# 리눅스 기반의 NAND 플래시 메모리 파일 시스템에 대한 성능 측정 도구 설계

박상오° 김성조
중앙대학교 컴퓨터공학부
{sj1st°, sjkim}@konan.cse.cau.kr

# Design of Performance Measurement Tool for Linux-Based NAND Flash Memory Filesystem

Sangoh Park° Sungjo Kim
School of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

요 약

멀티미디어 산업의 발달로 인하여 정보를 저장하기 위한 다양한 저장장치들이 개발되고 있으며, 이러한 저장장치들의 발달과 더 좋은 환경을 제공하기 위해 저장 장치에 대한 파일 시스템들이 개발되고 있다. 이처럼 파일 시스템들의 성능을 분석하기 위해서 기존의 파일 시스템 성능 측정 도구를 사용하면 해당 파일 시스템의 특성에 맞는 평가 요소를 정확하게 측정을 하지 못한다. 이에 따라 해당 저장장치의 특성에 맞게 최적화된 파일 시스템들은 그 특성이 고려된 성능 측정 도구들이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 NAND 플래시 메모리를 위해 개발된 파일 시스템들의 특성들을 측정할 수 있는 성능 측정 도구의 설계에 관하여 기술한다.

## 1. 서 론

정보 통신 산업의 발달로 인하여 정보를 저장하기 위한 다양한 저장장치들이 개발되어지고 있다. 이중 최근 소형 모바일 기기들이 대중화되고 그 종류가 다양해지면서 플래시 메모리가 기본 저장 매체로서 많이 사용되고 있다. 플래시 메모리는 기존의 하드디스크와는 달리 크기가 작아 휴대가 용이하고, 낮은 소비전력, 높은 신뢰성과 집적도 등의 특징을 가지는 저장매체이다. 또한 플래시 메모리 중 NAND 플래시 메모리는 단일 칩으로 대용량이며 비용이 저렴하게 들기 때문에 이를 저장 장치로 사용한 대용량 응용기기의 생산 비용을 줄일 수 있다. 이러한 특징을 살려 장치의 크기나 전력의 한계가 있는 휴대용 통신 기기, 디지털 카메라, MP3 플레이어, 미디어 플레이어, 가전기기, 셋톱박스(Set-Top-Box) 등에 많이 사용되고 있다. 그러나 플래시 메모리는 기존의 하드디스크와 달리 블록 단위로 지우게 되고 이 또한 10만번의 사용의 제한이 있다. 한 블록을 10만번 이상을 사용하게 되면 나머지 다른 부분도 사용하지 못하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전체 블록을 고르게 사용하게 하는 wear-leveling 기법이 필요로 한다. 또한 한 지점을 지정하여 사용하지 못하므로 파일 시스템의 정보를 가지는 슈퍼 블록(super block)이 없어 파일 시스템을 마운트 할 때 시간이 많이 소비 된다. 이러한 점을 해결하기 위해 플래시 메모리에 특성화된 파일 시스템들이 만들어지고 있다. 현재 플래시 메모리를 위해 개발되는 파일 시스템들은 기존의 파일 시스템이 가지는 기능과 더불어 플래시 메모리의 특성으로 인하여 wear-leveling 기능과 마운트 할 때 파일 시스템의 정보를 메모리에 생성하여야 한다. 따라서, 플래시 메모리를 위한 파일 시스템의 성능을 측정하기 위한 도구도 기존의 도구와 달리 이러한 특성을 반영해야 한다.

본 논문에서는 NAND 플래시 메모리를 위해 개발된 파일 시스템들을 측정하는 성능 측정 도구의 설계에 대해 논의한다. 이 성능 측정 도구는 기존의 성능 측정 도구들이 일반적으로 측정하는 파일 시스템의 쓰기, 읽기 등의 속도 측정과 NAND 플래시 메모리를 위한 파일 시스템의 특성에 대한 성능에 대해서도 평가 하도록 설계되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장의 관련 연구에서는 NAND 플래시메모리와 NAND 플래시 메모리에 특성화된 파일 시스템들 그리고 기존의 파일 시스템 성능 측성 도구들에 대해 알아보고 3장에서는 논문에서 제시하는 성능 측정 도구에 관해 설명하며 마지막으로 4장에서 결론을 맺고 향후 연구과제에 대해 이야기 한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 NAND 플래시 메모리

플래시 메모리는 NOR형과 NAND형의 2가지 종류가 있다. 이중 NOR형은 바이트단위 프로그램밍이 가능하며 빠른 속도의 임의 접근을 제공하므로 시스템에서 주로 코드를 저장하고 실행하는 용도로 사용된다. 그러나 집적도가 낮고 비용이 고가여서 대용량 저장 장치로는 맞지 않다.

그러나 NAND 플래시 파일 시스템은 NOR 플래시 파일 시스템 보다 집적도가 높고, 비용이 저렴하여 대용량 저장 장치로 많이 사용된다.

NAND 플래시 메모리의 읽기, 쓰기 단위는 블록에서 세분화된 페이지 단위로 이루어 진다. 현재 주로 사용되고 있는 페이지 크기는 512Byte와 2048Byte 크기이다. 각 페이지는 잉여영역(Spare Area)이라는 추가 저장 영역을 가지는데 512Byte 크기의 페이지는 16Byte, 2048Byte 크기의 페이지는 64Byte크기를 가진다. 삭제 단위는 블록 단위로 이루어 진다. 한 블록당 페이지 수는 512Byte 크기의 페이지 크기를 가지는 블록은 32개의 페이지를 가지고 2048Byte크기의 페이지 크기를 가지는 블록은 64개의 페이지로 구성이 된다.

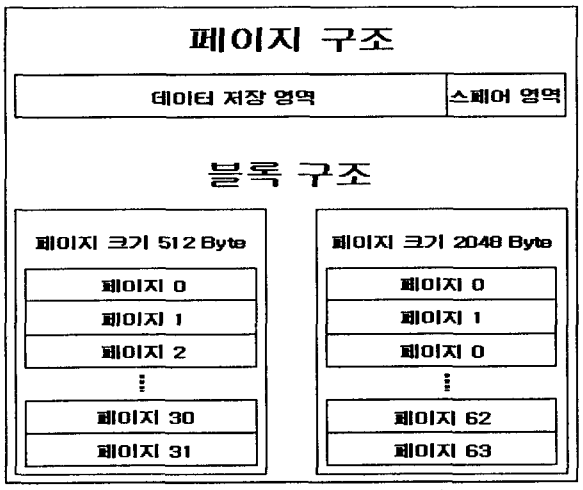


그림 1. NAND 플래시 메모리의 페이지와 블록 구조

NAND 플래시 메모리는 플래시 메모리 특성상 블록당 10만번의 사용 제한이 있어서 특정 블록만 사용되지 않도록 wear-leveling을 하여야 한다.

### 2.2 NAND 플래시 메모리 파일 시스템

앞 절에서 다룬 NAND 플래시 메모리의 특성에 따라 최적화된 파일 시스템들이 만들어지고 있으며, 현재 NAND 플래시 메모리를 위해 만들어져서 널리 사용되고 있는 파일 시스템으로는 JFFS2와 YAFFS가 있다. JFFS는 NOR 플래시 메모리를 위해 만들어진 것이고 JFFS2부터 NAND 플래시 메모리를 지원하게 만들어 졌다. YAFFS는 처음부터 NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템이다.

NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템들은 10만번 사용할 수 있는 물리적 특성 때문에 플래시 메모리에 슈퍼 블록을 저장하지 않는다. 따라서 파일 시스템을 마운트 할 때 NAND 플래시 메모리를 모두 읽어 파일 시스템의 정보를 메모리에 적재하여 가상파일 시스템(VFS: Virtual Filesysem)을 통하여 응용프로그램과 사용되게 된다. 이러한 이유 때문에 NAND 플래시 메모리에 대한 파일 시스템은 마운트 할 때 시간이 많이 걸리게 되며 또한 메모리를 많이 소모하게 된다. 이에 따라 NAND 플래시 메모리를 위한 파일 시스템을 개발할 때 마운트 시간이 중요시 되고 있고, 또한 메인 메모리 사용량도 중요시 되어 이에 대한 연구가 활발히 이뤄지고 있으며 새로운 버전의 제품이 되어 출시되고 있다. JFFS2는 최근 마운트 시간을 줄이기 위한 구조를 제시하고 있으며, YAFFS는 페이지 사이즈가 2048Byte인 대용량 NAND 플래시 메모리에 적합한 파일 시스템인 YAFFS2를 개발하여 제공하고 있다.

### 2.3 기존의 파일 시스템을 위한 성능 측정 도구

파일 시스템을 측정하기 위해 널리 사용되고 있는 도구로서 IOzone과 Postmark 등 도구들이 있다. 이러한 도구들은 파일 시스템의 기본 기능은 읽기, 쓰기를 측정하는 것을 주된 목표로 하여 만들어진 파일 시스템 측정도구이다.

표 1. IOzone을 이용하여 jffs2를 테스트한 결과

| ./iozone -Razb jffs2.wks -g 1M -i 0 -q 2k | | | |
|---|---|---|---|
| The top row is records sizes, the left column is file sizes | | | |
| Writer Report | | | |
| | 0 | 1 | 2 |
| 64 | 233 | 386 | 531 |
| 128 | 226 | 374 | 528 |
| 256 | 163 | 376 | 559 |
| 512 | 210 | 371 | 558 |
| 1024 | 229 | 373 | 554 |
| Re-writer Report | | | |
| | 0 | 1 | 2 |
| 64 | 291 | 554 | 974 |
| 128 | 291 | 540 | 974 |
| 256 | 290 | 547 | 995 |
| 512 | 290 | 545 | 981 |
| 1024 | 289 | 545 | 980 |

표 1에서 보는 것과 같이 IOzone은 각 페이지 크기마다 각 파일들을 읽고, 쓰기 등의 대여폭을 보여 주고 있다. 기존의 파일 시스템을 가지고 NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템들의 특성을 평가하기에는 한계가 있다.

## 3. NAND 플래시 메모리를 위한 성능 측정 도구 구조

본 논문에서 제안하는 성능 측정 도구는 기존의 파일 시스템의 측정 요소인 읽기, 쓰기에 대한 측정은 기본적으로 제공을 하고 NAND 플래시 메모리를 위해 개발된 파일 시스템들의 특성을 평가할 수 있도록 성능 측정 도구 구조를 제안한다. 제안하는 성능 측정 도구는 그림 2와 같이 크게 3가지로 구분되어 검사를 하게 된다. 첫 번째는 성능 측정 방법은 파일 시스템의 기본적인 읽기, 쓰기 등을 측정하고 두 번째는 마운트 시간을 측정하고 3번째는 메인 메모리 소모량을 측정한다. 또한 파일 시스템을 유

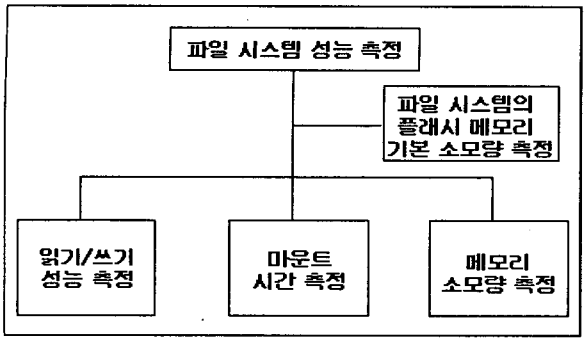


그림 2. NAND 플래시 메모리 파일 시스템을 위한 성능 측정 도구의 구조

```
1. File_System: jffs2
2. MTD_Location: /dev/mtd/5
3. MTD_Block_Location: /dev/mtdblock/5
4. Mount_Location: /fs/jffs2
```

그림 3. 스크립트 기반으로 입력 받는 실행 정보

지하기 위하여 기본적으로 소비되는 NAND 플래시 메모리의 소비량도 측정하여 해당 파일 시스템의 성능을 분석한다.

제안한 파일 시스템 도구는 사용자의 편리함을 제공하기 위하여 그림 3과 같이 스크립트 기반으로 실행 정보를 입력을 받아 수행함으로써 성능을 측정하게 된다. 입력 받는 정보는 마운트 할 대상의 파일 시스템 명과 NAND 플래시 메모리의 장치 위치 정보, NAND 플래시 메모리의 위치 정보, 마지막으로 마운트 할 폴더의 위치 정보를 입력 받아 실질적으로 해당 기능들을 파일 시스템이 마운트 된 NAND 플래시 메모리에 적용하여 성능을 분석한다.

다음은 NAND 플래시 메모리를 위한 파일 시스템을 성능 측정하는 도구의 주요 기능들의 설명이다.

성능 분석 방법에서 읽기, 쓰기 성능의 측정은 기본적인 읽기, 쓰기 및 최근에 읽은 파일 다시 읽기, 기존의 파일 수정하기, NAND 플래시 메모리 특성상 성능이 떨어지는 임의 접근 읽기와 쓰기에 대해 평가를 하여 파일 시스템의 기본적인 읽기, 쓰기 기능들에 대해 성능을 분석 한다.

NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템들은 마운트하기 위해 플래시 메모리 전체를 스캔을 하여 파일 시스템의 상태정보를 메모리에 적재하게 된다. 이에 따라 시간이 많이 소비되어 마운트 시간이 증가하게 된다. 이러한 것을 테스트하기 위해 NAND 플래시 메모리에 직접 파일들을 쓰고 또한 파일 수를 증가함으로써 마운트 시간이 어떻게 증가하는 지를 분석하여 파일 시스템에 대한 성능을 분석 한다. 현재 플래시 메모리에 대한 파일 시스템들은 마운트 시간을 줄이기 위해 다양한 작업들을 하고 있다. 이러한 과정으로 인하여 마운트 시간은 빠르나 언마운트 시간이 늦어진 경우도 있다. 이를 감안하여 언마운트에 대한 시간측정도 하여 파일 시스템에 대한 성능을 분석요소로 사용하도록 한다.

위에서 언급 하였듯이 NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템들은 마운트를 할 때 플래시 메모리 파일 시스템의 특성상 플래시 메모리에 존재하지 않는 슈퍼 블록 때문에 플래시 메모리 전체를 스캔하여 파일 시스템의 정보를 메인 메모리에 적재함으로써 많은 메인 메모리를 소비하게 된다. 이에 따라 다양한 상태의 NAND 플래시 메모리를 만들어 메인 메모리를 얼마나 소비하는지를 측정하게 된다.

마지막으로 NAND 플래시 메모리를 위한 파일 시스템이 시스템을 운영하고 유지하기 위해 파일 시스템 마다 기본적으로 사용하는 NAND 플래시 메모리 사용량이 있다. 이를 측정하여 파일 시스템이 기본적으로 NAND 플래시 메모리를 얼마나 사용하는지를 측정한다.

이렇게 NAND 플래시 메모리 파일 시스템을 위한 성능 측정 도구를 제시 함으로써 NAND 플래시 메모리에 대해 개발되는 파일 시스템들을 특성에 맞게 성능을 분석을 하여 더 좋은 파일 시스템을 개발하는데 도움을 줄 수가 있다.

## 4. 결론 및 향후 과제

다양한 저장 장치가 만들어지고 이에 따라 그 저장 장치에 맞는 특성화된 파일 시스템들이 만들어지고 있는 시점에서 특성화된 파일 시스템의 성능을 측정하기 위한 도구들 또한 개발되어야 한다. 본 논문에서는 NAND 플래시 메모리를 위한 파일 시스템을 측정하기 위한 성능 측정 도구 구조를 제안 함으로써 NAND 플래시 메모리를 위해 만들어진 파일 시스템들을 더욱 일관성있고 정확하게 평가할 수 있는 방안을 제시하였다.

향후 과제로는 NAND 플래시 파일 시스템을 강경적인 성능평가 도구 등을 첨가하여 평가 대상인 파일 시스템의 신뢰성까지 평가할 수 있는 도구와 실 생활에서 적용되는 환경을 제공하여 성능을 테스트하는 성능 평가 도구들의 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

[1] Samsung Electronics Co., " NAND Flash Memory & SmartMedia Databook" , 2003
[2] D. Woodhouse, " JFFS: The Journaling Flash File System," Ottawa Linux Symposium, 2001
[3] Red Hat, Inc. " JFFS2" http://sources.redhat.com/jffs2/
[4] University of Szeged. " JFFS2 improvement project" http://www.inf.u-szeged.hu/jffs2/
[5] Aleph One. " Yet Another Flash File Syste" http://www.aleph1.co.uk/yaffs/
[6] Aleph One. " YFFS2" http://www.aleph1.co.uk/yaffs/
[7] IOzone Organization. " IOzone Filesystem Benchmark" http://www.iozone.org/
[8] Network Appliance, Inc. " Postmark" http://www.netapp.com/tech_library/3022.html