

# 오픈 소스 서버 가상화 기술의 자원 사용률 비교 분석

정성재\*, 성 경\*\*, 배유미\*\*\*

## 요약

최근 서버 가상화 기술을 이용한 시스템 구성과 클라우드 컴퓨팅이 큰 관심을 받아 왔다. 기존의 오픈 소스 서버 가상화 기술은 비용 부담 없이 서버 가상화를 구현할 수 있는 장점으로 널리 사용되어 왔으나, 가상화 구성시의 자원 사용량 및 성능 분석에 대한 노력은 매우 부족한 실정이다. 본 논문에서는 가장 널리 사용되는 오픈 소스 서버 가상화 기술 중 Xen, KVM 및 VirtualBox의 엔터프라이즈급 리눅스 시스템 적용 시 CPU, 메모리 및 디스크 공간의 사용량의 비교 분석을 통하여 효율적인 서버 가상화 기술의 선택 기준을 제공하고자 한다.

## Comparison and Analysis of Resource Usage for Open Source Server Virtualization Techniques

Sung-Jae Jung\*, Kyung Sung\*\*, Yu-Mi Bae\*\*\*

## ABSTRACT

Recently there has been a great interest in system configuration on and cloud computing using server virtualization techniques. Existing open source server virtualization techniques have been widely used due to their advantage of inexpensiveness. However, there has been almost no effort into analysis of the resource usage and performance for the virtualization. This paper presents a criterion of selecting an efficient sever virtualization technique through the comparison and analysis of the usage of CPU, memory and disk space when applying three most widely used open source server virtualization techniques, Xen, KVM and VirtualBox on an enterprise level Linux system.

Keywords : Server Virtualization, Resource Usage, Open Source, Cloud Computing, Xen, KVM, VirtualBox

---

\* (주)마이호스팅(✉posein@paran.com)

· 제1저자(First Author) : 정성재 · 교신저자(Correspondent Author) : 배유미

· 접수일(2011년 2월 21일), 수정일(1차 : 2011년 3월 21일), 게재확정일(2011년 3월 25일)

## 1. 서론

서버 가상화(Server Virtualization) 기술은 하나의 물리적 시스템에 여러 대의 가상 서버들을 생성하여 마치 여러 대의 서버가 운영되는 효과를 내는 기술이다. 초기에는 여러 운영체제를 동시에 사용하는 목적이었으나 최근에는 응용프로그램 및 미들웨어(Middleware)분야까지 그 사용 범위가 넓혀졌으며, 하드웨어적 대상도 가상 메모리, 가상 I/O 및 에뮬레이션 등에서 애플리케이션 및 서브시스템의 가상화로 확대되어 다수의 애플리케이션, 서버 시스템 또는 미들웨어 스택들이 하나의 운영체제의 통제 하에 수행되는 수준으로까지 발전하였다[1]. 가상화 기술은 클라우드 컴퓨팅(Cloud Computing)의 핵심 기반 기술로서 IT자원을 서로 공유하고 유휴 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 장점으로 서버나 시스템 구성시 보편화되어가고 있는 실정이다. 그러나, 서버 가상화 구성시의 장점만 부각될 뿐, 서버 가상화 구성시의 자원 소비 및 사용 가능한 자원 사용량의 변화에 대한 분석은 전무한 실정이다.

본 논문에서는 리눅스 기반 오픈 소스(Open Source) 서버 가상화 기술인 Xen, KVM, VirtualBox를 설치하고 내부의 가상 머신을 생성하여 자원의 변화량을 분석하고자 한다[2]-[6]. 이러한 분석을 통하여 서버 가상화 구성시의 고려 사항을 분석하여 실제 적용 환경에 따라 최적화된 서버 가상화 기술을 선택할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

## II. 성능 분석을 위한 환경 구축

### 2.1 구성 방안

한 대의 물리적 서버에 비용 부담이 없는 공개 소프트웨어인 엔터프라이즈 리눅스 CentOS 5.5 버전을 설치하고, 오픈 소스 가상화 분야에서 가장 널리 사용되

는 Xen, KVM, VirtualBox를 설치하여[7]. 각각의 가상화 프로그램을 기반으로 4대의 가상 머신을 생성한 뒤에 CPU의 유휴자원 및 RAM의 사용량 변화 등을 분석한다.

### 2.2 시스템 설계 및 구성

#### 2.2.1 하드웨어 구성 환경

x86 계열의 하드웨어를 기반으로 구축된 시스템의 기본적인 구성은 표 1과 같다.

표 1. 시스템 하드웨어 구성  
Table 1. The system Hardware configuration

CPU	Intel Xeon 5130 CPU 2.00GHz 64bit Processor
Main Board	Intel S5000VSA-SCSI
MEMORY	4GB(DDR2 667MHz ECC)
HDD	SAMSUNG 300GB Serial-ATA (Model: HD300LJ)
NIC	Intel 82563EB Dual Gigabit Ethernet
VGA	ATI ES1000 SVGA PCI

#### 2.2.2 가상화 구성도

본 논문에서 테스트하고자 하는 가상화 시스템은 그림 1과 같다. 호스트 운영체제에 CentOS 5.5를 설치하고 내부에 4개의 가상 머신을 생성한다. 내부의 가상 머신에도 CentOS 5.5를 설치하기 위해 메모리는 각 512MB씩 할당하고, 디스크 용량은 20G씩 이미지 파일 형태로 생성한다.

호스트 운영체제 설치시 파티션 분할은 /, swap 만 분할하고 Xen, KVM, VirtualBox에서 생성되는 가상 머신의 이미지 파일 보관을 위해 별도의 파티션을 할당하여 설치한다.

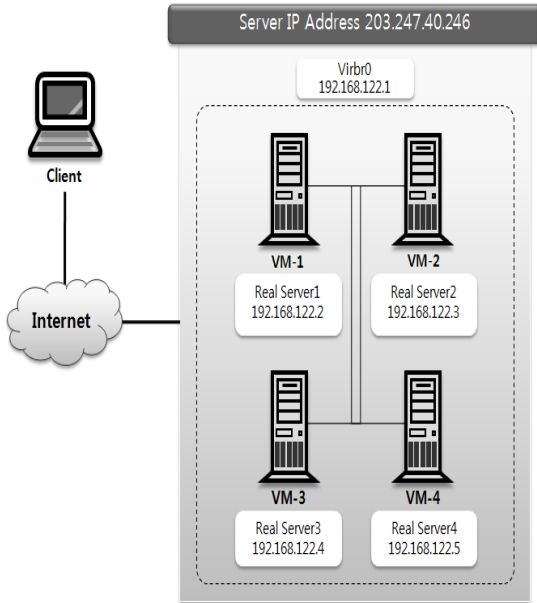


그림 1. 가상화 시스템 구성도  
Fig. 1. Virtualization system configuration

표 2. 호스트 운영체제의 파티션 분할

Table 2. Partitioning of the host operating system

/	15GB
swap	4GB
/xen	90GB // Xen 이미지 파일 보관
/kvm	90GB // Kvm 이미지 파일 보관
/vbox	90GB // VirtualBox 이미지 파일 보관

### 2.2.3 가상 머신 생성

Xen, KVM, VirtualBox를 통해 생성되는 가상 머신의 개수는 4개로 하고 설치되는 운영체제도 호스트 운영체제와 마찬가지로 CentOS 5.5로 한다. 각각의 가상 머신에 메모리는 512MB를 할당하고, 디스크 용량은 20GB를 할당한다. 파티션 분할은 /는 18GB, swap은 2GB를 할당하고, 기본 설치 후 자원의 사용률을 분석한다.

## III. 자원 사용량 분석

### 3.1 개요

가상화 프로그램은 CentOS 5.5 기반으로 yum이라는 업데이트 서비스를 통해 설치되는 버전을 기준으로 한다. 자원 분석은 기본 부팅시의 상태, 가상 장치 관리자 실행시의 상태, 설치된 가상 머신의 운영체제를 하나씩 부팅한 후의 상태를 차례로 분석한다. 분석의 대상은 CPU와 메모리가 주된 비교대상으로 CPU의 idle자원과 RAM의 남아있는 용량을 가지고 비교 분석하도록 한다. 점검하는 시점은 가상 머신의 게스트 운영체제를 X-window 모드로 부팅하고, root 사용자로 로그인한 후에 검사한다. CPU는 sysstat패키지의 mpstat 명령을 이용하여 통계를 내서 검사하고, 메모리는 free 명령을 이용하여 버퍼 및 캐시로 사용되는 메모리량을 뿐 실 사용량을 검사하여 비교 분석한다. 추가적으로 가상 머신의 디스크 사용량도 살펴보도록 한다[8][9].

### 3.2 메모리 사용량 분석

메모리 사용량 분석은 상황별로 세분화하여 점검할 수 있다. 먼저 부팅한 직후의 메모리 상태를 "free -m" 명령을 이용하여 검사한다. Xen은 젠커널로 부팅한 후의 상태를 점검하고 KVM과 VirtualBox는 해당 모듈을 커널에 포함시킨 후 점검한다.

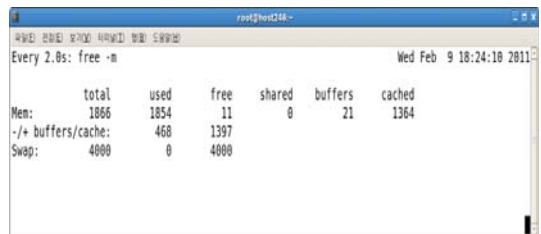


그림 2. Xen의 메모리 검사  
Fig. 2. Xen's Memory Test

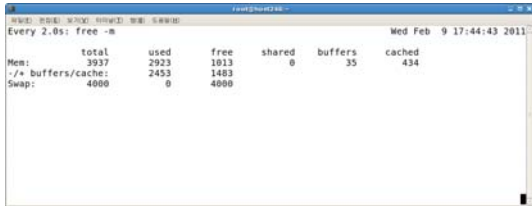


그림 3. KVM의 메모리 검사  
Fig. 3. KVM's Memory Test

또한 가상 장치 관리자를 실행한 경우와 가상 머신을 1번부터 4번까지 실행한 후의 메모리 상태를 각각 비교한다.

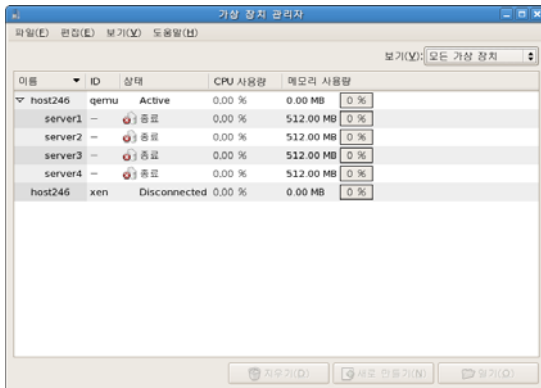


그림 4. Xen & KVM 가상 장치관리자  
Fig. 4. Xen & KVM's Virt-Manager

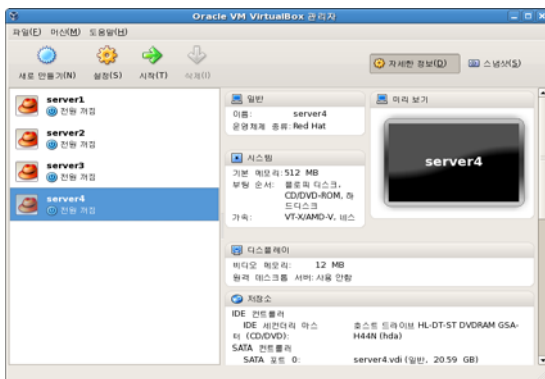


그림 5. VirtualBox 관리자  
Fig. 5. VirtualBox Manager

Xen과 KVM은 동일한 가상 장치 관리자를 사용하고, VirtualBox는 독자적인 별도의 관리자 프로그램을 사용한다[10]. 상용 프로그램에 가까운 VirtualBox는 Xen과 KVM에서 사용하는 가상 장치 관리자에 비해 화려한 디자인과 가상 머신별로 “미리 보기” 할 수 있는 기능을 제공한다. 메모리 표시의 특징을 보면 Xen은 가상 머신에 할당된 메모리를 전체 메모리에서 제외하고 표시되지만, KVM과 VirtualBox는 전체 메모리 표시에 변함없이 사용량만 증가되는 형태로 보여진다. 상황에 따라 비교한 결과를 보면 항목별 10MB 내외의 오차가 있지만 다음의 표 3과 같은 수치를 얻을 수 있다.

표 3. Xen, KVM, VirtualBox의 메모리 사용량  
Table 3. Xen, KVM, and VirtualBox's memory usage

	Xen			KVM			VirtualBox		
	Total	Used	Free	Total	Used	Free	Total	Used	Free
Booting	3584	363	3220	3937	204	3733	3937	208	3729
Manager	3584	390	3193	3937	233	3703	3937	220	3716
VM-1	3441	412	3028	3937	787	3149	3937	832	3104
VM-2	2916	432	2483	3937	1343	2593	3937	1443	2493
VM-3	2391	452	1938	3937	1897	2039	3937	2052	1885
VM-4	1866	468	1397	3937	2453	1483	3937	2658	1279

Xen으로 부팅하면 기본 메모리 사용량이 150MB정도 증가된다. 또한 가상 장치관리자에서 보면 Domain-0이라는 것이 보이는데, 가상화를 위한 호스트가 동작하는 환경을 의미하고 가상 머신 생성과 상관없이 전체 메모리에서 약 350MB를 소모한다. 물론 가상 머신을 하나 생성하면 실제 지정한 용량에서 빠지므로 소모되는 용량이라고 볼 수 없다. 그러나, 가상 머신을 생성하지 않은 상태에서 쉘 커널로 부팅한 경우 모듈 방식을 사용하는 방법과 비교했을 때 대략적으로 500MB내외의 메모리 소모가 발생한다.

내부에 생성한 가상 머신 4개를 동작 시켰을 때의 메모리 사용량을 비교해보면 KVM이 가장 효율적인 것을 알 수 있다. KVM은 Xen과 비교해서는 100MB 정

도, VirtualBox와 비교해서는 200MB 정도의 효율성이 좋은 것으로 나타났다. VirtualBox는 화려한 디자인과 좀 더 나은 기능을 제공하지만, 내부의 가상머신이 늘어날수록 상대적으로 많은 메모리를 차지한다.

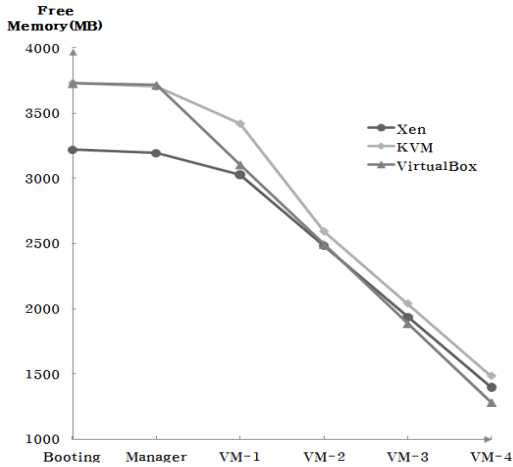


그림 6. 메모리 사용량 비교 그래프  
Fig. 6. Comparison graph of memory usage

### 3.3 CPU 자원 분석

CPU의 자원 분석은 sysstat패키지의 mpstat명령을 이용하여 남는 자원의 idle 값을 분석한다. CPU는 메모리와 다르게 항목별 분석이 아닌 가상 머신 4개를 전부 동작 시켰을 때의 idle 값을 분석한다.

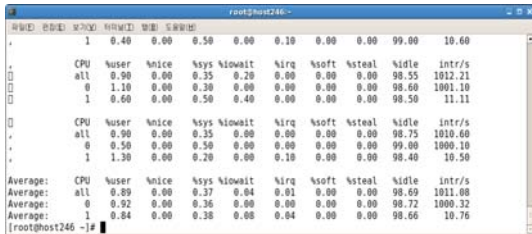


그림 7. mpstat를 이용한 분석  
Fig. 7. Analysis using mpstat

항목별 분석은 일반적인 오차라고 볼 수 있는 1%내외의 수치 차이를 보이므로 최대한 많은 자원을 사용했을 때의 수치를 계산하여 평균을 낸다. Xen, KVM, VirtualBox의 idle 값의 결과는 다음의 표 4와 같다.

표 4. CPU의 idle 값 비교  
Table 4. Comparison of CPU idle Value

	Xen	KVM	VirtualBox
idle 평균값	96.55%	98.62%	93.28%

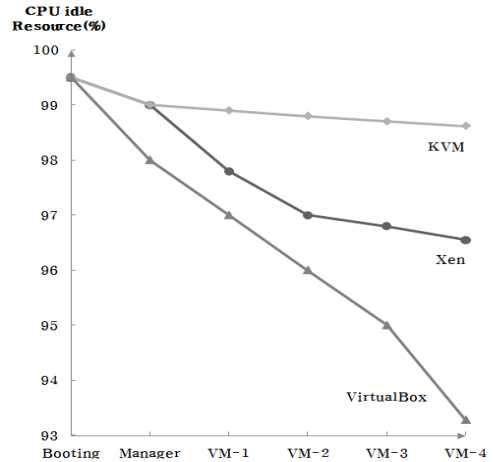


그림 8. CPU 유휴자원 비교  
Fig 8. Comparison of CPU idle resource

CPU의 자원 역시 KVM이 가장 효율적으로 조사되었다. 4대의 가상 머신을 구동했을 때를 비교해보면 KVM은 Xen에 비해 평균 1~1.5%, VirtualBox에 비해서는 3~5% 정도의 CPU 자원을 덜 소모하는 것으로 조사되었다. 특히 VirtualBox는 Xen 및 KVM과 비교했을 때 %user이라는 응용프로그램에서 사용하는 자원과 %sys라는 커널에서 사용하는 자원이 두 개의 프로그램에 비해 현저히 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

### 3.4 디스크 사용량 분석

Xen이나 KVM은 가상 머신의 디스크 용량 지정시 20G를 할당하면 20GB의 이미지 파일을 생성하는 형태를 취하게 된다. 그러나, VirtualBox는 이러한 “고정 크기 저장소” 방법 이외에 “동적 크기 저장소”라는 하드 디스크 저장 방법을 추가로 선택할 수 있어서, 20G를 할당하였다고 하더라도 실제 설치되는 용량이 4GB면 일단 디스크를 4GB만 사용하고 지정된 크기까지 증가되도록 해주는 유연한 방법을 제공한다. 하드 디스크의 효율성면에서는 VirtualBox가 Xen과 KVM 보다는 낫다고 볼 수 있다.

```

root@host246:~# ls -l /xen /kvm /vbox
/kvm:
total 15675096
drwx----- 2 root root    16384 Feb  7 17:53 lost+found
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:33 server1.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:33 server2.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:34 server3.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:34 server4.img

/vbox:
total 15418444
drwx----- 2 root root    16384 Feb  7 18:00 lost+found
-rw-----  1 root root 3984678912 Feb 12 19:05 server1.vdi
-rw-----  1 root root 3980792832 Feb 12 19:05 server2.vdi
-rw-----  1 root root 3971047424 Feb 12 19:05 server3.vdi
-rw-----  1 root root 3916521472 Feb 12 19:05 server4.vdi

/xen:
total 16270740
drwx----- 2 root root    16384 Feb  7 17:52 lost+found
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:05 server1.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:05 server2.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:05 server3.img
-rwxr-xr-x  1 root root 20971520000 Feb 12 18:05 server4.img
    
```

그림 9. 디스크 사용량 비교  
Fig 9. Comparison of disk usage

되었다. CPU의 자원 사용도 다른 가상화 기술에 비해 최소 1~2%, 최대 5%까지 덜 사용하였고, 메모리도 100~200MB 이상 절약되는 것으로 조사되었다. VirtualBox가 디스크의 효율성, 수려한 디자인과 몇몇 뛰어난 기능을 제공하지만, 최소 4대 이상의 가상 머신을 구성하는 서버 가상화에서는 비효율적인 것으로 판단된다.

서버 가상화 기술을 선택할 경우에 가상화 방식, CPU지원, 게스트 운영체제 지원 등도 고려해야 하지만, 서버 가상화로 구성되는 내부 가상 머신의 대수가 많아짐에 따라 차지하는 CPU 및 메모리의 자원도 고려해야 된다고 생각된다.

오픈 소스 3대 가상화 기술인 Xen, KVM, VirtualBox를 비교해본 결과, 각 기술별로 장단점을 가지고 있지만, 자원 사용 측면에서는 현저한 차이가 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 분석한 내용을 토대로 서버 가상화 기술의 자원 사용량을 고려하면 좀 더 적합하고 효율적인 서버 가상화 기술을 선택할 수 있으리라 여겨진다.

## IV. 결론

서버 가상화 기술을 이용한 클라우드 인프라를 구축이 보편화되고, 중소기업에서도 서버 가상화 기술을 이용한 시스템 구성과 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 대기업뿐만 아니라 중소기업에서도 비용 부담없이 구성할 수 있는 오픈 소스 가상화 기술들이 많이 존재하지만, 가상화 구성시의 자원 분석은 전무한 실정이다. 본 논문에서 가장 많이 사용되는 오픈 소스 서버 가상화 기술들인 Xen, KVM, VirtualBox의 자원 사용량 분석결과 KVM이 가장 효율적인 것으로 조사

## 참고문헌

- [1] A white paper from IBM, “가상화 기술백서- IBM Systems Agenda 와 가상화 엔진을 중심으로”, pp. 10-13, 2006.
- [2] Xen, <http://www.xen.org>
- [3] KVM, <http://www.linux-kvm.org>
- [4] Oracle VirtualBox, <http://www.virtualbox.org>
- [5] 정성재, 배유미, 소우영, 성경, "x86시스템에 최적화된 서버 가상화 연구", 한국지식정보기술학회, 제 5권, 제 5호, pp. 131-139, 2010년 10월.
- [6] Ian Pratt, Stephen Spector, "Xen Virtualization", 한국정보과학회, 제 26권, 제 10호, pp. 14-18, 2008년 10월.

- [7] CentOS, <http://www.centos.org>
- [8] Procps, <http://procps.sourceforge.net>
- [9] sysstat, <http://sebastien.godard.pagesperso-orange.fr/>
- [10] Virtual Machine Manager, <http://virt-manager.org>

## 저자소개



### 정성재 (Sung-Jae Jung)

1998년 한남대학교 컴퓨터공학과 학사  
2003년 한남대학교 컴퓨터공학과 석사  
2005년 한남대학교 국제IT교육센터  
전임강사  
2011년 한남대학교 컴퓨터공학과 박사

2010년~현재 마이호스팅 기술이사

※ 관심분야: 리눅스, 정보보호, 서버 가상화, 운영체제,  
클러스터링, 서버 최적화, 부하분산 등



### 성 경 (Kyung Sung)

2003년 한남대학교 컴퓨터공학과 박사  
1994년 동해대학교 컴퓨터공학과 교수

2004년~현재 목원대학교 컴퓨터교육과 교수

※ 관심분야: 정보보호 및 정보관리, 컴퓨터네트워크, 신  
경희로망, 컴퓨터교육



### 배유미 (Yu-Mi Bae)

2005년 한남대학교 컴퓨터멀티미디어  
학과 학사  
2007년 한남대학교 정보기술학과 석사

2008년~현재 한남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

※ 관심분야: 리눅스, 정보보호, 서버 가상화, 운영체제,  
멀티미디어, 웹 디자인 등