

# 오픈스택을 활용한 서비스 실증 가상놀이터의 신속한 구축

광주과학기술원 ■ 정치욱 · 박 선 · 임 혁 · 김종원

## 1. 서 론

데이터센터를 중심으로 클라우드컴퓨팅(Cloud Computing: CC)에 따른 인프라, 플랫폼, 소프트웨어 계층을 아우르는 다양한 서비스를 제공하는 클라우드화가 급속도로 진행되고 있다. 그 결과 2017년도에는 가상화 기술의 발전과 확산에 발맞추어 전세계 데이터센터 트래픽의 70%까지 클라우드 기반으로 전환될 것으로 전망된다. 즉 클라우드 데이터센터가 추구하는 소프트웨어-정의(software-defined) 인프라가 컴퓨팅에서 시작하여 현재 네트워킹과 스토리지 분야로 활발하게 확산되고 있다. 이에 맞추어 컴퓨트/네트워킹/스토리지 인프라 자원집합(resource pool)을 소프트웨어 중심으로 정의하여 서비스 실증을 위한 자원 수요에 통합적이며 유연하게 대응하는 것이 점차로 중요해 지고 있다. 또한 소프트웨어-정의 패러다임에 의해 클라우

드 데이터센터들은 복잡해진 자원운명을 중앙집중화된 제어로 통합시키면서 동시에 이를 자동화하여 서비스 실증의 신속성과 경제성을 향상시키게 된다.

이러한 클라우드 기반 데이터센터 인프라는 빅데이터(Big Data) 및 사물통신(Internet of Things: IoT) 확산과도 연계되어 미래인터넷이 기존 산업영역으로 확산하는 산업인터넷(Industrial Internet) 비전[1]을 위해 요구되는 정보통신기술(Information and Communications Technology: ICT) 분야의 미래형 인프라의 모습을 만들고 있다. 그림 1에 제시한 바와 같이 다양한 지능형 사물을 기반으로 지능형 서비스를 창출하기 위해서 개방되고 가상화된 소프트웨어-정의 기반 클라우드를 중심으로 인프라를 구축하고, 이를 모바일/광 네트워킹 자원의 지원을 받아서 지속적인 통합(continuous integration: CI) 및 보안(security)을 포함한 가상화된 기능

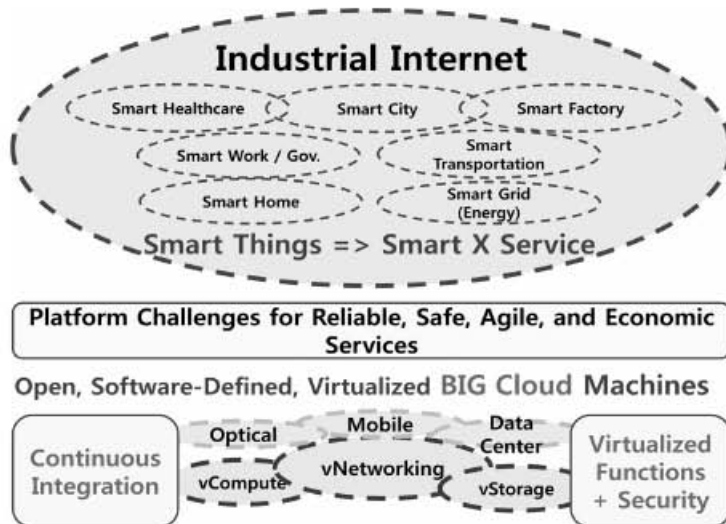


그림 1 미래인터넷 기반의 스마트 서비스 실증을 위한 클라우드 중심의 ICT 인프라

† 본 연구는 한국정보화진흥원(NIA)의 미래네트워크연구시험망(KO-REN) 사업 지원과제의 연구결과로 수행되었으며(13-951-00-001), 동시에 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2012R1A2A2A01014687)도 활용되었음.

들(virtualized functions)의 제공이 가능하도록 구축하면 바람직하다. 이를 비유해서 설명해 보면, 미래형 인프라 세상에서는 활발하게 구축중인 거대한 클라우드형 데이터센터들이 현재의 컴퓨터 시스템들에 대응한다고 볼 수 있다.

따라서 상기한 자동화된 소프트웨어-정의 인프라 구축이라는 전체적인 흐름에 따른 서비스 지향 실증환경을 활용하면 자원과 서비스의 대응 구도에 따라 할당된 융합형(컴퓨팅/네트워킹/스토리지) 자원들을 유연하게 활용하여 필요한 서비스를 적절하게 창출할 수 있다[2]. 즉 개발자들이 자신들의 창의적인 아이디어를 신속하고 경제적으로 실증하도록 네트워크와 연동된 장치들, 그리고 이를 지원하는 각종 소프트웨어 일체를 엮는 가상놀이터(virtual playground) 실증환경을 제공할 수 있다. 이렇게 복합적인 대상들을 목적으로 한 대규모의 미래형 서비스 실증을 위한 가상놀이터 실증환경을 클라우드 데이터센터를 중심으로 구축하면서 DevOps(Developers and Operators: 개발/운영 병행체제) 방법론에 따라 각종 장비들과 소프트웨어 도구들을 자동으로 결합하면 효율적이다. 이를 활용하면 개발한 컴퓨팅/네트워킹 도구의 검증과 신규 서비스의 성능/비용 확인에 대해 반복적으로 검증하거나, 목표한 서비스를 상용화할 때 나타날 운용상의 문제점을 선제적으로 파악할 수 있다.

## 2. 오픈스택 클라우드에 기반한 소프트웨어-정의 인프라 구축

본 논문에서는 다양한 서비스를 창출하도록 준비된 클라우드 기반의 가상화된 융합형 자원집합으로부터 DevOps 방법론에 따라 실증환경의 개발과 운용의 병

행이 가능한 인프라를 만들고, 이를 다수의 실험자들이 신속하고 경제적으로 공유하면서 자유롭게 서비스를 실증하는 가상놀이터를 만드는 전체적인 구도를 제시한다. 즉 그림 2와 같이 템플릿(template) 방식으로 개발자의 목적에 맞춰 선택할 수 있는 이형질의 융합형 노드들로 구성된 자원집합 인프라를 만들고, 구성하는 응용을 중심으로 필요한 가상놀이터를 설정(configuration), 제어(control), 가시화(visibility) 하도록 지원한다[3,4].

클라우드 기반의 데이터센터 인프라를 위한 운영체제(operating system: OS)인 클라우드 OS에는 오픈스택 방식으로 HP, IBM, RedHat이 지원하는 오픈스택(OpenStack), Citrix 중심의 클라우드스택(CloudStack)이 있으며, 개별 클라우드 구축을 위한 상용 제품인 VMware의 VMware vCloud, 그리고 공용 클라우드 서비스 제공을 위해서 Amazon, Microsoft, Google이 자체적으로 활용하는 AWS(Amazon Web Services), Windows Azure, Google Compute Engine 등이 다양하게 존재한다. 이중에서도 2010년에 늦게 시작한 오픈스택 클라우드 OS는 구조적인 차원에서 컴퓨트/네트워킹/스토리지의 3요소를 중심으로 세련된 구성을 자랑하면서, 모델로 삼은 AWS와의 API(application programming interface) 차원의 호환성을 추구하며 6개월 마다 업데이트를 지속하면서 발전하고 있다[5]. 전체적으로 데이터센터의 컴퓨트 자원을 Nova, 네트워킹 자원을 Neutron, 스토리지 자원을 Swift/Cinder로 나누고 이를 대쉬보드 도구를 위한 Horizon로 아우르는 구성을 취한다. 또한 공통서비스인 Glance 이미지 서비스, Keystone 인증 서비스, Ceilometer 측정 서비스, Heat 오케스트레이션 서비스까지 전부 9개의 코어(core) 프로젝트

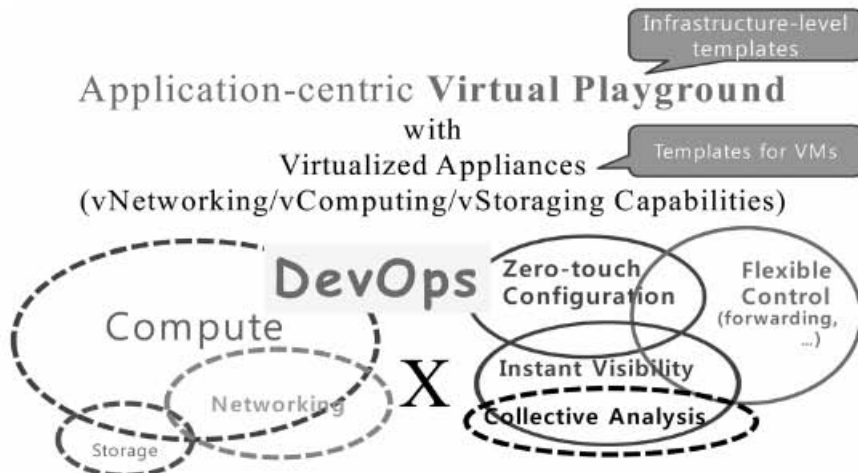


그림 2 소프트웨어-정의 인프라를 활용한 템플릿 기반 가상놀이터의 자동화된 구축

트가 최신 Havana 버전에 포함된 상태이며, 새로운 프로젝트들이 지속적으로 포함될 예정이다.

### 3. 오픈스택을 활용한 서비스 실증 가상놀이터의 자동화된 구성

#### 3.1 오픈스택 기반 OF@TEIN 가상놀이터 구성 개념

본 논문에서 시험적으로 구축하는 가상놀이터 실증환경의 자원집합을 제공하는 OF@TEIN(OpenFlow @ TEIN) 프로젝트는 경제적이며 실용적인 국제연동 시험환경을 구축하고 이를 SDN에 기반한 미래형 서비스 실증으로 연결하는 목적으로 2012년 중반부터 KOREN (Korea advanced REsearch Network) / TEIN(Trans-Eurasia Information Network) 연구개발망에 기반하여 시작되었다[6]. 2014년 1월 현재 OF@TEIN 인프라의 컴퓨팅 및 네트워킹 자원을 융합형으로 제공하는 SmartX Rack 장비들을 TEIN 참가 7개 국(한국, 필리핀, 태국, 인도네시아, 말레이시아, 베트남, 파키스탄)과 국내 5개 사이트(GIST, 고려대, 포항공대, 제주대, KOREN NOC)에 설치하여 공동으로 활용하고 있다. SmartX Rack은 다양한(Type A/B/C) 형식으로 구성되어 왔으며, 초기에는 기능별로 개별 노드(관리+작업, NF/OVS 캡슐레이터, 오픈플로우 스위치, 원격진원 관리장치)로 구성되어 설치 및 운용이 다소 복잡한 Type A/B를 사용했다. 이후 2013년부터는 관리+작업노드, 캡슐레이터, 오픈플로우 스위치의 3 노드를 통합하고 이를 hyper-convergence 방식으로 융합하여 재구성한 단일박스

Type B+/C를 보급하고 있다.

그런데 OF@TEIN이 보유한 SmartX Rack의 융합형 인프라 자원을 활용하여 개발자별 가상놀이터에 필요한 자원을 유연하게 확보하고 편리하게 설정함에 있어서 오픈스택 클라우드 OS이 가지는 “컴퓨트/네트워킹/스토리지의 3요소를 중심으로 세련된 구성”이 매우 유용한 역할을 수행할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 오픈스택이 제공하는 소프트웨어 기능들을 최대한 살리는 방향으로 OF@TEIN에서 필요한 사용자를 위한 다지점 서비스 실증환경의 구축을 자동화하고자 시도해 보았다. 즉 확보된 자원집합을 동적으로 재구성하고 설정을 마무리하는 과정을 전체적으로 자동화하여 개발자가 요구하는 개별적인 실증환경을 시간분할 방식으로 제공하고자 한다.

그림 3에 OF@TEIN의 SmartX Rack(특히 Type C인 SmartX Box)들을 활용하여 개발자별 가상놀이터를 동적으로 구성하는 개념도를 제시한다. SmartX Box는 가상화된 융합형 자원집합을 단일박스 형태로 제공하며, 오픈스택 클라우드의 제반 기능들을 최대한 재활용하도록 설계되었다. 또한 DevOps 방법론에 따라 목적에 맞는 가상놀이터를 구성하는 템플릿들에 따라 원격에서도 자동으로 설치하도록 Chef 도구를 중심으로 베어메탈(bare-metal) 설치를 위한 Cobbler 도구를 연결하여 운영한다. 이를 자세히 살펴보면, 먼저 베어메탈 상태에서 기본 OS와 오픈스택 OS 소프트웨어를 차례로 설치하는 Box 템플릿에 따른 자동 설치/설정(installation

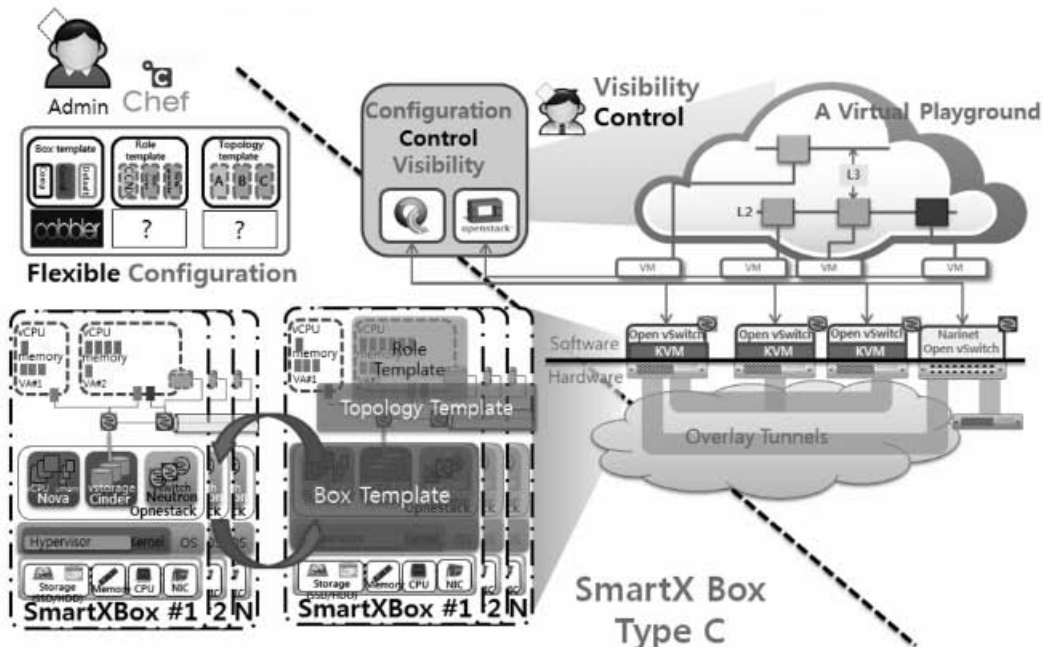


그림 3 OF@TEIN SmartX Box를 활용한 자동화된 가상놀이터 설정

& configuration)이 필요하다. 이어서 Role 템플릿에 따라 목적하는 실증 서비스를 위한 요소 기능(function)을 제공하도록 가상머신(virtual machine: VM)을 자동 설치/설정 한 후에, Topology 템플릿에 따라 가상머신이 설치된 노드들이 요구하는 네트워킹 연결성을 자동적으로 제공하여 마무리한다.

### 3.2 사용자별 가상놀이터의 자동화된 구성 및 변경

SmartX Box와 오픈스택을 활용한 자원집합의 자동화된 설치/설정은 먼저 그림 4와 같이 구성된 자원집합을 활용한다. 먼저 IBM M4 서버로 구성된 SmartX Coordinator Box와 SmartX Control Box는 GIST에 위치하면서 가상놀이터의 자동 설치센터 역할과 설치된 오픈스택 기반 인프라에 대한 제어센터 역할을 각각 수행한다. 이어서 Intel ONP(open networking platform) 서버를 기반으로 구성된 하드웨어 제원을 가지는 SmartX (작업) Box들은 국내 5개 사이트(GIST, 고려대, 포항공대, 제주대, KOREN NOC)에 분산 배치되어 있다. Site간에 10G KOREN 네트워크로 연결된(단, 포항과 제주는 10G 증속 예정) 5개 사이트들의 SmartX Box들을 모으면, Intel Xeon IvyBridge(E5-2690v2, 3.0GHz) 200-core CPU, 480GB 메모리, 8TB SSD의 고성능 자원을 구성할 수 있다.

연동된 SmartX Box들에 기반한 가상놀이터는 그림 5와 같이 SmartX Coordinator Box를 중심으로 각종 소

스

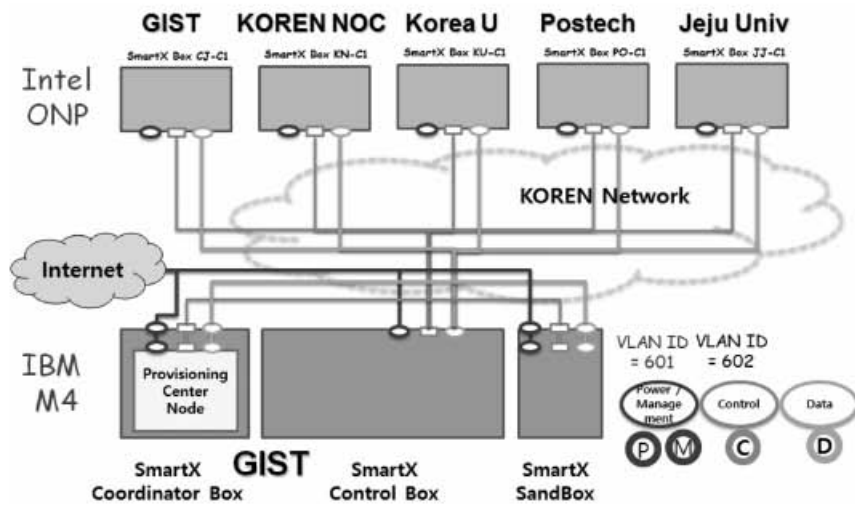


그림 4 OF@TEIN SmartX Box의 하드웨어 및 네트워크 구성

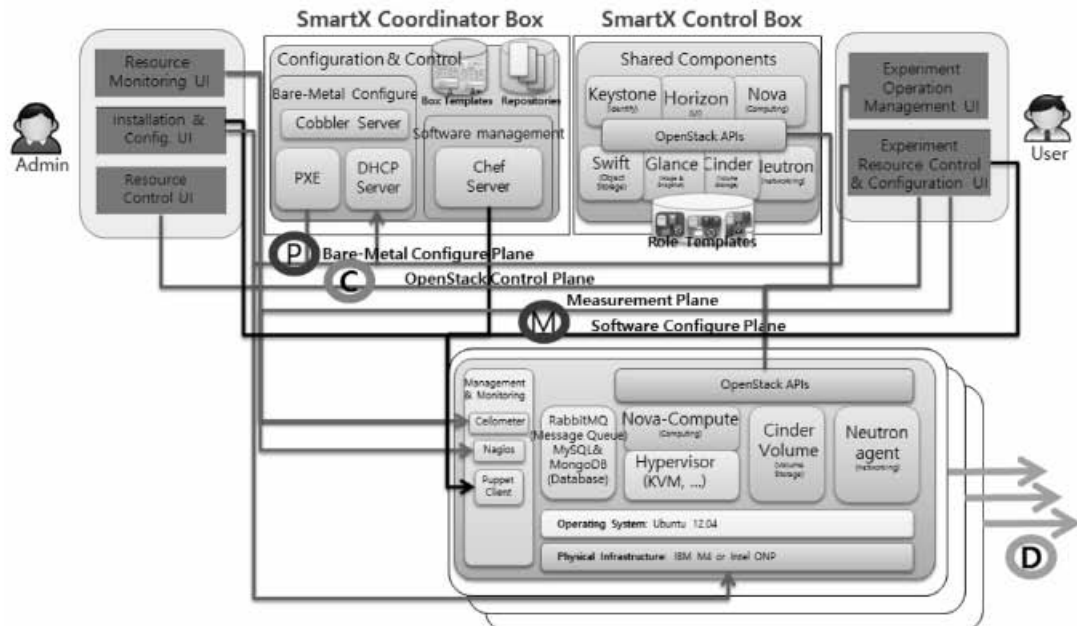


그림 5 SmartX Box 들을 위한 설치/설정 도구들

프웨어 도구들을 사용하여 자동으로 설치/설정된다. 주로 Cobbler와 Chef 도구를 이용하면서 주어진 Box 템플릿에 따라 기본 OS와 OpenStack 클라우드 OS를 자동화 방식으로 설치하고 설정한다. 이어서 SmartX Control Box에 설치된 오픈스택 Orchestration 기능을 사용하여 사용자가 원하는 서비스 기능들을 Role 템플릿에 맞춰서 설치/설정한다. Role 템플릿은 컴퓨트 자원도구인 Nova와 스토리지 자원 도구인 Cinder를 활용하여 CPU, 저장(메모리/디스크) 공간을 다룬다. 또한 네트워킹 자원도구인 Neutron을 이용하여 가상화된 네트워킹을 설치/설정하는 과정에서 Topology 템플릿에 따라 사용자가 원하는 다양한 토폴로지를 제공한다.

가상놀이터 구성변경을 위한 토폴로지 템플릿은 Box,

Role, Topology들을 선택적으로 조합하여 구성된다. 일례로 그림 6과 같이 Box 템플릿을 중심으로 한 3가지의 부분적인 변형을 위한 설치/설정 과정을 시험적으로 자동화하여 소요시간을 검증해 보았다. 그림 6의 G-A는 국내 5개의 사이트를 하나의 그룹으로 구성하고, G-A'는 두 개의 그룹으로 구성하며, G-A''는 5개의 그룹으로 구성한다. 여기서 G는 OpenStack의 버전인 Grizzly이며, A, A', A''는 가상놀이터 템플릿의 이름이다. 각각의 가상놀이터에 대한 구성변경은 SSD를 활용한 경우는 항상 30분 이내에 완료되며 세부적인 소요시간은 표 1과 같다. 여기서 소요시간은 시스템 환경 변화에 따른 단일 서버의 설치 시간을 측정한 것으로 서버가 리부팅되는 시간을 포함한 전체 설치시간을

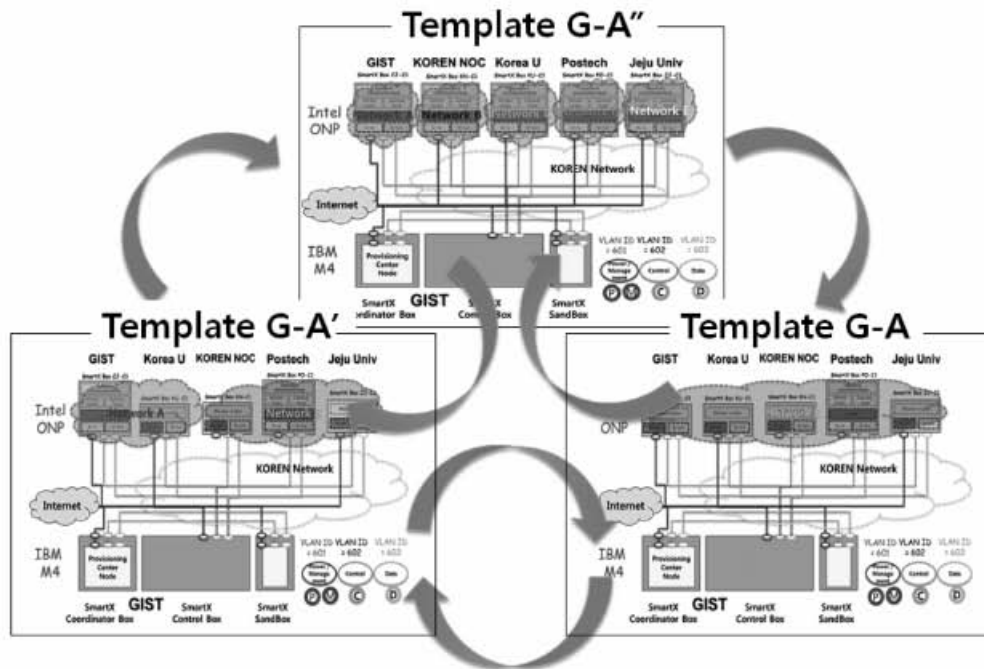


그림 6 템플릿에 따른 가상놀이터 간의 자동 전환

표 1 구성변화에 따른 설치/설정 시간 비교

Box Hardware	SSD / HDD	NIC	OS(Ubuntu 12.04.02 LTS)		OpenStack(All packages)
			(Center Repository)	(Remote Repository)	(Remote Repository)
Intel Server (Intel(R) Xeon E5-2690, 10-cores 3Ghz, Memory 96G)	SSD (RAID 0)	1G	7분 29초	19분 57초	10분 51초
		10G	7분		
	HDD (RAID 1)	1G	8분 8초	23분 8초	11분 54초
		10G	7분 3초		
IBM Server Intel(R) Xeon E5-2630, 6-cores 2,3Ghz, Memory 32G)	SSD	1G	10분 32초	23분 11초	11분 41초
		10G	-		
	HDD	1G	10분 54초	25분 11초	12분 52초
		10G	-		

\* 일부 Center Repository 기능은 추후 지원 예정



나타낸다. 또한 Center Repository는 SmartX Coordinator Box에 저장된 이미지를 활용하여 설치하는 경우이고, Remote Repository는 원래의 오픈스택 저장소로부터 직접 다운로드해서 설치하는 경우이다.

### 3.3 가상놀이터를 활용하는 자동화된 서비스 실증 및 성능평가

가상놀이터의 기본 성능에 대한 검증을 위하여 Iperf를 사용하여 사이트마다 구성된 가상머신 간을 연결하는 TCP 성능을 평가하고 그림 7에 제시하였다. 고려대를 송신측으로 설정한 결과에서 GIST와 KOREN NOC 사이트는 10G에 근접한 성능을 보였다. 그리고 KOREN과 아직 1G 연동된 포항공대와 제주대 사이트는 이에 부합하는 성능을 보이고 있다.

상기한 기본 성능 검증에 이어서 가상놀이터를 활용하는 서비스 실증을 위하여 CCNx에 기반한 비디오 전송 서비스를 시험적으로 적용하였다. CCNx를 지원하

는 VM 이미지들을 Ubuntu 12.04.3 서버 버전의 가상머신에 X windows와 CCNx를 탑재하고 VLC 미디어 플레이어를 추가하여 준비하였다. 이어서 5개의 SmartX Box에 각각 1개씩 VM을 생성하여 준비된 5.4GB 크기의 CCNx 용 VM 이미지를 설치하고, 사이트당 10개의 CCNx 인스턴스를 생성하는데 5개의 사이트에 7분 24초(사이트 당 1분 28.8초)가 소요되었다. 그림 8은 실증된 CCNx 비디오 전송을 통하여 전달된 비디오 파일을 5개 사이트에서 동시에 비디오 스트림으로 플레이되는 것을 보여준다. 브라우저의 탭은 각각의 사이트를 나타내며, 하나의 사이트에 10개의 비디오 스트림이 동시에 플레이되는 것을 볼 수 있다.

## 4. 결론

다양한 서비스를 창출하도록 준비된 오픈스택 클라우드 소프트웨어를 제대로 이해하여 이를 100% 활용하면서, 가상화된 융합형 자원집합으로부터 DevOps에 따른 실증환경의 개발과 운용이 가능한 인프라를 만들고 이를 다수의 실험자들이 신속하고 경제적으로 공유하면서 자유롭게 서비스를 실증하는 가상놀이터를 만드는 전체적인 구도를 제시하고 부분적으로 검증한 결과를 제시해 보았다. 따라서 다가오는 소프트웨어 중심의 인프라 활용에 대한 장기적인 비전을 바탕으로, 국내의 ICT 인프라를 클라우드 데이터센터로 시작점으로 하여 단순함을 통해서 자동화하고 이를 통해 대규모로 확대하는 성숙된 모습으로 재정비할 수 있기를 바란다.

## 참고문헌

- [1] P. C. Evans and M. Annunziata, "Industrial Internet: Pushing the boundaries of minds and machines," General Electric White Paper, Nov. 2012.
- [2] J. Kim, "Realizing futuristic service composition with programmable and virtualized pools of unified resources," Proc. Int. Conf. on Future Internet Technologies, Beijing, China, June 2013.
- [3] 김종원, "미래형 서비스 실증을 위한 오픈플로우 기반 SDN 시험환경 구축", 한국통신학회지(정보와 통신), Vol. 30, No. 3, 2013년 3월.
- [4] 김종원, "신속하고 경제적인 서비스 실증을 위한 SDN 지원 시험환경의 개발 및 운영," SK Telecommunications Review, Vol. 23, No. 5, 2013년 10월.
- [5] OpenStack, <http://www.openstack.org/>.

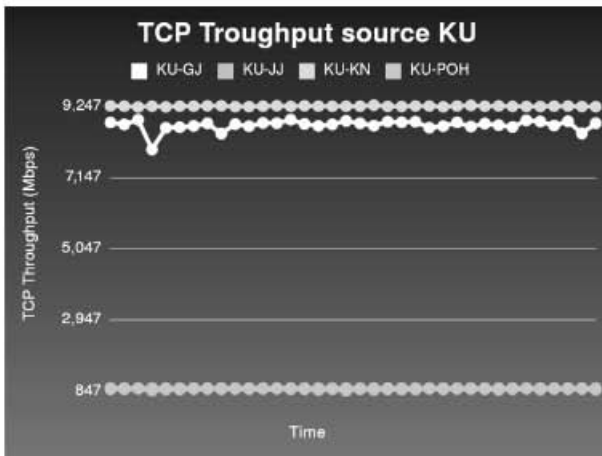


그림 7 Site간 TCP 성능 검증 결과

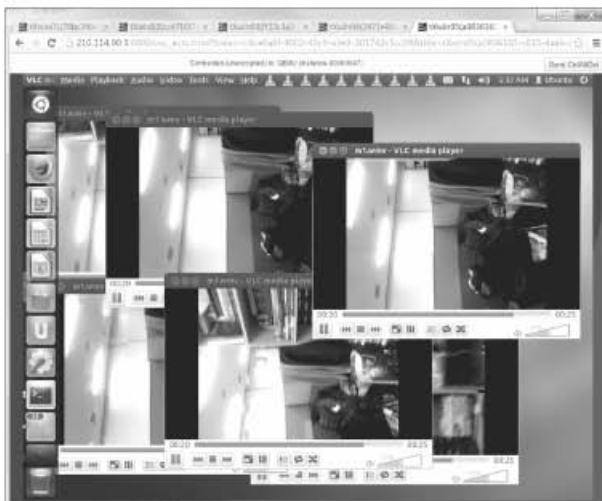


그림 8 Site간의 CCNx 비디오 전송 실증 화면

[ 6 ] J. Kim et. al., "OF@TEIN: An OpenFlow-enabled SDN testbed over international SmartX Rack sites," Proc. APAN - Network Research Workshop, Aug. 2013.

## 약 력



### 정 치 욱

2013 한국항공대학교 정보통신공학부 학사  
2013~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 석사 과정 재학 중  
관심분야: Wireless Communications and Networking  
E-mail: cwjoeng@gist.ac.kr



### 임 혁

2003 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사  
2003~2006 미국 Univ. of Illinois at Urbana-Champaign 박사후 연구원  
2006~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 부교수  
관심분야: Wireless Communications and Networking  
E-mail: hlim@gist.ac.kr



### 박 선

2007 인하대학교 컴퓨터정보공학과 박사  
2008~2009 호남대학교 컴퓨터공학과 전임강사  
2009~2010 전북대학교 박사후 연구원  
2010~2013 북포대학교 정보산업연구소 연구교수  
2013~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 연구 조교수

관심분야: Data mining, Information retrieval, Internet of Things  
E-mail: sunpark@nm.gist.ac.kr



### 김 종 원

1994 서울대학교 제어계측공학과 박사  
1994~1999 공주대학교 전자공학과 조교수  
1998~2001 미국 Univ. of Southern California, EE-System 연구조교수  
2001~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 교수  
2008~현재 광주과학기술원 슈퍼컴퓨팅센터 센터장

관심분야: Networked Computing Systems  
E-mail: jongwon@gist.ac.kr