

### 01. BERT : Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding

- 2018년 10월 11일 발표
  - Jacob Devlin 등 Google AI 연구팀
  - BERT 모델을 처음 소개한 논문으로서, BERT 알고리즘의 작동 방식을 다룸 (특징 1~4)
- 

### 02. What does BERT learn about the structure of language?

- 2019년 6월 7일 발표
- Ian Tenney 등 Google AI 연구팀
- BERT-base 모델의 학습 방식에 대한 심층적인 분석 (특징 5~6)

### - BERT의 특징 1 : 양방향 학습

- Transformer의 Self-Attention 메커니즘을 사용
  - 단방향으로만 정보를 처리했던 이전의 모델들과 달리 양방향으로 학습
  - 문장의 앞뒤를 전부 고려하여 학습해 전체 맥락을 훨씬 잘 이해
- 

### - BERT의 특징 2 : Masked Language Model (MLM)

- 문장에서 15%의 토큰을 무작위 추출하여 마스킹한 후 이를 예측하는 학습 방식
- 추출한 토큰 중 80%는 특수토큰 [MASK]를 이용하여 마스킹
- 10%는 단어사전 내에 있는 다른 랜덤 단어로 대체, 10%는 원본 유지
- 단어들간의 관계를 파악하고 전체 문맥을 이해하는 데에 기여

### - BERT의 특징 3 : Next Sentence Prediction (NSP)

- 무작위로 추출한 두 문장이 순차적으로 이어지는 문장인지를 예측하는 이진분류를 통해 학습
  - 문장간 관계를 이해하는 데 도움을 주지만, 전체적인 성능을 떨어뜨리는 경우도 있음
  - 이후 RoBERTa, ALBERT 등 BERT의 변형 모델에서는 NSP 알고리즘을 제외
- 

### - BERT의 특징 4 : 사전학습 및 파인튜닝

- 학습시 사전학습과 파인튜닝(미세조정)을 순차적으로 진행
- 사전학습시에는 대규모 데이터셋, MLM + NSP 메커니즘을 이용하여 일반적인 언어 지식학습
- 파인튜닝시에는 수행하려는 작업(ex. 감성분석, 문서 분류)에 맞게 모델을 최적화

### - BERT의 특징 5 : 계층별 학습

- 각 계층이 위치에 따라 서로 다른 언어적 정보를 학습
  - 하층은 기본적인 문법과 단어간 관계를 학습
  - 중층은 문장구조와 의미론적 관계를 학습
  - 상층은 전체 문맥과 추상적인 개념을 학습
  - 각 층에서의 학습은 병렬적으로 동시에 일어남
- 

### - BERT의 특징 6 : 언어 구조 파악

- 하층 및 중층에서 이루어지는 학습 과정을 통해 문장의 주체와 품사, 단/복수 구분 등 문법 구조 이해
- 단어들 간에 존재하는 트리 구조 기반의 의존 관계를 모델링하여 문장 구조 이해

예시 문장: 학생이 수학책을보며공부를하고있다.

### 하층구조

최소단위인 '단어'단위로쪼갠다음,단어의 품사 학습

- "학생" → 명사 (주체)
- "수학책" → 명사 (대상)
- "공부하다" → 동사 (추가 행동)

기본 연결:

- "수학책"이 "보다"의 대상
- "공부하다"는 "학생"의 주된 행동

예시 문장: 학생이 수학책을보며공부를하고있다.

### 중층구조

구단위로뉘기:

"학생이" → 명사구(주어)

"수학책을보며" → 동사구(수식어)

"공부를하고있다" → 동사구(주된 행동)

구문적관계:

"학생이"는문장의주어로동작의주체.

"수학책을보며"는"공부를하고있다"를보완하는부가행동.

예시 문장: 학생이 수학책을보며공부를하고있다.

### 상층구조

문맥적연결:

"학생이"라는주체와"공부를하고있다"는주된행동 간의 연결

"수학책을보며"는부가행동으로"공부"와관련된 맥락을 형성.

전체 의미 해석:

학생"은"공부"를하고있으며,"수학책"이이를 도와주는도구임을이해

결과

문장은"학생이 공부를하고있다"는사실을전달하며,"수학책을보는행위"가 이를 보완하는행동임을파악.

### BERT 모델의 의의 1 : NLP 성능 향상

- 이전 모델들에 비해 전반적인 성능 대폭 향상
  - 상대적으로 중요성이 떨어지는 WNLI를 제외한 모든 NLP Task에서 SOTA (State Of The Art) 달성
- 

### BERT 모델의의의 2 : XAI (Explainable Artificial Intelligence) 발전에 기여

- XAI는 AI 시스템의 작동방식을 사람이 이해할 수 있도록 해석하고 설명하는 방법론
- 어텐션 메커니즘과 층별 정보 처리 특성을 통해 딥러닝 모델의 학습 과정을 이해할 실마리 제공
- RoBERTa, GPT계열 등 이후 모델들도 더 높은 설명가능성에 집중하고 있음



