

비휘발성 램을 활용하는 플래시 메모리 파일시스템의 설계 및 구현

도인환^o 최중무 이동희 노삼혁
 홍익대학교 단국대학교 서울시립대학교 홍익대학교
ldoh@cs.hongik.ac.kr choijm@dankook.ac.kr dhlee@venus.uos.ac.kr samhnoh@hongik.ac.kr

Design and Implementation of a Flash Memory Based File System Exploiting Non-Volatile RAM

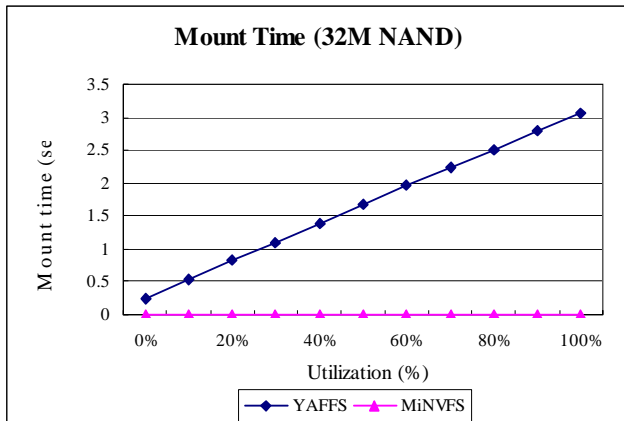
In Hwan Doh^o Jongmoo Choi Donghee Lee Sam H. Noh
 Hongik University Dankook University University of Seoul Hongik University

비휘발성 램은 읽기와 쓰기에 대해서 고속의 임의 접근이 가능한 램의 특성과 전원 공급이 중단되더라도 저장되어 있는 데이터를 보존하는 비휘발성 저장매체의 특성을 동시에 가지고 있는 차세대 메모리이다. 현재 PRAM (Phase-change RAM), FRAM (Ferroelectric RAM), 그리고 MRAM (Magnetic RAM)과 같은 다양한 형태의 비휘발성 램이 주요 반도체 회사들에 의해서 앞 다투어 개발되고 있다 [1, 2, 3, 4]. 이러한 새로운 메모리의 등장으로 인해 시스템 소프트웨어가 이 비휘발성 램을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있는가라는 근본적인 물음이 존재한다. 이 물음에 대한 하나의 접근방법으로써, 본 연구에서는 비휘발성 램을 활용하는 플래시 메모리 파일시스템을 제안한다.

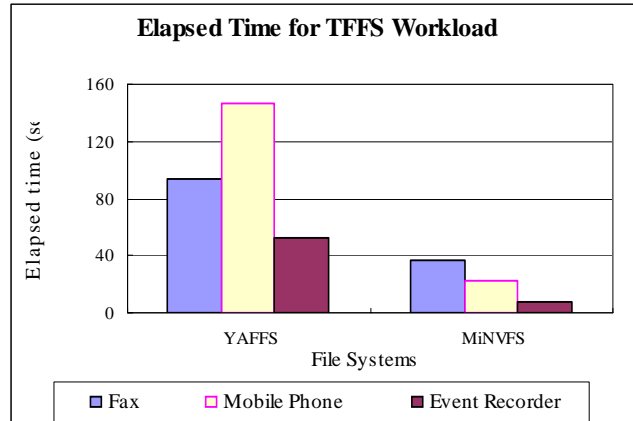
파일시스템의 성능과 안정성 측면에서 보면, 작은 크기이며 파일 데이터와 비교해서 상대적으로 중요하게 여겨지는 메타데이터를 빠른 속도로 그리고 안정적으로 관리하는 것은 무엇보다도 중요하다. 기존의 YAFFS나 JFFS2와 같은 전형적인 플래시 메모리 파일시스템들은 메타데이터와 파일 데이터를 모두 플래시 메모리에 저장하고 관리한다[5, 6]. 이들 파일시스템은 파일시스템의 수행 성능을 향상시키기 위해서 플래시 메모리에 있는 메타데이터를 시스템 메모리에 중복해서 유지하고 관리하는 방식을 채택한다. 이로 인해서 크게 두 가지 측면에서 성능 저하 문제가 존재한다. 첫째로, 기존 플래시 파일시스템은 긴 마운트 시간을 필요로 한다. 이는 기존의 파일시스템이 마운트 과정에서 플래시 메모리 곳곳에 산재해 있는 메타데이터를 수집하기 위해 현재 사용되고 있는 플래시 메모리 공간을 모두 스캔하는 작업을 수행하기 때문이다. 둘째로, 램과 플래시 메모리에 중복해서 존재하는 메타데이터를 일관성 있게 유지하는 과정에서 플래시 메모리에 대한 빈번한 접근이 요구된다. 메타데이터의 일관성 유지는 파일시스템의 성능 측면에서 큰 부담으로 작용한다. 이에, 본 연구에서는 파일시스템의 모든 메타데이터를 비휘발성 램에 저장, 관리하고 일반 파일 데이터는 낸드플래시 메모리에 저장하고 관리하는 MiNV (Metadata in NVRAM) 파일시스템을 설계하고 구현하였다.

MiNV 파일시스템은 기존의 YAFFS 플래시 파일시스템의 구조와 상당부분 유사한 형태를 띠고 있으나, 메타데이터를 비휘발성 램에 저장하고 관리하는 부분에 있어서는 완전히 새롭게 설계되었다. MiNV 파일시스템이 비휘발성 램에 유지하고 있는 메타데이터로는 각각 플래시 메모리의 블록과 페이지의 상태정보를 포함하는 슈퍼블록 정보, 파일 또는 디렉터리의 아이노드 정보, 그리고 파일의 데이터가 실제 플래시 메모리의 어느 위치에 저장되어 있는지를 알려주는 파일오프셋 정보가 있으며, 이들 메타데이터가 서로 유기적으로 동작, 관리되도록 설계되었다.

MiNV 파일시스템은 앞서 언급한 설계를 바탕으로 리눅스 2.4 커널의 VFS (Virtual File system) 계층과 MTD (Memory Technology Device) 계층 사이에서 모듈 형태로 동작하도록 구현되었다. 구현된 MiNV 파일시스템은 12MB FeRAM과 이 비휘발성 램을 탑재할 수 있는 EZ-M28 임베디드 개발 보드 환경에서 그 성능 평가가 이루어졌다[7].



(a) 마운트 시간



(b) 수행 성능

그림 1: MiNV 파일시스템의 성능 평가 결과

그림 1은 MiNV 파일시스템의 성능을 YAFFS와 비교해서 보여준다. 그림 1(a)에 나타나 있듯이, 플래시 메모리의 사용률이 증가함에 따라 YAFFS는 마운트 시간이 선형적으로 증가해서 최대 3초가량을 필요로 하는 반면에 비휘발성 램을 활용하는 MiNV 파일시스템은 플래시 메모리의 사용률에 관계없이 67us라는 극도로 짧은 마운트 시간만을 필요로 한다. 또한, 팩스, 모바일 폰, 그리고 이벤트 기록기의 동작을 흉내 내는 현실적인 파일시스템 워크로드를 고려하였을 경우에[8], 수행 속도 측면에서 MiNV 파일시스템은 YAFFS보다 최대 600%, 평균 437%의 성능 향상을 나타낸다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2006-S-040-01, Flash Memory 기반 임베디드 멀티미디어 소프트웨어 기술 개발] 사업의 일환과 한국과학재단 특정기초연구(R01-2004-000-10188-0) 지원으로 수행하였음.

[참고 문헌]

[1] Ramtron International – Nonvolatile Memory, Integrated Memory and Microcontrollers, <http://www.ramtron.com>

[2] Freescale Semiconductor, <http://www.freescale.com>

[3] EETimes.com – Intel rolls 128M phase-change memory, <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml;jsessionid=JUGQ0Q0KGF11YQSNDLRCKH0CJUNN2JV N?articleID=199101596>

[4] Samsung – Samsung Introduces the Next Generation of Nonvolatile Memory – PRAM http://www.samsung.com/Products/Semiconductor/News/PRAM/PRAM_20060911_0000289512.htm

[5] Aleph One Company, YAFFS (Yet Another Flash File System), <http://www.aleph1.co.uk/yaffs/yaffs.html>.

[6] D. Woodhouse, JFFS: The Journaling Flash File System, Ottawa Linux Symposium, 2001.

[7] FALINUX, EZ-M28, <http://falinux.com/zproducts/ez-m28.php>

[8] E. Gal and S. Toledo, A Transactional Flash File System for Microcontrollers, In Proceedings of the USENIX Annual Technical Conference (USENIX 2005), pp. 89–104, Apr. 2005.