

# IoT (Internet of Things)를 위한 프로세서 기술

## I. 서론

모든 사물이 서로 연결되어 보다 나은 서비스를 제공해줄 것으로 기대되는 IoT (Internet of Things)는 이미 국내 이동통신사들의 다양한 서비스 형태로 우리의 삶 속에 자리 잡고 있으며, 앞으로 더욱 그 시장이 확대될 것으로 예상된다<sup>[1]</sup>. 이와 함께 기본적으로 외부로부터 데이터를 수집하기 위한 센싱 기술과 수집한 데이터에 대한 간단한 처리, 그리고 해당 데이터를 전송하기 위한 연결망 및 효율적인 빅데이터 처리기술 등, 다양한 분야에서 새로운 요구사항을 갖는 기술들이 발전해가고 있다. 이와 같은 흐름은 기존의 PC시장, 스마트폰 및 태블릿으로 이어진 최신 기술들의 뒤를 이을 것으로 예상되며, 전 세계 많은 업체들이 IoT 시장을 위한 다양한 부품 및 기술들을 발표하고 있다. 특히,

IoT시장에서 요구되고 있는 SoC (System-on-Chip)는 기본적으로 기존 시스템들보다 낮은 전력소모를 요구하며, 데이터를 처리하기 위한 CPU Core와 외부와의 연결을 위한 Connectivity, 그리고 다양한 센서와의 연결을 위한 Analog Interface를 모두 포함하게 된다.

〈그림 1〉에 나타난 것과 같이, 스마트홈 및 웨어러블 시장은 IoT시장을 이끄는 주요 분야가 될 것으로 예상되며, 그 중에서도 특히 웨어러블 시장은 모바일 헬스케어 시장과 연동되어 더욱 높은 성장세를 보일 것으로 예상된다<sup>[2]</sup>.

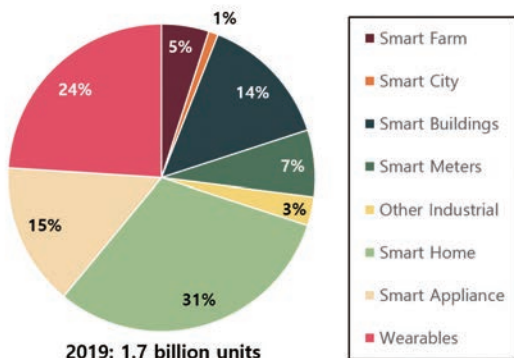
이와 같은 IoT시장에서 요구되고 있는 SoC (System-on-Chip)는 기본적으로 기존 시스템들보다 낮은 전력소모를 요구하며, 데이터를 처리하기 위한 CPU Core와 외부와의 연결을 위한 Connectivity, 그리고 다양한 센서와의 연결을 위한 Analog Interface를 모두 포함하게 된다. 특별히, IoT시장은 매우 다양한 응용시스템을 포함하고 있는 만



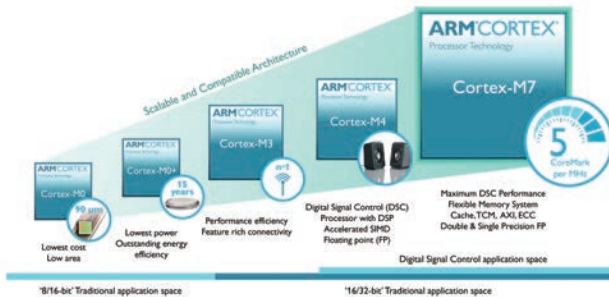
김지훈  
충남대학교 전자공학과



변우석  
충남대학교 전자공학과



〈그림 1〉 2019년 IoT 분야별 시장 규모 예측<sup>[2]</sup>



〈그림 2〉 ARM Cortex-M 시리즈

컴, 다양한 연산처리 및 통신에 대한 요구사항과 함께 데이터들을 안전하게 보관 및 전송하기 위한 Security의 중요성도 크게 증가하고 있다. 이미 이와 같은 시장을 위하여 Marvell, MediaTek, Freescale 등 다양한 회사들이 SoC들을 제공하는 중이고, ARM, Samsung, 그리고 Intel등은 개발 플랫폼까지 함께 제공하는 상황이며, 이와 같은 흐름은 앞으로도 더욱 확대될 것으로 판단된다.

본 기고문에서는 이와 같이 다양한 요구사항을 갖는 IoT를 위한 프로세서의 기술 동향에 대해서 소개하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 다양한 Processing Core에 대해 설명하고, 3장에서는 필수적으로 요구되는 Connectivity 및 Security, 그리고 초저전력 프로세서에 대해서 설명한다. 4장에서는 최근 발표된 IoT용 플랫폼에 대해서 간단하게 소개하며, 마지막으로 5장에서 결론 및 연구방향으로 끝을 맺는다.

## II. IoT를 위한 다양한 Processing Core

프로그래머블한 특성을 지니는 CPU 및 DSP와 같은 Processing Core들은 기존 스마트폰의 AP (Application Processor)가 담당했던 역할과 유사하게 IoT시대에서도 SoC의 핵심적인 역할을 담당하고 있다.

ARM은 프로세서 Core를 Cortex-A / Cortex-R / Cortex-M이라는 3개의 Profile로 나누어서 기술 발전을 진행하고 있으며, Cortex-A시리즈는 OS를 구동하는 고성능 AP를 위해 사용되고, Cortex-M시리즈는 Microcontroller시장을 위하여 높은 전력 효율에 초점을 맞추고 있다. 이와 같은 흐름은 IoT용 SoC에서도 지속적으로 이어지고 있으며, 특히 Cortex-M 시리즈는 최근 ARM Techcon 2015에서 발표된 ARMv8-M ISA (Instruction Set Architecture)와 함께 IoT시대에서의 중요성이 더욱 높아질 것으로 판단된다<sup>[3]</sup>.

이미 다양한 MCU 제품군에서 활용되고 있는 Cortex-M 시리즈는 8051로 대표되는 8비트 프로세서가 차지하고 있던 시장을 32비트로 재편함과 동시에, 성능에 따라 Cortex-M0 / M0+ / M3 / M4 / M7에 이르기까지 다양한 제품군을 제시하여 시장 지배력을 크게 높이고 있다. 이들은 터치스크린 컨트롤러와 같은 시장에서부터 스마트 미터링, 센서 퓨전 및 오토모티브 시장등에 널리 사용된다. 이와 같은 ARM Cortex-M 시리즈의 CPU

Core는 32비트 연산을 지원하면서도 Thumb-2 기술을 기반으로 하여 높은 코드 집적도를 보여주며, 다양한 저전력 모드를 지원함과 동시에 AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) 규격을 통해 다양한 IP들과 쉽게 연동될 수 있다는 장점을 지닌다.

또한, 최근 발표된 ARMv8-M 아키텍처에는 더욱 다양한 임베디드 솔루션을 위한 여러 요구 사항들이 반영됨과 동시에, IoT시대에서 점차적으로 중요도가 높아지고 있는 Security에 대한 초석을 Cortex-M 시리즈에 제공하여, 향후 Cortex-M 시리즈가 IoT시대에서 많은 역할

**프로그래머블한 특성을 지니는 CPU 및 DSP와 같은 Processing Core들은 기존 스마트폰의 AP (Application Processor)가 담당했던 역할과 유사하게 IoT시대에서도 SoC의 핵심적인 역할을 담당하고 있다.**

〈표 1〉 TSMC 90nm 기준 Cortex-M0+와 Andes N705 비교<sup>[5]</sup>.  
(단, Andes N705의 DMIPS 점수는 standard Dhrystone rule에서는 허용하지 않는 in-lining을 적용한 결과임)

	Cortex-M0+	Andes N705
Instruction Set	ARMv6M	AndeStar v3m
DMIPS/MHz	0.93	1.19
Gate Count	~12,000	~12,000
DMIPS/mW	85	108

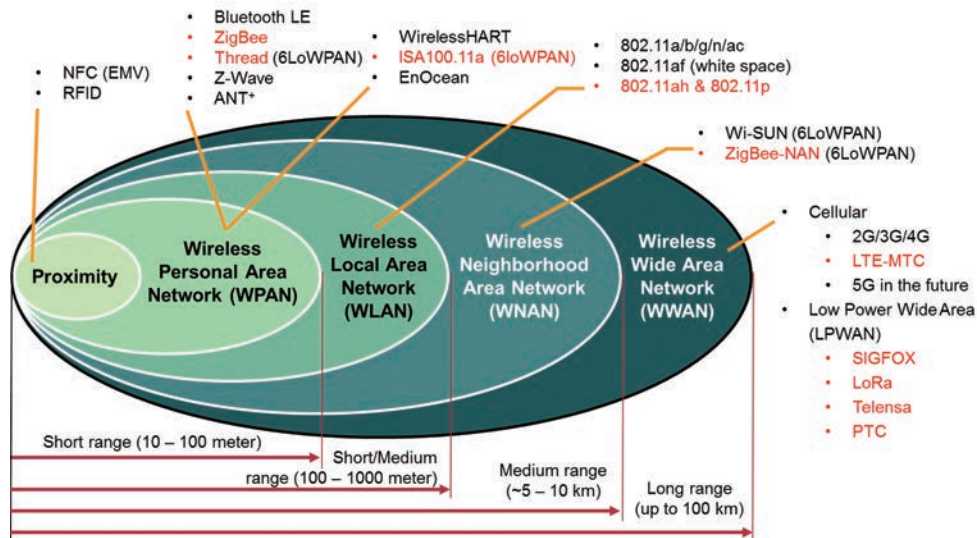
을 할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, AMBA AHB5 규격의 도입과 함께 기존의 Cortex-A 시리즈에서만 적용되었던 TrustZone에 대한 지원이 가능해져 Security 능력이 향상됨으로써, 다양한 개인정보를 다룰 것으로 예상되는 IoT시장에서의 활용도가 더욱 높아질 것이다<sup>[4]</sup>.

기존의 소프트웨어에 대한 종속성이 상대적으로 적은 IoT시장의 특성을 고려하여 ARM 외에도 여러 소형 CPU Core를 제공하는 회사들이 존재한다. 다양한 성능군의 CPU Core를 제공하는 Andes는 최근 여러 CPU Core를 MediaTek의 WiFi / Bluetooth 제품군에 탑재하였으며, ARM과는 다른 독자적인 ISA 및

개발환경을 제공하면서도 AMBA 인터페이스를 통해 손쉬운 SoC Integration을 지원한다. ARM의 제일 작은 CPU Core인 Cortex-M0+와 유사한 2단 파이프라인 구조를 가지는 Andes N705의 경우에는 〈표 1〉에서 보이는 것과 같이 저전력 특성 및 작은 면적이 요구되는 IoT 시장에서 상당한 경쟁력을 갖출 것으로 예상된다. Andes 외에도, Cortus 및 Beyond Semiconductor의 경우에도 IoT시장을 겨냥하여 단순한 파이프라인 구조를 바탕으로 하는 초소형 CPU Core를 제공하며 IoT시장 진입에 많은 노력을 기울이고 있다.

**IoT용 프로세서가 갖추어야 할 주요 특징 기술로는, 처리한 데이터를 다른 곳으로 전송하기 위한 Connectivity 기술과 개인정보와 같은 민감한 데이터를 안전하게 보호 하기 위한 Security 기술, 그리고 초저전력으로 동작하기 위한 다양한 설계 기술 중 동작 전압을 낮추는 Near-Threshold (문턱전압) / Sub-threshold Computing 등이 있으며 많은 주목을 받고 있다.**

스마트폰에서 통신 신호 처리 및 오디오 신호처리, 그리고 영상 처리에 특화된 역할을 수행하던 DSP는 다양한 제품군을 포함하는 IoT에서도 그 중요성이 매우 높다. DSP의 경우 3장에서 살펴볼 다양한 Connectivity의 프로토콜 스택 처리 및 물리계층에 대한 지원에서 필수적인 역할을 하고 있으며, DSP Core 시장에서 높은 점유율을 자랑하는 CEVA의 경우, Viterbi 디코딩을 지원하는 ISA를 갖춘 DSP를 통해 IoT용 Connectivity를 효율적으로 지원한다<sup>[6]</sup>. 또한, 오디오



〈그림 3〉 IoT의 핵심 Connectivity 기술<sup>[7]</sup>

오 신호처리에 특화된 다양한 형태의 DSP들이 IoT시장에서 always-on 상태로 동작하며 주변의 상황을 인지하거나 음성으로 컨트롤하는 기기들에 대한 수요에 부응할 것으로 보인다. Cadence의 Xtensa core 및 Synopsys의 ARC core도 응용시스템에 적합한 형태로 configuration 할 수 있는 특성과 함께 IoT 시장을 정조준 하고 있다.

### III. IoT에서 요구되는 주요 특징

기본적으로 데이터를 처리하는 CPU 및 DSP 와 함께 IoT용 프로세서가 갖추어야 할 주요 특징 기술로는, 처리한 데이터를 다른 곳으로 전송하기 위한 Connectivity 기술과 개인정보와 같은 민감한 데이터를 안전하게 보호하기 위한 Security 기술, 그리고 초저전력으로 동작하기 위한 다양한 설계 기술 중 동작 전압을 낮추는 Near-Threshold(문턱전압) / Sub-threshold Computing 등이 있으며 많은 주목을 받고 있다. 본 장에서는 해당 3가지 기술 동향에 대해서 살펴본다.

#### 1. Connectivity 기술

〈그림 3〉에 나타난 것과 같이, IoT시장에는 요구사항에 따라서 매우 다양한 Connectivity 기술이 공존할 것으로 보인다. 기존의 스마트폰 시장과 더불어 큰 폭으로 성장한 Bluetooth와 함께, IEEE 802.15.4 규격을 기반으로 하는 ZigBee 및 Thread, 무선랜 기반으로 광역 서비스를 지원하기 위한 IEEE 802.11ah, 그리고 최근 많은 주목을 받고 있는 저전력 광대역 네트워크를 위한 NB-LTE 및 LoRa등이 그 예이다. 이와 같은 Connectivity들은 IoT기기에서의 활용이 큰 폭으로 증가할 것으로 예상되며, 이와 같은 내용들은 IoT용 프로세서에 필수적으로 포함시키는 방향으로 흐름이 이어질 것으로 보인다.

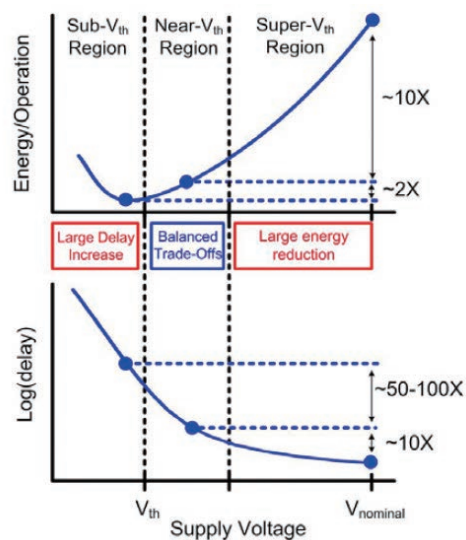
#### 2. Security 기술

인터넷으로 많은 기기들이 연결되면서 늘 함께 따라다니는 문제는 여러 형태를 갖는 외부에서의 공격에 의한 Security 문제이다. 개인의 정보를 많이 담고 있는 웨어러블 기기에서부터 인터넷 망에 연결될 자동차, 그리고

스마트 미터링 등에 이르기까지 보안이 제대로 이루어지지 않으면 성공적인 IoT 서비스가 보장될 수 없다. 이를 위하여 하드웨어 및 소프트웨어적으로 각 계층별 다양한 솔루션이 많은 업체들로부터 발표되고 있으며, IoT용 프로세서들도 이와 같은 부분들을 고려하여 PUF (Physical Unclonable Function)를 포함한 인증 및 암호화를 위한 AES (Advanced Encryption Standard), ECC(Elliptic Curve Cryptography)등을 필수적으로 포함하고 있다.

#### 3. 초저전력 회로 설계 기술

초저전력 설계는 IoT용 프로세서의 주요 경쟁력으로 떠오르고 있으며, 이를 위하여 〈그림 4〉와 같이 동작전압을 문턱전압 근처 혹은 그 이하로 낮추는 방식을 기반으로 하는 기술이 많이 소개되었다<sup>[8]</sup>. 이와 같은 방식은 동작 전압에 대한 성능의 민감도가 매우 크다는 단점을 지니고 있기에 상용화에 많은 노력이 요구되고 있었지만, 최근 이와 같은 기술을 기반으로 MCU를 상용화한 결과물도 Ambiq Micro를 통해서 발표되었다<sup>[9]</sup>. 관련한 초저전력 회로 설계 기술은 최근 ISSCC와 같은 학회 등을 통해서도 많이 소개되고 있는 바, 향후 IoT시장에서 초저전력 설계에 다양한 형태로 적용될 것으로 예상된다.



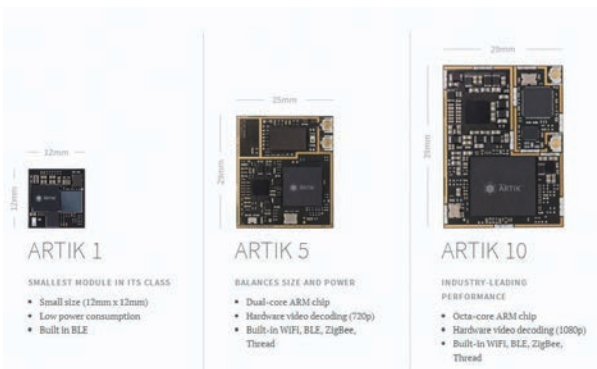
〈그림 4〉 다양한 동작전압영역에서의 에너지소모와 지연시간의 상관관계<sup>[8]</sup>

## IV. 최신 IoT용 플랫폼

Intel은 이미 PC 및 서버시장에서의 확고한 지위를 누리고 있으며, IoT시장을 위해 최근 Quark라고 부르는 SoC를 발표하였다. Quark는 기존의 Intel Pentium의 저전력 Core를 기반으로 다양한 기능을 추가한 SoC이며, 2015년 초에 발표된 Quark SE의 경우는 32MHz로 동작하는 32비트 프로세서와 함께 DSP를 포함하는 Sensor Subsystem, Pattern-matching accelerator, on-chip SRAM / Flash 메모리 등을 함께 포함하고 있다. Intel은 이와 같은 SoC와 함께 Edison 및 Curie라고 부르는 모듈을 함께 발표하며 IoT 개발환경을 제공하고 있다. 특히, 2015년 8월에 발표된 Curie는 Bluetooth Low Energy 및 6축 센서, PMIC 등을 포함하면서도 <그림 5>에 보이는 것과 같이 단추정도의 크기에 불과하여 많은 주목을 받았다. 또한, Intel은 Arduino와 함께 개발 플랫폼을 함께 발표하는 등, 기존의 IoT 개발자들을 위하여 개발환경에 대한 부분에도 많은 노력을 기울이고 있다. 이와 같이



<그림 5> Intel Curie 모듈



<그림 6> Samsung ARTIK 플랫폼<sup>[10]</sup>

Intel은 향후 IoT시대에서도 많은 역할을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

모바일 AP시장에서 최근 많은 주목을 받고 있는 Samsung 역시 ARTIK이라는 IoT용 플랫폼을 발표하였으며, 현재는 <그림 6>과 같이 3가지 종류가 공개되어 있다. 이들은 다양한 요구사항에 맞추어서 CPU Core / Connectivity / Security 등을 다르게 제공하며, 향후 많은 개발자들이 이와 같은 플랫폼 위에서 빠르게 개발할 수 있도록 Arduino기반의 개발환경을 제공하고 있다.

이외에도, ARM은 mbed라고 불리는 플랫폼을 통해서 Cortex-M 시리즈를 기반으로 한 다양한 IoT 기기들을 위한 개발환경과 운영체제까지도 제공을 한다. 이와 같은 mbed 플랫폼은 Bluetooth Smart, 무선랜, ZigBee, 6LoWPAN 등과 같은 IoT를 위한 다양한 무선통신 프로토콜 스택 및 보안을 위한 다양한 기능을 포함하고 있으며, 전력소모를 고려한 운영체제를 함께 제공한다. 이와 같은 mbed는 Cortex-M을 탑재한 여러 MCU에서 활용 가능하다<sup>[11]</sup>.

## V. 향후 연구 및 결론

지금까지 IoT용 프로세서들의 최신 동향을 각 분야별로 나누어서 살펴보았다. IoT 시장의 다양성으로 인하여 광범위하게 기술의 발전이 이루어지고 있지만, 주요 흐름들이 존재하는 만큼 이와 같은 부분을 고려하여 향후 많은 연구들이 진행될 것으로 예상되며, 이를 통해 IoT시장이 스마트폰 이후의 Next Big Thing으로 자리 잡을 것으로 예상된다.

### 참고 문헌

- [1] 이현지, 김광석 “사물인터넷의 국내외 시장 및 정책 동향”, 주간기술동향, 정보통신기술진흥센터, 2015. 9. 16.
- [2] “A Guide to Processors for IoT and Wearables,” The Linley Group.
- [3] ARM, <http://www.arm.com>
- [4] ARM White Paper, “ARMv8-M Architecture Technical Overview,” Nov. 2015.



- [5] "Andes Offers Low-Power CPU Cores," Microprocessor Report, Apr. 2013.
- [6] CEVA, <http://www.ceva-dsp.com>
- [7] Martha Zemedede, "Explosion of the Internet of Things: What does it mean for wireless devices?," Keysight IoT Seminar, June 2015.
- [8] R. G. Dreslinski, et al., "Near Threhold Computing: Overcoming Performance Degradation from Aggressive Voltage Scaling," Workshop on Energy-Efficient Design, June 2009.
- [9] Ambiq Micro, <http://www.ambiqmicro.com>
- [10] Samsung ARTIK, <https://www.artik.io>
- [11] ARM mbed, <https://www.mbed.com>



김지훈

- 2004년 2월 KAIST 전자전산학과 학사
- 2009년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 2009년 7월~2010년 2월 삼성전자 DMC연구소 책임연구원
- 2010년 3월~현재 충남대학교 전자공학과 부교수

〈관심분야〉

SoC (System-on-Chip), 프로세서 설계, Security / Biomedical System



변우석

- 2013년 2월 충남대학교 전자공학과 학사
- 2015년 2월 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사
- 2015년 3월~현재 충남대학교 전자전파정보통신공학과 박사과정

〈관심분야〉

SoC (System-on-Chip), 저전력 집적회로, Wearable / Biomedical System