SDN 네트워크 기반의 분산 스토리지 관리 시스템 개발

김기현[1], 김동균[2], 조부승[2], 김기욱[1]
[1]한국과학기술정보연구원 선임기술원
[2]한국과학기술정보연구원 책임연구원
{kkh1258, mirr, bscho, wowook}@kisti.re.kr

Distributed Storage Management System based on SDN Network

Ki-Hyeon Kim[1], Dongkyun Kim[1], Booseung Cho[1], Kiwook Kim[1]
[1]Dept.of KREONET Center, Korea Institute of Scinece and Technology Information

요 약

과학 기술 분야에서 최근 대용량의 데이터를 활용하여 인공지능 및 빅데이터 연구를 수행하고 있는 연구소 및 기업들이 많아지고 있다. 빅데이터 연구를 위해 스토리지에 대용량의 데이터를 저장하고 이를 연구자들에게 제공할 수 있는 편리한 시스템을 요구하는 요청이 증가하고 있다. 이를 위해 스토리지를 구매하는 방법과 클라우드 스토리지를 이용하는 방법이 존재한다. 하지만 두 방법 모두 막대한 비용적인 부분이 존재한다. 또한 데이터 공유 및 외부 스토리지 이용 제공에 대한 기관의 정책적인 부분들이 문제가 된다. 이 문제를 해결하기 위해 KISTI에서는 SDN 네트워크 기반의 분산 스토리지 관리 시스템을 개발하였다. 이 시스템의 경우 SDN 네트워크에 스토리지를 연결하여 보안적으로 안전한 전용의 회선을 이용하여 기관 데이터 정책에 위배되지 않는 환경을 구성한다. 또한 기관의 연구자들에게 데이터를 제공 시 관리자의 허가를 받은 사용자들에게만 데이터를 제공하는 기능을 이용하여 안전하고 쉽게 데이터를 다운로드 받을 수 있는 협업 플랫폼을 개발하였다. 본 논문을 통해 플랫폼을 개발 및 구축에 대해 자세하게 설명하고자 한다.

1. 서론

최근 과학기술 분야에서 빅데이터를 이용한 인공지능 연구가 다양한 분야에서 수행되고 있다. 빅데이터를 이용한 연구의 경우 대게 스토리지에 데이터를 저장하고 이를 활용하여 연구를 수행하는 경우가 대부분이다. 이에 따라 스토리지에 대한 요구가 계속적으로 증가하고 있다.

대다수의 출연연구소에서는 스토리지에 대해 두 가지 요구사항이 존재한다. 첫 번째 요구사항은 기관에서도 스토리지를 구성하여 운영하고 있지만 계속적으로 발생되는 데이터를 저장 또는 백업을 수행하기 위해서는 더 많은 스토리지가 필요하다. 하지만 스토리지를 구매하기 위해서는 매우 많은 비용이 발생하며, 이를 운영하기 위한 인력 또한 필요하다는 문제가 있다. 그리고 클라우드 스토리지를 활용하여 데이터를 저장할 수 있지만, 이 또한 기관 정책에 따른 외부의 기업 스토리지에 데이터 저장이 허용되지 않는 문제가 발생한다. 두 번째 요구사항으로는 스토리지를 활용하는 연구자들에게 데이터를 제공할 수 있는 시스템의 필요성이다. 실제로 내부의 정책상 데이터를 연구자들에게 제공하기 위해서는 내부의 절차들을 거쳐야 데이터를 제공 받을 수 있으며, 외부 기관과의 협업에 따른 보안적인 문제들도 존재한다. 두 가지 요청을 해결하기 위해 KISTI에서는 SDN(Software Defined Network) 네트워크 기반의 분산 스토리지 관리 시스템을 개발하였다.

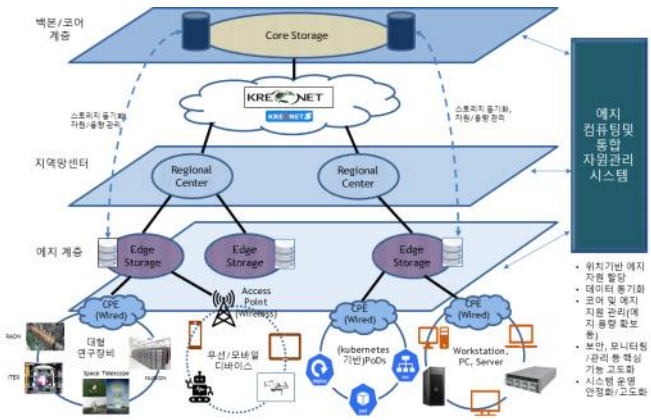
KISTI의 국가과학기술연구망에서는 개방형 SDN 제어플랫폼인 ONOS[1]를 이용하여 개발한 SDN 네트워크인 KREONET-S[2,3]라는 네트워크 인프라를 운영 및 관리하고 있다. 또한 가상전용망(Virtual Dedicate Network, VDN)[4]이라는 유무선 네트워크 슬라이싱 기술을 개발하여 사용자들에게 전용의 회선을 제공하고 이를 통해 보안적으로 안전한 네트워크 환경을 제공하고 있다.

KREONET-S 인프라에 분산 스토리지 관리 시스템을 연계하여 시스템을 개발하였으며, 본 시스템의

개발 방법에 대해서는 2장에서 자세하게 설명하고자 한다.

2. SDN 기반 분산 스토리지 시스템 설계 및 개발

KREONET-S의 VDN 기술은 기본적으로 VDN의 다양한 기능들을 API로 제공한다. VDN의 API들 중에 VDN 생성, 수정, 삭제를 활용하여 동적 가상 전용의 네트워크 기반의 스토리지 시스템을 개발하였다. 관리자들은 VDN을 생성, 수정, 삭제할 수 있는 환경의 인터페이스를 개발하였으며, 이를 활용하여 관리자들이 손쉽게 동적 가상 전용 회선 프로비저닝이 가능하다. 데이터를 제공하는 스토리지들은 모두 KREONET-S 네트워크에 연결되어 인프라를 구성해야하며, 이 인프라를 통해 사용자들이 대역폭이 보장된 환경에서 데이터를 다운로드 받을 수 있어 고속의 데이터 전송기 가능하다.



(그림 1) SDN 기반 분산 스토리지 시스템 전체 구조도

먼저 분산 스토리지 관리 시스템의 개발 동기 및 주요 목적은 다음과 같다.

- KREONET을 활용하는 사용자들의 경우 스토리지 기반의 데이터 공유 환경을 필요로 하는 연구기관들을 위해 개발
- 연구 기관에서 사용하고 있는 스토리지의 종류의 다양화로 인한 이기종의 스토리지를 통합적으로 사용할 수 있는 기술의 필요
- 분산 스토리지 환경 및 분산 자원의 동기화 환경의 에지 컴퓨팅 기술과 연계 가능 환경 제공
- 데이터를 다운로드 받는 사용자의 위치 기반의 데이터 다운로드 전송 속도 향상

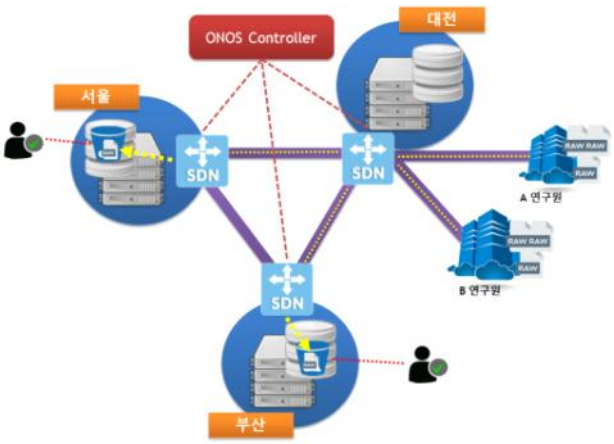
본 시스템은 기본적으로 사용자 권한을 관리자, 스토리지 관리자, 일반 사용자 3가지로 나누어 설명할 수 있다. 관리자는 실제로 본 시스템을 관리하는 최상위 관리자이며, 스토리지 관리자는 기관의 스토리지 즉, 코어 스토리지를 관리하는 관리자를 의미한다. 코어스토리지는 기관의 시스템을 이용하여 스토리지를 구성하기 때문에 그 기관의 관리자가 존재한다. 스토리지 관리자는 코어 스토리지를 관리할 뿐만 아니라 엣지 스토리지를 어느 지역에 구성할지 그리고 엣지 스토리지의 수를 정하여 구축할 수 있다. 그리고 해당 시스템을 사용하는 일반 사용자들을 스토리지를 사용할 수 있는 권한을 제공할 수 있는 역할을 수행한다. 그리고 일반 사용자는 그 기관의 연구자 및 협업 사용자로써 데이터를 다운받을 수 있다.

<표 1> 개발된 스토리지 관련 API 리스트

방법	URL	기능
GET	/custom-api/objectstorage/edgeStorageGet	Edge 스토리지 정보 확인
POST	/custom-api/objectstorage/getByOrg	스토리지 소속을 기준으로 리스트 출력
POST	/custom-api/objectstorage/edgeCreate	Edge 스토리지 생성
POST	/custom-api/objectstorage/edgeUpdate	Edge 스토리지 업데이트
GET	/custom-api/objectstorage/edgeDelete	Edge 스토리지 삭제
POST	/custom-api/storage_org/update	스토리지 소속 수정
GET	/custom-api/storage_org/getAllData	모든 스토리지 소속 데이터 출력
GET	/custom-api/storage_org/getByName	스토리지 소속 검색
POST	/custom-api/storage_org/setUser	해당 스토리지 사용자 배치
POST	/custom-api/storage_org/exceptUser	해당 스토리지 사용자 제거
POST	/custom-api/storage_org/setOperator	해당 스토리지 관리자 배치
POST	/custom-api/storage_org/delOperator	해당 스토리지 관리자 제거
DELETE	/custom-api/storage_org/delete	스토리지 소속 제거
POST	/custom-api/storage_org/validation	스토리지 소속 중복 검사

과학 기술 분야의 연구소들의 경우 연구소 마다 사용하고 있는 스토리지의 종류가 다르다. 이러한 스토리지의 종류를 다양화하기 위해 이기종 스토리지 관리 기능을 추가하였다. 현재 본 시스템에서 사용할 수 있는 스토리지의 종류는 총 3가지이다. 3가지의 스토리지는 Lustre 파일시스템[5], Ceph 스토리지[6], MiniO 스토리지[7]를 활용할 수 있다. Lustre 파일시스템은 분산 파일시스템의 한 유형인 병렬 파일시스템으로 주로 HPC의 대용량 파일시스

템으로 사용되고 있습니다. Lustre는 GNU GPL 정책의 일환으로 개방되어 있으며 소규모 클러스터 시스템부터 대규모 클러스터까지 사용되는 고성능 파일시스템이다. 높은 성능과 코드가 개방되어있어서 슈퍼컴퓨터에 자주 사용된다. Lustre 파일 시스템의 경우 슈퍼컴퓨터를 이용하는 기관들과의 연계를 위해 활용될 수 있기 때문에 Lustre 파일시스템을 선택하였다. Ceph 스토리지는 확장 가능하고 신뢰할 수 있는 오브젝트 스토리지 솔루션으로, 일반적으로 OpenStack, Kubernetes와 같은 클라우드 컴퓨팅 솔루션과 함께 독립형 스토리지 서비스로 또는 인터페이스를 사용하는 네트워크 연결 스토리지이다. MinIO는 오픈소스로 제공되는 분산 스토리지 솔루션이다. 오브젝트 스토리지로 제공되며, Ceph과 MiniO 모두 S3 스토리지와 완벽하게 호환됩니다. 따라서 두 스토리지 모두 S3의 SDK를 사용할 수 있습니다. 두 오브젝트 스토리지의 경우 최근 가장 많이 사용하는 스토리지로, 다른 연구소에서도 많이 활용되는 스토리지이기 때문에 두 오브젝트 스토리지를 선택하였다. 본 시스템에서는 3가지의 스토리지를 통합적으로 관리할 수 있는 API를 개발하여 사용자들이 코어 스토리지 및 엣지 스토리지를 구성 시 선택하여 구성할 수 있도록 개발하였다. 개발된 API들의 리스트는 표 1과 같다.



(그림 2) 서비스 시나리오 구성도

본 시스템에서 분산 환경의 스토리지를 제공하고 있으며, 분산 환경을 제공하는 이유는 사용자의 데이터 다운로드 성능을 향상시키기 위함이다. 기본적으로 본 시스템에서 제공하고 있는 스토리지는 코어 스토리지와 엣지 스토리지 두 가지로 나누어진다. 코어 스토리지는 본 시스템의 데이터를 저장 및 백업하기 위한 스토리지를 의미하며, 실제로 데이터를 저장하고 해당 기관의 데이터를 제공하는 스토리지를 말한다. 엣지 스토리지는 지역적으로 분산되어 구성되는 스토리지로, 사용자들이 자주 사용하는 데이터를 지역적으로 가까운 스토리지로부터 자동으로 다운로드 받을 수 있도록 구성된다. 엣지 스토리지를 통해 사용자들이 다운로드 받기 때문에 먼 거리의 코어 스토리지 보다 데이터 다운로드 시간을 단축시킬 수 있다.

그림 2는 본 시스템을 사용하는 서비스 시나리오 구성도이다. 시나리오에서 여러 연구소들이 가지고 있는 스토리지를 KREONET-S SDN 스위치에 연결하여 VDN을 생성한 네트워크로 구성하고, VDN으로 네트워크를 구성 시 1Gbps/10Gbps/40Gbps/100Gbps의 대역폭 보장을 받을 수 있다. 또한 본 시스템에 스토리지를 연결한 연구소들의 코어 스토리지와 지역적으로 분산된 엣지 스토리지들을 구성하여 해당 연구소의 지역적으로 분산되어 있는 분원 또는 협력 기관들의 지역적으로 가까운 엣지 스토리지로부터 데이터를 다운로드 받을 수 있기 때문에 본 시스템의 데이터 전송 성능을 향상시킬 수 있다.

엣지 스토리지의 경우 지역적으로 분산되어 스토리지를 구성하고 있으며, 그 용량이 코어 스토리지에 비해 적게 구성될 수밖에 없다. 따라서 본 시스템에서는 코어 스토리지에서 엣지 스토리지로 데이터를 자동 전송하는 방식을 사용하며, 기본적으로 가장 많이 이용하는 데이터 가중치 계산 값에 대해 엣지 스토리지로 데이터를 전달하는 방식을 활용한다. 가중치는 총 4가지로 구성된다. ① 해당 데이터에 대한 지역별 유저의 다운로드 수의 가중치를 50%로 계산하며, ② 해당 데이터에 대한 기간(30일)별 다운로드 수를 가중치 30%로 계산하며, ③ 해당 데이터에 대한 총 다운로드수를 15%의 가중치로 계산하며, ④ 해당 데이터의 업데이트 유무를 1 또는 0으로 계산하여 가중치를 5%로 계산하여 모두 더한 값을 MinMax 정규화 계산식(1)을 활용하여 각 지역에 대한 가중치를 계산한 결과의 0.5이상의 가중치가 높은 데이터를 엣지 스토리지로 전송하도록 구성한다. 또한 엣지 스토리지의 데이터의 부족으로 인해 엣지 스토리지의 저장 공간이 부족한 경우 데이터를 삭제하는 순서는 가중치가 가장 낮은 순서로부터 엣지 스토리지의 데이터를 삭제하도록 구성하였다.

$$MinMax = \frac{data - data.\min}{data.\max - data.\min} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

3. 사사

이 논문은 2024년도 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기본사업으로 수행된 연구입니다. (과제번호: K24L4M4C8)

참고문헌

[1] ONOS, https://opennetworking.org/onos/, 03, 2024.
[2] KREONET-S, https://kreonet.net/network/pageView/634?t=1710475288181, 03, 2024.
[3] 김동균, 김용환, and 김기현. "KREONET-S 의 SDN 기반 지능기술 구축개발현황 및 계획." OSIA Standards & Technology Review Journal 31.4 ,31-38, 2018.
[4] 김용환, 김기현, 김동균. "SD-WAN 기반 첨단연구망에서의 가상전용망 서비스 설계 및 구현." 한국통신학회논문지 42.10, 2050-2064, 2017.
[5] Lustre, https://www.lustre.org/, 03, 2024.
[6] Ceph, https://ceph.io/, 03, 2024.
[7] MiniO, https://min.io/, 03, 2024.