

필터링 레이어를 추가한 OverlayFS 기반의 가상 워크스페이스

진두석*

*한국과학기술정보연구원 대용량데이터허브센터
dsjin@kisti.re.kr

Virtual Workspace on OverlayFS with Filtering layer

Duseok Jin*

*Dept. of Global Science experimental Data hub Center, Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

최근 데이터 분석을 위한 연구 환경은 고성능 컴퓨팅자원, 대용량 스토리지, 초고속 네트워크 시스템 등 IT 기술이 융합된 사이버 인프라 연구 환경을 기반으로 하고 있다. 또한, 실험의 규모가 커지면서 다수의 연구자들이 협업을 통해 공동의 연구결과를 도출하는 집단연구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 연구자들이 대용량 실험데이터를 공유·분석할 수 있는 효율적인 스토리지 작업 공간 모델을 제안한다.

1. 서론

선진국들은 수조원에 이르는 대형연구시설을 구축하고 실험에서 생산된 데이터를 공유·활용하는 빅데이터 연구를 추진하고 있다. 천체 망원경, 거대 입자가속기, 초고전압 전자현미경 등 대형 연구 장비의 활용이 확산됨에 따라 실험 데이터의 관리 및 분석을 위한 고성능 IT 인프라 시스템의 요구 또한 급격히 증가하고 있다. 특히, 대형 연구시설을 활용한 대용량 데이터기반 연구의 경우 연구그룹 중심으로 협업이 중요시되고 있으며, 협업의 과정에서 데이터의 생산, 수집, 저장, 공유에 대한 효율적인 스토리지 작업공간의 중요성이 부각되고 있다. 이러한 대용량 실험데이터 연구를 위한 스토리지 작업공간의 주요 요구사항은 다음과 같다.

첫째, 전문적인 데이터센터를 통해 수백 페타바이트(PB) 이상의 대용량의 데이터를 안정적으로 보관할 수 있는 저장 공간 및 연구의 신뢰성 입증 위한 원본 데이터의 장기 아카이빙 기능이 필요하다.

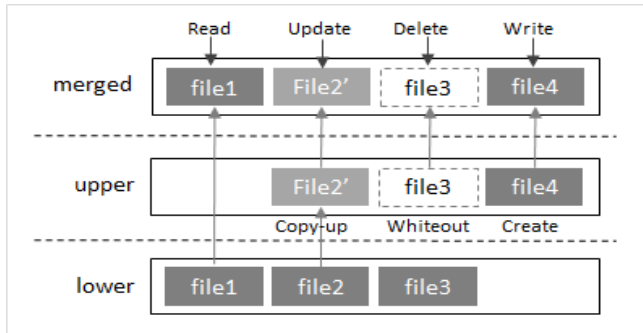
둘째, 연구그룹 중심의 협업을 위해 원본데이터 공동 활용 및 연구자별 데이터 분석이 가능한 독립적인 스토리지 공간이 필요하다.

셋째, 여러 가지 조건에 따른 분석 작업별 다양한 데이터 서브셋 구성이 가능한 작업 공간 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 OverlayFS[1]에 필터링 레이어를 추가하여 다양한 데이터 재구성 및 동적 분석용 스토리지 제공을 위한 가상 워크스페이스 모델을 제안한다.

2. 관련연구

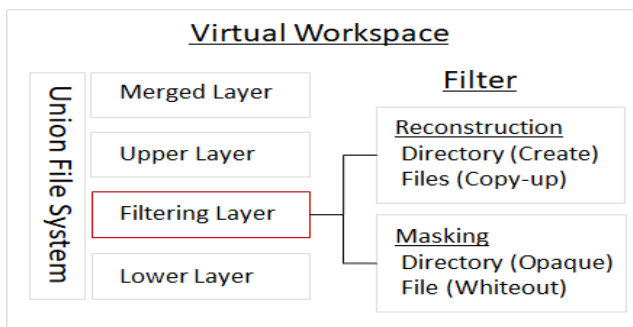
대용량 데이터 분석을 위해 원본데이터를 손상 없이 유지·공유하면서 데이터의 추가 및 변경 내용을 별도의 공간에 저장하고, 하나의 디렉토리에 병합하여 단일 스토리지로 통합하는 방법으로 유니온 마운트 파일 시스템[2]이 활용될 수 있다. 유니온 마운트를 지원하는 파일 시스템으로 CentOS와 같은 레드햇 계열의 리눅스는 하위(Lower) 레이어와 상위(Upper) 레이어를 커널에서 병합(Merge)하고, 페이지 캐쉬 공유를 통해 동일 파일을 공유하는 다수의 병합 디렉토리 서비스에 향상된 성능을 제공하는 OverlayFS를 많이 사용하고 있다. OverlayFS는 하위 레이어 데이터의 변경 없이 병합된 스토리지의 오브젝트(파일, 디렉토리) 삭제를 위해서 상위 레이어에 Whiteout, Opaque directory 기능을 통해서 처리하며, 하위 레이어의 파일 수정은 해당 파일을 상위 레이어에 복사(Copy-up)한 후 복사된 파일에 수정사항을 반영한다. 그리고 하위 레이어에 없는 신규파일 생성은 상위 레이어만 추가로 반영한다.



(그림 1) OverlayFS을 이용한 Union Mount 구조

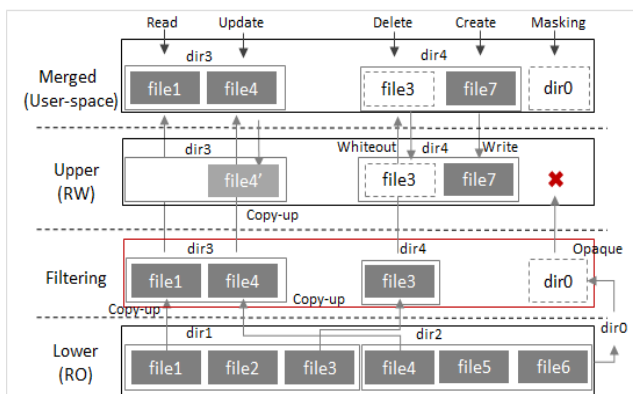
3. Filtering layer를 추가한 가상 워크스페이스

본 논문에서는 제안하는 시스템은 원본데이터를 손상 없이 유지하면서 협업 연구를 위한 실험 데이터 공유 및 연구자별 데이터 분석에 적합한 동적 작업별 스토리지 작업 공간 제공을 목적으로 한다. 이를 위해 유니온 마운트를 지원하는 OverlayFS에 필터링 레이어를 추가하여 연구자별 분석 작업에 효율적인 독립형 가상 워크스페이스 모델을 구현한다.



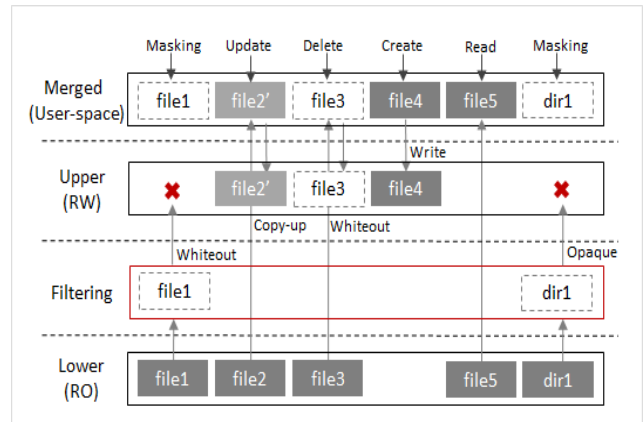
(그림 2) Overlay FS에 Filtering layer를 추가한 Virtual Workspace 구조

필터링 레이어는 원본 데이터에서 필요한 오브젝트만을 추출하는 마스킹 필터 또는 오브젝트 구조를 완전히 변경하는 재구성 필터를 사용할 수 있다.



(그림 3) 재구성필터를 적용한 가상 워크스페이스 예시

재구성 필터의 경우, 상위 레이어에 새롭게 디렉토리를 생성하고 디렉토리에 필요한 파일들을 하위 레이어에서 필터링 레이어로 복사(Copy-up) 한다.



(그림 4) 마스킹필터를 적용한 가상 워크스페이스 예시

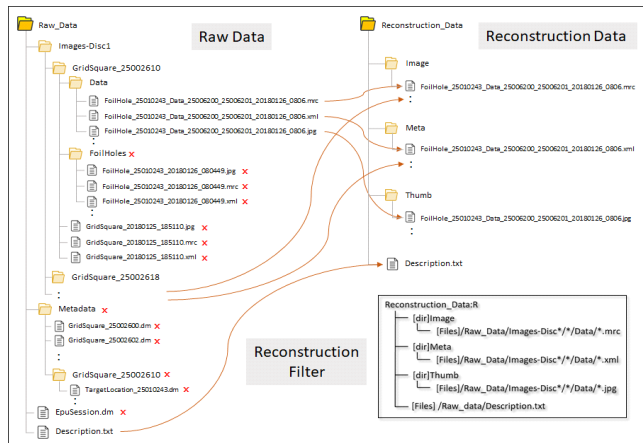
마스킹 필터의 경우, 최종적으로 병합 레이어에 표현하고자 하는 디렉토리 구조와 각 디렉토리에 포함될 파일에 대해 정규표현식(Regular Expression)으로 정의하고, 정의된 오브젝트를 제외한 나머지 디렉토리와 파일을 모두 OverlayFS의 Whiteout Files 또는 Opaque directories 기능을 이용하여 필터링 레이어에 마스킹 정보를 저장한다.

이러한 작업을 통해 생성된 필터링 레이어는 가상 워크스페이스의 최상위 하위 레이어로 추가되어 사용자 작업에 필요한 독립적인 분석 스토리지 환경을 필요한 만큼 생성할 수 있다.

4. 적용사례

단백질의 3차원 구조를 연구하는 구조생물학 분야의 초저온 투과 전자현미경(Cryo-EM)[3] 실험데이터 분석 환경에 본 논문에서 제안한 가상 워크스페이스 모델을 적용 하였다. 초저온 투과 전자현미경 데이터는 한번 촬영시 약 4TB 정도의 데이터가 생성되고, 이를 분석 프로그램에 적합한 형태로 재구성하여 다수의 공동 연구자들이 협업을 통해 분석한다. 원본 데이터는 시료가 장착되는 위치에 따라 수많은 그리드 단위로 프레임, 이미지, 메타파일이 분할되어 생성된다. 이를 분석 프로그램에서 필요한 프레임, 이미지, 메타파일 만을 추출하여 분석용 데이터 셋을 재구성한다. 연구자들은 재구성된 데이터 셋을 그대로 본인의 가상 워크스페이스에 병합하여 데이터 분석 작업을 수행하거나, 필터링 레이어를 적용하여 필요한 객체만 선택 병합된 다수의 분석용

가상 워크스페이스를 생성할 수 있다.



(그림 5) 전자현미경에서 생산된 원본 데이터셋과 분석용으로 재구성된 데이터셋 구조

5. 결론

첨단 연구 장비로부터 생산된 대용량 실험 데이터를 연구자들이 효율적으로 공유·분석할 수 있는 스토리지 작업 공간 모델을 구현하였다. 본 논문에서 제시한 방법은 연구의 재현 및 신뢰성 입증 위한 원본데이터의 안정적인 아카이빙에 적합하며, 협업 연구를 위해 실험데이터를 공동 활용하거나 사용자별 분석 작업에 필요한 다양한 가상 워크스페이스를 손쉽게 구성할 수 있다. 향후에는, 전자현미경 데이터뿐만 아니라 가속기, 유전체, 천체물리 등 대용량 데이터가 생산되는 다양한 연구 분야에 확대 적용하여 연구생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국과학기술정보연구원 “대용량 데이터센터 구축 및 운영(K-20-L02-C04) 및 기초 연구 실험 데이터 글로벌 허브 구축(NRF-2010-0018156)의 연구비” 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] N. Brown, Overlay filesystem, [online] Available: <https://www.kernel.org/doc/Documentation/filesystems/overlayfs.txt>.
- [2] Pendry, Jan-Simon, and Marshall Kirk McKusick. "Union mounts in 4.4 BSD-lite." Proceedings of the USENIX 1995 Technical Conference Proceedings. USENIX Association, 1995.
- [3] Bai, Xiao-Chen, Greg McMullan, and Sjors HW Scheres. "How cryo-EM is revolutionizing structural biology." Trends in biochemical sciences 40.1, 49-57, 2015.