



虛擬化技術 (Xen vs. KVM)
安裝與測試研究報告

1st edition, Oct 2010

Che-Yuan Tu

軟體技術組
國家高速網路與計算中心

Table of Contents

Chapter 1

Introduction

Chapter 2

KVM Installation Guide

Chapter 3

Xen Installation Guide

Chapter 4

KVM vs. Xen Performance Result

Chapter 5

Conclusion

Reference

Chapter 1

Introduction

● Xen Intro.

Xen 是一個 virtual-machine monitor 並且支援許多不同的硬體架構，像是 IA-32、x86-64、Itanium & ARM。他允許許多不同的客戶端作業系統在相同的硬體環境上執行，Xen 的系統中有一個稱為 Xen hypervisor 的特權層級。在這層上面可以運行與管理的一個或多個作業系統及處理實體 CPU 排程問題。第一個客戶端的作業系統在 Xen 的術語稱為“domain 0”（dom0），其會自動以支援 Xen hypervisor 的 Linux kernel 開機並且賦予管理與存取實體硬體的權限，之後系統管理員便可以登入到 dom0 中來開啓及管理多個被稱為“domain U”（domU）的客戶端作業系統。

◆ Xen 的半虛擬化(Paravirtualization):

Xen 通過一種叫做半虛擬化的技術獲得高效能的表現（較少的效能損失，典型的情況下大約損失 2%，在最糟的情況下會有 8% 的效能耗損；與其它使用完全的虛擬化卻造成最高到 20% 損耗的其他解決方案形成一個明顯的對比），甚至在某些與傳統虛擬技術極度不友好的架構上（x86），Xen 也有極佳的表現。與那些傳統透過軟體模擬實現硬體的虛擬機不同，在 3.0 版本及在 Intel VT-X 支援前的 Xen 需要讓客座作業系統（guest operating systems）與 Xen API 進行連接。到目前為止，這樣連結已經可以運用在 NetBSD，GNU/Linux，FreeBSD 和貝爾實驗室的 Plan 9 系統上。在 Brainshare 2005 會議上，Novell 展示了 NetWare 與 Xen 的連通。與 Windows XP 連通的技術曾在 Xen 開發初期進行，但微軟的協議未能允許它發布。Sun 微系統公司也正積極研究 Solaris 與 Xen 的連結，使其能在 Xen 平台上運作。

◆ Xen 的全虛擬化(Hardware-assisted virtualization, HVM):

Intel 對 Xen 貢獻修改以支持其 VT-X Vanderpool 架構擴展。如果主系統支持 Vanderpool 或者 Pacifica 擴展（Intel 和 AMD 對本地支持虛擬化的擴展），這項技術將允許未修改的客作業系統運行在 Xen 虛擬機中。事實上，那意味著性能的提升，並且你可以在沒有進行任何協議不允許的修改的情況下對 Windows 進行虛擬。

● KVM Intro.

- ◆ Kernel-based Virtual Machine (KVM) 是一個 Linux kernel 的虛擬架構，KVM 在許多有 Intel VT-x 或 AMD-V 指令集的 x86 的處理器上支援全虛擬化。目前他也計畫被移植到 S/390、PowerPC、IA-64 and ARM 等其他處理器架構上。自從 Linux kernel 2.6.20 之後，KVM 就已經被包含在核心裡了；在 KVM 上面可以運行許許多多不同的作業系統，像是：Linux, BSD, Solaris, Windows, Haiku, ReactOS and AROS Research Operating System 等等。
- ◆ KVM 並不使用任何其他模擬器的方式來運行，取而代之的是使用一個 user-space 的 /dev/kvm 介面來設定客戶端的虛擬機器使用空間，藉由使用該介面來模擬與主機端(host)的 I/O 傳輸與定址模式。他並包含了一個可載入的 kernel module 稱為 kvm.ko，該模組為虛擬化架構的核心；另外，他亦提供特定的處理器的虛擬化支援模組稱為 kvm-intel.ko (for Intel) and kvm-amd.ko (for AMD)。

● Xen vs. KVM

由於 Xen 與 KVM 是目前兩個最大的 Open Source 虛擬化技術的專案，且兩者對於半虛擬化與全虛擬化都有不錯的支援；但是兩者的架構與安裝操作的容易度不盡相同，也各有各支持的團隊與使用者，雖然已有不少研究團隊已針對兩者的效能差異做出不少研究報告，但是似乎都只使用少數幾款的 benchmark tools 來測試；Phoronix Test Suite 是一個 Open Source 的 benchmark tools 套件集合，因此可以輕鬆安裝與使用針對不同測試類別 (CPU、Memory、Disk I/O) 等的工具來測試，測試出來的數據與結果皆可上傳至 Phoronix 官方網站來分享與製作圖表。

Chapter 2

KVM Installation Guide

- 安裝

- ◆硬體資源

	CPU	Memory	Disk
規格	Intel(R) Core(TM)2 Quad CPU Q9400 @ 2.66GHz	8GB	1TB

- ◆軟體資源

Host/dom0 OS	Debian GNU/Linux testing (squeeze) (64bit)
KVM	72+dfsg-5+squeeze1
VM/Guest/dmou OS	MS Windows XP Pro & Debian lenny (AMD64)

- 安裝 KVM

- ◆請先確認 CPU 有支援 (Intel vmx 或 AMD svm 指令集)

```
$ egrep '(vmx|svm)' --color=always /proc/cpuinfo
```

- ◆檢查 KVM kernel module 是否已載入?

```
$ lsmod | grep kvm
```

```
kvm_intel 38050 0
kvm 213800 1 kvm_intel
```

- ◆若 KVM 尚未被載入，先去檢查 KVM module 是否有存在系統中?

```
$ sudo modprobe -l |grep kvm
```

```
kernel/arch/x86/kvm/kvm.ko
kernel/arch/x86/kvm/kvm-intel.ko
kernel/arch/x86/kvm/kvm-amd.ko
```

- ◆確認 KVM module 有在系統中時，便可以手動載入。

```
$ sudo modprobe kvm_intel (for Intel CPU)
```

```
$ sudo modprobe kvm_amd (for AMD CPU)
```

- ◆安裝 KVM 及其所需相關套件

```
$ sudo apt-get install kvm qemu-kvm bridge-utils libvirt-bin  
virtinst vtun virt-manager
```

- 操作: 建立全虛擬化(HVM)虛擬機器 (提供兩種方式:

1.Command Line Interface (CLI) , 2. Virtual Machine Manager)

- Command Line Interface

- ◆(1.1) 以安裝 Microsoft Windows XP 為例: 產生一個 10GB 大小的 QEMU disk image format 的檔案

```
$ sudo qemu-img create -f qcow2 xp.img 10G
```

- ◆讀取本機 ISO 檔並開啓虛擬機器來安裝 XP (10GB 硬碟空間 & 1GB 記憶體) – 使用正版 Microsoft Windows XP 轉檔 ISO

```
$ sudo qemu-system-x86_64 -cdrom /home/clouder/xp.iso  
-hda xp.img -boot d -m 1024 -localtime -net nic -net tap
```

- ◆開啓虛擬機器

```
$ sudo qemu-system-x86_64 -hda xp.img -m 1024 -net nic  
-net tap
```

- ◆(1.2) 以安裝 GNU/Linux Debian 為例: 產生一個 10GB 大小 QEMU disk image format 的檔案

```
$ sudo qemu-img create -f qcow2 deb.img 10G
```

- ◆下載 Debian-5.0 ISO file

```
$ wget
```

```
http://cdimage.debian.org/debian-cd/5.0.6/amd64/iso-cd/  
/debian-506-amd64-CD-1.iso
```

- ◆ 讀取下載下來的 Debian ISO 檔並開啓虛擬機器來安裝 Debian(10GB 硬碟空間 & 1GB 記憶體)

```
$ sudo qemu-system-x86_64 -cdrom
```

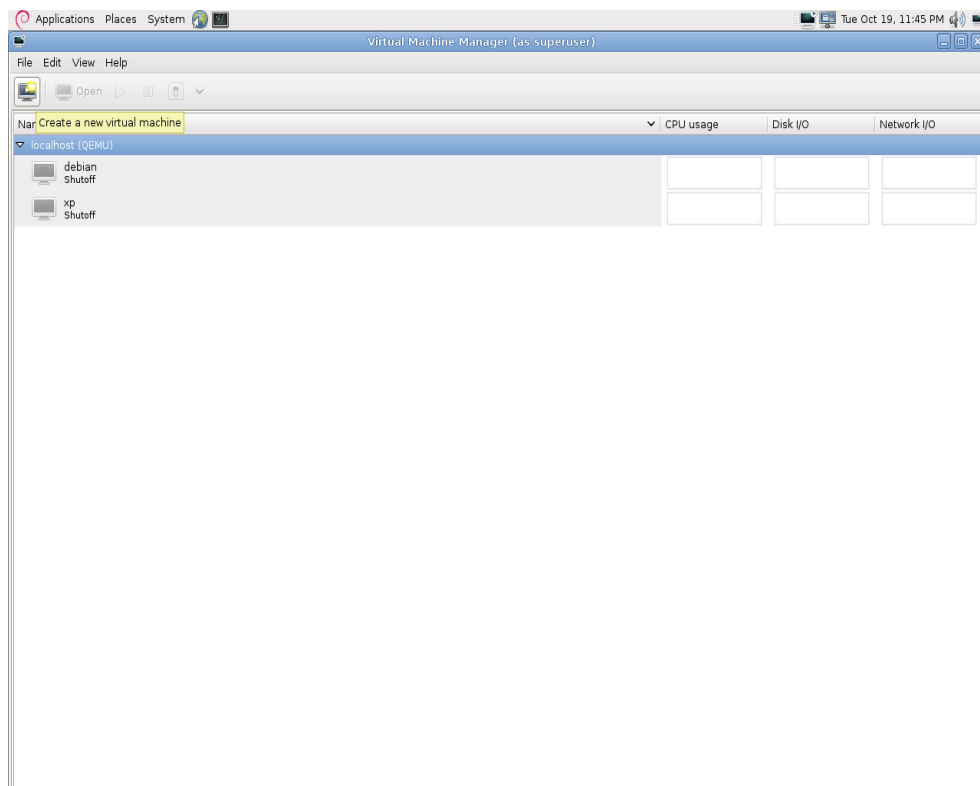
```
/home/clouder/debian-506-amd64-CD-1.iso -hda deb.img  
-boot d -m 1024 -localtime -net nic -net tap
```

- ◆ 開啓虛擬機器

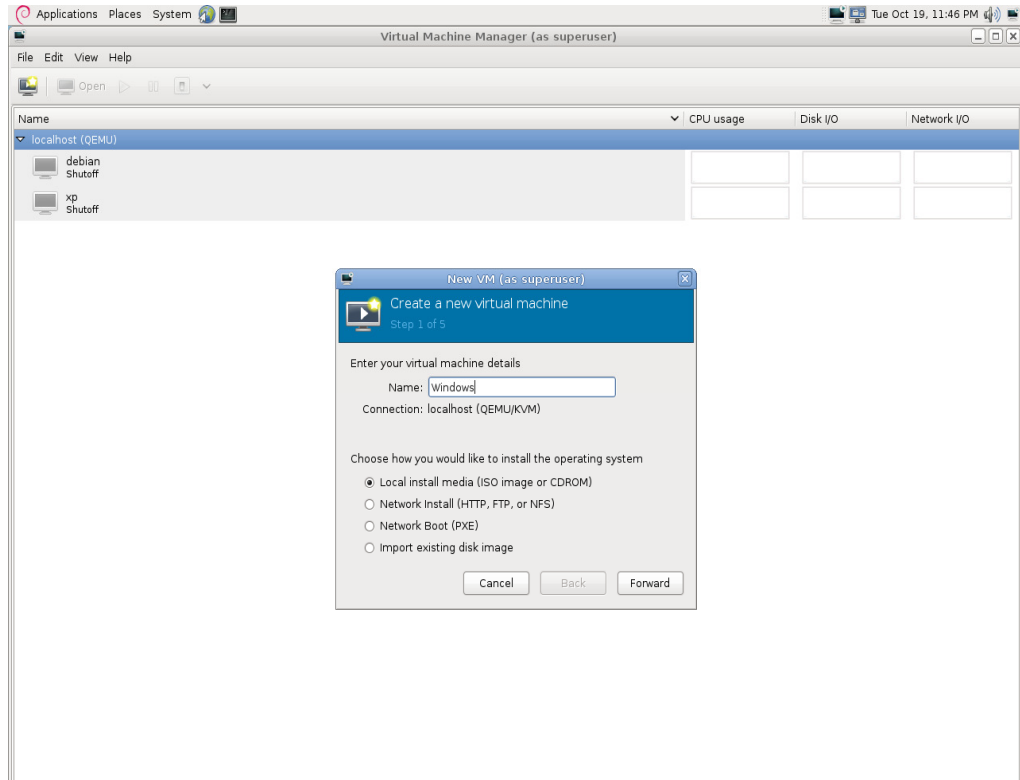
```
$ sudo qemu-system-x86_64 -hda deb.img -m 1024 -net  
nic -net tap
```

● Virtual Machine Manager

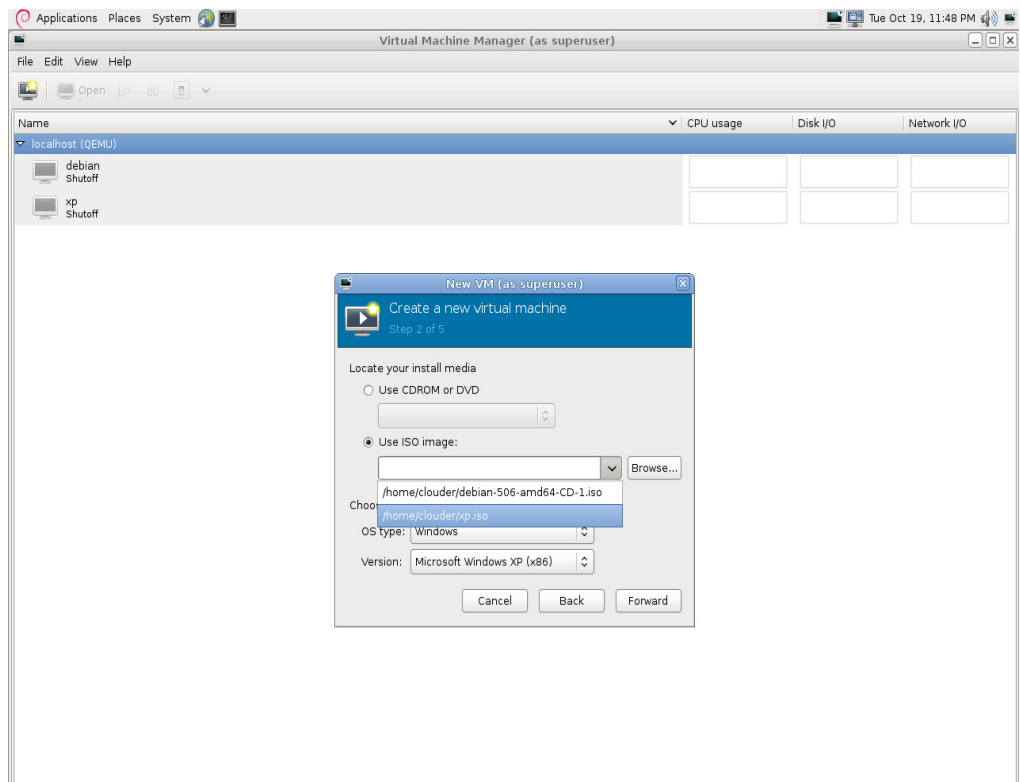
- ◆ 開啓 virt-manager, 並點選左上角 "Create a new virtual machine"



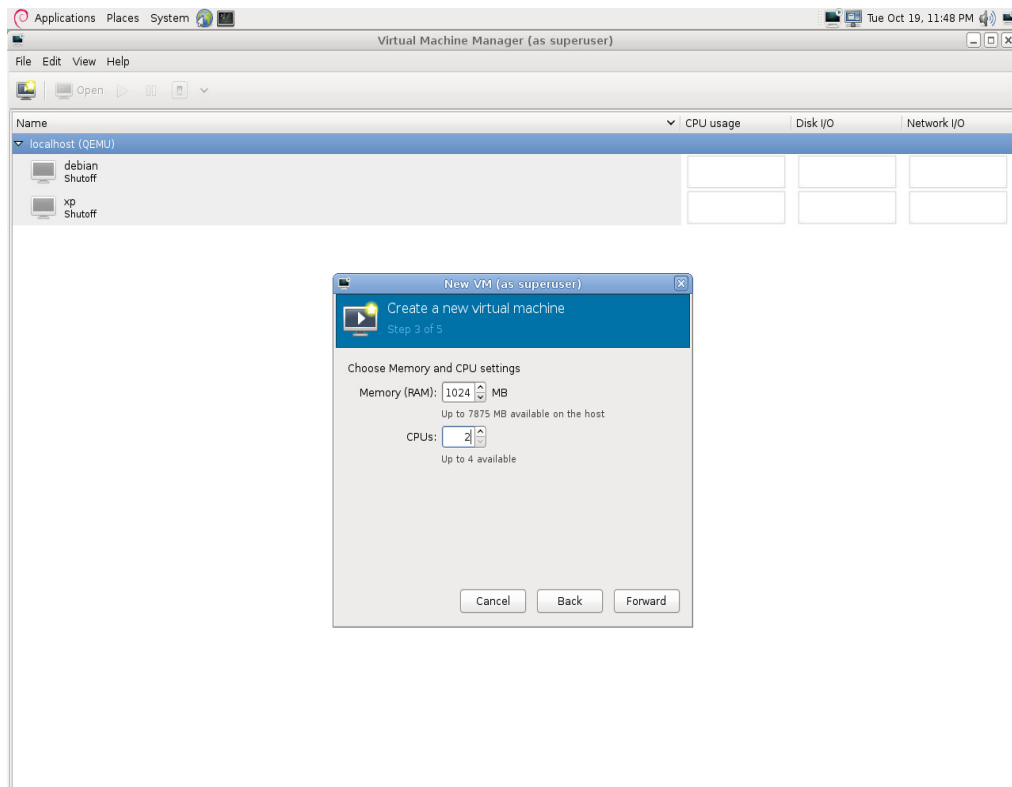
- ◆ 命名虛擬機器的名稱, 並且選擇安裝的方式



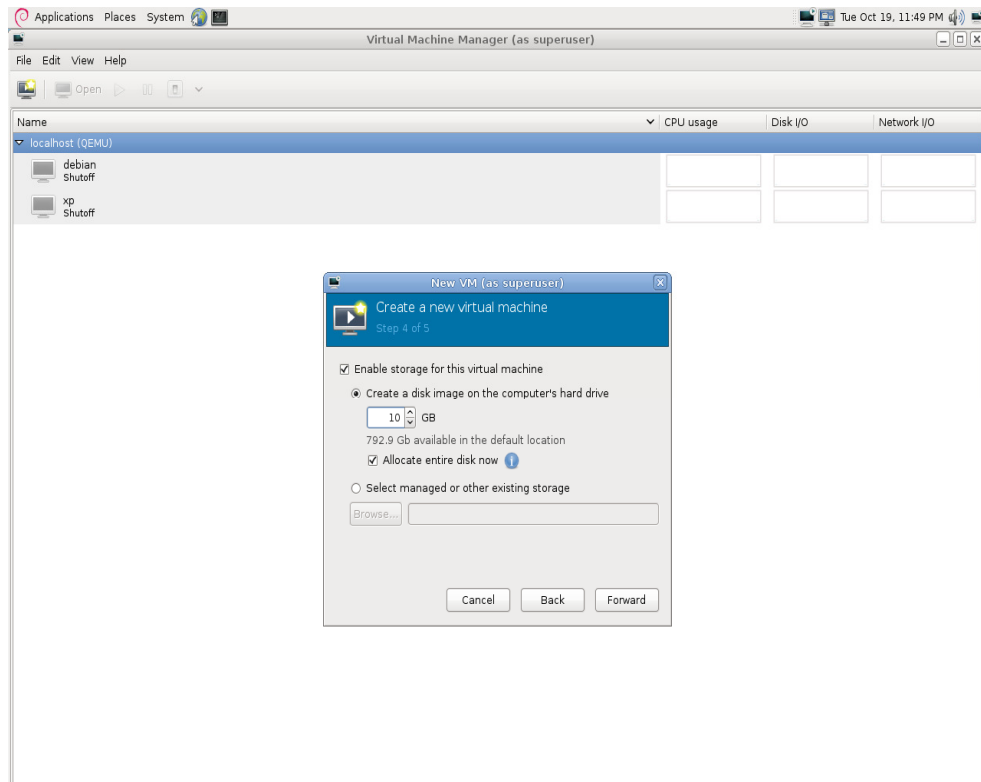
◆如果是選擇 local ISO image 安裝,請選擇該 ISO 所在路徑並設定
虛擬機器的 OS type & version



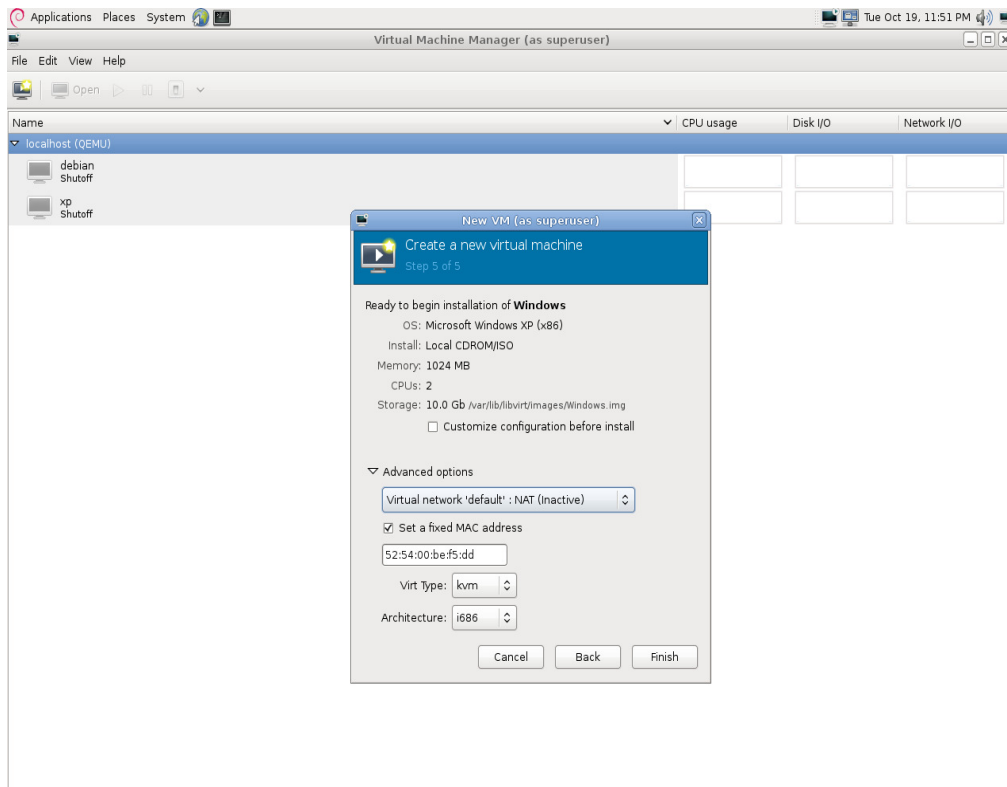
◆設定該虛擬機器的記憶體大小與 CPU 數量



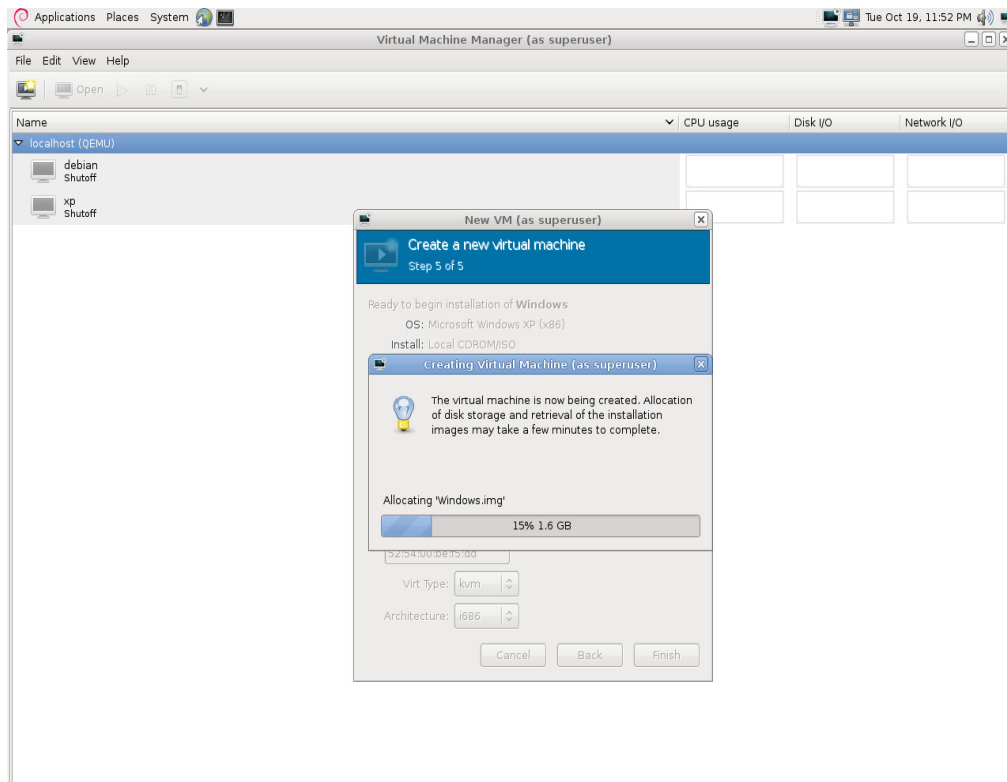
◆設定該虛擬機器的 storage 大小,新增的磁碟其存放路徑在:
`/var/lib/libvirt/images` 設定該虛擬機器的記憶體大小與 CPU 數量



◆ 設定該虛擬機器的網路介面



◆ 完成設定並開始建立虛擬機器



Chapter 3

Xen Installation Guide

- 安裝

- ◆硬體資源

	CPU	Memory	Disk
規格	Intel(R) Core(TM)2 Quad CPU Q9400 @ 2.66GHz	8GB	1TB

- ◆軟體資源

Host/dom0 OS	Debian GNU/Linux testing (squeeze) (64bit)
Xen	4.0.1
VM/Guest/dmou OS	MS Windows XP Pro & Debian lenny (AMD64)

- 安裝 Xen

- ◆安裝 Xen hypervisor 和 Xen-patched kernel

```
$ sudo apt-get install  
xen-linux-system-2.6.32-5-xen-amd64
```

- ◆編輯 Xend 設定檔

```
$ sudo su  
# echo HWCLOCKACCESS=no >>/etc/default/rcS  
# echo loop_max_loop=100 >> /etc/modules  
# echo blktap >> /etc/modules  
[CTRL+D]  
$ sudo vim /etc/xen/xend-config.sxp  
60 (xend-http-server yes)  
61 (xend-unix-server yes)  
62 (xend-tcp-xmlrpc-server yes)  
64 (xend-relocation-server yes)  
68 (xend-unix-path /var/lib/xend/xend-socket)
```

```
74 (xen-tcp-xmlrpc-server-port 8006)
84 (xend-port 8000)
88 (xend-relocation-port 8002)
107 (xend-address localhost)
125 (xend-relocation-hosts-allow "")
149 (network-script 'network-bridge netdev=eth0')
```

◆編輯開機選單

```
$ sudo vim /boot/grub/grub.cfg
menuentry 'Debian GNU/Linux, with Linux
2.6.32-5-xen-amd64' --class debian --class gnu-linux
--class gnu --class os {
insmod part_msdos
insmod ext2
set root='(hd0,msdos1)'
search --no-floppy --fs-uuid --set
5b161b4b-e438-4827-8227-4396d26acfe0
echo 'Loading Linux 2.6.32-5-xen-amd64 ...'
multiboot (hd0,1)/boot/xen-4.0-amd64.gz
module /boot/vmlinuz-2.6.32-5-xen-amd64
root=UUID=5b161b4b-e438-4827-8227-4396d26acfe0 ro
quiet
echo 'Loading initial ramdisk ...'
module /boot/initrd.img-2.6.32-5-xen-amd64
}
```

◆重開機

```
$ sync ; sudo reboot
```

● 重開機完成後檢查 Xen Dom0 的資訊

◆Check Xen information

```
$ sudo xm info
host : VMserver
release : 2.6.32-5-xen-amd64
```

```
version : #1 SMP Thu Aug 12 15:17:50 UTC
2010
machine : x86_64
nr_cpus : 4
nr_nodes : 1
cores_per_socket : 4
threads_per_core : 1
cpu_mhz : 2826
hw_caps :
bfebfbf:20100800:00000000:00000940:0408e3fd:00000
000:00000001:00000000
virt_caps : hvm hvm_directio
total_memory : 8025
free_memory : 1509
node_to_cpu : node0:0-3
node_to_memory : node0:1509
node_to_dma32_mem : node0:813
max_node_id : 0
xen_major : 4
xen_minor : 0
xen_extra : .1-rc6
xen_caps : xen-3.0-x86_64
xen-3.0-x86_32p hvm-3.0-x86_32 hvm-3.0-x86_32p
hvm-3.0-x86_64
xen_scheduler : credit
xen_pagesize : 4096
platform_params : virt_start=0xffff800000000000
xen_changeset : unavailable
xen_commandline :
cc_compiler : gcc version 4.4.5 20100816
(prerelease) (Debian 4.4.4-9)
cc_compile_by : waldi
cc_compile_domain : debian.org
cc_compile_date : Tue Aug 17 21:17:33 UTC 2010
xend_config_format : 4
```

- 建立半虛擬化(PV)虛擬機器 – 以 Ubuntu 10.04 為例

◆安裝 Xen tools

```
$ sudo apt-get install xen-tools
```

◆編輯 xen-tools 的設定檔

```
$ sudo vim /etc/xen-tools/xen-tools.conf
```

```
45 dir = /home
83 install-method = debootstrap
128 size = 2Gb # Disk image size.
129 memory = 128Mb # Memory size
130 swap = 128Mb # Swap size
132 fs = ext3 # use the EXT3 filesystem for the
disk image.
133 dist = lucid # Default distribution to install.
134 image = sparse # Specify sparse vs. full disk
images.
```

```
163 gateway = 192.168.1.254
164 netmask = 255.255.255.0
165 broadcast = 192.168.1.255
```

```
233 passwd = 1
261 mirror = http://archive.ubuntu.com/ubuntu
313 serial_device = hvc0
331 output = /home/domains
```

◆建立虛擬機器相關檔案存放目錄

```
$ sudo mkdir /home/domains
```

◆使用 xen-tools 提供的指令 xen-create-image 產生一個名為 vm01 虛擬機器的印象檔

```
$ sudo xen-create-image --hostname=vm01
--ip=192.168.1.X --mac=00:16:00:00:00:XX
```

◆產生完的印象檔 & 設定檔會放在 /home/domains 內

```
$ ls /home/domains
```

- ◆ 接下來使用 vm01 設定檔來開啓虛擬機器 – Ubuntu-10.04

```
$ cd /home/domains
```

```
$ sudo xm create -c vm01.cfg
```

- 建立全虛擬化(HVM)虛擬機器 – 以 Microsoft Windows

XP 為例

- ◆ 安裝 Xen Qemu Device Model virtual machine hardware emulator

```
$ sudo apt-get install xen-qemu-dm-4.0
```

- ◆ 將"正版" XP 光碟放入光碟機並製作印象檔

```
$ sudo dd if=/dev/cdrom of=/home/rider/xp.iso
```

- ◆ 製作一個空的 8GB image file

```
$ sudo dd if=/dev/zero of=/home/domains/xp/xp.img  
bs=1024M count=8
```

- ◆ 製作 XP 虛擬機器的設定檔

```
$ sudo vim /home/domains/xp.cfg
```

```
import os, re  
arch = os.uname()[4]  
if re.search('64', arch):  
    arch_libdir = 'lib64'  
else:  
    arch_libdir = 'lib'
```

```
kernel = "/usr/lib/xen/boot/hvmloader"  
builder='hvm'  
memory = 1024
```

```
# Should be at least 2KB per MB of domain memory, plus a
few MB per vcpu.
shadow_memory = 8
name = "xp"
vif = [ 'type=ioemu, bridge=eth1' ]
disk = [ 'file:/home/domains/xp/xp.img,hda,w',
'file:/home/rider/xp.iso,hdc:cdrom,r' ]
device_model = '/usr/lib/xen/bin/qemu-dm'

#-----
-----
# boot on floppy (a), hard disk (c) or CD-ROM (d)
# default: hard disk, cd-rom, floppy
boot="dc"

sdl=0
vnc=1
vncconsole=1
vncpasswd=""
stdvga=0
serial='pty'
usbdevice='tablet'
```

- ◆ 開啓虛擬機器來一步步安裝 Windows XP，便完成全虛擬化 VM 建置

```
$ sudo xm create xp.cfg
```


Chapter 4

KVM vs. Xen Performance Result

- 使用 Phoronix Test Suite 來作各類別的 benchmark test

◆硬體規格：

CPU	Intel® Core™2 Quad Processor Q6600 (8M Cache, 2.40 GHz, 1066 MHz FSB) 支援 Intel VT-x
Ram	4GB
NIC	RTL-8169 Gigabit Ethernet 10/100/1000
VGA	NVIDIA GeForce 9400 GT
Disk	SATA Disk 160GB

◆軟體規格：

OS	Debian Lenny 5.0.5(x86_64)
Kernel	2.6.26-2
Xen	3.2.1
KVM	72
Phoronix Test Suite	2.8

- CPU Benchmark

	Xen-PV	Xen-HVM	KVM-HVM	Help
Kernel_Compilation	2304.17 secs	2885.10 secs	3228.48 secs	Fewer are better
FFmpeg	20.87 secs	20.96 secs	21.79 secs	Fewer are better
Wavpack	17.34 secs	18.16 secs	18.78 secs	Fewer are better

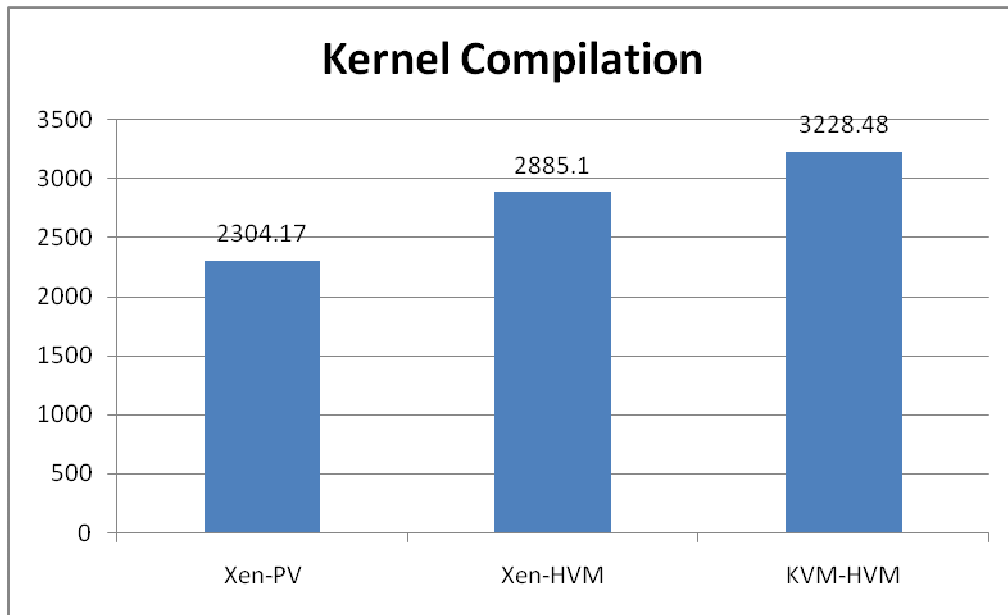


Fig. 1. Kernel Compilation 實驗所耗費時間(秒數) – 時間越短越好

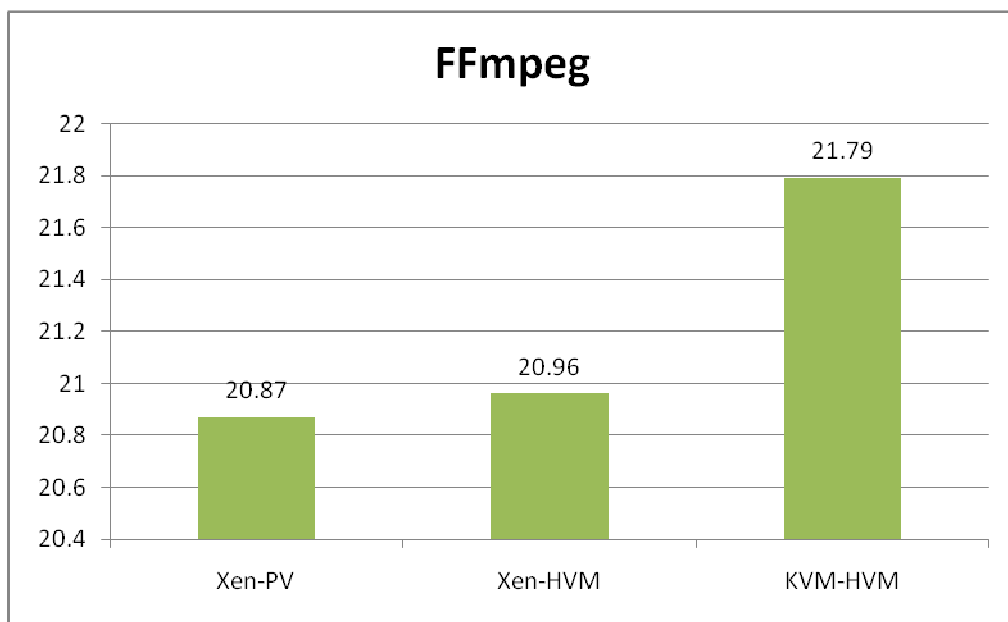


Fig. 2. FFmpeg & Wavpack 實驗所耗費時間(秒數) – 時間越短越好

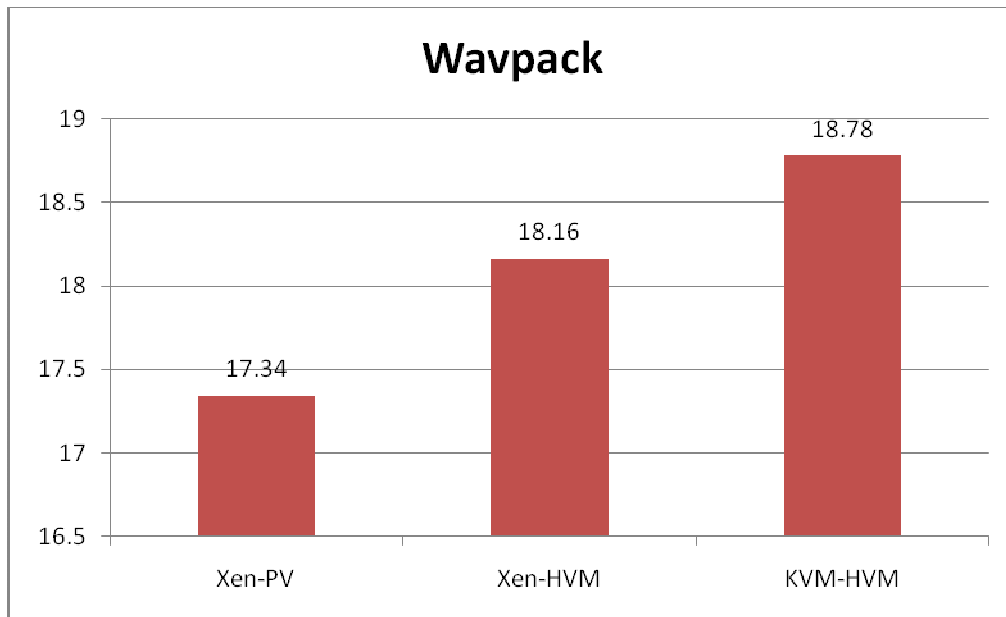


Fig. 3. Wavpack 實驗所耗費時間(秒數) – 時間越短越好

標籤說明:

XenPV01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Para-Virtualization)

XenHVM01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Full Virtualization)

KVMhvm01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: KVM Full Virtualization)

● **Memory Benchmark**

	Xen-PV (MB/s)	Xen-HVM (MB/s)	KVM-HVM (MB/s)	Help
CacheBench	Read: 2026.32 Write: 7995.89 R/M/W: 16612.87	Read: 2020.17 Write: 8338.78 R/M/W: 16564.89	Read: 2008.86 Write: 7940.70 R/M/W: 16436.59	More is better
RAMspeed	Integer: 3934.79 Floating Point: 3961.87	Integer: 3663.37 Floating Point: 3688.82	Integer: 3872.83 Floating Point: 3910.84	More is better

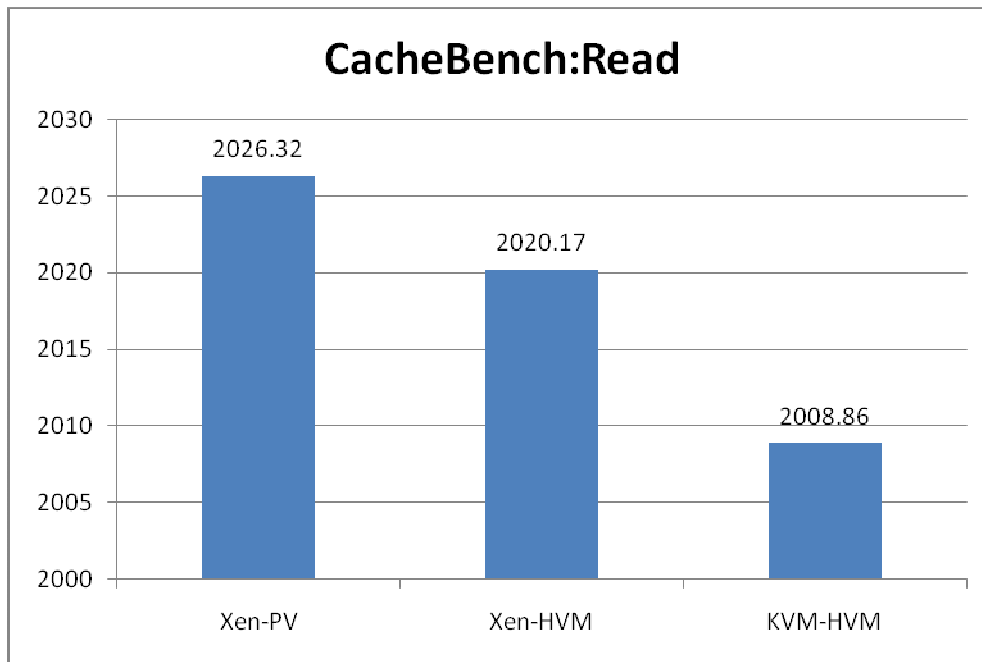


Fig. 4. CacheBench:Read 的讀取平均速度(MB/s)

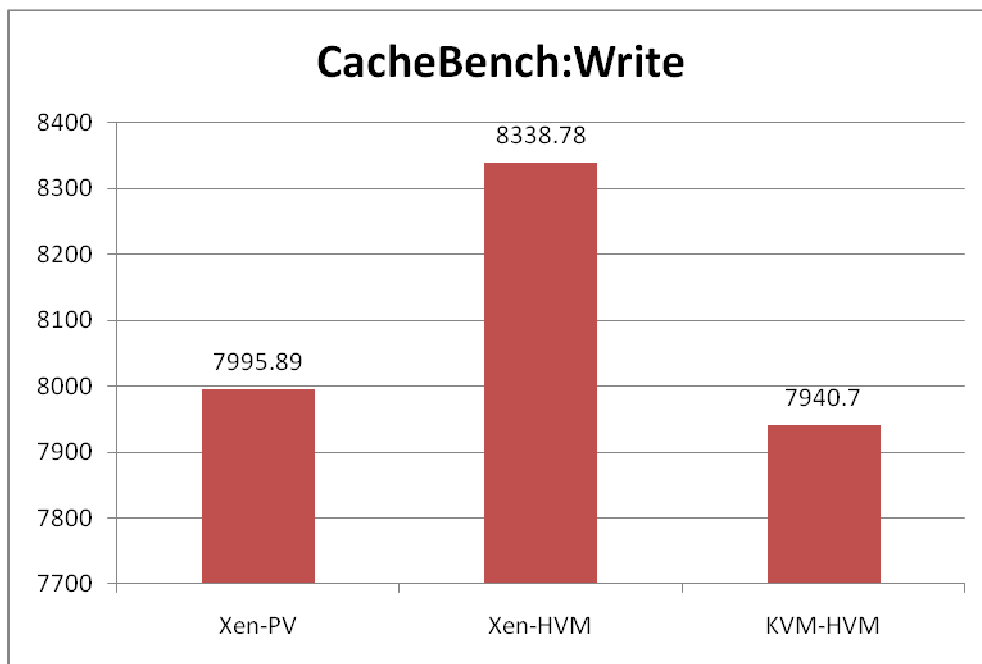


Fig. 5. CacheBench:Write 的寫入平均速度(MB/s)

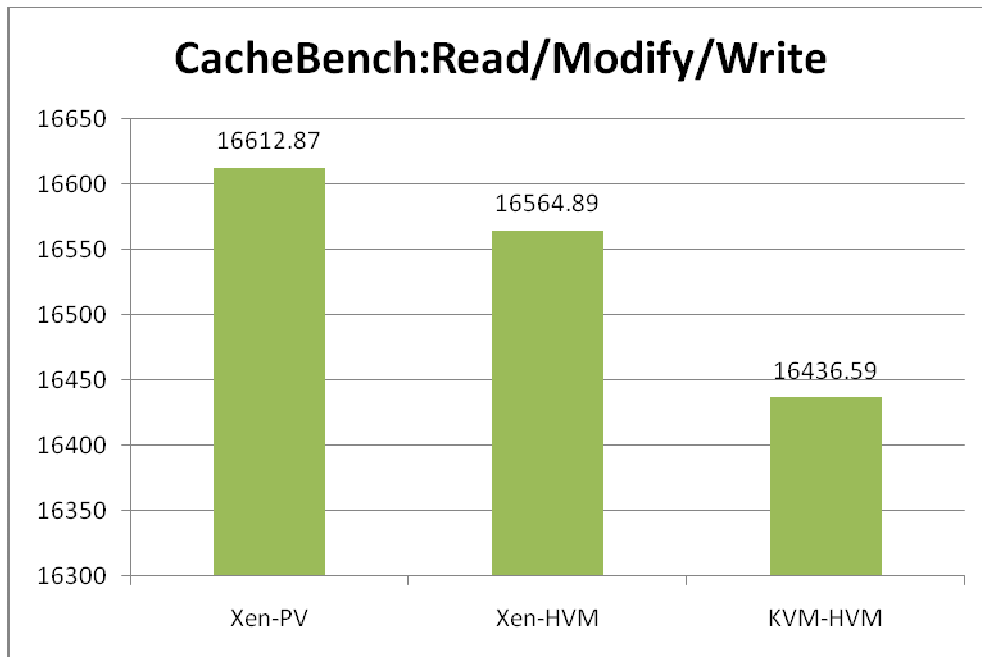


Fig. 6. CacheBench:R/M/W 的讀取、修改與寫入的平均速度(MB/s)

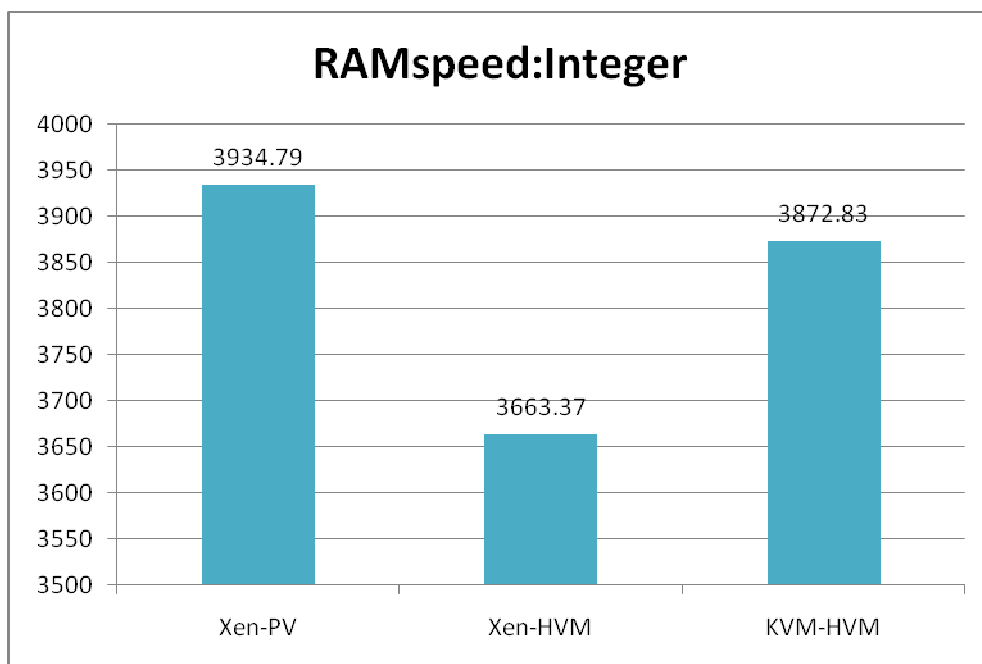


Fig. 7. RAMspeed 模擬整數運算的平均速度(MB/s)

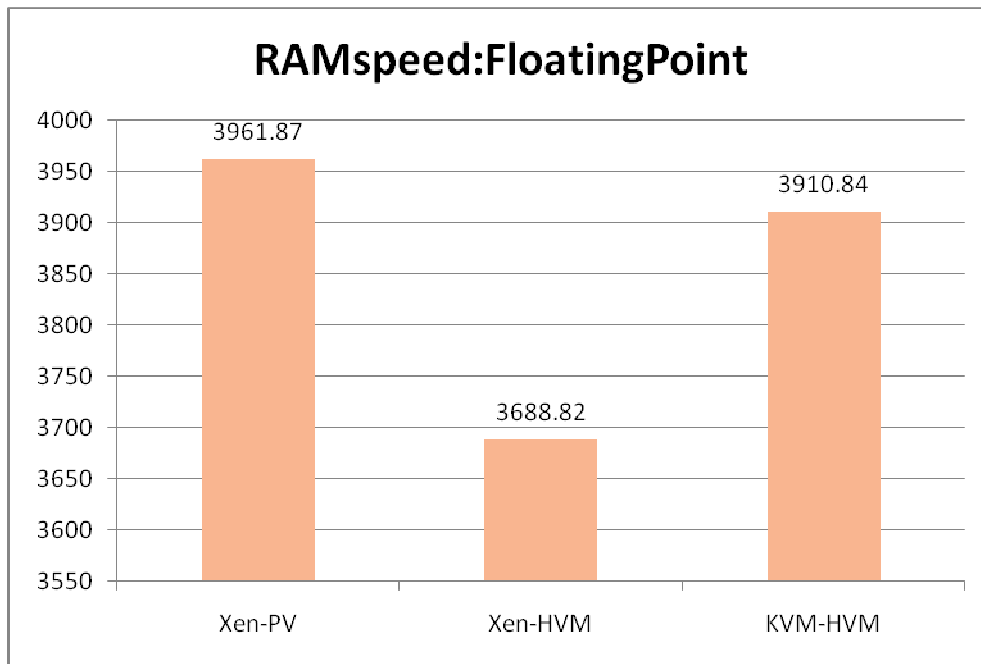


Fig. 8. RAMspeed 模擬浮點運算的平均速度(MB/s)

標籤說明:

XenPV01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Para-Virtualization)

XenHVM01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Full Virtualization)

KVMhvm01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: KVM Full Virtualization)

● Disk Benchmark

	Xen-PV (MB/s)	Xen-HVM (MB/s)	KVM-HVM (MB/s)	Help
dbench	ClientCount128: 19.84	ClientCount128: 11.56	ClientCount128: 4.09	More is better
IOzone	Write1MB4GB: 14.27	Write1MB4GB: 9.77	Write1MB4GB: 8.22	More is better
	Read1MB4GB: 13.14	Read1MB4GB: 27.24	Read1MB4GB: 8.06	
Thread I/O	Count32-256MB: 0.43	Count32-256MB: 0.17	Count32-256MB: 0.24	More is better

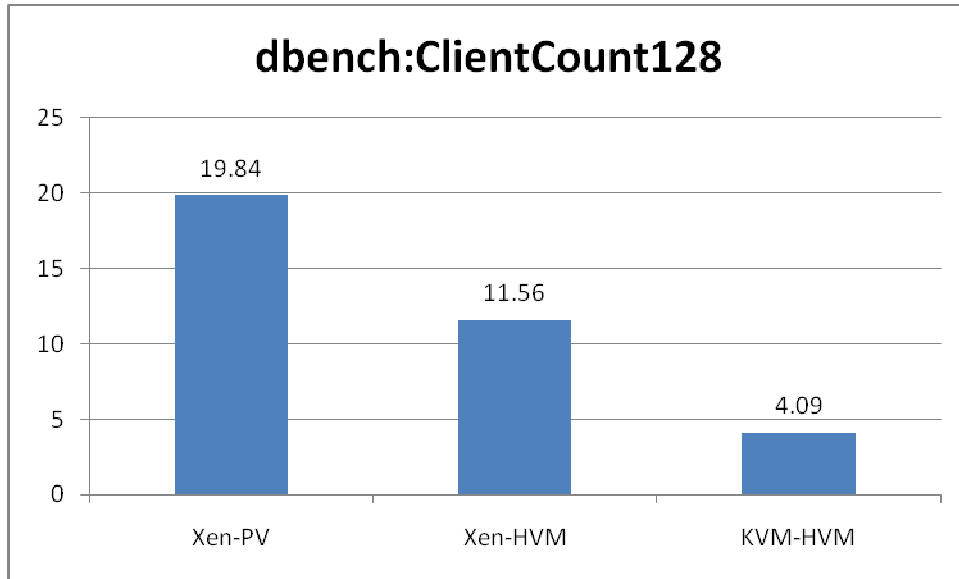


Fig. 9. Dbench 模擬 ClientCount:128 讀取與寫入的平均速度(MB/s)

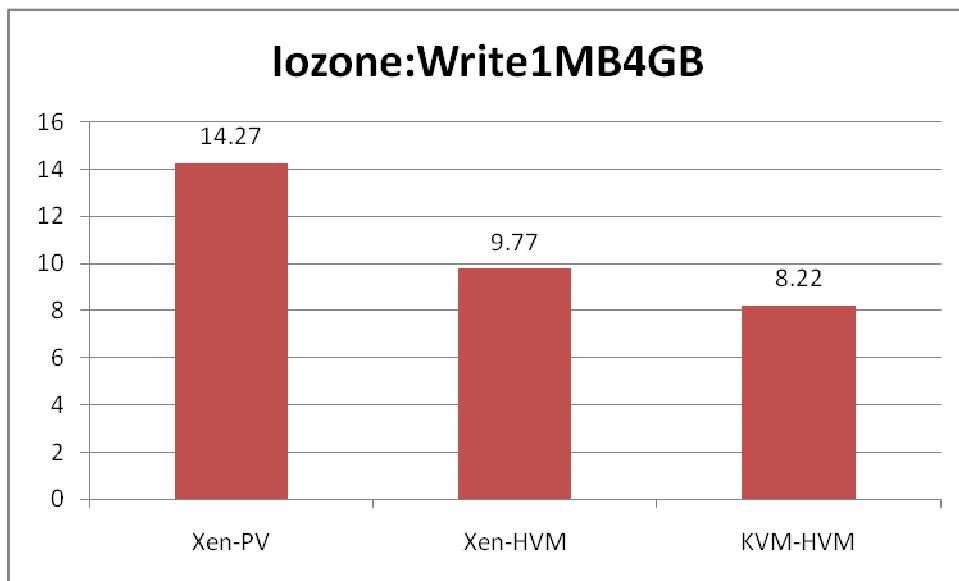


Fig. 10. IOzone 模擬寫入 Record:1MB File:4GB 平均速度(MB/s)

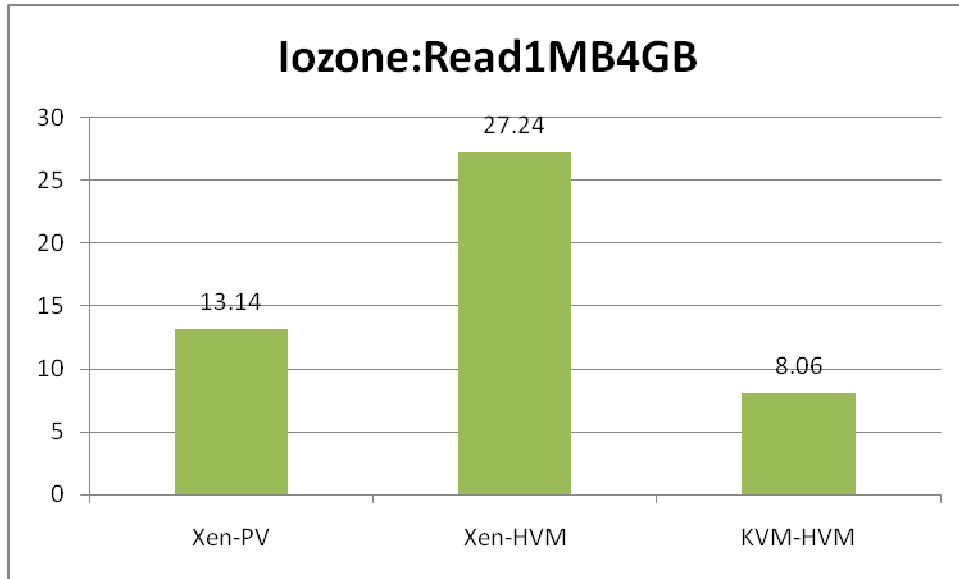


Fig. 11. IOzone 模擬讀取 Record:1MB File:4GB 平均速度(MB/s)

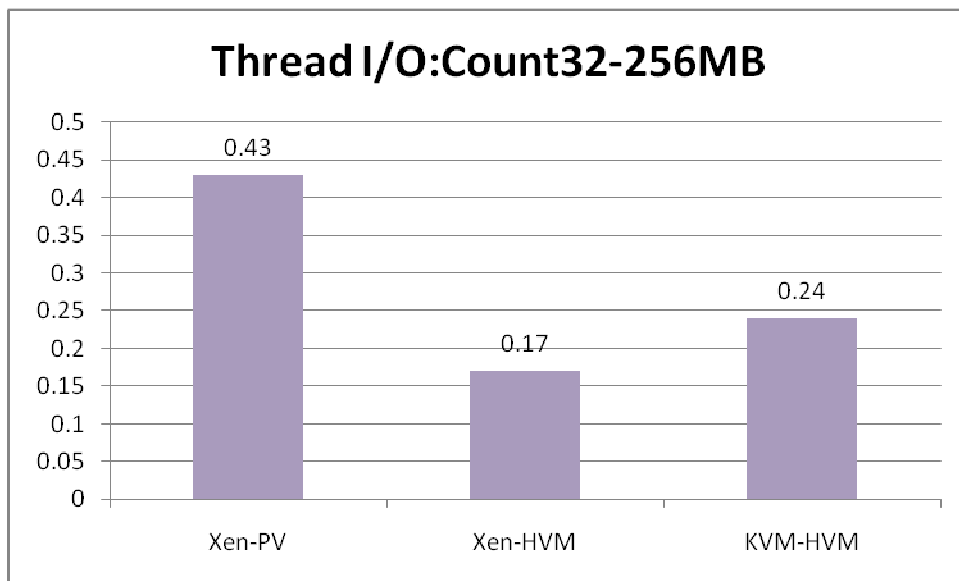


Fig. 12. Random Read: Thread256MB Count:32 的讀取平均速度(MB/s)

標籤說明:

XenPV01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Para-Virtualization)

XenHVM01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: Xen Full Virtualization)

KVMhvm01 規格 = 1 CPU + 10GB HD + 1GB RAM + 500MB SWAP (說明: 虛擬機器數量一台: KVM Full Virtualization)

Chapter 5

Conclusion

Xen Paravirtualization (Xen-PV)在各個不同類別的效能測試中皆能表現出最佳的效能。首先，在 CPU 的測試部份可以清楚的看到 Xen PV 是壓倒性的效能優於全虛擬化的 Xen-HVM 與 KVM-HVM，而若以全虛擬化作為評斷標準則 Xen-HVM 亦是優於 KVM-HVM。在第二項的 Memory 測試部份，Xen-PV 依舊擁有較好的效能，但是在全虛擬化的環境下無論是整數或浮點運算卻是 KVM-HVM 的效能優於 Xen-HVM；然在記憶體快取的平均效能上 Xen-HVM 則優於 KVM-HVM。也是由 Xen 以些微差距勝出。在第三項的 Disk I/O 效能測試部份，基本上沒有意外亦是由 Xen-PV 獲得較優異的效能，較大的意外是在 IOzone 模擬讀取 Record:1MB File:4GB 平均速度上卻是由 Xen-HVM 的效能最好；不過顯而易見的是 KVM-HVM 在 Disk I/O 的表現上皆是差於 Xen。因此就綜合性的來看，Xen 的整體效能目前還是優於 KVM，不過若就以安裝與操作的方便性與簡易度來看，KVM 似乎則較具優勢。

因此，這次的效能測試可以總結如下：

- 效能排序(好→劣)：Xen-PV > Xen-HVM > KVM-HVM (在大部份情況下)
- 安裝與操作的便利性：KVM-HVM > Xen-PV = Xen-HVM

Reference

1. KVM: <http://www.linux-kvm.org>
2. Virtual Machine Manager: <http://virt-manager.et.redhat.com/>
3. NVIDIA GPUs DEV_IDS:
<http://www.laptopvideo2go.com/forum/index.php?showtopic=7664>
4. Xen 4.0 Wiki: <http://wiki.xensource.com/xenwiki/Xen4.0>
5. Xen paravirt_ops for upstream Linux kernel:
<http://wiki.xen.org/xenwiki/XenParavirtOps>
6. Xen Wikipedia: <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/Xen>
7. Installing and Running Windows XP or Vista as a Xen HVM domainU Guest:
http://www.virtuatopia.com/index.php/Installing_and_Running_Windows_XP_or_Vista_as_a_Xen_HVM_domainU_Guest
8. Phoronix Test Suite: <http://www.phoronix-test-suite.com/>
9. NCHC_STD Xen vs. KVM Benchmark Result:
http://trac.nchc.org.tw/grid/wiki/KVM_vs_Xen