

하드 디스크 드라이브와 플래시 메모리 드라이브를 활용한 레이드-1 저장장치의 설계

A Design of RAID-1 Storage using Hard Disk Drive and Flash Memory Drive

변시우[†]

Siwoo Byun

(2010년 8월9일 접수; 2010년 8월25일 심사완료; 2010년 8월28일 게재 확정)

Abstract

Recently, Flash Memory Drives are one of the best media to support portable and desktop computers' storage devices. Their features include non-volatility, low power consumption, and fast access time for read operations, which are sufficient to present flash memories as major database storage components for desktop and server computers.

However, we need to improve traditional storage management schemes based on HDD(Hard Disk Drive) and RAID(Redundant Array of Independent Disks) due to the relatively slow or freezing characteristics of write operations of SSDs, as compared to fast read operations. In order to achieve this goal, we propose a new storage management scheme called Hetero-Mirroring based on traditional HDD mirroring scheme. Hetero-Mirroring-based storage management improves RAID-1 operation performance by balancing write-workloads and delaying write operations to avoid SSD freezing.

Keywords: SSD, Hard Disk Drive, RAID-1, Flash Memory

1. 서론

최근 중대형 서버의 저장 시스템으로서 Solid State Drive(SSD)[1,2]가 주목 받고 있다.

이미 오래전에 등장한 SSD는 하드 디스크에 비하여 많은 장점에도 불구하고, 그동안 가격 경쟁력이 매우 부족하여, 특수한 분야(군사, 항공, 우주, 선박 등)에서만 주로 사용되었다. 그러나, 최근에는 플래시 메모리[3]의 급속한 가격 하락에 힘입어, 서버나 휴대용 노트북등 고급 제품을 중심으로 기업 및 일반 소비자 시장으로 확대되고 있다.

특히, 2007년도에 한 대기업에서 64GB급 플래시 메모리를 개발한 이후에, 기존의 휴대용 USB 저장장치의 용도를 뛰어넘어, 급속하게 하드디스크의 새로운 대체품으로 급부상하고 있다.

두 매체를 상대적으로 비교하자면, 용량과 가격측면에서는 하드 디스크가 아직은 훨씬 더 우세하나, 접근 성능 및 저전력성 측면에서는 SSD가 절대적으로 우세하다[4]. 본 연구에서는 이러한 고속 SSD에 대하여, 저장 장치로서의 약점을 상호 보완하면서 장점을 강화하여, 최종적으로 입출력 성능을 극대화할 수 있는 융합형 데이터 저장 기술인 헤테로-미러링 기법을 제안한다.

2. 관련 연구

전통적 저장장치인 하드 디스크 드라이브(Hard Disk Drive: HDD)[5]는 스피들을 회전하여 원판에 데이터를 저장하는 방식이다. HDD는 주로 자성체로 코팅된 알루미늄 원판에 자료를 저장할 수 있게 만든 데이터 저장장치로서 데이터를 저장하는 원반 모양의 금속판 플래터(Platter), 플래터 위를 움직이며 데이터를 기록, 수정, 삭제하는 헤드(Head), 플래터를 회전시키는 스피들 모터(Spindle Motor) 등으로 구성되어 있다. HDD는 크기와

[†] 안양대학교

E-mail : swbyun@anyang.ac.kr

TEL : (031)467-0922



Fig. 1 대용량 HDD 저장 시스템과 HDD 내부

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 HDD제품은 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 데스크톱 PC에 탑재되고 점차 PVR 등 소비자 기기에 탑재되는 비율이 증가할 것으로 보인다. 그러나, 이러한 하드 디스크는 기계적인 특성상 헤드의 이동 시간, 디스크 회전 지연시간 등의 많은 오버헤드가 발생하므로, 향후 플래시 메모리 저장 장치(SSD)로 대체될 수밖에 없다. 그리고, 하드 디스크는 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 메모리를 장착한 SSD이다.

현재, 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.

작년 SSD는 64GB가 주류였으나 최근 밴더들이 128GB SSD를 공개하면서 100GB 이상의 대용량 SSD 대세론을 불러 일으켰다. 미국 반도체 업체들도 128GB 이상의 SSD를 대량 생산하고 있



Fig. 2 64GB SLC-type의 SSD가 내장된 노트북

으며, 특히 인텔도 이제 SSD를 CPU 못지않은 대표 제품으로 키울 방침이다. 다만 넷북 업체도 32/64GB 용량의 SSD를 저장장치로 채택하였고, 일본도 48GB 용량의 SSD를 저장장치로 채택해 크기를 가로 약 12cm 정도로 줄였다.

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

현재 SSD의 가격과 기술적 측면을 볼 때, 현재의 모든 데이터베이스 스토리지에 적용하기는 어렵다. 특히, 속도가 중요하지 않은 배치 작업이나, 백업은 HDD와 RAID기술로 충분히 지원가능하다. 하지만, 높은 데이터베이스 성능과 랜덤 읽기 및 쓰기가 중요하다면 SSD가 좋으며, 특히, 높은 트랜잭션 처리, 순간적인 피크로드가 걸리는 경우, 실시간 데이터베이스 등의 분야에서 효과적이다 [2].

RAID(Redundant Array of Independent [또는 Inexpensive] Disks)[6]시스템은 여러 하드 디스크 드라이브의 집합을 하나의 저장 장치처럼 다룰 수 있게 하고, 장애가 발생했을 때 데이터를 잃어버리지 않게 하며, 각각에 대해 독립적으로 동작할 수 있도록 하는 저장 시스템이다.

기본적인 RAID의 개념은 작고 값싼 드라이브들을 연결해서 크고 비싼 드라이브 하나 SLED (Single Large Expansive Disk)를 대체하는 것이다. 또한, RAID는 여러 대의 하드디스크가 있을 때 동일한 데이터를 다른 위치에 중복해서 저장하는 방법이다. 데이터를 여러 대의 디스크에 저장함에 따라 입출력 작업이 균형을 이루며 겹치게 되어 전체적인 성능이 개선된다. 여러 대의 디스크는 MTBF를 증가시키기 때문에 데이터를 중복해서 저장하면 고장에 대비하는 능력도 항상



Fig. 3 128GB급 SSD

된다.

하나의 RAID는 운영체계에 논리적으로는 하나의 하드디스크로 인식된다. RAID는 각 드라이브의 저장 공간을 1 섹터(512 바이트)의 크기에서부터 수 MB에 이르는 공간까지 다양한 범위로 파티션할 수 있다.

현재 기존 RAID 기법에는 10가지 이상의 변형된 형태가 있으나, 잘 사용되는 주요 레벨은 다음과 같으며, SSD의 특징을 고려하여 개선이 필요하다.

RAID-0의 기본 개념: 스트라이프를 가지고는 있지만 데이터를 중복해서 기록하지 않는다. 따라서 가장 높은 읽기 및 쓰기 성능을 기대할 수 있지만, 고장대비 능력이 전혀 없으므로 이 방식은 진정한 RAID라고 하기 어렵다.

그러나, SSD에서는 유용하다. 즉, read에 비하여 write가 10배 이상 느리므로, 이를 병렬로 분산 write를 수행하여야만, 전체적인 I/O의 밸런스가 이루어진다. 특히, write에 수반되는 매우 느린 소거 연산이 수반될 경우, 상당한 병목현상이 발생한다. 따라서, SSD에서는 반드시 필요하다. 다만, 파일의 패턴에 적합하도록 페이지 크기를 조절, 배치(Page Layout)함이 필요하다. SSD에 맞게 새롭게 설계 필요하다.

RAID-1의 기본 개념: 이 형식은 흔히 디스크 미러링이라고도 하는데, 중복 저장된 데이터를 가진 적어도 두 개의 드라이브로 구성된다. 각 드라이브를 동시에 읽을 수 있으므로 읽기 성능은 향상된다. 쓰기 성능은 단일 디스크 드라이브의 경우와 비슷하다. RAID-1은 다중 사용자 시스템에서 최고의 성능과 고장대비 능력을 발휘한다.

이는 SSD에서 특히 더 필요하다. SSD는 저장 수명이 100만 번으로 제한되어 있으며, 제품의 보증수명도 10년으로 되어 있으므로, 장기간 사용할 경우의 신뢰성을 보장할 수 없다. 따라서, 미러링이 필수적이며, 기존의 RAID 기법에서 SSD에 적합하도록 효율적인 성능 개선이 필요하다.

RAID-3의 기본 개념 : 이 형식은 스트라이프를 사용하며, 패리티 정보를 저장하기 위해 별도의 드라이브 한 개를 쓴다. 내장된 ECC 정보가 에러를 감지하는데 사용된다. 데이터 복구는 다른 드라이브에 기록된 정보의 XOR를 계산하여 수행된다. 입출력 작업이 동시에 모든 드라이브에 대해 이루어지므로, RAID-3은 입출력을 겹치게 할

수 없다. 이런 이유로 대형 레코드가 많이 사용되는 업무에서 단일 사용자시스템에 적합하다.

만일 디스크가 파괴되면, 복구시에 엄청난 read/write 연산이 수행되게 된다. 이 경우 패리티 디스크에서는 상당한 read가 발생하고, 복구 디스크에서는 상당한 write가 발생하게 된다. 결국, 느린 write 속도로 전체 복구가 매우 느리게 진행된다. 따라서, 패리티 디스크를 별도로 두는 것은 SSD에서는 비효율적이다. 패리티를 여러 SSD로 분산하면, 복구 속도를 상당히 높일 수 있다.

RAID-5의 기본 개념 : 이 형식은 회전식 패리티 어레이를 포함한다. 그러므로 모든 읽기/쓰기 동작은 중첩될 수 있다. RAID-5는 패리티 정보를 저장하지만 데이터를 중복저장하지는 않는다.(그러나 패리티 정보는 데이터를 재구성하는데 사용될 수 있다). RAID-5는 보통 3 ~ 5개의 디스크를 어레이로 요구한다.

SSD에서 패리티가 분산되어, 복구시 read 연산이 분산되어 로드 밸런싱이 잘 된다. 다만, 읽기 연산은 SSD에서는 고속으로 수행되므로, 읽기 연산이 많은 데이터 패턴의 경우나 파일 크기가 작은 경우는, 오히려 분산된 다중 read가 더 느리고, 비효율적이다.

본 연구에서는 위와 같이 기본적인 RAID 레벨 중에서도 SSD의 신뢰성 측면에서 가장 필요한 레벨인 RAID-1(미러링)에 대한 응답시간 및 처리 성능 개선 기법을 제안한다.

3. SSD를 위한 복합 저장 기법

3.1 SSD의 불안정한 I/O 특성의 문제점

SSD는, 첨단 플래시 메모리를 사용하기 때문에, 매우 빠르다고 알려져 있지만, 실제 사용해 보면 불만족스럽다고 한다. 먼저, 읽기의 경우는 무려 3배 가까운 속도의 향상이 나타난다고 한다. 이렇게 높은 접근 성능의 이유는 SSD는 HDD의 기계적 동작부분이 전혀 없기 때문이다. 즉, 하드디스크의 물리적/기계적인 접근 시간(약 8~10 ms)인, head의 seek time(헤드 모터 이동 시간)과 디스크 원판의 rotational delay(회전 모터의 섹터 지연 시간)가 전혀 없기 때문이다. 그러나, 실제 사용자가 장기간 사용해 보면, 대부분의 SSD의 실제 체감속도는 아주 고가의 SSD를 제외하면, 기대만큼 빠르지는 않다는 것이다. 물론, 읽기 속도는 매우 개선되어 충분한 속도감을 느낄 수 있다. 즉, 이것은 읽기 위주의 부팅이나, 문서 로딩에 국한되는 것이다.

이러한 느린 체감 성능의 가장 큰 이유는, 일

반 사용자 환경에서는 읽기만 하는 것이 아니고, 쓰기 연산도 병행되기 때문이다. 따라서, 쓰기 비중이 크다면 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 서서히 떨어진다. 이러한 열화현상은 SSD뿐 아니라 USB용 플래시 메모리에서도 나타난다. 실험결과 전체 SSD 영역에서 60%를 채우면 가비지콜렉션(Garbage Collection) 오버헤드가 10%증가하고, 90%정도를 채우면 오버헤드가 50%가 증가한다고 한다[7].

SSD의 또 다른 문제점은 실제 사용자가 작업하다가, 저장 연산이 집중되는 경우, SSD가 평소 속도보다 상당히 느린 속도(10-20배)로 반응한다는 문제이다. 물론, 가끔씩 발생하지만, 하드 디스크에 비해서는 상당히 빈번히 발생하고, 홀딩 시간도 하드 디스크의 보다 훨씬 더 길다. 이 현상은 물론 읽기 연산에서는 거의 발생하지 않는다. 하지만, 소프트웨어를 설치하거나, 특히, 큰 콘텐츠를 복사 받는 도중, 심한 업데이트 도중에, 윈도우 운영체제가 심한 경우 10초 썩 정지(흔히 프리징[freezing]이라고 함) 되는데, 이러한 체험 사례는 인터넷의 개인 블로그에서도 심각하게 보고되어 있다.

본 연구에서도, 먼저 이러한 프리징 현상을 확인하기 위하여, 비교 실험하였다. 실험결과, 이러한 불안정한 응답성은, 아래의 그래프에서 확인 가능하였다. 실험환경은 10KB~500KB 까지 10KB 단위로 50개의 저장 스트림을 발생시켜서 응답시간(Response Time)을 측정한 결과이다. 참고로 일반 시스템 환경에서는 하루 동안 수정이나 읽기가 수행된 파일의 96%이상이 500KB 미만의 데이터 파일이다. 실험결과, 그래프에서 다수의 응답 지연 피크(Peak)가 발생하는데, 스트림-2의 경우처럼 한번 홀딩이 되면 연이어서 계속(4차례) 프리징이 발생한다는 것도 심각하다.

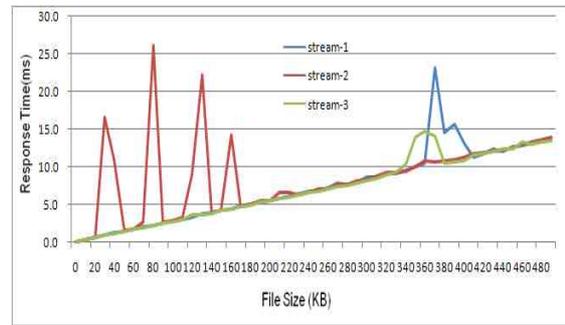


Fig. 4 자체 테스트 결과 (SSD Write Stream)

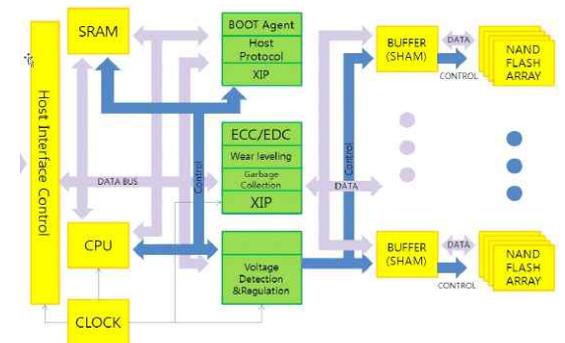


Fig. 5 SSD의 주요 부품과 구성도

이러한 프리징의 이유로는, 설정된 쓰기 블록의 크기에 의하여 성능에 영향을 받기도 하지만, 쓰기 연산의 집중으로 인하여, SRAM 등의 버퍼가 포화되어, 더 이상 지연시키지 못하고, 버퍼에서 밀려 있던 플래시 메모리의 소거 작업과 수반되는 마모 평준화(웨어레벨링) 연산과 느린 CPU, 카피 오버헤드, 구동 소프트웨어 등의 복합적인 요인 때문이다. (위의 그림에서 관련 SRAM, Buffer, CPU, 부품 참조). 이 경우 사용자는 처음에 좋은 성능을 보인 SSD에 대한 기대가 점차로 감소하게 된다. 마찬가지로, SSD에 데이터가 별로 없는 제품구입 초기 보다는, 데이터가 점점 더 쌓여갈수록 저장 시스템 전체의 관리 오버헤드와 가비지-콜렉션 오버헤드 등이 증가하여, 결국 프리징현상이 더 빈번해 진다.

3.2 헤테로 미러링 기법의 제안

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

이러한 하드 디스크 기반의 RAID 기술을 SSD

에 그대로 적용해도, 어느 정도의 성능 개선과 응답 성능 향상을 얻을 수 있다. 그러나, 읽기 및 쓰기 성능이 대칭이 되는 하드디스크에 비하여, 10배 정도로 쓰기가 느려서 극심하게 비대칭인 SSD를 하드디스크와 동일한 기법으로 저장 및 검색하면 심각한 I/O 문제가 발생한다. 즉, 플래시 메모리의 장점도 못 살리고, 단점도 극복하지 못하게 되어, 최악의 I/O 성능 저하로 나타날 수 있다. 단일 매체로 구성된 RAID는 아무리 그 구성 방법을 바꾸어도, 그 단일 매체의 자체의 본질적인 약점을 제대로 극복하기는 어렵다. 예를 들어, HDD만으로 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-RAID 기술이 필요하다. 즉, 한 매체의 약점이 다른 매체에서는 강점인 반대 특성을 활용하여, 그 약점을 흡수해야 한다.

본 연구에서는 이러한 관점에서 기존의 RAID-1 기술을 개선하고, 고속 검색용 SSD의 약점을 보완하기 위하여, 대용량 HDD를 융합하여, 전체적인 시너지 효과를 낼 수 있는 새로운 헤테로 미러링 기술을 제안 한다. 본 논문에서는 미러링된 스토리지 제어에서 읽기 연산은 어느 한 쪽의 빠른 드라이브를 통하여 수행된다. SSD의 읽기 속도는 매우 빠르며 별 병목현상 문제가 없으므로 간략히 서술하며, 본 논문의 이슈인 저장 즉 쓰기 연산에 대하여 설명하고자 한다.

헤테로 미러링 기법을 활용하여 전술한 SSD 프리징 현상을 감소시킬 수 있다. 즉, 일반 부하시의 SSD의 응답시간이 피크치로 급상승할 때, HDD의 응답시간은 정상적인 경우가 많다. 반대로 헤드 이동 등으로 HDD도 피크치로 응답 지연이 길어질 수 있는데, 이때는 SSD이 응답시간은 정상적인 경우가 많다. 즉, 동일한 저장 연산을 수행하더라도 두 매체가 모두 비정상적으로 오랜 시간이 지연되거나, 프리징에 걸리는 경우는 없었다. 이는 4장의 성능 실험을 통해서도 알 수 있었다. 이러한 상호 보완적인 특징을 잘 활용하여, 특성이 상반된 이질형 두 매체(SSD와 HDD)를 미러링하면, 어느 한 쪽 드라이브의 급격한 응답지연을 충분히 흡수할 수 있다. 기존의 하드디스크 기반 RAID-1(미러링) 기술은 안정성과 처리 성능에 일대 혁신을 이룬 상용화된 매우 중요한 기술이다. 즉, 원래 기존 미러링의 목적이 동일한 매체를 동시에 복제하여 안정성을 높이는

것이라면, 헤테로 미러링은 좀 더 나아가서, 프리징의 충격까지 흡수시켜서 최종 성능까지 높이는 새로운 이질형 RAID 기술의 핵심이다.

또한, 전술한 대로, SSD를 빠른 입출력을 위하여 기존의 RAID에 그대로 적용하게 되면, 많은 성능과 안정성에 심각한 문제가 발생하게 된다. 그 주요 원인은 read/write 처리 시간이 비슷한 하드 디스크에 비하여, 플래시 메모리 SSD는 read/write 처리 시간의 매우 차이가 나는 극심한 비대칭적 구조를 가지고 있으므로, I/O의 밸런스가 제대로 맞지 않기 때문이다. 어떤 시스템도 전체적인 밸런스가 맞아야만 제대로 성능을 발휘할 수 있는 것과 같은 이치이다. 이러한 수배에 달하는 극심한 읽기/쓰기의 밸런스의 차이는 여러 개의 드라이브를 길게 일렬 연결(RAID-0, 스트라이핑)하여 어느 정도 극복할 수 있다. 즉, 일렬 배열 드라이브에 비례하여 성능은 점차 높아질 수 있다. 이러한 이질형 상호-보완 미러링과 더불어, 밸런스된 성능을 위하여 설계한 본 연구의 시스템 구성도는 아래와 같다.

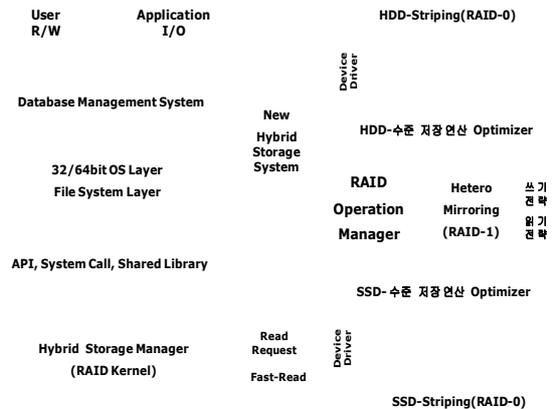


Fig. 6 Hetero-RAID 기반 Hybrid Storage

위 그림에서 사용자의 Read/Write 연산은 Hybrid Storage Manager를 통과한 후, 헤테로-미러링된 Reliable-Write 연산과 스트라이핑된 Fast-Read 연산으로 Redirection 된다. 또한, Hybrid Storage System의 RAID 기술과 더불어 프리징 장애를 방지하고, I/O성능을 더 가속시키려면, 프리징 징후를 빨리 파악하고 즉각 부하를 밸런싱할 수 있는 RAID-Operation Manager가 필요하다.

즉, SSD에서 소규모 데이터라도 많은 양으로 랜덤 쓰기를 아주 심하게 하면, 프리징 현상이 빈번히 발생되므로, 이러한 과밀 적체를 판단한

후 바로 적체를 부하 조절하여 피해갈 수 있도록 설계하여야 한다. 예를 들어 적체가 임계점을 초과하면서 응답시간이 급속히 느려지기 시작한다면, 오히려 HDD에 우선적으로 저장하고, SSD의 저장은 다른 대기 큐에 전환시키는 지연된 멀티 큐 스케줄링이 효율적이다. 이렇게 지연된 SSD 큐잉은 추후에 쓰기 연산이 몰아져서 나오므로, 수명 연장의 효과도 볼 수 있다. 즉, 랜덤 쓰기가 모여져서 순차쓰기로 유도되는데, 플래시 메모리 SSD도 순차쓰기가 빠르며, 특히 작은 크기의 파일일 경우 더 효과적이다. 이는 특히 중대형 데이터베이스 서버나 Multitasking 작업이 많은 사용자 환경에서도 예측가능하고 고르게 안정된 응답 시간을 더 높은 수준으로 보장해 줄 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

기존의 노트북, UMPC, 데스크탑, 서버에 탑재된 하드디스크의 새로운 대체품으로 SSD가 급부상하고 있다. 본 연구에서는 기존의 하드 디스크 기반 저장 시스템에서 성능과 안전성을 높이기 위하여 사용하고 있는 핵심 RAID 기술을, 주요 RAID 레벨들에 대하여 비교 분석하였고, 새로운 SSD의 매체 특성에 맞게 보완하여 개선된 설계 방안을 제시하였다. 또한, 전통적인 RAID-1 미러링에 기반하여 SSD의 특성을 고려한 헤테로-미러링이라는 하는 새로운 저장 장치 관리 기법을 제안하였다.

제안한 헤테로-미러링 기법은 SSD에서 발생하는 느린 쓰기 속도와 프리징 현상을 회피하기 위하여, 저장 매체간의 심각한 저장 속도의 차이를 고려하여, 일시적으로 빠른 저장 매체를 우선 저장하고, 느린 저장 매체는 지연 저장을 수행하게 하여 전체적인 성능을 개선하게 된다.

이제 수년 내에 플래시 메모리 기반의 SSD는 더 낮은 전력소모, 더 빠른 데이터 접근 속도 등의 장점으로 기존 데스크톱 스토리지 및 중대형 서버용 데이터베이스의 핵심 저장 장치가 될 것이다. 따라서, SSD의 특수한 접근 특성을 충분히 고려하고, 여러 가지 다른 특성의 RAID 레벨별로 추가적인 성능 개선과 안정성 개선에 대한 실용적 연구가 계속 필요할 것이다.

후기

이 논문은 2009년도 과학기술부 재원(2009-0070954)으로 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] Samsung_a, 2010, "Samsung SSD is NOW", <http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/products/flash/ssd/2008/home/home.html>
- [2] Solid Data Systems, 2007, "Comparison of Drives Technologies for High-Transaction Databases", White paper
- [3] Samsung_b, 2010, "What is NAND Flash based SSD?", http://www.samsung.com/global/business/semiconductorproducts/flash/Products_FlashSSD.htm
- [4] YoungHyun Bae, 2007, "Design of High Performance SSD, The KIPS transactions, Vol 25, No. 6, pp. 18-28
- [5] Samsung_c, 2009, "SpinPoint F Series", <http://www.samsung.com/global/business/hdd/productSubType.do?group=72&type=61&subtype=63>
- [6] SeongHun Bak, Jongwon Park, 2002, "An Implementation and Performance Evaluation of a RAID System Based on Embedded Linux", The KIPS transactions. Part A, V.9A, No.4, pp.451-458
- [7] Avid Roberts, Taeho Kgil, and Trevor Mudge, 2009, "Integrating NAND Flash Devices onto Servers", Communications of the ACM, Vol52, No.4, pp. 98-106.