

5G無線行動通訊網路系統展望

◎廖建興 博士

1.前言

傳統三大系統網路為電信網路、電視電纜(Cable TV)，及電腦網路，但任何國家資訊網路之發展皆係由電信網路先開始的，其生存發展與社會經濟環境及國家政策有關，而規模則與經營面、技術面及業務面有關（無線行動通信網路系統即屬於電信網路之重要一環）。一般而言，社會經濟愈富裕，國家政策愈開放，經營資金投入愈多，技術支援程度愈高，及業務面需求愈多（如寬頻多媒體等），則電信規模便愈大也愈多樣化；反之便蕭條單調。大凡所謂電信網路(Telecommunication Network)是指在兩個或多個點間能提供連接，以便在這些點間建立電信業務節點與鏈路之集合，其為一般發展最早且規模最大者。各世代之無線行動網路系統發展，從最早之1G窄頻(narrowband)類比行動電話系統，2G窄頻數位行動電話系統，3G寬頻(wideband)數位行動電話系統，到4G闊頻(broadband)數位行動多媒體（及電話）系統等基本亦皆循此發展脈絡，經營面、技術面及業務面等三足鼎立及驅使其規模發展。雖然台灣因4G之發展繞了一些遠路(WiMAX)，原欲從PC電腦直接切入4G，並推動M台灣計畫，然終究因基地台佈建等成本考量，而回歸目前世界各大廠之4G技術主流LTE，並積極進行4G系統之實際用戶擴展及各式應用。

回顧過去數十年來，無線行動通信網路和過去幾百年來比較，已經呈現出顯著進展，並且引入了新的行動通信裝置類型，如智慧手機和平板電腦。如此已導致在行動連接性上之嶄新應用及使用用途之大幅增加，以及在網路流量上等均呈現指

數型之增長。然而，吾人仍然只是剛剛開始進行轉換到一個完全相互連接的網路化社會(Networked Society)當中，在其中，一切從連接中可獲益之事物都將逐步被連接起來[1]。同時，隨著行動網路的擴展容納新類型的連接裝置和相應的服務，例如從電錶到汽車，到家用電器，到支援工業應用之通訊，嶄新及廣泛變化的要求將置於其上。因此過去欲使用單一技術以滿足所有的解決方案想法，如今將可能不是最有效之選擇方式；相反的，如今的廣域技術將繼續發展，從而提高了系統的性能和擴展能力，其將並藉助其它之互補技術來解決於特定使用情況下很難以當今單一演進技術解決者。此種互補技術與演進之3G和4G的無縫整合將帶來一個全新的消費體驗及引進許多嶄新的服務類型。

此種趨勢的長期結果就是吾人所說未來之5G基本概念：即一組無縫整合的無線電技術，將於2020前使網路化社會真正實現[1]。對此未來LTE的演進將至關重要，HSPA和Wi-Fi的演化發展亦然。甚至2020年後，GSM手機亦將扮演重要的角色，繼續成為世界上許多地方的重要隨意接取技術(RAT: random access technology)。因此5G並非取代現有的技術，而係於特定的場景和使用狀況下，不斷以新的隨意接取技術發展演化和補足。5G將使長遠的網路化社會變為可行，並實現任何人及任何事可以無限制地接取資訊之願景。這一願景並將藉由結合今日之無線電隨意接取技術（其中包括LTE和HSPA）及具有互補的隨意接取技術在特定用途情況下達成，而並非完全取代現有的技術來實現（參圖1）



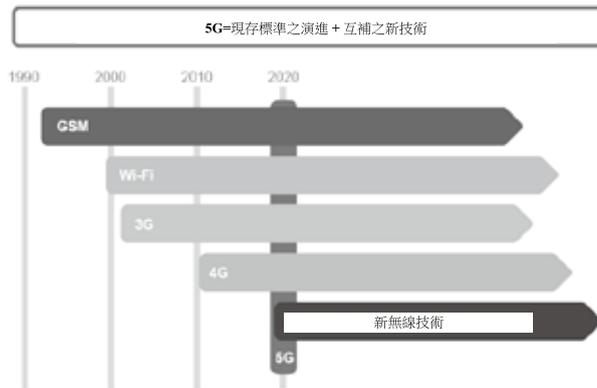


圖1 5G係目前現有的無線技術和配套之新技術的無縫整合[6]

本文首先對行動通信系統之發展演進做一廣泛之回顧；而主要目標係欲對未來之5G無線行動通信系統之各發展規劃情形進行整理及探討；最後做一總結。

2. 無線行動通信系統發展演進回顧

就通訊系統之發展及普及而論，最早傳遞訊息的系統應該是「烽火台」，可以把「敵人入侵」訊息從一處烽火台由邊境往內地傳遞，後來發明了「電報」，利用電線上通電的長短及電報碼來傳遞資料訊息；或利用高低音調來取代「開」或「關」；繼而發明了「電話」，把語音變成電壓或音調的高低傳遞到遠方，在遠方又以反方向來恢復原來的聲音；隨後又發明了「傳真機」，把黑白的影像掃描後變成高低不同的電壓或音調傳出去，而到遠處又以此高低不同的電壓或音調反方向來恢復黑白影像；繼則將有線傳送方式發展成為無線之方式。最終即是將語音、數據資料及影像等訊息傳遞功能整合成為今日所見之有線及無線、近距及遠距之通訊系統型態與規模——廣泛佈建之衛星、基地台，以及人手一支之嵌入式行動手機(mobile)。現代電信系統的極致是在任何

地方、任何時間以一台小筆電或手機透過有線或無線的方式經由「網際網路」來傳送語音、影像及數據等，並可參加任何一場會議，共同瀏覽任一網站。這個現況較諸數十年前的電報電話及傳真時代真有天壤之別，稱做「數位匯流」(Digital Convergence)，即把數據、語音及視訊等資訊數位化以後，透過共用的通路來傳遞，這個共用的通路就是目前的網際網路(internet)。

無線蜂巢式行動通訊系統的演進歷程亦然(如圖2)。有趣的是，每隔十年新的技術便會出現，以便提高其通訊能力及服務層面。其蓬勃快速發展之主因係與世界各國之社會經濟環境改善及國家電信相關政策自由化，甚至世界各國間共同致力建立共通之電信標準有關。而目前發展之規模影響因素殆如前述，則與經營面、技術面及業務面等三面向息息相關。一般而論，社會經濟愈富裕，各國政策愈開放，經營資金投入愈多愈大，技術支援程度愈高愈深，以及業務面需求愈多愈廣(如寬頻多媒體服務需求等)，則無線行動通訊系統規模便愈大也愈多樣化。

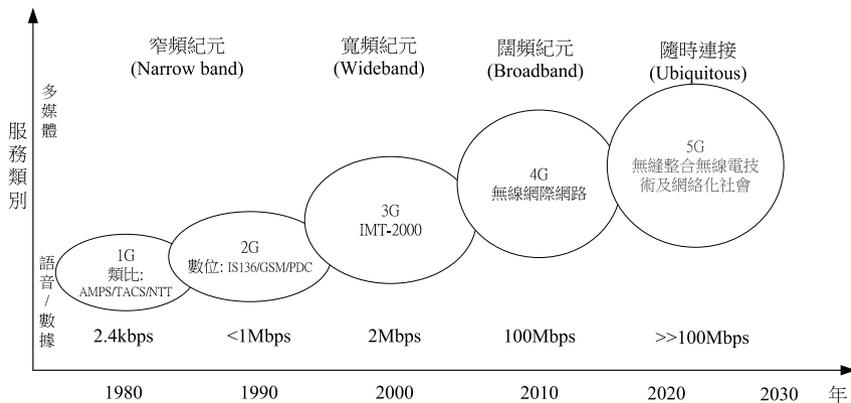


圖2 1G~5G無線行動通訊系統發展演進

吾人將首先藉由無線多樣接取 (Access) 技術在行動通訊歷史裡的技術演進進行回顧：從早期第1代(1G)之類比式FDMA分頻多工手機(俗稱黑金剛)，到第2代(2G)數位式TDMA分時多工手機，或號稱為第2.5代(2.5G)兼具數據傳輸功能之手機，以迄第3代(3G)展頻CDMA分碼多工手機，兼具語音、數據及多媒體影像等；第4代(4G)之手機發展其目標係提供更寬頻的無線多媒體服務。但凡此種種，皆在說明一件事實，那即是無線行動通訊技術之發展演進可謂朝氣蓬勃，沛然莫之能禦，而且其前景可期，並有絕對之利基也。

目前包括電信設備業者、電信服務業者、行動通訊終端設備業者，以及通訊晶片供應商等已將2013年視為第四代(4G)行動通訊時代的起始年，並為4G商機摩拳擦掌、積極備戰，引頸期盼此新行動通訊世代的來臨。然而，對行動通訊用戶而言，所謂的4G到底是什麼？先前業界咸認為HSPA+以及第一代LTE，WiMAX亦獲ITU在2010年納入4G範圍的技術，特別是LTE及WiMAX，早被全球各地電信相關業者廣泛宣傳為4G技術；但其實

嚴格而言，其因傳輸速率尚未達到ITU目標，僅能算是由3G過渡至4G的技術(3.x G?)。在ITU國際電信聯盟定義下，真正的4G指的是符合該聯盟旗下無線電通訊部門(ITU-R)所公佈之IMT-Advanced規格的技術，在其建議書(M.2012)中納入兩項技術，一是先進長遠演化技術(LTE-Advanced)，另一是稱為WiMAX 2的先進無線都會區域網路系統技術(WirelessMAN-Advanced)。在ITU-R的建議書中，IMT-Advanced規格技術中非常重要及關鍵特性即是傳輸速率在高速移動時可達到100Mbps，而靜態時可達到1Gbps的傳輸速率目標。

然而，總結為何LTE會取得最後勝利，打敗WiMAX成為國際所使用的4G通訊協定，主因在於LTE和先前的3G的向下相容性(backward compatibility)。3G技術因使用未久，除了台灣的電信龍頭外，國際上原本使用3G系統的電信大廠們也都反對砍掉重來(未賺足?)，而再將建置之3G基地台改裝取代為WiMAX基地台。再過約二十年後之電信服務又會變成什麼樣的狀況？可能是用一張可攤開來的「電子紙」，而傳輸系統除了海底電纜及長程幹

線使用光纖之外，每一戶人家都是「光纖到家」，有著無窮的頻寬；同時第四世代及第五世代無線行動通訊系統將逐步以其獨具的競爭力及可移動特性，提供可比擬如有線xDSL及光纖之闊頻各式頻寬在無線行動上之應用。

3.2020年及其後之挑戰 [6]

未來行動寬頻的用戶將“無限”體驗無線接取性能：即將瞬間接取資料，及服務交付將不因等待時間或不可靠的接取而受到阻礙，其對於網際網路接取之一般及專業用戶皆然。對於像是消防隊員和醫護人員此類專業用戶而言，為解決其基本社

會需求，可靠的寬頻通信可說是生死攸關的問題。進一步言，新類型的裝置和相關的連接物的服務也將要在未來出現。這些連接物的例子包括連接交通燈、車輛、醫療裝置，以及廢物箱和供電系統等，基本上任何可以從連接中獲益者皆然。這種連接將帶給人們、企業和社會顯著好處。5G系統必須能夠為所有這些服務提供高效率及高性能的解決方案。這對長遠網路化社會生活之實現是必要的。為了實現這一長遠願景，幾個關鍵的挑戰應由未來的無線接取解決方案來解決（例如在圖3中列出者）。

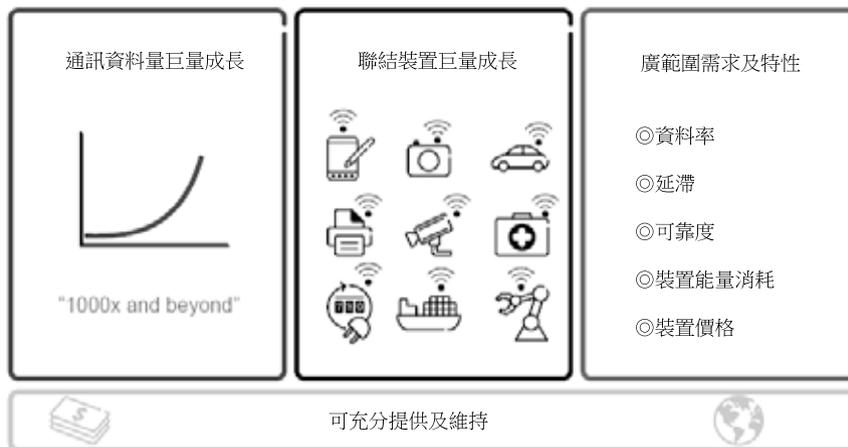


圖3 未來無線電接取的主要挑戰[6]

近年來在無線通信系統中的總流量成長驚人，主要在行動寬頻上面。預估這一趨勢將持續到未來。根據不同的預測推斷[2-3]，可以預估2020年以後，無線通信系統必須支持當今的1000倍以上之資料流量。當今有超過50億無線接取服務之行動裝置[2-3]，其中大部分是手攜式終端或可攜式電腦內之行動寬頻裝置或平板。在未

來，這種以人為中心的聯結裝置預估將超越現今之10至100倍之間，其中包括監控照像機、智慧城市、智慧家庭和智慧電網裝置，及聯結的感測器等通信裝置。這對從50到500或者甚至5000億聯結裝置的過渡期，將是嚴峻的挑戰。然而，更大的挑戰將來自於相對於所有因劇烈擴展之需求及特性所產生之新類型的聯結裝置，如視



圖4 5G無線電接收係一解決各式各樣使用狀況及需求整合的技術[6]

頻串流、資料共享和雲端服務等行動寬頻業務將會繼續維持，以驅動更高的用戶資料速率需求。幾Gbps的資料傳輸速率在特殊情況下可穩定可靠地達成，例如辦公場所或人口密集的城市戶外環境；這些速率將支持應用，例如本地存儲到雲端驅動的裝置同步、網路硬碟、超高解析視頻，以及虛擬和增強實境等。更重要者，數百Mbps的用戶資料速率已對實現無限制地接取資訊願景邁出一步。

端至端的延遲(latency)需要被進一步降低到幾毫秒水準，以支持幾Gbps的資料速率及增強虛擬及增強實境應用。此外，大規模引進通信機器將伴隨著許多新的使用案例和應用的出現。這些應用將具有那些以人類為中心的應用程序相關聯的不同特性和要求，並且根據不同的應用將顯著變化如下幾個例子：

- 一些應用程序，如遠程抄表計費，有非常寬鬆的延遲要求；其他應用，如在工業處理上之安全或控制機制、電氣配電電網，或用於交通安全上，低延遲便有非常嚴格

的要求，5G需要支援幾毫秒以下的延遲時間來解決這樣的使用案例。

- 關於關鍵基礎設施（如電網）及工業控制或重大社會功能者，如交通，電子醫療和智慧城市管理的控制應用，便需要非常高的網路可靠性，其需高於目前的通常之網路性能。而當涉及到在家裡之溫度或濕度的感測時，對可靠性的要求便低許多。
- 某些應用，如遠程視頻監控，便與顯著大容量的資訊傳送有關，而其他應用程序，如航運業之貨物追蹤，則有非常小的資料有效負載需求。
- 在某些情況下，例如，對於電池供電的無線感測器網路，低裝置成本及能量消耗是非常重要的；同時，此對於一些其它應用中則將不再是個問題。部署、操作和維護網路成本，以及裝置的成本費用亦應在一定水平，以使其能夠以極具吸引力的價格為用戶提供廣受歡迎的服務；同時為網路運營商維持具有吸引力的商業使用案例。
- 最後，為達到和保持低的網路運營成本，能量效率也應該是重要的焦點。雖然當今

資通行業貢獻了全球二氧化碳當量排放量僅約2%，預期大幅增加的流量如何因進一步提升網路效能而有助於降低此一比例將是重要課題[4]。

4.5G無線接取解決方案[6]

為解決上述挑戰，需要發展及擴展無線接取解決方案，不同的解決方案將解決不同的挑戰。現有的隨意接取的進化版本技術，將由新的針對特定場景及使用案例補足，而將不會以其他方式得到滿足，包括現有的隨意接取技術，諸如HSPA和LTE等新技術，操作和交互在一個完全整合的方式的演進版，一個整體未來的無線電接取方案等。此些結果可以被稱為5G無線接取方案，因為它需要用戶經驗和整個系統的性能，其係4G目前無法提供的（參圖4），說明如後：

(1)無處不在之超高行動寬頻服務水平

現有的行動寬頻技術，如HSPA和LTE將繼續發展，將提供2020年後未來的整體無線接取解決方案的基礎。此能力並將繼續擴大。例如，在任何時間及任何地方，數百Mbps的用戶資料速率將實質可行，包括具大量可操縱天線元件之智慧型天線(smart antenna)，以及基站間的更多光譜及整合，皆將有助於提供高服務水平。行動寬頻技術亦將擴展到新的部署場景，諸如密集小蜂巢部署，以及不同種類的機器類型通信等嶄新使用之案例應用。

(2)超高的交通容量和資料速率

為解決能夠提供極高的容量，以及在特定情況下的數個Gbps的資料速率的需求挑戰，吾人預估可引入極密集網路部署，其節點具隨意接取技術，並且在高頻段具寬傳輸頻寬。極密集網路將包括低功率接取節點，其係以高

密度網路部署。在極端的情況下，例如對室內部署而言，吾人預估可在每一個房間部署節點；室外部署而言，則可在間隔燈柱距離之間部署之。為能可靠地支持數個Gbps的資料速率，極密集網路應該支持數百MHz的最小發送頻寬以擴展至高達幾GHz的發送頻寬。極密集網路主要將在10-100GHz頻率範圍內工作。

- 雖然這樣的頻段廣域部署仍存有許多問題，包括室外到室內之傳播特性，其似乎更適合於極密集網路的短距離通信。
- 高頻帶使其更容易提供所需的數個Gbps的資料速率下的寬傳輸帶寬。
- 極密集網路將包括先進的網路解決方案，如整合的無線多跳轉self-backhaul和先進節點的整合。儘管將在不同的光譜工作，並且很可能是基於新的隨意接取技術，極密集網路應與疊置的蜂窩網路整合，並提供無縫的用戶體驗。

(3)大量低功耗機器類型之通信裝置

專注於擴大現有行動通信技術（主要是LTE），以支持大量低功耗的機器類型通信裝置活動，其實於3G時已然如此。然而，為滿足特定的應用和極端的要求對LTE演進而言預期將是困難的。因此，替代技術更形需要，例如，支持非常具有挑戰性的能量消耗限制裝置，這樣的技術將被無縫地整合，使得其可無縫連接至蜂巢式技術中。例如，微血管網路(capillary networks)係經由蜂窩技術採用一些替代技術，以進行通信連接到世界其餘部分。

(4)近端通訊

對於用戶彼此接近及在特別情況下具有資訊互動(如交通安全，國家安全和公共安全(NSPS)，一般的近接服務中，用戶交互之間與周圍環境交換



資訊可以更有效方式，讓裝置到裝置(D2D)連接直接通訊，而不是透過網路基礎設施裝置進行通信(延遲?)。在網路控制下，因網路可在許可之頻譜管理D2D業務，D2D將提供運營商級的可靠性給本地通信服務。在LTE的標準化中，目前D2D整合到基於網路的通信技術第一步驟正在進行中，目標係使本地通信即使在網路基礎設施被損壞時亦可進行。D2D也將是NSPS應用的一個重要組成部分。

(5) 超可靠的通信

在工業通訊和社會功能當中，如交通安全、電子醫療及智慧城市管理等，對可靠性的要求並不能以當今的無線網路得到完全滿足。於某些涉及特定智慧電網通信應用及交通安全使用情況下，例如，所需要的網路延遲是比當今的系統可以提供者較低(低到只有幾毫秒的端至端時間)。在很大程度上，可靠性係依賴於網路部署及提供足夠的資源來處理流量高峰。在無線接取端，能夠供於通信類型間進行區分，並提供優先臨界流量將是重要的一環。其顯著挑戰則在於超低延遲和極高的可靠性相結合。這將需要不同於當今的行動寬頻系統的擇優，其主要設計用於容量、覆蓋範圍和資料速率。控制通道設計、編碼、鏈路自適應，以及無線電資源管理是其中需進行不同擇優的部分，以確保優化網路及確保低延遲區域。其中極低的延遲是必需的(例如大約一毫秒或以下)，新技術與更短的傳輸時間間隔亦是必要的。

(6) 能源效率和持續性

如前所述，能源效率今後更形重要，對所有的5G無線接取解決方案言，應是一主要的設計目標。在緻密的網路

減小鏈路距離，智慧功能的節點睡眠功能，以及最小化的網路檢測及同步信號設計功能將顯著降低未來網路的能量消耗。

(7) 新的頻譜分配

2020年及以後，5G系統將需要更多的頻譜及更大的帶寬，以支持業務的預期增長，甚至更高的資料速率；更多的頻譜是在當今的LTE和HSPA系統運作中所發現的。到2020年及以後，在比當今系統頻譜更高的頻率範圍上，預期更多的頻譜是必要的。前者用於改善廣域的服務水平；而後者可以提供更大的頻寬，從而實現於特殊情形下更高的服務水平。

(8) 奈米及雲端網路技術

半導體可說居於上游關鍵影響，居間者為電腦、通訊及嵌入式系統技術等；而網路部份則可說集其大成，科技的發展也形塑出科技的智慧定律，亦即半導體摩爾定律與梅特卡夫網路定律，分如後述。半導體產業歷經個人電腦的興起、網際網路的震撼、行動通訊的發展，半導體積體IC電路的技術與產品均扮演著最為關鍵的角色，亦即其為電子、通信，以及資訊等產業之基礎。英特爾公司的創辦人之一高登摩爾(Gordon Moore)於1965便觀察預測矽晶片上的電晶體的數目與運算能力約每18個月成長2倍，直到矽晶片在縮小化的過程中到達本身物理的上限為止(目前有預估2020年即趨於飽和!)，這就是著名的摩爾定律(Moore's Law)(參圖5)。由此推估之，較諸次微米(Sub-micron)更小之奈米(10-9)製程技術，以及微機械與電機之整合技術及成熟(如MEMS微機電感應器)應是指日可待之目標，亦是5G之支援技術重點。



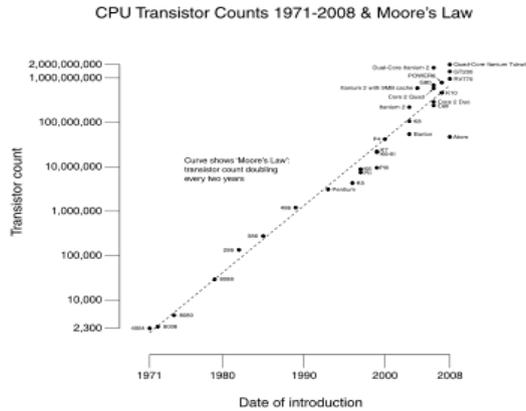


圖5 摩爾定律矽晶片電晶體數與運算能力成長關係圖

此外，梅特卡夫網路定律(Metcalfe's Law)是由全球知名網路設備領商3Com創辦人梅特卡夫(Robert Metcalfe)所提出的網路效應：「網路的價值，為使用者的平方」，也就是： $v=n^2$ ，其中v代表網路的價值，n代表連結網路的使用者或節點總數（參圖6）。它是一條關於網上資源的定律，網路使用者越多，價值就越大；新技術只在多數人使用它時才會變得有價值，因而越能吸引更多人使用，也就越能提高整個網路總價值，若技術已建立用戶規模，其價值將會呈爆炸性增長，這亦即是資訊網

路產業，如電子商務(e-commerce)等能夠蓬勃發展之根本要素。例如，一部電腦價值有限，幾部電腦價值也有限，成千上萬部電腦組成的通訊網路便能把通訊網路的價值極大化；而嵌入式（電腦）系統裝置，不論有線或無線網路應用，則更能擴大其價值效益。面對5G從人與人間之無所不在通訊，擴展至人與物間之無所不在通訊，巨量資料(big data)之處理及如雲端(Cloud)網路技術之發展便成為未來5G之重要關鍵技術因素。

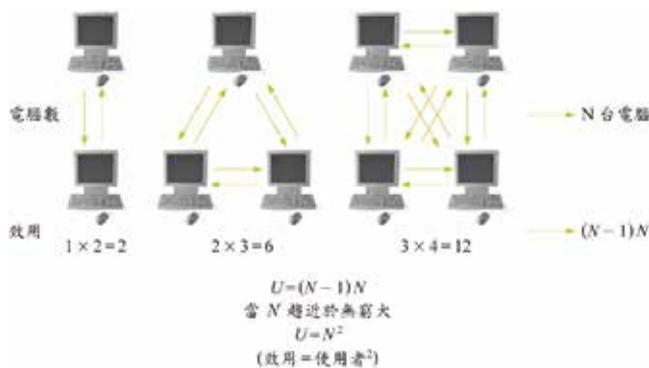


圖6 梅特卡夫網路定律示意圖



5.5G概念特色及應用舉例 [7-8]

· 5G關鍵概念

- 1) 不再有接取或區域限制問題之即時無線網路世界。
- 2) 具人工智慧之穿戴設備功能。
- 3) 網際協議版本6(IPv6)，其中來訪轉交之行動IP地址是根據位置和連接的網路分配。
- 4) 一個統一的全球標準。
- 5) 普適網路(Pervasive network)，提供無處不在的計算：用戶可以同時連接到多個無線接取技術，並於其間無縫移動，此些接取技術可以是2.5G/3G/4G或5G網路、無線網路、無線個域網，或任何其他未來的接取技術。在5G，此概念可以被進一步發展成多個並行的數據傳輸路徑。
- 6) 感知無線電技術(CR)，亦稱為智慧無線電：允許不同的無線電技術自適應性地尋找未使用頻譜和調整傳輸方式，以共享頻譜技術有效率地共享相同的頻譜。這個動態無線資源管理中以分佈式的方式實現並且依賴於SDR軟體定義無線電。
- 7) 高空平流層平台站(HAPS)系統：此5G通信系統的無線介面係韓國的研究和發展計劃所建議，其係根據波束分工多址(BDMA)及群組合作中繼技術。

· 5G網路技術特色

- 1) 5G技術提供了高解析度給瘋狂手機用戶及雙向大頻寬調整。
- 2) 5G技術之先進計費介面使其更有吸引力和效用。
- 3) 5G技術還提供了子載波監督工具供快速行動。
- 4) 5G技術基於政策提供高品質服務基礎以避免錯誤。
- 5) 5G技術是提供數個Gbps大廣播數據資料支持將近65000連接點。
- 6) 5G技術提供具有無與倫比一致性之轉運等級閘道(gateway)。
- 7) 5G技術流量統計使其更加準確。
- 8) 通過5G技術提供遠端管理，用戶可

得到更好和快速的解決方案。

- 9) 遠程診斷亦是5G技術的一個很大特點。
- 10) 5G技術可提供高達25 Mbps的連接速度。
- 11) 5G技術還支持虛擬專用網路。
- 12) 新的5G技術將使一切送貨服務無須業務前景。
- 13) 5G技術上傳和下載速度接近峰值。
- 14) 5G技術網路提供增強可用的世界連接

· 5G應用啟發

如何可能呢？

- 1) 是否你能感覺到當你的孩子在母親肚子裡悸動時。
- 2) 是否你能夠使用自己的心臟跳動充電手機。
- 3) 是否你可以能夠以您的手機感知你祖母的血糖值。
- 4) 是否你能知道你的孩子出生的準確時間，太多在幾奈秒間。
- 5) 是否你的手機能按照你的心情而響。
- 6) 是否你可以以您的手機投票。
- 7) 是否你能從你的手機發出警報，當某人試圖打開你智慧汽車時。
- 8) 是否你能在您的手機看見，當有人進入你的所住。
- 9) 是否你能可以定位找到你的孩子，當她/他不幸走失時。
- 10) 是否你能夠支付所有的帳單，以您單一的手機付款之。
- 11) 是否你能感知海嘯/地震要發生了。
- 12) 是否你可以能夠當場看到所有行星和宇宙。
- 13) 是否你能夠導航你正在等待的火車。
- 14) 是否你能當場獲得股票價值。
- 15) 是否你可以使用您的手機鎖定你的筆記型電腦/汽車/自行車，當你忘記鎖定時。
- 16) 是否你的手機可以分享您的工作負載。
- 17) 是否你的手機可以識別最佳的服務員。
- 18) 是否你的手機可以進行無線資源管



- 理。
- 19) 是否你的手機能在電話掛掉前通知您。
 - 20) 是否你的手機能進行自身清潔。
 - 21) 是否你能按你的想望摺疊手機。
 - 22) 是否你可以使用你的手機擴展你的覆蓋範圍。
 - 23) 是否你可以於奈秒間識別你被盜的手機。
 - 24) 是否你能在你的臥室接取你的辦公桌面。

6. 結論

2020年及其後之5G系統將滿足吾人的長遠之願景，那即是隨時隨地可無限制地將接取資訊和共享可獲得之資料傳送給任何人及任何事。要做到這一點，顯然更多樣化的裝置，服務及比現今之行動寬頻系統所容納之挑戰必須加以解決。由於此種多樣性，5G系統將不會是一個單一技術，而是綜合隨意接取技術，其中包括LTE和HSPA的演化版本及特製化的隨意接取以供特殊使用情形，其將共同地滿足未來需求之實現。5G需要的發展研究目前進展順利，最近成立的歐洲METIS (Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society)計畫[5]，其目的即在開發5G系統的基本概念和調整產業發展意見，發展之5G概念如METIS計畫可以預估在幾年內達到標準化階段。於此情況下過渡到全面5G之能力預估將從2020年左右逐步發生。未來20年將會是一無線行動多媒體網路化社會將逐步實現，5G技術發展及系統整合預估將會扮演著重要角色，而在此實現之前，非常困難的但卻有趣的技術挑戰正在等待我們共同來克服，希望政府及民間應及早正視此發展趨勢，莫再如4G發展過程經驗再繞了遠路及喪失先機。

參考文獻

- [1]Ericsson, 2013. Networked Society Essentials. [pdf] Stockholm: Ericsson. Available at: <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/networked-society-essentials-booklet.pdf> [Accessed 17 June 2013].
- [2]Ericsson, June 2013. Ericsson Mobility Report – on the Pulse of the Networked Society. [pdf] Stockholm: Ericsson. Available at: <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-mobilityreport-june-2013.pdf> [Accessed 17 June 2013].
- [3]Cisco, February 2013. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017. [pdf] USA: Cisco. Available at: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/s525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.pdf [Accessed 17 June 2013].
- [4]Ericsson, April 2013. Technology for Good – Ericsson Sustainability and Corporate Responsibility Report 2012. [pdf] Stockholm: Ericsson. Available at: http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/corporate-responsibility/2012/2012_corporate_responsibility_and_sustainability_report.pdf [Accessed 17 June 2013].
- [5]METIS, February 2013. Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society. [pdf] Available at: <https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/2012/10/>.
- [6]<https://www.google.com.tw/#q=5G+radio+access>. pdf [Ericsson White paper 284 23-3204 Uen | June 2013]
- [7]<http://www.etsi.org/news-events/events/682-2013-etsi-future-mobile-summit> [Nov. 2013]
- [8]<https://www.google.com.tw/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#sourceid=chrome-psyapi2&ie=UTF-8&q=Key%20Concepts%20and%20Network%20Architecture%20for%205G%20Mobile%20Technology>.pdf [Sapana Singh and Pratap Singh, “Key Concepts and Network Architecture for 5G Mobile Technology,” International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJRSET), Aug. 2012]

