

雲端智慧行動儀控之實驗環境技術

Instrument Environment Technology Using Smart Mobile Devices and Cloud Services

林宇軒、劉達人、陳峰志、黃吉宏

Yu-Hsuan Lin, Da-Ren Liu, Fong-Zhi Chen, Chi-Hung Hwang

為了達成實驗室內大量的儀器控制，傳統的實驗室環境內總是充斥著數之不盡的肥重電腦、螢幕與密麻的線材，其間再使用備份硬碟、光碟與隨身裝置來交互傳輸以及確保資料不受損壞。這樣的實驗室環境其實並不優質，除了空間浪費、機動性差之外，亦會造成許多環境管理上的混亂與危險。隨著近年來雲端服務嶄露頭角，智慧行動裝置大行其道，我們其實有機會趁勢來改善這樣的劣質實驗室環境。本文將介紹如何應用這些新穎的科技產品，來建置一個優良的雲端智慧行動儀控之實驗室環境。

In order to operate or control instruments in the traditional labs, the use of numerous PCs, monitors and wires are inevitable. For the transmission and backup of the experimental files, flash drives, DVDs and portable hard disks are also burdens to labs maintenance. The above mentioned various necessities of traditional labs may lead to the problems such as the waste, disorder and risk of the experimental environment. With the rapid development of smart mobile devices and cloud technology, the problems can be solved. In this article, we proposed several feasible approaches to create a good instrument environment.

一、前言

隨著以蘋果公司⁽¹⁾ 為首的後 PC (post-PC) 時代到來，強調以使用者體驗為重的行動裝置開始大行其道，單純追求硬體效能的電腦時代漸漸逝去，人們開始享受全新智慧裝置介面提供的便利。它以輕巧、節能與快捷等直覺而統合的優勢，透過網路串結、展擴，提供了所有的生活需求、習慣與智識。我們不禁讚嘆文明又一次跳躍進步，本來電腦就不該是一種呆坐於前操作的冷冰機器，它應該要更直接與生活結合，不停追求硬體的提升是無謂的虛榮，大幅增進對生活上的便利與人們的交流才是人文進步的根本，我們於此見證了一個時代的轉捩。

以蘋果公司為濫觴，隨著數之不盡的智慧型手機與平板於市面上販售，人們正式開始將電腦帶進了工作之外的生活領域，利用無線網路的優勢，舉凡音樂、電影、書籍、攝影與社交等生活娛樂，都能隨身享用，無論在客廳、在臥房、在公車上還是在朋友家，這些娛樂資源都隨手可得，也隨時可以享受與分享。我們震撼於這個世代的革命，因此也開始逆向思考，若將這後 PC 產品一稱之為「智慧行動裝置」的優勢與便利，反輪回工作的環境上，那麼，是否能夠大幅提升工作的便利與效率？答案想必毋須懷疑。在本文當中，我們單就研究使用的實驗室環境來進行探討，並提出一些概略的初步想法，以供有興趣的人們參考。

二、各階電腦裝置之軟硬體差異

從國家研究單位的超級電腦與諸多企業的伺服器，而至每間實驗室、每個辦公室內的個人桌上電腦，再至背包中的筆記型電腦、平板電腦與手中緊握的智慧型手機，這些所謂的電腦裝置，透過網路將彼此間的一切資訊緊緊相連，以存取、傳遞與管理檔案的方式協助我們進行各種不同的工作。

首先，我們嘗試界定傳統電腦與行動裝置間的差異。若先排除高階設備，如超級電腦與高階伺服器之類，以中低階硬體角度做為判別依據，可以發現近期在一般的桌機與筆電上，多是採用 Intel Xenon、Intel Core、AMD Bulldozer 等系列的多核心處理器加上較充裕的記憶體來擔任電腦運算硬體，這在處理研究、實驗工作上的多工事務綽有餘裕，反觀採用運算力相對較低如 Nvidia Tegra3 或 Apple A5 的處理器與記憶體偏少的平板電腦與手機，因設計為生活使用，並無大量運算之重工作需求，因此採用硬體夠用就好的方式來進行成本控制與節電考量。簡單地說，工作上有高效能運算的需要選擇前者，生活上有輕便、節能的需要選擇後者，這樣的使用目的差異與硬體差異，協助了我們約略能分野出前 PC 時代與後 PC 時代的不同—或說傳統電腦與行動裝置的概念不同。

若以軟體角度來觀察，一般的伺服器、桌機與筆電搭載了專業的作業系統如：Win (OS X) server、Windows 8 (OS X Lion) 或 Linux 等，而平板與手機則搭載了如 iOS、Android⁽²⁾ 與 Win8 RT⁽³⁾ 之類的行動作業系統，前者檔案龐大且需高效能硬體來支撐體型，後者則是檔案輕巧且無需高效能硬體即可流暢無礙。兩者不同架構的概念令我們了解行動裝置與傳統電腦的分野亦在軟體的設定差異。

此外，固態硬碟的現蹤也是行動裝置崛起的重要功臣，它有抗摔的耐用特性與高速儲存效能，亦符合了無需開關機 (長時間待機) 的手機優勢特性。多年前平板電腦 (tablet) 以黑馬之姿出現市場卻旋即消失的主因，正是其搭載桌上型作業系統有如背擔了笨重行囊，當年並無省電、抗撞耐用與快速的固態硬碟，壯志於焉未酬，反觀今日藉此固態硬碟技術進展，不單平板崛起，更反攻筆電市場，而有如 Macbook Air 與 Ultrabook 之類產品熱銷，可見科技真是肩頂著肩、脈絡相承。

總之，軟硬體的演化與使用上的需求差異協助了我們發現，後 PC 時代以全新的方式詮釋與整合了電腦的智慧，強調行動化、便利化與節能化，如平板與手機，我們稱之為智慧型 (功能型) 行動裝置，以取代傳統的電腦稱謂。而智慧型行動裝置，究竟該如何才適合應用於實驗室儀器控制呢？

三、儀器控制之實驗室工作環境

礙於絕大多數的實驗室儀控軟體，都是針對高市佔率的微軟桌上型視窗作業系統所撰寫，這與當今行動裝置最高市佔率的 iOS 與 Android 作業系統相抵觸，縱然儀器軟體商能夠針對行動裝置撰寫 app，卻常不禁因其孱弱的效能體質而裹足或作罷。硬體部分，許多實驗設備的連接線或使用鎖必須有適當的電腦硬體埠址，而輕薄簡約的行動裝置卻通常沒有足夠的這類支援孔洞，這些問題顯現了儀控工作上的矛盾與衝突，效能與便利本如同熊掌與魚，而低相容度的各儀控與作業系統軟硬體問題更成斷軍的江水。或許我們可以期望未來更高效能與更高融合度的軟硬體聯盟產生，但在那之前，我們仍可設法以工程的辦法來獲得一定的解決。

就以市佔率最高的產品為例：視窗相容的儀控軟體與蘋果的行動硬體裝置。請參考圖 1 所示，一台傳統電腦變成必要的中繼站，它擔任了承接儀控軟體與儀器硬體的重量，並得扛下沉重的實驗運算工作與負責做訊號傳送的伺服端。我們可以很容易揣得：便宜又高速的微軟系統的 PC 必是最佳解答。而低效能的一般行動裝置連結此伺服端後，就只需擔任儀控命令的宣告與實驗量測資訊的即時取得與回饋，來發揮出它小巧、輕薄與高機動性的原生才華。因此行動裝置內必然得安裝一個高效率的遠端控制 app，來連接至微軟系統的 PC 而至儀器，一併解決所有的軟硬體問題，尤其是作業系統的相容度、硬體的效能瓶頸與連接埠的困擾等等。

依過往 PC 的使用經驗，多數人常使用如 TeamViewer⁽⁴⁾ 之類的遠端控制軟體，該軟件亦有針對行動裝置所設計的 app 在售賣，當然亦有廠商開發支援手勢的遠端控制 app，如 Splashtop⁽⁵⁾，讓手指得以於纖小的行動觸碰面板上更易於發揮。無論如何，這類軟體的使用，都是為了讓行動裝置能

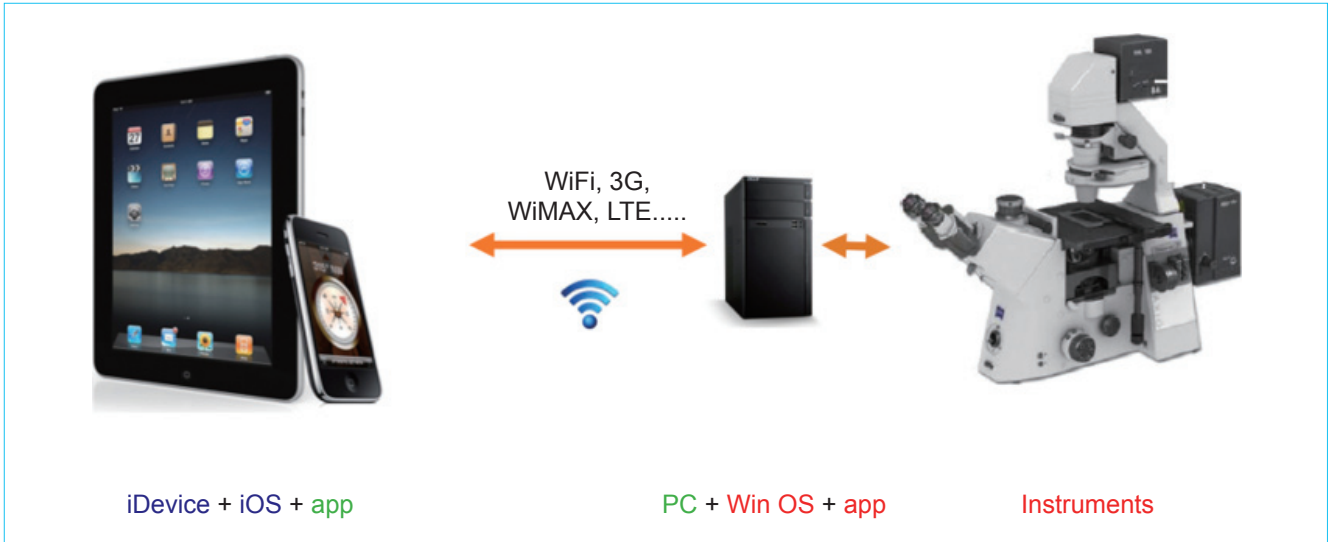


圖 1. 智慧型行動裝置遠端進行儀控之方法。使終端的行動操控設備與主司運算之電腦設備分離，並以相容之軟硬體來銜接(同色字)，其間以無線之方式進行通訊。

在不同作業系統與不同硬體要求下的實驗室儀器設備能夠正常操作。而若在相同作業系統下，經驗充足的研究人員應該常會發現，實驗室儀控軟體通常都只支援舊型軟硬體，其源於研究的開發生態以穩定為最優先訴求，也就是說，很多實驗室儀控軟體目前只支援 Win XP 之前的版本，相較於最新的電腦作業系統至少退化兩代，若說要支援行動裝置的新觸碰技術有相當困難，這點問題在上述的架構下也可以一併解決。

四、無線傳輸環境

要使用輕便與高機動性的行動裝置進行實驗工作，無線的資料傳輸環境想當然爾不可或缺，由於行動裝置的近期發展趨勢為大幅減少連接埠以求精簡，自然我們不可免俗只能地跟進，此時無線網路環境成為了最適合的選擇。其優勢是其技術尚在高速成長，以 Wi-Fi 為例，最新的 802.11ac⁽⁶⁾ 晶片可達 gigabit 的傳輸頻寬，可以輕鬆應付多量的實驗資料需求，能源節省也更加卓越，這意味了儀控軟體被整合於一仍有餘裕，缺點則是相對偏弱的資安考量，畢竟傳輸資料暴露在大氣環境下，縱有安全的保密協定技術，仍無法 100% 落實實驗的完美機密性。

然雖如此，就實用面而論，無線內部網路仍為重要的儀控環境角色，因為對於多數無關國安的校內或業界普通實驗室，其實並無如此高級數的保密需求，重要的實驗數據資料一般都被撰載於記錄簿內，如樣品參數、實驗變因等。網路所能獲取的是操作的程序與未知所以的結果數據，若要犯上資料盜取罪名的風險與高昂的設備與時間成本，其實未必值得竊者為之。而除了 Wi-Fi 之外，3G、WiMAX、LTE 而至未來的 4G 也都能夠幫助行動裝置以不同的網路傳輸方式，進行多元的儀控工作。無線網路的實驗室工作環境除了避免線材造成的擁擠與拉扯危險，也能夠使行動裝置的優點發揮無礙，更重要的是，當進行某些危險的實驗(如化學毒性物質或高能量工作)時，能於遠端操控進行，確保人身的工作安全無虞。

五、實驗資料之雲端同步管理

雲端同步技術近年來廣泛地被大眾使用，各廠家提供越來越便利與完整的免費服務，而稍付些費用，即可享受更大容量雲端同步環境的便利。所謂雲端同步，不同於傳統網路硬碟的概念只著力於純粹的儲存目的，其除了檔案備份外，檔案版本更無需任何手動程序，即可於不同的電腦系統自動進行

版本統一。

所謂的雲其實指的是伺服器，請參考圖 2 所示，舉例來說，當我們有五台電腦裝置安裝了同一帳號的雲端同步服務時，當於最右側的桌上電腦裝置的雲端資料夾內存入了一個重要的檔案 A 時，雲端伺服器偵測到了硬碟環境的讀寫變化，便會自動複製一份該檔案 A 於伺服器的磁碟當中，然後以無線或有線的方式將資料自動同時推送至各台電腦裝置，維持所有電腦的雲端資料夾內的檔案具有統一性。當我們對這五台電腦裝置中的任一台(假設為第三台的紅色筆電)進行了檔案的修改或更新，使之版本變為檔案 B，雲端伺服器一樣會偵測到該變化，而讓其他四項裝置同步更新為檔案 B，其間無需任何操作，皆是由服務的廠商軟體自動幫你完成。

圖 2 中的藍色箭頭是手動改動之意，紅色箭頭則為自動改動。此技術若自一般家用目的應用於實驗工作，無庸置疑可以大幅提升研究工作的效率，

舉例來說，當量測的程序在儀控電腦完成時，資料完全無需利用磁碟(隨身碟、光碟等)、電子郵寄或傳輸軟體(如 FTP)等的手動程序來進行轉存，同步服務軟體即能自動以無線或有線的方式將檔案備份至個人的分析用電腦、簡報電腦與手持行動裝置，或者自動傳至客戶端的電腦當中。如此逐漸累積的實驗時間成本不容小覷，無疑實為提升實驗效率的一大利器。

雲端伺服器可分為公有雲(public cloud)與私有雲(private cloud)，其定名單純以獲得服務之方式做區分。公有雲即是提供此雲端同步服務的企業伺服器，近年來較有名的為 Dropbox⁽⁷⁾、Google Drive⁽⁸⁾、MS Skydrive 與 Apple iCloud 等，其可免費提供 2-7 G 左右的同步磁碟容量，亦可付費升等至數百 GB。公有雲的好處是因企業使用高階的工業硬碟及有完整資料保全的軟硬體機制，資料的毀壞機率極低，缺點則是資料自動經由網際網路上傳至該公司的伺服器後，難保資安保密之完善。私

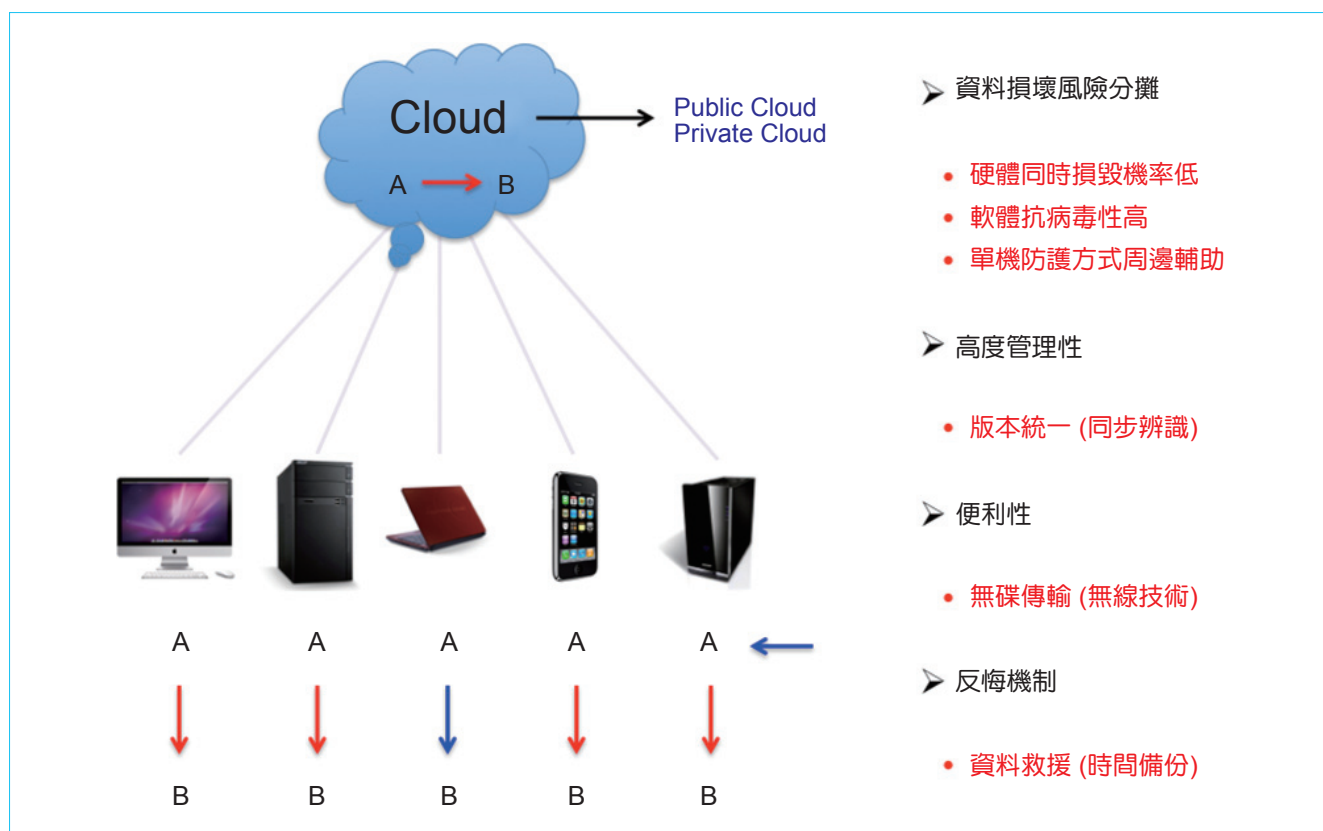


圖 2. 以公有雲或私有雲之方式進行雲端同步服務。當任一電腦裝置被改動時，其餘的裝置亦將緊跟地無縫修正。此技術有分攤資料損壞風險、版本管理性、便利性與反悔機制等之優勢。

有雲則反之，當於個人家庭或公司的內部網路設置一台雲端伺服器，因不經網際網路，因此可獲得相對的資料保密安全，並有高容量同步空間的優勢(取決於自己安裝的硬碟容量)。但由於伺服器機種等級與硬體布建的成本高昂，因此一旦預算有限即會造成資料毀壞的機率較高的風險。

若想建置私有雲但預算有限，近年來 NAS (network attached storage)⁽⁹⁾ 產品也開始提供雲端管理的服務，如 Synology 的 Cloud Station 或 QNAP 的 MyCloud 等。這類 NAS 設備一台約數千至數十萬元即可有很不錯的多硬碟機型，並且能夠提供磁碟陣列的資料保護，可謂高性價比的雲端同步用伺服器。而最理想的方式當然是使用混合雲 (hybrid cloud)，即是公有雲與私有雲的混合使用，在評估實驗資料的重要與保密程度之後，分配每個檔案應存放的正確位置，以同時享受公有雲的資料保全度與私有雲的資料保密性。

舉例來說，若使用了混合雲，當重要檔案被同步軟體同步至三台雲端伺服器(無論公私)與五台個人電腦時，假設每台硬體每年因天災、人為與自然損壞的機率為百分之一，則資料完全毀損消失的機率則低至百分之一的八次方，即為一萬兆分之一。若再考慮企業公有雲本身的保全硬體機制和私有雲的磁碟陣列，搭以適當的離電裝置、光碟燒錄與時間機器，檔案毀損的機會將近乎於零，這種利用硬體故障風險分攤來提供驚人的資料保全度，為實驗室使用雲端管理實驗數據的第一優點。

第二則是電腦病毒的抗性高，可協助提升資料的軟體保全度。由於公有雲公司或私有雲產品都有針對不同作業系統提供的同步服務軟體，無論電腦使用 Windows 7、Mac OS X、Linux 或是 iOS、Android 等，都能經由該同步服務軟體來使檔案於不同的作業系統下彼此相通，而實際上很難有一種病毒可以同時於不同的作業系統架構下進行軟體損壞，因此我們也很能確保資料難受一次性的惡意的軟體傷害，藉由風險分攤而仍能安全無虞。

第三個優點則是前文提過的高時間效益，藉由網路可達成一切自動化同步，我們無需耗時拔插隨身碟或是按鍵備份，研究資料在你實驗完成時就已經在其他台電腦準備就緒，等待你的分析處理或是製作簡報，彷彿有秘書協助，已將雜務打理妥當。

第四個雲端同步之優點為資料版本之高度管理性。在過往我們可能有機會將資料帶往家中、交通工具上或客戶端進行處理，常常會遇到檔案的版本在異地更新後，卻忘記返回辦公室(實驗室)後回輸至檔案庫，而在隔日繼續編輯時發生不自覺用舊版本來進行更新的情形，等到發現時已經版本大亂。雲端同步的一大功能便是版本統一，雲端伺服器的專業軟件具有智慧辨識之能力，可依據每次檔案編輯時間軸來自動判定修正的版本順序，讓使用者永遠可以在所有的電腦裝置獲得最新版本之檔案。

也就是說，當你在異地處理檔案時，辦公室(實驗室)內的電腦會自動更新你正在做的事，你無需再擔心檔案版本混亂之問題。當然，這樣的功能也如一柄雙刃劍，我們會擔憂若在他台電腦誤刪了檔案，是否也意味了所有電腦與雲端伺服器都同步將該檔案刪除，以維持版本最新？這問題其實並毋需擔心，這正是雲端同步服務之第五項優點，亦即命令的反悔機制。在某些雲端同步的服務當中，伺服器會記錄過去一個月的檔案變化，這種依時間備份的概念可讓我們進行資料救援，我們只需依帳號登入雲端資料庫，找出正確的時間，取消當時之誤刪命令，即可無痛地救回資料。

經由這五項優點的雲端同步功能，實驗室內的研究資料可以非常有效率地被管理與保護。

六、雲端同步管理之行動儀控環境

在多數儀器廠商尚未廣泛地開發行動裝置用的儀控 app 之前，在跨作業系統間相容度問題尚未有好的解決之前，在各家硬體介面仍是互不相通之前，我們可以先以一些方法來完成雲端智慧行動儀控的工作，以達成更高的實驗工作效率。如圖 3 所示，儀器本體仍然得與安裝視窗作業系統的實驗用電腦相接，不該直接連結行動裝置，畢竟軟、硬體相容度的包袱甚大，一般設備廠商咸以市佔率高的軟硬體來進行儀器設計，以符合商業效益，我們無需與之抵觸。

這台實驗用電腦的工作主要擔任沉重的實驗運算，如實驗圖像的擷取、頻譜資料的繪製等，需要大量的核心運算與記憶體需求，它亦得擔任何伺服器

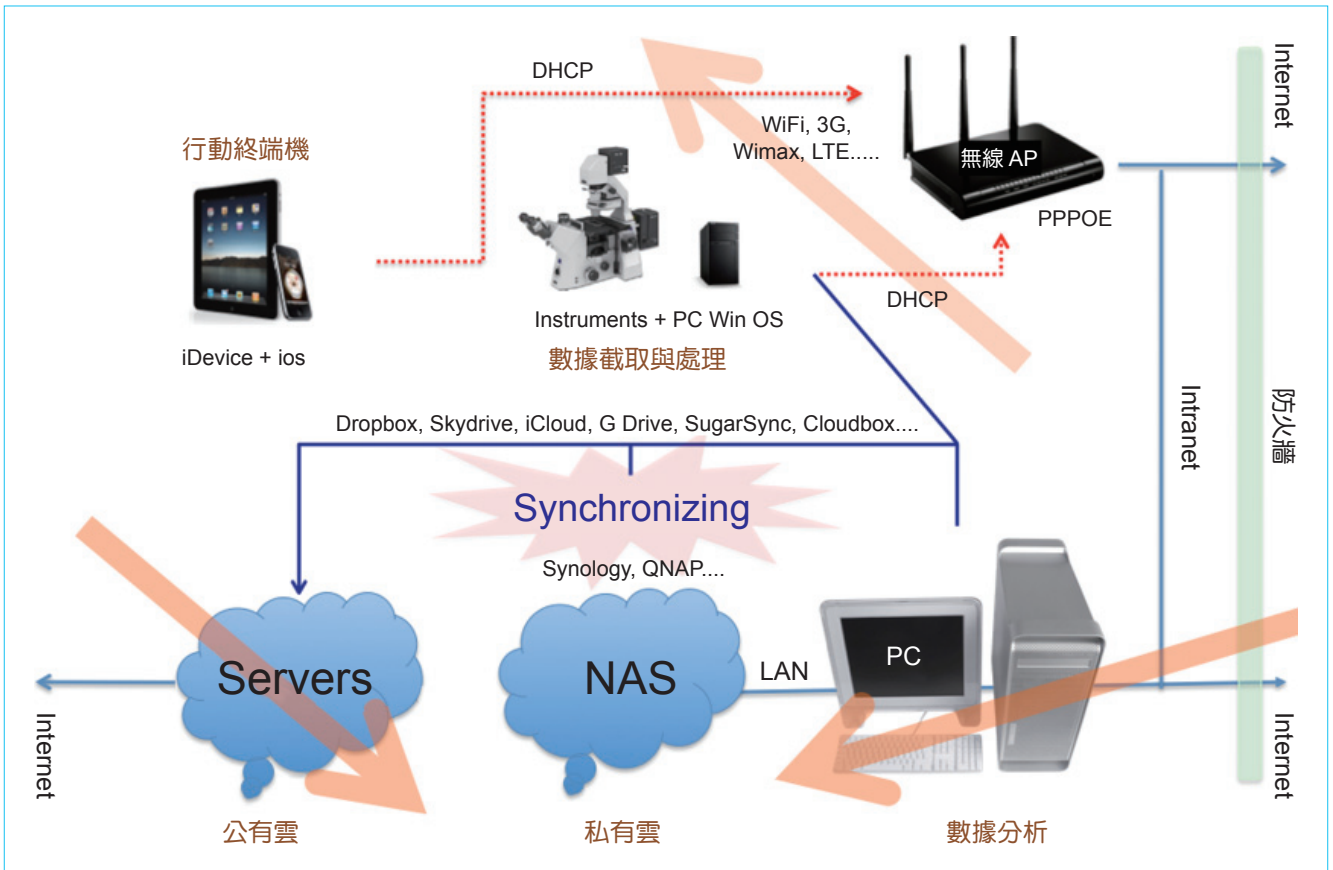


圖 3. 雲端同步之智慧行動儀控環境之建置。以行動裝置擔任終端機，以傳統電腦擔任重度運算之實驗設備，並將之皆以無線或有線方式、網際與網內之網路方式與混合式雲端伺服器同步。橘色箭頭符號代表資通可能存在之危安漏洞。

的角色，供行動裝置進行連結。行動裝置的目的在於擔任終端機，它需與該實驗用電腦無縫溝通，讓使用者可以具高度機動性地自由移動，來操作、瀏覽與監控實驗。其間資料的傳輸全靠無線的網路通訊設備。而所獲的資料，在實驗完成一刻即已自動經由雲端同步至其他的電腦與雲端伺服器，當你或同事於分析用的電腦針對實驗檔案進行編輯與處理時，實驗用電腦與雲端伺服器皆會自動跟上該新編輯的動作，以確保資料的版本統一與保全。

資通安全部分，考量到無線通訊本質上為開放型通訊，本就具有低保密度的缺點，但前文已提及若資料本身價值遠低於竊取行為的成本，便可建議此際就以工作效益與便利做為優先考量。在工作環境的內部網路 (Intranet) 中，他台工作電腦設備與私有雲伺服器都架設於內，以進行資料同

步動作，維持相當程度的資通安全。但是多數工作環境的分析用電腦或行動裝置都會接上網際網路 (Internet)，抑或當同步至公有雲時亦會連結至網際網路，此時資通安全就會有相當的疑慮，只能仰賴企業、校內或個人的防火牆來保護資料安全。這種架構可以全取或是半捨，全取時得到的優點就是無需擔憂資料毀損問題，並且能享受各種雲端服務的便利性，但有資通安全上的風險。半捨則是捨去對外網際網路連結的部分硬體 (如公有雲和分析用電腦移除網路線)，來獲得更高層級的資通安全保險，然而能享用的雲端服務優勢與網路便利性則較少。而若最後，再捨去內部網路的無線通訊功能，以求獲得完美的資通安全表現，則無法享用智慧行動裝置的高機動性與輕便優勢，回歸到最傳統的劣質實驗室研究環境。

七、雲端智慧行動儀控技術之願景

台灣地窄人密，實驗室環境往往也空間狹隘，我們常能在單一實驗室見到密密麻麻的儀器設備與儀控電腦以數之不盡的線材相接，除了有礙觀瞻、佔據大量空間外，也有易於因誤扯、碰撞而導致儀器或電腦毀壞的風險。隨著行動電腦裝置的崛起，我們也能開始思考，是否能夠應用這些輕薄的電腦裝置，來大幅減輕實驗室的空間負擔，並且藉其全無線化的觀念，來達成零通訊線材的使用？

如圖 4 所示，我們夢想未來能夠以單一功能強大的主伺服器擔任整間實驗室的運算工作核心，所有的終端機皆是智慧型行動裝置，其間以無線網路相連，來進行實驗的操作、命令與資料擷取。而所有的儀器設備，則利用現有儀器介面的無線轉換裝置，如 wireless-(USB, GPIB, RS232, IEEE488...) 等，以無線方式與該主伺服器相連，或者於未來直

接設計以無線網路之儀器介面或轉接器與該主伺服器相連。

如此一來即可達成實驗室僅單一電腦的環境，大幅降低一對一儀控電腦所造成對實驗室的龐大空間負荷，同時也能達成零通訊線材的夢想。此謂雲端運算 (cloud computing)⁽¹⁰⁾ 的一種方式。而若再進階，則可讓行動裝置針對單一儀器工作的運算各自扛下部分負擔，進行分散式的網格工作計算，以達到更高的工作效率。該主伺服器接著以網際網路或內部網路與雲端同步單位進行連結，即公有雲服務或私有雲服務，來保全主伺服器的資料無損傷之虞，同步的檔案可以直接送至個人的辦公電腦、分析電腦或手持裝置，亦可以帳號管理之方式直接送至客戶手中。

每台行動裝置連結至主伺服器時，可以考慮以網頁標籤或多桌面的方式交互管理，如此即可一次操控多台儀器而不會造成混亂。某些以提供儀器服

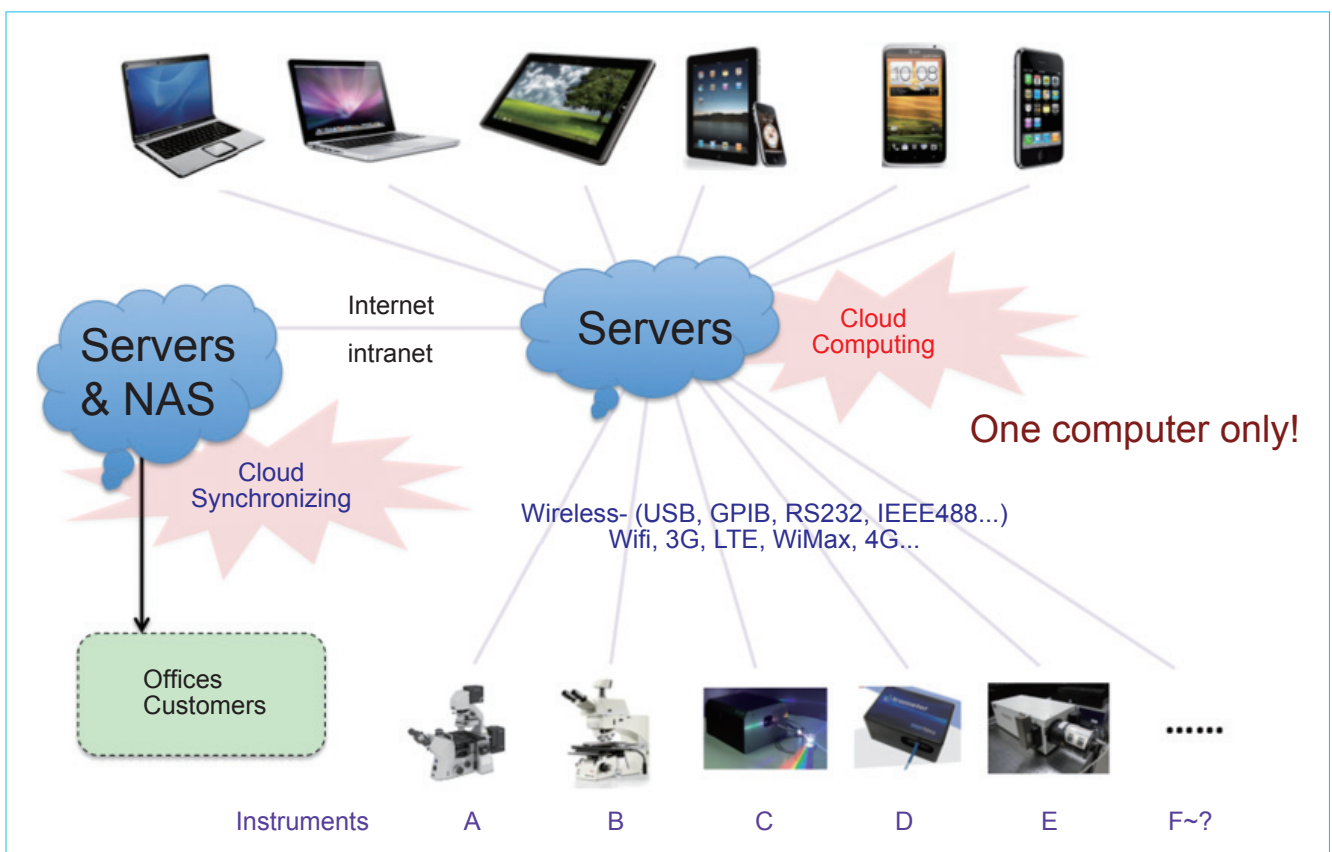


圖 4. 理想的實驗室環境管理技術。以各式無線通訊之辦法，將儀器平台端、運算與管理端與行動控制端結合，達成雲端運算之功能，並大幅減少儀控電腦數量與通訊線材所造成之問題。所有的資料亦將同步至混合雲端、個人辦公端與客戶端，建立完善之實驗室資料管理辦法。

務的公司單位更可以編設管理方式，讓使用客戶以帳號權限之方式有限度或有選擇性地使用實驗室儀器，而能在無工作人員介入的環境下，保護客戶的實驗隱私，卻又能提供優質的服務。

八、結語

建構一個雲端化、無線化、智慧化的行動儀控實驗室環境的成本其實並不高昂，但所形成對實驗工作上的效益優勢卻相當卓越。雲端化的優點是可以讓數據資料的版本管理更具條理，並讓檔案生命的保障更加周全，同步功能更能省下傳輸動作所造成的高昂時間成本。無線化的優點則是讓有限的實驗室空間更加寬敞，降低因過多通訊線材所造成的混亂與拉扯風險，亦能降低相關硬體之成本。使用行動裝置擔任終端機除了高機動性與輕便之儀控優勢外，尚有可以輔以大量專業 app 之智慧化功能，如相關之計算機、快算表或模擬軟體等。

此外，行動裝置亦可讓使用者遠距離操縱實驗，避免較危險之工作，如毒物材料或高熱能環境。資通安全較低是雲端行動儀控實驗室環境所需付償之代價，與其便利效益之間有如魚與熊掌難以兼顧，但我們可以仔細評估個人資料之保密需求後，選擇與分配實驗室之資安架構的設立，以達到最均衡之利益輸出。總結而言，這樣的儀器環境架構乃是為了讓儀器科技得以整合化與友善化，讓所有使用者擁有流暢、明朗而高效率的實驗工作體驗。

參考文獻

1. Apple (<http://www.apple.com/tw>)
2. Google Android (<http://www.android.com>)
3. Microsoft (<http://windows.microsoft.com/zh-TW/windows/home>)
4. TeamViewer (<http://www.teamviewer.com/zhTW/index.aspx>)
5. Splashtop (<http://www.splashtop.com/home>)
6. Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac)
7. Dropbox (<https://www.dropbox.com/>)
8. Google Drive (<https://drive.google.com/start#home>)
9. Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Network-attached_storage)
10. Wikipedia (<http://zh.wikipedia.org/wiki/雲端運算>)



林宇軒先生為國立台灣交通大學電子物理所博士候選人，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心助理研究員。

Yu-Hsuan Lin is a Ph.D. candidate in the Department of Electro-Physics at National Chiao Tung University. He is currently an assistant researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



劉達人先生為國立台灣大學物理博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員兼前瞻技術組組長。

Da-Ren Liu received his Ph.D. in physics from National Taiwan University. He is currently a researcher and division manager of Frontier Technology Research Division at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



陳峰志先生為國立成功大學機械工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員兼副主任。

Fong-Zhi Chen received his Ph.D. in mechanical engineering from National Cheng Kung University. He is currently a researcher and Deputy Director General at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



黃吉宏先生為國立清華大學動力機械工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員兼副主任。

Chi-Hung Hwang received his Ph.D. in power mechanical engineering from National Tsing Hua University. He is currently a researcher and Deputy Director General at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.