

## SaaS OverCloud 기술 문서 #14

### 하이브리드/멀티사이트 클라우드 인프라/ 플랫폼에 대한 HPC/BigData-Cloud 대응 SaaS OverCloud 검증

Document No. SaaS OverCloud #14  
Version 1.1  
Date 2018-12-14  
Author(s) Innogrid

#### 문서의 연혁

버전	날짜	작성자	비고
초안 - 0.1	2018. 08. 03	구원본, 김바울	
0.9	2018. 10. 19	구원본, 김바울	
1.0	2018. 11. 23	구원본, 김바울	
1.1	2018. 12. 14	구원본, 김바울	

본 문서는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로  
정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.R7117-16-0218,  
이중 다수 클라우드 간의 자동화된 SaaS 호환성 지원 기술 개발)

The reserach was supported by Institute for Information &  
communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the  
Korea government(MSIP) (No.R7117-16-0218, Development of  
Automated SaaS Compatibility Techniques over Hybrid/Multisite  
Clouds)

#### Contents

#### SaaS OverCloud #14. 하이브리드/멀티사이트 클라우드 인프라/플랫폼에 대한 HPC/BigData-Cloud 대응 SaaS OverCloud 검증

1. 개 요	5
1.1. 검증 목표	5
1.2. 제약사항 및 적용방법	6
1.3. 검증시나리오	8
1.4. 검증시나리오 별 테스트케이스 정의	8
2. 검증시나리오 이행 방안	9
2.1. 시나리오 1 - Workflow 정의 절차에 따른 SaaS 응용 전개 여부	9
2.2. 시나리오 2 - 이중 다수 클라우드 환경에서 소프트웨어 운영	11
2.3. 시나리오 3 - 이중 클라우드 간 서비스 및 데이터 이관	13
2.4. 시나리오 4 - 소프트웨어 유형 별 모니터링 정보 제공	14
2.5. 시나리오 5 - HPC/빅데이터 클라우드	16
3. 클라우드를 검증 도구 사례	19
3.1. SPEC Cloud IaaS 2016	19
3.2. TPCx-V	20
3.3. Hadoop	21
3.4. NPB	22
4. HPC/빅데이터-Cloud 성능 검증	24
4.1. Cloud 검증 방법 및 도구	24
4.2. HPC/BigData-Cloud 성능 검증 방법 및 도구	25
4.4. HPC/BigData-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 시스템 구조	28
4.5. HPC/BigData-Cloud 가용성 및 성능 검증	35
References	39

#### 표 목차

[표 1] OverCloud 검증 항목	5
[표 2] 가상 머신 성능 검증 항목	7
[표 3] OverCloud 검증 시나리오	8
[표 4] Test Case : Work Flow와 상호운용성	9
[표 5] Test Case : Federation 및 UnderCloud Composable Node	11
[표 6] Test Case : Migration	13
[표 7] Test Case : Migration	14
[표 8] HPC 사용자 구성	16
[표 9] HPC 서비스 구성 및 개요	17
[표 10] SPEC CloudIM IaaS 2016 성능 검증 항목	19
[표 11] NPB가 지원하는 테스트 방법	22
[표 12] NPB가 지원하는 테스트 방법 및 규모	23
[표 13] HPC/BigData 대응 SaaS 호환성 검증 시나리오	25
[표 14] 클라우드 성능 검증을 위한 모니터링 기본 요구 항목	25
[표 15] HPC/BigData클라우드 성능 검증을 위한 벤치마킹 도구	26
[표 16] Test Case : Federation 및 UnderCloud Composable Node	27
[표 17] 모니터링 시스템 구축 환경 상세 정보	27
[표 18] HPC/BigData-Cloud 검증 요구사항	28
[표 19] 모니터링 시스템 구성 요소	29
[표 20] Input Module의 플러그인 정보	31
[표 21] InfluxDB Table 구성	31
[표 22] HPC/BigData-Cloud 모니터링 시스템 주요 명령어 및 인터페이스	33
[표 23] 가용성 모니터링 지원 점검 항목(클라우드 컴퓨팅서비스 품질 안내서)	37
[표 24] 실험 환경	38

## 그림 목차

[그림 1] SaaS 호환성 요구기능	6
[그림 2] 주요기능 별 검증 항목	6
[그림 3] Cloud 환경 전개 정의	10
[그림 4] IBM Process Designer	10
[그림 5] MultiCloud Architecture (Dell World 2014)	11
[그림 6] 인터클라우드 패브릭 아키텍처	12
[그림 7] OVF package structure	13
[그림 8] OverCloud DTN 구축 계획	14
[그림 9] logstash의 syslog 메시지 추출 필터 설정	15
[그림 10] 스마트 도시에서 빅 데이터 시나리오 예시	18
[그림 11] SPEC CloudTM IaaS 2016 benchmark	19
[그림 12] TPCx-V 테스트 구조	20
[그림 13] Apache Hadoop	21
[그림 14] NAS Parallel Benchmarks	23
[그림 15] IoT-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 개념도	29
[그림 16] HPC/BigData-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 상세 설계	30
[그림 17] Monitoring Agent 수집 항목 설정	35
[그림 18] InfluxDB에 저장된 실시간 모니터링 데이터	35
[그림 19] Monitoring Dashboard 화면 (Host List)	36
[그림 20] Monitoring Dashboard 화면 (가상 머신 상세)	36
[그림 21] 가상 머신 가용성 검증	37
[그림 22] LU A 클래스 작업을 프로세스 1개로 구동한 결과	38
[그림 23] LU A 클래스 작업을 프로세스 4개로 구동한 결과	38
[그림 24] 시스템 CPU 모니터링 결과	38
[그림 25] 모니터링 도구를 통한 CPU 모니터링 화면	38

## 1. 개요

- OverCloud는 서로 격리된 이중 컴퓨팅 환경이 제공하는 개별 전산자원 위에서 자동화 절차(Work Flow)에 따라 소프트웨어를 전개시키고, 이의 운영까지 지원하는 DevOps 구현 기술이라고 정의할 수 있다. 본 문서는 OverCloud 실증기술의 검증을 위한 검증항목 및 절차를 정의한다.

### 1.1. 검증 목표

- OverCloud DevOps Tower는 이중 다수 클라우드 인프라 플랫폼이 제공하는 다양한 형식의 전산 자원(P: 물리서버, V: 가상서버, C: 컨테이너)을 운용함에 따라 상호 운용성(Interoperability), 호환성(Compatibility), 이식성(Portability) 문제를 해결해야 한다. 따라서 OverCloud의 주요 기능을 상호 운용성, 호환성, 이식성 관점에서 검증하는 방법 및 절차를 정의한다.

[표 1] OverCloud 검증 항목

No.	검증항목	설명
1	상호 운용성 (Interoperability)	상호 운용성은 인터페이스가 어떤 제한된 접근이나 수행 없이, 다른 제품이나 시스템과 일할 수 있도록 완전히 이해되는 제품 또는 시스템의 속성
2	호환성 (Compatibility)	호환성(Compatibility)은 만약 모델 중의 하나를 작동하는 어떤 소프트웨어가 다른 모든 모델 집합 또한 작동할 수 있다면 컴퓨터 모델 집합끼리는 호환되는 것
3	이식성 (Portability)	이식성(Portability)은 원시 프로그램을 다른 기종으로 옮기기가 얼마나 쉬운가를 나타내는 정도로 기술/사업자 종속(lock-in)이 없음을 의미

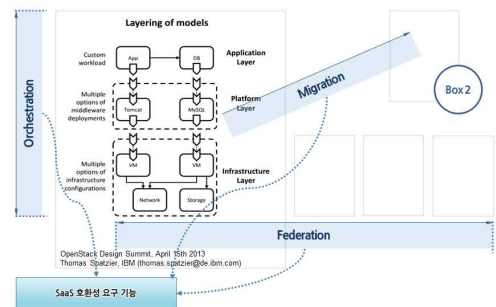
- 또한 OverCloud DevOps Tower의 이중 다수 클라우드 인프라 플랫폼에서 구동하는 다양한 IoT 기기의 상태를 동적으로 확인하기 위해 가상 머신의 정보를 주기적으로 수집하는 모니터링 방법을 도입하여 서비스 호환성을 검증한다. 시간이 지날수록 많은 양의 데이터가 저장/처리되는 IoT 기기의 특성을 벤치마킹 도구로 테스트하여 자원 사용에 대한 성능 정보를 검증한다.

## SaaS OverCloud #14.

## 하이브리드/멀티사이트 클라우드 인프라/ 플랫폼에 대한 HPC/BigData-Cloud 대응 SaaS OverCloud 검증

## 1.2. 제약사항 및 적용방법

- OverCloud 기술의 검증은 이중 클라우드 환경에서 SaaS 호환성 보장에 요구되는 핵심기능에 대해 검증을 정의할 수 있지만 현재 이에 대한 공인된 테스트 방법론 또는 테스트 사례 등은 보고되지 않은 실정이다. 이에 OASIS TOSCA (Topology and Orchestration Specification for Cloud Application) 사양의 개념모델을 중심으로, OverCloud 구현 기능을 검증하는 절차 및 방법을 정의한다[1,2].



[그림 1] SaaS 호환성 요구기능

- OverCloud는 미리 정의된 자동화 절차(Work Flow)에 따라 소프트웨어를 전개하는 Orchestration, 이중 전산자원으로 논리적 클러스터를 구성하는 Federation, 운영 중인 소프트웨어 또는 데이터를 다른 박스로 옮기는 Migration을 지원한다. 기술된 기능은 각각 상호 운용성, 호환성, 이식성을 통해 검증할 수 있다.



[그림 2] 주요기능 별 검증 항목

- o OverCloud의 가상 머신 성능 검증은 정보통신산업진흥원(NIPA)의 클라우드컴퓨팅서비스 품질·성능 안내서의 성능 검증 도구 및 항목을 기반으로 벤치마킹 도구 선정 및 성능 검증을 수행한다[3].

[표 2] 가상 머신 성능 검증 항목

항목	지표	측정 단위	측정 방법
시스템 성능	CPU	- MIPS (Million Instruction Per Second) - CPU가 수행한 인스트럭션 (연산) 수	- 압축과 해제 시 MIPS값의 평균 - ((압축 MIPS) + (해제 MIPS))/2
	메모리	- MB/s(Mega Byte/second) - 메모리 처리 속도	- 정수, 부동소수 연산 등의 평균 측정
	디스크	- KB/s (Kilo Byte/second) - 디스크 I/O 처리속도	- 디스크 입출력 명령어 처리속도 평균
네트워크 성능	TCP 대역폭	- Kbps - TCP 패킷 전송 속도	- 60초 간 TCP 패킷 전송 평균 속도 측정
	TCP 지연시간	- ms - TCP 패킷 전송 지연시간	- ICMP 패킷 전송 지연시간 측정
	UDP 지연시간	- ms - UDP 패킷 도착 간격	- UDP 패킷 도착 간격
	손실률	- % - UDP 패킷 손실률	- UDP 패킷 미도착 횟수 측정
	손실률	- % - UDP 패킷 손실률	- UDP 패킷 미도착 횟수 측정
서비스 성능	웹 응답시간	- Second - 웹 페이지 응답 속도	- 웹 페이지 요청 후 응답 속도 측정
	웹 요청 처리율	- % - 웹 페이지 요청 성공률	- 웹 페이지 요청 후 응답 성공 여부 측정
	DB 트랜잭션 시간	- Second - DB 트랜잭션 소요 시간	- DB 트랜잭션(개) 처리 속도
	DB 요청 처리율	- % - DB 트랜잭션 요청 처리율	- DB 트랜잭션(개) 처리 성공률
	파일 전송 시간	- Second - 파일 서버에 전송 시간	- 파일 전송 완료 시간
	메일 전송 완료율	- % - 메일 서버에 전송 완료율	- SMTP 메일 전송 여부 측정
	서비스 가용성	- % - 서버 포트 연결 성공 횟수	- 서버 포트 연결 시도 후 성공 횟수 측정

### 1.3. 검증시나리오

- o 일반적으로 클라우드 컴퓨팅의 상호운용성 또는 호환성의 보장을 위하여 해결해야 하는 기술적 이슈는
  - 1) 인프라 구성의 기반기술 요소로써 서버 가상화를 위한 하이퍼바이저의 활용,
  - 2) 클라우드 내 보관자료 및 수행 중 작업의 이동 또는 전환,
  - 3) 이기종 클라우드 플랫폼에 대한 통합관리
 등을 들 수 있다. OverCloud는 DevOps Tower에서 자동화된 절차에 따라 위 기술된 이슈를 해결하고자 함에 따라 일반적 소프트웨어 테스트 방법론 상의 점검 방법을 그대로 적용하기에 무리가 있다. 이에 아래와 같은 검증 시나리오를 정의하고 장기적 관점에서 이를 통해 OverCloud DevOps Tower의 기능을 검증하고자 한다.

[표 3] OverCloud 검증 시나리오

No.	검증항목	OverCloud 기능	시나리오
1	상호운용성	Orchestration	Workflow 정의 절차에 따라 SaaS 응용이 정상적으로 전개되는가?
2	호환성	Federation	소프트웨어가 이종 다수 클라우드 환경에서 동시에 운영이 되는가?
3	이식성	Migration	현재 운영중인 소프트웨어 또는 데이터가 다른 Box로의 이관이 자동화 절차에 따라 수행되는가?
4	기능	Operation	이행되는 소프트웨어 스택 별 제공되는 모니터링 정보가 적절한가?

### 1.4. 검증시나리오 별 테스트케이스 정의

- o OverCloud DevOps Tower의 주요 점검 기능으로써 Orchestration, Federation, Migration 기능을 제공하는 소프트웨어 및 관련 기술 사양을 중심으로 향후 점검 항목으로써 테스트케이스를 도출한다. 따라서 기술 참조 사례를 포함하여 검증 시나리오의 이해를 돕는다. 본 문서에서 정의되는 검증시나리오 및 테스트케이스는 분석 단계의 초안으로써 향후 과제 진행에 따라 변경될 수 있다.

## 2. 검증시나리오 이행 방안

- o SaaS 호환성 보장을 위하여 OverCloud DevOps Tower의 구현 기능을 검증하기 위한 시나리오 별 Test Case를 정의한다.

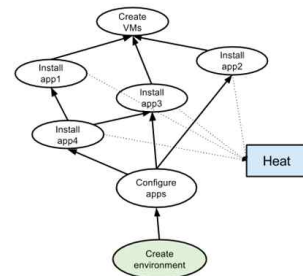
### 2.1. 시나리오 1 - Workflow 정의 절차에 따른 SaaS 응용 전개 여부

- o 소프트웨어 전개에 요구되는 절차 및 테스트를 정의하고, 정해진 절차에 따라 소프트웨어가 정상적으로 전개되는지 점검한다. OverCloud DevOps Tower는 SaaS 전개에 요구되는 개별 소프트웨어의 종속관계(Dependency), 설치 순서(Flow) 등을 정의하는 환경을 제공하고, 여기에서 작성된 그래프 또는 스크립트에 따라 SaaS 응용이 전개되는지 점검한다.

[표 4] Test Case : Work Flow와 상호운용성

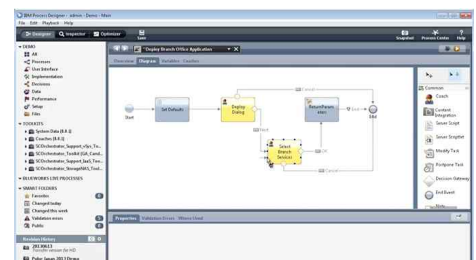
No.	Test Case	설명	확인
1	Workflow 작성	논리적 클러스터 위에 전개해야 하는 소프트웨어의 의존성 관계 및 설치 순서를 스크립트 또는 그래픽 UI를 통해 지정	
2	Workflow 유효성 확인	미리 정의된 소프트웨어의 의존성 관계 등에 문제가 없는지, 스크립트의 구문 상에 오류가 없는지 설치 이전 사전 점검	
3	SaaS 응용 전개	미리 정의된 작업절차 스크립트를 실행하여 소프트웨어가 지정된 VM 위에 정의된 설정이 제대로 반영되어 설치되었는지 점검	

- o (사례: Openstack Mistral) OpenStack의 Mistral은 Orchestration을 위한 Workflow 관리 도구로써, 기존 Heat에서 정의하지 못했던 Dependency Management 기능을 제공한다.



[그림 3] Cloud 환경 전개 정의

- o (사례: IBM Cloud Orchestrator) IBM® Cloud Orchestrator는 OASIS TOSCA(Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications)에 따라 서비스 템플릿 가져오기, 배치 및 내보내기를 지원한다. IBM SoftLayer, 기존 Openstack 플랫폼, PowerVM, VMware 또는 Amazon EC2로 서비스를 제공한다[4].



[그림 4] IBM Process Designer

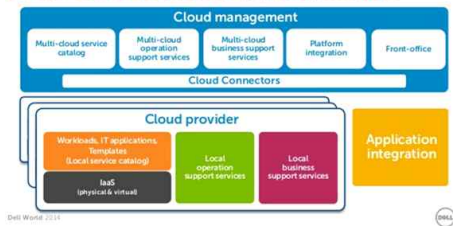
## 2.2. 시나리오 2 - 이중 다수 클라우드 환경에서 소프트웨어 운영

- 하나의 소프트웨어 스택이 둘 이상의 클라우드 환경에서 제공되는 전산자원 위에서 정상적으로 실행되는지 여부를 점검한다.
- OverCloud는 하위레벨에 있어 IaaS 영역인 UnderCloud를 통합하고 UnderCloud의 주요 기능은 둘 이상의 클라우드 서비스 제공자가 제공하는 전산자원의 상호연동, 프라이빗 클라우드와 퍼블릭 클라우드가 제공하는 전산 자원의 상호 연동을 통해 논리적으로 클러스터를 구성하는 것이다.

[표 5] Test Case : Federation 및 UnderCloud Composable Node

No.	Test Case	설명	확인
1	단일 클라우드 환경에서 논리 클러스터 구성	단일 클라우드 환경에서 자동화 절차에 따라 소프트웨어가 정상적으로 설치되어 배포되는지 여부 점검	
2	멀티 클라우드 환경에서 논리 클러스터 구성	이중 클라우드(하이브리드, 멀티클라우드) 환경에서 자동화 절차에 따라 소프트웨어가 정상적으로 설치되어 배포되는지 여부 점검	

- (사례: 멀티클라우드) 멀티클라우드란 다양한 클라우드서비스를 사용하는 기술을 의미한다[4]. 둘 이상의 Public IaaS 및 CSP 가 제공하는 On-Demand 관리와 서비스를 이용하는 것이며, OverCloud는 이중 다수 클라우드를 동시에 사용함에 있어 DevOps Tower를 통해 상호운용성 또는 호환성 문제를 해결한다. DevOps Tower는 전산자원의 구성을 위하여 내부적으로 UnderCloud를 통합한다.



[그림 5] MultiCloud Architecture (Dell World 2014)

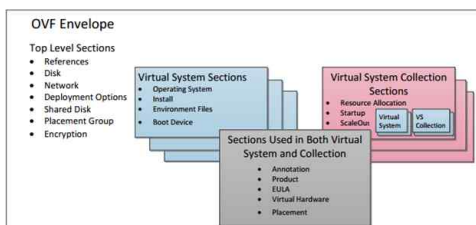
## 2.3. 시나리오 3 - 이중 클라우드 간 서비스 및 데이터 이관

- 운영 중인 소프트웨어 및 데이터가 다른 클라우드 환경으로 정상적으로 이관되는지 여부를 점검한다. 특히 UnderCloud의 경우 고속 마이그레이션 기능과 초고속 대용량 데이터 교환 기능을 연계한 통합된 Composable UnderCloud 관리 기술 확보를 목표로 하고 있다. 이에 일반 상환에서의 마이그레이션 및 DTN 환경에서의 Migration이 정상적으로 이행되어 OverCloud 위에서 운영중인 소프트웨어의 Portability가 확인되는지 여부를 점검한다.

[표 6] Test Case : Migration

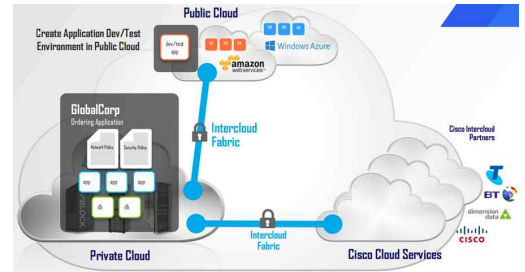
No.	Test Case	설명	확인
1	시스템 이관	논리적 클러스터에 포함되어 있는 전산 자원 (물리/가상/컨테이너)을 다른 클라우드 환경으로 이관	
2	데이터 이관	운영 중인 소프트웨어(예:Wordpress)가 생성한 운영체 데이터, 운영로그 등 데이터가 이중 클라우드로 정상적으로 이관되는지 여부를 점검	
3	DTN 노드 이용	DTN이 허용하는 용량 범위 내에서 1, 2번 항목이 정상적으로 수행되는지 여부 점검	

- (사례: OVF) DMTF(Distributed Management Task Force)는 가상화 플랫폼 간 가상머신의 배포 및 이동성을 보장하기 위한 표준화된 메타데이터 모델을 정의해 나가고 있다. OVF(Open Virtualization Format)는 가상 어플라이언스의 패키징 및 배포를 위한 개방형 포맷으로 플랫폼 독립적이며, 확장가능하게 정의되어 있다. OVF는 가상 어플라이언스를 위한 메타데이터 표현 형식으로 XML을 사용한 다[6,7].



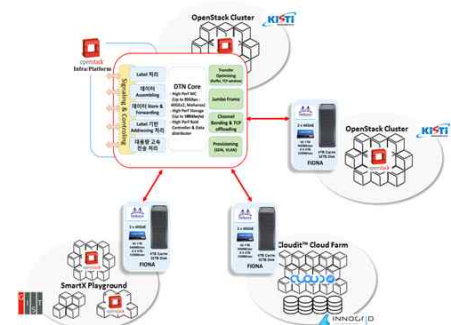
[그림 7] OVF package structure

- (사례: 인터클라우드) 시스코와 시스코 파트너들은 독립적인 클라우드들을 상호 연결하기 위해 전 세계적으로 연결된 클라우드 네트워크인 인터클라우드를 구축하고 있다[5]. 단일 클라우드서비스가 제공하는 실제 물리적 가용능력에 무한하지 않고, 지역적으로 모든 곳에 서비스를 제공할 수 없는 한계를 가진다. 이런 문제를 해결하기 위한 전제조건으로써 클라우드서비스 간의 호환성이 있어야 하며, 클라우드 간의 표준화된 인터페이스 및 네트워크 프로토콜에 대한 표준화 등의 작업이 요구된다. 시스코는 인터클라우드 패브릭을 통해 위 문제를 해결하고자 한다.
- OverCloud 하위 계층(인프라 영역)의 UnderCloud는 SaaS 응용을 위해서 융합형(hyper-converged) 박스 중심의 실제 ICT 자원들로 구축/운영되는 하이브리드/멀티사이트 클라우드 인프라/플랫폼을 넘어서서 사용자 별로 자원집합을 제공하도록 구분된 자원집합의 조각(slice)들의 묶음을 의미한다.



[그림 6] 인터클라우드 패브릭 아키텍처  
(Cisco Connect, Seoul, Korea, 2015)

- (사례: KREONET) 이기종간 다양한 그리드 어플리케이션 데이터의 전송/저장 및 활용을 위한 DTN (Data Transfer Node) 기술이 사용되고 있다. KREONET (Korea Research Environment Open NETwork : 국가 과학기술연구망)은 한국과학기술정보연구원이 관리·운영하는 국가 R&D 연구망이며, OverCloud는 이를 활용하여 Under Cloud 기반의 효과적인 초고속 데이터 교환을 위한 기술을 적용한다.



[그림 8] OverCloud DTN 구축 계획

## 2.4. 시나리오 4 - 소프트웨어 유형 별 모니터링 정보 제공

- OverCloud 기술은 이중 클라우드 환경이 제공하는 전산자원을 활용하여 논리적으로 클러스터를 구성한 후, 다양한 유형의 소프트웨어 스택을 이행한다. 이행되는 소프트웨어의 종류에 따라 운영상 요구되는 모니터링 항목은 달라질 수 있으며, 이들 모니터링 항목을 적절하게 제공하고 있는지 여부를 점검한다.

[표 7] Test Case : Migration

No.	Test Case	설명	확인
1	logical Cluster 구성 정보 제공	이중 클라우드가 제공하는 전산자원을 종류에 상관없이 조합하여 논리적으로 정의되는 클러스터를 구성하는지 여부 점검	

2	소프트웨어 운영 정보 제공	OverCloud는 이중 클라우드 환경에서 다양한 소프트웨어 스택의 견제를 지원하는 DevOps Tower로써 소프트웨어 스택에 상관없이 동일한 운영정보 조회를 지원하는지 여부를 점검	
---	----------------	--	--

- **(사례: ELK)** ELK Stack은 Elasticsearch, Logstash, Kibana의 약자로서 Elasticsearch는 Apache의 Lucene을 바탕으로 개발한 실시간 분산 검색 엔진이며, Logstash는 각종 로그를 가져와 JSON형태로 만들어 Elasticsearch로 전송하고 Kibana는 Elasticsearch에 저장된 Data를 사용자에게 Dashboard 형태로 보여주는 Solution이다[8].
- Elasticsearch는 Apache Lucene을 기반으로 하는 분산 검색엔진이지만, 그 자체로 파일을 저장하는 NoSQL 형식의 데이터베이스이다. 소프트웨어 스택 운영 중 기록되는 다양한 로그 또는 상태정보를 일관된 방법으로 관리하도록 하는 운영 편의성을 제공한다.

```

filter {
  if [type] == "syslog" {
    grok {
      match => { "message" => "%{SYSLOGTIMESTAMP:syslog_timestamp}%{SYSLOGHOST:syslog_hostname}%{DATA:sylog_program}?(?:[%{POSINT:syslog_pid}])?:%{GREEDYDATA:syslog_message}" }
      add_field => [ "received_at", "%{@timestamp}" ]
      add_field => [ "received_from", "%{host}" ]
    }
    date {
      match => [ "syslog_timestamp", "MMM d HH:mm:ss", "MMM dd HH:mm:ss" ]
    }
  }
}

```

[그림 9] logstash의 syslog 메시지 추출 필터 설정





## 2.5. 시나리오 5 - HPC/빅데이터 클라우드

- HPC란 High Performance Computing(고성능 컴퓨팅)의 약자로 일반적으로 과학 기술 연구에 사용되는 초고속 컴퓨터를 말하며, 슈퍼컴퓨터와 비슷한 의미로 사용된다. 네트워크 및 병렬 컴퓨팅 기술이 발달함에 따라 HPC는 슈퍼컴퓨터 뿐만 아니라 그리드 컴퓨팅(클러스터 컴퓨팅) 기술을 이용하여 구현하기도 한다. 이러한 HPC 시장은 빠르게 성장하는 추세인데, 특히 고도의 데이터가 요구되는 과학 연구나 제품 디자인 같은 분야에서 슈퍼 컴퓨팅이 가져올 경쟁우위를 얻고자 하는 조직들에 의해서 이루어지고 있다. 하지만 HPC의 이점은 과학자나 엔지니어에 국한되지 않는다. 많은 혁신적인 프로젝트를 또한 빅데이터의 힘에 의존하고 있으며, 디지털 시대의 비즈니스에서 대규모의 분석을 수행하거나 개념검증(proof of concept) 전에 자본 지출 없이 새로운 아이디어를 시도하기 위해서도 HPC를 활용하는 것이 효율적인 방안이라고 볼 수 있다.
- 기업들은 데이터 집약적인 프로젝트를 수행하면서 점점 더 클라우드 기반의 슈퍼 컴퓨팅 서비스를 원하고 있는데, 그 이유는 확장 가능할 뿐 아니라 그것이 필요할 때 빠르게 활용 가능하기 때문이다.
- HPC 클라우드는 이러한 HPC를 클라우드에 도입한 것을 말하며 운용비용(OPEX) 측면에서 클라우드를 이용하면 컴퓨팅 구축비용을 절감하는 것이 가능하다. 또한 도입할 경우 관리자, 운영자, 사용자 측면에서 다음과 같은 변화를 일으킬 수 있다.

[표 8] HPC 사용자 구성

역할	전략의 변화	직접 효과	간접 효과
관리자	시장 추종 -> 시장 도전	- 초기/고정 투자 최소화 - 제품 개발주기 단축 - 제품 품질 향상	- 경쟁력 제고 - 적시성 - 차별성 - 유연성
운영자	인프라 구축 -> 서비스 연결	- 설치/안정화 기간 단축 - 장애 예방/정비 불필요 - 보안 취약점 최소화	- 서비스 최적화 - 안정성 - 효율성 - 보안성
사용자	자원중심 업무관리 ->업무중심 자원관리	- 대기시간 없는 작업 환경 - 무제한의 각종 자원 접근 - 작업완료 시간 예측 용이	- 생산성 향상 - 신뢰성 - 응답성 - 다양성

[표 9] HPC 서비스 구성 및 개요

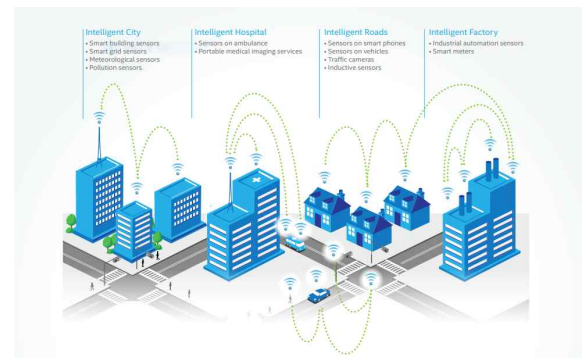
HPC 서비스	분석된 데이터 기반으로 다양한 개인형 맞춤 의료, 광고, 정보 서비스 등 서비스를 제공	
HPC 응용	과학계산, BT, NT, ET 등 산업응용 및 데이터 분석을 위하여 HPC에 설치·실행되는 SW	
HPC 시스템 SW	컴퓨터 시스템의 HW를 운영하고, 대규모 데이터 병렬 처리, 컴파일러, 미들웨어 및 운영체제 등의 실행 환경을 제공하는 플랫폼	
고성능 컴퓨터 (HPC 서버)	고성능 CPU, 차세대 메모리, 고성능 네트워크 등을 바탕으로 막대한 대용량 데이터를 초고속으로 처리하기 위한 기반 서버	

빅데이터 클라우드 서비스는 클라우드 기반 빅 데이터 분석을 사용하는 방법을 의미하는데, 현재 전 세계 조직들이 화두로 삼고 있는 두 가지 IT 이니셔티브는 빅 데이터 분석과 클라우드 컴퓨팅이다. 빅 데이터 분석은 경쟁 우위의 확보, 새로운 혁신을 위한 영감, 수익 증대를 가능케 하는 귀중한 인사이트의 제공을 약속한다. IT 서비스 제공 모델로서 클라우드 컴퓨팅은 사업 민첩성과 생산성을 강화하는 동시에 효율 향상과 비용 절감을 가능하게 할 잠재력이 있다고 볼 수 있다.

기업들은 어떤 빅 데이터를 어떻게 저장하느냐의 문제를 넘어 실제 사업 상 필요에 대응할 수 있도록 의미 있는 분석 결과를 얻는 방법에 대해 고심하고 있다. 클라우드 컴퓨팅 분야가 성숙해짐에 따라 효율적이고 민첩한 클라우드 환경을 구축하는 기업의 수가 증가하고 있으며 클라우드 제공 업체들은 계속해서 서비스 영역을 확대해 가고 있다.

따라서 IT 조직이 빅 데이터 프로젝트를 지원할 구조로 클라우드 컴퓨팅을 고려하는 것은 적절한 선택이라고 볼 수 있다. 빅 데이터 환경에는 대용량, 고속, 다양한 형식의 빅 데이터 처리 도구를 지원하기 위한 서버 클러스터가 필요한데 클라우드 는 이미 서버, 스토리지 및 네트워크 리소스 풀에 구축되어 필요에 따라 규모를 확장하거나 축소할 수 있다. 따라서 클라우드 컴퓨팅은 빅 데이터 기술 및 고급 분석

응용 프로그램을 지원하여 사업 가치를 창출할 수 있는 비용 효율적인 방법을 제공한다고 볼 수 있다.



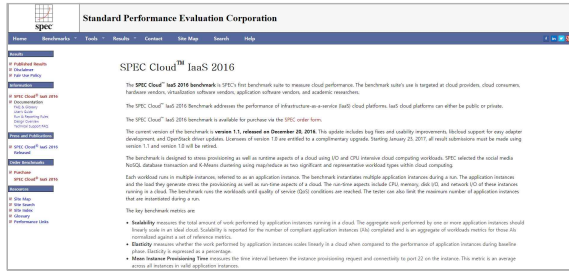
[그림 10] 스마트 도시에서 빅 데이터 시나리오 예시



### 3. 클라우드를 검증 도구 사례

#### 3.1. SPEC Cloud IaaS 2016

- o SPEC Cloud IaaS 2016은 2016년 2월에 SPEC(Standard Performance Evaluation Corporation)에서 발표한 도구로, 클라우드 IaaS 환경의 Disk IO와 CPU 워크로드를 기반으로 성능 검증 평가를 제공한다.



[그림 11] SPEC Cloud™ IaaS 2016 benchmark

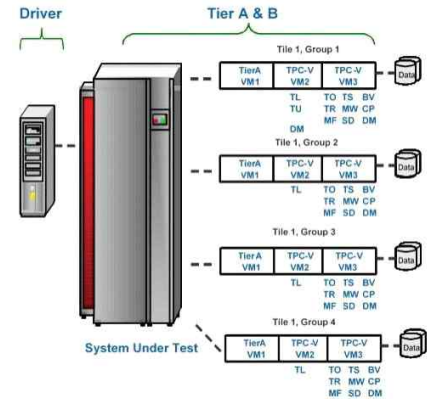
[표 10] SPEC Cloud™ IaaS 2016 성능 검증 항목

대상	항목	측정단위	설명
YCSB (Disk IO workload)	Throughput	ops/s	단일 인스턴스가 처리하는 초당 단위 처리량
	Insert Latency 98%	ms	단일 인스턴스에 대하여 응답시간의 99번째 백분위 수*
	Read Latency 99%	ms	단일 인스턴스에 대하여 응답시간의 99번째 백분위 수*
	AI Provisioning	Time(s) s	부하 대상 애플리케이션 인스턴스에 대한 프로비저닝 소요시간
	Av. Throughput	ops/s	다중(5개) 인스턴스가 처리하는 초당 단위 처리량의 평균
	Av. Insert latency 99%	ms	다중 인스턴스에 대하여 응답시간의 99번째 백분위 수*의 평균
	Av. Read latency 99%	ms	다중 인스턴스에 대하여 응답시간의 99번째 백분위 수*의 평균
	Av. Provisioning Time	score	부하 대상 5개의 애플리케이션 인스턴스들에 대한 프로비저닝 소요 시간
	Scalability	score	성능이 선형적으로 증가하는 최대 유효 애플리케이션 인스턴스의 개수와 그 때의 성능점수
	Elasticity	%	인스턴스 개수 변화에 따른 성능 점수의 탄력도

HiBench (CPU workload)	Completion Time	s	단일 인스턴스의 단위 연산 수행 소요시간
	AI Provisioning Time	s	인스턴스의 프로비저닝 소요시간
	Av. Completion Time	s	다중 인스턴스의 단위 연산 수행 평균 수행시간
	Av. Provisioning Time	s	다중 인스턴스의 평균 프로비저닝 소요시간
	Scalability	score	성능이 선형적으로 증가하는 최대 유효 애플리케이션 인스턴스의 개수와 그 때의 성능점수
	Elasticity	%	인스턴스 개수 변화에 따른 성능 점수의 탄력도

#### 3.2. TPCx-V

- o TPCx-V는 2016년 2월에 발표된 도구로 OLTP 시스템 기반의 가상 환경 전체에 대한 성능 측정을 수행한다. CPU, 메모리, 하드웨어, 스토리지, 네트워킹, 하이퍼 바이저 및 OS 등 다양한 항목에 대한 성능을 검증한다.



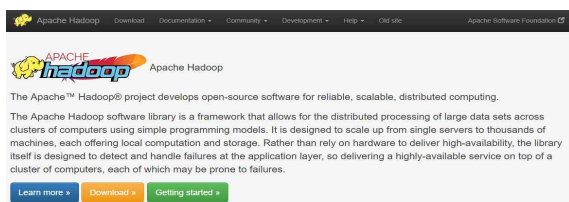
[그림 12] TPCx-V 테스트 구조

#### 3.3. Hadoop

- o Apache Hadoop은 간단한 프로그래밍 모델을 사용하여 여러 대의 컴퓨터 클러스터에서 대규모 데이터 세트를 분산 처리 할 수 있게 해주는 프레임워크 이며 단일 서버에서 수천대의 머신으로 확장 할 수 있도록 설계되어있다. 일반적으로 하둡파일시스템(HDFS)과 맵리듀스(MapReduce)프레임워크로 시작되었으나, 여러 데이터저장, 실행엔진, 프로그램밍 및 데이터처리 같은 하둡 생태계 전반까지 포함할 수 있는 의미로 확장/발전 되었다.

```
$ hadoop org.apache.hadoop.hdfs.server.namenode.NNThroughputBenchmark
-fs hdfs://nameservice:9000 -op open -threads 1000 -files 100000

--- open inputs ---
nrFiles = 100000
nrThreads = 1000
nrFilesPerDir = 4
--- open stats ---
# operations: 100000
Elapsed Time: 9510
Ops per sec: 10515.247108307045
Average Time: 90
```



[그림 13] Apache Hadoop

#### 3.4. NPB

- o NAS Parallel Benchmarks (NPB)는 병렬 슈퍼컴퓨터의 성능을 평가할 수 있도록 설계된 작은 프로그램 세트이다. 벤치마크는 전산 유체 역학 (CFD) 응용 프로그램에서 파생되었으며 "pencil-and-paper" 규칙(NPB 1)의 5개 커널과 3개의 pseudo-application으로 구성된다. 벤치마크 제품군은 구조화되지 않은 adaptive mesh, parallel I / O, multi-zone application 및 computational grids를 위한 새로운 벤치마크를 포함하도록 확장되었다. NPB의 참조 구현은 MPI 및 OpenMP (NPB 2 및 NPB 3)와 같이 일반적으로 사용되는 프로그래밍 모델에서 사용할 수 있다.

다음 표에 명시된 NPB 1의 8가지 벤치마크는 CFD application에서 연산 및 데이터 이동을 모방한다.

[표 11] NPB가 지원하는 테스트 방법

5 Kernels	
IS	Integer Sort, random memory access
EP	Embarrassingly Parallel
CG	Conjugate Gradient, irregular memory access and communication
MG	Multi-Grid on a sequence of meshes, long- and short-distance communication, memory intensive
FT	discrete 3D fast Fourier Transform, all-to-all communication
3 Pseudo applications	
BT	Block Tri-diagonal solver
SP	Scalar Penta-diagonal solver
LU	Lower-Upper Gauss-Seidel solver

[표 12] NPB가 지원하는 테스트 방법 및 규모

Problem Class	BT-MZ		LU-MZ		SP-MZ		Aggregated Grid Size	Memory Requirement (approx.)
	no. zones	no. iters	no. zones	no. iters	no. zones	no. iters		
Class S	2 x 2	60	4 x 4	50	2 x 2	100	24 x 24 x 6	1 MB
Class W	4 x 4	200	4 x 4	300	4 x 4	400	64 x 64 x 8	6 MB
Class A	4 x 4	200	4 x 4	250	4 x 4	400	128 x 128 x 16	50 MB
Class B	8 x 8	200	4 x 4	250	8 x 8	400	304 x 208 x 17	200 MB
Class C	16 x 16	200	4 x 4	250	16 x 16	400	480 x 320 x 28	0.8 GB
Class D	32 x 32	250	4 x 4	300	32 x 32	500	1632 x 1216 x 34	12.8 GB
Class E	64 x 64	250	4 x 4	300	64 x 64	500	4224 x 3456 x 92	250 GB
Class F	128 x 128	250	4 x 4	300	128 x 128	500	12032 x 8960 x 250	5.0 TB



#### → NAS Parallel Benchmarks

The NAS Parallel Benchmarks (NPB) are a small set of programs designed to help evaluate the performance of parallel supercomputers. The benchmarks are derived from computational fluid dynamics (CFD) applications and consist of five kernels and three pseudo-applications in the original "bench-and-paper" specification (NPB 1). The benchmark suite has been extended to include new benchmarks for unstructured adaptive mesh, parallel I/O, multi-zone applications, and computational grids. Problem sizes in NPB are predefined and indicated as different classes. Reference implementations of NPB are available in commonly-used programming models like MPI and OpenMP (NPB 2 and NPB 3).

[그림 14] NAS Parallel Benchmarks

## 4. HPC/빅데이터-Cloud 성능 검증

o 1차년도 Web-App-DB 3-tier, 2차년도 IoT-Cloud SaaS 응용의 호환성 검증을 기반으로 3차년도는 HPC/BigData-Cloud 대응 SaaS 응용에 대한 성능 검증 도구, 환경 및 방법을 설명한다. 정보통신사업진흥원의 “클라우드컴퓨팅서비스 품질·성능 안내서”의 클라우드 서비스 품질 확인 및 검증 방법을 기반으로 성능 검증 수행한다. 3차년도에는 2차년도 개발된 모니터링 도구를 기반으로 실시간으로 OverCloud 가상 머신 자원과 컨테이너 자원을 수집하여 시스템의 가용성 및 HPC/BigData 서비스가 동작하는 상황을 가정한 벤치마킹 도구를 통해 성능 검증 결과를 확인한다.

### 4.1. Cloud 검증 방법 및 도구

- o 본 절에서는 일반적인 Cloud 검증 방법과 사용하는 도구를 분석한다. Cloud 검증 기준은 가용성, 응답성, 확장성, 신뢰성, 서비스 지속성 등이 있으며, HPC/BigData-Cloud의 호환성 성능 검증 항목 중 가용성과 응답성 검증에 필요한 방법 및 도구를 제시한다.
- o (가용성 검증) 가용성 검증은 클라우드 서비스가 장애 없이 정상적으로 운영되는 것을 검증한다. 신뢰성은 정해진 서비스 운영 시간 대비 클라우드 서비스 이용 가능한 시간의 비율인 가용률로 나타낸다. 가용성 검증을 위해 서비스 상태를 지속적으로 확인할 수 있는 모니터링 기능이 필요하다. 가용성 검증을 위한 도구는 일반적인 OS에서 구동이 가능한 ping, nc, curl 등의 도구를 이용하여 측정한다.
  - 시스템 가용성 체크: ping을 통해 측정하며 응답 결과에 오류가 있으면 시스템 장애로 판단
  - 서비스 가용성 체크: nc를 통해 클라우드 서비스의 IP와 포트 서비스 접근이 가능한지 지속적으로 측정
  - 웹사이트 가용성 체크: curl을 통해 서비스를 제공하는 웹사이트에 접근이 가능한지 측정
- o (응답성 검증) 응답성 검증은 이벤트 발생 시 즉각적으로 대응할 수 있는 것을 검증한다. 응답성의 경우 시스템 성능에 많이 영향 받아 시스템 전체 성능 검증이 필요하다. 시스템 성능은 Throughput을 기준으로 측정하며 국제적으로 통용하는 도구인 TPC, SPEC 표준 및 도구를 활용한다.
  - 공개SW 기반 응답성 확인: Apache JMeter와 HPE LoadRunner를 이용하여 다양한 프로토콜에 대한 응답 시간을 측정
  - 단일 대상 시스템 성능 측정: 7zip(CPU), ramspeed(Memory), Iozone(Disk),

- ping(Network), iperf(Network)를 이용하여 시스템 처리 성능 확인
- 복합 대상 시스템 성능 측정: SPEC Cloud IaaS 2016, TPCx-V를 이용하여 처리 성능 확인

[표 13] HPC/BigData 대응 SaaS 호환성 검증 시나리오

검점항목	시나리오
CPU 연산	CPU 연산 위주의 HPC/BigData 클러스터가 OverCloud 환경에서 정상적으로 운영되는가?
Network	Network 트래픽이 많이 발생하는 HPC/BigData 클러스터가 OverCloud 환경에서 정상적으로 운영되는가?
Disk I/O	Disk I/O가 많이 발생하는 HPC/BigData 클러스터가 OverCloud 환경에서 정상적으로 운영되는가?

### 4.2. HPC/BigData-Cloud 성능 검증 방법 및 도구

- o HPC/BigData-Cloud 대응 SaaS 서비스 성능 검증을 위해 모니터링 시스템을 구축하여 주기적으로 가상 머신의 정보를 수집하여 이를 통해 가용성 및 성능을 확인한다. 모니터링 도구는 아래의 표와 같이 가상 머신 및 컨테이너의 의 자원 사용 정보를 수집한다.

[표 14] 클라우드 성능 검증을 위한 모니터링 기본 요구 항목

No.	구분	내용 (단위)
1	cpu_idle	CPU 유휴율 ( percent )
2	cpu_intr	CPU 인터럽트율 ( percent )
3	cpu_system	CPU 시스템 사용률 ( percent )
4	cpu_user	CPU 유저 사용률 ( percent )
5	cpu_utilization	CPU 사용률 ( percent )
6	proc_run	실행 중인 프로세스 수 ( count )
7	proc_total	전체 프로세스 수 ( count )
8	mem_buffers	메모리 버퍼 사용량 ( bytes )
9	mem_cached	메모리 캐시 사용량 ( bytes )
10	mem_free	메모리 유휴량 ( bytes )

11	mem_shared	메모리 공유 사용량 ( bytes )
12	mem_total	전체 메모리 ( bytes )
13	mem_used	메모리 사용량 ( bytes )
14	mem_utilization	메모리 사용률 ( percent )
15	swap_total	전체 SWAP 메모리 ( bytes )
16	swap_free	SWAP 메모리 유휴량 ( bytes )
17	disk_total	전체 디스크 용량 ( bytes )
18	disk_free	디스크 유휴량 ( bytes )
19	disk_utilization	디스크 사용률 ( percent )
20	bytes_read	디스크 읽기 ( bytes )
21	bytes_written	디스크 쓰기 ( bytes )
22	bytes_in	네트워크 IN ( bytes )
23	bytes_out	네트워크 OUT ( bytes )

- o HPC/BigData SaaS의 서비스가 구동하는 OverCloud 성능 검증을 위해 벤치마킹 도구를 선정하고 벤치마킹 유형에 따라 서비스 처리 성능을 검증한다. HPC/BigData SaaS 서비스 성능 검증에 사용한 벤치마킹 도구는 아래의 표와 같다.

[표 15] HPC/BigData클라우드 성능 검증을 위한 벤치마킹 도구

항목	지표	측정 방법	측정 도구
연산 성능	CPU Usage	NPB 벤치마킹 연산 프로그램의 병렬 구동 및 자원 사용량 모니터링	NPB
연산 성능	CPU Usage	Hadoop Benchmark 프로그래밍 구동 및 자원 사용량 모니터링	Hadoop

- o HPC/BigData SaaS의 가용성 측정은 가용성 측정 도구를 통해 주기적으로 측정하는 것을 개선하여 모니터링 도구 내의 가상 머신 자원 수집 및 로그 확인을 통해 가용성 및 서비스 상태를 확인할 수 있게 구성하였다.

#### 4.3. HPC/BigData-Cloud 성능 검증용 위한 환경 구성

- 이노그리드의 Cloudit 과 Gist의 OverCloud가 제공하는 VM을 사용하여 HPC/BigData-Cloud 성능 검증 환경을 구성한다.

[표 16] Test Case : Federation 및 UnderCloud Composable Node

No.	용도	CSP	사양	설치 프로그램
1	HPC/BigData-Cloud SW 및 검증 서버	이노그리드	테스트 머신 o 4 Processor o 4GB Memory o 100GB Storage	모니터링 시스템, NPB
2	HPC/BigData-Cloud SW 및 검증 서버	GIST	Over Cloud	모니터링 시스템, NPB

[표 17] 모니터링 시스템 구축 환경 상세 정보

분류	설치 SW	머신 상세 정보
모니터링 시스템	Monitoring Collector InfluxDB Monitoring Dashboard	Intel(R) Core(TM) i7 CPU 860 @ 2.80GHz (2 VCPU), 2GB Memory, 1Gbps Network Card
성능 검증 머신	Monitoring Agent	Intel(R) Xeon(R) CPU E5606 @ 2.13GHz (4 VCPU), 4GB Memory, 1Gbps Network Card

#### 4.4. HPC/BigData-Cloud 성능 검증용 위한 모니터링 시스템 구조

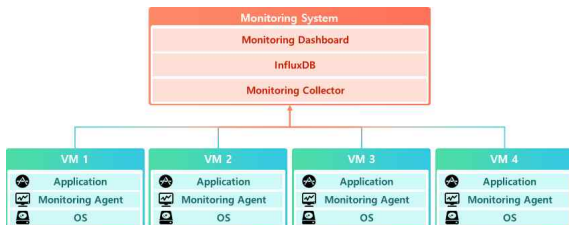
- (요구사항) 시스템 및 서비스의 지속상태 확인을 위해 실시간 모니터링 및 정보 수집에 대한 요구사항은 다음 표와 같다.

[표 18] HPC/BigData-Cloud 검증 요구사항

ID	요구사항명	상세
ICV-01	가용성 데이터 실시간으로 수집 및 가시화	1. 대상(물리노드, 가상머신, 컨테이너)의 실시간 상태 정보 수집이 가능해야 한다. 2. 수집된 데이터를 실시간으로 표현하여 가용성을 확인할 수 있어야 한다. 3. 시스템 가용성 측정을 위해 모니터링 시스템이 죽지 않고 대상 시스템 시작시 자동으로 구동되어 동작해야 한다.
ICV-02	대상 시스템의 온-오프라인 상태 확인	1. 대상 시스템의 생존 여부 확인 정보 수집이 가능해야 한다. 2. 대상 시스템의 온-오프라인 정보를 가시화하여 보여줄 수 있어야 한다.
ICV-03	시스템 운영 정보 저장	1. 모니터링 대상이 되는 시스템의 정보를 지속적으로 저장하고 관리해야 한다. 2. 저장된 정보를 시간에 따라 확인할 수 있어야 한다.
ICV-04	모니터링 측정 주기 설정	1. 모니터링 측정을 위한 시간 설정이 가능해야 한다.
ICV-05	모니터링 측정 항목 설정	1. 모니터링 정보 수집 대상의 세부 정보를 설정할 수 있어야 한다.

- (개발목표) OverCloud 환경에서 구동하는 HPC/BigData-Cloud 호환성 성능 검증을 위해 대상 시스템의 상태 정보를 주기적으로 수집하고 데이터베이스에 저장하여 가용성 및 응답성 성능을 가시화하여 제공한다.

- (시스템 구조) 가상 자원의 사용량 측정은 가상 머신 내부의 Telegraf를 사용한다. Telegraf Agent가 측정한 가상 자원의 사용량은 Monitoring Collector가 수집하게 된다. Monitoring Collector는 Telegraf가 보낸 모니터링 정보를 Monitoring DB에 저장하며, Monitoring DB는 실시간 데이터 저장에 특화된 InfluxDB를 사용한다. Monitoring Dashboard는 Chronograf를 이용하였고 수집한 모니터링 정보를 가시화하여 사용자에게 제공한다.



[그림 15] IoT-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 개념도

[표 19] 모니터링 시스템 구성 요소

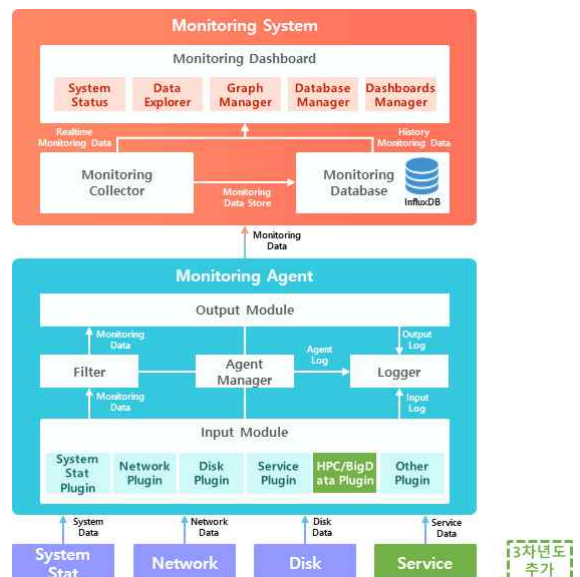
구분	설명
Monitoring Agent	대상 시스템의 자원 사용량 수집
Monitoring Collector	Monitoring Agent가 보낸 모니터링 정보를 InfluxDB에 저장
Monitoring Dashboard	InfluxDB에 저장된 정보를 웹 화면으로 제공

- Monitoring Agent가 대상 시스템에서 주기적으로 정보를 수집하여 가용성 확인뿐만 아니라 가상 머신의 성능 측정도 용이하게 할 수 있다. 가상 머신의 성능은 5초 단위로 수집하며 데이터베이스 저장을 통해 데이터 이용 및 관리의 용이성을 제공한다.

- (절제) HPC/BigData-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 시스템의 상세 구조는 다음 그림과 같다.

- Monitoring Agent는 대상 시스템에 설치되어 동작하며 HPC/BigData-Cloud 호환성 검증을 위해 다양한 항목(시스템 정보, 프로세스 정보)의 정보 수집을 위한 플러그인들을 가지고 있다. Input Module에 원하는 정보 수집을 위한 플러그인들을 설치하거나 설정할 수 있다. 각 플러그인마다 수집하는 데이터의 특성이 다르기에 필요한 플러그인을 적절히 선택할 필요가 있다. 본 모니터링 시스템에서는 호환성 성능 검증을 위해 시스템 자원 정보, 네트워크 정보, 디스크 정보, 프로세스 정보를 수집한다. 수집된 데이터는 Filter를 거쳐 Output Module을 통해 Monitoring Collector로 전달된다. Filter는 Input Module에서 수집한 정보 중 원하는 정보를 구분하여 전달한다. 다양한 플러그인들이 수집하는 항목이 많아 원하는 정보만 수집하기 원할 때 이용한다.

- Monitoring Collector는 수집 대상들의 Agent로부터 모니터링 정보를 받는다. Monitoring Collector는 수집된 정보를 Monitoring Database에 저장하여 히스토리 정보로 Monitoring Dashboard에 제공하거나 Monitoring Dashboard에 바로 전달하여 실시간 모니터링 정보로 활용한다. Monitoring Dashboard는 5가지 기능으로 구성된다. System Status는 시스템 정보(CPU, Memory, Disk, Network, Process 등)를 확인할 수 있다. Data Explorer는 Monitoring Database에 저장된 모니터링 정보를 확인할 수 있는 화면을 제공한다. Graph Manager는 사용자에게 보여줄 모니터링 그래프를 설정하는 기능을 제공한다. Database Manager는 Monitoring Dashboard가 사용하는 Database 등록/해제/관리 기능을 제공한다. Dashboards Manager는 Dashboards에 화면에 관한 상세 설정 및 관리 기능을 제공한다.



[그림 16] HPC/BigData-Cloud 성능 검증을 위한 모니터링 상세 설계



[표 20] Input Module의 플러그인 정보

구분	설명
System Stat Plugin	시스템 정보 수집(이름, 하드웨어 정보, 자원 사용량)
Network Plugin	네트워크 정보 수집(In/Out 트래픽, NIC 정보 등)
Disk Plugin	디스크 정보 수집(Read/Write, 디스크 사용량)
Service Plugin	대상 머신에서 동작하는 프로세스 정보 수집
HPC/BigData Plugin	HPC, 빅데이터 프로세스 정보 수집
Other Plugin	기타 정보 수집 및 벤치마킹용 플러그인

- Monitoring Agent 모니터링은 18개 항목 198개의 데이터를 실시간으로 수집한다.

[표 21] InfluxDB Table 구성

Tables	설명	Fields
cpu	cpu 상세 정보	usage_guest, pct_idle, usage_guest_nice, pct_iowait, usage_idle, pct_nice, usage_iowait, pct_pct_idle, usage_irq, pct_pct_iowait, usage_nice, pct_pct_nice, usage_softirq, pct_pct_steal, usage_steal, pct_pct_system, usage_system, pct_pct_user, usage_user, pct_steal, pct_system, pct_user
cpu_util	cpu 사용량 정보	pct_pct_idle, pct_idle, pct_pct_iowait, pct_iowait, pct_pct_nice, pct_nice, pct_pct_system, pct_pct_steal, pct_pct_user, pct_system, pct_steal, pct_user
disk	디스크 상세 정보	free, avgqu-sz, inodes_free, avgrq-sz, inodes_total, await, inodes_used, total, used, used_percent, pct_util, rd_sec_per_s, svctm, tps, wr_sec_per_s
diskio	디스크 입출력 정보	io_time, iops_in_progress, read_bytes, read_time, reads, write_bytes, weighted_io_time, write_time, writes
inode	inode 상세 정보	dentunusd, file-nr, pty-nr, inode-nr
io	입출력 관련 정보	bread_per_s, bwrtn_per_s, rtps, tps, wtps
kernel	커널 관련 정보	boot_time, context_switches, interrupts, processes_forked

mem	메모리 상세 정보	active, available, available_percent, buffered, cached, bufpgr_per_s, free, inactive, campg_per_s, total, used, frmpg_per_s, used_percent
mem_util	메모리 사용량 정보	kbactive, kbbuffers, kbcached, kbcommit, kbdirty, kbinaet, kbmemfree, kbmemused, pct_pct_commit, pct_commit, pct_pct_memused, pct_memused
network	네트워크 상세 정보	access_per_s, badcall_per_s, call_per_s, coll_per_s, getatt_per_s, hit_per_s, ip, miss_per_s, packet_per_s, pct_ifutil, rawsck, read_per_s, retrans_per_s, rxcmp_per_s, rxdrop_per_s, rxifo_per_s, rxerr_per_s, rxfram_per_s, rxkB_per_s, rxmst_per_s, rxpck_per_s, saccess_per_s, scall_per_s, sread_per_s, sgetatt_per_s, swrite_per_s, tcp, tcp_per_s, tcpsck, totsck, txcarr_per_s, txcmp_per_s, txdrop_per_s, txerr_per_s, txifo_per_s, txkB_per_s, txpck_per_s, udp_per_s, udpsck, write_per_s
paging	paging 상세 정보	fault_per_s, majflt_per_s, pct_pct_vmeff, pgfree_per_s, pct_vmeff, pgpgin_per_s, pgpgout_per_s, pgscand_per_s, pgscank_per_s, pgsteal_per_s
per_cpu	CPU 상세 정보 (systat 모듈)	pct_idle, pct_iowait, pct_nice, pct_pct_idle, pct_pct_iowait, pct_pct_nice, pct_pct_steal, pct_pct_system, pct_pct_user, pct_steal, pct_system, pct_user
processes	프로세스 상세 정보	blocked, dead, paging, running, sleeping, stopped, total, total_threads, unknown, zombies
queue	프로세스 큐 정보	blocked, ldavg-1, ldavg-15, ldavg-5, plist-sz, runq-sz
swap	메모리 swap 정보	free, in, out, total, pswpin_per_s, used, pswpout_per_s, used_percent
swap_util	swap 사용량 정보	kbswpcad, kbswpfree, kbswpused, pct_pct_swpcad, pct_pct_swpcad, pct_swpcad, pct_swpcad
system	시스템 정보	load1, load15, load5, n_cpus, n_users, uptime, uptime_format
task	OS 태스크 정보	cswch_per_s, proc_per_s

- o **(개별)** HPC/BigData-Cloud 모니터링 시스템에서 사용하는 주요 명령어 및 인터페이스는 다음 표와 같다.

[표 22] HPC/BigData-Cloud 모니터링 시스템 주요 명령어 및 인터페이스

구분	명령어(처리 결과)
모니터링 수집 항목 필터 설정	telegraf -sample-config -input-filter cpu:mem -output-filter influxdb > telegraf.conf
모니터링 측정 항목 확인	<pre>&gt; SHOW MEASUREMENTS name: measurements name ---- cpu cpu_util disk diskio inode io kernel mem mem_util network paging per_cpu processes queue swap swap_util system task &gt; █</pre>
모니터링 데이터베이스 저장 포맷 정보 확인	<pre>&gt; SHOW FIELD KEYS name: cpu fieldKey      fieldType ----- usage_guest   float pct_idle      float usage_guest_nice float pct_iowait    float usage_idle    float pct_nice      float usage_iowait  float pct_pct_idle  float usage_irq     float pct_pct_iowait float usage_nice    float pct_pct_nice  float usage_softirq float pct_pct_steal float usage_steal   float pct_pct_system float usage_system  float pct_pct_user  float usage_user    float pct_steal     float pct_system    float pct_user      float</pre>

데이터 수집 정보 확인	<pre>&gt; SELECT usage_idle FROM cpu WHERE cpu = 'cpu-total' LIMIT 5 name: cpu time      usage_idle ----- 1508399070000000000 78.12500000058677 1508399080000000000 75.63195146494196 1508399090000000000 89.2663950462111 1508399100000000000 82.4898785432586 1508399110000000000 73.18548387299966</pre>
InfluxDB 데이터베이스 정보 확인	<pre>curl "http://localhost:8086/query?q=show+databases" {"results":[{"statement_id":0,"series":[{"name":"databases","columns":["name"],"values":[["_internal"],["_db_name"],["_telegraf"],["_mydb"],]]}]}</pre>
InfluxDB에 저장된 데이터 조회	<pre>curl 'http://localhost:8086/query?q=select*fromtelegraf.cpu' {"results":[{"statement_id":0,"series":[{"name":"telegraf.cpu","columns":["time","usage_idle","usage_guest","pct_idle","usage_guest_nice","pct_iowait","usage_idle","pct_nice","usage_iowait","pct_pct_idle","usage_irq","pct_pct_iowait","usage_nice","pct_pct_nice","usage_softirq","pct_pct_steal","usage_steal","pct_pct_system","usage_system","pct_pct_user","usage_user","pct_steal","pct_system","pct_user"],"values":[[1508399070000000000,78.12500000058677,0.0],[1508399080000000000,75.63195146494196,0.0],[1508399090000000000,89.2663950462111,0.0],[1508399100000000000,82.4898785432586,0.0],[1508399110000000000,73.18548387299966,0.0]]]}]}</pre>

#### 4.5. HPC/BigData-Cloud 가용성 및 성능 검증

- 가용성 성능 측정을 위해서는 검증 대상이 되는 가상 머신에 Monitoring Agent가 설치되어 있어야 한다. Monitoring Agent가 가상 머신에서 수집할 항목 설정을 진행한다. 모니터링 도구는 sysstat 기반의 CPU, Memory, Disk, Network 관련 정보를 수집하도록 설정하였다. 이렇게 수집한 모니터링 데이터는 Monitoring Agent가 설정한 Monitoring Collector에게 전달하며 Monitoring Collector는 받은 데이터를 InfluxDB에 저장한다.

```
# # Sysstat metrics collector
[inputs.sysstat]
sadc_path = "/usr/lib/sysstat/sadc"

[inputs.sysstat.options]
-C = "cpu"
-B = "paging"
-b = "3s"
-d = "disk"
"-n ALL" = "network"
"-P ALL" = "per_cpu"
-q = "queue"
-R = "mem"
-r = "mem_util"
-S = "swap_util"
-U = "cpu_util"
-V = "inode"
-W = "swap"
-W = "task"
```

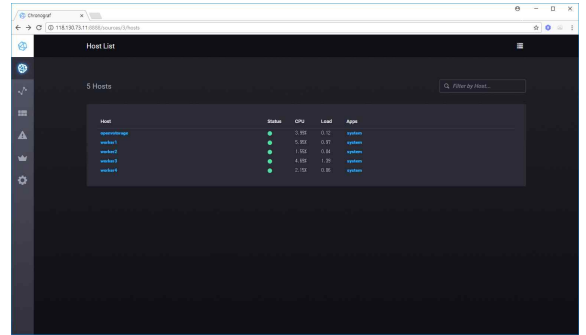
[그림 17] Monitoring Agent 수집 항목 설정

Host	name	image_name	image_id	image_size	image_type	image_status	image_size	image_type	image_status
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10
10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10	10.10.10.10

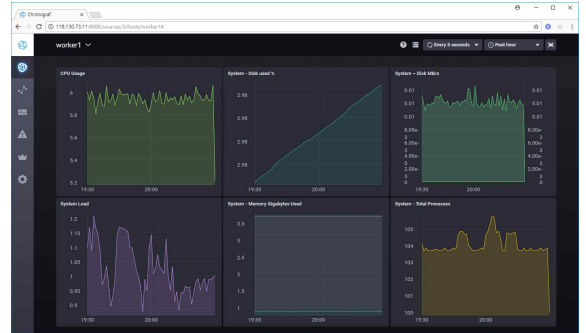
[그림 18] InfluxDB에 저장된 실시간 모니터링 데이터

- 가상 머신 모니터링 확인(URL - http://IP or Domain:8888)
  - 가상 머신의 상태 정보는 아래 그림과 같이 Monitoring Dashboard를 통해 확인할 수 있다. Host List 페이지에서는 가상 머신의 생존 여부가 Status에

색(Green, Red)으로 표시되고 CPU 사용량이 간략하게 표시된다. 각 Host를 클릭하면 가상 머신의 상세 정보(CPU, Memory, Disk, Network 등)를 확인할 수 있다.



[그림 19] Monitoring Dashboard 화면 (Host List)



[그림 20] Monitoring Dashboard 화면 (가상 머신 상세)

- 가상 머신 가용성 검증
  - IoT-Cloud 성능 검증을 모니터링 도구는 시스템 가용성 확인을 위해 아래와 같은 지원 항목을 고려하였다. 가용성 모니터링 기능을 위해 실시간으로 가상 머신의 정보를 수집하며 일정 시간이 지나도 정보 수집이 안 될 경우 장애 상황이라 판단한다. Monitoring Dashboard에는 아래 그림과 같이 Status 항목에서 사용 가능한 가상 머신은 초록색으로 사용 불가능한 것은 붉은색으로 표시된다. 또한 운영상태 로그 기능은 Monitoring Agent로부터 수집된 모니터링 정보들이 실시간으로 InfluxDB에 기록되어 필요시 원하는 모니터링 대상의 운영 상태를 확인할 수 있다.

[표 23] 가용성 모니터링 지원 점검 항목(클라우드 컴퓨팅서비스 품질 안내서)

점검항목	설명
가용성 모니터링 기능	가용성 측정 데이터 수집 및 분석 결과를 제공하는 도구의 제공 여부와 기능이 정상 동작하는지 확인
운영상태 로그 기능	모니터링 대상에 대한 운영상태를 기록하는 로그 기능의 제공 여부와 기능이 정상 동작하는지 확인

Host	Status
openvstorage	●
worker1	●
worker2	●
worker3	●
worker4	●

[그림 21] 가상 머신 가용성 검증

- NPB/Hadoop Benchmark 기반의 HPC/BigData 벤치마킹
  - 대용량의 연산 및 네트워크 작업 특징을 가진 HPC/BigData 서비스의 성능 측정을 위해 본 연구에서는 NPB와 Hadoop Benchmark 도구를 선정하였다. NPB는 HPC 서비스가 가지는 연산, 네트워크, 디스크 IO 등의 작업을 발생시켜 테스트 할 수 있는 신뢰성 있는 프로그램으로 시스템으로 HPC/BigData 서비스 상황에 맞추어 프로세스를 구성 및 시스템을 구축하였다.

[표 24] 실험 환경

분류	NPB 설정	가상 머신 상세 정보
성능 검증 테스트 가상 머신	Slave 모드	Intel(R) Core(TM) i7 CPU 860 @ 2.80GHz 4GB Memory, 1Gbps Network Card
검증 대상 가상 머신	Master 모드	Intel(R) Core(TM) i7 CPU 860 @ 2.80GHz 4GB Memory, 1Gbps Network Card

- 대표적인 HPC 처리 작업인 LU(Lower-Upper Gauss-Seidel solver)를 구동하여 측정한 결과이다. 단일 프로세스일때보다 멀티 프로세스로 갈 경우 전체 처리량이 증가한 것을 볼 수 있다.

\* LU 벤치마크는 LU factorization을 실제로는 행하지 않고, 5x5의 블록을 갖는 상하 삼각 행렬 시스템을 SSOR(Symmetric Successive Over-Relaxation)법으로 푼다. LU는 다른 프로그램과는 달리 대단히 작은 크기의 메시지를 대량으로 주고받는다의 특징이 있다. 따라서 하드웨어 성능보다는 오히려 MPI자체의 작은 크기의 메시지 통신성능에 민감하게 반응하게된다. LU의 경우 하드웨어 성능비교도구보다는 MPI의 작은 크기의 메시지 통신 성능을 비교하기에 좋은 방법이다

```
LU Benchmark Completed.
Class = A
Size = 64x 64x 64
Iterations = 250
Time in seconds = 77.17
Total processes = 1
Compiled procs = 1
Mops total = 1545.81
Mops/process = 1545.81
Operation type = floating point
Verification = SUCCESSFUL
Version = 3.3.1
Compile date = 07 Feb 2019
```

[그림 22] LU A 클래스 작업을 프로세스 1개로 구동한 결과

```
LU Benchmark Completed.
Class = A
Size = 64x 64x 64
Iterations = 250
Time in seconds = 35.08
Total processes = 4
Compiled procs = 4
Mops total = 3480.35
Mops/process = 850.09
Operation type = floating point
Verification = SUCCESSFUL
Version = 3.3.1
Compile date = 07 Feb 2019
```

[그림 23] LU A 클래스 작업을 프로세스 4개로 구동한 결과

```
Host: 10.10.10.10
CPU: 100.00%
Memory: 100.00%
Disk: 100.00%
Network: 100.00%
```

[그림 24] 시스템 CPU 모니터링 결과



[그림 25] 모니터링 도구를 통한 CPU 모니터링 화면

## References

- [1] 보안공학연구논문지 Vol.11, No.4 클라우드 컴퓨팅 상호 운용성 기반의 서비스 평가 방법론 개발, 이강찬 외
- [2] OASIS TOSCA, <https://www.oasis-open.org/committees/tosca>
- [3] 클라우드컴퓨팅서비스 품질·성능 안내서, 정보통신산업진흥원,  
<http://www.slideshare.net/DellWorld/mt6-control-cloud-chaos-cloud-management>
- [4] Multi Cloud,  
<http://www.slideshare.net/DellWorld/mt6-control-cloud-chaos-cloud-management>
- [5] Inter Cloud, <https://en.wikipedia.org/wiki/Intercloud>
- [6] Open Virtualization Format White Paper, DSP2017, 2014-04-24
- [7] OVF(Open Virtualization Format) 표준화 동향, TTA Journal Vol.135
- [8] ELK, <https://www.elastic.co/kr/webinars/introduction-elk-stack>

## *SaaS OverCloud 기술 문서*

- 주식회사 이노그리드의 확인과 허가 없이 이 문서를 무단 수정하여 배포하는 것을 금지합니다.
- 이 문서의 기술적인 내용은 프로젝트의 진행과 함께 별도의 예고 없이 변경될 수 있습니다.
- 본 문서와 관련된 문의 사항은 아래의 정보를 참조하시길 바랍니다. (E-mail: baul@innogrid.com)

작성기관: 주식회사 이노그리드  
작성년월: 2018/12