

# 뇌과학 기반 인지컴퓨팅 기술 동향 및 발전 전망

윤장우

한국전자통신연구원 책임연구원

최근 많은 관심을 받고 있는 인공지능(Artificial Intelligence: AI)의 성과는 뇌의 작동 방식과 유사한 딥러닝의 등장에 기인한 바가 크다. 이미 미국과 유럽 등 AI 선도국에서는 인공지능 연구에서 인간 뇌 이해의 중요성을 인식하고 관련 대형 프로젝트들을 진행하고 있다. 본 고에서는 인간 뇌를 모델로 하는 컴퓨터 시스템의 개발을 목적으로 여러 학제를 아우르는 통섭적 연구 분야로서의 인지컴퓨팅 기술 동향 및 발전 전망에 대해 고찰한다.

## 1. 서론

폰 노이만으로부터 시작된 현대적인 컴퓨터는 인류의 기술 발전에 혁신적인 역할을 해왔으며, 현대 정보화 사회에서 필수 불가결한 기술 분야로 존재한다. 최근 수십년 간 컴퓨터 성능은 빛의 속도로 발전해 왔으나, 이 같은 컴퓨터 성능의 무한질주 시대가 한계에 도달했다는 분석이 전문가들 사이에서 제기되고 있다. 집적도의 한계에 다다른 반도체 칩 기반의 컴퓨팅으로는 지능을 흉내 낼 수는 있어도 마음을 만들어 내지는 못한다는 것이다.

이러한 기억, 지각, 이해, 학습 등 인간의 지능을 컴퓨터 소프트웨어를 통해 실현하고자 하는 학문이 인공지능이다[1]. 인공지능은 1955년 존 메카시를 시작으로 부침을 거듭해 오다가 최근 컴퓨터 HW 성능의 비약적인 발전으로 딥러닝이 각광받음으로써 전성기를 맞이하고 있다[2].

인공지능은 현재 기계학습, 딥러닝 등 빅데이터에 기반을 두어 현실적인 문제를 해결하는 약 인공지능 형태의 범용기술로 제공되고 있다[3]. 다른 한편으로는 두뇌의 신경세포를 모방한 뉴로모픽 칩 등 강 인공지능의 가능성을 열 수 있는 장기 프로젝트도 진행되고 있다[4]-[6].

최근 구글이 인공지능 기술로 구현된 비독프로그램인 알파고를 통해 컴퓨터를 이용한 지능화의 가능성을 보여주었다. 이는 딥러닝 기술이 적용되었기 때문에 가능한 일이었다. 기존의 컴

\* 본 내용은 윤장우 책임연구원(☎ 042-860-6543, cwyoan@etri.re.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

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

퓨팅 알고리즘은 논리기로 표현할 수 있는 정형화된 지식의 처리에 적절하여 경험적 지식 등 정형화하지 못하는 데이터의 처리에 단점이 있었지만 딥러닝은 일부분 이러한 단점을 극복한 모습을 보여주었다.

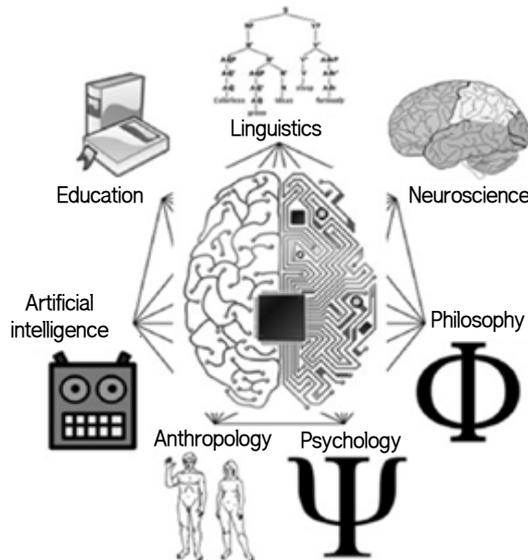
딥러닝은 대량의 데이터 안에서 패턴을 발견하고 분류하여 예측하는 방법론으로서 뇌가 사물을 구분하는 구조와 유사한 비지도 학습 방법이다. 구글의 이미지 태깅 기술에 사용되는 딥러닝의 계층구조를 보면 인간의 시신경이 사물을 인식하는 계층구조와 유사함을 알 수 있다.

미국과 유럽 등 AI 선도국에서는 인공지능 연구에서 인간 뇌 이해의 중요성을 인식하고, 인공지능 관련 대형 프로젝트인 BI(Brain Initiative)나 HBP(Human Brain Project)에서 인간 뇌의 작용기전 파악을 기반으로 인공지능의 획기적 발전을 시도하고 있다[7]-[9].

본 고에서는 기존 폰 노이만 방식의 컴퓨팅 환경을 변혁시킬 신경정보학 및 뇌시물레이션과 IT 융합적 관점의 인지컴퓨팅 기술 동향 및 발전 전망에 대해 고찰한다.

## II . 인지컴퓨팅(Cognitive Computing) 이란?

현재 인공지능 연구자들이 추구하는 핵심은 사람과 같이 “사랑, 감정, 마음을 지닌 지능 로



<자료> 장병탁, 어무송, Cognitive Computing I: Multisensory Perceptual Intelligence, 정보과학회지 제 30 권 제 1 호, 2012.

(그림 1) Cognitive Computing 관련 학문 분야

봇'이다. 사람이 컴퓨터와 사랑에 빠지는 영화 '그녀(Her)'에 나오는 사만다와 같이 질문마다 척척 대답하고 인간의 감성을 이해하고 표현할 수 있는 진정한 컴퓨터를 추구하는 것이다. 이를 위해서는 인간 뇌의 '시냅스(synapse) 네트워크'처럼 학습하고 기억할 수 있는 전자회로가 반드시 필요하다. 뇌는 뉴런이라고 불리는 약 1,000억 개의 신경세포로 이루어진 복잡한 회로이다. 1개의 뉴런이 1만 개의 뉴런과 연결되어 신경신호를 주고 받는데, 뉴런과 뉴런이 연결된 부위를 '시냅스'라 한다. 이렇게 복잡한 연결망 덕분에 뇌는 뛰어난 능력을 발휘한다.

컴퓨터는 분명 나날이 스마트해지고 있지만 인간의 위대함은 방대한 자료를 순식간에 훑어서 정답을 도출해 내는 능력이 아니라, 바로 그런 질문을 던지는 능력이 있다. 인공지능 전문가들은 뇌의 복잡한 연결망을 파헤쳐 '뇌지도'를 그리고 이해할 수 없는 한, 컴퓨터가 인간처럼 사고하는 일은 거의 불가능하다고 지적한다. 뇌는 신경세포의 연결구조를 수시로 바꾸며 작동한다. 결국 인간의 뇌가 어떻게 작동하는지 이해해야 진정한 인공지능을 구현할 수 있다.

이러한 이해를 바탕으로 정의된 인지컴퓨팅은 "인간의 뇌를 모델로 하는 컴퓨터 시스템의 개발을 목적으로 심리학, 생물학, 신호처리, 물리학, 정보이론, 수학, 통계 등의 학제를 아우르는 통섭적 연구 분야"로 정의할 수 있다.



<자료> ETRI 자체 작성

(그림 2) 실용적 관점의 Cognitive Computing 개념

정보처리 관점에서의 인지컴퓨팅은 사람의 마음이 수행하는 인지능력을 모방한 정보처리 기술로서 사람의 인지기능인 지각, 행동, 언어, 시각, 기억, 학습, 추론, 의사결정 등을 모방하여 환경 인식과 행동, 시각 및 언어처리 능력, 연상기억, 유연한 학습과 추론, 안정적인 의사결정 등을 수행하는 기술이며, 실용성 관점으로는 새로운 패러다임의 인간중심 인지 서비스 창출을 위해 스마트 디바이스를 이용하여 일어나는 사건과 행동패턴을 분석하고 예측하는 인지·행동·감성 기술로 정의된다.

인지 서비스란 ICT 융합기술을 이용하여 인간이 처한 상황을 알고 상황에 따른 문제 해결을 위해 최적의 해법을 제시하는 서비스를 말한다.

### III . 인지컴퓨팅 연구 동향

최근 미국, EU, 일본 등에서는 지식·지능처리를 위한 인공지능 기술 확보가 국가의 미래 경쟁력을 좌우할 것으로 인식하고, 정부와 글로벌 대기업의 주도 하에 대규모의 R&D 를 추진 중이다.

가트너는 2016년 IT 기술의 메가트렌드 중의 하나로 진보한 기계학습, 지능형 기기 등 인공지능 관련 기술을 선정하였으며, MIT는 인공지능 관련하여 2013년 학습과 추론을 통해 의사소통이 가능한 인공지능기술, 2014년 신경모방칩 기술 및 2015년 응급 인공지능기술 등을 10대 돌파형 기술로 선정하였다.

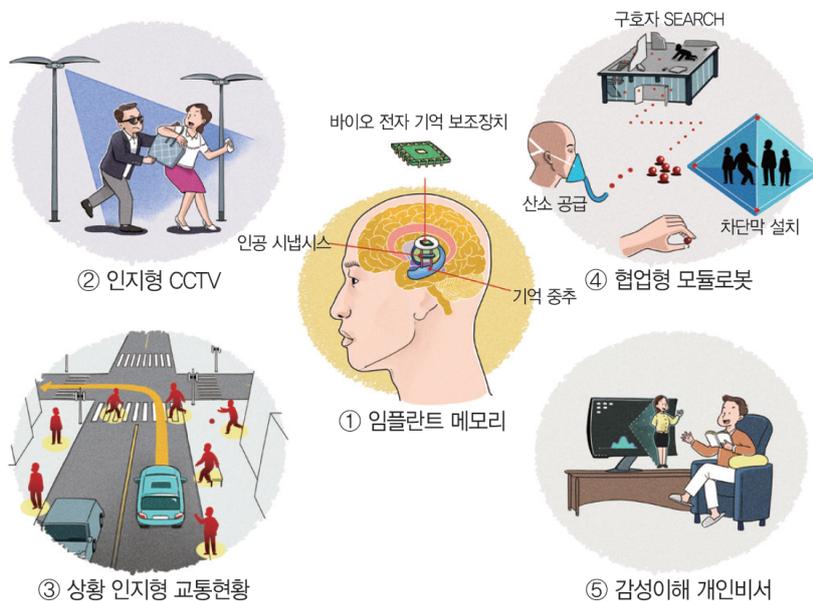
미국의 경우, 대학의 소규모 연구와 함께 기업·국가 주도의 인간을 모사하는 인공지능 연구가 활발하게 진행 중이다. IBM은 DARPA에서 주도하는 SyNAPSE 프로젝트를 통해 256개의 전자 뉴런을 가지는 인간 두뇌를 닮은 컴퓨터칩 아키텍처를 개발하였으며, 이 칩의 새로운 아키텍처로 저전력의 인간 모사형 지식 추론에 활용하고자 한다[10]-[12]. Google은 Google Brain 프로젝트를 진행 중이며, 9계층 신경망, 10억 개의 연결구조로 인간이 인지하는 방식의 자율학습 모델을 연구 중이다. 유럽은 인간 두뇌의 인지 형태를 이용한 지식처리를 위한 Human Brain 프로젝트를 EU 6대 미래 유망 기술로 선정하여 향후 10년간 개발을 추진할 예정이다. EU FP7 Cognitive Systems & Robotics Program(2007~2012)을 통해 로봇의 지각 능력을 위한 학습, 이해 등 지능화를 포함한 프로젝트를 진행하였고, Human Brain Project에서는 인간의 인지 형태를 프로그램화시켜 향후 인간 지식 처리 형태를 가진 인공지능을 개발할 예정이다.

글로벌 기업들도 지식·지능 처리 인공지능 기술에 도전하기 위한 연구를 진행 중이다. IBM은 Watson을 통해 Jeopardy! 퀴즈 쇼에서 인간을 능가하였으며, 영역을 금융, 의료 등의 전문 분야로 확장하고자 한다. Google은 빅데이터를 활용하여 자가학습이 가능한 인공지능망을 개발 중이며, Apple은 인공지능을 강화한 음성인식 기술과 Wolfram Alpha 검색 기반의 Siri를 개발하였고 최근에는 자동차에 탑재하고자 한다.

#### Ⅳ . 인지컴퓨팅 미래 시나리오

(그림 3)은 인지컴퓨팅이 완성되었을 때의 미래 모습에 대한 예상 시나리오이다. 아래 각 시나리오에 대한 설명이다.

- ① 시나리오는 인간 뇌지도가 완성되었을 때 결함이 있는 뇌의 부분을 대체할 수 있는 기술이 개발될 것을 예상한 것이다. 기억 기능에 이상이 있을 때 기억을 저장하거나 추출할 때 신경세포들이 사용하는 신경 암호(Neural code), 즉 ‘뇌의 언어’를 정확히 이해하여 전자적으로 구현한 기억보조장치인 임플란트 메모리를 직접 뇌에 이식하여 도움을 줄 수 있다.



<자료> ETRI 자체 작성

(그림 3) 인지컴퓨팅 미래 시나리오

- ② 시나리오는 인지엔진이 탑재된 CCTV 등을 통해 도시를 감시하여 범죄 예방에 사용되는 예시이다. 단순한 얼굴인식에서 발전하여 감정상태를 읽어 정확한 상황을 파악하며, 범죄 상황이 될 장면들을 예측하여 실제 범죄 유발 가능지를 추적하는 형태로 발전할 것이다.
- ③ 시나리오는 미래 교통 환경 시나리오로서 전방에 보이는 물체 분석에서 발전하여 주위의 상황정보를 입체적으로 파악하여 사용자의 안전운전에 도움이 되는 예측 및 안전정보를 제공해 준다.
- ④ 시나리오는 재해, 재난 상황에서 인지기능을 갖춘 소형 로봇들이 투입되어 구조 작업을 벌이는 예시이다. 주먹만한 크기의 소형 로봇들이 소방수들에 의해 화재 현장에 투입되면 스스로 현장 상황을 파악하며 화재 현장에 도달하여 연기 차단막을 세우거나 산소를 공급하는 구조, 구난 역할을 수행한다. 특히, 소형 로봇들은 학습기능이 있어서 상황에 투입되는 회수가 증가할수록 상황대처 능력이 증진되며, 학습된 부분은 다른 로봇들에게 소셜 그룹 개념으로 전파되어 긴밀한 공동 협동 작업이 수행된다.
- ⑤ 시나리오는 가정이나 직장에서 개인비서의 예시로서, 인지의 핵심인 학습기능, 지식자가 증식, 감정인식 등이 제공되는 마음을 지닌 영화 ‘Her’에서의 로봇과 같은 컴퓨터이다.

## V . 인지컴퓨팅 도전 분야

### 1. 생물학적 기능 모방 기술 분야

인공지능은 대표적인 지능 모방 기술이며 수학적인 모델링을 기반으로 하여 지능을 모사한다. 대표적으로 신경망, 컴퓨터 비전 모델 등이 있다. 하지만 수학적인 모델로는 인간의 지능을 비슷하게 흉내 낼 수는 있어도 인간과 똑같은 지식 체계 및 정보처리 절차를 가지게 할 수는 없다.

또한, 인간 뇌의 처리 방식은 병렬적, 동시다발적으로 처리되어 많은 정보가 짧은 시간에 인지되고 처리된다. 뇌의 정보처리 결과를 분석해 보면 컴퓨터의 확실성과는 달리 불확실성 및 확률론적인 측면을 가진다.

이러한 차이점이 많은 수학적인 모델이 인공지능을 통해 제시되었으나 확실하게 인간의 지능을 모사한다고 보이는 결과가 없는 이유이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 인간의 정보처리 메커니즘에 대한 정확한 인식을 바탕으로 이의 모사를 통한 지능 처리 방향으로 인지컴

퓨팅의 방향성을 정해야 한다. 이에는 단순 생물의 인지처리 메커니즘 파악을 시작으로 뉴런 및 시냅스의 연결 방식에 대한 정확한 파악 및 모사 기술에 대한 연구가 필요하다.

인지처리 메커니즘 중 비교적 많은 연구가 되어 있는 부분이 시각처리 부분이다. 눈을 통해 들어온 시각 정보는 시각 신경을 통해 정보가 뇌로 전달된다. 시각처리를 담당하는 뉴런들의 구조를 보면 서로 다른 형태의 뉴런들이 모여 일곱 개의 계층으로 이루어지며 각 계층에서 독립적인 기능을 수행한다는 것이 알려져 있다.

이러한 모델을 컴퓨터 비전 알고리즘을 통해 풀고자 하는 많은 시도가 있었다. 그러나, 기존 수학적 컴퓨터 비전의 문제점은 생물학적 시각의 수많은 기능을 일일이 수학 모델로 만드는 데 한계가 있다는 점이다. 또한, 새로운 시각 인지 방법에 대해 생물학적 시각은 정보에 적응하며 새로운 방법을 학습하여 나가는 반면 수학적 모델은 이러한 진화가 불가능하다는 문제점이 있다.

생물학적 시각처리 기술은 인간의 시각처리 방법을 모방하여 기존의 수학적 컴퓨터 비전 기술로 달성하지 못한 유연하고 즉각적인 시각 인지 기능 구현을 목적으로 한다. 시신경의 단계적인 연결 방식을 통한 생물학적인 시각처리 방식에 대한 연구와 모방이 시각처리 분야에서 필수적이다.

이와 같은 생물학적 시각처리 기술이 탑재된 지능로봇, 지능형 컴퓨터로 하여금 인간과 같이 영상정보를 이용하여 대상물체의 존재 유무, 개별 물체의 식별, 물체범주 구분 및 위치 파악 등을 자동으로 수행하게 할 수 있다.

## 2. 환경지능 및 지능형 에이전트 기술 분야

수많은 디바이스가 편재하여 인간을 돕는 개념의 IoT 및 유비쿼터스는 디바이스의 지능화가 제공되지 못하면 또 다른 환경 공해로 다가올 것이다. 지능적인 디바이스로서 인간의 행동에 적응하는 디바이스가 되지 못하면, 디바이스의 행동 방식을 결국 사람이 배우고 적응해야 하는 문제점이 제기되기 때문이다. 환경지능이란 사람의 존재에 반응하고 응답하는 전자적인 환경을 말한다. 우리 주위에 있는 모든 것들이 지능을 가지게 하는 것이 핵심이다.

환경지능을 구성하는 핵심요소인 지능형 에이전트는 스스로 환경의 변화를 인지하고 그에 대응하는 행동을 취하며, 경험을 바탕으로 학습하는 기능을 가진다. 지능형 에이전트는 수동적으로 주어진 작업만을 수행하는 것이 아니고, 자신의 목적을 가지고 그 목적 달성을 추구하는

능동적 자세를 지닌다.

### 3. Human Augmentation 기술 분야

인간 신체 기능 보조장치는 단순히 외형만 흉내 내는 것이 아닌 기능까지도 대체하는 신체 보조장비로서 신체에 덧붙여서 근육의 힘과 기능을 증폭시키는 역할을 한다. 기계로 만든 신체가 팔다리의 물리적 기능만을 흉내 내는 것은 아니다. 이미 전세계의 많은 연구자들은 잃어버린 인간의 감각을 대신할 수 있는 다양한 방법을 찾아내고 있다.

손상된 망막을 대체하기 위해 망막에 직접 삽입하는 인공망막뿐 아니라, 디지털 카메라와 동작인식 감지기가 달린 선글라스와 정보 변환기, 대뇌 시각 피질 자극장치로 구성되어 감지된 시각 정보를 디지털 스팟들로 바꾸어 직접 후두부에 위치한 대뇌 시각 피질에 전달하는 바이오닉아이 등의 시각 대체 기계들이 개발되고 있다.

또한, 듣지 못하는 이들에게 청신경에 직접 전기자극장치를 연결하여 소리를 듣게 하는 인공외우장치는 1988년 국내에 처음 도입된 이래 2013년 기준으로 우리나라에서만 7,500명이 넘는 사람들에게 소리를 전달하는 보조장치로 기능하고 있다. 이 밖에도 아직은 생체 내부에 삽입할 만큼 작아지지는 않았지만, 심장과 폐, 신장의 기능을 대신하는 인공심폐기, 혈액투석기 등은 이미 수많은 병원에서 사용되는 중이며, 그 만큼 더 많은 사람들의 생명을 살려내고 있다.

이러한 인공보조장치 또한 인공지능 기술을 접목하여 인간의 요구를 지능적으로 파악하고 능동적이며 지능적으로 반응하는 방향으로 기술개발 추이가 변화하고 있다.

### 4. Brain Imaging 기술 분야

뇌영상(Brain imaging, Neuroimaging)은 다양한 기법을 사용해서 직접 또는 간접적으로 뇌의 구조, 기능, 약리학 구조를 영상화 하는 기술이다.

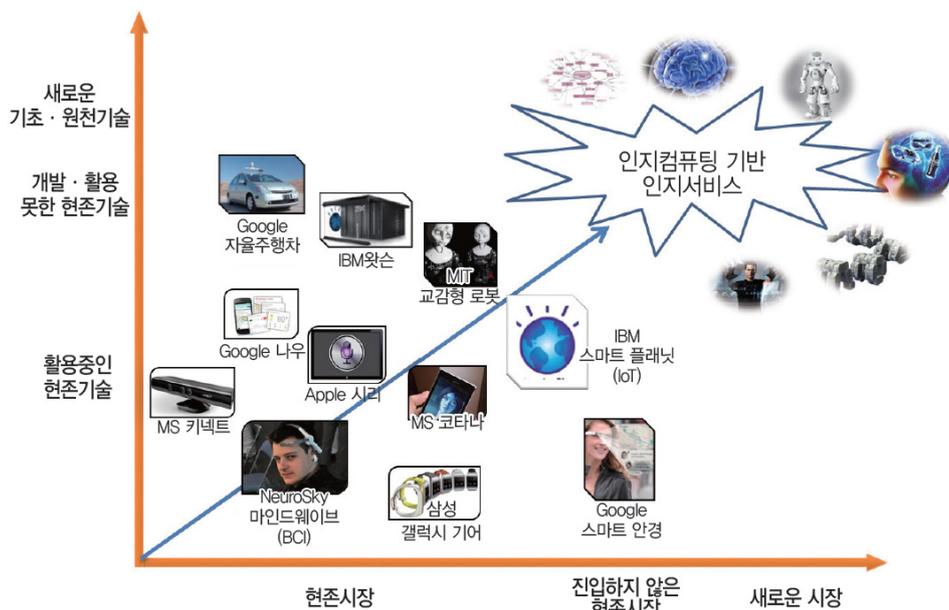
뇌영상은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 구조 영상으로 뇌의 구조를 다루며 두개골 내의 종양 등의 질병을 진단하는 데에 이용된다. 둘째, 기능 영상으로 신진대사 및 뇌의 기능과 관련된 질병을 진단하는데 사용되며, 신경학, 인지심리학 등의 분야에서는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 만들기 위한 연구 목적으로 사용되기도 한다. 예컨대, 뇌에서 정보처리가 일어나는 중추영역들을 직접적으로 시각화 하는 것이 가능하며, 뇌에서 정보처리가 이루어질 때 관련된 영역에서 신진대사가 증가하게 된다.

인간 뇌의 연결 기전을 파악하여 전체 뇌지도를 만들어 인공지능 연구에 활용하려는 커넥톰이라는 과제가 미국의 Brain Initiative 내에서 진행되고 있다. 이러한 뇌 연결지도 파악을 위해서는 신경 단위로 이미지를 얻고 활동 전위에 대한 정보를 얻을 수 있는 brain imaging 기술이 필수적이다.

## VI. 결론 및 시사점

인공지능은 기존의 폰 노이만 방식의 컴퓨터로는 한계에 직면한 “인공지능 모방” 분야의 돌파구를 가져올 수 있는 기술로서 새로운 컴퓨팅 시장을 형성할 수 있는 기반기술로서의 가능성을 가진다.

또한, 학습 및 추론 등 고차원적 뇌 기능 모델에 기반한 지능발달 모델로서 기존 수동적인 컴퓨팅과는 대비된다. 인공지능의 핵심기술 요소인 지능화는 여러 산업 기기에 적용될 수 있다. IoT 기기의 지능화에 적용 가능하며, Siri(음성인식), 구글글래스 등 영상인식 분야에 적용하여 산업화가 가능하다. 또한, 미래에는 컴퓨터 파워의 증진에 비례하는 인공지능 개발 가속화를



<자료> ETRI 자체 작성

(그림 4) 인공지능 시장 발전 예상도

통해서 유비쿼터스 환경에서의 인지특성 활용이 확산될 것이므로 유비쿼터스 시대의 기반 기술이 될 수 있다.

국책성 측면으로 보면 의료, 교육, 재난관리/방지, 마케팅 등 국가 기간 산업 관련 분야에 광범위하게 사용되는 기술로서 핵심원천 및 표준기술 확보가 절실하다. 이들 기술은 자동차, 제조업, 음성인식, 음성번역, 영상 데이터 패턴의 인식 및 분석, 복잡한 수술 혹은 절차상의 문제 진단에 활용 가능하다. SW 의 역할이 각 산업 분야에서 중요성을 더해 가며, 인간에게 편의성을 제공하기 위해서는 지능처리가 반드시 필요하므로 인공지능을 기반으로 하는 인지컴퓨팅은 향후 그 중요성을 더해 갈 것이다.

[ 참고문헌 ]

- [1] Wikipedia, Artificial Intelligence([https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence))
- [2] 정영임, “인공지능(AI) 부활의 동인과 국내외 기술개발 동향”, IITP, 주간기술동향, 통권 1739 호, 2016. 3.
- [3] 최계영, “인공지능: 파괴적 혁신과 인터넷 플랫폼의 진화”, KISDI Premium Report, 2015. 5.
- [4] Kenneth F. Brant, Tom Austin, “Hype Cycle for Smart Machines, 2015”, Gartner July 2015.
- [5] Preissl,R, Wong, T. M., Datta, P., Flickner, M.,Singh, R., Esser, S.K., ...& Modha, D.S., Compass: a scalable simulator for an architecture for cognitive computing. In Proceedings of the International Conference on High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis(p.54). IEEE Computer Society Press, Nov. 2012.
- [6] 엄낙웅, “인지기반 지능형 반도체 기술동향”, 한국전자통신연구원, 융합 Weekly TIP 융합연구정책센터, Vol.02, Aug. 2015.
- [7] 조영환 · 김문구 · 박종현, “글로벌 Brain Project 추진동향 분석과 Brain-ICT 융합 경쟁력 강화방향” 한국전자통신연구원, 이슈리포트 13-28, 2013. 12, p.3.
- [8] whitehouse.gov, “Fact Sheet: BRAIN Initiative” 2 April 2013.
- [9] 석왕현 · 이광희, “인공지능 기술과 산업의 가능성”, 한국전자통신연구원 ECO 시리즈, Issue Report 2015-04, 2015. 10. 30.
- [10] [http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Grand\\_Challenge](http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge).
- [11] [http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Robotics\\_Challenge](http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Robotics_Challenge)
- [12] <http://www.etnews.com/20150607000083>

\* 이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신 방송 연구 개발사업의 일환으로 수행하였음[인체활동 통합관리지원을 위한 다중 웨어러블 SW 융합모듈 및 유연 SW 응용플랫폼 기술개발].