



Whitepaper

가변 SMP – 저전력, 고성능용 멀티코어 CPU 아키텍처

목차

.....	1
개요	Error! Bookmark not defined.
주요 모바일 사용 사례용으로 최적화	Error! Bookmark not defined.
실리콘 프로세스와 전력 및 주파수에 미치는 영향	Error! Bookmark not defined.
가변 대칭형 다중 처리(Variable Symmetric Multiprocessing)	6
저전력 컴패니언 코어.....	Error! Bookmark not defined.
투명 운영체제 (OS Transparent) 구축	Error! Bookmark not defined.
작업량 기반의 CPU 코어의 동적 활성화와 비활성화	Error! Bookmark not defined.
vSMP 아키텍처의 구조적 장점	Error! Bookmark not defined.
구조적 도전과제와 솔루션	Error! Bookmark not defined.
vSMP의 전력 혜택	Error! Bookmark not defined.
듀얼 코어 대비 쿼드 쿼어의 전력 혜택	Error! Bookmark not defined.
결론	Error! Bookmark not defined.
문서 변경 내력	16

개요

엔비디아는 2011년 2월 새로운 모바일 애플리케이션, 새로운 경험, 한층 강력해진 멀티테스팅, 고품질 게이밍과 더욱 빨라진 웹 브라우징 등을 가능하게 해 줄 세계 최초의 쿼드코어 모바일 프로세서인 프로젝트 칼 엘 (Project Kal-El) 모바일 프로세서를 소개하고 데모를 시연하였다. 프로젝트 칼 엘은 CPU 코어를 낮은 주파수에서 동작하여 배터리 수명을 연장시키는 한편 듀얼코어 또는 싱글코어 프로세서에 비해 더 많은 작업을 수행할 수 있다.

다른 업계 리더들 역시 쿼드코어가 올바른 방향이라는 데 동의하고 있으며, 이에 따라 자체적인 모바일 쿼드코어 프로세서 제품군을 발표하고 있다. 많은 사용 사례에서 CPU 코어 수의 증가는 성능 향상과 전력 감소로 이어지며, 그 외 추가 기술은 이러한 역량을 한층 더 진전시킬 수 있을 것이다.

엔비디아의 프로젝트 칼 엘 프로세서는 새로운 개념의 가변 대칭형 멀티프로세싱 (**Variable Symmetric Multiprocessing**, 이하 **vSMP**) 기술을 적용하였다. 이전까지 공개되지 않았던 vSMP는 활성 대기 모드, 음악 재생, 동영상 재생 등의 작업을 낮은 주파수에서 수행하는 특별한 저전력 실리콘 프로세스를 사용하여 구축된 제 5의 CPU 코어인 컴패니언 (companion) 코어를 포함한다. 표준 실리콘 프로세스를 이용하여 구축된 네 개의 메인 “쿼드” 코어는 더 높은 주파수에 도달하는 동시에 많은 작업 수행 시 듀얼 코어 솔루션보다 전력 소모가 적다. 다섯 개의 CPU 코어는 모두 동일한 ARM 코어텍스(Cortex) A9 CPU이며, 각각 작업 부하에 따라 (적극적인 파워 게이팅을 통해) 활성화되거나 비활성화된다. 컴패니언 코어는 현 비동기 SMP 아키텍처와 달리 운영체계에 투명한데(OS transparent), 이는 즉, OS와 애플리케이션이 컴패니언 코어를 인식하지는 않되, 자동적으로 이 코어를 활용한다는 것을 의미한다. 이러한 전략은 소프트웨어 작업 부하와 신규 코딩 요구량을 상당 부분 절감해 준다.

주요 모바일 사용 사례용으로 최적화

모바일 사용 사례 연구 결과 대부분 모바일 기기의 경우 활성 대기 상태에 있는 시간이 80%에 이르며, 인텐시브 모바일 애플리케이션 처리 시간은 20%에 불과한 것으로 나타났다.

활성 대기 상태로 놓여있는 가방 속 또는 책상 위의 자신의 모바일 기기를 생각해 보자. 또는 사용자가 디바이스와 적극적으로 상호작용하지 않을 때 프로세서는 백그라운드 작업이나 사용자 인터렉션이 필요하지 않은 저성능 애플리케이션을 구동한다. 그 반면, 웹브라우징, 이메일 체크, 게임, 멀티미디어 애플리케이션 구동, 미디어 재생 등을 위해 기기를 사용할 때 기기는 보다 높은 주파수 대역폭에서 구동하는 한 개 이상의 CPU 코어를 필요로 하는 성능집중 모드에 들어가게 된다.

기기가 활성 대기 상태에 있을 때도 이메일 동기화, 소셜 미디어 동기화, 라이브 배경화면, 액티브 위젯 등 수많은 작업이 백그라운드에서 실행되고 있다는 점을 명심하도록 하자. 이러한 작업들은 아주 낮은 주파수에서 구동하는 한 개의 CPU 코어로 처리될 수 있다. 일반적으로

사용자들은 백그라운드 작업이 처리되고 배터리 수명이 크게 소모되지만 애플리케이션이 얼마나 빨리 처리되는 지에는 큰 관심을 두지 않는다.

활성 대기 상태에 있을 때 모바일 프로세서의 활성 대기 전력 소비를 최소화하여 배터리 수명을 현격하게 향상할 수 있다.

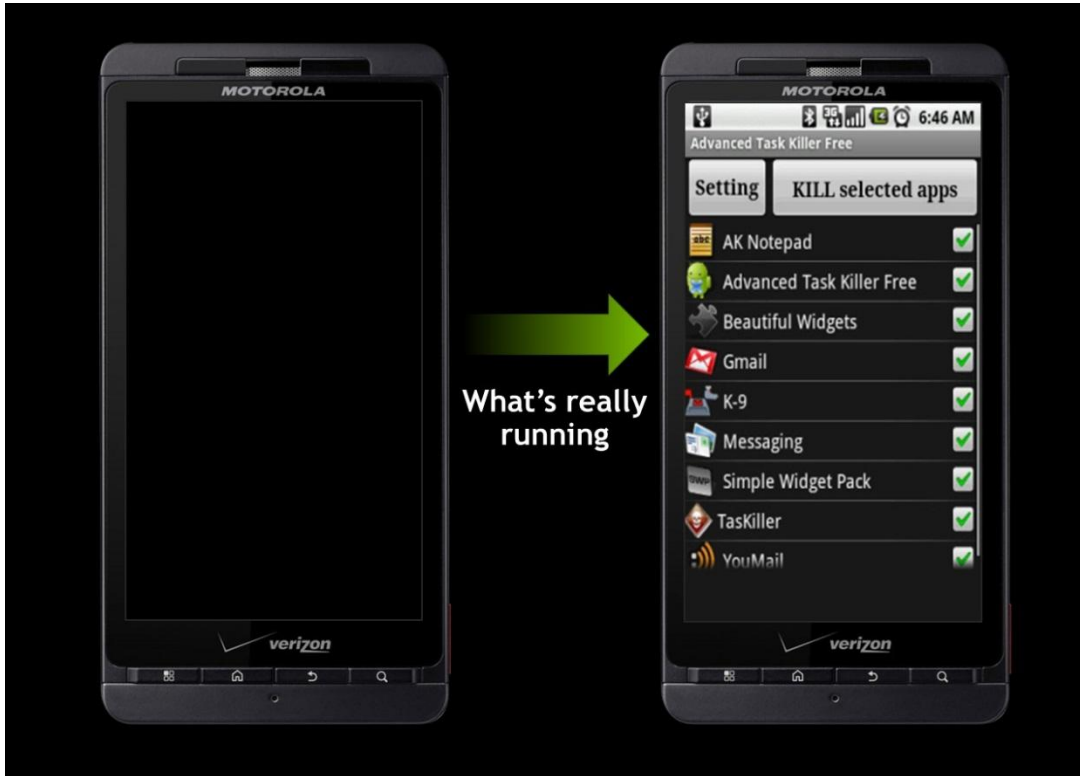


그림 1 기기가 활성 대기 상태일 때 주로 실행되는 백그라운드 작업

실리콘 프로세스와 전력 및 주파수에 미치는 영향

실리콘 디바이스의 전력 소비는 누설전력(leakage power)과 동적 전력(dynamic power)의 총합과 같다. 누설 전력은 주로 실리콘 프로세스 기술에 의해 결정되며 동적 전력은 실리콘 프로세스 기술과 동작 전압 및 주파수에 의해 결정된다.

실리콘 기기의 동적 전력은 동작 주파수에 비례하며, 더 중요하게는 동작 전압의 제곱에 비례한다.

$$\text{총 전력} = \text{누설 전력} + \text{동작 전력}$$

$$\text{동작 전력} \propto \text{주파수} \times \text{전압}^2$$

실리콘 기기가 피크 주파수 또는 피크 주파수 근사치에서 동작될 때, 기기의 총 소비전력은 동적 전력 소비가 장악하며, 기기가 유휴 상태이거나 유휴에 가까운 상태일 경우 누설전력이 총 소비전력의 상당 부분을 차지한다.

고속 프로세스 기술의 트랜지스터는 높은 누설전력을 소비하며 정상적인 전압 수준에서 매우 빠른 스위칭 타임을 갖고 있다. 따라서, 고속 프로세스 기술에 탑재된 CPU 코어는 (그림 2의 CPU A) 유휴 또는 활성 대기 상태에서 높은 누설 전력을 소비하지만, 동작 전압의 현격한 증가 없이 보다 높은 주파수 대역에서 구동할 수 있는 역량을 갖고 있다.

저전력 프로세스 기술의 트랜지스터는 낮은 누설 전력을 갖고 있지만 정상적인 전압 수준에서 저속의 스위칭 타임을 갖고 있으며 (높은 주파수 작동을 위해) 보다 빠르게 스위치를 실행하기 위해서는 정상적인 전압 범위 보다 높을 필요가 있다.

저 전력 프로세스 기술에 구축된 CPU 코어 (그림 2의 CPU B)는 매우 낮은 누설전력을 소비하지만 매우 높은 주파수에서 작동하기 위해서는 정상 범위 보다 높은 전압 수준을 필요로 한다. 따라서, 과도한 양의 동적 전력을 소비하기 때문에 상당한 전력 및 열 문제를 발생시킬 수 있다.

다음의 단순화된 서술이 위의 개념을 효과적으로 요약하고 있다.

고속 프로세스 = 고 주파수 오퍼레이션에 최적화, 단, 높은 누설

저전력 프로세스 = 낮은 누설로 낮은 주파수에서 작동

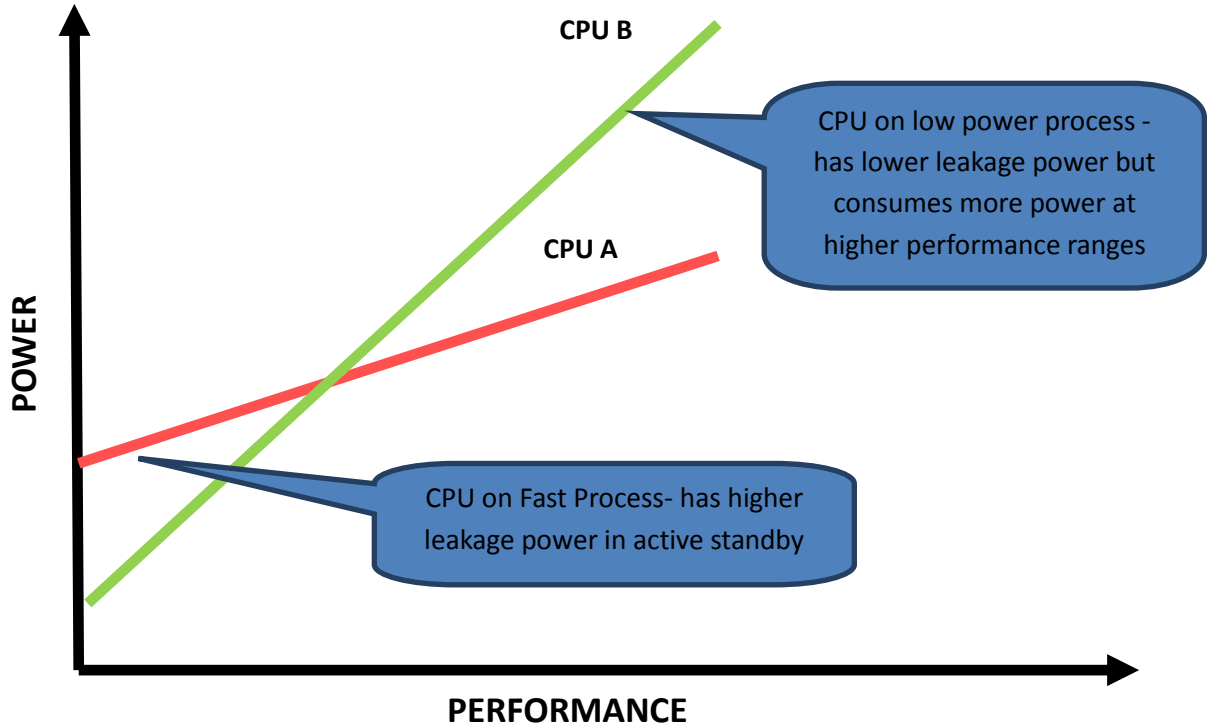


그림 2 모바일 CPU 전력성능 곡성

성능 집중 모바일 사용 사례와 배터리 수명 연장에 대한 수요 급증을 충족하기 위해, CPU 코어의 활성 대기 및 동적 전력 소비를 최소화하는 것은 매우 어려워지고 있다. (위에 규정된) 실리콘 프로세스를 아키텍처적인 최적화와 결합함으로써 단일 SoC (System-on-a-Chip)는 고성능 및 저전력 소비에 모두 최적화될 수 있을 것이다.

가변 대칭형 다중 처리(Variable Symmetric Multiprocessing)

엔비디아의 프로젝트 칼 엘은 특허 받은 가변 대칭형 다중 처리 (vSMP) 기술을 적용한 세계 최초의 모바일 SoC 디바이스이다. vSMP 기술은 활성 대기 상태의 전력 소모를 최소화하는 동시에 온 디맨드 최대 쿼드코어 성능을 제공한다. 칼 엘은 네 개의 메인 Cortex A9 고성능 CPU 코어 외에 활성 대기 상태의 전력 소모를 최소화하고 부하가 적은 프로세싱 작업을 처리하는데 최적화된 “컴패니언” CPU 라는 이름의 제 5의 저전력, 저누출 Cortex A9 CPU 코어를 적용하였다.

프로젝트 칼 엘은 애플리케이션과 운영체계의 필요조건을 기반으로 메인 코어와 컴패니언 코어 사이의 작업 분배를 지능적으로 관리하는 다른 특허 받은 vSMP 기술을 포함하고 있다. 이

관리는 엔비디아의 동적 전압 및 주파수 스케일링 (Dynamic Voltage and Frequency Scaling: DVFS)과 CPU Hot-Plug 관리 소프트웨어가 처리하며 다른 특별한 OS 변경이 필요 없다.

저전력 컴패니언 코어

컴패니언 코어는 저전력 프로세스 기술에 설계되었지만, 메인 Cortex A9 CPU 코어와 동일한 내부 아키텍처를 갖고 있다. 저성능 범위(와 주파수)의 저전력 프로세스에 구축되었기 때문에 고속 프로세스 기술에 구축된 메인 CPU 코어보다 전력 소모가 적다. 칼 엘의 전력 성능 측정에 따르면 500 MHz 이하의 동작 주파수에서 메인 코어 대비 컴패니언 코어가 와트당 보다 높은 성능을 제공하는 것으로 나타났다. 따라서, 컴패니언 코어의 최대 동작 주파수는 500MHz 로 한정되었다. 표 1 은 칼 엘에서 컴패니언 코어와 네 개의 메인 코어를 비교, 대조한 것이다.

	전력 최적화 컴패니언 CPU 코어	성능 최적화 메인 CPU 코어
아키텍처	Cortex A9	Cortex A9
프로세스 기술	저전력 Low Power (LP)	일반/고속 General/Fast (G).
동작 주파수 범위	0 MHz ~ 500 MHz	0 MHz ~ Max GHz

표 1 컴패니언 및 메인 CPU 특징

컴패니언 코어는 주로 모바일 기기가 활성 대기 상태에 있거나 이메일 싱크, 트위터 업데이트, 페이스북 업데이트 등 백그라운드 작업을 실행할 때 사용된다. 또한 오디오 스트리밍, 오프라인 오디오, 온라인 또는 오프라인 동영상 재생 등 CPU 프로세싱 역량을 많이 필요로 하지 않은 애플리케이션에 사용된다. 오디오 및 동영상 재생은 동영상 인코딩과 더불어 하드웨어 기반 인코더와 디코더로 거의 처리된다는 점에 주목할 필요가 있다.

컴패니언 코어와 달리 메인 CPU 코어는 고성능 제공을 위해 매우 높은 주파수에서 작동할 필요가 있다. 따라서 낮은 동작 전압 범위에서 매우 높은 동작 주파수까지 스케일 업을 가능하게 해 주는 고속 프로세스 기술에 탑재되었다. 그렇기 때문에 메인 코어는 동적 전력 사용량의 현격한 증가 없이 고성능을 제공할 수 있다.

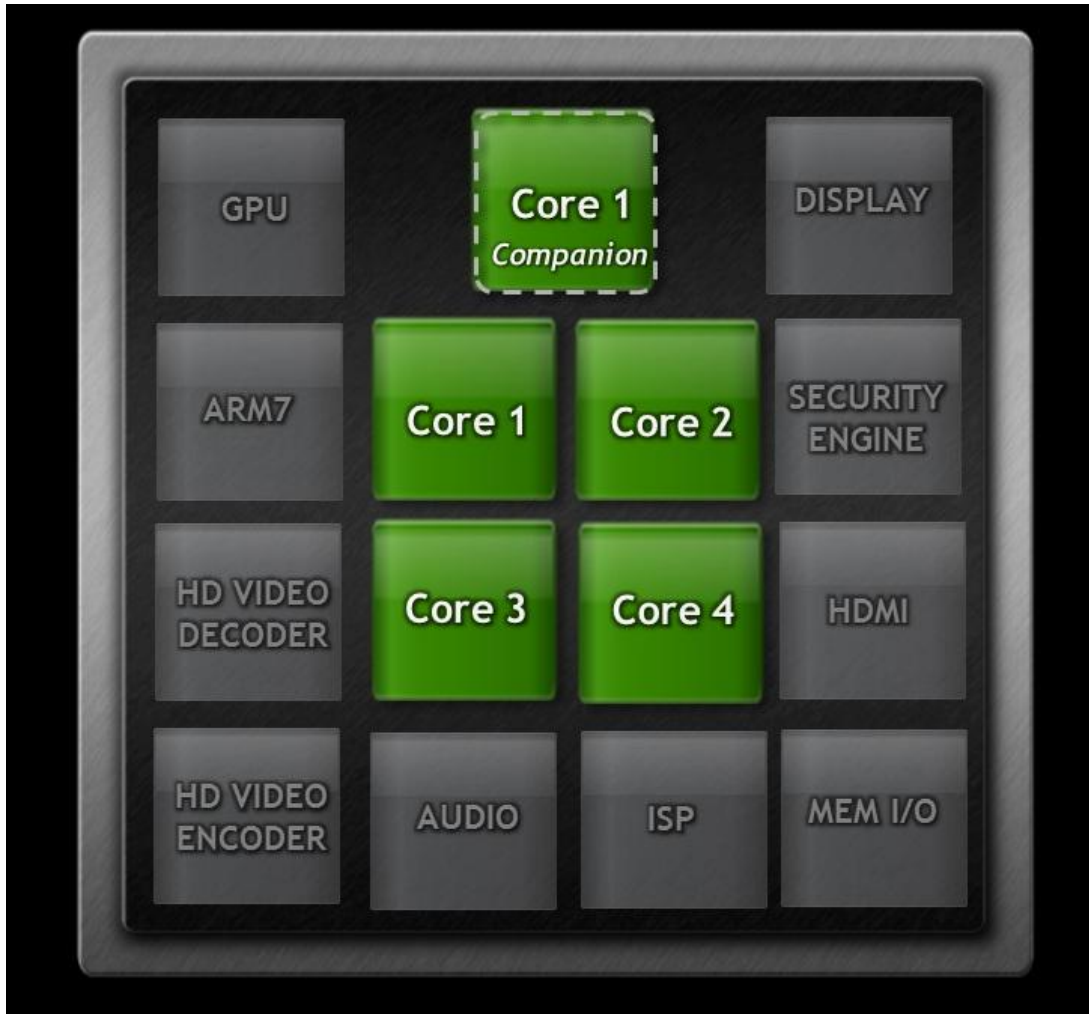


그림 3 칼 엘의 저전력 컴패니언 CPU

성능 최적화 메인 코어와 전력 최적화 컴패니언 코어를 결합한 vSMP 기술은 활성 대기 상태뿐 아니라 게이밍, 웹 브라우징, 플래시 미디어, 화상회의 등 성능이 매우 중요한 모바일 애플리케이션의 온디맨드(on-demand) 피크 쿼드 코어 성능에서 초저전력 소비를 가능하게 한다.

vSMP 기술은 그림 B 에 제시된 것 럼 전력 최적화 CPU B 와 성능 최적화 CPU A 의 전력-성능 혜택을 성공적으로 결합하여 그림 4 와 같은 전력-성능 곡선을 제공한다.

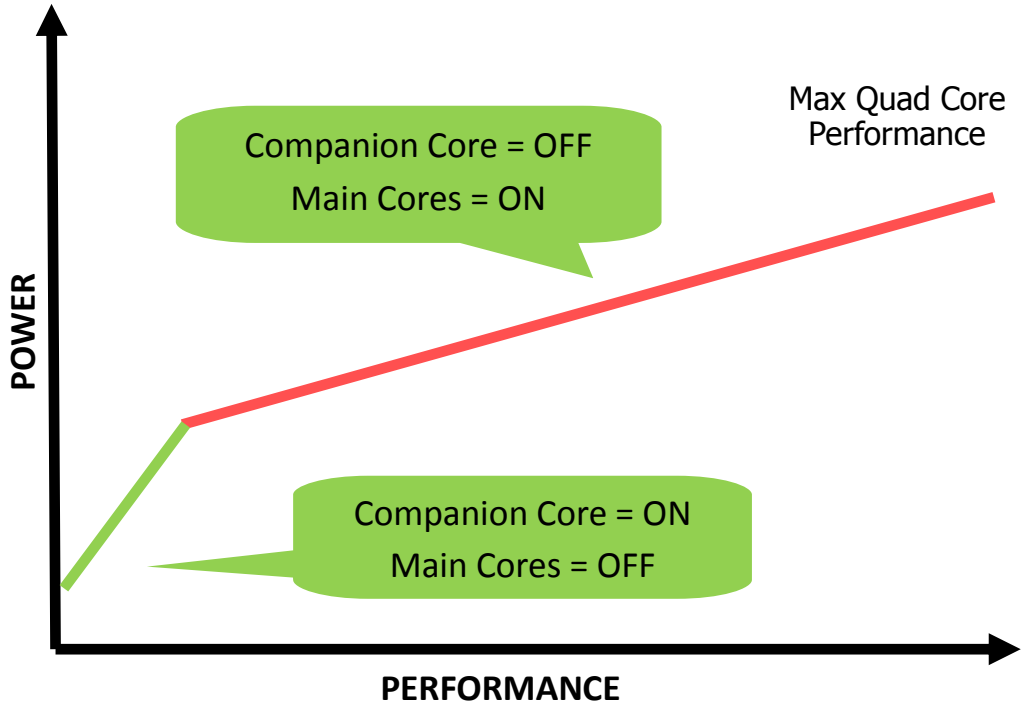


그림 4 vSMP 기술로 구동하는 컴패니언 코어 + 쿼드 메인 코어의 전력-성능 커브

투명 운영 체제(OS Transparent) 구축

안드로이드 3.x (허니콤) 운영체제는 멀티프로세싱을 위한 서포트 기능이 내장되어 있고, 복수의 CPU 코어 성능을 활용할 수 있는 역량을 갖고 있다. 그러나 OS는 모든 가용 CPU 코어가 동일한 수준의 성능을 갖고 있다고 가정하며 이 가정에 가용 코어의 작업을 편성한다. 따라서, 컴패니언 코어와 메인 코어 관리를 OS에 완전히 투명하게 만들기 위해서 칼 엘은 컴패니언 코어와 메인 쿼드 CPU 코어에 대해 하드웨어 기반과 저 수준의 소프트웨어 기반 관리를 모두 실행한다.

특히 받은 하드웨어 및 소프트웨어 CPU 관리 로직은 지속적으로 CPU 작업량을 모니터링하여 자동적으로 그리고 역동적으로 컴패니언 코어와 메인 CPU 코어를 활성화 또는 비활성화한다. 컴패니언 코어와 메인 코어를 켜다 끄는 결정은 순전히 현재 CPU 작업량과 그에 따라 OS 커널에 내장된 CPU 주파수 컨트롤 서브시스템의 CPU 동작 주파수 추천에 의거한다. 이 기술은 기타 다른 애플리케이션이나 OS 수정을 요하지 않는다.

작업량 기반의 CPU 코어의 동적 활성화와 비활성화

컴패니언 코어가 비활성화되고 모바일 프로세서가 프로세싱을 위해 메인 코어를 사용할 경우 CPU 가버너(CPU Governor)와 CPU 관리 로직은 지속적으로 CPU 작업량과 각 메인 코어의 활용도를 지속적으로 모니터링하여 메인 코어 네 개를 역동적으로 활성화하고나 비활성화한다.

예를 들어, 이메일, 기본 게임, 텍스트 문자 등의 애플리케이션은 보통 4 개 메인 코어 중 한 개의 처리 역량만을 필요로 한다. 반면에 플래시 웹 브라우징, 과중한 멀티태스킹 등 보다 부하가 큰 애플리케이션의 경우 CPU 매니저는 두 개의 CPU 코어를 활성화시킬 수 있다. 그러나 콘솔급 게임, 미디어 편집 및 제작 등 최상의 피크 성능을 요구하는 애플리케이션의 니즈를 충족하기 위해서는 네 개의 CPU 코어를 모두 활성화시킬 수 있다.



그림 5 작업 부하에 따른 CPU 코어 관리

vSMP 아키텍처의 구조적 장점

가변 SMP 기술은 비동기 클럭킹과 같은 다른 솔루션과 비교해 봤을 때 몇 가지 구조적 장점을 갖고 있다.

- **캐시 일관성** : vSMP 기술은 컴패니언 코어와 메인 코어의 활성화를 동시에 지원하지 않기 때문에 서로 다른 주파수에서 구동되는 코어 사이에 캐시를 동기화할 때 불이익이 적용되지 않는다. 컴패니언 코어와 메인 코어는 동일한 L2 캐시를 공유하며, 캐시는 컴패니언 코어와 메인 코어에서 동일한 수의 나노초로 데이터를 재전송하도록 프로그램 되어 있다. (메인 코어는 더 높은 주파수에서 구동되기 때문에 기본적으로 더 많은 “메인 코어 주기” 대비 더 적은 “컴패니언 코어 주기”가 필요하다.)
- **OS 효율성** : 안드로이드 OS 는 모든 가용 CPU 코어가 비슷한 성능 역량을 갖고 있는 가정하고, 이를 기반으로 각 코어의 작업량을 편성한다. 복수의 CPU 코어가 서로 다른 비동기식 주파수에서 구동하게 되면 각 코어는 서로 다른 성능 역량을 갖는 결과를 가져오며 OS 스케줄링 비효율성으로 이어질 수 있다. 반대로 vSMP 기술은 최적화된 OS 스케줄링을 위해 모든 액티브 코어를 비슷한 동기식 동작 주파수로 항상 유지한다. vSMP 가 컴패니언 코어에서 1 개 이상의 메인 CPU 코어로 전환할 예도, CPU 관리 로직은 최종 사용자가 인식하지 못하도록 매끄러운 전환을 보장하며, OS 스케줄링 페널티를 야기하지 않는다.
- **전력 최적화**: CPU 아키텍처 기반 비동기식 클럭킹의 각 코어는 일반적으로 동작 주파수에 따라 각 코어의 전압을 조정하기 위해 서로 다른 전원판 (전압 레인 또는 전압판)을 갖고 있다. 이는 전압판 전역에 걸쳐 신호 및 전선 소음의 증가를 가져올 수 있으며, 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 각 전압판이 독자적인 전압조정기를 필요로 할 수 있기 때문에, 이들 아키텍처는 CPU 코어 수가 증가될 경우 확장이 용이하지 않을 수 있다. 전압 조정기 추가는 BOM (자재명세서) 비용과 전력 소비를 증가시킨다. 만일 동일한 전압 레일이 전체 코어에 사용된다면 각 코어는 가장 빠른 코어가 요구하는 전압으로 구동되기 때문에 전력 감소를 위한 전압 자습 (“voltage squared”) 효과의 혜택을 상실하게 될 것이다.

vSMP 기술이 캐시 동기화와 비동기식 주파수에서 구동하는 코어 전반의 스케줄링 페널티를 받지 않기 때문에, 비동기식 클럭킹 기술을 사용하는 아키텍처보다 고성능을 제공할 수 있다.

구조적 도전과제와 솔루션

vSMP 아키텍처의 몇 가지 도전과제를 해결하기 위한 독창적인 솔루션이 개발되었다.

- **스위치 타임** : vSMP 는 컴패니언 코어와 메인 코어 사이의 스위칭 과정이 더딘 애플리케이션 로드 타임과 사용자 경험에 있어 눈에 띄는 지연을 가져오지 않도록 보장해야 한다. 이러한 상황에 대응하기 위해서 엔비디아는 고속 스위칭 효율성을 가능하게 하기 위해 최첨단 회로 및 로직을 구현하였다. 내부 시뮬레이션 결과 칩 내부의 코어 스위칭 시간과 (활성화된 코어의) 전압레일 안정화 시간을 포함한 총

스위칭 타임이 2 밀리세컨드 (ms)이하인 것으로 나타났으며, 이는 최종 사용자가 인식하지 못할 정도의 지연 시간이다.

- 코어 스래싱(Core Thashing):** vSMP 는 작업부하가 코어 간 스위치를 작동시키는 데 사용되는 임계값 (threshold value)근처에서 변동될 때 컴패니언 코어와 메인 코어간에 왔다 갔다 하는 전환이 자주 이루어지지 않도록 방지해야 한다. 이는 성능 저하를 가져오고 전력 절감 효과를 무효화하기 때문이다. 이 문제를 극복하기 위해 CPU 관리 알고리즘에 작업부하를 지속적으로 모니터링하고 조정하는 충분한 인텔리전스와 프로그램가능한 히스테리시스 제어 장치를 탑재하여 코어간 스래싱을 방지하였다.

가변 SMP 의 전력 혜택

vSMP 기술은 컴패니언 코어를 사용하여 활성 대기 상태에서 누설 전력 소비를 최소화하고 네 개의 메인 코어를 이용하여 피크 동작 주파수에서 동적 전력 소비를 최소화하여 현격한 전력 절감 효과를 제공한다. 사용 사례에 따라 vSMP 기술은 가능한 최저 전력으로 원하는 성능을 제공하기 위해 CPU 코어를 역동적으로 활성화 또는 비활성화한다.

아래 도표는 모든 사용 사례에서 절전 효과를 보여준 프로젝트 칼엘을 나타내고 있다. 도표는 TSMC 40nm 제조 기술에서 테그라 2 와 프로젝트 칼 엘 사용을 측정하였다.

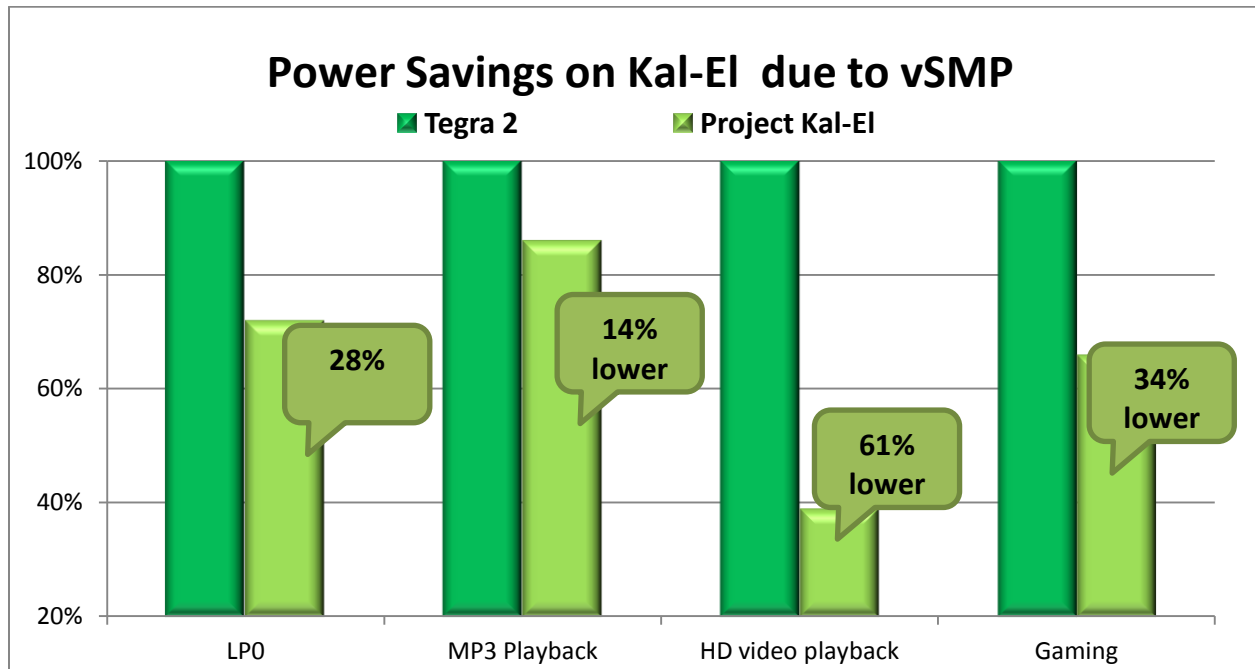


그림 2 vSMP 기술로 인한 프로젝트 칼엘의 절전 효과¹

¹ 전력은 다른 시스템 변수에 정상화된 후 애플리케이션 프로세서 전력과 DRAM 전력의 총합을 측정하였다. LPO 는 각 테그라 기기의 최저 전력 상태이다.

듀얼코어 대비 쿼드코어의 전력 혜택

vSMP 기술과 더불어 코어 수가 많은 것이 적은 것보다 전력 관리에 우수하다는 점을 명심할 필요가 있다. 예를 들어 쿼드코어 CPU는 듀얼코어 CPU보다 모든 성능점에서 낮은 전력을 사용한다. 그 이유는 네 개 코어가 낮은 주파수에서 구동될 수 있기 때문인데 즉, 낮은 전압에서 듀얼코어 CPU와 동일한 양의 작업을 처리한다는 것을 의미한다. 전력이 전압의 제곱에 비례하기 때문에, 총 CPU 전력이 매우 적다 해도 동일한 양의 작업을 수행할 수 있다.

표 2는 단일 또는 멀티코어 CPU 성능 측정의 인기 모바일 벤치마크인 코어마크(Coremark) 벤치마크를 구동했을 때 프로젝트 칼 엘 대비 경쟁 듀얼코어 프로세서의 전력 소비와 성능 수준을 측정한 것이다. 아래 표에서 동일한 수준- 즉, 각 프로세서가 약 5k의 코어마크 “작업”을 완수-의 성능으로 제한하였을 때 프로젝트 칼 엘의 CPU가 경쟁 솔루션 대비 2-3 배 적은 양의 전력을 소비한다는 점에 주목하자. 또한 칼 엘이 더 높은 주파수에서 구동되어 코어마크 작업량의 2 배 이상을 완수했을 때도 듀얼코어 솔루션에 비해 낮은 전력을 소비한다.

모바일 프로세서	측정 전력 (mW) ²	코어마크 성능
프로젝트 칼 엘 (각 코어 480 MHz로 구동)	579	5589
OMAP4 (각 코어 1 GHz로 구동)	1501	5673
QC8660 (각 코어 1.2 GHz로 구동)	1453	5690
프로젝트 칼 엘 (각 코어 1 GHz로 구동)	1261	11667

표 2 프로젝트 칼 엘과 경쟁 프로세서의 측정된 전력 및 성능

네 개의 CPU 코어를 모두 1 GHz에서 구동할 때도 칼 엘이 경쟁 듀얼코어 프로세서보다 전력을 적게 사용한다는 점에 주목하자. 칼 엘은 성능 최적화된 CPU 코어에 고속 프로세스 기술을 이용하기 때문에, 네 개의 코어는 경쟁 프로세서보다 낮은 동작 전압 범위를 사용하여 높은 주파수에서 구동할 수 있다. 동적 전력 소비가 동작 전압 제곱에 비례하기 때문에 칼 엘은 보다 높은 주파수에서 동작할 때에도 상당한 절전 효과를 제공할 수 있는 것이다.

² CPU-only 전력에 도달하기 위해 코어마크 (전체 테스트의 평균)로 구동된 총 시스템 파워에서 OS-유휴시 시스템 전력을 빼는 방식으로 CPU 전력이 측정되었다. 칼 엘은 OS 유휴시 새도 모드로 구동되는 데 주목하자. 칼 엘 참조 설계와 경쟁사 생산 기기에서 측정하였다.

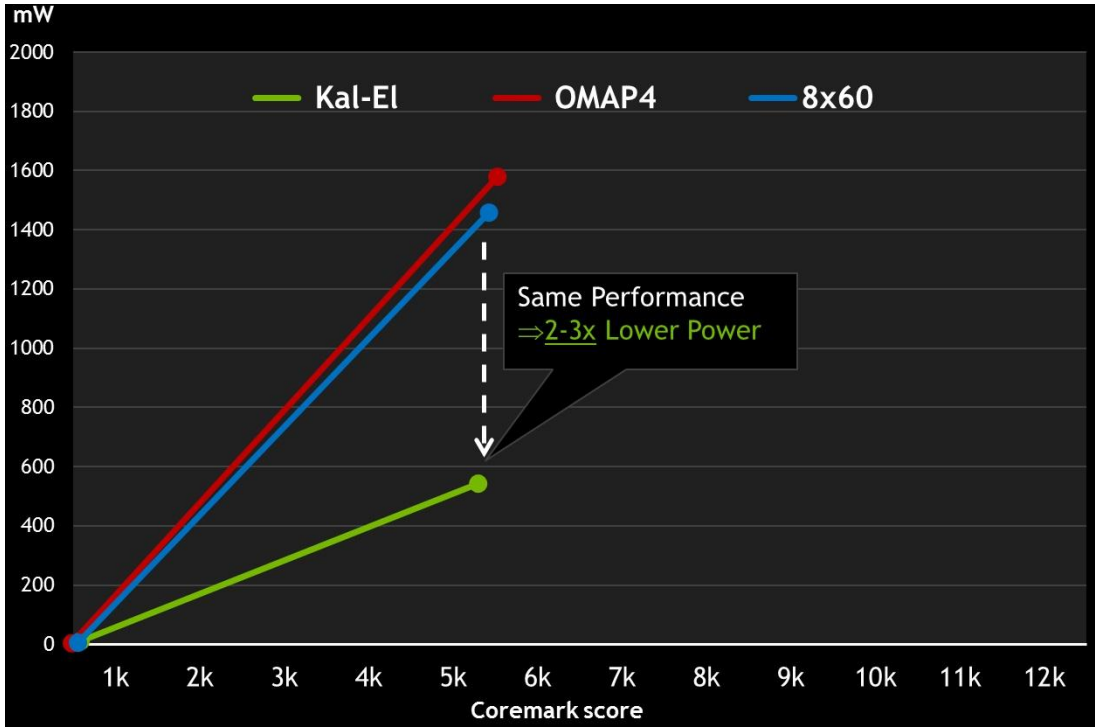


그림 7 경쟁 듀얼코어 프로세서와 동일한 성능 제공 시 칼 엘의 전력 소비

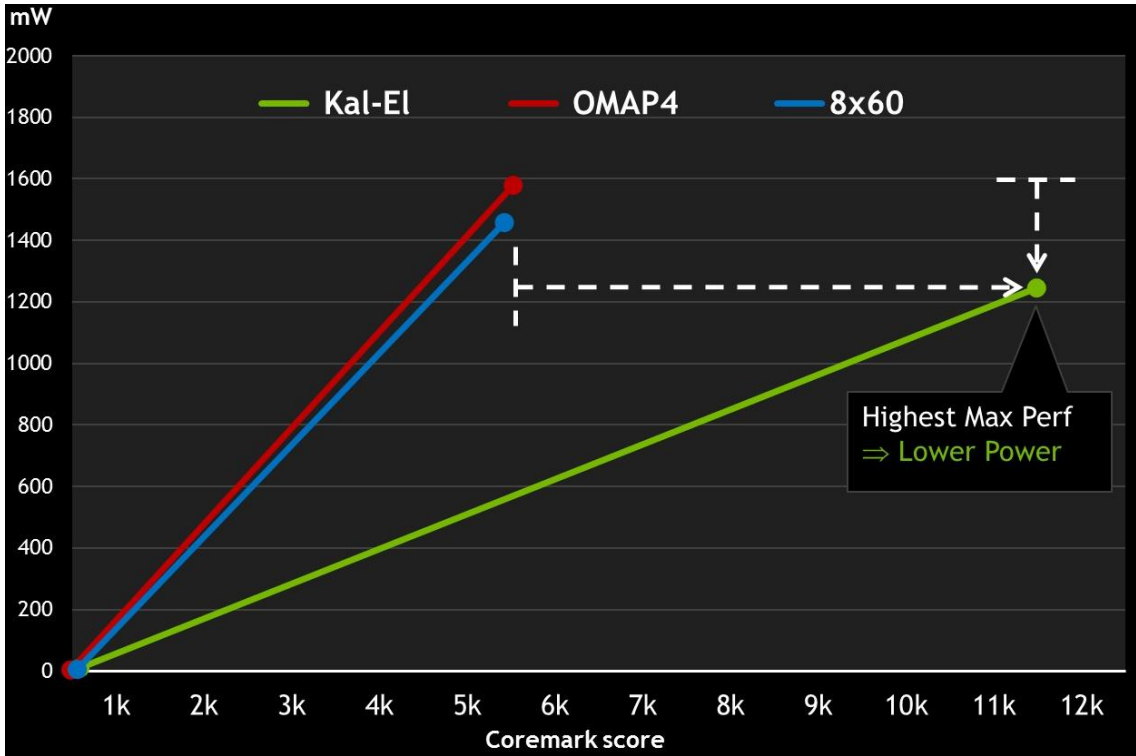


그림 8 최대 쿼드코어 성능 제공 시 칼 엘의 전력 소비

결론

모바일 애플리케이션에 대한 성능 요건이 증가함에 따라 SoC 벤더는 향상된 성능 제공과 더불어 전력 소비를 모바일 예산내에서 유지하기 위해서 멀티코어 프로세서 아키텍처를 채택하고 있다. 프로젝트 칼 엘이 적용한 가변 대칭형 다중 처리 (vSMP) 기술은 활성 대기 상태에서 전력 소비를 최소화하는 새로운 기준의 전력 절감 효과를 제공할 뿐 아니라 모바일 기기가 요하는 열 소모 예산 내로 동적 전력 소비를 유지하는 동시에 쿼드코어 성능 효과를 제공하고 있다. 백그라운드 작업에 컴패니언 CPU 코어를 사용하고 성능 집중 작업에 메인 코어를 사용함으로써 프로젝트 칼 엘은 모든 성능 수준에서 경쟁 모바일 프로세서보다 현격하게 낮은 전력을 소모한다.

쿼드코어 CPU와 가변 SMP 기술은 모바일 기기가 성능 한계를 뛰어넘었을 뿐 아니라, 애플리케이션 및 게임 개발자가 가장 인기 있는 사용 사례에서 배터리 수명을 연장하면서 새로운 모바일 경험을 제공할 수 있도록 지원하고 있다.

모바일 기기에서 쿼드코어 CPU의 혜택에 대한 정보는 “*모바일 기기에서 쿼드코어의 혜택 (The Benefits of Quad Core CPUs in Mobile Devices)*”이라는 백서를 참조하기 바란다.

문서 변경 내역

Notice

ALL INFORMATION PROVIDED IN THIS WHITE PAPER, INCLUDING COMMENTARY, OPINION, NVIDIA DESIGN SPECIFICATIONS, REFERENCE BOARDS, FILES, DRAWINGS, DIAGNOSTICS, LISTS, AND OTHER DOCUMENTS (TOGETHER AND SEPARATELY, "MATERIALS") ARE BEING PROVIDED "AS IS." NVIDIA MAKES NO WARRANTIES, EXPRESSED, IMPLIED, STATUTORY, OR OTHERWISE WITH RESPECT TO MATERIALS, AND EXPRESSLY DISCLAIMS ALL IMPLIED WARRANTIES OF NONINFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, NVIDIA Corporation assumes no responsibility for the consequences of use of such information or for any infringement of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of NVIDIA Corporation. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. NVIDIA Corporation products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of NVIDIA Corporation.

Trademarks

NVIDIA, the NVIDIA logo, Tegra, CUDA, FERMI and GeForce are trademarks or registered trademarks of NVIDIA Corporation in the United States and other countries. Other company and product names may be trademarks of the respective companies with which they are associated.

Copyright

© 2011 NVIDIA Corporation. All rights reserved.