

# 차세대 디바이스를 위한 필요기술 및 적용 방안

김현덕

(재)충남테크노파크 선임연구원

4차 산업혁명 시대에서는 차세대 디바이스가 우리의 일상생활 모든 곳에서 적용되고 사용되어질 것이다. 차세대 디바이스는 하나의 기능보다는 여러 개의 기능을 복합적으로 수행할 수 있는 융합 형태의 디바이스로 발전해 나갈 것이다. 차세대 디바이스의 핵심 기술은 지능형 센서, 저전력 통신, 저전력 하드웨어 기술 등으로 나누어 질 수 있으며, 이러한 기술을 하나의 칩이나 모듈 형태로 집적화 할 수 있는 소형화 기술은 차세대 디바이스의 경쟁력 강화를 위해 꼭 필요할 것으로 판단된다. 또한, 차세대 디바이스의 경우 응용 플랫폼을 통한 연계협력을 통해 디바이스의 기능 및 활용에 대한 확장을 가져 올 수 있고, 그 활용범위가 무궁무진할 것으로 기대되고 있다. 따라서 차세대 디바이스의 세계시장 선도 및 경쟁력 강화를 위해서는 차세대 디바이스 핵심기술인 지능형 센서, 저전력 통신 및 하드웨어 기술과 더불어 디바이스의 소형화 기술 및 응용 플랫폼 등에 대한 국가적인 차원에서의 연구개발 및 지원이 절실히 필요하다.

## I. 서론

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 MEMS(Microelectromechanical Systems) 기술 및 AI(Artificial Intelligence) 등의 이슈화로 인해 기존 디바이스에 대한 사용자의 요구사항이 급격히 늘어나고 있으며, 이에 따라 디바이스 개발업체 역시 이러한 흐름에 맞춰 다양한 기능을 부여한 디바이스를 개발하고 있는 추세이다. 이렇게 다양한 기능을 부여하기 위한 핵심 기술이 바로 센서 기술이다. 현재 센서는 지능화된 센서(Intelligent sensor)로, 감지된 데이터의 처리 및 전달 방법 등에 대해 스스로 판단하고 수행할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 인공지능 기술이 결합되어 스스로 학습할 수 있는 단계까지 이르렀다.

\* 본 내용은 김현덕 선임연구원(☎ 041-589-0174, force80@ctp.or.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

\*\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

데이터의 처리 방법에서 핵심이 되는 이슈는 데이터 처리에 필요한 리소스를 줄이는 것이다. 이러한 리소스에 대한 효율적인 스케줄링을 수행할 수 있는 방안은 크게 두 가지 방법으로 나누어 질 수 있다. 첫 번째는 디바이스 자체에 지능화를 부여하는 방법이며, 두 번째 방법은 디바이스에 탑재된 각각의 센서마다 지능을 부여하는 방법이다. 이 방법들은 겉으로 보기에는 같은 형태의 지능화로 보이지만, 실제 데이터 처리에 대한 비용적인 측면에서는 큰 차이가 날 수 있으며, 이에 따라 서로 다른 관점에서 지능화를 이해하고, 기능을 부여해야 한다. 예를 들어, 하나의 디바이스에 10개의 센서가 장착되고, 센서의 데이터를 디바이스에 탑재된 하나의 CPU가 처리하게 될 경우, 데이터 양이 적고 실시간 처리가 아닌 경우에는 비용적인 측면에서 더 효율성이 높지만, 10개의 센서에서 실시간으로 대용량 데이터를 내보낼 경우에는 하나의 CPU가 데이터를 처리할 수 있는 능력을 갖추기 위해서는 매우 높은 사양의 연산능력을 가지고 있어야 하며, 이는 곧 비용 측면에서 매우 비효율적인 선택이 될 수 있다. 이에 반해, 각각의 센서에 지능화를 부여할 경우에는 실시간 대용량 데이터의 처리를 각각의 센서에서 처리 후 전달하기 때문에 각 센서 및 디바이스에서 높은 연산능력을 가진 CPU의 필요성이 매우 낮아진다. 또한, 각 디바이스의 확장성을 고려할 때도 이러한 각각의 센서에 대한 지능화는 꼭 필요한 사항 중 하나이다.

데이터의 처리 방법 외의 데이터 전달 방법에서 가장 큰 이슈는 바로 에너지 효율 문제이다. 현재 대부분의 디바이스들은 독립적 전원을 보유하고 동작하는 모바일 형태의 디바이스로 발전하고 있으며, 디바이스 내에는 다양한 연산을 수행하는 CPU나 데이터를 전달할 수 있는 통신 모듈 등 다양한 기능이 탑재됨에 따라 소모되는 에너지가 늘어나고 있다. 한정된 에너지 자원을 효율적으로 소모하기 위해서는 가장 큰 에너지를 소모하는 통신 방법에 있어서 주기 및 데이터 전달의 크기 조정 등이 필요하다. 이러한 부분은 앞에서 설명된 지능화와 관련되어 있으며, 데이터를 전달하기 전 불필요한 데이터의 제거 및 압축 등에 대한 프로세스를 수행하고, 데이터 전달에 있어서 주기를 맞춰 전달함에 따라 에너지 소모를 획기적으로 줄일 수 있는 방안에 대해 지속적으로 연구가 진행되고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 차세대 디바이스에서 갖추어야 할 이슈는 낮은 비용으로 효율적인 데이터 처리 및 전달이 가능해야 한다는 조건을 만족해야 할 것으로 판단된다.

본 고에서는 차세대 디바이스에서 기본적으로 갖추어야 할 항목에 대한 기술을 파악하고, 앞으로 차세대 디바이스에 대한 기술개발 시 해결되어야 할 문제점에 대한 의견을 제시하려 한다. 이를 위해, 먼저 II장에서는 차세대 디바이스에 적용될 기술들에 대한 국내외 현황을 살펴보고, III장에서는 이러한 기술들이 현재 디바이스에 적용될 수 있는 방안에 대해 살펴보고, IV장에서는 적용되는 기술개발 현황을 통해 차세대 디바이스 개발을 위한 전략을 제안하고, 마지막 V장에서는 본 고의 결론을 제시한다.

## II. 차세대 디바이스 적용 기술 현황

### 1. 지능형 센서 기술

차세대 디바이스에 탑재되는 센서들에게 각각 지능을 부여하여 메인 CPU의 부하를 줄여줄 수 있는 기술과 각각의 센서에 대한 스케줄링 및 복구 솔루션이 적용되어야 할 것으로 판단된다. 이는 마치 기존의 분산 컴퓨터 환경과 유사한 기능을 제공해 주지만, 물리적으로 떨어져 있는 분산처리 환경보다는 훨씬 단순하며 작은 형태의 디바이스 안에서 기능을 구현해야 한다는 점에서 차이가 있다. 현재까지의 센서 기술은 센서의 형태 및 적용 방법에 따라 발전되어 왔으며, 현재는 4세대인 지능형 센서(Smart Sensor) 시대로 진입하였다. 스마트 센서는 센싱소자와 신호처리가 결합하여 데이터 처리, 자동보정 자가진단, 의사결정 기능을 수행하는 “소형, 경량, 고성능, 다기능, 고편의성, 고부가가치의 센서”를 의미한다[1].

[표 1] 세대별 센서의 특성

구분(특징)	특성
1세대 (Discrete Sensor)	온도, 압력, 가속도, 변위 등의 물리량을 전기적 신호로 변환하는 기능의 센싱 소자와 증폭, 보정, 보상의 신호처리 회로가 별개로 분리
2세대 (Intergated Sensor)	센서의 잡음 성능을 높이고 소형화하기 위해 센서와 신호처리 회로가 결합된 형태로 제작, MEMS 기술이 도입
3세대 (Digital Sensor)	CMOS 기술의 발전으로 아날로그 회로에 디지털 회로가 집적되면서 센서의 이득, 오프셋, 비선형 등을 디지털 방식으로 보정하고, 보정 데이터를 비휘발성 메모리에 저장
4세대 (Smart Sensor)	MCU가 센서에 내장되고 SoC 기술이 적용, MCU의 제어, 판단, 저장, 통신 등의 기능을 활용하여 센서의 성능 향상과 다중센서, 네트워크 센서, 유비쿼터스 센서로 진화

(자료) 정보통신산업진흥원, 스마트센서 R&D 동향 분석, IT R&D 정책동향(2012-5).

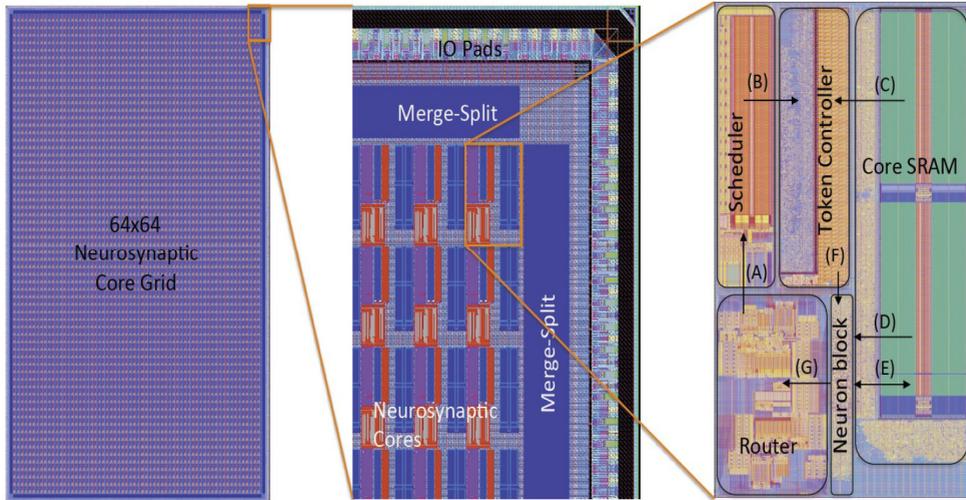
스마트 센서는 디바이스의 기능과 성능을 결정하고, 디바이스가 사용되는 산업에 적용되어 기술들 간 융합의 매개체 역할을 할 수 있으며, 기존 제품의 성능과 서비스들을 첨단화하고 높은 부가가치를 창출할 수 있다. 이러한 스마트 센서의 핵심 기술은 MEMS 기술, SOC(System-on-Chip) 기술, 임베디드 소프트웨어(Embedded Software) 기술 등이며, 이러한 기술들의 융합을 통해 차세대 디바이스의 핵심 기술로 주목을 받고 있다[2].

## 2. 저전력 장거리 통신 기술

차세대 디바이스의 필수 항목인 이동성을 확보하기 위해서는 각 디바이스에 장착된 배터리의 효율적인 사용을 위해서 저전력 장거리 통신(Low Power Wide Area: LPWA) 기술인 LoRa (Long Range), LTE-NB, 시그폭스(SigFox) 등의 기술이 적용되어야 한다. 저전력 장거리 통신 기술 중 현재 가장 주목을 받고 있는 기술은 바로 LoRa 기술이다. LoRa는 광범위한 커버리지(약 10km)와 저전력 기술을 통한 긴 배터리 수명(AA사이즈 기준 10년)을 가지고 있으나, 전송속도가 10Kbps 수준으로 현재 기존 무선 통신방법들에 비해 매우 느린 전송속도를 가지고 있다[3]. 그러나 이러한 단점은 각 디바이스에서 데이터의 직접 가공 및 압축 후 필요한 데이터만 전송할 수 있는 스마트 센서 환경에서는 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 현재 우리나라에서는 SK텔레콤에서 2016년 로라 얼라이언스에 참여 후 전국적으로 LoRa 망을 구축하고, 표준화 작업을 이끌고 있다. 이 외 저전력 단거리 통신으로는 각 근거리에 위치한 디바이스와의 상호 통신 및 게이트웨이와의 통신을 위한 블루투스, 지그비(Zigbee) 등의 통신 기술 등이 있다[4].

## 3. 저전력 하드웨어 기술

지난 몇 년간 IoT의 이슈화를 통해 저전력 하드웨어 기술에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 다양한 방법들이 제안되고 있다. 이 중 대표적인 저전력 하드웨어 기술 중 하나인 뉴로모픽 기술은 사람의 뇌신경을 모방한 차세대 반도체로 딥러닝 등 인공지능 기능을 구현할 수 있다. 기존 반도체와 비교해 성능이 뛰어나면서 전력 소모량이 기존 반도체 대비 1억분의 1에 불과하여 미래 반도체 시장을 좌우할 핵심 기술로 꼽힌다[5]. [그림 1]은 2014년 10월 IBM이 발표한 대표적인 뉴로모픽 칩인 TrueNorth의 배열구조를 나타내고 있다. TrueNorth 칩은 4,096개의 뉴런 스텍틱 코어(코어당 256개의 디지털 I&F 뉴런, 뉴런당 256개의 시냅스)를 갖는 CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 공정 기반의 뉴로모픽 칩이다. 400×400화소의 초당 30프레임 동영상에서 사람을 찾는 응용에서 20MHz 클럭에서 63mW 전원을 소모하는 결과로 뉴로모픽 칩의 가능성을 검증하였다. 또한, 비슷한 시기에 퀄컴은 자사의 뉴로모픽 칩 NPU(Neural Processing Unit)를 위한 Zeroth 플랫폼을 발표하였으며, 인텔은 2017년 9월 자체학습이 가능한 스파이킹 기반의 뉴로모픽 칩인 로이히(Loihi) 테스트 칩을 발표하였다. 이러한 뉴로모픽과 같은 저전력 하드웨어 기술들은 차세대 디바이스에 꼭 필요한 기술 중 하나로, 지속적인 연구 개발의 필요성이 높은 기술이다[6].



〈자료〉 IBM Research

[그림 1] TrueNorth Layout

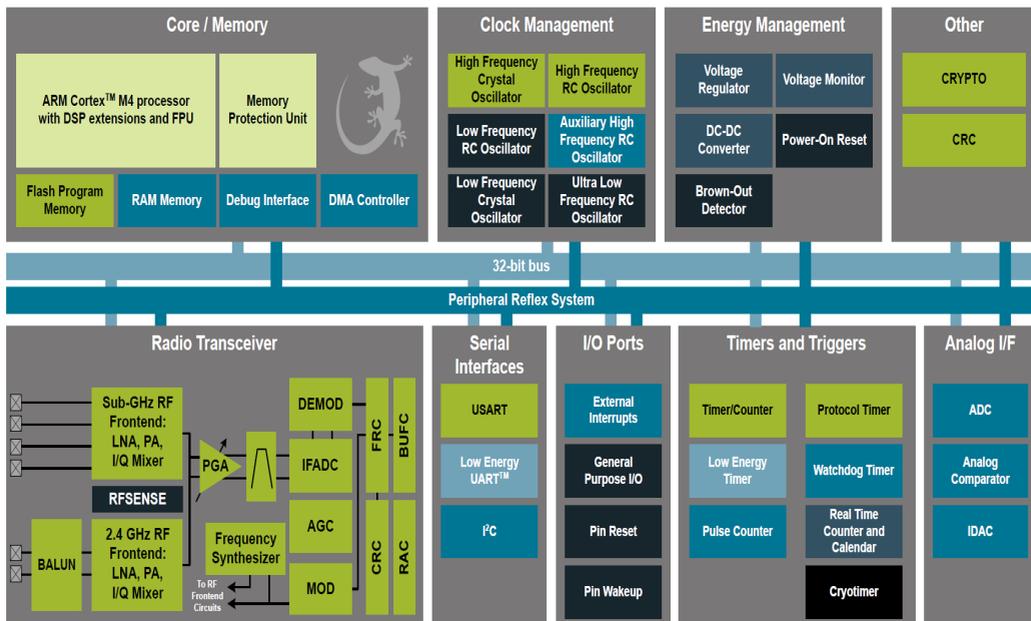
#### 4. 디바이스 소형화 기술

차세대 디바이스는 다양한 기능을 갖춘 모바일 디바이스로 발전할 가능성이 매우 높다. 그러나 디바이스 크기를 줄이기 위해 디바이스 내에 탑재될 소자나 모듈 등을 소형화하는 데에는 매우 많은 비용과 시간이 필요하다. 따라서 기존의 소자나 모듈을 활용하면서 최소한의 크기로 패키징할 수 있는 기술이 활발히 연구 중에 있다. 그 중 대표적인 기술인 TSV(Through Silicon Via)는 기존 칩의 적층구조를 위해 사용했던 와이어 본딩(Wire Bonding) 기술을 대체하는 기술로, 칩 내에 미세한 구멍(via)을 뚫어 칩 내부의 전기적 연결통로를 확보하는 기술이다. TSV 기술은 기존 기술에서 발생했던 배선 간의 간섭이나, 와이어 본딩을 위한 불필요한 공간낭비 등의 문제를 해결하여 신호의 무결성을 보장하면서 공간 활용도를 높여 소형화되고 안정된 칩을 생산할 수 있게 한다. 그러나 TSV 방식은 패키징 내의 칩이나 소자의 수가 늘어나게 되면 로직 구성에 필요한 구멍도 늘어나게 되어 소형화 및 다기능화에 한계가 있으며, 각 구멍을 뚫는 시점마다 다양한 문제들이 나타날 수 있다. 따라서 TSV 방식의 한계를 극복하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있으며, 모놀리틱 3D(Monolithic 3D) 방법 등과 같은 기술이 제안되고 있다[7]. 디바이스의 소형화는 필요한 기능의 수 및 용도 등에 따라 소요되는 연구 및 생산 비용의 차이가 매우 클 것이므로, 제품의 상용화를 고려하여 적정 기술을 결정할 수 있는 단계가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

### III. 차세대 디바이스를 위한 기술 적용방안

다양한 기능을 가진 여러 개의 스마트 센서와 데이터 처리를 위한 CPU 및 통신을 위한 무선통신 모듈이 통합된 하나의 모듈 형태로 구성되어, 하나의 모듈이 하나의 디바이스를 구성하는 경우도 있으며, 여러 개의 모듈이 하나의 형태로 융합되어 하나의 디바이스를 구성하는 경우도 있다. 이러한 형태는 대부분 [그림 2]와 같이 다양한 기능을 하나의 칩으로 구현한 SoC(System-on-Chip) 형태로 구성되며, 나아가서는 각각의 기능에 따라 다양한 모듈형태로 조립하여 사용할 수 있는 SoM(System-on-Module)이나 CoM(Computer-on-Module) 형태로도 발전하고 있다[8]. 다양한 센서 모듈이 하나의 디바이스에 탑재되는 경우 가장 큰 기술적인 애로점은 바로 소형화이다. 센서 제조공정에서 모듈의 최소화를 위해 2차원 배선 및 3차원 결합 분야의 공정 기술이 요구되며, 유연 전자소자, 나노소자 등 다양한 집적 기술이 적용되고 있는 추세이다. 이와 같이 차세대 디바이스는 다양한 분야에 응용될 수 있도록 디바이스의 소형, 경량화가 필수적으로 요구되며, 기능의 추가, 삭제 역시 손쉽게 수행할 수 있도록 구성되어야 할 것이다.

또한, 차세대 디바이스 간의 원활한 연결 및 전 세계적인 상용화를 위해서는 플랫폼의 적용이 필수적이다. 현재 사물인터넷 관련 표준협업체 및 산업체 컨소시엄(oneM2M, OCF 등)을 중심으로



<자료> SILICON LABS

[그림 2] 실리콘 랩스의 Blue Gecko SoC 구조도

시장 선점을 위한 개방형 사물인터넷 플랫폼 개발 노력이 지속되고 있는 상태이며, 현재 국제산업표준으로 OCF 1.0 규격이 비준될 예정이다. OCF는 2015년 'IoTivity'라는 오픈소스 소프트웨어 플랫폼을 발표하고, 다양한 플랫폼과의 연동을 추진하고 있다. 따라서 다양한 디바이스 간의 데이터 교환 및 활용을 위해서 차세대 디바이스에서는 이러한 오픈형 플랫폼의 탑재가 필수적일 것으로 판단된다[9].

#### IV. 차세대 디바이스 개발을 위한 전략

센서의 아버지로 불리는 Janus Bryzek의 보고서 및 인텔, HP, 보쉬, 퀄컴 등의 다양한 분야에서 활동하는 IT기업들 또한 향후 5년 내지 10년 이내에 전 세계적으로 1조 개 이상의 센서가 사용될 것으로 예상하고 있다[10]. 이는 센서를 사용하는 디바이스의 개수 또한 기하급수적으로 늘어날 것이라는 사실을 내포하고 있으나, 2013년 기준 글로벌 센서시장에서 우리나라 점유율은 2.1% 수준에 그치고 있으며, 기술수준도 선진국의 65% 수준에 머무르고 있는 상태이다[11]. 실제 센서의 소재 및 소자의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 국내 센서 기업들은 필요에 따라 수입한 소자를 단순 모듈 형태로 조립 후 공급하는 수준에 머물고 있기 때문에, 센서의 소재 및 소자에 대한 R&D 투자 및 혁신적인 모듈화 기술 개발을 위한 지속적인 투자가 필요한 상황이다.

또한, 차세대 디바이스 산업의 고부가가치화를 위해서는 센서의 기술 개발과 더불어 융합형 기술에 대한 지속적인 필요성 인식 및 개발이 필요하다. 융합형 기술에서 사용되어지는 임베디드 소프트웨어, 통신, 반도체 집적화 기술 등은 다른 선진국에 비해 기술수준이 크게 뒤지지 않기 때문에 이러한 기술 등과의 융합을 통해서 차세대 디바이스의 기술 수준을 한 단계 끌어올릴 수 있는 전략이 필요하다.

차세대 디바이스의 안정적인 연구개발 및 산업 발전을 위해서는 기존 반도체, 디스플레이, 자동차 등 국내에서 강점을 보이고 있는 산업의 중소기업들을 대상으로 기술지원을 통한 업종 유도를 추진하고, 차세대 디바이스를 제작부터 평가까지 할 수 있는 기반을 구축함으로써, 차세대 디바이스 관련 기업들의 집적화를 추진해야 한다. 이를 위한 각각의 필요한 사업에 대한 추진 계획은 다음과 같다.

- (기반구축) 국내의 차세대 디바이스 관련 기업, 대학, 연구소 등의 네트워크를 집적화하고, 스타트업부터 중견기업까지 활용 가능한 장비 이용 환경과 제품 개발부터 테스트 인증까지 논스톱(Non-stop)으로 지원 가능한 시스템을 구축하고, 이를 통해 연구개발인력 및 생산인력

이 서로 협업할 수 있는 오픈형 리빙랩을 설립할 필요가 있다.

- (기업지원) 산·학·연 연계를 통한 기술혁신체계 확립과 중소 S/W기업 중심의 제품화 및 국내외 틈새시장 공략을 통한 차별화 전략 수립 지원이 필요하다.
- (인력양성) 차세대 디바이스 관련 S/W 및 반도체의 융합과정 신설, 차세대 디바이스의 성능을 극대화할 수 있는 연구인력 및 관련 디바이스의 인증 및 성능 테스트 등을 통해 상용화를 지원할 수 있는 전문 컨설팅 인력의 양성이 필요하다.

앞의 사업 추진전략과 더불어 II장에서 언급한 차세대 디바이스를 위한 기술 개발을 통해 국내 중소기업의 경쟁력을 높일 수 있는 기술별 전략도 필요하다.

- (융합형 스마트 센서) ICT 디바이스들이 스마트화되면서 센서모듈에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있으나, 국내 센서 소자 및 모듈 기업들의 경쟁력은 취약하고 제품화 실적도 미비한 가운데, 삼성, LG와 같은 세계적인 융복합 ICT 디바이스 업체를 보유하고 있음에도 불구하고 관련 부품이 성장하지 못하고 있는 실정이다. 과감한 R&D 투자를 통해 센서의 소재 및 소자에 대한 원천 기술을 개발함과 동시에, 기존 기 개발된 센서들의 조합을 통해 센서의 기능을 극대화할 수 있는 융합기술의 개발이 필요한 상황이다.
- (저전력 통신기술) 현재 SK텔레콤의 주도로 IoT 디바이스의 통신을 위한 인프라 설치(저전력 광역 통신망인 LoRa)를 완료하였다. 그러나 중소기업이나 벤처 입장에서는 이러한 인프라를 사용하기 위해서는 주파수 할당이나, 비용적인 측면에서 부담이 될 수 있기 때문에 국가적인 측면에서의 시범 통신 인프라 설치가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 추가적으로 Li-Fi나 5G와 같은 최첨단 통신기술들과 연동한 저전력망 인프라 구축도 필요할 것으로 판단된다.
- (뉴로모픽) 저전력 하드웨어로서 대표적인 뉴로모픽 소자의 경우 아직 초기 수준의 연구개발 단계에 있어, 앞으로 다양한 분야에 대한 적용 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 뉴로모픽의 반도체 칩 등 하드웨어 뿐만 아니라, 인공두뇌 모델링 등을 위한 소프트웨어 측면에서의 융합 연구를 통해 조금 더 뇌의 동작원리와 가깝게 모사하면서 저전력으로 활용할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 매우 중요하다.
- (플랫폼 개발) ICT 디바이스 및 서비스가 기존의 수직적인 폐쇄형 구조에서 수평적인 개방형 생태계로 변화하는 추세에 따라, 다양하고 분산되어 있는 이종의 장치(device), 시스템 및 서비스 간의 정보 수집, 공유, 빅데이터 구성, 협업, 실행제어 등을 위해 사용자 편의성, 서비스 연속성 및 신속성, 상호운용성이 우수한 사물인터넷 데이터 공유 플랫폼이 필요한 상황이다. 이에 따라 기존의 KETI 'Mobius'[12]와 같이 누구나 쉽게 접근이 가능한 차세대 디바이스용

플랫폼을 개발하고, 연구계, 산업계, 교육계 등과의 협의를 통해 표준화에 대한 이해 및 지원 사업을 필수적으로 진행해야 할 것이다.

## V. 결론

4차 산업혁명 시대에서는 차세대 디바이스가 우리 일상생활 모든 곳에서 적용될 것으로 기대됨에 따라, 이를 뒷받침할 관련 기술개발 및 인프라 구축이 필요한 시점이다. 차세대 디바이스에 적용될 기술은 융합형 산업으로 하나의 기업이나, 대학, 연구소에서 수행하기 어려운 점이 있다. 이러한 이유로 차세대 디바이스 개발과 관련하여 국가적인 차원에서의 전략이 필요할 것이다. 차세대 디바이스에 적용될 센서 소재, 소자, 통신 및 저전력 하드웨어 기술과 같은 원천기술은 대기업, 연구소, 대학 등에서 연구 개발을 수행하면서 선진국과의 격차를 지속적으로 좁혀 나가야 하고, 센서의 모듈 및 SoC 등과 같은 융합 시스템 부분은 중소기업이나 대학의 응용학과에서 수요처의 수요를 반영한 연구 개발을 수행할 수 있도록 지원해야 하며, 차세대 디바이스 개발 및 상용화와 관련한 인프라 구축 역시 각 연구 개발의 특성에 맞춰서 지속적으로 지원할 수 있는 사업 형태로 추진되어야 할 것이다. 또한, 처음부터 차세대 디바이스 자체의 새로운 산업을 발굴하는 것 보다는 기존의 산업들과 융합을 통해 산업이 발전할 수 있는 방향으로 가야 할 것으로 판단된다. 차세대 디바이스의 경우 자체 산업의 한계점은 분명히 존재할 수 있다. 그러나 기존 산업들과의 융합을 통한 산업 확장 시 그 범위는 무궁무진하므로, 우수한 IT 인프라 및 기술을 가지고 있는 국내 산업 환경을 고려할 때 차세대 디바이스 산업은 분명 국가의 새로운 신성장동력으로 성장할 수 있을 것으로 판단된다.

### [ 참고문헌 ]

- [1] KIAT·IITP, “스마트 제조 R&D 중장기 로드맵 - 스마트센서”, 2015. 12.
- [2] 조진우 외 2인, “4차 산업혁명 초연결 기반을 만드는 기술, 스마트 나노센서 산업동향”, KEIT, PD ISSUE REPORT, Vol.18-5, 2018.
- [3] 이동희 외 1인, “무선기반의 산업용 IoT 기술”, 한국통신학회, 정보와통신, 제35권 제6호, 2018. 5.
- [4] 홍제석 외 2인, “홈 네트워크 서비스를 위한 무선 네트워킹 기술 고찰”, 한국컴퓨터정보학회, 동계학술대회 논문집, 제21권 제1호, 2013. 1.
- [5] 문승언 외 11인, “차세대 뉴로모픽 하드웨어 기술 동향”, ETRI, 전자통신동향분석, 제33권 제6호, 2018.
- [6] 황태호, “뉴로모픽 컴퓨팅 기술”, 대한전자공학회, 전자공학회지, 제45권 제1호, 2018. 1.
- [7] 김창현 외 1인, “TSV 한계의 돌파 - 모놀리틱 3D 소개”, 대한전자공학회, 추계학술대회논문집, 2017. 11.
- [8] Ayo Ayibiowu, “HARDWARE ACRONYMS: SIP, SOC, SOM, COM, SBC-WHAT ARE THEY?”,

- electronics-lab, 2018. 4.
- [9] 이원석 외 2인, “사물인터넷 오픈 소스 기술-IoTivity” 한국통신학회, 정보와 통신 열린강좌, 제32권 제12호, 2015. 11.
  - [10] 김영훈, “4차 산업혁명을 이끄는 센서 - 시장구조는 어떻게 바뀌나?”, 포스코경영연구원, POSRI 이슈리포트, 2017. 7.
  - [11] 박광만 외 2인, “센서산업과 주요 유망센서 시장 및 기술동향”, ETRI, ECO 이슈리포트, 2015. 5.
  - [12] 김재호, “Mobius 2.0: IoT플랫폼 오픈소스 공개”, KETI, 2017. 7.