

# SSD 전력 소모 모델링

조석희<sup>0</sup>, 원유집

한양대학교 전자컴퓨터통신 공학과

misost@hanyang.ac.kr, yjwon@hanyang.ac.kr

## Modeling SSD power consumption

Seokhei Cho<sup>0</sup>, Youjip Won

Dept. of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

### 요 약

저전력 하드웨어는 현재 컴퓨터 시스템의 큰 화두 중 하나이다. 새로운 저장장치인 SSD는 HDD에 비해 고성능이면서도 저전력을 소모해 주목 받았지만 초기 제품은 그 기대를 만족시키지 못 했다. 그래서 SSD도 저전력을 위한 많은 연구를 하고 있지만 이는 많은 시간과 비싼 장비가 필요하다. 이 논문에서는 이를 해결하기 위한 SSD의 전력 소모를 모델링하고 이를 통해 시뮬레이터를 구현하였다. 그리고 실험을 통하여 실제 SSD의 소모량과 비교해 보았다. 실험 결과 시뮬레이션 결과는 실제 소모량과 유사한 패턴을 보였고 총 에너지 소모량과 평균 전력 소모량도 6% 내의 오차를 보였다.

### 1. 서 론

현재 컴퓨터 시스템에서 큰 화두 중 하나는 전력 소모량이다. 그린 IT로 인한 영향뿐만 아니라 늘어난 전력 소모량은 발열량을 증가시켜 냉각 문제를 가져온다. 이 때문에 현재 컴퓨터 시스템은 고성능뿐만 아니라 저전력을 추구하고 있다.

현재 컴퓨터 시스템에서 가장 많은 전력을 소모하는 부품은 저장장치이다. 현재 가장 많이 쓰이는 Hard Disk Drive(HDD)는 모터를 포함하고 있기 때문에 구동할 때 많은 전력을 소모한다. SSD는 HDD를 대체할 저장장치로써 HDD에 비해 고성능일 뿐만 아니라 저전력 장치로써 각광받고 있다. 하지만 초기 상용화된 SSD의 경우 기대와는 달리 모바일 HDD와 전력 소모량에서 큰 차이가 없었다.[1] 그리고 현재 SSD는 성능 향상을 위해 점점 더 많은 Flash memory를 추가하고 있다. 이는 전력 소모량의 증가를 가져온다. 종래에는 HDD와 비슷하거나 더 큰 전력을 소모할 것이다.

이를 방지하기 위해서는 SSD의 개발단계에서 전력 소모량을 고려해야 한다. 하지만 현재 SSD의 전력 소모를 확인하기 위해서 많은 시간과 돈이 필요하다. 이를 절약하기 위해서는 시뮬레이션이 좋은 방법이다. 우리는 이를 위해 SSD의 전력 소모를 모델링 하고 이를 통해 간단한 시뮬레이터를 구현해 보았다.

### 2. 관련 연구

SSD가 차세대 저장 장치로 부각되면서 SSD에 대한 다양한 연구가 진행되었다. 가장 많이 연구된 분야는 내부 Firmware인 FTL(Flash Translation Layer)에 대한 연구이다. 이 결과로 FAST[2], DFTL[3] 등 다양한

FTL에 관한 논문이 나와 있다.

HDD를 모델화한 DiskSim[7]과 같이 SSD의 동작을 모델링 하는 많은 연구가 진행되고 있다. Kim et al.[4]은 각 하드웨어 별로 객체화시켜 모델링 한 FlashSim 이라는 새로운 SSD 시뮬레이터를 개발하였다. SSD는 전력 소모 관련해서도 연구가 되고 있다. Euseong et al.[5] 은 SSD의 에너지 효율에 관하여 연구하였다. Jinha et al.[6] 은 SSD의 에너지 소모를 모델링 하기도 하였다.

### 3. SSD의 전력 소모 모델

#### 3.1 SSD의 하드웨어

SSD를 분해해 보면 눈으로 확인 할 수 있는 부품은 SSD Controller, Interface, DRAM, Flash memory 이렇게 4가지뿐이다. 각 부품은 반도체 칩이기 때문에 내부적으로 무수히 많은 트랜지스터와 복잡한 회로를 가지고 있다. 이 때문에 칩 내부의 동작까지 자세하게 모델링 하는 것은 매우 힘든 일이다. 그래서 우리는 칩 레벨에서 전력 소모를 모델링 하였다.

각 칩의 단위 전력 소모량은 각 파트별 소모 전압과 전류와 여기에 구동 시간을 곱하여 소모량을 구한다. 전력 소모 모델을 단순화한 대신 내부 동작을 자세하게 모델링 하고 그에 따른 구동 시간을 정확하게 계산했다. SSD Controller와 DRAM은 SSD가 동작 시에 항상 켜져 있다. 하지만 작업 시와 Idle 상태에서의 소모 전류가 다르다. Flash Memory의 경우 연산이 없을 경우 Off가 가능하다.

### 3.2 SSD의 내부 소프트웨어

NAND는 HDD와 다르게 소거 연산을 가지고 있다. 이 때문에 SSD는 내부 동작을 숨기고 기존 HDD를 위한 OS API를 위해서 FTL이라는 미들웨어를 가지고 있다. 우리는 여러 가지 FTL 중에서 가장 기본이 되는 Page FTL을 구현하였다.

### 4. 시뮬레이터

전력 소모 모델링 결과를 확인하기 위해 기존에 나온 시뮬레이터를 이용하여 새로운 시뮬레이터를 구현했다. 시뮬레이터는 Disksim 기반으로 Event-Driven 방식이다. 시뮬레이터는 성능 모델링 파트와 전력 소모 모델링 파트를 가진다. 전력 파트는 성능 파트의 동작에 따라 에너지 소모량을 계산하고 단위 시간당 에너지 소모량을 수집한다.

### 5. 실험

#### 5.1 실험 환경

SSD는 삼성 MXP를 사용했고 내부 명세는 Datasheet를 통해서 알아 내었다. Ubuntu10.04(2.6.32 kernel)에서 I/O Trace를 수집하였다. I/O 수집은 blktrace를 사용했다. I/O 수집 중에 오실로스코프와 전류스코프를 이용해서 실제 SSD의 전류 변화를 측정했다. 실험에 사용된 Workload는 IOzone과 MS word, Excel, Power Point 설치 과정이다.

#### 5.2 실험 결과

그림 1의 왼쪽 그래프는 실제 SSD의 전류 소모량이다. 오른쪽 그래프인 시뮬레이션 결과도 실제 SSD의 전류 소모량과 유사한 패턴으로 변화하였다.

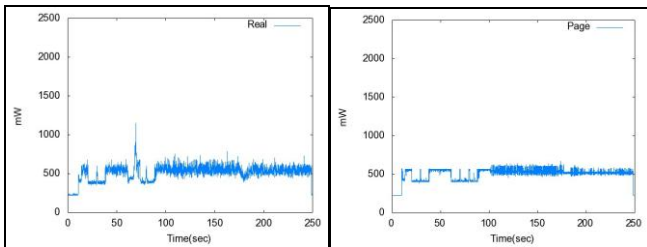


그림 1 시간에 따른 전력 소모 변화 그래프

### 5. 결론

본 논문에서는 SSD의 소모 전력을 모델링 하고 이를 확인하기 위해 시뮬레이터를 구현하였다. 실험 결과 시뮬레이션 결과는 실제 SSD의 전류 소모 패턴과

유사한 패턴을 보였다. 총 에너지 소모량과 평균 전력 소모량도 6% 내외의 결과를 보여줬다. 하지만 세세한 부분까지는 표현하지 못 했다. 시뮬레이터가 event-driven 방식이라 정확한 단위 시간에 따른 전력 소모량을 구하기 힘들었다. 추후에는 다양한 FTL을 시뮬레이터에 구현해 보고 정확성을 향상시킬 것이다.

### 6. Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가 관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. (No. 10035202, 대용량 MLC SSD 핵심기술 개발)

### 참고 문헌

- [1] NARAYANAN, D., THERESKA, E., DONNELLY, A., ELNIKETY, S., AND ROWSTRON, A. **Migrating enterprise storage to ssds: Analysis of tradeoffs.** In Proceedings of the ACM European Conference on Computer Systems (Eurosys) (March 2009), pp. 145 - 158.
- [2] Lee, S.-W., W.-K. Choi, et al. (2006). **FAST: An Efficient Flash Translation Layer for Flash Memory.** Emerging Directions in Embedded and Ubiquitous Computing. X. Zhou, O. Sokolsky, L. Yanet al, Springer Berlin / Heidelberg, 4097: 879-887.
- [3] Gupta, A., Y. Kim, et al. (2009). **DFTL: a flash translation layer employing demand-based selective caching of page-level address mappings.** Proceeding of the 14th international conference on Architectural support for programming languages and operating systems. Washington, DC, USA, ACM: 229-240.
- [4] Youngjae Kim, Brendan Taurus, Aayush Gupta, and Bhuvan Urgaonkar, **FlashSim: A Simulator for NAND Flash-based Solid-State Drives,** Proceedings of the First International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL), Porto, Portugal. September 2009.
- [5] Euseong Seo, Seon Yeong Park, Bhuvan Urgaonkar, **"Empirical Analysis on Energy Efficiency of Flash-based SSDs",** HotPower '08
- [6] Jinha Park, Sungjoo Yoo, Sunggu Lee, and Chanik Park, **"Power Modeling of Solid State Disk for Dynamic Power Management Policy Design in Embedded Systems",** IFIP 2009
- [7] The DiskSim <http://www.pdl.cmu.edu/DiskSim>