



[Runtime Estimation for Multi-core Processor]

Case Study of Exynos 4412

Team – O OO
(O O O / M O O O / O O O)

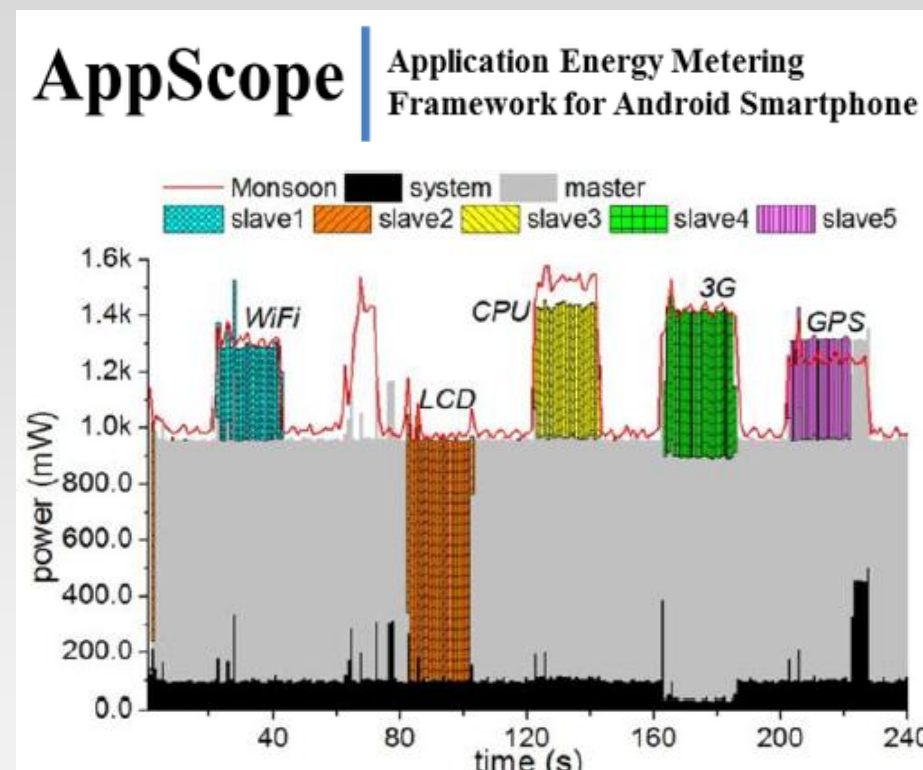
Professor – O O O

Assistant – O O O

1. Former Research

‘Appscope’는 모바일 임베디드 시스템 연구실에서 진행한 선행 연구로, 실시간 커널 모니터링을 통해 안드로이드 스마트폰의 전력 소비를 측정하는 프레임워크이다.

스마트폰에서 전력을 소비하는 주요 컴포넌트들인 CPU, Display, 3G, Wifi, GPS 등의 사용 정보를 각각의 어플리케이션 별로 획득하여 해당 스마트폰에서 어플리케이션 별로 어떤 하드웨어 컴포넌트를 활용하여 얼마나 전력을 소비하는지 알 수 있게 하는 것이 Appscope 연구의 목적이라고 할 수 있다.



2. Limitation

Single-Core 기반

현재 및 앞으로 출시될 스마트폰은 멀티코어 기반이다.

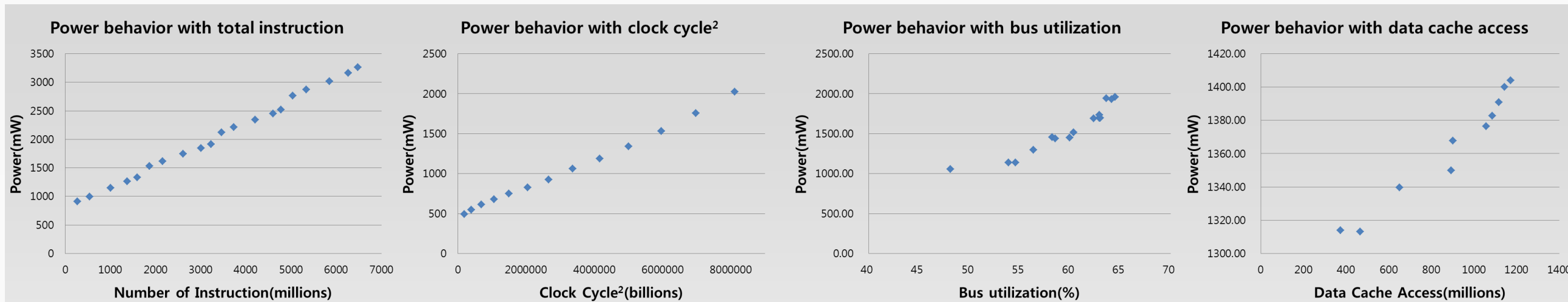
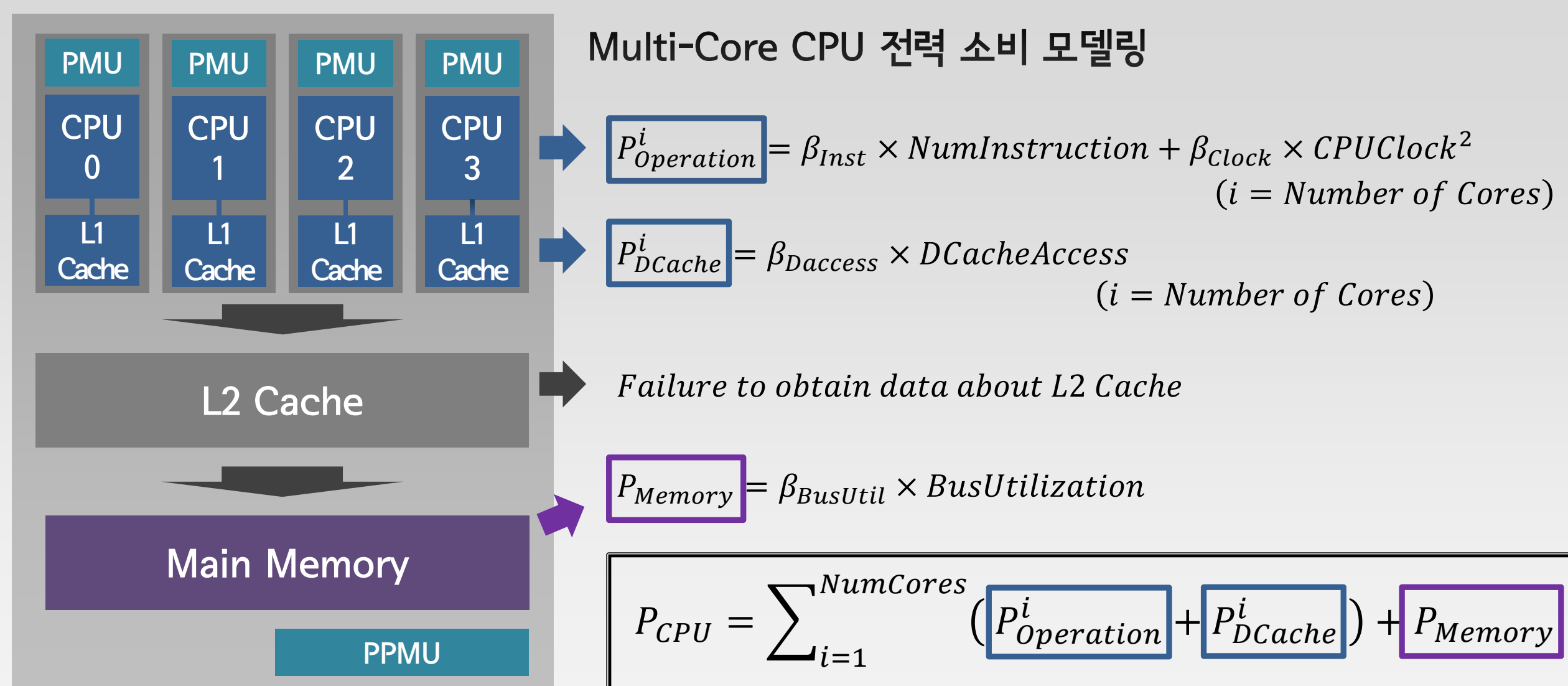
Utilization 기반의 CPU 전력 소비 모델링

기존의 Utilization 기반의 CPU 전력 소비 모델링에서는 같은 Utilization으로 동작하는 작업의 종류에 따라 달라지는 소비전력을 설명할 수 없다.

GPU 소비전력 모델링 부재

고사양의 게임 및 동영상 감상 시는 물론 안드로이드 3.0(ICS)부터는 기본 런처에서도 GPU가 사용되므로 GPU의 사용 빈도가 눈에 띄게 높아졌다.

4. Multi-Core CPU Modeling



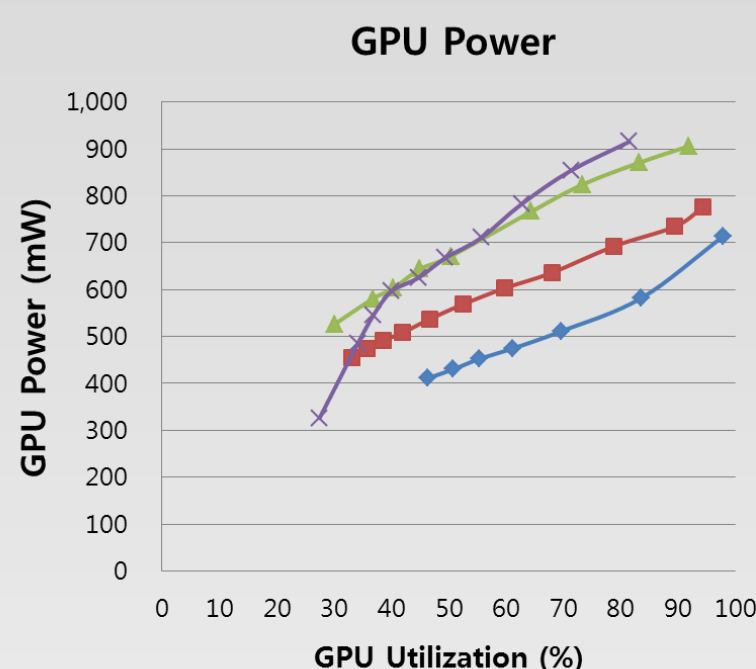
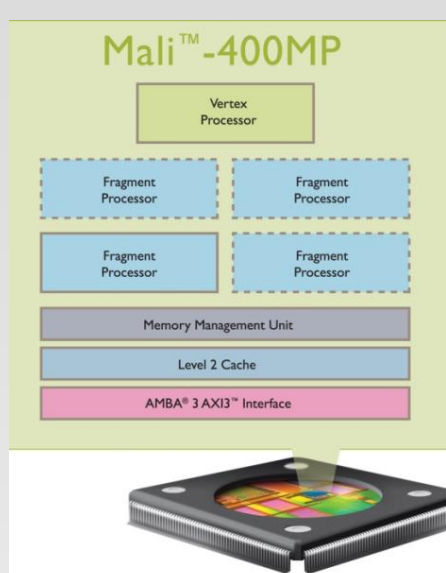
위의 그래프는 모델링에 포함된 인자와 소비전력 간의 관계를 나타낸 것이다.

Clock Cycle이 전력과 제곱에 비례하는 이유는 다음과 같다. 일반적인 소비 전력에 관한 식인 $P \propto f \cdot V^2$ 에서 P 는 소비 전력, f 는 동작 주파수, V 는 공급 전압을 나타낸다. Clock Cycle은 동작 주파수에 비례하기 때문에 f 를 Clock Cycle 값으로 대신한다. V 는 DVFS 정책에 의해 동작 주파수에 따라 해당 공급 전압이 테이블로 정의되어 있다. 그러므로 V 는 f 와 밀접한 연관이 있고 f 는 Clock Cycle로 대신할 수 있기 때문에 V^2 역시 Clock Cycle로 대신할 수 있을 것이다. 우리는 실험을 통해 $P \propto Clock\ Cycle^2$ 임을 확인했다.

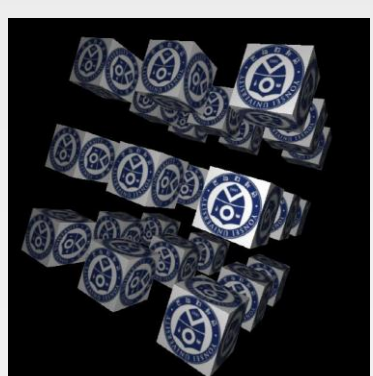
5. GPU Modeling

GPU 전력 소비 모델링

$$P_{GPU} = \sum_{i=\min_freq}^{\max_freq} (\beta_i \times GPUUtilization + BasePower_i)$$



GPU의 전력 소비 모델링은 GPU의 사용량이 많아지면 증가하는 전력과 GPU가 동작하지 기본적으로 소모하는 전력의 합으로 이루어진다.

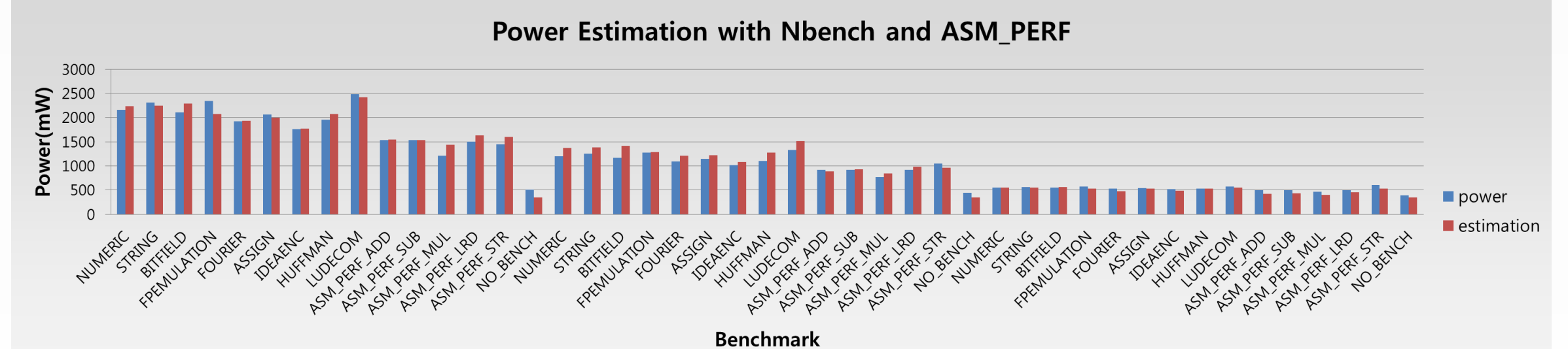


OpenGL ES 2.0 기반
어플리케이션으로 실험

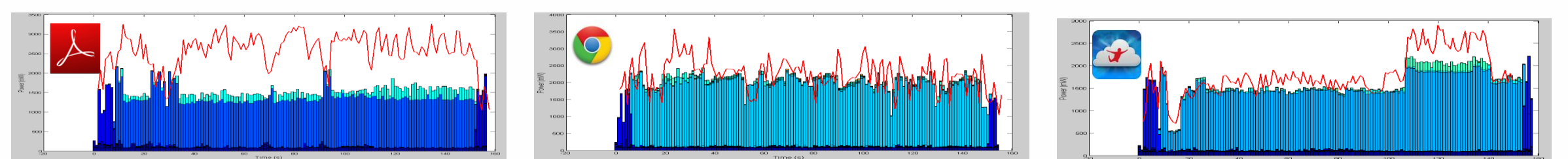
Mali-400MP는 4가지의 Frequency Step이 존재한다. 각 Step별 모델링의 Coefficient는 다음과 같다.

Step 0 : 5.5972 * GPU Utilization + 138.99
Step 1 : 4.9965 * GPU Utilization + 298.36
Step 2 : 6.197 * GPU Utilization + 355.17
Step 3 : 9.8735 * GPU Utilization + 153.1

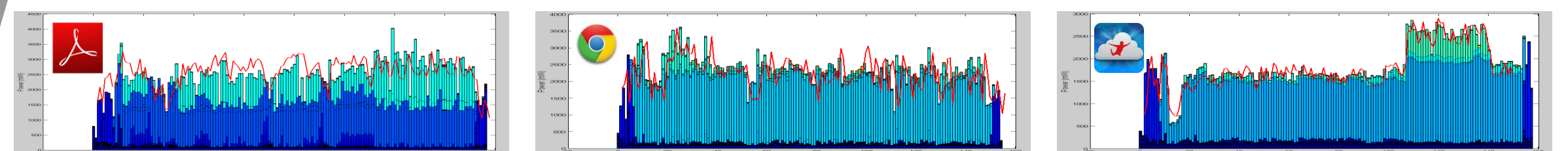
6. Result



여러 Benchmark의 데이터로 회귀 분석을 통해서 모델링의 상수를 얻었다. 구한 상수로 Benchmark를 Estimation한 그래프는 위와 같다.



위에서 구한 상수를 적용시켜서 실제 어플리케이션을 Estimation한 결과이다. 경향은 일치하지만 데이터의 Scale에서 차이가 나고 Adobe Veiver의 경우는 오차가 심하다.



상수의 Scale을 조절하면 위와 같이 매우 정확한 Estimation이 가능하다. 위의 결과들을 통해 테스트했던 Benchmark와 실제 어플리케이션의 상수가 경향이 다르다는 것을 알 수 있다.

결론. 현재의 모델링은 전력 소비의 경향은 잘 반영하나 실행한 Task의 성향에 따라 오차가 존재하는 한계점이 있다.

Test Benchmark와 Real Application의 경향이 다른 이유는 모델링에 반영되지 않은 요소의 영향일 수 있다. (예. L2 Cache, 온도 ..) 또는 Test Benchmark의 경우에는 Utilization이 항상 100%에 가깝고 실제 어플리케이션은 Utilization이 유동적이기 때문에 두 경우 전력 소비의 경향이 다를 수 있다.

Reference. W.Lloyd Bircher and Lizy K. John, “Complete System Power Estimation Using Processor Performance Events”
Aaron Carroll and Gernot Heiser, “An Analysis of Power Consumption in a Smartphone”