

互聯網演進所帶來的產業革命

■ 朱順一、簡琬莉

1969年，人類第一次登上月球的那一年，人類史上第一個網際網路系統——美國高級研究計劃署（Advanced Research Project Agency）所研發的網際網路 ARPANET 也正式上線。此後，互聯網的速度與頻寬歷經了好幾個世代的演進，有線接取網路從原本以 Kbps 計速的銅線撥接式進階到 Mbps 計速的銅線固接，再進階到更高速的 Gbps 計速的光纖到家，而實體上的演變也從有線網路進化到無線與移動式網路，迄今人手一機的行動網路、日漸茁壯的物聯網（Internet of Things）網路以及正要蓬勃發展的穿戴式設備，感受到了通訊科技的演進在產業、科技發展，甚至是常民生活的各個小細節裡造成翻天覆地的改變，不僅新服務、新產業、新廠商紛紛崛起，興起了如 Google、Line、阿里巴巴類的互聯網企業，而既有的產業與廠商，無論是硬體製造商、軟體廠商、電信運營商、甚或是零售通路商，無不在其中發現新的機會，也面臨新的挑戰。

本文以 1989 年（合勤科技成立）為起點，簡述這二十五年來電信科技與產業巨大的改變，是奠基在甚麼樣的基礎與時空背景；將此變化依網路接入技術分為“從窄頻到寬頻”、“從有線到無線”，“從行動網路到物聯網”三階段，以這三個重要的電信科技與產業變化作一個歷史性的回顧；最後，基於半導體演進的摩爾定律，提出未來展望。

一、一切都是摩爾定律引起的

英特爾（Intel）創辦人之一的摩爾（Gordon Moore）在 1965 年預測單一矽晶片的電晶體數目，每隔一年將會增加一倍，後來他修正為每隔兩年增加一倍，一般說法是每隔 18

個月增加一倍，圖 1 顯示四十多年來，摩爾定律基本上是一直維持著。摩爾定律不單是使同面積的晶片可容納更多的電晶體，它造成了更多的巨大改變。

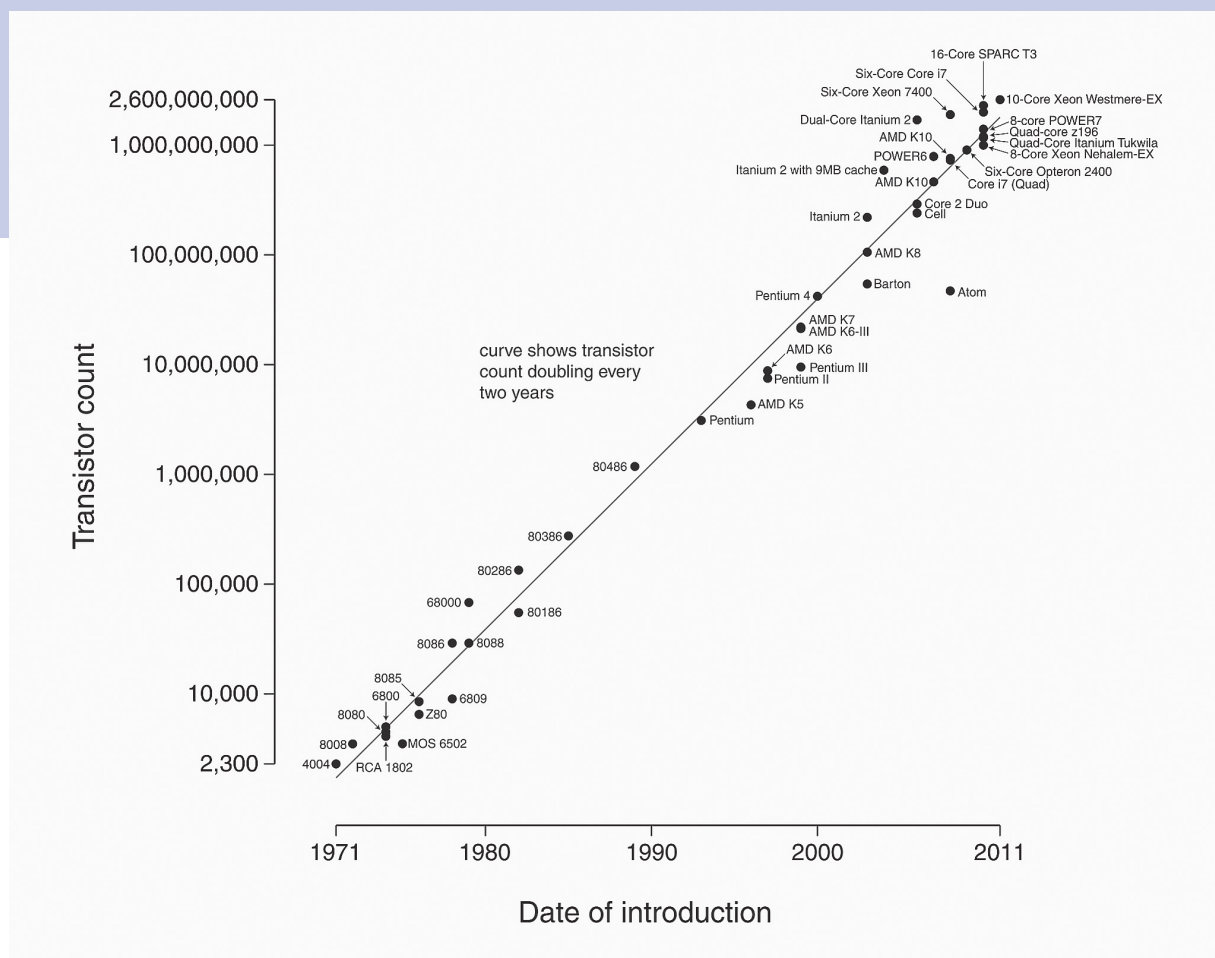


圖 1 四十年來微處理器所含電晶體數目的成長符合摩爾定律

1. 晶片集積度增加

造成單晶片內電晶體數目一直增加，集積度增加，一顆晶片所含電晶體數目已從 1980 年代的數萬個增長到現在的數十億個。

2. 系統體積變小

晶片集積化使系統所需晶片數量減少，加以晶片封裝微小化，造成系統功能越來越強，但體積越來越小。

3. 運算速度增加

晶片製程線幅的縮小，製程的改進，造成晶片運行時脈的不斷增加，時脈從 1980 年代的 10MHz 左右增加到現在的數個 GHz。

4. 耗能減少

不只每個電晶體因體積變小而減少耗能，整體晶片因線幅縮小，製程改進，操作電壓不斷降低，操作電流及靜態漏電流都減

少，使單晶片集積度增加但耗電能不增，甚而減少

5. 單晶片價格下跌

單晶片的集積度一直增加，但價格一直下跌，因為晶圓價格隨製程成熟而下降。

摩爾定律造成了下列效應：

1. 終端運算能力的增加造成處理數據的進化以及應用的進化

單晶片內含集積度的增加輔以運算時脈的增加，造成終端系統的運算能力幾乎是以摩爾定律的平方在增加，所能處理的數據從簡單的字元（text）隨著應用進化而進化到語音、圖像、一直到串流媒體視頻（stream video）。

2. 運算能力的增加造成網路通訊速度的增加

各通訊的節點或終端是需要通訊處理器來處理數據的傳輸以及實體層的調變，所能支持的通訊速度受限於通訊處理器的運算能力，通訊處理器的運算能力增加使網路通訊的速度可以一直提升，趕上隨著數據應用內容改變所造成大量增加的數據傳輸需求。

3. 系統微小化以及耗電的限縮造就了行動化終端

系統縮小成可攜式，耗電限縮到電池可維持一定的實用時數，使可攜式的行動終端成為可能。

4. 傳輸無線化所形成的無所不在

射頻製程的集積化，使射頻線路因集積單晶片或模組化可整合在可攜式裝置上，因而運算功能強大兼有高速無線傳輸能力的行動終端成為可能，也成為趨勢。

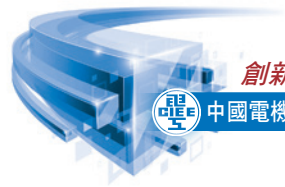
摩爾定律的效應造成終端的運算能力和網路傳輸速度一直在增加，終端朝行動化與無線化進展，此趨勢也造成互聯網應用的天翻地覆轉變，領先趨勢發展應用的廠商也就成為行業的領導廠商。

半導體微縮所牽涉的矽材料與光學微影技術都已趨近一個物理極限，繼續發展的成本也非常高昂，摩爾定律還能走多久沒人能說得準，但即使還能走也會慢下來，這也關係著將來互聯網往前發展演變的速度。

二、回首來時路

網際網路（Internet）是一個去中心化的網路，起源於美國 1960 年代的軍用電腦網路 ARPANET，用以連接全美一些特定電腦主機，後擴充到各大學和一般人，1990 年代開放商業使用。1989 年合勤科技成立的這一年，ARPANET 正式採用 TCP/IPv4 的協定已經六年，網際網路的基礎大致成形。

合勤科技生在網路萌芽的時代，從事網際網路連網接取所需的網路設備研發製造，見證這一波網際網路的成長浪潮，也見證網路接取技術的演進與世代交替。合勤從數據機到 ISDN 終端配接器以及路由器，持續發展



出多樣新的網路接取技術與產品。到了 1990 年代後期，ADSL 技術的出現，讓互聯網的接入方式從窄頻撥接走向寬頻固接，而光纖接入的出現使得上網頻寬更增加，「寬頻」意味著互聯網能乘載和誘發更多的新服務與新產業，讓服務競爭如雨後春筍般的展開，無線傳輸技術的進步更使服務應用擴充到行動終端。

頻寬的提升，讓新產業與新服務的種子在語音和影音內容上開始萌芽。Skype 以互聯網思維，顛覆了傳統電話在百年來長距離通訊的代表地位，IPTV 與串流影音服務也隨著寬頻網路而出現，互聯網跨入電視領域，電信業者與有線電視業者也就互爭電視服務與互聯網接入服務，讓網路的融合與普及的速度加溫。互聯網演變至今，寬頻網路在許多國家已是高度普及，語音通訊和影音內容的服務迅速發展，而互聯網本身新的生態系與商業模式正多元而蓬勃的發展。在傳輸上，電信、互聯網與電視三網融合，在內容上數位匯流的新時代已經來臨，可透過單一服務商，提供多重服務，以無縫聯網達成智慧生活的便利性。

三、從窄頻到寬頻，從有線到無線

在 1980 年代以前，既有的電話網路是設計來傳輸 3KHz 頻寬的語音，如果要用來傳輸數據就必須借助數據機把數據調變成

3KHz 頻寬內的類比信號，以便能透過電話網路傳輸，在另一端再借助數據機把數據解調出來，藉語音頻寬來傳輸數據就是窄頻傳輸。在 1980 年代初，數據機傳輸速度進步到 2400bps 就碰到了瓶頸，這時一種新技術出現，叫做數位信號處理（Digital Signal Processing, DSP），利用數學運算能做許多精妙的調變與解調變演算，可以在既有的電話語音頻寬傳輸較高的速度，問題是一般 CPU 微處理器沒有這麼高的數學運算能力，也不是為數學運算而設計，那時做一個數學運算所需的乘法器要耗費太多的電晶體，晶片能跑的時脈也不夠快。拜摩爾定律之賜，一種專為數位信號處理而設計的處理器誕生了，叫做數位信號處理器（DSP processor），其複雜度和跑的速度隨著摩爾定律而進步，也使得網路通訊速度隨著摩爾定律而提升，開創了一個新紀元。

1984 年，基於新的 DSP 技術與回音消除技術，聯合國下的電信組織 CCITT（International Telecommunication Union, ITU 的前身）制定了一個在語音電話線路能通 9600bps 速度的數據機標準，叫做 V.32。以前的數據機標準都是先有產品推出，然後被接受為標準，但這個 V.32 標準是先制定後，幾年內沒有符合標準的產品推出，因為技術新而難做，市場能提供的 DSP 商用處理器少，又不夠好與快。合勤科技正誕生於此時代，於 1987 年開始車庫創業研發數據機，

1989 年申請進入新竹科學園區，繼續做數據機研發。合勤科技自行開發 DSP 與專用 ASIC 晶片，以延伸標準的 19200 bps 的速度為設計目標。1991 年 CCITT 發布了最新 14400 bps 速度的 V.32bis 標準，合勤是世界上第一個推出符合此標準數據機的廠家，功能與性能又是最好，又可藉軟體升級陸續提速至 16800 bps 與 19200 bps，並增加包含傳真與數位語音的功能，合勤的數據機成為上網族的首選。

電信語音網路其實在內部是把語音以 PCM 方式數位化成 64Kbps 的數據在傳，只有從用戶到機房這一段銅線是以模擬信號方式傳語音。1990 年代歐洲把這一段銅線傳輸也改成兩個 64 Kbps 的數位通道傳輸，所以電信通訊可以用戶到用戶全數位通訊，至於語音則是在用戶端就把它數位化，到對方再轉回語音，這叫做 ISDN（Integrated Service Digital Network），好處是傳數據的話，端到端可直接傳 $64 \text{ Kbps} \times 2 = 128 \text{ Kbps}$ ，這是窄頻撥接的最高速。

電話網路原是為端到端的電路交換（circuit switching）而設計，和 packet switching 的網路思維不一樣。如果只是要上網的話，只要用戶到電信機房的這一段銅線能傳高速就行了，到了機房就接上網路，不必再走電路交換。以短距銅線傳高速的思維，產生了 ADSL 的傳輸調變方式，如圖 2 所示，在銅線上語音只用了 0 – 4 KHz 的頻寬，我們同時可用高頻一直到 1.1 MHz 的部分來傳數

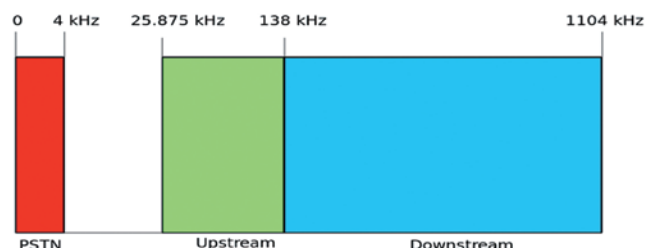


圖 2 ADSL 所用的頻率配置

據，配合上網的特性，下行給比較多的頻寬提供較高速度，而上行用較少頻寬，於是可提供下行 8 Mbps 而上行 896 Kps 的 ADSL 上網服務。ADSL 的好處是它與原來的語音並存，它是一直接上網路的，並不需撥接，這就是寬頻固接。

拜摩爾定律之賜，ADSL 陸續進化到 ADSL2、ADSL2+、VDSL 以及 VDSL2，上網速度就一直提升到 8 Mbps、12 Mbps、24 Mbps、50 Mbps 以及 100 Mbps，只是速度愈高，能通的距離愈短。

圖 3 是二十年來合勤網路產品的一個剪影，也見證上網技術的世代演進。原來是電腦接網路，演進到網路接網路就產生了路由器需求，寬頻固接後就產生了網路安全的問題，網路產品也就需要資安防護，合勤也一路領先風潮推出產品。銅線寬頻上網後，一個方向演進到光纖上網提供更高的速度，另一個方向演進到無線上網提供更好的便利。

圖 4 是台灣固網寬頻接入方式的演變，其中 FTTx 包含了光纖到附近而最後一段走 VDSL 銅線的情形（FTTC and FTTB）。

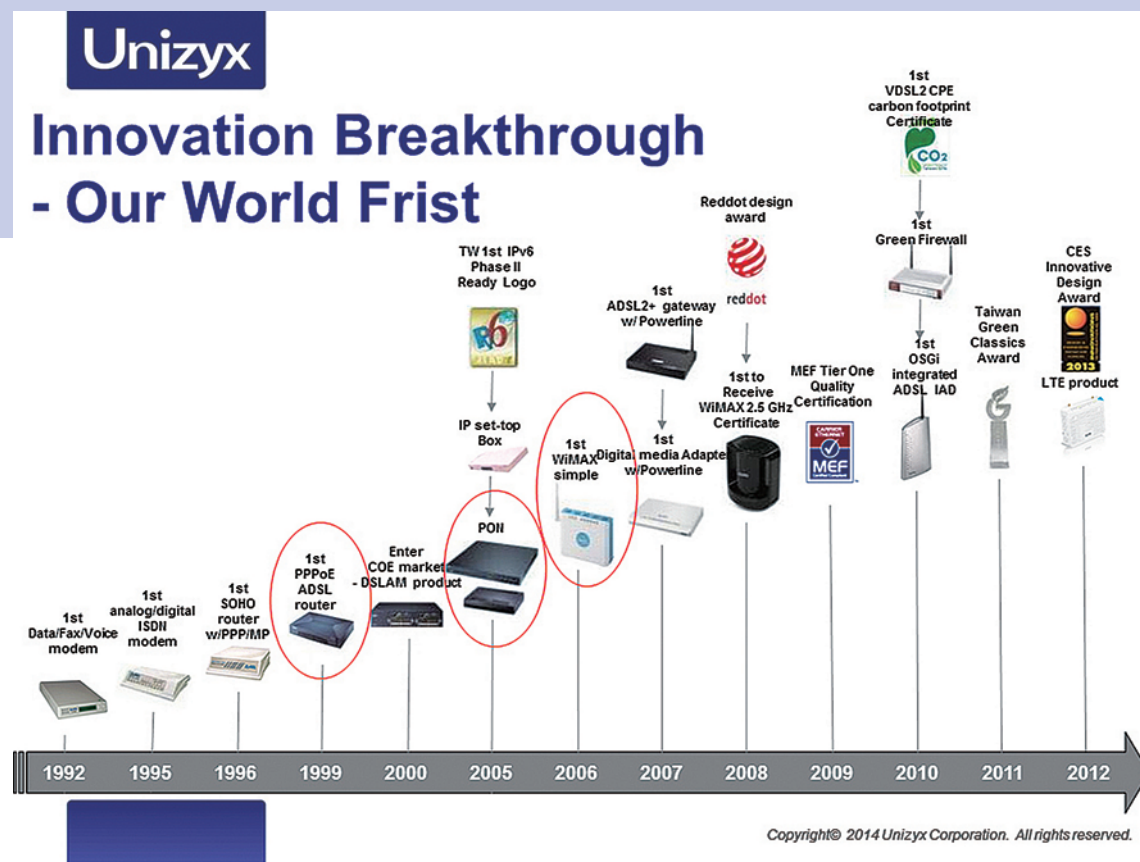
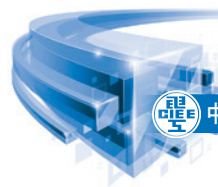


圖 3 合勤科技網路接取產品歷史剪影



圖 4 固網寬頻用戶發展趨勢 (資料來源: 國家通訊傳播委員會全球資訊網統計資料)

無線的網路相連分短距與長距兩種，長距的相連是由無線蜂巢式電話系統演變而來，在下節行動網路有介紹，而短距的相連是用來取代乙太網路纜線（Ethernet cable），是 LAN 的一環，所以叫無線區域網路－Wireless LAN（WLAN）。也是拜摩爾定律之賜，使得射頻線路集積化成為可能，也使得需要愈來愈多運算能力的高速無線傳輸調變成為可能。IEEE 802.11 是 IEEE 所定 WLAN 的標準，所規範 WLAN 的速度從 1997 年 802.11 的 2 Mbps，歷經歷年新標準的提速一直進化到 802.11ac 的 500 Mbps，當然愈高的速度有愈多距離、阻隔與干擾的限制。行動裝置可藉 WLAN 經由附近的 WLAN Access Point（WLAN AP）而無線接上網路，大大的增加了便利性。






四、從行動互聯網到物聯網時代

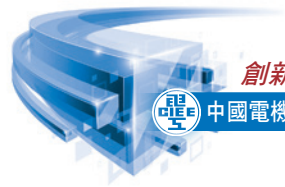
互聯網原為連接電腦主機而發展，從 connect every computer 進展到 connect everyone，再要進展到 connect everything，也就是物聯網。

無線電話的普及從 1980 年代的第一代蜂巢式行動電話系統開始，表 1 列出各代系統之進展及傳輸速度與伴隨之功能、應用演進，原先以語音通訊出發，到後期是以數據聯網為依歸。

真正掀起行動網路革命的，是 2007 年蘋果公司推出的智慧型手機－iPhone。賈伯斯重新定義行動電話的功能為大螢幕無鍵盤的設計、多點觸控技術，並且支援上網與收發電子郵件的功能，搭配簡單易學的使用者介面，推出的 iPhone 很快就掀起熱潮，引起

表 1 移動通訊技術與應用發展史

| | 時間 | 移動通訊發展主流技術 | 說明 |
|---|-------------|--|--|
|  | 1985-1996 年 | 第一代（1G） 移動通訊技術 | 僅限語音的蜂巢電話模式。 |
|  | 1996-2000 年 | 第二代（2G） 移動通訊技術 GSM | 可通過數位訊號傳輸數據，使用者可以發短訊。 |
|  | 2000-2009 年 | 第二代到第三代的 過渡（2.5G） GSM+GPRS | 具有無線數據接入服務，數據傳輸速率可達 115kbps 是 GSM 的 10 倍，可上網。 |
|  | 2009-2013 年 | 第三代（3G） 移動通訊技術 CDMA2000、 WCDMA、 TD-SCDMA | 3G 傳輸速率可達幾百 Kbps 以上，可同時可以傳語音、數據、影音，下載視訊，影音串流應運而生。 |
|  | 2014 年起 | 第四代（4G） 移動通訊技術 LTE | 4G 的網速是 3G 的 10 倍以上，下載可達 100Mbps，上傳可達 20Mbps，4G 技術發展將帶動高畫質影音、虛擬實境遊戲、醫療與車用等創新應用服務的興起。 |



廣大使用者的注意，而隔年發表的 iPhone 3G，更正式引爆智慧型手機的成長，宣告智慧型手機時代的來臨。iPhone 的出現不僅是一個新的硬體產品的出現，它提供第三方軟體的 App Store 平台，更是新的商業模式的呈現，除營利外達到魚幫水、水幫魚的效果，形成一個蘋果幫的移動互聯網產業生態系。小型的 APP 公司迅速的冒出頭來，像 Candy Crash、Line、WeChat 等 App 的風行，使蘋果公司除了販售智慧手機硬體（產品）之外，還成為了服務軟體銷售平台的供應商，最近在其手機加上支付功能（Apple pay），成為支付服務商，其硬體產品也跨產業的從 iMac（電腦）到 iPod-MP3 播放器（音樂產業），再到 iPhone（通訊產業）。

搜尋引擎巨擘 Google 在 2005 年收購手機軟體開發商 Android 公司，正式踏入行動通訊領域，更在 iPhone 推出的同年（2007 年），成立開放手持設備聯盟（Open Handset Alliance），Google 開放 Android 作業系統的原始碼，讓手機廠商使用 Android 作業系統於自己製造的智慧型手機，讓眾多手機廠商得以進入智慧手機市場。Google 以「網路搜尋引擎」領域跨足進入「行動通訊」領域的智慧型手機市場，再次讓我們看到行動通訊發展所產生的互聯網產業革命，公司打破產業的模糊界線，產生出許多以往令人意想不到的巨型玩家。在 2010 年，Android 成為市占率第一大的智慧型手機作業系統，2013 年，

Android 與 iPhone 的作業系統 iOS 更是占了全世界百分之九十以上的智慧型手機市場。

網路從有線到移動，使得原有的透過電腦平台提供服務的服務商（以 Facebook 為典型的代表；在微軟的作業系統上開發），需要重新思考使用者經驗，重新設計使用者介面在手機系統上開發 App 版本，希望延續服務至智慧手機與平板的使用者。同時，出現新的互連網服務商利用行動網路及智慧型手機的普及，提供新的服務在行動網路的市場取得先機，這類廠商以中國的即時通訊軟體 WeChat、美國的即時通訊軟體 What's APP、日本的即時通訊軟體 Line 等為代表；以手機 APP 為主要領域的新廠商，在這波革命中快速崛起，再反向走入電腦版本，甚至電視版本，形成多螢幕應用的情境。

網速的提升，使原本提供的網路語音進階到即時視訊通話服務，各家軟體相繼進入即時通訊市場，又再次將傳統由電信運營商提供通訊服務的界線更模糊化，甚至是主客易位。物物相聯的物聯網框架概念下，穿戴式裝置包括眼鏡、手錶、手環等能夠內置感應器的穿戴式裝置與手機、平板等裝置聯網與後送雲的整合服務架構，將使用者日常生活細節與數位化通信加以整合，進入全面的互／物聯網的試驗中。行動網路的環境與多螢幕的使用情境，連帶驅動了雲端產業的蓬勃發展，雲端儲存與運算能通過網路對各接入裝置提供服務。

行動網路的發展使聯網裝置快速增加，物聯網的發展更使聯網裝置爆炸性的成長，圖 5 顯示 IDC 的一個聯網裝置數目預測，華為在 2014 年分析師大會中提到網路的持續發展下，使聯網像空氣和水一般的無所不在，並大膽的預估在 2025 年有 80 億的上網人口，可能有 1000 億個互聯的終端，這就是無所不在的聯網環境。從回顧過去到展望未來，發現演變的速度與進程腳步加快，更多智慧生活的想像，正在從構思到逐步實現的路上。在這樣的情況之下，創新與跨界的能力就會為產業求生存不可或缺的重要能力，加速變化的世界使得既有的結構與邏輯都無法百分之百地依靠，空白與灰色地帶需要靠產業界的能量自行定義問題、尋找出具有創意的解決方案、整合跨產業的業者、跨越更複雜的產業與科技的界線，發展出一條有潛力、差異化、有特色並且能對人類社會產生重要影響力的產品與服務。

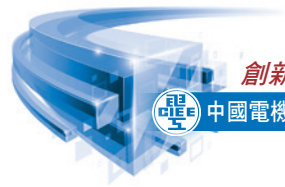


圖 5 用戶互聯終端設備展望 (資料來源：IDC Directions 2010)

五、互聯網企業

互聯網的發展催生了一種新的企業，叫做互聯網公司。一般公司必須經過實體通路來接觸客戶，擴展慢也有地域限制，互聯網公司經由網路接觸客戶，無遠弗屆，沒有地理限制，擴展的成本也低，造成互聯網公司可以快速的發展，但也衝擊了既有的法治與社會。

互聯網公司的運營跨國界，實現了全球化 (globalization)，但也產生了一些前所未有的問題。因為沒有營運國界，全世界是一個市場，加上網路服務業擴展迅速的特性，產生了寡頭集中化，全世界只有少數幾家先行者壟斷市場，造成貧富不均，對落後國家不公平的現象，只有一些設下壁壘又有足夠大市場的國家，如中國大陸，能在壁壘下產生自己的互聯網企業，但內部也有寡頭集中化的情形。互聯網公司運營跨國界，收入與獲利也可跨國界挪移，產生了跨國避稅的問題，對許多貢獻收入的國家不公平。另外，互聯網公司收集了各國使用者的資訊，如果不當使用或洩漏，會產生侵犯個人隱私或被盜用損害權益的問題。手機 App 常收集使用者的通訊資訊並可控制使用者的手機功能，互聯網公司所用的伺服器常存在他國，會受他國政府要求而交出資訊，甚或配合收集刺探特定人的通訊紀錄與內容，產生嚴重的資安問題，所以職務敏感人士要謹慎使用手機



App，尤其是通訊軟體。俄國剛通過法令，要求互聯網公司的俄國公民資料只能儲存於俄國。

很多互聯網公司的服務需要使用大量的頻寬，但沒有付錢給提供頻寬的電信運營商（因為是用戶付費買頻寬上網），使得電信運營商因為客戶滿意度而需大量投資在網路頻寬基礎建設，但沒從互聯網公司得到報酬，產生了衝突。美國的 stream video 提供商 Netflix 以收費方式向客戶提供的串流媒體服務更是耗費大量網路頻寬，而提高客戶滿意度所需的頻寬建設重擔落在網路運營商，因此美國運營商 Comcast 成功地向 Netflix 要求分享收費以保證網路品質可以做為參考。

六、結論與展望

2009 年底，全球第一個 LTE（Long Term Evolution）服務正式在挪威商業運轉，美國、日本、歐洲各國、南韓以及中國大陸各國的 LTE 佈建正如火如荼的展開，台灣在 2013 年有六家電信業者取得執照，在 2014 年各營運商也相繼推出 LTE 服務，宣告 4G 時代的正式來臨，而 5G 的標準也在制定中，如此可看出更高速的無線上網是趨勢，我們可由此推想那些新應用與新服務會成為可能，也可看出 5G 所要發展的方向。

從產品與技術面向來看，依摩爾定律的發展，提出三個主要的產品演進方向：第一是用戶終端產品的微小化；第二是無線化；第三是省電化，當然運算能力也一直在增加。這些都會促成行動終端與物聯網裝置的更加精進普及，推動行動化與物聯化的進展。可預見行動終端的運算與通訊能力會更強，能支撐更多的行動應用，另外需要更微小省電特性的穿戴式產品會逐步進步發展，網路除了與人相連，還與人體上的感應裝置相連，可隨時監測或發出指令。物聯網應用則會因為開發出越來越多微小省電的無線感應與控制裝置而蓬勃發展，所有感應或控制裝置都可與網路相連。摩爾定律的極限則會使硬體發展逐漸緩慢下來，更多的發展將轉到應用軟體上。在應用上，因為網路頻寬的增加和行動網路的無所不在，再加上每個人都有多裝置上網，促使運算和儲存移往雲端，每個裝置都可隨時隨地上網運用雲端資源，也解決同步問題，雲端應用會更蓬勃發展。（朱順一：合勤科技董事長。簡琬莉：清華大學科技管理所）

致謝

特別感謝黃令名先生協助本文的資料蒐集與彙整，使本文得以順利完稿付梓。