

# 스마트 IT 융합 플랫폼을 위한 지능형 센서 기술 동향

## Intelligent Sensor Technology Trend for Smart IT Convergence Platform

김혜진 (H.J. Kim, nolawara@etri.re.kr)	지능형센서연구실 책임연구원/실장
진한빛 (H.B. Jin, hanbit.jin@etri.re.kr)	지능형센서연구실 연구원
염우섭 (W.S. Youm, wsyoum@etri.re.kr)	지능형센서연구실 선임연구원
김이경 (Y.G. Kim, kimyig@etri.re.kr)	지능형센서연구실 책임연구원
박강호 (K.H. Park, pkh@etri.re.kr)	지능형센서연구실 책임연구원

### ABSTRACT

As the Internet of Things, artificial intelligence and big data have received a lot of attention as key growth engines in the era of the fourth industrial revolution, data acquisition and utilization in mobile, automotive, robotics, manufacturing, agriculture, health care and national defense are becoming more important. Due to numerous data-based industrial changes, demand for sensor technologies is exploding, especially for intelligent sensor technologies that combine control, judgement, storage and communication functions with the sensors's own functions. Intelligent sensor technology can be defined as a convergence component technology that combines intelligent sensor units, intelligent algorithms, modules with signal processing circuits, and integrated platform technologies. Intelligent sensor technology, which can be applied to variety of smart IT convergence services such as smart devices, smart homes, smart cars, smart factory, smart cities, and others, is evolving towards intelligent and convergence technologies that produce new high-value information through recognition, reasoning, and judgement based on artificial intelligence. As a result, development of intelligent sensor units is accelerating with strategies for miniaturization, low-power consumption and convergence, new form factor such as flexible and stretchable form, and integration of high-resolution sensor arrays. In the future, these intelligent sensor technologies will lead explosive sensor industries in the era of data-based artificial intelligence and will greatly contribute to enhancing nation's competitiveness in the global sensor market. In this report, we analyze and summarize the recent trends in intelligent sensor technologies, especially those for four core technologies.

**KEYWORDS** 지능형 센서, 지능형 알고리즘, 융복합 센서 모듈, 지능형 센서 플랫폼, 스마트 IT 융합 서비스

\* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2019.J.340502>

\* 이 논문은 2019년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원(No.2017-0-00048, Skintronics를 위한 감각 입출력 패널 핵심 기술 개발)과 ETRI 정부출연급사업의 지원(임플란터블 능동 전자소자 원천기술 개발)을 받아 수행된 연구임.



## I. 서론

최근 사물인터넷(IoT: Internet of Things), 인공지능(AI: Artificial Intelligence), 빅데이터가 산업의 큰 성장동력으로 주목받으면서, 자동차, 모바일, 로봇을 필두로 한 제조업과 농업, 유통, 의료 등 다양한 산업 분야에서 데이터 수집 및 활용의 가치와 중요성이 부각되고 있다. 이러한 산업변화 분위기 속에서 압력, 온/습도, 가속도 등의 물리량을 전기적 신호 및 데이터로 변환하는 센서의 수요가 폭발적으로 증가하고 있어, 2020년에는 센서의 연평균 생산량이 1조 개에 달하는 트릴리언 센서 시대에 진입할 것으로 예상된다[1]. 즉, 지구의 인구를 약 72억 명으로 계산하면 한 사람당 평균 140여 개의 센서가 주변에 있다는 것을 의미한다.

이처럼 센서의 수가 많아짐에 따른 대용량의 데이터를 중앙 집중 방식으로 처리하기 위해서는 광대역 폭의 통신이 필요하므로 애플리케이션 프로세서(AP: Application Processor)의 전력 소모가 커지는 단점이 있다. 이에 반해, 그림 1과 같이 기존 센서에 제어, 판단, 저장, 통신 기능을 결합한 지능형 센서를 활용하게 되면, 센서 내에서 원시 데이터(raw data)의 잡음을 줄이고 의미 있는 정보를 추출하여, 필요에 따라 데이터를 중앙으로 전송하는 완전 분산 방식이 가능해진다.

이처럼 지능형 센서는 중앙 처리 장치의 전력 소

모를 줄이고, 동일 성능의 프로세서로도 가용센서 수와 종류를 획기적으로 늘릴 수 있는 장점이 있어 IoT, AI, 빅데이터 등의 응용에 매우 유리하며, 스마트기기, 스마트카, 스마트홈, 스마트빌딩, 스마트시티, 스마트교통, 스마트팩토리, 스마트팜 등 스마트 IT 융합 서비스에 적용되는 핵심 부품으로 부상하고 있다.

이에 따라, 지능형 센서에 필요한 핵심 기술을 확보하려는 움직임이 국내외에서 활발히 이뤄지고 있으며, 사회 전 분야의 지능형 융합 서비스를 제공하기 위한 스마트 IT 융합 플랫폼 개발도 빠르게 진전하고 있다. 지능형 센서 기술은 지능형 센서 소자, 지능형 알고리즘, 신호처리회로 및 모듈화, 집적 플랫폼에 이르는 하드웨어와 소프트웨어 기술이 결합된 복합 솔루션 기술이다. 본 고에서는 스마트 IT 융합 플랫폼에 집적되어 AI, 빅데이터 등을 통해 고부가가치의 새로운 데이터를 생산해 내는 지능형 센서 기술에 대한 연구동향을 기술하고자 하며, 상세하게는 상기 네 가지 핵심 기술 분야별로 세분화하여 살펴보고자 한다.

## II. 지능형 센서 소자 기술

### 1. 개요

기존 센서 기술은 반도체 및 MEMS 기술, 유연 공정 기술 등 소재 및 공정 기술에 의존하는 소품종 저가의 센서품목 중심으로 시장이 형성되어 왔으나, 최근 AI, 빅데이터 기술의 발전으로 센서 수요가 급성장하면서 센서원가 상승의 부담을 줄이면서 다수의 센서기능을 통합하는 융·복합 센서 기술로 진화하는 중이다. 또한, AI 및 빅데이터 기술을 통해 새로운 고부가가치의 정보를 생산하기 위한 디지털 센서 기술로 인공지능 프로세서와 신호처리를 포함하는 지능형 모듈 형태로도 빠르게

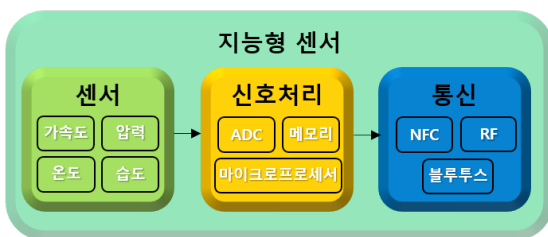


그림 1 센서, 신호처리, 통신 기능이 융합된 지능형 센서의 아키텍처

발전하고 있다.

스마트제조, 스마트홈, 스마트팜, 스마트시티 등 수많은 스마트 IT 융합 서비스에 적용되는 지능형 센서 기술은 기존의 고성능 센서 기술을 뛰어넘어 인지, 추론, 판단의 과정을 거쳐 새로운 정보를 생산하는 IoT 시대 핵심 부품이 되고 있으며, 이를 위해 지능형 센서 소자는 소형화, 저전력화 및 융복합화, 유연/신축의 새로운 폼팩터화, 고해상도 센서 어레이 집적화 전략으로 개발이 가속화되고 있다.

본 절에서는 지능형 센서 소자 기술이 어떻게 발전하고 있는지와 관련한 최신 연구 및 기술 동향을 분석하고자 한다.

## 2. 지능형 센서 소자 기술 동향

### 가. 소형화 및 융복합화 기술

자율주행 자동차, 로봇, 무인항공기, 스마트폰 등 다양한 사물에 탑재되는 지능형 센서는 소자의 크기가 작을수록 유리하다. 이에 따라 하나의 칩에 센서와 반도체 회로를 집적한 System-in-Package (SiP) 형태의 지능형 센서가 활발히 개발되고 있다.

반도체 미세 공정을 이용한 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술의 진보와 더불어 센서의 크기는 점점 작아지고 있으며, 일례로 가속도 센서의 칩 크기는 2009년에 비해 1/9 수준으로 줄어 2x2x1mm<sup>3</sup>의 초소형으로 개발 중이다[2](그림 2). 또한, 복수의 센서를 탑재함으로써 서로 다른 소스의 감지 데이터를 결합하여 불확실성을 낮춰 더 정확한 정보를 생성하는 복합 센서 모듈이 개발되는 추세이다[3,4].

MEMS 기반 지능형 센서의 선두 그룹으로는 독일의 보쉬(Bosch), 프랑스-이탈리아의 ST마이크로일렉트로닉스(이하 ST), 미국의 인벤센스(Inven-

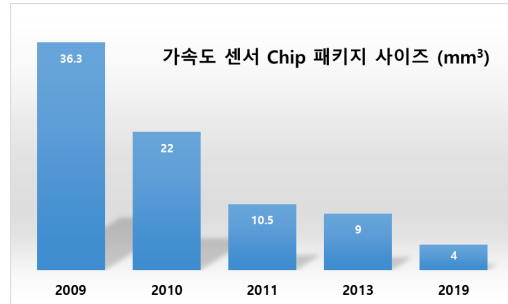
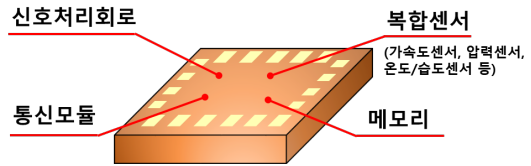


그림 2 지능형 센서 칩의 구성요소(위), MEMS 기반 가속도센서의 소형화 추세(아래)[2]

sense) 등이 있다.

ST는 3축 가속도센서, 3축 자이로스코프를 신호처리회로, 머신러닝코어와 결합한 저전력, 고정밀 모션센서칩(LSM6DSOX)을 2019년 출시하였다. ST의 모션센서 칩은 2.5x3x0.83mm<sup>3</sup>의 크기이며, 내부 모션, 자유 낙하 같은 가속도 검출, 단일 또는 이중 탭 검출, 동작-무동작, 보행 수 카운터, 보행 검출 등 다양한 모션 감지 등의 처리가 가능하다.

이러한 지능형 모션센서는 스마트폰, 스마트워치에 탑재되어 피트니스 트래킹에 활용되고 있으며, 칩상에서 효율적으로 모션 관련 계산을 수행하여 배터리 수명에 거의 영향을 미치지 않고 지속적인 추적을 가능하게 한다[5]. 또한, 자율주행 자동차, 협업 로봇 등에 활용되어 사물의 자동화와 지능화에 활용될 것으로 기대된다.

### 나. 유연/신축 새로운 폼팩터 기술

지능형 센서 소자의 소형화 및 융복합화 경향에 더불어, 첨단소재와 공정기술을 접목한 새로운 폼팩터의 센서기술에 대한 연구가 활발하다.

다양한 자유곡면에 부착이 가능하고 고무처럼

늘어날 수 있는 형태의 유연/신축 센서 기술로, 기존의 딱딱하고 큰 부피의 센서 모듈이 접근할 수 없었던 곡면이나 가동부에 부착 또는 접합이 가능할 뿐만 아니라 생체와의 인터페이스에도 유리하여 웨어러블, 임플란터블 디바이스의 형태로 헬스케어 분야를 지능화하고 있다. 또한 협동로봇, 간병로봇, 로봇의수 등과 같은 로봇의 전자피부에 활용되어 인간처럼 촉각을 인지하는 로봇에 활용될 것으로 기대되고 있다[6].

최근에는 이러한 유연/신축 단일소자들을 복합화하여 보다 지능화된 기능을 수행할 수 있는 센서들도 개발되고 있다. 미국 일리노이 대학의 연구그룹은 기하학적 형태 변형을 통해 신축성을 가지는 serpentine 배선을 활용하고 3차원으로 신축성 회로를 쌓아 집적도를 높임으로써 50%까지 신축 가능한 복합 센서 모듈을 구현하였다[7]. 이 센서는 가속도 및 생체전기신호를 감지하고 이를 무선으로 전송할 수 있어, 센서를 몸에 부착한 후 움직임과 근육에서 발생하는 전기신호로 로봇을 조종할 수 있다.

또한, NFC(Near Field Communication)를 이용하여 무선 데이터, 전력송신이 가능한 패치형 유연 압력, 온도 센서 모듈을 개발하여 수면 중인 환자의 몸 전체 체온 및 압력 분포를 맵핑하는 데 성공하였다[8].

#### 다. 고해상도 센서 어레이 집적화 기술

지능형 센서 소자는 미세한 픽셀 구조를 갖는 센서 소자를 고해상도로 어레이 집적화하여 정밀하고 복합적인 정보를 수집하는 기술로도 빠르게 진화하고 있다.

미국 메사추세츠공대(MIT)의 연구그룹은 548개의 유연 압력센서 어레이를 장갑에 집적함으로써 다양한 형태, 재질, 무게의 26가지 물체를 잡

는 동안의 손바닥 압력분포 데이터를 취득하고, 기계학습을 활용해 각 물체의 형태와 무게를 식별하는 데 성공하였다[9]. 2.5mm 간격으로 분포된 센서 어레이는 초당 7.3프레임으로 압력분포를 읽어내 135,000프레임의 데이터셋을 만들어 냈으며, 이러한 대용량의 촉각 데이터를 이용하여 합성곱 신경망 네트워크(CNN: Convolutional Neural Network) 기반의 학습을 통해 복잡한 압력 패턴을 구별해냈다.

이 기술은 센서 소자에 신호처리나 통신기능이 집적된 형태는 아니지만, 유연 센서의 대면적 고해상도 어레이 집적화를 통해 기존보다 정밀하고 정확한 촉각 정보를 제공하는 지능형 촉각 센서 기술이다. 센서 픽셀을 고해상도로 어레이 집적화한 지능형 센서 기술은 인간의 섬세한 손 조작 메커니즘의 이해를 돕고, 미래의 로봇 의수의 정밀함 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### III. 지능형 센서 알고리즘 기술

#### 1. 개요

지능형 센서는 MCU(Micro Controller Unit) 내장 및 SoC(System on Chip) 기술 접목을 통해 지능형 알고리즘 기반 데이터 처리, 저장, 자동보정뿐만 아니라 제어, 판단, 자가진단, 의사결정 등의 기능으로 인간 수준의 능력으로 대상을 감지하고 사물이 반응하게 한다[10, 11].

기존의 센서가 특정 상태를 감지하여 중앙처리장치가 판단을 내릴 수 있는 데이터를 제공하는 수준에서 머물렀던 반면, 지능형 알고리즘이 적용된 지능형 센서는 센싱 기능과 더불어 통신, 데이터 처리 및 인공지능 기능까지 갖춘 센서이다. 상황 인식, 분석, 추론이 가능한 인공지능 알고리즘이 추가되어 센서에서 생성되는 데이터를 클라우드

방식이 아닌 실시간으로 처리 및 즉각 현장에 반영할 수 있다.

이러한 지능형 알고리즘을 탑재한 차세대 지능형 센서 기술은 스마트기기, 스마트홈, 스마트카, 스마트팩토리, 스마트시티 등의 다양한 스마트 IT 융합 플랫폼에 적용되어 4차 산업혁명 시대의 지능형 IoT 및 AI 서비스 구현을 가능하게 하는 핵심 기술이 될 것으로 전망된다.

## 2. 분야별 지능형 센서 알고리즘 기술

### 가. 스마트기기 지능형 센서 알고리즘

스마트폰 등 모바일기기에 다양한 기능을 제공하는 어플리케이션과 연계된 지능형 알고리즘이 개발 중이며, 그림 3의 콘택트 렌즈형 안압센서, 스트레처블 전자피부 센서 등 헬스케어 서비스를 위해 웨어러블 기기용 센서, 제어, 판단, 저장, 통신 기능을 포함하는 복합 센서 모듈과 UI/UX, 오감/감성 인지, 생체인식 등과 관련된 지능형 센서



출처 World Intellectual Property Organization, "Geneva Inventions Fair 2015," 2015, <https://flic.kr/p/s8FEgh>, CC BY-NC-ND 3.0 IGO.

그림 3 콘택트 렌즈형 안압 센서

알고리즘이 활발히 개발되고 있다.

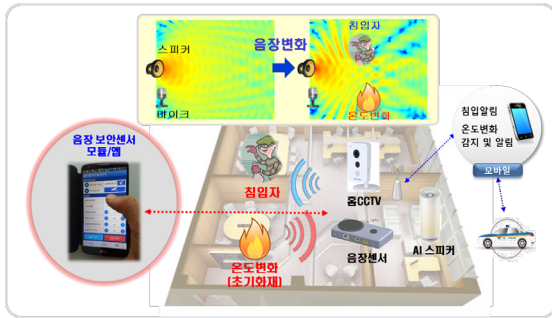
### 나. 스마트홈 지능형 센서 알고리즘

스마트홈의 IoT 디바이스에 주로 사용되는 센서는 온도, 습도, 진동, 소음, 접촉, 터치, 압력, 음향, 카메라, 조도, 색깔, 가속도, 지자기, 자이로스코프, IR 동작, 체온, 모션, 화재, 가스누출, 미세 먼지 등이며, 일반 가정 내부의 일반 환경뿐만 아니라 방범 화재 상황을 모니터링하기 위해서 단일 센서뿐만 아니라 복합 센서의 정보를 지능형으로 처리 분석하는 알고리즘이 적용될 수 있다.

ETRI는 기존의 침입 및 화재감지 센서의 약점을 극복할 수 있는 지능형 음장센서(Sound Field Sensor) 기술을 세계 최초로 개발하였다. 음장센서는 보안 공간에 스피커를 통해 소리를 능동형으로 발생시켜 음파의 공간 분포 패턴인 음장을 빈틈없이 생성하고(Active Sound Field) 문, 창문 등이 열리거나 내부에 사람이 움직일 때 발생하는 음장의 미세한 변화를 마이크로 감지하는 기술이다. 기존 침입감지 센서가 감지하지 못하는 사각지대의 침입도 감지할 뿐만 아니라 구석진 위치에서의 화재를 온도 증가에 따른 음장변화로 민감하게 감지하는 새로운 지능형 센서 기술로서(그림 4), 연구소기업인 (주)시큐웬스를 통해 CCTV 및 AI 스피커, 그리고 이와 연동하는 QRI 제품 사업화를 추진 중이다[13-15].

### 다. 스마트카 지능형 센서 알고리즘

ADAS 등 자율 주행 기술은 자기 위치 추정과 외부 인식, 행동 계획, 차체 제어 등 네 가지 프로세서로 구성되며 인지와 판단, 조작 등으로 이루어진다. 이런 프로세서를 완전히 수행하기 위해서는 밀리미터파 레이더와 비디오 카메라, 라이다, 초음파 등 각종 센서와 이로부터 얻어진 정보를 처리하는 공간/사물 인식 알고리즘, 구체적으로는 패턴



출처 ETRI & ㈜시큐웍스, 2019.7.

그림 4 사각지대 침입·화재 감지 지능형 음장센서

인식 알고리즘 기술이 중요하다.

지금까지의 패턴 인식은 인간이 경험한 것을 바탕으로 한 것들에 관한 정보를 기초로 하였지만, 이러한 패턴 인식은 한계가 있어 새롭게 등장한 것이 심층학습, 즉 딥러닝(Deep Learning)이다. 일례로, 주간 정상 상황에서의 차로 유지 기능과 더불어 비가 오거나 야간, 또는 터널 출구 등에서 차선을 감지하기 위해 딥러닝 알고리즘을 통해 수많은 상황을 추론하고 조우 가능한 상황과 매칭하여 차로를 이탈하지 않게 해 준다.

#### 라. 스마트팩토리 지능형 센서 알고리즘

수많은 제조업체 작업자는 생산부품을 손으로 직접 집어 선반, 가공기로 옮기는 일을 반복 수행하고 있다. 스마트팩토리에 적용되는 지능형 센서 알고리즘은 입력부터 출력까지 모든 공정을 네트워크를 통해 데이터화하여 실시간 상태 모니터링을 가능하게 하고, 데이터 분석 결과를 다시 공정에 활용함으로써 공정개선과 효율성 향상에 기여한다.

제조공정에서 필요한 이미지, 압력, 가속도, 온도, 습도, 소리, 진동, 가스 등 다양한 센서 정보를 인식하여, 자율 주행 로봇과 협동로봇을 조합하여 주기적으로 바뀌는 공정에 유연하게 대응하거나



출처 센서산업 분석 보고서, 한국반도체연구조합 2019.7.

그림 5 협업로봇용 안전관리 센서[12]

다양한 돌발 상황에 신속 정확하게 대응할 수 있도록 지원하는 지능형 구동 알고리즘이 요구된다(그림 5).

#### 마. 스마트시티 지능형 센서 알고리즘

스마트시티와 관련한 분야 중에서 지능형 센서 알고리즘과 관련이 높은 분야는 스마트빌딩, 스마트교통, 스마트에너지환경, 스마트재난안전 분야이다.

이 중 스마트빌딩의 주요 구현 서비스는 빌딩에너지관리시스템(BEMS)과 빌딩보안관리이다. 건물에 ICT기술이 융합된 첨단 건물로서 빌딩의 주요 설비에 IoT 센서를 적용해 모든 상황을 모니터링하고 지능형 알고리즘을 통해 상태를 판단하여 최적의 운영을 지원하는 것이다[16].

스마트교통은 도시 스스로가 교통정보를 수집하고 교통 환경을 감지하고 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 모니터링하는 것을 의미하며 교통흐름을 파악하는 CCTV, 무인 주차관리, 스마트교통안전용 센서와 이로부터 수집된 센싱 정보를 저장, 처리, 판단, 제어하는 지능형 센서 알고리즘이 필요하다.

스마트에너지환경은 실내 환경(온도, 습도, CO<sub>2</sub>) 모니터링을 통한 에너지 절감 시스템, 유동 인구별 조명 밝기 조절과 환경 정보 수집, 쓰레기통 적재량 모니터링, 미세먼지 모니터링 등 각종 센서로부터 수집된 정보로부터 지능적으로 에너지/환경을 관리하는 지능형 센서 알고리즘이 활용

된다[17].

스마트재난안전은 교량, 건물, 터널, 댐 등 사회 간접자본 시설물이 노후화로 인한 붕괴가 발생하지 않도록 설치된 센서를 통하여 상시 모니터링하여 위험신호 발생 시에 사전에 대처하도록 지원하는 서비스이며, 화재 등 재난 시에 초동 대응과 함께 대피를 유도하는 기능을 제공하도록 지능형 알고리즘을 적용할 수 있다[18].

### IV. 지능형 센서 모듈화 기술

#### 1. 개요

네트워크 발전에 따라 스마트폰, AI 스피커, IoT 기기 등의 정보화기기가 널리 보급되면서 센서를 이용한 새로운 어플리케이션이 크게 증가하고 있다. 초기 센서기반 정보화 단말기기는 센서신호를 수집하고 클라우드(Cloud)로 전송하는 기능만을 수행했지만, 최근에는 데이터부하 감소를 통한 전력효율 향상, 수집된 데이터에 대한 빠른 반응, 보안강화, 장애대응을 위해 클라우드에서 단말기기로 컴퓨팅기능이 분배되는 에지컴퓨팅 기술이 확산되고 있다. 특히 센서 모듈은 신호를 수집, 전송만 하던 수준에서 단말기기의 에너지효율향상 및 센서신호의 정확성 향상을 위해 디지털신호처리기반의 컴퓨팅파워를 가지는 지능형 센서 모듈로 변화하고 있다[19](그림 6).

지능형 센서 모듈은 단말기기의 소형, 저전력, 다기능화를 위해 모듈 내 컴퓨팅파워의 집적화라는 특징을 가지고 있다. 기존 센서모듈은 센서소자와 아날로그회로(증폭기, ADC 등)를 단일 패키지에 집적화하는 수준이었지만, 지능형 센서 모듈은 디지털 신호처리회로도 단일 패키지에 집적화되어 단말기기로의 데이터전송을 감소시켜 단말기기의 전력효율을 향상시키게 된다.

또한 지능형 센서 모듈은 센서오차를 측정하고 보정하는 수단을 내장하여 자체 컴퓨팅파워를 통해 센서소자 신호의 정밀도를 향상시킬 수 있는 자체오차보정기능을 수행하기도 한다. 일례로 온도 센서 모듈은 온도에 따른 센서신호 오차를 디지털 영역에서 보정하는 self-calibration용 회로를 내장하여 에이징 및 soldering 등에 의한 센서의 성능저하를 디지털영역에서 보정할 수 있다. 본 절에서는 컴퓨팅파워를 내장한 지능형 센서 모듈의 개발 및 연구 사례를 분석하고 기술 동향을 정리한다.

#### 2. 센서 모듈별 기술 동향

##### 가. 음성인식 음향센서 모듈

아이폰 시리(Siri)와 같은 음성인식비서가 등장하고, 아마존 에코, 구글 홈 등의 음성사용자인터페이스 기반 인공지능 스피커의 보급이 확대되면서, 단말기기는 항상 소리를 듣고 있어야 하는 “always-listening” 기능을 필요하게 되었다. 놀스(Knowles)사는 이런 시장요구에 맞춰 2017년 “wake-on-voice” 기능을 탑재한 스마트 MEMS 마이크로폰을 발표하였다. 발표된 마이크로폰은 MEMS 센서 및 아날로그 ASIC에 추가로 오디오용 DSP를 집적하여 제작되었으며, DSP는 저전력 음성 wake-on, voice ID 키워드 인식, seamless voice wake-on, always-listening을 위한 AAD, AEC 기능

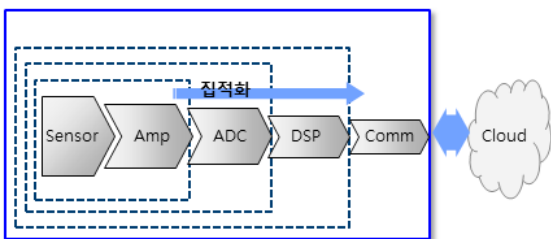


그림 6 지능형 센서 모듈의 데이터 전송량 감소[19]



그림 7 지능형 음향센서 모듈 구성도[20]

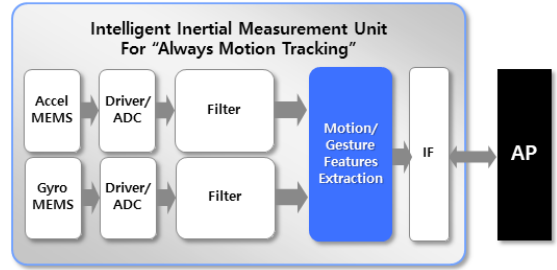


그림 8 지능형 모션센서모듈 구성도[22]

을 포함한다. 기존 디지털 MEMS 마이크폰을 이용한 ‘always-listening’ 구현은 마이크폰과 음성인식 알고리즘이 탑재된 프로세서가 항상 동작해야 했지만, 스마트 마이크폰은 등록된 음성명령이 들어오기 전까지 프로세서가 대기모드로 동작하여 단말기의 소모전력을 크게 감소시켰다[20](그림 7). 향후 ‘always-listening’의 수요 증가에 맞춰 더 낮은 소모전력으로 다양한 오디오 신호처리기능을 하는 마이크폰이 지속적으로 개발될 것으로 예상된다.

**나. 제스처인식 모션센서 모듈**

아이폰, 닌텐도 Wii 게임기에 적용되기 시작하면서 주목받기 시작한 MEMS 모션센서는 저전력, 고성능화에 따라 소비자 산업, 자동차 산업, 항공 우주 및 방위 산업, 헬스케어 산업과 같은 다양한 응용분야에서 활용되고 있다[21]. 모션센서는 활용분야별로 최적화된 제품이 개발되어 공급되고 있고, 그 중 웨어러블 어플리케이션과 관련하여 보쉬센소텍(Bosch Sensortec)사는 motion-triggered always-on 기능을 내장한 지능형 모션센서를 발표하였다.

발표된 모션센서는 걸음수 측정, 제스처인식, 동작인식 등의 기능을 외부 프로세서를 통하지 않고 내장된 신호처리회로에서 스스로 수행한다. 모션센서 모듈의 독립적인 모션인식 신호처리는 프로

세서의 대기모드 시간을 증가시켜 웨어러블 시스템의 소모전력을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 이 센서는 motionless component re-trimming 기능을 통해 고온 SMT 작업에 따른 센서 감도 오차도 스스로 조정하는 기능을 내장하고 있다[22](그림 8). 앞으로도 웨어러블 디바이스와 같이 저전력이 중요한 응용분야에서는 소모전력이 감소된 지능형 모션센서 모듈의 활용이 더욱 증가할 것으로 예상된다.

**다. 이미지모션감지 이미지센서 모듈**

IoT용 이미지모션감지 센서 시스템은 작은 폼팩터로 인해 작은 배터리를 내장하고 있다. 그러나 이미지센서 및 모션감지 신호처리는 많은 연산량으로 인해 큰 전력을 소모하는 문제점이 있다. 미시건대는 초저전력으로 이미지모션인식 기능을 수행할 수 있는 이미지센서를 발표하였다.

발표된 센서는 mm-scale IoT 이미지센서 모듈로서, 특히 초저전력 동작을 위해 이미지 모션인식모드를 지원한다. 이 센서는 고해상도 이미지용 650×480 이미지셀과 모션감지용 32×20개의 이미지 셀을 이용하였으며, 이미지 캡처 시 capacitor-array assisted charge-injection SAR ADC를 이용해 리드아웃(readout) 회로의 소모전류와 크기를 크게 줄였다. 또한 이 이미지센서는 칩 내부에 모션감지기능을 내장하고 있으며, 적은 수의 이미지셀에 의한



이미지를 분석하여 모션을 감지하고, 이에 따라 고해상도 이미지를 수집하는 구조로 동작한다. 따라서 모션감지 판단회로가 매우 간단하고 소모전력이 낮으면서도 모션감지 시 고해상도 이미지를 수집할 수 있다는 장점이 있다[23].

배터리 혹은 에너지하베스팅 전원기반의 IoT 환경에서는 소모전력 감소가 매우 큰 이슈이므로 본 이미지센서의 신호처리용 집적회로와 같이 모션판단 신호처리회로가 점차 내장될 것으로 예상된다.

## V. 지능형 센서 플랫폼

### 1. 개요

지능형 센서 플랫폼은 다종, 다수의 지능형 센서들의 측정 데이터를 통합하여 다양한 분야에서 데이터 시각화, 모델 구축 및 예측 서비스를 제공하는 데 공통으로 필요한 기술요소의 집합으로 규정할 수 있다. 즉, 개별 지능형 센서들이 IoT 디바이스로 활용될 때 지능형 센서 플랫폼은 IoT 서비스 플랫폼의 하위 집합으로 규정할 수 있다. 하지만 IoT 서비스 플랫폼은 기존 인터넷 통신 서비스 기업들의 주도로 IoT 통신 및 서비스를 위한 데이터 표준화, API 표준화에 치우쳐 정의되고 있는 상황이다.

지능형 센서 플랫폼은 지능형 센서 모듈, 통신 네트워크, 클라우드 서버, 응용 서비스의 4가지 기술요소로 구성된다(그림 9). 지능형 센서 모듈은 필요한 데이터들의 수집을 담당하며 다종, 다수의 센서 모듈이 서비스 제공 지역에 분산되어 설치된다. 지능형 센서 모듈의 측정 데이터는 다양한 통신 수단으로 구성된 통신 네트워크를 통해 클라우드 서버로 전달되고, 클라우드 서버에서는 전달받은 측정 데이터를 통합하여 빅데이터화하고 인공

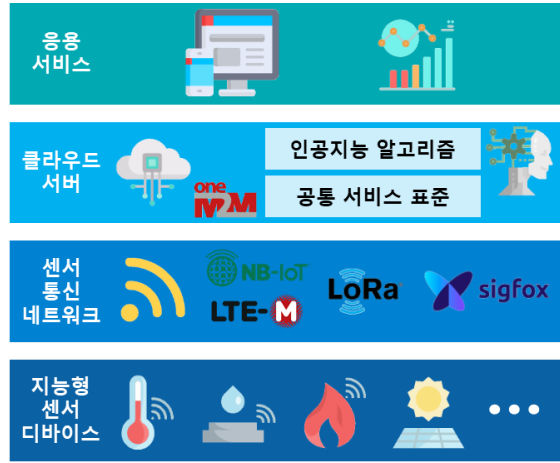


그림 9 지능형 센서 플랫폼 구조

능 기술을 이용하여 데이터 시각화, 모델 구축 및 예측 데이터 계산을 수행한다. 마지막으로 응용 서비스를 통해 모바일 등 다양한 단말에 클라우드 서버의 계산 결과값을 이용한 서비스를 제공하게 된다.

### 2. 플랫폼 구성 요소별 기술 동향

#### 가. 지능형 센서 모듈

지능형 센서 플랫폼의 핵심 구성요소인 지능형 센서 모듈은 기존의 단순 원격측정만이 가능했던 센서 소자에서 벗어나 다수의 센서 노드가 조직적으로 설치되며, 단순 센서 측정 데이터뿐만 아니라 센서 간의 상관관계를 통해 상황 인지, 추론, 판단을 가능하게 하는 알고리즘까지 내장되는 형태로 발전하고 있다. 초기에는 단순히 여러 센서 소자의 측정값을 수집하는 형태로 플랫폼 개발을 시작하였으나, 수집된 센서 측정 데이터의 집합 이상의 결과를 서비스해야만 부가가치가 발생하는 시장 상황에 따라 응용 서비스별 데이터 수집 모델을 지원하는 지능형 센서 모듈이 전략적으로 선택되고 있다.

부가가치가 높은 응용 서비스를 제공하기 위해 지능형 센서 모듈이 측정하는 데이터는 높은 정밀도와 신뢰도를 가져야 한다. 그러나 다수의 센서 모듈이 분산되어 설치되어 서비스를 제공하기 때문에 개별 센서 모듈의 저가격화 및 관리비용 절감을 위한 소형화, 저전력화(운영 시간 확대), 간편한 유지 보수성이 필수적으로 요구되며, 때로는 이러한 센서 모듈의 가격과 관리비용으로 인해 응용 분야에서의 사업화가 어려워지는 상황까지 발생하기도 한다.

#### 나. 센서 통신 네트워크

다수의 지능형 센서 모듈에서 수집된 데이터를 클라우드 서버로 전송, 통합하기 위해서는 기본적으로 저전력 장거리 통신(LPWA: Low Power Wide Area) 네트워크가 필수적이다. 이를 위해 LTE-M, NB-IoT, LoRa, SIGFOX 등이 사용되고 있다. 이 중 LTE-M, NB-IoT는 기존 무선전화 통신망의 대역폭을 줄여 장거리 저전력 통신 네트워크를 구현하는 방식으로 기존의 인프라를 사용하기 때문에 초기 투자 비용이 낮은 반면, 지속해서 통신 사용료를 지급해야 하고 높은 데이터 보안이 요구될 경우 통신사의 네트워크를 거친 데이터 보안 문제가 단점으로 거론된다.

대조적으로, LoRa, SIGFOX 등의 경우는 사설 Gateway 설치 등 초기 망 구축 비용이 높지만 일단 통신 네트워크가 구현된 이후에는 통신 사용료가 없고 사설망으로 통신 방식을 사용자화 할 수 있어 데이터 보안성을 높일 수 있다는 장점이 있다.

SKT의 경우 자체 LTE-M망 이외에도 10~30km의 장거리 통신이 가능한 LoRa 방식의 장점을 이용하여 LTE-M망이 설치되지 않은 지역의 센서 네트워크 서비스를 위해 LoRa 방식 통신 네트워크를 구축, 서비스를 사업화하고 있다.

#### 다. 클라우드 서버

다종의 지능형 센서 모듈 및 통신 네트워크를 통하여 데이터를 통합해야 하는 클라우드 서버 입장에서 수집되는 측정 데이터를 손쉽게 처리하기 위해 데이터 정규화가 필수적이며, 분산 분포되어 있는 센서 모듈을 관리하기 위한 표준화된 모델이 필요하다. 가장 대표적인 표준화 단체는 oneM2M으로, 사물인터넷 공동서비스 플랫폼 개발을 위해 TTA(한국), ETSI(유럽), ATIS/TIA(북미), CCSA(중국), ARIB/TTC(일본) 등 7개의 SDO(Standard Development Organization)가 공동으로 설립하였다. 대부분의 응용 서비스 플랫폼은 호환성과 확장성을 위해 oneM2M 플랫폼 호환으로 개발되고 있으며, 대표적으로 SKT의 Thingplug, KT의 IoT Makers, LGU+의 City Hub 등이 있다[24]. 응용 서비스 제공을 통해 기업체들은 표준화된 서비스 구축을 위해 oneM2M 호환 플랫폼 상위에 측정 데이터 통합 및 시각화 서비스를 구현하여 제공하고 있으며, 더 나아가 인공지능 라이브러리를 연동하여 업체별로 특화된 응용 서비스 모델 구축 및 예측 서비스를 구현하는 방향으로 나아가고 있다.

#### 라. 응용 서비스

국내 지능형 센서 플랫폼을 이용한 응용 서비스 시장의 2018년 총매출액은 1조 8,592억 원으로, 서비스 분야는 제조, 건설/안전/환경, 교통, 스마트 홈, 금융, 물류, 교육, 에너지, 의료, 관광, 농수산, 국방(매출액순) 등 사회 전 분야에서의 서비스로 확대되고 있는 분위기이다[25].

가장 대표적으로는 모바일 통신 3사 각각에서 개별적인 플랫폼 서비스를 개발하여 가스, 수도, 전기 등의 사용량 원격 검침 서비스, 대인, 자산, 차량 등의 위치 추적 서비스, 설비, 환경 원격 모니터링 서비스, 건설 안전 관리 서비스, 스마트팩

토리 서비스 등을 사업화하고 있으며, 이러한 플랫폼 서비스[26-28]를 기반으로 서울, 인천, 대구, 부산, 세종시 등에서 스마트시티 선도 지역 사업을 진행하고 있다[29]. 지자체와는 별도로 한국전력공사, 한국철도공사, 한국수력원자력공사 등의 공기업에서도 자체 사업성 개선과 공공 서비스 제공을 목표로 지능형 센서 플랫폼 서비스를 개발 중에 있다[30].

## VI. 결론

본 고에서는 스마트 IT 융합 플랫폼을 위한 지능형 센서 기술에 대한 연구동향을 살펴보았으며, 상세하게는 핵심 구성요소인 지능형 센서 소자, 지능형 알고리즘, 신호처리회로 및 집적 모듈, 지능형 센서 플랫폼 기술에 대한 최근 기술 동향과 전략을 분석하였다.

지능형 센서 소자 기술은 AI, 빅데이터 기술의 발전으로 수요가 급증함에 따라 다수의 센서기능을 하나로 통합한 융·복합 센서 기술로 진화하고 있으며, 새로운 고부가가치의 정보를 생산하도록 인공지능 프로세서 및 신호처리가 집적된 지능형 모듈로 발전 중이다. 이에 따라 지능형 센서 소자는 소형화, 저전력화 및 융복합화, 유연/신축의 새로운 폼팩터화, 고해상도 센서 어레이 집적화 전략으로 개발이 가속화되고 있다.

지능형 센서 알고리즘 기술은 센서 본연의 감지 기능뿐만 아니라 상황 인식, 분석, 추론이 가능한 지능형 알고리즘을 센서 모듈에 탑재하는 형태로 발전하고 있으며, 스마트기기, 스마트홈, 스마트카, 스마트팩토리, 스마트시티 등 다양한 스마트 IT 융합 플랫폼에 지능형 센서 모듈을 적용하는 데 핵심 기술이 되고 있다.

지능형 센서 모듈화 기술은 신호를 수집 또는 전

송만 하던 기존의 센서 모듈에서 단말기기의 에너지효율향상 및 센서신호의 정확성 향상을 위해 디지털신호처리기반의 컴퓨팅파워를 가지는 지능형 센서 모듈로 변화하고 있다.

지능형 센서 집적 플랫폼 기술은 다수, 다종의 지능형 센서 모듈로부터 얻어진 데이터를 통합하여 빅데이터화하고 인공지능 기술을 이용하여 데이터 시각화, 모델 구축 및 예측 데이터 계산을 수행하는 기술로서, 스마트 IT 융합 서비스에 적용되어 실질적인 서비스를 제공하는 지능형 플랫폼 기술로 개발되고 있다.

결론적으로, 수많은 스마트 IT 융합 서비스에 적용되는 지능형 센서 기술은 기존의 고성능 센서 기술을 뛰어넘어 인공지능을 기반으로 인지, 추론, 판단의 과정을 거쳐 새로운 정보를 생산함으로써 4차 산업혁명 시대를 이끄는 핵심 부품이 될 것으로 인식되고 있으며, 5G를 통한 홈 IoT, 스마트시티, 스마트카, 스마트제조, 스마트팜 등 미래 신성장 산업에 적용되는 지능형 센서 플랫폼 기술은 폭발적인 센서산업 견인과 열악한 센서 분야 국가 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 용어해설

**지능형음장센서** 스피커에서 능동형을 생성한 음장패턴이 침입 및 온도변화(화재)로 변화하는 것을 마이크가 감지하여 사각지대 없이 침입, 움직임, 화재를 감지할 수 있는 지능형 보안·안전 센서 기술

### 약어 정리

AAD	Acoustic Activity Detector
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
ADC	Analog to Digital Converter
AEC	Acoustic Echo Cancellation
AI	Artificial Intelligence

AP	Application Processor
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
BEMS	Building Energy Management System
CCTV	Closed Circuit Television
DSP	Digital Signal Processing
IC	Integrated Circuit
ICT	Information & Communication Technology
IoT	Internet of Things
MCU	Micro Controller Unit
MEMS	Micro Electro Mechanical System
NFC	Near-Field Communication
SiP	System in Package
SoC	System on Chip
UI	User Interface

## 참고문헌

- [1] KEIT PD 이슈리포트 2018-5월호, “4차산업혁명 초연결 기반을 만드는 기술, 스마트나노센서 산업동향,” 한국산업기술평가관리원, 2018년 5월.
- [2] STmicroelectronics, <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/accelerometers.html>
- [3] System Plus Consulting report from December 2013. [https://www.ebnonline.com/author.asp?section\\_id=3610&doc\\_id=273364&page\\_number=2](https://www.ebnonline.com/author.asp?section_id=3610&doc_id=273364&page_number=2)
- [4] POSRI 이슈리포트, “Trillion 센서 시대, 스마트 센서 시장의 3대 트렌드는?”, 포스코경영연구원, 2018년 1월.
- [5] 세미나 투데이, “ST, 저전력 탁월한 성능, ‘스마트 모션 센서’ 출시,” 최강민 기자, 2017. 01. 04.
- [6] J. Kim et al., “Stretchable silicon nanoribbon electronics for skin prosthesis,” *Nature communications*, vol. 5, 2014, p. 5747.
- [7] Z. Huang et al., “Three-dimensional integrated stretchable electronics,” *Nature electronics*, vol. 1, 2018, p. 473.
- [8] S. Han et al., “Battery-free, wireless sensors for full-body pressure and temperature mapping,” *Science Translational Medicine*, vol. 10, 2018, eaan4950.
- [9] S. Sundaram et al., “Learning the signatures of the human grasp using a scalable tactile glove,” *Nature*, vol. 569, 2019, p. 698.
- [10] 센서 시장 및 산업 분석 보고서, 첨단센서 2025포럼, (주)벨류에드 2017년 4월.
- [11] 이승훈, “IoT, 경쟁의 핵심을 바꾼다,” *LG Business Insight Weekly 포커스* 2016년 2월 17일, pp. 16-23.
- [12] 센서산업 분석 보고서, 한국반도체연구조합 2019년 7월.
- [13] 박강호, 이주철, “음장센서 기술 동향,” 첨단센서 2025포럼 이슈리포트 2019년 6월 28일.
- [14] Kang-Ho Park et al., “Early stage fire sensing based on audible sound pressure spectra with multi-tone frequencies,” *Sensors & Actuators A*, V. 247 2016. pp. 418-429.
- [15] Hasil Park et al., “Hybrid sensor network based indoor surveillance system for intrusion detection,” *Symmetry*, v. 10, 2018, p. 181.
- [16] 박강호 등, “스마트빌딩용 센서 기술 현황 및 전망,” *전자통신동향분석* 제24권 제6호 2009년 12월.
- [17] 황건욱, “스마트시티,” KISTEP 기술동향브리프, 한국과학기술기획평가원 2009년 12호.
- [18] 서명우팀장(KT), 첨단센서 2025포럼 스마트기기 분과 세미나, 한국반도체연구조합, 2019년 5월 15일.
- [19] Wai Lee and Ajit Sharma, “Smart Sensing for IoT Applications,” *IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology*, 2016.
- [20] Knowles, Audio Intelligence at the Edge, Knowles, Accessed, Jul.2019. <http://www.knowles.com/applications/mobile-solutions/smart-microphones>.
- [21] 연구개발특구기술 글로벌 시장동향 보고서, 모션 센서 시장, 연구개발특구진흥재단, 2018년 4월.
- [22] Bosch Sensortec, BMI270 Inertial Measurement Units datasheet, Bosch Sensortec, Accessed Jul. 2019. [https://aeb-st.resource.bosch.com/media/\\_tech/media/datasheets/BST-BMI270-DS000.pdf](https://aeb-st.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BMI270-DS000.pdf)
- [23] K.D. Choo, L. Xu et al. “Energy-Efficient Low-Noise CMOS Image Sensor with Capacitor Array-Assisted Charge-Injection SAR ADC for Motion-Triggered Low-Power IoT Applications,” *Int. Solid-State Circuits Conference*, San Francisco, USA, 2019.
- [24] <http://www.onem2m.org/membership/list-of-deployments>
- [25] 과학기술정보통신부, 2018년 사물인터넷 산업 실태조사, 2019. 2.
- [26] <https://www.skttiot.com/iot/introduction/iotsolution/iotsolutionMain2>
- [27] <http://iotmakers.kt.com/openp/index.html#/home>
- [28] [https://www.lgcns.co.kr/lgcns.ghp.main/News/NewsDetail?SERIAL\\_NO=1689](https://www.lgcns.co.kr/lgcns.ghp.main/News/NewsDetail?SERIAL_NO=1689)
- [29] 국토연구원, 국토이슈리포트, 2019.3.
- [30] <https://spin.kepco.co.kr/cm/intro/spin/indexPage>