SSD 시뮬레이터를 이용한 SSD 작업 성능 비교 및 분석[1)]

하병민*, 조현진*, 신동군*, 엄영익*
*성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:{chaosken, hjcho, yieom}@ece.skku.ac.kr,
dongkun@skku.edu

Performance Evaluation and Analysis of SSD using SSD Simulator

Byungmin Ha*, Hyunjin Cho*, Dongkun Shin*, Young Ik Eom*
*School of Information and Communication Engineering,
Sungkyunkwan University

요 약

최근 SSD는 빠른 속도와 저전력, 무소음 등의 장점으로 하드디스크를 빠르게 대체하고 있다. 그러나 아직 SSD의 내부 동작 알고리즘이 공개된 바 없으며 SSD의 내부 동작에 대한 설명도 부족하다. 이에 본 논문에서는 실제 SSD에 상반된 패턴을 갖는 작업 부하를 이용하여 성능을 측정하고, SSD 시뮬레이터를 이용하여 측정된 결과를 분석한다.

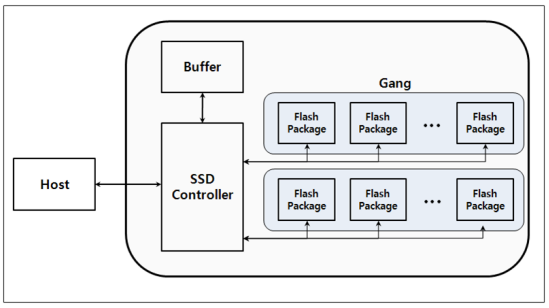
1. 서론

최근 플래시 메모리는 저전력, 고성능, 고신뢰성 등의 특징으로 광범위하게 사용되고 있다. 대부분의 모바일 장치는 저장 매체로 플래시 메모리를 사용하고 있으며, 플래시 메모리를 이용한 SSD(Solid State Disk)는 하드디스크를 대체할 것으로 기대되고 있다[1]. 그러나 SSD는 하드디스크와는 전혀 다른 물리적 특성을 가지고 있고, 이러한 특성 때문에 성능을 최적화 시키는 방법도 하드디스크와는 다르다. 특히 하드디스크는 탐구시간 (Seek Time)을 최소화 하는데 주력하는 반면, SSD는 SSD가 가진 병렬성(Parallelism)을 최대화 하는데 주력하고 있다[2]. 본 논문에서는 실제 SSD를 이용하여 임의 및 순차 작업에서의 성능을 측정하고 SSD Simulator를 이용하여 성능차이를 분석한다.

2. 관련연구

2.1 SSD 의 구조

그림 1에서 SSD의 전체 구조를 보인다. SSD 컨트롤러에 내부 버퍼와 플래시 메모리가 연결되어 있으며, 컨트롤러를 통해 호스트와 통신한다. 또한 대역폭이 낮은 플래시 메모리의 약점을 극복하기 위해 여러개의 플래시 메모리를 묶어 갱(Gang)을 구성한다[2]. 각 갱은 고유의 플래시 컨트롤러와 연결되어 있으며, 서로 다른 갱과는 독립적으로 동작할 수 있다.

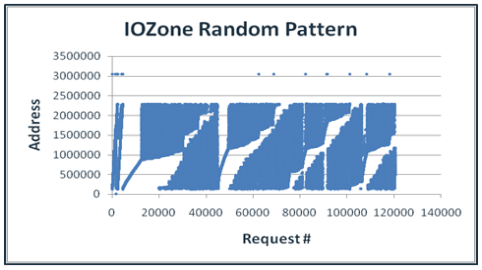


(그림 1) SSD의 구조

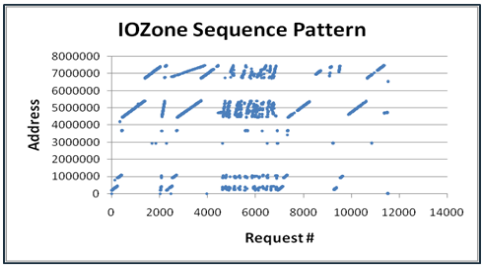
2.2 SSD 의 병렬성

SSD의 병렬성은 총 2가지로 이루어져 있다. 첫째로 갱 레벨의 병렬성이다. SSD에 포함된 갱들은 독립적으로 작업을 수행할 수 있으므로 갱의 수가 높을수록 병렬성이 높아진다. 예를 들어 40MB/s의 플래시 메모리를 이용하여 갱을 구성하고, 3개의 갱이 있다면 SSD의 대역폭은 120MB/s 가 된다. 둘째로 갱에 포함된 플래시 메모리의 인터리빙이다. 갱에 포함된 플래시 메모리는 제어 신호를 공유하므로 독립적으로 동작할 수 없다. 때문에 모든 플래시 메모리를 같은 작업을 하도록 하여 유휴 플래시 메모리를 줄이는 것이 인터리빙이다[3]. 그러나 일반적인 SSD는 갱 내의 플래시 메모리를 동기화 시켜 슈퍼페이지를 구성한다. 슈퍼페이지를 구성하면 갱 내의 플래시 메모리는 단일 칩으로 인식된다[2]. 이 방법은 인터리빙을 극대화 하여 슈퍼페이지보다 큰 크기의 작업에는 좋은 성능을 보인다. 반면 슈퍼페이지보다 적은 크기의 작업을 처리하기 위해서는 슈퍼페이지를 구성하는 오버헤드가 발생하여 성능이 나빠지게 된다.

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2009-(C1090-0902-0046))



(a) 임의작업



(b) 순차작업

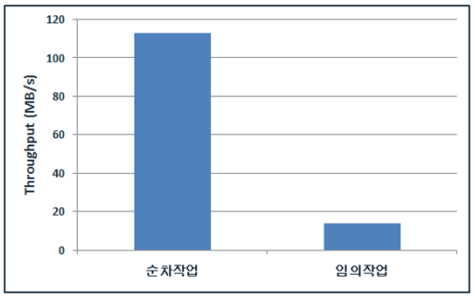
(그림 2) 각 작업부하의 디스크 접근 패턴

3. 실험 환경

실험에 사용한 SSD 는 OCZ 사의 Vertex series 30GB 제품을 사용하였고, 벤치마크 프로그램으로는 IOZone을 이용하였다. SSD 성능 분석을 위해 사용한 시뮬레이터는 Disksim-SSDmodel을 이용하였다[4]. 본 논문에서는 SSD model을 수정하여 SSD 내부 동작을 측정하였다. 실험에 사용된 작업 부하는 순차작업, 임의작업 두 가지이며 모두 쓰기 작업을 요청한다. 각 작업부하의 디스크 접근 패턴은 그림 2와 같다.

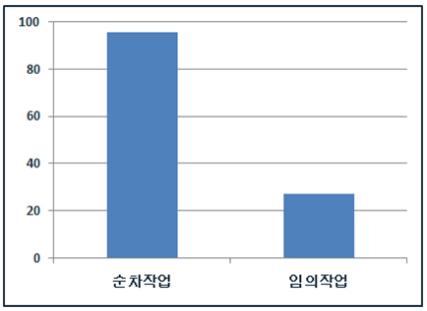
4. 실험 결과

SSD에서 벤치마크를 수행한 결과 그림 3과 같이 순차 작업에서 113MB/s, 임의 작업에서 15MB/s 의 성능을 보였다. 순차 작업은 최고치에 근접한 성능을 보이지만 임의 작업은 최고성능의 약 10%에 불과한 낮은 성능을 보였다.

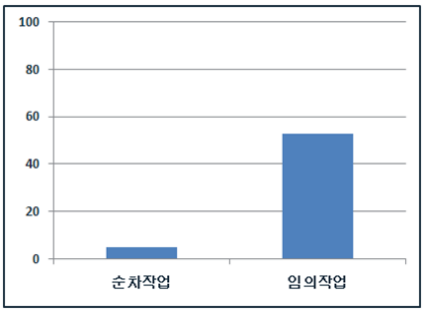


(그림 3) 작업 부하별 처리량

이러한 차이를 분석하기 위해 Disksim-SSDmodel에 동일한 작업 부하를 이용하여 실험하였다. 실험에 사용된 SSD 시뮬레이터는 4개의 갱을 가지고 있으며, 슈퍼페이지 방식으로 동작하도록 설정하였다. 시뮬레이터를 이용한 실험 결과는 실제 SSD 결과와 동일하였다. 그림 4에서 시뮬레이터의 결과를 분석한다. 그림 4-(a)는 SSD가 가진 갱이 얼마나 효율적으로 사용되었는지를 나타내고, 그림 4-(b)는 전체 작업을 처리함에 있어 슈퍼페이지를 구성하기 위한 오버헤드가 발생한 비율을 뜻한다. 먼저 활용도를



(a) 활용도



(b) 오버헤드

(그림 4) SSD 시뮬레이터 결과

살펴보면 순차 작업에서는 100%에 가깝다. 이는 SSD 내의 모든 갱이 항상 작업을 하고 있다는 것이다. 그러나 임의 작업에서는 활용도가 27%에 불과하여 평균 한 개의 갱만이 작업에 사용되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 오버헤드를 살펴보면 순차 작업을 수행할 때는 오버헤드가 발생한 비율이 5%밖에 안 되지만 임의 작업에서는 52%로 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 순차 작업은 SSD의 병렬성을 최대한 활용하면서 오버헤드역시 낮기 때문에 최고에 근접한 성능을 보이고, 임의 작업은 병렬성을 잘 활용하지 못하고, 오버헤드가 높기 때문에 성능이 낮은 것으로 분석 되었다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 작업 부하별 SSD의 성능을 측정하였으며 성능의 분석을 위해 SSD 시뮬레이터를 이용하여 SSD 내부 동작을 분석하였다. SSD는 임의 작업보다는 순차 작업에서 좋은 성능이 나오며 그 이유는 순차 작업이 SSD의 병렬성을 효과적으로 활용할 수 있고 임의 작업을 처리할 때 오버헤드가 크기 때문이다.

참고문헌

[1] Todd Dinkelman, "SSDs A Shift in Data Storage," Flash Memory Summit, 2008.

[2] 배영현, "고성능 플래시 메모리 SSD(Solid State Disk) 설계 기술.", 정보과학회 논문지, Vol. 25, No. 6, pp. 18-28, 2007.

[3] Nitin Agrawal, Vijayan Prabhakaran, Ted Wobber, John D. Davis, Mark Manasse and Rina Panigrahy, "Design Tradeoffs for SSD Performance.", Usenix Annual Technical Conference, 2008.

[4] Disksim, http://www.pdl.cmu.edu/DiskSim/.