

플래쉬 메모리를 고려한 DRAM 전력 관리 기법

*조형욱, 신동군

성균관대학교 정보통신공학부

e-mail : wwookk7@skku.edu, dongkun@skku.edu

Flash-Aware DRAM Power Management By Considering Flash Memory

*Hyungwook Cho, Dongkun Shin

School of Information and Communication Engineering
Sungkyunkwan University

Abstract

Existing techniques manage power for the main memory without considering flash memory. This paper presents a new approach to reduce energy consumption of DRAM/flash memory system by considering flash memory. Simulations show that the approach can reduce the DRAM refresh energy by 40-50%.

I. 서론

최근에는 모바일장비의 성능이 좋아지고 기능이 다양해짐에 따라서 시스템을 저전력으로 동작시키는 것이 점점 중요해지고 있다. 컴퓨팅 시스템에서는 메모리가 필요하게 되는데 이러한 메모리가 사용하는 전력이 상당부분을 차지한다. 이러한 메모리로 가장 많이 사용되는 것이 DRAM이다. DRAM은 휘발성 메모리이기 때문에 데이터를 주기적으로 재 기록해 주어야한다. 이러한 과정을 Refresh라고 한다. DRAM의 전력소비 중에도 많이 비중을 차지하는 것이 바로 이 Refresh에 의한 전력 소비이다.

따라서 DRAM의 Refresh에 의한 전력 소비를 줄이기 위한 방법이 연구되어왔다. 이러한 방법으로써 DRAM의 저전력 동작 모드를 최대한 활용하는 방법이 소개되었다. 이러한 기존의 방식들은 플래쉬 메모리에 대

한 고려를 하지 않고 있다.

하드디스크를 사용 할 때는 기계적인 장치이기 때문에 자료에 접근하기 위한 Seek Time이 대략 5.6ms정도로 디스크에 접근 하는 시간이 상당히 길었기 때문에 DRAM에 의한 Hit Rate을 높이는 것이 굉장히 중요했다. 하지만 모바일 장비에 플래쉬 메모리를 사용하게 됨에 따라 또 다른 중요한 점인 전력소비도 고려할 수 있게 되었다. 플래쉬 메모리의 한 종류인 MLC의 읽기 시간이 한 페이지를 읽는데 60us정도로 하드디스크에 비해 훨씬 작기 때문이다.

관련연구에서는 기존에 소개되었던 DRAM의 저전력 모드를 최대한 사용하기 위한 사용된 기법을 알아볼 것이다.

II. 관련연구

2.1 전력 관리 모드

DRAM은 저전력 모드를 2개 가지고 있다. 하나는 Power-Down 모드이다. 이것은 Precharge모드의 49%의 전력만을 사용한다. 대신 5ns의 딜레이를 가지고 있다. 다른 하나는 Self-Refresh모드이다. 이것은 Power-Down모드보다 전력을 훨씬 더 절약 할 수 있다. 하지만 다른 모드로 돌아가기 위해서 훨씬 많은 시간이 필요하기 때문에 언제 이러한 Self-Refresh로 동작할 것인가가 중요하게 된다.

Rank에 사용되지 않을 때는 Power-Down모드로 동

작시킴으로써 전력소비가 45.7-48.9% 정도 감소하고 그에 비해 성능은 1.8-5.0% 정도 감소한다고 밝혀졌다.[1]

2.2 메모리 접근 관리

Power-Down모드보다 Self-Refresh모드가 더 적은 전력을 소비한다. 따라서 Self-Refresh를 효율적으로 사용하기 위해서는 Rank가 접근되지 않는 시간이 길어져야 한다. 이러한 시간이 Random 접근을 하게 되면 보장이 되지 않는다. 따라서 자주 접근되는 Hot Rank와 자주 접근되지 않는 Cold Rank로 구분하고 Cold Rank의 자주 접근되는 Page를 Hot Rank로 이동시킨다. Cold Rank의 접근되지 않는 시간을 보장해 줌으로써 효율적으로 Self-Refresh모드를 사용할 수 있다.[1]

III. 플래쉬를 고려한 기법

우선, 자주 접근되는 페이지 수를 조사함으로써 Hot Rank와 Cold Rank를 구분한다. Cold Rank를 Self-Refresh모드로 동작시키기 전에 Rank에 전력을 공급 할지 차단 할지 판단한다. Cold Rank의 Hot 페이지와 Cold 페이지를 판별한다. 페이지를 분류 할 때는 Hot Rank로 옮겨야 할 Hot 페이지와 Flash로 방출되어야 할 Cold 페이지가 있고, 두 가지 모두에 속하지 못하는 Warm 페이지가 있다.

Cold Rank의 Hot 페이지는 다른 Hot Rank로 복사한다. 남겨진 페이지 중 이제는 Hot 페이지도 Cold 페이지도 아닌 Warm 페이지들의 개수를 세어서 Warm 페이지 이동의 개수의 제한 값보다 크다면 그냥 Self Refresh로 동작시키지만 개수가 제한 값보다 작다면 그 페이지들을 Hot Rank로 복사 한다. Warm 페이지의 이동을 제한하는 이유는 Hot Rank를 Hot Data가 아닌 Data가 차지하는 것을 막기 위해서이다.

마지막으로 Cold Rank 중 플래쉬 메모리로의 쓰기가 필요한 것은 기록하고 그 Cold Rank의 전원을 차단한다. 이렇게 함으로써 자주 접근이 적은 Data를 유지하는데 소모되는 전력 소비를 최소화 할 수 있게 된다. 이러한 방법을 통해서 Hit Rate의 손실을 최소화 하면서 DRAM의 전력손실을 최소화 시킬 수 있다.

그림1을 보면 Rank3과 Rank4가 Cold Rank로 동작한다. Warm 페이지를 옮길 수 있는 개수의 제한 값이 한 개의 페이지까지라면 Rank3은 Warm 페이지가 2개이기 때문에 전원을 차단할 수 없다. 하지만 Rank4는 Warm 페이지가 1개이기 때문에 Warm 페이지를 Hot Rank인 Rank2로 복사하고 기록이 필요한 Cold 페이지를 플래쉬 메모리에 기록하고 전력을 차단한다.

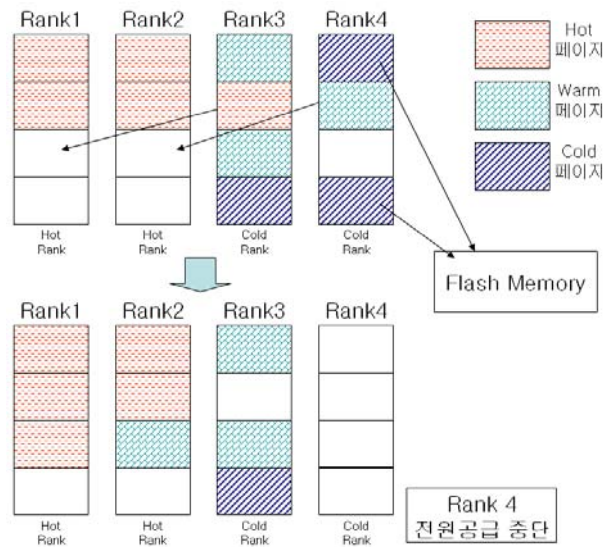


그림 1. 제안하는 기법

Rank3의 Hot페이지는 Hot Rank로 이동시켜주어서 오랜 시간 동안 Self-Refresh모드로 동작 할 수 있게 해준다.

이러한 방법을 통해서 DRAM의 Hit rate을 보장하면서도 가능한 Rank에 전원을 공급하지 않을 수 있기 때문에 저전력으로의 동작이 가능하다.

IBM system simulator로 실제 리눅스 환경에서 SPEC2k을 실행해서 받은 Trace를 통해서 실험한 결과 Refresh에 의한 전력 소비가 30-40%감소했다. 그러한 이유는 수행 중인 메모리 사용량에 따라서 사용되는 Rank의 수가 조절 되고 가능한 적은 Rank를 사용하도록 동작하기 때문이다.

IV. 결론

모바일 장치를 위한 디자인에는 전력 소비가 항상 함께 고려되어야한다. 플래쉬 메모리를 사용하게 되면 DRAM의 Hit Rate도 중요하지만 저전력을 위한 관리도 꼭 필요한 부분이다. 본 논문에서는 플래쉬 메모리의 빠른 읽기속도를 고려하여 DRAM의 Hit Rate와 전력소비를 함께 고려한 DRAM 관리 기법을 구현 하였다.

참고문헌

[1] H. Huang, K. G. Shin, C. Lefurgy, T. Keller. Improving Energy Efficiency by Making DRAM Less Randomly Accessed. The 2005 international symposium on Low power electronics and design, pages: 393-398, 2005.