

# 임베디드 기기를 위한 이기종 멀티코어 프로세서 및 소프트웨어 기술 동향

Heterogeneous Multi-Core Processor and Software Technology Trend for Embedded Devices

나갑주 (G.J. Na) 임베디드 SW 플랫폼연구실 선임연구원  
백응기 (W.K. Baek) 임베디드 SW 플랫폼연구실 선임연구원  
정영준 (Y.J. Jung) 임베디드 SW 플랫폼연구실 실장

임베디드 소프트웨어 &  
시스템반도체 기술 특집

- I. 개요
- II. 이기종 멀티코어  
프로세서 기술 동향
- III. 이기종 멀티코어  
소프트웨어 기술 동향
- IV. 관련 국제 단체 동향
- V. 결론 및 향후 필요한  
연구

\* 본 보고서는 지식경제부 주관 산업융합원천기술개발사업의 일환으로 지원받아 수행 중인 차세대SW플랫폼개발과제(과제번호: 10041332)의 일부 산출물임.

1980년대와 1990년대가 서버와 데스크톱 중심 컴퓨팅의 시대였다고 한다면 2000년대 들어 모바일 분야를 포함하는 임베디드 프로세서 시장이 급격히 확장되며 임베디드 중심 시대로 산업구조가 재편되고 있다. 그리고, 2010년대에는 임베디드 프로세서 시장이 더욱 확대되고 기술도 더불어 발전되고 있는데, 최근 기술을 주도하고 있는 뜨거운 용어 중의 하나가 이기종 멀티코어 컴퓨팅이라 할 수 있다. 시장이 요구하는 고성능 컴퓨팅을 수용하고 임베디드 기기의 특성상 저전력을 실현해야 하는 현실적 문제를 해결하기 위한 이기종 멀티코어 하드웨어가 임베디드 기기에도 적용을 앞다투고 있는 상황이며, 적절한 응용 콘텐츠에 맞춰 이기종 멀티코어 하드웨어를 활용하기 위한 소프트웨어에 대한 관심과 발전도 발맞춰 진행되고 있다. 이에 본고에서는 임베디드 기기 분야에 한정하여 이기종 멀티코어 하드웨어와 소프트웨어의 기술 동향을 살펴보고자 한다.

# 1. 개요

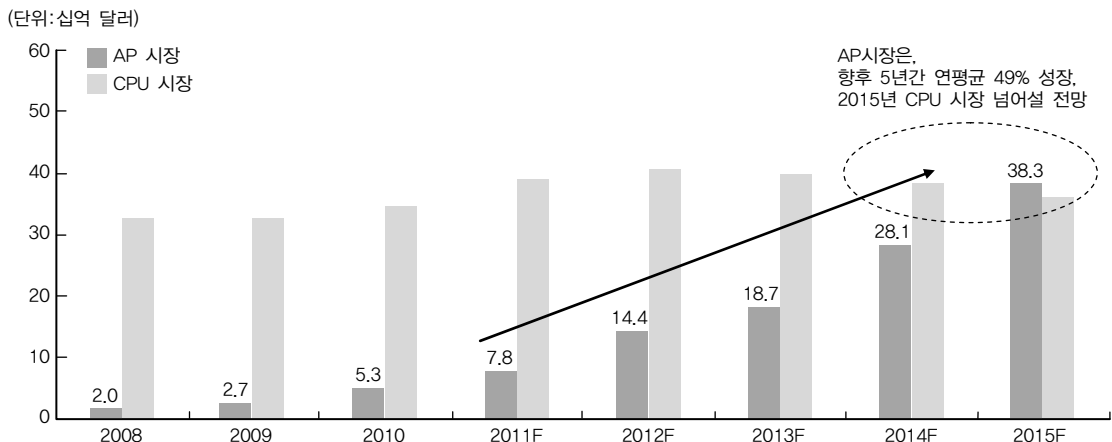
## 1. 임베디드용 프로세서의 발전 및 시장 점유율 향상

최근 프로세서 시장 동향 중 하나는 1980년대, 1990년대, 2000년대를 거치면서 주요한 프로세서로 자리 잡아 왔던 Intel의 x86 기반 CPU에서 스마트폰/패드/TV 등 스마트기기 시장이 지속적으로 발전하면서 AP(응용 프로세서, Application Processor) 중심의 시장으로 재편되고 있는 것이며, (그림 1)에서 보듯 2015년에는 서버나 데스크톱에 주로 사용되는 Intel의 x86 기반 CPU를 AP가 넘어설 것으로 전망하고 있다[1]. 따라서, 기존 CPU 시장뿐만 아니라 AP 관련 시장에 대해 지속적으로 관찰해야 할 필요성이 있으며 AP와 관련된 이기종 멀티코어 활용 기술의 주요 현황에 대해 본고에서 설명하고자 한다.

## 2. ARM 기반 프로세서 중심 임베디드 프로세서 시장

Intel사가 8086을 시장에 출시한 1978년 이후 x86 명

령어 기반 아키텍처를 활용한 데스크톱 아키텍처가 주요 컴퓨팅 프로세서로 사용되었고, 이후 이 x86 아키텍처 기반 프로세서는 80386, Pentium, Core2 등으로 현재까지 발전되어 왔으며 1980년대, 1990년대, 2000년대에 이르기까지 데스크톱과 서버의 주요 아키텍처로 활용되어 왔다. 그리고, 모바일 디바이스와 임베디드 프로세서의 개념이 본격화된 1990년대에는 32-bit RISC (Reduced Instruction Set Computer) 프로세서를 개발하던 Acorn Computers Ltd.에서 분사한 ARM사가 기존의 단품(discrete device) 형태의 프로세서 생산 개념에서 벗어나 시스템 반도체 내에 집적될 수 있는 IP 형태의 프로세서 라이선싱 사업을 시작하면서 개발한 ARM7, ARM9 프로세서 등이 성공을 거두어 Strong-ARM, ARM11, XScale, Cortex 등으로 제품군을 확장하고 있다[2]. 앞서 설명한 Intel의 x86 기반 프로세서는 컴퓨터 구조적으로 CISC(Complex Instruction Set Computer)의 형태를 띠는 프로세서로 필요한 모든 명령어 세트를 갖추도록 설계됐으며 성능적으로 뛰어났으나 전력 소모율 또한 상대적으로 높은 특성을 보여주었다. 이에 반해 RISC의 형태를 띠는 ARM 기반 프로세서는 기본 명령어 세트의 컴퓨터 명령어를 수행하도록 설계된



<자료>: Gartener, KDB대우증권 리서치센터.

(그림 1) 전 세계 CPU 및 AP 시장 추이와 전망

마이크로프로세서로서 핵심이 되는 작업 항목에 특화시켜 전체적인 성능을 향상시켰는데 사용되는 프로세서를 보면 CISC 구조의 프로세서에 비해 실행속도는 다소 낮으나 전력소모는 낮은 편이어서 현재는 주로 임베디드 분야에 많이 사용되고 그 중에서도 모바일 분야에 높은 시장 점유율을 보유하고 있다. ARM 아키텍처 이외에도 임베디드 프로세서로 사용되는 MIPS, SH, PPC 등의 다른 프로세서가 있긴 하지만 2009년 기준 32bit RISC 임베디드 프로세서의 약 90% 이상이며, 2011년 기준 스마트폰의 95% 이상<sup>3)</sup>이 ARM 기반 아키텍처가 차지하고 있으므로 본고에서는 임베디드용 이기종 멀티코어 프로세서로 ARM 기반 프로세서를 기준으로 설명한다.

### 3. 시작된 임베디드 멀티코어 프로세서 경쟁

전 세계 IT 분야에서 가장 큰 시장 중 하나인 모바일용 임베디드 프로세서 시장에 경쟁력 확보를 위해 2010년에 ARM 벤더로는 처음으로 1.5GHz의 3개 ARM 코어를 탑재한 Amada 628 칩셋을 발표한 Marvell 이후 삼성, 퀄컴, TI 등 주요 칩셋 벤더에서도 하이엔드급 시장을 위해 싱글코어가 아닌 멀티코어를 앞다퉈 출시하고 있으며 <표 1>은 최근 출시된 주요 스마트기기 제품

의 멀티코어 사용 현황과 성능 관련 주요 스펙을 담고 있다.

### 4. 이기종 멀티코어의 등장

시스템 내 CPU, GPU, DSP 등을 활용한 이기종 멀티코어 기반 컴퓨팅과 관련된 논문<sup>4)</sup>은 2004년에 이미 발표되었지만, 실제 제품으로 출시됐거나 출시 준비 중인 것은 Nvidia의 Tegra, ARM의 big.LITTLE 아키텍처 등 최근의 일이라 할 수 있다. 이는 최근 임베디드 분야에도 풍부한 콘텐츠와 고성능 응용 서비스가 요구되어 점점 더 고성능 컴퓨팅 수요는 높아가지만 이에 반해 상대적으로 전력소모도 높아질 수밖에 없다. 이를 보완하기 위해 응용 태스크의 패턴을 분석하여 적절한 코어를 활용한 컴퓨팅이 될 수 있도록 하는 것이 최근 이기종 멀티코어 컴퓨팅 연구개발 동향이라 할 수 있다.

## II. 이기종 멀티코어 프로세서 기술 동향

이기종 멀티코어 컴퓨팅 기술의 최근 동향을 프로세서와 프로세서를 활용하는 소프트웨어의 두 가지 분류로 설명한다. 특히, 프로세서는 기술을 주도하는 프로세서 핵심 기술 설계회사와 이를 활용하여 다양한 형태로

<표 1> 최근 출시된 주요 스마트기기 제품의 코어 및 OS 스펙 비교

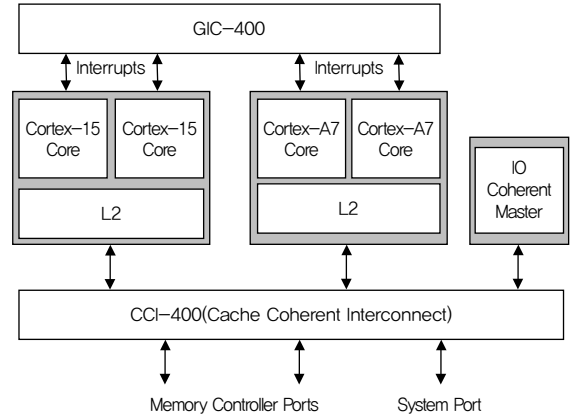
	베가 넘버6 (퀵)	아이폰5 (애플)	아이패드4 (애플)	갤럭시노트2 (삼성)	옵티머스G (엘지)	넥서스10 (삼성)	넥서스4 (엘지)
출시 시기	2013. 2.	2012. 12.	2012. 11.	2012. 10.	2012. 9.	2012	2012
CPU	1.5GHz 쿼드코어 (Snapdragon S4 Pro APQ8064)	1.3GHz 듀얼코어 (Apple A6)	1.4GHz 듀얼코어 (Apple A6x)	1.6GHz 쿼드코어 (Exynos 4412)	1.5GHz 쿼드코어(Snapdragon S4 APQ8064)	1.7GHz 듀얼코어 (Exynos 5250)	1.5GHz 쿼드코어(Snapdragon S4 Pro APQ8064)
GPU	Adreno 320	PowerVR SGX643MP3	PowerVR SGX554MP4	Mali-400MP4 (쿼드코어)	Adreno 320	Mali-T604	Adreno 320
RAM	2GB(DDR2)	1GB(DDR2)	1GB(DDR2)	2GB(DDR2)	2GB(DDR2)	2GB(DDR3)	2GB(DDR2)
OS	안드로이드 4.1 (젤리빈)	iOS 6.1	iOS 6.1	안드로이드 4.1 (젤리빈)	안드로이드 4.1 (젤리빈)	안드로이드 4.2 (젤리빈)	안드로이드 4.2 (젤리빈)
화면 크기	5.9인치	4.0인치	9.7인치	5.5인치	4.7인치	10.1인치	4.7인치

제품화하는 제조사로 나누어 나열 및 설명한다.

### 1. ARM

ARM에서는 발표한 향후 프로세서 개발 로드맵에 따르면 2013년 현재 Cortex-A15 기반의 CPU와 ARM이 보유하고 있는 GPU 브랜드인 Mali의 Mali-T604를 SoC로 결합한 듀얼코어 CPU, 쿼드코어 GPU 컴퓨팅에서 (그림 2)와 같이 향후 2016년에는 쿼드코어급 이상의 CPU, 옥타급 이상의 GPU를 탑재할 것으로 보인다.

또한, ARM은 2011년 10월에 향후 CPU 코어 간 이기종 멀티코어 컴퓨팅을 지원할 big.LITTLE라는 새로운 형태의 AP를 제공할 계획을 발표[5]했는데, 제품화하는 2014년 초가 될 것으로 공개됐다. ARM에서 발표한 big.LITTLE 아키텍처는 싱글 ISA(Instruction Set Architecture)를 사용하는 이종의 멀티코어를 갖는 것으로 (그림 3)에서 보는 바와 같이 Cortex-A15으로 구성된 멀티코어 클러스터와 Cortex-A7으로 구성된 멀티코어 클러스터가 함께 SoC에 들어가 있는 구조로 시스템에서 발생하는 인터럽트를 이종 멀티코어 클러스터에서 각각 처리가 가능하도록 GIC(Global Interrupt Controller)가 있고, 각 멀티코어 클러스터 내 코어간 캐시 일관성(cache coherency) 문제를 해소하기 위한 CCI(Cache

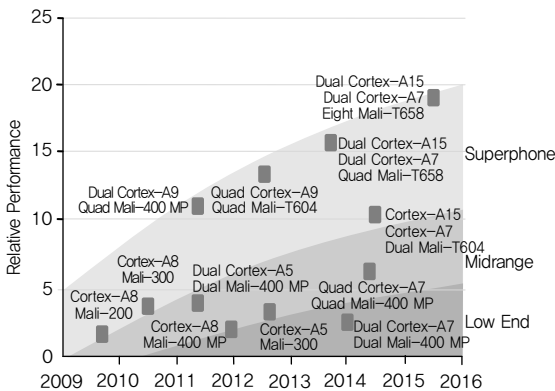


(자료): ARM, 2011.

(그림 3) ARM의 big.LITTLE 구조

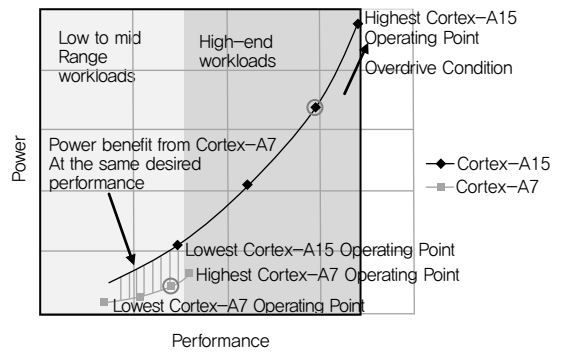
Coherent Interconnect)를 가지고 있다[6].

big.LITTLE 아키텍처는 프로세서가 성능을 높이기 위해 보다 복잡해지고 전력소모가 높아지는 현실에서 저전력 멀티코어 클러스터를 활용하여 시스템 내 작업을 적절히 분배하여 고성능 효과와 저전력 효과를 동시에 얻을 수 있도록 하기 위한 구조로 (그림 4)에서 보는 것처럼 일반적인 모바일 컴퓨팅 환경에서는 Cortex-A7이라는 낮은 전력소모율을 갖는 코어 클러스터에서 작업을 수행하다가 고성능이 필요한 작업이 있으면 Cortex-A15이라는 비록 전력 소모율은 높지만 고성능을 낼 수 있는 코어에서 작업을 수행할 수 있도록 하게



(자료): ARM, 2011.

(그림 2) ARM의 프로세서 개발 로드맵



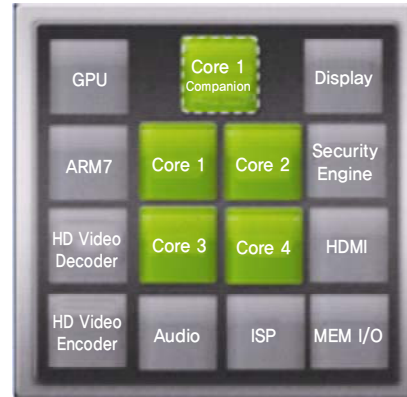
(자료): ARM, 2011.

(그림 4) big.LITTLE 아키텍처의 코어 활용을 통한 성능-에너지 그래프

되는데 이럴 경우 일반적인 상황에서는 저전력 코어 클러스터를 사용하므로 고성능 코어 클러스터를 사용할 때보다 낮은 누수전력(leakage power)을 유지하여 고성능, 저전력 기능을 실현할 수 있도록 하고 있다. big.LITTLE 아키텍처는 두 가지 사용 모델을 제공하는데 첫 번째는 task migration 사용 모델로 고성능 코어 클러스터와 저전력 코어 클러스터가 동시에 사용되지는 않으며 항상 하나의 코어 클러스터만 켜졌다가 다른 고성능 또는 저전력 코어 클러스터가 필요한 경우 사용하려는 코어 클러스터를 켜고 태스크를 이동한 뒤 사용하는 모델이다. 두 번째는 multi-processing 모델로 고성능 코어 클러스터와 저전력 코어 클러스터를 동시에 사용하는 모델이다. 하지만, 2013년 초 현재에는 아직 big.LITTLE 아키텍처가 출시되지 않았으며 기존 OS를 이용하여 지원하는 방법과 태스크를 어떤 코어 클러스터에 할당하여 수행할지를 결정하는 정책 등 여러 가지 소프트웨어적으로 연구개발이 진행되어야 할 부분들이 남아 있는 것으로 보인다.

## 2. Nvidia

데스크톱, 서버 시장의 그래픽 카드를 활용한 쿠다(Compute Unified Device Architecture: CUDA)라는 이기종 멀티코어 컴퓨팅 솔루션을 보유하고 있는 Nvidia는 현재까지 임베디드 시장에서 쿠다를 지원하지 않고 있는 상황이다. 하지만, ARM의 big.LITTLE 아키텍처와는 다른 형태의 vSMP(variable Symmetric Multiple Processor) 아키텍처를 2011년에 출시했는데 출시된 제품의 이름은 Tegra3이다. Tegra3는 (그림 5)에서 보는 것처럼 Cortex-A9 기반 최대 1.4GHz까지 동작하는 4개의 고성능 멀티코어와 최대 약 500MHz까지 동작하는 한 개의 저전력 코어를 이용하여 이메일, 메시징 등과 같이 낮은 클럭 주파수에서도 동작 가능한 응용들은 저전력 코어에서 구동시키고 그 이외에는 고성능 코어



〈자료〉: NVidia.

(그림 5) Nvidia Tegra3 아키텍처

에서 구동시키도록 설계 및 제작됐다. Tegra3의 고성능 4개 코어와 저전력 1개 코어는 동시에 구동되지 않으며 ARM의 big.LITTLE 아키텍처의 task migration 사용 모델과 같이 하나의 코어 클러스터만 동작 가능한 구조이다[7].

2013년 초에는 Tegra3를 개선한 Tegra4가 출시되어 Cortex-A15 기반 쿼드코어 CPU와 GPU를 SoC화하여 세계 최초의 Cortex-A15 쿼드코어를 출시했다.

## 3. 삼성

삼성은 현재 ARM Cortex-A9 CPU와 Mali-400 GPU를 SoC로 만든 Exynos 시리즈에 기반한 갤럭시 제품군을 보유하고 있다. 현재 갤럭시노트2에서 사용하는 Cortex-A9 쿼드코어 CPU, Mali-400 쿼드코어 GPU가 들어간 Exynos 4412를 주력 제품에 사용하고 있는데 2013년 1월 CES 2013에서 갤럭시 S4에는 Exynos 5 시리즈 big.LITTLE 아키텍처의 8개의 코어가 들어간 제품을 출시할 예정임을 공개했다[8].

## 4. 기타

퀄컴도 삼성과 마찬가지로 ARM Cortex-A9 기반 쿼드코어 CPU와 Adreno GPU를 사용한 Snapdragon S4

를 사용하고 있으며 모뎀칩이 SoC에 함께 들어있는 것을 제외하고 삼성 Exynos 시리즈와 구조적으로 큰 차이는 없다. 애플은 ARM Cortex-A9기반 듀얼코어 CPU와 Imagination사의 PowerVR GPU를 사용하고 있는 정도만 알려져 있다.

### III. 이기종 멀티코어 소프트웨어 기술 동향

이기종 멀티코어 프로세서가 출시된 지 오래되지 않고, 새로운 이기종 멀티코어 프로세서 아키텍처도 제품으로 출시될 예정으로 프로세서를 지원하는 다양한 소프트웨어 연구는 진행되고 있지 못한 상황이다. 다만, 이기종 멀티코어 프로세서가 출시되면 빠른 소프트웨어 개발이 이루어질 수 있도록 프로그래밍 인터페이스와 몇몇 연구개발 사례 위주로 설명하고자 한다.

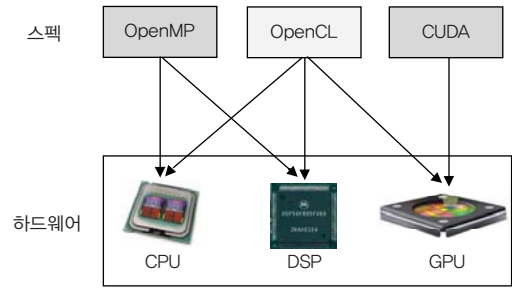
#### 1. 프로그래밍 인터페이스

##### 가. OpenMP(Open Multi-Processing)

공유 메모리 다중 처리 프로그래밍 API로, C, C++, 포트란 등 프로그래밍 언어와 UNIX, MS Window OS 계열, 리눅스 등 여러 SW 플랫폼에서 지원한다[9]. 그러나, OpenMP는 대칭형 멀티프로세서에서 태스크 병렬성을 향상시켜줄 수 있는 병렬 프로그래밍 모델이다. OpenMP 1.0은 1997년에 릴리즈됐으며, 최신 버전인 3.0은 2008년 5월에 출시됐다.

##### 나. OpenCL(Open Computing Language)

개방형 범용 병렬 컴퓨팅 프레임워크로 여러 CPU, GPU 및 기타 프로세서 등으로 이루어진 다중 플랫폼에서 구동해야 하는 데이터 및 태스크 병렬성을 갖는 프로그램을 작성할 수 있게 해주는 프레임워크이다[10]. OpenCL은 CUDA와 달리 원칙적으로 GPU뿐만 아니라



(그림 6) OpenMP, OpenCL, CUDA 간 각 이기종 코어 활용 개념도

CPU, DSP 등도 동시에 활용할 수 있는 오픈 스펙으로 비영리 기술 컨소시엄인 크로노스 그룹(Khronos Group)에서 관리하고 있으며, 현재 OpenCL 1.2까지 릴리즈됐으며 OpenMP, CUDA, OpenCL 간 개념적 차이는 (그림 6)과 같다.

현재 OpenCL은 AMD, Nvidia, Intel 등 주요 SoC 벤더들이 데스크톱이나 서버용으로 사용하기 위해 지원을 하고 있으나, 임베디드 분야에서는 전 세계적으로 지원하고 있는 사례가 없다. 그러나, 2013년 초에 Mali-T604 기반 OpenCL 지원을 위해 ARM에서 개발 및 시험 중이며 OpenCL 스펙에 명시되어 있는 embedded profile을 지원할 예정이다.

##### 다. WebCL

OpenCL이 지원되는 시스템에서 이기종 멀티코어 기능을 활용하여 웹브라우저 성능을 가속화할 수 있도록 지원하는 인터페이스로 자바 스크립트를 OpenCL로 바인딩한다. 크로노스 그룹에서 2011년부터 시작하여 2012년에 드래프트 버전이 나왔으며 몇몇 구현 프로토타입이 존재하고 있는 상황이다. 삼성에서 데모한 WebCL 프로토타입 데모에 의하면 웹브라우저에서 복잡한 계산 후 3D 렌더링하는 데모에서 WebCL을 사용하지 않은 응용은 1fps(Frame Per Second)의 성능을 보인 반면, WebCL을 사용한 응용은 최대 116fps의 성능을 보여 높

은 성능 향상을 보였다[11].

## 라. 기타

마찬가지로 크로노스 그룹에서 관리하는 OpenCV (Open Compute Vision)는 오픈 소스 컴퓨터 비전 C 라이브러리로 인텔이 개발하여 현재는 MS 윈도우 계열 플랫폼, 리눅스 등에서 지원된다[12]. 주로 실시간 이미지 프로세싱을 하기 위해 GPU를 사용한다. 그이외에 GPGPU 컴퓨팅은 아니지만 GPU를 활용한 2D 그래픽 처리를 위한 OpenVG(Open Vector Graphics), 3D 그래픽 처리를 위해 OpenGL(Open Graphics Library) 등이 있는데 OpenVG, OpenGL 등은 시스템 내 그래픽 성능을 위해 일반적으로 지원해야 할 중요한 인터페이스이기도 하다. OpenGL의 임베디드용 버전은 OpenGL ES이다.

## 2. 이기종 멀티코어 지원 관련 SW

### 가. OS

현재 GPU를 그래픽 렌더링용으로 활용하기 위한 임베디드용 프로세서들의 출시는 앞다퉈 이뤄지고 있으나, GPGPU 기능을 활용한 임베디드용 이기종 멀티코어 프로세서가 출시되지 않아 OS 차원의 본격적인 이기종 멀티코어 활용 기능 지원은 이루어지지 않고 있다.

그러나, 앞서 설명했던 ARM big.LITTLE 아키텍처를 구동시키기 위해 칩셋 벤더 차원의 디바이스 드라이버를 포함하는 BSP(Board Support Package) 개발은 진행 중이다.

반면 안드로이드에서는 하부 계층을 리눅스 커널을 사용하므로 커널 차원의 지원은 리눅스와 동일하나 GPU를 활용한 컴퓨팅을 위해 허니컴 이후 렌더스크립트(Renderscript)라는 프로그래밍 인터페이스를 제공하여 3D 렌더링 API, CUDA API, C99와 흡사한 인터페이스로 이기종 멀티코어 컴퓨팅을 위한 주요 기능의 하나

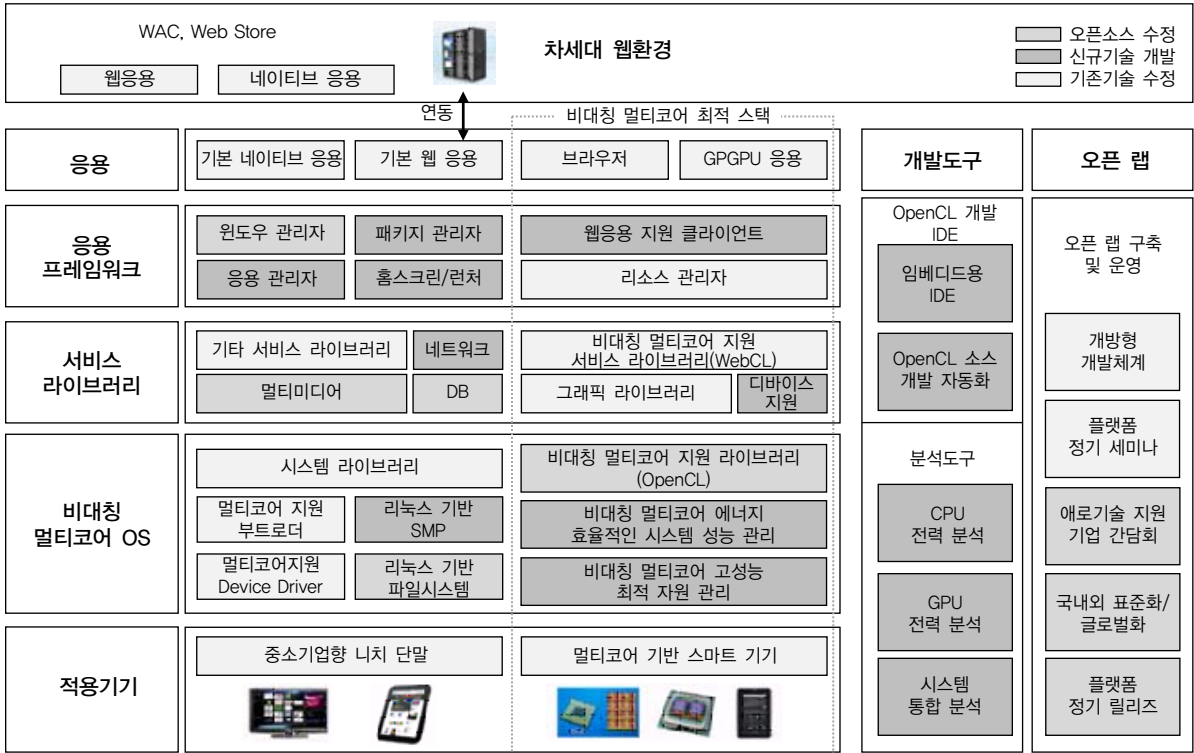
라고 할 수 있다.

### 나. 개발도구 및 컴파일러

사용자의 응용 개발을 지원하는 개발도구에서 병렬 컴퓨팅의 동시성으로 인해 멀티코어 개발 기능과 디버깅 기능을 제공하는 것은 매우 어렵다. 이런 가운데 병렬 컴퓨팅을 위한 개발도구 중의 하나가 Intel의 Parallel Studio로 개발 시 정해진 문법의 표기를 해줄 경우 컴파일러가 알아서 병렬화 컴파일을 지원해주도록 하는 인터페이스를 가지고 있다. 또한, MS에서 데스크톱이나 서버 시스템에서 이기종 멀티코어를 지원하기 위해 C++AMP 컴파일러 베타 버전을 제공 중이나 임베디드 프로세서용 개발은 이루어지지 않고 있다.

### 다. 스마트기기용 이기종 멀티코어 기반 차세대 SW 플랫폼

국내에서 정부 주도로 스마트기기용 이기종 멀티코어 프로세서를 지원하기 위해 개발 진행 중인 SW 플랫폼을 ETRI 주관으로 진행 중에 있는데 그에 대해 간략하게 설명한다. 차세대 SW 플랫폼은 Exynos 5 시리즈에 기반하여 Mali-T604에서 지원하게 될 embedded OpenCL profile을 활용하여 이기종 멀티코어를 지원하는 SW 플랫폼을 개발하고 있는 중이다. 주요 기능으로는 멀티코어 CPU의 성능 향상 기능, 최적 에너지 효율 지원, CPU-GPU를 활용한 성능 향상을 지원하는 OS 기능, OpenCL-WebCL 지원 웹플랫폼과 웹 기반 응용 프레임워크 등을 개발하고 있으며, 이기종 멀티코어 프로그래밍을 지원할 수 있는 개발도구와 개발자의 응용 개발에 도움을 줄 수 있는 전력분석 도구를 개발 중으로 (그림 7)과 같이 SW플랫폼 스택 중 멀티코어 기능을 활용하여 응용 수준에서 개선된 기능을 충분히 활용할 수 있는 버티컬 스택을 개발하여 다양한 SW 플랫폼에서도 활용될 수 있도록 할 예정이다.



(그림 7) 차세대SW플랫폼 전체 구조도

#### IV. 관련 국제 단체 동향

##### 1. 크로노스 그룹

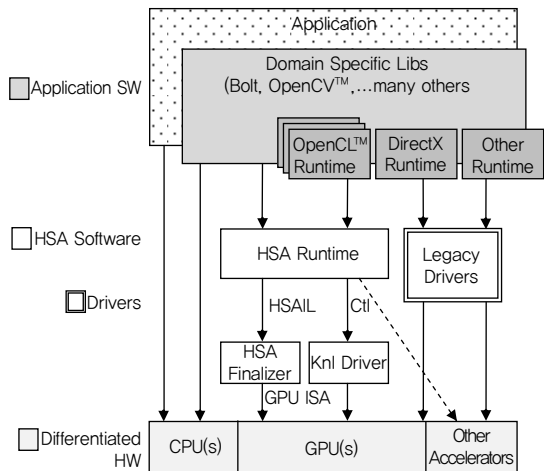
로열티 제한 없는 오픈 표준 API를 제작하고 다양한 플랫폼과 장치에서 동적인 미디어의 가속화된 재생 및 저장을 가능케 할 목적으로 운영하는 비영리 단체로 OpenCL, OpenGL, OpenGL ES, WebGL, WebCL, OpenVG, OpenSL ES, OpenMAX, EGL 등 다양한 스펙을 관리하고 있다[13].

##### 2. HSA 파운데이션

이기종 멀티코어 시장을 확대하고 산업 활성화를 목표로 AMD, ARM, TI 등 글로벌 기업 주도로 표준 스펙 제정, 개방형 플랫폼 개발 등의 활동을 추진하고 있는 단체로 2012년 6월에 설립됐으며, 최근 국내 기업인 삼

성도 가입했다[14]. (그림 8)과 같이 HSA(Heterogeneous System Architecture)에서는 실제 이기종 멀티코

HSA Solution Stack



(자료): HAS, 2012.

(그림 8) HSA 파운데이션 표준화 스택



어 프로세서에서 런타임들을 개발하여 산업에서 많이 쓰일 수 있도록 스펙 제정, 개발, 홍보 등 활동에 힘쓰고 있다.

## V. 결론 및 향후 필요한 연구

앞서 설명한 바와 같이 임베디드 분야에서도 고성능 응용 서비스에 대한 요구가 높아짐에 따라 임베디드용 고성능 프로세서가 필수적이고, 전력소모가 많아지는 프로세서로 인해 저전력 프로세서와 결합한 형태인 이기종 멀티코어 프로세서를 활용하여 적절한 작업을 적절한 코어에 할당하여 최적의 이기종 멀티코어 컴퓨팅을 향해 기술이 발전하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 서버나 데스크톱 분야에 비해 임베디드 분야는 그래픽 렌더링 용도로 사용하는 GPU를 활용하여 기초적인 단계의 이기종 멀티코어 컴퓨팅은 시작됐다고 볼 수 있으나 GPGPU 기능을 사용하거나 DSP와 같은 코어를 사용할 수 있는 임베디드용 프로세서들은 현재 연구 중이고, 이들을 지원할 수 있는 하드웨어적, 소프트웨어적 연구가 필요한 상황이다. 또한, 머지않아 출시하게 될 ARM big.LITTLE, Nvidia vSMP 이상의 이기종 멀티코어 컴퓨팅을 위해 기존 개방형 OS들과 쉽게 연동할 수 있는

소프트웨어와 응용 태스크의 패턴을 인식하여 적절한 이기종 멀티코어로 태스크를 할당할 수 있는 다양한 소프트웨어 기술에 대한 연구와 개발이 필요하다.

## 약어 정리

AP	Application Processor
BSP	Board Support Package
CCI	Cache Coherent Interface
CISC	Complex Instruction Set Computer
CPU	Central Processing Unit
CUDA	Compute Unified Device Architecture
DSP	Digital Signal Processor
fps	Frame Per Second
GIC	Global Interrupt Controller
GPU	Graphic Processing Unit
HSA	Heterogeneous System Architecture
ISA	Instruction Set Architecture
OpenCL	Open Computing Language
OpenCV	Open Compute Vision
OpenGL	Open Graphic Library
OpenMP	Open Multi-Processing
OpenVG	Open Vector Graphics
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SoC	System On Chip
vSMP	variable Symmetric Multiple Processor

### 용어해설

**AP** 모바일 분야에 적용하기 위해 CPU 코어, 메모리, 그래픽 처리, 각종 인터페이스, 카메라 등 각종 센서 제어 기능을 모아 놓은 SoC

**프로세서 기술** 컴퓨터라는 개념의 초석이 되는 근본 기술로 시스템 반도체 하드웨어 기술 위에 체계화된 소프트웨어 레이어의 결합을 이루어 내는 시스템 반도체의 결정 기술이라 할 수 있음[1].

**캐시 일관성(cache coherency)** 공유 메모리 시스템에서 각 프로세서 코어가 가진 로컬 캐시 간의 일관성을 의미

**누수전력(leakage power)** 프로세서 코어가 작업을 수행하지 않음에도 지속적으로 전력을 소모하는 현상

**CUDA** GPU에서 수행하는 병렬처리 알고리즘을 C프로그래밍 언어를 비롯한 산업 표준 언어를 사용하여 작성할 수 있도록 하는 GPGPU 기술로 Nvidia가 주도

## 참고문헌

- [1] 송중호, “모바일 혁명으로 Paradigm Shift,” Industry Outlook Report, KDB대우증권, 2012. 12. 23.
- [2] 권영수, 엄낙웅, “SoC 기술 동향: 멀티코어 프로세서 및 소프트웨어 기술 동향,” 시스템-반도체포럼, Special Report, 2009. 5.
- [3] Wikipedia. ARM architecture, 2012. [http://en.wikipedia.org/wiki/ARM\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/ARM_architecture)
- [4] R. Kumar et al., “Single-ISA Heterogeneous Multi-Core Architectures for Multithreaded Workload Performance,” ISCA, June 2004.
- [5] CPU World, “ARM Announces Cortex-A7 MPCore and big.LITTLE Processing,” Oct. 20th, 2011. <http://>

www.cpu-world.com/news\_2011/2011102001\_ARM  
\_announces\_Cortex-A7\_processor\_and\_big\_LITTLE  
\_processing.html

- [6] P. Greenhalgh, ARM, "Big.LITTLE Processing with ARM Cortex™-A15 & Cortex-A7, Improving Energy Efficiency in High-Performance Mobile Platforms," White Paper, Sept. 2011. [http://www.arm.com/files/downloads/big.LITTLE\\_Final.pdf](http://www.arm.com/files/downloads/big.LITTLE_Final.pdf)
- [7] Nvidia, "Variable SMP – A Multi-Core CPU Architecture for Low Power and High Performance," White Paper, 2011. [http://www.nvidia.com/content/PDF/tegra\\_white\\_papers/tegra-whitepaper-0911b.pdf](http://www.nvidia.com/content/PDF/tegra_white_papers/tegra-whitepaper-0911b.pdf)
- [8] PCMAG, "CES 2013: Samsung Unveils 8-Core Exynos 5 Octa Processor," Jan 9th, 2013. <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2414104,00.asp>
- [9] 위키피디아, OpenMP, 2012. <http://ko.wikipedia.org/wiki/OpenMP>
- [10] 위키피디아, OpenCL, 2012, <http://ko.wikipedia.org/wiki/OpenCL>
- [11] 크로노스그룹, WebCL. <http://www.khronos.org/webcl/>
- [12] 위키피디아, OpenCV, 2013. <http://ko.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
- [13] 크로노스그룹. <http://www.khronos.org/>
- [14] HSA 파운데이션. <http://hsafoundation.com/>