

高科技產業公司企業伺服器虛擬化之個案分析

邱睦翔

摘要

企業隨著全球國際化經營模式，資訊部門更是顯現其重要地位，而如何應用創新科技及有效的使用資訊設備及資源，是各企業所關注的議題。伺服器虛擬化的技術是資訊系統資源最佳化的重要技術之一，而伺服器整合是各企業必經之路，本研究就 VMware 及 Microsoft 兩家虛擬化軟體廠商進行探討其整合性、功能性及成效，以協助企業資訊中心以最佳成本及效能導入伺服器虛擬化技術。

研究結果顯示了實體伺服器的運算核心數量的增加，記憶體容量增大，硬碟數量及轉速的增加，皆對於虛擬機器的數量與效能有明顯幫助。另外虛擬化軟體版本的升級則對虛擬機器的效能、管理，還有及時移轉功能的設定及速度也有很大的助益。

關鍵字：虛擬化、虛擬機器、Hyper-V

A Case Study of Enterprise Server Virtualization in High-tech

Industry

Mu-Hsiang Chiu

Abstract

With the global international business model, the information department has become an important position. How to apply innovative technology and effective use of information equipment and resources is an issue of concern to all enterprises. The technology of server virtualization is one of the important technologies for optimizing information system resources, and server integration is the only way for enterprises. This study discusses the integration, functionality and effectiveness of the products of the two virtualization software vendors, namely, VMware and Microsoft, in order to help enterprise information centers introduce server virtualization technology at the best cost and performance. The research results show that the number of computing cores of the physical server increases, the capacity of the memory increases, and the number of hard disks and the increase of the number of revolutions are obviously helpful for the number and performance of virtual machines. In addition, the upgrade of the virtualized software version is also very helpful for the performance and management of the virtual machine, as well as the setting and speed of the timely transfer function.

Keywords: virtualization, virtual machine, Hyper-V

一、緒論

企業資訊部門在導入的多項創新技術中，伺服器虛擬化技術是最重要的技術之一。由於現在伺服器的硬體能力強大，很多系統資源需求較低的軟體在其上出現了硬體資源浪費、資源效率低落等問題。導入伺服器虛擬化技術，有降低成本、提升效率、簡化管理、綠色效益等多項優點。目前市面上的伺服器虛擬化技術有多家產品可選擇，而每套產品在每隔數年又有新版本推陳出新，優化相關設定，皆追求讓虛擬化後的機器效能可更接近實體機器。而伺服器虛擬化的技術對企業帶來帶來降低成本、提升效率、簡化管理等效益。

本研究的主要目的在於了解虛擬化技術的資訊系統架構，以及分析個案在導入伺服器虛擬化系統過程中所帶來的效益。本研究之目的如下：

- 一、探討虛擬化伺服器之特點，並說明虛擬化伺服器之發展與應用。
- 二、針對兩項主流虛擬化系統的差異進行研究，分析如何讓系統資源能更有效的運用。
- 三、依成功應用案例，透過個案導入伺服器虛擬化時的分析，提供其他企業在實務上參考的依據。

二、文獻探討

(一) 虛擬化

虛擬化的定義為虛擬與實際的機器能達成運作的功能完全一樣，提供服務，但是非實際存在的物體。虛擬化可以打破層級相依的現況，可將資源抽象化、隔離、可分配、資源池(Resource Pool)。可透過專屬 API(Application Programming Interface) 查看或維護資源，及提供監控及管理，可動態調整虛擬資源。

虛擬化應用大致可分為應用程式虛擬化、桌面虛擬化、儲存虛擬化和伺服器虛擬化等方式。其中伺服器虛擬化即是將實體運算資源，提供給多個虛擬邏輯資源使用；將伺服器系統的資源抽象化之後，將系統資源給予特定軟體整合管理，作業系統透過虛擬出來的硬體層存取各項資源。模擬出來的多部虛擬機器，共用同一硬體系統資源，可大幅增加實體伺服器的利用率，避免閒置。對使用者端來說，只管從伺服器端取得資源，因此並不需知道後端伺服器是實體還是虛擬的。(Khanna, 2008 ; Hassell, 2007 ; Roberts and Yacono, 2003)。

虛擬化技術方案，有完全虛擬化(full virtualization)、硬體輔助虛擬化(Hardware-assisted Virtualization)、部分虛擬化(Partial Virtualization)、半虛擬化(Para-virtualization) 等架構。

1. 完全虛擬化(full virtualization)：是硬體虛擬化的一種，客戶端作業系統(Guest OS)可不經修改直接於虛擬軟體建置的環境下運作。
2. 硬體輔助虛擬化(Hardware-assisted Virtualization)：作業系統運行時需依賴硬體支援完成虛擬化。例如 AMD-V (代號 Pacifica)和 Intel VT (代號 Vander

pool)。

3. 部分虛擬化 (Partial Virtualization): 包括地址空間虛擬化, 虛擬機器模擬數個 (但不是全部) 底層硬體環境, 尤其是地址空間。這樣的環境, 支持資源共享和執行序獨立, 也就是將資源共享與程序分離, 達成多工的效果。Windows 與 Linux 等作業系統皆是部分虛擬化的成果。
4. 半虛擬化 (Para-virtualization): Guest OS 於產品運行時, 需修改系統核心才能正常運行, 效率極佳但硬體支援度不足, 早期的 Xen 屬於此產品。

(二) 虛擬化運作層軟體

無論架構, 虛擬機器在抽象化硬體資源後, 須有一種管理辦法用來分配虛擬化後的系統資源, 此仲裁機制稱為 Hypervisor 或者 Virtual Machine Monitor (VMM), 是一般常見的虛擬機器軟體。虛擬機器軟體在安裝時, 會在硬體層之間插入一層 Hypervisor 接管硬體, 所有 Guest OS 皆運行於 Hypervisor 之上, 與硬體已無直接關聯。虛擬化仲裁層 (Hypervisor) 的作用如下: 1. 負責對虛擬機 (Guest) 提供硬體資源抽象化與資源的分配、調度與管理。2. 為 Guest 與 Host、Guest 與 Guest 之間提供隔離, 與 Guest 的集中管理。

虛擬化伺服器依照虛擬作業系統 (Hypervisor) 所在的位置可分為兩類: 寄居架構、裸金屬架構。1. 寄居架構 (Hosted): 虛擬機器都安裝在一個 Host OS 上執行, 透過虛擬化仲裁層 (Hypervisor) 向 Host OS 要求資源, 其主要特性為將虛擬機器運行於 Host OS 上, 形成 OS in OS 的結構, 視為作業系統上一個應用程式。最大好處為硬體相容性高, 只需要 Host OS 已安裝使用, Guest OS 便可加以利用, 最主要問題為 Host OS 出現問題時, 則所有虛擬機器將同時無法運作; 效能較低, 各虛擬機器之間無獨立的硬體資源空間。包括 VMware Workstation、Microsoft Virtual PC、Oracle VM、Virtual Box 皆為此類型應用。2. 裸金屬架構 (Bare-Metal): 以 Hypervisor 取代 OS, 接管所有硬體資源, 並可將 Server 集中管理, 任一台 Guest OS 運作異常時, 皆不會影響客戶端。最大問題為其硬體相容性, 支援多種 Server 級儲存設備, 如 iSCSI SAN、FC SAN 等。代表性的裸金屬架構 Hypervisor 包含 VMware ESX Server 與 Microsoft Hyper-V Server。

(三) 各家虛擬化產品介紹

1. IBM 虛擬化方案: 虛擬化緣起於四十年前的 IBM 的大型主機系統, IBM 研究人員設計了一種方案, 試圖將大型主機分割成更小的元件, 讓研究人員可在同一時間內, 在系統中使用不同元件, 測試不同條件的項目或設定, 而每一個元件之間互相獨立不受影響。1967 年 IBM 開始發展大型主機虛擬化技術, 1967 年開始研發 hypervisor, 也就是現在大型主機上的虛擬機器。1973 年推出 S/370 model 158 和 model 168, 這是歷史上第一次有實體分割功能 (Physical Partitioning) 的兩台主機。1987 年推出 PR/SM (大型主機邏輯化系統分割/LPAR on the mainframe), 1990 年推出 ES/9000 系列。這是最後一批支援實體分割功能 (Physical Partitioning) 的大型主機。1997 年開始研發 POWER 的邏輯化系統分割功能 (LPAR),

1999 年推出 System i 的邏輯化系統分割功能 (LPAR)，2001 年邏輯化系統分割 (LPAR) 於 POWER4™ 與 AIX 5L™ V5.1 作業系統推出。2004 年微分割 (Micro Partitioning LPAR) 與虛擬輸入/輸出 (Virtual I/O) 功能於 POWER5 與 AIX 5L V5.3 作業系統推出。

2. Novell 虛擬化方案：Novell 於 1979 年時創立，原名 Novell Data Systems，2004 年併購 Linux 作業系統供應商 SuSE Linux，之後開始轉型 Linux 作業系統及 IT 管理工具解決方案供應商。Novell 對虛擬化解決方案以虛擬容量管理與整合規劃、Migrate 轉移、伺服器負載備援、虛擬管理，用一套完整的方法解決所有問題。
3. VMware 虛擬化方案：VMware 於 1998 年成立，在 2003 年被 EMC 所收購，目前是虛擬化產品的龍頭。VMware 銷售的商業軟體包含用於 Intel x86 兼容電腦的虛擬機器，其允許多個 x86 虛擬機器同時被建立和執行。每一個虛擬機器可以運行其各自的作業系統版本，如 Windows、Linux、BSD……等等相關系列的作業系統。VMware 的虛擬化技術讓一台真實的電腦同時可運行數個作業系統，對於各種不同客戶端的虛擬機器支援豐富，且操作上極為簡單。包含了各種不同的進階功能，其中一個重要的功能是災難復原，當硬體發生故障時，可以在幾乎沒有中斷的情況下，把執行的伺服器從一台自動轉換到另一台上，現今大部分的虛擬化技術都可以提供此技術，這也讓虛擬化同時讓備份資料變得容易許多。
4. Xen 虛擬化方案：Xen 是一個開放原始碼架構的虛擬機監視器，作業系統必須進行顯式地修改 (移植)，以便在 Xen 上運行 (但是提供對用戶應用的兼容性)。這使得 Xen 無需特殊硬體支持，就能達到高性能的虛擬化。
5. Microsoft 虛擬化方案：Microsoft 虛擬化有以下軟體：
 1. 半虛擬化 (寄居架構)：Virtual PC Microsoft 併購了原本由 Connectix 所開發出來的虛擬化技術，並從原來只能夠在 Mac OS 上運行，改進成可以模擬 x86 的系統。後來更名為 Microsoft Virtual PC。Microsoft 於 2005 年底推出用於 Windows 的 Microsoft Virtual PC 2004，並於 2006 年 7 月 12 日宣佈，將 Virtual PC 列為免費軟體。不約而同地，其主要競爭對手 VMware 亦於同年宣佈 VMware Server 1.0 成為免費軟體。目前最新版本為 Microsoft Virtual PC 2007，Microsoft 認為虛擬化技術必須要像瀏覽器一樣，成為作業系統的一部分功能。
 2. 全虛擬化 (裸金屬架構)：Hyper-V (Wilcox, Joe, 2008) Hyper-V 是 Microsoft 在 2008 年所推出的虛擬化技術，內建於 Windows Server 2008 平台的角色中，因此若要使用 Hyper-V，需在 Windows Server 2008 中啟用 Hyper-V 角色即可，不需再另外安裝。需要注意的是，啟用 Hyper-V 的主機要採用 64 位元的作業系統，以及支援硬體虛擬化的 CPU (Intel VT 及 AMD-V 處理器)。

半虛擬化的 VMM 執行於實體主機的操作系統上，提供較佳的相容性，但虛擬機器的執行效能比全虛擬化差許多。全虛擬化的 VMM 優點是可以直接執行於電腦硬體上，而不是在實體主機的操作系統中，因此提供最佳的效能及可用性。由於 Hyper-V 是採用全虛擬化的架構，因此相對 Virtual PC 的半虛擬化架構，

可提供虛擬機器較佳的執行效能。

以架構而言，Hyper-V 採用的架構能提供虛擬機器較佳的效能，但虛擬機器及硬體中間仍有一層 VMM 的區隔，因此 VMM 執行所耗用的資源將大幅影響虛擬機器的效能。依據微軟官方的測試結果 (System Resource Costs of Hyper-V 及 Microsoft.com Operations Virtualizes MSDN and TechNet on Hyper-V)，使用 Hyper-V 執行的虛擬機器，I/O 存取效能可達使用相同規格實體機器的 92% - 93%、CPU 的使用則較實體機器多出 9% - 12%，VMM 本身佔用約 300MB 的實體記憶體；整體而言，虛擬化後的效能是可以讓人接受的。

Hyper-V 相對於 Virtual PC 提高了安全性 (陶文林, 2010)，根據 Vijayasarathy (2004)與 Soliman and Janz (2004)的研究，提升系統安全性，會正向影響使用者使用此新技術的態度。

三、工具評析

(一) Hyper-V 功能介紹及性能表現

依據前述之文獻探討，及周冠宇(2011)的研究評估目前市面上不同虛擬化軟體的架構，本研究使用 Microsoft Hyper-V，探討企業導入伺服器虛擬化方案後，對企業伺服器造成成本降低、管理簡化、綠色效益及版本效能差異的比較分析。由於 Microsoft Hyper-V 3.0 的出現，在功能上的表現拉近了和 VMware 的水平(Mullins, Robert J., 2012)。

1. Hyper-V 3.0 新功能：

Microsoft 在 2012 年底推出了 Hyper-V 3.0 版，內建於 Windows 2012 平台的角色中，表 3.1 為 Hyper-V 分別在 Windows Server 的版本以及新增功能：

- (1) Hyper-V 1.0 : Windows Server 2008
- (2) Hyper-V 2.0 : Windows Server 2008 R2
- (3) Hyper-V 3.0 : Windows Server 2012

表 3.1 Hyper-V 各版本功能比較表

功能/版本	Hyper-V 1.0	Hyper-V 2.0	Hyper-V 3.0
虛擬桌面基礎架構		支持	支持
Mixed OS (Windows and Linux)	支持	支持	支持
叢集容錯		支持	支持
動態記憶體		支持	支持
及時移轉		支持	支持
快速移轉		支持	支持
及時儲存移轉			支持

Hyper-V 複寫	支持
Guest NUMA	支持
應用程式容錯	支持
VM File Level Support	支持

2. Hyper-V 3.0 R2 新功能

Microsoft 在 2013 年底推出了 Hyper-V 3.0 R2 版，內建於 Windows 2012 R2 平台的角色中，Hyper-V 3.0 R2 有以下特色：

- (1)第 2 代 VM 虛擬主機格式，線上擴充/縮小虛擬磁碟：Windows Server 2012/2012 R2 及 Windows 8/8.1(64-bit)，支援採用第 2 代虛擬主機格式的 VM 虛擬主機，搭配運作效能相較於 IDE 硬碟較佳的 SCSI 硬碟，來擔任 VM 虛擬主機的系統磁碟，並且採用新式的 GPT 磁碟格式來進行開機(即作業系統啟動磁碟大於 2.2TB)。在舊版的 Hyper-V 虛擬化平台中，若是原本的虛擬磁碟空間過大或過小要進行調整，VM 虛擬主機必須「關機(Power Off)」才能進行調整。現在新一代的 Hyper-V 3.0 R2 虛擬化平台中，可以隨時針對線上的 VM 擬主機，其 VHDX 虛擬磁碟空間大小進行線上「擴充(Expand)/縮小(Shrink)」的作業。
- (2)加強的工作階段模式：在舊版 Hyper-V 當中的虛擬主機，無法存取 Host 主機中的相關資訊。現在透過加強的工作階段模式，可以選擇將 Host 主機中相關資源如 Smart Card、USB 儲存裝置...等，「重新導向(Redirection)」給虛擬主機進行存取動作。這樣就可以讓 VM 虛擬機器直接取得實體主機的相關資源。
- (3)VM 虛擬主機客體服務：新一代的 Hyper-V 虛擬化平台中，在原有的整合服務(Integration Services)中，新增「客體服務(Guest Service)」，便可以讓 Hyper-V Host 與 VM 虛擬主機之間進行資料交換。
- (4)VM 虛擬主機儲存資源服務品質控制：在之前的 Hyper-V 虛擬化平台當中，並無法針對特定的 VM 虛擬主機，控制其儲存資源的耗用程度。因此在虛擬化環境當中，有可能因為某幾台 VM 虛擬主機，其儲存資源耗用程度異常或其它因素，導致儲存設備無法有效供應其它的 VM 虛擬主機 IOPS(Input/ Output operations Per Second)，造成用戶端在操作上感覺嚴重遲緩，這是由於 VM 虛擬主機反應緩慢所導致，現在 Hyper-V 3.0 R2 虛擬化平台中，新增了「儲存資源服務品質(Storage Quality of Service)」控制功能，可以為 VM 虛擬主機設定「最小(Minimum)及最大(Maximum)」的 IOPS 工作負載數值，使儲存資源耗用程度異常的 VM 虛擬主機，不會再影響到其它 VM 虛擬主機，且此功能可於 VM 主機開啟後，做線上啟用及調整，不影響主機工作。
- (5)線上匯出：在舊版本的 Hyper-V 上只能用離線匯出，也就是要把 VM 虛擬主機關機後，才能進行匯出的動作。而現在新版本的 Hyper-V 支援線上匯出，也

代表了同時支援線上備份及遷移。

- (6)更快速的即時遷移機制：新一代的 Hyper-V 3.0 R2 虛擬化平台中，對於虛擬主機的即時遷移(Live Migration)機制，除了舊有版本 TCP/IP 網路即時傳送 VM 虛擬主機的記憶體狀態，新增了更快速達成遷移的方式分別是「壓縮(Compression)、SMB」。預設會採用「壓縮(Compression)」機制，適用於 1/10 Gbps 的網路環境，根據 Microsoft 的測試，相較於舊版 Hyper-V 3.0 虛擬化平台，速度大約加快二倍。若實體主機採用 RDMA(Remote Direct Memory Access)網路介面卡，配合 SMB Direct 及 SMB Multichannel 機制進行遷移的話，速度大約加快五~十倍之間。
- (7)更具彈性的異地備援機制：新一代的 Hyper-V 3.0 R2 虛擬化平台，資料的傳送頻率為「30 秒、5 分鐘、15 分鐘」，改善了舊版本「5 ~ 15 分鐘」之間 Hyper-V 機視網路情況進行傳送的問題。除此之外，還支援「第三地」的複本伺服器進行資料複寫，提供更有彈性的異地備援機制。
- (8)更全面的支援 Linux 作業系統(Hernandez, Pedro., 2014)：在舊版 Hyper-V 虛擬化平台中，只支援部分 Linux 作業系統如 Red Hat, SUSE, Ubuntu... 等，且不支援「動態記憶體(Dynamic Memory)」機制。新一代的 Hyper-V 3.0 R2 虛擬化平台，完全支援 Linux 作業系統，且除了動態記憶體(Dynamic Memory)可使用之外，也支援 Live Backup、Virtual SCSI、Hot Add、Online Resize... 等功能。

總結 Hyper-V 3.0 R2 的新功能，比起之前的舊版本，重點在於可以做到線上調整資源、即時遷移及匯出，以及更全面的支援 Linux 產品。

3. Hyper-V 性能表現

表 3.2 為 Microsoft 公佈 Windows Server 2012 R2 與 Windows 2008 R2 兩套不同 Hyper-V 版本於硬體支援上的差異(Mullins, Robert J., 2012)。表 3.2 Windows Server 2012 R2 與 Windows 2008 R2 之 Hyper-V 版本於硬體支援上的差異

系統	資源	數目上限		提升倍數
		Windows 2008 R2	Windows 2012 R2	
主機	硬體上的邏輯處理器	64	320	5 倍
	實體記憶體	1TB	4TB	4 倍
	每一主機的虛擬處理器數	512	2048	4 倍
虛擬機器	每一虛擬機器的虛擬處理器數	4	64	16 倍
	每一虛擬機器的記憶體量	64GB	1TB	16 倍
	虛擬磁碟容量	2TB	64TB	32 倍
叢集	使用中的虛擬機器數量	384	1024	2.7 倍
	節點	16	64	4 倍

虛擬機器	1000	8000	8 倍
------	------	------	-----

以使用 Microsoft SQL Server 2012 於 Windows 2012 R2，64GB RAM 及 64 顆 CPU 相同硬體，分別比較在實體機器或虛擬機器運行的線上交易工作量，VM 虛擬機器只比實體機器少了 6%，算是非常優異的表現。

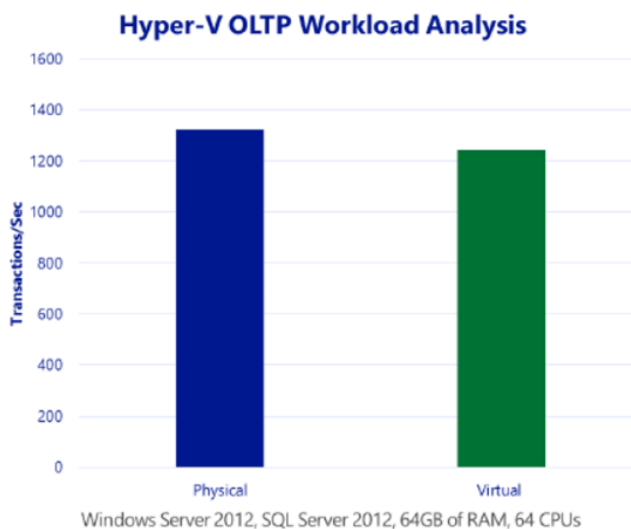


圖 3.1 SQL 線上交易工作量於實體與虛擬機器比較

資料來源：Microsoft 官方網站

(二)Hyper-V 與 VMware 的差異

王偉任(2013)指出 Hyper-V 3.0 R2 相較 VMware vSphere 5.5 Enterprise Plus 在虛擬化技術上的表現，在某些功能上已經追上或是超越(表 3.3)。也就是說，Hyper-V 只要用 Microsoft Windows 最便宜的標準版，就可以取得 VMware 最昂貴版本的功能，這代表企業已不再需要花費如此高昂的成本在採購虛擬化技術的軟體上。不過劉俊言(2014)指出，VMware 長久以來的技術領先、穩定度以及客戶優良的口碑，才是讓企業優先選擇的重要因素。

表 3-3 Hyper-V 3.0 R2 與 vSphere 5.5 Enterprise Plus 功能比較表

分類	規格及資源	Hyper-V 3.0 R2	vSphere 5.5 Enterprise Plus
擴充性／效能／密度 (Computer) 虛擬機器 (VM)	每台實體主機可同時執行的虛擬機器數量	1024	512
	每台實體主機記憶體最大容量	4TB	4TB
	每台虛擬機器虛擬處理器最大數量	64	64
叢集 (Cluster)	每個叢集最大叢集節點數 (Maximum Nodes)	64	32
	每個叢集可同時執行的虛擬機器數量 (Maximum VMs)	8,000	4,000

儲存體 (Storage)	每台虛擬機器最大虛擬磁碟	64 TB	62TB
	本機磁碟即可做到虛擬機器即時移轉 (Shared Nothing Live Migration)	V	V
網路 (Network)	網路虛擬化 (Network Virtualization)	V	XLAN / NSX
	以 10GB 網路頻寬同時多個虛擬機器即時移轉 (10GB Simultaneous Live Migrations)	Unlimited	8
	SR-IOV	V	V
高可用度	內建虛擬機器 DR 複寫	V	V
	內建 Guest OS Guest Clustering 下支援動態記憶體	V	X
		V	V
	Guest Clustering 下支援 Live Migration	V	X
	SR-IOV with Live Migration	V	X
安全性	儲存裝置加密	V	X
	ARP/ND Spoofing Protection	V	vCloud/Partner
	DHCP Spoofing Protection	V	vCloud/Partner
	Virtual Port ACLs	V	vCloud/Partner

四、個案分析

(一)個案公司簡述

本研究個案，為台灣前十大上市櫃高科技製造業公司，富比世雜誌評比 2013 年排行為全球前 250 大，員工人數約 2 萬人。在近年來，公司開始導入生產線整合自動化系統，需要大量伺服器的運算來提供數據及服務，目前日產量約 1 千萬新台幣，自動化系統會影響整體約 70%的產能。隨著產量的不斷增加，伺服器的數量需求也相對的增加，在降低成本、增加管理效率、推行節能政策的種種需求下，機房的伺服器設備面臨了以下的問題：

1. 可用性低

每台伺服器都是單台執行運算，需要預備另一台伺服器才能達成備援的高可用性，成本很高；且當系統維護或升級時，需要停機才能進行，造成應用程式服務中斷。

2. 伺服器利用率低

CPU、記憶體、硬碟等伺服器元件性能，已超越原本一台伺服器程式運算的需求，單台伺服器上的應用沒有完全利用硬體性能，造成能源浪費。

3. 相容性差

舊硬體上的系統和服務移轉到新的硬體上，可能存在相容性問題。

4. 系統管理效率差

難以同時管理大量伺服器和統一監控及調度；當系統運算需要更多伺服器支撐時，不能動態擴展伺服器資源，只能透過安裝新的實體伺服器來完成系統擴張，部署時間過長。

(二) 現有伺服器類型

目前機房內，與產線自動化相關的伺服器有六大類型，參照表 4.1：

表 4.1 伺服器類型與數量

伺服器類型	數量
自動化製造生產伺服器	50
生產排程運算伺服器	40
報表伺服器	50
程式開發驗證伺服器	50
網站伺服器	10
中間層伺服器	40
合計	240

1. 自動化製造生產伺服器

撈取製造執行系統 MES (Manufacturing Execution System) 資料庫的資料及線上各生產機台的資料後，經過運算後將資料回寫 MES 資料庫中，可節省大量人力的輸入資料時間。

2. 生產排程運算伺服器

依據工作排程演算法，撈取 MES 資料庫的資料後，運算出線上生產站點的最佳組合，之後將資訊回傳給 MES 製造執行系統。

3. 報表伺服器

提供使用者端目前生產線上的各項報表資訊。

4. 程式開發驗證伺服器

程式開發驗證伺服器的作業環境，和公司內一般工作使用者電腦的作業環境一致；程式開發人員使用自己的電腦開發完程式之後，需將程式放置於程式開發 驗證伺服器上執行，確保開發出來的程式是可以正常運行的，才可以發佈給一般工作使用者使用。

5. 網站伺服器

提供公司各項公告、員工獎勵、技術交流及建議相關事項。

6. 中間層伺服器 Middle-Tier Server

傳統的二層式資料庫架構在使用者數量眾多的公司，由於用戶端的應用程式 愈來愈複雜，不但維護不易，用戶端及資料庫的負荷也愈來愈大。中間層伺服器是將專門處理用戶端需求資料的運算邏輯程式，從資料庫伺服器

分離出來，決定何種資訊可以被傳送至用戶端，此種三程式架構可減輕用戶端或資料庫的負擔。

(三) 虛擬化架構

基礎的虛擬化系統為企業預防意外事件或設備維修，所因應的基礎設施架構。

1. 實體伺服器

實體伺服器使用高可用性架構，不斷電系統使用兩套，提供雙迴路電源，而主機上也有雙電源供應器作對應；網路介面提供至少兩個網路孔，對應兩組不同的網路交換器，而兩張網路卡也要綁成群組，來預防網路斷線時所產生的 IP 切換。

2. 網路設備

網路使用 1G 頻寬的 Cisco Nexus 2000 交換器 2 台，來做為虛擬機本身資料傳輸用途。在管理端網路設備則另使用 1G 頻寬的 Juniper EX2200 交換器，作為管理虛擬化伺服器用途。

3. 管理伺服器

此伺服器控制各虛擬化伺服器，主要操作功能均在此一台伺服器設定完成，再由實體主機執行該命令。本研究中以 Microsoft Hyper-V 提供的 SCVMM(System Center Virtual Machine Manager)來控制各 VM 虛擬機器。

4. VM 虛擬機器連線軟體

VM 虛擬機器連線方面，可透過 Radmin 遠端連線，也可使用微軟的 Mstsc 遠端桌面連線至 SCVMM 或各自的實體機器來管理。

(四) 導入虛擬化順序

表 4.2 為系統虛擬化整合導入順序及內容：

表 4.2 導入虛擬化的順序及內容

階段	導入順序	內容
階段一	現有伺服器硬體設備狀態	評估各系統負載程度及評估哪些系統可以合併
階段二	購買虛擬化伺服器硬體相關成本	評估合適的硬體設備、擴充性、硬體成本
階段三	購買虛擬化伺服器軟體相關成本	評估合適的軟體功能性、軟體成本
階段四	系統導入與移轉	實際部屬軟、硬體設備，轉移及整併系統
階段五	導入之後的成效驗收	驗收電力成本及其他

系統虛擬化整合導入各階段應注意事項：

階段一：現有伺服器硬體設備狀態

(1) 評估現有各系統負載程度

由於現在系統絕大部分偏向運算服務系統較多，故統計工具也著重擷取 CPU 運算負載及硬碟 I/O 忙碌程度，譬如 MRTG、Cacti 等工具，Windows 內建的效能統計工具也可使用該效能參考值。目前公司各自動化系統伺服器的負載，整體平均在 15%左右。

(2) 評估哪些系統可以合併

某些伺服器，平時閒置，但在特定時段才使用率較高，例如特定報表伺服器。故可以將同類型的系統放置在同一台實體伺服器的 VM 虛擬機器中；另外一個需要注意的重點，同類型系統應盡可能存放於不同的實體主機上，例如兩台 VM 虛擬機器皆對於磁碟 I/O 的資源需求量很大時，應選擇放置在不同的實體主機上，避免多台 VM 虛擬機器同時對實體主機的資源需求過多，造成 I/O 瓶頸產生。

階段二：購買虛擬化伺服器硬體

(1) 評估合適的硬體設備、擴充性、硬體成本

虛擬機器需建置在穩定的硬體上，在評估使用現有設備升級虛擬化主機或添購新的虛擬化設備時，需先行查明硬體支援清單(HCL, Hardware Compatibility List)，即便架構在 Windows Server 2012 R2 之上的 Hyper-V 也需確認此條件，以避免硬體不支援。由於虛擬化產品在上市前，大部分皆會在知名廠牌的伺服器上測試過，因此也會有相對應穩定的韌體與驅動程式，因此在採購硬體時，應盡可能選擇知名大廠牌的产品。本個案使用 Dell 品牌，作為大量部屬虛擬化的實體伺服器。

(2) 評估硬體成本

在實體主機上能夠執行虛擬機器的數量與效能，決定於 CPU 的效能與記憶體容量，之後才考慮網路頻寬。企業在購買之前應預估，每台實體機器需負載多少台虛擬機器數量，來做為購買硬體設備的衡量標準。本個案使用 Dell 品牌，主要在考量到相同規格的價錢低於 IBM 及 HP 等廠牌。

階段三：購買虛擬化伺服器軟體

針對公司未來所可能產生的功能需求做評估，例如公司若不要求某些服務功能的停機時間，若購買了具備動態移轉等高階虛擬化應用軟體的版本，則超出了公司的需求範圍而形成成本浪費。相反的，要先規劃伺服器功能需求架構，否則若之後才發現缺少某項虛擬化軟體的功能時，避免又要花一次費用做採購。除此之外，由於各廠商虛擬化軟體針對功能性的差別，在版本上的不同造成對售價有所差異，這在事情也需要做評估與規劃。本個案在評估虛擬化導入軟體的相關功能及成本時，考量到 Microsoft Hyper-V 即可滿足本公司自動化伺服器系統的需求，及成本只有 VMware 方案的 30%，因此使用 Microsoft Hyper-V 虛擬化方案。

階段四：系統導入與移轉

(1) 部屬軟、硬體設備

在購買軟、硬體設備後，依照計畫時程安裝硬體，並安裝虛擬化軟體，調整虛擬化主機的設定，先行建立最低數量需求的高可用性架構，最後再依照虛擬化機器的數量進行擴充。

(2) 轉移及整併系統

以往不同的硬體設備，要進行系統轉移時，其步驟相當麻煩，通常要不是繼續沿用舊系統，就是安裝新的系統，並模擬舊系統的設定後，再將檔案複製至新系統，轉移的過程相當費時。各家虛擬化方案提供了實體系統轉虛擬系統的功能(P2V, Physical-to-Virtual 實體轉虛擬)，微軟提供 Disk2vhd, VMware 提供 VMware Vcenter Converter, 可快速將老舊系統轉移到虛擬化的主機上，將整體移轉的問題降到最低。本公司的步驟，是在將實體機器轉移成 VM 虛擬機器，或是整併至別台 VM 虛擬機器後，將程式放至新伺服器開始運行之後，會立即通知各程式的開發人員，確認此程式有正確寫入資料至資料庫中。

階段五：導入之後的成效驗收

(1)成效比較

比較以實體伺服器架構，及導入虛擬化技術後的架構，對公司產線上運作的實質影響。

(2)綠色效益

伺服器虛擬化後，最常見的情況就是伺服器實體主機數量大幅減少，因此用以下 2 種主機的電力做比較：(1)有使用虛擬化的主機，電力接近滿載。(2)無使用虛擬化的實體主機，電力未滿載。可透過計算後比較出明顯的差異性。因為實體主機通常全年無休的運轉，將 實體伺服器數量乘上時間所得的電力成本，會是個相當龐大的數字。

(五) 虛擬化伺服器建置規劃及實作

1. 現有伺服器型號及現況

目前公司擁有的伺服器依採購的年份，有三種類型，分別可安裝 VM 虛擬機器的數量如表 4.3：

表 4.3 伺服器型號與可安裝的 VM 虛擬機器數量表

伺服器型號	CPU 型號與數量	CPU 核心數	記憶體容量(GB)	磁碟陣列格式	硬碟總容量 (GB)	VM 數量	VM 使用的 CPU 數量	VM 記憶體容量 (GB)
Dell R410 (舊版)	Intel E5506	4	4	Raid5 +Hot Spare	120	2	1	1
Dell R410 (新版)	Intel E5520 *2	16	16	Raid5 +Hot Spare	300	4	4	3
Dell R620	Intel E5-2620 *2	24	64	Raid5 +Hot Spare	600	6	4	8

(1)實體 Server 數量分析(表 4.4):

- i. 伺服器目前總需求數量為 240 台
- ii. 依據陳昱辛(2011)的研究，VM 使用的 CPU 數量至少要一顆，最好有四顆。

- iii. 在 Dell R410 實體主機舊版本上，由於 CPU 使用 Intel E5506，核心數量只有 4 顆，1 台 Server 只能勉強安裝 2 台 VM 虛擬機器，因此需要 120 台實體 Server 去運行。
- iv. 新版本的 Dell R410 實體主機上，使用 Intel E5520，CPU 核心數量為 8 顆，但此型號主機板上可多加裝一顆 CPU，因此 CPU 總核心數量為 16 顆，因此需要 60 台實體 Server 即可。
- v. 新一代的 Dell R620 實體主機，使用 Intel E5-2620，CPU 核心數量提升到 12 顆，主機板上多加裝一顆 CPU 後，CPU 核心數量為 24 顆，VM 虛擬機器只需求 40 台主機，實體主機需求數量相較於 Dell R410 舊版本下降了 66%，相較於 Dell R410 新版本下降了 33%。
- vi. 從圖 4.1 可以看出，當實體主機含有的 CPU 核心數量越多時，實體主機總需求數量相對降低，呈現反比關係。

表 4.4 CPU 核心數量與實體主機需求數量對應表

伺服器型號	Dell R410(舊版)	Dell R410(新版)	Dell R620
CPU 核心數量	4	16	24
實體主機需求數量	120	60	40

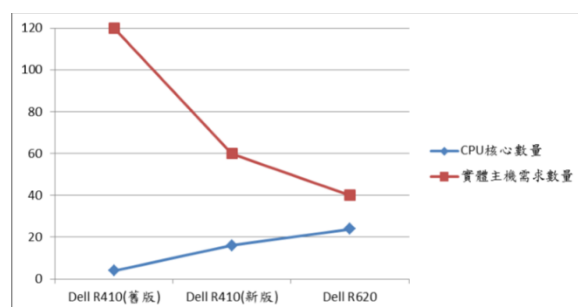


圖 4.1 CPU 核心數量與實體主機需求數量分析表

資料來源:本研究整理

(2) VM 虛擬機器可分配記憶體分析:

- i. VM 虛擬機器的記憶體容量至少要 1GB，當主機安裝的記憶體容量越多時，每一台 VM 虛擬機器可分配到的記憶體越多；由於實體主機也需要記憶體，因此需保留部分記憶體空間給實體主機使用。
- ii. (2)VM 虛擬機器分配到的記憶體越多，表示可安裝較消耗記憶體的作業系統版本及同時執行較多隻程式。
- iii. (3)在 Dell R410 實體主機舊版本上，由於主機記憶體只有 4GB，VM 虛擬機器數量 2 台，每一個 VM 虛擬機器分配到 1GB 記憶體。
- iv. 到了新版本的 Dell R410 實體主機上，記憶體容量增加到 16GB，VM 虛擬機器數量 4 台，每一個 VM 虛擬機器分配到 3GB 記憶體。

- v. 到了新一代的 Dell R620 實體主機，記憶體容量增加到 64GB，VM 虛擬機器數量 6 台，每一個 VM 虛擬機器分配到至少 8GB 記憶體。
- vi. 從圖 4-5-2 可以看出，當實體主機安裝的記憶體越多時，VM 虛擬機器所分配的記憶體相對增加，呈現正比關係。

表 4.5 實體主機與 VM 虛擬機器數量、VM 虛擬機器記憶體容量對應表

伺服器型號	Dell R410(舊版)	Dell R410(新版)	Dell R620
實體主機記憶體容量(GB)	4	16	64
VM 虛擬機器數量	2	4	6
VM 虛擬機器記憶體容量 (GB)	1	3	8

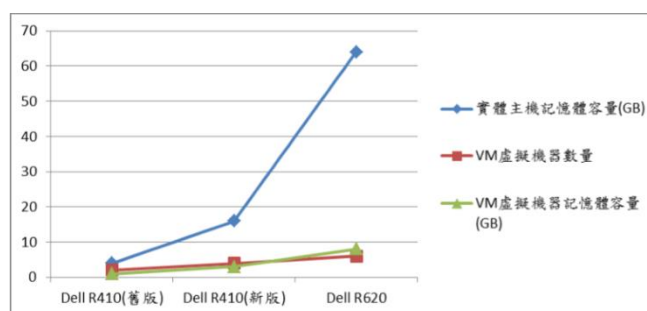


圖 4.2 實體主機與 VM 虛擬機器數量、VM 虛擬機器記憶體容量分析

資料來源:本研究整理

2. 實際佈署及成效(表 4.6)

依據之前的規劃，由於以下因素，使用 Dell R620 主機全數部署虛擬化環境 並完成。

- (1) Dell R620 主機只要 40 台，就可以讓全數伺服器都轉移為虛擬化環境。
- (2) Dell R620 首次使用 2.5 吋 1 萬 5 千轉 SAS 硬碟，其效能比之前 Dell R410 機型好很多。
- (3) Dell R620 主機才開始加裝遠端管理介面 iDrac，搭配之前所述獨立網段的 Juniper Switch，就算實體主機無法用 RSadmin 或微軟遠端桌面等連線工具連線，也可以透過 iDrac 遠端管理實體主機。
- (4) 表 4.6 指出導入虛擬化之後的成效，在伺服器虛擬化之後，除了新增伺服器時間大幅縮短之外，最重要的是當伺服器遇到故障、異常時，可以立即移轉到別台伺服器正常運作，免去程式停擺的風險。因為在之前實體伺服器的架構，較關鍵的重要伺服器損壞時，每小時將影響公司產線至少 40 萬的營業額，這是非常大的損失。

表 4.6 導入虛擬化之後的成效

成效	實體伺服器	虛擬化伺服器
----	-------	--------

新增伺服器	1. 需要大約一個月的採購流程 2. 需要半個工作天時間安裝系統及程式	10 分鐘左右就可以佈署完成
硬體故障或維護	1. 維護需一小時以上修復。 2. 硬體損壞需等廠商確認原因及更換零件，耗費數天至數週，線上服務將中斷	使用線上即時移轉功能，服務完全不中斷
程式搬遷至效能較佳的新伺服器	1. 事前需要數天以上時間準備伺服器 2. 需要數小時做程式移轉 3. 移轉時服務會中斷	使用計畫排程移轉功能，5 分鐘即可完成，服務完全不中斷

(六) 綠色效益

在導入伺服器虛擬化後對降低成本、節能、減碳的影響，透過「GreenIT」虛擬化對成本花費、綠色效益試算，以本研究個案將 200 台伺服器主機虛擬化，計算出伺服器虛擬化後的差別(圖 4.3)：

1. 每年省下的能源(Annual Server & Cooling Energy Usage)：1,322,213 千瓦。
2. 實體硬體的花費(Physical Hardware)：可省下 680,000 美元。
3. 每年節省的電費(Annual Energy Cost)：可省下 132,221 美元。
4. 對環境的衝擊(Environmental Impact)：可少砍 3,138 棵樹、降低 949,397 公斤的碳排放量。

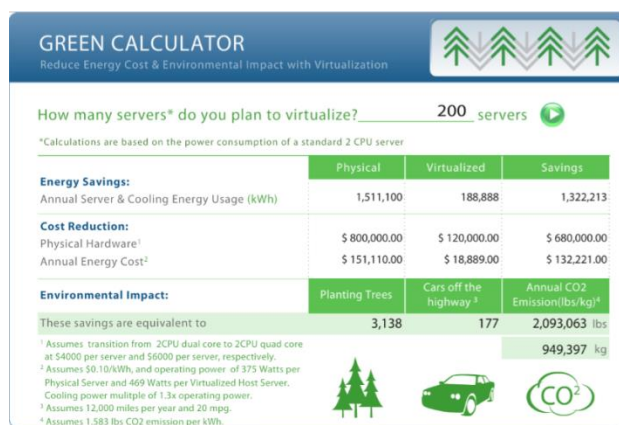


圖 4.3 虛擬化對成本花費、綠色效益的試算
資料來源:Green Calculator 整理

(七) Hyper-V 版本效能差異分析

本研究採用 Performance Test 8.0 做為本研究效能測試，這是一個專門用來測試電腦效能的性能測試軟體。它除了可以針對電腦進行測試之外，還提供了其他知名電腦性能測試資料。本研究採用此軟體作為內部測試的工具，是因為它是專門測試電腦效能的軟體。以下為 Performance Test 8.0 版，測試使用作業系統在 Hyper-V 2.0 及 Hyper-V 3.0 R2 兩版本之間的效能差異表現，硬體使用 Dell R620 實體主機。

1. CPU 效能

CPU 效能比較表的細項中可以看出(圖 4.4)，比較明顯的差異在 Hyper-V 3.0 R2 比 Hyper-V 2.0 的整數運算快了 4.1%，浮點運算快了 2.8%，而最大的差異是加密的效能表現快了 21%，整體平均快了 4.5%。

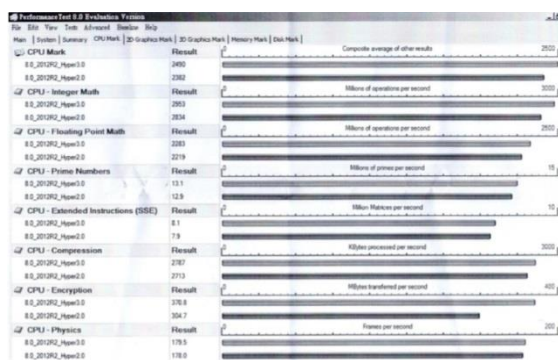


圖 4.4 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 在 CPU 的差異

2. 記憶體效能

記憶體項目只有 Hyper-V 3.0 R2 比 Hyper-V 2.0 的動態記憶體效能快了 4%，其他項目皆無明顯差異，整體平均快了 0.7%。(圖 4.5)



圖 4.5 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 在記憶體的差異

3. 2D 繪圖顯示

2D 繪圖顯示項目，Hyper-V 3.0 R2 比 Hyper-V 2.0 的簡單向量快了 21.8%，複向量快了 5.2%，字型和文字項目快了 12.9%，視窗介面快了 5.1%，圖像濾鏡快了 7.6%，圖像渲染快了 9.2%，Direct 2D 快了 7.6%，整體平均快了 9.3%。(圖 4.6)

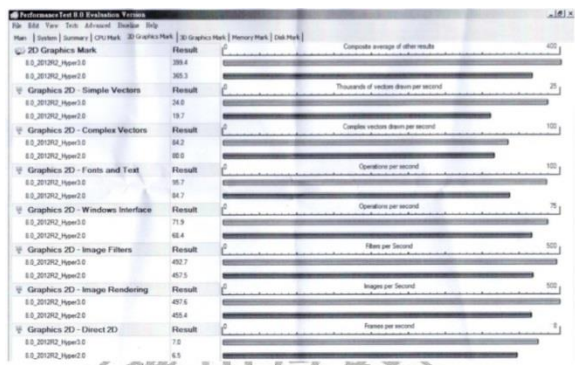


圖 4.6 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 在 2D 繪圖顯示的差異

4. 3D 繪圖顯示

3D 繪圖顯示，Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 無明顯差異。

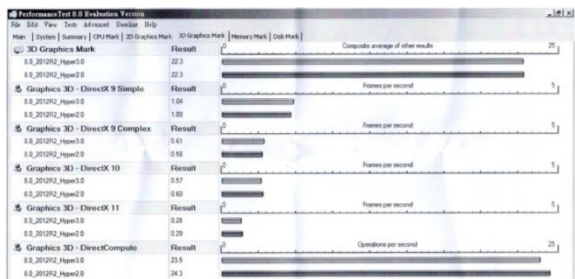


圖 4.7 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 在 3D 繪圖顯示的差異

5. 磁碟效能

2D 繪圖顯示項目，Hyper-V 3.0 R2 比 Hyper-V 2.0 的連續讀取速度快了 5.1%，連續寫入速度快了 96%，隨機讀取及寫入快了 45%，整體平均快了 5.1%。(圖 4.8)

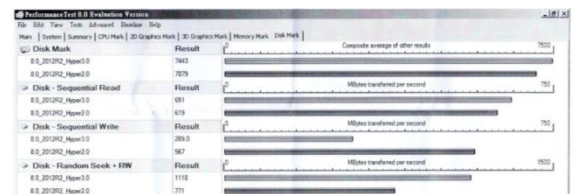


圖 4.8 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 在磁碟效能的差異

6. 小結

從總表可以看出 OS 在 Hyper-V 2.0 與 Hyper-V 3.0 R2 的差異，主要在 CPU 運算、2D 顯示效能以及磁碟效能表現上，其他項目都沒顯著差異。Hyper-V 3.0 R2 比 Hyper-V 2.0 的 CPU 運算快了 4.5%，2D 顯示效能快了 9.3%，磁碟效能快了 5.1%。(圖 4.9)

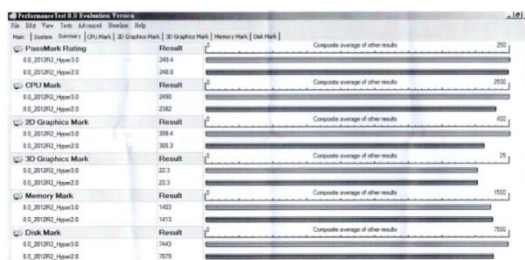


圖 4.9 Hyper-V 3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 比較

五、 結論

(一) 研究結論

本研究探討企業導入虛擬化之技術與產品，由於 Microsoft Hyper-V 3.0 R2 與 VMware vSphere 5.5 Enterprise Plus 在功能及效能上已無顯著之差別，而軟體成本費用在兩者比較之後，後者是前者的三倍，由於差異過大，因此本個案選擇 Microsoft Hyper-V 3.0 R2 作為虛擬化伺服器解決方案。研究過程也提出在機房建置過程中，需注意到的伺服器硬體架構，以達成高可用性架構。導入虛擬化過程需注意的步驟，以及伺服器硬體採購時所需注意的規格，最重要的就是實體伺服器 CPU 核心數量要夠多，記憶體容量要夠大。

導入伺服器虛擬化之後的成效，伺服器利用率提高 80%，實體伺服器需求數量下降 500%，也就是電費也同樣省下同比例。準備新伺服器的時間加快至少一個月，伺服器異常或伺服器移轉時可以在最短時間內復原，不再影響線上服務。本研究比較 Microsoft 最新版本的 Hyper-V3.0 R2 與 Hyper-V 2.0 之差異，發現主要差異在 CPU 效能、2D 顯示效能與硬碟 I/O 效能，尤其是硬碟 I/O 效能的大幅度提升，可讓資料庫轉移至虛擬化環境後，維持不錯的效能，但是多了更多高可用性的選擇。透過 Microsoft 提供的管理平台 SCOM(System Center Operations Manager)，當實體主機或虛擬化伺服器有任何異常，皆可以第一時間收到通知與建議解決方案。當有實體主機偵測到上面的虛擬化伺服器負載過重時，也可透過 SCOM，搭配計畫排程自動轉移到負載較輕的實體主機上。

(二) 研究限制與建議

本研究只依據目前個案公司所使用的三種制式的 Dell 伺服器型號及規格，來做導入伺服器虛擬化方案的規劃，市面上必定有更適合伺服器虛擬化的規格，這是未來可以研究的方向。由於本研究個案公司權責劃分嚴格，無法取得伺服器異常時影響公司產能的詳細數據，相信如能在可取得全面數據的公司進行此研究，可以分析更多的結果。除此之外，以往使用檔案伺服器皆搭配 VMware 的伺服器虛擬化方案來達成高可用性架構，在 Microsoft 2012 R2 推出之後，高可用性的功能上已達到和 VMware 相同，所以如何使用 Microsoft 2012 R2 的虛擬化環境，建置出檔案伺服器的高可用性架構，其效能是否和 VMware 一樣或是超越，這也是可以研究的方向。

參考文獻

一、中文部分

1. CIO 雜誌，虛擬化， <http://www.runpc.com.tw/>。
2. IBM，虛擬化，<http://www.ibm.com/midmarket/tw/zh/efficiency.html>。
3. 王偉任，2013，虛擬化平台最佳選擇 Windows Server 2012 R2(Hyper-V 3.0 R2) vs VMware vSphere 5.5，Tech Days Taiwan 2013，MDC304。
4. 劉俊言，淺談虛擬化-VMware vSphere®，電腦科技電子報，第 198 期 / April 5，2014。
5. 黃植懋，「伺服器虛擬化技術簡介」，國立臺灣大學計算機及資訊網路中心電子報，第 0004 期，2008。
6. 謝昱帆，「測試機房虛擬化：以大型軟體設計公司採用 VMware 為例」，國立臺灣大學資訊管理組，碩士論文，2008。
7. 陶文林，基於 Hyper-V 虛擬蜜網系統的研究，蘇州市職業大學學報；21 卷 3 期 (2010 / 09 / 30)，p39-42。
8. 周冠宇，雲計算的虛擬技術架構分析，移動通信；35 卷 9 期，2011，p9-13。
9. 馮明濤，虛擬化技術淺談，油氣田地面工程；9 期，2010，p86-87。
10. 張保榮教授，虛擬化技術及應用，國立高雄大學資訊工程學系，2011。
11. 陳昱辛，虛擬網頁伺服器效能分析之研究，清雲科技大學資訊管理研究所碩士論文。
12. 陳志亮、洪新原，(2011)，以 ITIL 管理流程探討企業成功導入虛擬機器之關鍵因素，中華民國資訊管理學會研討會論文集，100，p84-101。

二、英文部分

1. Dijk, Liz, (2008). Application Virtualization. Retrieved March 12, 2010, from <http://www.anandtech.com/show/2456>.
2. Dipert, Brian (2008). Virtualization: Silicon and software salvation or technological. EDN Europe.
3. Hassell, J. (2007). Server Virtualization: Getting Started. Computerworld, 41(22), 31.
4. Hernandez, Pedro., (2014). Microsoft Releases Linux Integration Services 3.5 for Hyper-V, eWeek. 1/3/2014, p4-4. 1p.
5. Jacob White, Technicalities and Applications of Hyper-V and Xen VM for Virtual Desktop Infrastructure, 影像處理暨通訊期刊；3 卷 1 期 (2011 / 12 / 01)，p69-78.
6. Jim McKeeth (2013). Where Does Business Logic Belong?, from <http://blogs.remobjects.com/blogs/jim/2013/02/25/p5624>.
7. Khanna, Ayesha (2008). Straight Through Processing for Financial Services,

- 191-206.
8. Microsoft (2012). MSDN – Performance Tuning Guidelines for Windows Server 2012, from <http://download.microsoft.com/download/0/0/B/00BE76AF-D340-4759-8ECD-C80BC53B6231/performance-tuning-guidelines-windows-server-2012.docx>.
 9. Microsoft.com Operations Virtualizes MSDN and TechNet on Hyper-V, from http://download.microsoft.com/download/6/C/5/6C559B56-8556-4097-8C81-2D4E762CD48E/MSCOM_Virtualizes_MSDN_TechNet_on_Hyper-V.docx
 10. Microsoft (2013). Why Hyper-V, from <http://download.microsoft.com/download/E/8/E/E8ECBD78-F07A-4A6F-9401-AA1760ED6985/Competitive-Advantages-of-Windows-Server-Hyper-V-over-VMware-vSphere.pdf>.
 11. Mitch Tullock, (2009). understanding Microsoft Virtualization Solutions, pp. 1. Mullins, Robert J. , Microsoft Claims Windows Server 2012, Hyper-V Will Win Converts From VMware, eWeek. 5/21/2012, p5-5. 1p.
 12. Novell (2014). Novell, <http://www.novell.com/home/>.
 13. Performance Test 8.0 , <http://www.passmark.com/products/pt.htm>.
 14. Roberts, J., and Yacono, J. (2003). Server Virtualization Offers Many Opportunities. CRN, 34.
 15. Soliman, K.S. and Janz, B.D. (2004). An Exploratory Study to Identify the Critical Factors Affecting the Decision to Establish Internet-Based Interorganizational Information Systems. Information & Management, 697-706.
 16. Vijayarathy, L.R. (2004). Predicting Consumer Intentions to Use On-Line Shopping: the Case for an Augmented Technology Acceptance Model. Information & Management, 747-762.
 17. VMware (2014), Green Calculator, from http://download3.vmware.com/media/calculator/green_calculator_640x500.swf.
 18. VMware (2014), What Is Virtualization, from <http://www.vmware.com/tw/virtualization/virtualization-basics/what-is-virtualization.html>.
 19. Wikipedia (2014), Virtualization, <http://zh.wikipedia.org/wiki/Virtualization>.
 20. Wilcox, Joe, Hyper-V stirs virtualization pot, eWeek. 7/7/2008, Vol. 25 Issue 21, p34-40. 4p. 2 Color Photographs, 1 Chart.

21. Xen (2014), Xenserver,
<http://www.citrix.com.tw/products/xenserver/how-it-works.html>.

