

AI 비전공자를 위한 기초 수학 1: 선형 대수학

Math for AI Beginner Part 1: Linear Algebra

Week 1: Introduction of AI

Yongjin Yoon



Full time job



Incubating & Founder



Mentor and Association



Rolls-Royce®

Dr. Yoon obtains his Ph.D. degree in Mechanical Engineering with two Master degrees from Mechanical Engineering and Electrical Engineering from Stanford University. Dr. Yoon also obtains his Ph.D. minor in Management Science and Engineering during his graduate study in Stanford. His current research activities include developing Lab-Chip biosensors, medical devices, hearing mechanics, and 3D printing for bio research. Besides research, Dr. Yoon is interested in an academic-based entrepreneur career as a start-up accelerator. For the past years, he has been actively incubating start-ups and research based spin-off companies, where he took the lead to raise startup funding from government entities and renowned global venture capitals.

윤 용진 교수는 미국 스탠포드 대학교에서 기계공학 석사 (2004년), 전자공학 석사 (2008년), 기계공학 박사 및 경영 공학 박사 부전공 (2009년) 학위를 받았다. 2010년 1월 ~ 2018년 8월까지 싱가포르 난양 공과 대학교 (NTU) 기계 항공 공학부 교수로 재직했으며, 현재 카이스트 기계공학과 부교수로 재직 중이다.

연구분야로는, Ultra-fast Hologram 3D/4D Printing, Future Power Source for Unmanned Vehicle, Cochlea Mimicking Electro Acoustic Sensor, Lab on a Chip Biosensor, 3D printing 공정 및 응용 등을 연구하고 있으며, 다수의 Global Start-up 창업 경력과 Incubating 및 투자 경험을 바탕으로 국내 외 대학, 기관, 회사, 및 협회와 함께 Stanford Design Thinking 글로벌 창업 강의도 활발히 진행 하고 있다. 창업 관련 관심 분야는 ASEAN 창업 경영, 3D Printing 을 활용한 Stanford Design Thinking 창업 교육, 한국 Start-up 기업의 글로벌 창업 지원, 교내 교원/학생 기술 창업 정책 등이다.

윤 용진 교수의 JDL@KAIST 는 특히, 싱가포르 (NTU, NUS, KILSA) 와 실리콘 벨리 (Stanford University, UC Berkely, K-Group)와의 다양한 협업을 통해, Global Research Network 을 기반으로 한 글로벌 선도 기술 및 기술 사업화를 지향한다.

Basic Introduction of Artificial Intelligence

Q1

인공지능이란 무엇인가요?

Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?

Q3

4차 산업혁명? 인공지능?

Q4

인공지능을 이해하는데 수학이 필요한가요?

Q1

인공지능이란 무엇인가요?



Q1

인공지능이란 무엇인가요?

인공지능(人工知能, 영어: artificial Intelligence, **AI**)은 인간의 학습능력, 추론능력, 지각능력, 논증능력, 자연언어의 이해능력 등을 인공적으로 구현한 컴퓨터 프로그램 또는 이를 포함한 컴퓨터 시스템이다 (출처: 위키피디아)

1. 인간과 닮은 지능을 가진 기계나 시스템
2. 목적을 달성하기 위해 만든 인간 지능과 닮은 기술

Q1

인공지능이란 무엇인가요?

1. 인간과 닮은 지능을 가진 기계나 시스템
2. 목적을 달성하기 위해 만든 인간 지능과 닮은 기술

인식
(시각, 청각, 촉각,
후각, 미각)

이해
(학습, 분석)

반응
(결과)

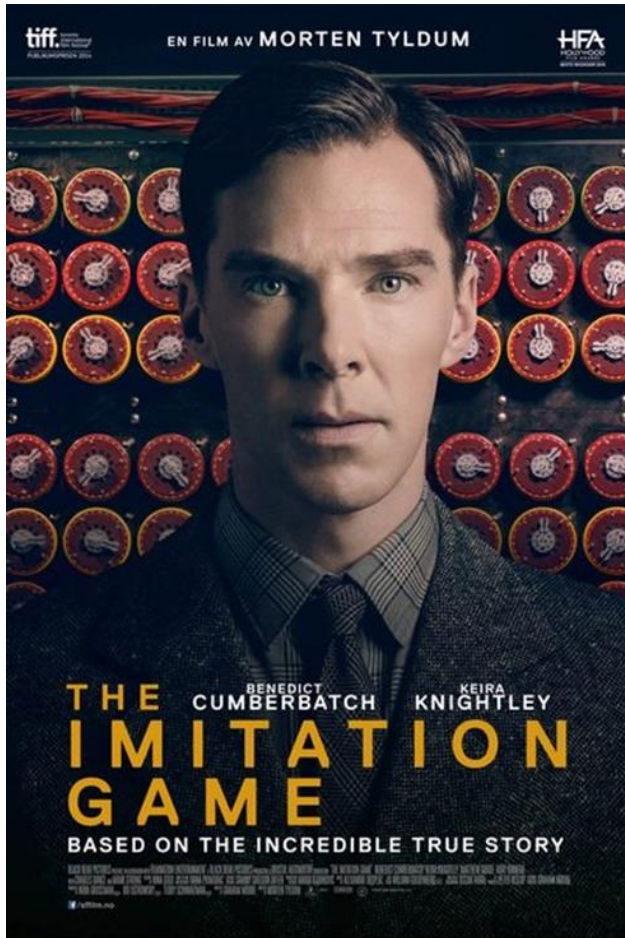
카페 노래 틀어줘



네, 인기 차트
1순위 카페
노래
재생합니다.

Q1

인공지능이란 무엇인가요?



인공지능의 아버지
앨런 튜링 (Alan Turing)

기계가 인간과 같은 지능은
가질 수 있을까?

그럼, 어떤 기계가
생각한다고 할 수 있을까?

“인간과 대화를 주고받은 수
있는 기계는 지능이 있다”
(Alan Turing)

Q1

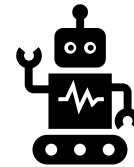
인공지능이란 무엇인가요?

Turing Test (1950)

너 이름이 뭐니?



이름은 사람을 부를 때 쓰는거야



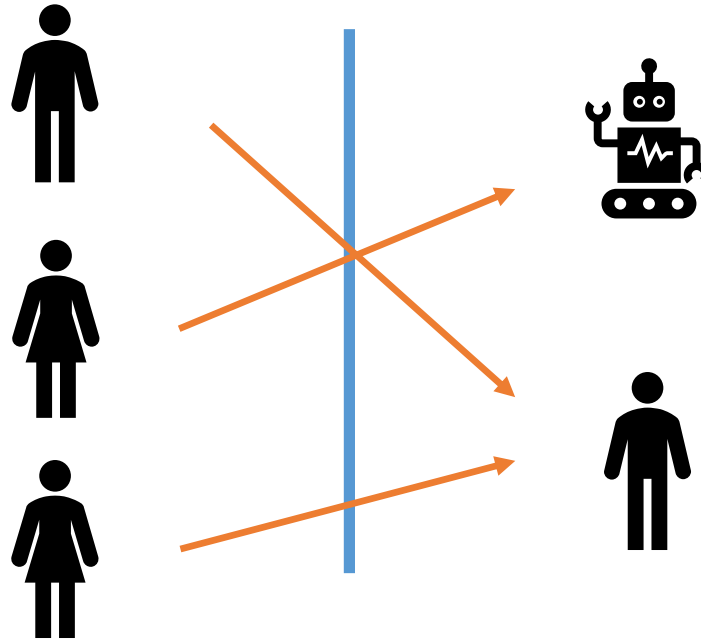
난 윤용진이야

5분간 질문하여 사람인지 기계인지 판별

Q1

인공지능이란 무엇인가요?

Turing Test (1950)

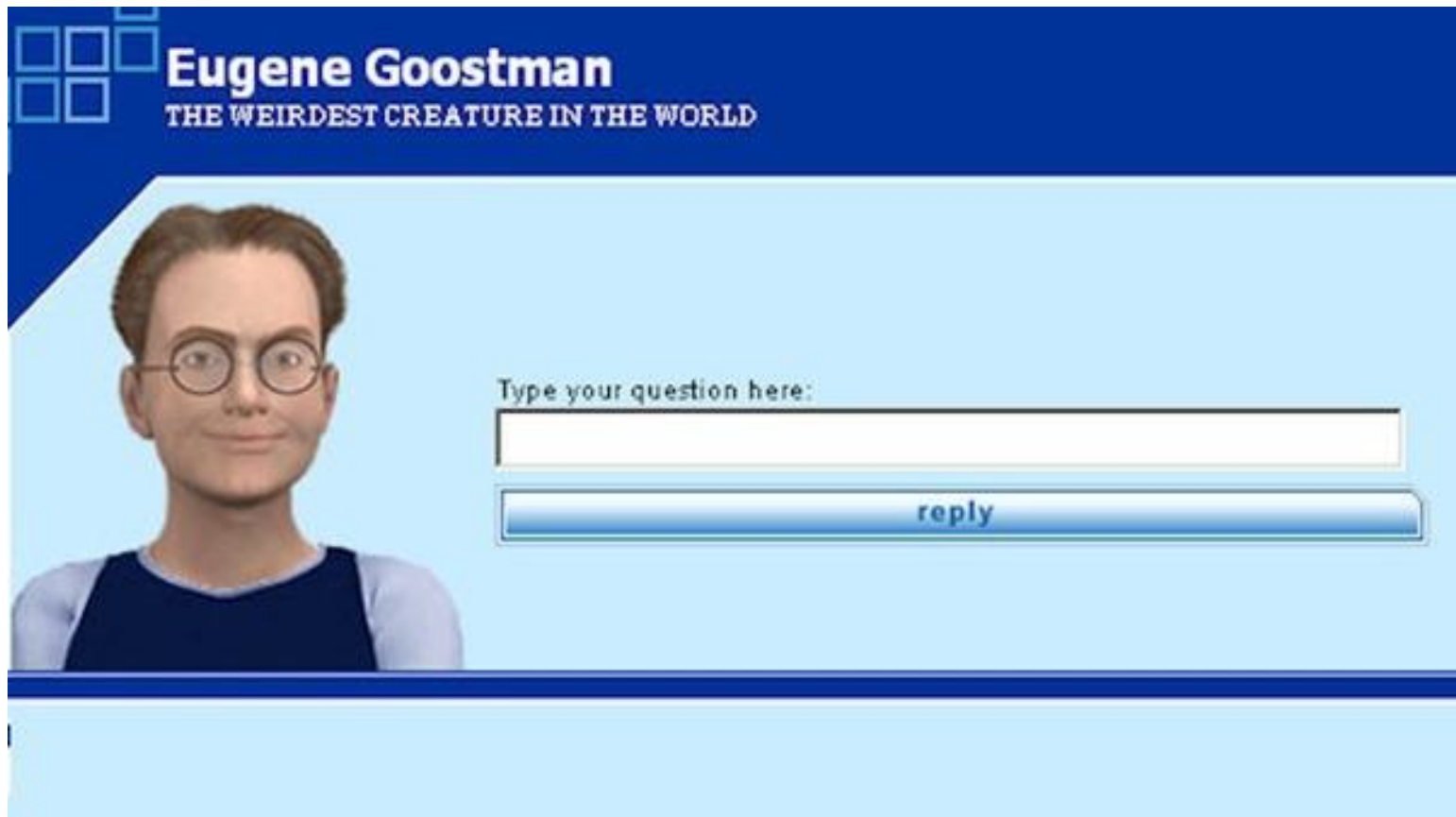


3명중 최소 1명이 기계를 인간으로 지명하면 Turing Test 통과!

Q1

인공지능이란 무엇인가요?

2014년 유진 구스트만이 최초 Turing Test 통과
(13세 파키스탄 소년)



Q1

인공지능이란 무엇인가요?

2018 Google Duplex Demo (Google I/O)



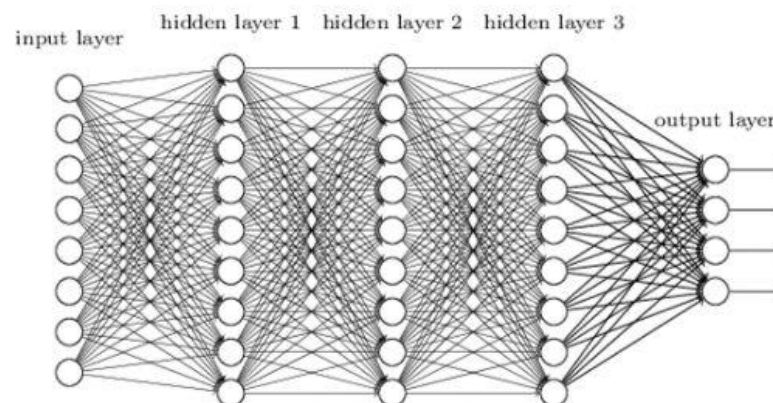
"Hello, how can I help you?"

Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?



Deep neural network



Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?

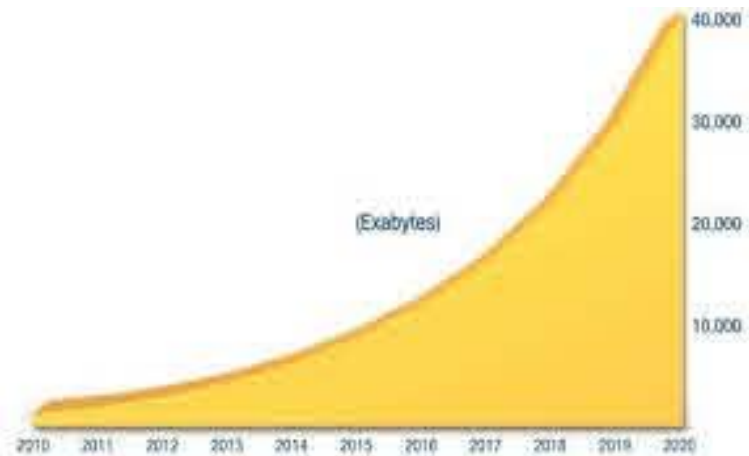
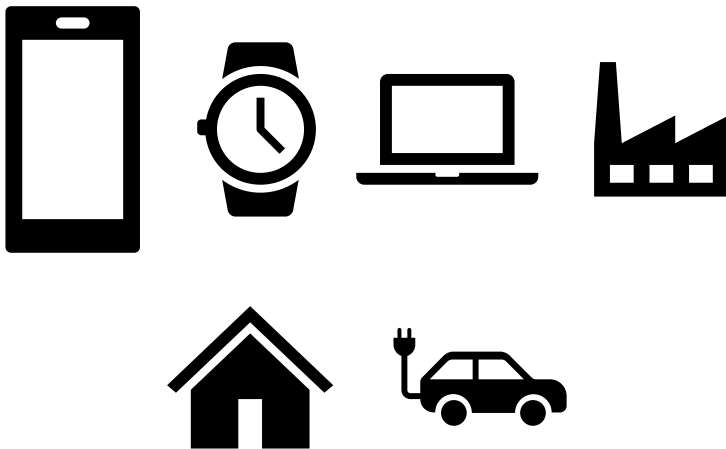


(1 exabyte= 1000000 terabytes)

2005: 130 Exabytes

2010: 1,200 Exabytes

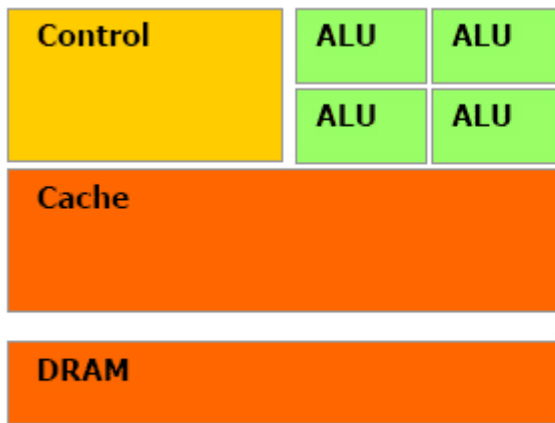
2020: 40,900 Exabytes



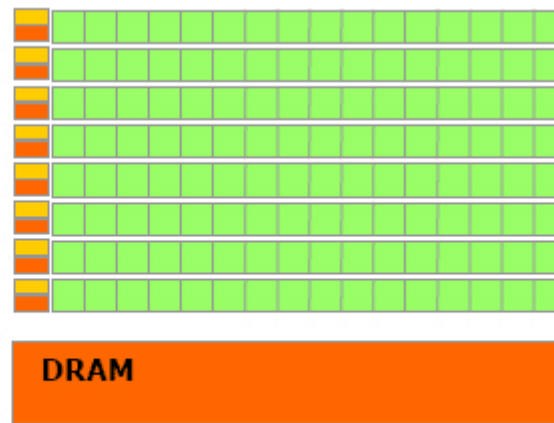
(www.whizpr.be IDC Digital Universe Study)

Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?



CPU

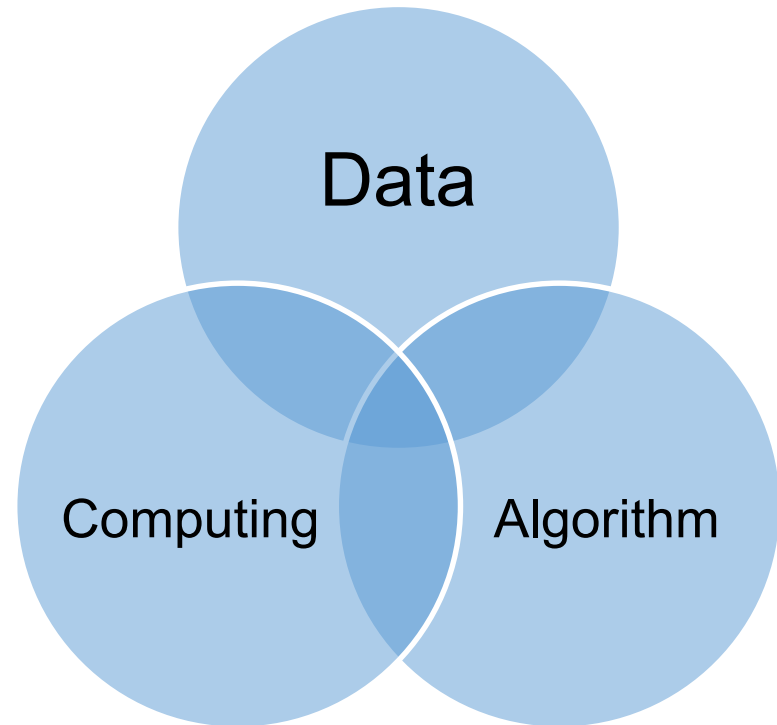


GPU



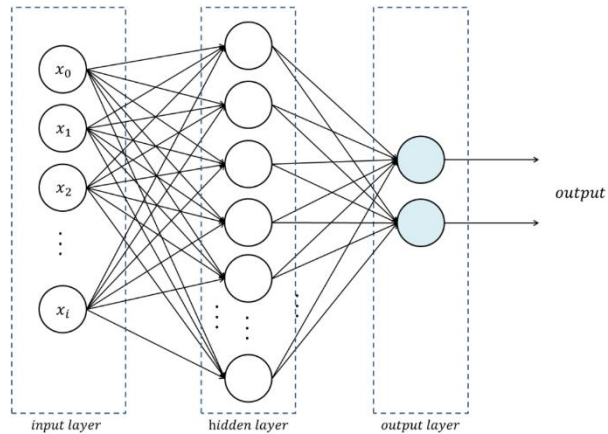
Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?

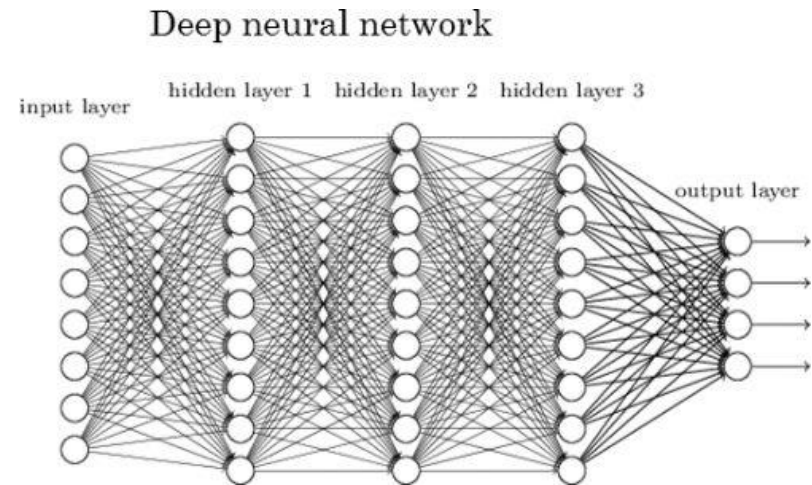


Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?



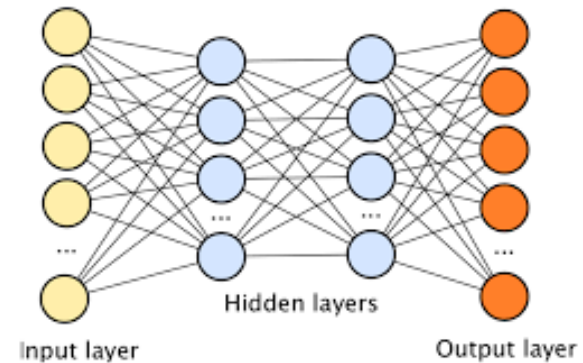
얕은 학습
Feedforward neural networks



깊은 학습 (Deep Learning)
Deep neural networks

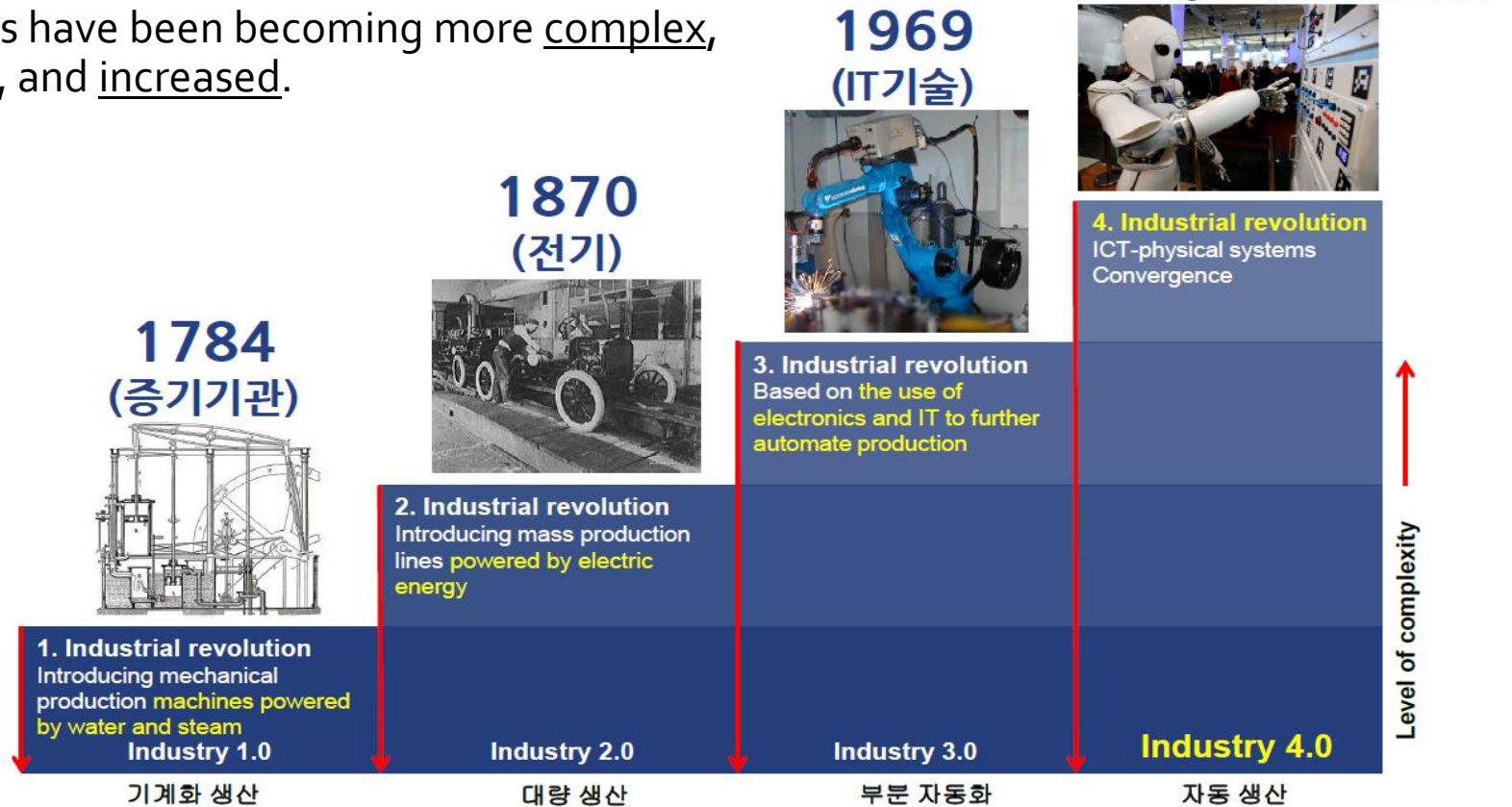
Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?



The Industrial Revolutions

Products have been becoming more complex, smarter, and increased.



※ Source: DFKI (독일인공지능연구소) 2011 / 현대경제연구원

4th Industrial Revolution: Cyber x Physical

인공지능

물리적공간



**Germany (2014):
Industry 4.0,
Smart Factory
Siemens/ADIDAS**

**IoT
Bigdata/Block
Chain
AI
3D Printing
Robots/Drone
UAV**

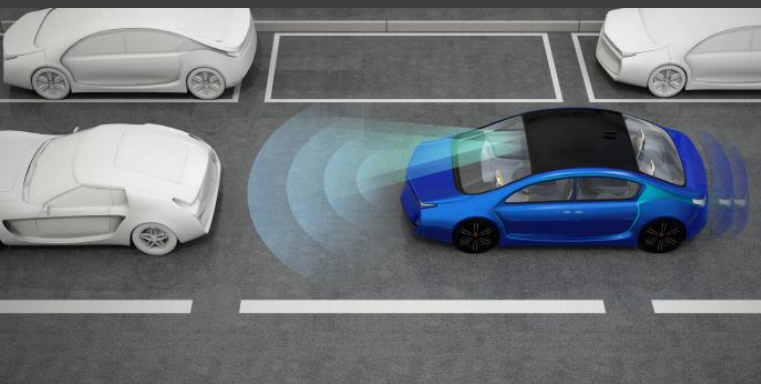


4th Industrial Revolution example: Smart Factory



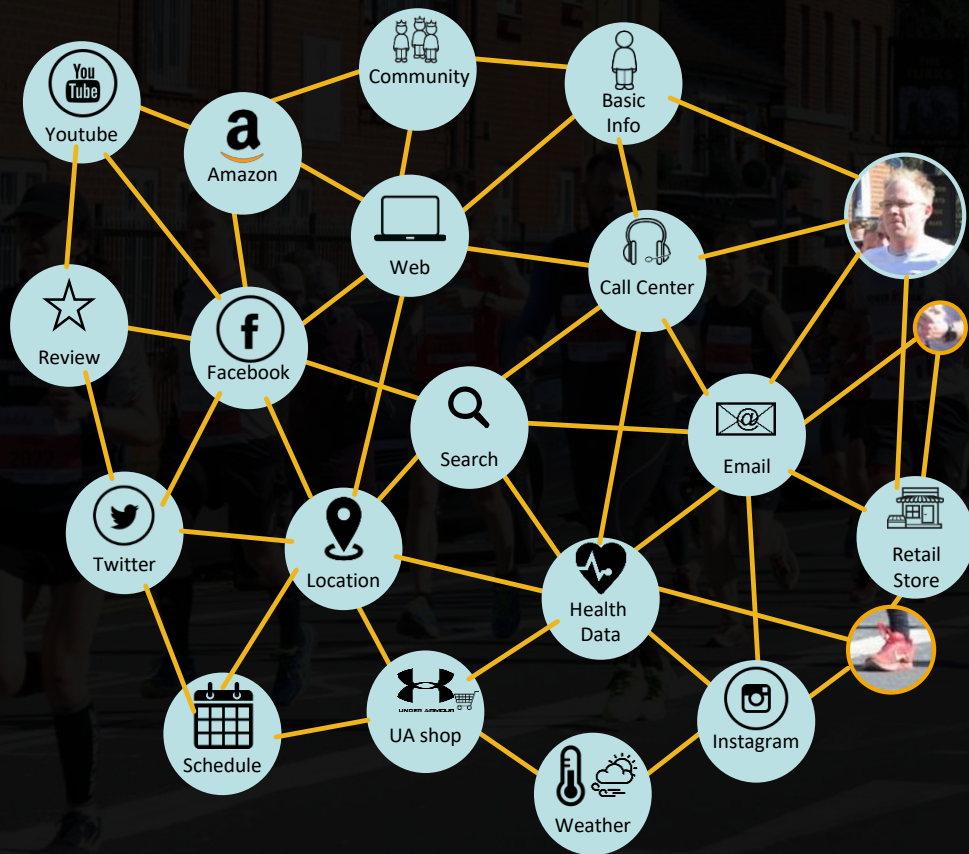
4th Industrial Revolution example: Smart Home

CPS: Cyber physical System




4th Industrial Revolution
example: Autonomous Car


Example: Under Armour's Design Process



Live Customer Profile 기반
Personalized Offering 제공

2016.07.30 
대회 연습용 쿠셔닝
강화 마라톤화 제안



2016.09.01 
11월 뉴욕마라톤용
오렌지색 Gore-Tex
가을자켓 프로모션



Example: Under Armour's Omni-Personalization

Wearable
Devices
& Platform

1억9천만
Social Network
Users

MATH HOUSE

POWERED BY
SAP



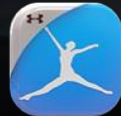
온오프 판매 data (0.1억건)

+



User Activity data (26억건)

+



식이(Diet) data (96억건)

UNDER ARMOUR
CONNECTED FITNESS



TOKYO



SAN FRANCISCO



Q1

인공지능이란 무엇인가요?

Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?

Q3

4차 산업혁명? 인공지능?

Q4

인공지능을 이해하는데 수학이 필요한가요?

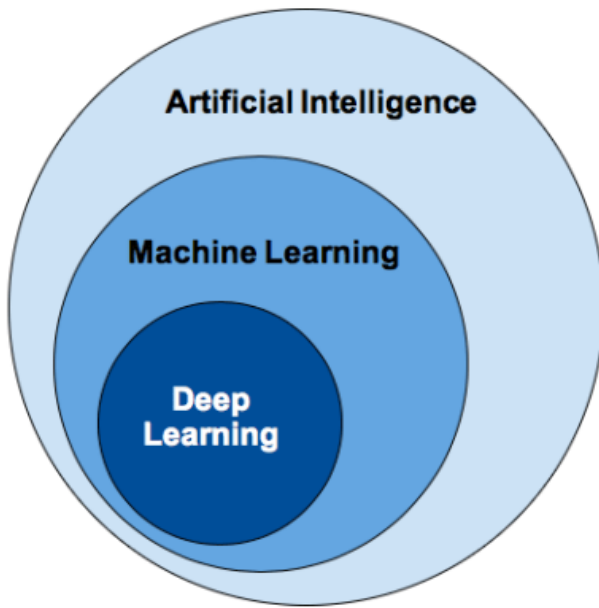
Basic Introduction of Artificial Intelligence & Why Math?

Internet of Things – Big Data – Machine Learning

지도학습/비지도학습/강화학습 이란?

인공지능과 기초수학 (예: Deep Learning)

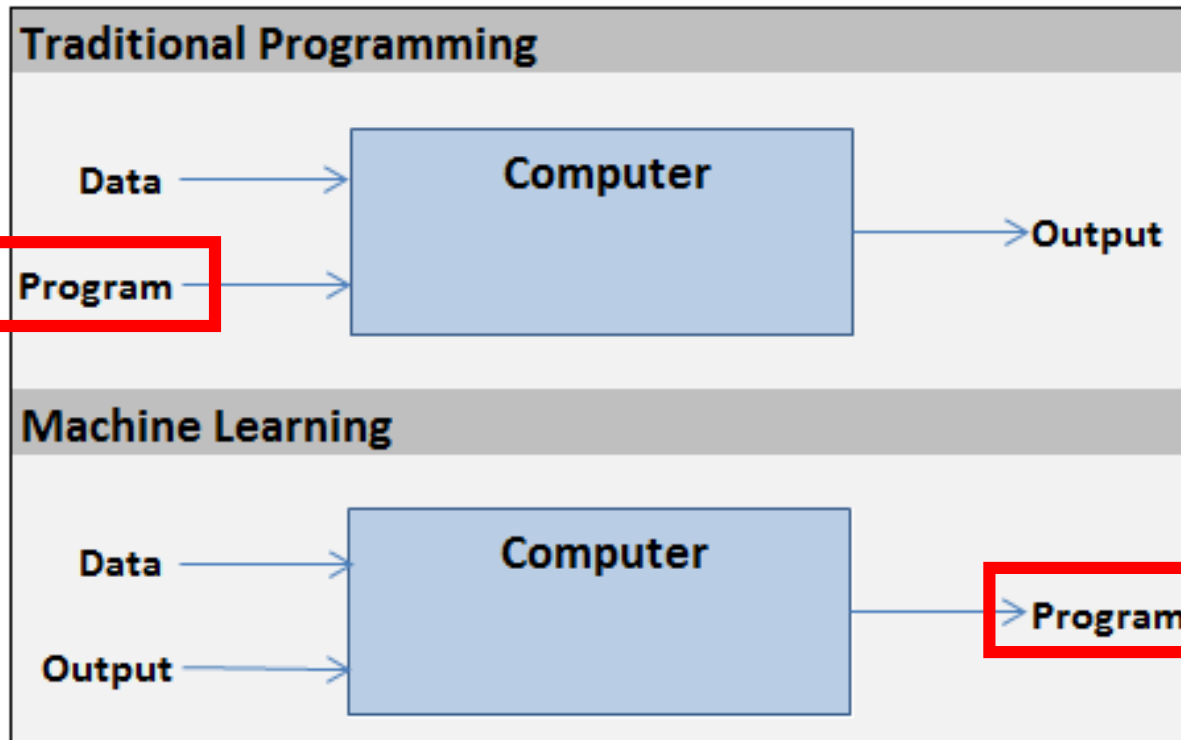
Deep Learning, Machine Learning, Artificial Intelligence



Machine learning is an application of artificial intelligence (AI) that provides systems the ability to **automatically learn** and improve from experience without being explicitly programmed.

“기존 Computer Program” vs “Machine Learning”

연산,
함수,
시스템,
Matrix



연산,
함수,
시스템,
Matrix,

Machine Learning 이 잘 푸는 문제들

분류

동물 사진 분류
숫자 이미지 분류

회귀

설탕 섭취량에 따른 혈당 수치
평균 연령에 따른 연간 독서량

예측

내년 아버지의 혈당 수치
내년 40대의 연간 독서량

그룹화

인기 상품 추천
SNS 친구 추천

이상값 감지

주식 조작 거래 감지
암세포 감지

강화학습

게임 (체스, 스타크래프트, 알파고)
로봇 (스마트 팩토리)
자율주행 자동차

Machine Learning 의 종류

분류

회귀

예측

Supervised Learning = 지도(감독) 학습

그룹화

이상값 감지

Un-Supervised Learning = 비지도(비감독) 학습

강화학습

Reinforcement Learning = 강화 학습

Machine Learning 의 종류

분류

회귀

예측

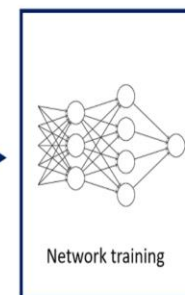
Supervised Learning = 지도(감독) 학습



(출처: 기생충)

0000000000000000
1111111111111111
2222222222222222
3333333333333333
4444444444444444
5555555555555555
6666666666666666
7777777777777777
8888888888888888
9999999999999999

Data & Labels



0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Handwritten digit

Machine Learning 의 종류

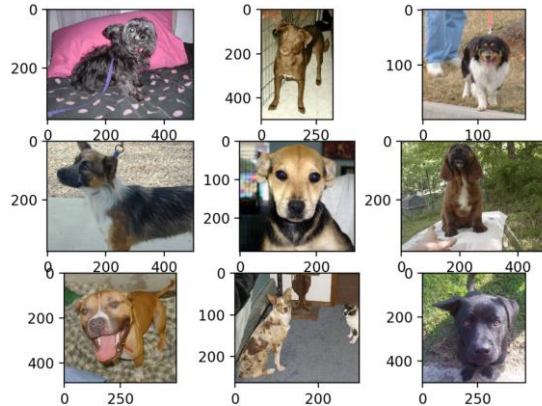
분류

회귀

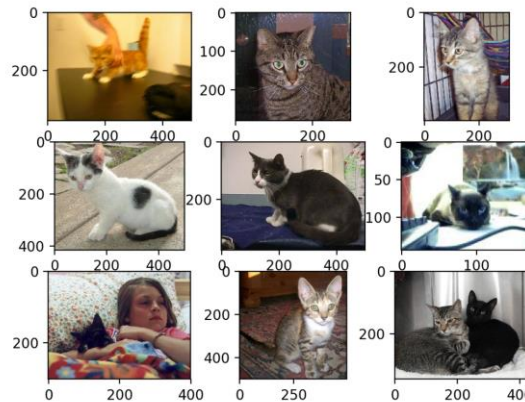
예측

Supervised Learning = 지도(감독) 학습

These are dogs.



These are cats.



What's this?



It's 99% dog.

Machine Learning 의 종류

그룹화

이상값 감지

Un-Supervised Learning = 비지도(비감독) 학습

정답 x
데이터의 특징이 중요

Clustering



sample



Cluster/group

Machine Learning 의 종류

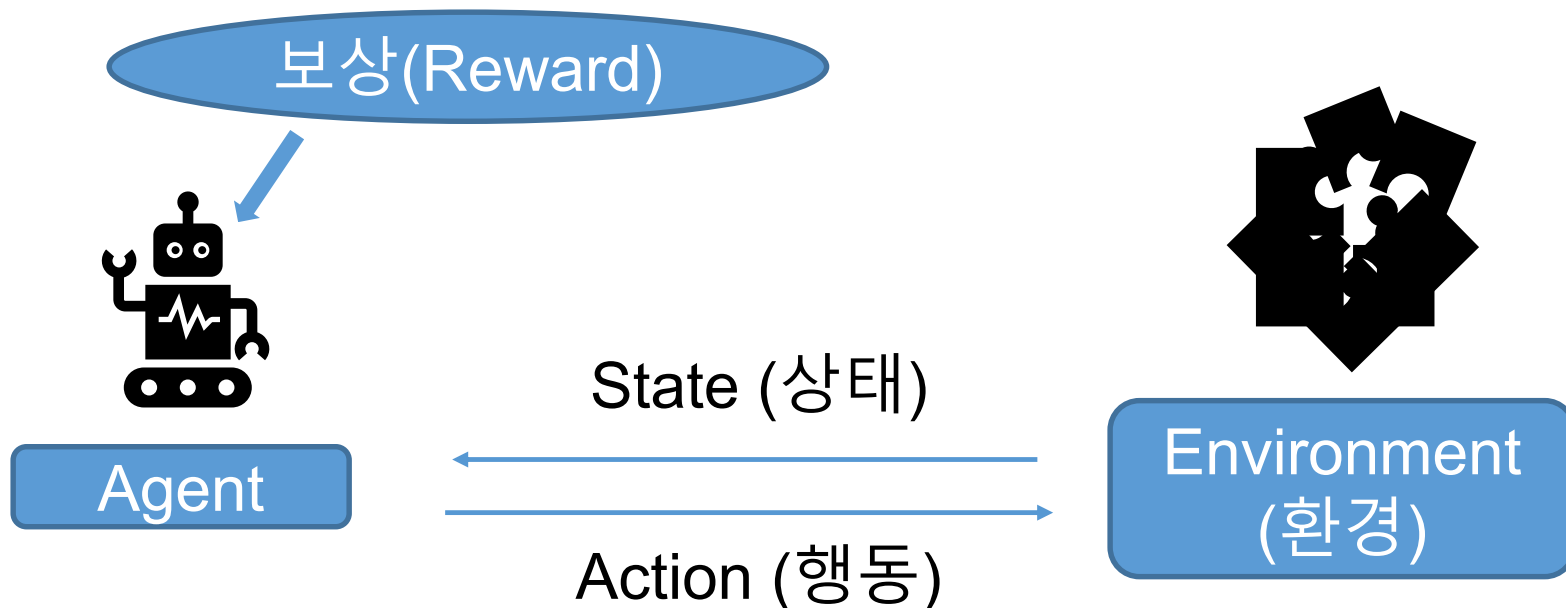
강화학습

Reinforcement Learning = 강화 학습

보상 제공 (정답에 가까울수록)

인과관계

경험데이터 학습



Q1

인공지능이란 무엇인가요?

Q2

인공지능은 왜 이제서야 나타났나요?

Q3

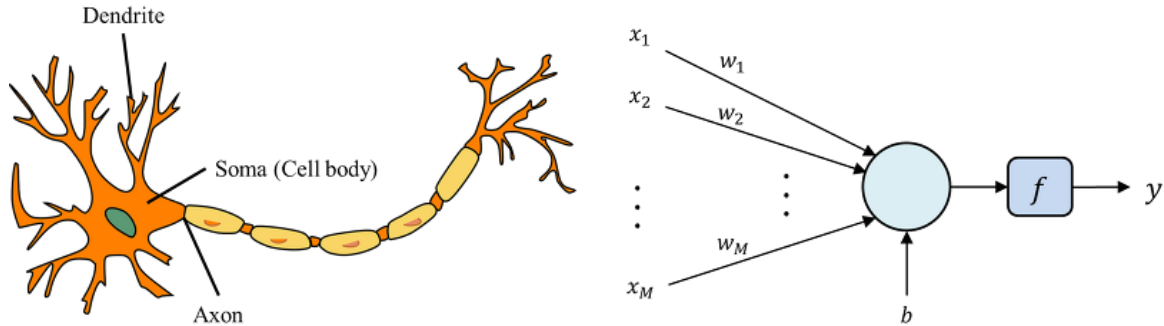
4차 산업혁명? 인공지능?

Q4

인공지능을 이해하는데 수학이 필요한가요?

인공지능과 선형대수학 (Deep Learning)

Artificial Neural Network (인공 신경망, ANN)

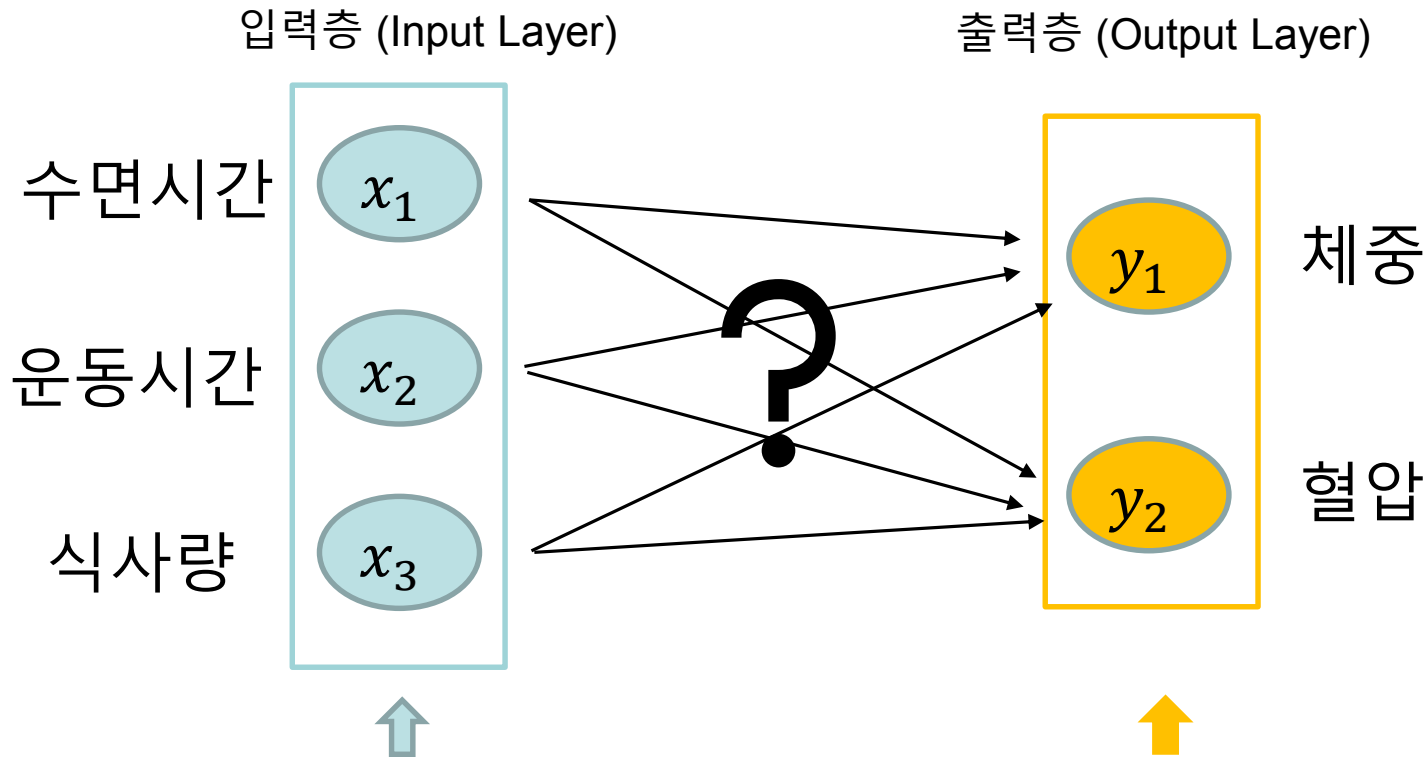


Dendrite: 전기적 신호를 통해 입력 신호를 받는 기능을 수행함.
Artificial neuron에서는 벡터의 형태로 입력된 데이터 $x=[x_1 \ x_2 \dots x_M]$ 를 전달받는 역할을 함.

Soma: dendrite를 통해 전달받은 입력을 합산하는 기능을 수행함.
Artificial neuron에서는 각각의 dendrite의 입력에 weight라고 하는 $w=[w_1 w_2 \dots w_M]$ 를 곱하여 합산함. 이때 b 는 bias라고 하는 linear function의 상수항임.

Axon: soma에서 계산된 값을 출력함. Artificial neuron에서는 soma에서 출력된 값을 activation function f 에 입력하여 계산된 output y 를 전달함.

인공지능과 선형대수학 (Single Layer ANN)



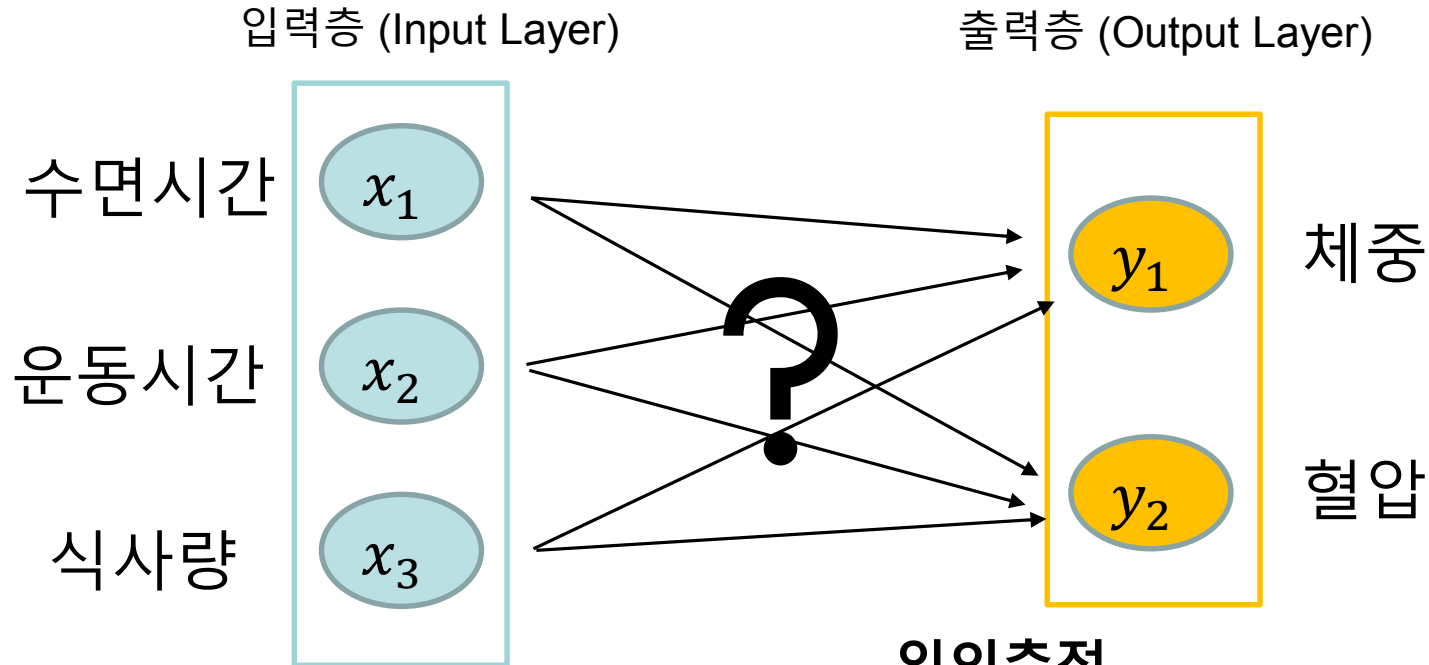
폴이) 수면시간: 6 운동시간: 3 식사량 2500 → 체중 70 kg/ 혈압 110

순이) 수면시간: 4 운동시간: 1 식사량 1800 → 체중 50 kg/ 혈압 100

토니) 수면시간: 8 운동시간: 0 식사량 4000 → 체중 100 kg/ 혈압 130

인공지능과 선형대수학 (Single Layer ANN)

또이) 수면시간: 6 운동시간: 3 식사량 2500 → 체중 70 kg/ 혈압 110



임의추정

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ ? & ? \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 \end{bmatrix}$$

1×3 3×2 1×2

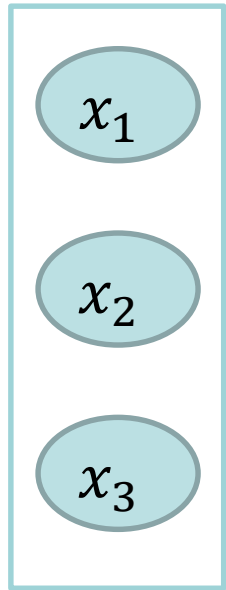
$\begin{bmatrix} 6 & 3 & 2500 \end{bmatrix}$ **최적화 (미분)** $\begin{bmatrix} 70 & 110 \end{bmatrix}$

$\begin{bmatrix} 100 & 180 \end{bmatrix}$ ← 추정 출력 값

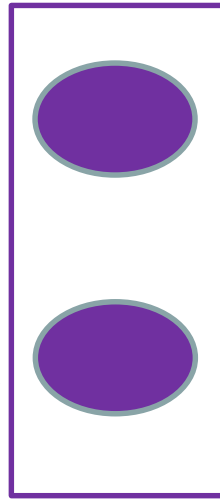
정답과의 차이

인공지능과 선형대수학 (Deep Learning)

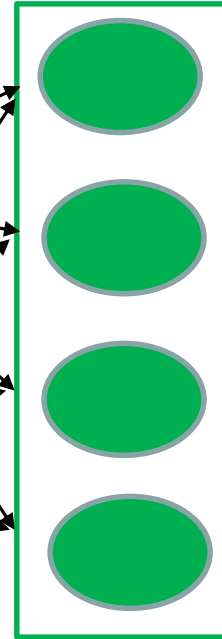
입력층 (Input Layer)



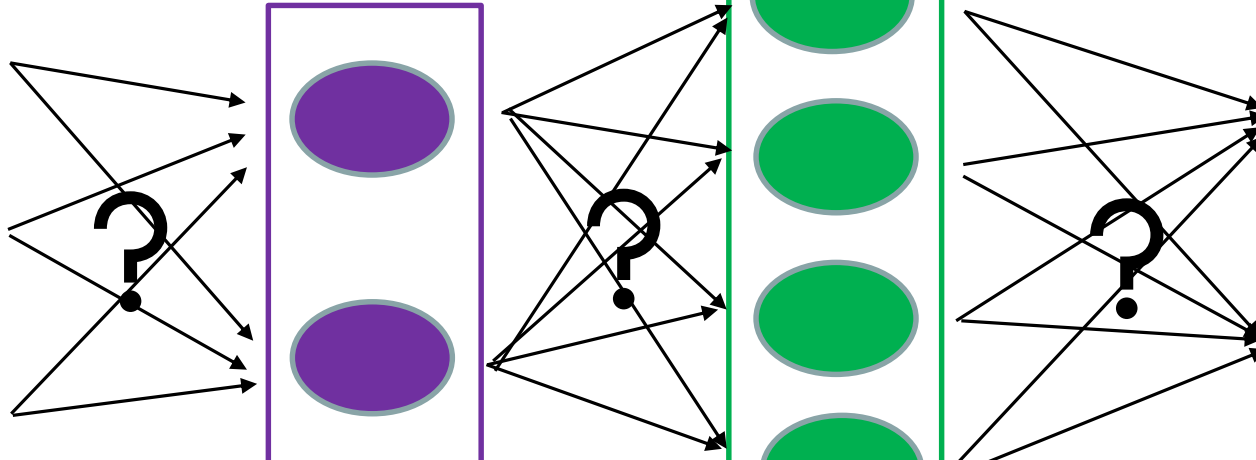
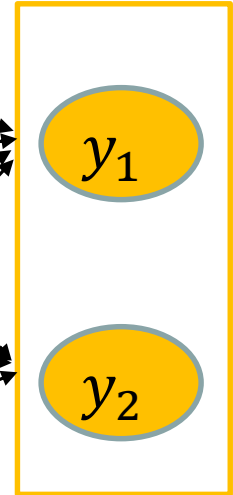
은닉층 (Hidden Layer)



Hidden Layer



출력층 (Output Layer)



Deep

$$\begin{array}{c}
 [x_1 \ x_2 \ x_3] \\
 1 \times 3
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{c} \cancel{3} \times \cancel{2} \end{array} \right] \\
 \left[\begin{array}{c} \cancel{2} \times \cancel{4} \end{array} \right] \\
 \left[\begin{array}{c} \cancel{4} \times 2 \end{array} \right]
 \end{array}
 = [y_1 y_2]
 \begin{array}{c}
 1 \times 2
 \end{array}$$

Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)

The **Support Vector Machine (SVM)** has been shown to be able to achieve good **generalization performance** for **classification of high-dimensional data sets** and its training can be framed as solving a **quadratic programming** Problem.

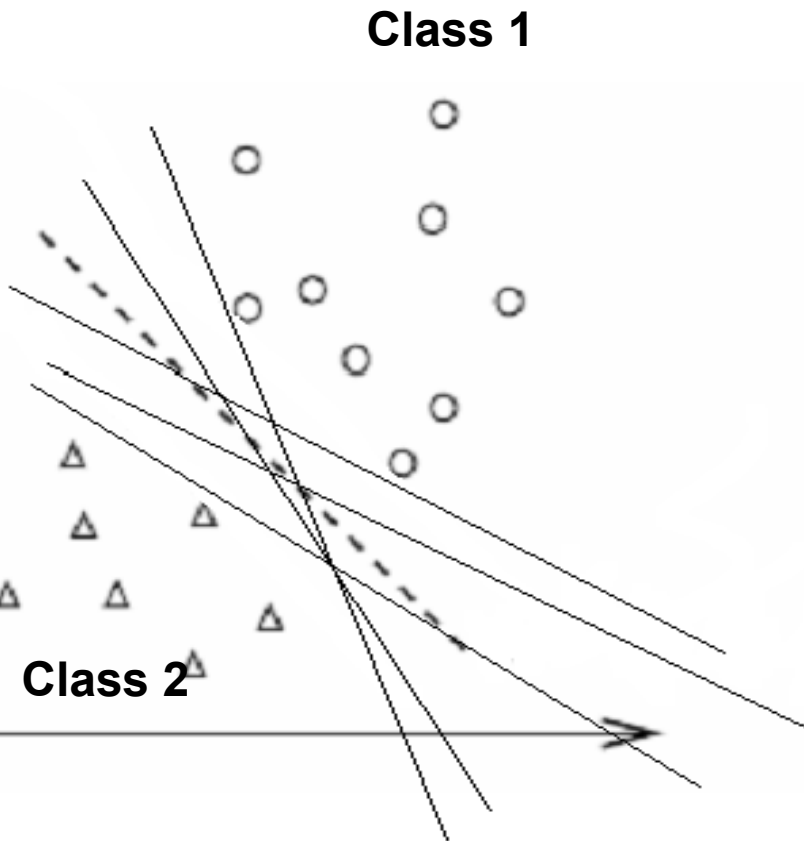
Usually we try to maximize **classification performance** for the **training data**

However, if the classifier is **too fit for the training data**, the [classification ability for **unknown data** = **generalization ability**] is **degraded**

SVM is trained so that the **direct decision function** **maximizes** the **generalization ability**

SVM 은 Machine Learning 중 **분류** 문제에 주로 쓰임!

Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)



□ Which line will classify the unseen data well?

(2차원: 직선, 3차원: 평면, 4차원 이상: Hyperplane)

Hyperplane 의 일반식

$$\underline{W^T X + b = 0}$$

where, W : normal vector of hyperplane

b : bias

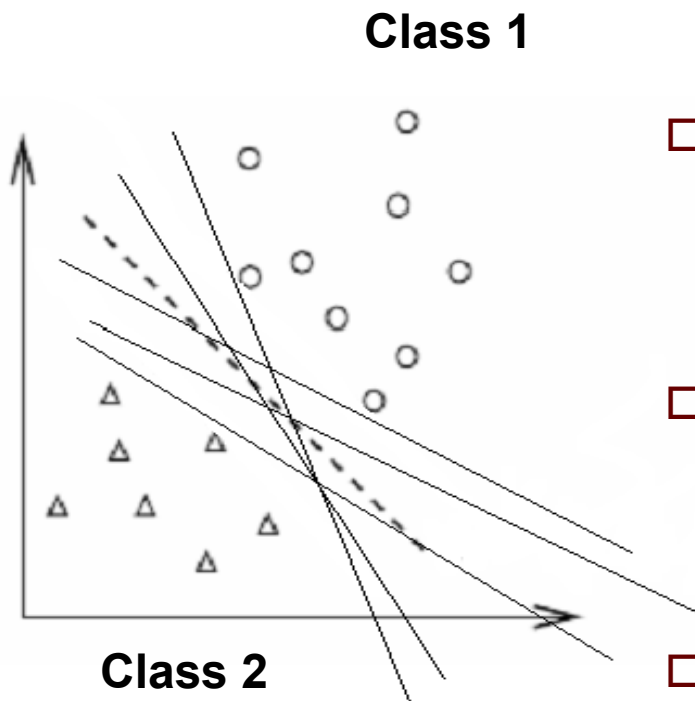
2차원 (x, y) 좌표에서의 직선: $ax+by+c=0$

$$W^T = [a \ b], X = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, c = b$$

3차원 (x, y, z) 좌표에서의 평면: $ax+by+cz+d=0$

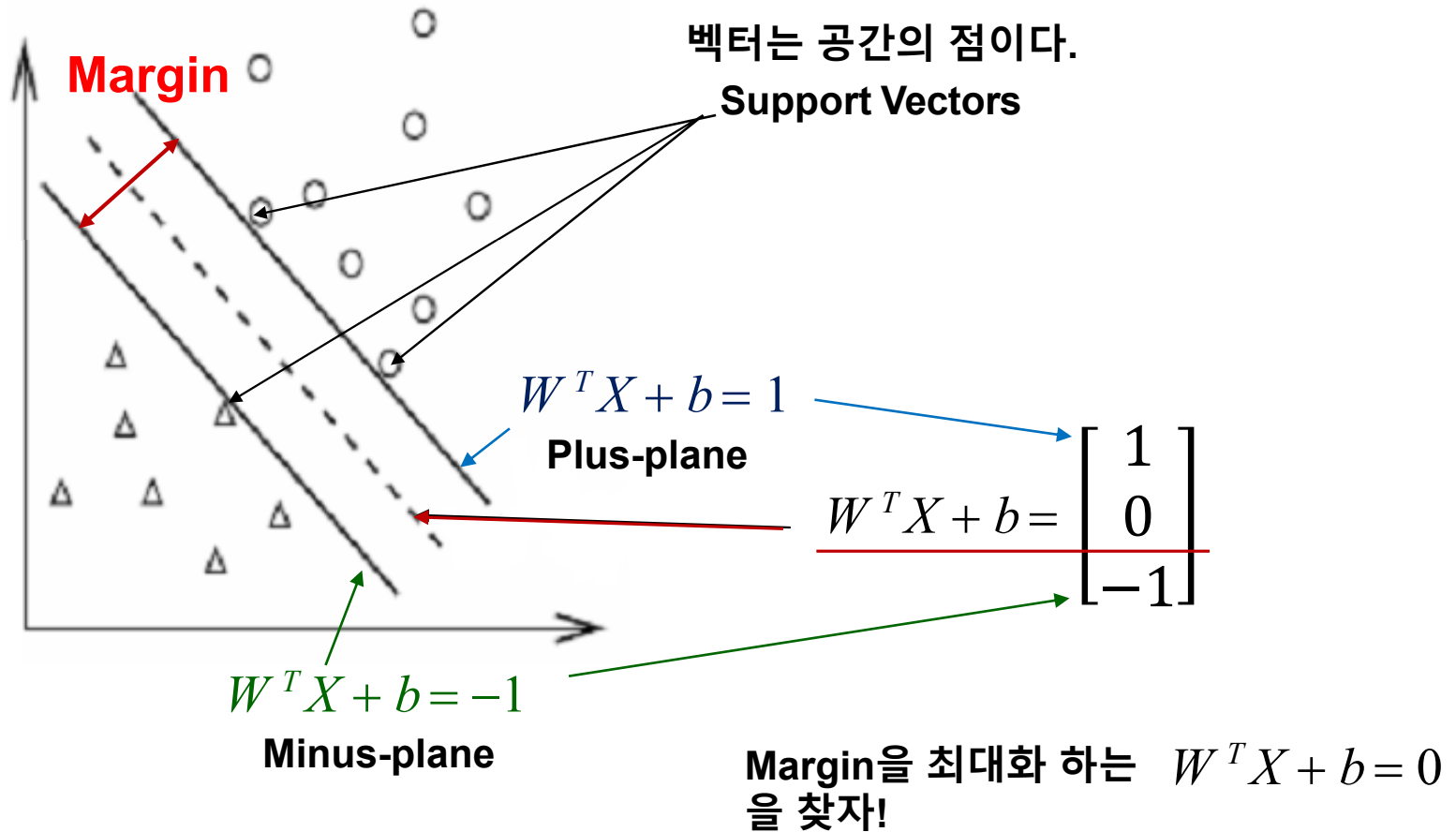
$$W^T = [a \ b \ c], X = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}, d = b$$

Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)

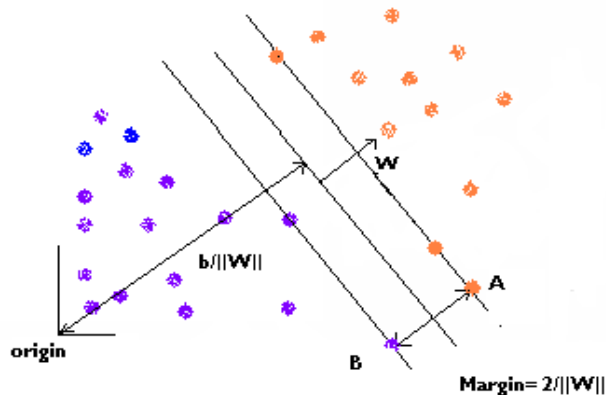


- Two class classification 문제
- 두 class 를 나누는 hyperplane 은 무한히 많음
- 어떤 hyperplane 이 가장 좋은 hyperplane 인가?
- “좋다”는 것의 기준은?
- → **Maximizing margin** over the training set = good prediction performance
- So What is **Margin**?

Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)



Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)



$$W^T X + b = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

- Distance of a point (u, v) from $Ax+By+C=0$, is given by $|Ax+By+C|/||n||$ Where $||n||$ is norm of vector $n(A,B)$
- Distance of hyperplane from origin = $\frac{b}{||W||}$
- Distance of point A from origin = $\frac{b + 1}{||W||}$
- Distance of point B from Origin = $\frac{b - 1}{||W||}$
- Distance between points A and B (Margin) = $\frac{2}{||W||}$

Linear Algebra & Support Vector Machine (SVM)

$$\max_{W,b} \frac{2}{\|W\|} = \min_{W,b} \frac{1}{2} W^T W \quad \text{목적식}$$

Such that

$$Y^{(i)}(W^T X^{(i)} + b) \geq 1 \quad \text{for } \forall i \quad \text{제약식}$$

Notice: $W^T W = \|W\|^2$

It is a convex quadratic optimization problem !

→ We need 1) Linear Algebra and 2) Vector Calculus!