

What's fun in EE

臺大電機系科普系列

親愛的，電資科技把世界變平了？

張時中／臺大電機系教授

我家 16 歲的小子迷上了衝浪，週六晨一醒來就開筆電、上網，查看烏石港北堤海灘的浪況影像，再補一個電話給蕃薯教練確認後，就催著先出發，躍躍欲試前兩天在 FB 上跟澳洲一位衝浪好手請教到的祕技。在路上一面耳朵裡塞著耳機聽前一晚下載的 Apologize (One Republic)，一方面忙著用老爸的 hTC Desire 上 1968 查看 3、5 號國道的即時路況，以便決定該怎麼走才省時。進了雪隧，溫馨而熟悉的聲音切換進了警察廣播電台頻道正播放的經典老歌，提醒駕駛人車流量大，保持適當間距，並在速限內提高車速。出了雪隧，頭城收費站電波掃過車頭燈上的 e-tag 貼紙，老爸銀行帳戶上就少了 40 元。租好浪板和防磨、防寒衣，信用卡一刷，老爸的手機叮咚一聲，確認帳戶上又少了數百大元孝敬小子去也。看著小子滑水越浪而出，老爸趕緊找個海灘遮棚下的桌椅，拿出筆電，接上手機，上網跟返高雄探親的博士生和在美國的合作研究團隊，依約定時間進行三方 Skype 討論會議，修改合寫的論文。在這樣一個明媚的春末海邊，討論進行地很有成效，美中不足的一是海浪聲有點吵，二是討論正熱烈時，電池沒電了。海灘上當然找不著插頭，而匆忙間忘了多帶一個電池。上述的個人生活態樣中所用到的各種電機和資通訊（電資）相關科技，相信對大家來說並不陌生。

壹、「世界是平的！」佛里曼先生如是說

宏觀而言，今天的世界因著電資科技而緊密、方便的互聯，世界經濟、商務、文化交流、個人日常生活都出現了前所未有的新態樣，全球化浪潮風起雲湧。湯馬斯·佛里曼 (Thomas L. Friedman) 在 2005 年出版了一本暢銷書《世界是平的》(The World Is Flat) [1]，指出全球化浪潮下，全球市場、勞動力和物品都可以被整個世界共用，一切都有可能以最有效率和最低成本的方式實現。雖然許多有識之士對這樣的發展有所憂心，但一波波新科技與新作法，全球化無可阻擋，已開發國家的工人、財務人員、工程師和經理人，必須與遠方開發中國家如中國和印度的人

才在能力、績效與成本上競爭工作機會。

世界到底是如何變平的呢？湯馬斯·佛里曼指出是由下列十種推動力量匯集產生的結果。

抹平世界的推土機 [1]

(1) 1989/11/9 柏林圍牆倒下

柏林圍牆倒下後，政治上解放了壓制，改變世界的權力平衡，朝向民主、共識、自由市場的方向前進。大約同時 IBM 個人電腦（PC）大量成長，加上視窗作業系統賦予 PC 生命，並透過採用共同標準，創造出更平坦的競賽場，不僅打開了取用他國人才庫的途徑，也因橫向溝通大幅改善，更加速共產或極權制度由上而下統治的崩解。

(2) 1995/8/9 網景上市

位於加州的小公司網景（Netscape）創造了第一個重要的網路瀏覽器，於 1995 年 8 月 9 日公開上市。透過 PC 和視窗系統平台帶動了網景瀏覽器和電子郵件的發展與應用，促成世人快速、經濟地互動交談，有助降低隔閡。英國物理學家蒂姆·伯納斯·李提出了全球資訊網（www）的概念，來建立一個系統，以便創造，組織，和連結檔案，方便人們瀏覽與分享資訊。

(3) 工作流（work flow）軟體

全球資訊網其共通之標準讓網路的應用軟體溝通無礙，世界各地的工作者透過相同工作流軟體進行緊密工作流程步驟的協調，跨國、跨文化、跨時區接力合作，成為名符其實的日不落工作團隊。

這三項推動力量湯馬斯·佛里曼稱為《創世紀：抹平世界的平台出現》

(4) 原始碼、知識資源開放共享

自由軟體運動開放出原始碼，讓一般人不限時空，都可以免費取用多種工具，進行加值應用，或參與開放原始碼創新，著名的如網路伺服器專用的共享軟體阿帕契（Apache）、作業系統 Linux 等，另知識共有、共創、共享如自由的網路百科全書維基百科（Wikipedia）等，都加速人類文明的集體創新與發展。

(5) 外包

因著委外代工的轉移（資訊蒐集交換、溝通協調與管理）成本大幅降低，企業可專注深化核心具競爭力業務，而將其他業務外包給專業公司或個人，再將完成的工作合併，事半功倍，更具效益。

(6) 岸外生產

企業把工廠整廠遷移至海外，利用低廉人工與低賦稅等優勢，來生產產品，再行運銷各地，以降低成本與增加利潤。在印度進行的軟體與服務和中國的製造即是岸外生產進入新層次的代表性案例。

(7) 供應鏈

隨著外包、岸外生產等全球化作為，在供應商、通路商和顧客上下游乃至於終端間，透過資通訊及工作流整合平台，來進行水平、垂直協調合作，提升效率，創造價值，美國的沃爾瑪、我國的各便利超商便是例子。

(8) 承包

有知識、能力者可以不受時、空限制，來競標承做的工作，案件大為增加。

(9) 資訊搜尋

搜尋引擎如 Yahoo!，Google 和 Bing 讓每一個人修造和部署你自己的個人供應鏈－資訊供應鏈、知識與娛樂能力。

(10) 輕科技

各種的 3C 產品加速、放大以上 9 項所產生的推平效果。

想一想：

Q1：你和家人、同學日常生活，是否受到上述十大推平因素的影響？能否舉例具體說明？

Q2：你在 Q1 中想到的因素，推倒了甚麼不平？你認為科技扮演了什麼角色？那些科技？

貳、世界原是不平

西元 1532 年 11 月 6 日 40,000 印加帝國戰士與 168（西班牙人也愛一路發？）名越洋長途跋涉而來的西班牙戰士，在祕魯北方高地的卡哈馬卡（Cajamarca）遭遇、對戰。此役共估計有 6、7 千印加戰士陣亡，也導致印加帝國約在兩年後崩解覆亡。我們一定很好奇西班牙軍士如何以小搏大？很自然的聯想是西班牙人先進的槍砲武器，但僅止於此嗎？為什麼不是印加皇帝阿塔瓦爾帕（Atahualpa）到西班牙去抓了國王查理一世（King Charles I）呢？美國加州大學洛杉磯分校（UCLA）的傑瑞德·戴蒙（Jared Diamond）教授不禁要問一個更基本但很敏感的問題：「是因為歐洲人種比較優秀，因而發展出優勢的科技與軍事力量嗎？」[2]

當然不是！戴蒙教授多年精心研究後指出因為世界原本不平，各地物種分佈的差異（表一）與交流傳播難易不同，才是終極的原因 [2]。以印加帝國所在的南美洲安地斯山脈為例，雖然文明發展的早，在物種上有馬鈴薯、木薯等糧食作物可供種植，有羊駝可供豢養，但無大型獸力適合協助農業生產。雖然俄羅斯南部有馬，後來也傳到北美洲，然而從北美溫帶要經過赤道傳播至印加帝國，便有不同緯度間氣候的障礙阻隔。反觀歐洲地區，兩河流域肥沃月灣古文明的農作物小麥、碗豆、橄欖，和綿羊、山羊、牛等家畜，同緯度向西傳播到地中海型氣候區及中西歐氣候相近地區就容易。戴蒙教授的環境因素與文明、科技發展理論模型如圖二，適當的動植物種，促成農耕，糧食生產豐富有餘並可儲存，聚居形成分層、分工的社會發展，科技（工具、軍事）與知識創新累積於焉而生，進而又推動生產力提升，如此循環演進，造成快速進步，形成大型聚落社會。由於人、禽、畜的聚居，流行病於焉產生，如早年的天花、鼠疫，現在的禽流感。群聚而居的西班牙人代代相傳而對流行病較有抵抗力，但印加人就不然了。其實印加帝國不是亡於西班牙人的槍砲，而是所帶來的天花。西班牙國王查理一世和印加皇帝阿塔瓦爾帕的命運雖在十六世紀中有緣相交會，但結局因而大不相同。

簡單總結戴蒙教授的理論，世界原本在物種分佈和交流傳播等自然環境條件不同，衍生出「不平」的文明發展。

表一 古文明地物種分佈 [2,3]

地區	作物	動物	時間
西南亞	小麥,碗豆,橄欖	綿羊,山羊,牛	西元前8,500
中國	稻米,櫻	豬,蠶	西元前7,500
中美洲	玉米,豆類,南瓜類	火雞	西元前3,500
安地斯山與亞馬遜	馬鈴薯,木薯	羊駝,天竺鼠	西元前3,500
美國東部	向日葵,藜	無	西元前2,500
? 撒哈拉	高粱,非洲稻米	珍珠雞	西元前5,000
南俄羅斯	非洲薯,油棕	馬	西元前4,000



圖一 傳播軸向 [2,3]

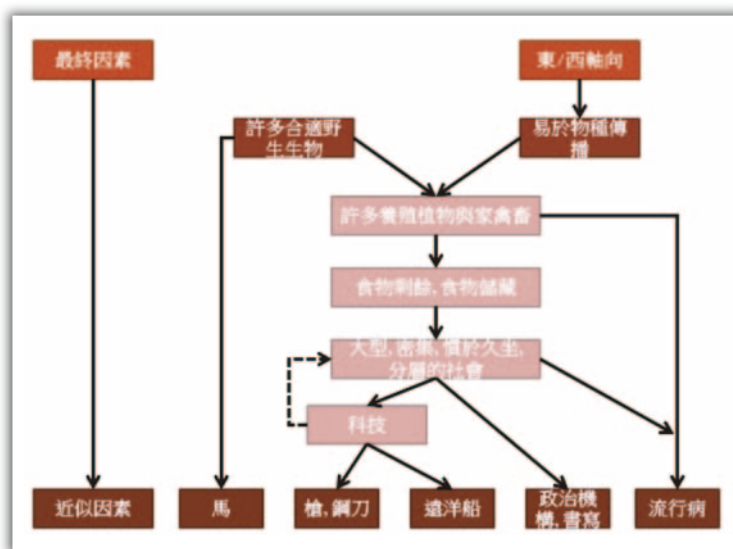
想一想、查一查：

Q3：戴蒙教授的理論是不是很有趣呢？他有更多的論證嗎？

Q4：臺灣的自然環境條件，在十六世紀前，是不平世界中的那種情形？

叁、電資科技如何推平世界？

佛里曼先生所提抹平世界十大推土機，幾乎都採用了電資科技作為引擎。具體而言，究竟電資科技如何促使原本不平的世界變平？

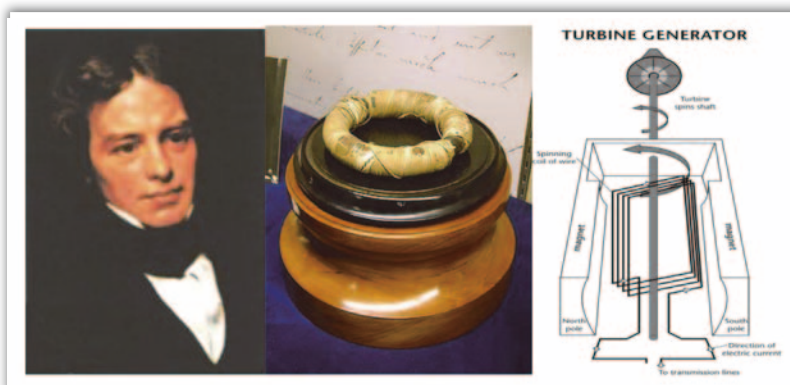


圖二 環境因素與科技發展模型 [2,3]

一、以電力為中心的能源轉換、傳輸與儲存網絡 [6,7,8]

我們日常生活、工作只要停電就幾乎全部停擺。買新手機、新筆電時共通的重要考量因素常是電池的續航力。但是有誰知道我們每天生活當中隨開即用的電到底是從那裡來的呢？是日月潭水力發電廠，高雄市永安區與茄萣區交界處的興達火力發電廠，還是新北市萬里區的核二廠？有沒有大安溪出海口風車或屏東「養水種電」太陽能電廠發來的電？離島居民呢？住宅用戶一度電的費率是多少？住在不同類型、不同成本的發電廠附近的用戶，電費費率是否相同？

從電學之父法拉第 (Michael Faraday) 1831 年發現變化磁場可感應產生電場以來 [8]，人們便利用不同地方的不同能源，將機械能（水沖、風吹、波浪和潮汐的動能）、

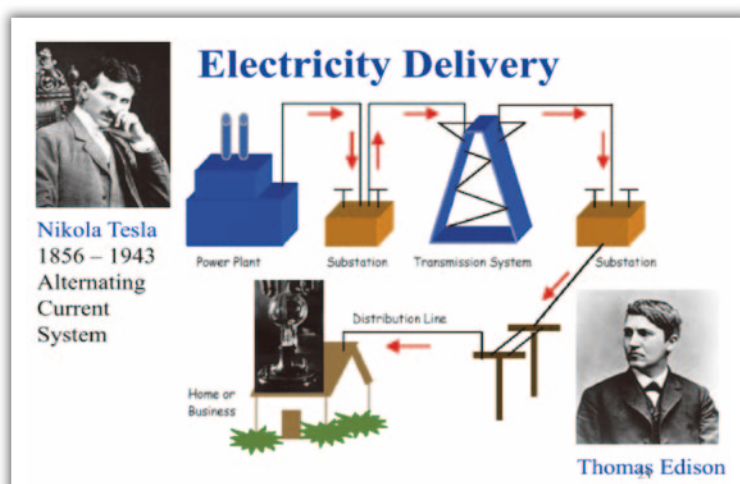


圖三 法拉第、電磁感應與旋轉發電 [6, 7]

熱、光、化學能轉成電能。尼古拉·特斯拉（Nicola Tesla）和湯馬士·愛迪生（Thomas Edison）等人推動電力商業化，設計了現代交流電力系統，將發電機所產生電力，經變電站提升為高電壓，以交流電形式透過電力網路傳輸到遠端，再經變電站降為低電壓，配送至家戶、機關、行號等各角落，依需要轉換成不同式形的能量，來驅動機器和馬達、通信設備、烹煮、洗衣、空調、冷凍、照明、電視、電腦、電玩、電吉他、充電等等。我國在孫運璿先生領導下，台灣電力公司大力建設、推動「鄉村電氣化」，使台灣電力普及率早在民國 63 年時就已達到 99.6%，超越當時的日本 [12]。如今不論我們住在都市或鄉村，海邊或山上，全天 24 小時都可以接上台電供應的電源，做各種形式和目的使用，不需要住在日照充足、風力穩定、或水庫、港口旁邊，就可以享用電力這個形式們能源所帶來的便利生活。

即便在輸電線未到之處，或不便接線用電的場合，不論是家用、生產、戶外施工、室外演唱會、夜市營業等，也可以藉由中、小型燃油發電機等等，來發電或者使用電池來使用電器。國家和國家間雖然仍有電壓、交流頻率及插頭插座的不同，透過內建轉換器及萬用轉接頭，也相當程度消除了一些行動使用電器如筆電跨國使用的障礙。因而在現代文明社會，不同形態的能源從不同地點轉換成電能，傳送到電力網可及之處，且可轉成便於攜帶的形式，讓普羅大眾用電普及、便利、可移動（mobile），時、空限制大幅減少，可說促成了「平的」能源接取使用。

在這些美好的發展之中，大電力的儲存、電池的效率、及開發中國家電力系統普及率的提升，則是仍亟待突破的議題。



圖四 特斯拉、愛迪生與交流電力系統 [6,7]



圖五 明潭抽蓄水力發電廠

想一想、查一查：

- Q5：我國最大的「蓄電池」在明潭抽蓄發電廠（圖五），它有多大容量？充電的能量從那裡來、如何充？誰、在甚麼時候用它蓄的電？技術上，可以指定明潭抽蓄發電廠所發的一度電送到台灣大學使用嗎？
- Q6：電動車用的電池和手機用的電池，除容量大小外，在性能要求上有什麼異同？挑戰或機會在那裏？
- Q7：我國家戶普遍有電視後約三十年，才有行動電話的普及。邦交國甘比亞則只有約 60% 的家戶可收看电视，但平均每人都有一支行動電話用來通訊，怎麼會這樣？

二、以電子為中心的資訊擷取、處理、傳輸與儲存網絡 [6,7]

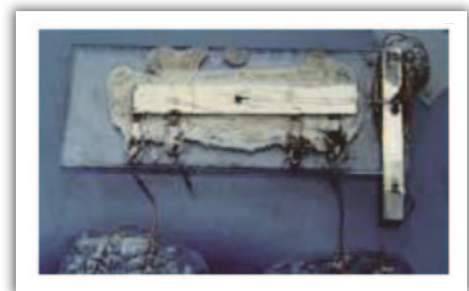
隨著用電的推平（普及、便利、可移動），以半導體與積體電路為基礎的相關電子科技發展，促成了資訊數位化擷取、處理、傳輸、儲存與應用的種種革命，進而建構成為推平世界的引擎。

電機工程師的樂高積木：積體電路

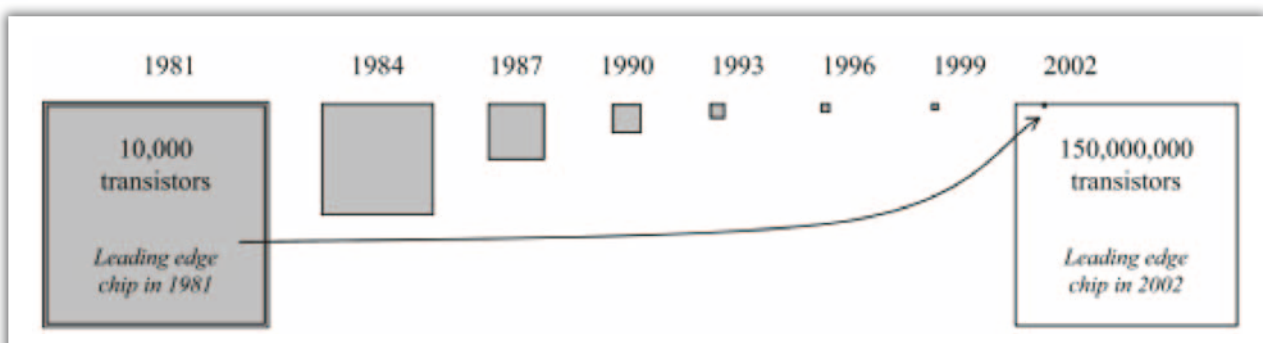
1947 年底貝爾實驗室的科學家 William Shockley、John Bardeen 和 Walter Brattain 利用半導體材料鎢晶成功研發了第一個電晶體，約一個手掌大小（圖六 (a)），它的開關（ON-OFF）功能可以用來代表並建構 0、1 二元數和邏輯，並可用來放大或縮小電信號（amplification）。其後德州儀器公司於 1954 年發明矽電晶體，而美國電機工程師 Jack Kilby 和 Robert Noyce 研發出將電晶體平面化、微小化的技術（圖六 (b)），創辦 Intel 公司，於是開啟了矽晶積體電路（integrated circuit）為主軸的微電子時代。近六十年來，積體電路科技基本上循著英特爾（Intel）創辦人之一的戈登·摩爾（Gordon E. Moore）於 1965 年所提出的摩爾定律發展。摩爾預測，矽晶積體電路單位面積內的電晶體數目，每隔約十八個月會增加一倍，晶片執行運算的速度隨之加快，功能也提昇，但製造成本不變。圖七顯示最左邊 1981 年時一個內含 10,000 電晶體的 IC，以 2002 年的技術在同大小晶片內可製作 15,000 個相同功能的 IC。簡單來說，矽晶微電子引擎推動資通訊科技以「指數級數」的速度向前飛奔，個人電腦處理的速度、記憶體的容量、感測器的發展和數位相機的畫素等都讓我們明顯有感，更重要的是價格也快速下降，讓消費者大多數人都負擔得起。



圖六 (a) 第一個電晶體



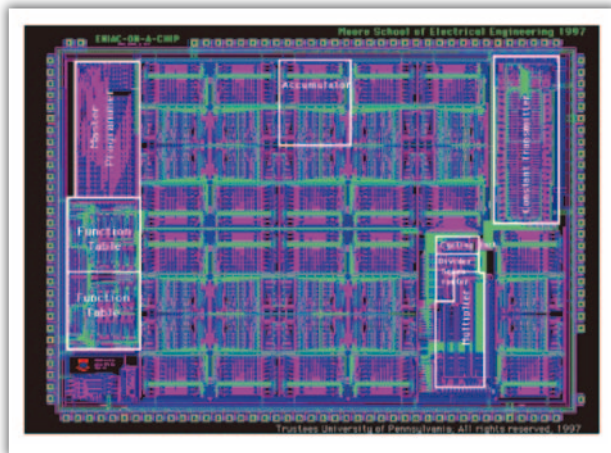
圖六 (b) 第一個平面化電晶體



圖七 (a) 積體電路循摩爾定律以指數級數微小化



圖七 (b) 第一台真空管電子計算機 ENIAC
(體積: 33 m×3.3 m×1 m, 用電:140,000 瓦)



圖七 (C) 1995 賓州大學電機系學生所製作 IC 上的 ENIAC (面積: 7.44 mm×5.29 mm, 0.5 mm CMOS 製程技術)

「俗」又強的電腦

有了價格負擔得起的各種基本功能微電子晶片，加上模組化及標準訂定，有興趣的人們便可以拿它們來作為實現創意發想與設計的樂高積木，加速創造新工具、新系統、新服務與新商務模式，並不一定需要大企業的工作環境。其中最為人所津津樂道的便是 1976 年在美國加州的矽谷的一個車庫裡，兩個年輕的史迪夫（Steve Jobs and Steve Wozniak）用了約 30 個 IC 來完成並成功售出了 Apple I computer 的電路板。硬體之外，軟體也蓬勃發展，價格上從 1976 年 2000 元美金的簡單功能個人電腦，降至如今 4、500 美金但功能強大的機種。電腦於是從國防機構、研究和學術單位、營利事業才用的起的大型主機（main frame）或迷你（mini）電腦，或者玩家的簡易遊戲機，快速進入一般人的家庭和個人手中。由於對人類的影響深遠，早在 1982 年時代雜誌選個人電腦為年度風雲「人物」（圖八）。



圖八 1982 風雲「人」物

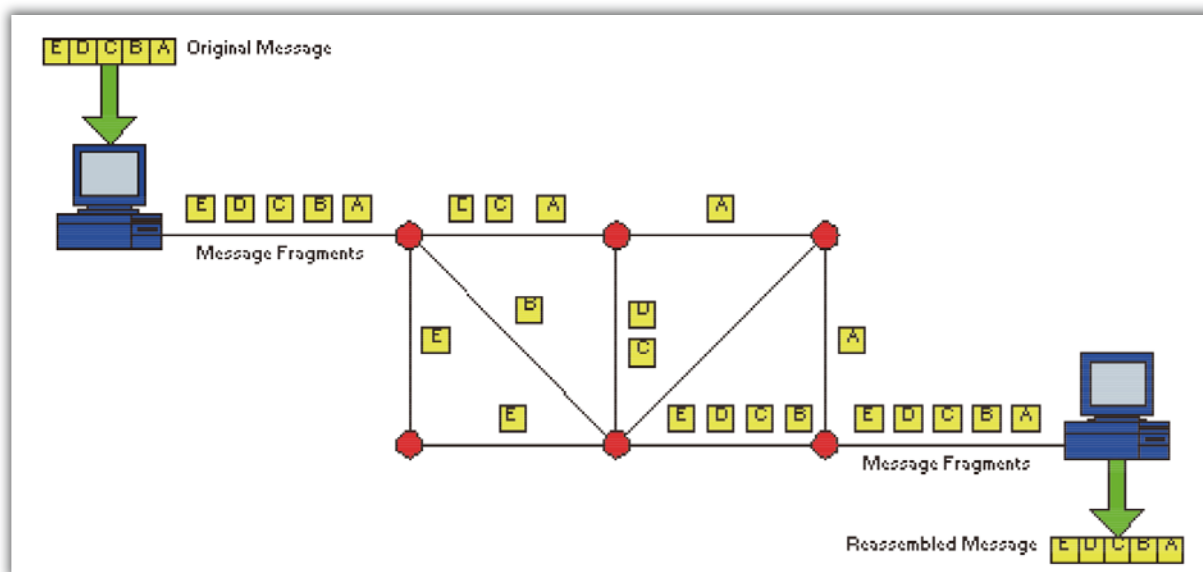
1980 年 IBM 為將推出的 PC，請比爾·蓋茲研發 MS-DOS 作業系統，1983 年蓮花（Lotus）公司的試算表軟體 Lotus-1-2-3，結合了試算、圖形和資料庫為一，成為 IBM PC 上最暢銷的軟體。其後微軟公司推出的視窗作業軟體 Windows 及 Office，一方面增加 PC 使用者的生產，一方面讓世人可以用相似的環境與工具來使用電腦及工作，奠定全球化的重要基礎之一。

連結分享力量大：電信與電腦網路傳輸

光有電腦而沒有通訊網路（固網或行動）可上，對你我而言，用處不大，沒有樂趣！

電磁波在 19 世紀後半馬克斯威爾的理論推導和赫茲的實證、馬可尼發明了無線電報、貝爾的電話奠定了無線、有線數據和語音傳輸的基礎，讓人與人間資訊的傳遞與溝通進入新紀元。在電話網路上使用的是電路交換技術，一通從台北打到高雄的電話通訊期間，實際上要佔一條線路，就好比從台大開車到中山大學，從出發到抵達期間要保留一條專用車道，好處是專用不壅塞，缺點當然是太浪費。

Paul Baran 和 Donald Davies 等人在 1960 年代末期為讓電腦間可以通訊，在 ARPANET 計畫下發展出分封交換的技術，把待傳輸的資訊分成小包、每包註明收、發的地址，交由網路服務器有空就逐站轉傳（圖九），好比貨櫃運輸，成為數據傳輸網路的基礎。在網際網路越來越複雜時，不同電腦、不同軟體、不同系統的網路之間無法相容相通的問題越來越明顯。1974 年「Internet 之父」文特·瑟夫（Vint Cerf）研發出一套能通行於所有電腦上的通訊協定 TCP/IP（transmission control protocol and internet protocol），加上 www 可讓人透過網際網路以超媒體方式分享資訊。隨著網際網路、WWW 等應用服務的發展，光纖骨幹網路的建設，數據網路的傳輸量已於西元 2000 年超越電話網路。



圖九 分封交換技術概念圖

網際網路的一大特色是其運作並無中央治理組織，理念特性為 (1) 各網域分散式決定傳遞路徑，(2) 以善意換取善意連結及提供服務，(3) 網路中立於使用者或服務類型，與 (4) 開放及自由發展與使用 [11]。因而網際網路空間（Cyberspace）上，眾使用者皆平，相互連結，各自管理的基本思維，對實體社會人與人間網路的民主思維產生了深遠的影響。

此外，行動通訊網路技術提供使用者終端裝置如手機、筆電、PAD 等與電信及網際網路間以無線方式接取，從單純的通話、簡訊服務，促進人與人間的即時溝通聯繫，跨地域進行協調同步，再演進到多媒體加值服務。新興的寬頻無線通訊技術（3G、4G），結合光纖到戶的寬頻固網，透過如雨後春筍般的貼心 APP 軟體，即時高速取用網際網路服務，大量上傳或下載交流多媒體資訊，或者使用自備的隨身碟，或者使用網路服務提供的處存空間，大大增進我們日常生活的機動性，提供隨時隨地高速上網，擷取內容豐富的休閒娛樂、資訊搜尋與行動電子商務（圖十）。行動通訊在世界各國均高速成長，即便是非洲的一些開發中國家，雖然電力網的普及率低於 50%，但平均每人有多於一支行動電話，行動通訊普及率高於電力網普及率，即因人類社會性極強，行動電話與上網消除了社群網路的時空壁壘。



圖十 網路服務與應用

想一想、查一查：

Q8：在你使用 FB 時，你用到那些電子資訊擷取、處理、傳輸與儲存等四項電資科技？你最喜歡哪項功能或服務？希望加強甚麼？

Q9：你認為還有哪些電資科技促使變平，而湯馬斯·佛里曼沒想到的，或將發生的？

肆、世界真變平了？

各位讀者一路讀來，電資科技是否的確提供了湯馬斯·佛里曼所說十種推動力量所需的科技引擎，幫助 21 世紀的世界比 16 世紀的世界變平很多？

就全球化本身，對湯馬斯·佛里曼所說「世界是平的！」有不同看法者，不乏其人。其中相當引人注目的一位是因「信息不對稱」理論研究而得 2001 年諾貝爾經濟獎的斯蒂格里茲（Joseph E. Stiglitz）教授。高希均教授在《南方周末-【高希均專欄】世界真是平的嗎？》一文中，介紹了斯蒂格里茲教授的觀點 [10]。

1. 對全球化的基本信念如認為「自由貿易是促進國家福祉的必要條件」提出質疑。
2. 政治左右了全球化的走向，游大都是先工國家在制定——尤其受到特殊利益體的左右，把全球化塑造得更符合他自己的利益。遊戲規則大都是先進工業國家、受到特殊利益團體影響而制定，並不公平正義。

3. 「全球化」是兩面刃，國家善用了全球化，幫助了他的發展。東亞國家善用了全球化，幫助了他們的發展，可是一些最窮的國家，他得世界銀行、國際基金會的援助，或者美及日本捐，被加種種限制，不容易實施自己的政策。可是一些最貧窮的國家在獲得國際的援助或捐贈時，被加諸種種限制，不容易實施自己選擇的經濟政策。或因國內工作由海外承包產生了嚴重的失業（如），或由於跨國企業的幕後操縱、國際間不公平的貿易、金融規則及貸款等，而更難以擺脫貧窮，污染性產業移入造成嚴重的環保傷害跨國企在第三世界牟取特權及暴利，官，操縱政治。或跨國企業為牟取特權及暴利，賄賂官員，操縱政治。全球化反而擴大貧富、知識差距，助長社會的不安。

睿智如各位讀者，對於電資科技發展在幫助把世界變平的貢獻上，應自有正面評價，但也恐怕有些因人的「不當」運用，以致產生為虎作倀或助紂為虐的疑慮。但一個工程師的使命就是要想辦法運用科技解決問題，正如同斯蒂格里茲教授不僅提出質疑，也構思建議了妥善管理全球化的改進方法。欲知後事如何，請各位讀者想一想、查一查。

想一想、查一查：

Q9：有無因全球化或電資科技而新增的不平？若有，能否在電資科技面解決？若否，你認為可在那些其他面向、層次解決？

Q10：斯蒂格里茲教授所建議妥善管理全球化的改進方法，電資科技可能幫什麼忙？

Q11：資訊社會中，個人因所處環境與背景的因素，在近用（access）資訊科技的機會、使用資訊的內容、資訊素養三方面，產生資訊取用程度上的差異，造成資訊取用不均衡，形成的教育及社會不公平現象，稱為數位落差。你觀察到周遭有哪些數位落差？如何形成的？有甚麼改善建議？

參考文獻

- [1] Thomas L. Friedman, The World Is Flat 3.0: A Brief History of the Twenty-first Century, Farrar, Straus and Giroux, 2005.
- [2] Jared Diamond, Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies, New York, London: W.W. Norton & Company, 1999.
- [3] www.genesoc.com/teaching/gunsgermsandsteel/Guns,%20Germs,%20and%20Steel%20-%203.ppt
- [4] Philip Stack, The World is Flat? Implications and Challenges for your University, www.caubo.ca/annual_conf/presentations/.../The_world_is_flat_Implications_and_challenges_for_your_university_by_Philip_Stack.ppt
- [5] Don Tapscott and Anthony D. Williams, Wikinomics: How Mass Collaboration Changes Everything, Portfolio, 2006
- [6] IEEE Virtual Museum, <http://ieee-virtual-museum.org/>
- [7] History of Electrical Engineering, http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_electrical_engineering
- [8] 張文亮，電學之父－法拉第的故事，文經社 1999。
- [9] <http://blog.pixnet.net/weitzern/post/12992485>
- [10] 高希均 南方周末 -【高希均】世界真是平的？ www.infzm.com/content/5500
- [11] H.-T. Liao, 《網際網路的第一堂課》，online.
- [12] <http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=25020>