

모바일 그래픽 프로세서

이광엽 (서경대학교), 박우찬 (세종대학교)

I. 모바일 그래픽 프로세서

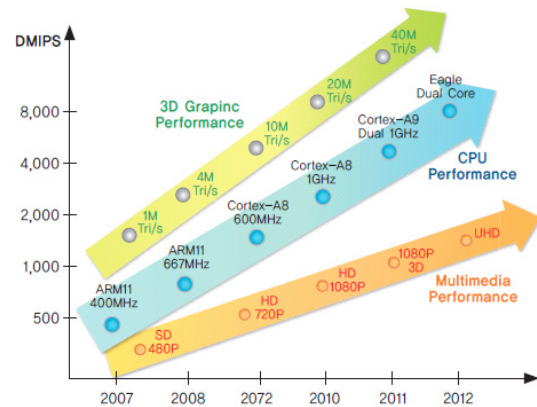
모바일 기기의 발달과 보급으로 모바일 기기를 사용하는 사용자의 요구사항이 높아짐에 따라 과거에 비교적 간단한 어플리케이션만을 구동시키던 모바일 환경에서 웹서핑, 3D 그래픽, H.264 코덱 등 연산량이 많은 어플리케이션의 구동이 요구되고 있다.

이러한 모바일 기기의 첨단에 있는 스마트 폰에서는 이런 기능들의 가속을 위해 가속장치가 본격적으로 사용되기 시작하였으며, 스마트 폰을 이전의 PDA와 차별화하는 가장 큰 특징은 모바일 환경에 특화된 임베디드 그래픽 표준인 OpenGL ES가 정의됨에 따라 이를 지원하기 위한 모바일 GPU가 사용되었으며 이로 인하여 이전의 PDA와는 다르게 강력한 멀티미디어 기능을 함께 가지고 있다는 점이다.

크로노스 그룹에서 모바일 기기를 위한 3D 그래픽 라이브러리인 OpenGL ES가 정의되고 이를 이용한 3D 그래픽 콘텐츠가 본격적으로 생산되기 시작하면서 이를 지원하는 GPU의 필요성이 커지기 시작했다.

가장 많은 어플리케이션을 가지고 있는 애플 앱 스토어의 경우, 전체 아이폰 어플리케이션 중 60%가 게임 카테고리이며, 이중 70% 이상이 3D 게임이 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이는 전체 어플리케이션중 40%정도를 차지하는 것으로 스마트 폰에서 GPU와 3D 콘텐츠의 중요성을 보여주고 있다^[1].

〈그림 1〉은 스마트폰의 콘텐츠 별 성능 요구사항을 나타낸 것이다. 스마트 폰의 콘텐츠별 요구 사항중 가장 높은 성능을 요구하는 콘텐츠가 바로 3D 콘텐츠이다. 스마트폰 전체 어플리케이션 중 3D 어플리케이션이 차지하는 비중이 상당히 높으며, 현재의 모바일 CPU로는 3D 요구사항을 충족하기가 매



〈그림 1〉 스마트폰 콘텐츠의 성능 요구사항^[2]

우 어렵다.

현재 모바일 CPU는 다중 코어 시스템으로 발전하고 있다. 가장 최근 출시된 삼성 전자의 갤럭시 S2와 LG 전자의 옵티머스 2X,摩托로라의 Atrix는 다중 코어를 가진 SoC를 사용한다. 또, 앞으로 출시될 아이폰5도 다중 코어를 사용할 것으로 예상되어 모바일 환경의 디바이스에서도 본격적인 다중코어의 시대가 열리게 되었다.

이들 스마트 폰의 프로세서는 삼성 전자의 엑시노스, 퀄컴의 스냅드래곤, TI의 OMAP, 엔비디아의 테그라등 다양한 회사에서 프로세서를 만들고 있지만 이들은 모두 예외없이 ARM의 코어 아키텍처를 사용한다. 그러나 이미 ARM으로 통일된 코어 아키텍처와는 다르게 이들 프로세서는 서로 다른 GPU를 사용하고 있다.

이들 SoC에서 사용되는 GPU는 〈표 1〉에서 보이는 것과 같이 각각 ARM의 Mali, Imagination Technologies의 PowerVR, nVidia의 ULP(Ultra Low Power) GeForce, Qualcomm의 Adreno등이 사용 중이며, 현재 출시된 스마트폰 중 갤럭시 S2는 Mali-400, Atrix와 옵티머스 2X는 ULP

〈표 1〉 AP(Application Processor)에 사용된 GPU^[3-6]

AP Vendor	AP	GPU Vendor	GPU
Samsung	Exynos	ARM	Mali-400
nVidia	Tegra	nVidia	ULP GeForce
Qualcomm	Snapdragon	Qualcomm	Adreno
TI	OMAP	Imagination	PowerVR
Apple	A4	Imagination	PowerVR

GeForce 3xx를 사용하고, 갤럭시S와 아이폰과 같은 싱글 코어 프로세서에서는 PowerVR과 Adreno등이 폭넓게 사용되어 현재 스마트 폰이 모바일 GPU의 각축장이 되고 있다.

이들 모바일 GPU는 그 종류만큼이나 그 구조도 다양한 구조를 가지고 있다. 공통적으로 모두 OpenGL ES 2.0을 지원하는 형태지만 하드웨어의 제약이 많은 모바일 환경에서 각자 최대한의 자원을 효율적으로 활용하기 위해 서로 상당히 다른 구조를 가지고 있다.

또한 제한된 모바일 환경이기 때문에 GPU의 복잡성과 중요도는 더욱 커지게 되었다. 이미 스마트 폰은 기존의 특정 어플리케이션을 위한 모바일 기기에서 벗어나 다양한 콘텐츠 소비를 위한 범용 플랫폼으로 변모하고 있다. 이 때문에 여기에 사용되는 GPU도 3D 그래픽스뿐만 아니라 각종 멀티미디어 콘텐츠를 지원하기 위한 GP-GPU의 형태로 바뀌게 되었다. 역설적으로, 제한된 모바일 환경이기 때문에 GPU가 멀티미디어 콘텐츠를 위한 핵심 IP로 자리잡으면서 이전보다 다소 복잡한 형태를 띄게 된 것이다.

ARM의 란스 하워드 부사장은 한 언론과의 인터뷰에서 “최근 나오는 모바일 프로세서의 구조에서 CPU와 GPU영역이 80%, 나머지 20%가 입출력 버스로 이루어져있을 만큼 GPU의 비중이 커지고 있다”고 하며, 또 미래에는 “CPU와 GPU를 하나로 결합하는 것이 추세이고 향후 5년을 보면 GPU에 대한 요구사항이 그만큼 커지고 있기 때문”이라고 설명했다.

여기에서는 자사의 멀티미디어 SoC IP Core가 탑재된 모바일 디바이스가 4억대를 넘어섰다고 발표한 Imagination Technologies의 PowerVR과, 현재 세계적으로 가장 많이 사용되는 모바일 프로세서 아키텍처 설계회사인 ARM의 Mali, 그리고 데스크탑 환경의 대표적 GPU 설계사인 nVidia의 ULP(Ultra Low Power) GeForce와 한국에서 만들어진 Nexus Chip의 GiPump 대해 살펴보고 차세대 GPU 기술로 각광받는 광선 추적(Ray Tracing) 가속 기술에 대해 알아본다.

II. PowerVR

POWERVR™ 은 Imagination Technology에서 개발한 2D 그래픽 가속 및 3D 그래픽 렌더링과 비디오 인코딩 및 디코

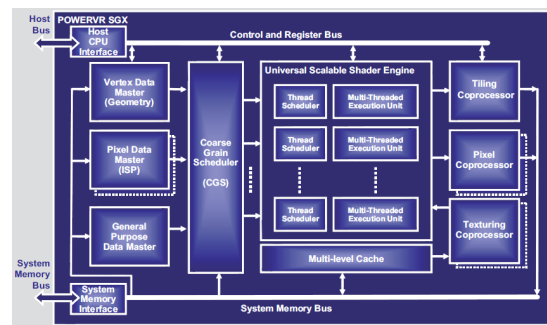
딩을 위한 기능에 특화된 3D Graphics Processing Unit(GPU)이다.

POWERVR™ 은 가장 큰 특징은 Tile-based 렌더링 방식을 사용한다는 점이다. 〈그림 2〉는 PowerVR의 구조이다. 여기서 다른 GPU와 다른 점은 Tiling Coprocessor 모듈이다. 이는 다른 데스크탑 환경에서 사용하는 일반적인 렌더링 방식과 달리 스크린을 작은 단위인 타일로 분할하여 타일별로 그래픽 처리를 하기위한 모듈이다. 또한, 폴리곤의 스트립 데이터나 인덱싱된 구조를 정렬해서 렌더링할 데이터를 빠르게 추출하여 렌더링 하는 방식을 사용한다. 한번에 크기가 작은 타일별로 연산이 이루어지므로 자원이 제한적인 모바일 환경에서 사용하기에 적합하며, on-chip 메모리를 사용할 경우 더욱 빠른 그래픽 처리가 가능하고 타일로 분할된 영역은 더 이상 옆 타일과 의존성이 적기 때문에 병렬 처리에도 유리하다.

POWERVR™ SGX는 POWERVR의 5세대로서 USSE(Universal Scalable Shader Engine)를 사용하여 Vertex Shading 및 Pixel Shading을 수행한다. POWERVR™ SGX의 성능은 다음 〈표 2〉와 같다.

POWERVR™ 의 SGX Series의 특징으로는 첫 번째, Shader-driven tile-based deferred rendering (TBDR) architecture를 가진다. Immediate Mode Rendering (IMR) 개념이 사용되는 PC의 그래픽 엔진과 게임 콘솔에 대조적으로 TBDR은 한 이미지를 Rendering하는데 필요한 처리의 최소화에 초점을 맞추고, 실제로 사용자가 보게될 픽셀만을 처리하는 것이다.

두 번째, 초기 USSE 셰이더 엔진보다 처리량이 크게 향상된 2세대 USSE2 architecture를 기반으로, 싱글코어는 물론 확장형 멀티프로세서(MP) 솔루션에서 모두 2D, 3D 및 범용



〈그림 2〉 PowerVR SGX의 구조

〈표 2〉 SGX시리즈 그래픽 성능 및 칩면적

Family members	SGX520/530/531/535/540/545/544
Triangles/sec	7m - 40m
Pixels/sec	250m - 1000m
Area (65nm process)	2.6 mm ² - 12.5 nm ²

(GP-GPU) 처리 작업에 필요한 절전형 고성능을 지원할 수 있는 확장된 아키텍처를 사용한다.

세 번째, 모든 표준 모바일과 데스크탑 API를 지원한다. POWERVR™ 이 지원하는 API는 다음 <표 3>과 같다.

네 번째, POWERVR™ SGX은 모든 임베디드와 데스크탑 운영체제를 지원한다. 지원하는 운영체제는 다음 <표 4>와 같다.

<표 3> POWERVR 지원 API

2D support	PVR2D enabling BLTs, Alpha Blend BLTs, ROP2/3/4s, Lines & Surface Rotation
Khronos 2D Khronos 3D	OpenVG 1.0.1 & 1.1 enabling Flash and SVG OpenGL 2.0, OpenGL ES 1.1 + Extension Pack & OpenGL ES 2.0
Microsoft 3D	Direct3D Mobile (all) DirectX 9L (SGX535 only) DirectX 10.1 (SGX545 only)

<표 4> POWERVR 지원 운영체제

Linux	All
Symbian OS™	All
MS WinCE	All
MS Vista/XP	SGX535, SGX545
RTOS	On request

POWERVR™ SGX를 사용하는 기기는 대표적으로 Apple 의 iPhone 3GS/4, iPad, iPod 등에 A4 프로세서에 내장되어 있고, Texas Instruments 의 OMAP3와 OMAP4 프로세서에 내장되어 여러 안드로이드 폰에도 채용되었다. 최근에는 삼성의 HummingBird SoC에도 내장되어, Galaxy S, Galaxy Tab 등의 안드로이드 기반의 제품에 적극 활용되기도 한다.

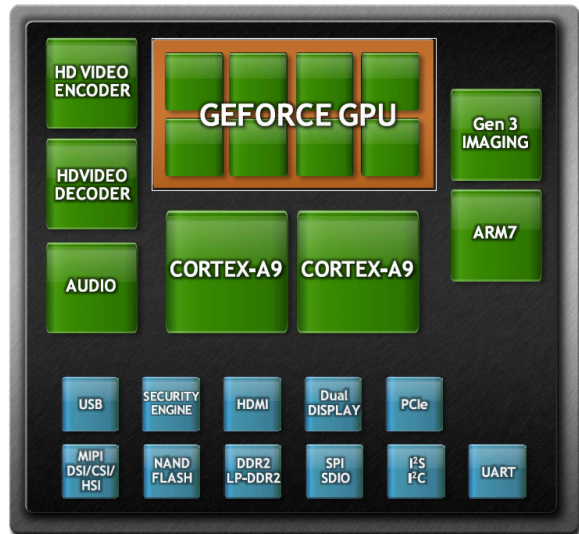
III. ULP GeForce

대표적인 3D Graphics 처리장치 설계사인 nVidia 역시 PC 환경뿐만 아니라 모바일 환경에서의 3D Graphics 처리를 위한 GPU를 설계하였다.

초절전(Ultra Low Power) GeForce로 불리는 GPU가 그것이다. 모바일 디바이스를 위한 nVidia의 SoC인 Tegra에서 사용중이며 nVidia의 기술인 CUDA 아키텍처를 모바일 환경을 위해 커스터마이징 하였으며 가장 우선적으로 고려된 것이 초절전이다.

테그라에 사용되는 ULP GeForce는 8개의 스트림 프로세서를 가지고 있으며 모바일 기기를 위한 OpenGL ES 2.0과 OpenVG 1.1, EGL 1.4 API 표준을 지원한다.

모바일 환경에서는 데스크 탑 환경보다 메모리와 전력이



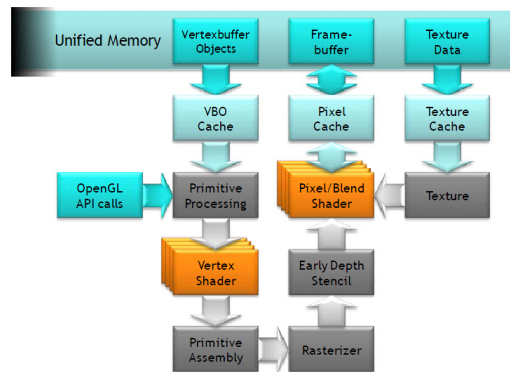
<그림 3> nVidia Tegra의 구조

제한적이며 또한 칩 면적도 고려되어야 하기 때문에 GPU만을 위한 별도의 메모리와 내부 버스를 만들거나 PC환경처럼 다중 Lane을 가진 PCI-Express와 같은 빠른 속도의 대역폭을 지원하는 인터페이스도 제한적이다.

<그림 4>는 이러한 모바일 환경을 위해 ULP GeForce에서 사용되는 그래픽스 파이프라인이다. 이 파이프라인의 특징은 Early-Z Test이다. 이는 Depth Test를 먼저 수행함으로써 추후에 있을 래스터 연산과정 중 텍스처링을 위한 텍스처 데이터와 픽셀 데이터들의 대역폭을 줄일 수 있어 대역폭의 제한이 있는 모바일 환경에 커스터마이징된 3D 파이프라인이다.

최근 모바일 디바이스, 특히 스마트 폰은 기존의 휴대전화나 PDA에서 벗어나 다양한 컨텐츠 소비를 위한 범용 플랫폼으로 자리잡고 있다. 이러한 다양한 컨텐츠 소비를 위해 모바일 GPU들 역시 PC 환경의 GPU처럼 3D 가속뿐만 아니라 범용 목적의 다양한 가속을 위한 GP-GPU로 변모하고 있다.

이러한 트렌드에 맞춰 ULP GeForce도 이미 데스크 탑 환경에서 익숙한 CUDA 아키텍처를 사용해 3D Graphics 뿐만 아니라 Adobe Flash의 가속기능으로 Youtube.com,



<그림 4> ULP GeForce의 그래픽스 파이프라인

Vimeo.com, Hulu, TV.com과 같은 플래시 플랫폼 기반의 동영상 콘텐츠 사이트 및 플래시가 다수 사용되는 웹 환경에서 뛰어난 성능을 보인다.

IV. Mali

ARM® Mali™ 프로세서는 세계에서 가장 많은 모바일 CPU를 설계하는 ARM사의 모바일 GPU 프로세서이다.

Mali는 초기 2007년에 출시된 Mali-55과 Mali-200에서 모바일 3D그래픽 API인 OpenGL ES 1.1와 2D그래픽 API인 OpenVG 1.0을 지원하기 시작하면서 2D/3D 그래픽 가속기로서의 역할을 하기 시작했다.

ARM® Mali™ 프로세서의 특징으로는 첫 번째, Tile-based deferred rendering를 활용한 메모리 대역폭의 오버헤드를 줄이며, 소비 전력이 적은 점이 있다.

둘째로는, Rotated grid multi sampling을 통해 전체 화면에 대한 Full Scene Anti-Aliasing이 가능하여 높은 3D 퀄리티를 보여준다.

세 번째는, MMU를 내장시켜 메모리 관리 효율을 월등하게 높여 병목현상 및 오버헤드에 대한 효율적인 관리가 있다.

네 번째는, CPU에서 적용되는 L2 Cache를 모바일 GPU에 적용하여 데이터 전송 효율을 높인 점이다.

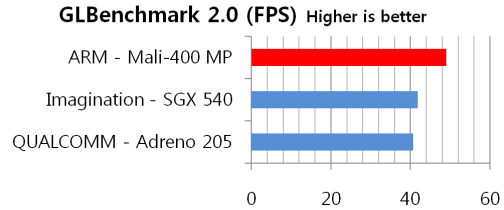
그리고 그래픽 적인 면 외의 다른 특징은, 바로 GP-GPU 기능의 수행과 주변 장치와 별개의 전력관리를 한다는 점이다. GP-GPU로써 CPU의 연산중 일정부분 대체 연산이 가능한 부분을 GPU가 담당하여 처리함으로써 처리 효율을 높이고, GPU가 사용되지 않을 때에는 전력을 최소한으로 차단하여 전력 사용 효율을 높여 모바일 환경에서의 사용에 최적화되어있다.

최근에는 세계 최초로 OpenGL ES 2.0을 지원하는 멀티코어 GPU인 Mali-400 MP를 출시하였다. 임베디드 그래픽IP, 비디오IP를 통한 스마트폰, 전자책, 휴대용 게임기와 1080p의 해상도를 갖는 Full HDTV에까지 적용되고 있다.

각 코어 로직, 메모리, 코어별 L2 Cache 영역을 포함하여 4.7mm²의 면적으로 생산되며, 동작 주파수는 240~395MHz의 속도로 동작하는데, 이러한 코어를 최대 4코어까지 확장하는 것이 가능하다.

그래픽 처리 능력은 275MHz 환경에서 초당 30M triangles, 275M~1.1G pixels로 굉장히 높은 처리능력을 가지는데, 여기에 4x 또는 16x의 안티 앨리어싱 능력까지 갖추고 있다.

〈그림 5〉의 그래프는 현재 상용화 되어있는 스마트폰상에서의 ARM사의 최신의 모바일 GPU인 Mali-400 MP와 타 사



〈그림 5〉 Mali-400 MP 벤치마크

모바일 GPU를 사용한 제품의 벤치이다.

오픈 API인 OpenGL 2.0의 벤치마크 툴인 GLBenchmark 2.0을 사용하여 각 GPU를 장착한 스마트폰 환경에서의 벤치마크 평균 FPS를 체크한 것인데, Mali-400MP는 51.2fps로 Imagination사의 SGX 540의 41.9fps나, QUALCOMM사의 Adreno 205의 25.2fps보다 앞서있다.

또한, Mali-400MP는 현재 상용화된 모바일 GPU중 최초로 OpenGL ES 2.0와 1080p의 Full HD 해상도를 지원하는 모바일 GPU이다.

Full HD 해상도를 지원한다는 장점은 현재 주력 시장으로 떠오르고 있는 모바일 사업외에도 새로 떠오르고 있는 DTV와 스마트TV에 채택되기에 적절하다.

화면크기나 색상에 의한 LCD 제조업체간의 경쟁 외에 더 많고, 더 많은 기능, 인터넷 브라우징 혹은 3D기능을 갖춘 TV 시장이 성장하고 있기에, 단순히 모바일 GPU라는 타이틀에서 벗어나 GP-GPU의 기능도 하는 Mali와 같은 모바일 GPU가 기대되고 있다.

V. CANTABLE

NEXUSCHIP는 국내 mobile GPU 전문 개발 회사로서 fixed-pipeline을 지원하는 OpenGL ES 1.1 기반의 GiPump 시리즈를 출시하였으며, 2010년에는 shader를 지원하는 OpenGL ES 2.0 호환 GPU인 VIVACE-PRO를 발표하였다.

VIVACE-PRO는 삼성 공정 65nm 기준으로 초당 최대 polygon 처리율이 약 18M, 초당 최대 pixel 처리율이 약 664M이다. 현 mobile GPU에서 많이 사용하는 tile-based rendering 방식을 채택하였다. Tile-based rendering 방식은 bandwidth와 전력 소모 면에서 큰 강점을 지니며 anti-aliasing 기법 적용에도 유리한데 실제 VIVACE-PRO 이후로는 성능 저하가 없는 4xAA multi-sample 방식의 anti-aliasing을 지원한다. Shader core는 peak performance 유지에 유리한 unified shader 구조이며 최대 4개 장착 가능하다. Shader core는 최대 동작 주파수 166M Hz이며 약 1.32GFLOPS의 성능을 제공한다. Shader core는 direct-X 기준 shader model 3.0의 spec을 완전하게 지원하며

OpenGL-ES 2.0 API을 지원한다. 또한 VIVACE-PRO는 stereoscopic 3D를 구현하기 위한 rendering mode를 지원한다.

NEXUSCHIPS는 3D 이외에 OpenVG 1.1 가속을 위한 IP로 RAPID와 Android OS UI에 적용된 2D library인 SKIA를 가속하기 위한 IP로ROID를 개발하였다.

2011년 후반에 출시할 예정인 GPU인 CANTABILE는 VIVACE-PRO의 후속 버전으로 VIVACE-PRO의 기능에 GPGPU 기능을 추가하고, 성능 향상에 역점을 두었다. CANTABILE는 Clock 주파수 200M Hz 기준 초당 최대 polygon 처리율이 약 35M, fragment culling을 고려하지 않은 초당 최대 pixel 처리율이 약 400M이며 fragment culling을 고려할 경우 약 1G이다. Tile-based rendering 및 texel 처리 속도를 개선하여 pixel 처리율을 향상시켰으며 contents가 고급화 되면서 점차적으로 중요해지는 geometry processing의 속도 향상도 고려하였다. Shader core는 4개이며 unified shader 구조이다. Shader core는 clock 200MHz 기준 약 6.4GFLOPS의 성능을 제공한다. Shader core의 GFLOPS는 shader 기능을 지원하기 위해 중요한 성능 factor이며 따라서 CANTABILE는 UI나 증강현실 (AR) 등의 응용은 물론 고 사양 mobile game까지 폭넓은 범위의 application 지원이 가능하다. CANTABILE shader core는 기존의 floating-point 명령어 이외에도 integer 명령어도 지원하며 memory block 단위 transfer을 지원한다. 따라서 shader core 자체가 stand-alone mode로 동작하여 GPGPU 기능 제공이 가능하다. 이를 통해 신호 처리, 물리 엔진 등의 가속이 가능하다. 한편 CANTABILE는 4개까지 병렬 처리가 가능한 multi-core 구조를 지원함으로써 smart phone부터 고 사양 portable game기까지 필요에 따라 간편한 확장이 가능한 hardware scalability를 제공한다.

CANTABILE는 현재 VIVACE-PRO와 동일하게 OpenGL-ES 1.1/OpenGL-ES 2.0을 지원하고 있으며 향후 version은 더 높은 GFLOPS를 요구하는 geometry shader와 GPGPU 기능을 포함할 계획이며 OpenGL ES Hault 및 OpenCL API를 지원할 계획이다.

Ⅵ. 실시간 광선 추적 (Ray Tracing) 가속 기술

지금까지 살펴본 모든 그래픽 프로세서는 스캔 컨버전 (scan conversion)을 기반으로 하는 래스터(rasterization) 방식을 채택하고 있다. 이는 지역 조명(local illumination)을 바탕으로 두고 있기 때문에 현실감 있는 영상을 생성하는데 한계가 분명하다.

이와 반대로, 광선 추적 방식은 각 픽셀에 대해서 광선을 생성하여 이에 영향을 미치는 삼각형들을 역 추적하는 방식이기 때문에 전역 조명(global illumination) 효과가 가능하다. 또한, 광선 추적은 영상의 정확도, 콘텐츠 제작의 용이성 등의 다양한 장점을 가지고 있다^[13].

광선 추적은 엄청난 양의 계산 및 메모리 대역폭을 요구하기 때문에 과거에는 실시간 처리가 불가능하다고 여겨졌다. 반도체 기술의 발전으로 인하여 광선 추적을 실시간으로 처리하고자 하는 연구들이 생겨나고 있으며, 향후에는 광선 추적 방식이 래스터 방식을 대체할 것으로 예상하고 있다^[13].

최근 Intel, Nvidia 등 매니 코어의 등장으로 인하여 실시간 광선 추적에 대한 연구가 붐몰을 이루고 있다^[14,15]. 또한, Caustic Graphics사(www.caustic.com)가 GPU IP의 선두인 Imagination사로 최근에 인수되어 향후 실시간 광선 추적 GPU IP를 출시할 계획이며, 한국에서는 Siliconarts (www.siliconarts.com)사가 기존 방식들과 차별화된 하드웨어 기술을 발표하였다.

본 글에서는 광선 추적 방식에 대한 소개를 하며, 최근 동향을 살펴보고 향후 전망에 대하여 논하고자 한다.

1. 래스터 방식 vs. 광선 추적 방식

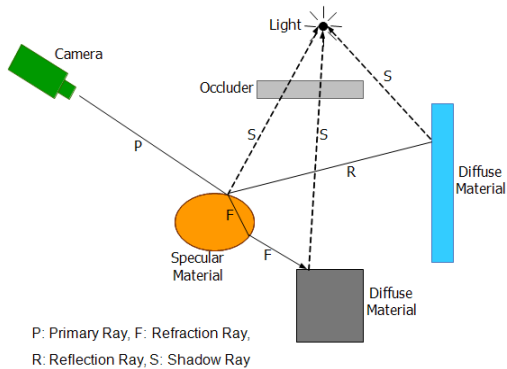
〈그림 6〉에서는 래스터 방식과 광선 추적에 대한 영상의 차이를 잘 보여주고 있다^[16]. 현재의 표준 3D API인 OpenGL 및 Direct3D는 래스터 방식으로써 이는 지역 조명에 따른 방식이다. 광선 추적 방식은 전역 조명 효과를 얻을 수 있는 방식이다. 이는 다른 물체에서 반사되거나 굴절된 광선도 현재



〈그림 6〉 래스터 방식 vs. 광선 추적 방식

물체의 영상에 영향을 준다는 것을 의미한다. 이로 인하여 반사, 굴절, 그림자 효과가 자연스럽게 제공되기 때문에 현실감 있는 3D 영상을 생성할 수 있으며, 현재 고화질 3D 애니메이션 및 특수 효과 등에 사용된다.

〈그림 7〉은 광선 추적이 수행되는 예이다. 먼저 각 픽셀 당 카메라 위치로부터 일차(primary) 광선을 생성하며 이 광선과 만나는 물체를 찾기 위한 계산을 수행한다. 광선과 만나게 된 물체가 반사(reflection)나 굴절(refraction)의 성질이 있으면 광선과 물체가 만난 위치에서 반사 광선이나 굴절 광선을 생성하고 또한 그림자 효과를 위하여 광원 방향으로 그림자 광선을 생성한다. 반사 광선과 굴절 광선은 이차(secondary) 광선이라고 불리며 이들은 각각 자신과 만나는 물체를 찾기 위한 계산을 수행한다. 이러한 과정은 재귀적으로 발생한다.



〈그림 7〉 광선 추적의 처리 과정

2. 가속 방안: SW 방식

광선 추적은 각 픽셀에서 생성된 광선들이 독립적으로 처리될 수 있기 때문에 알고리즘적으로 병렬처리가 용의하다. 이러한 이유로 광선 추적은 과거에 슈퍼컴퓨터나 수십 혹은 수백대의 컴퓨터를 연결한 시스템에서 소프트웨어적으로 처리되었다.

최근에는 CPU의 성능이 비약적으로 발전하고 코어의 수도 늘어나고 있는 추세이다. 또한, Tera flops를 처리할 수 있는 GPU들이 등장하면서 CPU 혹은 GPU를 이용하여 SW 적으로 광선 추적을 가속하는 연구들이 시도되고 있다. 하지만, CPU나 GPU를 이용한 방식으로 광선 추적을 실시간으로 처리하는 것은 성능 면에서 매우 어렵다. [15]에서는 Nvidia사의 OptiX를 최신의 GPU에서 수행한 결과 약 100M ray/sec 정도의 성능을 보여주고 있다. 하지만, 이는 실시간 처리에는 부족한 성능이며, 반사와 굴절이 심한 영상에 대한 수치는 제시되지 않고 있다.

광선 추적 가속을 위한 구조로서 [17]에서는 향후 22nm 반도체 공정 하에서 4G Hz의 128개의 코어와 32M byte L2 캐시

를 내장하고 최대 4Tera flops 성능의 구조인 Copernicus를 제시 하였다. 시뮬레이션 상에서 최대 74M ray/sec 성능을 예상하고 있다. 이는 실시간 처리에는 매우 부족한 성능이다.

3. 가속 방안: HW 방식

실시간 광선 추적을 지원하기 위한 방안은 전용하드웨어를 제작하는 것이 가장 유력하다. 하지만, 광선 추적에 대한 전용하드웨어에 대한 연구는 기술적인 어려움으로 인하여 전세계적으로 초보적인 수준이며, 이에 대한 연구 사례는 매우 드물다.

근래 들어 독일의 Saarland 대학에서 전용하드웨어 방식의 광선 추적 가속기를 발표하였다^[18,19]. 하지만 이는 광선 투사(casting)에 유리한 구조로써, 광선 추적의 다양한 기능을 고성능으로 지원하기에는 여러 가지 면에서 부족하다.

최근 들어 미국 회사인 코스틱그래픽스(www.caustic.com)사는 광선 추적을 가속하는 Caustic RT platform을 발표하였다. 이는 Caustic one이라는 PCI express card 형태의 HW와 CPU 혹은 GPU에서 수행되는 SW가 결합된 솔루션이다. 이는 애니메이션이나 특수 효과에 용의한 구조이며, 실시간 광선 추적에는 못 미치는 성능을 보여주고 있다. 또한, 광선 추적 파이프라인의 주요 부분만이 HW로 구현되어 있으며, 이로 인하여 전체 광선 추적의 성능 증가에 한계가 있다. 코스틱그래픽스는 최근에 모바일 GPU IP의 선두인 Imagination사에 인수되었으며, 실시간 광선 추적 기술이 적용된 GPU가 향후 수년 내에 출시될 예정이다.

최근에 한국 회사인 실리콘아츠(www.siliconarts.com)사는 실시간 광선 추적을 위한 GPU IP를 발표하였다. 이는 코스틱그래픽스사와는 달리 광선 추적에 필요한 파이프라인 모두를 HW로 구현되었으며 AP(Application Processor)에 내장할 수 있도록 설계되었다. 이를 적용한 칩은 내년에 발표될 예정으로 알려져 있다.

4. 향후 전망 및 결론

실시간 광선 추적에 대한 주요한 추세는 역시 매니 코어 상에서의 가속이다. 하지만, 실시간 광선 추적을 지원할 수준의 성능에 아직도 많이 미흡하며, 특히 모바일 분야로의 적용은 당분간은 불가능 하다고 여겨진다. 실시간 광선 추적의 지원은 전용 HW를 사용하는 방식이 가장 유력하다. 하지만, 기술적 난이도로 인하여 이에 대한 연구의 사례가 매우 드물고 현재 연구를 진행하고 있는 기관도 드물다.

현재 멀티미디어 SoC를 제작하는 국내의 주요 기업들은 GPU를 도입하고 있으며 이로 인한 기술 종속이 매우 심각하

다. 한편, GPU의 시장은 매년 급성장 하고 있으며, 실시간 광선 추적은 현재의 GPU를 대체할 차세대 기술로 확실히 되고 있다. 게임 분야 및 SoC 분야에 대한 경쟁력을 가지고 있는 국내의 현실로 보았을 때 실시간 광선 추적 HW는 분명히 기술적 및 산업적으로 커다란 기회의 분야라고 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 김진영, "2011년 Mobile Device 대전망 보고서" December, 2011.
- [2] 최재훈, "스마트폰 어플리케이션 프로세서 산업 동향", ITMagazine, September, 2010.
- [2] Samsung, "Samsung Exynos 4210 Processor", Product Brochure, 2011.
- [3] nVidia, "Bringing High-End Graphics to Handheld Devices", <http://nvidia.com> Whitepaper, January, 2011.
- [4] Qualcomm, "MSM8X60/APQ8060", Product Brochure, 2011.
- [5] Texas Instruments, "OMAP 4 mobile applications platform", Product Bulletin, 2011.
- [6] nVidia, "The Benefits of Multiple CPU Cores in Mobile Devices", Whitepaper, 2010.
- [7] ARM, "The ARM Cortex-A9 Processors", Whitepaper, September, 2009.
- [8] Distomo, "Insights into Apple's app ecosystem: Comparing Mac, iPad and iPhone", February, 2011.
- [9] Imagination, "PowerVR MBX Technology Overview", May 2009
- [10] Imagination, "PowerVR SGC IP Core Family", Product catalog, November 2008
- [11] ARM official, ARM® Mali™ Announce Page, <http://arm.com/products/multimedia/mali-graphics-hardware/index.php>
- [12] anandtech, Mali-400MP Benchmark, <http://www.anandtech.com/show/4177/samsungs-galaxy-s-ii-preliminary-performance-mali400-benchmarked>
- [13] J. Hurley, "Ray Tracing Goes Mainstream," Intel Technology Journal, Vol.9, No.2, pp.99-108, May 2005.
- [14] D. Pohl, "Experimental Cloud-based Ray Tracing Using Intel® MIC Architecture for Highly Parallel Visual Processing," (<http://software.intel.com/en-us/articles/cloud-based-ray-tracing/>), Mar. 2011.
- [15] S. G. Parker, J. Bigler, A. Dietrich, H. Friedrich, J. Hoberock, D. Luebke, D. McAllister, M. McGuire, K. Morley, A. Robison, and M. Stich, "OptiX: A General Purpose Ray Tracing Engine," ACM Transactions on Graphics, Vol.29, No.4, pp.1-13, July 2010.
- [16] Brooke Crothers, "Intel Researchers Shine Light on Ray Tracing," June 2008 (http://news.cnet.com/8301-13924_3-9972432-64.html?tag=mncol;title).
- [17] V. Govindaraju, P. Djeu, K. Sankaralingam, M. Vernon, and W. R. Mark "Toward a Multicore Architecture for Real-time Ray-tracing," In Proceedings of International Symposium on Microarchitecture, pp.176-187, Nov. 2008.
- [18] J. Schmittler, I. Wald, and P. Slusallek, "SaarCOR-A Hardware Architecture for Ray Tracing," In Proceedings of Graphics Hardware, pp.27-36, 2002.
- [19] S. Woop, J Schmittler, and P. Slusallek, "RPU: A Programmable Ray Processing Unit for Real-time Ray Tracing," In Proceedings of SIGGRAPH, pp. 434-444, 2005.



이 광 엽

1985년 8월 서강대학교 전자공학과 학사.
 1987년 8월 연세대학교 전자공학과 석사.
 1994년 2월 연세대학교 전자공학과 박사.
 1989~1995년 현대전자 선임연구원.
 1995년~현재 서경대학교 컴퓨터공학과 교수.
 <관심분야> 마이크로 프로세서, Embedded System, 3D Graphics System



박 우 찬

1993 연세대학교 전산학과 학사.
 1995 연세대학교 컴퓨터과학과 석사.
 2000 연세대학교 컴퓨터과학과 박사.
 2001~2003 연세대학교 아식설계공동연구소 연구교수.
 2003~2007 세종대학교 컴퓨터공학과 조교수.
 2008~현재 세종대학교 컴퓨터공학과 부교수.
 <관심분야> 실시간 광선 추적 가속기, 그래픽 하드웨어, 컴퓨터 구조, 실시간 렌더링