

원낸드 플래시 메모리에서 시간계측메모리관리를 이용한 XIP 활용 기법

조상호, 김태형, 김문정, 엄영익
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:{tiem1982, kim15m, tops, yieom}@ece.skku.ac.kr

A Practical XIP Scheme using the Memory Management of Time Measuring at OneNAND Flash

Sang ho Cho, Taehyoung Kim, Moon Jeong Kim and Young Ik Eom
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

낸드(NAND) 플래시 메모리와 노어(NOR) 플래시 메모리의 장점을 결합시킨 원낸드(OneNAND) 플래시 메모리가 개발되면서 메모리의 시장에 큰 변화가 왔다. 그러나 기존의 낸드 플래시 메모리에서 사용되던 메모리 관리 기법이 그대로 원낸드 플래시 메모리에서 사용됨에 따라 원낸드 플래시 메모리만의 장점을 활용하지 못하고 있다. 본 논문에서는 기존의 메모리 관리 기법을 원낸드 플래시 메모리에 적합한 형태로 개선하였다. 제안 기법은 XIP 기능과 새로운 버퍼 관리 방법을 활용하여 원낸드 플래시 메모리의 성능을 최대한 이끌어 낸다. 그 결과 시스템의 전체적인 수행속도를 향상시킬 수 있었다.

1. 서론

현재 휴대용 멀티미디어 기기들의 소형화와 경량화, 그리고 고밀도화가 진행됨에 따라, 기존의 단일형 플래시 메모리 메모리들에게 집중되었던 관심이 최근에 개발된 복합형 플래시 메모리들로 옮겨가고 있다. 그 중에 원낸드 플래시 메모리는 현재 가장 대표적으로 사용되고 있는 복합형 플래시 메모리로서 단일형 플래시 메모리인 낸드 플래시 메모리와 노어 플래시 메모리의 장점을 모두 가지고 있다. 원낸드 플래시 메모리의 장점은 낸드 플래시 메모리와 같이 단위 면적당 높은 밀도로 데이터를 저장할 수 있어 커다란 데이터들의 저장이 용이하다[1]. 또한, 노어 플래시 메모리의 장점인 XIP(eXecute-In-Place)기능을 가능하게 하는 인터페이스를 가지고 있어 중앙처리장치에서 메모리로 데이터의 직접적인 읽기와 쓰기가 가능하다[2].

그러나, 일반적으로 사용되는 원낸드 플래시 메모리의 메모리 관리 기법의 다수는 기존의 낸드 플래시 메모리에서 사용되던 기법을 그대로 사용하고 있다. 그래서 낸드 플래시 메모리에서는 지원하지 못했던 원낸드 플래시 메모리의 추가적인 기능을 효율적으로 이용하지 못하고 있다[3].

본 논문에서 제안한 기법은 기존의 낸드 플래시 메모리 기반의 메모리 관리 기법을 원낸드 플래시 메모리에 적합하게 변화시켜 원낸드 플래시 메모리의 XIP 기능이 메모리 관리 시에 사용가능하며, 기존 메모리 관리 기법의 장점을 유지 할 수 있도록 하였다. 그래서 제안 기법을 통해 중앙처리장치가 요구하는 페이지를 기존의 방식보다 효과적으로 예측 할 수 있어서 전체적인 시스템의 수행 속도 향상을 기대할 수 있다.

2. 관련연구

2.1 기존 플래시 메모리들의 특징 분석

플래시 메모리는 데이터의 비휘발성, 낮은 전력 소모, 그리고 뛰어난 이동성과 같은 다양한 장점들을 지니고 있는 차세대 저장장치로써 현재 급속도로 발전하는 모바일 임베디드 시스템에 힘입어 소비자의 수요가 급증하고 있다. 현재, 플래시 메모리의 시장은 크게 단일형 플래시 메모리와 복합형 플래시 메모리로 구성되어 있다. 이 중, 단일형 플래시 메모리에는 노어 플래시 메모리와 낸드 플래시 메모리가 있다.

노어 플래시 메모리는 비휘발성 저장장치인 ROM과 같은 구조를 지녀 고속의 임의 접근이 가능하게 설계된 메모리이다[4]. 중앙처리장치가 직접 메모리에 데이터를 직접 읽고 쓰는 기능인 XIP 기능을 통해 워드단위의 개별적인 접근을 할 수 있어 중앙처리장치에 빠르게 코드나 데이터를 전송해 줄 수 있다. 하지만 가격이 상대적으로

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행 되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0027)

높으며, 사용자가 필요로 하는 저장 공간의 비약적인 증가로 인해 큰 데이터들을 저장하기에는 더 이상 적합하지 않게 되었다.

낸드 플래시 메모리의 경우는 노어와는 달리 메모리의 순차적 접근만을 허용하며 지연시간도 길어서 코드를 저장하기에는 적합하지 않다. 그러나 단위면적당 집적도가 높아 속도에 비교적 적게 영향을 받는 데이터들을 저장하는데 유리하다.

그리고 낸드 플래시 메모리는 XIP 기능을 지원하지 않기 때문에 정적 기억 장치와 같은 빠른 임의 접근이 가능한 메모리로 구성된 주기억장치로 복사하는 과정을 거쳐야 낸드 플래시 메모리가 가진 데이터를 중앙처리장치가 실행시킬 수 있었다.

2.2 플래시 메모리 메모리 관리 기법의 변화

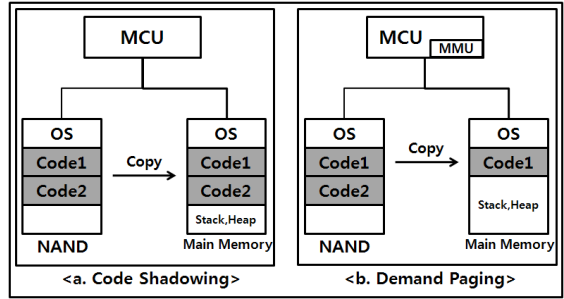
초창기의 낸드 플래시 메모리에는 그림 1.a와 같이 메모리에 저장되어 있는 중앙처리장치가 필요한 모든 코드를 미리 주기억장치로 복사하면, 중앙처리장치는 주기억장치를 통해서 데이터를 전송 받는 방식을 사용하였다. 이러한 방식을 코드 쉐도잉(Code Shadowing)이라 하며 이 방식의 장점은 고속 실행이 가능한 주기억장치의 기능을 활용하여 전체적인 시스템의 성능을 개선시킬 수 있었다. 하지만 이 방식은 중앙처리장치가 거의 사용하지 않는 데이터도 주기억장치에 저장하기 때문에 크기에 제한이 있는 주기억장치가 불필요한 데이터로 공간이 낭비되었고 이로 인해 시스템 성능이 저하되었다.

코드 쉐도잉 기법의 단점을 극복하기 위해 요구 페이징(demand paging)이라는 새로운 메모리 관리 기법이 낸드 플래시 메모리에 적용되었다. 요구 페이징 기법은 가상 메모리 관리 기법중 하나로 모든 데이터를 주기억장치에 저장하였던 기존 기법과는 달리 중앙처리장치의 실행에 필요한 데이터나 코드만 보조기억장치에서 주기억장치로 복사를 하는 방식이다[5].

그리고 하드웨어의 지속적인 발전으로 기존의 노어 플래시 메모리와 낸드 플래시 메모리의 장점을 지닌 복합적인 형태인 원낸드 플래시 메모리가 개발 되었다. 자체적으로 노어 인터페이스를 지원해 입출력 부분에서 기존의 낸드 플래시 메모리의 단점을 극복하였으며 플래시 메모리 내부에 있는 임의 접근이 가능한 정적 기억 장치로 구성된 페이지 버퍼의 XIP지원과 이중 버퍼의 지원으로 대용량의 메모리에 직접 접근이 가능하게 되었다.

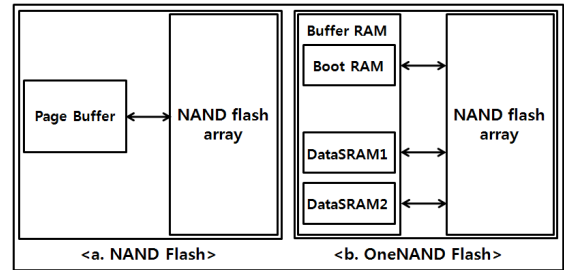
2.3 낸드 플래시 메모리와 원낸드 플래시 메모리의 비교 분석

그림 2는 원낸드 플래시 메모리와 낸드 플래시 메모리 구조의 비교를 통해 원낸드 플래시 메모리의 하드웨어적인 장점을 보여준다. 낸드 플래시 메모리의 구조는 순차적인 접근이 가능한 버퍼 한 개와 낸드 플래시 메모리 배열이 있다. 그래서 중앙처리장치가 데이터를 전송할 경우에



(그림 1) 낸드 플래시 메모리 관리 기법들

버퍼와 주기억장치를 통하여 필요한 데이터를 보낼 수 있다. 반면에 원낸드 플래시 메모리는 낸드 플래시 메모리 배열과 버퍼로 사용되는 정적 기억 장치인 Boot정적 기억 장치 한 개와 Data정적 기억 장치 두 개, 그리고 노어 인터페이스로 구성되어 있는 복합형 메모리이다.



(그림 2) 낸드와 원낸드 플래시 메모리의 구조

주기억장치를 통해 중앙처리장치가 필요한 데이터를 전송해야 하는 낸드 플래시 메모리와 다르게 원낸드 플래시 메모리의 경우는 두 개의 임의 접근 기능을 가진 정적 기억 장치 버퍼들을 이용하여 메모리의 데이터 전송속도를 향상시킬 수 있다. 게다가 각각의 버퍼들은 XIP 기능을 통해 중앙처리장치의 직접적인 접근방식이 가능하며, 주기억장치에 데이터를 전송하는 방식 또한 메모리에 순차적인 접근으로 지연시간이 긴 낸드 플래시 메모리의 버퍼와는 다르게 정적 기억 장치 버퍼의 임의 접근을 통해 빠르게 동작할 수 있다.

그러나, 하드웨어의 변화와는 달리 메모리 관리 기법에서는 새로 추가된 기능인 정적 기억 장치 버퍼의 사용이나 XIP의 기술에 대한 적용이 되지 않은 요구페이징 기법이 개선 없이 사용되고 있다. 그래서 기존의 요구페이징과 달리 원낸드 플래시 메모리의 정적 기억 장치 버퍼의 XIP 기능을 활용하며, 시간 계측을 통해 XIP 기능을 개선한 새로운 요구페이징 기법을 제안한다.

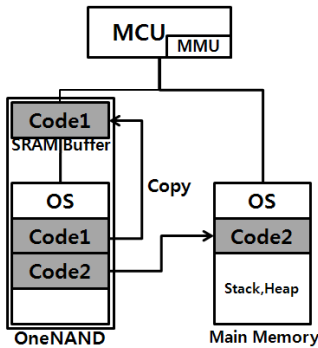
3. 원낸드 플래시 메모리 관리 기법

3.1 원낸드 플래시 메모리에 적합한 메모리관리기법

제안 기법은 XIP와 요구페이징을 복합적으로 사용하는

방법이다. XIP를 사용할 경우 중앙처리장치가 원랜드 플래시 메모리의 정적 기억 장치 버퍼에 직접 접근을 할 수 있어 정적 기억 장치 버퍼에서 주기억장치로 복사하는 시간을 절약할 수 있는 장점이 있다. 그리고 XIP 기능을 통한 중앙처리장치의 정적 기억 장치 버퍼로의 접근 시간은 중앙처리장치에서 주기억장치로의 접근시간보다 느리기 때문에 과도한 XIP의 이용은 요구페이징에 비하여 비효율적이다. 그러므로 필요에 따라서 요구페이징을 사용한다.

그래서 페이지 부재가 일어났을 경우, 그림 3과 같이 두 개의 정적 기억 장치 버퍼를 사용하여 요구페이징에서의 기능인 주기억장치로의 페이지 적재와 XIP의 기능인 중앙처리장치와의 캐시 역할을 동시에 선택적으로 수행할 수 있게 한다.



(그림 3) 원랜드 플래시 메모리에서의 메모리 관리기법

원랜드 플래시 메모리의 정적 기억 장치 버퍼에서 버퍼의 페이지를 주기억장치로 보낼 것인지 XIP로의 접근을 할 것인지에 대한 선택은 페이지의 자주 사용되는 빈도에 따라 결정한다. 제안 기법에서는 지역성을 이용하여, 시간 계측을 통한 버퍼의 관리방법을 이용한다.

3.2 시간 계측을 이용한 버퍼의 관리

시간 계측을 통한 버퍼의 관리의 지역성(Locality)이라는 프로그램의 공통적인 특성을 이용한다. 페이지의 시간의 흐름에 따른 사용량을 변화를 통해 페이지의 요구를 미리 예상하여 원랜드 플래시 메모리에서 XIP 기능을 개선할 수 있는 기법이다.

이 기법은 시간테이블을 사용하고 있으며, 시간테이블에는 페이지들의 다양한 시간정보가 저장되어 있다. 이 시간정보들을 통하여 중앙처리장치가 자주 요구하는 페이지를 예상하여 주기억장치로 보낸다. 반면에 자주 요구하지 않는 페이지는 XIP를 이용해서 중앙처리장치에 의해 바로 접근 될 수 있도록 한다.

시간테이블의 시간정보에는 페이지 부재가 발생한 시간을 저장하는 최근시간과 페이지 부재들 사이의 시간차를 저장하는 시간차의 값, 그리고 판정 기준이 되는 한계

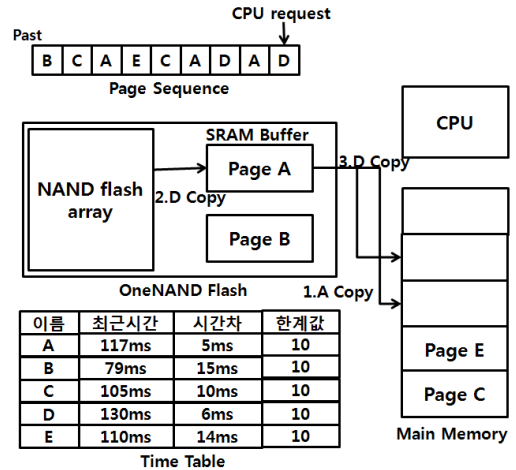
값이 있다. 한계값은 각 페이지들의 시간차를 고려해 해당 페이지를 주기억장치로 복사할지 결정하는 기준이 된다. 한계값은 적용시스템의 환경 및 정책에 따라 그 값을 결정한다.

그래서 이런 버퍼의 관리의 페이지 부재가 발생하면 정적 기억 장치 버퍼의 페이지들을 시간테이블의 시간차 값과 한계치 값의 차이를 이용하여 XIP로 중앙처리장치에 접근할 것인지 주기억장치로 복사할 것인지를 결정한다. 그리고 낸드 플래시 메모리 배열에서 정적 기억 장치 버퍼로 새로운 페이지가 복사되면 위와 같은 방법을 통해 새로운 페이지도 XIP의 사용이나 주기억장치로의 적재 여부를 결정한다.

3.3 시간 계측을 통한 버퍼 관리 시나리오

본 절에서는 시간 계측을 이용한 메모리 관리 기법이 적용되는 상황을 살펴본다. 제안 시스템에서 페이지 부재가 발생할 경우 원랜드 플래시 메모리의 정적 기억 장치 버퍼에 두 개의 페이지가 저장된 경우와 정적 기억 장치 버퍼에 페이지가 저장되어 있지 않거나 한 개의 페이지가 저장된 경우로 구분할 수 있다.

우선 정적 기억 장치 버퍼에 두 개의 페이지가 저장된 경우이다. 페이지 부재가 발생하면 중앙처리장치가 요구하는 페이지를 복사할 공간을 정적 기억 장치 버퍼에 할당해야 한다. 기본 가정은 그림 4와 같다.



(그림 4) 정적 기억 장치 버퍼에 두 개의 페이지가 저장된 상황

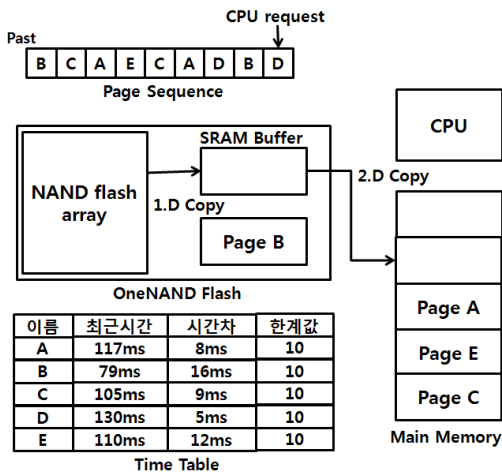
페이지 A, B가 가진 시간테이블에 기록된 각각의 시간차의 값을 한계값과 비교한다. 여기서 한계값은 전체 페이지가 가진 시간차들의 평균이라고 가정하였다. 페이지 A의 경우, 시간차가 한계치보다 낮으므로 페이지 부재의 대상 페이지로 될 확률이 높다. 그래서 해당 페이지를 주기억 장치로 적재하고 페이지 부재의 대상 페이지인 페이지 D

를 정적 기억 장치 버퍼에 저장한다. 그 뒤, 시간테이블에 페이지 D의 데이터를 갱신하여 저장한다.

그리고 정적 기억 장치의 버퍼에 새로 저장된 페이지 D의 시간차의 값을 한계값과 비교하는 절차를 거친다. 비교한 결과 한계값 보다 시간차가 낮으므로 주기억장치로 적재가 된다. 만약, 페이지 D의 시간차 값이 한계값 보다 큰 경우는 XIP를 이용하여 중앙처리장치가 바로 접근하게 된다.

그러나 페이지 A, B의 시간차의 값이 모두 한계값 보다 크다고 가정하면, 두 페이지 모두 페이지 부재의 대상 페이지가 될 확률이 낮다. 이런 경우 페이지 A와 B를 주기억장치에 복사되지 않고 정적 기억 장치 버퍼에 남아있게 된다. 이때에는 현재시간 값과 페이지A, B의 시간테이블에 저장된 최근시간 값을 비교하여 큰 값을 삭제한다. 그래서 페이지B를 버퍼에서 삭제 시키고 페이지 D를 정적 기억 장치 버퍼에 저장한다. 그리고 시간테이블에 페이지 D의 데이터를 갱신해서 저장한다.

정적 기억 장치 버퍼에 페이지가 저장되어 있지 않거나 한 개가 저장된 경우이다. 페이지 부재가 발생해도 정적 기억 장치 버퍼에 중앙처리장치가 요구하는 페이지를 복사할 공간이 있는 상황이다. 기본 가정은 그림 5와 같다.



(그림 5) 정적 기억 장치버퍼에 페이지가 저장되어있지 않거나 한 개가 저장된 상황

중앙처리장치가 요구하는 페이지 D를 페이지가 없는 SDRAM 버퍼로 복사한다. 그리고 페이지 D의 시간차와 한계값을 비교하여 주기억장치로 복사할 것인지 또는 SDRAM 버퍼에 남아 XIP를 통해 중앙처리장치가 접근할 것인지를 선택한다. 비교 결과 시간차의 값이 한계값보다 적기 때문에 페이지 D를 주기억장치로 복사한다.

4. 결론

낸드 플래시 메모리에서 사용하던 메모리 관리 방법인

요구페이징 기법을 원낸드 플래시 메모리의 특징에 맞게 변형 시켜 메모리의 속도를 향상시키는 방법을 제안하였다. 제안한 기법은 원낸드 플래시 메모리의 XIP 기능을 활용하여 주기억장치의 메모리 공간 활용도를 높였다. 그리고 원낸드 플래시 메모리의 정적 기억 장치 버퍼에서 시간 차이를 비교하여 중앙처리장치가 앞으로 사용할 페이지들을 빠르게 예측하는 방식을 도입하여 접근이 많이 일어날 페이지를 주기억장치로 미리 복사함으로써 전체 시스템의 속도를 증가 시킬 수 있었다.

참고문헌

[1] OneNAND Features & Performance, <http://www.samsung.com>

[2] C. Park, J. Seo, S. Bae, H. kim, S. Kim, and B. Kim, "A Low-cost Memory Architecture with Nand Xip for Mobile Embedded Systems," Proc. of the 4th International Conference on Hardware/software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS '06), 2003.

[3] Y. Joo, Y. Choi, C. Park, S. Chung, E. Chung, and N. Chang, "Demand Paging for OneNAND™ Flash eXecute-In-Place," Proc. of the 4th International conference on Hardware/software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS '06), 2006.

[4] A. Tal, "Two Technologies Compared : NOR vs. NAND White Paper," M-Systems, 91-SR-012-04-8L, REV 1.1, 2003.

[5] A. Silvershartz, P. B. Galvin, and G. Gagne "Operating System Principles," 7th Ed. John Wiley & Sons, 2005.