



백서

NVIDIA® Tegra® X1

NVIDIA의 새로운 모바일 슈퍼칩

V1.0

목차

소개.....	4
NVIDIA Tegra® X1.....	5
NVIDIA Tegra X1 CPU 아키텍처.....	7
고성능 엔드 투 엔드 4K 60fps 파이프라인.....	8
NVIDIA Maxwell.....	8
눈에 띄는 그래픽 성능.....	10
놀라운 에너지 효율.....	11
Tegra X1 의 Maxwell 그래픽 아키텍처.....	12
폴리모프 엔진 3.0.....	15
향상된 메모리 압축.....	15
모바일 그래픽 품질의 기준 향상.....	17
테셀레이션.....	17
바인드리스 텍스처.....	17
Voxel Global Illumination.....	18
Multi-Projection Acceleration 및 Conservative Raster.....	18
Tiled Resources.....	19
Raster Ordered View.....	19
자동차의 Tegra X1.....	20
NVIDIA DRIVE™ CX 운전석 컴퓨터.....	20
NVIDIA DRIVE™ PX 오토 파일럿 플랫폼.....	24
동급 최강의 서라운드 비전.....	26
자동 주차.....	26
상황별 첨단 운전자 지원 시스템.....	28
딥 러닝 및 신경망.....	30
신경망 모델의 GPU 가속화.....	32
자동차에 딥 러닝을 도입한 NVIDIA DRIVE PX.....	35
결론.....	37
NVIDIA Tegra X1 SoC 사양.....	39
문서 개정 이력.....	40

소개

모바일 디바이스, 자동차, 다양한 임베디드 애플리케이션에 갈수록 많은 비주얼 컴퓨팅 기능이 필요하게 되면서 고급 GPU를 장착한 고성능 모바일 프로세서는 새로운 기능을 모두 제공하는 데 있어 필수적인 요소가 되었습니다.

NVIDIA Tegra® X1은 NVIDIA의 최신 모바일 프로세서로 NVIDIA 최고의 성능과 전력 효율을 자랑하는 **Maxwell™ GPU** 아키텍처를 이용합니다. **256 CUDA Core Maxwell GPU**를 활용하는 Tegra X1은 최신 그래픽 및 컴퓨팅 API를 모두 지원하면서도 동급 최강의 성능과 놀라운 에너지 효율을 제공합니다.

Tegra X1은 모바일 게임의 사실성을 눈에 띄게 강화하고, 최고 수준의 4K 모바일 비디오 경험을 제공하며, 중요하고도 새로운 임베디드, 자동차, 로봇틱스 및 컴퓨터 비전 애플리케이션 기능을 지원합니다. 특히 Tegra X1은 자동차 분야에서 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS), 컴퓨터 비전, 딥 러닝, 기기 클러스터, 인포테인먼트를 혁신하는 데 도움이 될 것으로 보입니다.

본 백서에서는 Tegra X1의 아키텍처 특징과 기능을 설명하고, Tegra X1과 NVIDIA가 자동차 분야의 비주얼 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅, 슈퍼컴퓨팅 분야에서 가진 강점 덕에 가능해진 모바일 그래픽과 자동차 기술에 대해 자세히 살펴봅니다.

Tegra X1의 Maxwell GPU는 다양한 첨단 그래픽 기능을 지원하여 모바일 게임에 데스크톱 수준의 비주얼과 풍부한 그래픽을 제공합니다. Tegra K1에서도 지원했던 테셀레이션, 컴퓨터 셰이더, 동적 조명, 바인드리스 텍스처 외에도, Tegra X1에는 전력 소비를 줄이기 위한 제3세대 델타 컬러 압축, 테셀레이션 성능 향상을 위한 두 개의 Maxwell 클래스 폴리모프 엔진, 저렴한 성능 비용으로 화질을 개선할 수 있는 멀티프레임 안티앨리어싱(MFAA)과 같은 새로운 안티앨리어싱 기술을 가능하게 한 프로그래밍 가능한 샘플링 등의 새로운 그래픽 기능이 포함되어 있습니다.

Tegra X1의 Maxwell GPU는 딥 러닝, 컴퓨터 비전 및 기타 컴퓨팅 기반 애플리케이션에 뛰어난 컴퓨팅 성능을 제공합니다. Tegra X1 기반 자동차 시스템과 NVIDIA의 클라우드 기반 슈퍼컴퓨터 기술을 함께 사용하면 새롭고 지능적인 첨단 운전자 지원 기술을 실현하여 최고의 목표인 자동 주행 차량으로 가는 길을 가속화할 수 있습니다.

컴퓨터 비전 기반의 로봇이나 운전자 없는 멀티카메라 기반 자동차와 같은 분야에는 여러 개의 라이브 비디오 스트림을 실시간으로 분석하여 정확하고 의미 있는 결과를 즉시 제공해야 하기 때문에 막강한 컴퓨팅 능력이 필요합니다. Tegra X1의 Maxwell GPU 코어에는 컴퓨터 비전 기반 자동차 및 임베디드 애플리케이션에 특히 중요한 고성능 컴퓨팅에 사용되는 16비트 부동소수점 계산이 기본 하드웨어 지원으로 포함되어 있습니다. Tegra X1에는 실시간 처리가 가능한 멀티카메라 기반 첨단 운전자 지원 시스템에서 각각 650 Mpixels/s씩 총 1.3 Gpixels/s의 이미지 데이터를 처리할 수 있는 두 개의 고성능 이미지 신호 프로세서(ISP)도 포함되어 있습니다.

Tegra X1은 4K TV와 4K 미디어 콘텐츠가 갈수록 확산되는 상황에서 프리미엄 4K 경험을

제공하도록 설계되었습니다. Tegra X1에서는 H.265 (HEVC) 및 VP9 4K 비디오 스트림 모두의 디코딩을 60fps에서 지원하며 영화와 호흡이 빠른 스포츠를 비롯한 여러 고화질 4K 비디오 스트리밍에서 비단처럼 매끄러운 시청 경험을 선사합니다. H.265 비디오 인코딩을 채택한 클라우드 게이밍 서비스나 로컬 게임 스트리밍 서버에 연결된 Tegra X1 기기에서는 H.265 하드웨어 디코딩 기능을 활용할 수도 있습니다. Tegra X1은 10비트 H.265 비디오 스트림의 디코딩을 지원하므로 Tegra X1이 장착된 기기로 Netflix와 같은 서비스에서 4K 콘텐츠를 재생할 수 있습니다.

자동차 비주얼 컴퓨팅

지난 몇 년 사이에 자동차의 디지털 디스플레이 패널 수가 증가해 왔으며 내비게이션 정보, 운전석 제어, 승객 인포테인먼트 콘텐츠 등에 고해상도 디스플레이 패널을 사용하기 시작하는 자동차 모델도 늘고 있습니다. 자동차 제조업체에서도 운전자 지원을 개선하기 위해 카메라의 수를 늘리고 있으며 이미 최대 12개의 카메라를 사용하는 차세대 자동차를 설계하고 있습니다. 그리고 이러한 첨단 기능을 지원하기 위해 새로운 비주얼 컴퓨팅 시스템 하드웨어 및 소프트웨어 개발에 투자를 아끼지 않고 있습니다. NVIDIA는 이러한 기업을 위해 NVIDIA DRIVE™ 차량용 컴퓨터 라인을 소개합니다.

NVIDIA DRIVE™ CX는 첨단 그래픽 및 컴퓨터 비전 기능을 제공하는 Tegra X1과 실제 테스트를 마치고 완전 통합된 소프트웨어 스택을 사용하는 완전한 운전석 시각화 플랫폼입니다. NVIDIA DRIVE CX 시스템에는 카메라, 모뎀, 블루투스, 그리고 자동차의 나머지 부분과의 인터페이스를 위한 다른 포트에 사용되는 표준 입출력 인터페이스가 포함되어 있습니다. 자동차 제조업체에서는 NVIDIA DRIVE CX 플랫폼을 있는 그대로 도입하여 자동차 설계에 간단하게 통합하고 현재 비용의 몇 분의 일 수준으로 첨단 시각화 및 운전자 지원 기능을 시장에 선보일 수 있습니다.

자동차의 운전자 지원 시스템 사용이 급증하고 수많은 자동차에 상면도, 충돌 감지, 충돌 방지 등의 다양한 기능이 포함되고 있습니다. Tegra X1은 우수한 성능, 전력 효율, 프로그래밍 기능을 갖추고 있어 상황에 따른 운전자 지원, 지속적으로 진화하는 딥 러닝 기반의 충돌 방지 기능, 운전자 없는 자동 발렛파킹, 그 외의 여러 기능을 제공하는 첨단 운전자 지원 시스템에 사용하기 좋습니다.

듀얼 Tegra X1 프로세서가 장착된 **NVIDIA DRIVE™ PX** 자동 파일럿 컴퓨터는 최대 12개의 카메라 입력을 지원하며 다층 신경망 기반 알고리즘을 실행하여 상황에 따라 실시간으로 첨단 운전자 지원 기능을 제공할 수 있는 완전한 플랫폼입니다. NVIDIA DRIVE PX 시스템은 또한 클라우드의 NVIDIA Tesla GPU 기반 슈퍼컴퓨터와 통신하며 분석할 데이터를 실시간으로 업로드하고 정기적으로 더 발전된 신경망 모델을 다운로드하여 운전자가 누릴 수 있는 운전자 지원 성능을 지속적으로 개선하도록 설계되어 있습니다.

NVIDIA Tegra® X1

NVIDIA의 Tegra® K1으로 192코어 NVIDIA Kepler™ GPU 아키텍처가 모바일에 도입되고 놀라운 비주얼 컴퓨팅 기능, 혁신적인 전력 효율, 첨단 데스크톱 수준의 그래픽 기능을 모바일에 제공하기 시작하면서 모바일 그래픽이 비약적으로 발전했습니다.

NVIDIA는 NVIDIA Maxwell™ GPU 아키텍처 기반의 Tegra® X1 모바일 프로세서로 모바일 비주얼 컴퓨팅의 기준을 끌어올립니다. 또한 Tegra X1은 16비트 워크로드에서 1000기가플롭스(fp16 오퍼레이션), 32비트 워크로드에서 500기가플롭스(fp32 오퍼레이션)를 넘는 GPU 처리 성능으로 OpenGL 4.5, AEP, DirectX 12 API, CUDA 6.0 등의 첨단 그래픽 및 컴퓨팅 기능을 지원할 뿐만 아니라 기본 성능과 전력 효율도 Tegra K1의 2배입니다. Tegra X1은 자동차, 기계 학습, 임베디드 컴퓨팅, 모바일 기기의 차세대 비주얼 컴퓨팅 애플리케이션에 필요한 성능과 전력 효율을 모두 제공할 수 있는 세계 최초의 테라플롭스¹ 모바일 프로세서입니다.

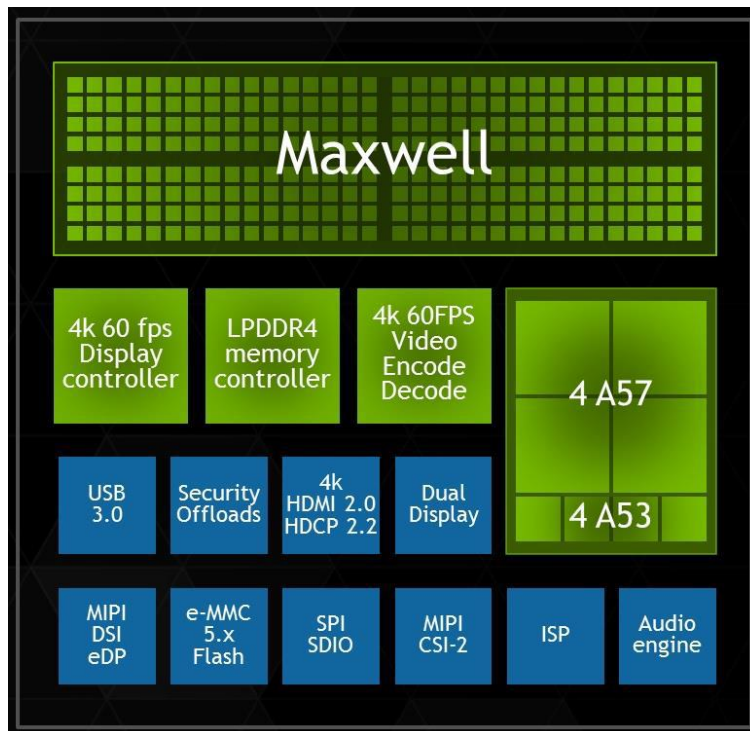


그림 1 NVIDIA Tegra X1 모바일 프로세서

Tegra X1 SoC (System-on-a-Chip) 아키텍처의 주요 기능에는 다음과 같은 것이 있습니다.

- **ARM® Cortex® A57/A53 64/32비트** CPU 아키텍처는 높은 성능과 전력 효율을 갖추고 있습니다.
- **Maxwell GPU 아키텍처**는 256개의 코어를 활용하여 차세대 비주얼 컴퓨팅

¹ NVIDIA Tegra X1의 기본 FP16(16비트 부동소수점) 처리 기능을 말합니다. FP16 정밀도는 자동차 및 임베디드 분야의 주요 애플리케이션인 이미지 처리 애플리케이션에 적합합니다.

애플리케이션에 적합한 동급 최강의 성능과 전력 효율을 제공합니다.

- **엔드 투 엔드 4K 60fps 파이프라인**은 H.265(HEVC) 및 VP9 스트림의 4K, 60fps 디코딩을 지원하며 프리미엄 4K 경험을 제공합니다.
- TSMC **20nm(20SoC)** 프로세스를 기반으로 구성되어 뛰어난 성능과 전력 효율을 제공합니다.

NVIDIA Tegra X1 CPU 아키텍처

NVIDIA Tegra X1 CPU 아키텍처에서는 네 개의 고성능 ARM Cortex A57 코어와 네 개의 전력 효율이 높은 ARM Cortex A53 코어를 함께 사용합니다. Tegra X1의 Cortex A57 CPU 컴플렉스는 **2MB L2 캐시**를 공유하며 네 개의 CPU 코어 각각에 48KB L1 인스트럭션 캐시와 32KB L1 데이터 캐시가 있습니다. 성능은 약간 낮지만 전력 효율이 더 높은 Cortex A53 CPU 컴플렉스가 512KB L2 캐시를 공유하며 네 개의 CPU 코어 각각에 32KB L1 인스트럭션 캐시와 32KB L1 데이터 캐시가 있습니다. 높은 성능이 필요한 작업 부하는 A57 CPU 코어에서 처리하고, 성능이 낮아도 괜찮은 작업 부하는 에너지 효율이 높은 A53 CPU 코어에서 처리합니다. 지능형 알고리즘으로 운영체제에서 부과되는 작업 부하를 분석하여 고성능 코어와 성능이 낮은 코어 사이를 동적으로 전환하며 최적의 성능과 전력 효율을 제공합니다.

NVIDIA는 NVIDIA Tegra 3에 처음 도입된 **4-PLUS-1** CPU 아키텍처로 경험을 축적했고 고성능 고효율의 실리콘 레이아웃 설계 측면에서도 전문성을 가지고 있기 때문에 Tegra X1에서 A57/A53 CPU 구현을 기반으로 한 다른 **SoC(System-on-a-Chip)**보다 높은 성능과 전력 효율을 제공합니다. Tegra X1은 같은 CPU 성능에 대해 거의 두 배의 전력 효율을 발휘합니다. 그리고 같은 소비 전력을 기준으로 하면 Tegra X1이 거의 1.4배 더 높은 CPU 성능을 보입니다.

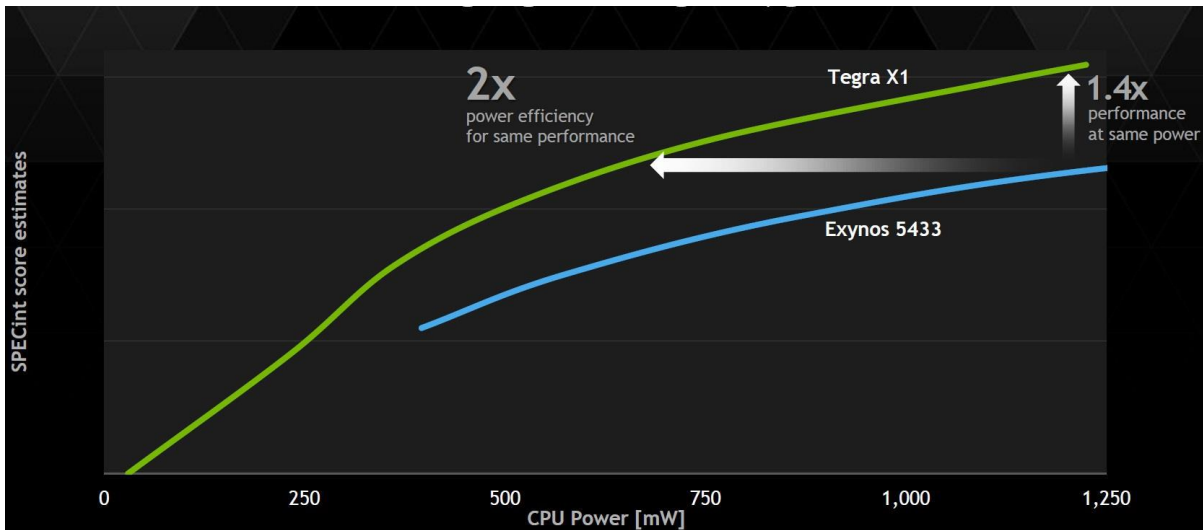


그림 2 더 높은 CPU 성능과 전력 효율을 제공하는 Tegra X1²

² CPU 전력 및 성능은 Tegra X1 개발 플랫폼과 Exynos 5433 기반 Galaxy Note 4에서 측정

고성능 엔드 투 엔드 4K 60fps 파이프라인

4K 패널 가격이 빠르게 하락하고 4K 콘텐츠가 갈수록 많아짐에 따라 4K 디스플레이와 TV가 주류로 자리잡고 있습니다. 이렇게 늘어가는 4K 패널 및 콘텐츠의 사용에 맞춰 YouTube® 비디오, Netflix® 스트리밍, 구글 행아웃, 4K 게임스트리밍, 4K 크롬캐스트와 같은 용도에 적합한 프리미엄 4K 경험을 제공할 수 있도록 NVIDIA Tegra X1에 고성능 엔드 투 엔드 4K 60fps 파이프라인을 구성했습니다. 고속 저장소 컨트롤러, 메모리 컨트롤러, 이미지 신호 프로세서, 비디오 디코더, 4K 컴퓨터, 그래픽 프로세서, 디스플레이 컨트롤러를 포함한 Tegra X1의 I/O 인터페이스와 처리 코어는 모두 60fps에서 4K를 제공할 수 있도록 최적화되어 있습니다.

Tegra X1은 60fps에서 4K H.265(HEVC) 및 VP9 비디오 스트림을 지원합니다. 다른 프로세서들은 30fps에서 4K를 지원하며 빠른 액션 스포츠, 영화, 비디오 게임을 보는 동안 최적에 미치지 못하는 경험을 제공합니다. Tegra X1은 10비트 색 농도 4K H.265 60fps 비디오 스트림의 디코딩도 지원합니다. 그 덕분에 Tegra X1 제품은 Netflix와 같은 서비스에서 다양한 4K 콘텐츠를 스트리밍할 수 있습니다. Tegra X1은 HDMI 2.0 인터페이스 및 HDCP 2.2 복사 방지 기능을 갖춘 4K 60fps 로컬 및 외부 디스플레이를 지원합니다. 인코딩 면에서, Tegra X1은 H.264, H.265, VP8 형식으로 30fps에서 4K 비디오의 인코딩을 지원합니다.

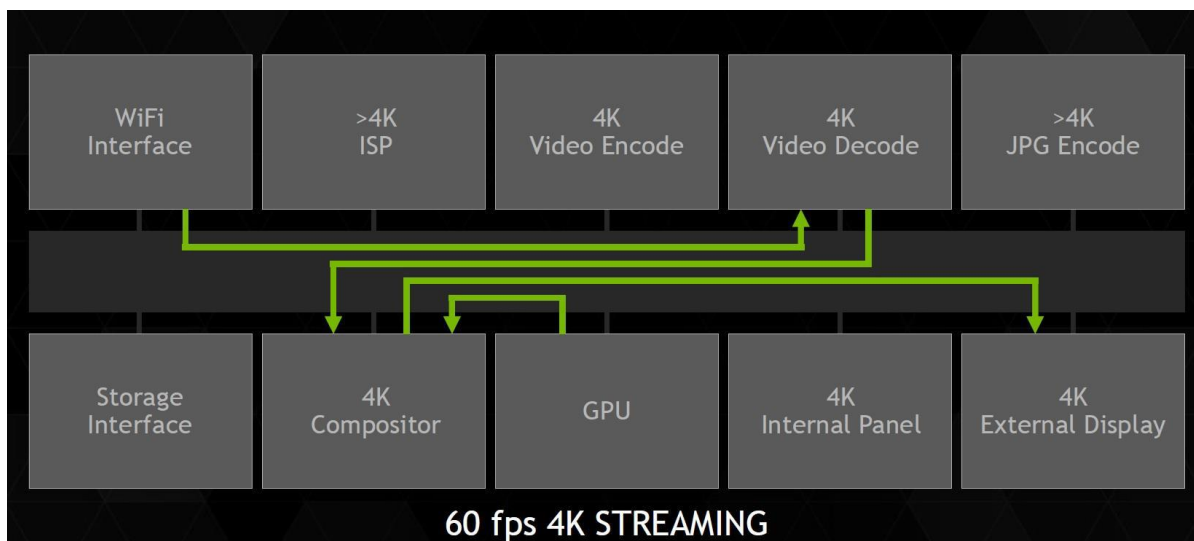


그림 3 H.265 및 VP9 스트림의 4K, 60fps 디코딩을 지원하도록 엔드 투 엔드로 최적화된 Tegra X1

NVIDIA Maxwell

GPU는 지금까지 제작된 프로세서 중에 가장 정교한 유형으로, 최신 컴퓨터 그래픽과 에너지 효율이 높은 컴퓨팅을 뒷받침하는 엔진입니다. NVIDIA의 최신 GPU 아키텍처는 코드 네임이 Maxwell이며, 전에 없던 수준의 성능과 전력 효율을 제공합니다. GeForce® GTX™ 980 및 GTX 980M과 같은 Maxwell 기반 GPU는 각각 세계 최고의 성능을 자랑하는 데스크톱 및 랩톱 PC를 구동하는 엔진입니다.

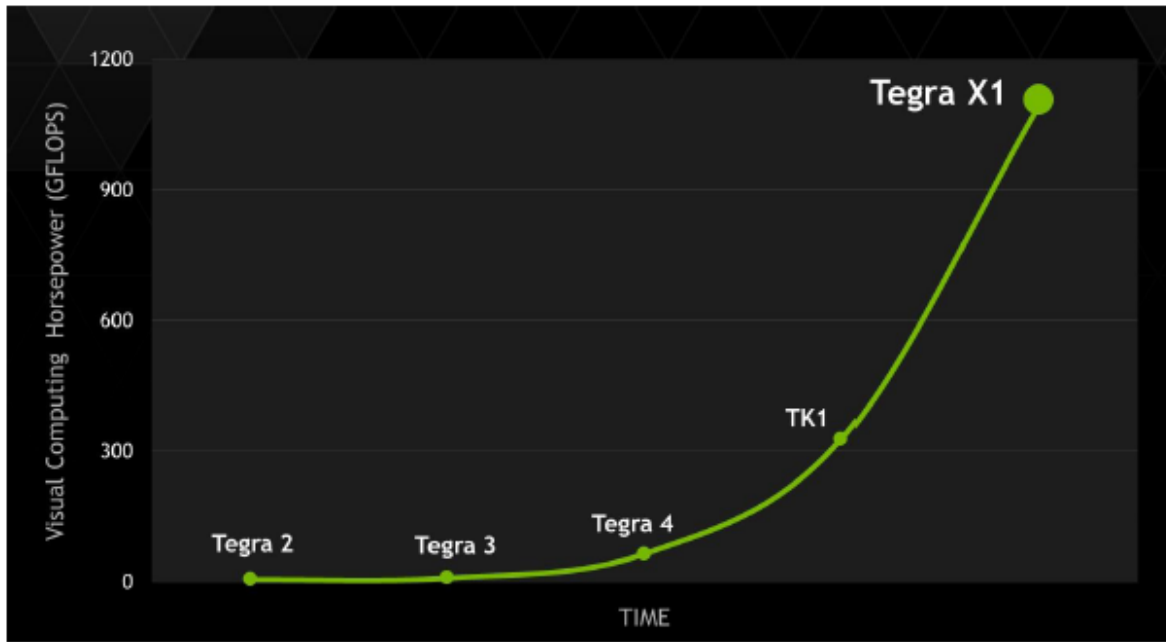


그림 4 1테라플롭스를 넘는 FP16 성능을 제공하는 Tegra X1의 Maxwell

Maxwell GPU 아키텍처는 비약적으로 발전한 전력 효율과 독보적인 성능을 제공하도록 설계되었습니다. Maxwell 아키텍처도 큰 틀을 보면 CUDA 코어라고 하는 기초적인 컴퓨팅 코어, 스트리밍 멀티프로세서(SM), 폴리모프 엔진, 워프 스케줄러, 텍스처 캐시, 기타 하드웨어 요소를 기반으로 한다는 점에서 이전 아키텍처인 Kepler GPU 아키텍처와 비슷합니다. 그러나 Maxwell의 각 하드웨어 블록은 전력 효율을 중심으로 본격적인 최적화와 업그레이드를 마쳤습니다.

GPU의 기초적인 구성 블록에서 전력 효율을 높이면 전력 소비를 희생하지 않고도 다양한 용도에 맞게 GPU 전체를 조정할 수 있습니다. Maxwell의 에너지 효율이 크게 향상된 덕분에 Maxwell 기반 Tegra X1 프로세서는 Tegra K1보다 두 배의 전력 효율을 제공하며 1테라플롭스 이상의 최고 FP16 성능과 500기가플롭스 이상의 최고 FP32 성능을 자랑합니다. 아래의 상세한 아키텍처 섹션에서 설명한 것과 같이, Maxwell SM의 실행 효율이 향상된 현재 128개의 코어가 있는 Maxwell SM 하나는 같은 클럭 속도로 작동할 경우 192코어 Kepler SM과 비슷한 성능을 보이며, 따라서 Tegra X1에 있는 두 개의 Maxwell SM은 Tegra K1에 있는 단일 SM보다 전체적인 GPU 출력이 두 배 정도이고, Tegra X1에는 FP32 및 FP64 외에도 FP16 Fused Multiple-Add(FMA) 작업에 대한 기본 지원이 포함되어 있습니다. Tegra X1에서는 두 배 속도의 FP16 처리량을 제공하기 위해 2-와이드 벡터 FP16 작업을 지원합니다. 예를 들어 2-와이드 벡터 FMA 인스트럭션에서는 레지스터의 위쪽 절반에 16b 요소 하나가 포함되어 있고 아래쪽 절반에 두 번째 요소가 포함되어 있는 세 개의 32비트 소스 레지스터 A, B, C를 읽은 다음 두 개의 16b 결과(A*B+C)를 계산하고 계산된 결과를 32비트 출력의 위쪽 절반과 아래쪽 절반에 패킹한 후 32비트 출력 레지스터에 씁니다. 벡터 FMA 외에 벡터 ADD와 MUL도 지원됩니다.

Tegra K1과 마찬가지로, Tegra X1과 Maxwell GPU 코어도 **OpenGL ES 3.1, OpenGL 4.5, Android Extension Pack(AEP), DirectX 12.0, CUDA 6**와 같은 주요 그래픽 및 컴퓨팅 API의 최신 기능을 모두 지원하여

경쟁력을 확보합니다. 테셀레이션, 바인드리스 텍스처, PhysX와 같은 첨단 그래픽 기능 외에도, Tegra X1의 Maxwell GPU 코어에는 Voxel 기반 Global Illumination(VXGI), MFAA™(멀티프레임 안티앨리어싱), 향상된 메모리 압축, 더 빠른 경로 렌더링 등의 차세대 그래픽 기능이 도입되었습니다.

눈에 띄는 그래픽 성능

Tegra K1과 192코어 Kepler GPU도 최고 수준의 성능을 보이는 모바일 프로세서이지만 Tegra X1과 256코어 Maxwell GPU는 모바일 프로세서의 성능을 아예 새로운 수준으로 끌어올립니다. 그래픽 성능에 관해 흔히 사용되는 GFXBench 3.0 그래픽 벤치마크에 따르면 Tegra X1은 Tegra K1의 두 배에 달하는 성능을 제공합니다.

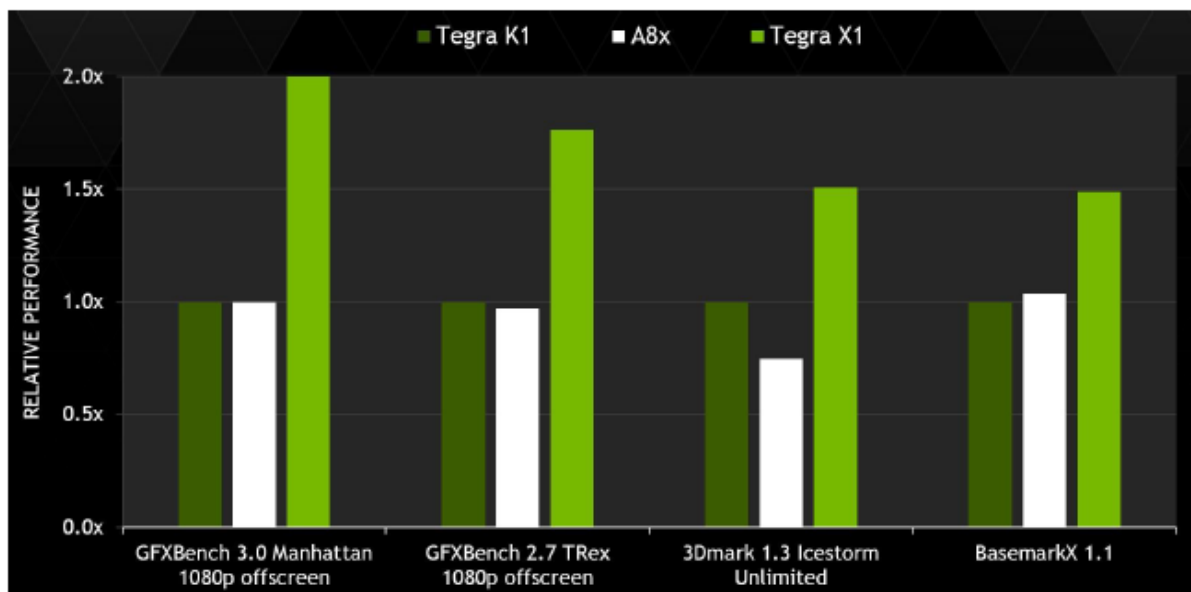


그림 5 다른 모바일 프로세서보다 최고 두 배를 기록한 Tegra X1의 그래픽 성능

Tegra K1과 마찬가지로 단순한 그래픽 성능 이상을 고려하는 Tegra X1은 최신 그래픽 API를 지원합니다. 다른 모바일 프로세서에서도 이러한 기능을 지원한다고 주장하고 있지만, Tegra X1과 Tegra K1은 Android Extension Pack, OpenGL ES3.1, 언리얼엔진4 게임 엔진을 사용하는 Epic Rivalry 데모 등의 애플리케이션을 성공적으로 시연한 기록이 있습니다. Tegra K1도 이 기술 데모에서 놀라운 비주얼 경험을 선사했지만, Tegra X1은 한층 더 발전하여 Tegra K1에서 생성하는 초당 프레임 수의 두 배 이상을 제공합니다.

Tegra X1은 완전한 데스크톱 그래픽 API 지원을 통해 제공되는 놀라운 수준의 첨단 그래픽 성능으로 모바일 이식에서도 고급 PC 게임의 멋진 경험을 제공합니다.

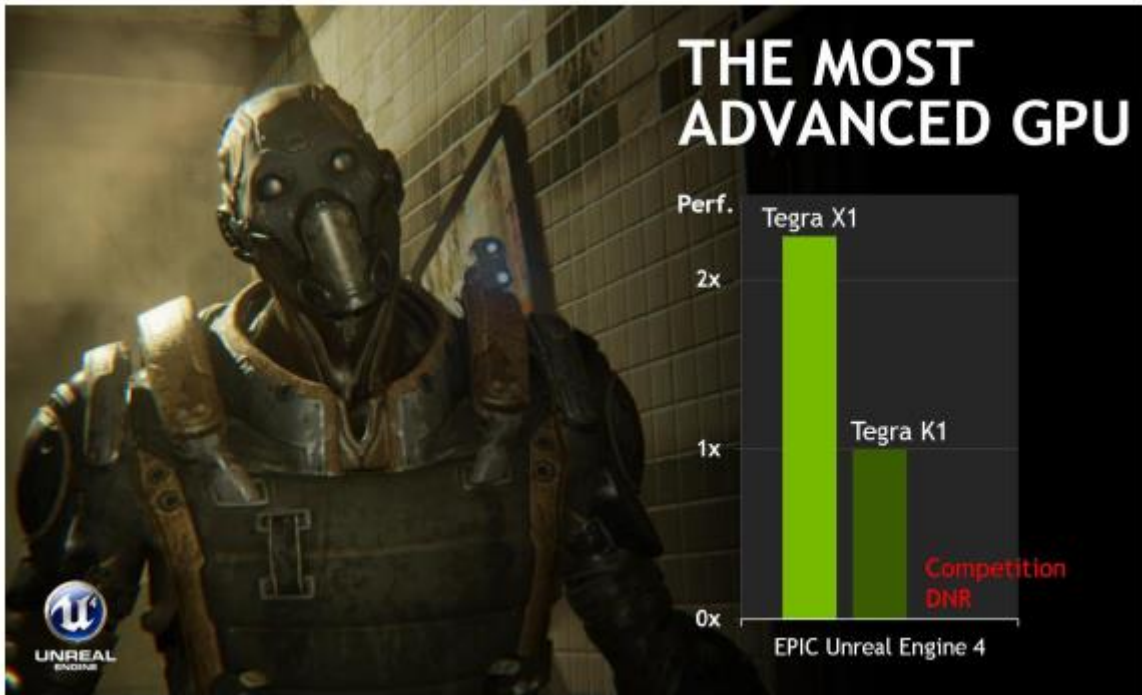


그림 6 AEP 및 OpenGL ES3.1 기반의 EPIC Rivalry 데모에서 Tegra K1 성능의 두 배 이상을 제공하는 Tegra X1

놀라운 에너지 효율

Maxwell GPU 아키텍처는 전력 효율을 비약적으로 높이고 따라잡을 수 없는 수준의 성능을 제공하면서도 이전 세대보다 전력 소비를 줄일 수 있도록 설계되었습니다. Tegra K1용으로 처음 개발한 고급 기능과 다른 아키텍처 혁신이 결합한 Tegra X1과 Maxwell GPU 코어는 Tegra K1에 비해 와트당 최대 두 배의 성능을 제공합니다.

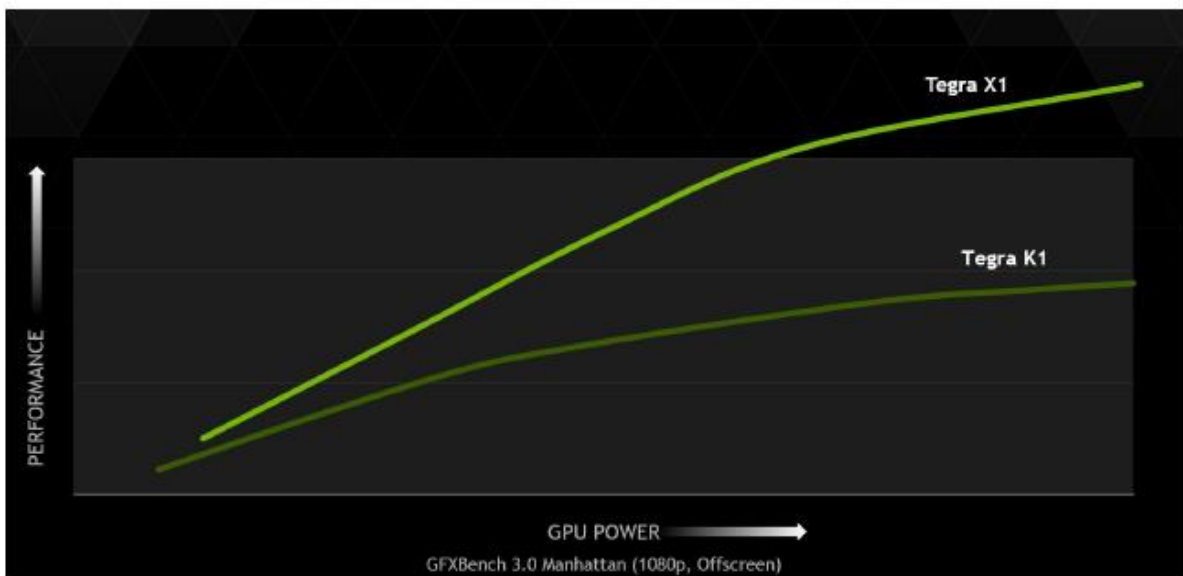


그림 7 Tegra K1에 비해 두 배의 전력 효율을 제공하는 Tegra X1

전력 효율의 이러한 발전에 기여한 것은 Maxwell 계산 코어에 구현된 최적화, Maxwell SMM의 아키텍처 재구성, 향상된 메모리 압축입니다(이후 섹션에서 자세히 설명). Kepler GPU 코어에 먼저 구현했던 몇 가지 주요 기능은 Maxwell 코어에도 포함되어 전력 효율을 높이는 데 기여하고 있습니다. 계층적인 온-칩 Z 컬, 프리미티브 컬링, Early Z 컬링, 텍스처, Z, 컬러 압축, 대형 통합 L2 캐시와 같은 기능은 전력 소모가 큰 오프-칩 메모리에 액세스할 필요성을 대폭 줄여 줍니다.

Tegra X1의 Maxwell 그래픽 아키텍처

Kepler GPU와 마찬가지로 Maxwell GPU 아키텍처도 그래픽 처리 클러스터(GPC), 스트리밍 멀티프로세서(SM), 메모리 컨트롤러로 구성됩니다. 이 구조가 익숙하지 않은 경우에는 Kepler 및 Fermi 백서를 먼저 읽어 보는 것이 좋습니다. Tegra X1의 Maxwell GPU에는 두 개의 SM이 포함되어 있고, 각 SM은 CUDA 코어라는 기초적인 계산 코어, 텍스처 유닛, 폴리모프 엔진으로 구성됩니다. Kepler GPU의 각 SM(SMX) 아키텍처는 192개의 CUDA 코어로 구성되어 있는 한편, 각 Maxwell SM(SMM)은 128개의 CUDA 코어가 포함되어 있습니다. 그러나 Maxwell CUDA 코어는 Kepler CUDA 코어에 비해 크게 업그레이드되었으며 각 Maxwell 코어는 Kepler 코어 하나보다 40% 가까이 더 높은 성능을 제공합니다.

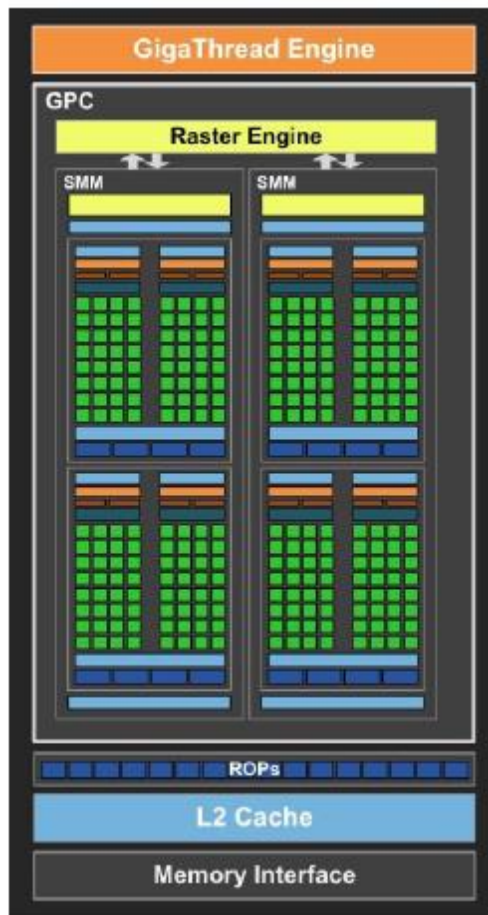


그림 8 Tegra X1의 Maxwell GPU

Tegra X1에 사용되는 Maxwell GPU의 기본적인 아키텍처는 GTX 980 데스크톱 그래픽 카드에 사용된

최고급 Maxwell 기반 GPU(GM204)와 거의 동일하지만 규모와 메모리 아키텍처가 다릅니다. GM204는 네 개의 GPC로 구성되어 있고 각 GPC에는 4개의 SMM 블록이 있는 한편, Tegra X1 구성에는 두 개의 SMM 블록이 있는 GPC 하나가 포함되어 있습니다. 따라서 GM204 GPU 하나가 포함된 최고급 Maxwell 기반 GTX 980 그래픽 카드는 총 2048개의 CUDA 코어와 4GB의 버퍼 메모리가 있고 소비 전력은 약 165와트이며, Tegra X1의 Maxwell GPU는 256개의 CUDA 코어로 구성되어 있고 Cortex A57/A53 CPU 컴플렉스의 DRAM을 공유하며 소비 전력도 몇 와트에 불과합니다.

Tegra X1의 Maxwell GPU는 16개의 ROP, 2개의 지오메트리 유닛, 16개의 텍스처 유닛이 포함되어 있고, ROP와 64비트 LPDDR4 메모리 인터페이스 사이에 256KB의 L2 캐시가 있습니다. 다음 표에서는 Tegra X1의 Maxwell GPU 코어와 Tegra K1의 Kepler GPU 코어를 간략하게 비교합니다.

GPU	Tegra K1 (Kepler GPU)	Tegra X1 (Maxwell GPU)
SMPs	1	2
CUDA 코어	192	256
GFLOP(FP32) 최고	365	512
GFLOP(FP16) 최고	365	1024
텍스처 유닛	8	16
텍셀 채우기 속도	7.6기가텍셀/초	16기가텍셀/초
메모리 클럭	930MHz	1.6GHz
메모리 대역폭	14.9GB/s	25.6GB/s
ROP	4	16
L2 캐시 크기	128KB	256KB
제조 공정	28-nm	20-nm
Z-컬	256픽셀/클럭	256픽셀/클럭
래스터	4픽셀/클럭	16픽셀/클럭
텍스처	8바이리니어 필터/클럭	16바이리니어 필터/클럭
ZROP	64샘플/클럭	128샘플/클럭

표 1 Tegra K1의 Kepler GPU와 Tegra X1의 Maxwell GPU 비교

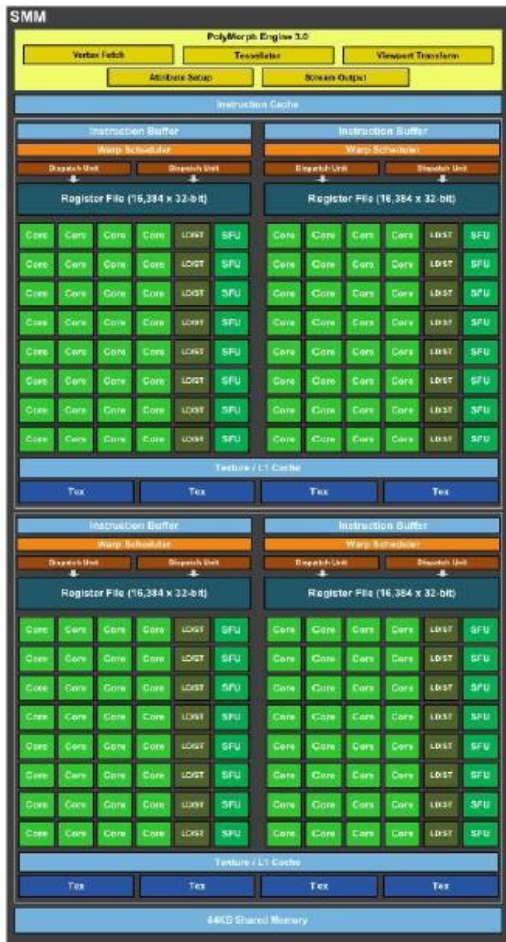


그림 9 Maxwell SMM 다이어그램

있는 자체 리소스가 있습니다. 한 쌍의 처리 블록이 텍스처와 L1 캐시를 공유하고, 폴리모프 엔진 공유 메모리는 SM의 모든 코어에서 일반 리소스로 사용합니다. Maxwell의 이와 같은 새 구성은 워프 크기와 맞아서 Kepler에서 사용하는 더 복잡한 데이터 경로 구성에 비해 효율을 활용하기도 쉽고 공간도 절감되며 데이터 전송 관리에 사용되는 전력도 감소합니다.

SMM의 메모리 계층도 Kepler에 비해 달라졌습니다. Tegra X1의 Maxwell SMM 유닛에는 Kepler SMX에서와 같이 공유 메모리/L1 캐시 블록의 결합을 구현하지 않고 64KB 전용 공유 메모리를 사용하며, L1 캐싱 기능은 텍스처 캐싱 기능과 공유할 수 있도록 이동했습니다.

이러한 변경의 결과로 각 Maxwell CUDA 코어에서는 Kepler CUDA 코어에 비해 코어당 약 1.4배의 성능과 2배의 와트당 성능을 제공할 수 있습니다. SM 수준에서는 각 Maxwell SMM에서 SM당 총 코어 수는 33% 적지만 코어당 성능이 1.4배이기 때문에 동일한 클럭 속도에서 Kepler의 SMX와 비슷한 성능을 제공할 수 있고 이렇게 더 효율적인 아키텍처로 공간을 절감할 수 있었던 덕분에 총 SM 수도 Tegra K1의 두 배로 올릴 수 있었습니다. Tegra X1에는 20nm 제조 공정을 사용하기 때문에 얻게 되는 공간 상의 이점도 있습니다.

폴리모프 엔진 3.0

Maxwell 스트리밍 멀티프로세서

SM은 GPU의 심장입니다. 모든 연산은 렌더링 파이프라인의 어느 시점에선가 SM을 통과합니다. Maxwell GPU에는 이전의 GeForce GPU보다 극적으로 향상된 와트당 성능을 제공하도록 설계된 새로운 SM을 사용합니다.

Maxwell의 새로운 SMM 설계는 이전의 Kepler 아키텍처를 기반으로 한 GPU에 비해 향상된 효율을 달성할 수 있도록 재구성되었습니다. 각 SMM에는 네 개의 워프 스케줄러가 포함되어 있고, 각 워프 스케줄러는 클럭마다 워프당 두 개의 인스트럭션을 디스패치할 수 있습니다. 이 스케줄러에는 Kepler의 스케줄링 논리에 비해 향상된 기능이 다수 포함되어 있으므로 중복이 많이 발생하는 스케줄링 결정의 재계산을 더욱 줄이고 에너지 효율을 높일 수 있습니다. 완전히 새로운 데이터 경로 조직도 이번에 통합되었습니다. Kepler의 SM에는 2의 제곱수로 구성되지 않은 192개의 CUDA 코어가 사용되지만 Maxwell SMM은 네 개의 분리된 32-CUDA 코어 처리 블록으로 분할되어 있고(SM당 총 128개의 CUDA 코어), 각각에는 스케줄링과 인스트럭션 버퍼링에 사용할 수

테셀레이션은 OpenGL 4.x 및 AEP의 핵심 기능 중 하나이며 차세대 게임들이 더 많은 테셀레이션을 사용하도록 디자인될 미래에 큰 역할을 담당할 것입니다. Tegra X1에서는 SMM의 수가 두 배가 되었기 때문에 Tegra K1에 비해 폴리모프 엔진(PE)도 두 배로 이용할 수 있습니다. 따라서 지오메트리 부담이 큰 작업에서 성능이 약 두 배가 되고, PE 내의 아키텍처가 개선된 덕분에 테셀레이션 확장 계수가 높은 경우에도 성능이 더욱 향상됩니다.

향상된 메모리 압축

Maxwell GPU 아키텍처에서는 메모리 압축이 크게 향상되어 메모리 대역폭과 전력 소비량이 줄었습니다.

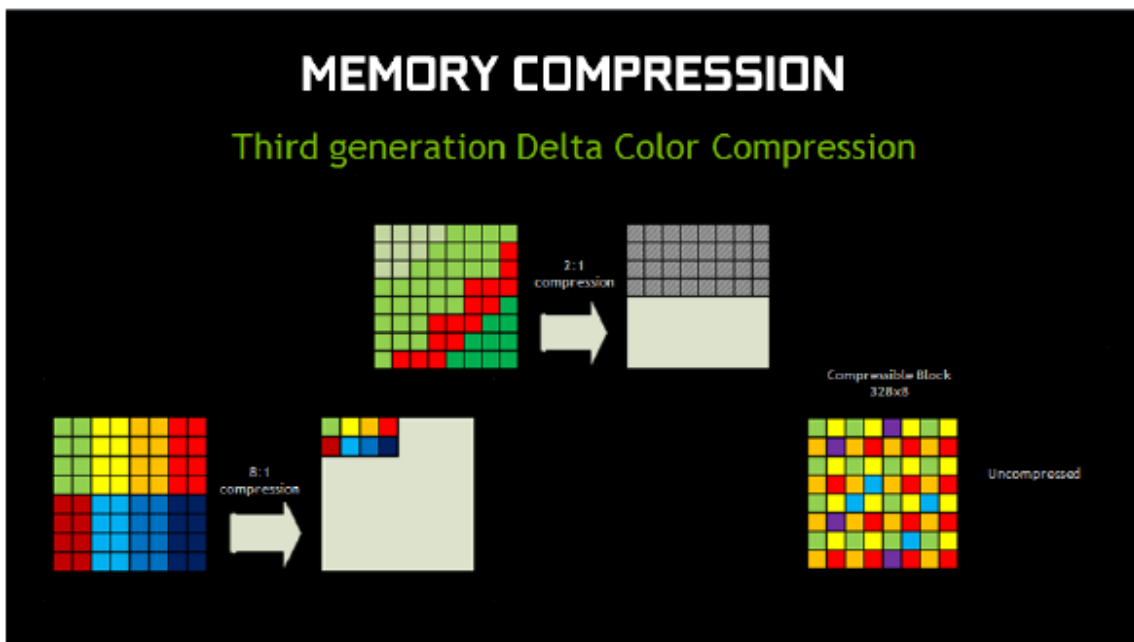


그림 10 Maxwell GPU의 3세대 델타 컬러 압축

NVIDIA GPU는 DRAM 대역폭 수요를 줄이기 위해 메모리에 데이터를 쓸 때 비손실 압축 기술을 사용합니다. 이러한 압축으로 얻는 대역폭 절감 효과는 나중에 텍스처 유닛과 같은 클라이언트로 데이터를 읽을 때 다시 얻을 수 있습니다. 앞의 그림에서 알 수 있는 것처럼, NVIDIA의 압축 엔진에는 여러 레이어의 압축 알고리즘이 사용됩니다. 메모리로 가는 블록은 모두 먼저 블록 안에 있는 4x2 픽셀 영역이 일정한지 검사하여 데이터를 8:1로 압축합니다(즉, 32b 컬러의 경우 데이터가 256B에서 32B로). 여기에 들어가지 않지만 2x2 픽셀이 일정한 경우에는 데이터를 4:1로 압축합니다.

이러한 모드는 AA 표면에서 매우 효율적이지만 1xAA 렌더링에는 그다지 효율적이지 않습니다. 따라서 Fermi부터는 '델타 컬러 압축' 모드 지원도 구현했습니다. 이 모드에서는 블록에 있는 각 픽셀과 옆 픽셀 사이의 차이를 계산한 다음 서로 다른 이런 값을 최소한의 비트 수에 패킹하려 합니다. 예를 들어 픽셀 A의 빨간색 값이 253(8비트)이고 픽셀 B의 빨간색 값이 250(역시 8비트)인 경우 차이인 3은 2 비트로 표현할 수 있습니다.

마지막으로, 이러한 어떤 모드에서도 블록을 압축할 수 없는 경우에는 GPU에서 데이터를 압축하지 않은 상태로 사용하여 비손실 렌더링 요구 사항을 유지합니다.

그러나 델타 컬러 압축의 효율은 델타 컬러 계산에 사용하기 위해 선택한 구체적인 픽셀 배열에 따라 달라집니다. Maxwell에는 압축기에 더 많은 델타 계산 선택 옵션을 제공하여 효율을 높이는 3세대 델타 컬러 압축이 포함되어 있습니다.

엔드 투 엔드 메모리 압축

Maxwell GPU 코어는 외부 시스템 메모리 칩으로 가는 트래픽을 줄여 전력 소비를 줄이는 엔드 투 엔드 메모리 압축도 지원합니다. 디스플레이 버퍼 데이터는 Maxwell GPU에서 압축되어 시스템 메모리로 전송됩니다. Maxwell 디스플레이 컨트롤러와 컴포지터는 시스템 메모리에서 압축된 데이터를 읽고 로컬 및/또는 외부 디스플레이로 푸시하기 전에 데이터를 압축 해제하도록 디자인되어 있습니다.

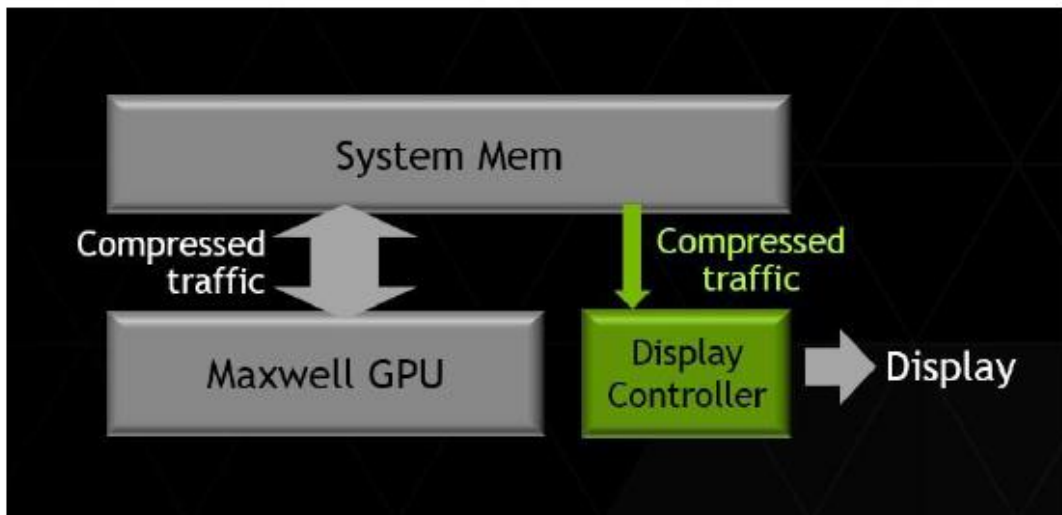


그림 11 엔드 투 엔드 압축으로 메모리 트래픽 및 전력 소비 감소.

Maxwell에서 캐싱 및 압축이 개선된 덕분에 이제 GPU가 프레임당 메모리에서 가져와야 하는 바이트 수도 크게 줄었습니다. 다양한 게임으로 테스트한 결과 Maxwell은 Tegra K1에 비해 약 30%~45% 더 낮은 메모리 대역폭을 사용하는 것으로 확인되었습니다.

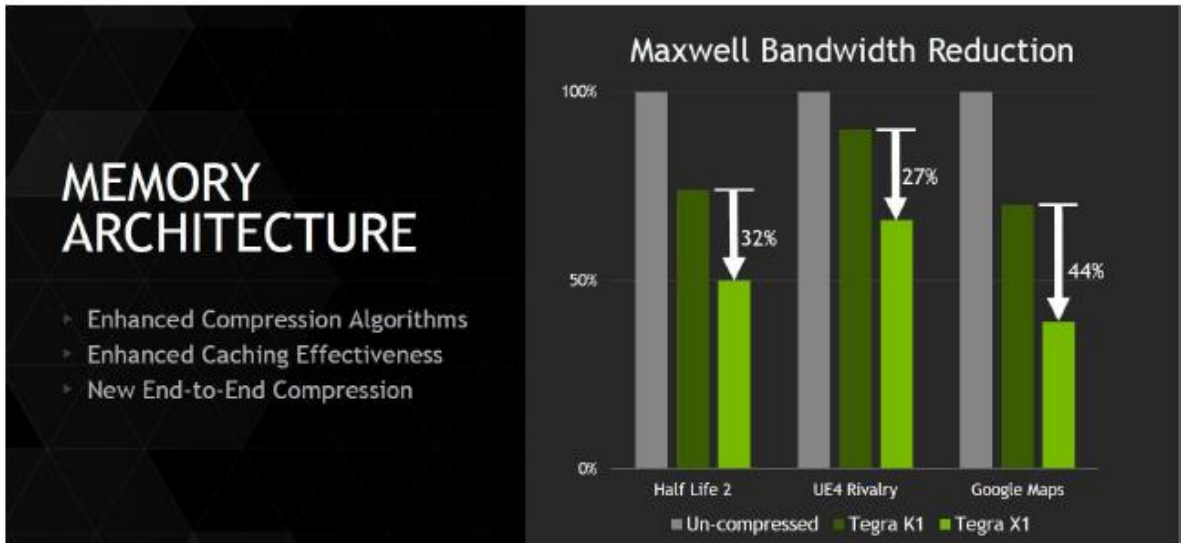


그림 12 Tegra X1의 메모리 대역폭 절감

모바일 그래픽 품질의 기준 향상

Tegra X1의 Maxwell GPU 코어는 완전히 새로운 모바일 그래픽 품질을 가능하게 하는 다양한 기능을 지원합니다. Kepler GPU 코어에 처음 도입된 모든 첨단 기능에 대한 지원 외에도 Maxwell에는 모바일 게임에 인상적이고 사실적인 표현을 더해 주는 새로운 특징과 기능이 추가되었습니다. 아래에서 이러한 주요 기능 중 일부에 대해 간략하게 설명합니다. 이러한 기능에 대해 자세히 이해하려면 데스크톱 Kepler 및 Maxwell 백서를 참조하세요.

테셀레이션

테셀레이션은 OpenGL 4.x 및 DirectX 11.x에서 PC 게임의 3D 그래픽에 큰 영향을 준 핵심 기능 중 하나로, PC 게임의 시각적인 현실감을 거의 영화와 같은 수준으로 높였습니다. Tegra K1의 Kepler GPU 코어는 이러한 기능을 모바일에서 최초로 지원했습니다. Tegra X1의 Maxwell GPU는 더 높은 테셀레이션 성능과 더 낮은 전력으로 더 높은 프레임 속도에서 더 자세한 형상을 표현합니다. 테셀레이션의 작동 방식에 대한 자세한 설명은 [여기](#)에서 찾을 수 있습니다. 테셀레이션으로 더 자세한 지형, 캐릭터 모델, 환경을 표현할 수 있습니다.

바인드리스 텍스처

기존의 GPU 아키텍처에서 GPU가 텍스처를 참조하려면 고정된 크기의 바인딩 테이블에 있는 '슬롯'에 텍스처를 할당해야 했습니다. 테이블에 있는 슬롯의 수에 따라 셰이더에서 런타임에 읽을 수 있는 고유한 텍스처의 수가 결정되었습니다.

Maxwell의 바인드리스 텍스처를 사용하면 셰이더가 메모리에 있는 텍스처를 직접 참조할 수 있기 때문에 바인딩 테이블을 사용할 필요가 없습니다. 따라서 장면을 렌더링하는 데 사용되는 텍스처의 수도 제한이 없습니다. 그 결과 더 많은 텍스처 재료를 사용하여 게임의 텍스처 세부

표현을 늘려갈 수 있게 되었습니다. 바인드리스 텍스처의 다른 장점은 드라이버 및 애플리케이션의 오버헤드와 CPU 사용량이 감소한다는 것입니다.

Voxel Global Illumination

Voxel based Global Illumination(VXGI)은 게임 내의 조명을 시뮬레이션하여 차세대 게임과 게임 엔진에 극도로 사실적인 조명, 음영, 반사광을 제공하는 기술입니다. 즉, 그림자가 더 보기 좋아지고, 컬러가 조명에 따라 확산되고, 장면이 더 사실적으로 표현됩니다.

VXGI에서는 여러 첨단 소프트웨어 알고리즘과 Maxwell GPU의 특별한 하드웨어를 함께 사용하고 새로운 접근 방식을 활용하여 GPU에서 실시간으로 실제에 가까운 글로벌 조명을 동적으로 빠르게 표현합니다. 이 새로운 GI 기술에서는 복셀 그리드를 사용하여 장면 및 조명 정보를 저장하고 노블 복셀 콘 추적 프로세스를 사용하여 복셀 그리드의 간접 조명 정보를 수집합니다. VXGI의 작동 방식에 대한 자세한 내용은 [여기](#)에서 확인할 수 있습니다.

Multi-Projection Acceleration 및 Conservative Raster

복셀 글로벌 조명의 작동 방식을 이해하려면 먼저 복셀을 이해하는 것이 좋습니다. '복셀'이라는 말은 '픽셀'과 관련이 있습니다. 픽셀은 2D 공간에서의 점을 나타내지만 복셀은 3D 공간에서의 작은 큐브(볼륨)를 나타냅니다. 글로벌 조명을 적용하려면 직접 조명만이 아니라 장면에 있는 모든 물체에서 방출되는 조명을 이해해야 합니다. 이를 위해 장면의 3D 공간 전체를 복셀이라는 작은 큐브로 나눕니다. '복셀화'는 장면의 모든 복셀에 포함된 정보를 판단하는 프로세스이며, 2D 좌표에서 장면의 값을 판단하는 '래스터화' 프로세스와 비슷합니다.

VXGI를 실시간 동적 조명 기술로 사용하려면 복셀화 프로세스가 극도로 빨라야 합니다. Multi-Projection Acceleration 및 Conservative Raster는 이 목적으로 특별히 디자인된 Maxwell의 새로운 하드웨어 기능 두 가지입니다. 복셀화 프로세스에서는 같은 장면 지오메트리를 다양한 관점에서, 즉 복셀 큐브의 모든 면에서 분석하여 해당 범위와 조명을 결정해야 합니다. 같은 장면을 여러 관점에서 렌더링하는 이 속성을 '멀티프로젝션'이라고 합니다. 멀티프로젝션 속도를 높이기 위해 추가한 특별 기능을 '뷰포트 멀티캐스트'라고 합니다. Maxwell에서는 이 기능으로 전용 하드웨어를 통해 입력 지오메트리를 원하는 수의 렌더 대상으로 자동 브로스캐스트하여 지오메트리 셰이더 오버헤드를 방지합니다. 또한 이 애플리케이션에 중요한 특정 종류의 뷰포트 처리에 몇 가지 하드웨어 지원을 추가했습니다.

'Conservative Raster'는 Maxwell에서 복셀화 프로세스를 가속화하는 두 번째 하드웨어 기능입니다. Conservative Raster에 대한 하드웨어 지원은 복셀화의 범위 단계에서 매우 유용합니다. 이 단계에서는 각 복셀 내의 해당 범위를 높은 정확도로 판단하여 복셀화된 3D 그리드가 원래 3D 삼각형 데이터를 정확하게 나타내도록 해야 합니다. Conservative Raster는 하드웨어에서 이 계산을 효율적으로 수행하는 데 도움이 되며 이 기능이 없는 경우에 같은 결과를 얻으려면 훨씬 큰 비용을 부담해야 합니다.

이러한 기능에 대한 자세한 내용은 데스크톱 [Maxwell 백서](#)를 참조하세요.

Tiled Resources

DirectX 11.2에는 **Sparse Texture**라 불리는 NVIDIA Kepler 및 Maxwell 하드웨어 기능으로 가속화할 수 있는 [Tiled Resources](#)라는 기능이 도입되었습니다. Tiled Resources를 사용하면 텍스처에서 렌더링에 필요한 부분만 GPU의 메모리에 저장됩니다. Tiled Resources는 텍스처를 타일(페이지)로 나눈 다음 애플리케이션에서 필요한 타일을 확인하고 비디오 메모리에 로드하는 방식으로 작동합니다. 추가 텍스처 메모리 비용을 들이지 않고 같은 텍스처 타일을 여러 텍스처에 사용할 수도 있는데 이를 앨리어싱이라고 합니다. 복셀 그리드 구현에서 앨리어싱을 사용하면 복셀 데이터가 중복 저장되지 않게 하여 적지 않은 메모리를 절감할 수 있습니다. Tiled Resources에 대한 자세한 내용은 [링크](#)에서 확인할 수 있습니다.

Raster Ordered View

차세대 DX API에는 이전에 Z 및 Color ROP 유닛에서 지원하던 것과 같이 보장된 처리 순서를 지원하는 '**Raster Ordered View**'라는 개념이 도입되었습니다. 두 셰이더 A와 B가 각각 같은 래스터 X와 Y에 연결되어 있는 경우, 하드웨어에서는 셰이더 A가 ROV에 대한 접근을 모두 완료한 후에 셰이더 B가 접근하도록 보장해야 합니다.

Maxwell에서는 Raster Ordered View를 지원하기 위해 비슷한 기능의 셰이더에 있는 새로운 인터록 유닛을 ROP의 유닛에 추가합니다. ROV에 접근할 수 있는 셰이더를 실행하면 인터록 유닛에서 모든 활성 픽셀 셰이더의 XY를 추적하고 충돌하는 셰이더가 동시에 실행되는 것을 방지합니다.

Raster Ordered View를 사용하는 방법 중 하나는 순서에 독립적인 투명도 렌더링 알고리즘을 사용하여 픽셀 셰이더에서 픽셀당 투명도 조각의 정렬된 목록을 유지하면서 투명도 지오메트리를 사전 정렬할 수 없는 애플리케이션을 처리하는 것입니다.

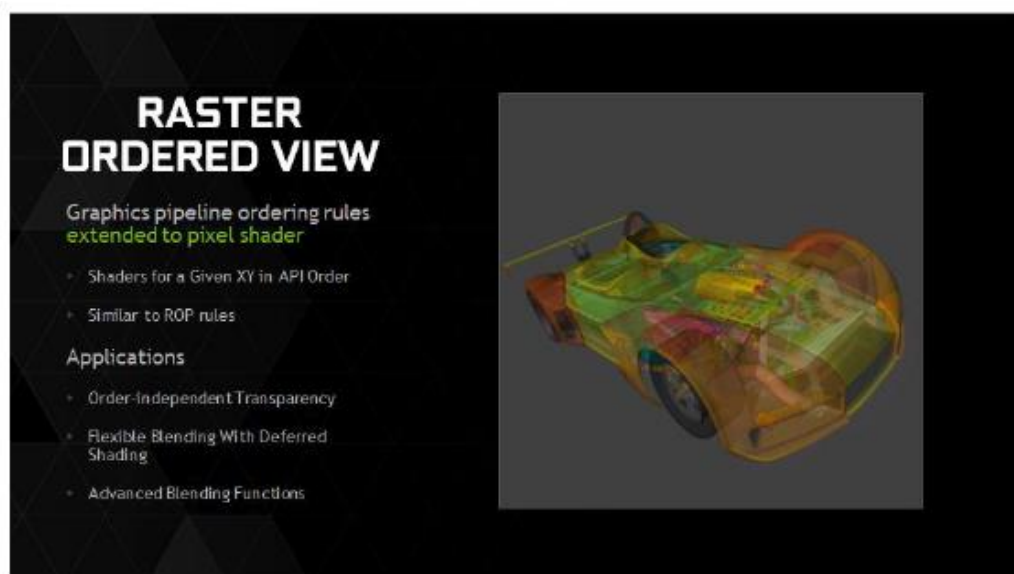


그림 13 Raster Ordered View

자동차의 Tegra X1

GPU 가속화된 컴퓨팅으로 과학, 약학, 금융, 엔지니어링 분야의 혁신 속도가 빨라지고 있습니다. CUDA는 수백만 명의 사용자가 산업 및 과학에 널리 사용하는 세계적인 선두 GPU 컴퓨팅 플랫폼이 되었고, 세계 최고 수준의 여러 슈퍼컴퓨터에도 사용되고 있습니다. GPU 컴퓨팅은 애플리케이션 작업 부하를 병렬화하고 GPU에서 실행하여 속도 성능을 전에 없던 수준으로 올립니다.

강력한 컴퓨팅 성능, 간편한 일반용 GPU 프로그래밍, 놀라운 에너지 효율 덕분에 Tegra X1은 GPU 컴퓨팅을 많이 사용하는 서라운드뷰 기반 안전 시스템, 컴퓨터 비전 기반 자동 주차 시스템, 심층 기계 학습 기반의 상황별 물체 인식 운전자 지원 시스템, 시각적으로 풍부한 디지털 기기 클러스터, 인포테인먼트 시스템 등의 자동차 관련 분야에 매우 잘 맞습니다.

NVIDIA DRIVE™ CX 운전석 컴퓨터

자동차에 사용되는 디스플레이 패널의 수가 급증하고 있습니다. 몇 년 전만 해도 내비게이션 정보를 표시하는 저해상도 패널이 소수의 프리미엄 자동차 모델에만 제공될 뿐이었습니다. 그러나 지금은 대부분의 주류 중급 자동차 모델에 내비게이션용 디스플레이 패널이 장착되어 있습니다. 테슬라나 아우디와 같은 일부 최고급 자동차에서는 고해상도 디스플레이 패널을 통해 내비게이션 정보와 디지털 기기 클러스터를 제공할 뿐 아니라 고해상도 뒷좌석 디스플레이 패널을 통해 승객 인포테인먼트도 제공합니다.



그림 14 다양한 기능에 여러 디스플레이 패널을 사용할 미래의 자동차

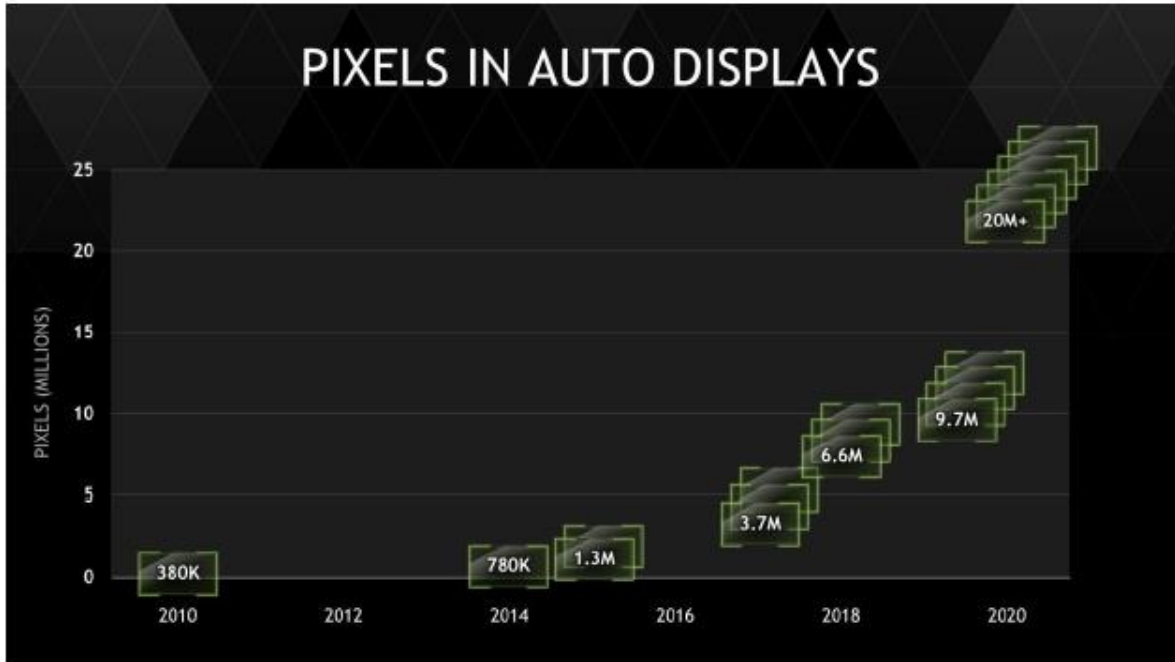


그림 15 자동차 컴퓨터에서 구동하는 디스플레이 픽셀 수의 급증

앞으로 몇 년 사이에 출시될 새로운 자동차 모델에서는 카메라 기반의 가상 측면 거울로 실제 측면 거울의 거추장스러운 면을 탈피하고 가상 후방 거울, 승객 인포테인먼트 컨트롤, 창문과 문을 제어하는 터치형 디지털 디스플레이와 같은 기능에 더 많은 디스플레이 패널을 사용할 예정입니다. 자동차 한 대의 컴퓨터에서 일곱 개 이상의 고해상도 디스플레이를 운영해야 할 수도 있습니다.

자동차에 사용되는 디스플레이 패널의 수는 앞으로 계속 증가할 전망이며 위의 차트에서 보이는 것과 같이 자동차 컴퓨터의 GPU에서 렌더링하고 표시해야 할 총 픽셀 수도 계속 증가할 것입니다. 예를 들어, 2010년에는 자동차 컴퓨터에서 기본적인 800x480 해상도의 내비게이션 디스플레이에 있는 380K 픽셀만 관리했지만 2014년에는 1.3메가픽셀을 렌더링하여 내비게이션과 디지털 클러스터에 사용할 두 개의 고해상도 패널을 운영해야 했습니다. 2020년에는 여러 개의 HD 디스플레이 패널에서 총 20메가픽셀이 넘는 디스플레이 해상도를 사용하는 자동차를 볼 수도 있습니다.

자동차 컴퓨터에서는 여러 개의 HD 디스플레이를 렌더링하고 운영하는 것 외에도 내비게이션, 인포테인먼트, 카메라 뷰, 디지털 클러스터 워크로드를 처리해야 합니다. 자동차 컴퓨터의 디자인과 구현이 갈수록 복잡해지고 있으며 이러한 첨단 기능을 처리할 GPU와 견고한 소프트웨어 스택의 필요성도 커지고 있습니다. 이러한 복잡한 기능을 개발하기 위한 비용도 급증하여 현재 \$30M~\$100M 범위인 것으로 추정됩니다.

NVIDIA DRIVE™ CX 운전석 컴퓨터는 이러한 첨단 기능을 지원하는 데 필요한 그래픽 및 컴퓨팅 성능을 제공하면서도 자동차 제조업체의 소프트웨어 개발 노력과 비용을 눈에 띄게 줄일 수 있도록 디자인되었습니다. NVIDIA DRIVE CX는 블루투스, 모뎀, 오디오, 카메라와 같은 표준 I/O 인터페이스와 DRIVE CX 시스템이 자동차 제어 시스템의 나머지 부분과 연결하는 데 필요한 표준

인터페이스를 모두 포함하여 Tegra X1 프로세서 중심으로 제작된 완전한 자동차용 컴퓨터입니다.



그림 16 NVIDIA DRIVE CX 운전석 컴퓨터

NVIDIA DRIVE CX 운전석 컴퓨터는 총 16.8메가픽셀의 디스플레이 해상도를 관리하고 최대 세 개의 디스플레이에서 첨단 그래픽을 렌더링할 수 있습니다. 이 시스템에서는 사실적인 조명 효과가 적용된 3D 내비게이션 렌더링, 아름다운 디지털 클러스터 렌더링, 여러 카메라 입력을 이용한 서라운드 뷰의 사실적인 렌더링 및 컴포지션, 카메라의 비디오 피드 향상을 통한 환경 조건 보정 등에 필요한 그래픽 성능을 제공합니다.

이 시스템에는 포토리얼리스틱 그래픽, 서라운드 비전 렌더링, 첨단 내비게이션 등의 기능에 사용되는 소프트웨어 모듈을 포함하며 실제 테스트를 마친 소프트웨어 스택도 제공됩니다. DRIVE CX 하드웨어 및 소프트웨어 스택은 자동차 설계에 간단하게 통합되므로 자동차 제조업체나 Tier 1 공급업체의 시장 도달 시간을 단축하고 소프트웨어 개발 비용을 절감할 수 있습니다.

다음의 두 이미지에서는 Tegra X1과 DRIVE CX 시스템으로 자동차에서 프리미엄 비주얼 경험을 제공하는 방법의 몇 가지 예를 보여 줍니다. 그림 17에서 왼쪽에 표시된 기존의 2차원 내비게이션 정보는 지도 전체의 밝기가 일정하며 주의를 분산시키는 텍스트와 요소가 많습니다. NVIDIA에서는 자동차 제조업체와 협력하여 풍부한 그래픽을 이용하여 3차원으로 내비게이션 정보를 제공하며 조명 효과를 사용해서 지도의 관련 지역으로만 주의를 집중하는 새로운 체계를 개발했습니다. 조명 효과는 지도에서 현재의 내비게이션 경로와 관련된 부분을 밝게 표시하고

주변 영역을 어둡게 표시하여 운전 중에 운전자의 주의가 분산되지 않도록 합니다.

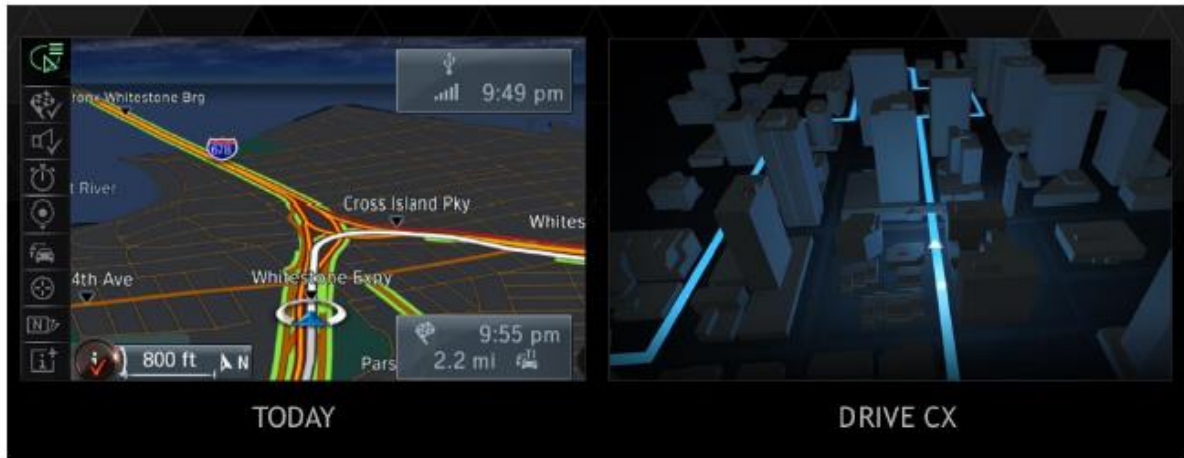


그림 17 첨단 조명 효과를 사용하여 운전자의 주의 분산을 줄인 DRIVE CX의 3D 내비게이션

그림 18에서는 DRIVE CX 플랫폼에서 표현할 수 있는 속도계, 회전 속도계, 기타 계기판의 아름다운 3차원 렌더링을 보여 줍니다. 현재의 디지털 기기 클러스터가 자동차 나머지 부분의 아름다움과 시각 디자인 철학에 맞지 않는다는 자동차 애호가와 자동차 제조업체의 피드백이 있었습니다. 자동차 제조업체는 이제 Tegra X1의 풍부한 그래픽 처리 능력을 활용하여 비단처럼 매끄러운 프레임 속도로 실행되며 자동차의 고급 디자인과도 어울리고 시각적으로도 풍부한 고화질 디지털 클러스터 렌더링을 제공할 수 있습니다.



그림 18 디지털 클러스터의 아름다운 3D 렌더링을 제공하는 NVIDIA DRIVE CX

NVIDIA DRIVE™ PX 오토 파일럿 플랫폼

신형 자동차는 여러 개의 디스플레이 패널을 포함할 뿐 아니라 여러 개의 카메라를 내장하여 운전자 지원, 가상 거울, 서라운드 뷰 기능에 사용하도록 설계됩니다. 많은 자동차 제조업체에서 여러 개의 카메라를 내장한 자동차 디자인을 고려하고 있으며 앞으로 몇 년 사이에는 아래 이미지와 같이 12개의 카메라를 장착한 자동차도 나올 것으로 예상할 수 있습니다. 자동차의 전면, 후면, 측면에는 서라운드 비전용 카메라, 거울이 없이 측면 및 후면 시야를 구현하는 가상 거울용 카메라, 운전자 지원을 위한 장거리 및 단거리 카메라, 교차 통행 감지를 위한 코너 카메라, 운전자 모니터링을 위한 차량 내부 카메라가 장착됩니다.

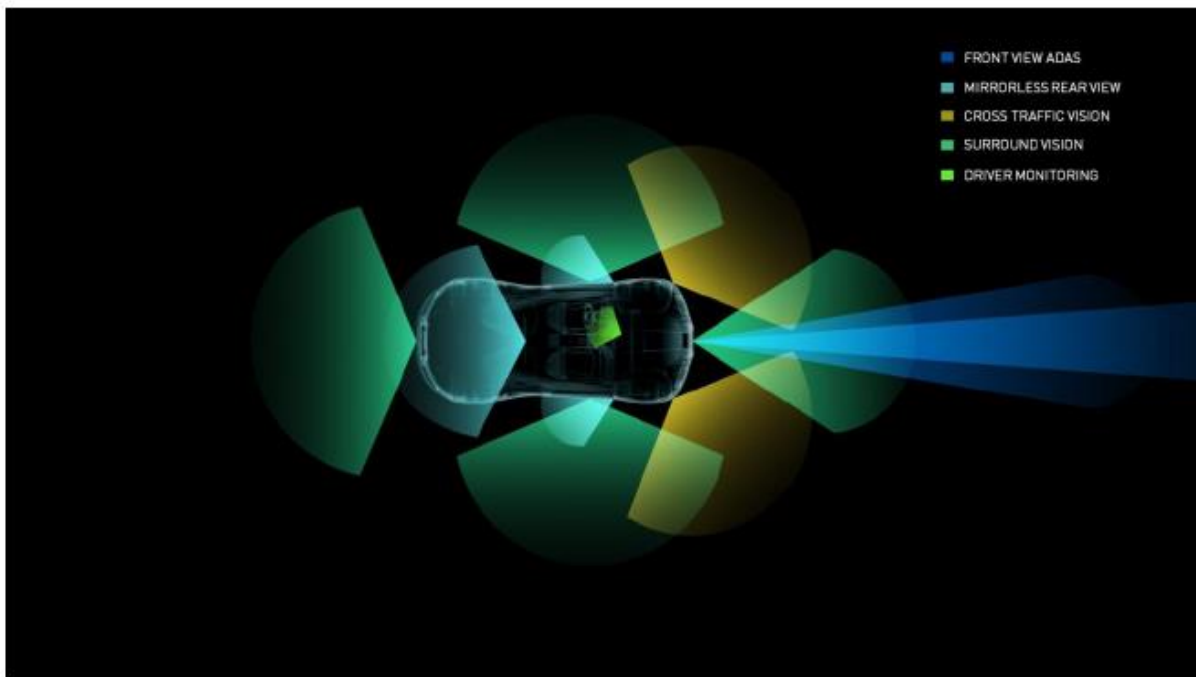


그림 19 최대 12개의 카메라를 장착할 수 있는 차세대 자동차

서라운드 비전, 자동 주차, 상황별 운전자 지원과 같은 기능을 제공하는 여러 카메라의 출력으로 라이브 고해상도 비디오 스트림을 처리, 분석하고 이에 대응하려면 막대한 비주얼 컴퓨팅 성능과 이미지 처리 성능이 필요합니다. 이러한 용도 중에는 수백 기가플롭스의 컴퓨팅 능력이 필요한 것도 있으며 이러한 여러 개의 문제에 동시에 컴퓨터를 사용하는 경우 전체 작업 부하를 처리하려면 테라플롭스 규모의 컴퓨팅 능력이 필요할 수도 있습니다.

정확하고 안정적이고 지능적인 ADAS를 만들려면 병렬 컴퓨팅 알고리즘, 신경 컴퓨팅, 그래픽에 대한 심층 지식과 그래픽 분야의 전문성, 그리고 GPU의 능력을 활용하는 소프트웨어 스택을 작성하는 능력이 필요합니다. 자동차 제조업체들은 지난 몇 년 사이에 더 우수하고 저렴하고 효율적인 자동차를 제조하는 기술에서 전문성을 쌓았지만, 그래픽 처리와 병렬 처리, 소프트웨어 개발 분야의 전문성이 부족하여 ADAS 시스템 개발에 수백만 달러를 쏟아 붓고 있는 실정입니다

NVIDIA는 비주얼 컴퓨팅 분야의 세계적인 리더이며 복잡한 그래픽 및 비주얼 컴퓨팅 문제를

해결할 수 있는 전문성과 경험, 지식을 갖추고 있습니다. **NVIDIA DRIVE PX** **오토 파일럿 플랫폼**은 서라운드 비전, 자동 주차, 상황별 운전자 지원 등의 첨단 기능에 사용되는 소프트웨어 모듈을 제공하는 완전한 자동 조종 컴퓨팅 개발 플랫폼이며 이 플랫폼을 사용할 경우 자동차 제조업체는 관련 비용을 몇 분의 일로 줄일 수 있습니다. DRIVE PX 플랫폼은 자동차 제조업체와 티어 1 공급업체에서 완전한 엔드 투 엔드 솔루션으로 사용할 수도 있고 요소 라이선스를 구입할 수도 있도록 디자인되었습니다. 두 개의 Tegra X1 프로세서를 사용하는 이 시스템에서는 프로세서 두 개를 함께 사용할 수도 있고 한 프로세서를 핵심 애플리케이션 전용 프로세서로 사용할 수도 있습니다.



그림 20 NVIDIA DRIVE PX 오토 파일럿 개발 플랫폼

DRIVE PX 플랫폼에서는 최대 12개의 카메라 입력을 지원하며 플랫폼에 있는 각 Tegra X1 프로세서는 12개의 내장 카메라에서 오는 데이터에 접근하여 실시간으로 처리합니다. 12개의 카메라가 각각 30fps로 출력하는 1메가픽셀(1280x800) HD 카메라라고 가정하면 DRIVE PX에서는 초당 360메가픽셀의 총 비디오 데이터를 처리해야 합니다. DRIVE PX는 초당 1.3기가픽셀을 처리할 수 있으므로 더 높은 해상도의 카메라가 더 높은 프레임 속도로 출력하는 정보도 처리가 가능합니다. 컴퓨터 비전 기반 애플리케이션에서 더 높은 프레임 속도로 더 높은 해상도의 카메라 데이터를 처리할 수 있으면 들어오는 비디오 스트림으로부터 더 정확하고 더 빠르게 물체를 감지할 수 있습니다.

DRIVE PX에는 정확하면서 시각적으로도 풍부한 서라운드 비전 기능, 자동 주차 기능, 심층 기계 학습 기반의 갈수록 똑똑해지는 상황별 운전자 지원 시스템 등을 제공하는 탄탄한 소프트웨어 스택과 소프트웨어 모듈이 제공됩니다.

동급 최강의 서라운드 비전

DRIVE PX 플랫폼에는 자동차 제조업체에서 동급 최강의 서라운드 비전 경험을 제공할 수 있게 해 주는 서라운드 비전 소프트웨어 모듈이 제공됩니다. 현재 시장에 나와 있는 솔루션은 여러 가지로 제한되어 있습니다. 예를 들어, 많은 서라운드 뷰 구현에서는 복합 서라운드 뷰 이미지에 나오는 자동차의 코너에서 튀어나오는 선이 보이며, 이 선은 네 개의 서라운드 뷰 카메라에서 출력되는 이미지의 사진 접합이 불완전한 것을 가리기 위해 나타나는 것입니다. 이러한 선은 사진 접합이 불완전하여 발생하는 이상과 왜곡을 가립니다. 기존의 서라운드 뷰 솔루션은 주차장에서 켜 두었을 때 고스팅이나 이중 비전 문제가 발생하고 접합된 서라운드 뷰 이미지의 주차선이 두 번 표시되며 다른 이상도 나타나는 경우가 많습니다.

DRIVE PX 플랫폼에서는 Tegra X1의 그래픽 및 컴퓨팅 기능과 정교한 알고리즘을 사용하여 프리미엄 서라운드 뷰 환경을 제공합니다. 예를 들어, 그림 21의 왼쪽에서 보이는 것과 같이 주차장의 일부가 자동차에서 멀어지는 방향으로 기울어져 있는 경우, DRIVE PX에서는 지면 플레이닝 기술을 사용하여 경사를 감지하고 고스팅이나 이상이 없도록 보정된 접합 이미지를 표시합니다. 또한 접합된 최종 서라운드 비전 이미지를 표시할 때 자동차 주변의 다양한 조명 조건을 감지하고 차이를 보정합니다. 예를 들어 차량 한 쪽의 카메라에 밝은 태양빛이 비치고 다른 쪽의 카메라에 그림자가 드리운 경우, DRIVE PX는 밝기를 보정하여 접합된 이미지를 고른 밝기로 표시합니다. Drive PX는 또한 첨단 조명, 그림자, 고해상도 텍스처로 자동차의 이미지를 아름답게 렌더링하고 그림 21에서와 같이 동급최강의 프리미엄 서라운드 비전 경험을 선사합니다.

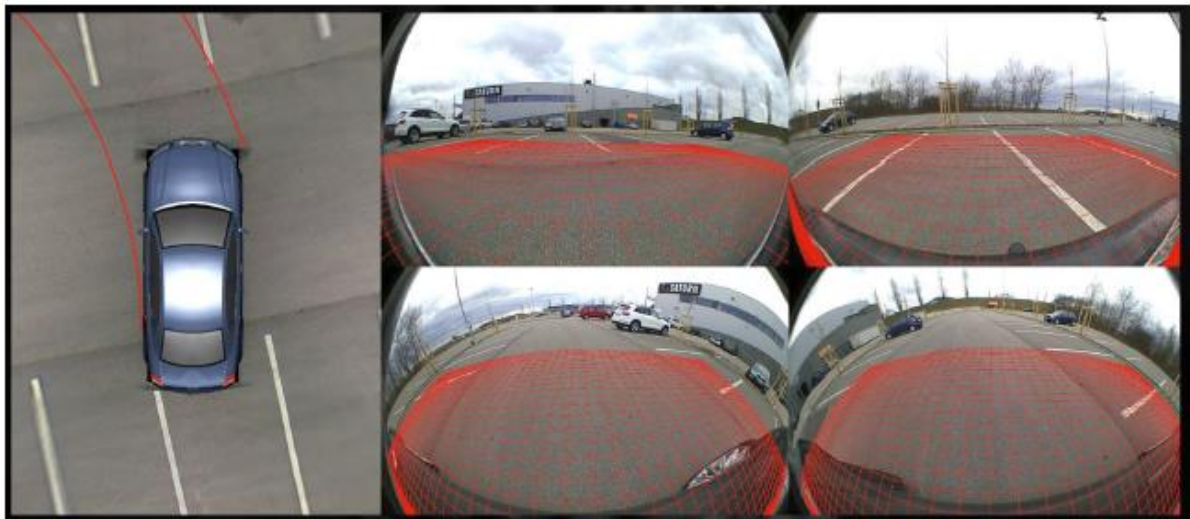


그림 21 동급최강의 서라운드 뷰 솔루션을 제공하는 NVIDIA DRIVE PX

자동 주차

NVIDIA는 DRIVE PX에서 실행되며 자동차가 주차장을 스스로 주행하다가 빈 자리를 식별하고 사람의 손이 가지 않아도 안전하게 주차할 수 있도록 하는 정교한 자동 주차 소프트웨어 모듈을 개발했습니다. 자동 주차 소프트웨어 모듈에서는 첨단 알고리즘을 사용하여 자동차 전면, 후면, 측면 카메라의 비디오 스트림을 분석하고 처리합니다. 먼저 네 개의 카메라에서 제공되는

비디오를 스캔하며 Structure From Motion(SFM) 알고리즘을 사용하여 주차장에 있는 자동차, 빈 자리, 기둥, 기타 물체를 감지하고 주차장의 포인트 클라우드 3D 표현을 만듭니다. 이 주차장의 3D 표현은 자동차가 빈 자리를 찾아 스스로 주행하는 동안 실시간으로 구성되며 대량의 컴퓨팅 성능이 필요합니다.

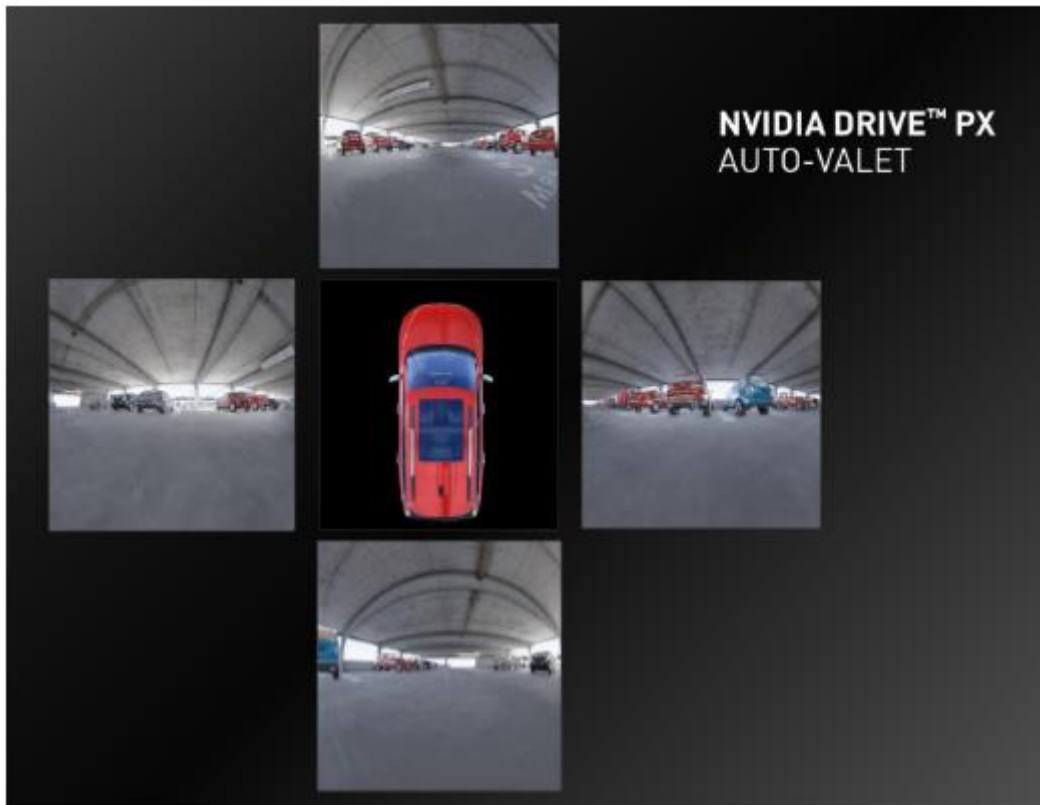


그림 22 컴퓨터 비전 기반으로 무인 자동 주차 기능을 제공하는 NVIDIA DRIVE PX

다음으로, 자동 주차 모듈에서 빈 자리를 식별하고 나면 비디오 피드를 처리하여 빈 자리가 주차할 자리로 적합한지 확인해야 합니다. 예를 들어, 자리에 주차선이 없으면 주차할 자리가 아닌 빈 공간이라는 결론을 얻고, 주차선이 있는 자리에서 장애인 표시가 감지될 경우에는 적합하지 않은 자리로 표시합니다.

자동 주차 모듈은 또한 경로 계획 알고리즘을 실행하여 자동차가 빈 자리를 찾아 주행하고 적합한 자리에 주차하는 동안 운전대, 브레이크, 액셀을 제어합니다. 적합한 자리를 식별하면 주차 알고리즘에서 주차할 자리 근처의 장애물과 다른 차량을 감지하고 자동차가 그 자리로 직접 자동차를 진입시키거나 적절한 3점 턴을 실행하여 자동차를 주차합니다.

자동 주차 기능을 구현하려면 막대한 컴퓨팅 성능과 이미지 처리 성능이 필요하며 안전하고 안정적이고 효율적인 자동 주차 기능을 제공할 수 있는 알고리즘 및 소프트웨어 스택을 구현하려면 그래픽, 이미지 처리 및 병렬 컴퓨팅에 대한 심층적인 이해가 필요합니다. NVIDIA는 이 모든 영역에서 전문성을 보유하고 여러 해에 걸쳐 GPU 컴퓨팅, 그래픽 처리, 컴퓨터 비전에 관한 연구, 발명, 혁신 경험을 쌓았기 때문에 이와 같이 정교한 기능을 제공할 수 있습니다. NVIDIA DRIVE PX 플랫폼과 서라운드 비전 및 자동 주차와 같은 소프트웨어 모듈을 사용하면

자동차 제조업체에서 막대한 개발 비용을 절감하고 첨단 기능을 자동차에 빠르게 추가할 수 있습니다.

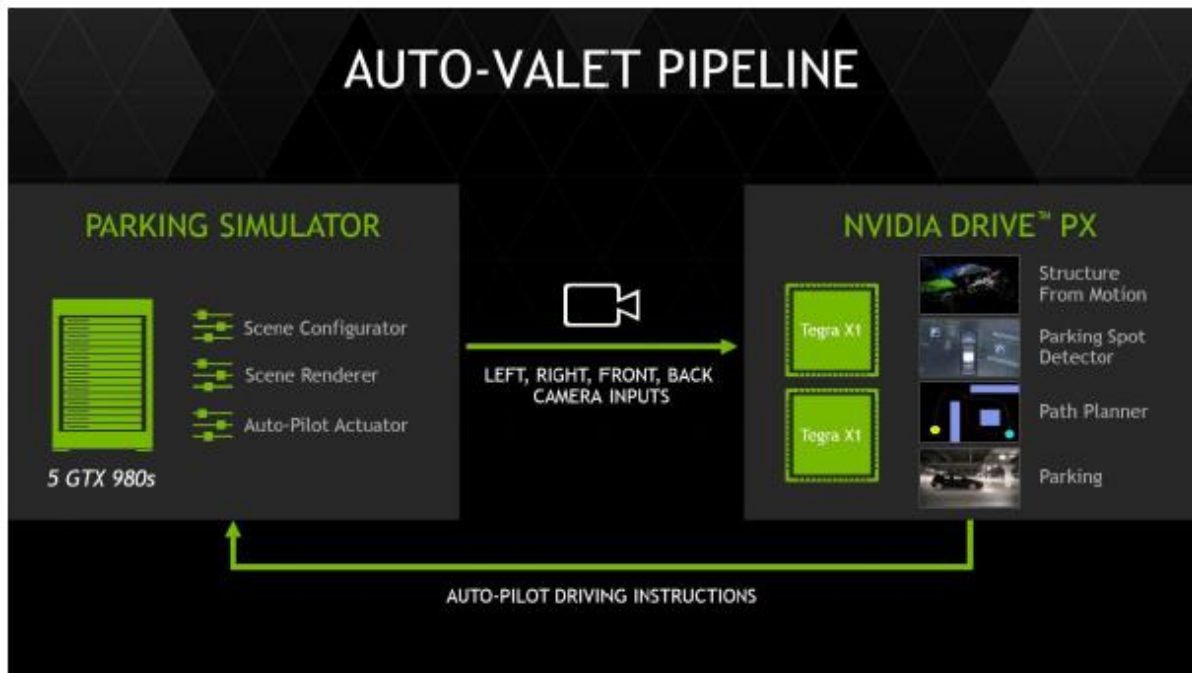


그림 23 NVIDIA DRIVE PX 주차 시뮬레이터 시스템

NVIDIA에서는 자동차의 자동 주차 기능을 더 빠르게 개발하고 최적화하기 위해 자동차 제조업체에서 다양한 물리적 및 환경적 상황에 따라 자체 주차 알고리즘을 테스트하고 정리할 수 있는 완전한 자동 주차 시뮬레이터 시스템을 만들었습니다. 아래 이미지에 표시된 것과 같은 주차 시뮬레이터에는 다양한 주차장 구성을 만들고, 주차장에 자동차를 추가하거나 제거하고, 장애물이나 장애인 주차 구역, 주차 금지 구역 등의 흥미로운 특징까지도 만들 수 있는 장면 구성자가 있습니다.

시뮬레이터의 장면 렌더러에서는 주어진 장면 구성을 사용한 다음 조종 차량 운전 지시를 테스트 중인 DRIVE PX 모듈에서 피드백하여 자동차 전면, 후면, 측면 카메라의 출력을 시뮬레이션하는 비디오를 렌더링합니다. 그러면 이러한 비디오가 자동 주차 알고리즘을 실행하는 DRIVE PX 모듈에 입력되고 브레이크, 운전대, 액셀을 제어하는 운전 명령을 출력합니다. 이러한 운전 명령을 분석하면 다양한 자체 주차 알고리즘을 더 최적화할 수 있습니다.

상황별 첨단 운전자 지원 시스템

자동차의 첨단 운전자 지원 시스템(ADAS)은 이름에서 알 수 있는 것과 같이 도로에서 다른 자동차, 보행자, 교통 신호 등의 물체를 감지하여 운전자에게 경고하거나 자동차를 제어하여 충돌 방지, 차선 변경, 교통 법규 준수 등을 수행합니다. 그러나 현재 세대의 ADAS는 몇 가지 제한이 있으며 운전자에게 만족스러운 지원을 제공하지 않습니다.

첫째, 이러한 시스템은 컴퓨팅 능력이 제한되어 있기 때문에 프레임 속도가 낮은 저해상도

카메라의 비디오를 사용하여 정보를 처리하고 운전자 지원을 제공합니다. 저해상도 이미지를 사용하면 장면에 있는 물체를 부정확하게 식별 및 분류할 수 있으며 도로의 위험에 느리게 반응할 수 있습니다. 둘째, 이러한 시스템에서는 보행자, 자동차, 교통 신호 등의 기본적인 몇 가지 물체가 명확하게 드러나며 ADAS에 친숙한 구조나 윤곽으로 나타나는 경우에만 식별이 가능합니다. 아래 그림과 같이 시점이 바뀌어 다르게 보이는 물체는 식별할 수 없습니다.



그림 24 시점이 바뀌자 같은 차량의 식별에 실패하는 현재의 ADAS

물체의 일부가 시야에서 막힌 경우에도 식별에 실패합니다. 예를 들어, 카메라에 일부만 보이는 보행자나 자전거를 끌고 있는 보행자는 식별 및 분류에 실패할 수 있습니다. 셋째, 비가 오는 날, 밤, 화면에 밝은 빛이 비치는 상황 등의 다양한 악조건 및 조명 환경에서 이러한 지원 기능이 실패할 수 있습니다.

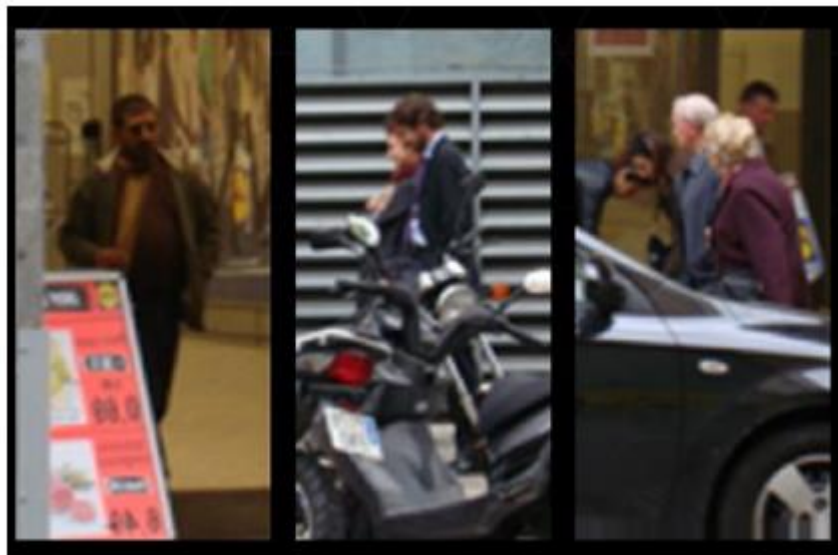


그림 25 장면에서 다른 물체에 가린 보행자를 식별하는 데 실패하는 경우가 많은 현재의 ADAS³

³ 이미지 출처: *Partially Occluded Pedestrian Dataset, Computer Vision Center, Universitat Autònoma de Barcelona*

마지막으로 가장 중요한 점은, 현재 세대의 ADAS가 캡처된 장면의 상황을 이해하지 못한다는 것입니다. 예를 들어 인간 운전자는 전화를 하면서 주의를 분산된 채로 길을 건너는 보행자를 보면 다가오는 자동차를 인식하고 조심스럽게 길을 건너는 보행자를 볼 때보다 더 긴장하고 더 조심스럽게 운전합니다. 또한 현재의 ADAS는 비슷하게 생겼지만 대응 방법이 달라야 하는 물체들을 구별하지 못합니다.



그림 26 구급차와 비슷한 모양의 트럭을 구별하지 못하는 경우가 많은 현재의 ADAS

예를 들어, 위 그림에서와 같이 구급차와 비슷하게 생긴 트럭이 많기 때문에 ADAS에서 도로에 있는 구급차를 트럭으로 인식하고 속도를 늦추지 않을 수가 있습니다. 따라서 오토 파일럿 기능을 완전하게 갖춘 시스템을 제공하려면 위와 같은 제한을 모두 극복하는 솔루션이 필요합니다.

듀얼 Tegra X1이 장착된 DRIVE PX 시스템은 위와 같은 제한을 해결할 수 있는 컴퓨팅 성능과 정교한 소프트웨어가 있으며 프레임 속도가 높은 고해상도 비디오 스트림을 처리하고, 좋지 않은 조명 조건을 보정하고, 장면에 있는 물체를 훨씬 빠르게 식별할 수 있습니다. 그러나 일부가 막힌 물체의 문제를 해결하고 상황에 맞게 물체를 분류하려면 ADAS에 수백만 개의 모양과 물체를 인식하여 실시간으로 올바르게 분류하는 능력이 필요하며 기존의 컴퓨터 비전 알고리즘을 실행하는 작은 로컬 시스템에서 로컬로 구현할 수 없는 수 테라플롭스의 컴퓨팅 능력이 필요합니다.

딥 러닝과 신경망

위에서 설명한 복잡한 문제를 해결하기 위해 NVIDIA에서는 DRIVE PX 플랫폼을 통해 자동차 산업에 딥 러닝 기능을 도입합니다. 딥 러닝은 간단하게 말하면 인간 두뇌의 신경 학습 과정을 모델링하여 지속적으로 학습하며 시간이 지날수록 똑똑해져서 더 정확한 결과를 제공하는 기술입니다. 어른으로부터 다양한 모양을 정확하게 식별하고 분류하는 방법을 배우는 어린아이처럼, 딥 러닝 또는 신경 학습 시스템은 개체 인식 및 분류에 관한 학습을 하며 갈수록 기본적인 물체와 가려진 물체를 더 똑똑하게 식별 및 분류하고 물체에 상황을 결부시킬 수 있습니다.

이미 언급한 것과 같이 딥 러닝 시스템은 인간 두뇌의 작용을 모델링한 것입니다. 가장 단순한 수준에서 보면, 인간 두뇌는 다양한 입력을 보고 각 입력을 장기적으로 학습된 중요도 수준에

따라 할당하고 다른 신경에서 대응할 수 있도록 출력하여 전달합니다.

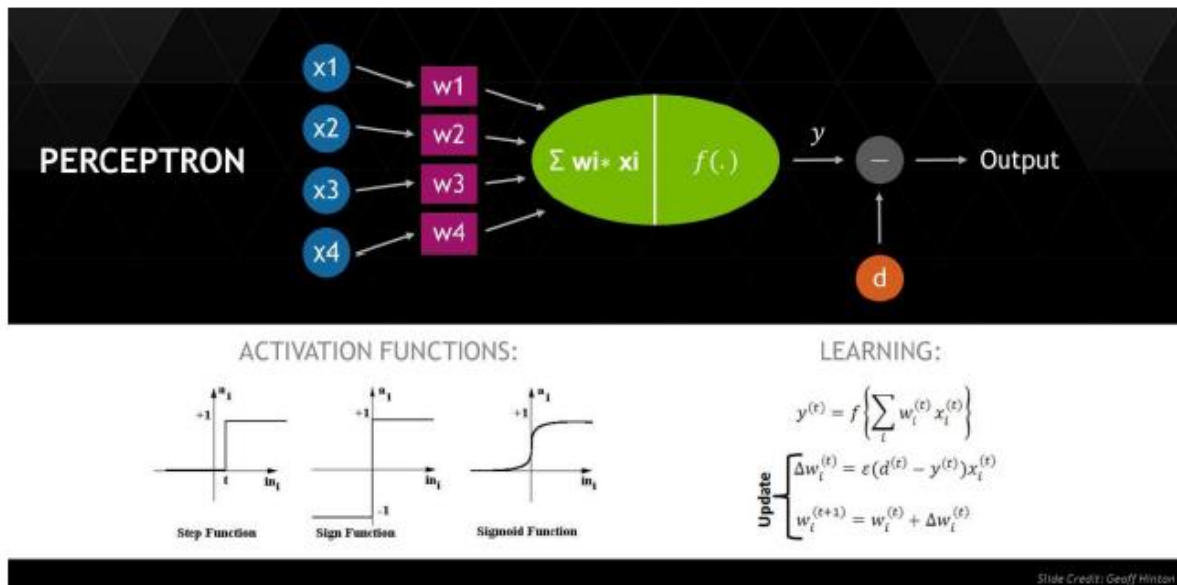


그림 27 퍼셉트론은 신경망에서 가장 간단한 모델

위 그림에 표시된 퍼셉트론은 신경망에서 가장 기본적인 모델입니다. 이미지에서 보이는 것과 같이 퍼셉트론에는 퍼셉트론에서 인식하고 분류하도록 훈련된 물체의 다양한 특징을 나타내는 여러 입력이 있고 이러한 각 특징에는 물체의 모양 정의에서 가지는 중요도에 따라 가중치가 할당됩니다.

예를 들어, 손으로 쓴 숫자 0을 식별하도록 훈련된 퍼셉트론을 생각할 수 있습니다. 물론 숫자 0은 손글씨 스타일에 따라 다양한 방법으로 쓸 수 있습니다. 퍼셉트론에서는 0의 이미지를 받아 다양한 색선으로 분해하고 이러한 색선을 특징 x1에서 x4까지에 할당합니다. 숫자 0의 오른쪽 위에 있는 곡선을 x1에 할당하고, 그 아래쪽에 있는 곡선을 x2에 할당하는 식으로 계속할 수 있습니다. 특정 특징에 연결된 가중치에 따라 손글씨 숫자가 0이라는 것을 확인하는 데 있어 그 특징이 얼마나 중요한지가 결정됩니다. 이미지의 가운데에 있는 녹색 타원은 퍼셉트론이 이미지의 모든 특징에 가중치를 적용하고 합산하여 숫자가 0인지 판별하는 부분입니다. 그러고 나면 이 결과에 함수를 적용하여 숫자가 0인지 여부에 따라 true나 false를 출력합니다.

신경망의 핵심적인 면은 네트워크에서 더 나은 결정을 내릴 수 있도록 교육하는 것에 있습니다. 위에서 손글씨 0을 감지하는 퍼셉트론 모델은 처음에 숫자 0을 정의하는 각 특징에 가중치를 할당하며 교육을 시작합니다. 그리고 나면 퍼셉트론에 숫자 0을 제공하여 숫자를 올바르게 식별하는지 확인하고, 숫자를 올바르게 식별하지 못하면 잘못 식별한 이유를 이해한 후 퍼셉트론에서 숫자 0을 올바르게 식별할 때까지 각 특징의 가중치를 조정하며, 다양한 손글씨 스타일로 0을 올바르게 식별할 때까지 조정을 계속합니다. 다이어그램에 있는 등식이 복잡해 보이지만 기본적으로는 위에 설명한 학습 프로세스를 수학적으로 표현한 것에 지나지 않습니다.

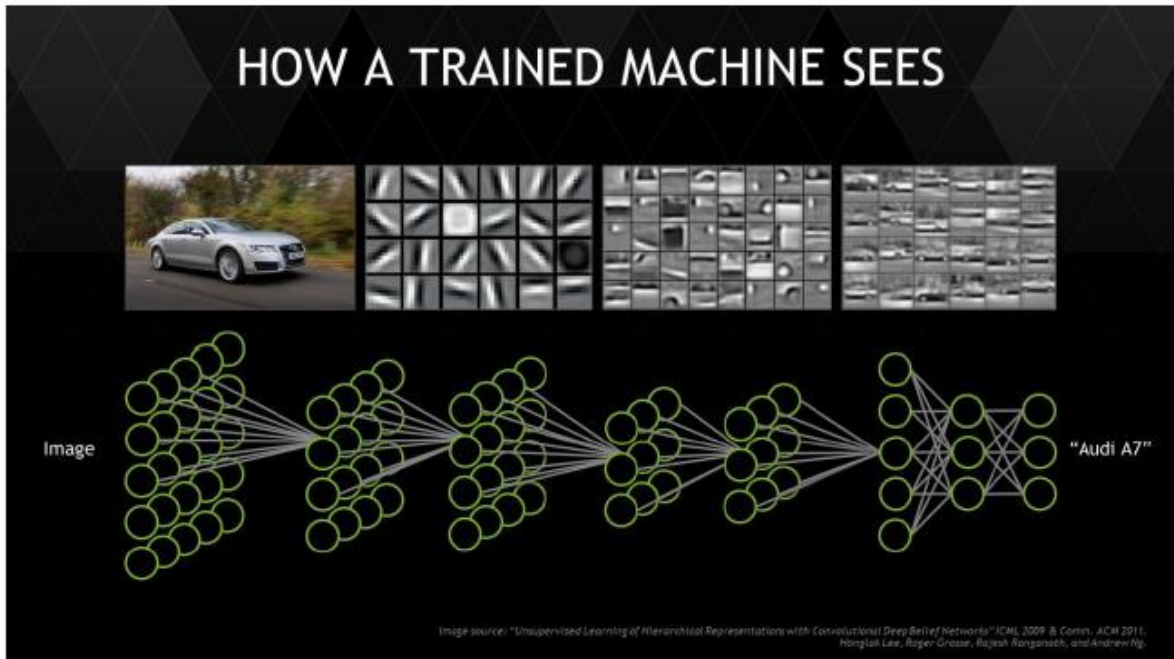


그림 28 복잡한 멀티레이어 신경망 모델에는 막대한 컴퓨팅 능력 필요

퍼셉트론은 매우 간단한 신경망 모델이었지만, 비슷한 개념을 기반으로 한 멀티레이어 신경망도 현재 ATM 기계에 입금된 수표의 손글씨를 인식하고, 페이스북 사진에서 친구의 얼굴을 인식하고, 5천만 명 이상의 Netflix 사용자에게 추천 영화를 표시하는 등의 다양한 용도로 널리 사용되고 있습니다. 그림 28에 표시된 멀티레이어 신경망 모델은 퍼셉트론과 비슷한 노드 여러 개가 복잡하게 서로 연결되어 있고 각 노드에서 다양한 입력 특징을 찾아 출력을 다른 여러 노드에 제공하는 방식으로 구성될 수 있습니다.

위 모델에서 신경 모델의 첫 번째 레이어는 이미지를 여러 섹션으로 분해하여 선이나 각도와 같은 기본적인 패턴을 찾고, 두 번째 레이어는 이러한 선을 결합하여 바퀴, 윈드실드, 거울과 같은 더 높은 수준의 패턴을 찾고, 다음 레이어에서는 차량의 종류를 식별하고, 신경 모델의 마지막 몇 레이어에서는 특정 브랜드의 모델을 식별합니다(이 경우는 Audi A7).

신경망 모델의 GPU 가속화

신경망과 심층 학습에 관한 아이디어는 수십 년 동안 있어 왔지만 최근에 와서야 모델을 병렬로 쓰고 수천 개의 병렬 처리 코어를 가진 GPU에서 실행하면 신경망 모델의 훈련 및 학습 과정을 크게 가속화할 수 있다는 점을 스탠포드 대학의 과학자 그룹에서 밝혀냈습니다.

현재 다양한 산업에서 신경망 기반 컴퓨팅의 혁명을 주도하고 있는 세 가지 성과는 GPU를 병렬 처리 슈퍼컴퓨터로 이용하여 복잡한 신경망 모델을 훈련하는 방법, 빅데이터 방법의 사용, 신경망 알고리즘의 빠른 발전입니다.

ImageNet은 이미지 처리 신경망의 효율을 평가하는 세계적인 인기 컨테스트입니다. GPU를 통해 제공되는 엄청난 성능 가속화 때문에 ImageNet 경쟁에 제출되는 GPU 기반 신경 모델의 수도

지난 몇 년간 기하급수적으로 증가하여, 2014년에는 참가자의 95% 이상이 GPU를 실행하도록 최적화되었을 정도입니다.

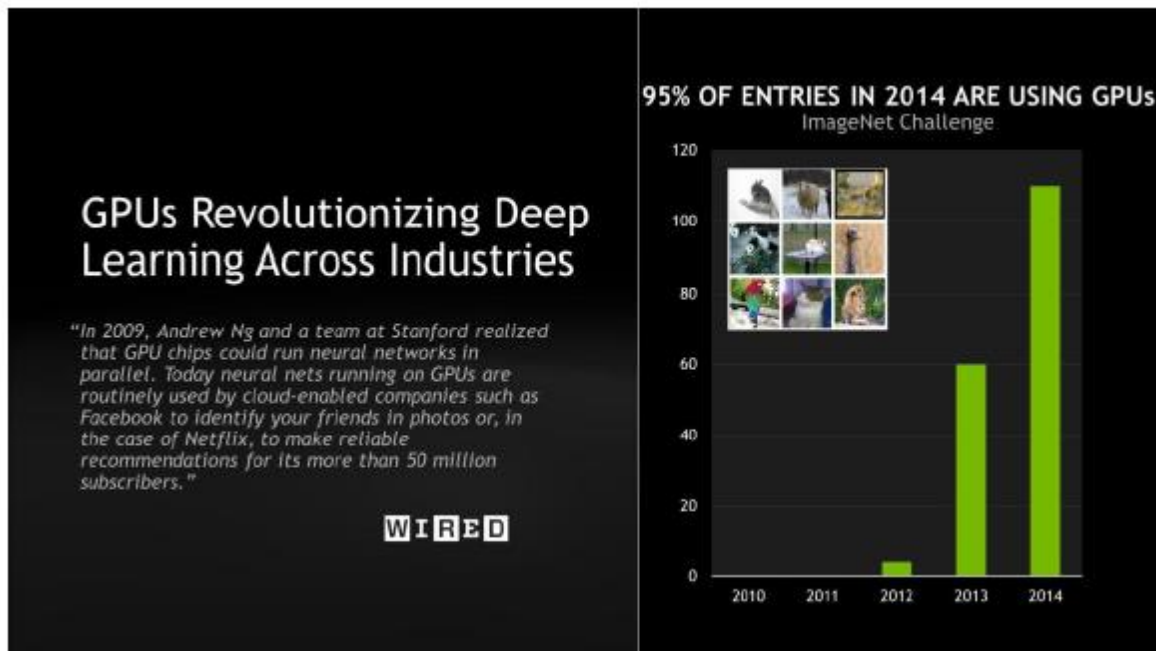


그림 29 신경망 모델의 대부분은 GPU에서 실행하도록 최적화

Tegra X1과 256코어 Maxwell GPU는 기존의 컴퓨터 비전 알고리즘과 신경망 알고리즘을 모두 실행하는 데 필요한 컴퓨팅 성능을 제공하도록 디자인되었습니다. 아래 차트에는 일반적으로 사용되는 컴퓨터 비전과 신경망 알고리즘에서 Tegra X1의 성능을 보여 줍니다. 그림 28은 이미지 필터링 알고리즘 및 경계 감지 알고리즘에서 Tegra X1의 성능을 보여 주며, 여기에서 Tegra X1은 Tegra K1에 비해 1.5배에서 2배까지의 성능을 제공합니다. 다음 두 그림은 Tegra X1이 물체 분류에 사용되는 인기 신경망 모델에서 Tegra K1의 두 배 성능을 제공하는 것을 보여 줍니다.

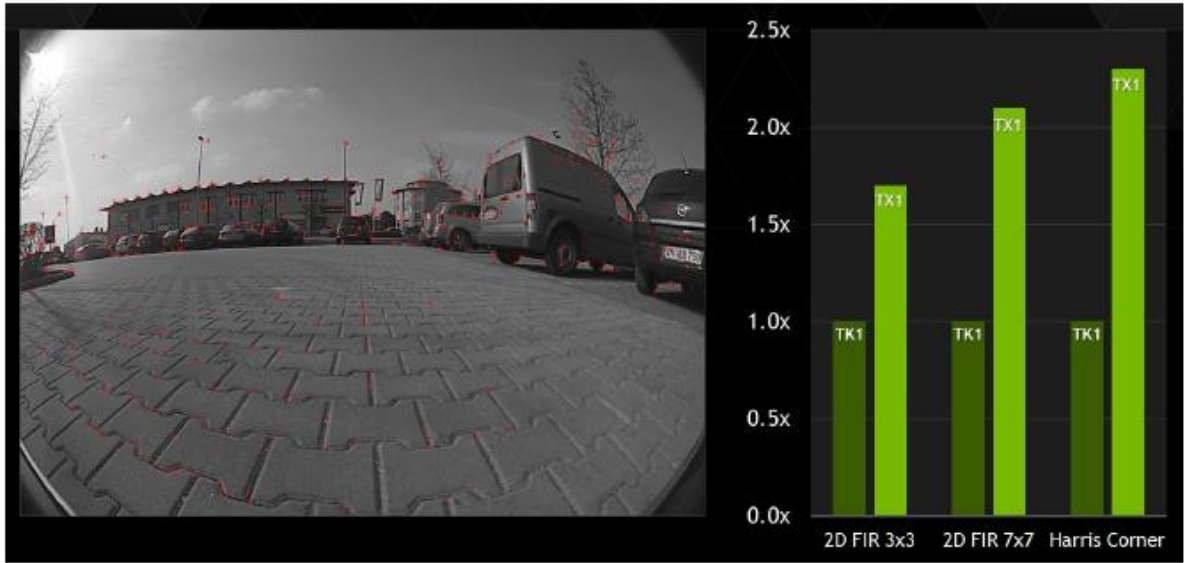


그림 30 컴퓨터 비전 작업 부하에서 Tegra X1이 Tegra K1의 두 배 성능 제공

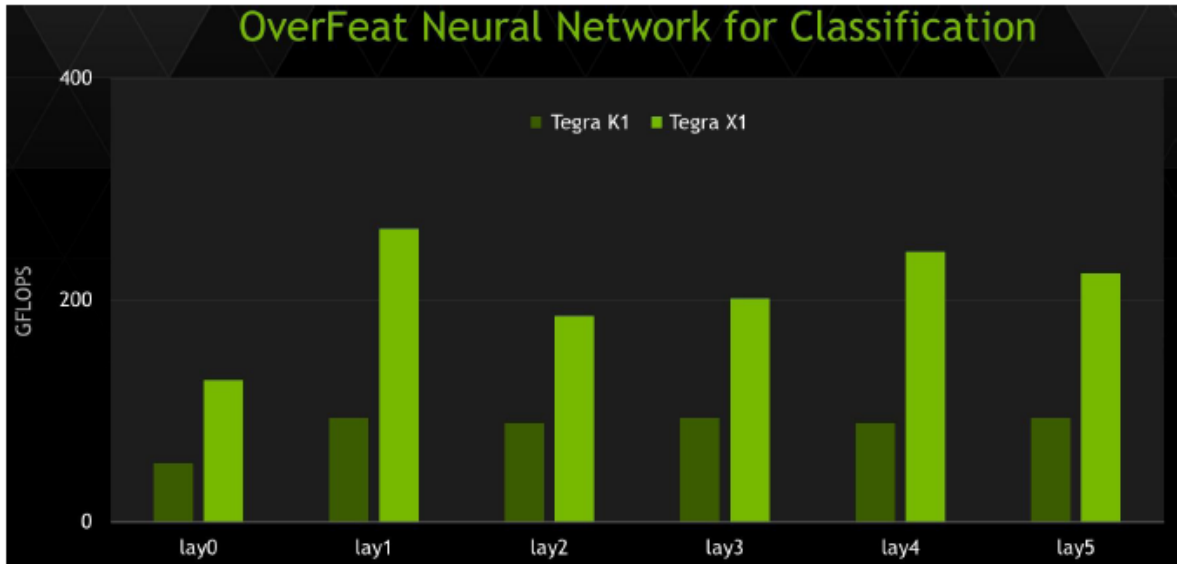


그림 31 물체 분류에 사용되는 OverFeat 신경 모델에서 Tegra X1의 성능

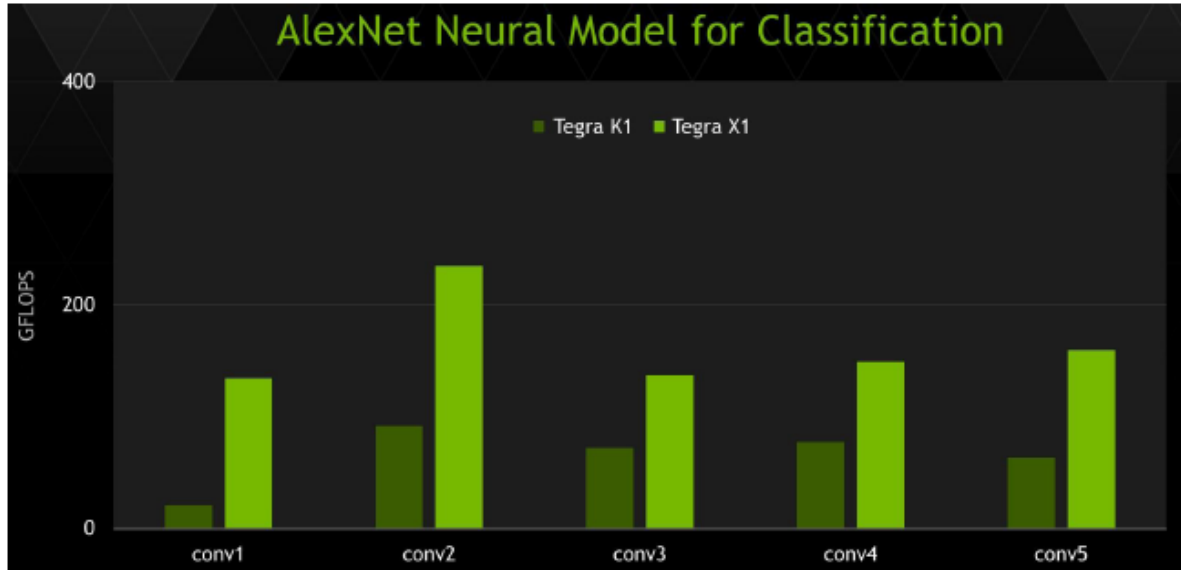


그림 32 물체 분류에 사용되는 Alexnet 신경 모델에서의 Tegra X1 성능

자동차에 딥 러닝을 도입한 NVIDIA DRIVE PX

신경망 모델의 작동 방식과 GPU가 이러한 신경 모델의 실행에 막대한 성능 향상을 제공한다는 점을 이해하면 NVIDIA가 자동차에 이 새로운 기술을 도입하고 차세대 자동차에 완전한 자동 운행 기능을 제공하기에 적합한 이유를 쉽게 알 수 있습니다.

컴퓨터 비전과 자동 운행에 적용되는 신경망 기반 딥 러닝 기능에는 아래 이미지와 같이 복잡한 도로 환경에서 다양한 물체를 상황에 따라 정확하게 식별할 수 있는 모델이 필요합니다. 이러한 모델에서는 주의가 분산된 보행자, 일부가 가려져 있는 보행자와 차량, 교통 통제용 콘, 건설 차량, 막힌 차선, 교통 표지판, 장면에서 기타 특징 등을 정확하게 식별해야 합니다. 신경망 기반 모델이 복잡한 장면에서 이러한 물체들을 정확하게 식별하도록 학습하는 데는 수백 테라플롭이 필요하며 자동차의 DRIVE PX 시스템에서 이 수준의 계산을 할 수는 없습니다. 그러나 일단 이러한 복잡한 도로 조건을 식별하고 반응하도록 모델을 충분히 사전에 훈련시키고 나면 복잡한 멀티레이어 신경망 모델을 DRIVE PX 플랫폼의 병렬 256코어 Tegra X1 프로세서에서 실시간으로 간편하게 실행할 수 있습니다.

물체의 식별 및 분류에 필요한 신경망 모델을 개발하고 훈련하는 과정은 고성능 NVIDIA Tesla GPU 기반 슈퍼컴퓨터에서 완료했습니다. 일반적으로 데이터 과학자들은 자동차와 도로에서 마주칠 수 있는 다양한 물체의 이미지 수백만 개를 개발하고 이러한 물체를 모두 정확하게 감지할 때까지 모델을 조정합니다. 자동차 제조업체에서 신경 모델의 성능, 정확도, 안전, 안정성 수준에 만족하면 NVIDIA DRIVE PX 기반 ADAS에 설치되어 실제 자동차에 배포됩니다.



그림 33 딥 러닝 기반 물체 식별 및 분류가 필요한 복잡한 장면

이 고유한 NVIDIA Tesla GPU 슈퍼컴퓨터 기반의 클라우드 학습과 도로의 NVIDIA Tegra X1 기반 식별 및 분류에서 멋진 부분은 도로에 배포된 후에도 신경 모델의 정확도와 범위를 지속적으로 개선할 수 있다는 것입니다.

예를 들어, 자동차에서 실행하는 DRIVE PX 기반 자동 운행 시스템이 마주치는 특정 유형의 물체를 식별하지 못하거나, 다른 자동차 시스템 데이터가 식별 및 분류와 충돌할 수 있습니다. 그런 경우에는 시스템에서 해당 이벤트를 자동차 카메라에서 수집한 비디오 및 이미지와 함께 저장한 다음 시스템에서 무선으로 이 데이터를 클라우드에 업로드하거나 서비스 기술자가 서비스 점검 중에 다운로드한 후 나중에 클라우드에 업로드할 수 있습니다. 그러면 모델을 정리하는 데이터 과학자들이 모델이 실패하여 업로드된 특이 케이스를 관찰하고 신경 모델을 적절하게 조정합니다. 조정을 마치고 더 똑똑해진 신경 모델은 DRIVE PX 기반 차량에 OTA(Over the Air)를 통해 업데이트되거나 서비스 점검 중에 설치됩니다.

신경 모델을 실행하며 실패 식별 또는 분류 데이터를 제출하는 자동차 수십만 대가 도로에 나와 있기 때문에 신경망 모델은 더 복잡한 장면에서도 물체를 식별하는 방법을 빠르게 익힐 수 있으며 DRIVE PX 기반 ADAS에서는 극도로 정확하고 안정적인 진정한 오토 파일럿 기능을 제공할 수 있습니다.

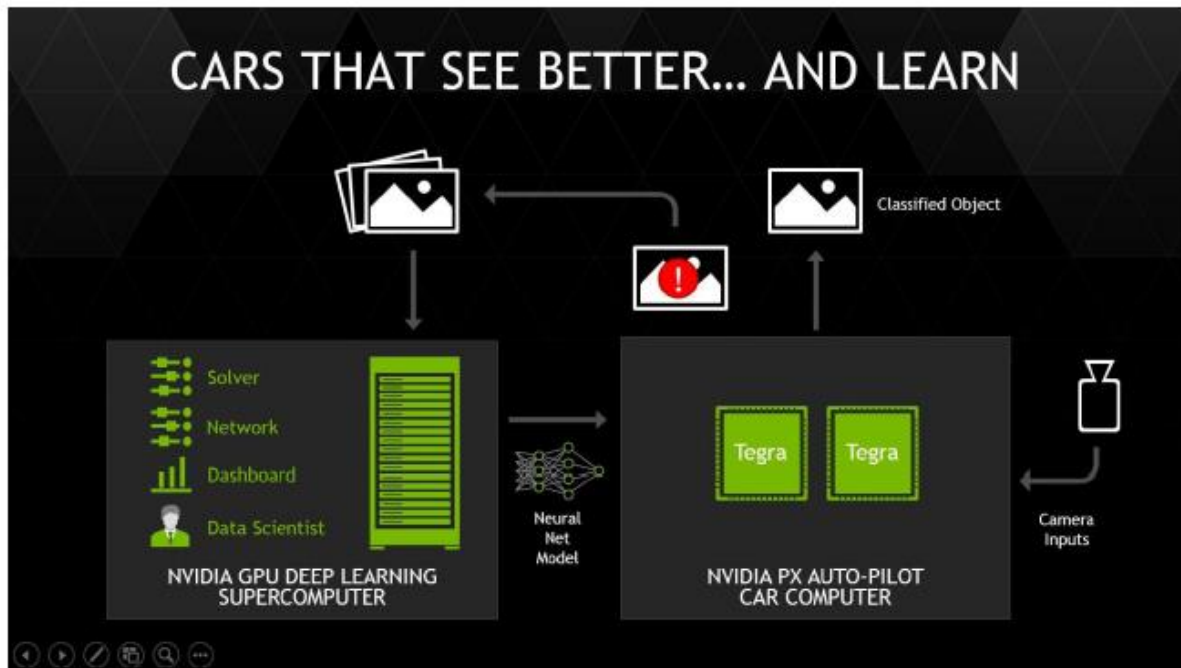


그림 34 Tesla 슈퍼컴퓨터에서 신경망 모델을 훈련한 다음에 DRIVE PX 기반 ADAS를 자동차에서 실행

NVIDIA DRIVE PX 플랫폼은 첨단 운전자 지원 시스템에 큰 혁신을 가져와 자동차에 딥 러닝 기술을 제공하고 NVIDIA DRIVE CX 운전석 컴퓨터에서는 그래픽이 풍부한 디지털 클러스터, 가상 거울, 고해상도 인포테인먼트 패널과 같은 첨단 운전석 가상화 기능을 제공합니다. 두 플랫폼 모두 동급 최강의 컴퓨팅 성능과 놀라운 에너지 효율을 제공하는 Tegra X1 프로세서를 사용합니다. DRIVE PX와 DRIVE CX 플랫폼은 모두 2015년 2분기에 자동차 제조업체에 공급되고 프로덕션에 적합한 시스템은 2016년에 출시될 예정입니다.

결론

작년에 NVIDIA Tegra K1은 NVIDIA Kepler GPU 아키텍처를 모바일에 도입하여 모바일 산업에 혁명을 일으켰습니다. Tegra K1은 비교할 수 없는 성능, 에너지 효율, 풍부한 데스크톱 그래픽 세트, 컴퓨팅 API를 제공했습니다. Tegra X1은 NVIDIA의 최신 슈퍼칩으로 모바일 비주얼 컴퓨팅과 에너지 효율의 기준을 크게 높였습니다. Tegra X1과 256코어 Maxwell GPU는 Tegra K1에 비해 두 배의 성능과 두 배의 에너지 효율을 제공합니다. Tegra X1은 최신 그래픽 API를 지원하며 모바일, 콘솔, PC 게임을 구분하는 경계선을 더욱 흐리게 만들었습니다. 4K TV와 콘텐츠의 성장을 인식한 Tegra X1은 프리미엄 4K 경험을 제공할 수 있도록 엔드 투 엔드로 최적화되었으며 60fps에서 4K를 제공하고 4K 10비트 컬러를 지원하는 유일한 모바일 프로세서입니다.

NVIDIA는 비주얼 컴퓨팅 분야의 세계적인 리더이며 그래픽, 컴퓨터 비전, 병렬 컴퓨팅 및 소프트웨어 개발 분야의 깊은 전문성을 활용하여 새로운 기술과 솔루션을 제공할 수 있는 특별한 위치를 차지하고 있습니다. 자동차 산업에서 차세대 자동차에 첨단 시각화 및 운전자 지원 기능을 도입하면서 마주치는 문제를 인식한 NVIDIA는 자동차 컴퓨터의 DRIVE 라인에서 DRIVE CX 운전석 시각화 플랫폼과 DRIVE PX 자동 운행 개발 플랫폼을 개발했습니다.

NVIDIA Tegra X1이 장착된 NVIDIA DRIVE CX 운전석 컴퓨터는 그래픽이 풍부한 클러스터 기기, 가상 거울 및 여러 개의 고해상도 디스플레이 패널 지원과 같은 첨단 운전석 가상화 기능을 제공합니다. DRIVE CX는 자동차 제조업체에서 현재 개발 비용의 수 분의 일만 들여도 간단하게 자동차 디자인에 통합할 수 있는 필수 하드웨어 인터페이스와 소프트웨어 스택을 모두 갖춘 완전한 자동차용 컴퓨터입니다. NVIDIA DRIVE PX 오토 파일럿 개발 플랫폼은 자동차 ADAS 시스템에 서라운드 비전, 자동 주차, 전례 없는 수준으로 자동차 산업의 혁신을 가져오는 심층 학습 기반의 자동 운행 기술과 같은 새로운 기능을 도입합니다. DRIVE CX와 DRIVE PX 플랫폼 모두에 실제 테스트를 마친 소프트웨어 스택과 서라운드 비전, 자동 주차 및 자동 운행 등의 첨단 기능에 사용되는 소프트웨어 모듈이 제공되므로 자동차 제조업체에서 막대한 개발 비용을 절감하고 차세대 자동차의 시장 도달 시간을 단축할 수 있습니다.

Tegra X1의 에너지 효율, 일반적인 프로그래밍 기능, 테라플롭스 컴퓨팅 성능은 임베디드, 자동차, 로보틱스, 컴퓨터 비전 산업에서 뛰어난 새 애플리케이션을 해당 분야에 도입할 길을 마련해 줍니다.

NVIDIA Tegra X1 SoC 사양

프로세서	
CPU	쿼드 64비트 A57 코어 + 쿼드 64비트 A53 코어
캐시	Cortex A57 클러스터: 2MB 공유 L2 캐시, 코어당 48KB /32KB (I/D) L1 캐시 Cortex A53 클러스터: 512KB 공유 L2 캐시, 코어당 32KB/32KB (I/D) L1 캐시
메모리	
주파수	LPDDR3, LPDDR4-1600, 64비트(25.6GB/s)
메모리 크기	최대 4GB
GPU	
코어	256코어 Maxwell GPU와 FP16 지원
API 지원	OpenGL ES 3.1, OpenGL4.5, DirectX 12.0, AEP, CUDA 6.0
비디오	
디코딩	VP9, H.265, H.264 4K 60fps; H.265 4K 60fps 10비트 컬러; VP8 1080p 60fps;
인코딩	H.264, H.265 4K 30fps; VP8 1080p 60fps;
이미징	
이미지 처리	듀얼 ISP, 1.3기가픽셀/초, 4096 초점, 100MP 센서 지원, 최대 6개의 카메라 입력
JPEG 디코딩/인코딩	600MPixels/s
디스플레이	
디스플레이 컨트롤러	2개 동시
HDMI	HDMI 2.0, HDCP 2.2, 4K 60fps
로컬 디스플레이	4K 60fps VESA DSC 압축
스토리지	
스토리지 인터페이스	e-MMC 5.1 (HS533), CMD Queuing

문서 개정 이력

- 최초 릴리즈 1.0

공지

본 백서에 제공된 설명, 의견, NVIDIA 디자인 사양, 참조 보드, 파일, 도면, 진단, 목록, 기타 문서(통칭 또는 개별적으로 '자료') 정보는 '있는 그대로' 제공됩니다. NVIDIA는 자료에 관하여 명시적, 암시적, 법적 또는 기타 어떠한 보증도 하지 않으며 비침해, 상업성, 특정 목적에 대한 적합성에 대한 모든 암시적 보증을 부인합니다.

정보는 믿을 수 있고 정확하다는 신념 하에 제공되었습니다. 그러나 NVIDIA Corporation은 그러한 정보의 사용으로 인한 결과나 그 사용으로 인해 발생할 수 있는 제3자의 특허 또는 기타 권리의 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. NVIDIA Corporation의 어떠한 특허 또는 특허권 하에서도 함축 또는 기타 방법을 통해 어떠한 사용권도 부여되지 않습니다. 본 발행물에 언급된 사양은 공지 없이 변경될 수 있습니다. 본 발행물은 이전에 제공된 모든 정보에 우선하며 이전에 제공된 모든 정보의 내용을 대체합니다. NVIDIA Corporation 제품은 NVIDIA Corporation의 명시적인 서면 승인 없이 생명 유지 기기나 시스템의 핵심 구성 요소로 사용하도록 승인되지 않았습니다.

상표

NVIDIA, NVIDIA 로고, Chimera, Tegra, TegraZone은 미국 및 다른 국가에서 NVIDIA Corporation의 상표 또는 등록상표입니다. 다른 회사 및 제품 이름은 해당 회사의 상표일 수 있습니다.

저작권

© 2015 NVIDIA Corporation. All rights reserved.

