

플래시 메모리 기반 SSD에서의 하드웨어 가속기를 사용한 De-duplication 기법

김 태진, *김지홍
서울대학교 컴퓨터공학부
e-mail : taejin1999@davinci.snu.ac.kr, jihong@davinci.snu.ac.kr

A De-duplication Technique Using Hardware Accelerator for Flash Memory-based SSD

Taejin Kim, *Jihong Kim
School of Computer Science and Engineering
Seoul National University

Abstract

Recently, a data de-duplication technique is introduced to relieve the limited lifetime problem of SSDs which is getting worse by the flash chip scales down. The overhead, however, from the technique can be an issue since it needs to calculate a hash value for every incoming write request.

In this paper, we suggest to exploit the hardware accelerator in improving the de-duplication technique. Experiment result shows that the improved technique increases the lifetime of SSDs as well as the existing technique with almost no time overhead.

I. 서론

낸드 플래시 메모리 기반의 솔리드 스테이트 디스크 (이하 SSD)는 비휘발성, 빠른 성능, 내구성, 저전력 등의 장점을 바탕으로 서버에서부터 모바일 임베디드 시스템에 이르기 까지 다양한 시스템의 보조기억장치로써 사용되고 있다.

* 본 논문은 BK21사업에 의하여 지원되었으며, 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 (No. 20110020426, R33-2011-000-10095-0) 지원을 받아 수행되었습니다.

최근 SSD의 가격 경쟁력을 높이기 위한 노력으로 2 비트 이상의 정보를 하나의 메모리 셀에 저장하는 Multi-Level Cell (MLC) 기술이 보편화 되고 반도체 집적도가 미세화 되는 추세이다. 이러한 추세는 낸드 플래시 칩의 블록 당 허용되는 삭제 수를 낮추게 되어 이미 문제가 되고 있던 제한된 SSD의 수명 문제를 더욱 악화시킨다.[1]

본 논문에서는 SSD의 수명 문제에 대한 방안으로써 실제로 기록되는 데이터의 양을 줄이는 De-duplication 기법[2]을 개선한 기법을 제안한다. 기법의 구성요소 중에서 가장 시간이 오래 걸리는 Hashing 작업을 하드웨어 가속기를 이용하여 수행함으로써, 동일한 수명 연장 효과를 얻으면서도 기법 적용에 따른 부하를 효과적으로 개선할 수 있다.

II. 본론

2.1 De-duplication 기법

그림 1은 De-duplication 기법의 구조를 나타낸다. De-duplication 기법은 쓰기 요청된 데이터를 Hash 함수로 계산한 결과값과 해당 데이터가 실제로 쓰여진 위치를 Dedup Table에 유지한다. 다른 쓰기 요청이 발생하면 역시 Hash 함수로 계산한 결과 값이 Dedup Table에 있는지를 탐색하여 존재하면 Mapping Table에 그 위치만을 유지하고, 존재하지 않을 때만 플래시

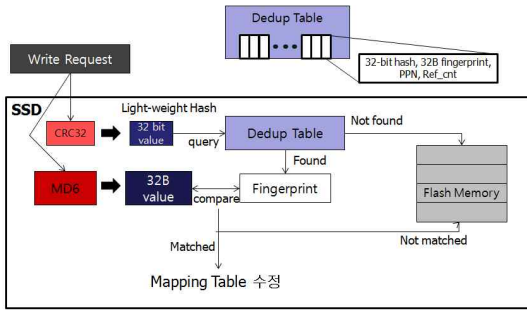


그림 1 De-duplication 기법의 구조

메모리에 기록한다. 중복되지 않은 데이터만을 기록하므로 SSD에 쓰여지는 데이터의 양을 효과적으로 줄이는 기법이다. 하지만 모든 쓰기 요청에 대해서 Hash 값을 계산해야 하므로 큰 성능 상의 부하가 예상되고 그 정도는 다음과 같다.

2.2 연구의 동기

이 논문에서는 암호화 해시함수의 하나인 MD6 함수를 Hash 함수로 사용한다. 그림 2는 쓰기 요청된 데이터에 대해 MD6 함수를 사용했을 때의 평균적인 시간적 부하를 나타낸다. 일반적으로 SSD에 사용된다고 알려져 있는 ARM Cortex R4 controller[3]에서 Hash 함수를 수행한다고 할 때, 약 40us의 시간이 걸리며 이는 쓰기 데이터 처리시간을 약 9배 증가시키는 결과를 초래한다.

2.3 하드웨어 가속기의 이용

본 논문에서는 위에서 분석한 대로 De-duplication 기법에서 대부분의 시간을 차지하는 Hash 함수의 시간적 부하를 줄이는 기법으로써, Hash 함수 수행을 전담하는 하드웨어 가속기를 도입하는 기법을 제안한다. MD6 알고리즘을 하드웨어 모듈로 구현하는데 Bluespec[4] 이라는 언어를 사용하였으며, 구현된 모듈은 4KB 데이터를 계산하는데 약 200MHz에서 약 178 cycle이 소요된다. 이 모듈은 그림1의 Software MD6 부분을 대체하게 된다.

III. 실험 및 평가

실험에 사용된 시스템으로 본 연구실에서 구현한 SSD prototype인 BlueSSD[5]를 개선한 버전인 BlueSSD 2.0을 사용하였다. 그림 3은 De-duplication 기법을 적용하지 않았을 때, Software Hashing을 사용했을 때 및 Hardware Hashing을 사용했을 때의 SSD에 쓰여진 데이터 량과 쓰기 요청당 처리 시간을 나타낸다. 그림에서도 알 수 있듯이 Hardware Hashing 기법은 De-duplication 기법을 적용하기 전과 비슷한 수

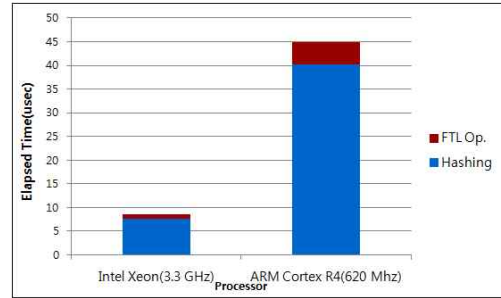


그림 2 Hash 연산의 시간적 부하

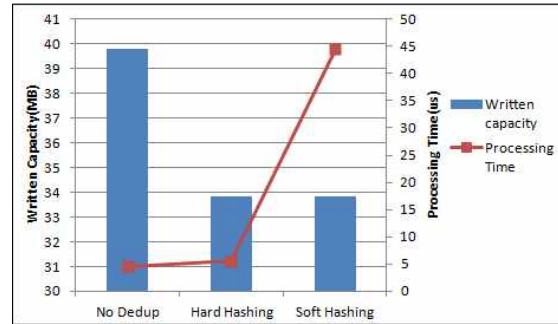


그림 3 기법별 쓰여진 데이터량 및 수행시간

준의 처리 성능을 보이면서도 동시에 Software Hashing 기법과 같은 수준의 쓰여진 데이터의 감소량을 보인다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 SSD의 수명 향상을 위해 적용되는 De-duplication 기법의 부하를 효율적으로 제거하기 위해서 하드웨어 가속기를 이용하는 기법을 제안하였다. 향후 SSD의 수명을 향상시키는 또 다른 기법인 압축 기법과의 통합을 통하여 수명 연장의 정도를 향상시키는 연구를 계획하고 있다.

참고문헌

- [1] <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20090528/170920/>
- [2] Fen Chen et al. "CAFTL: a content-aware flash translation layer enhancing the lifespan of flash memory based solid state drives", Proceedings of 9th USENIX Conference on File and Storage Technologies, 2011.
- [3] <http://www.arm.com/products/processors/cortex-r/cortex-r4.php>
- [4] www.bluespec.com
- [5] Sungjin Lee et al. "BlueSSD: An Open Platform for Cross-layer Experiments for NAND Flash-based SSDs", International Workshop on Architectural Research Prototyping, 2010