

# 데이터센터 서버 통합(Consolidation)을 위한 가상화(Virtualization) 기술 동향

안창원\* 김진미\*\*

서버 통합(Server Consolidation) 기술은 IT 환경을 보다 유연하면서도 강인하게 만들어 주는 기술이다. 여러 개의 컴퓨팅 환경을 단일 서버로 통합함으로써, 시스템 활용도를 극대화하여 더 적은 자원으로 더 많은 업무를 처리할 수 있게 해 준다. 동일한 작업에 대하여 더 적은 시스템으로 대응할 수 있기 때문에, 불필요한 서버의 증설을 막아 IT 인프라를 단순화하고, 그에 수반되는 시스템 자원에 대한 관리 비용을 절감할 수 있다. 이는 IT 인프라를 기반으로 기업이 양질의 서비스를 제공하고, 유휴 자원으로 새로운 서비스를 창출할 수 있음을 의미한다. 시스템 복구 시간을 수일에서 수분으로 줄여 기업업무의 가용성 및 연속성을 제고하여 서비스 중단으로 인한 비용과 위험을 최소화 한다. ☐

목	차
---	---

- I. 서 론
- II. 서버 통합 기술 구분 및 분석
- III. 서버 통합 기술 비교
- IV. 결 론

## I. 서 론

전형적인 IT 조직은 예산의 70~80%를 기존 시스템과 애플리케이션의 관리비용으로 소비한다. 대부분의 데이터센터는 활용도가 낮은 수많은 서버들 때문에 값비싼 컴퓨팅 자원을 낭비하고 있으며, 더구나 이들 유휴 자원을 관리하기 위하여 불필요한 시스템 관리 비용을 지불하고 있는 셈이다.

얼마 전까지만 해도 IT 조직들은 하나의 서버에 하나의 애플리케이션을 운용하여 왔다. 이는 자원 배치 문제를 단순화하고, 소프트웨어 간 충돌을 회피하기 위한 방편으로, 비용대비 효과적인 전략으로 여겨져 왔다.

그러나 과거 10여 년 동안 서버의 수는 무려 150배 가량 증가하였고, 이와 관련된 관리 비용 역시 폭증하였다[1].

\* ETRI 공개 SW 솔루션연구팀/선임연구원  
\*\* ETRI 공개 SW 솔루션연구팀/책임연구원

가상화(Virtualization)는 시스템 자원에 대한 기존 사고의 틀을 깨는 인식의 전환(Paradigm Shift)이다. 이로 인하여 하나의 시스템에 하나의 운영체제라는 틀에 더 이상 얽매일 필요가 없다. 하나의 시스템에 하나의 운영체제라는 틀은, 서비스 필요에 따라 유연하게 대응할 수 없는 고착화된 유희자원을 필연적으로 발생시킨다.

서버 통합은 서로 다른 운영체제와 애플리케이션을 운용하는 여러 서비스 실행 환경을 하나의 강인한 플랫폼에 통합하여 운영할 수 있게 함으로써, IT 인프라 구축 및 운영 비용을 절감시킨다. 서비스를 제공하기 위해 추가로 구축해야 하는 서버의 증설을 막고, 그에 따른 시스템 자원 관리와 할당문제를 손쉽게 해결하는 방안으로 관심을 끌고 있다.

오늘날 IT 인프라 담당자는 윈도우즈, 리눅스, 솔라리스 등과 같은 운영체제에서 운용 가능한 여러 가지 자원 가상화 및 자원 통합 및 격리(Consolidation or Containment) 방법을 고려하기 시작하였다[2]. 계산용이나 비즈니스 서비스용 그리드 아키텍처를 구현함에 있어, 산·학·연 모두 가상화를 핵심 기술로 다시금 주목하고 있으나[3], 여전히 용어와 기술에 대한 혼동이 존재하며, 가상화 솔루션 간 장단점에 대한 정확한 이해가 부족한 실정이다.

‘가상화’는 컴퓨팅 분야에서 매우 광범위하고 다양하게 적용되고 있는 개념이다. 본 고에서 언급하는 가상화는 데이터센터 인프라를 관리하기 위해 다시 각광을 받고 있는 서버 통합 기술 범주를 의미한다.

## II. 서버 통합 기술 구분 및 분석

가상화 기술은 한마디로 물리적인 구현물로부터 시스템 구조와 하드웨어 및 소프트웨어 자원에 대한 사용자 인식을 분리하는 것이라고 할 수 있다.

가상 머신의 핵심 요소는 물리적인 하드웨어와 소프트웨어 실행환경 사이에 존재하는 VMM (Virtual Machine Monitor)으로, 상위 소프트웨어 계층에 대해서는 제어가 가능하고 동시에 투명한 우회층을 제공하고, 하위 하드웨어 계층에 대해서는 자원의 효율적인 활용이 가능한 우회층을 제공한다. VMM의 기능과 역할은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 하드웨어 환경 에뮬레이션(Emulates a complete hardware environment)
- 실행환경 격리(Isolate execution in each VM)
- 시스템 자원 할당(Allocates platform resources-processing, memory, I/O, storage)
- 소프트웨어 스택 보존(Encapsulates software stacks including the OS and state information)

### 가. 서버 통합 기술의 역사

‘하이퍼바이저(Hypervisor)’라고도 불리는 VMM은 1970년대 초반에 소개되었으며, IBM 370 메인 프레임 시리즈와 함께 상업적인 성공을 거두었다. 서버 통합 기술로 인해 여러 개의 운영체제를 동시에 메인 프레임 컴퓨터에 운용하여, 기존 소프트웨어의 수정 없이 고가의 하드웨어 자원을 공유할 수 있게 되었다[4].

1980년대와 1990년대 초에는 저가 미니컴퓨터와 PC의 발전으로 서버 통합에 대한 요구가 줄어들었으나, 여전히 VM/386과 같은 VMM과 PC에 적용 가능한 하드웨어 지원 기술(V8086 mode)이 존재하였다. 1990년대 후반 가상 PC와 VMware사의 워크스테이션 및 서버용 제품이 등장하면서, 실용적이고 일반적인 VMM이 상품화 되었다.

서버는 가격대비 성능이 과거 십여 년 전에 비하여 비교할 수 없이 향상되었으나, 보안 문제와 시스템 고장 문제 외에도 최근에는 시스템 유지, 지원, 운용 등의 비용이 급격히 증가하고 있어, 서버 통합(Consolidation)이 주요 이슈로 부각되고 있다. 이러한 현상이 서버 통합 기술을 새롭게 조망하게 하는 주된 이유가 되고 있으며, 특히 기업과 연구소는 서버 통합 기술을 보안과 가용성을 개선하기 위한 해결 방안으로 여기고 있다.

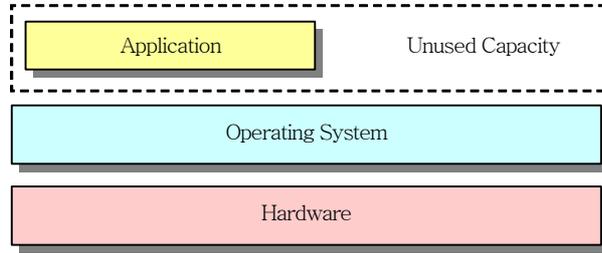
오늘날 VMware 또는 마이크로소프트사의 상용 제품뿐만 아니라 FOSS(Free/Open Source Software) 진영에서도 Xen[5], OpenVZ[6], VirtualBox[7] 등을 활발히 개발하고 있다. 또한 서버 환경은 물론 데스크탑 환경에서도 윈도우즈와 리눅스 등 복수의 운영체제를 운영하기 위하여 사용되고 있다.

### 나. 하드웨어 기반 서버 통합 기술

응용 애플리케이션에 대한 평균적인 부하와 최대 부하는 항상 변동하며, 동시에 예측 불가능하다. 이런 상황에서 서버의 활용도가 낮은 것은 매우 보편적인 현상이며, 그 결과 기업들은 필요 이상의 시스템 구축에 비용을 허비하게 된다.

대부분의 서버가 요구하는 용량보다 과대 계상되어 구축되고 있으며, 이는 일반적인 시스템의 평균 활용도가 5~15%에 머무르는 현상의 주요 요인이 되고 있다. 한편, 특정 서버가 처리해야 할 작업 부하가 높을 때에도 이를 해결할 수 있는 다른 시스템의 유휴 자원을 쉽게 활용할 수 없다는 것도 단일 컴퓨팅 환경이 안고 있는 문제점으로 볼 수 있다.

(그림 1)은 전형적인 단일 컴퓨팅 환경을 보여준다. 서버에 단일 운영체제가 탑재되어 모든 하드웨어 자원을 제어하고 있다. 이와 같이 단순한 접근 방법으로 인해 서버 수는 증가하여, 서버를 설치할 공간, 소요 전력, 그리고 발열로 인한 문제가 발생하며, 자원의 활용도는 낮아지고,



(그림 1) 단일 컴퓨팅 환경

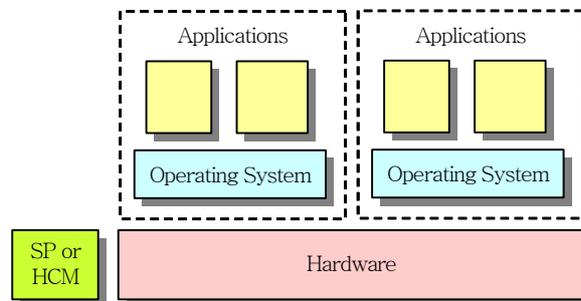
자원에 대한 효과적인 관리는 점점 더 어려워진다.

하드웨어 및 소프트웨어 관련 기술은 점점 발전하여, 앞에서 언급한 거의 모든 문제들을 어떤 형태로든지 ‘통합 및 격리(consolidation and containment)’를 통하여 해결할 수 있게 되었다.

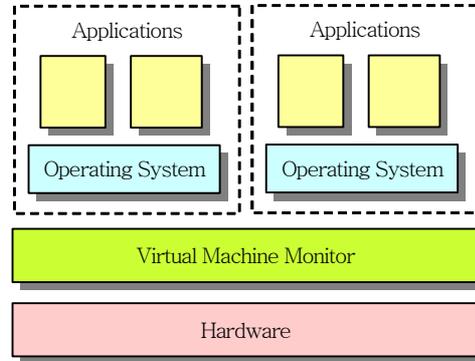
‘격리(Containment)’는 개념적인 것으로, 경계 밖으로 물질이나 영향이 확산되는 것을 방지하는 것을 의미하며, 컨테이너(container)는 ‘격리’ 개념을 구현한 것으로 볼 수 있다. 이를 컴퓨팅 환경에 적용하면, 서버는 애플리케이션 수행 환경에 대한 일종의 ‘격리된 공간’으로 정의할 수 있다.

서버의 경계는 애플리케이션이 다른 시스템에 영향을 끼치는 것을 막으며, 동시에 수행중인 애플리케이션을 외부의 영향으로부터 보호하는 역할을 한다. 이러한 경계는 하드웨어 기반 또는 소프트웨어 기반으로 구현할 수 있는데, 예를 들면, 하드웨어 기반 서버 분할 방법은 IBM의 ‘PPARs,’ 쉐어의 ‘Dynamic System Domains’ 등이 있고, 소프트웨어 기반 서버 분할 방법은 ‘VMware,’ ‘BSD Jails,’ ‘Microsoft Virtual Server 2005,’ ‘Xen’ 그리고 ‘Solaris Containers,’ ‘OpenVZ’ 등을 들 수 있다.

최초의 메인 프레임 컴퓨터는 형상이 매우 컸으며 고가였고 그 수가 상대적으로 적었다. 따라서 시스템의 활용도와 효율성은 매우 중요한 문제였기 때문에, 이러한 시스템은 복수의 운영



(그림 2) HCM 기반 서버 통합 컴퓨팅 환경



(그림 3) VMM 기반 서버 통합 컴퓨팅 환경

체제를 운용하여 동시에 많은 작업을 처리하도록 설계되었고, 그 결과 시스템 활용도가 90% 이상이 일반적이었다.

여러 개의 독립적인 수행 환경을 제공하기 위하여 메인 프레임 컴퓨터는 ‘하드웨어 구성 관리자(Hardware Configuration Managers: HCM)’ 또는 ‘하이퍼바이저’라고도 불리는 ‘가상 머신 모니터(Virtual Machine Monitors: VMM)’를 사용하였다.

(그림 2)는 ‘하드웨어 구성 관리자(HCM)’ 기반 서버 통합 컴퓨팅 환경을, (그림 3)은 ‘가상 머신 모니터(VMM)’ 기반 서버 통합 컴퓨팅 환경을 보여준다. ‘하드웨어 구성 관리자’와 ‘가상 머신 모니터’ 소프트웨어는 시스템 하드웨어를 복수의 격리 공간(또는 컨테이너)으로 분할하여 독립적인 애플리케이션 수행 환경을 제공한다.

가상화라는 용어는 물리적인 하드웨어 층을 추상화하여 상세 구현 내용을 가리기 때문에 사용되었다. 예를 들면, VMM 이 제어하는 컨테이너는 디스크, 네트워크 등과 같은 시스템 자원을 해당 디바이스와 직접 통신하지 않고 VMM 이 제공하는 인터페이스를 통하여 접근한다.

특별한 하드웨어 지원을 받는 경우, 컨테이너는 서로 격리되어 전력 공급, 하드웨어 구성, 부팅, 운용 등이 완전히 분리 독립된 수행환경을 제공할 수 있다. 1967 년에 소개된 IBM 의 VM/360 과 그 후속 모델인 VM/370 그리고 근래의 z/VM 시스템[8]과 썬의 Dynamic System Domains[9] 등이 대표적이다. 이렇게 구축된 컨테이너를 하드웨어 도메인 또는 하드웨어 파티션으로 부르고 있으며, 각각의 파티션은 서로 다른 운영체제를 탑재하여 운용할 수 있다.

서버 통합은 물리적인 자원을 공유하고 있는 단일 시스템에서 작업부하를 안전하고 효율적으로 관리하기 위한 것이다. 썬의 ‘Dynamic System Domains’와 IBM 의 ‘Dynamic Logical Partitions(LPARs)’은 자원 관리와 파티션 재구성 기능을 제공한다. 시스템의 활용도를 높이기 위하여 부하에 따라 시스템 자원을 파티션 간 자유롭게 재할당할 수 있어야 하는데, ‘동적 재할

당'의 의미는 운영체제나 애플리케이션의 종료 없이 시스템 자원을 재구성하는 것을 의미한다.

운영체제와 애플리케이션은 개별 파티션에 격리되어 운용되기 때문에 같은 물리적 서버에서 운용되긴 하지만, 분리되어 있는 하드웨어 서버에서 운용되는 것과 동일한 효과를 보인다. 한 파티션에서 발생하는 자원 소비, 애플리케이션의 비정상적인 동작, 보안 문제, 그리고 하드웨어 결합 등은 일반적으로 다른 파티션에 영향을 주지 않는다.

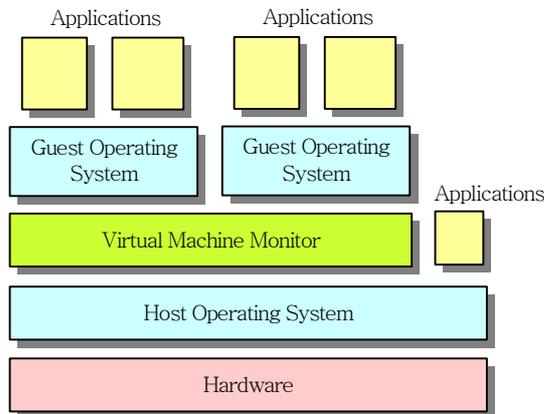
다. 소프트웨어 기반 서버 통합 기술

하드웨어 기반 서버 통합은 1960 년대와 1970 년대의 초창기 메인 프레임 컴퓨터부터 오늘날의 엔터프라이즈급 서버에 이르기까지 적용되고 있으나 대부분 범용 시스템이 아닌 하드웨어 파티션 기능을 지원하는 특화된 시스템을 대상으로 하고 있다.

최근 상용제품 또는 오픈소스 진영에서 소프트웨어 기반 서버 통합 솔루션이 등장하였다. 이러한 솔루션은 범용 하드웨어를 대상으로 하기 때문에 데스크탑, 워크스테이션, 중형 컴퓨터 및 엔터프라이즈급 서버 등 대부분의 시스템에서 운용 가능하다.

VMware 'ESX Server'[10] 등과 같은 소프트웨어 기반 서버 통합 솔루션은 (그림 3)의 VMM 지원 서버 통합 환경을 제공하지만 특별한 하드웨어 사양을 요구하지 않는다. (그림 4)는 VMM 을 탑재한 소프트웨어 기반 서버 통합 솔루션의 일반적인 아키텍처를 보여준다. 이러한 솔루션은 일차적인 운영체제가 하드웨어 상에서 구동되고, VMM 은 운영체제 하의 하나의 애플리케이션으로 동작한다. VMM 탑재 서버 통합 솔루션의 대표적인 실례로는 'VMware Workstation'[11] 과 'Microsoft Windows Virtual Server 2005'[12]를 들 수 있다.

모든 서버 통합 솔루션이 VMM 을 필요로 하지는 않는다. VMM 은 기생하고 있는 운영체제



(그림 4) VMM 탑재 소프트웨어 기반 서버 통합 컴퓨팅 환경

(guest OS) 코드를 재구성(redirect 또는 rewrite)하며, 특히 기생 운영체제의 특정 명령을 가로채어 재구성할 경우에는 상당한 CPU 자원을 소모한다.

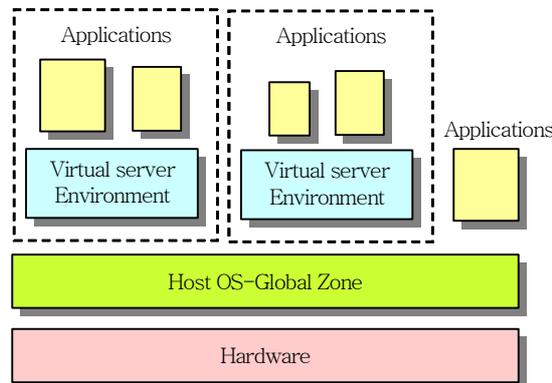
운영체제의 일차적인 역할은 프로세스를 효율적으로 관리하는 것이다. 운영체제는 CPU, 메모리, I/O 등 시스템 자원을 할당하여 자원을 사용하는 프로세스의 실행을 위해 최소한의 실행 보장을 설정한다. 만약 프로세스와 그에 필요한 자원을 정의하고, 독립된 수행환경을 제공할 수 있다면 서버 통합은 독립된 VMM 을 사용하지 않고도 실현 가능하다.

이러한 형태의 서버 통합은 ‘운영체제 가상화[13]’라고 불리우며, Solaris Containers[14], Virtuozzo[15] 등을 채택하였다. 솔라리스 운영체제에서, 가상 서버 환경은 ‘Zone’으로 일컫는 컨테이너로 구현되었다. Zone 은 자신의 영역과 시스템 내 다른 영역과의 상호 영향이 제한된 서버 운용 환경을 담은 격리 공간의 한 형태라고 할 수 있다.

컨테이너는 특정 서비스를 제공하기 위한 격리된 환경으로 서비스는 한 덩어리로 관리되는 일련의 프로세스 군으로 정의할 수 있으며 Zone 은 가상 서버를 구현하는 일련의 프로세스 또는 서비스라고 할 수 있다.

(그림 5)는 솔라리스의 컨테이너 개념을 보여준다. 솔라리스 운영체제는 하드웨어에서 직접 운용되며 시동 프로세스, CPU, 메모리, host bus adapter, 네트워크 인터페이스 카드, 저장장치, 장치 구동 드라이버 등을 초기화한다. 단 하나의 운영체제가 하드웨어 상에서 운용되며 ‘광역(Global) Zone’의 역할을 담당한다.

시스템 운영자는 가상 서버 환경을 제공하는 복수의 비광역 Zone 을 정의한다. 비광역 Zone 은 사용자, 애플리케이션, 개발자, Zone 운영자 등 모든 사용자가 볼 수 있으며, 독자적인 호스트명, IP 주소, 프로세스와 네임스페이스, root, 사용자 명과 패스워드, 네트워크 디바이스, 그리



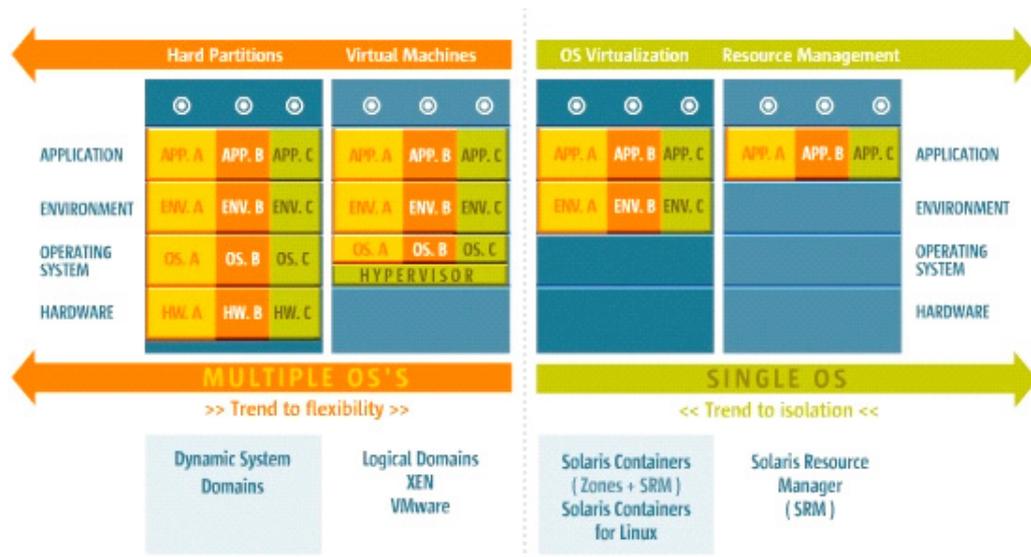
(그림 5) 컨테이너 지원 서버 통합 컴퓨팅 환경

고 파일시스템을 모두 갖춘 서버 환경을 제공한다[16].

비광역 Zone 을 정의할 때, 시스템 자원 할당을 어떻게 할 것인가가 중요한 문제로 부각된다. 자원은 광역 Zone 과 공유할 수도 있고, 특정 Zone 이 전용할 수 있도록 할당할 수도 있다. 예를 들면, 다수의 네트워크 인터페이스를 가진 서버의 경우, 하나의 인터페이스를 특정 Zone 이 배타적으로 사용할 수 있도록 할당하고, 그 외 다른 네트워크 인터페이스는 기타 Zone 들이 공유하도록 설정할 수 있다.

### III. 서버 통합 기술 비교

지금까지 대부분의 서버 통합 기술 종류를 살펴보았다. (그림 6)은 지금까지 다루어온 서버 통합 기술을 가상화 수준에 따라 구분하여 보여준다.



(그림 6) 서버 통합 기술 구분

가상화 수준의 정도에 따라 하드웨어 분할(Hardware Partition), 가상 머신(Virtual Machine), 운영체제 가상화(OS Virtualization) 등으로 구분할 수 있다. 목적에 따라 가상화 기술과 수준을 선택하여, 가상 머신 간 시스템 자원 할당 작업 관리, 서버 작업 부하 통합, 미성숙하거나 위험한 애플리케이션 시험 운용, 유연한 개발/시험 환경 등을 제공할 수 있다.

이상의 서버 통합 기술 또는 접근 방법 중 하나를 선택하기 위해서는 각각의 장단점을 살펴

보는 것이 중요하다.

### 1. 플랫폼 가용성

VMware 는 x86 과 x64 프로세서에서 운용되는 32 비트 애플리케이션만을 지원한다. ‘Solaris Containers’는 x86, x64, 그리고 ‘UltraSPARC’ 프로세서 상에서 운용되고, IBM’s LPARs 는 오로지 IBM Power 칩 기반 서버와 메인 프레임에서만 활용 가능하다.

### 2. 성능

시스템 오버헤드가 중요한 이슈라면, VMware 와 LPARs 선택 대상에서 제외된다. 소프트웨어 구조에서 소프트웨어 층과 다른 운영체제 커널은 추가적인 시스템 오버헤드를 초래하여 시스템 성능을 떨어뜨린다.

### 3. 관리용이성

데이터센터 관리가 주요 쟁점이라면, 운영체제를 통일하는 것이 유리하다. 따라서 소프트웨어 기반 솔루션 중 운영체제 가상화를 적용하는 것이 바람직하다. 이와는 대조적으로 VMware 와 LPARs 는 주로 데이터센터의 다양성에 초점을 두며, 이는 상당한 관리 비용이 증가하게 된다.

### 4. 소프트웨어 문제 격리

발생한 소프트웨어 결함을 격리하는 것이 주된 관심사라면, 발생한 문제를 관측할 수 있는가를 따져 보아야 한다. VMware 기생 운영체제에서 운용되는 애플리케이션이 비정상적으로 동작하는 경우, 전체 플랫폼과 관련하여 운영체제에서 어떤 상황이 벌어지고 있는지 파악하기가 쉽지 않다. 운영체제 가상화의 경우, 광역 Zone 이 컨테이너에 격리되어 운용중인 애플리케이션의 동작과 하드웨어 자원의 상태를 모두 관찰할 수 있다.

### 5. 마이크로소프트 윈도 애플리케이션 실행

‘Microsoft’s Virtual Server 2005’[12]은 ‘Windows 2003 Server’ 운영체제에서 가상 머신을 생성한다. 이 방법은 ‘Windows 2003 Server’의 관리 도구나 성능 도구를 기생 운영체제 (Guest OS)와 일관되게 사용할 필요가 있을 때, 그리고 ‘Windows NT 4.0’ 환경에서 실행되는 애플리케이션이 다른 환경으로 포팅되지 않을 때 사용할 수 있는 방법이다.

VMware 또는 Solaris Containers 와 마찬가지로 Microsoft 의 가상 서버는 가상 네트워크, 가상 디스크 디바이스, 격리된 I/O 접근경로 등을 애플리케이션에 제공한다. Microsoft 는 ‘Virtual Server Migration Toolkit(VSMT)’을 제공하여 기존 윈도 애플리케이션을 가상 서버 환경으로 수정하는 것을 용이하게 한다.

#### IV. 결 론

지난 30 여 년간 컴퓨터 처리속도는 비약적으로 빨라졌고, 가격은 낮아졌다. 동시에 거의 모든 컴퓨터는 네트워크(LAN 또는 WAN)로 연결되어 가고 있다. 다수의 고성능 컴퓨터가 인터넷으로 연결된 상황에서 자원 가상화 기술을 적용할 새로운 가능성이 펼쳐지고 있다.

가상화 기술은 “컴퓨터 과학 분야의 모든 문제는 우회하는 방법으로 해결 가능하다[7]”는 명제를 증명이라도 하듯 보안, 성능 최적화, 시스템 관리, 신뢰성 문제를 해결하기 위하여 점점 더 많이 사용되고 있으며, 앞으로도 주요한 컴퓨터 시스템 문제를 해결하기 위하여 더 많이 활용될 것으로 보인다. 수십 년 전부터 개발되어 온 가상화 기술은 최근 들어 새로운 관심을 끌고 있다.

응용 서비스를 배치하고 제공하기 위해서는 필요한 서버 자원을 선택하고, 그 결과 구축된 서비스 제공 환경을 관리해야 하는데, 이러한 일들은 그리 쉬운 문제가 아니다. 대부분의 IT 관리자들은 개별 응용 서비스에 대하여 개별 독립 서버를 할당하는 손쉬운 방법을 택하고 있다. 그 이유는 단순하다. 단일 시스템에 여러 개의 서비스를 운용함으로써 야기될 수 있는 응용 서비스 간 상호 간섭을 원천 봉쇄하려는 것이며, 이는 적합한 하드웨어 서버를 개별 응용 서비스에 전담시킴으로 가능하다고 여기기 때문이다. 이는 애플리케이션과 사용자에 대한 불신으로 야기된 현상으로 “계란을 한 바구니에 담지 말라”는 위험 분산의 불문율을 충실히 따른 결과라고 볼 수 있다.

자원 가상화의 비약적 발전을 통해, 1980 년대와 1990 년에 수행된 분산시스템 연구 결과들 중 상당수를 예를 들면, 컴퓨팅 환경 이동(migration), 체크포인팅(checkpointing), 부하 분산(load balancing), 복제를 통한 중복(redundancy through replication), 그리고 그룹 통신(group communication) 등을 가상 머신을 활용하여 손쉽게 구현할 수 있게 되었다.

IT 인프라를 설계할 때 사용할 가상화 기술에 대한 선택은 매우 주요한 의사 결정 사항이 되어가고 있다. IT 관리자, CTO 및 CIO 는 이와 같이 발전해 가는 서버 통합 개념과 솔루션을 이해하고, 잠재적인 편익과 위험 등을 파악해야 한다. 안정적이고 체계적인 방법으로 서버의 폭증

을 막고, 시스템 자원의 활용도를 높이기 위하여 전반적인 전략을 수립할 때 하드웨어 기반 또는 소프트웨어 기반 서버 통합 솔루션은 필수적으로 고려되어야 한다.

### <참 고 문 헌>

- [1] T. Bittman, "The Future of Server Virtualization," Gartner Research Note, July 17, 2003.
- [2] Renato Figueiredo, Peter A. Dinda, and Jose Fortes, "Resource Virtualization Renaissance," IEEE Computer, May 2005.
- [3] Harry J. Foxwell, and Isaac Rozenfeld, "Slicing and Dicing Servers, A Guide to Virtualization and Containment Technologies," Sun BluePrints OnLine, October 2005.
- [4] Strong, Paul, Enterprise Grid Computing. ACM Queue, July/August 2005:  
<http://www.acmqueue.com>.
- [5] The Xen virtual machine monitor: <http://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/netos/xen/index.html>
- [6] OpenVZ, Server Virtualization Open Source Project: <http://openvz.org>
- [7] VirtualBox: <http://www.virtualbox.org>
- [8] VM History and heritage: <http://www.vm.ibm.com/history>
- [9] Dynamic Reconfiguration & Dynamic System Domains:  
[http://www.sun.com/servers/highend/dr\\_sunfire](http://www.sun.com/servers/highend/dr_sunfire)
- [10] VMware ESX Server 2.5: [http://www.vmware.com/products/server/esx\\_features.html](http://www.vmware.com/products/server/esx_features.html)
- [11] VMware Workstation 5: [http://www.vmware.com/products/desktop/ws\\_features.html](http://www.vmware.com/products/desktop/ws_features.html)
- [12] Microsoft Virtual Server 2005: <http://www.microsoft.com/windowsserversystem/virtualserver>
- [13] Operating System Virtualization, ideas International, Inc., July 13, 2005.  
[http://www.ideainternational.com/TTM\\_Sept\\_05.pdf](http://www.ideainternational.com/TTM_Sept_05.pdf)
- [14] Solaris Containers? What They Are and How to Use Them:  
<http://www.sun.com/blueprints/0505/819-2679.pdf>
- [15] "An Introduction to OS Virtualization and Virtuozzo," SWSOFT whitepapers, July 2006.
- [16] OpenSolaris Community Zones: <http://opensolaris.org/os/community/zones/>

---

\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.