

HPC 지원을 위한 멀티 클라우드 기반 통합 시스템 설계 및 구축

박준영, 정기문, 조혜영, 손아영

한국과학기술정보연구원

{jypark, kmjeong, chohy, ayson}@kisti.re.kr

Architecture and Implementation of an Integrated Multicloud Platform for HPC Support

Junyoung Park, Kimoon Jeong, Hyeyoung Cho, Ayoung Son

Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

과학기술 발전을 위해서는 고성능컴퓨팅 자원과 효율적 운영이 뒷받침되어야 하지만 고성능컴퓨팅 자원들이 증가하고 있지만 이에 대한 운영 경험과 인력 부족으로 원활한 운영이 어려운 기관들이 존재한다. 이러한 문제들을 해결하고자 한국슈퍼컴퓨팅센터연합을 조직하고 연합 회원사들을 중심으로 고성능컴퓨팅 자원들을 통합 관리 및 서비스를 시범 운영하였다. 본 논문은 이를 위해 통합 시스템을 클라우드 플랫폼을 기반으로 설계하였으며 구축 내용과 향후 발전 방향을 제시하였다.

I. 서 론

AI와 빅데이터와 같은 대규모 연산에 대한 수요가 증가하고 데이터·연산 집약형 연구의 급증으로 분야별 특화된 컴퓨팅 인프라 구축 필요와 기 구축된 컴퓨팅 자원의 유연한 운영 및 확장 등이 요구된다. 기존 단일 인프라 방식은 규모·분야별 수요 대응 한계, 사용 편의·전문성 부족, 분산 인프라에 대한 거버넌스·자원배분 미흡 등의 문제를 드러냈다[1]. 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 슈퍼컴퓨터를 중심으로 슈퍼컴퓨터 전문센터와 함께 초고성능 인프라 확보 및 운영, 통합된 서비스와 관리를 제공하기 위한 시스템 시범 구축 사업을 추진하고 있으며, KISTI에서 개발 및 서비스를 제공하고 있는 KI Cloud를 시범 클라우드 플랫폼으로 선정하여 통합 시스템 구축 및 서비스 연계를 수행하였다. KISTI를 중심으로 각 슈퍼컴퓨팅 전문센터들과는 KOREONET으로 연결되어 있어 해당 연구망을 기반으로 구축하였으며 시범적으로 2개 기관과 통합 시스템 설계 및 구축한 내용을 설명하고 향후 발전 방향에 대해서 서술한다.

II. 주요 기술

2.1 통합 시스템 네트워크(KREONET)

KREONET은 국내 연구·교육기관을 잇는 고성능 백본으로 구간별 200 Gbps ~ 1.2 Tbps 전송을 제공하며, 국제 연구망-IX를 통해 대외 연동을 지원한다. 이는 대용량 과학 데이터의 동시 전송과 다기관 실험·시물레이션을 가능하게 한다[2].

2.2 클라우드 실행 환경(Kubernetes)

멀티 클라우드 기반의 통합 시스템은 Kubernetes 및 Docker 기반의 컨테이너 가상화 기술을 중심으로 구축되었다. 대규모의 계산 자원과 대용량 데이터 I/O가 요구되기 때문에 VLAN으로 네트워크를 분리하여, Management VLAN과 Storage VLAN으로 구분하였다[4].

2.3 스토리지(Ceph / Lustre)

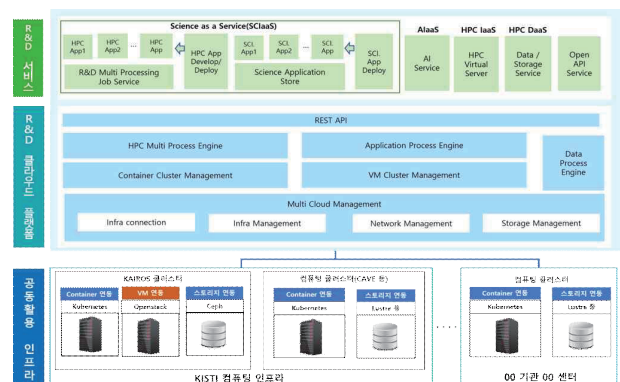
본 통합 시스템은 클라우드 플랫폼을 중심으로 통합되었기 때문에 HPC 분야에서 많이 사용되는 Lustre 스토리지 보다는 Ceph 스토리지를 기본 스토리지 구축하였다. Ceph 스토리지는 오브젝트/블록/파일 구조를 모두

제공하는 제공하고 있으며 확장성과 고가용성이 장점이다. Lustre는HPC 분야에서 가장 선호하는 대규모 병렬 스토리지 시스템으로 HPC 워크로드에서 고성능I/O를 제공하며, 최근 클라우드 플랫폼에 연결할 수 있는 인터페이스들이 개발되고 있어 이를 활용하여 연계를 수행하였다.

2.4 워크플로우(Nextflow / Snakemake)

Nextflow와 Snakemake는 HPC와 계산과학 분야에 많이 사용되고 있는 워크플로우이며 클라우드 플랫폼에서 워크플로우를 제공 가능성을 확인하였다. 하지만 다양한 워크플로우 설계와 설정들이 가능하도록 사용자들의 요구사항과 기능 추가를 통해 연구자들이 원활히 사용할 수 있도록 기능 개선을 진행하고 있다.

III. KI Cloud 기반 통합 시스템 설계



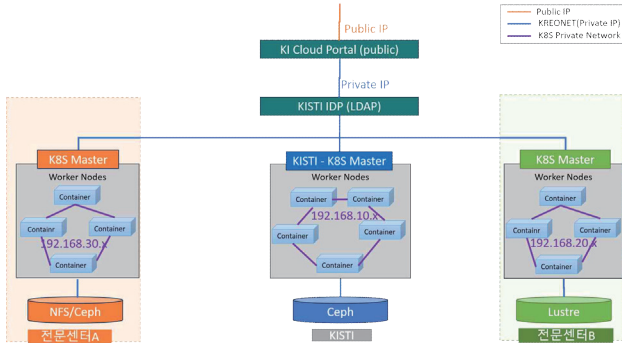
<그림 1> KI Cloud 플랫폼 구조도[1]

기 구축된 KI Cloud는 Openstack과 Kubernetes를 기반으로 계산과학 SW를 인터넷을 통해 서비스 형태로 제공하고 있다. 하지만 통합 시스템 시범 연계를 위해서는 Kubernetes를 중심으로 설계하여 VM 서비스는 통합 시스템에서 제공하지 않는다.

통합 시스템은 KI Cloud의 3계층 구조인 R&D Infra / R&D Cloud Platform / R&D service로 구성된다. R&D Service 계층은 SCaaS,

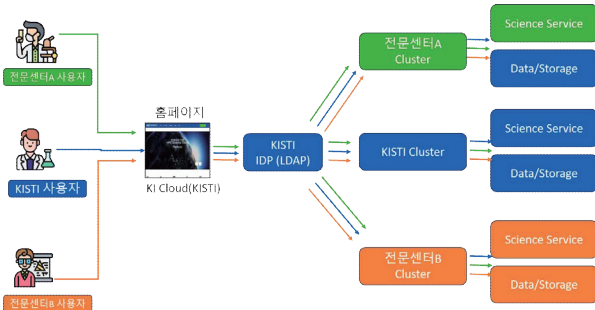
SCI-APP, HPCaaS로 구성된다. SClaaS는 Science SW들을 클라우드 서비스 형태로 제공받을 수 있도록 개발하였으며 GUI 기반의 Nextflow와 CLI 기반의 Snakemake 워크플로우를 지원하고, 앱스토어 형태로 JupyterLab, OpenFOAM, ParaView, VSCode 등을 제공한다. Platform 계층은 Kubernetes 기반의 플랫폼 관리를 위한 기능들과 전문센터와 연계성을 위한 기능들이 포함된다. R&D Infra 계층은 KISTI의 연산 및 스토리지를 중심으로 전문센터의 계산자원 및 스토리지 형태에 따라 연동방식을 다르게 지원한다.

3.1 통합 시스템 설계(1단계)



<그림 2> 통합 시스템 설계 1단계

KI Cloud 중심의 통합 시스템은 KI Cloud를 통해 접근이 가능하며 KISTI IDP를 중심으로 사용자 인증이 수행된다. 1단계에서는 각 전문센터에서 인증 및 운영 체계가 구축되지 않아 시범 구축에서 KISTI의 운영을 따른다.



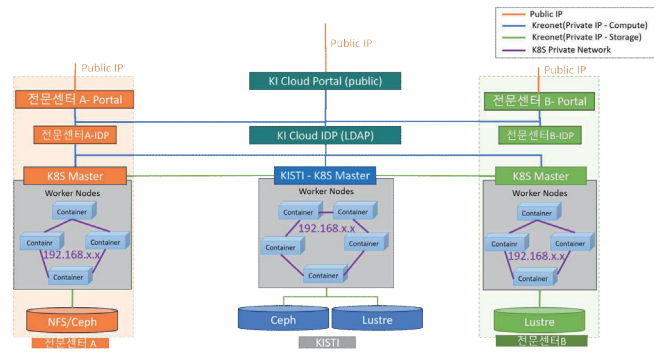
<그림 3> 통합 시스템 설계 1단계 서비스 시나리오

통합 시스템 1단계에서는 <그림 3>과 같이 KISTI의 KI Cloud 홈페이지를 통해 서비스를 제공받을 수 있으며 인증이 완료된 후 KISTI 및 전문센터들의 자원을 선택하여 사용할 수 있다. 하지만 클러스터간 어플리케이션 공유나 스토리지간 다이렉트 연계가 어렵기 때문에 통합 시스템의 활용이 원활하지 않을 것으로 판단하여 개선이 필요하다.

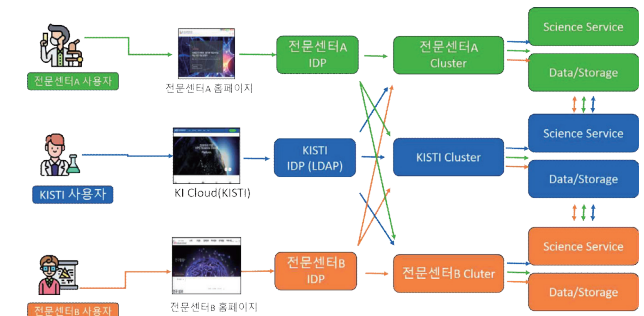
3.2 통합 시스템 설계(2단계)

통합 시스템 설계 2단계에서는 각 기관마다 홈페이지와 IDP를 구축하여 서비스 포털을 분산하여 사용자가 다양한 포털을 활용하여 접근할 수 있도록 제공하며 사용자 관리 또한 각 기관에서 수행하여 사용자 인증을 빠르게 수행할 수 있다.

서비스 기능적인 개선은 Management(Computing)와 Storage 네트워크를 분리하여 성능 간섭을 줄였으며 각 클러스터의 스토리지가 타 기관의 클러스터와 연계하여 어플리케이션의 이동과 스토리지 연계가 보다 개선될 것으로 예상된다.



<그림 4> 통합 시스템 설계 2단계 구조도



<그림 5> 통합 시스템 설계 2단계 서비스 시나리오

III. 결론

통합 시스템은 서로 다른 연구기관들이 공동으로 컴퓨팅 자원 연동하고 관리해서 컴퓨팅 자원의 효율적 사용과 경제적인 연구비 활용 등을 위해서 시범적으로 설계 및 구축하였다. 하지만 각 기관에 대한 컴퓨팅 자원들의 운영 비용 분담과 운영 주체, 자원 관리 방법 등 선제적으로 해결해야 하는 문제들이 남아있다.

하지만 통합 시스템을 시범적으로 구축 및 임시 운영한 결과, 고성능 컴퓨팅 자원들을 중복적으로 구매하거나 휴유 자원들에 관리 부재로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있으며 새로운 데이터센터 건립보다는 통합 시스템으로 기존 컴퓨팅 자원들을 더 잘 활용하는 방법과 정책이 필요하다고 생각됩니다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2025년 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기본사업으로 수행된 연구입니다. (과제번호: K25L1M2C2)

참 고 문 헌

- [1] 박준영, 정기문, 조혜영, 손아영, 박경석, "KI Cloud R&D 플랫폼을 위한 통합 모니터링 시스템 연구", 한국통신학회 추계학술발표대회, 2024
- [2] KREONET(국가과학기술연구망), <https://www.kreonet.net/>
- [3] KI Cloud(Intelligent Cloud), <https://home.kicloud.kisti.re.kr/>
- [4] 조혜영, "쿠버네티스 클러스터 프로비저닝 기법에 관한 연구", 제 34회 통신정보 합동학술대회, 2024