

# DRAM SSD와 하드디스크 어레이를 이용한 하이브리드 저장장치 시스템 설계

김영환\*, 손재기\*, 박창원\*  
\*전자부품연구원 지능형 IDC 사업단  
e-mail: yhkim93@keti.re.kr

## A Study for Configuring Hybrid Storage System include DRAM SSD and HDD devices

Young-Hwan Kim\*, Jae-Gi Son\*, Changwon Park\*  
\*Intelligent IDC R&D Division, Korea Electronics Technology Institute

### 요 약

최근 데이터 저장을 위한 고속 입출력에서 병목현상을 해결하기 위해 다양한 SSD(Solid State Drive) 관련 연구가 많이 수행되고 있다. 대표적인 것으로 비휘발성 메모리인 플래시와 차세대 반도체 메모리인 SCM(Storage Class Memory) SSD가 있고, 휘발성 메모리인 DRAM기반의 SSD가 있다. 플래시 또는 SCM 메모리기반 저장장치는 하드 디스크기반 저장장치에 비해 읽기 속도가 빠르며, 내구성이 강하다는 장점으로 새로운 저장장치 시스템의 저장매체로 부각되고 있으나, 단위 저장 공간 당 높은 가격으로 인해 저장장치 시스템에 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해 고용량의 하드디스크와 SSD를 RAID 또는 단일 저장장치 매체로 구성하는 하이브리드 저장장치에 관한 연구와 제품이 출시되고 있다. 본 논문에서는 이러한 하이브리드 저장 매체 어레이를 저장장치 시스템으로 구성하기 위한 볼륨구성과 해당 서버에 볼륨 제공 서비스를 수행하기 위한 하이브리드 저장장치 시스템 설계 방법에 대해 설명한다.

### 1. 서론

최근 플래시 메모리와 DRAM 가격의 하락으로 서버, 휴대용 노트북 등 고급제품을 중심으로 SSD 사용이 확대되고 있고, HP, IBM 등은 이미 SSD를 탑재한 서버 및 저장장치 시스템을 출시하고 있다. 특히 20년 전 SSD를 발표한 이후, 이 분야에 투자를 하지 않았던 스토리지 기업 EMC조차 최근에 SSD 관련 스토리지 제품을 출시하고 있다.

플래시, SCM기반의 SSD는 HDD 보다 높은 접근 속도를 가지고 있으며 플래시 기반 SSD는 주 저장매체로 플래시 메모리를 사용하는 유형이며, SCM기반의 SSD는 차세대 비휘발성 메모리인 PRAM, MRAM, PCM 등을 이용한 SSD로 플래시 메모리에 비해 소비전력, 읽기/쓰기 속도가 우수하다. 최근에는 휘발성 메모리인 DRAM을 이용한 SSD가 연구 중인데 DRAM기반 SSD는 주 저장매체로 DRAM을 사용하며, 플래시, SCM 기반 SSD보다 고속의 읽기/쓰기 그리고 내구성 부분에서 탁월한 성능을 갖는다.

최근에 저장매체 간의 성능 차이를 극복하고 각 저장매체의 장점을 활용하여 탁월한 성능을 제공하고자 하는 관련 기술과 제품이 등장하고 있다. 대표적인 것으로 플래시 메모리기반 SSD와 HDD 저장매체를 이용한 하이브리드 저장장치 시스템과 DRAM기반의 SSD와 HDD 저장매체를 이용한 하이브리드 저장장치 시스템이 있다. 향후에는 차세대 비휘발성 메모리인 SCM과 HDD를 이용한 하이브리드 저장장치 시스템이 개발될 것으로 판단된다.

하이브리드 저장장치 시스템의 일반적인 구성을 보면 하드웨어적으로는 HDD와 SSD를 단일 RAID로 구성하여 HDD의 특정 영역을 SSD로 미러링함으로써 더 빠른 입출력 속도를 보장하며, 소프트웨어적으로 운영체제와 저장장치 사이에 HOT/COLD 데이터 블록 관리를 위한 하나의 계층을 추가하여 운영체제의 입출력 명령을 가로채어 성능과 필요에 따라 SSD 또는 HDD로 블록전송 명령을 전달한다. 이와 같은 기법을 사용하여 얻을 수 있는 장점은 고용량이라는 HDD의 장점과 고성능이라는 SSD의 장점을 다 얻을 수 있으며 두 장점을 낮은 가격으로 얻을 수 있다는 것이다.

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업(10039153)의 지원을 받아 수행된 연구임

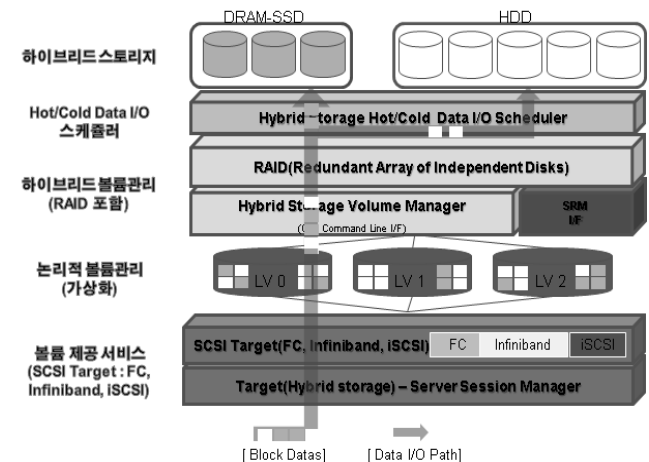
본 논문에서는 DRAM기반의 SSD와 HDD를 동시에 사용하는 하이브리드 저장장치 시스템의 하드웨어적인 구

성과 저장장치 시스템으로 동작하기 위해 필요한 저장장치 불륨 관리 기술 및 서버에 안정적으로 불륨 (LUN:Logical Unit Number)을 제공하기 위한 Fiber Channel, Infiniband, iSCSI 인터페이스를 이용한 불륨제공 서비스 기술과 같은 소프트웨어적인 구성에 대해 기술하고, 하이브리드 저장장치 시스템에서 핵심인 HOT/COLD 데이터 관리자에 대해서 간략히 설명한다.

**2. DRAM/HDD기반의 하이브리드 저장장치 시스템**

하이브리드 저장장치 시스템은 DRAM SSD와 HDD를 하나의 단일 불륨으로 인식하게 하는 저장장치 시스템으로 다음과 같은 두 가지 구성방식이 있다. 첫 번째는 H/W, S/W RAID와 같은 인터페이스로 서로 다른 저장매체를 하나의 저장장치로 연결하고 그 저장장치의 디바이스 드라이버를 통해서 입력되는 모든 블록단위 입출력을 관리하는 방식이 있고, 두 번째는 시스템 상에서 DRAM SSD와 HDD를 하나의 단일 저장장치로 구성하는 방식이 있다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 다음 장에서 설명하는 별도의 불륨관리 소프트웨어를 통해 RADM SSD와 HDD를 S/W RAID 또는 LVM를 이용하고 단일 논리적 불륨을 구성하여, 이를 FC HBA, Infiniband, iSCSI와 같은 블록장치 인터페이스를 통해 서버에 불륨 제공 서비스를 수행하도록 구성되어 있다. 여기서 DRMA SSD와 HDD로 구성된 하이브리드 불륨은 HOT/COLD 블록 관리자에 의해서 입출력 I/O의 관리가 이루어지는데 일반적인 Pinning기법을 사용한다. Pinning 기법은 DRAM SSD의 데이터가 저장된 섹터 공간을 의미하는 것으로 이 공간은 HDD에서 접근 빈도가 높은 LBA 영역의 데이터를 저장하는 것으로 MRU(Most Recently Used) 알고리즘을 통해 HDD 상에서 최근에 접근된 블록과 자주 접근된 블록의 빈도수를 파악하여 LBA 단위로 블록을 읽어와서 DRMA SSD에 저장한다.

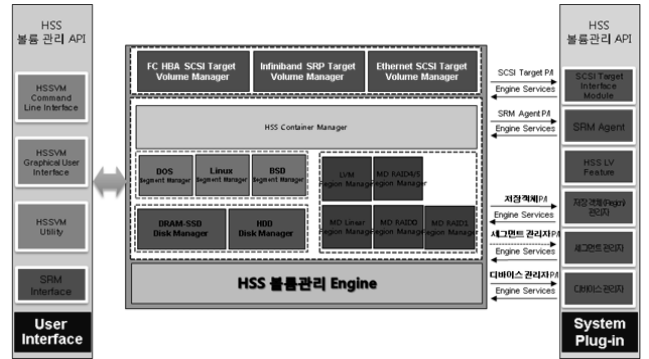


(그림 1) 하이브리드 저장장치 시스템 구조

**3. 하이브리드 저장장치 불륨관리자**

하이브리드 저장장치 시스템에서의 불륨관리자는 DRAM SSD와 플래시 SSD 저장매체뿐만 아니라 HDD 저장매체를 Storage Object로 인식하여 각각의 Storage Object의 물리적인 주소를 하나의 연속적인 논리적 주소로 구성하도록 Container라는 구조체를 사용한다. 또한 각 물리적인 Object를 하나의 논리적 불륨으로 구성하는 방법을 제공하며, 각 논리적 불륨을 파일시스템으로 이용할 수도 있다.

불륨관리자는 그림 2와 같이 하나의 Container 구조체를 통해 하나의 Region으로 구성된 영역을 한 개의 불륨으로 구성시킬 수 있으며, 한 개의 Container를 다양한 크기의 Region으로 구성하여 각각 다른 불륨으로 제공할 수 있다. 불륨관리자는 생성된 논리적인 불륨을 FC HBA, Infiniband, iSCSI 인터페이스를 이용하여 SCSI Target 블록을 해당 불륨의 이름, 크기, 섹터수 등의 정보를 제공함으로써 서버에서 해당 논리적인 불륨을 하나의 물리적 블록장치로 인식하여 사용할 수 있는 방법을 제공한다.



(그림 2) 하이브리드 저장장치 시스템의 불륨관리자

**4. 결론**

본 논문에서는 DRAM SSD와 HDD를 이용한 하이브리드 저장장치 시스템의 구조에 대해 설명하였다. 일반적으로 하이브리드 저장장치 시스템은 기존 저장장치 시스템과 유사한 구조를 가지고 있지만, 하이브리드 저장장치 시스템에서 핵심이라 할 수 있는 접근 빈도가 높은 데이터에 대해서는 읽기/쓰기 속도가 빠른 DRAM SSD에 저장하고 빈도가 낮은 데이터는 HDD에 저장하는 관리방식에 차이가 있다. 향후 이와 관련하여 블록단위 입출력 성능에 대한 평가를 수행할 계획이다.

**참고문헌**

[1] Redhat, Red Hat Enterprise Linux 6 Logical Volume Manager Administration  
 [2] Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman, Linux Device Drivers, O'Reilly Media, 2, 2005  
 [3] Solid Data systems, "Impact of Solid-state disk on high-transaction rate databases", Solid data systems, Inc. White paper, 2005 Feb