



백서

# 키메라(Chimera)<sup>TM</sup>: 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 아키텍처

Tegra 4 SoC 제품군을 위한 뛰어난  
카메라 기능 구현

## 목차

개요 .....	3
HDR 이미징 기술을 채용한 이유 .....	4
현재의 HDR 이미징 기법.....	5
키메라(Chimera): 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 아키텍처 .....	9
엔비디아 "원샷" HDR 이미징 .....	10
프로그래밍과 맞춤형 구성이 가능한 아키텍처 .....	11
결론 .....	15

## 개요

1999 년 말, 세계 최초의 상용 카메라폰이 출시된 이래 지난 10 여 년간 고해상도 카메라를 탑재한 카메라폰과 스마트폰이 폭발적으로 증가했다. 스마트폰은 특유의 폼 팩터와 연결 기능 덕분에 즉석에서 간편하게 사진을 촬영하고 쉽게 공유가 가능하다는 장점이 있다. 최근 시장 조사에서는 전 세계 카메라폰 시장이 2013 년에 16 억 달러 규모를 넘을 것으로 예측되었다.

디지털 SLR(DSLR)이나 일반 디지털 카메라와 달리 스마트폰 카메라는 얇은 폼 팩터와 배터리 크기의 제약이 따른다. 따라서 부피가 큰 광학 렌즈, 큰 이미지 센서 또는 추가 DSP 칩을 사용하여 사진 품질을 높일 수가 없으며, 현재까지의 스마트폰은 고급 카메라 기능에 요구되는 매우 빠른 응답 성능을 제공하지 못한다. 현재 많은 카메라폰에 "상당히 괜찮은" 카메라 기능이 다양하게 통합되고 있는 상황에서 첨단 스마트폰 제조사들은 고해상도 이미지 센서와 내장 LED 플래시는 물론, 스마일 감지, 파노라마 촬영, HDR(High Dynamic Range) 이미징 등의 기능을 채택해 저마다 제품을 차별화하고 있다.

이러한 고급 소프트웨어 기능은 대부분 SoC(System-on-a-Chip)에 내장된 ISP(이미지 신호처리 프로세서)의 제한된 처리 능력과 CPU 코어의 사후 처리 능력에 의존한다. 이러한 설계 방식은 제한적인 카메라 효과를 지원하는 아키텍처로는 좋을지 모르지만, 진정한 감동을 주는 카메라 효과는 지원하지 못한다.

**NVIDIA® Tegra® 4** 모바일 프로세서 제품군에는 **맞춤형 GPU 코어, 쿼드 코어 ARM CPU, 진보된 ISP 코어**로 조합으로 구성된 **NVIDIA® Chimera™ 계산사진학(Computational Photography) 아키텍처**가 탑재되어 상시 (Always-On) HDR 사진 촬영, HDR 비디오, 비디오 안정화, 객체 추적(tap-to-track), 기타 많은 컴퓨팅 작업량을 필요로하는 이미지 처리 어플리케이션 등의 고급 카메라 기능에 요구되는 고도로 높은 컴퓨팅 성능을 제공한다. 그뿐만 아니라 키메라 아키텍처의 소프트웨어 스택에는 효과적으로 정의된 일련의 API 와 플러그인이 포함되어 있다. OEM 및 서드파티 어플리케이션 개발자들은 이러한 API 와 플러그인을 통해 엔진의 처리 성능을 손쉽게 활용해 고유하고 차별화된 카메라 어플리케이션을 개발할 수 있다.

## HDR 이미징 기술을 채용한 이유

HDR 이미징은 조명이 밝은 영역과 조명이 어둡거나 그림자가 진 영역이 모두 담겨 있는 장면의 조명 강도를 보다 폭넓게 캡처할 수 있도록 하는 일련의 기법을 결합한 기술이다. 실제 장면의 명암비는 대개 가장 밝은 영역과 가장 어두운 영역 간의 차이가 10,000:1 비율을 넘는다. 실제 장면에 나타나는 이러한 명암비를 전체적으로 담아내기란 쉬운 일이 아니며, 디지털 카메라 CMOS 센서의 크기, 감도, 신호 품질과 센서의 각 픽셀 크기에 따라 크게 좌우된다. 대형 풀 프레임 센서가 장착된 최고급 DSLR 카메라도 최고 4,000:1 의 제한적인 명암비 밖에 담아내지 못한다. 대부분의 스마트폰 카메라는 훨씬 작고 품질이 낮은 이미지 센서를 사용하기 때문에 실제 장면에서 나타나는 명암비의 일부 밖에 담아내지 못한다.

조명이 매우 밝은 배경과 조명이 어두운 전경 피사체로 인해 명암비가 매우 큰 그림 1의 사진을 한번 살펴보기로 하자. 이미지 센서의 명암비 한계로 인해 현재의 스마트폰 카메라로는 한 장의 사진에서 장면의 조명이 어두운 영역(왼쪽 이미지)이나 조명이 밝은 영역(오른쪽 이미지)의 명암대밖에 담아낼 수 없다. 카메라의 노출 시간을 늘리면 그늘진 피사체의 디테일을 잡아낼 수 있지만, 그와 동시에 조명이 밝은 영역이 희미해져 디테일이 크게 손상된다. 반대로 장면에서 조명이 밝은 부분의 디테일을 담아내도록 노출을 설정하면 전경 피사체의 노출이 현저히 부족하게 된다.



그림 1 고대비 장면 캡처의 어려움 - 배경이 희미하거나(왼쪽) 전경이 어둡음(오른쪽)

## 현재의 HDR 이미징 기법

사진작가들은 노출 수준을 달리하여 같은 장면을 여러 장의 이미지로 캡처하는 방법으로 카메라의 명암비 한계를 극복하고 있다. 즉, 각각의 이미지에 장면의 특정 명암비 부분을 담아내는 것이다. 이렇게 서로 다른 노출 설정으로 촬영한 개별 이미지는 어도비 포토샵과 같은 사진 편집 소프트웨어에서 하나로 병합한다. 사진 편집 소프트웨어는 복잡한 소프트웨어 알고리즘을 사용하여 원본 장면에 나타나는 명암비가 병합된 HDR 이미지에 대부분 포함되게 한다.

이 기법은 광범위하게 이용되고 있으며 디지털 카메라와 저렴한 사진 편집 소프트웨어 툴의 출현으로 인기가 크게 상승했다.

마찬가지로 스마트폰의 HDR 사진도 고노출 샷과 저노출 샷을 촬영한 후 CPU 에서 처리되는 소프트웨어 알고리즘을 사용하여 두 샷을 병합하는 방법으로 생성된다. 그림 2 는 현재 최고 사양의 스마트폰에 탑재되어 HDR 사진과 같은 고급 카메라 효과에 사용되는 카메라 아키텍처를 보여 준다.

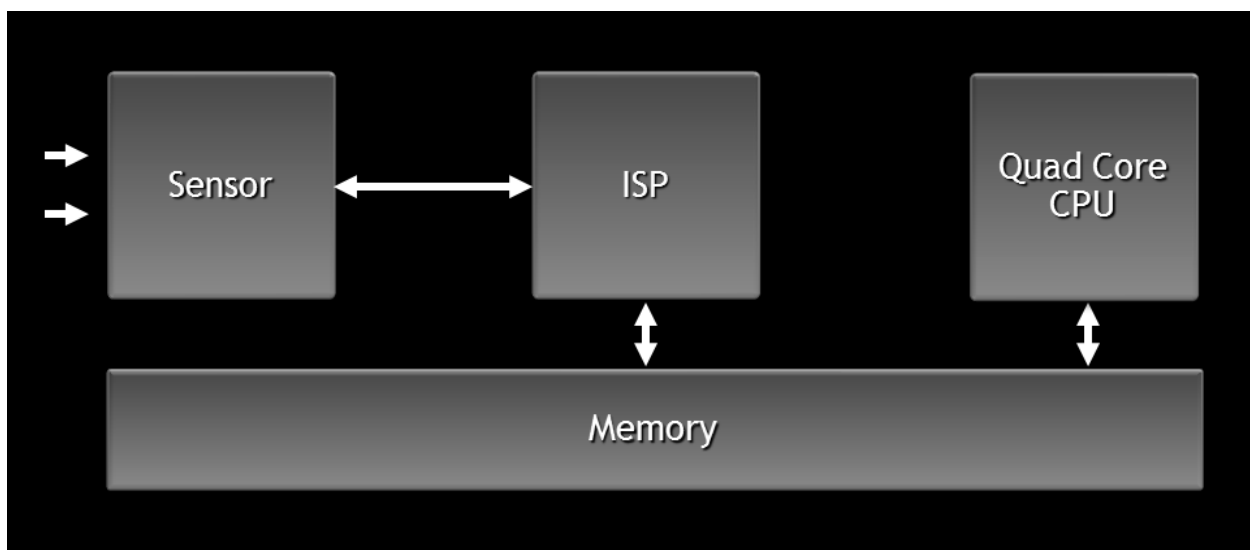


그림 2 현재 최고 사양 모바일 장치의 카메라 아키텍처



**그림 3 장면의 밝은 영역과 어두운 영역의 명암비를 담아내는 HDR 이미지**

스마트폰에서 찍은 HDR 이미지가 그림 3 에서처럼 적당한 이미지 품질을 제공할지는 모르지만 서로 다른 노출 설정으로 두 이미지를 촬영하고 ISP 를 통해 이미지를 처리한 다음 CPU 를 사용해 이미지를 병합하는 시간이 2 초 이상 소요된다. 이로 인해 사용자 환경의 질이 저하될 뿐만 아니라 프레임의 피사체(사람, 아이, 반려동물 등)나 배경 물체(구름, 파도, 폭포, 자동차 등)가 움직일 때는 좋은 품질의 HDR 사진을 촬영하기가 거의 불가능하다.

HDR 기능을 사용하지 않고 촬영한 그림 4 의 왼쪽 이미지를 살펴보아라. 전경의 피사체는 조명을 충분히 받았고 움직이고 있는 배경의 피사체도 선명하게 나왔지만 밝은 하늘과 배경의 건물은 희미해서 거의 보이지 않는다. 같은 장면을 HDR 모드를 사용해 촬영한 사진에서는 전경 피사체, 하늘, 건물의 명암비가 올바르게 촬영되었다. 하지만 움직이는 배경 피사체의 HDR 이미지에서는 "동작 인공물"(이 경우 피사체 얼굴의 이중상)이 나타나 이미지가 훼손되었다.



**그림 4 움직이는 피사체의 HDR 이미지를 캡처하기에 너무 느린 현재의 카메라 아키텍처**

저노출 샷과 고노출 샷 간의 일정한 시간 지연으로 인해 장면에서 움직이는 물체의 위치가 두 샷의 캡처된 이미지에서 다르게 나타난다. 따라서 그림 4의 오른쪽 이미지에서 보듯이 두 이미지를 병합하여 만들어진 HDR 이미지가 사용할 수 없는 흐릿한 이미지로 표현된다.

스마트폰은 움직이는 사람이나 장면의 자연스러운 모습을 촬영하는 데 가장 많이 사용되기 때문에 현재의 카메라 아키텍처를 기반으로 한 HDR 이미징 기술이 제공하는 품질은 불량할 수밖에 없고 그래서 잘 사용되지 않는다. 또한 현재 최고 사양의 스마트폰에서 HDR 이미지를 캡처하고 병합하고 생성하는데 총 2~5 초가 걸리기 때문에 버스트 HDR, 스트로브 모션 HDR, HDR 파노라마 등의 다른 HDR 지원 기능도 사실상 무용지물이다.

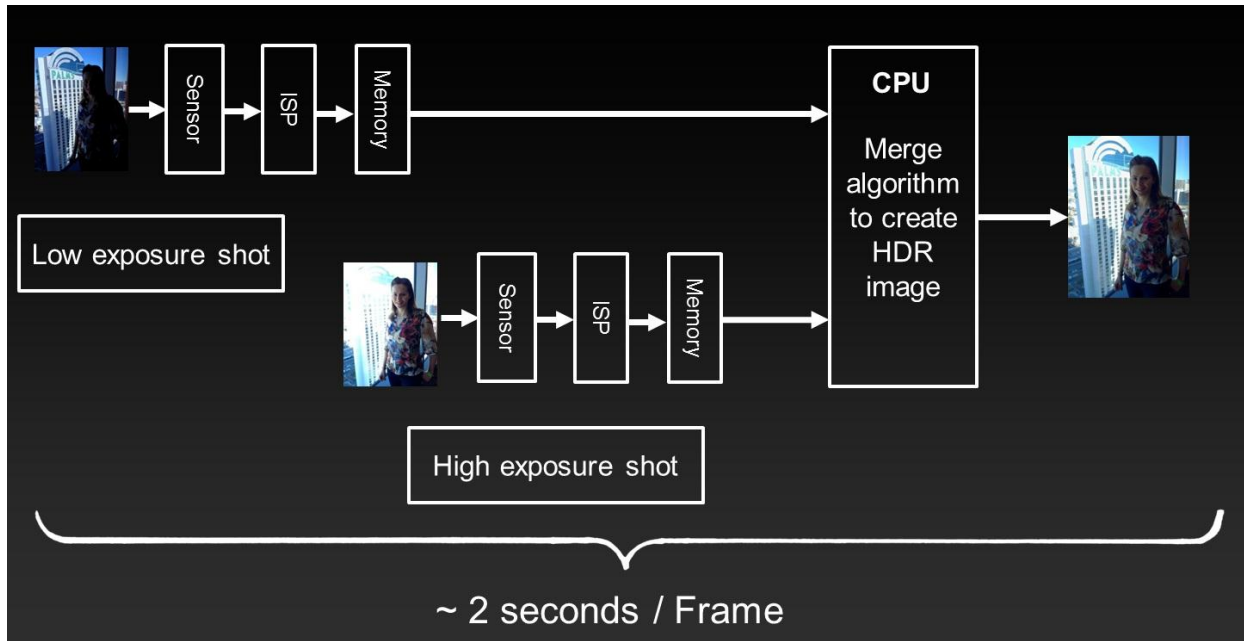


그림 5 현재 스마트폰에서는 HDR 사진을 생성하는 데 약 2 초 소요



## 키메라(Chimera): 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 아키텍처

NVIDIA® Tegra® 4 모바일 프로세서 제품군에는 컴퓨팅 집약적인 어플리케이션에 GPU의 처리 성능을 활용하는 분야에 있어서 엔비디아의 다년간 경험을 기초로 개발된 독자적 아키텍처인 엔비디아 키메라(Chimera)™ 아키텍처(그림 6)가 포함되어 있다. 이 아키텍처는 맞춤형 GPU 코어 및 쿼드 코어 ARM CPU의 병렬 처리 성능을 활용하여 현재 스마트폰 카메라 아키텍처보다 빠른 속도로 고급 이미지 처리 알고리즘을 실행하는 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 엔진이 그 핵심을 이룬다.

기존의 스마트폰 카메라 아키텍처는 이미지 센서에서 ISP 코어, CPU, 메모리 서브시스템을 통해 데이터를 전달하면서 직렬로 처리하기 때문에 처리 시간이 길고 처리 능력에도 제약이 따른다. 키메라 아키텍처는 CPU, GPU 및 ISP 코어에 걸친 이미지 처리 파이프라인을 가상화하고 훨씬 더 높은 컴퓨팅 리소스와 단축된 처리 시간을 제공하여 엔비디아 "원샷" HDR, 실시간 HDR 비디오, 버스트 HDR 캡처, 스트로브 모션 이미징, 객체 추적 등의 고급 이미지 기능을 지원한다.

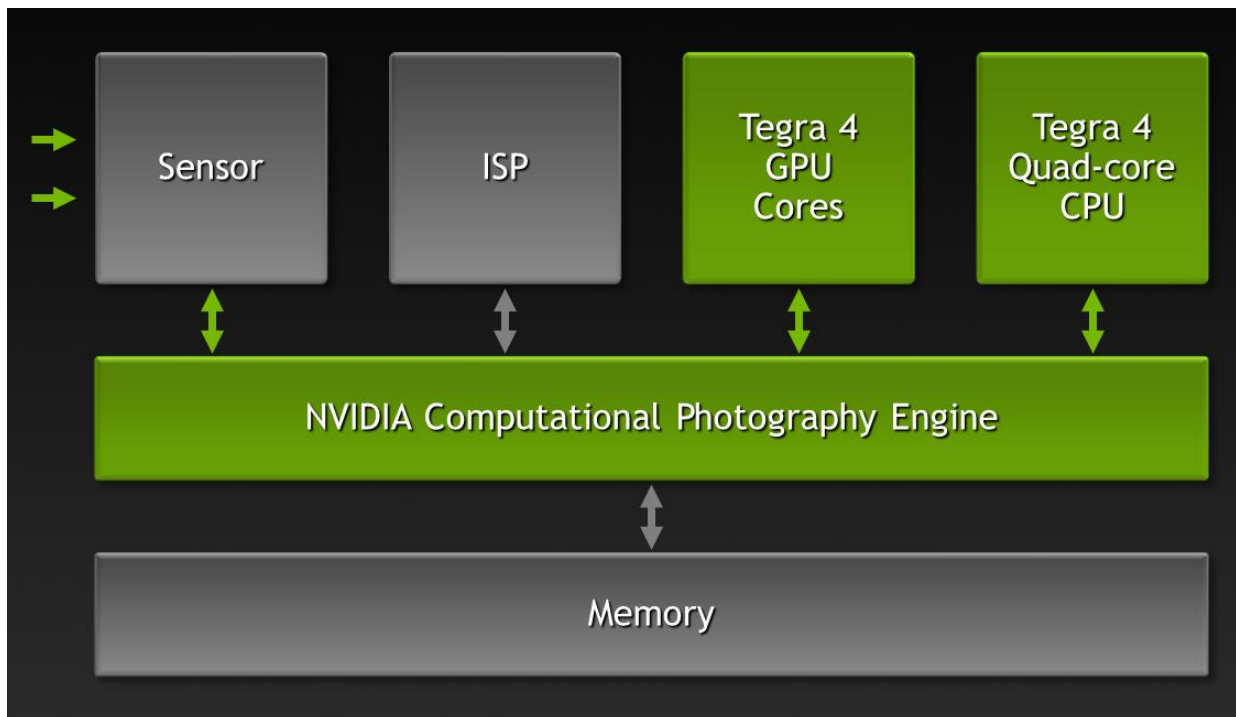


그림 6 키메라(Chimera)™: 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 아키텍처

## 엔비디아 "원샷" HDR 이미징

엔비디아 계산사진학 엔진은 GPU, 쿼드 코어 CPU 및 ISP 코어의 강력한 처리 성능을 활용하여 최종 HDR 이미지를 구성하는 알고리즘을 채용했다.

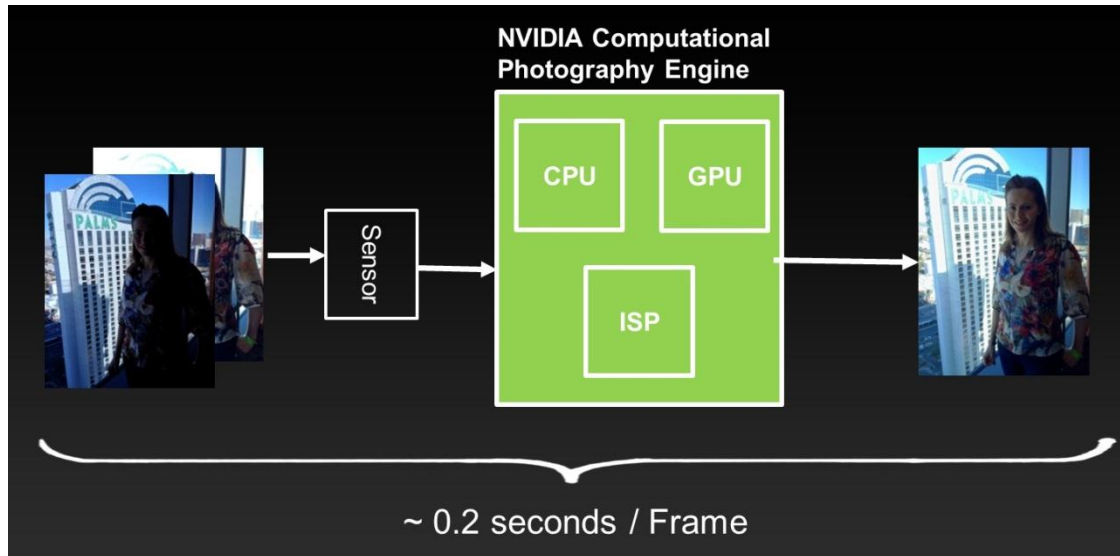


그림 7 Tegra 4 에서 Chimera 를 사용하여 최고 10 배 속도가 향상된 HDR 이미징

최첨단 이미지 센서 기술과 NVIDIA® Chimera™ 아키텍처의 강력한 컴퓨팅 성능을 결합한 NVIDIA® Tegra® 4 프로세서는 현재 최고 사양 스마트폰의 HDR 이미징 기능보다 최고 10 배 빠른 "원샷" HDR 이미징을 지원한다. 엔비디아 Tegra 4 기반 스마트폰과 태블릿은 1080p 30fps 로 실시간 HDR 비디오를 촬영하고, 버스트 HDR 모드나 플래시 지원 HDR 모드 같은 고급 HDR 기능을 제공하는 최초의 모바일 장치가 될 것이다. 스마트폰의 HDR 모드를 더 이상 일부 사진에만 특별한 모드로 사용할 필요가 없다. NVIDIA® Tegra® 4 프로세서의 엔비디아 계산사진학(Computational Photography) 엔진은 성능, 속도, 편의성을 제공함으로써 모바일 장치에서의 상시 HDR 경험을 가능하게 한다.

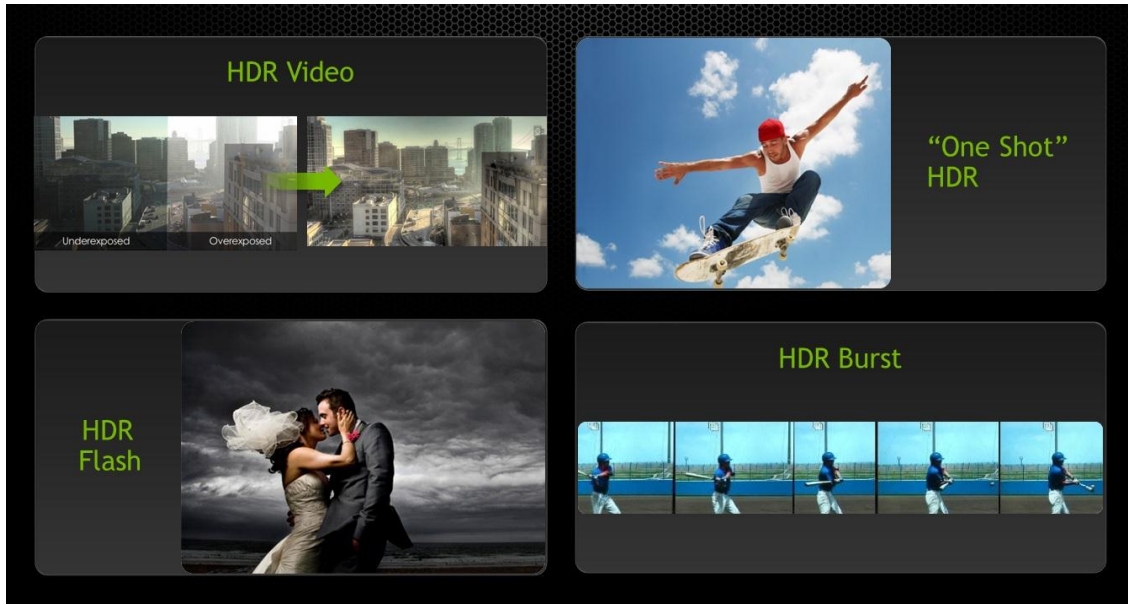


그림 8 엔비디아 상시 HDR 환경

### 프로그래밍과 맞춤형 구성이 가능한 아키텍처

NVIDIA® Chimera™ 아키텍처는 손쉽게 프로그래밍할 수 있도록 효과적으로 정의된 API 를 포함하고 있다. 또한 OEM 및 타사 카메라 어플리케이션 공급업체에서 키메라와 상호 작용하는 플러그인을 개발하여 성능을 차별화할 맞춤형 카메라 기능과 알고리즘을 구현할 수 있다.

카메라 어플리케이션은 공용 카메라 API 를 통해 하드웨어와 상호 작용하면서 기본 카메라 기능을 실행한다. 또한 키메라 아키텍처는 엔비디아 또는 파트너사가 개발한 플러그인을 통해 액세스되기 때문에 실시간 HDR, 비디오 안정화, 3D 이미지 재구성, 이미지 추적 등의 고급 기능이 지원된다.

요청되는 작업에 따라 키메라 아키텍처는 OpenGL(GPU), Neon(CPU), 코어 카메라 호출(ISP) 등 적절한 하드웨어 수준 API 를 사용하여 GPU, CPU 및 ISP 코어를 카메라 어플리케이션의 워크로드 처리에 활용한다.

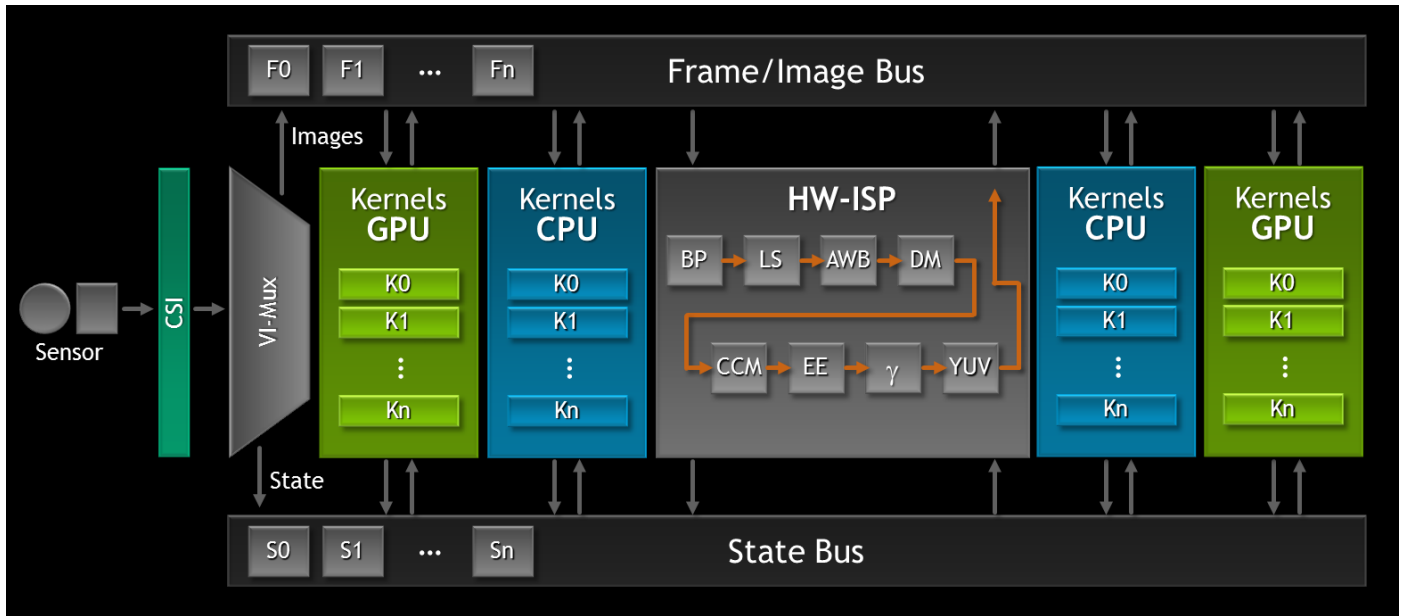


그림 9 Chimera 프로세스 흐름

키메라 아키텍처는 NVIDIA® Tegra®의 GPU, 쿼드 코어 CPU 및 ISP 코어를 추상화하는 소프트웨어 프레임워크(그림 9)이다. 엔진의 데이터 흐름은 2 개의 정보 버스를 통해 이루어지는데, 그중 하나는 이미지 또는 프레임 데이터를 전달하고 다른 하나는 각 프레임과 관련한 상태 정보를 전달한다. 이러한 프레임워크를 통해 컴퓨팅 블록 간의 효율적인 데이터 전달이 보장되므로 프로그래머가 직접 이 프로세스를 관리할 필요가 없다.

두 번째 핵심 요소는 특정한 순서(GPU, CPU, ISP, CPU, GPU)로 서로 연결된 일련의 컴퓨팅 요소이다. 어플리케이션 개발자는 이러한 컴퓨팅 체인의 일부 또는 전부를 선택할 수 있다. GPU 및 CPU 컴퓨팅 요소는 어플리케이션 개발자가 제공하는 커널(다이어그램의 K0... Kn)이라는 "네이티브" 코드를 실행한다.

예를 들어 카메라 센서에서 들어오는 원시 Bayer 데이터에 대해 특정한 형태의 노이즈 감소 작업을 수행한다고 가정해보자. 이 경우 GPU 를 사용하여 OpenGL-ES Fragment Shader 언어로 커널을 생성한다. 이 예에서는 특정 형식의 Bayer 데이터에 대한 픽셀 액세스마다 호출되므로 데이터의 도달 방법이나 전달 위치에 대해서 신경 쓸 필요 없이 셰이더를 쉽게 작성할 수 있다.

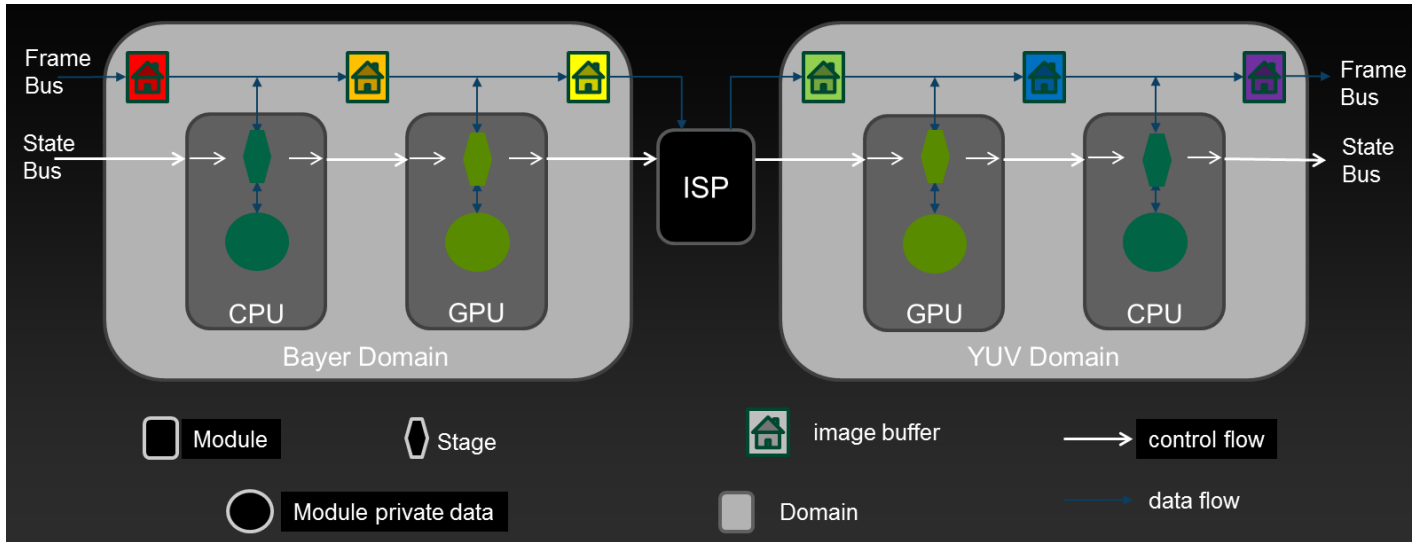


그림 10 Chimera 프로그래밍 모델의 세부 형태

그림 10은 NVIDIA® Chimera™ 아키텍처의 프로그래밍 모델을 세부적으로 보여 준다. 각 커널(그림 9)은 하나의 단계로서 "모듈"에 포함된다. 커널을 단계라고 하는 까닭은 쉽게 알 수 있다. 모듈에는 "모듈 개인 데이터"라고 하는 로컬 상태 정보도 들어 있는데, 이는 계산 단계에서 사용되는 중간 데이터이다. 여러 모듈 단계에서는 들어오는 프레임과 관련한 "상태 버스"에서 상태 데이터를 받는다. 새 프레임마다 노출 값(EV), 프레임 크기 등의 상태 데이터가 새로 포함되기 때문에 프레임 상태 데이터와 프레임은 일시적이다.

단계는 프로그래머가 결정하는 시간만큼 얼마든지 오랫동안 실행하여 완료할 수 있다. 모듈에는 모듈을 완벽하게 조정하는 데 필요한 디버깅 및 타이밍 정보도 들어 있다. 키메라 아키텍처의 파이프라인 특성으로 인해 각 단계는 별도의 프레임에서 병렬로 실행된다. 따라서 개발자가 아키텍처의 성능을 최대한 활용할 수 있다.

이제 이 프로그래밍 모델이 상시 HDR 기능을 구현하는 데 어떻게 사용되는지 알아보자.

이 예에서는 GPU와 CPU가 각각 파이프의 시작과 끝에 한 번씩만 사용된다. 이는 개발자가 사용할 처리 성능을 결정하고 선택할 수 있는 유연성을 잘 보여 준다. 상시 HDR을 구현하려면 프로그래머가 "통상적인" ISP 처리를 위해 ISP HW로 보내기 전에 GPU를 사용하여 Bayer 데이터에 대해 HDR 처리, 컨디셔닝 및 재구성을 수행하게 된다. ISP는 C++ 및 ARM Neon 명령을 사용한 CPU 가속을 기반으로 실행되는 톤 매퍼로 전달되는 YUV 이미지를 출력한다. 여기서도 프로그래머는 "모듈"을 설정하고 커널 단계를 작성하기만 하면 된다.

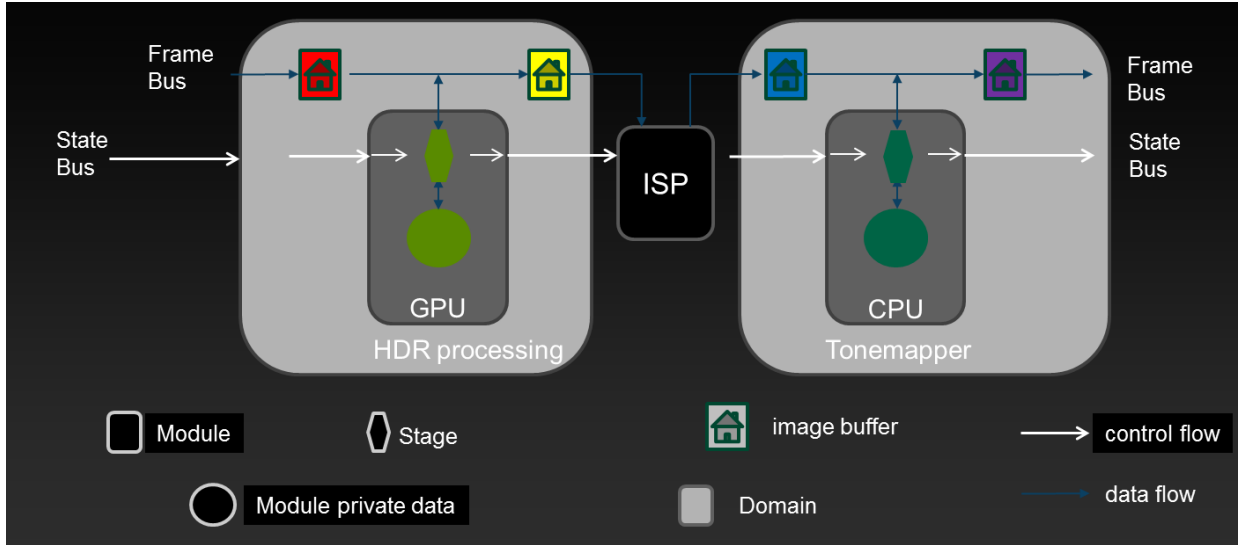


그림 11 상시 HDR 구현을 위한 Chimera 프로세스 흐름

프로그래머가 각기 처리의 일정 부분을 담당하는 커널을 서로 중첩하기를 원하는 경우가 많은데, 이는 특정 모듈에 "단계"를 추가하는 방식으로 구현된다(그림 12). 각 모듈에는 0 개 이상의 단계가 포함될 수 있으며, 단계는 모듈 내에서 모듈 객체에 제공된 순서에 따라 실행된다. 모듈 개인 데이터가 공유되므로 여러 단계는 모듈 개인 데이터를 사용하여 그 자체 간에 상태를 전달한다. 모듈은 모듈 개발자의 지시에 따라 이 개인 데이터를 상태 버스로 내보낼 수 있으며, 이러한 방식으로 처리 모듈 간에 데이터가 공유된다.

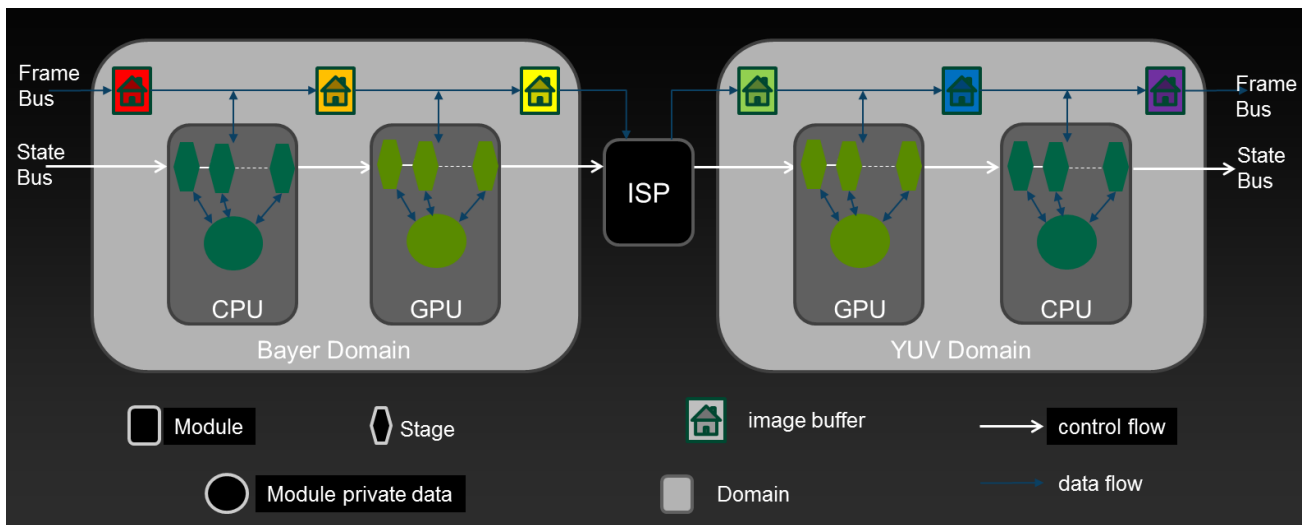


그림 12 프로세스 흐름에 단계를 추가함으로써 여러 커널을 서로 중첩할 수 있음

## 결론

사진을 찍거나 비디오를 촬영하여 소중한 기억을 담는 기능은 모바일 장치의 중요한 용도중 하나이고 여전히 그 사용빈도가 늘어나고 있다. 단적으로, 지금까지 촬영된 모든 사진 중 10%는 2011 년 한 해에 촬영되었다. 이는 개인 장치의 편리성과 간편한 사진 촬영 기능이 낳은 결과이다. 차세대 스마트폰 카메라는 계산사진학을 기반으로 발전하게 될 것이다. 그에 따라 이미지의 품질이 향상되고, 촬영자의 의도에 따라 눈으로 보는 장면을 정확하게 담아내어 다시는 경험하지 못할 찰나의 순간을 영원히 간직할 수 있게 될 것이다.

NVIDIA® Chimera™ 아키텍처는 GPU, CPU, ISP 에 내장된 처리 성능을 활용하여 상시 HDR 과 같은 새로운 기능을 지원함으로써 놀라운 품질의 사진을 촬영할 수 있게 해 준다.

이는 차세대 스마트폰과 모바일 장치의 출시가 임박한 시점에서 새롭고 다양한 사진 촬영 기능의 출현을 예고하는 첫 단계에 불과하다.

## **고지**

논평, 의견, NVIDIA 설계 사양, 참조 보드, 파일, 그림, 진단, 목록 및 기타 문서(통칭 "자료")를 비롯하여 본 백서에서 제공하는 모든 정보는 "있는 그대로" 제공됩니다. NVIDIA는 자료와 관련하여 명시적, 묵시적, 법적 또는 기타 어떠한 형태의 보증도 하지 않으며, 비침해성, 상품성 및 특정 목적에의 적합성과 관련한 모든 묵시적 보증을 명시적으로 부인합니다.

여기에 포함된 정보는 정확하고 신뢰할 수 있다는 믿음에 따라 제공됩니다. 단, NVIDIA Corporation은 그러한 정보의 사용으로 인해 발생하는 결과나 그 사용으로 인해 발생하는 특허권 또는 기타 제3자 권리의 침해에 대해서 책임을 지지 않습니다. NVIDIA Corporation의 특허 또는 특허권상 어떠한 사용권도 묵시적 또는 다른 방식으로 허용되지 않습니다. 본 발행물에 언급된 사양은 별도의 통보 없이 변경될 수 있습니다. 본 발행물은 이전에 제공된 모든 정보에 우선하며 그러한 정보를 대체합니다. NVIDIA Corporation의 명시적인 서면 동의 없이는 생명 유지 장치 또는 시스템의 중요 구성 요소로 사용이 허용되지 않습니다.

## **상표**

NVIDIA, NVIDIA 로고, Chimera 및 Tegra는 미국 및 기타 국가에서 NVIDIA Corporation의 상표 또는 등록상표입니다. 기타 회사명과 제품명은 관련된 해당 회사의 상표일 수 있습니다.

## **저작권**

© 2013 NVIDIA Corporation. All rights reserved.