

# 플래시 메모리를 사용하는 효과적인 RAID 스토리지에 대한 연구

## A Study on Efficient RAID Storages using Flash Memory

변 시 우\*, 허 문 행  
Byun Si Woo, Hur Moon Haeng

**Abstract** - Flash memories are one of best media to support future computer's storages. However, we need to improve traditional data management scheme due to the relatively slow characteristics of flash operation of SSD. Due to the unique characteristics of flash media and hard disk, the efficiency of I/O processing is severely reduced without special treatment, especially in the presence of heavy workload or bulk data copy. In this respect, we need to design and develop efficient hybrid-RAID storage system.

**Key Words** : SSD, HDD, Flash Memory, RAID, Storages

### 1. 서 론

최근 산업체나 연구소에서 사용되는 중대형 데이터 서버에서 발생하는 가장 큰 오버헤드(bottleneck)중의 하나가 바로 저장 시스템이라 할 수 있다. 대표적인 저장 시스템으로서 전통적인 하드디스크 드라이브(HDD)와 더불어 최근 상용화된 Solid State Drive(SSD)가 주목 받기 시작하였다. 이러한 대용량 HDD 및 고속 SSD에 대하여, 저장 장치로서의 약점을 상호 보완하면서, 장점을 강화하여, 최종적으로 입출력 성능을 극대화할 수 있는 새로운 융합형 데이터 저장 시스템의 개발이 필요하다.

### 2. 관련 연구

#### 1) 하드 디스크 드라이브의 특성 및 동향

하드 디스크(HDD: Hard Disk Drive)[6]는 지난 30년 전부터 대부분의 데이터 서버에서 사용되는 절대적인 저장 미디어이다. 하드디스크는 원판 회전형으로 분당 5400 RPM 이상의 회전 속도로 기계적인 모터에 전력을 공급하여 스피들이 회전하면서 데이터를 저장하는 방식이다. HDD는 주로 자성체로 코팅된 알루미늄 원판에 자료를 저장할 수 있게 만든 데이터 저장장치인데, 데이터를 저장하는 원반 모양의 급속판 플래터(Platter), 플래터 위를 움직이며 데이터를 기록, 수정, 삭제하는 헤드(Head), 플래터를 회전시키는 스피들 모터(Spindle Motor) 등으로 구성되어 있다. HDD는 크기와 용도에 따라 크게 2.5인치 이하 모바일용 HDD제품, 2.5인치 모바일용 HDD제품, 3.5인치 데스크톱용 HDD제품, 2.5/3.5인치 기업용 HDD 제품시장으로 나누어진다. 2.5인치 모바일용 HDD 제품은 대부분 노트북PC에 사용되며, DVR이나 PVR 등 소비자 기기로서의 수요도 증가 추세이다. 3.5인치 데스크톱용 HDD 제품은 전체 HDD시장의 50% 이상을 담당하고 있으며, 이 중 대부분은 서버 및 데스크톱 PC에 탑재되고 점차 PVR 등 소비자 기기에 탑재되는 비율이 증가할 것으로 보인다.



(그림 1). 대용량 HDD 스토리지 시스템

#### 2) SSD(Solid State Drive/Disk)의 특성 및 동향

비록 하드 디스크 저장 용량이 급속도로 증가하고는 있을 지라도(현재는 1TB), 디스크의 기계적인 특성(헤드의 이동 시간, 디스크 회전 시간)에 의한 지연시간은 매년 15%정도의 미약한 수준으로 개선되고 있다. 반면에 플래시 메모리 처리 속도는 매년 50% 정도의 빠른 속도로 개선 발전되고 있다.

이러한 기계적 특성에 따른 속도 차이에 의하여 하드 디스크는 점차로 한계 성능에 도달하게 된다. 또한, 이에 따른 전력 소모가 평상시에도 전체 시스템 전력의 20%정도로 매우 큰 편이며, 사용 대기 중에도 전력이 계속 소모된다. 특히, 하드 디스크가 PDA, UMPC, 노트북과 같은 모바일 컴퓨팅 장비에 장착될 경우에 그 오버헤드는 심각해진다.

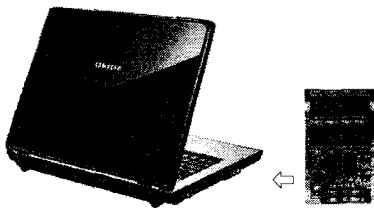
이에 대한 대안으로 최근에 주목받고 있는 저장장치가 바로 플래시 메모리[4,7]를 장착한 SSD이다. 결론적으로 용량과 가격측면에서는 하드 디스크가 매우 우세하고, 접근 성능 및 저전력 측면에서는 SSD가 매우 우세하다.[2]

이미 1990년대에 등장한 SSD는 하드 디스크에 비하여 많은 장점에도 불구하고, 그동안 가격 경쟁력이 매우 부족하여, 특수한 분야(군사, 항공, 우주, 선박등)에서만 주로 사용되었다. 그러나, 최근에는 플래시 메모리의 급속한 가격 하락에 힘입어, 서버, 휴대용 노트북등 고급 제품을 중심으로 기업 및 일반 소비자 시장으로 확대되고 있다.[5,8]

또한, 2GB~8GB 정도의 휴대용 USB에 사용되던 플래시

메모리가, 이제는 저용량 백업 장치의 용도를 뛰어넘어, 기존의 노트북, 넷북, UMPC나 운영 서버에 탑재된 데이터 저장장치(HDD)의 새로운 대체품(현재,256GB급)으로 급부상하고 있다.

이러한 수요에 맞추어, HP, IBM 등은 이미 SSD를 탑재한 고성능 서버를 출시하였고, 그 동안 SSD 분야에 투자를 하지 않고 소극적이었던 대형 스토리지 기업인 EMC조차도 SSD 관련제품을 적극적으로 출시하고 있다. 즉, 또하나의 기술적 트렌드는 출시당시 8GB 정도의 저용량의 SSD가 16->32->64->128->256GB로 불과 2년 사이에 매우 빠르게 대용량화 되고 있다는 사실이다. 국내에서도 이미 2008년에 삼성전자가 256GB급 대용량 SSD를 이미 개발하여, 본격적인 대용량 SSD의 시대를 열었고, 최근 SSD를 탑재한 신형 노트북도 판매하고 있다.



(그림2). SATA I/F로 연결되는 64GB SLC-type의 SSD  
[제조사 : SAMSUNG, 2008]

작년에 이미 삼성전자는 아래 그림과 같은 128 GB급 SSD를 출시하였다. 그 이전에 SSD는 64GB가 주류였으나 삼성전자, 도시바 등이 128GB SSD를 공개하면서 100GB 이상의 대용량 SSD 대체론을 불러 일으켰다.

미국 반도체 업체 샌디스크도 128GB SSD를 대량 생산하며, 및 BITMICRO, STEC, PQI 등의 회사도 경쟁하고 있다. 인텔도 SSD를 CPU 못지 않은 대표 제품으로 키울 방침이다. 다만 노트북 업체인 이수스는 32/64GB 용량의 SSD를 저장장치로 채택한 'U2E'를 공개했다. 소니도 48GB 용량의 SSD를 장착한 'UX490NC'를 내놓았다. 소니는 SSD를 저장장치로 채택해 UMPC의 크기를 가로 약 12cm 정도로 줄였다. 도시바가 64GB 용량의 SSD를 장착한 모델을, 렉사는 32GB와 64GB 용량의 SSD 제품군을 출시하였다.

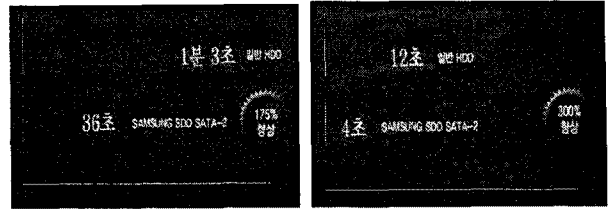
최근 저명한 시장 조사 분석 및 예측 기관의 플래시 메모리 시장에 대한 보고서에 따르면 향후 4년 동안 SSD의 스토리지 사용이 기업용 서버 및 노트북, PC의 스토리지 시장에서 연평균 100% 이상의 급성장을 보일 것으로 예측되었으며, 또한 주요 생산 기업들의 생산량도 급속도로 늘어날 것으로 전망되었다

### 3. SSD의 I/O 특성을 고려한 성능 개선 방안

#### 1) SSD의 느려지는 저장 속도의 문제점

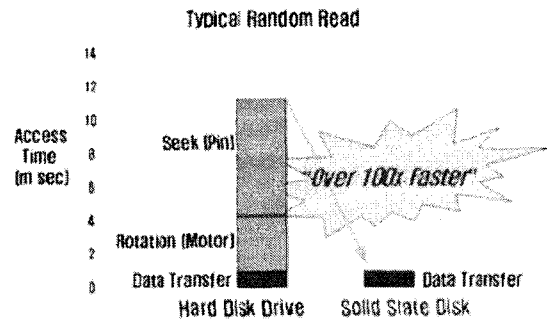
최근 하드디스크를 누르고 급부상중인 SSD는, 첨단 플래시 메모리를 사용하기 때문에, 매우 빠르다고 널리 홍보되어 있지만, 사실은 매우 불만족스럽다는 문제이다. 대표적인 사례로서, 아래의 그래프는 삼성전자에서 최근 자사의 SSD를 홍보하기 위한 성능 측정 결과이다. 이 홍보자료에서, 윈도우 부팅시 1분3초인 일반 하드 디스크보다 175% 속도가 향상되

어 36초 만에 부팅이 완료되고, PDF 문서 읽기를 수행하면 무려 3배 가까운 속도의 향상이 나타난다고 한다. 실제 사용자가 직접 테스트해보아도 발표만큼은 아니라도 개선된 데이터 접근 속도가 나타난다.



[2009, 모델: MMDOE28G5MPP-OVA]  
(그림3). 최근 삼성전자에서 공개한 64GB-SSD 측정 결과

이렇게 높은 접근 성능의 이유는 아래 그림과 같이 SSD는 HDD의 기계적 동작부분이 전혀 없기 때문이다. 즉, 하드디스크의 물리적/기계적인 접근 시간(약 8~10ms)인, head의 seek time(헤드 모터 이동 시간)과 디스크 원판의 rotational delay(회전 모터의 섹터 지연 시간)가 전혀 없기 때문이다.



(그림4). HDD(하드 디스크)와 SSD의 접근 시간 비교  
[Random Read 기준]

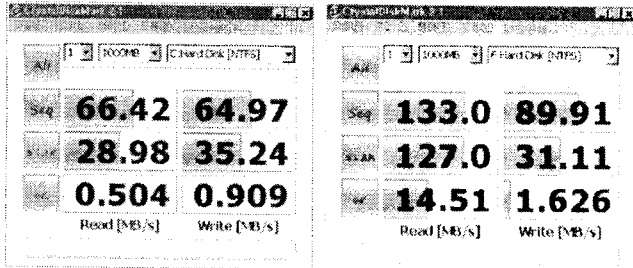
그러나, 이러한 홍보와 일반 상식과는 달리, 실제 사용자가 장기간 사용해 보면, SSD의 실제 체감속도는 별로 빠르지는 않다는 것이다. 물론, 읽기 속도는 매우 개선되어 충분한 속도감을 느낄 수 있다. 단 이것은 읽기 위주의 부팅이나, 문서 로딩에 국한되는 것이므로, 위의 삼성전자 생산자의 테스트 결과와 일치한다.

이러한 느린 체감 성능의 가장 큰 이유는, 일반 사용자 환경에서는 읽기만 하는 것이 아니고, 쓰기 연산도 병행되기 때문이다. 따라서, 이전에 장착된 하드 디스크와 비슷하거나 오히려 낮은 성능이 나타난다. 즉, 사용자의 작업은 읽기와 쓰기 연산이 임의로 혼합되어 있으므로, 전체 성능에서는 불만족스럽게 된다. 또한, SSD는 데이터가 별로 없는 제품구입 초기에는 빠르다가도, 이후에 점점 더 데이터가 많이 쌓여갈수록 계속 느려지는 "성능 열화현상"이 나타난다. 이는 SSD에 데이터가 일정용량이상 누적되게 되면, 느린 쓰기 특성과 관리 모듈의 overhead가 급속히 증가하기 때문이며, 이때부터 저장 성능이 크게 떨어진다. 이러한 열화현상은 사용자경험기, 지식검색에서 SSD뿐 아니라 USB에서도 빈번하다고 보고되어 있다.

본 실험실에서도, 이러한 읽기와 쓰기 속도의 체감 성능의 차이를 직접 눈으로 확인하기 위하여, 대중적인 SSD와 HDD

를 최근에 종류별로 구매하여서 비교 실험하였다. 실험실 자체 측정결과, SSD는 읽기 속도는 순차모드에서 약 2배, 랜덤 모드에서 4배 이상의 좋은 성과를 보인 반면, 쓰기 속도에서는 일반 파일크기인 512K 랜덤 모드에서 오히려 하드 디스크(35MB/s)보다 13%정도 더 나쁜 결과(31MB/s)를 보이는 문제가 발생하였다.

본 실험의 테스트 환경은 DELL OPTIPLEX 745 시스템에서, CPU는 INTEL 2.1GHz이며, 운영체제는 Windows 2003이며, 저장장치는 SATA 인터페이스로 연결된 HDD-250G와 SSD-64G이다.



[좌:HDD, 우:SSD, 성능측정도구:CrystalDiskMark2.1] (그림5). 자체 테스트 결과

## 2) SSD에 비대칭적 RAID기법 적용 필요

과거부터 하드 디스크 저장 시스템 업계에서는 저장 성능과 응답 성능의 문제해결을 위하여 여러 개의 디스크를 연동한 RAID[1,3] 기술을 사용하여 왔었다. 마찬가지로 SSD도 성능과 안정성을 모두 개선하여야 하므로, 이 RAID 기술의 활용이 필요하다.

이러한 하드 디스크 기반의 RAID 기술을 SSD에 적용하면, 기본적인 성능 개선과 응답 성능 향상을 얻을 수 있다. 그러나, 읽기 및 쓰기 성능이 대칭이 되는 하드디스크에 비하여, 10배 정도로 극심하게 비대칭인 SSD를 하드디스크와 동일한 기법으로 저장 및 검색하면 심각한 I/O 문제가 발생한다. 즉, 플래시의 장점도 못 살리고, 단점도 극복하지 못하게 되어, 최악의 I/O 성능 저하로 나타날 수 있다. 또한, 짧은 수명 제한성 등의 플래시 메모리의 특수성과 용량증가에 비례한 SSD 자체의 성능 열화현상을 제대로 극복하지 못하면, 오히려 저장 장치 용량 낭비와 관리상의 오버헤드만 증가될 수 있다.

본 연구에서는 이러한 RAID 기술을 그대로 도입하는 것이 아니라, 최소한의 기본 원리만 이용하고, 고속 SSD와 대용량 HDD에 맞도록 약점 보완 및 장점 개선을 통하여, 이전에는 시도된바 없는 새로운 Hybrid-RAID 기술을 개발하고자 한다.

즉, 단일 매체로 구성된 RAID는 아무리 그 구성 방법을 바꾸어도, 그 단일 매체의 자체의 본질적인 약점을 제대로 극복하기는 어렵다. 예를 들어, HDD만으로 아무리 혁신적인 RAID기법을 개발하더라도, HDD의 구성만 달라질 뿐, 본질적인 기계적인 약점은 그 속에 그대로 내재되어 있기 때문이다. SSD의 경우도 마찬가지이다.

따라서, 반드시 서로의 약점을 보완해줄 성질이 다른 이질형(Heterogeneous)-RAID 기술이 필요하다. 즉, 한 매체의 약점이 다른 매체에서는 강점인 반대 특성을 활용하여, 그 약점을 흡수한다.

이러한 관점에서 기존 방법론의 한계를 극복하여, HDD의 대용량성과 SSD의 고속성 등의 장점을 살리며, 단점을 상호 보완하여, 전체적인 시너지 효과를 낼 수 있는 지능적인 고성능 Hybrid-Raid 기술 개발이 필요하다.

부수적으로, 기존의 RAID는 단일 채널(SATA)에 여러 개의 디스크를 연결하였기 때문에, 해당 채널이나 입출력 컨트롤러의 장애가 발생하면, 전체 저장시스템이 다운된다. 그러나, 향후 연구에서는 일반 SATA 뿐 아니라, 480Mbps의 USB2.0 채널(향후3.0)을 통한 SSD의 다채널 RAID 연결도 지원 가능한 S/W적인 구조이므로, 이러한 채널 및 컨트롤러 고장을 극복할 수 있는 부수적 효과도 크다.

## 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 전통적인 하드디스크 드라이브(HDD)와 더불어 최근 주목 받고 있는 차세대 저장 장치인 Solid State Drive에 대한 시장 동향과 기술 이슈에 대하여 분석하였다.

또한, 대용량 HDD 및 고속 SSD에 대하여, 저장 장치로서의 약점을 상호 보완하면서, 장점을 강화하여, 최종적으로 입출력 성능을 극대화할 수 있는 새로운 융합형 RAID 시스템을 제안하였다.

향후 시스템 설계 및 컴퓨터 시뮬레이션을 완료한 후, 구체적인 저장 시스템의 구현과 성능 실험을 수행하고, 그 결과를 토대로 최종 시스템 구현하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김호진,황인철,맹승렬, 윤현수, "SDIO에서 RAID 레벨 5의 효율적인 구현," 정보과학회 학술발표대회, 제31권 제1호, pp. 64-66, 2004
- [2] 배영현, "고성능 플래시 메모리 SSD 설계 기술," 정보과학회지 vol 25, No. 6, pp. 18-28, 2007.6
- [3] 최귀열, 박계원, "지능형 I/O 구조를 갖는 RAID 시스템의 성능향상을 위한 연구," 정보통신학회지 제10권 11호, pp. 1989-1995, 2007
- [4] Chanik Park, Jaeyu Seo, Dongyoung Seo, Shinhan Kim, Bumsu Kim, "Cost-Efficient Memory Architecture Design of NAND Flash Memory Embedded Systems", 21st International Conference on Computer Design, San Jose, California, pp. 474-479, October 13-15, 2003
- [5] Li-Pin Chang, Tei-Wei Kuo, "An Efficient Management Schemefor Large-Scale Flash Memory Storage Systems," Proc. of ACM SAC'04, pp. 862-868, Nicosia, Cyprus, March 14-17, 2004
- [6] SpinPoint T Series, <http://www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/SpinPointTSeries/index.asp>, 2007.
- [7] What is Flash?, <http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/Flash/WhatisFlash/FlashStructure.htm>, 2007.
- [8] Yim K., "A Novel Memory Hierarchy for Flash Memory Based Storage Systems", Journal of Semiconductor Technology and Science, 5:(4), pp. 262-269. Dec. 2005