

# 플래시 메모리 파일 시스템을 위한 안전한 파일 삭제 기법

선경문<sup>†0</sup> 최종무<sup>†</sup> 이동희<sup>††</sup> 노삼혁<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>단국대학교 정보 컴퓨터학부

<sup>††</sup>서울시립대학교 컴퓨터과학부

<sup>†††</sup>홍익대학교 컴퓨터공학과

{msg2me<sup>†0</sup>, choijm<sup>†</sup>}@dankook.ac.kr, dhlee@venus.uos.ac.kr<sup>††</sup>, samhnoh@hongik.ac.kr<sup>†††</sup>

## Secure Deletion for Flash Memory File system

Kyoungmoon Sun<sup>†0</sup>, Jongmoo Choi<sup>†</sup>, Donghee Lee<sup>††</sup>, Sam H. Noh<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>Division of Information and Computer, Dankook University

<sup>††</sup>Department of Computer Science, University of Seoul

<sup>†††</sup>Department of Computer Engineering, Hong-ik University

### 1. 서론

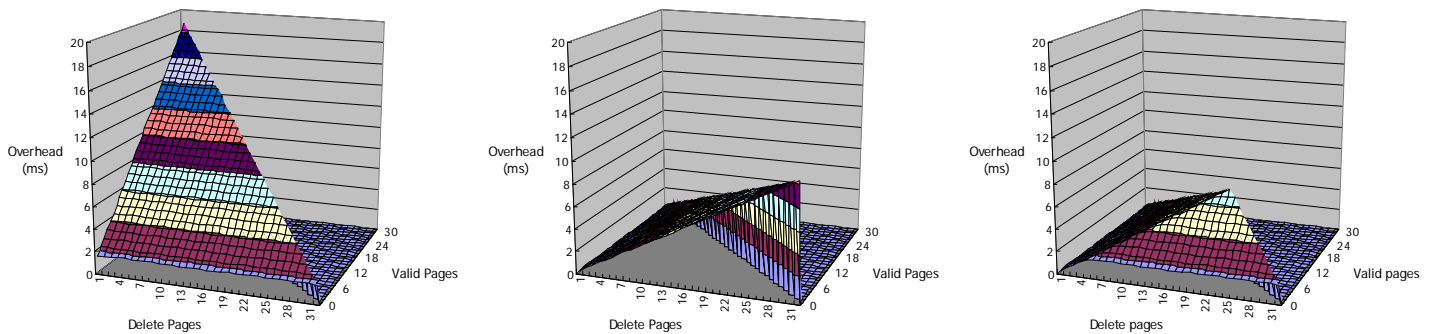
내장형 시스템이나 휴대용 저장 매체에서 플래시 메모리는 저전력과 강한 내구성, 빠른 속도, 용량의 증가, 그리고 저렴한 가격 등으로 인하여 하드디스크의 대체 수단으로 각광 받아왔다. 특히 USB 플래시 메모리 장치와 같이 개인적인 용도의 이동형 저장장치로서의 사용이 급격히 증가하고 있으며, 따라서 플래시 메모리 기반의 저장장치에 대한 보안 안정성이 요구되고 있다. 플래시 메모리 기반 파일 시스템에서는 한번 기록된 파일은 사용자가 삭제하여도 실제 데이터는 삭제하지 않은 채 메타데이터에만 삭제 표시를 하는 경우가 많은데, 이 경우 파일 시스템에서 가비지 컬렉션(Garbage Collection)을 수행하여 해당 파일의 내용이 전부 소거(Erase)되기 전까지 파일의 내용이 플래시 메모리에 남아있게 된다. 따라서 삭제된 파일이 다시 복구될 수 있는 가능성이 매우 높다.

본 논문에서는 저장 장치용으로 주로 사용되는 NAND 플래시 메모리의 특성, 즉 일반적으로 덮어쓰기는 불가능하며, 데이터의 삭제를 위해서는 블록 소거연산이 필요하다는 특성을 고려한 안전한 파일 삭제를 연구한다.

### 2. 본론

플래시 메모리는 하나의 비트값을 저장하는 셀들이 모여 구성되어 있으며 NAND 플래시 메모리는 기본 입출력 단위인 페이지, 그리고 몇 개의 페이지들이 모여 소거 단위인 블록이 존재한다. 또 페이지 안에는 실제 주 데이터를 저장하는 데이터 영역과, 부가적인 관리정보를 저장하는 스페어(Spare) 영역이 존재한다. 블록 소거 연산은 블록 내 모든 셀들의 값을 1로 바꾸게 되며 플래시 메모리에서의 연산중 가장 많은 시간이 소모된다. 셀의 값을 1에서 0으로 바꾸는 연산을 쓰기(Program)라 하며 페이지 단위로 이루어진다. 한번 페이지가 쓰여 지게 되면 셀의 값이 0에서 1로 바뀔 수 없으므로 필요시 블록 소거 연산을 수행해야 한다. 플래시 메모리에 공간을 모두 사용하여 더 이상 사용가능한 공간이 존재하지 않을 때 불필요한 블록들을 소거하여 페이지를 재생시키는데, 내용이 유효하여 보존되어야 하는 페이지는 다른 블록의 페이지로 값을 복사하게 되며 이러한 작업을 가비지 컬렉션이라 한다.

안전한 삭제를 위해 본 논문에서는 기본적으로 두 가지 방법을 고려한다. 첫 번째, 가비지 컬렉션에 의한 안전한



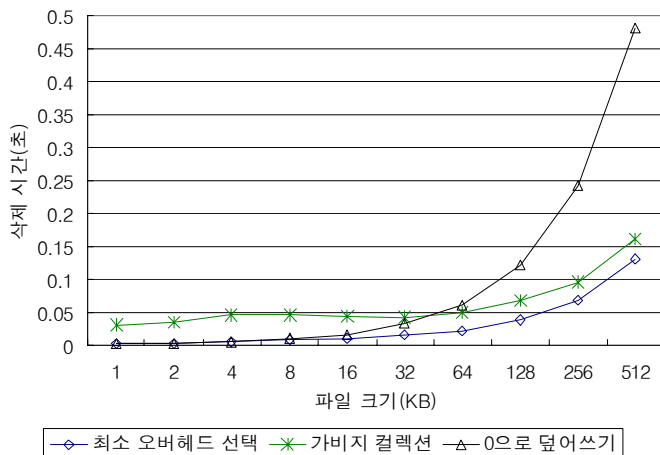
(a) 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제

(b) 0으로 덮어쓰기에 의한 안전한 삭제

(c) 최소 오버헤드 선택 방법

**<그림 1> 삭제 할 페이지와 유효한 페이지의 수에 따른 삭제 기법 별 오버헤드**

<sup>1</sup> 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S-040-01, Flash Memory 기반 임베디드 멀티미디어 소프트웨어 기술 개발]



<그림 2> 플래시 메모리 파일 삭제 기법 별 소모시간

지별로 연산이 가능하므로 파일의 크기가 작을 때에 유리하며, 파일의 크기가 커지게 되면 0으로 덮어 써야 할 페이지 수가 늘어나게 되어 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제 기법보다 효율이 떨어지게 될 수도 있다.

위의 두 방법의 오버헤드를 계산해보면, 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제는 파일 내용이 포함된 블록들의 소거 비용 외에 유효한 페이지 복사 비용이 발생하게 된다. 또 블록이 소거되면 소거된 블록 내의 페이지들은 재생되어 사용 가능한 상태가 되게 되므로 추 후 사용 가능한 페이지가 부족하여 가비지 컬렉션이 수행될 빈도를 낮추므로 이익도 발생하게 된다. 구체적으로 이익의 계산은 가비지 컬렉션 이후 재생되는 페이지의 수가 많을수록 블록 소거 비용에 가까워지며 적을수록 0에 가까워지도록 하였다. 0으로 덮어쓰기에 의한 안전한 삭제는 파일 내용이 포함된 페이지들에 대해 쓰기 비용만 발생하게 되며, 별도의 이득은 발생하지 않는다. 따라서 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제의 오버헤드는 비용에 이익을 뺀 값이 되며, 0으로 덮어쓰기에 의한 안전한 삭제는 비용이 곧 오버헤드와 같다. 본 논문에서는 파일의 삭제 시점에 파일이 포함되어있는 각 블록 별 오버헤드를 계산하여 최소 오버헤드를 갖는 방법으로 안전한 삭제를 수행하는 최소 오버헤드 선택 방법을 제안한다. 각 방법 별 블록 내 페이지 상태에 따른 비용 모델은 <그림 1>과 같다.

제안된 세 가지 방법을 이용하여 실제 파일을 삭제할 때의 소모시간을 측정하였다. 실험은 EZ-X5 테스트보드에서 수행하였는데, 이 시스템은 Intel PXA255 CPU와 SAMSUNG 64MB DRAM, SAMSUNG 64MB NAND 플래시 메모리가 장착되어있다. OS는 Linux Kernel 2.4.19를 사용하였으며 NAND 플래시 메모리용 파일시스템인 YAFFS에서 실험을 진행하였다. 실험 방법은 1KB에서 512KB까지 파일의 크기를 두 배씩 늘려가며 각 크기 별 50개의 파일들을 생성 후 삭제 할 때의 시간을 측정하였다. 단 YAFFS의 가비지 컬렉션은 블록 내 페이지들의 유효여부를 알지 못하여 가비지 컬렉션 수행시마다 모든 페이지들을 읽어 들이는데 별도의 플래시 메모리 연산 없이 페이지의 유효여부를 알 수 있도록 수정하였다. <그림 2>의 결과를 보면 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제는 파일의 크기에 따른 변화가 적으나 일정 이상의 시간을 소모하고 있으며, 0으로 덮어쓰기 기법은 파일의 크기에 정비례하여 시간이 소모되는 것을 알 수 있다. 최소 오버헤드 선택 방법은 두 기법들보다 소모시간이 항상 더 짧거나 같음을 나타내고 있으며 실험을 진행하는 동안 평균적으로 가비지 컬렉션에 의한 안전한 삭제보다는 약 4.4배, 0으로 덮어쓰기에 의한 안전한 삭제보다는 약 2.1배 더 빠른 성능을 보였다.

### 3. 결론

본 논문에서는 NAND 플래시 메모리 기반의 파일 시스템에서 플래시 메모리의 특성을 이용한 최소의 비용으로 안전하게 파일을 삭제하는 기법을 제안하였다. 현재 NAND 플래시 메모리용 파일시스템인 YAFFS에 제안된 기법을 적용하여 연구하였으며 향후에는 FTL(Flash Translation Layer)에 제안된 기법을 적용하여 대용량 USB 메모리 저장 장치와 같은 환경을 목표로 연구를 진행할 예정이며 특성이 조금 다른 MLC(Multi Level Cell) NAND 플래시 메모리에 대해서도 연구를 계획 중이다.

### 4. 참고문헌

[1] Samsung Electronics. APPLICATION NOTE for NAND Flash Memory. <http://www.samsung.com>