

Hybrid 스토리지 관리 장치의 기술동향과 성능 분석

이성진^o, 원유집

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

insight@hanyang.ac.kr, yjwon@hanyang.ac.kr

Trend and Performance Analysis of Hybrid Storage Managers

Seongjin Lee^o, Youjip Won

Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

요 약

고성능, 저전력의 장점을 갖고 있는 SSD (Solid State Drive)의 장점과 높은 저장 공간의 단위 가격이라는 문제를 해결하고자 고용량의 하드디스크와 SSD를 RAID 또는 단일 스토리지 장치로 구성하여 문제를 극복하고자 하는 연구와 제품들이 등장하고 있다. 현재 시장에 나와 있는 Hybrid 스토리지 관리장치의 기술 동향을 분석하고 각 장치들을 사용하여 얻는 성능적 이득을 비교한다.

1. 서 론

최근 플래쉬 메모리의 가격이 많이 내려간 것은 사실이나 HDD와 비교했을 때는 아직도 단위 저장 공간당 가격이 높은 것은 사실이다 [1]. 낸드 플래쉬 메모리의 가격이 더 하락하거나 한 셀의 신뢰성을 유지하면서 더 많은 비트를 저장하는 기술이 개발되기까지는 추가적 연구가 더 진행되어 한다. 최근 두 장치의 성능의 차이를 극복하고 각 장치의 장점을 활용하여 더 나은 성능 제공하고자 여러 기술과 제품들이 등장하였다. Hybrid 스토리지 관리 장치는 하드웨어적으로 HDD와 SSD를 RAID 1로 구성하여 HDD의 특정 영역으로 SSD로 미러링하여 더 빠른 입출력 속도를 보장한다. 소프트웨어적으로 Hybrid 스토리지 장치를 관리하는 경우는 파일시스템과 저장장치 사이에 하나의 레이어를 추가로 두고 운영체제와 파일 시스템의 입출력 명령을 가로채어 성능과 필요에 따라 SSD 또는 HDD로 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.

소프트웨어로 Hybrid 스토리지를 구성할 수 있도록 도와 주는 대표적인 상용 장치는 Nvelo의 Dataplex [2]가 있고 학계에서는 HYSTOR [3]가 있다. 하드웨어적으로는 추가적인 인터페이스 없이 마더보드에서 HDD와 SSD를 RAID로 엮을 수 있도록 도와주는 Intel의 Z68 [4]이 있고, 추가적인 인터페이스 카드를 사용하여 RAID를 구성하는 HyperDuo [5]와 HDDBoost [6]가 있고 학계에서는 Combo Drive [7]가 있다. 본 연구에서는 각 장치들을 통해 기술적 동향으로 분석하고 성능을 비교한다.

2. 소프트웨어 Hybrid 스토리지 관리 장치

소프트웨어적으로 HDD와 SSD를 하나의 단일 저장로 인식하게 만들기 위해서는 운영체제 또는 파일시스템 차원의 지원이 필요하다. 리눅스와 같은 경우 운영체제 및 파일시스템의 소스코드가 공개 되어 변경이 어느 정도 가능하지만, 많은 상용 운영체제의 경우는 그 변경이 불가능하다. 이러한 제약 사항을 우회하기 위해서 소프트웨어적으로 취할 수 있는 방법은 삽입 할 수 있는 경우 파일시스템 내부에 입출력 명령을 가로챌 수 있도록 변경하거나 파일시스템과 디바이스 드라이버 사이에 레이어를 추가하는 방법이 있다.

HYSTOR [3]의 경우 파일시스템을 변경하여 파일시스템의 측면정보도 같이 활용하도록 구현을 하였다. 파일시스템을 변경을 하여 구현을 하였기 때문에 특정 몇 파일시스템에 한하여 동작을 한다는 단점이 존재한다. 반면에 Dataplex [2]의 경우 파일 시스템과 디바이스 드라이버 사이에 레이어를 추가하여 동작을 하기 때문에 시스템에 종속적이지 않다. Dataplex의 경우 사용자가 사용하는 응용 프로그램들에서 요청되는 입출력 패턴들을 분석한다. 분석을 통해서 얻어 내는 주요 정보는 빈도수와 최근에 사용된 정도이다.

3. 하드웨어 Hybrid 스토리지 관리 장치

하드웨어적으로 HDD와 SSD를 하나의 단일 저장장치로 인식하게 위해 사용되는 방법은 두 가지 접근 방법이 있다. 한가지 방법은 인터페이스 장치 하나가 두 개의 상이한 스토리지 장치를 연결하고 그 장치가 디바이스 드라이버 단을 통해서 입력 되는 모든 입출력 명령을 관리하는 것이다. 또 다른 방법은 마더보드 단에서 SSD와 HDD를 단일 디바이스로 인식하도록 하는 방법이다.

Marvell 사의 HyperDuo는 88SE9130 칩을 통해서 PCIe 2.0으로 마더 보드와 연결을 하고 HDD와 SSD를 SATA 인터페이스를 통해서 연결을 하는 구조를 갖고 있다. 한 장치에 SATA를 두 개를 연결할 수 있도록 하는 포트 멀티플라이어를 통해서 HDD와 SSD는 HyperDuo에 6.0 Gb/s의 속도로 연결이 되어 두 장치간에 RAID 0/1 로 연결하였을 때 빠른 속도로 전송을 할 수 있도록 하였다. 하지만 마더 보드와 연결은 5.0 Gb/s 의 속도로 연결이 되어 앞으로 SSD의 속도가 더 높아지는 경우 성능의 병목이 될 수 있는 여지를 갖고 있다.

두 장치는 RAID 0 또는 1로 연결이 될 수 있도록 하드웨어적으로 지원을 한다. 하지만 실제로 HyperDuo를 사용한 성능향상을 위해서는 HDD와 SSD를 RAID 1으로 연결을 해야 하며, 미러링을 했을 때 단일 디스크로 보이고 성능향상을 위해서 두 상이한 제품의 각 장점을 끌어낼 수가 있다. 미러링을 이용하는 것은 HyperDuo, HDDBoost, 그리고 Z68 모두가 같다. RAID 컨트롤러 기술을 변경하여 어떻게 더 빠르게 연산을 하도록 했는가와 소프트웨어적인 추가 연산의 지원을 더 받느냐가 성능의 차이를 보이는 요소가 된다. HyperDuo의 경우 자주 접근되는 파일들을 Pinning 이라는 기법으로 SSD에 이동시킨다. Pinning 기법은 SSD의 데이터가 저장된 섹터 공간을 말하며 그 공간은 HDD에서 자주 접근이 된 LBA 영역의 데이터를 저장한다. MRU 방식의 자료구조를 두어 HDD에서 최근에 접근된 데이터와 자주 접근된 정도를 파악한다. 이때 파일 단위로 데이터를 가져오는 것은 아니며 LBA 단위로 데이터를 읽어와서 SSD에 저장한다. LBA 단위로 읽어오는 이유는 추가적인 소프트웨어의 지원 없이는 파일 정보를 디바이스 단에서 알기는 어렵기 때문이다. HyperDuo와 같은 방식을 HDDBoost에서도 채택을 하고 있다. Combo Drive [7]의 경우 윈도우 운영체제에서 동작을 하는데 하드웨어적인 지원과 함께 필터드라이브를 이용하여 응용프로그램이 사용하는 파일의 확장자를 추가적으로 활용하여 우선순위를 두어 SSD에 이동할 파일들을 정한다.

4. 성능 평가

HyperDuo와 SSDBoost의 성능을 비교하기 위해서 사용된 환경은 다음과 같다. Gigabyte Z68X-UD3H-B3 마더 보드에 Intel i5-2500 3.3Ghz 그리고 DDR3 1333MHz 4G 를 사용하였다. HDD는 WD SD10EALX 를 SSD는 OCZ Solid3 60G를 사용하였다. 운영체제는 Win7 32bit Home premium 영문판을 사용하였다. 제품의 성능을 측정하기 위해 PCMark Vantage 1.0.2를 사용하였다. HyperDuo는 Highpoint의 RocketRAID 62X로 Safe mode를 사용하였고 HDDBoost는 Rev-1.0.2를 사용하였다.

1차적인 성능은 PCMark Vantage를 사용하여

직접적인 성능을 비교할 수 있다. 하지만 벤치마크가 제공하는 성능 수치만으로는 Hybrid 스토리지 관리 장치를 사용하는 비용 대비 이득을 제대로 평가 할 수 없다. 비용 대비 성능을 반영하기 위한 환경은 동일하다고 가정하고 PCMark Vantage의 성능 수치를 추가적으로 사용된 SSD와 Hybrid 스토리지 관리 장치의 비용의 합으로 나누어 Perf_{gain}을 나타내었다. Figure 1를 보면 HperDuo가 HDDBoost보다 Perf_{gain} 이 약 10점 정도 더 좋은 것을 알 수가 있다. 두 장치간의 성능은 1%내의 차이를 보였지만 가격에 있어 HyperDuo가 우위를 갖고 있어 더 높은 성능을 보인다.

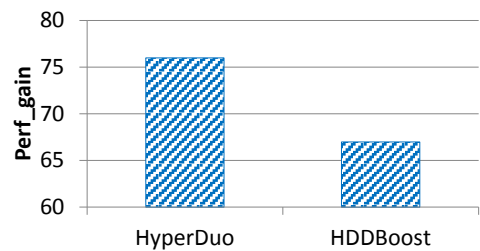


Figure 1 Hybrid 스토리지의 Perf_{gain}

5. 결론

본 연구에서는 Hybrid 스토리지 관리 기술의 동향을 분석하고 HyperDuo와 HDDBoost의 성능을 비교하였다. 벤치마크의 성능을 직접 비교하는 것은 성능과 비용 관계를 표현하지 못하기 때문에 비용에 대한 지표를 추가한 식을 제안하였다. Perf_{gain} 을 비교했을 때 HyperDuo가 HDDBoost 보다 10점 정도 더 좋은 성능을 보였다.

6. Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음 [No. 10035202, 대용량 MLC SSD 핵심기술 개발]

참고 문헌

- [1] D. Reinsel and J. Janukowicz, "Datacenter SSDs: Solid footing for growth," ed: IDC Corporation, Tech. Rep, 2008.
- [2] NVelo. (2010). Available: <http://www.nvelo.com/>
- [3] F. Chen, D. A. Koufaty, and X. Zhang, "Hystor: making the best use of solid state drives in high performance storage systems," presented at the Proceedings of the international conference on Supercomputing, Tucson, Arizona, USA, 2011.
- [4] Intel. Technical Brief: Intel Smart Response Technology. Available: www.intel.com
- [5] Marvell. (2011). Marvell HyperDuo for 6Gb/s SATA Controllers: Automated SSD/HDD Tiering: 80% SSD Performance at 1/3 the Cost. Available:
- [6] SilverStone. HDDBOOST Manual. Available: <http://www.silverstonetek.com.tw>
- [7] H. Payer, M. Sanvido, Z. Z. Bandic, and C. M. Kirsch, "Combo drive: Optimizing cost and performance in a heterogeneous storage device," in *WISH 2009 The First Workshop on Integrating Solid-state Memory into the Storage Hierarchy* Hamilton Crowne Plaza, Washington DC, USA 2009, pp. 1-8.