

복합 저장 시스템을 위한 상황-인지 파일 관리에 대한 연구

변시우*, 강봉직**, 노창배*

안양대학교 디지털미디어공학과*, 동양공업전문대학 소프트웨어정보과**, 경희대학교 전파공학과

Study of Context-aware File Management for Hybrid Storage Systems

Si-Woo Byun*, Bong-Jik Kang**, Chang-Bae Roh**

Dept of Digital Media, Anyang University*, Dept of Software Engineering, Dongyang Technical College**

Dept of Radio Engineering, KyungHee University***

Abstract - 본 논문은 하이브리드 저장 장치를 위한 효율적인 병렬 저장 시스템 구조와 데이터 및 파일 관리 기술 개발을 목표로 한다. 기존의 플래시 메모리 기반의 기존의 데이터 저장 구조들을 분석하고, 병렬형 하이브리드 데이터 저장 시스템 구조와 비교 분석한다. 또한, 하이브리드 하드 디스크의 데이터 저장 및 입출력 연산 수행을 효과적으로 지원할 수 있도록 플래시 메모리의 고유한 특성을 활용한 상황인지 데이터 및 파일 관리 기법을 제안한다.

1. 서 론

지난 10년 동안 하드 디스크와 메모리 저장 장치의 접근 속도 차이는 5-6배 이상 벌어지게 되었다[1]. 즉, 이러한 기계적 특성에 따른 속도 차이에 의하여 하드 디스크는 점차로 한계 성능에 도달하게 된다. 최근 각종 휴대형 소형 정보 기기들이 대중화됨에 따라, 정보 저장용 미디어로 기존의 하드 디스크를 대체하여 플래시 메모리가 보편적으로 활용되게 되었다. 그러나 플래시 메모리와 하드 디스크 모두 보편적인 저장 장치로서 많은 장점을 가지고 있는 반면, 각각은 단점도 가지고 있다. 하드 디스크는 널리 알려진 저장장치로서 고용량 저장 능력과 저렴한 저장 비용이 장점이나 기계적인 내부 구조로서 소음, 전력, 속도, 내충격성 등에서 많은 단점을 내포하고 있다. 반면 플래시 메모리는 이러한 하드 디스크에 비하여 저용량성과 상대적으로 높은 저장비용이 단점이 되고, 기타 측면에서 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 상반되는 두 저장 장치의 고유한 특성을 상호 보완하여 우수한 성능을 발휘할 수 있는 하이브리드 저장 시스템 구조를 제시하고, 또한 이러한 저장 시스템에 적합한 데이터 및 파일 관리 기법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

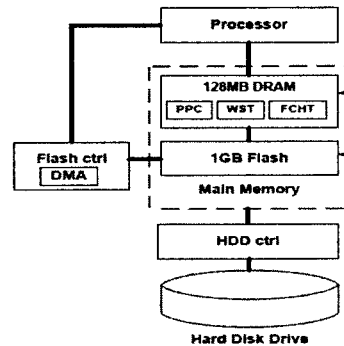
먼저, 하드 디스크와 플래시 메모리를 융합한 하이브리드 저장 시스템을 통하여 데이터를 신속하게 저장하고 효율적으로 검색을 위해서는 플래시 메모리의 특성을 잘 고려하여야 한다. 그 이유는 플래시 메모리에는 기존의 하드 디스크나 메인 메모리와는 전혀 다른 특성이 존재하기 때문이다. 읽기 연산의 경우에는 플래시 메모리의 연산 처리 속도가 하드 디스크에 비하여 800배 정도로 매우 빠르며, 일반 RAM 메모리에 비해서는 좀 느리지만 10 μs 정도로 빠르므로 접근 시에 별 문제가 없다.[2,5]

하지만, 플래시 메모리의 쓰기 연산의 경우에는 속도가 읽기 연산 대비 20배 정도의 많은 시간이 소모되어 매우 느리며, 메인 메모리처럼 제자리 쓰기가 불가능한 Update-Out-Place 구조이다.[3] 더욱이 쓰기 연산 전에 2 ms 정도의 느린 속도로 소거 연산을 반드시 수행해야 하므로 연산의 총 부담이 크게 늘어난다.[표1]

<표 1> 다양한 저장 장치의 성능 비교

저장장치	I/O	읽기	쓰기	소거
SRAM	Byte	50 ns (1B)	50 ns (1B)	-
DRAM	Byte	100 ns (1B)	100 ns (1B)	-
NOR Flash	Byte	150 ns (1B)	200 ns (1B)	1 s (128KB)
NAND-1 Flash	Page	12 μs (512B)	200 μs (512B)	2 μs (16KB)
NAND-MLC Flash	Page	20 μs (512B)	300 μs (512B)	2 μs (16KB)
Hard Disk	Page	12.4 μs (512B)	12.4 μs (512B)	-

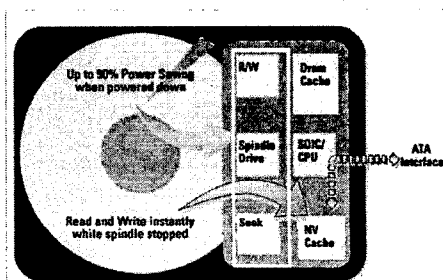
기존의 플래시캐시[6]는 1GB NAND 플래시 메모리를 하드 디스크 위에 장착하여 시스템의 성능과 전력 사용량을 감축한 저장 시스템 구조이다. 원래 1GB의 DRAM을 128MB로 줄이고, 플래시 메모리가 2차 캐시 역할을 수행한다. 이를 위하여 PPC (Primary Page Cache), FGHT(Flash Cache Hash Table), WST(Wear level Status Table)이 필요하며, 플래시 제어기에 속도 개선을 위하여 DMA가 포함되어 있다. 초기의 기본적인 형태로서 용량 플래시 메모리가 캐시 역할을 하는 구조이므로 수직 직렬 방식으로 하이브리드된 저장 시스템 형태이다.



<그림 1> 하드 디스크에 장착된 플래시캐시 구조

다음으로 플래시 메모리의 가격이 내려가고, 용량이 증가함에 따라서 1기가급 용량의 플래시와 하드 디스크와 결합된 직렬형 하이브리드 디스크가 제안되었다. 전력소비 감축과 빠른 스타트업을 위하여 하드 디스크에 플래시 메모리를 추가로 결합하였다. 이 구조는 플래시 메모리 캐싱을 효과적으로 하기 위하여 버스와 채널을 개선한 직렬형 하이브리드 저장 시스템이다. 플래시 메모리와 하드 디스크가 호스트 인터페이스와 연결된 버스에서는 병렬이지만, 데이터는 상위의 플래시 메모리에 캐싱되고, 하위의 하드 디스크에 저장되는 직렬형 구조이다.

최근 삼성에서 개발한 하이브리드 하드 디스크[4]도 유사한 구조이다. 플래시 메모리에 캐싱 데이터와 부트 이미지를 포함하여 부트 시간을 5초 이하로 개선하였다. 플래시 메모리는 하드 디스크의 입출력을 일부 대신 함으로써 하드 디스크 모터 스피ن에 의한 전력 소모를 줄이고, 제품 수명을 연장하는 효과가 있다.



<그림 2> 삼성 하이브리드 하드 디스크의 구조

[참고 문헌]

- [1] A. Andy Wang, Geoff Kuenning, Peter Reiher, and Gerald Popek, The Conquest File System: Better Performance Through a Disk/Persistent-RAM Hybrid Design, ACM Transactions on Storages, vol. 2, no. 3, pp. 309-348, Aug 2006.
- [2] Chin-Hsien Wu, Li-Pin Chang, Tei-Wei Kuo, An Efficient R-Tree Implementation over Flash Memory Storage Systems, Proc. of ACM GIS'03, New Orleans, USA, pp. 17-24, Nov. 7-8, 2003.
- [3] Samsung, What is Flash?, <http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/Flash/FlashStructure.htm>, 2006
- [4] Samsung, What is Hybrid HDD?, http://www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/whitepapers/WhitePaper_12.htm, 2007
- [5] Sang Lyul Min; Eyee Hyun Nam, Current trends in flash memory technology; Design Automation, Asia and South Pacific Conference, pp. 332-333, Jan. 24-27 2006.
- [6] Taeho Kgil and Trevor Mudge, FlashCache: A NAND Flash Memory File Cache for Low Power Web Servers, CASES'06, Seoul, Korea. pp. 103-112, October 23.25 2006

기존에 제안된 플래시 캐시나 직렬형 하이브리드 저장 시스템은 소용량의 플래시 메모리를 사용하여 캐싱에 중점을 둔 개선된 캐싱 시스템에 가깝다. 하지만, 최근 삼성에서 플래시 메모리는 32기가 낸드 플래시가 출시되었고, 이 낸드 플래시를 16개를 모아 구성하면 64기가 플래시 저장 장치 구성이 가능하다. 64기가 저장 용량은 일반 노트북 시스템의 하드 디스크의 기본 용량으로 충분하다. 다만 비용상의 문제가 아직 존재하고 있으므로, 8기가나 16기가 기본 저장 시스템을 구성하고, 나머지 필요용량은 하드 디스크로 보충하여 쓰자는 것이 제안 구조의 차별점이다.

이 병렬형 하이브리드 구조는 하드 디스크와 플래시 메모리 어레이가 하이브리드 제어기 아래에 병렬로 연결되어 있는 구조이다. 하이브리드 제어기에는 SRAM이 장착되어 접근 속도를 가속시키며, 호스트 인터페이스 모듈로서 CPU, RAM 등과 함께 고속 시스템 버스에 연결된다. 기존의 하드 디스크의 성능 보환을 위하여 플래시 메모리를 이용하는 것이 아니라, 플래시 메모리를 중심으로 운영하고 부족분을 하드 디스크로 보충하는 구조이다. 데이터의 일부는 플래시 메모리에 나머지는 하드 디스크에 저장될 수 있는 병렬 저장이 가능한 구조이다.

병렬형 하이브리드 저장 구조는 플래시 메모리가 중심이 되고, 하드 디스크가 대등하게 협력하여 성능과 효율성을 높이는 것이 목적이다. 따라서 기존의 캐싱 기반의 기본 저장 기법과 더불어 다음과 같은 특성을 고려한 상황-인지형 데이터 저장 기법으로 개선할 필요가 있다.

- 시스템의 전력 상황을 고려한다. 즉, 노트북이 절전 모드일 경우는 전력 소모가 월등히 적은 플래시 메모리로 저장 연산을 수행한다. 전원이 연결된 경우는 하드 디스크를 우선 사용한다.
- 저장된 데이터의 핫-콜드 특성을 고려한다. 즉, 데이터가 쓰기가 너무 빈번한 경우는 하드 디스크로 저장하고, 읽기가 빈번한 데이터는 플래시로 저장하여 플래시 메모리의 수명을 늘리고, 접근 속도도 높인다.
- 저장시 데이터의 콘텐츠 특성을 고려한다. 즉, 파일의 확장자등을 통하여 멀티미디어 데이터인 경우, 초기 응답 속도 증가를 위하여, 데이터 앞부분은 플래시 메모리에 저장하고, 나머지는 하드 디스크에 저장한다. 플래시 메모리의 데이터가 먼저 리얼타임으로 재생되는 동안 하드 디스크의 내용이 버퍼링가능하다.
- 플래시 메모리 연산 부하를 고려한다. 즉, 플래시 메모리가 가비지 콜렉션이나, 과도한 소거 연산에 걸려 있으면, 일단 하드 디스크로 저장하여 지연 시간을 최소화한다. 데이터 특성에 따라서 나중에 재배치한다.
- 병렬 저장성을 최대한 활용한다. 저장 속도 개선을 위하여 디렉터리와 인덱스, 개별 파일의 메타정보는 플래시 메모리에 저장하고, 내용에 해당되는 본래 데이터는 하드 디스크에 동시에 저장한다. 이는 기존 RAID 저장 시스템의 스트라이핑 효과와 유사하다.
- 페이지 크기를 고려한다. 페이지 크기가 작은 경우는 플래시 메모리로, 큰 경우는 하드 디스크로 분산하여 프래그멘테이션을 최소화하여 저장효율을 높인다.
- 데이터의 컨텐션 부하를 고려한다. 특정 데이터에 대하여 빈번히 읽기와 쓰기 연산이 발생한다면, 이 데이터의 메타 데이터는 하드 디스크에서 플래시 메모리로 이동하는 것이 시스템 성능 향상에 도움이 된다. 이유는 플래시 메모리는 하드 디스크에 비하여 접근 속도가 월등히 빠르므로 해당 데이터에 대한 읽기 및 쓰기에 대한 로킹 시간이 감소하게 되기 때문이다. 따라서 데이터 로킹과 접근에 따른 지연시간을 감소시켜서 과도한 성능 저하를 방지할 수 있다.

3. 결 론

기존의 대표적 저장 장치인 하드 디스크와 최근 휴대용 고속 데이터 저장 장치로 많이 사용되는 플래시 메모리를 융합한 하이브리드 스토리지 가 크게 성장하고 있다. 본 연구에서는 하드 디스크 및 플래시 메모리 기반 데이터 저장 시스템을 분석하고, 병렬형 하이브리드 저장 시스템 구조를 제시하였다.

또한, 하이브리드 데이터 저장 연산 수행을 효과적으로 지원할 수 있도록 전력상황, 핫-콜드 특성, 콘텐츠 특성, 연산부하, 페이지 크기, 컨텐션 부하 등 두 매체 간의 특성을 활용한 상황-인지 기반의 파일 저장 기법을 제안하였다.