
클라우드 컴퓨팅을 이용한 가상 컴퓨터 교육 시스템 설계 및 구현

이봉환*

Design and Implementation of a Virtual Computer Lab System using Cloud Computing

Bong-Hwan Lee*

이 논문은 2011년도 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업 및 한국산업기술평가관리원의
산업원천기술개발사업의 일환으로 수행된 연구 결과임

요 약

본 논문에서는 오픈 소스 클라우드 플랫폼인 OpenNebula 기반의 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하고 클러스터 노드에 설치되는 하이퍼바이저로 Xen을 이용하여 클라우드 가상화를 이용한 가상 컴퓨터 실습시스템을 설계하고 구현하였으며, 관리의 편의성을 제공하고자 웹기반 인터페이스를 개발하였다. 학기 중 주별로 정해진 강의 시간표에 따라 미리 준비된 이미지를 사용하여 사용자별 가상머신을 할당하면 사용자는 원격 데스크톱을 이용하여 구동된 가상머신에 접속하여 원하는 운영체제 및 어플리케이션 프로그램을 이용할 수 있게 된다. 본 시스템을 활용하면 기존의 컴퓨터 교육실습실의 업그레이드와 관리 비용 및 시간을 대폭 줄일 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, a cloud computing platform is designed and implemented based on an open source cloud platform, OpenNebula, and Xen hypervisor on each node for efficient computer lab system. For the purpose of convenient management, a web-based user interface has been developed for the cloud virtualization system. Once individual virtual machine is allocated to a user based upon class schedule, each user can access the virtual machine remotely and use appropriate operating system and application programs. The developed system can reduce computer lab upgrade cost, management cost, and administration time considerably.

키워드

클라우드 컴퓨팅, 가상머신, 오픈네블라, xen, 컴퓨터 교육시스템

Keywords

Cloud Computing, Virtual Machine, OpenNebula, Xen, Computer Lab

I. 서론

현재 대부분의 초·중·고 및 대학교 등에서는 컴퓨터 관련 교육을 위한 컴퓨터 실습실들을 운영하고 있다. 각 실습실에 있는 교육용 컴퓨터는 동일한 하드웨어 사양을 가지고 있으며, 동일한 운영체제(OS)와 소프트웨어가 설치되어 있다. 컴퓨터 실습실 관리는 관리자의 수작업을 통해 여러 대의 컴퓨터에 대한 환경설정, OS 및 소프트웨어 설치, 소프트웨어 및 하드웨어 업그레이드 등 반복 작업을 통해 이루어지고 있어, 많은 관리 비용과 시간이 소요된다.

또한, 한정되어 있는 컴퓨터 실습실에는 동일한 컴퓨터에 다양한 교육환경을 구성할 수밖에 없는 상황으로 하나의 컴퓨터 실습실에 여러 가지 소프트웨어와 OS가 설치되어 서로 다른 소프트웨어 간 충돌 등과 같은 소프트웨어 설치 및 운영상의 문제점을 야기하고 있다. 또한, 하드웨어 고장이 발생하거나 성능이 낮은 하드웨어를 개선하는데 IT 예산의 절반 이상을 소모하여 효율적인 재무적 유연성 확보에 어려움이 발생하고 있다[1]. 실습실을 이용하는 학생들은 한 학기동안 수업에 관한 개인 데이터를 이동식 하드디스크를 이용하여 관리하거나 지정된 컴퓨터를 계속 사용해야 하는 어려움이 따른다.

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 클라우드 컴퓨팅 기반의 컴퓨터 실습교육 시스템을 설계하고 구현하였다. 클라우드 컴퓨팅은 서로 다른 물리적 위치에 존재하는 다양한 도메인, 다양한 종류의 컴퓨팅 및 스토리지 자원을 통합하여 가상화된 고성능 컴퓨팅 자원 집합체를 구축하고 다수의 고객들에게 높은 수준의 확장성을 가진 IT 자원들을 온-디맨드(on-demand) 방식으로 제공하여 자원 효율성 극대화과 관리의 최소화라는 장점을 가지는 새로운 컴퓨팅 패러다임이다[2].

클라우드 컴퓨팅은 제공하는 서비스의 유형에 따라 SaaS (Service as a Service)[3], PaaS (Platform as a Service)[4] 및 IaaS (Infrastructure as a Service)[5] 등 세 가지로 구분할 수 있으며, 본 논문에서 구현한 가상머신 임대 서비스는 IaaS에 속한다[6]. 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하기 위하여 오픈 소스 클라우드 컴퓨팅 플랫폼인 OpenNebula[7, 8]를 이용하였으며, 물리적인 자원을 가

상화하는 하이퍼바이저로는 Xen[9]을 이용하여 클라우드 가상화를 이용한 가상 컴퓨터 실습교육 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 클라우드 컴퓨팅과 가상화 기술에 관련된 연구에 대하여 기술하고, 제 3장은 가상 컴퓨터 실습교육시스템 설계와 클라우드 컴퓨팅 환경 구축에 대하여 설명하며, 제 4장에서는 가상 컴퓨터 실습교육시스템 구현에 대하여 설명한다. 그리고 제 5장에서는 실험 및 성능 분석에 대하여 기술한다. 마지막으로 제 6장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

클라우드 컴퓨팅은 복수의 데이터센터를 가상화 기술로 통합하여 서버, 스토리지, SW 플랫폼, 프로그램 등과 같은 IT 자원들을 구매하여 소유하고 있지 않고 필요할 때 인터넷을 통해 서비스로서 사용자에게 온디맨드 방식으로 자원을 제공하는 기술이며 하드웨어, 소프트웨어 등의 설치, IT 인프라의 자원 유지에 대한 관리 비용을 절감하고 전력 소비를 감소시키는 최신 기술이다 [10, 11].

가상화 기술은 클라우드 컴퓨팅을 구성하는 물리적인 컴퓨팅 자원들을 논리적 자원들의 형태로 표시하는 기술이다. 서버 가상화란 하나의 서버에서 여러 개의 어플리케이션 및 미들웨어 그리고 운영체제가 동시에 서로 독립적으로 구동되는 것이다. 초기에는 가상 메모리, 가상 I/O, 에뮬레이터 등이 포함되었으나 이후에는 어플리케이션 및 서브시스템 가상화로 발전되어 왔다. 하드웨어 위에서 여러 가상 머신을 구동시키는 중간 계층을 하이퍼바이저라 하며 하이퍼바이저 기반 서버 가상화는 전가상화(full virtualization) 기술과 반가상화(para virtualization) 기술로 나눌 수 있다.

전가상화는 물리적인 가상화 지원 기능을 이용하여 하드웨어를 완전히 가상화하는 기술로서, 가상머신에서 돌아가는 게스트 OS를 수정할 필요가 없다는 장점이 있으나 성능이 떨어진다는 문제가 있다. 전가상화 기술의 대표적인 것은 KVM[12]과 VMware[13]가 있다. 그림 1은 KVM 시스템의 구성도이며, 리눅스 커널 모듈을 메

모리에 올리는 방식으로 리눅스 커널을 하이퍼바이저로 변경하게 된다.

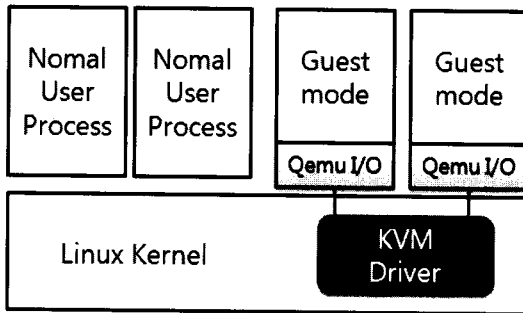


그림 1. KVM 시스템의 구성도
Fig. 1. Architecture of KVM system

반가상화는 가상머신과 H/W 사이에 하이퍼바이저가 있어 모든 제어를 중간에서 담당하는 기술이다. 하이퍼바이저가 H/W 제어를 하기 때문에 높은 성능이 유지될 수 있으나 게스트 OS 커널의 일부를 수정해야하는 단점이 있다. 이러한 반가상화 기술의 대표적인 것으로 Xen이 있다. Xen은 오픈 소스 기반으로 하이퍼바이저와 Domain 0 및 Domain Guest들로 구성되어 있다. 도메인 게스트가 CPU와 메모리 등 하드웨어에 접근하기 위해서는 Domain 0 게스트를 거쳐야 한다. Domain Guest는 가상머신을 의미한다. 그림 2는 Xen 시스템의 구조이다[14].

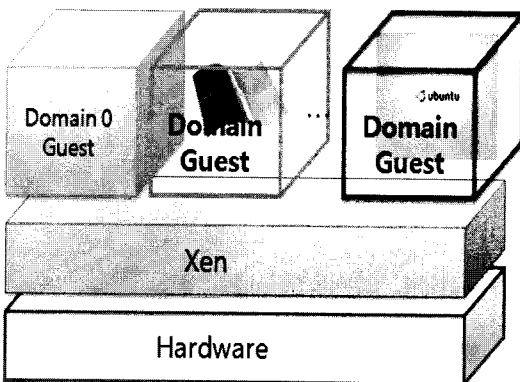


그림 2. Xen 시스템의 구조
Fig. 2. Architecture of Xen system

최근 국내에서 클라우드 가상화 기술을 이용한 가상 교육실습실 모델이 제안되었다[15]. 그러나 이 모델은 서버 가상화를 이용하여 다양한 운영체제 및 응용프로그램 이미지를 클러스터에 전송하여 활용할 수 있게 한 것이 아니라 웹 기반 서비스를 원격 사용자에게 제공하기 위하여 J2EE 환경을 구축한 것이다. 한편, 클라우드 컴퓨팅을 이용한 가상 컴퓨터 실습실 모델은 미국 노스캐롤라이나 주립대학교 등에서 개발되어 활용 중에 있다[16, 17, 18, 19]. 이 시스템은 클라우드 서버 가상화를 이용하여 3만명 이상의 학생 및 교직원들에게 리눅스 이미지 및 응용프로그램을 원격으로 제공하여 프로그램 구매, 설치 및 관리 비용을 줄인 대표적인 사례라 할 수 있다. 그러나 이 시스템은 가상화를 위하여 VMware와 같은 상용 가상화 솔루션을 활용하여 리눅스 기반의 운영체제를 제공하였다. 본 논문에서는 OpenNebula와 Xen, VNC(virtual network computing) 등 오픈 소스를 이용한 가상 컴퓨터교육시스템을 설계하고 구현하고자 한다.

III. 컴퓨터 교육시스템 설계 및 클라우드 컴퓨팅 환경 구축

3.1 가상 컴퓨터 교육시스템 설계

본 실습시스템은 기관 내부의 제한된 사용자들만을 위하여 제공되는 클라우드 서비스인 사설 클라우드(private cloud) 형태로 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하여 정해진 강의 스케줄러에 의해 가상머신을 운영하는 시스템이다. 가상머신은 실제 컴퓨터 환경과 동일한 사용 환경을 제공해주는 시스템으로서 운영체제의 완전한 실행을 지원하는 소프트웨어 기반 머신이며 하나의 컴퓨터에 독립적인 여러 개의 운영체제 환경을 구현할 수 있다는 이점이 있다. 사용자는 네트워크를 통해 가상머신에 접근하여 가상머신을 일반 컴퓨터처럼 이용할 수 있다. 전체 시스템 구성도는 그림 3과 같으며 웹기반 시스템 관리자, 가상머신 스케줄러 및 가상머신 라이프사이클 관리자 등으로 구성되어 있다.

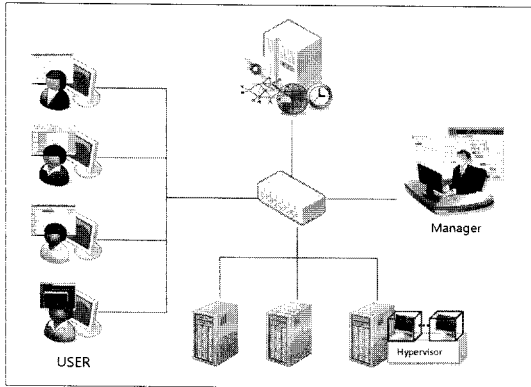


그림 3. 가상 컴퓨터 교육시스템 구성도
Fig. 3. Configuration of the virtual computer lab system

3.2 클라우드 컴퓨팅 환경 구축 및 운용

전체 시스템은 총 4대의 서버로 구성하였으며 한대의 프론트엔드(front-end)와 나머지 3대의 클러스터 노드(cluster node)로 구축하였다. 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해 오픈 소스 플랫폼인 OpenNebula 1.4(이하 ONE)를 사용하였으며 ONE의 데몬은 프론트엔드에서 실행된다. ONE 데몬은 각각의 클러스터 노드 및 생성된 가상머신의 모니터링 기능과 가상머신을 생성하기 위한 가상 머신 이미지 파일 관리 기능 등의 역할을 수행한다. 각 클러스터 노드에는 실제 가상머신이 동작하도록 하이퍼바이저로 Xen을 설치하여 구성하였다. 가상머신의 OS로는 Windows XP를 설치하였으며, 서로 다른 소프트웨어를 설치한 3개의 가상머신을 사용하였다. 표 1은 전체 시스템의 사양을 나타낸 것이다.

표 1. 가상 컴퓨터 랩 시스템 사양
Table 1. System spec. of the virtual computer lab system

	CPU	RAM	HDD	OS	Kernel
Front-End	Quad Core 2.80GHz	16GB	1TB	ubuntu 9.10	2.6.28-11-generic
Cluster Node 1	Quad Core 2.80GHz	16GB	1TB	ubuntu 8.04	2.6.24-16-xen
Cluster Node 2	Quad Core 2.80GHz	16GB	1TB	ubuntu 8.04	2.6.24-16-xen
Cluster Node 3	Quad Core 2.80GHz	16GB	1TB	ubuntu 8.04	2.6.24-16-xen

IV. 가상 컴퓨터 교육시스템 구현

4.1 웹기반 클라우드 컴퓨팅 관리 서비스

클러스터 노드와 가상머신을 관리하기 위해 프론트엔드에 접속하기 위해서는 SSH와 같은 별도의 툴을 설치하여 CLI(command line interface) 명령어를 이용해야 하며, 가상머신 생성 시 필요한 가상머신 템플릿을 매번 만들어야하는 번거로움과 불편한 인터페이스 등의 여러 가지 제약 사항이 존재하였다. 이러한 관리 상의 문제점들을 해결하고자 실시간으로 클러스터 노드와 가상머신의 상태를 모니터링하며 관리할 수 있는 웹기반 클라우드 컴퓨팅 관리자를 개발하였다. 그림 4는 웹기반 클라우드 가상화 시스템의 개념도로 단계적인 처리 과정을 표현하였다. 웹기반 클라우드 컴퓨팅 관리 서비스의 주요 기능은 클러스터 노드, 가상 네트워크, 사용자 및 가상머신의 관리 및 모니터링이며, 관련 정보는 ONE 데몬이 실시간으로 저장하는 데이터베이스를 통해 가져온다. 가져온 정보는 XML 파일로 생성되어 관리된다.

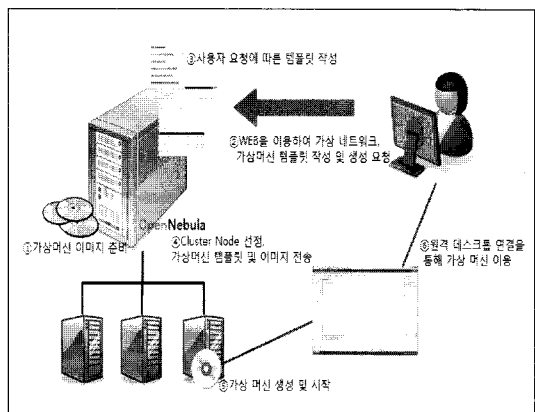


그림 4. 웹기반 클라우드 가상화 시스템
Fig. 4. Web-based cloud virtualization system

그림 5는 클라우드 컴퓨팅 관리 서비스의 주요 기능 중 가상머신의 관리 화면이다.

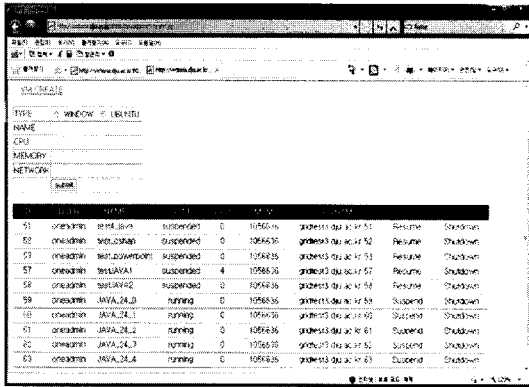


그림 5. 가상머신 관리 화면

Fig. 5. Screenshot of the virtual machine manager

4.2 가상머신 예약시스템 구현

관리자는 웹을 통하여 강의 시간과 과목 정보를 입력 하며 가상 머신 예약시스템은 클러스터 노드에서의 가상머신 할당과 구동 시간을 관리하게 된다. 본 시스템은 Java의 ServerSocket으로 웹 서비스와 통신을 하며, 해당 정보를 데이터베이스인 Mysql에 저장한다. 가상머신의 생성 및 시작, 정지, 예약 기능은 오픈 소스 라이브러리인 Quartz를 사용하여 구현하였다. 그림 6은 가상머신의 예약 시스템의 전체 개념도이다.

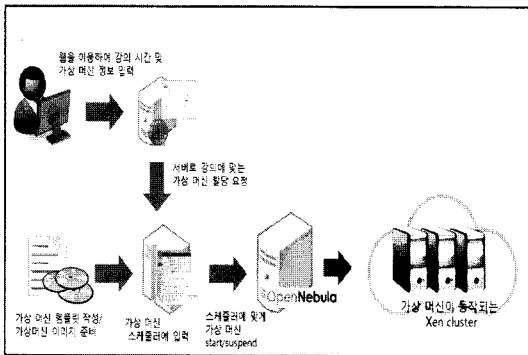


그림 6. 가상머신 예약 시스템

Fig. 6. Virtual machine reservation system

가상머신 예약 시스템을 이용하면 웹을 통해 강의 정보와 가상머신 정보를 입력하여 강의를 추가할 수 있다. 그림 7은 웹 인터페이스를 이용한 강의를 추가하는 화면이다. 강의를 추가하기 위해 과목명, 년도, 학기, 강의 시

작일, 종료일, 강의 시작 시간, 종료 시간, 요일, 학생 수, 메모리, CPU, 가상네트워크, 가상머신의 OS 등의 정보를 입력한다.

TIMETABLE							CLASS		
MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	CLASS NAME :	JAVA	MEMORY :	1024
9시						YEAR :	2010	CPU :	1
10시				JAVA		SEMESTER :	2	NETWORK :	net_ranged
11시				JAVA		START DATE :	11-12	TYPE :	java
12시				JAVA		END DATE :	12-25	START TIME :	10:00
13시				JAVA		END TIME :	13:50	RUNNING DAYS :	6
14시	C#			JAVA		NUMBER OF STUDENTS :	30	CLASS ROOM :	4306
15시	C#								
16시	C#								
17시									
18시									

그림 7. 강의 정보 입력 화면

Fig. 7. Class information

강의 정보가 입력되면 웹에서 정의된 가상머신의 템플릿 파일은 입력된 학생수만큼 생성되며 미리 준비된 가상머신 이미지와 템플릿을 이용하여 학생들이 사용할 가능한 가상머신을 생성한다. 가상머신의 생성을 관리하는 스케줄러에 의해 가상머신의 생성 시간이 결정된다. 가상머신이 사용할 이미지 파일의 크기와 생성될 가상머신의 수를 이용하여 가상머신을 생성하는데 걸리는 예상 시간을 계산할 수 있다. 가상머신이 사용될 날짜에 따라 가상머신 생성 작업의 우선순위를 결정한다. 그림 8은 강의 추가 과정에 대한 흐름도를 나타낸 것이다.

그림 8에서 ACPU는 새로운 가상머신에게 할당 가능한 클러스터 노드의 CPU 자원량이고 LCPU는 가상머신 생성 시 사용자가 요구한 CPU 자원 할당량이며, N은 생성할 가상머신의 수이다. AMEM과 LMEM도 메모리에 대한 동일한 의미를 나타낸다. 생성된 가상머신이 사용되지 않을 경우에는 유휴 상태로 클러스터 노드에서 제외되며, CPU와 메모리가 할당되지 않은 상태이다. 강의가 시작되기 전에 유휴 상태인 가상머신을 구동하기 위하여 가상머신이 부팅되는 시간을 고려하여 가상머신의 구동시간을 미리 정한다. 정해진 구동시간에 가상머신의 상태를 확인하여 가상머신의 구동 상태를 변경한다. 이후 정해진 강의시간이 종료되면 구동된 가상머신은 다시 유휴상태로 변경된다. 가상머신 예약 스케줄러의 효율적인 운영을 위해 모든 스케줄러의 작

업을 데이터베이스에 저장하며 가상머신의 생성 및 정지, 시작 작업을 저장하여 스케줄러의 수정 및 삭제가 가능하다.

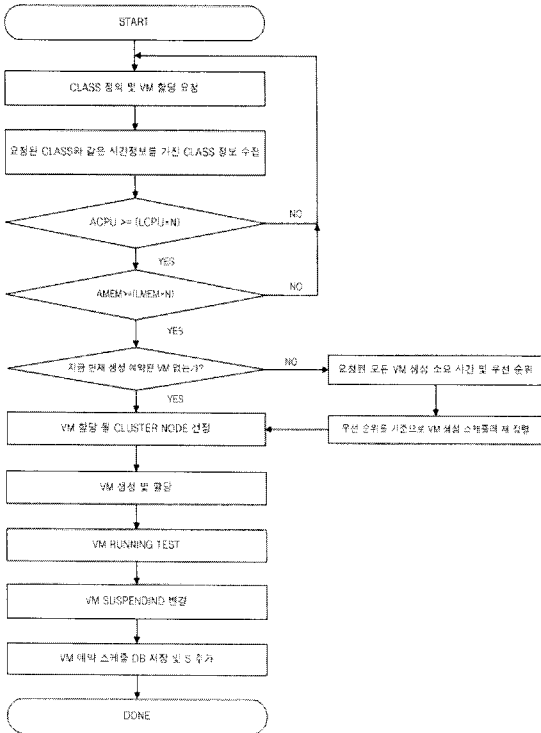


그림 8. 강의 추가 과정
Fig. 8. New class adding process

V. 실험 및 성능 분석

본 논문에서 구현한 가상 컴퓨터 교육시스템은 관리자가 강의가 시작되기 전에 강의에 사용할 이미지를 미리 준비하는 것으로 가정하였다. 강의를 등록하기 위해 웹기반 관리자를 이용하여 강의 정보와 가상머신 정보를 입력한다. 정해진 강의 시간표에 따라 웹기반 인터페이스를 통해 강의를 추가하고 각각 생성되는 가상머신의 소요시간을 측정하였다. 리눅스인 우분투 이미지 파일의 크기는 1,001Mbyte 이며 윈도우 XP 이미지 파일은 5,120Mbyte이다. 그림 9와 같이 우분투 가상머신 한 대가 생성될 때 소요되는 시간은 2분, 윈도우는 7분이며,

15대의 경우 우분투는 25분, 윈도우는 131분이 소요되었다. 생성되는 가상머신이 증가하면 소요시간도 늘어난다. 가상머신을 생성할 때 소요되는 시간은 가상머신을 클러스터 노드로 이미지 파일을 전송하는데 걸리는 시간이 대부분을 차지한다. 네트워크 대역폭을 알면 파일 전송시간을 알 수 있기 때문에 가상머신의 생성소요 시간을 예상할 수 있다.

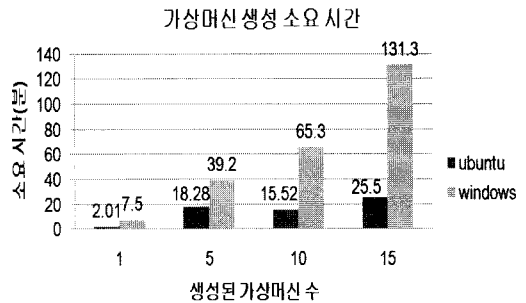


그림 9. 생성된 가상머신 수와 소요시간
Fig. 9. Created virtual machines vs required time

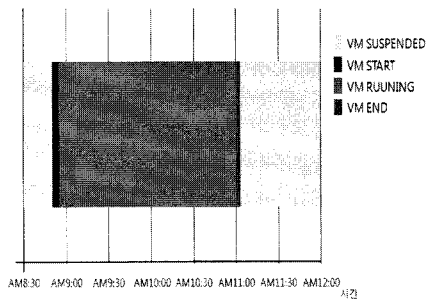


그림 10. 가상머신의 라이프사이클
Fig. 10. Virtual machine lifecycle

한 실습실에 강의를 수강하는 학생을 30명으로 가정하는 경우 한 대의 윈도우 가상머신을 생성하는데 7.5분이 걸리므로 30대를 생성하는 경우 최소 225분 정도의 시간이 소요된다. 본 연구에서 구현한 웹기반 관리자를 통해 실습수업에 사용되는 모든 가상머신의 상태를 체크할 수 있으며, 관리자가 직접 관리할 수 있다. 수강 인원 에 따라 가상머신 준비 작업을 조절하여, 가상머신을 강의 전에 시작하도록 할 수 있다. 준비 작업 실행

시간을 측정 한 결과 한 대에 약 110초 정도 소요된다. 강의 시작 전 사용될 가상머신의 상태를 확인하고 정해진 강의 종료 시간에 맞추어 가상머신을 종료하게 된다. 그림 10은 정각 9시에 시작하는 15명이 수강하는 강의로 가상머신 준비 작업은 오전 8시 45분에 시작하도록 하고 8시 51분에 종료하도록 셋팅한 예이다.

사용자는 원격에서 가상머신에 접속하여 기존의 데스크탑과 동일한 환경을 사용할 수 있으며, 그림 11은 실제로 가상머신에 접속하여 윈도우 C#를 사용하는 화면이다. 가상머신에 설치된 운영체제는 일반 PC와 동일한 기능을 가지고 있으며 개발 소프트웨어 설치와 사용도 가능하다.

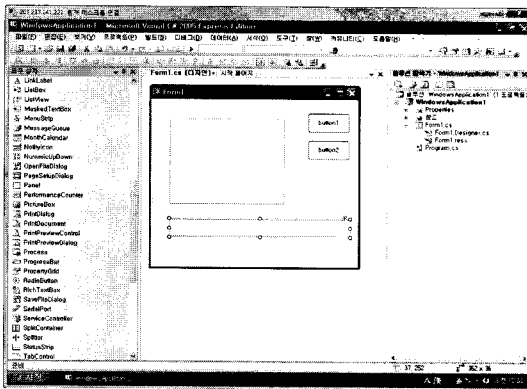


그림 11. 원격에서 C#을 이용하는 화면
Fig. 11. Accessing C# compiler remotely

VI. 결론

컴퓨터 소프트웨어와 하드웨어의 발전 속도가 점차 빨라짐에 따라 컴퓨터의 업그레이드와 교체되는 시기도 점점 짧아지고 있다. 따라서 컴퓨터 교육을 하는 실습실 컴퓨터에 소모되는 예산은 점차적으로 늘어나고 있다. 컴퓨터 실습실 관리자의 작업 시간의 대부분은 반복 작업인 컴퓨터 소프트웨어 설치와 컴퓨터 하드웨어 업그레이드 시간이다. 또한, 컴퓨터 보안과 백업 시스템이 제대로 설치되지 않은 실습실 컴퓨터는 사용자인 학생에게 큰 불편함을 안겨주고 있다.

이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 클라우드 가상화 기술을 이용한 가상 컴퓨터실습실 시스템을

설계하고 구현하였다. 학생들은 Xen을 이용하여 서버 가상화한 가상머신을 사용한다. 가상머신, 가상네트워크, 클러스터 노드를 모니터링하고 관리할 수 있도록 웹 기반 관리자를 구현하였다. 가상머신 예약 스케줄러는 가상머신의 구동시간을 미리 정하여 정해진 시간에 가상머신이 구동되게 하는 시스템으로 수강생들은 데스크톱에서 원격접속을 사용하여 가상머신을 이용할 수 있다. 본 시스템을 활용하면 기존의 컴퓨터 교육실습실의 업그레이드, 관리 비용 및 시간을 대폭 줄일 수 있을 뿐만 아니라 시간과 공간에 구애받지 않는 컴퓨터 실습 교육이 가능하다.

향후 연구내용으로는 클러스터 노드로의 가상머신 이미지 전송시간을 줄일 수 있는 방안 및 사용한 이미지를 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] “데스트탑 가상화 : 데스크탑 컴퓨팅의 혁명,” White Paper, www.citrix.com
- [2] 김창수, 김학영, 남궁한, “클라우드 서비스를 위한 대규모 클러스터 관리 기술 개발,” 전자통신동향분석, Vol. 24, No. 4, pp. 89-98, 2009. 8.
- [3] Dave Thomas, “Enabling Application Agility - Software as a Service, Cloud Computing and Dynamic Languages,” Journal of Object Technology, Vol. 7, No. 4, 2008. 5.
- [4] 민옥기, 김학영, 남궁한, “클라우드 컴퓨팅 기술 동향,” 전자통신동향분석, Vol. 24, No. 4, pp. 1-13, 2009. 8.
- [5] Michael Armbrust et al, “Above the Clouds: A Berkley View of Cloud Computing,” <http://radlab.cs.berkeley.edu>, 2009. 2.
- [6] M. D. Dikaiakos, D. Katsaros, G. Pallis, A. Vakali, and P. Mehra, “Cloud Computing,” IEEE Internet Computing, Vol. 12, No. 5, 2009. 9.
- [7] OpenNebula, <http://www.opennebula.org>
- [8] B. Sotomayor, R. S. Montero, I. M. Llorente and I. Foster, “Capacity Leasing in Cloud Systems using the OpenNebula Engine,” Workshop on Cloud Computing

and its Applications 2008 (CCA08), Chicago, 2008.
10.

- [9] A. Whitaker, M. Shaw, S. D. Gribble, "Lightweight Virtual Machines for Distributed and Networked Application," Technical Report University of Washington, 2002.
- [10] 성병용, "국내 기업의 클라우드 컴퓨팅 동향 및 전략," 정책연구센터, 한국소프트웨어진흥원 2009. 7.
- [11] 이주환, "클라우드 컴퓨팅 서비스를 통한 그린IT Economics," TTA Journal No. 125 2009. 9.~10.
- [12] KVM, <http://www.linux-kvm.org>
- [13] VMware, <http://www.vmware.com>
- [14] 황인찬, 이봉환, "클라우드 컴퓨팅 환경에서 가상 머신 할당기법 및 임대 서비스 구현", 한국해양정보통신학회 논문지, 제14권 5호, pp.1146~1154, 2010.5.
- [15] 이승하, 방세중, 김양우, "클라우드 컴퓨팅 기반 프로그래밍 실습을 위한 가상 교육실습실 모델", 한국인터넷 정보학회 추계학술발표대회 논문집, 제 11권 2호, pp.255~256, 2010.
- [16] Henry E. Schaffer et al., NCSU's Virtual Computing Lab: A Cloud Computing Solution," IEEE Computer, July 2009.
- [17] S. S. Burd, G. Gaillard, and E. Rooney, "Virtual Computing Laboratories Using VMware Lab Manager," In Proc. of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences, v.44, no.3, pp.1918-1926, 2011.
- [18] C. Seay and G. Tucker, "Virtual Computing Initiative at a Small Public University," Communications of the ACM, v.53, no.3, pp.75-83, 2010.
- [19] M. C. Murphy and M. McClelland, "Computer Lab to Go: A Cloud Computing Implementation," In Proc. of ISECON 2008, v.25, 2008.

저자소개



이봉환(Bong-Hwan Lee)

1985년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)

1987년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1993년 Texas A&M 대학교 대학원 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)

현재 대전대학교 정보통신공학과 교수

E-mail : blee@dju.kr

※관심분야 : 클라우드컴퓨팅, 유비쿼터스헬스케어, 네트워크보안 등