

# 4차 산업혁명과 딥러닝

## Introduction to Deep Learning in 4<sup>th</sup> Industrial Revolution



문 현 준\*  
Moon, Hyeon-Joon



민 경 복\*\*  
Min, Kyung-Bok

### 1. 서언

제4차 산업혁명은 빅데이터(Big data)를 기반으로 하여 인공지능(AI)과 딥러닝(Deep learning) 발달, 그리고 사물인터넷(IoT) 기술을 통해 모든 생활 환경이 연결되고, 3D 프린팅 기술을 통해 누구나 쉽게 창작물을 생산할 수 있는 생산 자동화와의 연결성이 극대화되는 산업 환경의 급격한 변화를 의미한다. 이는 90년대 미국의 Mark Weiser가 처음 사용하고 2000년대 초반에 우리나라에서 널리 사용된 유비쿼터스 컴퓨팅의 확장적인 개념이기도 하다<sup>1)</sup>.

유비쿼터스 컴퓨팅이란 주변 환경의 모든 센서 가전 및 IT 기기들이 무선으로 연결되고 유기적이며 능동적으로 실생활에 활용되는 세상을 표현한다. 이를 가장 잘 설명한 영화는 2002년 제작된 2054년

미래세계를 그리는 탐 크루즈 주연의 마이너리티 리포트라는 SF영화이다<sup>2)</sup>. 이 영화에서는 동작인식 기술, 터치 베이스 컴퓨터, 자율 주행 자동차, 스마트 워치, 스마트 폰, 스마트 뉴스페이퍼, 그리고 개인정보를 이용한 맞춤형 광고 등 미래의 모습들을 제시한다. 실제로 2017년 현재 대부분의 기술이 개발되어 사용되고 있으며 사물 인터넷이라고 부르는 IoT도 유비쿼터스 컴퓨팅의 유사 개념이다.

철도·증기기관의 발명 이후의 기계에 의한 생산량의 대량 증가로 이루어진 제1차 산업혁명(1760~1840년), 전기와 컨베이어 생산체계의 제2차 산업혁명(19세기말~20세기초), 반도체와 메인프레임(1960년대), PC(1980년대), 인터넷(1990년대)을 통한 정보 기술 시대의 3차 산업혁명은 먼저 기술이 개발되고 산업에 적용된 후에 학자들에 의해서 세대가 구분되어진 반면 4차 산업혁명은 기술이 정의되고 산업에 어떻게 적용될 것인지를 예측하고 있는 점도 흥미롭다.

4차 산업혁명<sup>3)</sup>이란 용어는 2015년부터 여러 도서를 통해 알려지기 시작한 후, 2016년 1월 20일 스

\* 세종대학교 컴퓨터공학과 교수  
Department of Computer Science and Engineering,  
Sejong University

\*\* 세종대학교 컴퓨터공학과, 박사과정  
Department of Computer Science and Engineering,  
Sejong University

위스 다보스에서 열린 세계경제포럼에서도 언급되기 시작했으며, 대체로 빅데이터의 축적으로 월등히 향상되는 인공지능과 딥러닝의 발달이 주요한 수단으로 꼽힌다. 이를 주시해야 하는 이유는 기존 산업혁명과는 다르게 월등히 생산 효율 증가가 예견되기 때문이다. 19세기 2차 산업혁명이 1대의 기계가 수백 명의 노동자들을 대체했다. 4차 산업혁명은 프로그램 하나, 컴퓨터 1대가 수만, 혹은 수십만 명의 전문 인력을 대체할 수도 있기 때문이다.

긍정적으로 예상을 한다면 우리의 일상적인 업무들에서 인간이 해방되어 더 자유로운 여가 생활과 창조적인 일에 종사할 수 있는 유토피아를 예상할 수도 있지만 부정적으로 본다면 기술 발전에 따라 최대 80% 이상의 일자리가 소멸할 것으로 예상되며 현재의 경제 구조의 혁신적인 개편이 없다면 극단적인 노동 수요 감소에 따른 대공황을 예측하는 전문가들도 있다. 하지만 아직 오지 않은 시대를 사전적으로 정의한 것에 불과하므로 4차 산업혁명이란 것은 없다는 경제학자들의 회의론도 만만치 않다.

딥러닝으로 학습되는 AI는 아직까지 정해진 조건에 따라 개발되어지는 약인공지능을 통칭한다. 그러나 터미네이터, 매트릭스 같은 영화에서는 조건 없이 스스로를 학습하고 발전시키는 강인공지능이 개발되는 미래가 도래한다면 기계가 인류를 통치할 수도 있는 디스토피아의 세계가 실제로 올 수 있는 것이다. 실제로 구글 딥마인드는 2017년 10월 알파고 제로를 통하여 불과 36시간 만에 독학으로 바둑을 익혀서 기존 알파고에 100전 100승 무패를 기록하였다.

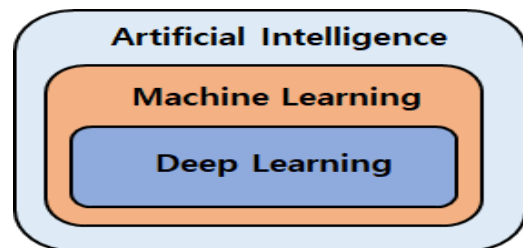
IBM의 시맨틱 검색과 자연어 처리기반 기법이 적용된 왓슨 등의 인공지능 시스템이 쇼핑, 의료판독 및 진단, 사물인터넷, 금융, 법률, 교통 등의 다양한 분야에서 사용되고 우리의 직업들을 대체하고 있다. 스포츠 경기 결과, 날씨 등의 단순 기사들이 자동 제작되고, 실시간 교통 정보로 무장한 휴대폰 내비게이션 앱은 많은 전문 업체들을 사라지게 만들었다. 사물 인터넷을 이용한 경비 시스템은 경비

업체의 고용을 대폭 감소시키고, API+기계학습+AI 기법으로 이루어지는 컴퓨터 공학 기법의 발달은 단순 코딩 작업이 필요 없어지는 시대를 만들고 있다. 이러한 AI 발전은 이미 놀라울 정도이며 점차 많은 분야에서 인간의 한계를 뛰어넘는 중요한 이정표를 세우고 있다.

## 2. 딥러닝(Deep learning)

### 2.1 개요

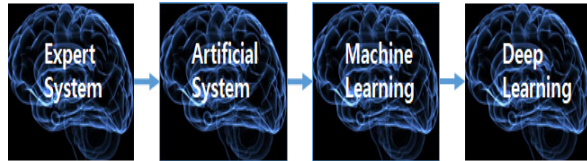
딥러닝이란 여러 비선형 변환기법의 조합을 통해 높은 수준의 추상화를 시도하는 기계학습(Machine learning) 알고리즘의 집합으로 정의되며, 간단하게는 사람의 사고방식을 컴퓨터로 구현하는 기계학습이라 할 수 있다. DNN(Deep Neural Networks), CNN(Convolutional Deep Neural Networks), DBN(Deep Belief Networks)과 같은 다양한 딥러닝 기법들이 컴퓨터 비전, 음성인식, 자연어 처리, 음성/신호 처리 등의 분야에 적용되어 최첨단의 결과들을 보여주고 있다.



〈Fig. 1〉 Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning

〈Fig. 1〉과 같이 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 관계를 정의할 수 있다. 인공지능은 4차 산업혁명을 언급할 때 가장 많이 사용되는 단어로 특정 기술 분야를 지칭하기보다는 지능적인 요소가 포함된 기술을 총칭하는 용도로 쓰인다. 머신러닝은 특정 분야를 지칭하는 단어로 인공지능 분야에서 특정 종류의 기술을 따로 묶어 부르는 이름이다. 딥러닝은 심층 신경망을 이용한 머신러닝의 일종으로 최근 인

공지능의 난제들로 꼽히던 문제들을 놀라운 성능으로 해결하면서 많은 주목을 받고 있다<sup>8)</sup>.



〈Fig. 2〉 History of Artificial Intelligence

인공지능의 발전사 〈Fig. 2〉를 살펴보면 전문가 시스템은 1950~1980년, 인공 신경망은 1980~1990년, 기계 학습은 1990~2010년, 딥러닝은 2010년부터 지금까지 발전해 오고 있다. 딥러닝은 인공신경망(Artificial Neural Networks)을 기반으로 설계된 개념으로 1982년 소개된 Neocognitron<sup>4)</sup> 그리고 1950년대에 인공지능과 관련하여 연구가 시작되었으나 인공지능은 다양한 한계에 부딪혀 연구와 투자가 장기간 침체되었다.

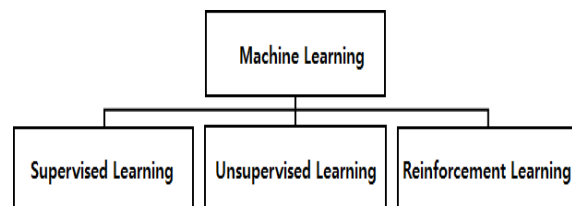
최근 빅데이터와 컴퓨터 하드웨어의 성장으로 기술 구현의 한계를 극복하면서 기계학습, 딥러닝 등 다양한 모습으로 발전하고 있는 중이다. 최근, MIT가 2013년을 빛낼 10대 혁신기술로 선정하고 Gartner사가 2014 세계 IT 시장 10대 주요 예측에 포함시키는 등 최근 들어 인공지능을 기반으로 딥러닝 기술에 대한 관심이 급속도로 높아지고 있다.

## 2.2 구성요소

머신러닝의 부분집합으로서 발전되고 있는 딥러닝 기술은 심층 신경망을 기반으로 하는 인공신경망 알고리즘 중에서 여러 개의 층으로 이루어진 신경망을 의미한다<sup>5)</sup>. 한 층은 여러 개의 노드로 이루어져 있고 노드에서는 실제로 연산이 일어나는데, 이 연산 과정은 인간의 신경망을 구성하는 뉴런에서 일어나는 과정을 모사하도록 설계되어있다. 노드는 일정 크기 이상의 자극을 받으면 반응을 하는데, 그 반응의 크기는 입력 값과 노드의 계수(또는 가중치, Weights)를 곱한 값과 대략 비례하게 된다.

일반적으로 노드는 여러 개의 입력을 받으며 입력의 수만큼 계수를 가지고 있다. 따라서 이 계수를 조절함으로써 여러 입력에 다른 가중치를 부여할 수 있으며 최종적으로 곱한 값들은 전부 더해진다. 그 합은 활성화 함수(Activation function)의 입력으로 들어가게 되고 활성화 함수의 결과가 노드의 출력에 해당하며 이 출력 값이 분류나 회귀 분석에 쓰이게 된다.

## 2.3 학습종류에 따른 분류



〈Fig. 3〉 Types of machine running

머신러닝은 학습 데이터의 레이블(Label)의 유무에 따라 지도 학습과 비지도 학습으로 나눌 수 있다. 여기서 레이블이란, 학습 데이터의 속성을 무엇을 분석할 지에 따라 정의되는 데이터를 뜻한다. 머신러닝의 종류는 〈Fig. 3〉과 같이 크게 지도 학습, 비지도 학습, 강화 학습으로 나눌 수 있다.

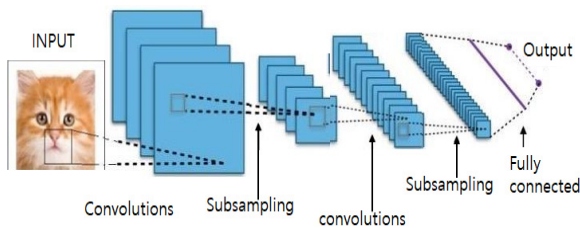
지도 학습(Supervised learning)은 사람이 각각의 입력(x)에 대해 레이블(y)로 표현된 데이터를 컴퓨터에 전달하면 컴퓨터는 데이터를 이용해 학습하는 것이다. 사람이 직접 개입하므로 정확도가 높은 데이터를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 대신에 사람이 직접 레이블을 달아야 하므로 인건비 문제가 있고, 따라서 구할 수 있는 데이터 양도 적다는 문제가 있다.

비지도 학습(Unsupervised learning)은 사람 없이 컴퓨터가 스스로 레이블 되어 있지 않은 데이터에 대해 학습하는 것이다. 즉, y없이 x만 이용해서 학습하는 것이다. 정답이 없는 문제를 푸는 것이므로 학습이 맞게 되었는지 확인할 길은 없지만, 인터넷에 있는 거의 모든 데이터가 레이블이 없는 형태

로 있으므로 앞으로 기계학습이 나아갈 방향으로 설정되어 있기도 하다. 통계학의 군집화와 분포 추정 등의 분야와 밀접한 관련이 있다.

강화 학습(Reinforcement learning)은 위의 두 문제의 분류는 지도의 여부에 따른 것이었는데, 강화 학습은 조금 다르다. 강화 학습은 현재의 상태(State)에서 어떤 행동(Action)을 취하는 것이 최적 인지를 학습하는 것이다. 행동을 취할 때마다 외부 환경에서 보상(Reward)이 주어지는데, 이러한 보상을 최대화 하는 방향으로 학습이 진행된다. 이러한 보상은 행동을 취한 즉시 주어지지 않을 수도 있으며 지연된 보상 때문에 문제의 난이도가 대폭 상승하며, 신뢰 할당 문제라는 난제가 발생하는 원인이 된다.

### 3. 딥러닝 알고리즘

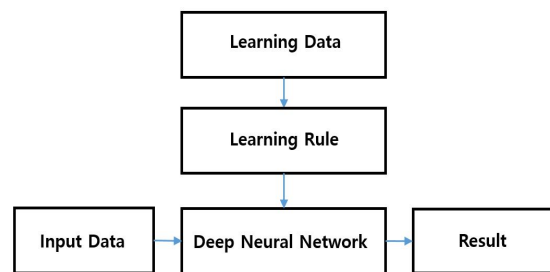


〈Fig. 4〉 CNN model

공신경망 자체는 꽤 오랫동안 존재해 왔고, Convolution Neural Network(CNN) 〈Fig. 4〉 같은 신경망 모델도 80년대에 활발히 연구되었던 주제이나 컴퓨터 성능 문제로 이론적인 연구로만 가능했었다. 2010년이 지나며 컴퓨터 성능 향상과 GPU의 비약적인 성능 향상으로 인공 신경망은 딥러닝의 기본적인 기법으로 사용되기 시작하고 괄목할만한 결과들을 보여주고 있다<sup>7)</sup>. 단적인 예로, Facebook의 딥러닝 기반 얼굴인식 모델인 Deepface는 97%의 인식률을 구현하였으며 CNN 기법은 이전의 사물인식 알고리즘을 월등하게 능가하는 성능을 보였다. 구글은 이를 이용하여 알파고의 기반을 만들었고, 많은 기업들이 이 기법을 적용하여 제품 개발에 적용

하고 있다.

딥러닝은 간단하게 심층 신경망을 이용한 머신러닝 기법이라고 할 수 있다. 심층 신경망은 은닉층이 2개 이상인 다층 신경망을 의미한다. 기존의 신경망은 은닉층이 깊을수록 학습이 잘 되지 않고 성능이 떨어지는 문제를 갖고 있지만 딥러닝은 이러한 문제를 해결하였다. 심층 신경망 성능이 저하되는 원인은 학습이 완벽하게 되지 않는데 기인한다. 학습 장애의 요인으로는 그래디언트 소실(Gradient vanishing), 과적합(Overfitting), 많은 계산량 등에 기인한다. 그래디언트 소실은 활성화함수를 ReLU 함수로 바꾸고 비용함수로 Cross Entropy 함수를 사용한 학습 규칙으로 학습시키면 개선된다.



〈Fig. 5〉 Concept of deep learning

심층 신경망은 과적합 문제에 더 취약해서 딥러닝에서는 드롭아웃 기법이나 정규화를 통해 문제를 해결한다. 계산량이 많아 학습 시간이 오래 걸리는 문제는 GPU의 등장 등으로 많은 부분 해결되었다. 학습 데이터로부터 모델인 심층 신경망을 만들어 내는 알고리즘에는 학습 규칙이 사용된다. 딥러닝의 개념은 〈Fig. 5〉와 같이 설명 가능하다. 딥러닝의 가장 큰 특징은 모델의 부피를 키우고, 데이터를 넣으면 무조건적으로 그만큼의 성능 향상을 보인다는 점이다.

딥러닝(심층 신경망)과 기존의 일반적인 신경망의 핵심적인 차이점은 층의 개수이다. 전통적인 기계학습 알고리즘은 하나의 입력과 하나의 출력 층으로 이루어져 있으며 딥러닝 기법에서는 입력과 출력 층을 포함해 다수의 층 가지고 있으며 각 노드

는 각자 다른 특징을 추출하며 설계되어 여러 가지 복잡한 특징을 추출할 수 있다. 이렇게 딥러닝에서는 층마다 다른 층위의 특징이 학습 가능하다.

낮은 층위의 특징은 단순하고 구체적이며(예: 이미지를 이루는 수평선, 수직선, 대각선) 높은 층위의 특징은 더욱 복잡하고 추상적(예: 사람 모양, 자동차 모양, 고양이 모양, 얼굴 모양)이다. 이런 추상화 과정을 통해 심층 신경망이 고차원의 데이터를 이해하며 이 과정은 수십억 개의 계수가 관여한다<sup>6)</sup>.

또한 딥러닝의 특징은 빅데이터를 이용해 데이터의 잠재적인 구조를 파악할 수 있다는 점이다. 즉, 사진, 글, 비디오, 음성, 음악의 잠재적인 구조(어떤 물체가 사진에 있는지, 글의 내용과 감정이 무엇인지, 음성의 내용과 감정이 무엇인지 등)를 파악할 수 있다. 이를 통해 데이터가 라벨링 되어 있지 않아도 데이터 간의 유사성을 효과적으로 파악할 수 있으므로 데이터 군집화에 아주 좋은 성능을 발휘하게 된다.

딥러닝 기법이 일반적인 기계 학습과 다른 점은 특징 추출(Feature extraction)이 자동적으로 이루어지는 점이다. 기존에는 효과적인 특징을 추출하기 위해 관련 분야 전문가가 오랜 시간동안 직접 특징을 추출하는 수식이나 방법을 고안해야 했으나 딥러닝 기법은 이런 과정을 컴퓨터가 대신 하도록 알고리즘을 짠 것으로, 사람에 비해 훨씬 빠르고 효과적으로 수행하도록 학습시켜준다.

라벨링이 되어있지 않은 데이터를 학습하는 경우에 신경망은 데이터의 특징을 자동적으로 추출한다. 자동 추출은 여러 가지 방법이 있는데, 보통 이 과정은 신경망을 통과시켰을 때의 출력이 입력과 같아지도록 학습시켜 입력을 효율적으로 인코딩하고 다시 이를 디코딩하는 작업을 하게 된다. 딥러닝에서는 횡에 따라서 라벨링 된 데이터로 망을 어느 정도 학습시킨 뒤 라벨링이 되어있지 않은 데이터를 추가하여 계속 학습시켜 성능을 극대화할 수 있는 것이 특징이기도 하다.

딥러닝(심층 신경망)의 마지막 층은 출력층이다.

출력층의 활성화 함수는 로지스틱(Logistic) 혹은 소프트맥스(Softmax)인 경우가 대부분이며 출력층에서는 최종적으로 특정 라벨의 확률을 구할 수 있다. 예를 들어 사진을 입력으로 넣었을 때 사진의 물체가 사람인지, 고양이인지, 개인지 각각의 확률을 구할 수 있다.

## 4. 건축에서의 응용분야

건축 분야에서 딥러닝을 기반으로 연구되고 있는 분야 중 몇 가지 예는 다음과 같다.

- Structural engineering applications

구조공학 응용 프로그램 관련 CNN 기법을 사용한 딥러닝 기술의 구조 및 설계 문제에 대한 심층적인 분석 및 Solution을 제공하는 연구 및 적용이 이루어지고 있다<sup>7)</sup>.

- GIS based BIM with AR/VR technology

BIM 작업 시 GIS 정보와 함께 AR/VR 기법을 이용하면 건물 설계 시 실제로 공간과 건물의 완성된 모습을 실시간으로 파악할 수 있다.

- Smart construction

GIS based BIM with AR/VR technology 개념을 확장하여 도시 전체나 일정 지역의 대규모 공사 시 ICT 플랫폼을 구축하여 공사를 진행하는 방식을 말한다.

- 인공지능을 이용한 건축 설계

인공지능을 이용한 새로운 건축 디자인 방법을 찾는 다양한 연구가 진행되고 있다.

## 5. 결론

4차 산업혁명 시대의 긍정적인 효과는 우리의 생활이 사물 인터넷 기반의 환경으로 변해가고 딥러닝으로 학습되고 발전되는 인공지능이 우리의 일

상적인 반복 노동 또는 대량의 일들을 효율적으로 처리할 수 있다는 점이다. 특히 일반인에게 있어서 4차 산업혁명은 일상 노동, 가사 노동에서의 해방으로 다가올 가능성이 많다.

아침에 인공지능 비서의 일정을 듣고, 무인자동차로 회사에 출근하고, 스마트 사무실에서 전 세계를 연결한 가상회의를 하고, 퇴근 후 스마트 홈에서의 자동으로 이루어지는 빨래, 청소, 요리, 온도관리 등등의 가사 노동 등 집에서 취침할 때까지 이루어지는 일상 노동들이 IoT 기술과 인공지능의 기술로 자동으로 대체되는 시대가 오고 있다.

융합 IT 기술의 미래는 인공지능과 딥러닝의 발전으로 급격한 변화가 있을 것이 명백하다. 이러한 기술들은 모두 우리가 살아가는 공간을 배경으로 이루어진다. 4차 산업혁명의 정점에는 공간과 구조를 기반으로 하는 건설/환경 IT 분야가 있다. 이러한 4차 산업혁명을 통한 발전의 기반이 되는 스마트 홈, 빌딩 및 도시는 우리의 미래 생활의 효율성과 편의성을 증진시키는 중심이 될 것이다.

## 감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (316033-4)

## References

1. Mahdi Hashemi, Abolghasem Sadeghi -Niara ki, A Theoretical Framework for Ubiquitous Computing, 2016.
2. Steven Spielberg, Minority Report, 2002.
3. Schwab, Klaus, "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond", 2016.
4. Kuniyuki Fukushima, Sei Miyake, Neocognition: A new algorithm for pattern recognition tolerant of deformations and shifts in

position, Pattern Recognition Vol 15, 1982, pp.455-469.

5. Y. Bengio, et al, Representation Learning: A Review and New Perspectives, IEEE Trans, PAMI, special issue Learning Deep Architectures, 2013.
6. G. Marcus., Is "Deep Learning" a Revolution in Artificial Intelligence?, The New Yorker, 2012.
7. Seunghye Lee, Jingwan Ha, Mehriniso Zokhirova1, Hyeonjoon Moon, Jaehong Lee, Background Information of Deep Learning for Structural Engineering, 2017.
8. Sungphil Jee, Machine Learning to Convolutional Neural Networks - First step to Deep Learning, Hanvit Media, 2016.