

메타데이터를 비휘발성 램에 유지하는 플래시 파일시스템에서 가비지 컬렉션 수행에 대한 효율성 분석

도인환^o
홍익대학교

최종무
단국대학교

이동희
서울시립대학교

노삼혁
홍익대학교

ihdoh@cs.hongik.ac.kr choijm@dankook.ac.kr dhl_express@uos.ac.kr samhnoh@hongik.ac.kr

Assessment of the Efficiency of Garbage Collection for the MiNV File System

In Hwan Doh^o
Hongik University

Jongmoo Choi
Dankook University

Donghee Lee
University of Seoul

Sam H. Noh
Hongik University

비휘발성 램은 낸드플래시나 하드디스크가 가지는 비휘발성 속성을 지님과 동시에 램처럼 바이트 단위로 고속의 무작위적 접근이 가능한 차세대 메모리이다. 이러한 비휘발성 램은 여러 주요 반도체 회사들에 의해서 FRAM, MRAM, 그리고 PRAM의 형태로 적극적으로 개발되고 있다[1,2,3]. 기존의 저장장치와 램의 장점들을 보유한 비휘발성 램을 시스템 소프트웨어에서 효과적으로 활용한다면 전체 컴퓨터 시스템의 성능 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 실제로 비휘발성 램의 효과적인 활용을 목적으로, 모든 메타데이터를 비휘발성 램에서 관리하고 파일데이터만 낸드플래시에서 관리하는 MiNV(Metadata in NVram) 파일시스템이 본 연구에 선행하는 연구에서 제안된 바 있다[4]. 파일데이터와 비교해서 작은 크기를 가지며 빈번하게 참조되는 메타데이터를 낸드플래시에 저장하지 않는 MiNV 파일시스템은 기존의 대표적인 낸드플래시 파일시스템 중의 하나인 YAFFS보다 마운트 성능과 수행 성능 측면에서 성능이 우수함을 선행 연구에서 이미 보인바 있다.

본 연구에서는 MiNV 파일시스템이 메타데이터를 비휘발성 램에 저장함으로써 얻을 수 있는 가비지 컬렉션상의 효율성에 초점을 맞춘다. MiNV 파일시스템은 메타데이터를 낸드플래시에 저장하지 않기 때문에 가비지 컬렉션을 수행함에 있어서 기존의 플래시 파일시스템보다 더 높은 성능을 제공할 것으로 판단된다. 메타데이터와 파일데이터를 모두 낸드플래시에 저장하는 YAFFS와 같은 기존의 플래시 파일시스템들은 메타데이터를 낸드플래시에 저장하기 때문에 그 만큼의 낸드플래시 공간을 추가적으로 사용하게 된다[5]. 또한 낸드플래시 내에서 메타데이터에 대한 수정이 발생할 때마다 무효화된 페이지가 증가된다. 이러한 이유들로 인해서 기존의 플래시 파일시스템은 메타데이터를 낸드플래시에 저장하지 않는 MiNV 파일시스템보다 더 빨리 가용한 블록들을 소모하게 되어 더 빨리 그리고 더 자주 가비지 컬렉션을 수행하게 될 것으로 사료된다. 이에 본 연구는 MiNV 파일시스템에서 가비지 컬렉션 수행에 대한 효율성을 실험적으로 분석하고 가비지 컬렉션의 효율성이 전체 파일시스템 성능에 미치는 영향에 대해서 살펴본다.

본 연구에서는 MiNV 파일시스템에서 가비지 컬렉션의 효율성에 대해 살펴보기 위해서 YAFFS에서 사용되는 가비지 컬렉션 기법을 수정 없이 MiNV 파일시스템에 추가로 구현하여 실제 임베디드 개발보드 환경에서 성능 평가를 수행하고 그 결과를 분석한다. 그림 1은 Postmark 벤치마크를 수행하면서 나타내는 YAFFS와 MiNV 파일시스템의 성능을 보여준다[6]. X축은 읽기와 쓰기를 수행할 때의 블록 크기를 의미하며, 파일을 읽고 쓰는 단위가 각각 128B, 256B, 512B, 그리고 1KB일 때의 성능을 그래프에서 알 수 있다. 그림 1(a)는 YAFFS와 MiNV 파일시스템이 해당 워크로드를 처리하기 위해서 소비한 총 수행 시간을 보여준다. 그림 1(b)에는 각각 YAFFS와 MiNV 파일시스템이 낸드플래시에 대해 요청한 페이지 읽기, 쓰기, 그리고 블록 소거 연산 횟수와 수행한 가비지 컬렉션 횟수가 나타나 있다.

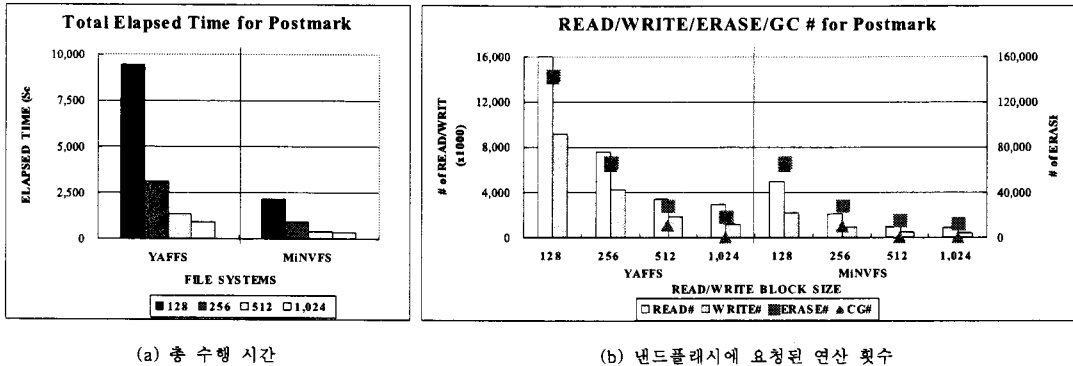


그림 1. MiNVFS와 YAFFS의 Postmark 벤치마크 수행 결과

실험 결과는 동일한 가비지 컬렉션 기법을 사용하지만 가비지 컬렉션 수행에 대한 효율성은 MiNV 파일시스템이 YAFFS보다 우수함을 보여준다. YAFFS는 페이지에 대한 할당과 무효화를 자주 수행하기 때문에 상대적으로 MiNV 파일시스템보다 더 많은 블록들을 사용하게 된다. YAFFS는 더 빠른 시간에 빈 블록들을 소모하기 때문에 더 빨리, 그리고 더 공격적으로 가비지 컬렉션 메커니즘을 수행하게 된다. 이 과정에서 가비지 컬렉션을 위해 선정된 블록은 보존되어야 할 다수의 유효한 페이지들을 가지게 되는 상황을 초래한다. 이때 유효한 페이지들을 복사하는 과정에서 추가적인 쓰기 연산이 발생하게 된다. 그림 1(b)에서 쓰기 블록 크기가 512B일 때 결과에서 보는 것처럼, MiNV 파일시스템은 가비지 컬렉션을 수행하지 않지만 YAFFS는 이미 공격적인 가비지 컬렉션을 수행하고 있다. 또한 쓰기 블록 크기가 256B일 때도 YAFFS는 모든 블록 소거가 공격적인 가비지 컬렉션에 의해서 발생하고 있지만 MiNV 파일시스템은 전체 블록 소거 횟수의 3분의 1정도만이 공격적인 가비지 컬렉션에 의한 것으로서, 가비지 컬렉션의 발생 시점이 그 만큼 지연된다. 또한 이러한 가비지 컬렉션에 대한 효율성이 그림 1(a)에서 보는 것처럼 전체 파일시스템 성능 향상에 기여함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2006-S-040-01, Flash Memory 기반 임베디드 멀티미디어 소프트웨어 기술 개발] 사업의 일환과 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업으로 수행된 연구임(No. ROA-2007-000-20071-0).

[참고 문헌]

- [1] Freescale Semiconductor, <http://www.freescale.com>.
- [2] Ramtron International -Nonvolatile Memory, Integrated Memory and Microcontrollers, <http://www.ramtron.com>.
- [3] Tech-On News, http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20070226/128173.
- [4] In Hwan Doh, Jongmoo Choi, Donghee Lee, and Sam H. Noh, Exploiting Non-Volatile RAM to Enhance Flash File System Performance, *In Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Systems Software (EMSOFT'07)*, Oct. 2007.
- [5] Aleph One Company, YAFFS (Yet Another Flash File System), <http://www.aleph1.co.uk/yaffs/yaffs.html>.
- [6] PostMark Filesystem Performance Benchmark. http://www.netapp.com/tech_library/3022.html.