



YAN TAW (Y.T.) BOON

亞洲股票研究總監

HARI RAMANAN

投資長—主題式基金

投資網聯世界：放眼電訊之外、探索5G未來

5G問世將影響我們日常生活的各個層面，而5G投資主題所涵蓋的領域更是既深且廣，因此投資的成功要訣在於將目光放遠，在半導體和電訊業以外發掘更多采多姿的投資機會。

在本白皮書中，我們將介紹在5G各主要領域中所包羅的關鍵技術、產品或服務，好讓投資者領會到5G投資主題的廣泛性和複雜性。這些企業並非家喻戶曉的公司，且多數人都低估了其與5G和6G的相關性。故此，要真正捕捉5G主題所帶來的機遇，具備專門研究能力和採取主動管理方式不可或缺，而只有新世代的投資者才能夠受益於新世代的投資主題。

摘要

- 5G主題的投資機會包羅萬象，網路基建製造商和半導體生產商只是其中的一部份
- 在我們所專注投資的網路基建、物聯網裝置及應用服務三大範疇中，包含各式各樣的投資良機。
- **網路基建：放眼基地台之外**
 - 應用於可重構式光塞取多工器(ROADMs)的氮化鎵 (GaN)和光學雷射(optical lasers)，對於提升5G網路的數據傳送速度和容量舉足輕重。
 - 隨著網路更為精密，對網路測試的需求也將與日俱增。
 - 可望為這些公司帶來商機：住友電氣工業(Sumitomo Electric)、RFHIC、科沃(Qorvo)、英飛凌(Infineon)、Lumentum、II-IV Inc、是德科技(Keysight Technology)、安立知(Anritsu)等。
- **物聯網裝置：放眼智慧型手機之外**
 - 5G技術能夠無縫地將擴增實境(AR)、虛擬實境(VR)等技術匯集為延展實境(extended reality)，從而刺激構成這些虛實場景的重要元件之需求，包括三維(3D)感測器和垂直共振腔面射型雷射(VCSEL)。
 - 由於5G智慧型手機價格較高昂，將推升對周邊產品和服務的需求，例如手機維修保固和保險產品等。
 - 可望為這些公司帶來商機：Lumentum、II-IV Inc、AMS、安舒龍保險(Assurant)及亞勝(Asurion)。
- **應用和服務：放眼電訊之外**
 - 5G普及化將擴大雲端運算的使用量，讓民眾能夠將更多日常業務和作業流程轉移至線上進行，網路安全更加重要。
 - 可望為這些公司帶來商機：ServiceNow、Zendesk、Zscaler、OKTA及CrowdStrike。
- **6G：探索5G未來**
 - 6G可能比預期的更早推出 — 也許早至2028年。
 - 除了將深化5G的應用趨勢外，相信6G將開創大量與人工智慧相關的新應用。
- 從這些潛在5G投資機會例子可見，要把握5G的豐碩機遇，具備研究各相關產業的實力不可或缺。

若要形容未來網聯世界的速度情況，我們在路博邁的比喻是：若說3G就像汽車，4G是飛機，那5G就是太空飛行。隨著5G網路在未來十年的發展，我們日常生活隨之出現的改變將令人驚嘆。

首先也是最基本的轉變是，5G網路將顯著縮短延遲時間。延遲是指將數據從一個裝置送出後至伺服器收到之間所需要的時間。延遲時間越短，分享數據的速度便越快，因此5G電訊網路的速度不但比4G快100倍，連結的裝置數目也比4G多100倍。

由於5G能夠使遠距機器人和「物聯網」(“Internet of Things”)更普及化，IHS Markit預測在未來15年，5G將能夠創造超過13兆美元的經濟增長，並開創2,200萬個新職位，而這些經濟增長也將符合可持續發展原則：世界經濟論壇(World Economic Forum)指出，由5G帶動的應用將有助於實現聯合國17項可持續發展目標(Sustainable Development Goals, SDG)中的11項，尤其是第9項「產業、創新和基礎建設」的目標。5G能夠提升營運效率，有利於建設符合社會和環境可持續發展的智能家居、智能倉庫、智能物流甚至是智能城市，並有助於減低碳排放。

圖一 – 5G 革新將改變我們的生活和商業模式



僅供示意說明之用。

那麼究竟有哪些投資機會呢？

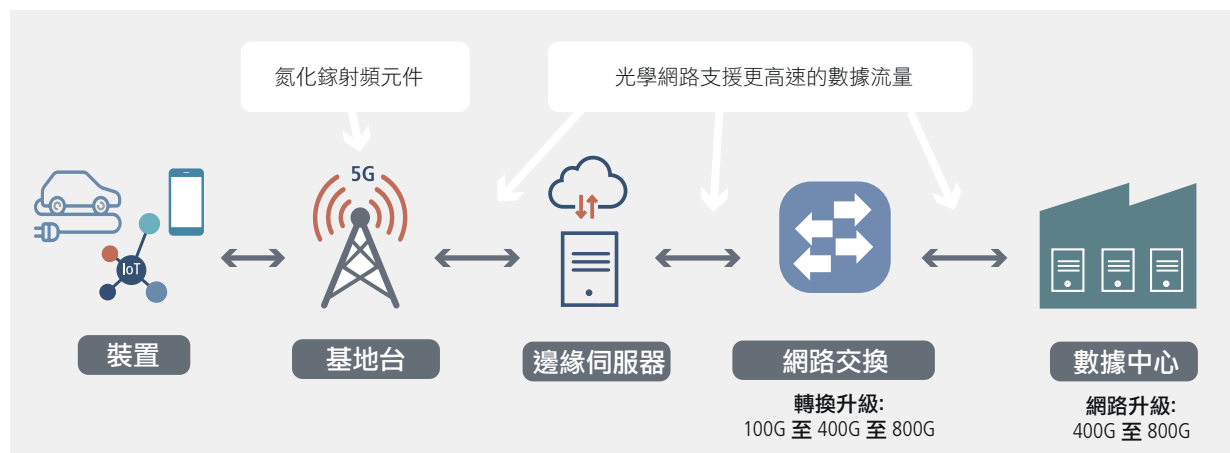
本白皮書正是希望拓展5G的投資視野，現階段我們尤其看好網路基建、物聯網裝置及應用服務三大投資主軸，我們將在下文逐一探討在各投資主軸中提供關鍵技術、產品或服務的一些主要供應商，而根據公司財報或預測，這些公司至少有50%的盈餘成長來自與5G相關的業務。

我們的目標是讓投資者領會到5G投資主題既廣泛且複雜，且不少投資機會的價值並未被市場充分評估。隨著5G的發展及6G技術更趨成熟，投資時也必須高瞻遠矚，我們相信必須具備專門研究能力和主動管理，才能夠在這場革命性的演進中及早識別贏家和輸家。

網路基建：放眼基地台之外

每當提及5G網路基建，首先想到的是顯而易見的大型設施例如基地站、小型發射站，以及建設這些設施的公司例如華為、愛立信和諾基亞，又或是家喻戶曉的半導體大廠例如三星、台積電和賽靈思(Xilinx)。但其實，5G網路也為多個元件製造商開創了大量較鮮為人知的商機。

圖二 – 新世代 5G 網路設施

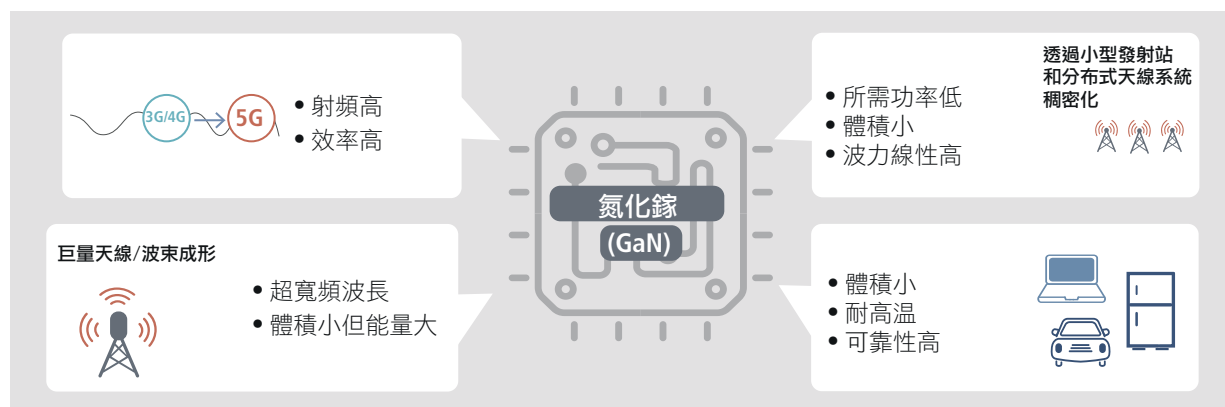


僅供示意說明之用。

由4G升級至5G將大量增加數據流量，網路設施便因而需要升級至能夠支援更高速度網聯的設備，而我們認為以下三種新一代技術將對建設5G網路舉足輕重，包括氮化鎵 (GaN)射頻元件、可重構式光塞取多工器(ROADMs)及網路測試設備。

氮化鎵是一種用來製造半導體和射頻元件的材料，在技術上與矽(silicon)的橫向擴散金屬氧化物半導體(LDMOS)及砷化鎵(GaAs)的放大器相比較，後兩者在射頻較低、數據流量較少的4G網路性能理想，但氮化鎵傳導電子的效率遠遠超過矽和砷化鎵，且體積更細小卻能夠處理更高功率和驅動更廣闊的微波射頻，因此更適合用以建設5G基地台。

圖三 – 以氮化鎵 (GaN) 製造 5G半導體和射頻元件的優點



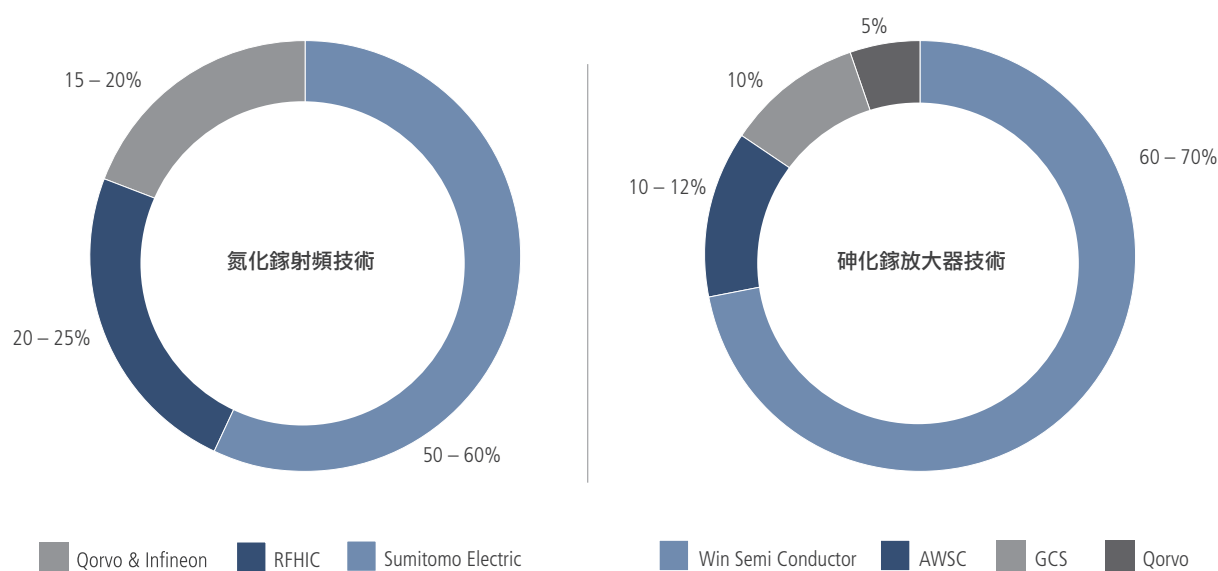
僅供示意說明之用。

由於5G系統採用巨量天線(Massive MIMO)技術，即multiple inputs, multiple outputs (多輸入、多輸出)，需要採用主動天線(active antennae)和混合波束成形(hybrid beamforming)技術以提高數據處理量和速度，從而連接大量行動裝置和擴大物聯網的應用，因此採用氮化鎵元件將更有利於5G網路。

據顧問公司Yole Développement的預測，氮化鎵市場規模將由2018年的4.1億美元，大幅增長80%至2022年的7.5億美元，其中60%的需求將來自5G網路基建。

我們識別了五家主要的氮化鎵技術供應商，其中住友電氣工業(Sumitomo Electric)、RFHIC、科沃(Qorvo)及英飛凌(Infineon)總共供應全球逾85%的氮化鎵射頻晶片，而穩懋半導體(Win Semiconductor)則供應製造這些晶片所需的三分之二氮化鎵。

圖四 – 氮化鎵及砷化鎵放大器市場的主要業者



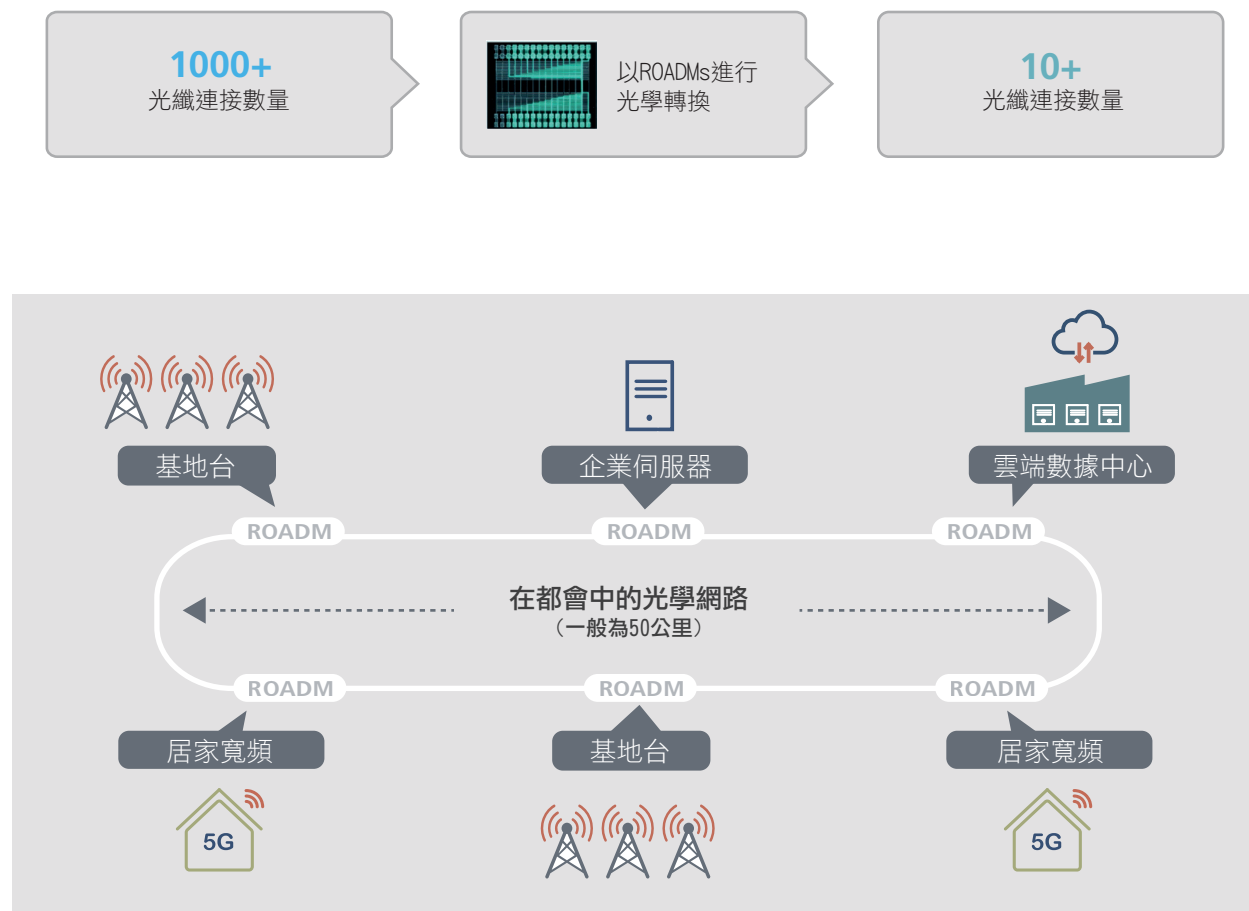
資料來源：RFHIC Corporation及路博邁預測, Yole Développement。截至 2020年6月。

此外，誠如在圖二所示，將基地站、邊緣伺服器、網路交換和數據中心連接起來的光學網路有必要由100G(gigabits, 即十億位元)升級至400G(最終再升級至800G)才能夠處理大幅增加的數據流量，因此便需要可重構式光塞取多工器(ROADMs)。

ROADMs能夠按需要靈活調節頻寬，以在多網路節點進行光學傳送和交換訊息，因而大大減少在網路中需要連接的光纖數目。此外，ROADMs使光學網絡能夠進行遠距重置和自動功率平衡，這些功能均顯著擴大網路容量，應付升級至5G而大增的數據流量。

圖五 – ROADMs提高5G網路的數據流量

ROADMs大幅降低在5G網路中，數以百計關鍵節點的光纖連接數量……



僅供示意說明之用。

隨著位於主要都會的5G網路逐步設立，Grand View Research預測ROADMs的需求每年將增長約12%，而ROADMs也將需要光學雷射元件，其中Lumentum和II-VI Inc現在合計在光學雷射元件市場的佔比達到九成，而這業務也約佔Lumentum獲利的一半。

	關鍵技術	市場佔有率
Lumentum	ROADM所需的光學雷射器	50 – 60%
II-VI Inc	ROADM所需的光學雷射器	30 – 40%

資料來源：路博邁預測，截至2020年6月。

由於採用氮化鎵射頻元件和光學網路的5G網路更為精密，對測試網路的需求也將與日俱增，有望惠及測試設備供應商例如Keysight Technology、Rhode & Schwartz和安立知(Anritsu)。

這些公司能夠模擬現實環境及早偵測系統不足之處，加快開發和更新測試系統的速度，以及大規模確認無線服務的品質，這將有助於升級至5G的過程更順暢。

	關鍵技術	市場佔有率
Keysight Technology	網路測試	30 – 35%
Rhode & Schwartz	網路測試	15 – 20%
Anritsu	網路測試	10 – 15%
Viavi	網路測試	10 – 15%
Spirent	網路測試	5 – 10%

資料來源：路博邁預測，截至2020年6月。

物聯網裝置：放眼智慧型手機之外

物聯網通常首先令人聯想到智能家居電器、遠距操控的智能工廠機器人和更智慧的智慧型手機，但除了這些智能裝置，物聯網能夠開創的投資機會其實更廣泛，遠至如科幻小說般應用於擴增實境(AR)，也近至與5G智慧型手機相關，在平凡中卻未被充分發掘的機遇。

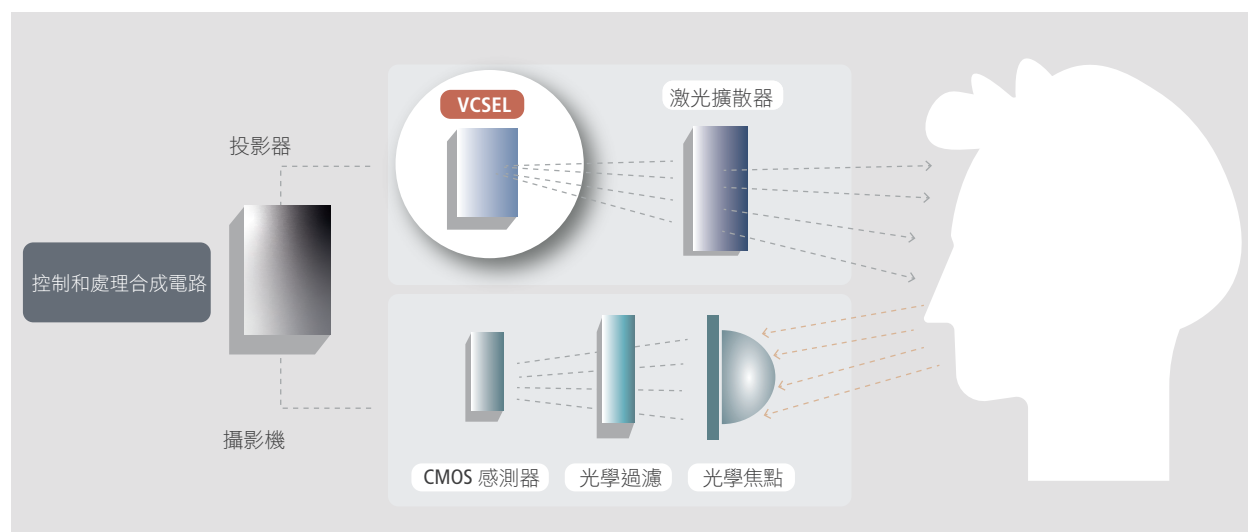
由於延遲大幅縮短，加上可靠性和頻段大幅提高，5G網路未來有望無縫地創建擴增實境。擴增實境是指將由電腦產生的影像加諸於現實環境中，而現在最為人所知的例子也許是Pokémon GO遊戲，玩家在現實世界中的指定地點，透過智慧型手機鏡頭便能夠看到Pokémon人物在同一地點出現。

從Pokémon GO遊戲的受歡迎程度可見，擴增實境和虛擬實境(VR)能夠大大提升在玩遊戲以至觀看藝術、娛樂和體育節目時的沉浸體驗(immersive experience)，而稱為「六自由度」(“six degrees of freedom”，6DoF)的沉浸內容更可以將觀眾帶到世界盃足球賽決賽的現場觀眾席，甚至是到球場中與球員走在一起。

除了使娛樂性更豐富外，同樣的技術也可以將機器製造廠商以虛擬化方式帶到其廠房，與現場的技術人員一起進行保養工作，也可以使外科醫生在透過機械人進行手術時，以虛擬方式出現於手術室，又或是讓建築師在其設計的建築物興建之前置身其中。故此，若說今天在現實世界中進行的所有事，未來也能夠以虛擬或遠距方式進行已非誇大其辭。

創建這些場景除了有賴高速的通訊網路外，也需要三維感測器(3D-sensor)技術，從而感測動作和創建物件的三維模型，而現在在全球領先的三維感測器技術是「飛時測距」(Time-of-Flight, TOF)，此技術是透過將紅外光照射到物體表面，然後依光反射回來的時間以計算出距離，而光線則由稱為垂直共振腔面射型雷射(Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser, VCSEL)的裝置發射出來。

圖六 – 在「飛時測距」(TOF)三維感測器中的垂直共振腔面射型雷射(VCSEL)裝置



僅供示意說明之用。

據研究機構MarketsandMarkets預測，TOF市場到2025年有望每年增長20%，市值由現在的28億美元擴展至69億美元，相信全球專門供應VCSEL的光學雷射公司包括Lumentum、AMS及II-VI Inc等將因而受惠，其中Lumentum在市場的佔比目前達三分之二。

	關鍵技術	市場佔有率
Lumentum	VCSEL	60 – 70%
AMS	VCSEL	15 – 20%
II-VI Inc	VCSEL	10 – 15%

資料來源：路博邁預測，截至2020年6月。

除了虛擬實境等先進科技外，日常的智慧型手機將帶來什麼投資機會？

回首2000年時，一部Nokia 3310手機售價約為40美元，這部手機提供通話、發簡訊和玩簡單貪吃蛇遊戲的功能；時至2017年，iPhone X手機的售價接近1,000美元，讓用戶在掌上便能夠連接網路世界。

手機歷經15年的持續跌價後，智慧型手機問世隨即將價格「通縮期」扭轉，到了5G手機推出勢將進一步提升手機的價值。由於更換成本大增，對行動裝置保固的需求料將隨之上升，而持有和升級週期的時間延長，也將提高附加費用率(attach rate)，連帶將刺激例如保險等周邊產品及服務的銷售。

現在手機保險市場業者分散，因為不少電信公司及蘋果等智慧型手機原廠製造商均自行為消費者提供保險計劃，但這市場仍具有投資潛力。

保險公司如安舒龍(Assurant)及亞勝(Asurion)是目前全球主要的手機裝置保險供應商，與許多主要電信營運商合作，如美國的T-Mobile及 Sprint、日本的KDDI，也與消費電子零售商合作。這些公司過去的主業是為居家、汽車和家電提供保險服務，但手機保險如今已成為這些企業增長最快速的業務之一。

應用和服務：放眼電訊之外

若論5G投資機會，投資者除了想到建造基地台和小型發射站的企業前景不俗外，也可能會預期電信公司亦將受益。

就電信公司而言，我們認為個別企業確具潛力，例如美國T-Mobile，主要因為該公司持續有效地實踐業務計劃，故此有望因美國建設具競爭力的5G網路而擴大市場佔有率。不過，電訊業在升級5G網路的發展中，一般來說並非盈利增長最可觀的產業，反而因5G網路性能提升而促成的新一代應用的投資潛力更為巨大，尤其是雲端運算(cloud computing)。

雲端運算的其中一種服務模式是以應用軟體為基礎，將資料儲存於遠端伺服器並透過互聯網存取。雖然這並非新概念——我們日常接收和讀取電郵，或是在雲端應用程式聽音樂等均是雲端運算的一些例子，但當5G網聯將數據的容量、傳送速度和可靠性大大提升後，便有望推動企業加快將作業和工作流程透過雲端運算移至網上。事實上，為因應新冠疫情的封鎖措施已促使民眾迅速將工作、購物和與服務供應商的互動遷移至在家中進行。

就算在本次全球大流行的影響仍未完全清晰之前，MarketsandMarkets在2020年4月已經預測，雲端應用市場市值將由現在起每年增長約16%，並在2025年達到3,560億美元。我們相信ServiceNow及Zendesk等公司將在這發展趨勢中受惠。

ServiceNow是全球主要的雲端軟體供應商，提供自動化的辦公室後勤功能，例如人力資源、法律、財務、保安及設施管理等，現在的市場佔有率約達到50%。

Zendesk是雲端客戶服務軟體的龍頭公司，客戶包括Apple、Uber、Shopify、Twitter及四季酒店等著名企業。該公司所提供的客戶通訊和服務應用如「聊天機器人」等，讓企業的客戶服務團隊能夠即時回應客戶的查詢，同時將客戶與企業接觸的所有管道包括服務中心、電郵、語音、聊天和訊息整合於同一平台上，讓客戶不必長時間等候服務中心人員回應，而能在5G網路支持下透過由人工智慧驅動的雲端軟體，以訊息的方式即時獲得回覆。

圖七 – 聊天機器人能夠即時回應顧客的查詢



僅供示意說明之用。

與5G智慧型手機將帶動對行動裝置的保固服務和保險產品之需求一樣，當越來越多的商業活動移至雲端時，也增加了企業受到網路攻擊的可能性，因此亦將刺激對網路安全的需求。

我們相信這發展將惠及Zscaler、OKTA及CrowdStrike。

Zscaler擔當使用者與雲端的中介，讓使用者設定網路安全政策，不論使用者位於何處或以何種方式連接互聯網，Zscaler也提供統一的網路防護。

OKTA是一個以雲端為核心的身份識別管理平台，其應用程式讓使用者僅需單次登入，便能夠進入在工作空間的所有應用程式，免卻每次登入和忘記密碼等查詢時間。

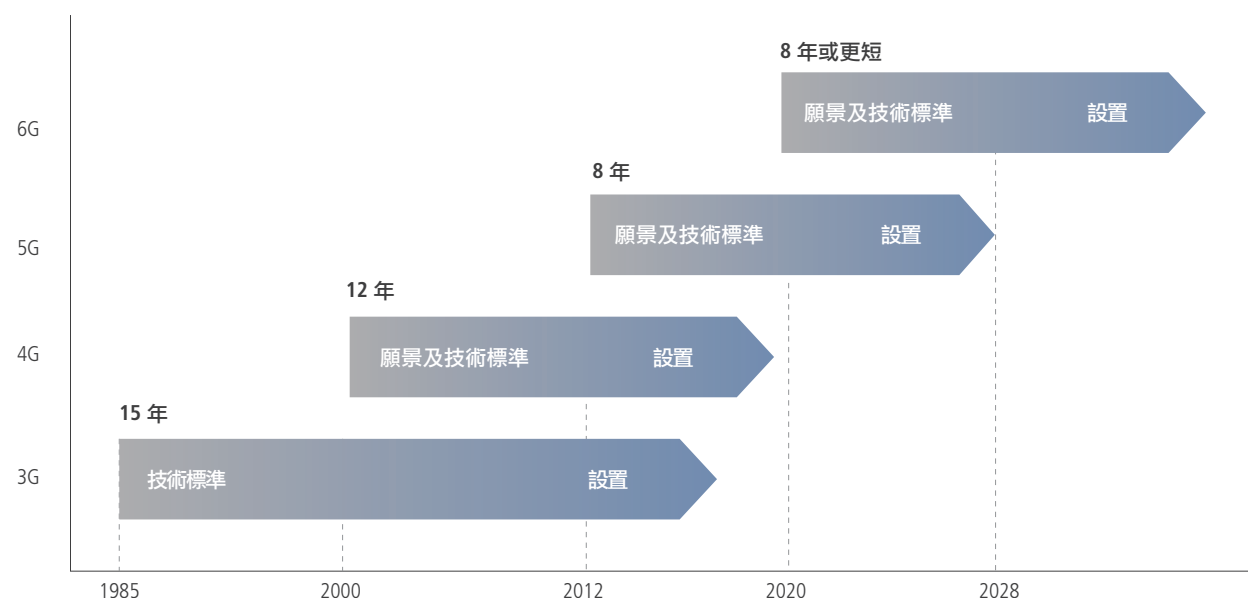
CrowdStrike是端點防護、威脅情報和應對網路攻擊的軟體供應商，透過其在全球利用數以百萬計感測器偵測的網聯裝置(即端點)，每日收集並分析超過300億次事件且數據持續增長，使該公司能夠即時鞏固其防護能力，甚至能夠預測發動網路攻擊者的行動，及最先發制人地阻止侵入的行為，此技術比一般所見的防範電腦病毒和移除間諜軟體之保安程度更勝一籌。

6G：探索5G未來

當投資者在挖掘5G發展所帶來的增長和增值機會時，也應突破常規的規範，放眼未來6G所帶來的變革。

回顧移動通訊系統由2G至5G的發展歷程，每一代升級均是在技術上的大躍進，但開發技術標準所需的時間，卻由2G升級至3G時的15年，縮短至4G至5G時的8年，因此我們認為，6G網路有可能最早在8年後的2028年便進入商業化階段，並在約2030年時大規模地商業化，這就是為何當5G商業化目前仍在初期階段時，我們已經關注下一代網聯所帶來的新機遇之原因。

圖八 – 6G 可能比預期的更早問世



資料來源：三星電子。僅供示意說明之用。

現在可以預估6G的性能將比5G更快、更大且更強，其最高峰值傳輸速率可能比5G再快50倍，延遲可能只為5G的十分之一，因而能夠毫無中斷地即時收集和處理來自所有連接裝置的數據。

在6G世界裡，首先可以想像到的是物聯網應用將更廣泛：三星電子預測，到2030年的網聯裝置可能達到5,000億個，從無人機、家電、機器人以至交通號誌燈等形形色色，與地球人口的比率幾乎達到1比60。第二，6G能夠真正釋放擴增實境、虛擬實境以至延展實境的潛力，舉例說：他日要召開會議，不必以視訊方式進行，而是運用虛擬實境裝置或真實度更高的全像投影行動裝置，即時模仿位於不同地點的與會者之動態；或是將現實世界中的人類、裝置、物件、系統和地點建立「數位分身」，然後運用延展實境和機器人將之放置於較危險或是需要特殊技能(如外科醫生或其他專家)的環境中。

在這新世代中，我們在上文提及的產品、應用和服務之需求可能更大，也有望擴大人工智慧的應用並開創新的需求，例如與先進感測器結合以創造更真實的數位分身、分拆運算(split computing，意指由網路資源代替性能有限的移動和桌上裝置以滿足因6G網路而增加的運算作業需求)，以及頻譜共享(spectrum sharing，根據使用形態配置數據流量以提升網路效率)等。

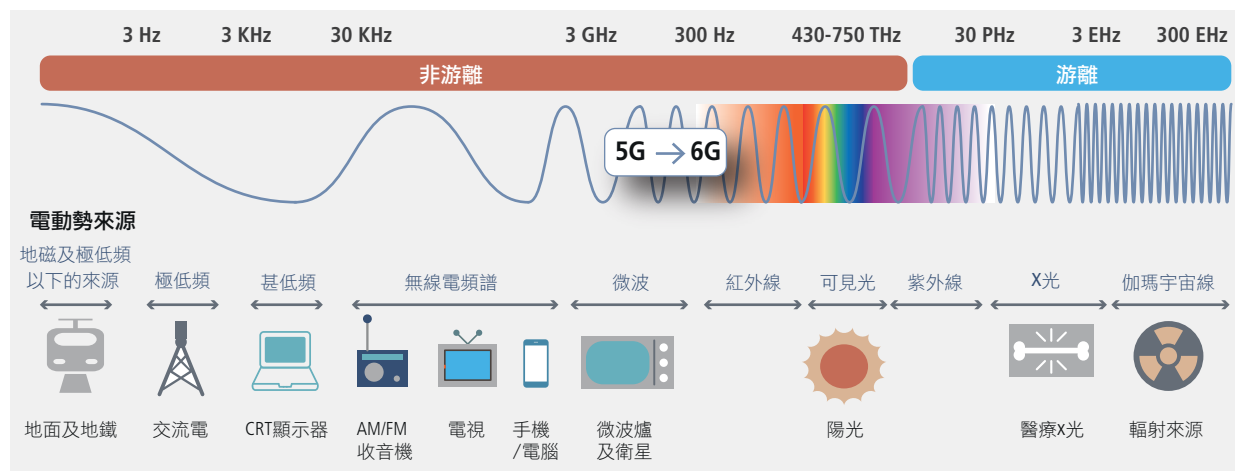
公眾健康的關注？

由於5G相比現有4G網路採用超高頻的微波頻譜，因而引發公眾關注5G對健康的影響，那麼投資者是否需要留意民眾在得悉6G的潛力後會對其推出構成阻力呢？

我們認為，提高意識將有助於使消費者和公眾安心。雖然5G網路所採用的射頻比4G高，介於約 25-40吉赫 (Ghz)，但其實仍相對偏低，而就算升級至6G網路，小型發射站所發出的射頻僅介於300吉赫至最高約3兆赫(THz)，頻率仍然遠低於太陽發出的可見光的430-750兆赫，而只有在較高頻的紫外線才會形成有害的游離輻射。

簡而言之，來自太陽的可見光和紫外線的輻射其實比5G甚至是6G所採用的微波射頻之傷害更大。

圖九 – 在電磁波譜中，5G及6G所採用的射頻頻率相對較低



資料來源：路博邁。僅供示意說明之用。電磁波頻率的單位是赫茲 (Hz)、千赫(KHz)、百萬赫(MHz)、吉赫(GHz)、兆赫 (THz)、拍赫(PHz)及艾赫 (EHz)。

結語

5G和6G網路的來臨將全方位改變人類的生活，因此在半導體和電訊業之外，投資者有必要充分掌握新世代網聯投資主題的真正廣度和深度。

在這個浩瀚的領域裡，除了要了解包括先進雷射器、精密攝影機、感測器、人工智慧等晦澀難解的工業科技外，還應關注在日常生活中，因物聯網和擴增實境技術而出現的產品及服務演變，例如家電、汽車，保險等金融服務、醫療裝置、休閒娛樂以至工業製程等，這張清單幾乎是無窮無盡。

正是這個緣故，我們認為要成功把握網聯投資主題的機會，採取主動管理方式將遠比被動型管理為佳，而深諳各工業範疇並擁有實證的研究能力，更是在網聯世界中發掘評價理想且增長潛力巨大的投資機會之先決條件，否則所謂的5G及6G投資策略便會流於表面，所建立的投資組合便可能僅是另一個只包含電訊及半導體業的組合，又或是漫無主旨的「大雜燴」。

我們深信，只有新世代的投資者才能夠受益於新世代的投資主題。

本材料僅供說明用途，概不構成投資、法律、會計或稅務建議。本材料為一般性質，並非針對於任何類別的投資者，且不應視為進行或不進行任何投資相關行動的個人化建議、投資意見或提議。投資者在作出投資決定及判斷本材料的合適性時，應根據個人的目標和情況，並諮詢其投資顧問。有關資料取自相信可靠的來源，但路博邁就其準確性、完整性或可靠性並無作出申述或保證。所有資料均更新至本材料出版之日，且隨時改變，不作另行通知。本公司、其僱員及諮詢賬戶可能持有任何上述討論的公司。任何所述觀點或意見有可能並不反映公司整體的觀點或意見。路博邁產品和服務未必於所有司法管轄區或向所有類型客戶提供。所提述的第三方網站僅作參考用途，並沒有隱含路博邁就該等網站內所載或可獲取的任何內容或資料提供背書和認可及已進行調查、核實或監察之意。

投資附帶風險，包括有可能損失本金。投資對沖基金及私募基金較為投機性，且所涉風險程度大於傳統投資。投資對沖基金及私募基金只適合熟練投資者。指數未經管理，不提供作直接投資。**往績並非未來表現的保證。**

本材料僅透過Neuberger Berman Group LLC不同的全球附屬機構及關聯機構作有限度發行。請流覽 www.nb.com/disclosure-global-communications 以瞭解特定的實體及司法管轄規限及限制。

「路博邁」的名稱和標誌為Neuberger Berman Group LLC的註冊服務商標。

© 2021 Neuberger Berman Group LLC. 版權所有。

路博邁

NEUBERGER

BERMAN