

# 스페어 영역을 활용한 NAND 플래시 메모리 관리

이옥희<sup>o</sup>, 김진호<sup>\*</sup>, 차재혁  
 한양대학교 정보통신대학원  
 한국전자통신연구원<sup>\*</sup>  
 e-mail:nalnari@ihanyang.ac.kr<sup>o</sup>

## NAND Flash Memory Management Using Spare Area

Ok-Hee Lee<sup>o</sup>, Jin-Ho Kim<sup>\*</sup>, Jae Hyuk Cha  
 Graduate School of Information and Communications, Hanyang University  
 Electronics and Telecommunications Research Institute<sup>\*</sup>

### 요약

플래시 메모리에서의 가비지 컬렉션은 유효하지 않은 데이터를 블록단위로 지우고 새로운 데이터를 할당할 수 있는 영역으로 만들어 주는 것을 의미하는데, 이것은 읽기/쓰기 작업에 비해 많은 시간을 요구하므로 빈번한 가비지 컬렉션은 시스템의 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 NAND 플래시 메모리에 데이터 베이스의 레코드 저장방식을 이용하여 데이터를 투플 단위로 저장하였고, 스페어 영역을 변경하여 이러한 작업이 편리하게 진행되도록 하였다. 가비지 컬렉션 시 투플의 크기에 따른 페이지 병합 작업 또한 스페어 영역의 정보를 이용하며, 이것은 실제 활용 가능한 페이지 수를 늘림으로써 가비지 컬렉션의 횟수를 줄이고 성능을 향상시킨다.

### 1. 서론

플래시 메모리는 하드디스크에 비해 외부충격에 강하고 액세스 속도가 빨라서 최근 디지털 미디어 장비와 모바일 기기에서 데이터 저장장치로 널리 이용되고 있다[1].

(표 1) 매체별 접근시간 비교(일반)

	하드디스크	주기억장치	플래시메모리
읽기 접근	8.3ms	60ns	85ns
쓰기 접근	8.3ms	60ns	4-10μs

이에 비해 플래시 메모리가 갖는 단점은 데이터가 한번 저장되면 이 영역을 재활용 하기위해서 기존에 저장된 데이터를 지워야만 한다는 것이다. 따라서 플래시 메모리를 사용하는 일반적인 저장시스템에서는 데이터 수정이 요구되면 이미 저장된 영역은 그대로 두고 새로운 영역에 수정된 데이터를 저장하는 방식으로 데이터를 변경한다. 이 때 데이터가 처음 저장된 영역은 이미 유효하지 않으므로 가비지로 인식하고 다른 영역에 변경되어 복사된 데이

타만을 유효하다고 본다. 데이터의 수정이 빈번해 질수록 가비지는 많아져서 실제로 사용할 수 있는 영역이 줄어들는다. 가비지 컬렉션은 가비지 영역을 지워서 다시 사용할 수 있는 새로운 영역으로 만들어 주는 것을 의미하는데 플래시 메모리의 지우기 작업은 읽기/쓰기 작업에 비해 시간이 많이 걸리므로 가비지 컬렉션 작업이 빈번 할수록 시스템 성능이 저하된다.

(표 2) K9D1G08V0M SMC에서의 쓰기/지우기 작업시간

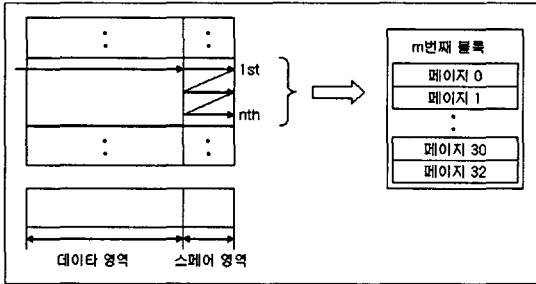
	시간
임의 접근	12μs(최대)
페이지 순차접근	50ns(최소)
쓰기 작업	200μs(일반)
블록 지우기 작업	2ms(일반)

본 논문은 데이터 베이스의 레코드 저장시스템 자체에 NAND 플래시 메모리의 특성을 반영하여 페이지를 할당하고, 가비지 컬렉션 시 페이지에 실제 할당된 투플의 크기를 고려하여 여러 유효 페이지를 하나로 병합하였다. 이것은 페이지 사용량을

줄어 가버지 컬렉션의 횟수를 감소시킴으로써 전체 플래시 메모리의 성능 향상을 꾀하였다.

### 2. 플래시 메모리의 구조 및 특성

플래시 메모리의 종류에는 NOR형과 NAND형이 있으며 주로 프로그램 저장용으로 이용되는 NOR형에 비해 NAND형은 데이터의 집적도가 높고 가격도 저렴하여 대용량 데이터를 저장하기 위한 데이터 저장용으로 많이 이용되고 있다. 주위에서 흔히 볼 수 있는 NAND 플래시 메모리는 SMC(Smart Media Card), CF(Compact Flash) 등이 있으며 이것들은 모두 ATA 규격의 전송 방식을 사용하고 있고 특히 CF 메모리인 경우 ATA 규격을 위한 컨트롤러 칩이 플래시 메모리 자체에 내장되어 있다[3][4].



[그림 1] NAND 플래시 메모리의 일반적인 블록구조

데이터의 읽기/쓰기는 페이지 단위로 이루어지고, 지우기는 블록단위로 이루어진다. 한 블록은 여러 페이지로 구성되어 있고 각 페이지는 실제 데이터가 저장되는 데이터 영역과 보조적인 정보가 저장되는 스페어 영역으로 나누어진다. 128MB SMC의 경우 각 페이지는 512Byte의 데이터 영역과 16Byte의 스페어 영역으로 이루어지고 한 블록에 32개의 페이지를 가지며, 총 8192개의 블록으로 구성되어 있다.

### 3. 관련 시스템

플래시 메모리를 저장장치로 사용하는 연구 중 eNvy 시스템은 플래시 메모리를 이용하여 2GB의 메모리를 구성하여 일반적인 디스크 드라이브의 대체장치로 사용한 것이고, [2]에서는 블록할당 시 수정이 자주 일어나는 페이지와 그렇지 않은 페이지를 구분함으로써 제한된 지우기 횟수(100,000~1,000,000번)내에서 블록의 수명을 좀 더 오래 지속할 수 있는 방안을 제시하였다. 플래시 메모리를 위한 운영체제의 파일시스템에는 JFFS(Journaling Flash File System), YAFFS(Yet Another Flash File System)

등이 있는데, JFFS가 주로 NOR 플래시 메모리를 위한 것이었다면 JFFS2에서는 NAND 플래시 메모리를 지원하는 기능이 추가 되었고, JFFS2의 기능을 확장하는 의도에서 개발된 YAFFS는 최초의 NAND 플래시 전용 파일 시스템으로써 불량 블록 처리, 균등저장기법, 오류정정 등의 기능을 추가, 확장시켰다[6][7].

### 3.1 스페어 영역의 이용

스페어 영역은 한번만 쓰기작업이 가능한 데이터 영역에 비해 보통은 두 번의 쓰기작업이 가능하므로 데이터 쓰기작업이 이루어진 후 그에 대한 정보를 한 번 더 기록할 수 있다. 이런 특성으로 인해 스페어 영역에는 각 페이지에 대한 메타정보 등을 주로 가지고 있는데 예를 들어 새로운 블록 할당 시 스페어 영역을 체크하여 이것이 불량 블록인지를 구분할 수 있다. 일반적으로 스페어 영역에서 가지는 기본 정보는 해당 블록이 불량 블록인지의 여부와 오류정정코드에 관한 정보 등이다. 표 3과 표 4는 JFFS2와 YAFFS에서 이용하는 스페어 영역(512~527Byte)의 정보이다. 각 페이지를 512Byte의 데이터 영역과 16Byte의 스페어 영역으로 구분한 NAND 플래시 메모리를 기준으로 하였다.

(표 3) JFFS2에서의 페이지 사용정보

Byte	JFFS2 사용
0..511	실제 데이터
512..515	ECC(오류 정정 코드)
516..517	예약
518	불량 블록 여부 체크
519..520	ECC(오류 정정 코드)
521..527	블록 지우기 정보

(표 4) YAFFS에서의 페이지 사용정보

Byte	YAFFS 사용
0..511	실제 데이터
512..515	태그정보
516	페이지 상태정보
517	불량 블록 여부 체크
518..519	태그정보
520..522	ECC(오류 정정 코드)
523..524	태그정보
525..527	ECC(오류 정정 코드)

표 4에서의 태그정보는 분산되어 저장되어 있으나 주 기억장치에서 사용할 경우, 이들을 모아 한 단위로 사용하고 그 구조는 표 5와 같다.

(표 5) 주 기억장치에서의 태그정보 이용

```
typedef struct
{
    unsigned chunkId:20; /* 페이지 아이디 */
    unsigned serialNumber:2; /* 파일의 일련번호 */
    unsigned byteCount:10; /* 실제사용된 바이트*/
    unsigned objectId:18; /* 파일 아이디 */
    unsigned ecc:12;
    unsigned unusedStuff:2;
}yaffs_Tags;
```

3.2 가비지 컬렉션

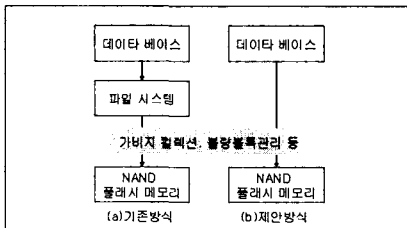
JFFS2에서는 inode의 정보를 연결 리스트로 관리하는데 free\_list의 크기가 줄어들면서 특정 임계값에 도달하면 가비지 컬렉션을 수행한다.

YAFFS에서는 가비지 컬렉션을 위해서 미리 새로운 블록을 준비해 놓고, 한 블록의 전체 페이지가 무효 페이지가 되면 이것을 요구되는 즉시 가비지 컬렉션 한다. 한 블록 전체가 무효 페이지인 것이 없으면 무효 페이지가 제일 많은 블록을 선택해서 가비지 컬렉션 한다.

이들 두 파일 시스템에서의 가비지 컬렉션 수행 방식은 가비지 컬렉션 후보블록에서 유효 페이지만 새로운 블록에 복사하는 방식으로 처리된다.

4. NAND 플래시 메모리 저장 시스템

운영체제의 일반 파일 시스템에 비해 데이터 베이스 관리시스템은 대용량의 데이터에 관한 효율적인 검색과 안정적인 환경을 제공한다. 본 논문에서는 NAND 플래시 메모리의 용량이 점차로 증가하는 추세에 있어서 데이터 베이스 관리시스템의 저장 시스템의 측면에서도 플래시 메모리의 특성을 반영하여 자료구조를 구성하고 페이지를 관리하는 기법을 제시하였다.



[그림 2] NAND 플래시 메모리 저장시스템

4.1 스페어 영역의 이용

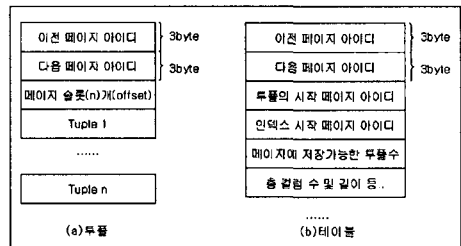
제안하는 시스템에서는 NAND 플래시 메모리의 스페어 영역을 데이터 베이스의 레코드 저장방식을 활용하는데 좀 더 편리한 구성으로 변경하였다. 표

6은 본 시스템에서 제안하는 스페어 영역 (512-527Byte)의 구성이다.

(표 6) 제안시스템에서의 페이지 사용정보

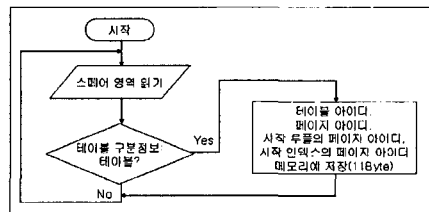
Byte	제안시스템 사용
0..511	실제 데이터
512..514	페이지 아이디
515..516	테이블 아이디
517	블량 블록 여부 체크
518	페이지 상태정보
519	투플 구분정보 및 크기 정보
520..522	ECC(오류 정정 코드)
523	유효슬롯개수
524	일련번호(동일 투플)
525..527	ECC(오류 정정 코드)

블량 블록을 체크하기 위한 부분과 오류 정정을 위한 코드 부분은 YAFFS에서 사용하는 그대로를 이용하였다. “페이지 상태정보”는 페이지의 사용여부를 나타낸다. “투플 구분정보”는 데이터 영역에 저장된 데이터가 투플인지 혹은 그 투플에 대한 메타정보를 저장한 것인지에 따라 그림 3과 같이 (a) 투플, (b)테이블 로 구분한다.



[그림 3] 투플 구분정보에 따른 페이지 저장내용

시스템이 초기화 되면 그림 4에서와 같이 모든 스페어 영역의 데이터를 읽어서 이를 바탕으로 한 통계정보를 메모리에서 관리하는데 “투플 구분정보”가 “테이블”로 저장되어 있는 것은 메모리에 저장하고 투플 검색 시 이를 이용한다.

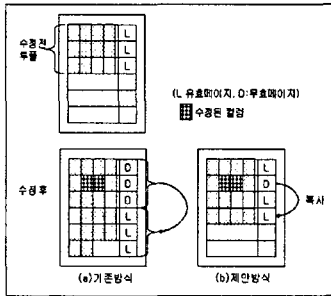


[그림 4] 시스템 초기화시 통계정보의 수집

“유효슬롯개수”는 한 페이지에 실제 할당된 투플의 수를 의미하는데 가비지 컬렉션의 병합 처리 시 이 정보를 이용한다.

#### 4.2 블록 및 페이지 할당

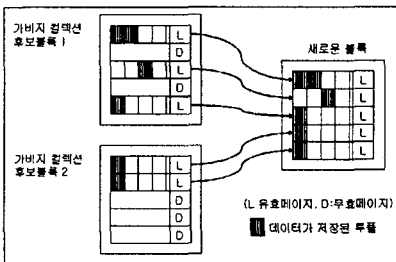
무시적인 균등저장기법을 적용하기 위하여 랜덤한 방식으로 블록을 할당한다. 투플의 크기가 512Byte를 초과하여 한 투플이 여러 페이지에 걸쳐 저장된 경우 투플의 일부 컬럼만 수정이 이루어졌을 때 일부 컬럼이 해당하는 페이지만 새로운 페이지에 저장하도록 한다. 기존의 방법은 수정된 데이터 모두를 복사하였지만, 본 시스템에서는 자료를 투플로 구성하였기 때문에 일부 변경된 페이지만 복사하여 페이지의 낭비를 막을 수 있다.



[그림 5] 512Byte 초과 투플의 수정

투플의 크기가 512Byte를 넘지 않아서 한 페이지에 여러 투플을 한꺼번에 저장하는 경우 그 중 일부 투플의 수정이나 삭제가 이루어지면, 해당 페이지에 있는 모든 투플이 새로운 페이지에 같이 저장된다. 이때, 투플의 삭제가 일어나는 경우 한 페이지에 저장된 투플의 수가 줄어들고 이는 가비지 컬렉션 시 다른 유효 페이지의 투플 수와 비교하여 병합될 수 있다.

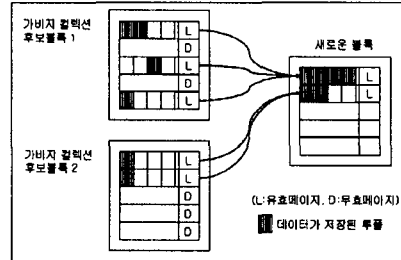
#### 4.3 가비지 컬렉션



[그림 6] 기존 복사방식의 가비지 컬렉션

가비지 컬렉션 후보 블록이 선택되었을 때, 기존의 시스템은 그림 6과 같이 후보 블록의 유효 페이지를 전체를 새로운 블록에 복사하는 방식으로 처리하지만, 본 시스템에서는 유효 페이지 내에서 실제 사용된 페이지의 크기를 투플 단위로 계산하여 사용 크기가 작은 여러 개의 유효 페이지를 하나의 페이지

지로 병합시켜 복사하였다. 이것은 그림 7에서와 같이 블록 당 페이지 사용량을 줄임으로써 잠재적인 가비지 컬렉션의 횟수 또한 줄임으로써 성능의 향상을 가져올 수 있다.



[그림 7] 페이지를 병합한 가비지 컬렉션

#### 5. 결론

NAND 플래시 메모리에 데이터를 저장하는데 있어서 데이터 베이스의 레코드 저장방식을 이용하였고 이를 통한 페이지의 낭비를 줄임으로써 가비지 컬렉션 횟수를 줄여 성능 향상을 도모하였다.

#### 참고문헌

- [1] M. Wu, and W. Zwaenepoel, "eNVy: A Non-Volatile, Main Memory System," Proceedings of the 6th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, 1994
- [2] Han-joon Kim, Sang-goo Lee, "A New Flash Memory Management for Flash Storage System", Computer Software and Applications Conference, COMPsac '99. Proceedings., IEEE, 1999
- [3] SSFDC Forum, <http://www.ssfdc.or.jp/english/>, "SmartMedia™ Specification", 1999
- [4] Compact Flash Association, <http://www.compactflash.org/>, "CompactFlash™ 2.0 Specification", 2003
- [5] <http://www.samsung.com/us/Products/Semiconductor/Flash/index.htm>
- [6] D. Woodhouse, "JFFS: The Journaling Flash File System," In Proceedings of the Ottawa Linux Symposium, <http://sources.redhat.com/jffs2/>, 2001
- [7] Aleph One Company, "YAFFS: Yet Another Flash File System", <http://www.aleph1.co.uk/yaffs/>