

비휘발성 메모리 환경에서 블록 생성 번호를 활용한 동적 마모도

평준화 기법

황상호⁰, 곽종욱^{*}

⁰영남대학교 컴퓨터공학과

e-mail: snailcom@ynu.ac.kr⁰, kwak@yu.ac.kr^{*}

Dynamic Wear Leveling Technique using Block Sequence Number in Non-volatile Memory

Sang-Ho Hwang⁰, Jong Wook Kwak^{*}

⁰Dept. of Computer Engineering, Yeungnam University

● 요약 ●

본 논문에서는 블록 생성 번호를 활용한 동적 마모도 평준화 기법을 제안한다. 지금까지 제안된 동적 마모도 평준화 기법들은 콜드 블록을 판별하기 위해 경과 시간을 사용하고 있다. 하지만 저장장치의 데이터 접근은 일정한 시간 간격으로 이루어지는 것이 아니기 때문에 이와 같은 경과 시간을 사용하는 방식은 데이터에 대한 블록 접근 정보가 왜곡될 수 있는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해, 본 논문에서 제안하는 기법은 블록을 할당할 때 블록 순차 번호를 테이블에 저장하고 이를 이용하여 블록의 접근 빈도를 판별한다. 실험에서 제안하는 기법은 기존의 CB, CAT 기법과 비교하여 최대 11% 수명이 향상됨을 확인하였다.

키워드: 비휘발성 메모리(Non-volatile Memory), 가비지 컬렉션(Garbage Collection), 마모도 평준화(Wear Leveling), 낸드 플래시 메모리(NAND Flash memory)

I. Introduction

최근 들어 낸드 플래시 메모리가 고성능 컴퓨팅을 위한 저장매체로서 채택되는 경향이 늘어나고 있다. 낸드 플래시는 저전력, 내충격성, 빠른 랜덤 접근 시간 등에 큰 장점이 있지만, 기존의 하드디스크와는 다른 특성을 가지고 있다. 낸드 플래시 메모리는 덮어쓰기가 불가능한 특징이 있다. 이를 해결하기 위해 데이터 덮어쓰기가 발생할 때 기존의 데이터는 무효화시키고 빈 페이지에 새로운 데이터를 쓰는 정책을 사용하고 있다. 이로 인하여 낸드 플래시 시스템에는 많은 무효화 페이지가 생성된다. 무효화된 페이지들은 가비지 컬렉션(Garbage Collection)에 의해 데이터가 저장될 수 있는 빈 공간으로 만들어진다.

또한 낸드 플래시 메모리는 P/E(Program/Erase) 횟수에 제한이 있다. 따라서 낸드 플래시 메모리 시스템은 블록들을 골고루 사용하기 위해 마모도 평준화(Wear Leveling) 기법을 사용한다[1]. 지금까지 낸드 플래시 메모리의 수명을 증가시키기 위하여 CB(Cost Benefit), CAT(Cost Age Time), FeGC(Fast and Endurant Garbage Collection)와 같은 기법들이 제안되었다[2-4].

본 논문에서는 블록 생성 번호를 활용한 동적 마모도 평준화 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 기존의 동적 마모도 평준화 기법과 다르게 블록 생성 번호를 사용하여 콜드 블록을 보다 더 효과적으로 구별하고 있다.

II. Preliminaries

낸드 플래시 메모리의 수명을 연장시키기 위한 마모도 평준화 기법들이 많이 제안되었다. 마모도 평준화 기법은 마모도 평준화를 수행하는 범위에 따라 정적 마모도 평준화 기법과 동적 마모도 기법으로 구별된다. 정적 마모도 평준화 기법은 전체 블록을 대상으로 마모도 평준화를 수행한다. 정적 마모도 평준화 기법은 업데이트가 거의 이루어지지 않는 OS 파일 또는 대용량의 동영상 파일이 저장된 콜드 블록(Cold Block)들도 마모도 평준화를 수행하여 동적 마모도 기법에 비해 수명이 긴 장점이 있지만 콜드 데이터 이주에 따른 오버헤드가 많다.

반면 동적 마모도 평준화 기법은 업데이트가 빈번히 이루어지는 핫 블록(Hot Block)들을 대상으로 마모도 평준화를 수행한다. 핫 블록에는 유효페이지의 수가 콜드 블록에 비해 상대적으로 적기 때문에, 동적 마모도 평준화 기법은 페이지 이주에 따른 오버헤드가 적은 장점이 있다. 대표적인 동적 마모도 평준화 기법에는 CB (Cost Benefit), CAT(Cost Age Time), FeGC (Fast and Endurant Garbage Collection) 등이 있다. 이러한 동적 마모도 평준화 기법들은 콜드 정도를 판별하기 위해 공통적으로 경과 시간을 사용하고 있다. 하지만 저장장치의 데이터 접근은 일정한 시간 간격으로 이루어지는 것이 아니기 때문에 경과 시간을 사용하는 것은 데이터에 대한 콜드

정도가 왜곡될 수 있는 단점이 있다. 이에 따라 지금까지 제안된 동적 마모도 평준화 기법은 실험에 사용되는 데이터의 평균 접근 시간 간격에 따라 성능이 일정하지 않는 단점이 있다.

본 논문에서는 콜드 블록의 정도를 판별하기 위해 블록 순차 번호(Block Sequence Number)를 활용하는 동적 마모도 평준화 기법을 제안한다.

III. The Proposed Scheme

본 논문에서 제안하는 동적 마모도 평준화 기법은 콜드 블록의 판별을 위해 블록 순차 번호를 사용한다. 이를 위해 각각의 블록에 사상되는 BSNT(Block Sequence Number Table)을 사용한다. BSNT는 BSN(Block Sequence Number Generator)에 의해 생성된 블록의 할당 일련번호가 저장된다. 블록 일련번호는 블록이 할당될 때마다 1씩 증가되며 콜드 데이터를 구별하기 위해 사용된다. 데이터 저장을 위해 할당되는 블록에는 빈 블록들 중에 가장 마모도가 적은 블록이 우선적으로 할당된다.

동적 마모도 평준화 기법은 가비지 컬렉션(Garbage Collection)에서 수행되며, 가비지 컬렉션에서 낸드 플래시의 수명을 증가시키고 오버헤드를 감소시키기 위해 아래 식 (1)의 블록 평가 값 $value_i$ 가 가장 큰 블록을 희생블록으로 선정한다.

$$value_i = (BSN_{present} - BSN_i) \times \left(\frac{InvalidPage_i}{Page_{total}}\right)^2 \quad (1)$$

식 (1)에서 i 는 블록의 번호이며, $BSN_{present}$ 는 할당된 BSN중에 가장 최근에 할당된 블록 순차 번호를 의미하고 BSN_i 는 현재 블록의 블록 순차 번호를 의미한다. $Page_{total}$ 은 블록내의 전체 페이지 수를 의미하고 $InvalidPage_i$ 는 블록 i 의 무효 페이지 수를 의미한다. 희생 블록내에 유효 페이지가 많은 경우에는 페이지 이주에 따른 오버헤드가 증가한다. 따라서 제한하는 기법에서는 $(InvalidPage_i/ Page_{total})^2$ 을 통하여 무효 페이지의 비율에 더 큰 가중치를 부여하여 유효 페이지 이주에 따른 오버헤드를 줄이고 있다.

IV. Performance Evaluation

마이크로소프트사에서 개발한 SSD Extension for DiskSim 시뮬레이터를 활용하여 본 논문에서 제안한 기법의 성능을 평가하였다 [5]. 표 1은 본 논문에서 사용한 실험 환경을 보여주고 있다.

Table 1. Experimental environment

Chip	1 chip
Page Size	8192 + 640(Spare)byte
Block Size	2M + 160Kbyte, 256pages
Chip Size	1024 + 84(Extended)blocks
P/E cycles	1000
Free Block trigger	5%

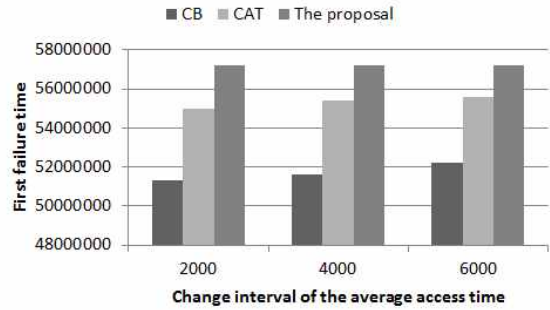


Fig. 1. First failure time according change interval of the average access time

그림 1은 동적 마모도 평준화 기법들에 있어서 데이터 접근 시간의 변화 주기에 따른 수명변화를 보여주고 있다. 본 논문의 실험에서는 동일한 데이터에 대하여 쓰기 연산을 수행할 때, 접근 시간 변화 간격을 서로 다르게 하였다. 그림 1에서 보는 것과 같이 기존의 동적 마모도 평준화 기법들은 블록의 콜드 정도가 시간 간격에 의해 왜곡이 되어 같은 데이터를 사용함에도 서로 다른 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 동적 마모도 평준화 기법은 CB에 비해 최대 11%, CAT에 비해 5%정도 수명을 연장하고 있다.

V. Conclusions

본 논문에서는 블록 순차 번호를 사용하는 동적 마모도 평준화 기법을 제안하였다. 제한하는 기법은 기존의 동적 마모도 평준화 기법에서 사용하는 경과 시간을 사용하지 않고 블록을 할당할 때 저장되는 블록 순차 번호를 사용하여 콜드 블록을 판별한다. 이를 통하여 제안하는 기법은 데이터 접근 시간의 간격과 상관없이 동일한 성능을 가질 수 있다. 실험에서 제안하는 기법은 기존의 CB, CAT 알고리즘과 비교하여 최대 11% 수명이 향상됨을 확인하였다.

Acknowledgment

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2014R1A1A2057146).

References

[1] Yang, Ming-Chang, et al. "Garbage collection and wear leveling for flash memory: Past and future." Smart Computing (SMARTCOMP), 2014 International Conference on. IEEE, 2014.

[2] Kawaguchi, Atsuo, Shingo Nishioka, and Hiroshi Motoda.

- "A Flash-Memory Based File System." USENIX. 1995.
- [3] Chiang, M-L., and R-C. Chang. "Cleaning policies in mobile computers using flash memory." *Journal of Systems and Software* 48.3 (1999): 213-231.
- [4] Kwon, Ohhoon, et al. "FeGC: An efficient garbage collection scheme for flash memory based storage systems." *Journal of Systems and Software*, vol. 84, no. 9, pp. 1507-1523, September 2011.
- [5] V. Prabhakaran and T. Wobber, "SSD Extension for DiskSim Simulation Environment," <http://research.microsoft.com/en-us/downloads/b41019e2-1d2b-44d8-b512-ba35ab814cd4/>, 2009.