

안드로이드 모바일 기기를 위한 페이즈 기반의 CPU 및 GPU 통합 저전력 기법

옥승렬, 홍석민, 김영진

아주대학교

dhrtmdfuf@ajou.ac.kr, smhong1123@ajou.ac.kr, youngkim@ajou.ac.kr

Phase-based CPU and GPU Integrated Low Power Management Method for Android Mobile Devices

Seung-Ryeol Ohk, Seok Min Hong, Young-Jin Kim

Ajou Univ.

요약

스마트폰은 대표적인 모바일 기기로서 휴대가 가능한 점이 특징이며 이는 배터리로부터 전원을 공급받기 때문이다. 스마트폰의 배터리 사용 시간을 늘리기 위한 저전력 기법이 많이 연구되고 있다. 본 논문에서는 안드로이드 스마트폰을 대상으로 performance monitoring counter를 이용한 CPU와 GPU의 페이즈 분류를 통해 페이즈별로 적합한 저전력 정책을 적용한 저전력 기법을 제안한다. 스마트폰에서 CPU와 GPU가 워크로드에 의해 점유되고 있는 실행상태를 분류한다. 그리고 그 분류에 따라 적합한 저전력 정책을 적용하여 스마트폰 저전력 기법을 구현했다. 제안하는 스마트폰 저전력 기법은 안드로이드 스마트폰뿐만 아니라 다른 안드로이드 플랫폼 기기에도 적용하여 다양한 기기의 효율적인 저전력 서비스를 제공할 수 있다.

I. 서론

현재 우리 주변에는 많은 종류의 배터리를 사용하는 전자기기들이 있다. 대표적으로 모바일 전자기기로 스마트폰이 있다. 스마트폰은 배터리를 사용하기 때문에 한정된 배터리 용량으로 얼마나 오래 효율적으로 스마트폰을 사용하는지는 중요한 기술이다. 따라서 많은 스마트폰 저전력 기법이 중요한 기술로 개발이 되고 있다.

기존의 저전력 기법 [1][2][3]들은 절대적인 소모 전력을 예측하지 못하고 소모 전력을 줄이는 데 관심을 가지고 있다. 본 논문에서는 전력 모델 [4][5]를 사용해서 CPU, GPU, 디스플레이 등 소모 전력을 예측해서 스마트폰의 소모 에너지를 예측한다. 그 다음, 페이즈별 소모 에너지를 계산하여 스마트폰 저전력 기법을 완성하게 된다.

II. 본론

1. 제안하는 저전력 기법

1-1. CPU/GPU 페이즈

본 논문에서 페이즈란 CPU/GPU가 워크로드에 의해 점유되고 있는 실행상태를 의미한다. CPU 페이즈는 CPU가 수행하는 명령어를 분석하여 CPU가 메모리를 얼마나, 어떻게 사용하는지에 따라 분류된다. CPU의 캐시 miss 비율과 LDST inst 비율을 기준으로 CPU 페이즈를 분류하며, CPU 페이즈는 총 5가지다. GPU 페이즈는 GPU를 구성하는 유닛들의 utilization을 기준으로 분류된다. GPU를 fixed function 유닛, tiler 유닛, tripipe 유닛, 그리고 memory 유닛으로 나누고 각 유닛의 utilization 중 최대값을 가지는 유닛에 해당하는 페이즈를 GPU 페이즈로 선정한다. GPU 페이즈는 총 4가지다. CPU/GPU 페이즈를 조합하여 총 20가지 페이즈 (그림 1)를 만들었다.

1-2. CPU/GPU frequency 변화에 따른 소모 전력 및 FPS 변화

CPU/GPU 페이즈에 따라 CPU/GPU frequency를 변화시켰을 때 스마트폰의 소모 전력과 FPS를 측정했다. CPU frequency는 CPU

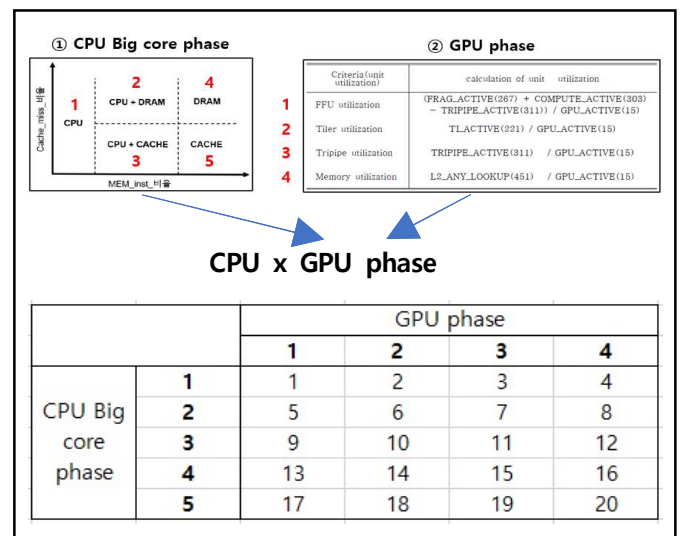


그림 1 CPU 페이즈와 GPU 페이즈 조합

utilization이 50% 이상일 때 점유율이 높았던 다섯 가지 frequency와 CPU utilization이 50% 미만일 때 점유율이 높았던 다섯 가지 frequency를 사용했고, GPU frequency는 모든 utilization 범위에서 점유율이 높았던 세 가지 frequency를 사용했다. 소모 전력을 줄이면서 성능은 보장하는 것을 보여주기 위해 quality of service(QoS)는 frame per second (FPS)를 사용했다.

1-3. CPU/GPU 페이즈에 따른 CPU/GPU frequency 변화

제안하는 저전력 기법은 1-2에서 보인 소모 전력 및 FPS 변화를 이용하여 적절한 CPU/GPU frequency를 선정한다. 적절한 CPU/GPU frequency를 선정하는 방법은 두 단계가 있다. 첫 번째, 전력 변화율이 높은 페이즈에 대해 FPS 감소율이 5% 이상이고 소모 전력이 최저가 되는 CPU/GPU frequency를 선정하고, 전력 변화율이 낮은 페이즈에 대해 FPS 감소율이 1% 이상이고 소모 전력이 최저가 되는 CPU/GPU

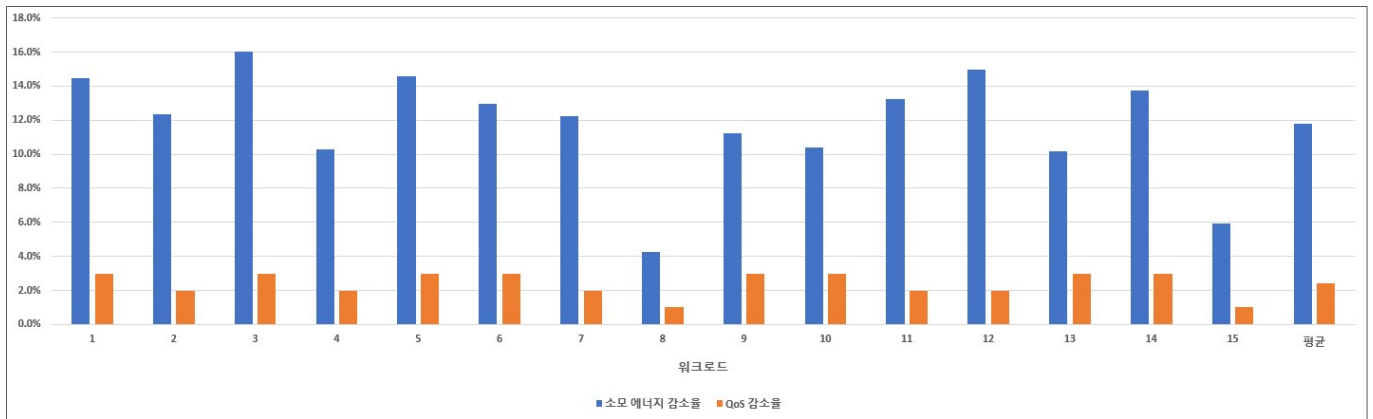


그림 2 워크로드별 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법에 대한 제안하는 저전력 기법의 소모 에너지 및 QoS 감소율

frequency를 선정한다. 두 번째, 소모 전력 변화율이 모든 CPU/GPU frequency에 대해 1%를 넘지 않는 페이즈에 대해 CPU/GPU frequency를 최저로 선정하는 방법이다.

2. 실험 환경 및 실험 결과

실험에 사용된 안드로이드 스마트폰은 갤럭시 S7으로 CPU는 Samsung Exynos M1 MP4 2.29 GHz + ARM Cortex-A53 MP4 1.59 GHz이고, GPU는 ARM Mali-T880 MP12 650 MHz이다. 실험을 위해서 15개의 3D 게임 워크로드 (표 1)를 사용했다. 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법과 제안하는 저전력 기법을 비교하여 실험했다.

그림 2는 워크로드별 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법에 대한 제안하는 저전력 기법의 소모 에너지 및 QoS 감소율이다. 워크로드별 소모 에너지 감소율(파란색)과 QoS 감소율(주황색)을 보여준다. 평균 소모 에너지 감소율은 12%이고 평균 QoS 감소율은 3%이다. 그림 3은 스마트폰 배터리 잔여 시간 예측 [6]을 통해 측정된 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법과 제안하는 저전력 기법의 배터리 잔여 시간 변화이다. 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법에 대해 제안하는 저전력 기법은 19%의 배터리 시간을 절약했다.

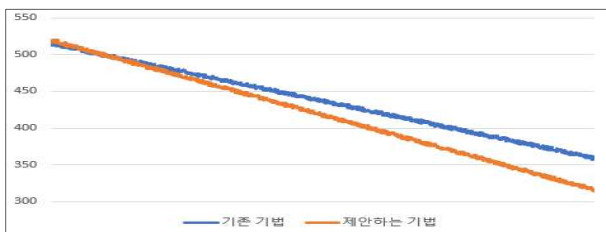


그림 3 갤럭시 S7의 기존 저전력 기법(파란색)과 제안하는 저전력 기법(주황색)의 배터리 잔여 시간 변화

표 1 실험에 사용된 15개의 3D 게임 워크로드

No	workload
1	3DMark SLING SHOT EXTREME
2	3DMark SLING SHOT
3	3DMark ICE STORM EXTREME
4	3DMark ICE STORM
5	3DMark API OVERHEAD
6	Madagascar 3D Benchmark
7	Benchmark 3D Kassja graphics
8	Renderscript Benchmark
9	NenaMark2
10	V1 - GPU Benchmark Pro
11	Seascape Benchmark
12	Basemark GPU
13	3D Benchmark Android Gamers
14	Relative Benchmark
15	L-bench

III. 결론

본 논문에서는 안드로이드 모바일 기기를 위한 페이즈 기반의 CPU 및 GPU 통합 저전력 기법을 제안한다. 이 기법은 안드로이드 스마트폰인 갤럭시 S7에 적용되어 기본으로 내장된 저전력 기법보다 나은 소모 전력 효율을 보여줬다. 이 기법은 더 개발되어 안드로이드 스마트폰뿐만 아니라 다른 안드로이드 모바일 기기에도 적용될 수 있다. 그리고 디스플레이 전력까지 고려하여 새로운 저전력 기법을 완성할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 미래전투체계 네트워크 기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.(UD190033ED)

참 고 문 헌

- [1] Jurn-Gyu Park, Nikil Dutt, Hoyeonjiki Kim, Sung-Soo Lim, HiCAP: Hierarchical FSM-based Dynamic Integrated CPU-GPU Frequency Capping Governor for Energy-Efficient Mobile Gaming, ISLPED 2016, August 2016.
- [2] Anuj Pathania, Alexandru Eugen Irimiea, Alok Prakash, Tulika Mitra, Power-performance modelling of mobile gaming workloads on heterogeneous MPSoCs, DAC 2015, June 2015.
- [3] Jurn-Gyu Park, Nikil Dutt, Hoyeonjiki Kim, Sung-Soo Lim, Co-Cap: energy-efficient cooperative CPU-GPU frequency capping for mobile games, SAC 16, April 2016.
- [4] Lee, K.; Ohk, S.-R.; Lim, S.-G.; Kim, Y.-J. Phase-Based Accurate Power Modeling for Mobile Application Processors. Electronics 2021, 10, 1197. <https://doi.org/10.3390/electronics10101197>
- [5] S. W. Hong, S. W. Kim and Y. J. Kim, "3 channel dependency-based power model for mobile AMOLED displays," in Proceedings of the 54th Annual Design Automation Conference, pp. 1-6, Jun. 2017.
- [6] 옥승렬, 김영진 (2020). CPU-GPU-디스플레이 전력 소모 예측을 통한 스마트폰 배터리 잔여 시간 예측. 한국정보과학회 학술발표논문집, 111-112.