



淺談圖書館虛擬化環境建置成本效益分析與應用

Discussion on Cost-benefit Analysis and Application of Library Virtualization Environment Construction

田國慶

Kuo-Ching Tien

國立故宮博物院南院處助理研究員

Assistant Researcher, Department of Southern Branch,
National Palace Museum

【摘要】

在數位網路資源所佔館藏比例不斷攀升的今日，館內提供讀者使用的資訊設備種類及數量不斷增加，功能亦越趨複雜，對於管理各項電腦設備所占用館員的時間與工作量之比重將逐漸加重，而虛擬化技術（Virtualization）之應用，已逐漸普及於圖書館資訊機房，其效益在於提升伺服器運算資源使用率及減少實體機器的數量，能為電腦設備管理帶來許多便利性與效率，並具有降低維護成本與節能減碳等優點。

本文以國立故宮博物院南部分院亞洲藝術文化資料中心為例，藉由文獻、採購成本及管理經驗等分析，探討虛擬化技術，試論簡化電腦軟、硬體管理與降低營運維護成本之優勢，以提供圖書館規劃與建置虛擬環境之參考。



【 Abstract 】

Today the ratio of digital network resources in library collections is continuously rising. The type and number of IT equipments in a library are increasing with their functions more and more sophisticated. The time and workload for librarians to manage IT equipments are increasing. Virtualization has been widely used at library IT server rooms. Its benefits are increasing the computing resource usage ratio, reducing the number of physical machines, and bringing convenience and efficiency for IT equipment management. It also reduces the maintenance costs and saves energy.

This article takes the example of the Asian Art and Culture Information Center at the Southern Branch of the National Palace Museum. Through analyzing literature, purchasing costs, and management experience, this article discusses the advantages of virtualization technology for future reference in future planning of virtual environment in a library.

關 鍵 詞：圖書館；虛擬化；伺服器；伺服器虛擬化；虛擬化桌面；虛擬機器
監視器

Keywords : library; virtualization; server; virtualization server; virtual desktop
infrastructure; hypervisor



壹、前言

隨著手機、平板等行動裝置的普及，網路雲端資訊已深入每個人的日常生活之中，改變的不單是出版品載體，也改變了人們的閱讀與資訊尋求行為，而圖書館為滿足讀者需求，不斷地引進各式IT設備。由於資訊科技發展快速，電腦軟、硬體世代更替頻繁，面對數量龐大且複雜的電腦設備，如何能進行有效維護及管理，已成為各類型圖書館關注的議題。由於虛擬化技術在解決相關軟、硬體維護方面具有相對優勢，因此國內圖書館開始引進伺服器、桌面虛擬化，乃至儲存設備虛擬化、網路虛擬化等，但虛擬化獲得的效益為何？為解決問題及付出的成本代價如何估算？確實值得加以探討。

本文即就國立故宮博物院南部院區亞洲藝術文化資料中心（以下簡稱本中心）伺服器與桌面主機虛擬化運行二年多來，有關處理系統維護、故障排除、系統更新及資料備援等各種虛擬化管理問題，分析其中的困難及評估虛擬化在節能減碳的成果，以討論「伺服器虛擬化」之成效與分析「虛擬化桌面」之應用及相關議題，藉由日常營運的實際管理經驗分享，期望對圖書館資訊系統進行「虛擬化」有所助益。

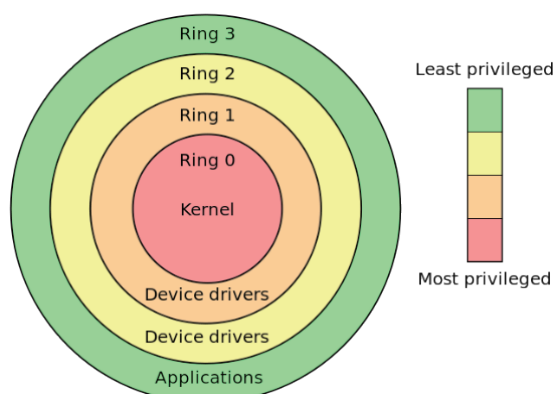
貳、虛擬化技術類型簡介

什麼是虛擬化？廣義的說法為，虛擬化是一種採用軟體模擬硬體的技術，建構一個完整功能之虛擬電腦系統，以便能在單一伺服器上執行多個作業系統和應用程式，充分利用單一伺服器上所有的硬體效能（IBM, 2007）。由於早期硬體效能不高之限制，x86架構伺服器的原始設計為執行單一作業系統和應用程式，故每提供一種服務，往往都需要一臺伺服主機對應，因此必須部署數量眾多的伺服器（VMware, 2016），每臺伺服器可能只用到其處理能力的10%，形成效能與電力等的浪費（Rathod & Townsend, 2016）。因此，虛擬化技術的發展，即為了解決此一問題，虛擬化技術可以將一臺實體主機的硬體資源轉換成軟體共享資源，讓伺服器效能可以得到充分的利用，在單一臺伺服器主機上能同時運作多種作業系統和應用程式，彼此獨立執行而不互相干擾。由於本中心所使用之伺服器均採用x86架構之CPU（Central Processing Unit），因此本文之虛擬化技術簡介係以x86架構虛擬化技術為主。

IBM PC使用x86處理器，一開始設計架構是以「個人電腦」為定位，作業系統（Operating Systems, OS）最初的設計是直接運作於裸機（Bare-Metal）的環境，作業系

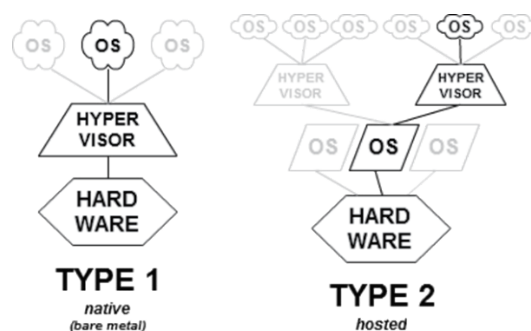
統掌控所有的硬體資源，要做到硬體資源虛擬化有相當之難度（VMware, 2008）。

x86架構提供了四個等級的特權模式（Privilege Mode）稱之為Ring 0、1、2、3，最高權限為Ring 0，通常為作業系統，可以直接與核心（Kernel）溝通，控制實體主機硬體的所有資源使用，如：處理器、記憶體及Device I/O等（如圖一）。例如：Windows 7和Windows Server 2008（包括之前的版本）只用了2個Rings，Ring 0對應核心，Ring 3對使用者端的應用程式運作，其原因為Windows早期版本的硬體只支持2個保護等級（維基百科，2018）。



圖一 在x86保護模式可用的特權級別

資料來源：維基百科（2018）。分級保護域。
取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/分級保護域>



圖二 Hypervisor的類型

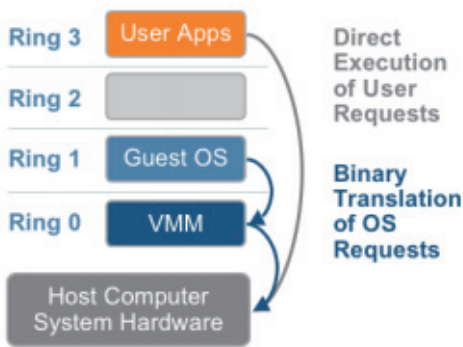
資料來源：維基百科（2018）。Hypervisor。
取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/Hypervisor>

虛擬化技術則是在處理器架構中加入虛擬機器監視器（Hypervisor），接手管理硬體資源，Hypervisor是介於軟體與硬體中的程式碼，用來建立與執行虛擬機器的軟體、硬體或硬體（如圖二）。由Hypervisor來取代本來由作業系統所掌管的Ring 0特權模式，可提供動態的彈性設定和管理虛擬資源及硬體資源配置，而原本的作業系統則降一級成為Ring 1。在某些作業系統中的指令必須在Ring 0特權模式才可正常執行，如果作業系統被降到Ring 1，會產生應用程式執行失敗或中斷，甚至導致系統崩潰的情況產生。因此便衍生出全／半虛擬化技術（Full/Para Virtualization），來解決特殊指令無法順利執行的問題（王偉任，2012）。以下將對主流虛擬化技術進行介紹：

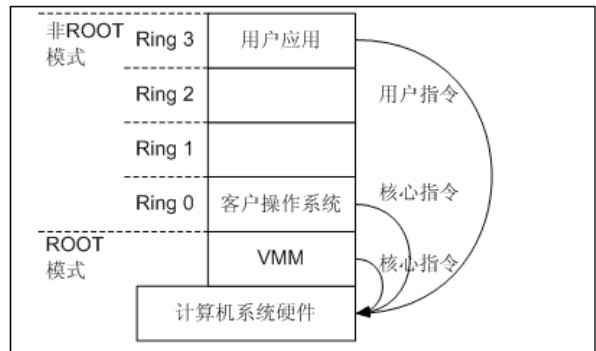


一、全虛擬化 (Full Virtualization)

全虛擬化技術以VMware技術為例，為採用二進位轉譯 (Binary Translation) 技術，Hypervisor將OS中不能被虛擬化的核心指令做二進位轉譯並將之取代，使OS認為仍在直接管控硬體 (如圖三)，並不知道自己已被虛擬化，而應用程式指令仍直接向硬體請求，維持良好效能。其優點在於，不需要修改作業系統核心，因此可運作大部分的作業系統種類。虛擬化有好幾種不同的方法和類別，各自都有適用的特定情況 (Hwang, Dongarra & Fox, 2012)。全虛擬化技術的缺點為透過二進位轉譯會消耗較多的硬體資源 (曾銘璋，2016)。



圖三 使用二進位轉譯技術達成全虛擬化目標
資料來源：VMware (2018). *Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist*. Retrieved from https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf



圖四 使用修改OS的核心，以Hypercall方式達成半虛擬化目標
資料來源：VMware (2018). *Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist*. Retrieved from https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf

二、半虛擬化 (Para Virtualization)

相較於全虛擬化，半虛擬化 (Para Virtualization) 技術是透過修改OS的核心，使用Hypercall方式，取代無法被虛擬化的指令，並在需要時以Hypercalls與虛擬層的Hypercalls interface溝通以完成指令，而虛擬機器作業系統仍是在Ring 0，而不會被調降到Ring 1 (如圖四)。此技術優點在於虛擬化對於硬體資源如：中央處理器、記憶體消耗相對較少，而缺點為必須修改作業系統核心，因此可運行於半虛擬化平臺上的OS種類較少，半

虛擬化應用軟體較著名的有：Xen、VMware、Hyper-V、XenSource（陳逸如，2014）。

三、硬體輔助虛擬化（Hardware-Assisted Virtualization）

無論是全／半虛擬化技術均是純軟體式的CPU虛擬化技術，且各有其優、缺點，因此，處理器大廠Intel和AMD，從x86處理器架構著手改善x86架構虛擬化所產生的應用與效能問題，分別提出了Intel-VT（Intel Virtualization Technology）以及AMD-V（AMD Virtualization）等CPU硬體輔助虛擬化技術，並於2006年起運用旗下CPU（VMware，2018）。

硬體輔助虛擬化技術，將原本Ring 0、1、2、3層歸類為Non-Root Mode，此外，新增一個Root Mode，並將作業系統維持在原Ring 0，而VMM（Virtual Machine Monitor）則調整至更底層之Root Mode等級（如圖五）。其技術核心是透過引入新的指令集和運行方式，使VMM和Guest OS分別運行在ROOT和Non-ROOT模式，且Guest OS運行於Ring 0。一般情況下，Guest OS的核心指令可以直接下令電腦系統的硬體執行，而不需要透過VMM（如圖六）。

當Guest OS執行到特殊指令的時候，系統會切換到VMM，讓VMM來處理特殊指令。VMM運行在Root Mode的Ring 0，Guest OS的內核運行在Non-Root Mode的Ring 0，Guest

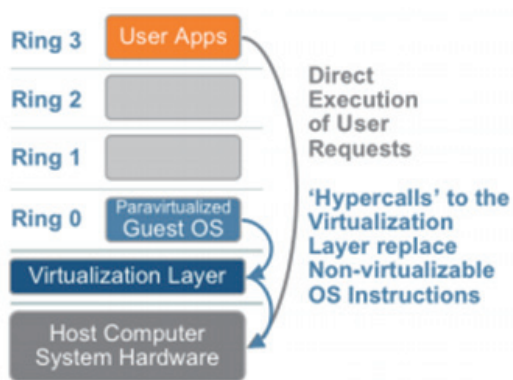
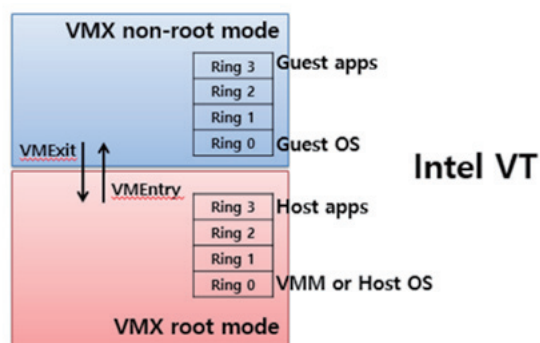


Figure 6 – The Paravirtualization approach to x86 Virtualization

圖五 使用硬體輔助虛擬化，以增加Root mode 方式達成虛擬化目標

資料來源：51cto (2017)。CPU硬體輔助虛擬化技術。取自<http://blog.51cto.com/tasnrh/1736769>



圖六 IntelVT-x之Root和Non-root操作模式
資料來源：51cto (2017)。CPU硬體輔助虛擬化技術。取自<http://blog.51cto.com/tasnrh/1736769>



OS的應用程式運行在Non-Root Mode的Ring 3。運行環境之間可相互轉化，從Root Mode到Non-Root Mode為VMEntry；從Non-Root Mode到Root Mode為VMExit。VT-x定義了VMEntry操作模式，使CPU由Root Mode切換到Non-Root Mode，運行Guest OS指令。若在Non-Root Mode執行了敏感指令或發生中斷等情況，會執行VMExit操作，切換回Root Mode運行VMM。此技術優點在於全虛擬化技術不必再做二進位之轉譯，即能完成虛擬化效果，而半虛擬化技術不須修改OS核心，故使用CPU硬體輔助虛擬化後，全／半虛擬化兩者不論在硬體資源消耗及效能上已無顯著差異（5lcto，2017）。綜合上述三項虛擬化技術的各項差異比較如表一：

表一 虛擬化技術各項差異比較表

	全虛擬化	半虛擬化	硬體輔助虛擬化
虛擬化技術	二進位轉譯	修改OS的核心及Hypercall方式，取代無法被虛擬化的指令	新增一個Root Mode特權等級
CPU虛擬化技術	軟體	軟體	硬體
整體效能	較差	優	優
OS相容性	優	較差	優
Guest OS	無須修改	須修改	無須修改

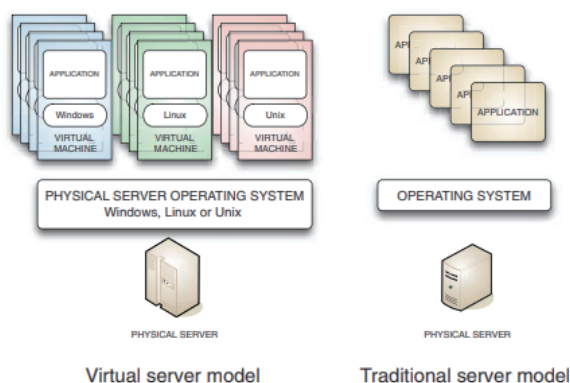
參、虛擬化的應用類型

網際網路、行動裝置及雲端運算的興起，為提供相關服務，即便小型資料中心伺服器亦從數臺成長為數十臺甚至更多，而此等伺服器處理器的平均利用率，不高於10%（Rathod & Townsend, 2016），衍生如：機房空間不足、供電、散熱及管理複雜等問題。依摩爾定律（Moore's Law），x86架構處理器的運算效能，會隨著科技的不斷進化越來越強大，讓處理器低使用率的問題更明顯，而採用虛擬化技術，利用統合管理與虛擬機器共享實體資源，可以有效地改善上述問題（江昌恆，2017）。除了伺服器虛擬化之外，尚有儲存設備、網路及虛擬化桌面等各式技術，分別簡介如下：

一、伺服器虛擬化（Virtualization Server）

傳統伺服器的運作模式，在電腦硬體上安裝一套作業系統，再將應用程式安裝於作業系統上（如圖七）。如同工作有勞逸之分，依現行硬體的效能，運算效能通常不會被完全

利用，甚至有一半以上閒置，根據統計，伺服器的平均使用率約10~60%、儲存系統約40%，網路則在30~40%之間，理想的虛擬化策略可讓設備使用率都拉近至80%的合理水平（iThome, 2008）。伺服器虛擬化技術，最先由IBM公司開始發展IBM Virtual Machine Operating Systems，並於1972年應用於IBM Mainframes System/370（如圖八）大型主機中（Wikipedia, 2018），其將電腦主機分割為數個虛擬機，且這些邏輯分割區中的虛擬機能進行「多工運作」，因此能同時執行多個執行程序（Process）及應用程式（Application）。虛擬化技術為了讓使用者能充分地利用昂貴的大型主機資源，允許使用者能在一臺主機上同時運行多個作業系統（IBM, 2008）。



圖七 傳統伺服器的運作模式

資料來源：IBM (2007). *Virtualization in Education*. Retrieved from <http://www-07.ibm.com/solutions/in/education/download/Virtualization%20in%20Education.pdf>



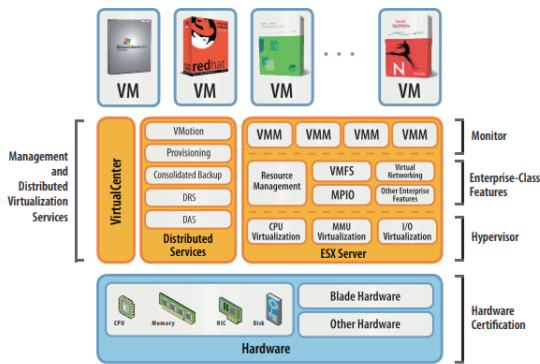
圖八 IBM Mainframes System/370

資料來源：Wikipedia. (2018) IBM System/370. Retrieved from <http://www-07.ibm.com/solutions/in/education/download/Virtualization%20in%20Education.pdf>

伺服器虛擬化技術是以透過虛擬化軟體（如：VMware、Hyper-V及Citrix等）將硬體資源和軟體模擬成多部虛擬機器（如圖九），共同使用同一實體主機資源，以達成伺服器運作效能的最大利用性。

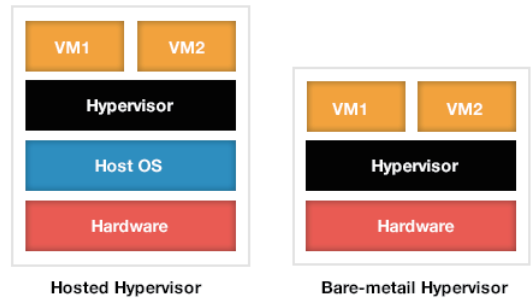
伺服器虛擬化技術即是將實體運算資源提供多個虛擬邏輯資源使用，其架構大致可區分為四層：1.硬體層：實體主機之硬體資源層；2.監視層（VMM）：虛擬機器運作控制；3.作業系統層：安裝在實體主機上的Host OS；4.虛擬機器層：又稱子分割區（Guest OS）（楊之英，2011）。

Hypervisor可分成主機型（Host based）與裸機（Bare-metal）兩種架構（如圖十）。主機型為Hypervisor作為應用程式運行在實體主機OS環境內，此架構主要的缺點在於實體主機OS會消耗一定的硬體資源，又以實體主機OS來管理虛擬機器運作，虛擬機實際使用硬體層資源時，也會耗損效能，整體執行效能不佳。裸機架構的優勢在於可以直接於電腦硬體上執行，不需在實體主機OS中執行，可以直接於硬體平臺上的控制程式執行，虛擬機器層則於Hypervisor上執行，減少硬體資源的耗損，相較於主機型可提供更好的效能（VMware, 2018a）。



圖九 伺服器虛擬化管理架構圖

資料來源：VMware (2018). *Virtualization Overview*. Retrieved from <https://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>



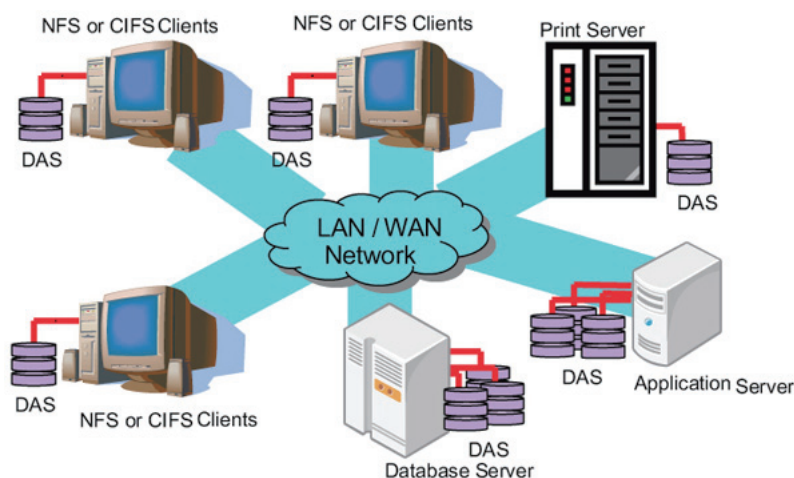
圖十 Hypervisor架構比較圖

資料來源：Draghici, R. (2014). *Docker vs Virtualization*. Retrieved from <https://monkeyvault.net/docker-vs-virtualization/>

二、儲存設備虛擬化（Storage Virtualization）

伺服器虛擬化技術已成為IT整合的主流，由於大量運算負載匯聚於少數實體伺服器，而資料存取的需求越來越大，對於儲存設備穩定性也比傳統主機環境要求提高。儲存設備也開始因應伺服器虛擬化，從單一儲存設備演化各式虛擬化儲存設備的解決方案。

在實體機時期，伺服器儲存設備架構較為單純，除少許重要資訊服務擁有直連式儲存設備（Direct Attached Storage, DAS）（如圖十一），其服務數據資料全部儲存在各自的內置硬碟上，由於DAS儲存設備只能提供個別伺服器的存取與資源分配，開始出現儲存區域網路儲存設備（Storage Area Network, SAN），與網路附屬儲存設備（Network Attached Storage, NAS）等兩種類型的集中式儲存設備，來進行儲存集中化（Storage Consolidation）（VMware, 2018b）。

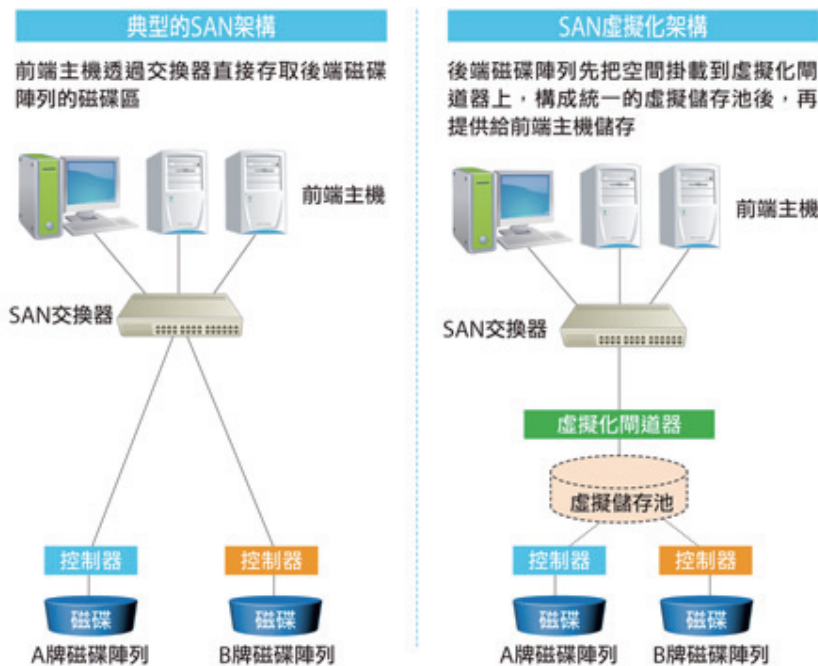


圖十一 直連式儲存架構圖

資料來源：科技網（2018）。DAS儲存架構看似年邁 現今仍頗實用。取自https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?cnlid=40&cat=100&cat1=&id=0000120639_5DJ5U4RN4TJS568EP4A5J

儲存虛擬化是儲存網路化的進一步發展，目的是在一個龐大的分散式伺服器集群中，對分散在不同伺服器上的大量數據有效地進行各種處理，隨著儲存規模的擴大與複雜性的增加，如同伺服器虛擬化，儲存設備必須透過虛擬技術的介入，才能進一步提高存取服務架構的靈活性，並且更充分地運用儲存資源（Wikipedia, 2018）。虛擬儲存的定義為儲存虛擬化的應用，所有的儲存設備被重新定義成虛擬層所管理的資源，再提供伺服器使用，伺服器只負責「計算」，而關於儲存的部分，就完全交給虛擬層來控管（張淑珍、游士弘，2011）（如圖十二）。

儲存虛擬化技術可將多個實體儲存資源虛擬成一個「虛擬儲存池（Pool）」，提高儲存空間使用率，透過管理系統減少重複檔案，並提高整體性能和可用性水準（Gartner, 2003）。透過單一的控制介面動態地管理和分配儲存資源，將儲存在網路上各種廠牌的儲存設備整合成一個或多個集中管理的虛擬儲存池（曾銘璋，2016）。虛擬儲存池可以看作是將儲存設備打包為一臺虛擬機器，部署到伺服器虛擬平臺上，利用Hypervisor主機的資源，來為本身的虛擬機器或其他主機提供儲存服務（iThome, 2016）。



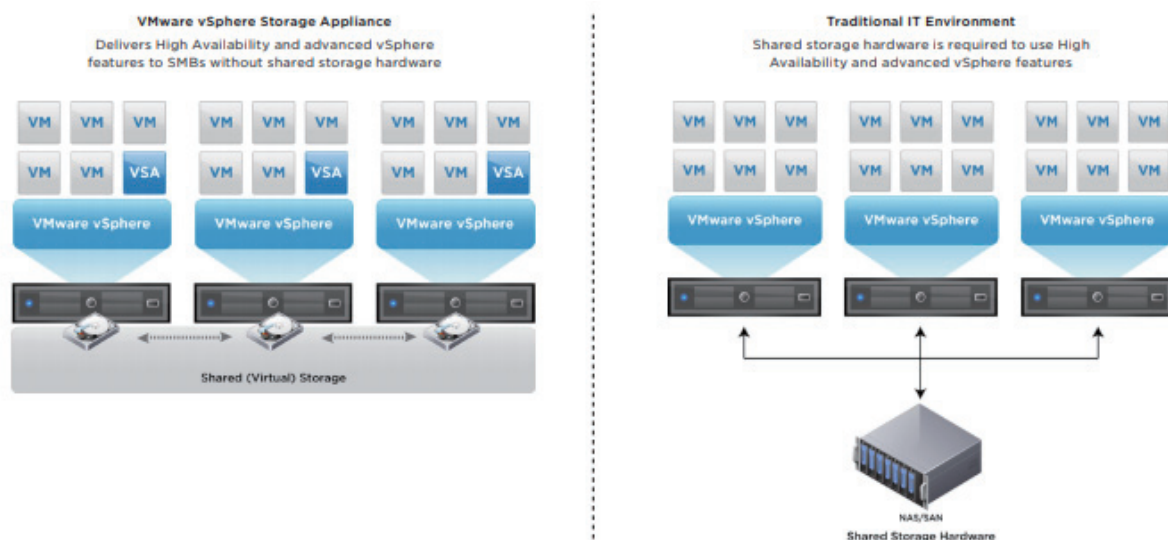
圖十二 儲存虛擬化架構圖

資料來源：iThome (2011)。儲存架構的整合趨勢：從網路化到虛擬化。

取自<https://www.ithome.com.tw/tech/91572>

儲存設備虛擬化組成方式，可分為軟體與硬體式二種。軟體式以VMware vSphere Storage Appliance (VSA) 為例（如圖十三），VSA安裝在伺服器叢集中，並建立在每一部伺服器的虛擬機上，並且可以透過vCenter Server以單一執行個體的方式進行管理。叢集可以讓虛擬機存取共用儲存空間，不需要專用的外部儲存裝置（VMware, 2018c）。

採用軟體式儲存設備虛擬化的優點有：1.功能延展性高：軟體開發功能無限可能，且不受異質儲存系統硬體限制；2.擁有高可用性：不易服務中斷，不再需要因保養設備而進行計畫性停機；3.硬體相容度高：儲存系統廠牌幾乎無限制。缺點為：1.伺服器及儲存系統效能降低；2.不同廠牌儲存設備，穩定度需要調整及硬體管理較複雜等（林震坤，2011）。

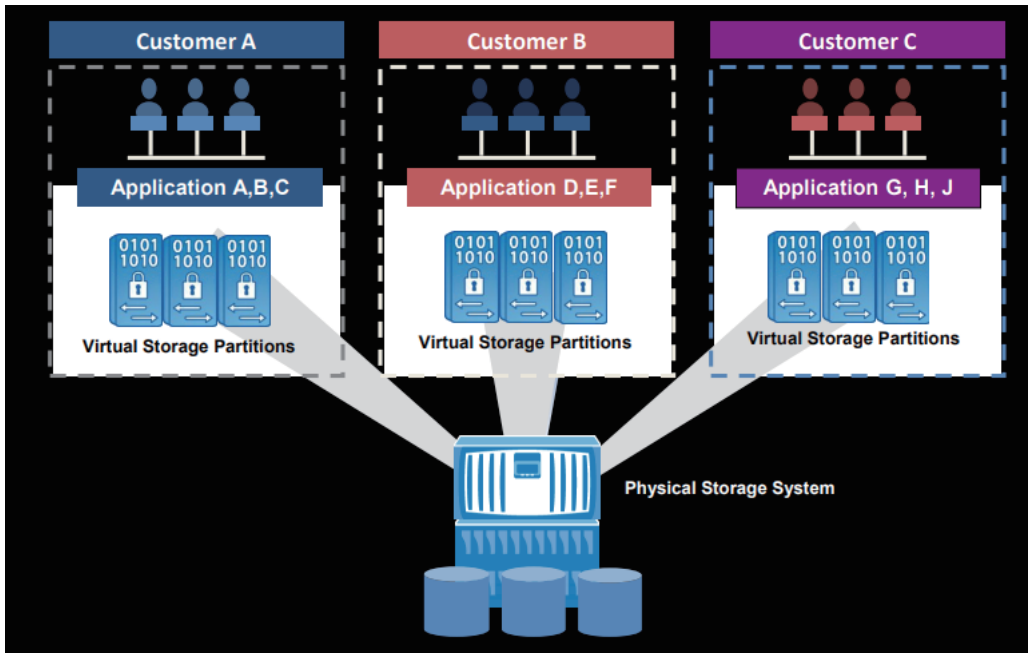


圖十三 VMware vSphere Storage Appliance (VSA) 比較圖

資料來源：VMware. (2018). *VMware vSphere Storage Appliance*. Retrieved from <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/vsphere/vmware-vsphere-storage-appliance-datasheet.pdf>

硬體式儲存設備虛擬化，以儲存虛擬化軟體搭配標準規格x86伺服器組成的「軟體化」儲存系統（如圖十四），硬體式儲存設備虛擬化是廠商選擇將他們的軟體預載於特定硬體上，以包裝成儲存應用伺服器的產品，而不像VMware vSphere Storage Appliance只單獨銷售軟體。與傳統的磁碟陣列控制器類似，也是將後端介接的一臺臺硬碟機，以RAID的方式重新構成跨多臺硬碟機的磁碟區（Volume），再以LUN的方式將磁碟區透過不同傳輸協定掛載給前端主機使用（張明德，2013）。

採用硬體式儲存設備虛擬化的優點有：1.儲存系統效能得以完全發揮，伺服器無須負擔儲存工作，儲存系統效能佳；2.軟、硬體整合度高，減少系統測試與調校，由儲存廠商預先完成軟、硬體的整合、組裝與測試調校。缺點為：1.購置與維護成本較高；2.功能受儲存系統先天限制，不易擴展；3.儲存系統較易被廠商綁定，更換不易；4.產品生命週期，影響使用年限（林震坤，2011）。



圖十四 硬體式儲存設備虛擬化架構圖

資料來源：林震坤（2011）。*虛擬化儲存解決方案*。取自http://noc.twaren.net/noc_2008/Download/download_file.php?id=31000106

綜合上述軟、硬體式儲存設備虛擬化組成方式，其比較分析如表二：

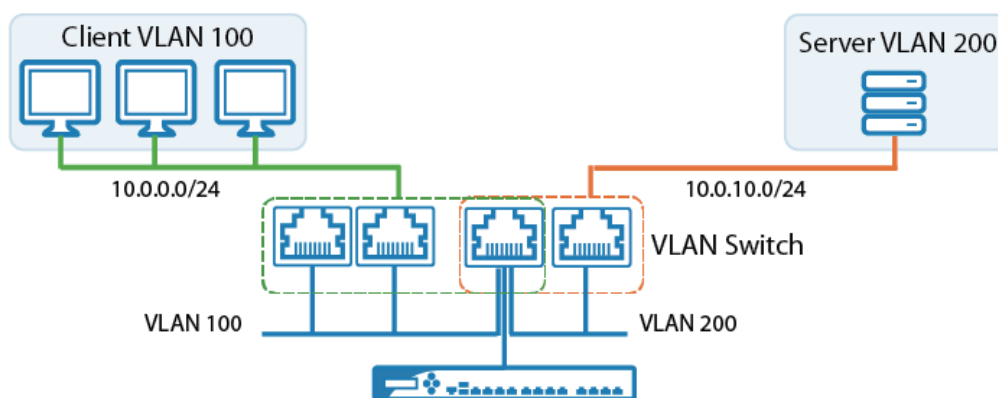
表二 軟、硬體式儲存設備虛擬化差異比較表

	軟體式	硬體式
購置成本	較低	高
穩定性	普通（需測試調校）	優異
效能	普通（伺服器須負擔儲存工作）	優異
軟、硬體相容度	高	高
高可用性	優異	高（依部署數量決定）
功能延展性	高	受儲存系統先天限制
使用年限	長	受產品生命週期影響

三、網路虛擬化（Network Virtualization）

網路虛擬化概念並非為新概念，早期的網路虛擬化是把邏輯網路從底層的物理網路抽離，如VLAN、VPN等都是這類網路虛擬化的技術。網路虛擬化概念可分為縱向和橫向分割兩大類概念。

縱向分割，是以虛擬區域網路（VLAN）技術作為區分不同工作網段，基本隔離技術已經廣泛應用，配合防火牆等安全產品劃分安全區域，實現了網路訪問的隔離（如圖十五）。虛擬化分割的邏輯網路內部有獨立的資料通道，終端使用者和上層應用均不會感知其他邏輯網路的存在，將一臺安全設備可分割成若干臺邏輯安全設備。



圖十五 虛擬區域網路架構圖

資料來源：Barracuda (2018). *How to Configure a VLAN*. Retrieved from <https://campus.barracuda.com/product/nextgenfirewallx/doc/28966962/how-to-configure-a-vlan/>

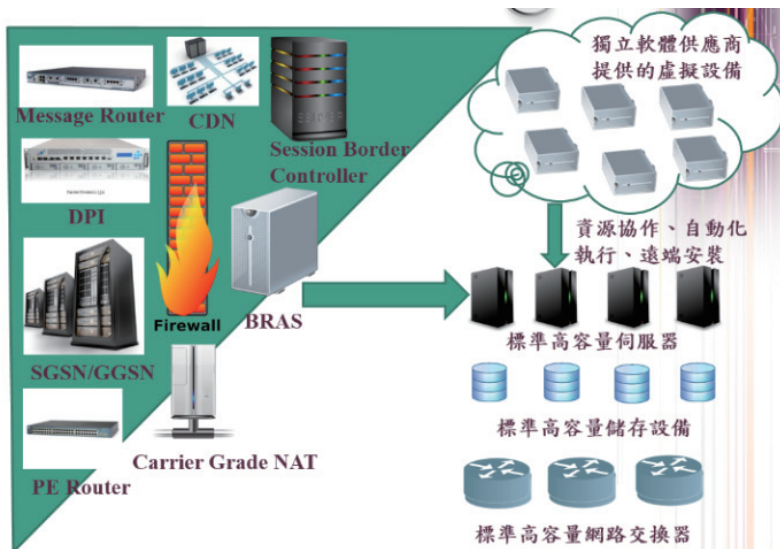
網路虛擬化的橫向分割，是將多個網路節點進行整合，虛擬化成一臺邏輯裝置，網路中表現為一個網元節點，管理簡單化、配置簡單化、可跨設備鏈路聚合，極大簡化網路架構，同時進一步增強冗餘可靠性（國眾電腦，2018）。

四、網路功能虛擬化（Network Function Virtualization）

前面已經介紹了伺服器、儲存設備的虛擬化，其中有一個共同的特點，都受惠於近年來x86架構系統的硬體效能不斷進步，而購置成本也不斷降低，其實不少高階網路設備，如：路由器、防火／防毒牆、入侵偵測／防禦（IDS/IPS）、負載平衡器等，幾乎都以x86系統為硬體架構，包裹作業系統與特定的應用程式，以提供服務。這意味著有機會能簡單

地將這些應用程式從專屬硬體中取出，實現設備虛擬化，以節省購置與維護成本、部署時亦更有靈活性（曲成權，2014）。

如同伺服器虛擬化趨勢，網路功能虛擬化（Network Function Virtualization, NFV）技術的主要目標亦是利用虛擬化技術高效能的伺服器，整合多種網路設備，儘量減少硬體投資的成本（包含部署、電力、機房空間等），適用於大型資料中心（Villota, Gironza, Ordonez & Caicedo Rendon, 2018）（如圖十六）。



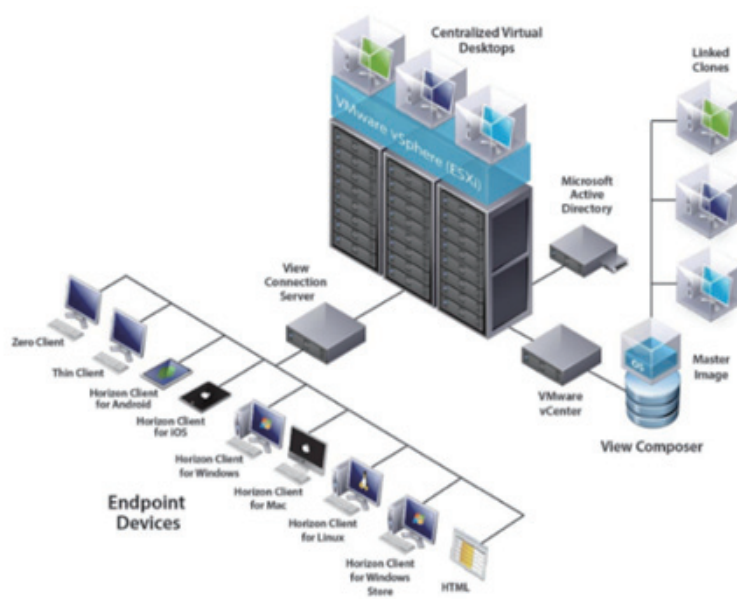
圖十六 現行網路設備與NFV架構的比較圖

資料來源：童曉儒。（2018）。*How to Configure a VLAN*. 取自[http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/data/IOT/\(Network Functions Virtualization, NFV\) 網路功能虛擬化.pptx /](http://mbat-cctu.nsysu.edu.tw/data/IOT/(Network%20Functions%20Virtualization,%20NFV)%20網路功能虛擬化.pptx/)

五、虛擬化桌面（Virtual Desktop Infrastructure）

虛擬化桌面與上述的各種虛擬化技術有一點不同，它是一般使用者可以接觸使用到的虛擬化技術。虛擬化桌面是對用戶電腦進行虛擬化，使用者可以通過任何電腦或行動載具設備，不受地點和時間限制，存取在網路上屬於個人的桌面系統。虛擬化桌面具備兩個特點：1.將所有桌面虛擬機器集中在Data Center進行託管；2.使用者能夠獲得完整的電腦使用體驗。由於桌面虛擬化技術本身是一種利用網路、具彈性的虛擬化資源運用模式，並符合雲端運算的特點，所以也經常稱虛擬化桌面技術為桌面雲端技術（Hkitblog, 2016）。

虛擬化桌面技術將傳統作業系統桌面進行虛擬化，並存儲於資料庫中管理，伺服器統一管理不同的個人虛擬化桌面，使用精簡型電腦（Thin Client）、平板和智慧手機，通過專屬的桌面網路傳輸協定，使用者可在任何終端設備上不受時間、地點限制，經由帳號認證直接登入個人專屬桌面，且使用者獲取的操作體驗與傳統個人電腦並無差異（李偉業，2015）（如圖十七）。



圖十七 桌面虛擬化架構示意圖

資料來源：VMware (2018). *VMware Horizon 6 with View: Performance Testing*. Retrieved from <https://blogs.vmware.com/euc/2015/04/vmware-horizon-6-view-performance-best-practices-testing.html>

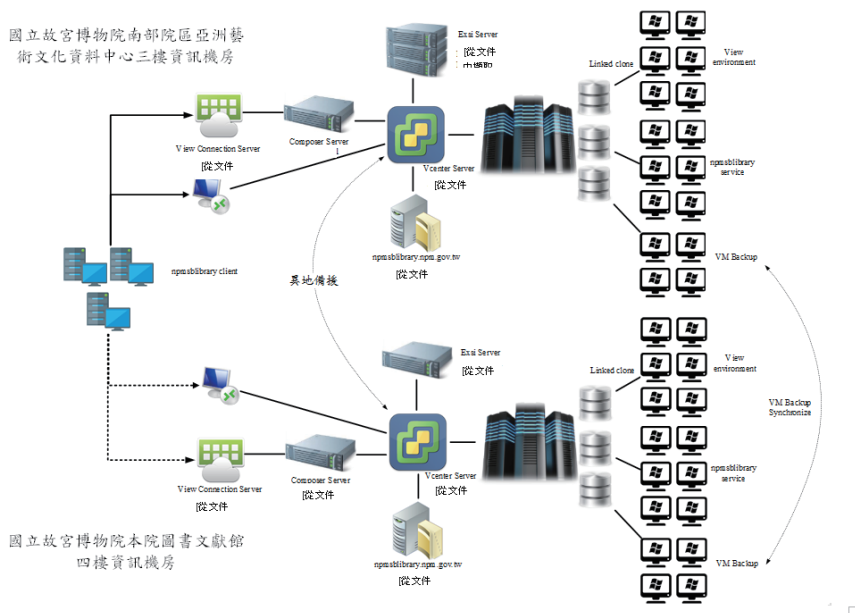
肆、圖書館採用虛擬化技術的成本效益分析與管理實務

網路雲端資訊已深入每個人的日常生活之中，除了商業、娛樂和行銷應用外，也改變了各式出版品的載體、發行方式與人們閱讀習慣及資訊尋求行為，而圖書館亦會隨使用需求做出相對變化。高德納諮詢公司（Gartner）針對全球1,600位CIO調查之研究報告指出，十大科技需求中「虛擬化」排名第一。企業要求由個人電腦、應用程式到伺服器，提供一套完整的虛擬化解決方案（莊復貴，2011）。虛擬化是目前資訊發展的一個重要方向，也是雲端化的基礎。

由於伺服器虛擬化的發展較久且成效相當顯著，市面上可供選擇的產品較多，廠商亦會提出自家產品或採用機構的效益分析表以供參考（Jia & Heng, 2014），但目前整合「伺服器虛擬化」與「虛擬化桌面」的管理成本效益分析卻較少，以下將針對前述文獻就虛擬化技術在採購、運營與維護成本及應用等方面之優勢，結合本中心近年來實際操作經驗，來探討圖書館採用虛擬化技術的益處與必要性。

一、硬體成本分析

以本中心之辦公區、閱覽區及多媒體閱覽室的電腦設備數量累計30臺，提供伺服器與桌面虛擬化、中央集中控管式防毒軟體、檔案伺服器、異地備援、上網行為管控等伺服器4臺（如圖十八）。茲以下列購置成本評估試算，比較實體主機與虛擬化桌面架構，揭示可量化的建置成本。



圖十八 國立故宮博物院南部分院亞洲藝術文化資料中心資訊系統架構圖

下面就本中心採用虛擬化桌面架構進行成本效益評估，並比較與傳統桌面環境之差異，如表三所示：



表三 硬體與虛擬化硬體購置成本比較表

		實體主機規劃服務平臺數量為30臺				
		品項	單價	數量	總價	
亞洲藝術文化資料中心資訊硬體購置成本比較表	傳統桌面環境	個人電腦	20,767 註1	30	623,010	
		x86伺服器	154,846 註2	7	1,083,922	
		儲存設備 (iSCSI)	136,954 註3	2	273,908	
		儲存設備 (FC)	266,763 註3	1	266,763	
		儲存設備 (NAS)	139,084 註3	1	139,084	
		顯示器	4,579	31	141,949	
		數位式KVM	31,736	1	31,736	
		平板電腦	8,518	2	17,036	
	總計新臺幣2,577,408元					
			虛擬化桌面架構規劃服務平臺數量為30臺			
	虛擬化桌面環境	Thin Client	7,966 註4	30	238,980	
		顯示器	4,579	31	141,949	
		x86伺服器	154,846 同註2	4	619,384	
		儲存設備 (iSCSI)	136,954 同註3	2	273,908	
		儲存設備 (FC)	266,763 同註3	1	266,763	
儲存設備 (NAS)		139,084 同註3	1	139,084		
數位式KVM		31,736	1	31,736		
總計新臺幣1,711,804元						

註1：以臺銀共同供應契約，案號：LP5-105054，組別一般型電腦Core i5主機，單價新臺幣20,767元計算，含圖書館行政與讀者使用電腦。

註2：以臺銀共同供應契約案號：LP5-106016，組別伺服器，2U機架式低階2路伺服器（含Windows Server Standard作業系統），單價新臺幣154,846元計算，7臺伺服器分別用作AD伺服器、Windows平臺資料庫伺服器、RedHut平臺資料庫伺服器、檔案伺服器、中央集中控管式防毒軟體、異地備援、上網行為管控等伺服器用途。

註3：以臺銀共同供應契約案號：LP5-106016，組別儲存系統設備，機架式iSCSI 12Bay最大可擴充96Bay儲存設備，單價新臺幣136,954元計算、25機架式FC to SATA/SAS 12Bay最大可擴充96Bay磁碟陣列儲存系統，單價新臺幣266,763元計算，機架式8Bay網路附加儲存系統，單價新臺幣139,084元計算，提供伺服器檔案儲存，備份與異地備援等儲存設備使用。

註4：桌面虛擬化環境下，使用Thin Client，以臺銀共同供應契約編號：LP5-105009，組別精簡型電腦，單價新臺幣7,966元計算。



以表三分析實體主機與桌面虛擬化環境資訊設備硬體建置成本，兩者相差為新臺幣865,604元（計算為實體電腦成本減虛擬化桌面軟、硬體加總之成本），虛擬化硬體建置成本，約較實體環境少33.6%，主要差異在於個人電腦與Thin Client的價差及伺服器的採購數量較少，另外虛擬化桌面的特點可運行於大部分的平臺，在實際使用上讀者常習慣以自己的平板使用虛擬化桌面，而不使用館方所提供之設備，故提供桌面虛擬化環境，平板部分可不再提供硬體。

不同於實體環境設備購入時，售價內已包含單機作業系統等軟體，可直接安裝使用，桌面虛擬化的每一VM，都需要作業系統、虛擬化桌面使用版權（Virtual Desktop Access, VDA）、虛擬桌面管理軟體（VMware Horizon）配合才能使用，因此，虛擬化桌面系統建置還需要包含軟體採購。虛擬化環境軟體建置成本如表四所示：

表四 規劃30臺之虛擬化桌面軟體購置成本比較表

	規劃服務平臺數量為30臺			
	品項	單價	數量	總價
虛擬化桌面軟體購置成本	微軟VDA授權	3,800 註1	30	114,000
	Windows Server最新標準版	1,268 註2	28	35,504
	VMware Horizon	127,919	3	383,757
	總計新臺幣533,261元			

註1：因本中心虛擬化桌面平臺為微軟Windows作業系統，故有此項費用，而本館共規劃30臺VM虛擬機提供服務（包括伺服器與桌面雲），計算授權費用為一年期授權，單價新臺幣3,800元。

註2：圖書館為教育機構，可採購微軟教育版軟體，以臺銀共同供應契約，組別微軟軟體（教育版），目前微軟Windows Server以Core數量為計價方式，2Core最新版單價為新臺幣1,268元計算，以每臺虛擬機4Core，共安裝7臺虛擬機，故需要採購28套。

以本中心建置讀者與行政用30臺桌面虛擬化環境為例，比較表三與表四，可發現實體架構與虛擬化桌面，加上虛擬化軟體部分費用新臺幣533,261元（本館虛擬桌面平臺為微軟Windows作業系統，每一VM均需要VDA授權費），總建置成本為新臺幣2,245,065元，



在設備數量相同情況下，虛擬化桌面架構之軟、硬體總投資經費仍較實體架構為低，可節省約13%（新臺幣332,344元）的預算支出。

但微軟對於虛擬桌面的計價模式是採用VDA授權方式，不能買斷，也不能購買隨機版，是以每年付費的方式，若微軟沒有調漲或調降授權費用，以系統使用預計年限8年計算，VDA授權費共需要新臺幣912,000元，這些每年需要支付的「微軟稅」，使虛擬化軟體購置費用增加為新臺幣1,331,261元，總成本墊高為新臺幣3,043,065元，反而超過實體架構購置預算，由此可知，虛擬化桌面架構首次購置的成本是高於實體架構，而VM OS的VDA數量與使用年限等項目，都是評估導入虛擬化桌面購置成本的重要因素。

設備採購驗收完成後，廠商一般會提供年限的保固期，以本中心為例，使用政府採購網共同供應契約辦理採購，依契約規定電腦系統標之設備，提供三年之保固期，但按機關規定的設備使用年限與堪用度，均超過廠商所提供之保固期，在這些設備過保固後，為維持設備能穩定的持續運作，機關多會以硬體維護合約方式延長設備的保固年限。

由表五比較傳統與虛擬化桌面環境差異，在硬體方面為個人電腦的購置與伺服器的數量，其於設備採購數量相同，而虛擬桌面環境使用Thin Client，其單價不高，沒有加入硬體維護合約的必要。若依年限8年，每年硬體維護合約費用為採購價格的5%計算，因傳統桌面環境個人電腦與伺服器數量較多（7臺）之故，兩者的硬體維護合約每年估計為新臺幣85,347元。在虛擬化桌面環境方面，由於伺服器數量較少（4臺），且沒有個人電腦，硬體維護合約每年估計為新臺幣33,119元。由此可知，虛擬化桌面使用的伺服器數量為4臺，相比傳統桌面環境所需的7臺為少，也無需個人電腦操作，故在硬體維護合約費用支出較少。

機關於進行設備採購前，一定會經過成本效益分析，無論是建置傳統或虛擬化桌面環境，應將全系統生命週期的採購與維護成本一併納入計算，由表五所示，由於傳統與虛擬化桌面環境在設備數量與配置等方面，產生後續維護費用的差距，5年可達到新臺幣261,140元，因此後續的維護成本，也是建置成本效益分析時，需要考量的要素之一。



表五 傳統與虛擬化桌面環境硬體維護合約費用比較表

	傳統與虛擬化桌面環境硬體維護合約費用比較表				
	品項	硬體維護費/年	維護數量/臺	簽約年數	總價
傳統 桌面環境	個人電腦	31,151	30	5 註1	155,755
	x86伺服器	54,196	7	5 同註1	270,980
	總計新臺幣426,735元				
虛擬化 桌面環境	桌面虛擬化架構規劃服務平臺數量為30臺				
	x86伺服器	33,119	4	5 同註1	165,595
	總計新臺幣165,595元				

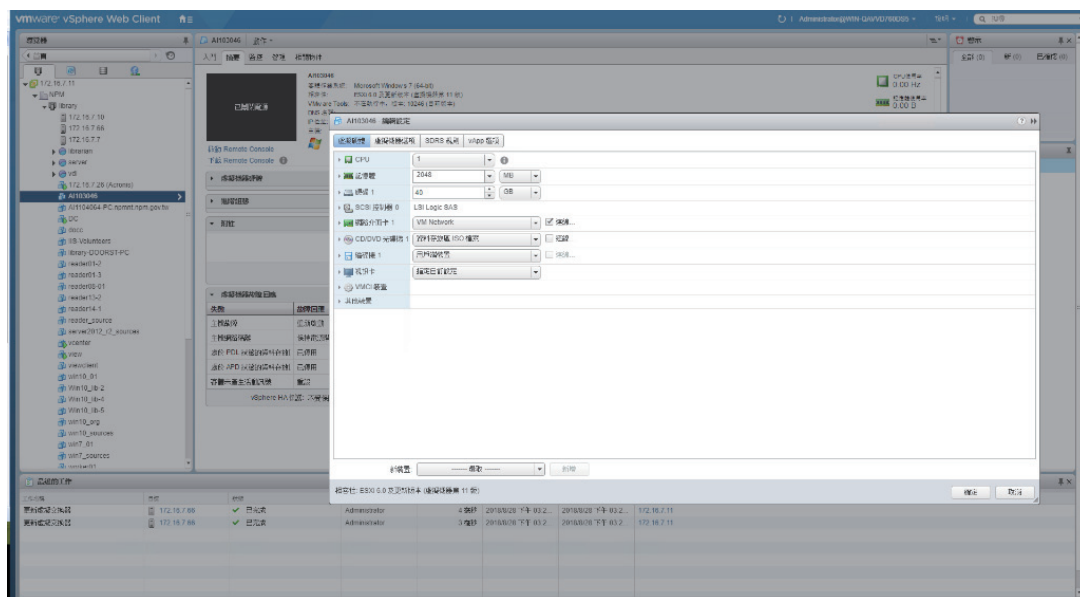
註1：政府採購網共同供應契約，依契約規定電腦系統標之設備，提供3年之保固期，因設備預計使用年限為8年，故需採購後5年之硬體維護合約。

二、營運成本分析

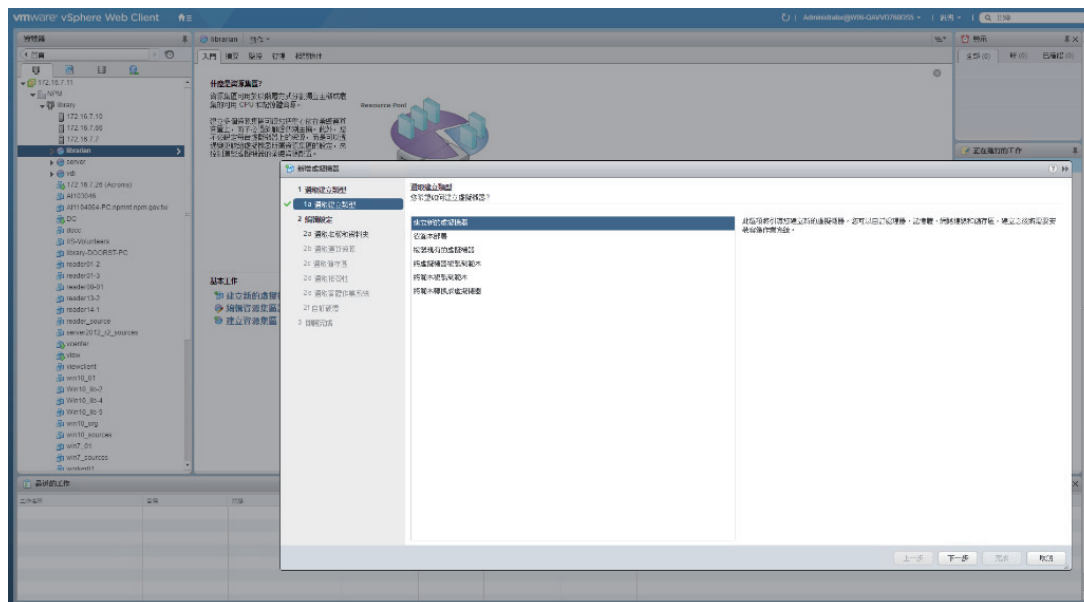
如前述虛擬化桌面所具有之優勢，在減少採購的行政工作量、提高伺服器的使用率、資料的備份與安全性、降低電力消耗、系統管理和部署便利性、可充分發揮硬體效能等無法量化的無形成本方面，均優於傳統桌面架構，這些都是影響日後圖書館營運之因素，因此於系統規劃購置案中，所占之比重不宜輕忽。以下就本中心導入虛擬化環境對改善營運成本之實際管理經驗，分項說明：

(一) 減少採購的行政工作

虛擬化技術將實體主機的物理元件抽象模擬成數位虛擬元件，讓一臺實體主機變成幾臺甚至數十臺的虛擬機，變成可以依需求動態分配（如圖十九）或建置一臺新的虛擬機（如圖二十），提高了資源的利用率，也簡化行政的過程，不需再進行簽請採購的行政與後續之年度財產盤點等工作，讓館員能減少行政的工作量與設備維護的時間，將有限的經費與時間，用於資料採訪與讀者服務工作。



圖十九 虛擬機器新增與調整硬體裝置類型圖



圖二十 新增虛擬機器圖

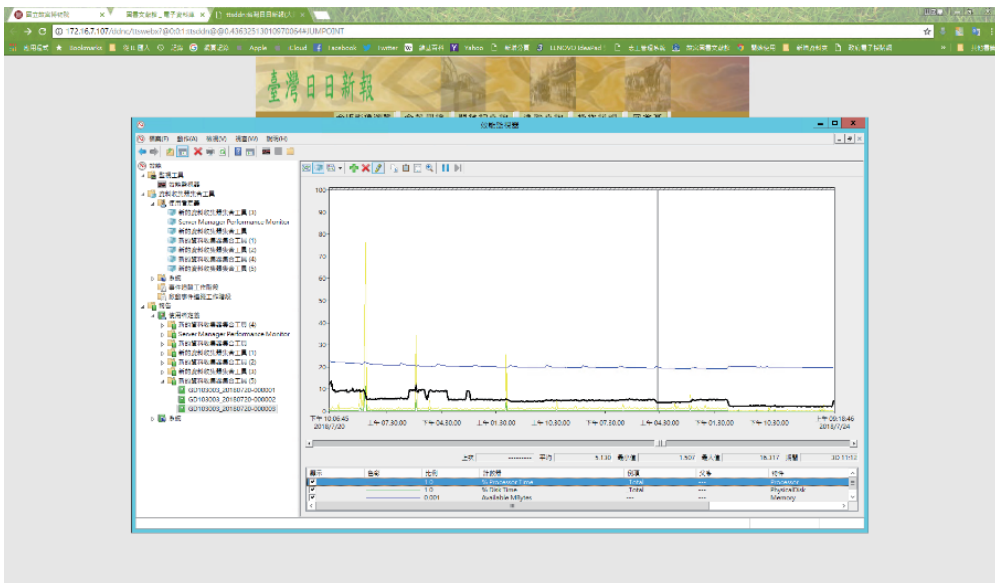


(二) 節省機房空間

使用虛擬化技術可節省機櫃所占用的機房空間，虛擬機取代了伺服器與相關硬體的数量。以表三中傳統桌面環境為例，共有x86伺服器7臺、儲存設備4臺、數位式KVM 1臺，共12臺設備，伺服器與儲存設備高度為2U，共需要24U，加上PDU與集線交換器（Switch）等硬體配套設備，並考量散熱問題，至少需要2座42U的標準機櫃。而虛擬化桌面環境，相關IT設備為x86伺服器4臺、儲存設備4臺、數位式KVM 1臺，共9臺設備，共需要18U，減少6U的高度，可放置於1座42U的標準機櫃。減少的1臺機櫃，其高架地板下的供電線路配線也能減少電力一迴路，也減少了設置及維護成本。以博物館附設圖書館空間普遍不充裕的情況下，能有效節省機房空間與設備數量之增長。

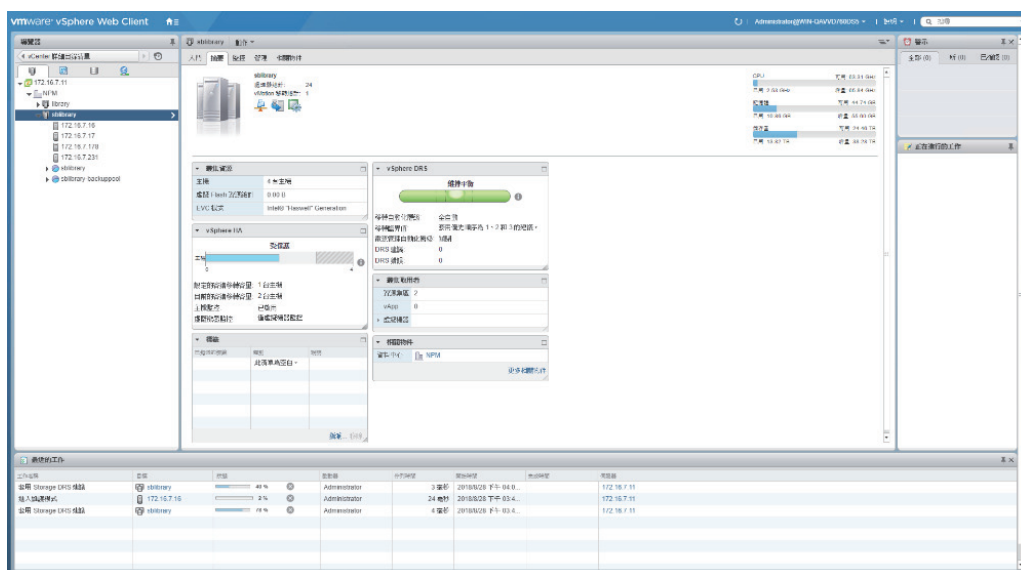
(三) 提高伺服器的使用率

圖書館的資訊作業環境較為單純，對比於企業界資訊作業環境，沒有I/O負載繁重的ERP系統或即時性交易的資料庫應用，專門圖書館使用的資訊系統一般有：圖書館自動化系統、網站系統、電子資料庫、隨選視訊及門禁系統等，這些系統對電腦與伺服器的效能及I/O頻寬要求不高，很合適使用虛擬化平臺的架構，如圖二十一中的伺服器安裝有7套電子書與線上資料庫，並提供網站伺服器等服務，其CPU最大使用率為16.317%，代表伺服



圖二十一 系統資源監視器

器效能尚有很多餘裕可供利用。為提高伺服器的使用率使用VMware vSphere，將本中心原有實體伺服器虛擬化整合於2臺伺服器中，並透過VMware的vCenter Server從單一主控臺管理虛擬機（如圖二十二），使伺服器的硬體效能，可以得到充分之利用。



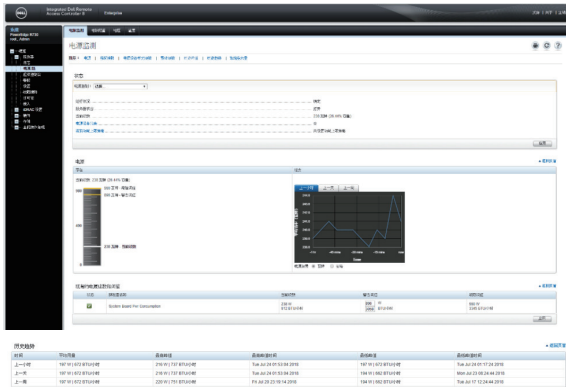
圖二十二 VMware vCenter Server主控臺

(四) 減少電費支出

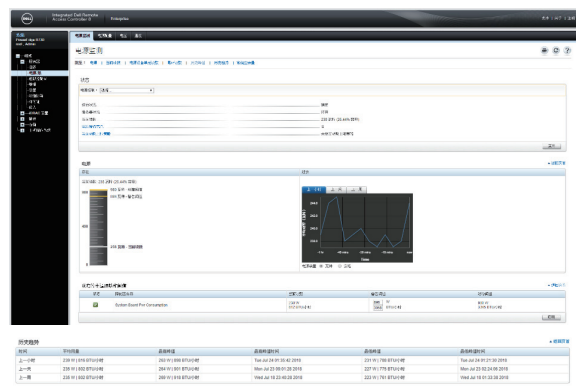
國內近年用電量連連創歷史新高，「備轉容量率低」、「缺電」、「限電」等議題已成為熱門的焦點，由於現今圖書館都朝向數位化發展，IT設備與配套的環控設備有增無減，用電量大幅提高，以新北市立圖書館總館全天開放為例，每月增加之電費初估為新臺幣40萬元（自由時報，2015）。且電費會因季節計費方式增漲，每年六月至九月為夏月電價實施期間，夏月電價比非夏月電價平均約高出17%（臺灣電力股份有限公司，2018），因此圖書館節能減碳成為熱門話題，亦成為當前政府的重要政策之一。如何在資訊化的過程中更有效地利用電源，也是圖書館數位化需重視的課題。以下藉由實際測量本中心IT設備之功率消耗，來檢驗虛擬化技術對於節能減碳的實際成效如何：

1. 伺服器虛擬化

以本中心未虛擬化前的中文資料庫服務伺服器為例，由其iDracr遠端控制器中可即時顯示伺服器目前使用的功率與熱量（如圖二十三），其一週平均功率為197W



圖二十三 實體中文資料庫服務伺服器使用的功率與熱量監控圖



圖二十四 虛擬化應用伺服器使用的功率與熱量監控圖

／小時與產生熱量672BTU／小時。這樣的應用伺服器，在未虛擬化前包括網域、MOD、集中控管式防毒軟體、檔案備份伺服器等共需要7臺實體主機。

將前述文中資料庫服務應用伺服器虛擬化後，整併於4臺實體主機內，加上其他虛擬化應用伺服器等，其使用的功率與熱量如圖二十四，其一週平均功率為235W／小時與熱量產生802BTU／小時。兩者每月的用電量與熱能產生量比較，如表六。比較發現伺服器虛擬化後，較未虛擬化的實體機，每年可減少41%的用電量與熱量產生。若再加上網路與儲存的虛擬化，伺服器虛擬化所帶來的節能減碳效益十分顯著。用電量與熱量產生的減少，也能減少環控空調，UPS備援容量亦能降低標準，有利整體建置與後續營運的成本下降。

表六 伺服器虛擬化用電與熱能比較表

	數量／臺	KW／每年	BTU／每小時
伺服器未虛擬化	7	12,082	4,704
伺服器虛擬化	4	8,234	3,280
差異	3	3,848	1,424

2. 虛擬化桌面

館員行政電腦與讀者使用之公用電腦是圖書館數量最多的IT設備，採用虛擬化桌面後，Client端設備不再受限於傳統個人電腦，可以使用節能的精簡型電腦（Thin

Client) 或平板電腦來取代，兩者消耗功率比較(消耗功率W/hr)，實際測量如圖二十五，以SUN BOX PDU SPIS-2012-08之瓦特表顯示，開機完成進入系統操作Chrome瀏覽器播放YouTube影音串流時之消耗功率。表七比較傳統的桌上型個人電腦與虛擬化桌面精簡型電腦(Thin Client)之用電量，桌上型



圖二十五 以SUN BOX PDU SPIS-2012-08之瓦特表測量圖

與精簡型電腦所連接之顯示器型號均為ACER V276HL。經實測精簡型電腦相比傳統個人電腦操作實際消耗功率約可減少43.72%，故於使用年限內所能節省的電力費用支出十分可觀。與機房伺服器虛擬化所帶來的節能減碳效益一樣，虛擬化桌面在減少設備的耗能成效明顯，且行政電腦與公用電腦的數量較多、規模越大的圖書館，採用虛擬化桌面所能節省的電費也越多。

表七 傳統個人電腦與精簡型電腦操作實際消耗功率比較表

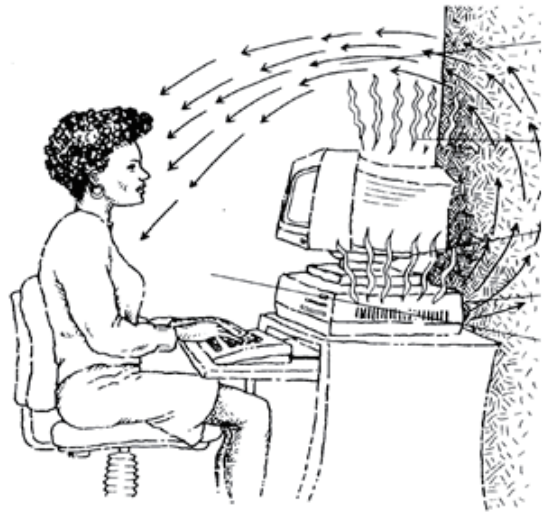
	消耗功率W/hr	年消耗功率KW/hr	30臺公用電腦年消耗功率KW/hr
桌上型個人電腦 (ASUS MD710)	71	199	5,970
精簡型電腦 (ASUS VM42)	40	112	3,360
差異	31	87	2,610

測試標準：1. 消耗功率W/hr：實際測量以SUN BOX PDU SPIS-2012-08之瓦特表顯示，開機完成進入系統操作Chrome瀏覽器播放YouTube影音串流時之消耗功率。

2. 月消耗功率：以每日開館9小時，30日中開館26日計算。

此外，傳統桌上型個人電腦，為散熱需要多帶有風扇，以提高散熱效率，這些風扇除使用時間長後，可能產生異音的問題外，也會在設備的四周形成一股看不見氣流的微氣候，無論是螢幕或其他組件所造成的高溫、散熱風扇所產生的氣流，會

在設備周圍的空氣以一種眼睛看不到的形式循環（如圖二十六），而電腦周圍的灰塵和熱廢氣，都強化了這種循環，這會增加使用者的體感溫度，室內空調需調降一些，才能達到預設之涼感，而虛擬化桌面使用之精簡型電腦，由於使用功率低，多採無風扇設計，不易形成微氣候，對空調節能也有很大的助益。



圖二十六 電腦所形成的微氣候

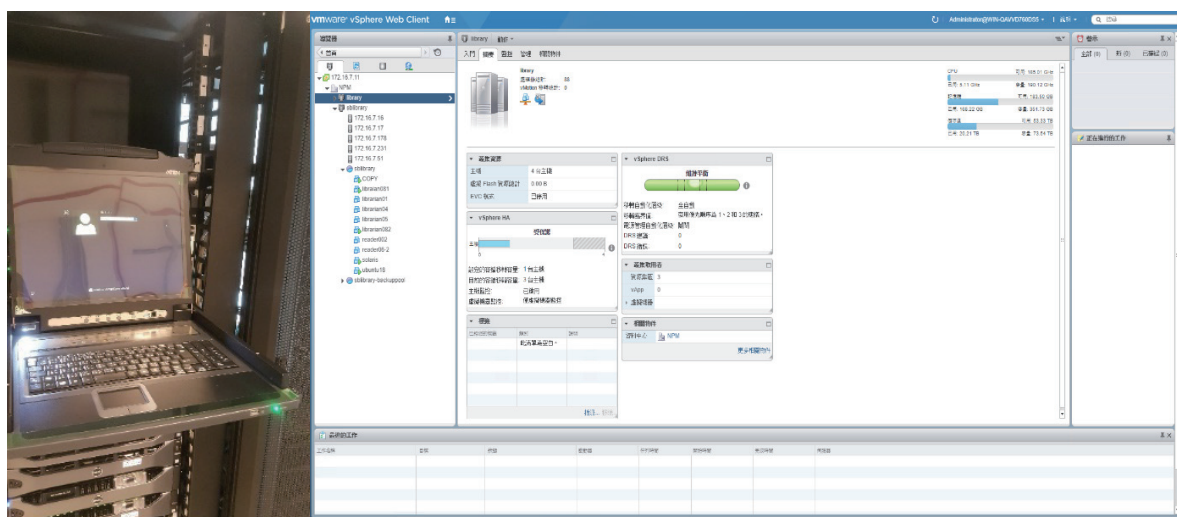
資料來源：洪杼靜（1996）。電腦保健手冊：電腦如何造成傷害—你又該如何預防，臺北市：遠流。

伍、虛擬化技術在圖書館的應用

討論採用虛擬化技術的建置成本與必要性，應先由目前圖書館在電腦設備管理所面臨的問題開始，再透過成本效益與營運成本分析來確認其效益，哪部分效益是可量化，哪部分則可提升行政的效率，按自身的成本效益分析作為是否導入虛擬化的依據。採用虛擬化技術的主要動力是設備數量的迅速增長，加上世代的快速更新，進一步加劇了圖書館資訊系統架構的複雜程度，故導入新系統時，應針對未來預留橫向擴充能力，同時降低系統相容性問題，其他還包括：不停機的備份與系統移機、資訊安全及重大災難復原性等來自管理實務的因素，也應加入採用虛擬化技術的成本與必要性與否的評量內。下面就本中心採用虛擬化技術後，在系統相容性與擴充彈性的實際經驗，提供評估參考：

一、設備維護與管理便利

在實體主機的機房環境下，要進行系統設定或更新時，往往用多電腦切換器（KVM）一臺臺切換（如圖二十七左側），或是用遠端桌面方式操作，作業系統損毀時，更必須是現場重新安裝，耗時費力。而虛擬化環境下，虛擬機器主控臺可以控制所有的實體機器與虛擬機器的運作（如圖二十七右側），單一介面就可以看到每臺虛擬機器使用的實體資源有多少、是否當機等，使設備維護與管理變得有效率並減少工作時間。

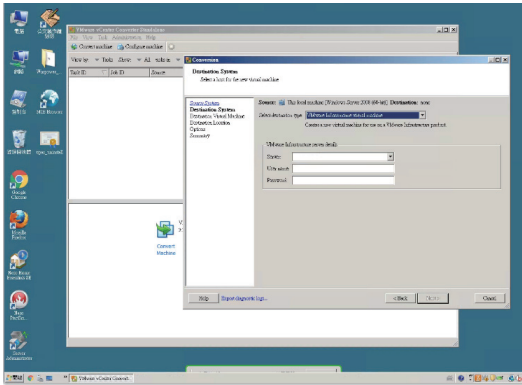


圖二十七 實體主機KVM切換操作與虛擬機器主控臺介面比較圖

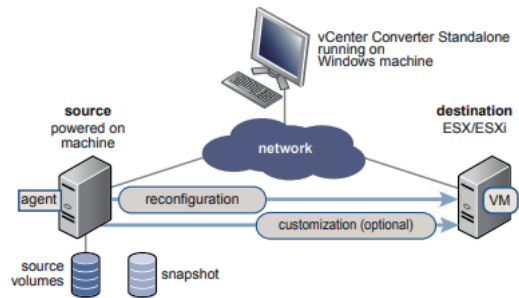
二、系統相容性及平臺穩定運作

圖書館在購置或開發一新系統時，都會搭配所需的軟、硬體一併建置，但隨著使用時間累積的硬體故障及軟體的更替等問題，在系統生命週期末段，可能會面臨系統沒有替換零件而無法使用，如圖書館館藏之中還有一些早期的單機型資料庫、光碟資料庫、機構自行開發的數位典藏系統等，這些於網際網路尚未興起時代開發的資料庫系統，其使用的作業系統可能為Windows NT4.0、Windows 2000、Linux等作業系統，由於這些老舊的作業系統也只能在舊款的硬體平臺上執行，無法在新購置的軟、硬體平臺上運作，若原開發廠商不再更新維護後，當機器老舊發生故障、機件停止生產，而導致沒有硬體平臺可以執行這些系統時，就只能報廢，且報廢的不只硬體，可能還包括系統安裝資料庫軟體與相關資料，這時利用虛擬化技術模擬這些硬體平臺，將老舊系統主機搬移到新主機上，以延長使用年限，是可供評估的選項之一。

以本中心轉移志工系統與Intranet型資料庫為例，因本中心先期以建置虛擬化環境，故可以透過P2V（Physical to Virtual）工具程式（如圖二十八），以Hot Cloning方式將正在運行的實體機轉移至虛擬化平臺環境上繼續運作（如圖二十九），且在轉換的過程中，實體主機的服務仍然正常運作中。



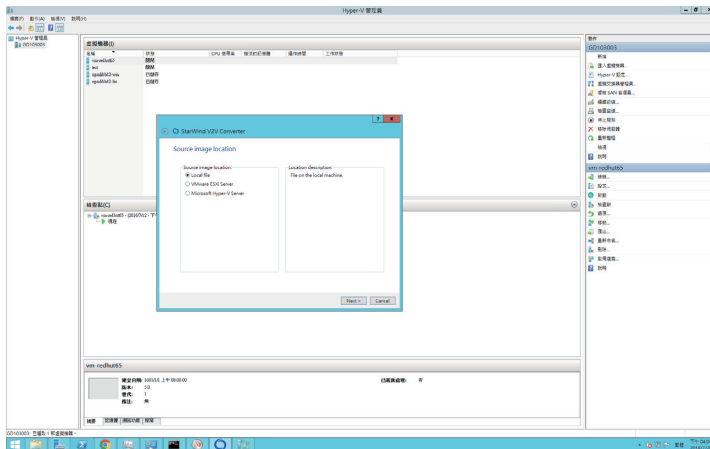
圖二十八 P2V (Physical to Virtual) 工具程式操作圖



圖二十九 P2V (Physical to Virtual) 架構圖

資料來源：VMware (2018d). *VMware vCenter Converter Standalone, User's Guide vCenter Converter Standalone 6.1*. Retrieved from https://www.vmware.com/pdf/convsa_61_guide.pdf

對於早期使用不同廠牌虛擬化的虛擬機，也能如圖三十使用第三方V2V (Virtual to Virtual) 工具程式，進行Cold Cloning轉移至新的虛擬化平臺環境上繼續運作。



圖三十 V2V (Virtual to Virtual) 工具程式操作圖

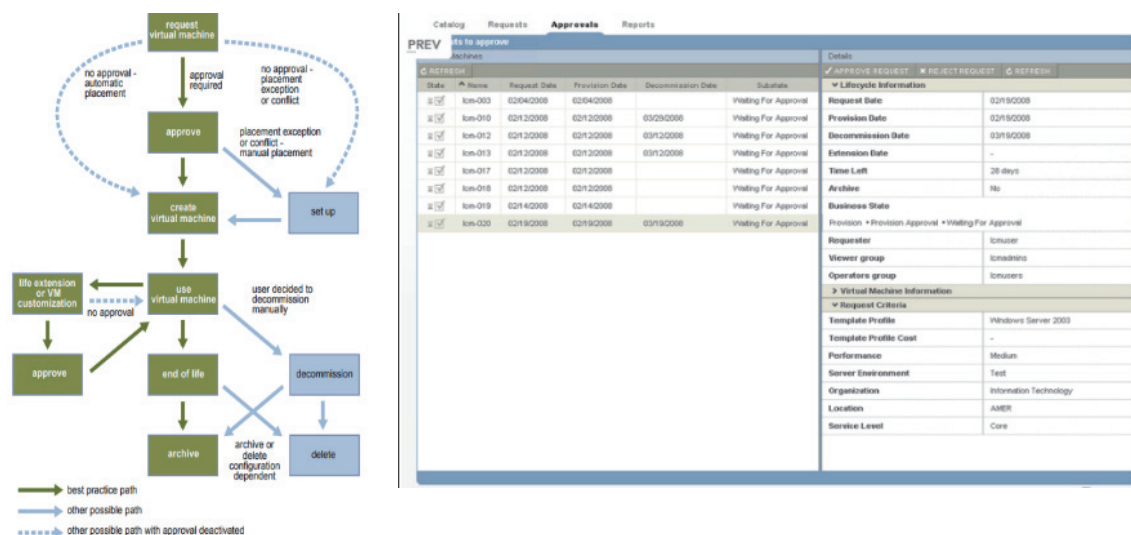
藉由以上案例分析及本中心使用VMware ESXI之經驗，ESXI平臺可直接安裝在實體伺服器上，並能分割成多個邏輯伺服器，也就是所謂的虛擬機，而虛擬機安裝的作業系統有Windows系列、RedHat、Ubuntu等，並能透過P2V或V2V的方式，將舊有設備轉換為虛擬機繼續運作，比較實體主機環境在系統相容性及平臺穩定運作方面，能明顯降低硬體束

縛與保障現有財產投資。

三、資訊安全

在過去申購實體主機需要幾週甚至幾月來跑採購流程，而伺服器虛擬化之後，新的虛擬機大多可在1小時內就創建及設定完成，省去了採購、驗收、財產登錄等程序，虛擬機可依使用需要快速複製或創建，若沒有完善的管理機制來控管虛擬機的創建、部署、設定及刪除，很快地虛擬機的數量就會暴增，而嚴重影響主機效能。虛擬機與傳統實體主機相同，需要同樣一套使用控管標準，以本中心為例，使用的實體伺服器數量不多，尚可以透過人力登錄Excel或Access方式來管理虛擬機的申請、核准、部署及刪除。但對規模組織龐大的圖書館其實體伺服器與虛擬機的數量達十幾甚至數十臺，人力登錄就難負擔，由資訊管理的經驗了解，這類繁瑣且重覆的管理工作不僅難落實也容易犯錯。

將這些虛擬機管理的工作交由如VMWare的Life Cycle Manager (LCM) 之工具軟體來進行控管（如圖三十一），它能協助監控從虛擬機之需求提出、批准、創建、組態變更到退役的整個過程，並記錄相關軌跡的日誌檔以供日後稽核之需。不僅可大幅減少系統管理員的工作負擔，申請過程也更有效率，能建立源頭的資訊安全管理。



圖三十一 LCM下虛擬機生命週期的階段操作介面圖

資料來源：VMware (2018). *Lifecycle Manager Administration Guide*. Retrieved from https://www.vmware.com/pdf/lcm110_admin_guide.pdf



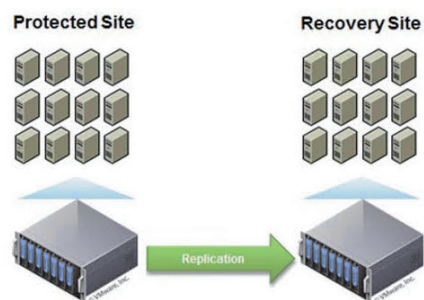
防毒軟體為資訊安全防護中最基礎的工具，即便是虛擬化架構，一臺實體伺服器虛擬化之後，雖然其上可能有多個虛擬機同時在運行，對使用者而言，虛擬機可視為一臺完整的實體主機。因此，虛擬機仍舊需要防毒軟體來進行端點防護，在傳統伺服器環境中每臺主機中都安裝有防毒代理程式（Agent-based），以進行病毒偵測、掃毒、隔離等工作，但在虛擬機中採用防毒代理程式的資安防護方式，若執行排程沒有錯開，而Host主機上的多個Guest OS同時執行掃描，可能用光伺服器的系統資源而降低效能，使虛擬機執行速度變慢。故在VMware伺服器虛擬化環境中，以支援無代理程式（Agentless）防護方式的防毒軟體成為主流。就作法而言，VMsafe是透過一臺虛擬設備（Virtual Appliance）的監控，替代原本安裝於各虛擬機器常駐的主機型，在虛擬化網路內部部署防護入侵偵測與防禦、防火牆等網路功能虛擬設備，對虛擬網路內部流量進行監控和過濾，並整合防毒軟體產品，提供安全服務，同時降低防護產品對於vSphere伺服器的資源使用，維持或者提高虛擬機器的服務效能。

四、高可用性與備援

經過近幾年虛擬化技術的日漸成熟及穩定，圖書館導入伺服器虛擬化的接受度已經大為提升，虛擬化的應用不再只是整併老舊的實體主機或儲存設備、網路設備等，虛擬化所帶來的便利性、提高效率並降低成本等優勢，讓圖書館伺服器建置高可用性（High-Availability, HA）與備份、備援變得更容易。

為了維護數據資料保存與避免服務中斷的問題，提供服務的伺服器建置高可用性就顯得相當重要，所謂高可用性是指當系統軟體或硬體元件產生故障時，以極快速的方式恢復提供服務的一種架構。

伺服器建置高可用性與備援的發展，在傳統實體主機環境要讓備援站點接手主站點工作的前提是備援站點的伺服器要具備執行主站點應用程式的能力，這意味著必須在備援站點建置一套與主站點一模一樣的軟、硬體設備（如圖三十二）。這代表需要兩倍的建置成本，這



圖三十二 傳統異地備援架構圖
資料來源：柯能一(2018)。為VMware vSphere提供簡單可靠的災難防護——VMware SRM 5與NetApp之完美搭配。取自http://www.rl-tech.com.tw/zh-tw/article_info.php?id=7

些設備平日雖然沒有使用，但還是需要維護，因此維護成本也會加倍，對館方而言也是很大的負擔。

藉由全面虛擬化的架構，一臺主伺服器安裝虛擬作業系統，內部可以產生多個虛擬機，並在虛擬機上安裝作業系統以同時提供服務（如圖三十三）。伺服器虛擬化所帶來之效益，使建置高可用性架構變得快速簡單、管理集中化、備援成本降低等，使設備投資及維護成本有效減少。

以下分別介紹在虛擬化環境下，系統維護、移機時、實體伺服器損壞或當機時、機房重大災難損毀時之技術，以及在本中心機房應用的實務：

(一) 在系統維護、移機時

在機房的營運過程中，難免會遇到線路維修斷電、設備更新等情況，假設機房內機櫃A的不斷電線路維修需要進行斷電，位置在機櫃A內的實體伺服器A1，即可使用vMotion



圖三十三 VMware SRM虛擬化異地備援架構圖

資料來源：IBM (2018). VMware vCenter Site Recovery Manager version 5.x guidelines for IBM XIVGen3 Storage System. Retrieved from [https://www-356.ibm.com/partnerworld/wps/servlet/download/DownloadServlet?id=VZPYFkT7gvZiPCA\\$cnt&attachmentName=VMware_vCenter_Site_Recovery_Manager_version_guidelines_IBM_XIV_Storage.pdf&token=MTUzMjY3OTg4MjE2MQ==&locale=en_ALL_ZZ](https://www-356.ibm.com/partnerworld/wps/servlet/download/DownloadServlet?id=VZPYFkT7gvZiPCA$cnt&attachmentName=VMware_vCenter_Site_Recovery_Manager_version_guidelines_IBM_XIV_Storage.pdf&token=MTUzMjY3OTg4MjE2MQ==&locale=en_ALL_ZZ)

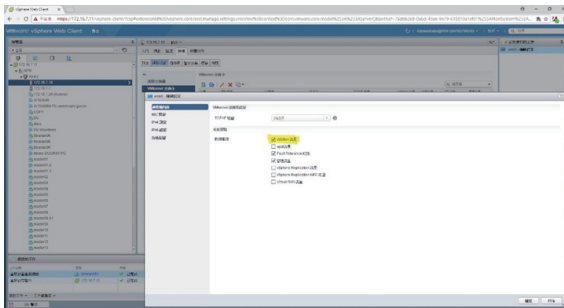


圖三十四 vMotion運作方式圖

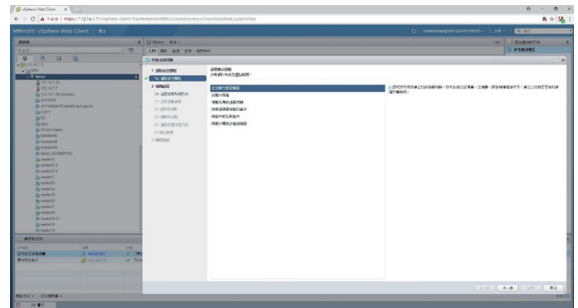
資料來源：VMware (2018). vSphere vMotion. Retrieved from <https://www.vmware.com/products/vsphere/vmotion.html>



將其上運行之虛擬機VM1及VM2動態轉移到位於另一個機櫃B內的實體伺服器B1。vMotion即時移轉是VMware vSphere企業版所提供的功能，可讓執行中的虛擬機，在不中斷運作與服務的情況下，從一部實體伺服器移動至另一部實體伺服器（如圖三十四）。經由轉移記憶體狀態，將實體伺服器A1之記憶體狀態轉移至實體伺服器B1，虛擬機能保存其網路身分識別及連線，以確保順暢的移轉程序，虛擬機使用中的記憶體與精確的執行狀態會透過GB等級的高速網路傳輸，讓原本在實體伺服器A1主機上執行的vSphere虛擬機，可立刻切換到目的地——實體伺服器B1 vSphere上執行。實機操作介面如圖三十五與圖三十六。

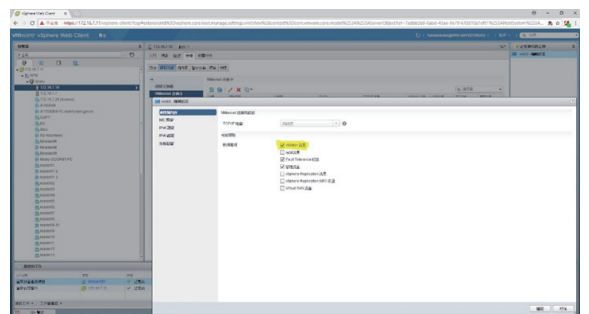


圖三十五 vMotion選擇實體主機目的地操作介面圖



圖三十六 vMotion選擇目標儲存區操作介面圖

vMotion機制的實際操作，有幾項必要條件之限制：1.需有vCenter主控，且不可停機；2.欲移轉的VM與VM設定檔，必須存放在Share Storage上；3.實體伺服器之間網路連線速度至少要GB等級，且ESXI中的網路設定，要開啟VMkernel的vMotion功能（如圖三十七）；4.來源與目的Host的CPU指令集、網路卡名稱與設定、儲存設備與連接的周邊裝置皆需一致，CPU最好是同廠牌與同世代；5. Storage要有VMware之原廠認證，不然容易執行失敗。



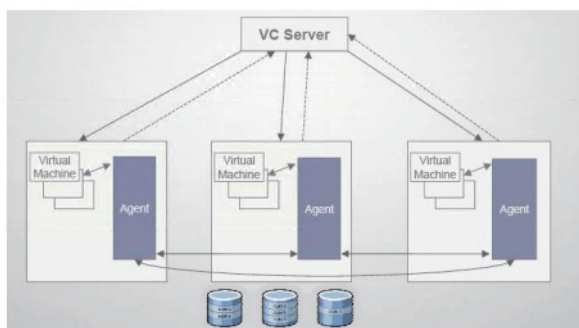
圖三十七 設定VMkernel的vMotion功能開啟圖

(二) 實體伺服器損壞或當機時

在VMware vSphere虛擬化架構中，若vCenter Server伺服器發生故障損毀事件而無法正常服務，則系統管理者將無法進行VM虛擬主機部署、調整、遷移等管理工作。因此，如何建構高可用性的vCenter Server伺服器叢集架構，便成為非常重要的課題。而HA高可用性機制，在單一臺實體伺服器故障或當機時，能保障vCenter Server仍然會持續運作，以便在發生突發性故障或非計畫性災難事件時，VM虛擬主機能盡量縮短停機時間。

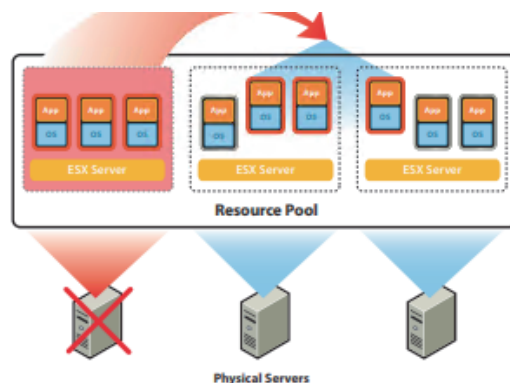
VMware vSphere HA的運作機制為備用節點間透過心跳網路（heartbeat）（如圖三十八），ping主要節點時，若發生time out，而本身又ping得到gateway時，vCenter會自動啟動相對應的機制，備用節點由儲存設備中自動載入虛擬機，重新啟動VM，達成硬體損壞或當機時系統之高可用性（如圖三十九）。

本中心虛擬環境即採用VMware vSphere HA架構（如圖四十），將多臺主機組成叢集（cluster）並建立資源集區，透過HA架構提供容錯移轉保護，保護虛擬化環境免受實體伺服器損壞或當機時中斷之影響，維持資料中心的順暢運作。



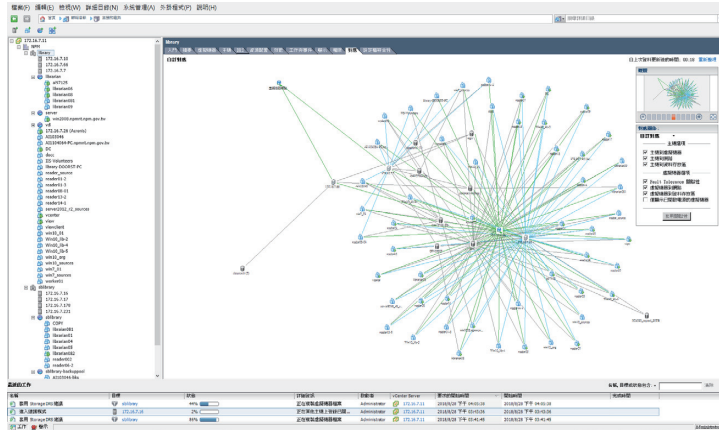
圖三十八 VMware vSphere HA運作架構圖

資料來源：VMware (2018). *VMware High Availability*. Retrieved from https://www.vmware.com/pdf/vmware_ha_wp.pdf



圖三十九 VMware vSphere HA運作示意圖

資料來源：VMware (2018). *VMware High Availability*. Retrieved from https://www.vmware.com/pdf/vmware_ha_wp.pdf



圖四十 本中心VMware vSphere HA架構叢集備援對應圖

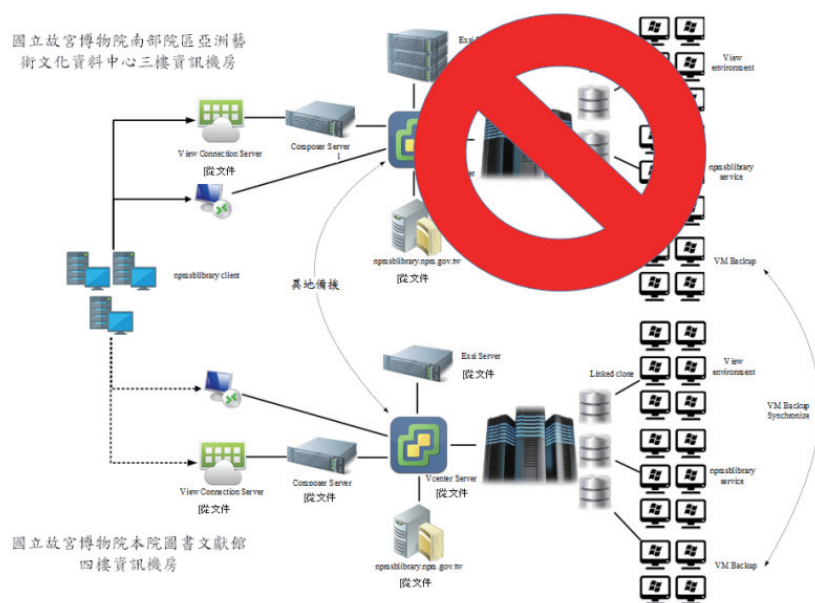
(三) 機房重大災害損毀時

機房資訊系統可能面臨的重大災害損毀可概分為：天然災害與人禍。而災害復原能力是圖書館資訊服務持續營運不可或缺的要素，災害復原包含前述的系統轉移、容錯轉移外，當發生天災、人為疏失或惡意破壞等突發狀況，資訊機房內所有設備都停擺時，若有異地備援機制，可透過災害復原機制，快速回復正常或可接受的服務水準。

有關本中心異地備援情況演練，當南部院區亞洲藝術文化資料中心資訊機房因災難損毀，發生短期無法復原之狀況（如圖四十一），將啟動北部本院圖書文獻館四樓資訊機房內備用實體伺服器與備援儲存設備中之虛擬機，重新啟動VM後，將修改Thin client的horizon view伺服器IP位置與系統設定，快速恢復資料中心的資訊服務。

圖書館建置資訊機房異地備援的必要性，有以下幾點：1.關鍵性應用系統如：圖書館自動化系統、Web、DB等伺服器需要快速恢復提供服務；2.這些安裝許多應用程式的伺服器，恢復時設定複雜，作業時間冗長，資料損壞風險高；3.伺服器故障修復或是更新軟體程式失敗的時候，需能快速恢復前一時間正常狀態；4.圖書館自動化系統是7x24的服務不停歇。

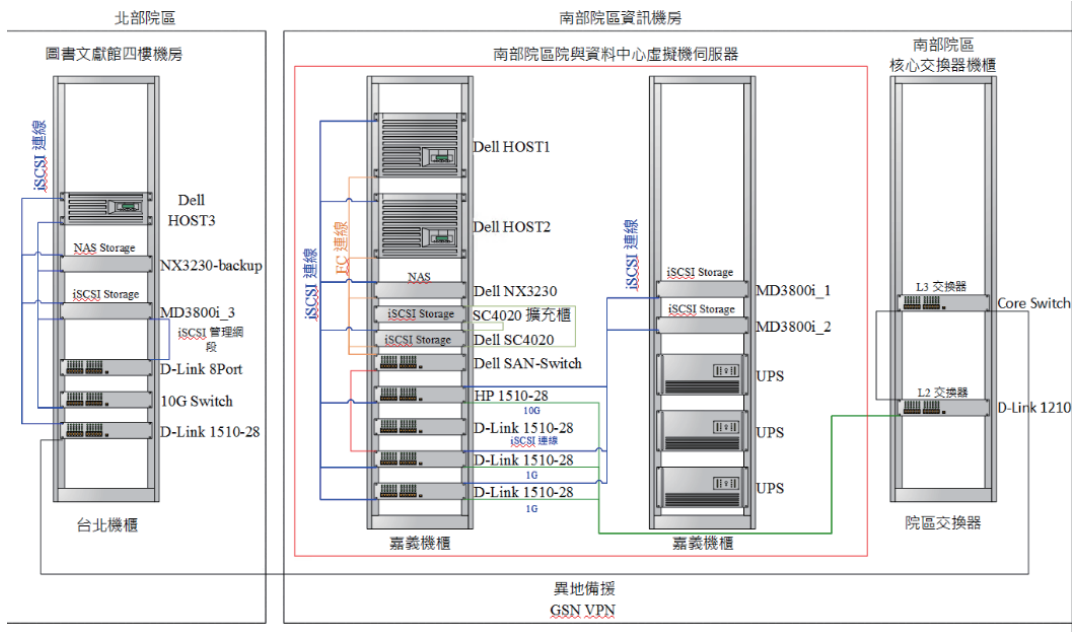
基於上述之理由，並考量不可預測的天災因素，本中心規劃建置北部本院備援機房，在提案階段即面臨建置經費高昂、系統複雜等問題，而藉由將硬體設備及作業平臺等落實虛擬化，最大的效益就是節省可觀的異地備援設備購入成本，不再需要一個作業平臺搭配一臺設備，讓小型的博物館附設圖書館資訊機房也能實現備援。



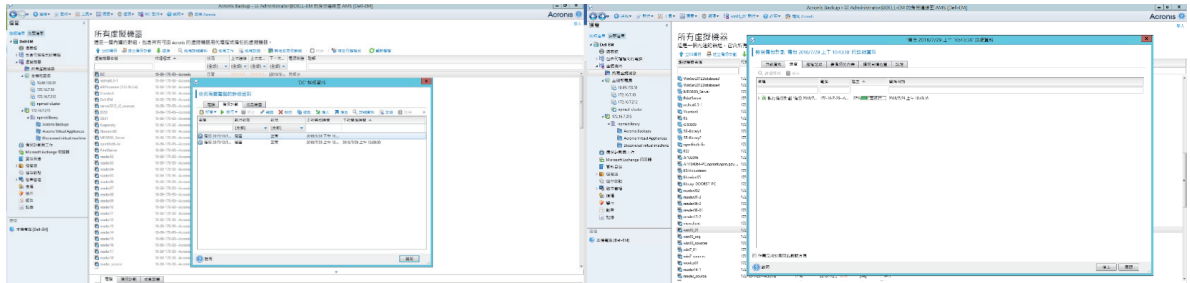
圖四十一 本中心機房重大災害損毀情況演練異地備援圖

本中心異地備援線路架構如圖四十二所示，因本中心異地備援機房設於北部本院圖書文獻館機房內，透過GSN-VPN專線連接，網路速度頻寬不夠快，故無法使用如vMotion或HA的方式備援，是採第三方備份軟體Acronis Backup Advanced進行虛擬機的備份，考量線路頻寬採取先在嘉義機房內完成一次完整虛擬機備份後，再安裝至本院圖書文獻館機房。系統日常備份採用排程進行虛擬機的差異備份（如圖四十三），由於圖書館辦公資訊操作環境較為單純，使用差異備份，只備份上次完整備份完成後有所變更的資料，可用較低的頻寬進行，系統還原時間也較快速。

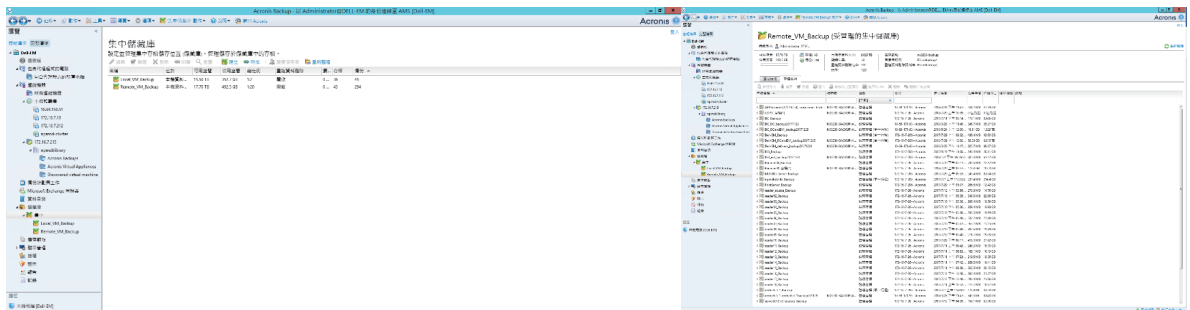
受預算的影響，目前本中心實體伺服器與虛擬機有HA機制，然儲存設備為整合管理多種既有儲存設備成集中化儲存區，並無另購storage HA，南、北院區機房內都設有集中化儲存區與NAS，可以進行備份複本的相互抄寫（如圖四十四），每一機房內都有2套備份虛擬機，能降低因儲存設備故障，所造成備援失敗。這種異地備援方式為冷備援站（Cold Site），備援的虛擬機平時為關機狀態，當機房有短時間內無法恢復的情況發生時，需管理者手動啟動虛擬機上線服務，雖然無法達到熱備援站（Hot Site）的零恢復時間，但分析建置成本與圖書館業務性質，此方式仍適合規模較小的圖書館採用。



圖四十二 本中心異地備援線路架構圖



圖四十三 Acronis Backup Advanced進行虛擬機的排程與手動備份操作圖



圖四十四 Acronis Backup Advanced集中化儲存區與NAS備份複本抄錄圖



透過比較實體主機與虛擬化在建置成本、營運成本、系統相容性與擴充彈性等各方分析，與本中心實務管理經驗整理如表九，可發現圖書館在導入虛擬化系統的過程中，雖可統計量化的購置經費與實體主機差距無幾，但無形的營運成本，如虛擬化具有之優勢即在節能減碳、節省空間及維護合約支出、維護人力等，此外，在系統的備份與安全性方面，如：高可用性、系統轉移、異地備援及電腦管理和部署便利性、可充分發揮硬體效能等無法量化的無形成本方面，均優於傳統實體主機架構，實應納入系統規劃購置的考量之中，上述皆是影響日後圖書館營運之重要因素，相關議題評估於系統規劃購置案中所占的比重不宜輕忽。

表九 圖書館建置虛擬化效益分析表

建置成本		
	虛擬化環境	實體主機環境
硬體採購成本	減少硬體採購數量，進而降低成本	一項服務一臺主機，持續增加硬體採購成本
節省空間	硬體數量減少，節省機房與機櫃空間	每一臺實體主機，需占一個機房與機櫃空間
作業系統授權	需軟體授權	通常包含在購機價格內
虛擬化軟體授權	需軟體授權	沒有需要
伺服器數量	少	多
營運成本		
電費支出	大幅減少	由硬體數量而增加
空調需求	大幅減少	由硬體數量而增加熱能
維護合約支出	硬體數量少，維護成本大幅減少	硬體數量多，維護成本相對提高
維護人力	需求少，一人可管理多臺虛擬機	需求高
管理成本		
管理介面	單一主控臺管理所有設備	伺服器、儲存設備、網路設備介面複雜
容錯機制	系統具備HA容錯與移機轉換機制	成本高，需同時增加軟硬體設備
擴充彈性	水平擴充，可依需求增加虛擬主機	垂直擴充，一臺配一項服務
異地備援建置	成本低，軟硬體均虛擬化，使用實體主機少	成本高，需2套完整軟硬體搭配



陸、結論與建議

在降低成本與節能話題備受矚目的今日，虛擬化技術提供圖書館彈性運用IT資源的新方式，同時實現綠色IT的理想。而圖書館導入虛擬化環境進行機房整合與館員使用虛擬化桌面的管理方式，與實體傳統主機環境相較之下，具有以下優勢：

- 一、可降低硬體設備採購與維護經費，建構虛擬化環境雖需購買虛擬化軟體授權，但隨虛擬化系統的增加，實體主機數量的減少，硬體維護合約費用支出也會降低。
 - 二、節省機房與讀者桌面工作空間，使用虛擬化技術可節省機櫃所占用的機房空間，虛擬機取代了伺服器 and 相關硬體的數量。此外，虛擬化桌面所使用之精簡型電腦所占用桌面空間遠小於傳統桌上型主機，能讓讀者有更多之工作桌面面積。
 - 三、減少電費支出與空調負擔，虛擬化所帶來的節能減碳效益十分顯著，以本中心為例，每年可減少41%的用電量與熱量產生。而耗電量與熱量產生的減少，也能減少環控空調，機房UPS備援容量亦能降低標準，有利於後續營運成本的下降。
 - 四、減少採購的行政工作，虛擬化技術也簡化系統建置的過程，增加新虛擬機，不需要再進行簽請採購的行政與後續之年度財產盤點等工作，讓館員能減少行政的工作量與設備維護的時間。
 - 五、採用虛擬化桌面的優勢，管理人員可隨時視使用需要，在虛擬機管理系統中對所設置Guest OS之CPU、RAM、HDD等硬體資源進行重新分配，在擴展性、服務的靈活性及維護成本等方面，遠優於傳統電腦。
 - 六、高度的系統相容性及平臺穩定運作，虛擬機可安裝的作業系統有Windows系列、RedHat、Ubuntu、SUSE Linux等，也能利用P2V或V2V的方式，將舊有設備轉換為虛擬機繼續運作，因此，虛擬化平臺相比實體主機環境，在系統相容性及平臺穩定運作方面，能明顯降低硬體束縛與保障現有財產投資。
 - 七、設備維護與管理的便利性，在虛擬化環境中，以單一介面就可以看到每臺虛擬機器使用的實體資源有多少、是否當機等，使設備維護與管理變得有效率並減少工作時間。
- 以上7點優勢，對於圖書館營運除量化的成本效益外，對於系統館員在後續IT設備管理的複雜性與維護的工作壓力而言，建置資訊系統虛擬化環境是值得嘗試的解決方案。

綜合建置與營運成本效益分析及本中心使用管理經驗，資訊系統導入虛擬化環境尚有系統管理上擺脫舊模式的優點，也值得圖書館在評估時納入考量：



- 一、提高伺服器資源的使用效能，本中心機房主機採用虛擬化環境後，虛擬主機資源使用率CPU約為30%，記憶體使用率可達70%，比起實體主機環境資源使用率只有16.3%，顯示在虛擬環境更能有效充分利用系統資源。
- 二、虛擬化之高可用性，對於機房的營運管理及系統備援是一大突破，相較以往傳統的備份及支援方式有很大的不同，帶來極大便利性，提供簡易與更具彈性的高可用性備援架構。
- 三、降低異地備援的建置成本，在傳統實體主機環境，備援站點的伺服器要具備等同執行主站點應用程式的能力，必須在備援站點建置一套與主站點一模一樣的軟、硬體設備。而虛擬化環境，藉由將硬體設備及作業平臺等落實虛擬化，最大的效益就是節省可觀的異地備援設備購入成本。
- 四、系統可快速地移機轉換，虛擬化作業平臺多有提供如即時移轉的功能，可讓執行中的虛擬機，在不中斷運作與服務的情況下，從一部實體伺服器移動至到另一部實體伺服器，不需要繁複的系統重裝程序。
- 五、提高資訊安全，提供如Life Cycle Manage之類的工具軟體來控管虛擬機部署，它能協助監控從虛擬機之需求提出、批准、創建、組態變更等到退役的整個過程，與記錄相關軌跡日誌檔以供日後稽核之需。

總結上述，圖書館在規劃虛擬化建置時，首先需要依據圖書館實際的營運規模進行整體的成本效益分析，應包括：營運成本、維護成本、管理人力成本及行政程序等無形的因子，而不單純只估算可量化的軟、硬體採購成本。虛擬化亦為建置雲端服務的基礎，可動態分配的系統資源，搭配網路與儲存的虛擬化，能提供系統可彈性的橫向擴充設備，而系統建置完成後可達到虛擬機集中管理、主機資源共用共享、虛擬儲存、高可用性、異地備援、節能減碳及節省後續成本等諸多效益。

參考文獻

- Hkitblog (2016)。分析各種桌面虛擬化對管理帶來的安全效益。取自<http://www.hkitblog.com/?p=23148>
- Hwang, K., Dongarra, J., & Fox, G. (2012)。雲端運算：虛擬化類別。取自<https://technet.microsoft.com/zh-tw/library/hh802393.aspx>



- iThome (2008)。虛擬化好處話不盡IT資源最佳化節能、省電、省管理提升效率省成本。取自<https://www.ithome.com.tw/node/47731>
- iThome (2016)。軟體定義儲存新型態-儲存設備化身為虛擬機器。取自<https://www.ithome.com.tw/tech/109331>
- 王偉任 (2012)。VMware虛擬化技術實作問答 (上)。取自http://www.netadmin.com.tw/article_content.aspx?sn=1201090002
- 曲成權 (2014)。新一代網路趨勢－網路功能虛擬化。取自<https://scitechvista.nat.gov.tw/csW3N.htm>
- 江昌恆 (2017)。組織導入虛擬化技術關鍵因素之研究 (未出版之碩士論文)。中國文化大學，臺北市。
- 自由時報 (2015)。〈臺北都會〉市圖總館全天開放月增40萬電費。取自<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/867362>
- 李偉業 (2015)。桌面雲建置及效能比較 (未出版之碩士論文)。東海大學，臺中市。
- 林震坤 (2011)。虛擬化儲存解決方案。取自http://noc.twaren.net/noc_2008/Download/download_file.php?id=31000106
- 洪好靜 (1996)。電腦保健手冊：電腦如何造成傷害—你又該如何預防。臺北市：遠流。
- 國眾電腦 (2018)。網路虛擬化。取自<http://www.leosys.com/index.php/successfulcase/341-2015-08-18-02-45-14>
- 張明德 (2013)。儲存技術發展新浪潮：「軟體化」儲存設備。取自<https://www.ithome.com.tw/tech/86551>
- 莊復貴 (2011)。虛擬桌面基礎架構 (VDI) 簡介。取自<https://www.fisc.com.tw/tc/knowledge/quarterly1.aspx?PKEY=57ab6f4f-da27-41fb-97dc-cc60ffc04d05>
- 許家豪、李嘉恩 (2006)。雲端虛擬化平臺於臺中市政府資訊中心之建置與應用。取自<http://www.im.taichung.gov.tw/public/Attachment/115020/271215472571.pdf>
- 許家豪、李嘉恩 (2011)。運用儲存虛擬化建構高可用度之雲端作業環境。取自<https://www.fisc.com.tw/Upload/cfd0f206-0324-4d76-9c17-1bfd1310f3/TC/09.%20%E5%BC%B5%E6%B7%91%E7%8F%8D%E3%80%81%E6%B8%B8%E5%A3%AB%E5%BC%98.pdf>



- 陳逸如 (2014)。雲端延伸應用電腦機房虛擬化探討—以三重地政機房為例，新北市政府103年度自行研究報告。取自<https://www.rde.ntpc.gov.tw/userfiles/ntpc/files/103雲端延伸應用電腦機房虛擬化.pdf>
- 曾銘璋 (2016)。運用虛擬化技術進行地區資訊機房整併之探討—以國軍N單位為例 (未出版之碩士論文)。國防大學管理學院，臺北市。
- 楊之英 (2011)。淺談虛擬化技術—應用虛擬化技術建置財金公司測試作業平臺架構。取自<http://www.fisc.com.tw/tc/knowledge/quarterly1.aspx?PKEY=f1d6ae79-8e09-485f-8057-f8beb61aa803>
- 維基百科 (2018)。分級保護域。取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/分級保護域>Hutt, A., Stuart, M., Suchy, D., & Bradley, D. (2009). Employing Virtualization in Library Computing: Use Cases and Lessons Learned. *Information Technology & Libraries*, 28(3), 110-115.
- 維基百科 (2018)。儲存虛擬化。取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/儲存虛擬化>
- 臺灣電力股份有限公司 (2018)。電價表。取自<https://www.taipower.com.tw/upload/238/2018070210412196443.pdf>
- Gartner (2003). *Storage Virtualization: Technology Overview*. Retrieved from <http://www.bus.umich.edu/kresgepublic/journals/gartner/research/110300/110331/110331.pdf>
- IBM (2007). *Virtualization in Education*. Retrieved from <http://www-07.ibm.com/solutions/in/education/download/Virtualization%20in%20Education.pdf>
- IBM (2008). *IBM Systems Virtualization: Servers, Storage, and Software*. Retrieved from <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4396.pdf>
- Jia, X., & Heng, L. (2014). *Virtualization in Enterprises' Different Growth Stages and Its Motives: A Classical Grounded Theory Research*. 2014 Seventh International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, 228-232.
- Rathod, H., & Townsend, J. (2016). *Virtualization 2.0 for dummies*. Retrieved from <http://virtualization.info/en/news/2014/09/book-virtualization-2-0-for-dummies.html>



- Villota, W., Gironza, M., Ordonez, A., & Caicedo, O.M. (2018) . *On the feasibility of using Hierarchical Task Networks and Network Functions Virtualization for managing Software-Defined Networks*. Retrieved from <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.unal.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8408461>
- VMware (2008a). *Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist*. Retrieved from https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf
- VMware (2018b). *Hypervisor*. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Hypervisors>
- VMware (2018c). *Virtualization Overview*. Retrieved from <https://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>
- VMware (2018d). *Virtualization*. Retrieved from <https://www.vmware.com/tw/virtualization/how-It-works>
- VMware (2018e). *VMware vCenter Converter Standalone, User's Guide vCenter Converter Standalone 6.1*. Retrieved from https://www.vmware.com/pdf/convsa_61_guide.pdf
- Wikipedia (2018). *VM (operating system)*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/VM_\(operating_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/VM_(operating_system))