

비휘발성 메모리와 DRAM의 하이브리드 블록 장치 개발

Development of Hybrid Block Storage Consists of NVRAM and DRAM

전 태 인, 김 진 수, 송 석 일, 정 용 환*
한국교통대학교, 범우시스템*

Jeon taein, Kim jinsu, Song seokil, Jeong yonghwan*
Korea National University of Transportation,
Beomwoo System*

요약

이 논문에서는 비휘발성 메모리 (NVRAM)과 DRAM을 결합하여 고속의 신뢰성 있는 하이브리드 블록 스토리지를 개발한다. 기존의 DRAM을 기반으로 하는 리눅스의 RAM 디스크는 고속의 입출력성능을 제공하지만, 시스템 고장이 발행할 경우 모든 데이터를 잃어버리게 된다. 일부에서 DRAM과 하드디스크를 결합하여 시스템 고장에도 안정적으로 데이터를 유지하기 위한 방법이 제안되나 있지만, 입출력 성능이 RAM 디스크에 비해 상당히 저하된다. 이 논문에서는 DRAM, NVRAM, 하드디스크를 결합하여 DRAM의 입출력 성능에 가까우면서 안정적으로 데이터를 저장할수 있는 블록 스토리지를 개발한다.

I. 서론

최근 기존의 DRAM의 휘발성 때문에 정전에 따라 발생하는 데이터 손실을 막기 위한 비휘발성 메모리에 개발이 활발히 진행되고 있다. 대표적인 사례가 PCM (Phase Change Memory), STT-MRAM (Non-Volatile Spin-Transfer Torque RAM), RRAM (Resistive RAM) 등과 같이 DRAM과는 다른 형태의 차세대 메모리 기술이다[1]. 다른 한편으로, NVDIMM (Non-Volatile Dual In-line Memory Module)[2] 과 같이 기존의 DRAM에 배터리를 이용해서 전원을 공급함으로써 데이터를 유지하는 기술이 있다. 특히, NVDIMM (이하 NVRAM)은 JEDEC의 JC-45 에 의해 표준으로 제정되었다[2].

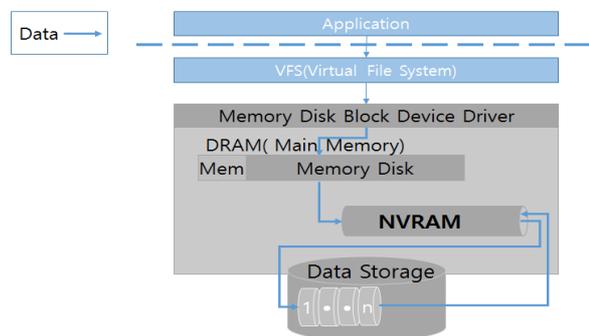
이 연구에서는 NVRAM, DRAM, 하드 디스크를 결합한 하이브리드 DRAM 블록 스토리지를 개발한다. 일부 기존의 DRAM 블록 스토리지는 DRAM의 휘발성으로 인해 발생하는 데이터 손실 문제를 해결하기 위해서 하드디스크를 결합하는 접근법을 취한다[3]. 하지만, 이 접근법은 DRAM에서 변경된 데이터를 실시간으로 하드디스크로 백업하는 구조이므로 변경연산의 정도에 따라서 입출력 성능이 하드디스크에 가까워지게 된다.

이 연구에서 제안하는 NVRAM과 DRAM의 하이브리드 블록 스토리지는 DRAM에서 변경된 데이터를 일단 NVRAM에 저장한후 하드디스크로 백업하는 방법을 사용한다. NVRAM의 용량에 제한이 있으므로 공간을 효과적으로 사용하기 위해서 DRAM에서 변경이 가해진 블록 중 변경된 영역만을 저장하는 방식을 취한다. 또한, 시스템 고장으로 인한 재기동이나, 정상적인 재기동 시에 빠르게 블록스토리지의 입출력 서비스를 제공하기 위해 하드디스크, NVRAM, DRAM을 모두 이용하는 방법을 제안

한다. 이를 위해서 논리적인 블록 스토리지의 공간과 물리적인 공간 (NVRAM, DRAM, 하드디스크) 사이의 매핑 방법을 제안한다.

II. 제안하는 NVRAM 과 DRAM의 하이브리드 스토리지

이 연구에서 제안하는 NVRAM과 DRAM의 하이브리드 스토리지의 논리적인 구조는 그림 1과 같다. 응용프로그램으로부터 발생된 입출력 요구는 가상파일 시스템(VFS)를 통해서 커널의 하이브리드 블록 스토리지 디바이스 드라이버로 전달된다. 하이브리드 블록 스토리지 디바이스 드라이버는 DRAM의 일부 영역을 확보하여 블록 스토리지로 사용하게 한다. 디바이스 드라이버에 의해서 블록 입출력 요구는 주기억장치 상의 메모리 읽기/쓰기로 변환되어 처리된다.



▶▶ 그림 1. NVRAM과 DRAM의 하이브리드 블록 스토리지 구조

출력 요구는 DRAM에서 해당 영역을 읽기 연산으로 변환하여 처리하면 바로 종료되지만, 입력 요구에 대해서는 DRAM 상의 해당 영역에 변경된 블록을 쓰고 나서 변경분을 NVRAM에 기록한 후 종료된다. NVRAM에 기록된 변경분은 다시 하드디스크에 해당 블록에 기록되게 된다. 하이브리드 블록스토리지 드라이버에 대한 출력요구는 DRAM의 읽기 연산으로 처리되지만, 입력 요구는 DRAM 쓰기연산과 NVDIMM 쓰기연산으로 처리된다. 기존의 DRAM 블록 스토리지는 입력 연산의 경우 DRAM에 대한 쓰기와 하드디스크에 대한 입력연산으로 처리되므로 제안하는 하이브리드 블록 스토리지의 입력 성능이 훨씬 우수하다.

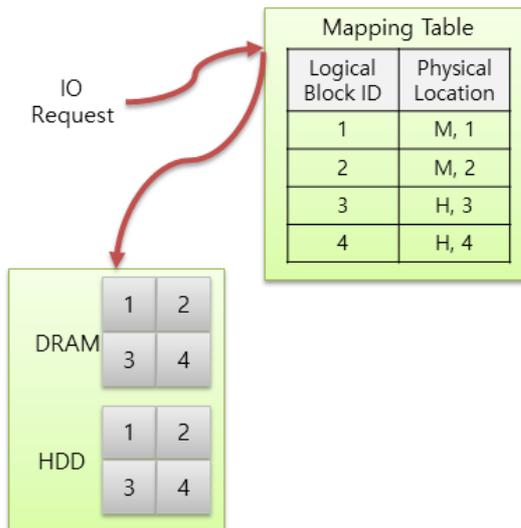
또한, 하이브리드 블록 스토리지가 시스템 재기동 시에 하드디스크에 저장된 데이터를 모두 DRAM으로 적재하는 동안 하드디스크와 DRAM을 모두 이용하여 입출력을 처리하는 방법을 제안한다. 이 논문에서 제안하는 방법은 시스템이 재기동되면 하드디스크의 블록을 DRAM으로 적재하면서 VFS로부터 입출력 요구가 전달되면 DRAM에 적재된 블록은 DRAM에서 처리하고, 아직 적재되지 않은 블록들은 하드디스크에서 처리하는 형태로 진행된다. 이때 DRAM에서의 입출력, 하드디스크에서의 입출력, 하드디스크에서 DRAM으로의 적재 연산이 동시에 일관되게 수행될 수 있도록 논리적인 블록 스토리지의 공간과 물리적인 하드디스크와 DRAM의 공간을 매핑하는 매핑 테이블을 유지한다. 매핑 테이블의 구조가 그림 2에 나타나 있다. 매핑 테이블은 논리적인 블록 스토리지의 블록 ID와 물리적인 위치를 매핑한다. 매핑 테이블은 하드디스크의 모든 데이터를 DRAM으로 적재하면 더 이상 유지하지 않는다.

III. 결론

이 논문에서는 최근 표준으로 제안된 DRAM에 배터리를 이용하여 데이터를 안정적으로 유지하는 NVRAM(NVDIMM)을 이용하여 DRAM을 블록 스토리지로 사용하면서도 안정적으로 데이터를 유지할 수 있는 NVRAM과 DRAM의 하이브리드 블록 스토리지 개발하였다. 향후 연구에서는 벤치마크 도구를 이용하여 입출력 성능을 측정할 계획이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] <http://www.snia.org/forums/ssi/NVDIMM>
- [2] 김효진, 노삼혁, “차세대 메모리의 접근 특성에 기반한 하이브리드 메인 메모리 시스템”, 정보과학회논문지, Vol. 42, No 2, pp. 183-189, 2015
- [3] SW DRAM-SSD : <http://www.ict.or.kr/blog/portfolio-item/beom-woo-system/>



▶▶ 그림 2. 제안하는 하이브리드 블록스토리지의 매핑 테이블