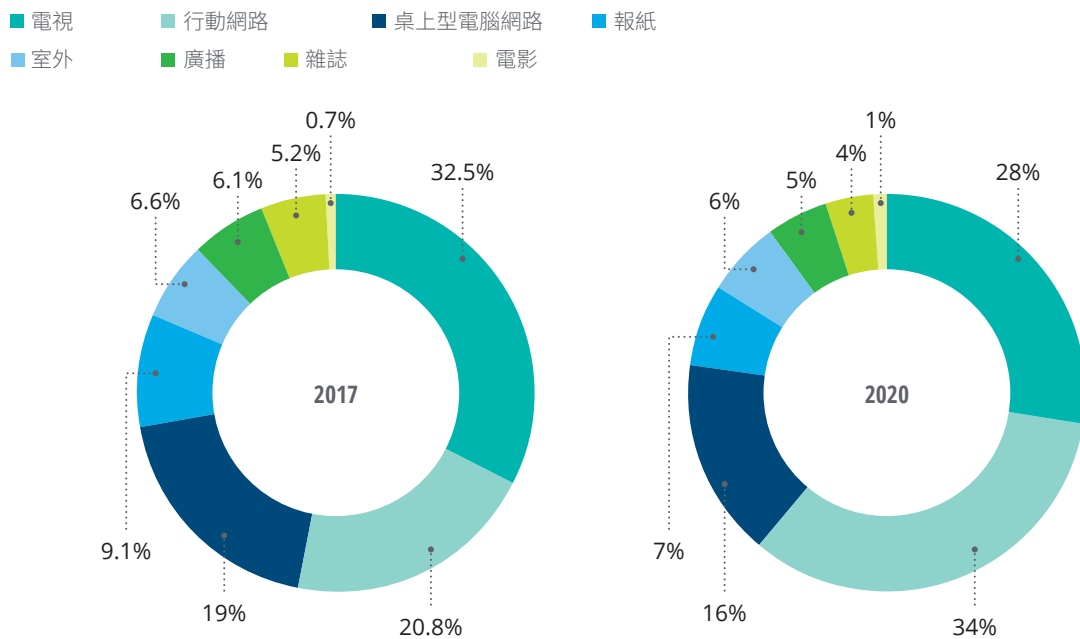
資料來源：Deloitte 針對 Canalis、IDC、SuperData 及其他機構的資料所作的分析。

在此同時，行動廣告也已經超越了電視廣告，成為 2019 年全球最大的廣告類別，未來亦將持續強勁成長。<sup>7</sup> 行動廣告在整體廣告支出總額所佔的比重，預計將在 2017 年與 2020 年這段期間成長 13.2% (圖 3)。相對地，電視廣告將在同期下滑 4.7%。由於新的行動廣告形式帶來助力，行動廣告亦可能在後續幾年內持續迅速成長。行動廣告支出數字預期將在 2020 年與 2021 年間增長 13%，而到了 2021 年，線上廣告整體營收 (涵蓋所有裝置) 在整體廣告營收總額所佔的比重則有機會超過五成 (52%)。<sup>8</sup> 尤其值得注意的是，線上影片與社群媒體也都促進了線上廣告的成長——日新月異的智慧型手機科技，是這類媒體的主要助力。<sup>9</sup>

**智慧型手機在所有行動廣告中所佔的比重，料將在 2020 年達到 1,760 億美元左右，年增率為 18%。**

圖 3

**行動廣告營收將在 2020 年首度超越電視廣告營收**



資料來源：Zenith，2019 年 9 月廣告支出預測，2019 年 9 月。

對於廣告主而言，智慧型手機無所不在的購物能力，正是它如此誘人的原因之一。手機的使用者只須輕觸螢幕幾次，就能輕鬆搜尋、瀏覽、購買並評論各種產品。事先儲存的信用卡與收件人地址資訊，加上生物特徵的驗證，允許使用者從事各種近乎即時的交易。擴增實境選單等更新一代的功能，甚至容許消費民眾先試用再購物。這種功能已經應用於某些產品上，例如 Kylie Jenner 推出的化妝品。<sup>10</sup> 與這種情況蔚為對比的，則是電視、印刷廣告之類的傳統媒體；傳統媒體需要由消費者透過連線型螢幕自行搜尋或購買產品。

圖像搜尋(又稱「反向圖片搜尋」)的問世，亦可能為行動廣告營收增添助力。<sup>11</sup> 透過圖像搜尋，照片本身就能取代文字，成為更稱職的「關鍵字」。智慧手機拍攝物件的能力遠勝於桌上型電腦或平板電腦，自然成為這種新興檢索方式的理想工具；智慧型手機的相機功能也不斷改良，低光攝影功能尤其如此<sup>12</sup>，因此虛擬搜尋的用途還有可能繼續擴大。

圖像搜尋才剛開始在歐美市場發展，卻已在中國廣為流行，目前已有將近四分之一的搜尋採取以圖找物的方式進行。阿里巴巴的淘寶網是頂尖的圖像搜尋引擎之一，目前儲存了 1,000 萬種產品的 30 億張圖片。<sup>13</sup>

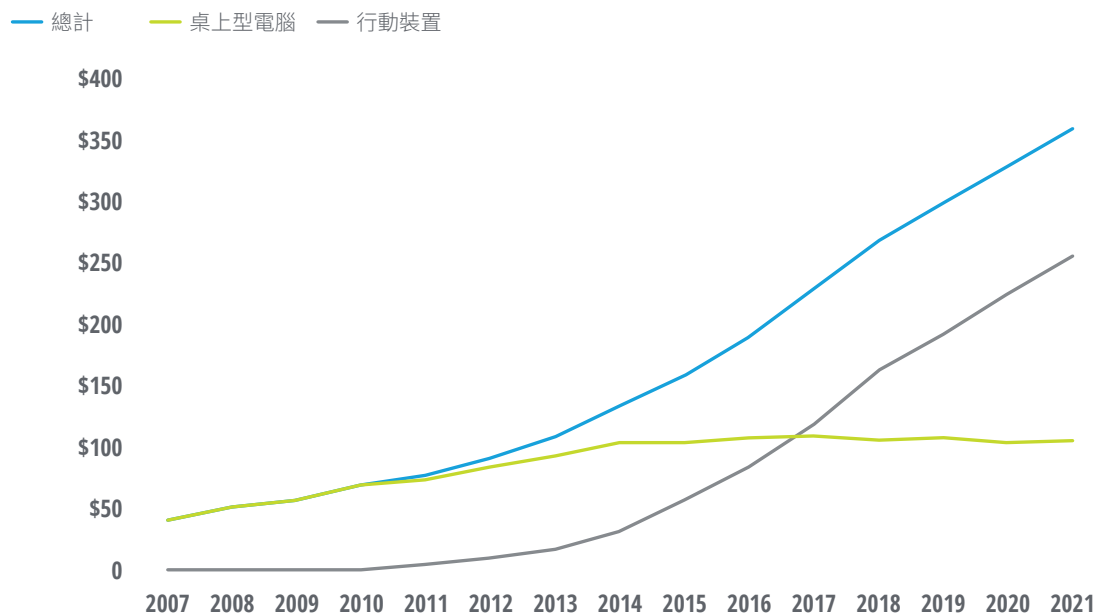
智慧型手機也有可能主宰另一種廣告形式：應用程式安裝廣告，其總值可望在 2020 年超過 600 億美元。<sup>14</sup> 應用程式安裝廣告會在應用程式內出現，鼓勵或推薦使用者下載其他應用程式。只要使用者因而安裝並啟用各種應用程式，就有機會產生幾塊錢的廣告款項。雖然所有的裝置都能使用應用程式，然而各種程式在智慧型手機上的使用頻率最高，可能成為廣告主向使用者提供應用程式安裝廣告時的主要平台。

有趣的是，自 2014 年以來，線上廣告的成長幾乎完全來自行動廣告。行動廣告支出可望由 2015 年的 560 億美元 — 約佔線上廣告總支出的三分之一，增至 2021 年的 2,510 億美元 — 整體支出的 71%。這段期間的桌上電腦線上廣告支出料將大致持平，每年約為 1,020 億美元(圖 4)。<sup>15</sup>

圖 4

### 行動裝置促進所有線上廣告支出的成長

網際網路廣告支出 (10 億美元)



資料來源：Zenith，2019 年 9 月廣告支出預測，2019 年 9 月。



## 應用程式：遊戲越來越多

應用程式是智慧手機周邊市場的第二大類產品，2020 年的營收總額可望達到 1,180 億美元。<sup>16</sup> 應用程式商店的總值可望在近期內持續成長，其主要動力來自現有的應用程式。

Google Play 與 Apple 的 App Store 將成為 2020 年營收最高的應用程式商店，這樣的預測也很符合許多人的預期。<sup>17</sup> 在 2020 年應用程式商店的總營收當中，這兩家商店的營收可望佔四分之三，其餘營收則來自於數百家應用程式商店，其中一部分的店家管理者同樣也是三星、華為、小米等智慧型手機廠商。<sup>18</sup> 許多商店皆設於中國，據估計中國境內共有 300 家 Android 應用程式商店。

應用程式的類型五花八門，其中包括遊戲、照片與影片、娛樂與生活型態、社交網路以及音樂。此外，應用程式商店的營收，也包含了隨選影片訂閱 (SVOD) 與音樂方面的少許營收。規模最大的內容供應商，通常會直接與用戶建立計費關係。

在各種不同產品中，遊戲應用程式顯然營收佔最大宗。這類程式可望在 2020 年創造將近 800 億美元的營收，較 2019 年增加超過 10%。<sup>19</sup> 手機與遊戲向來關係密切 — 即便是 2G 手機也大多提供 1 個以上的遊戲組合 (還記得「貪食蛇」嗎?) — 智慧型手機、應用程式商店與「先體驗、滿意再付費」(freemium) 的商業模式，造就了行動遊戲市場的蓬勃發展。根據一項預測，智慧型手機與平板電腦的遊戲應用程式營收，可能在 2022 年之前突破 1,000 億美元，智慧型手機使用者將貢獻超過 80% 的營收。<sup>20</sup> 行動遊戲長期訂購服務，則有機會進一步推升營收數字。

Apple 在 2019 年 9 月推出遊戲訂閱服務 Apple Arcade，該平台提供超過 100 種遊戲，其中某些遊戲乃是該平台特有的行動裝置專用遊戲，月費訂為每戶家庭 4.99 美元。<sup>21</sup> Google 在 2019 年 9 月 23 日推出遊戲訂閱服務 Play Pass。<sup>22</sup>

無庸置疑的是，行動遊戲產業受惠於智慧手機日益強大的處理能力，這樣的能力使得遊戲更具吸引力。目前功能最強大的智慧型手機可支援 120Hz 遊戲。120Hz 係指螢幕更新頻率為每秒 120 次<sup>23</sup>，造就出更加流暢的動作畫面，最適合影像動態迅速、頻繁變化的電玩遊戲。截至 2019 年 5 月，市面上已有超過 100 種手機支援此種高階影格率。<sup>24</sup>

## 無庸置疑的是，行動遊戲產業受惠於智慧手機日益強大的處理能力，這樣的能力使得遊戲更具吸引力。

遊戲串流 (即遊戲在雲端進行，再透過串流技術傳輸至行動裝置) 服務的問世，可能為市場帶來更多助力。Hatch Premium 是率先上市的遊戲串流訂購服務之一，用戶可不受限制地立即體驗超過 100 種優質付費型行動遊戲，其中包括 Hatch Originals。遊戲串流不但能替用戶省下裝置的記憶體空間，還能接受更多同好一起參與遊戲：多達數百位玩家得以合力完成拼圖、追捕敵人或相互競賽。5G 技術的延遲時間較短，或將使得行動遊戲串流成為更具吸引力的體驗。<sup>25</sup>

### 硬體配件：頭罩式耳機、電池與外盒

智慧型手機硬體配件市場的規模總額，料將在 2020 年達到 770 億美元，相關市場包含了三大主要的子類別：音訊、電力與防護。就這些類別而言，音訊與電力類別可能在中期內大幅成長。

頭罩式耳機的銷售額可能在未來幾年當中明顯成長，反映使用者陸續將有線頭罩式耳機升級為無線產品。目前仍有一些已開發國家（比利時、加拿大、丹麥、芬蘭、德國、愛爾蘭、義大利、日本、荷蘭、挪威、南韓、西班牙、瑞典、英國與美國）的智慧手機持有者，平日主要使用的是有線頭罩式耳機。根據我們的 2019 年已開發國家行動消費者調查，68% 的智慧手機持有者使用有線耳機，僅有 23% 的手機族使用無線耳機。<sup>26</sup> 無線耳機較為昂貴——優質無線耳機的售價通常在 100 至 200 美元之間，簡單的有線耳機鮮少要價超過 30 美元——卻在易用性方面佔有優勢：這類耳機沒有難以收納、容易打結的訊號線，也不容易被手臂或座椅扶手扯掉或纏住。此外甚至還有人說，無線耳機的音質較佳。在未來幾年當中，我們預期大多數的耳機持有者將會淘汰有線耳機，無線耳機銷售量可能在 2020 年攀升至 1.29 億組，遠遠超過 2018 年的銷售量 4,600 萬組。<sup>27</sup>

此外，隨著新的功能陸續問世，我們預期頭罩式耳機也將定期升級。音質、降噪、電池壽命、防水防汗、無線充電等項目，往後都有機會精進或改良。少數的智慧手機使用者，更將依據辦公室、運動、通勤、高傳真等不同環境的需求，同時備有多款頭罩式耳機。目前在英國的頭罩式耳機持有者當中，28% 的使用者擁有 2 款耳機，11% 的使用者擁有 3 款耳機，9% 的使用者擁有 4 款耳機。<sup>28</sup>

至於未來幾年的電力相關配件（外接型電池、更換型電池、充電器與充電線）需求，也可望持續處於高檔。速度更快的充電器也將熱銷，促進此

類產品的成長，尤其是在越來越多智慧手機支援 USB-C 技術的情況之下。目前，各種充電器的電力傳輸速度各有不同：標準充電器的功率為 2.5 瓦，速度最快的智慧型手機充電器則高達 40 瓦。<sup>29</sup> 反觀 USB-C 充電器的最高功率則可達到 100 瓦，是現行標準的 40 倍，同時還能支援雙向充電（因此這類裝置既可放電亦可充電）。<sup>30</sup> 裝置規格升級至 USB-C 標準的過程，料將費時多年才會完成，因此消費者為了升級而採購新產品的情況亦將持續多年。

## 頭罩式耳機的銷售額可能在未來幾年當中明顯成長，反映使用者陸續將有線頭罩式耳機升級為無線產品。

無線充電配件的需求，同樣可能有所增加。無線充電器的電力傳輸速度比較慢，但對於部分使用者來說，這類產品反而比較方便。目前已開發國家僅有少數（大約 20%）智慧型手機持有者使用的是無線充電器，然而主要的智慧型手機廠商都已經同意針對無線電力傳輸採用 Qi 標準，未來幾年的持有者人數可望逐漸增加。<sup>31</sup> 通用標準的建立，可能促使第三方配件廠商推出更多樣的無線充電器，持續壓低產品成本。（今日的無線充電器價格約為 10 美元，而且變得越來越平價。）<sup>32</sup> 目前也有某些無線充電器可以同時替多種裝置充電<sup>33</sup>，這種功能的吸引力更是逐漸水漲船高，因為大多數的使用者都將陸續採購更多支援無線充電的週邊商品，例如無線耳機、運動手環與智慧手錶。

攜帶式的外接電池組，今後可能仍是暢銷的週邊類型，因為裝置需要充電之際未必都有地方可供充電。全球行動電源市場的 2017 年銷售總額達到 163 億美元，2025 年的總額料將攀升至 194 億美元。<sup>34</sup> 目前，已開發國家智慧型手機持有者使用外接型電池的比例，僅略高於五成 (51%)；這類電池組的容量會隨著老舊化而逐漸減少，需要定期更換，使用者不得不再次購買產品。此外，各界爭相改採 USB-C，也有可能掀起一波緩慢卻無法逆轉的電池組升級熱潮，反映消費民眾所普遍渴望的更大電池容量以及更快充電速度。

## 市場基礎： 36 億智慧手機使用者 (持續增加中)

每一種成功的裝置，都會催生出新的生態系統，同時也仰賴著這樣的系統而存在。裝置本身越理想、越普及，生態系統就會越有活力。就這點來說，智慧型手機的相關配件、裝置、內容與服務如此多樣而豐富，堪稱是歷史上最成功的產品之一。

目前全球約有 36 億台使用中的智慧型手機。如此龐大的使用者族群，正是智慧型手機週邊商品的重要基礎，而且基礎仍在持續擴大。全球的智慧手機單位銷售量似乎已經接近頂峰，即每年 14 億至 16 億台，然而全球與各國的智慧型手機使用者總數料將持續增加。就現狀而言，2020 年的智慧型手機銷售量料將達到 16 億台，比其他的主要消費性裝置高出數倍之多。

由於 5G 技術帶來助力，2020 年的智慧型手機單位銷售量理當有所成長。<sup>35</sup> 接下來幾年的單位銷

售量，則有可能下滑，所幸降幅不大。許多市場的換機週期逐漸拉長，正是這種可能情境的跡象之一。例如，歐洲五大市場的新手機平均壽命，已由 2016 年的 23.4 個月延長至 2018 年的 26.2 個月。<sup>36</sup> 這種現象的成因，可能在於智慧型手機的功能逐漸逼近了極限。「升級」向來是銷售量的主要推手，但在今日的主流消費者眼中，這點似乎越來越不具意義，他們可能認為不需要為了一兩樣最新功能而換購新機，例如機械化彈出式自拍相機、更多的機背鏡頭，或是更深度的防水性能<sup>37</sup>。<sup>38</sup>

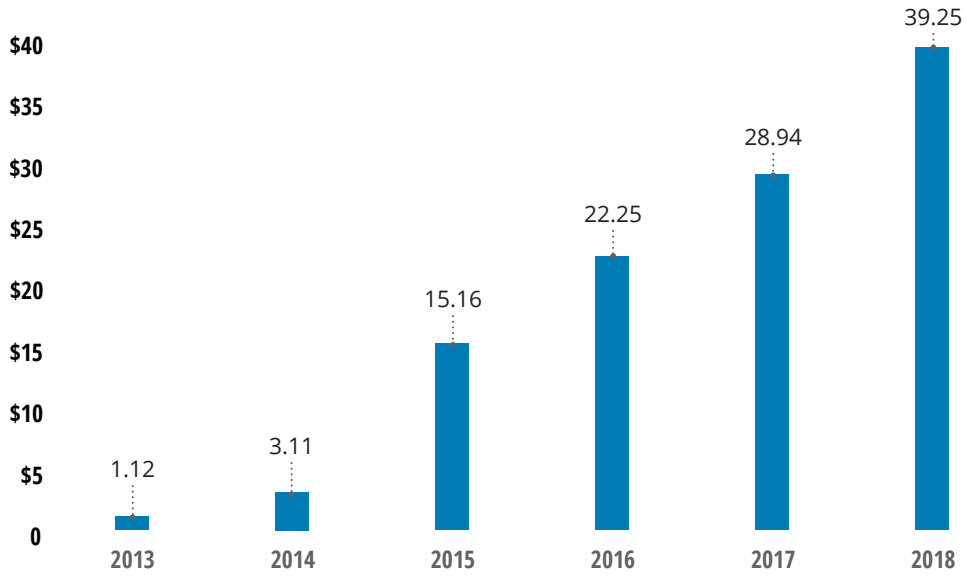
5G 手機的問世，則有可能小幅推升需求。折疊式與功能型手機的使用者，早在 10 年前即已全數改用 4G 智慧型手機，相形之下，今日的智慧手機使用者一有機會就馬上添購 5G 新機的誘因可能較弱。當年使用者改用 4G 手機時，就已經獲得了宛如 Wi-Fi 無線網路的戶外連線能力與頻寬，使用體驗大有改善；至於 5G 所提供的額外效益跟功能強化幅度，引人注目的程度則可能沒有那麼高。

**每一種成功的裝置，都會催生出新的生態系統，同時也仰賴著這樣的系統而存在。裝置本身越理想、越普及，生態系統就會越有活力。**

圖 5

## 中國的智慧型手機支付方式日漸普及

中國的行動支付交易總值 (兆美元)



資料來源：中國人民銀行、財新數據科技有限公司，環亞經濟數據有限公司 (CEIC)，摘自 Aaron Klein 執筆的 “Is China’s new payment system the future?” 報告書，Brookings Institution，2019 年 6 月 16 日。



## 結論

就每年的單位銷售額而言，智慧型手機市場正逐漸接近頂峰，然而相關市場也為廣告、硬體、內容、服務等多種相關營收來源奠定了基礎，其影響力正快速增強。這類附加營收將在 2020 年逼近 5,000 億美元，亦可能在未來 5 年內超越智慧手機本身的銷售總額。若是廠商有意投入智慧型手機相關事業，今後不難發現，最好的機會未必發生在智慧型手機市場裡，而是在智慧型手機所創造的各種外圍市場當中，這類市場規模龐大且不斷成長。

在近距離無線通訊 (NFC) 技術的促成之下，實體店面與網路的付款服務，可能帶來最值得矚目的商機。單就中國的情況來說，智慧型手機支付已經相當普遍，消費者在 2018 年使用手機支付的商品款項總額高達 41 兆美元(圖 5)。<sup>39</sup> 即便如此，歐美市場仍有重要的成長機會值得期待。目前使用手機進行實體店面交易的歐美國家消費民眾相對較少 (部分的主要業者已經提供這種選項)，然而越來越多人欣賞這種方式的優點，普及程度或將繼續提升。相較於晶片加個人識別碼 (PIN) 或是簽名加刷卡的方式 (兩者在美國依然普遍)，智慧型手機支付方式更加安全。舉例來說，「晶片加 PIN」或「簽名加刷卡」的傳統支付方式一旦遭到濫用，在發卡銀行偵知詐欺行為之前，遭竊的卡片可能已被盜用多次。畢竟簽名也是可以變造的；個人識別碼則有可能被站在背後的其他有心人士所看見。智慧型手機則針對每筆交易進行使用者驗證，亦可啟動生物特徵辨識，這樣的原理可能遠比其他方式來得更安全。此外，指紋讀取器與臉部印記固然也可能遭到矇騙或破解，但此舉相當耗費資源。NFC 型行動支付乃是使用一次性代碼驗證每筆帳款；代碼一旦遭到攔截，就再也無法用於另一筆交易。<sup>40</sup> 這種功能有機會廣泛應用，從而提升個人付款速度、減輕詐欺風險。<sup>41</sup>

企業應用程式提供了另一種不同的商機，例如某些軟體能以安全、加密方式，妥慎處理使用者智慧型手機中的工作電子郵件與檔案。<sup>42</sup> 目前專為智慧型手機設計的商業軟體不多：我們預測企業應用程式僅能在 2020 年創造 24 億美元的直接營收，遠低於同一年裡消費性應用程式的預期營收數字 (1180 億美元)。<sup>43</sup> 經營有成與新創立的公司，若能針對內部網路、開支處理等各種用途成功簡化並改造自身的企業對企業 (B2B) 軟體，提供予行動裝置使用，就有機會在相關領域發現新興財源。據估計，目前的已開發市場，僅有大約四成的勞工使用智慧型手機處理電話與即時通訊之外的工作。<sup>44</sup>

對於今日全球各地的數十億人口來說，沒有智慧型手機的生活，或是沒有各種應用程式、配件與附屬裝置協助手機充分發揮各種機能的日子，已經相當難以想像了。只要企業能設想出拓展智慧型手機既有功能的更多方式與可能性，欣欣向榮的智慧型手機週邊商品市場，顯然仍將繼續展現可觀而豐沛的商機。我們認為，這樣的商機，在可預見的將來，仍將欣欣向榮。

# Endnotes

1. Deloitte Global estimates based on various sources including 4A's, "Zenith advertising expenditure forecasts," September 2019; App Annie, *The state of mobile* 2019, 2019; International Federation of the Phonographic Industry, *IFPI global music report 2019*, April 2, 2019.
2. International Data Corporation (IDC) forecasts smartphone sales to increase by 39 million units in 2020. IDC also forecasts a five-year CAGR of 2.9 percent for the smartphone ASP. Based on this CAGR, the smartphone ASP for 2019 will reach US\$331 and for 2020 will reach US\$341. The variation in units and ASP gives us a total market value for 2020 of US\$484.1 billion, US\$26.6 billion greater than that of 2019. For units, see: Anthony Scarsella and William Stofega, "Worldwide smartphone forecast update, 2019–2023," IDC, June 2019; for ASP, see: Anthony Scarsella and William Stofega, "Worldwide smartphone forecast update, 2018–2022," IDC, June 2018.
3. This figure is based on IDC's units forecast of 1.42 billion smartphones expected to ship in 2020. IDC also forecasts a five-year CAGR of 2.9 percent for the smartphone ASP. Based on this CAGR, the smartphone ASP for 2020 will reach US\$341, giving us a total value of US\$484.1 billion. For units, see Scarsella and Stofega, "Worldwide smartphone forecast update, 2019–2023"; for ASP, see Scarsella and Stofega, "Worldwide smartphone forecast update, 2018–2022."
4. There are over one billion broadband connections globally. Average revenue per user varies, and in many developed markets the broadband connection is conditional upon the rental of a landline. In developed markets monthly broadband costs are between US\$20 and US\$50, equivalent to US\$240 to US\$600 per year. Broadband subscriber numbers are sourced from Point Topic. See also Mark Jackson, "Global fixed broadband subs total 1.047 billion as fibre dominates," *ISPReview*, July 23, 2019.
5. The size of a battery in a smart watch is typically a few hundred mAh, which is considerably smaller than batteries for smartphones, which tend to be a few hundred mAh. An indication of smart watch battery sizes is at: BatteryClerk, "Samsung Gear 1 SM-V700 replacement battery," accessed October 1, 2019.
6. Deloitte Global estimates based on various sources, including: Anthony Scarsella and William Stofega, "Worldwide smartphone forecast update, 2019–2023"; Jeremy Horwitz, "Canalys: Wearables have a \$200-\$399 sweet spot, led by Apple Watch," *VentureBeat*, August 15, 2019; Jeremy Horwitz, "SuperData: VR grew 30% in 2018 thanks to PSVR, Oculus Quest will be 2019's hit," *VentureBeat*, January 24, 2019.
7. Zenith, *Advertising expenditure forecasts September 2019*, September 2019.
8. Ibid.
9. David Murphy, "Zenith: Online advertising will exceed half of global ad spend in 2021," *Mobile Marketing*, July 8, 2019.
10. Robert Williams, "Kylie Jenner debuts AR lipstick filter on Instagram," *Mobile Marketer*, August 2, 2018.
11. Google, "Find related images with reverse image search," accessed October 1, 2019.
12. For more information in low-light capabilities in phones see Tristan Rayner, "Google is no longer the low-light camera king," *Dgit*, April 2, 2019; Yoni Heisler, "First photos taken with the iPhone 11's new night mode look incredible," *BGR*, September 12, 2019.
13. Jennifer O'Brien, "How Alibaba is using AI to power the future of business," *CMO*, May 18, 2018.
14. Richard Harris, "Mobile app ad spending predicted to hit \$64B by 2020," *App Developer Magazine*, December 20, 2018.
15. Zenith, *Advertising expenditure forecasts September 2019*.

16. To arrive at the total app store revenues, Deloitte Global has considered various publicly available information, such as: Sam Cheney and Eric Thompson, "The 2017–2022 app economy forecast: 6 billion devices, \$157 billion in spend & more," App Annie, May 2, 2018.
17. *TMT Predictions 2020* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. Apple App Store is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries.
18. Elad Natanson, "The 'Other' Android app stores – a new frontier for app discovery," *Forbes*, September 3, 2019.
19. To arrive at the games revenues, Deloitte Global has considered various publicly available information, such as: Sam Cheney and Eric Thompson, "The 2017–2022 app economy forecast."
20. Tom Wijman, "The global games market will generate \$152.1 billion in 2019 as the U.S. overtakes China as the biggest market," Newzoo, June 18, 2019.
21. Apple, "Apple Arcade: Play extraordinary," accessed September 20, 2019. *TMT Predictions 2020* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. Apple Arcade is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries.
22. Ron Amadeo, "Google confirms "Play Pass" subscription service for Android apps," *Ars Technica*, August 2, 2019.
23. There are multiple approaches to delivering ultra-smooth motion. One approach is a 120 Hz touch sample rate. See: Omar Sohail, "iPhone XS 120Hz touch sample rate explained: Not the same as the Razer Phone's 120Hz refresh rate but the start of something better," *Wccftech*, September 13, 2018.
24. Williams Pelegrin, "Here are all the 120Hz-enabled games you can play on the Razer Phone 2," *Android Authority*, May 11, 2019.
25. Hatch, "Hatch and Samsung extend 5G cloud gaming partnership to Europe," September 3, 2019.
26. Deloitte Global Mobile Consumer Survey, with all respondents residing in Belgium, Canada, Denmark, Finland, Germany, Ireland, Italy, Japan, the Netherlands, Norway, South Korea, Spain, Sweden, United Kingdom and United States of America. The research was conducted between May and September 2019.
27. Liz Lee, "True wireless hearables sales to climb to 129 million units globally by 2020," press release, Counterpoint Research, March 15, 2019.
28. Deloitte Global Mobile Consumer Survey, United Kingdom cut (survey fielded in May–June 2019).
29. Robert Triggs, "How fast charging really works," *Android Authority*, June 30, 2019.
30. Chris Hoffman, "USB Type-C explained: What is USB-C and why you'll want it," *How-To Geek*, June 8, 2018.
31. Wikipedia, "Qi (standard)," accessed October 1, 2019.
32. Amazon, "Wireless charger," accessed October 1, 2019.
33. Chaim Gartenberg, "The best wireless charger to buy right now," *Verge*, May 17, 2019.
34. Rahul Kumar and Divyanshi Tewari, *Power bank market by battery type (lithium ion and lithium polymer), power rating (up to 3000 mAh, 3,001–8,000 mAh, 8,001–20,000 mAh, and above 20,000 mAh), distribution channel (online and offline), and price range (low, mid – range, and premium range): Global opportunity analysis and industry forecast, 2019–2025*, Allied Market Research, November 2018.
35. Gartner, "Gartner says worldwide smartphone sales will decline 2.5% in 2019," press release, August 1, 2019.
36. Abigail Ng, "Smartphone users are waiting longer before upgrading – here's why," *CNBC*, May 16, 2019.
37. For more information on the differences in water resistance certifications, see Max Parker, "IP67 v IP68: Waterproof IP ratings explained," *Trusted Reviews*, February 11, 2019.

38. The availability of foldable screens may prompt mass upgrades, but likely not until prices have reached mass-market levels.
39. Aaron Klein, "Is China's new payment system the future?," Brookings Institution, June 16, 2019.
40. Apple, "Apple Pay security and privacy overview," accessed October 1, 2019. *TMT Predictions* is an independent publication and has not been authorized, sponsored, or otherwise approved by Apple Inc. Apple Pay is a trademark of Apple Inc., registered in the United States and other countries; Google, "How payments work," accessed October 1, 2019.
41. Tokenization within online payments from a smartphone could also be used to control fraud levels. For more information, see European Central Bank, "Fifth report on card fraud," September 26, 2018.
42. BlackBerry, "BlackBerry Work," accessed October 1, 2019.
43. Deloitte Global estimates based on various sources, including: App Annie, *The state of mobile 2019*; Sensor Tower, "5-year market forecast: App store and Google Play spending will grow 120% to reach \$156 billion by 2023," March 28, 2019; MarketsandMarkets, "Mobile device management (MDM) market worth 7.86 billion USD by 2023," March 29, 2018.
44. Deloitte, "More than 10 million UK workers could be using smartphones to boost productivity," press release, August 3, 2018.





## 尋找你的內容傳遞網路 (CDN)

影片、遊戲、以及更多令人驚豔的精彩內容

內容傳遞網路 (Content Delivery Network, CDN) 是今日網際網路世界的中流砥柱，CDN 使內容資料的儲存、傳播與運算在地理位置上更加接近使用者，從而提升媒體的品質、速度與可靠性。我們預測全球 CDN 市場規

模將在 2020 年達到 140 億美元，較 2019 年預估值 110 億美元成長超過 25%。此外，相關市場將在 2025 年之前成長超過 1 倍，達到 300 億美元，年複合成長率超過 16%。<sup>1</sup>

相關市場有所成長的主要原因，來自於消費者對線上串流影片與日俱增的需求。除此之外，越來越多的廣播節目與有線電視選擇使用直接服務消費者 (direct-to-customer) 的 OTT 線上傳遞網路，也助長了這波趨勢。未來，隨著實況轉播與線上串流遊戲的興起，相關市場或許還將更進一步成長，並催生更多的技術創新。不過，即便 CDN 的前途看似一片光明，但是當大型媒體集團、雲端及電信業者也紛紛開始開發或擴展自有的內容傳遞網路時，誰將成為市場成長的最終受惠者仍然是未知數。儘管日益增加的媒體內容持續創造更多的資料傳輸需求，連帶提高了必要軟體服務的市場價值，這些新進競爭者的成功仍然可能對現有 CDN 業者的獲利造成威脅。

## CDN 為何如此重要？

CDN 在網際網路的擴張與發展過程中，扮演著重要的角色。在互聯網發展的早期，當網路頻寬仍十分不足的時候，CDN 的主要功能在於提升網頁的載入速度，尤其是針對資料量龐大的部分 (例如高畫質的圖片檔案)。早期的 CDN 業者，如 Akamai，會在各處設置區域中心，用以儲存網站中所有圖片的副本 (也稱作快取(caches)，確保內容在地理位置上能夠更接近所有在世界各地瀏覽網際網路的民眾。由於提供服務的存取點 (PoP) 相當眾多，因此當位於舊金山的用戶瀏覽來自歐洲境內某個伺服器的網站內容時，他們的瀏覽器仍然可以直接從當地的 CDN 中心就近取得網頁的圖片副本，加快網頁載入速度。

當使用網際網路的民眾越來越多、可用的網路頻寬越來越大，網站與線上服務的內容就變得更加豐富，功能也更上層樓，進而推動了專用 CDN 的需求。這些專用 CDN 經過不斷演進，可以用於協助軟體下載、加速行動裝置內容、以及輔助瀏覽資料量更加龐大的檔案 (如影片)。更加精密複雜的網路與不斷擴充的功能，也推動 CDN 更快速改善用戶體驗，為 CDN 產業的成長奠定了基礎。隨著網際網路不斷成長，今日的全球頂尖 CDN 供應商，無不斥資數十億美元於擴充龐大的基礎設施，而當我們考量到未來的趨勢，這可能是相當必要的投資：到了 2022 年時，CDN 料將承載全球 72% 的網際網路流量，遠高於 2017 年的 56%。<sup>2</sup> 而除了既有的 CDN 供應商將採取行動之外，越來越多的媒體與電信業者也開始發展自有的 CDN。

典型的 CDN 會將媒體儲存與播放「設備」設置於邊緣網路、網際網路服務供應商 (ISP) 的設施，或是主要都會區的網際網路交換點 (IXP)，進一步貼近終端用戶。這類設施皆為箱型的實體設備，而且具備可觀的儲存能力與軟體功能，有時又被稱為「微型資料中心」。例如，Netflix 在全球各地的 OpenConnect CDN 設置了數千組這樣的裝置箱，每組設備最多可儲存多達 80% 的 Netflix 媒體內容。<sup>3</sup> 這些量身設計的裝置箱皆由供應商組裝，再交由區域 ISP 及 IXP 安裝。Netflix 的核心團隊負責管理新內容的轉碼，並定期更新邊緣設備所儲存的內容。該系統持續接受監控，偵測負載狀況與錯誤，可以將故障的設備迅速下線，其承載流量則移往其他的備援 PoP。<sup>4</sup>

## 透過網路播放影片

網路串流影片的需求持續增加，向來是 CDN 市場的最大成長動力，而展望未來，情況可能依然如此。當然，網際網路並不是觀賞影片的唯一方式，目前許多人仍使用各種其他的影片播放技術，例如傳統的廣播電視、有線電視、數位用戶線路 (簡稱 DSL，使用銅製電話線) 乃至私人網路電視 (IPTV) 網絡等。<sup>5</sup> 即便如此，在行動裝置普及率持續爆發性成長的今天，為了因應不斷改變的消費者行為，並藉由熱門內容賺取隨之而來的廣告收入，數位媒體傳播的方式已經從一開始的私人 IPTV 網絡拓展至於互聯網上運作的 OTT 網絡。網際網路使用程度的激增，以及寬頻網路普及率的上揚，促使 OTT 類型的影音傳播方式崛起，而 OTT 串流影音服務也回頭對網路流量產生貢獻，進一步推升網路使用與寬頻網路滲透率，形成了一個正向循環。

Sandvine 即指出，OTT 串流影片所使用的全球網際網路頻寬，已經超過 60% 之多。<sup>6</sup> 據估計，光是 Netflix 就佔用了 15% 的全球網際網路下載流量<sup>7</sup>，單一熱門串流影片服務最多則可佔用某些區域網路營運商多達 40% 的下載流量。<sup>8</sup> 影片流量的增加，可歸因於隨選串流影片 (SVOD) 服務的持續成長。全球串流影片服務的用戶數目，已在 2018 年首度超越有線電視，達到 6.13 億人，較前一年增長 27%。<sup>9</sup>

隨著數個全球主要 SVOD 服務的陸續問世，串流服務的全球用戶也有機會大幅增長。不過，OTT 影片流量的增加，未必能提升特定 CDN 供應商的營收。影片流量的成長主要來自大型 SVOD 服務、社交網路，以及其他自行經營 CDN 的超大型數位媒體公司。<sup>10</sup> 再者，大型媒體公司再進軍 SVOD 領域之後，可能會自行建構 CDN 網路，或者在某些情況下，使用自身控制下的既有網路。例如，某些收購媒體資產的大型電信公司，已經建構了自己的 CDN，並且藉此加強控管從雲端到消費者之間的内容傳遞。

儘管目前 SVOD 的成長主要由美國媒體帶動，不過也有一部分人認為，發展全球 CDN 網路將成為開啟全球媒體市場的敲門磚。<sup>11</sup> 分析師則預測，亞太市場的需求將會急速升溫；到了 2024 年時，亞太地區可望佔串流影片總流量的 51%，較 2018 年多了將近 1 倍。<sup>12</sup> 各國的 CDN 網路服務商都已經注意到並開始布局亞太市場，有些美國 CDN 供應商已經開始在亞洲市場提供 CDN 服務，而頂尖的中國 CDN 服務商則已經在國內設置超過 1000 個 PoP 節點，並在其他亞洲國家經營網路。<sup>13</sup> 然而，較低的網路覆蓋率與有限的行動網路資源，可能會使亞洲內容傳播市場的發展面臨挑戰。對於有意進軍亞洲的媒體業者而言，如果能與瞭解不同地區細微差異的 CDN 合作，可以減少一些可能遭遇的挑戰。

### 便捷影片串流幕後的艱辛工作

影片檔案非常龐大，業者需要運用極高的技術才能壓縮影片，將影片分割為可供傳播的段落，再依據數以億計的用戶的不同需求加以重組與串流，確保所有影片皆能保有高解析度與最短延遲時間。OTT 影片內容的數量與複雜程度持續增加，意味著更大的流量，更多的路徑規劃，以及負責迅速傳遞可靠內容的 CDN 更需要管理、最佳化與預測。

從技術角度來看，直播與隨選影片串流的檔案資料勢必非常龐大，才能確保收視戶享有高解析度的畫面。影音串流是內容服務商與用戶之間的單向溝通，互動的程度並不深，但還是包含了大量資料。串流需要緩衝並使用快取記憶體，以免影片延遲或中斷。即時訊息通訊協定 (RTMP) 等十多年前問世的原有通訊協定，旨在為影片編碼並透過網路將其傳送給客戶；這類協定有可能被新出現的解決方案所取代，例如安全可靠傳輸 (SRT, Secure Reliable Transport)，新的方案旨在進一步縮短延遲時間，同時因應直播與隨選串流影音的要求。例如，CDN 巨擘 Akamai 已宣佈與 Bitmovin 合作，努力開發「新一代的編碼功能」，其中包括 SRT。<sup>14</sup>

直播影片串流尤其可能正面挑戰 CDN 的既有功能與效能。直播影片串流除了可以協助音樂會、體育賽事這類具即時性的活動，同時也提供社群串流的服務，賦予所有人隨時發布串流影音的能力。這種全球性的現象正變得更加風行，中國的字節跳動科技有限公司 (ByteDance) 推出社交串流平台「抖音」(TikTok) 之後，前兩年的下載次數已有將近 10 億次。<sup>15</sup> 許多用戶透過串流，與各地的線上網友分享自身生活點滴，不但使得觀眾群更加零碎、分布廣泛，也推動小眾的免費內容成為觀影習慣的主流。據估計，2018 年 CDN 經手的影片總流量為 58 EB (Exabytes, EB)，其中直播影片串流的部分占 11 EB；預計到了 2024 年時，影片串流的總流量將達到 453 EB，直播影片串流的部分將達到 238 EB，即總流量的五成。<sup>16</sup>

當直播串流服務的觀眾逐漸增加，CDN 也應當有所成長。傳遞直播串流內容的 CDN 必須能即時針對影片編碼、將影片副本傳至 PoP，以及管理用戶對內容提出的需求。大型音樂會、錦標賽等事先排定的活動，固然可以預先分配網路資源，但是出乎意料的事件也可能隨時爆發。深具影響力的名人或意見領袖(Key Opinion Leader, KOL)，也可能突然吸引大量觀眾上線收看他們的串流，突發的新聞事件亦然。CDN 必須能迅速偵測並靈活回應流量的激增狀況，滿足區域或全球的突發需求。

除了時機與資源分配方面的議題之外，CDN 亦必須因應「在範圍廣泛且不斷變化的網路、電信業者、裝置及觀眾之間，明智經營事業」的艱難挑戰。為了有效達成目標，CDN 必須持續進行分析並做出適當回應，而且非常需要持續瞭解網路效能。對於透過電信業者網路傳遞內容的 CDN 來說，對路徑規劃的相關理解，勢必成為確保串流性能卓越的關鍵。CDN 的內容可能同時透過不同電信業者的線路傳送，當其中一條線路發生故障

導致網速降低，甚至危及整個串流服務時，CDN 系統可以機動調整流量至其他電信業者手中，避免串流服務崩潰的風險。評估電信業者的網路品質，亦可協助 CDN 判定錯誤的可能來源。離開 CDN 邊緣網路之後，串流還必須經過末端網路，其中包括有線與無線電信業者，以及家用 Wi-Fi 等諸多存取點。儘管 CDN 大致上可以洞悉這些糾結交錯網路的交互關係，卻通常無法有效的加以管理。

最後，媒體業者與 CDN 供應商身處競爭日益激烈的環境，如何「確保終端用戶獲得優質體驗」理所當然成為第一要務。除此之外，低畫質的影片，或是經常中斷緩衝的串流，也有可能迅速損及 CDN 營運商的聲譽，種種因素都迫使業者不得不斥資建立精密的監控系統以及足夠的分析能力。透過在軟體層提供狀態檢視的功能，擷取資料並依據資料分析結果運作 CDN，並將網路規模負載平衡、錯誤偵測及需求預測自動化。更加精密的資料科學與機器學習解決方案，則可以先行預測數位內容與硬體資產的故障率，再針對終端用戶加以部署。<sup>17</sup> 這類方案亦可預測特定區域需求激增的情況，直接針對相關存取點 (PoPs) 預先分配資源，甚至針對特定區域的設備提供內容副本 (例如將預期需求較高的新上映電影檔案副本，先行儲存於高使用量的 CDN 中)。<sup>18</sup>

## 串流電玩遊戲： 下個階段的重大挑戰

網路固然已經順應 OTT 影片的成長而有所擴張，但是內容更豐富、更加動態的新內容，今後仍有可能快速搶佔、耗用網路基礎設施的既有資源。全球最大的幾家雲端供應商已經先後宣佈，即將提供多人連線電玩遊戲串流服務。不過，電玩遊戲串流所將遭遇的挑戰，顯然與過去串流影片的發展經驗有所不同。



「在玩家裝置上展示遊戲內容」與「播放串流影片」，兩者間的差別看似不算大，然而相對於串流影音，在多人連線電玩遊戲裡，播送的「遊戲內容」會持續隨著奔跑、轉身、射擊等玩家命令，即時發生變動，因此每位玩家所看見的遊戲畫面也有所不同，這也反映每個角色在遊戲世界當中不一樣的地理位置。正因如此，資料必須下載至玩家的裝置，也必須上傳至遊戲伺服器，而且玩家行動與遊戲伺服器之間的互動不能出現明顯的延遲。只要延遲時間超過 50 毫秒左右，許多熱門電玩遊戲就無法順暢進行，喪失了應有的逼真與臨場感。<sup>19</sup> 速度（取決於頻寬）也是一大挑戰，在行動裝置的小螢幕上持續繪製與重繪圖像是一回事，但另一方面也有不少的玩家使用大型 4K 螢幕進行遊戲，某些電視廠商更承諾將提供 8K 畫質的感官體驗，終端裝置畫質的不斷提升，也將大幅提高對串流資料量的需求並進一步對網路的頻寬是否足夠造成挑戰。

唯有強大的運算能力與充裕的網路資源，才能確保遊戲環境與玩家之間的互動能立即同步，在同步範圍必須涵蓋全球各地的情況下尤其如此。今日最熱門的多人連線遊戲，都必須能容納多達 100 萬以上的玩家同時參與，但其管理方式乃是利用同一套遊戲場景建立數個不同的副本，將所有用戶劃分成較小的不同群組捉對廝殺（例如創造 1 萬個不同的「平行空間」，每個空間分別容納 100 位左右的玩家）。較新的電玩遊戲串流業者則宣稱，他們的技術足以打造擬真的單一遊戲地圖，同時支援數千位玩家上線同樂，如此一來 CDN 更需要管理必要的同步作業。

Google 即以新推出的串流電玩服務 Stadia，正面迎接這項新挑戰；而為了順利克服瓶頸與難題，可能需要各種基礎設施、專業知識及龐大資金。Google 在 2018 年第四季的資本支出增加

80%，達到了 68 億美元，不過支出的名目大多屬於資料中心、伺服器之類，不是明確、具體的類別。<sup>20</sup> 另一方面，Google 也在拓展光纖網路，新網路裡佈建了數百個 PoP 與數千個邊緣運算處理節點。Google 為了支援 YouTube 的龐大工作負荷，長年經營著成熟而健全的 CDN，並運用資料科學與機器學習方面的專業知識，管理需求及內容傳遞；事實上，就這方面來說，Stadia 宛如 YouTube 服務的某種延伸。如此一來，Google 未來也可能有機會掌握優勢，透過自身的 CDN 取得遊戲流量。畢竟，若能以自有的網路建設經營主要平台服務，CDN 的整體營收也可望進一步累積。

值得注意的是，在串流電玩遊戲面臨諸多技術與市場挑戰的現在，已有多家頂尖遊戲發行商宣佈，有意針對旗下熱門遊戲發展雲端串流。想當然爾，他們可能也需要 CDN 服務的協助。全球電玩遊戲市場總計有超過 25 億玩家，2020 年的相關營收預估將達到 1500 億美元，因此遊戲發行商與 CDN 同樣享有相互合作的空間，可以攜手打造新一代的串流媒體。

**全球最大的幾家雲端供應商已經宣佈有意提供多人連線電玩串流服務，不過，電玩遊戲串流所將遭遇的挑戰，顯然與過去串流影片的發展經驗有所不同。**

---

## 結論

目前全球多數民眾的網際網路使用時間，大多用於串流影片，網際網路本身則可分為雲端服務與邊緣 CDN 功能。直播串流影片的成長與電玩遊戲串流的潛力，亦有可能進一步影響市場競爭與相關創新。這類變化勢必對於某些業者產生具體影響，例如媒體公司、電信業者或是 CDN 供應商。

媒體公司可能將當前環境視為利多，因而將更多內容移往 CDN，然而這絕對不是簡單的決策。儘管在部分主要地理區域的營收成長已經趨緩，廣播與付費電視仍然頗受歡迎。<sup>21</sup> 此外，使用 IPTV 網路或是機上盒的收視方式不易改變，要將觀眾轉移至可能涉及風險的 OTT 服務也並不容易。大多數的媒體公司，有可能自行經營 OTT 業務，同時提供廣播及付費電視服務，再觀察市場需求，判斷哪種服務吸引了最多的用戶。

對於將 OTT 納入組織策略計畫的諸多媒體公司而言，他們的問題在於：如何著手？是否應與 CDN 供應商合作？是否應該繼續深化在發展早期串流服務時與 CDN 供應商建立的關係？或者他們應當另闢蹊徑，全力打造自己的 CDN？當媒體公司考量到自身可能在「控管內容傳遞」與「掌控從內容到終端消費者之間的完整價值鏈」方面，額外發現其他潛在的競爭優勢，各項因素的取捨勢必更加困難。各大媒體公司有可能選擇自行建構網路，以控管整個傳遞過程，同時確保對於觀眾端所產生的資料掌握主導權。即便如此，具備足夠資本的，可能僅限於少數幾家業者。其餘業者則會轉而向 CDN 供應商租用流量服務，而 CDN 供應商則付費向電信業者租用網路建設來經營他們的服務。目前 CDN 傳遞服務的租費極低，因此租賃有可能成為更吸引人的選項；與此同時 CDN 供應商也將面臨更大的壓力，因為他們必須提供其他服務，或是採用逐案審查的浮動計價模式，從而提升毛利率。<sup>22</sup>

許多電信業者已經開始經營 CDN 並出租存取權，然而隨著 CDN 租費的毛利率逐漸下滑，將 CDN 存取權出租給內容供應商的獲利可能減少。在這種情況下，已經取得媒體內容的電信業者，可能有意針對自有內容的傳播能力投入更多資金。同時，電信業者也摩拳擦掌，積極擴充基地台設備並銷售邊緣服務 (Edge service)。他們能否順利銷售 CDN 與邊緣服務，同時持續投資以研發與眾不同的自有內容傳遞方式？此外，還有另外一個值得考量的因素：透過 CDN 與邊緣運算服務，電信業者得以向客戶提供更多感測與分析功能，相關功能有機會轉化成績效及創新。假如業者有意透過掌控私有 CDN，取得內容傳遞與分析方面的競爭優勢，有沒有明確的途徑可供依循？

就內容傳遞至用戶端的過程而言，「最後一哩路 (Last mile)」亦是由電信業者所把持。他們能不能運用這樣的獨佔性控制權，成功創造價值？根據思科 (Cisco) 的預測，到了 2022 年時，12% 的行動網路流量將使用 5G 技術，5G 連線的每月平均流量將高達 21 GB。一旦 5G 普遍獲得採用，控制末端傳遞的電信業者，是否也將隨之獲得更多權力？是否會催生出內容更加豐富、我們未曾想像過的新興媒體？

至於 CDN 供應商，則可能在負載容量、服務品質、負載平衡與需求預測 (因應越來越多觀眾改用串流服務的需求) 等層面，面臨更多的挑戰。市場競爭可能導致 CDN 租費進一步下滑，與雲端供應商目前必須克服的課題相仿。此外，頂尖的 CDN 業者未來可能會在安全傳遞智慧財產、有效防止外在入侵與偷竊等議題上，承受更大的市場壓力。為了因應相關的需求，CDN 可能會進行更多資料分析與機器學習，亦可能使用內容區塊鏈，從而管理日益複雜的工作 — 相關措施都有可能導致營運成本的增加。運算儲存 (computation storage) 與路徑規劃 (routing)，則可能促使業者對硬體進行投資；負載平衡、串流最佳化、需求預測與安全疑慮，則可能會在軟體功能層面有更多著墨。

---

另一方面，CDN 亦可能面臨競爭加劇與內容傳遞毛利率下滑的情況，卻也有機會在更多雲端服務移往邊緣 (Edge) 之際，趁機拓展事業。電信業者有意跨足 CDN 領域，CDN 業者也相繼推出邊緣運算服務<sup>23</sup>，畢竟這類服務不僅適用於媒體，也適用於物聯網應用。<sup>24</sup> 精明的投資人、業者與有關人員，理當關注 CDN 供應商的相關聲明，畢竟 CDN 業者的行動也許能夠在邊緣運算技術方面給予他們更大的競爭優勢，各種相關演變甚至足以改造雲端供應商、電信業者與 CDN 的原有經營形態。

網際網路影片的需求與日俱增，電玩遊戲串流等新興服務項目亦陸續問世，兩種主流應用將持續塑造網際網路的新面貌，因應各方用戶的需求。在硬體創新與人類行為的交互影響下，各種網路應用將持續共同演進。CDN 市場料將在近期內大幅成長。這點對於在相關市場中彼此較勁的 CDN 供應商、媒體公司及電信業者會有什麼影響，有待後續追蹤評估。





# Endnotes

1. Mordor Intelligence, *Content delivery network (CDN) market - growth, trends, and forecast (2019 - 2024)*, Research and Markets, May 2019.
2. Cisco, *Cisco Visual Networking Index: Forecast and trends, 2017-2022 white paper*, February 27, 2019.
3. Eric Limer, "This box can hold an entire Netflix," Gizmodo, July 23, 2014.
4. Netflix, "Open Connect appliances," accessed October 11, 2019.
5. Duncan Stewart, "My antennae are tingling: Terrestrial TV's surprising staying power," *TMT Predictions 2020*, Deloitte Insights, December 9, 2020.
6. Cam Cullen, "Sandvine releases 2019 global internet phenomena report," Sandvine, September 10, 2019.
7. Cam Cullen, "Global internet phenomena report: Netflix is approximately 15 per cent of worldwide downstream traffic," Sandvine, September 28, 2018.
8. Todd Spangler, "Netflix eats up 15% of all internet downstream traffic worldwide (study)," *Variety*, October 2, 2018.
9. Andrew Liptak, "The MPAA says streaming video has surpassed cable subscriptions worldwide," *Verge*, March 21, 2019.
10. Dan Rayburn, "Update on CDN market trends: Latest CDN data shows pricing hitting rock bottom at \$0.001 per GB, here's what it means for the industry," *Streaming Media Blog*, May 9, 2019.
11. Todd Spangler and Leo Barraclough, "Disney Plus: First global markets get launch dates, pricing," *Variety*, August 19, 2019.
12. Rapid TV News, "SRT triggering video surge bigger than SVOD," July 22, 2019.
13. Alibaba Cloud, "Alibaba Cloud CDN vs. AWS CDN and Akamai China coverage," *Medium*, January 31, 2018.
14. Michelle Clancy, "Akamai integrates Bitmovin for transcoding," *Rapid TV News*, April 6, 2019.
15. Eamon Barrett, "Can TikTok turn 950 million downloads into a booming business?," *Fortune*, June 26, 2019.
16. Rapid TV News, "SRT triggering video surge bigger than SVOD."
17. Nirmal Govind and Athula Balachandran (Netflix Technology Blog), "Optimizing content quality control at Netflix with predictive modeling," *Medium*, December 10, 2015.
18. Andrew Berglund (Netflix Technology Blog), "How data science helps power worldwide delivery of Netflix content," *Medium*, May 26, 2017.
19. Plug Things In, "What is latency?," accessed October 11, 2019.
20. Tom Krazit, "Google boosts capital expenditures in Q4 by 80 percent to \$6.8B as it chases cloud rivals," *GeekWire*, February 4, 2019.
21. Duncan Stewart, "My antennae are tingling: Terrestrial TV's surprising staying power," *TMT Predictions 2020*, Deloitte Insights, December 9, 2020.
22. Rayburn, "Update on CDN market trends."
23. Akamai, "Akamai introduces the Edge Cloud solution, designed to scale, secure and simplify IoT connected device and in-application messaging," press release, June 12, 2019.
24. Ibid.

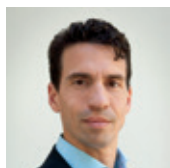


# 關於作者



**Paul Lee | paullee@deloitte.co.uk**

Paul Lee is a UK partner and the global head of research for the technology, media, and telecommunications (TMT) industry at Deloitte. In addition to running the TMT research team globally, Lee manages the industry research team for Deloitte UK.



**Jeff Loucks | jloucks@deloitte.co**

Jeff Loucks is the executive director of Deloitte's Center for Technology, Media & Telecommunications. He is especially interested in the strategies that organizations use to adapt to accelerating change, conducting research and writing on topics that help companies capitalize on technological change.



**Duncan Stewart | dunstewart@deloitte.ca**

Duncan Stewart is the director of research for the technology, media, and telecom-munications (TMT) industry for Deloitte Canada. He presents regularly at conferences and to companies on marketing, technology, consumer trends, and the longer-term TMT outlook.



**David Jarvis | davjarvis@deloitte.com**

David Jarvis is a senior research manager with Deloitte's Center for Technology, Media & Telecommunications. He has more than 12 years of experience in the technology industry focusing on emerging business and technology issues and the potential impacts of longer-term change.



**Chris Arkenberg | carkenberg@deloitte.com**

Chris Arkenberg is a research manager with Deloitte's Center for Technology, Media & Telecommunications. He has dedicated his career to exploring how people and organizations interact with transformational technologies.

# 聯絡我們

## 勤業眾信高科技、媒體及電信產業服務團隊

### 陳明輝 會計師 Gordon Chen

高科技產業負責人

gordonchen@deloitte.com.tw

### 溫紹群 執行副總經理 Rick Wen

電信、媒體與娛樂產業負責人

rickwen@deloitte.com.tw

### 吳佳翰 執行副總經理 Chia-han Wu

風險諮詢服務

chiahwu@deloitte.com.tw

### 潘家涓 執行副總經理 Maggie Pan

財務顧問服務

mpan@deloitte.com.tw

### 李惠先 會計師 Susan Lee

稅務服務

susanhlee@deloitte.com.tw

### 鄭興 執行副總經理 Benson Cheng

管理顧問服務

bensonhcheng@deloitte.com.tw

## 專案聯絡

### 方瑋如 Betty Fang

高科技、媒體及電信產業專案主任

befang@deloitte.com.tw

### 張竣庭 Joseph Jang

高科技、媒體及電信產業專員

josjang@deloitte.com.tw

# Deloitte.

## Insights

Sign up for Deloitte Insights updates at [www.deloitte.com/insights](http://www.deloitte.com/insights).



Follow @DeloitteInsight

### **Deloitte Insights contributors**

**Editorial:** Junko Kaji, Blythe Hurley, Preetha Devan, Rupesh Bhat, Abrar Khan, Nairita Gangopadhyay, and Anya George Tharakan

**Creative:** Mark Milward

**Promotion:** Maria Martin Cirujano

**Cover artwork:** Stuart Briers

### **About Deloitte Insights**

Deloitte Insights publishes original articles, reports and periodicals that provide insights for businesses, the public sector and NGOs. Our goal is to draw upon research and experience from throughout our professional services organization, and that of coauthors in academia and business, to advance the conversation on a broad spectrum of topics of interest to executives and government leaders.

Deloitte Insights is an imprint of Deloitte Development LLC.

### **About this publication**

This publication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or its and their affiliates are, by means of this publication, rendering accounting, business, financial, investment, legal, tax, or other professional advice or services. This publication is not a substitute for such professional advice or services, nor should it be used as a basis for any decision or action that may affect your finances or your business. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser.

None of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or its and their respective affiliates shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this publication.

### **About Deloitte**

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee ("DTTL"), its network of member firms, and their related entities. DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL (also referred to as "Deloitte Global") does not provide services to clients. In the United States, Deloitte refers to one or more of the US member firms of DTTL, their related entities that operate using the "Deloitte" name in the United States and their respective affiliates. Certain services may not be available to attest clients under the rules and regulations of public accounting. Please see [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) to learn more about our global network of member firms.