

# 建置虛擬桌面基礎架構 (VDI) 最佳資源配置 及節能效率之探討

劉孟坤 呂仲聖 陳仕豪 楊崇誠 張雅嵐 張延任 陳育毅

國立中興大學計算機及資訊網路中心

{mkl、tony、coolmrsh、ccyang、yalan、ychang、chenyuyi}@nchu.edu.tw

## 摘要

主機虛擬化技術 (Virtualization) 發展至今, 已普遍建置在各產業的資訊機房, 其主要效益在提升運算資源使用率及減少實體伺服器的數量, 其中又以能同時改善個人電腦使用率與降低管理成本的虛擬桌面基礎架構 (Virtual Desktop Infrastructure, VDI) 為目前最熱門的虛擬化應用趨勢。本論文為一實施案例, 在實際建置 VDI 平台的過程中, 我們透過情境模擬測試, 收集、分析系統紀錄, 探討 VDI 執行效能與各項資源配置的關係, 根據實際測試的結果得知, 在建置50台虛擬桌面的電腦教室環境下, 將待用虛擬機數量設定在15至20台之間即可獲得最佳的效能資源比, 相較於最大資源配置, 其效能資源比的改善幅度可達122%。此外, 我們也實際測試了數種執行虛擬桌面的終端設備, 與傳統個人電腦教室的整體功耗相比, VDI 節省的功耗比例可高達50%~60%, 此結果也驗證了 VDI 卓越的節能效率。

**關鍵詞:** 虛擬桌面基礎架構 (VDI)、桌面虛擬化、待用虛擬機、效能資源比、節能效率

## 1. 前言

在氣候變遷議題持續受到關注之下, 各領域著手研發提高能源效率的解決方案; 以資訊科技面向來看, 最大宗且生命週期較短的即是用戶端設備, 尤其在政府機關、學校與企業等 e 化程度高的單位, 個人電腦 (Personal Computer, PC) 的數量相當可觀, 截至民國 103 年底, 政府機關的個人電腦設置數量約 126.2 萬台 [1], 其能耗、管理與使用年限也成了資訊部門的一大考驗, 其中 PC 處理效能日益增長, 使用者在一般作業當中只產生少量負載, 造成運算資源閒置, 整體而言即是無形的浪費; 本中心為推動節約能源政策, 導入主機虛擬化已行之有年, 各校務系統與應用服務運作於虛擬化平台之上皆具備高效能與高可用性, 所提供的營運品質也在水準之上; 考量現有 PC 年限屆滿之時, 本年度將導入電腦教室桌面虛擬化 (Desktop Virtualization), 透過實際驗證相關資源與成本數據, 以期能夠更準確評估最適合的 VDI 解決方案, 為校園節能投入更具效益的基礎建設。

## 2. 虛擬桌面基礎架構 (Virtual Desktop Infrastructure, VDI)

桌面虛擬化的概念起源於 Microsoft 遠端桌面服務 (Terminal Services), 該技術基於遠端桌面協定 (Remote Desktop Protocol, RDP), 經由個別使用者 session 連線至伺服器, 並使用同一套應用軟體 [2], 但並非所有軟體皆可利用遠端桌面型式提供服務, 使用上具有侷限性, 而且終端使用者仍需使用 PC 開啟遠端桌面連線程式來作業, 無法替換成較精簡的裝置, 通常只會導入至特定作業環境供部份人員使用; 後來, 主機虛擬化技術崛起, 由虛擬化技術領導廠商 VMware 提出 VDI 的概念, 這是一種基於伺服器的運算模式 [3], 改變了舊有的硬體架構, 將 PC 的獨立運算資源負載集中至伺服器端, 以資源共享的概念提高資源使用率, 使用者可自由選擇終端設備, 經由網路操作位於伺服器端的虛擬機 (Virtual Machine, VM), 並且透過遠端傳輸協定將虛擬機畫面由伺服器傳送至終端設備 [4][5][6], 使用者於作業系統之上的操作習慣也不會因此被改變。

目前桌面虛擬化解決方案的主要供應商為 Citrix、Microsoft、VMware, 各廠商的 VDI 產品皆使用不同的通訊協定技術提供運作, Citrix 使用 ICA (Independent Computing Architecture) 協定、Microsoft 使用 RDP 協定、VMware 則是使用 PCoIP (PC over Internet Protocol) 協定 [7], 其中, PCoIP 基於 UDP (User Datagram Protocol) 協定傳送 VDI 畫面 [8], 是與基於 TCP (Transmission Control Protocol) 協定的 ICA、RDP 之最大差異。

以能耗方面來看, VDI 專用的終端設備不需具備大量的運算能力, 只需耗用很低的電量即可運作, 而且組成元件較 PC 精簡, 就設備使用年限與重量來看, 以 VDI 取代 PC, 可節省大量用戶端硬體元件, 在節約能源與減少電子廢棄物方面有顯著的成效 [9][10]; 就管理面向而言, VDI 可集中管理桌面池的虛擬機, 依照作業需求與組織層級佈建虛擬桌面, 在使用者需求異動時, 可快速調整作業系統設定與操作權限, 大幅降低系統管理者維護終端作業環境的負擔 [11][12], 歸納

表 1 硬體規格

伺服器型號：Cisco UCS B200 M4		
組件名稱	規格	數量
中央處理器	Intel E5-2660 v3 2.6 GHz	2
記憶體	DDR4 2133 MHz 16 GB	8
硬碟	SAS 300 GB 15K (RAID 1)	2
網路卡	20 GbE	2
儲存設備型號：HP MSA2040		
組件名稱	規格	數量
硬碟	SAS 600 GB 10K	9
網路卡	10 GbE	1

表 2 軟體規格

軟體名稱	功能	版本
vCenter server	管理 ESXi hosts 與虛擬機	6.0
ESXi host	VMware 虛擬化底層	6.0
Connection server	VDI 管理與使用者入口	6.2
Composer server	佈建 linked-clone 虛擬機	6.2
Microsoft Active Directory	供虛擬機加入網域、使用者身份驗證	Windows server 2008 R2
View agent	虛擬桌面代理程式	6.2
Horizon client	使用者連線程式	3.5.2

表 3 測試項目及其虛擬機規格

實驗名稱	伺服器數量	虛擬機規格
待用虛擬機數量 v.s. 使用者等待時間	5	4 vCPU 4GB RAM 32GB HDD Windows 7
待用虛擬機數量 v.s. CPU 使用率	5	4 vCPU 4GB RAM 32GB HDD Windows 7
待用虛擬機數量 v.s. 記憶體使用量	5	4 vCPU 4GB RAM 32GB HDD Windows 7

VDI 的特點如下：

(1) 管理性—可集中管理所有虛擬機並完整控制所需安裝的軟體。(2) 安全性—可限制外部裝置之存取，避免資料被複製攜出。(3) 作業系統遷移—作業系統升級時，可直接以預先製作好的範本佈建虛擬機。(4) 快照技術 (Snapshot)—當虛擬機故障時，透過快照可將虛擬機恢復至先前的良好狀態。(5) 節能—VDI 專用的精簡終端設備耗電量較 PC 低，可降低碳足跡並節省組織用電成本。(6) 自主性—VDI 可透過各種設備 (如：PC、精簡終端設備、平板電腦) 連接使用。[13]

### 3. VDI 測試環境

#### 3.1 軟硬體設備

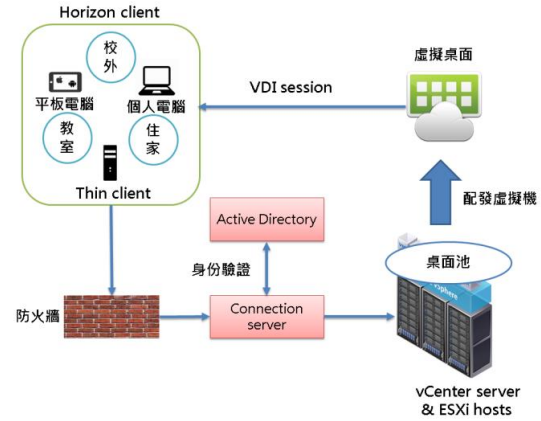


圖 1 VDI 連線示意圖

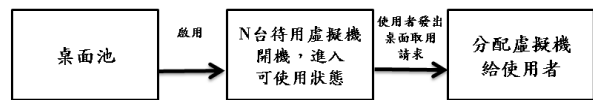


圖 2 VDI 虛擬機運作流程圖

本論文所探討的實驗數據皆以 VMware Horizon View 所建立的 VDI 平台進行相關測試收集而來，所有實體伺服器皆已安裝 VMware ESXi 虛擬化底層，並且透過 VMware vCenter server 統一管理，架構成為主機虛擬化平台；VDI 相關軟體皆運作於虛擬機之中，並將桌面池 (Desktop Pool) 佈建在虛擬化平台之上，相關軟硬體規格如表 1、表 2 所示。本論文主要分為 3 個測試項目，為確保實驗數據的公平與一致性，虛擬機規格與測試平台皆為相同，詳細內容如表 3 所示。

### 3.2 VDI 運作流程

圖 1 是 VDI 的連線示意圖，在實驗情境中，使用者以終端設備操作 Horizon client VDI 連線軟體，登入連結伺服器 (connection server) 並經由 Active Directory 確認使用者身份，登入成功後，點擊桌面池來取用虛擬桌面，此時使用者終端設備將與桌面池所分配的虛擬機建立 VDI session 連線，使用者即可開始操作虛擬桌面。VDI 管理者建立桌面池時，會設定待用虛擬機數量為 N，該桌面池啟用時，N 台待用虛擬機將同時開機並進入可使用狀態，供使用者發出桌面取用請求之後分配使用，完整的運作流程如圖 2 所示。

### 4. VDI 資源配置最佳化

由上述 VDI 的運作流程可得知桌面池在作業離峰期間，待用虛擬機處於閒置狀態，這些閒置的虛擬機仍然持續耗用運算資源與電力，造成不必要的浪費；因此，於 VDI 平台設定中，可調整桌面池的待用虛擬機數量 (如圖 2 的 N 值)，讓閒

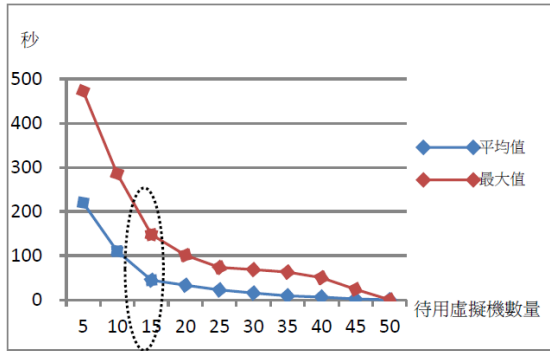


圖 3 使用者等待時間

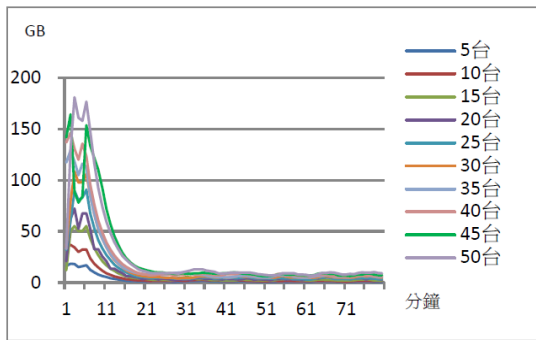


圖 4 記憶體使用量

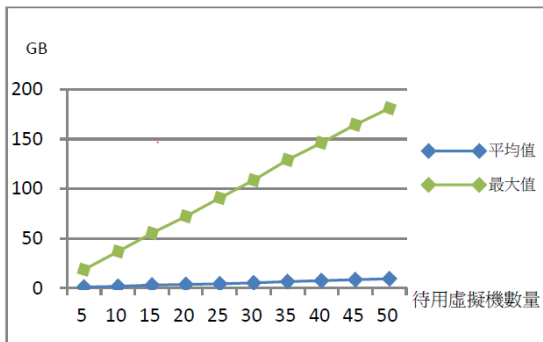


圖 5 記憶體使用量最大值與平均值

置的虛擬機最小化，可達到節約能源的效果；但是當大量使用者上線請求取用桌面時，待用虛擬機立即被分配給使用者，未進入可使用狀態的虛擬機將在此時開機準備進入可使用狀態供使用者取用；在不同的待用虛擬機數量之下，使用者成功取得虛擬桌面的等待時間與桌面池運算資源負載之間的關係即是本論文的探討目標。

增加待用虛擬機的數量確實可以有效的降低使用者取得虛擬桌面的平均等待時間，但是卻也造成更多的資源消耗，也就是記憶體與 CPU 使用量的大幅增加，進而降低 VDI 的節能效率。因此決定待用虛擬機的數量，取得使用者等待時間與運算資源消耗這二者之間最佳的平衡點，將是建置 VDI 關鍵的參數，以下我們以實驗數據說明桌

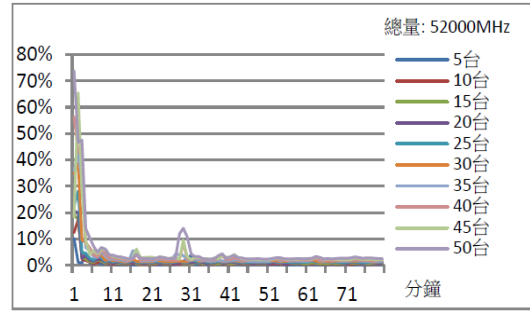


圖 6 CPU 使用率

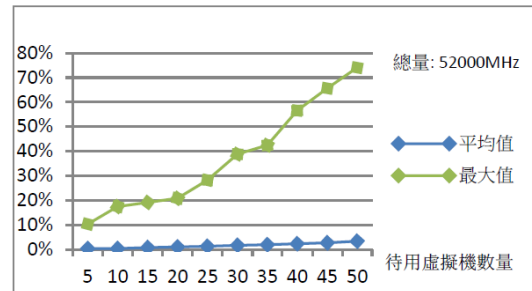


圖 7 CPU 使用率最大值與平均值

面池的虛擬機總量為50台的狀況下，待用虛擬機設定數量與 VDI 運算資源配置的建議值。

#### 4.1 待用虛擬機數量 vs. 使用者等待時間

此實驗由50位使用者同時對總量為50台虛擬機的桌面池發出桌面取用請求，在10種待用虛擬機數量下共測試10回合；於測試情境中，部份使用者會優先取得已進入可使用狀態的虛擬桌面，此時未取得桌面的使用者處於等待狀態，需點擊桌面池再次發出取用請求，此時後端伺服器將會喚醒未開機的虛擬機進入可使用狀態，直到所有使用者取得桌面為止；測試結果如圖3所示，當待用虛擬機數量愈多，使用者所需等待的時間愈短。其中，我們可以觀察到待用虛擬機數量超過15台之後，使用者等待時間減少的幅度明顯趨緩，這也代表待用虛擬機數量設定為15，可以讓閒置虛擬機最小化並產生較好的使用者等待時間節省效果。

#### 4.2 待用虛擬機數量 vs. 記憶體使用量

此實驗設定了10種待用虛擬機數量，共測試10回合，在不同待用虛擬機數量下啟用桌面池，此時所有待用虛擬機同時開機，直到進入可使用狀態，每回合測試收集了80分鐘的記憶體使用量如圖4所示，虛擬機在開機階段使用了大量記憶體，當虛擬機漸漸進入可使用狀態時，負載將回到低點；進一步統計10回合測試數據，虛擬機開

表 4 待用虛擬機數量所對應之參考值

待用虛擬機數量	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
使用者平均等待時 (秒)	220	110	44	33	22	15	9	6	2	0
CPU 最大使用量 (GHz)	5.4	9.1	9.9	10.8	14.7	20.2	22.0	29.4	34.1	38.4
記憶體最大使用量 (GB)	18.4	36.9	55.0	72.2	90.6	108.5	128.8	146.2	164.4	181.0
PRR	-3.83	0.41	1.31	1.16	1.02	0.89	0.80	0.70	0.64	0.59

表 5 PRR 公式說明

值	說明
T	所有使用者在該回合測試當中等待取得桌面的平均時間 (秒)
C	該回合測試的 CPU 最大使用量 (GHz)
M	該回合測試的記憶體最大使用量 (GB)
T <sub>ref</sub>	所有測試回合之使用者最差等待時間平均值，本實驗之 T <sub>ref</sub> 值經量測為 129 秒
P <sub>DR</sub>	T <sub>ref</sub> - T，該回合測試取得桌面的時間效能
R <sub>CPU+Mem</sub>	C + M，運算資源使用量

機時段的記憶體最大使用量明顯高於已進入可使用狀態的記憶體平均使用量如圖5所示，本實驗之結果將成為後續 VDI 桌面池記憶體配置數量的參考依據。

#### 4.3 待用虛擬機數量 vs. CPU 使用率

此實驗和4.2記憶體使用量為同一測試環境，每回合測試收集了80分鐘的 CPU 使用率如圖6所示，虛擬機在開機階段造成了高 CPU 負載，當虛擬機漸漸進入可使用狀態時，負載將回到低點；進一步統計10回合測試數據，虛擬機開機時段的 CPU 最大使用率明顯高於已進入可使用狀態的 CPU 平均使用率如圖7所示，本實驗之結果將成為後續 VDI 桌面池 CPU 配置數量的參考依據。

#### 4.4 效能資源比 (Performance Resource Ratio, PRR)

由上述3項實驗數據，以10種待用虛擬機數量為基礎，統計使用者平均等待時間、CPU 與記憶體最大使用量如表4所示，並得到3個參考值 T、C、M 如表5所示、繪製如圖8，依下列公式，計算使用者等待時間與運算資源使用量，可得到 PRR 值，公式說明如表5所示。

$$PRR = \frac{P_{DR}}{R_{CPU+Mem}}$$

我們將 PRR 值定義為效能資源比，不同的待用虛擬機數量所得到的 PRR 值將有所差異，PRR 值愈大代表該待用虛擬機數量所需耗用的使用者等待時間與運算資源成本愈少；由上述公式計算各種待用虛擬機數量之 PRR 值如表4所示、繪製

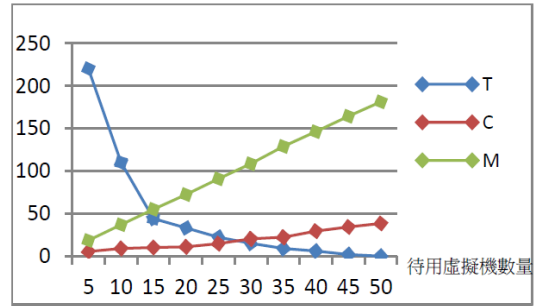


圖 8 效能資源參考值

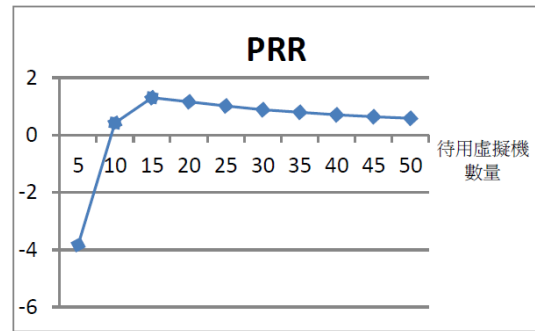


圖 9 效能資源比

如圖9，可以看出15台待用虛擬機所計算出的 PRR 值最大，表示在虛擬機總量為50的桌面池中，設定待用虛擬機數量為15，可得到最節省的使用者等待時間與運算資源使用量組合，即最佳效能資源比；以最佳效能資源比 PRR 值與待用虛擬機為50台的最大資源配置 PRR 值比較，效能資源比值可從0.59增加至1.31，改善幅度可達122%。

由前述最大 PRR 值所得到的最佳待用虛擬機數量進一步探討桌面池所需最低運算資源配置值，當50位使用者同時對總量為50、待用虛擬機數量為15的桌面池發出桌面取用請求時，前15台已進入可使用狀態的虛擬機將優先分配給前15位取用桌面的使用者，接著會再開啟下一批數量為15台的虛擬機，由4.2, 4.3實驗得知，桌面池啟用時，虛擬機開機階段為 CPU 與記憶體負載最重的時段，假設所有已分配給使用者的虛擬機操作負載未超過桌面池啟用的 CPU 與記憶體負載最大值的話，則15台虛擬機同時啟動的 CPU 與記憶體負載最大值，即是建立總量為50台虛擬機的桌面池



表 6 終端設備功耗

裝置	Acer Veriton S480 PC [14]	Termtek TK-3882 Thin Client [15]	Remix Mini [16]	Raspberry Pi 3 [17]
裝置耗電 (W)	93	18	6	5
螢幕	Acer V223HQL			
螢幕耗電 (W)	13			
100 台裝置 + 螢幕耗電 (W)	10600	3100	1900	1800
伺服器 + 儲存耗電 (W)	0	2395		
100 台耗電 (W)	10600	5495	4295	4195
相較 PC 省電 (W)	0	5105	6305	6405
相較 PC 省電百分比	0%	48%	59%	60%

所需最低運算資源配置建議值；對照圖5與圖7之中15台待用虛擬機的 CPU、記憶體最大使用量，要建置總量為50台虛擬機的桌面池，建議至少需配置10 GHz 的 CPU 運算能力與55 GB 的記憶體。

## 5. VDI 節能效率

此項實驗設備為1台 PC 與3種精簡終端裝置如表6所示，Acer Veriton S480 PC [14]為傳統個人電腦，是本實驗的耗電比較基礎、Termtek TK-3882 [15]為輕量型用戶端設備 (Thin Client)，是 VDI 最常見的終端連線裝置、Remix Mini [16]為 Android 系統修改而成的多用途裝置、Raspberry Pi 3 [17]則是用於物聯網 (Internet of Things, IoT) 的微型電腦，我們以上述4種設備同時開啟 Google Chrome 瀏覽器並播放1080P 影片，觀察其耗電情況，電力量測方式是將每個設備電源接上獨立可顯示功耗的延長線如圖10所示；其中以 PC 操作時，不需配合後端伺服器，另外3種精簡終端裝置須以 Horizon client VDI 連線程式開啟虛擬桌面進行操作，其耗電量除了終端裝置本身之外，還包含伺服器與儲存設備之功耗，實驗數據如表6所示，本論文以100台使用者操作環境做對照，3種精簡終端裝置相較 PC 的省電情況如圖11所示，以 VDI 為基礎的操作環境整體節能效率高於 PC 許多，其中以 Raspberry Pi 3 省電達60% 為最佳，共可節省6405 W；因此，當使用者操作環境規模愈大、終端設備愈多，以 VDI 取代 PC 的整體節能效率將非常可觀。

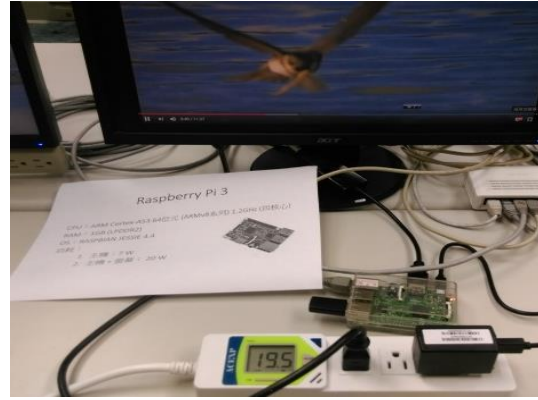


圖 10 終端設備電力量測照片

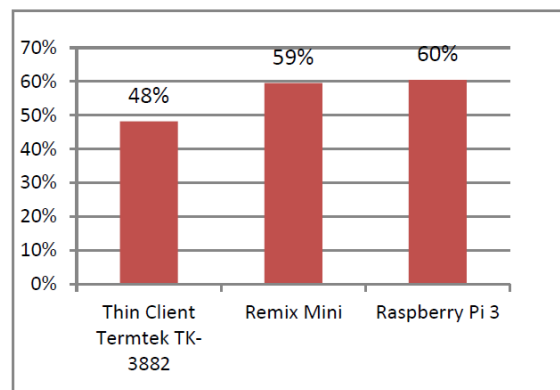


圖 11 相較 PC 省電百分比

## 6. 結論

有鑑於 VDI 的應用是未來綠能科技的趨勢，經由本論文的測試結果顯示，在桌面池總量為50台虛擬機的情境下，將待用虛擬機數量設定在15至20台之間，可得到最佳的效能資源比值；此外，所需配置的運算資源最低建議值為10 GHz 的 CPU 運算能力與55 GB 的記憶體空間。為了探討 VDI 的節能效率，在本篇論文中，除了傳統的個人電腦之外，我們也使用了3種不同的終端設備進行功耗測試，分別為輕量型用戶端設備 (Termtek Thin Client)、Remix Mini 與 Raspberry Pi 3，根據實際功耗量測的數據顯示，與傳統的個人電腦比較，這3種執行 VDI 的終端設備可節省的功耗比例分別可達48%、59%與60%，此顯著的節能效率也說明了 VDI 在綠能科技發展的趨勢中確實值得推廣。

## 致謝

本論文之成果為科技部計畫編號 MOST 105-3113-E-005-002補助。

## 參考文獻

- [1] <https://survey.ndc.gov.tw/meval/new%5Ceval.pdf>
- [2] <http://www.ithome.com.tw/news/89574>
- [3] <http://virtualization.ctocio.com.cn/281/12682281.shtml>
- [4] Ankur Srivastava, “vDaaS: ReferenceArchitecture”, Annual IEEE India Conference, 2011, pp. 1-5.
- [5] Deboosere L, Vankeirsbilck B, Simoens P, De Turck F, Dhoedt B, Demeester P, “Cloud-based Desktop Services For Thin Clients”, Internet Computing, IEEE, 2012, Vol. 16, No. 6, pp. 60-67.
- [6] Abdul Rahman bin Ahlan, Murni bt Mahmud and yusri bin Arshad, “Configuring Thin Client Solution for Orang Asli Community in Malaysia”, 9th WSEAS International Conference on Applications of Computer Engineering, 2010, pp. 331-336.
- [7] 李偉業、楊朝棟，民國104年，桌面雲建置及效能比較，東海大學，碩士論文
- [8] <http://searchvirtualdesktop.techtargot.com/feature/Comparing-remote-display-protocols-RemoteFX-vs-HDX-vs-PCoIP>
- [9] Ghose T, Nambodiri V, Pendse R. “An analytical study of power consumption in portable thin-clients”, Proceedings of IEEE global telecommunications conference ( IEEE GlobeCom ) , Houston, TX; December 5-9, 2011. p. 1-5.
- [10] Shalabh Agarwal, Rana Biswas, and Asoke Nath, “Virtual Desktop Infrastructure in Higher Education Institution : Energy Efficiency as an application of Green Computing”, International Conference on Communication Systems and Network Technologies ( CSNT ) , IEEE CSNT-2014, pp.601-605.
- [11] Beaty, Kirk, Andrzej Kochut and Hidayatullah Shaikh, “Desktop to Cloud Transformation Planning”, IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, 2009, pp. 1-8.
- [12] Hwang, Gwan Hwan, “Supporting Cloud Computing in Thin-client Server Computing Model”, International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications, 2010, pp. 612-618.
- [13] Pawel Chrobak, “Implementation of Virtual Desktop Infrastructure in academic laboratories”, Federated Conference on Computer Science and Information Systems ( FedCSIS ) , IEEE 2014 Conference Publications, pp.1139-1146.
- [14] [http://www.wisetech.com.tw/th/990%20091/Desktop/Acer/VTS480\\_DM.pdf](http://www.wisetech.com.tw/th/990%20091/Desktop/Acer/VTS480_DM.pdf)
- [15] <http://www.termtek.com.au/product/tk-3800>
- [16] <http://www.remixmini.com.tw/>
- [17] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>