

THE
AI
REPORT

2024년 AI 이슈를
용어와 함께
쉽게 이해하기

2024

한국지능정보사회진흥원

「The AI Report」는 인공지능 기술·산업·정책의 글로벌 이슈와 동향, 시사점을 적시에 분석, 인공지능 현안에 빠르게 대응하고 관련 정책을 지원하기 위해 한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 기획·발간하고 있습니다.

1. 본 보고서는 방송통신발전기금으로 수행하는 정보통신·방송 연구개발 사업의 결과물이므로, 보고서 내용을 발표할 때는 반드시 과학기술정보통신부 정보통신·방송 연구개발 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
2. 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 승인 없이 본 보고서의 무단전재를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를 「한국지능정보사회진흥원(NIA)」이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
3. 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

▶ 발행인 : 황 종 성

▶ 작 성

- 한국지능정보사회진흥원 인공지능정책본부 AI정책연구팀 백인수 수석(insu@nia.or.kr)
- 알서포트 전략기획팀 신동형 팀장(donghyung.shin@gmail.com)

목 차

2024년 AI 이슈를 용어와 함께 쉽게 이해하기

| | |
|---|-----|
| I. 서론 : 2024년, AI가 당신 곁으로 다가왔다! | |
| AI 기술의 현재와 미래, 그리고 우리가 마주할 과제들 | 1 |
| II. AI 핵심 기술 동향 | 4 |
| II-1. AI 혁명의 심장, AI 반도체 경쟁 심화 | 4 |
| II-2. 생성형 AI의 확장, 다양한 감각을 생성하는 멀티모달 AI | 33 |
| II-3. 온디바이스 AI, sLLM 지원과 개인정보 보호의 새로운 패러다임 | 55 |
| II-4. 지속 가능한 AI, 모두를 위한 지구를 위한 AI 기술 | 64 |
| III. AI 응용 및 영향 | 78 |
| III-1. AI 주권: 디지털 시대 국가 경쟁력의 핵심 | 78 |
| III-2. 물리적 형태가 있는 AI(Embodied AI): 현실 세계를 움직이는 AI | 90 |
| III-3. 생성형 AI의 내부 엿보기: 희소 오토인코더를 통해 드러난 AI 답변 방식 | 118 |
| IV. AI 윤리와 규제 | 129 |
| IV-1. AI 규제, 균형점을 찾아라: 혁신의 날개를 펼치되, 안전망은 촘촘하게 | 129 |
| V. AI 필수 기술 용어 해설 | 139 |
| VI. 결론: 2024년, AI 확산의 시작과 우리의 과제 | 167 |
| 참고 문헌 | 169 |

I. 서론 : 2024년, AI가 당신 곁으로 다가왔다!

AI 기술의 현재와 미래, 그리고 우리가 마주할 과제들

2024년, 인공지능(AI)은 챗지피티(ChatGPT; 이후 챗 GPT)와 같은 대화형 인공지능(Artificial Intelligence; 이후 AI), AI 기반 추천 시스템 등을 통해 우리 일상 속으로 더욱 깊숙이 파고들었다. 스마트폰 속 AI 비서는 우리의 목소리에 귀 기울이고, 넷플릭스(Netflix)는 취향 저격 영화를 추천하며, 심지어 AI 챗봇은 친구처럼 대화를 나누기도 한다. 이 모든 것이 AI 기술의 급격한 발전이 가져온 결과이며, 2024년은 그 어느 때보다 혁신적인 AI 기술들이 등장한 해로 기록될 것이다.

☑ 더 똑똑해진 AI를 위한 두뇌, AI 반도체 전쟁

AI 기술 개발의 핵심에는 'AI 반도체'가 있다. 마치 인간의 두뇌처럼 정보를 처리하는 AI 반도체는 AI의 성능을 좌우하는 핵심 요소이다. 엔비디아, 인텔, 삼성 및 SK 하이닉스와 같은 글로벌 기업들은 더 빠르고 효율적인 AI 반도체 개발에 몰두하며 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 특히 엔비디아는 GPU 시장의 강자로, 압도적인 성능을 자랑하는 GPU를 앞세워 AI 반도체 시장을 선도하고 있다. 뿐만 아니라 SK 하이닉스도 HBM을 선도하며 엔비디아 GPU 성장을 함께 하고 있다. 이에 맞서 인텔은 퀄컴, 삼성 등과 함께 UXL 재단을 설립하여 오픈소스 기반의 AI 반도체 생태계를 구축하려는 시도를 하고 있다. 삼성전자는 GAA(Gate-All-Around) 기술을 적용한 3나노 반도체를 세계 최초로 양산하며 AI 반도체 시장에서의 경쟁력을 높이고 있다. AI 반도체 기술의 발전은 AI의 성능 향상뿐만 아니라, 전력 소비 감소, 비용 절감 등 다양한 긍정적인 효과를 가져올 것으로 기대된다.

☑ 눈과 귀를 넘어 오감으로 세상을 이해하는 멀티모달 AI

AI는 이제 보고 듣는 것을 넘어 다양한 정보를 한꺼번에 처리하는 '멀티모달 AI'로 진화했다. 멀티모달 AI는 텍스트, 이미지, 음성, 영상 등 다양한 형태의 정보를 통합적으로 이해하고 활용하는 기술이다. 오픈 AI(OpenAI)의 GPT-4는 음성을 통해 실시간으로 AI와 대화하고 소통하는 것을 가능하게 했으며, 오픈 AI의 소라(SORA), 구글의 루미에르(Lumiere), 중국의 클링(KLING) 등 동영상 생성 AI는 AI가 창작의 영역까지 넘볼 수 있음을 보여주었다. 멀티모달 AI는 자율주행 기술을 발전시켜 더 안전하고 편리한 운전 경험을 제공하고, 시각 장애인을 위한 이미지 설명 서비스를 통해 정보 접근성을 높이는 등 우리 삶에 새로운 가능성을 제시하고 있다.

☑ 내 손안의 AI, 온디바이스 AI와 sLLM의 확산

개인정보 보호에 대한 우려가 커지면서, 데이터를 외부 서버로 보내지 않고 개인 기기에서 직접 AI를 실행하는 ‘온디바이스 AI’ 기술이 주목받고 있다. 삼성전자는 온디바이스 AI를 적용한 갤럭시 S24를 출시하여, 사용자들이 개인정보 유출 걱정 없이 AI 기능을 이용할 수 있도록 했다. 특히 ‘sLLM(작은 언어 모델)’은 작은 기기에서도 AI가 구동될 수 있도록 돕는 기술로, 스마트폰, 스마트 스피커 등 다양한 기기에서 AI 기능을 사용할 수 있게 해준다. 온디바이스 AI와 sLLM은 AI 기술의 대중화를 이끌며, 우리 삶 곳곳에서 AI의 편리함을 누릴 수 있도록 해주고 있다.

☑ 지속 가능한 AI, 지구를 위한 기술

AI 기술의 발전은 긍정적인 면만 있는 것은 아니다. AI 모델 학습과 운영에 필요한 막대한 에너지 소비는 환경 문제를 야기할 수 있다. 예를 들어, 챗 GPT에 질문 한 번 하는 데 소모되는 전력량은 구글 검색의 10배 이상이라고 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 에너지 효율적인 AI 알고리즘 개발, 재생 에너지 기반 데이터 센터 구축 등 ‘지속 가능한 AI’ 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다. AI가 우리 삶을 풍요롭게 하는 동시에 지구를 지키는 데에도 기여할 수 있도록 하는 노력이 중요해지고 있다.

☑ AI 시대의 새로운 과제, AI 주권, 규제, 그리고 윤리

AI 기술의 발전은 긍정적인 면과 부정적인 면을 모두 가지고 있다. AI가 우리 삶에 미치는 영향이 커질수록 AI의 윤리적 사용, 책임 소재, 안전성 확보 등에 대한 논의는 더욱 중요해진다. 또한, AI 기술을 둘러싼 국가 간 경쟁은 ‘AI 주권’이라는 새로운 화두를 던지고 있다. AI 기술을 선점하는 국가가 미래 사회의 주도권을 잡을 수 있다는 점에서, AI 주권 확보는 국가 경쟁력 강화 및 안보를 위한 필수 과제가 되었다.

☑ 현실 세계로 나온 AI, Embodied AI, 그리고 AI의 생각

2024년에는 인공지능이 현실 세계로 나와 우리와 함께 살아가는 모습을 보여주는 ‘Embodied AI’의 발전도 주목할 만하다. 챗 GPT 개발사인 오픈 AI가 투자한 ‘피규어 01’은 인간처럼 움직이고 대화하는 로봇으로, AI가 더 이상 가상의 존재가 아닌 현실 세계에 직접 영향을 미치는 존재가 되었음을 보여준다.

또한, 인공지능 스타트업 앤스로픽(Anthropic)과 오픈 AI는 AI의 사고 방식을 엿볼 수 있는 연구 결과를 발표했다. 희소 오토인코더(Sparse Autoencoder)를 통해 AI 모델의 내부 작동 방식을 분석하고, AI가 인간과 유사한 방식으로 사고하는지 확인하는 연구가 진행되었다. 연구 결과에 따르면 AI가 단순히 인간이 입력한

데이터를 학습하는 것을 넘어, 스스로 추론하고 판단하는 능력을 갖추고 있음을 알 수 있다. 이는 AI가 인간의 지적 능력에 얼마나 근접했는지를 보여주는 동시에, AI의 잠재력과 위험성에 대한 새로운 논쟁을 불러일으키고 있다.

이 보고서에서는 2024년 AI 기술의 주요 동향과 그 이면에 숨겨진 쟁점들을 깊이 있게 파헤치고, AI 시대를 살아가는 우리가 알아야 할 핵심 용어들을 쉽게 풀어 설명한다. AI 기술의 현재와 미래를 이해하고, AI 시대에 필요한 역량을 갖추는 데 도움이 될 것이다.

II. AI 핵심 기술 동향

II-1. AI 혁명의 심장, AI 반도체 경쟁 심화

GPT-4o나 클로드3.5(Claude3.5)와 같은 대규모 언어 모델의 등장으로 AI에 대한 관심이 뜨겁다. 이런 AI 모델은 엄청난 양의 데이터를 학습해 인간과 비슷한 수준으로 대화하고 문제를 해결할 수 있게 되었다. 하지만 이런 대규모 AI 모델을 구동하려면 고성능 반도체가 필수적이다. 마치 슈퍼카를 움직이기 위해 강력한 엔진이 필요한 것처럼 말이다. 바로 이 때문에 AI 반도체 수요가 폭발적으로 늘어나고 있다.

현재 AI 반도체 시장은 칩설계 등 분야의 미국 엔비디아(NVIDIA)와 칩제조 분야의 대만 TSMC 같은 기업들이 선두를 달리고 있다. 하지만 AI 기술이 미래 산업을 이끌 핵심 동력으로 떠오르면서 전 세계 테크 기업들이 AI 반도체 확보에 사활을 걸고 있다. 마치 금메달을 놓고 벌이는 치열한 경쟁처럼 말이다. 뿐만 아니라 각국 정부도 AI 반도체 개발과 안정적인 공급망 확보가 국가 경쟁력을 좌우할 것으로 보고 AI 반도체 육성에 총력을 기울이고 있다.

앞으로 AI 반도체 시장은 계속해서 성장할 것으로 전망된다. AI 반도체 기술 혁신 속도도 더욱 빨라질 것이다. 또 AI 반도체 기술 주도권을 놓고 국가와 기업 간 경쟁이 치열해질 것으로 보인다. 마치 월드컵 결승전 같은 긴장감 넘치는 승부가 펼쳐질 것 같다. 누가 이 경쟁에서 승리할지, 그리고 우리의 일상에 어떤 변화를 가져올지 지켜보는 것도 흥미로울 것 같다.

- 글로벌 리서치 기업인 가트너는 2024년 전세계 AI 반도체 매출 규모가 약 712.5억 달러(약 97조원)에 이를 것으로 전망하고 있다. 이는 2023년 536.6억 달러(약 73조원) 대비 약 33% 증가한 수치로 2025년에는 919.6억 달러(약 125조원)로 가파른 성장을 이어갈 것으로 예상된다. 마치 로켓이 연료를 가득 채우고 하늘로 치솟는 것처럼 AI 반도체 시장의 성장세는 무서울 정도로 빠를 것으로 보인다.¹⁾
- 한편, AI 반도체 시장을 거의 독점하다시피 선도하고 있는 엔비디아(NVIDIA)를 견제하기 위한 다양한 동맹들이 나타나고 있다. 마치 거인에 맞서기 위해 힘을 합치는 영웅들 같다.
 - 네이버, 인텔, 카이스트는 엔비디아 독주를 막자는 취지에서 협력하며 NIK(NAVER·INTEL·KAIST) AI 연구센터를 설립했다..²⁾³⁾

1) 가트너 “올해 세계 AI 반도체 매출 97조원...전년비 33% 늘어” (방영덕, 2024)

2) ‘AI 동맹’ 네이버-인텔, 엔비디아 독점구도 깬다는데... (이재연, 2024)

3) “엔비디아 독주 막자”...인텔, KAIST·네이버와 ‘AI 공동전선’ (이유진, 2024)

- 미국의 빅테크 기업들도 엔비디아의 기술에 대항하기 위해 AI 가속기끼리의 연결을 최적화하는 ‘개방형 통신 표준’인 ‘UALINK’를 함께 개발하며 반(反)엔비디아 인공지능(AI) 칩 연합’을 결성했다. 마치 슈퍼 히어로 팀처럼 구글, MS, 메타, 인텔, AMD 등 쟁쟁한 멤버들이 뭉쳤다.⁴⁾
- 인텔은 UXL 재단을 설립해, 엔비디아 쿠다(CUDA) 플랫폼에 대응하는 오픈소스 프로젝트를 추진 중이다. UXL 재단은 엔비디아 칩셋에 최적화된 쿠다에 대항해 여러 종류의 AI 칩을 지원하는 SW와 툴을 개발하기 위해서 인텔, 퀄컴, 삼성 등이 주도해 2023년 9월 설립되었다.⁵⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 반도체 기술

1.1. AI 반도체(AI Semiconductor) : 인공지능의 두뇌 역할을 하는 특별한 칩

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 기술이 빠르게 발전하면서, 방대한 데이터를 처리하고 복잡한 연산을 수행해야 할 필요성이 커지고 있다. 기존의 범용 CPU(Central Processing Unit, 중앙처리장치)는 순차적으로 명령을 처리하기 때문에, 인공지능에 필요한 대규모 병렬 연산을 효율적으로 처리하기에는 한계가 있었다. 또한, CPU는 인공지능 연산에 최적화되어 있지 않아 전력 효율이 낮고, 처리 속도도 느린 편이었다. 이러한 문제를 해결하고, 인공지능의 발전을 가속화하기 위해 AI 반도체가 개발되었다. AI 반도체는 인공지능 연산에 특화된 하드웨어로, 고성능 병렬 처리, 낮은 전력 소모, 빠른 연산 속도를 통해 인공지능 기술의 한계를 극복할 수 있게 해준다.

② 쉽게 설명하면?

AI 반도체는 인공지능을 위해 특별히 설계된 두뇌와 같은 역할을 하는 칩이다. 사람의 뇌가 수많은 뉴런을 통해 동시에 정보를 처리하는 것처럼, AI 반도체도 수많은 연산 유닛을 통해 대량의 데이터를 동시에 빠르게 처리할 수 있다. 예를 들어, 바둑을 두는 AI는 기존의 CPU를 사용할 때보다 AI 반도체를 사용할 때 훨씬 더 빠르고 효율적으로 가능한 수를 계산할 수 있다. 이렇게 대량의 데이터를 동시에 처리하는 것을 ‘병렬 처리’라고 하는데, AI 반도체는 병렬 처리에 최적화되어 있어 인공지능의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 반도체는 용도별 범위와 유연성에 따라서 GPU, ASIC, FPGA 등 여러 종류가 있다.

4) “反엔비디아 동맹”... 구글-MS 등 뭉쳤다 (동아일보, 2024)

5) 인텔, 가우디 앞세운 ‘개방형 AI 생태계’로 脫 엔비디아 도전 (권동준, 2024)

- GPU(Graphics Processing Unit)는 원래 컴퓨터 그래픽 처리를 위해 개발되었지만, 병렬 처리 능력이 뛰어나 AI 연산에도 많이 사용된다.
- ASIC(Application-Specific Integrated Circuit)은 특정 용도를 위해 설계된 주문형 반도체로, 구글(Google)의 TPU(Tensor Processing Unit)가 대표적이다. TPU는 구글의 AI 서비스를 위해 개발된 맞춤형 AI 칩으로, 기존 CPU나 GPU보다 훨씬 빠르고 효율적으로 AI 연산을 처리할 수 있다.
- FPGA(Field-Programmable Gate Array)는 현장에서 프로그래밍이 가능한 반도체로, 사용자가 필요에 따라 하드웨어 구성을 변경할 수 있어 유연성이 높다. 이러한 AI 반도체들은 각자의 장점을 가지고 있어, 용도에 따라 적절한 칩을 선택하여 사용할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

AI 반도체는 인공지능 혁명을 이끄는 핵심 동력이다. 인공지능은 방대한 데이터를 분석하고 복잡한 문제를 해결하는 데 강력한 도구지만, 이를 뒷받침할 수 있는 하드웨어의 발전 없이는 한계가 있다. AI 반도체는 고성능 병렬 처리, 빠른 연산 속도, 낮은 전력 소모 등의 특성을 통해 인공지능의 성능을 획기적으로 향상시킨다. 실제로 AI 반도체를 사용한 시스템은 기존 시스템 대비 수십 배에서 수백 배까지 성능이 향상되었다. 또한, AI 반도체는 에너지 효율을 높여 인공지능의 환경 비용을 줄이고, 더 많은 분야에 인공지능을 적용할 수 있도록 발전하고 있다. 이처럼 AI 반도체는 인공지능의 잠재력을 현실화하는 데 핵심적인 역할을 한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 반도체는 우리 삶의 곳곳에서 활용되고 있다.

- 데이터 센터: 클라우드 서비스를 제공하는 대규모 데이터 센터에서는 AI 반도체를 사용하여 방대한 데이터를 효율적으로 처리하고, 실시간으로 AI 서비스를 제공한다.
- 자율주행차: 자율주행차는 수많은 센서로부터 실시간으로 데이터를 받아 주변 상황을 인식하고 판단해야 하는데, 이때 AI 반도체의 빠른 병렬 처리 능력이 필수적이다.
- 스마트폰: 최신 스마트폰에는 AI 반도체가 탑재되어 사진 촬영 시 실시간으로 이미지를 최적화하거나, 사용자의 음성을 인식하는 등의 기능을 제공한다.
- 의료 분야: AI 반도체를 활용한 의료 기기는 방대한 의료 데이터를 분석하여 질병을 조기에 진단하고, 신약 개발을 가속화할 수 있다.
- 이 외에도 스마트 팩토리, 보안 시스템, 엔터테인먼트 등 다양한 산업 분야에서 AI 반도체가 활용되고 있다. AI 반도체의 발전은 인공지능 기술의 대중화와 산업 전반의 지능화를 촉진하고 있다.

1.2. GAA (Gate-All-Around): 트랜지스터를 더욱 작고 강력하게 만드는 기술

① 왜 나오게 되었는가?

반도체 기술은 더 작고 강력한 칩을 만들기 위해 끊임없이 발전해왔다. 최근까지 FinFET(Fin Field-Effect Transistor)이라는 기술이 주로 사용되었는데, 구조가 상어 지느러미(Fin) 모양을 닮아서 핀 트랜지스터라고 부른다. 게이트와 채널간 접하는 면이 넓을수록 효율이 높아진다는 점에 착안해 게이트와 채널이 3면에서 맞닿는 3차원 구조로 점점 면적을 키워 성능을 높이는 방식이었다. 하지만 이 기술도 물리적 한계에 직면하여 더 이상의 성능 향상이 어려워졌다. 마치 종이를 계속 반으로 접다 보면 더 이상 접을 수 없게 되는 것처럼, 트랜지스터도 일정 수준 이상 작아지기 어려워진 것이다. 이러한 한계를 극복하고 반도체 칩의 성능을 한 단계 더 끌어올리기 위해 GAA 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

GAA는 Gate-All-Around의 약어로, 트랜지스터의 구조를 혁신적으로 바꾼 기술이다. 트랜지스터는 반도체 칩에서 전류를 흐르게 하거나 끊는 스위치 역할을 하는 핵심 부품인데, GAA 구조에서는 게이트(전류 흐름을 조절하는 부분)가 채널(전류가 흐르는 통로) 주변을 360도 둘러싸고 있다. 마치 튜브 안에 물이 흐르는 모습을 상상하면 된다. 이렇게 하면 게이트가 채널을 더 효과적으로 제어할 수 있어 트랜지스터의 성능이 크게 향상된다. 동시에 기존 기술보다 전력 효율도 개선되어 더 오래 사용할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

GAA 기술의 장점은 자동차 엔진에 비유할 수 있다. 엔진에서 연료가 실린더 안에서 완전히 연소할수록 출력이 강해지고 연비도 좋아진다. 마찬가지로 GAA 구조에서는 게이트가 채널을 완전히 감싸고 있어 전류 제어 능력이 극대화된다. 이를 통해 트랜지스터의 크기를 더 줄이면서도 성능은 향상시킬 수 있다. 실제로 삼성전자는 GAA 기술을 적용한 3nm 공정을 세계 최초로 개발해 트랜지스터 성능을 30% 이상 높이고, 전력 효율을 50% 가까이 개선했다고 발표⁶⁾했다.

④ 왜 중요한가?

GAA는 반도체 기술의 미래를 여는 열쇠와 같다. 트랜지스터의 성능과 에너지 효율을 한 차원 높은 수준으로 끌어올려, 더욱 혁신적인 전자 기기와 서비스를 가능하게 한다. 스마트폰은 더 빨라지고 배터리는 더 오래갈 것이며, 인공지능, 사물인터넷, 자율주행 등 차세대 기술도 더욱 발전할 수 있다. 또한 GAA는 반도체 산업의 지속 가능성 측면에서도 중요하다. 칩 성능 향상의 물리적 한계를 극복함으로써, 반도체 기술 발전의 지평을 한층 넓혔기 때문이다. GAA의 등장으로 무어의 법칙이 앞으로도 유효할 것이라는 기대감이 높아지고 있다.

6) 삼성전자, 세계 최초 3나노 파운드리 양산 (삼성전자, 2022)

⑤ 어디에 활용되는가?

GAA는 스마트폰, 컴퓨터 등 우리가 일상적으로 사용하는 전자 기기에 가장 먼저 적용될 전망이다. 더 작고 빠른 칩을 통해 기기의 성능과 배터리 효율이 크게 개선될 것이다. 특히 5G, 인공지능 등 막대한 연산량이 필요한 기술에서 GAA의 위력이 발휘될 것으로 기대된다. 실제로 업계에서는 GAA가 적용된 모바일 AP(Application Processor)와 통신 칩 개발에 박차를 가하고 있다. 나아가 GAA는 자율주행, 스마트 시티, 헬스케어 등 미래 산업 전반에 혁신을 불러올 것이다. 데이터 센터의 에너지 효율도 크게 높여, 지속 가능한 디지털 인프라 구축에도 기여할 전망이다.

1.3. PPA (Power, Performance, Area): 반도체 설계의 성능 3요소

① 왜 나오게 되었는가?

반도체 기술이 발전하면서 더욱 작고 강력한 칩을 만드는 것이 중요해졌다. 하지만 단순히 성능만 높이면 전력 소모가 많아지거나 칩의 크기가 커지는 문제가 생긴다. 마치 자동차의 엔진 성능을 높이려다 보면 연비가 나 빠지거나 차체가 무거워지는 것과 비슷하다. 반도체 설계에서도 성능, 전력 소모, 칩 크기라는 세 마리 토끼를 모두 잡아야 하는 어려움이 있었다. 이를 해결하기 위해 PPA라는 개념이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

PPA는 Power(전력), Performance(성능), Area(면적)의 약자로, 반도체 칩의 성능을 평가하는 핵심 요소를 나타낸다. Power는 칩이 얼마나 적은 전력을 소모하는지, Performance는 얼마나 빠른 속도로 연산을 처리하는지, Area는 칩의 크기가 얼마나 작은지를 의미한다. 반도체 설계에서는 이 3가지 요소를 모두 고려해야 한다. 마치 건강, 비용, 맛 모두를 충족하는 음식을 만드는 것과 같다고 볼 수 있다. 즉, PPA는 반도체의 품질을 결정하는 종합적인 지표라고 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

스마트폰에 들어가는 모바일 프로세서를 예로 들어보자. 스마트폰은 작고 가벼우면서도 빠른 성능과 긴 배터리 시간을 요구한다. 이를 위해서는 프로세서의 PPA 최적화가 필수적이다. 프로세서의 성능을 높이면서도 전력 소모를 최소화해야 하고, 칩의 크기도 작게 만들어야 한다. 만약 성능만 높이고 전력 소모와 크기는 신경 쓰지 않는다면, 스마트폰의 배터리는 금방 닳고 크기는 점점 커질 것이다. 반면 PPA를 잘 고려하여 설계된 프로세서는 높은 성능과 함께 긴 배터리 수명, 콤팩트한 스마트폰 디자인을 가능하게 한다. 이는 소비자에게 더 나은 사용 경험을 제공하고, 제조사에게는 더 높은 경쟁력을 안겨준다.

④ 왜 중요한가?

PPA는 반도체 설계의 핵심 지표다. 좋은 반도체란 높은 성능, 낮은 전력 소모, 작은 크기를 모두 만족해야 한다. PPA 최적화가 제대로 이뤄지지 않으면 전자 기기의 성능이 떨어지거나, 배터리 시간이 짧아지고, 크기가 커지는 등 사용성에 문제가 생긴다. 특히 모바일 기기나 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기기처럼 전력과 크기에 민감한 분야에서는 PPA가 더욱 중요하다. 나아가 PPA는 반도체 기업의 경쟁력과 직결된다. PPA가 뛰어난 반도체를 만드는 기업은 시장에서 더 큰 성공을 거둘 수 있기 때문이다. 앞으로도 PPA는 반도체 산업의 발전을 이끄는 핵심 요소로 자리매김할 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

PPA는 반도체 설계의 전 과정에서 고려되는 중요한 지표이지만, 특히 AI 반도체 개발에 있어서는 더욱 핵심적인 역할을 한다. AI 반도체는 방대한 양의 데이터를 실시간으로 처리해야 하므로 고성능과 저전력이 필수적이다. 또한 AI 알고리즘의 복잡성으로 인해 반도체의 면적도 커지는 추세이므로, 최적의 PPA를 달성하는 것이 AI 반도체 설계의 관건이 된다. 최근 AI 기술의 급속한 발전으로 인해 데이터 센터, 자율주행차, 스마트폰 등 다양한 분야에서 AI 반도체의 수요가 늘어나고 있다. 따라서 PPA를 극대화한 AI 반도체 개발이 미래 기술 경쟁력을 좌우할 것으로 보인다. 결국 PPA는 AI 시대를 이끌어갈 핵심 요소가 될 것이다.

2. 반도체 제품

2.1. AI 칩(AI Chip): 인공지능을 위한 특별한 두뇌 칩

① 왜 나오게 되었나?

인공지능 기술이 우리 삶 곳곳에 스며들면서, 방대한 데이터를 더욱 빠르고 효율적으로 처리할 필요성이 커졌다. 기존의 범용 칩으로는 인공지능의 복잡한 연산을 감당하기 어려웠다. 마치 한 사람이 수십 가지 일을 동시에 처리하려니 속도도 느리고 실수도 잦은 것처럼, 범용 칩으로는 인공지능의 특별한 요구를 충족시키기 힘들었다. 이에 인공지능만을 위한 특화된 칩, 즉 AI 칩이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

AI 칩은 인공지능 연산을 빠르고 효율적으로 처리하도록 특별히 설계된 반도체 칩이다. 마치 천재 수학자가 복잡한 방정식을 단숨에 풀어내는 것처럼, AI 칩은 인공지능에 필요한 수많은 계산을 아주 짧은 시간 안에 해낸다. 또한 인공지능에 최적화된 구조를 갖고 있어, 에너지 효율성도 뛰어나다. 범용 칩이 만능 재주꾼이라면, AI 칩은 인공지능 분야의 전문가라고 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

우리가 스마트폰에서 음성 인식이나 얼굴 인식 기능을 사용할 때, AI 칩이 그 중심에서 활약한다. AI 칩은 사용자의 음성이나 얼굴 데이터를 받아, 복잡한 인공지능 알고리즘을 통해 빠르게 분석한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 사용자의 음성 명령을 이해하거나, 얼굴을 인식해 잠금을 해제한다. 이 모든 과정이 AI 칩 덕분에 스마트폰 안에서 즉시 처리되는 것이다. 만약 AI 칩이 없다면, 이런 작업을 위해 데이터를 외부 서버로 보내고 다시 받아와야 해서 많은 시간이 걸릴 것이다.

④ 왜 중요한가?

AI 칩은 인공지능 기술의 대중화와 실생활 적용에 핵심적인 역할을 한다. 강력하고 효율적인 AI 칩이 있기에 스마트폰, 스마트 스피커와 같은 개인 기기에서도 인공지능 기능을 쉽게 사용할 수 있다. 뿐만 아니라 자율주행차, 로봇, 스마트 공장 등 다양한 분야에서 AI 칩은 인공지능 기술의 핵심 두뇌로 활약한다. AI 칩의 발전은 곧 우리 일상에 스며든 인공지능의 진화를 의미한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 칩은 인공지능 기술이 활용되는 모든 분야에서 찾아볼 수 있다. 스마트폰, 스마트 스피커 등 개인용 스마트 기기부터, 자율주행차, 드론과 같은 첨단 운송 수단, 스마트 공장, 의료 진단 장비 등 산업용 설비까지 AI 칩의 활약 무대는 매우 다양하다. 특히 클라우드 서버에서 로컬 기기로 인공지능 연산을 옮기는 ‘온-디바이스 AI’ 트렌드와 함께, 앞으로 AI 칩의 중요성은 더욱 커질 전망이다. 우리 삶 속 다양한 영역에서 AI 칩이 인공지능의 힘을 발휘할 날이 머지않았다.

2.2. AI 가속기(AI Accelerator): 인공지능을 더 빠르고 효율적으로 실행하는 특별한 칩

① 왜 나오게 되었나?

인공지능은 방대한 데이터를 처리하고 복잡한 알고리즘을 연산해야 하므로 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 한다. 기존의 중앙처리장치(CPU)만으로는 이러한 작업을 감당하기 어려웠고, 인공지능의 발전을 가로막는 병목 현상이 발생했다. 마치 자동차의 속도를 높이려면 더 강력한 엔진이 필요한 것처럼, 인공지능의 속도를 높이기 위해서는 특화된 하드웨어가 필요했다. 이러한 필요성에 따라 AI 가속기가 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

AI 가속기는 인공지능 연산을 빠르게 처리하도록 특별히 설계된 하드웨어다. CPU가 만능 연산을 담당한다면, AI 가속기는 인공지능에 특화된 연산을 전담하는 셈이다.

이를 주방에 비유하면 이해가 쉬울 것이다. 가스레인지는 다양한 요리에 두루 사용할 수 있지만, 전자레인지는 데우거나 해동 같은 특정 작업에 특화되어 있다. 전자레인지를 사용하면 같은 작업을 더 빠르고 효율적으로 처리할 수 있는 것처럼, AI 가속기를 사용하면 인공지능 모델을 더 빠르게 학습하고 실행할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

대표적인 AI 가속기로는 그래픽처리장치(GPU), 텐서처리장치(TPU), 신경망처리장치(NPU) 등이 있다.

- GPU는 원래 게임의 그래픽 처리를 위해 개발되었지만, 수천 개의 코어를 동시에 활용해 대규모 병렬 연산을 하는 특징 덕분에 인공지능 학습에도 널리 사용된다.
- TPU는 구글이 딥러닝에 최적화된 맞춤형 칩으로 개발한 것으로, 텐서플로우(TensorFlow)라는 인공지능 프레임워크와 함께 구글 서비스의 인공지능 기능을 뒷받침한다.
- NPU는 모바일, 사물인터넷(IoT) 기기 등에 특화된 저전력 AI 가속기로, 스마트폰에서 사진을 찍을 때 인물을 자동으로 인식하고 보정하는 기능 등에 사용된다.

예를 들어, 넷플릭스에서 사용자의 시청 기록을 분석해 개인화된 영화를 추천하는 기능은 GPU 클러스터에서 대규모 딥러닝 모델을 학습한 결과물이다. 또 아이폰에서 사용자의 얼굴을 인식해 잠금을 해제하는 ‘페이스 ID’ 기능은 아이폰에 내장된 NPU가 뒷받침한다.

④ 왜 중요한가?

AI 가속기는 인공지능 기술의 대중화와 산업 적용에 필수적인 요소다. 빠르고 효율적인 연산 능력은 더 복잡하고 대규모의 인공지능 모델을 학습할 수 있게 해주며, 실시간 추론을 가능하게 한다.

자율주행, 실시간 음성 번역, 개인화 추천 등 우리 삶을 바꿀 인공지능 기술의 핵심에는 AI 가속기가 자리잡고 있다. 이는 마치 산업혁명 시대에 증기기관이 산업 전반의 동력원이 된 것과 같다. 실제로 GPU 시장을 선도하는 엔비디아(NVIDIA)의 주가 성장이나, 구글(Google), 애플(Apple) 등 거대 테크 기업들의 AI 칩 개발 경쟁에서 볼 수 있듯, AI 가속기는 미래 기술 패권의 핵심 열쇠로 부상했다. AI 가속기는 단순히 인공지능의 속도를 높이는 것을 넘어, 4차 산업혁명의 인프라가 되고 있는 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 가속기는 클라우드 데이터센터부터 자율주행차, 스마트폰에 이르기까지 인공지능 기술이 활용되는 모든 영역에서 찾아볼 수 있다.

- 데이터센터에서는 GPU, TPU 등을 활용해 대규모 인공지능 모델을 학습하고, 클라우드 AI 서비스를 제

공한다. 이를 통해 기업들은 자체적인 AI 인프라 구축 없이도 강력한 AI 기술을 활용할 수 있게 되었다.

- 자율주행차에는 차량용 AI 가속기가 탑재되어 실시간으로 도로 상황을 인식하고 주행을 제어한다. 수많은 센서에서 들어오는 데이터를 실시간으로 처리하고 판단해야 하는 자율주행에는 AI 가속기가 필수적이다.
- 스마트폰, 스마트 스피커 등 우리 곁의 스마트 기기에도 NPU 같은 모바일 AI 가속기가 탑재되어, 음성 인식, 얼굴 인식 등의 로컬 AI 기능을 구현한다. AI 가속기 덕분에 클라우드에 의존하지 않고도 개인 기기에서 AI를 활용할 수 있게 된 것이다.

| 표 1 AI 가속기의 종류로써 GPU, TPU, NPU 비교 |

| 구분 | GPU | TPU | NPU |
|-------|---|--|---|
| 목적 | <ul style="list-style-type: none"> • 원래 그래픽 처리 목적으로 개발 • 대규모 병렬 처리 능력으로 AI 연산에 활용 | <ul style="list-style-type: none"> • Google이 자사 AI 서비스를 위해 개발한 맞춤형 AI 가속기 • TensorFlow와 최적화되어 있음 | <ul style="list-style-type: none"> • 모바일, IoT 기기 등에 특화된 저전력 AI 가속기 • 기기 내에서 로컬 AI 연산을 수행 |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 대규모 병렬 처리 능력 • 다양한 AI 프레임워크 지원 • 성숙한 생태계와 광범위한 지원 | <ul style="list-style-type: none"> • TensorFlow와 최적화되어 높은 성능 • Google의 대규모 AI 서비스에서 검증됨 | <ul style="list-style-type: none"> • 저전력, 작은 크기 • 기기 내 로컬 연산으로 프라이버시 보호와 실시간 처리 가능 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 상대적으로 높은 전력 소모 • 가격이 높은 편 | <ul style="list-style-type: none"> • Google 자체 기술로, 타 프레임워크와 호환성 제한적 • 클라우드 환경에서만 사용 가능 | <ul style="list-style-type: none"> • GPU, TPU 대비 제한된 연산 능력 • 아직 성숙도가 높지 않음 |
| 활용 예시 | <ul style="list-style-type: none"> • 데이터 센터의 대규모 AI 모델 학습 • 자율주행차의 실시간 데이터 처리 • 고성능 워크스테이션의 AI | <ul style="list-style-type: none"> • Google 검색, 번역, Gmail 등 서비스의 AI 기능 • Google Cloud의 AI 가속 서비스 | <ul style="list-style-type: none"> • 스마트폰의 카메라 촬영 보정, 음성 인식 • 스마트 스피커의 로컬 음성 처리 • 드론, 로봇 등의 자체 AI 연산 |

2.3. GPU(Graphic Processing Unit): 그래픽 처리를 넘어 인공지능까지, 병렬 연산의 강자

① 왜 나오게 되었나?

GPU는 원래 컴퓨터 게임이나 3D 그래픽 작업에서 화면에 영상을 빠르고 부드럽게 그려내기 위해 개발되었다. 그런데 GPU가 단순히 그래픽 처리에만 특화된 것이 아니라, 대규모 데이터를 동시에 처리하는 병렬 연산에

탁월한 성능을 발휘한다는 것이 알려지면서 인공지능 분야에서도 주목받게 되었다. 특히 딥러닝(Deep Learning) 같은 인공지능 기술이 발전하면서 GPU의 중요성은 더욱 커졌다.

② 쉽게 설명하면?

GPU는 마치 공장에서 여러 개의 조립 라인이 동시에 작동하는 것처럼, 수많은 연산 코어를 동시에 가동해 방대한 양의 데이터를 빠르게 처리할 수 있다. 반면 중앙처리장치(CPU, Central Processing Unit)는 한 번에 하나의 작업을 처리하는데 보다 특화되어 있다. 이런 GPU의 병렬 처리 능력은 3D 그래픽 렌더링 같은 작업에 최적화되어 있지만, 인공지능에 필요한 대규모 데이터 연산에도 안성맞춤이었던 것이다. 이를 통해 GPU는 그래픽 처리를 넘어 인공지능의 핵심 부품으로 자리매김하게 되었다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

딥러닝은 인공지능의 한 분야로, 인간의 뇌 구조를 모방한 인공신경망(Artificial Neural Network)을 대규모 데이터로 학습시켜 스스로 문제를 해결하도록 한다. 이 과정에서 수많은 연산이 필요한데, GPU의 병렬 처리 능력이 크게 빛을 발한다.

예를 들어, 자율주행차가 도로를 주행하려면 카메라로 찍은 영상에서 보행자, 신호등, 다른 차량 등을 실시간으로 인식해야 한다. 이때 딥러닝 알고리즘을 사용하는데, GPU를 통해 방대한 영상 데이터를 빠르고 정확하게 분석할 수 있다. 만약 CPU만으로 이 작업을 처리하려고 한다면 엄청난 시간이 걸릴 것이다. 하지만 수천 개의 코어를 가진 GPU를 사용하면 몇 초 안에 처리가 가능하다. 이처럼 GPU는 딥러닝의 실용화에 결정적인 역할을 하고 있다.

④ 왜 중요한가?

GPU는 인공지능, 특히 딥러닝의 발전에 중추적인 역할을 하고 있다. 방대한 데이터를 빠르게 처리할 수 있는 GPU 덕분에 딥러닝 알고리즘의 학습 시간이 크게 단축되고, 더 복잡하고 정교한 인공지능 모델을 만들 수 있게 되었다.

실제로 딥러닝의 대표 격인 알렉스넷(AlexNet)이 2012년 이미지 인식 대회(ILSVRC, ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)에서 압도적인 성적을 거둔 것도 GPU를 활용했기에 가능했다. 이는 학계와 업계에 큰 충격을 주었고, 이후 GPU를 활용한 딥러닝 연구가 폭발적으로 증가했다. 이처럼 GPU는 인공지능 기술의 상용화와 대중화를 가속화하는 원동력이 되고 있다. 이에 엔비디아(NVIDIA), AMD 등 GPU 제조사들도 인공지능 특화 GPU를 잇달아 내놓으며 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

GPU는 딥러닝을 비롯한 다양한 인공지능 분야에서 활용된다. 자율주행, 의료 진단, 언어 번역, 이미지 및 음성 인식 등 인공지능 기술이 적용되는 거의 모든 영역에서 GPU의 역할이 크다.

예를 들어, 의료 분야에서는 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging; MRI), 컴퓨터단층촬영검사(Computed Tomography; CT) 등 의료 영상을 분석하여 질병을 진단하는데 GPU가 활용된다. 방대한 양의 의료 데이터를 GPU로 빠르게 처리함으로써 의사의 진단을 도와 의료의 질을 높일 수 있다. 금융 분야에서는 GPU를 통해 실시간으로 방대한 금융 데이터를 분석하고, 고객의 투자 성향에 맞는 포트폴리오를 추천하는 등의 서비스를 제공한다.

뿐만 아니라 빅데이터 분석, 과학 시뮬레이션 등 대규모 병렬 연산이 필요한 분야에서도 GPU가 널리 사용된다. 근래에는 게임용으로 개발된 고성능 GPU가 암호화폐 채굴에도 활용되면서 수요가 폭발적으로 증가하기도 했다. 이처럼 GPU는 우리 삶의 다양한 영역에서 그 존재감을 발휘하고 있으며, 앞으로도 인공지능 시대를 이끄는 핵심 부품으로서 그 역할이 더욱 커질 전망이다.

2.4. NPU(Neural Processing Unit): 인공지능을 위한 작고 강력한 두뇌⁷⁾

① 왜 나오게 되었나?

AI 기술이 점점 더 우리 삶 속으로 들어오면서 스마트폰, 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기기 등 소형 기기에서도 AI를 구동하는 것이 중요해졌다. 하지만 기존의 중앙처리장치(CPU)나 그래픽처리장치(GPU)는 크기가 크고 전력 소모가 많아 이런 작은 기기에는 적합하지 않았다. 이런 문제를 해결하기 위해, 작고 효율적으로 딥러닝 연산을 처리할 수 있는 NPU가 등장했다.

② 쉽게 설명하면??

NPU는 인간의 뇌 구조를 모방한 인공신경망을 효과적으로 구동하도록 설계된 작은 AI 칩이다. 마치 뇌 속의 생각을 관장하는 작은 신경세포처럼, NPU는 스마트폰이나 IoT 기기 안에서 AI의 역할을 한다.

7) NPU는 AI 연산, 특히 추론(Inference)에 특화된 AI 가속기이다. NPU는 학습(Training) 보다는 추론에 최적화되어 있으며, GPU 대비 저전력 소모와 효율 극대화가 주요 장점이다.

원래 NPU는 활용 분야에 따라 기기(Device)용과 데이터센터(Data Center)용으로 구분할 수 있다. 하지만 최근 업계에서는 데이터센터용 NPU를 각 기업이 고유의 브랜드로 차별화하는 추세이다. 구글의 TPU(Tensor Processing Unit), 테슬라의 Dojo, 그래프코어의 IPU(Intelligence Processing Unit) 등이 대표적인 데이터센터용 NPU 브랜드이다.

이러한 상황을 고려하여, 본 보고서에서는 데이터센터용 NPU와 구분짓기 위해 NPU를 스마트폰, 사물인터넷(IoT) 등 소형 기기에 한정지어 논의하고자 한다

우리 뇌에 수많은 뉴런이 서로 연결되어 복잡한 생각을 처리하듯, NPU 내부에는 대량의 연산 유닛이 병렬로 연결되어 AI 연산을 수행한다. NPU는 GPU나 CPU와 달리 딥러닝에 최적화된 구조를 가지고 있어, 더 적은 전력으로 AI 연산을 빠르게 처리할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

아침에 스마트폰으로 사진을 찍으면, NPU가 그 사진을 분석해 피사체를 인식하고 최적의 설정으로 보정해준다. 예를 들어, 풍경 사진을 찍었을 때 하늘은 더 파랗게, 녹음은 더 싱그럽게 보정되는 것이다.

또 스마트폰으로 외국어를 번역할 때도, NPU가 복잡한 언어 모델을 구동해 빠른 번역을 가능하게 한다. 한국어를 영어로 번역한다고 가정해보자. NPU는 입력된 한국어 문장을 단어 단위로 분석하고, 이를 영어 단어로 변환한 뒤, 문법과 어순에 맞게 재배열하여 자연스러운 영어 문장을 만들어낸다.

한편, 스마트 스피커에 “오늘 날씨 어때?”라고 물으면 NPU가 그 음성을 분석해 사용자의 의도를 파악하고 날씨 정보를 알려준다. 이처럼 NPU는 우리 주변의 다양한 기기에서 AI 기능을 구현하는 데 핵심적인 역할을 하고 있다.

④ 왜 중요한가?

NPU는 AI 기술의 대중화와 실생활 적용에 핵심적인 역할을 한다. 작고 효율적인 NPU 덕분에 스마트폰이나 IoT 기기 같은 소형 기기에서도 강력한 AI 기능을 사용할 수 있게 되었다.

과거에는 AI 연산을 위해 기기에서 클라우드 서버로 데이터를 보내고, 연산 결과를 다시 받아오는 과정이 필요했다. 하지만 NPU는 기기 내에서 직접 AI 연산을 처리하므로, 클라우드 서버에 데이터를 보내지 않아도 된다. 이는 사용자의 프라이버시 보호에도 도움이 된다.

또한 NPU는 저전력으로 동작하기 때문에, 배터리 사용 시간이 길어지는 효과도 있다. 스마트폰에서 AI 기능을 사용해도 하루 종일 배터리가 갈 수 있게 된 것이다. NPU의 발전은 온디바이스AI 발전을 강화하며, 우리 일상 속 AI 활용을 더욱 가속화할 것으로 기대된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

NPU는 스마트폰, 태블릿, 스마트 스피커, 드론 등 다양한 모바일 및 IoT 기기에 사용된다. NPU 덕분에 이런 기기들은 사용자의 음성 명령을 이해하고, 사진과 동영상을 스마트하게 촬영 및 편집하며, 얼굴을 인식해 기기를 잠금 해제하는 등 다양한 AI 기능을 제공할 수 있게 되었다.

예를 들어, 최신 스마트폰들은 NPU를 활용해 야간 모드, 인물 사진 모드, 실시간 번역 등 다양한 AI 카메라 기능을 제공한다. 스마트 스피커는 NPU로 사용자의 음성 명령을 이해하고, 음악 재생, 스마트 홈 제어 등을 수행한다.

또 자율주행차의 객체 인식, 스마트 공장의 이상 징후 감지 등 산업 현장에서도 NPU의 역할이 점차 커지고 있다. 앞으로 NPU는 우리 삶 곳곳에서 AI의 힘을 발휘하는 ‘작지만 강한 두뇌’로 활약할 전망이다.

2.5. TPU(Tensor Processing Unit): 딥러닝 가속을 위한 구글의 특별한 칩

① 왜 나오게 되었나?

구글은 딥러닝(Deep Learning)을 활용한 다양한 서비스를 제공하면서, 기존의 중앙처리장치(CPU, Central Processing Unit)나 그래픽 처리 장치(GPU, Graphics Processing Unit)로는 감당하기 어려운 방대한 연산량과 데이터 처리의 한계에 부딪혔다. 이에 구글은 딥러닝에 최적화된 자체 칩을 개발하기로 결정하고, TPU를 만들어냈다. TPU는 딥러닝의 핵심 연산인 행렬 연산(Tensor 연산)을 더욱 빠르고 효율적으로 처리할 수 있도록 특별히 설계되었다.

② 쉽게 설명하면?

TPU는 딥러닝을 위해 태어난 구글의 특별한 칩이다. 마치 특정 요리를 위해 개발된 전용 주방 도구처럼, TPU는 딥러닝이라는 특별한 작업을 위해 만들어졌다. 딥러닝은 수많은 데이터를 처리하고 복잡한 수학 연산을 수행해야 하는데, TPU는 이런 작업을 더 빠르고 효율적으로 처리할 수 있도록 도와준다.

어려운 수학 문제를 푸는데 있어, 일반 계산기로 풀 수도 있지만 공학용 계산기를 사용하면 훨씬 쉽고 빠르게 풀 수 있는 것처럼, TPU는 딥러닝을 위한 특화된 ‘공학용 계산기’라고 볼 수 있다. 구글은 TPU를 자사의 딥러닝 서비스에 적극 활용하여 성능을 크게 향상시켰다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

우리가 구글 검색을 하면, 검색어와 관련된 수많은 웹페이지 정보를 순식간에 분석하여 가장 적절한 결과를 보여준다. 또 구글 번역기는 단어와 문장의 의미를 이해하고 다른 언어로 자연스럽게 옮겨준다.

이런 서비스의 핵심에는 딥러닝 기술이 있고, TPU가 그 딥러닝 알고리즘을 빠르고 정확하게 구동하는 역할을 한다. 마치 자동차 엔진이 휘발유를 연소시켜 동력을 만들어내듯, TPU는 데이터를 연산하여 딥러닝에 필요한 동력을 공급하는 셈이다. 실제로 TPU는 GPU 대비 15~30배 이상의 속도로 딥러닝 연산을 처리할 수 있다고 한다.

④ 왜 중요한가?

TPU는 딥러닝 기술의 상용화와 대중화에 중요한 역할을 하고 있다. 빠르고 효율적인 TPU 덕분에 대규모 딥러닝 모델을 실제 서비스에 적용하는 것이 가능해졌다. 또 TPU를 통해 딥러닝 연구와 개발에 필요한 시간과 비용을 크게 줄일 수 있게 되었다.

구글이 딥러닝의 핵심 기술 개발에 많은 기여를 한 것을 감안한다면, 이를 뒷받침한 TPU의 역할이 컸다는 점에 반발을 제기할 사람은 없을 것이다. 더 나아가 TPU는 단순히 기술 개발에 그치지 않고, 딥러닝이 우리의 일상생활에 성큼 다가설 수 있게 만드는 데에도 일조하였다.. 구글의 TPU 성공 사례는 다른 기업들도 자체 AI 칩 개발에 뛰어들게 하는 계기가 되었다. 앞으로 TPU와 같은 전용 칩은 AI 기술 발전의 핵심 동력이 될 전망이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

TPU는 구글 검색, 번역, 지도, 포토 등 구글의 다양한 서비스에서 딥러닝 기술을 구동하는 데 활용된다. 우리가 구글 서비스를 사용할 때마다, 보이지 않는 곳에서 TPU가 열심히 일하고 있는 셈이다.

또한 구글 클라우드를 통해 외부 개발자와 기업에게도 TPU가 제공되어, 다양한 딥러닝 프로젝트에 사용되고 있다. 의료 영상 분석, 자율주행차, 음성 인식 등 딥러닝이 적용되는 다양한 분야에서 TPU의 활약을 기대할 수 있다. 예를 들어, 의료 분야에서는 TPU를 활용해 방대한 의료 이미지 데이터를 분석하여 질병을 조기에 진단하는 시스템을 만들 수 있다.

한편, TPU의 등장으로 AI 칩 시장이 더욱 활기를 띠게 되었고, 다른 기업들도 경쟁적으로 AI 칩을 개발하고 있어 앞으로 TPU와 같은 특화 칩이 더욱 다양해질 전망이다. 이는 AI 기술의 대중화와 산업 전반의 혁신을 가속화할 것이다.

2.6. HBM (High Bandwidth Memory): 데이터 고속도로, 인공지능의 날개를 달아주는 메모리

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능, 빅데이터, 고성능 컴퓨팅 등의 기술이 발전하면서, 기존 메모리의 데이터 처리 속도는 한계에 부딪혔다. 특히, 인공지능 모델 학습과 추론에는 대량의 데이터를 빠르게 처리해야 하는데, 기존 메모리로는 병목 현상이 발생하여 성능 저하를 일으켰다. 이를 해결하기 위해 데이터 전송 속도를 획기적으로 높인 새로운 형태의 메모리가 필요했는데, 이것이 바로 HBM의 등장 배경이다.

② 쉽게 설명하면?

HBM은 여러 개의 메모리 칩을 수직으로 쌓아 올려 데이터 전송 속도를 획기적으로 높인 고대역폭 메모리이다. 마치 단층 주택과 고층 아파트의 차이처럼, HBM은 같은 면적에 더 많은 메모리 칩을 집적할 수 있다. 또한, 메모리 칩 사이를 연결하는 선을 대폭 넓혀, 마치 차선이 많은 고속도로처럼 더 많은 데이터를 동시에 주고받을 수 있다. 이를 통해 HBM은 기존 메모리보다 훨씬 빠른 속도로 대량의 데이터를 처리할 수 있게 되었다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

HBM은 여러 개의 메모리 칩을 쌓아 올린 후, TSV(Through Silicon Via)라는 기술을 사용하여 칩 간에 수직으로 연결한다. TSV는 마치 칩 사이에 엘리베이터를 설치하는 것처럼, 데이터가 칩 간을 빠르게 이동할 수 있도록 돕는다.

이해를 돕기 위해 우리 일상에서 찾아볼 수 있는 비유를 들어보자. 마치 단층 주택에서 엘리베이터 없이 계단으로만 이동할 수 있는 것처럼, 기존의 메모리는 데이터가 칩 사이를 이동하는 데 제한이 있었다. 하지만 HBM은 TSV라는 엘리베이터를 설치하여, 데이터가 마치 고층 아파트의 엘리베이터를 타고 이동하듯 빠르게 칩 간을 오갈 수 있게 되었다. 이러한 구조 덕분에 HBM은 기존 메모리보다 훨씬 넓은 데이터 전송 대역폭을 제공하며, 전력 소비도 줄일 수 있다.

④ 왜 중요한가?

HBM은 인공지능, 빅데이터, 고성능 컴퓨팅 등 데이터 처리 속도가 중요한 분야에서 핵심적인 역할을 한다. 빠른 데이터 전송 속도는 인공지능 모델의 학습 및 추론 시간을 단축하고, 빅데이터 분석 속도를 향상시키며, 고성능 컴퓨팅 시스템의 성능을 극대화한다.

예를 들어, 자율주행차는 수많은 센서에서 실시간으로 들어오는 대량의 데이터를 빠르게 처리해야 한다. HBM이 이러한 데이터 처리 속도를 높여주어, 자율주행차가 더 안전하고 신뢰성 있게 주행할 수 있도록 돕는다. 또한, 우리가 인터넷 검색을 할 때도 대량의 데이터 속에서 필요한 정보를 빠르게 찾아내야 하는데, HBM이 이러한 빅데이터 처리 속도를 높여 사용자 경험을 개선한다. 이처럼 HBM은 우리 삶의 다양한 영역에서 데이터 처리 속도를 높이는 핵심 요소로 자리매김하고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

HBM은 인공지능 가속기, 고성능 컴퓨팅 시스템, 그래픽 카드, 네트워크 장비 등 다양한 분야에서 활용된다. 특히, 인공지능 분야에서는 GPU(Graphics Processing Unit)와 함께 사용되어 딥러닝 모델 학습 및 추론 속도를 크게 향상시킨다.

실제로 많은 AI 연구자들과 개발자들이 엔비디아의 테슬라(Tesla) GPU와 같은 HBM 탑재 가속기를 사용하여 더 빠르고 효율적으로 AI 모델을 개발하고 있다. 또한, HBM은 슈퍼컴퓨터, 데이터 센터 서버 등 대규모 데이터 처리가 필요한 시스템에서도 핵심적인 역할을 한다. 세계 최고 성능의 슈퍼컴퓨터들은 대부분 HBM을 사용하여 엄청난 양의 데이터를 빠르게 처리한다. 앞으로도 HBM은 데이터 중심 시대에 필수적인 기술로서, 우리 삶의 더 많은 영역에서 활약할 것으로 기대된다.

2.7. 칩렛(Chiplet): 레고 블록처럼 조립하는 작고 효율적인 반도체

① 왜 나오게 되었나?

반도체 기술이 발전하면서 칩의 크기는 점점 작아지고 복잡해졌다. 하지만 미세 공정 기술의 한계와 비용 증가로 인해 더 이상 단일 칩으로 모든 기능을 구현하기 어려워졌다. 마치 하나의 거대한 공장에서 모든 제품을 생산하는 것보다, 여러 개의 작은 공장에서 각자의 전문 분야 제품을 생산하는 것이 더 효율적인 것처럼, 반도체 설계에도 유사한 접근이 필요해졌다. 이러한 문제를 해결하고 반도체 설계의 유연성을 높이기 위해 칩렛 기술이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

칩렛은 작은 칩들을 레고 블록처럼 조립하여 하나의 큰 칩을 만드는 기술이다. 각 칩렛은 특정 기능을 담당하며, 필요에 따라 다양한 칩렛을 조합하여 원하는 기능을 가진 반도체를 만들 수 있다. 이는 마치 퍼즐 조각을 모아 완성된 그림을 만드는 것과 비슷하다. 각 퍼즐 조각은 전체 그림의 일부분을 담당하지만, 조립되었을 때는 하나의 완벽한 그림을 형성한다. 칩렛도 이와 같이 각자의 기능을 수행하는 작은 칩들이 모여 하나의 완성된 반도체를 구성하는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

칩렛은 마치 컴퓨터를 조립하는 것과 비슷하다. 중앙처리장치(CPU), 그래픽처리장치(GPU), 메모리 등 다양한 부품을 조립하여 원하는 성능의 컴퓨터를 만드는 것처럼, 칩렛 기술을 활용하면 다양한 기능을 가진 칩렛을 조립하여 원하는 성능의 반도체를 만들 수 있다.

예를 들어, 인공지능 칩을 만들 때 연산 칩렛, 메모리 칩렛, 인터페이스 칩렛 등을 조합하여 원하는 성능과 기능을 가진 칩을 만들 수 있다. 연산 칩렛은 인공지능 알고리즘 계산을, 메모리 칩렛은 데이터 저장을, 인터페이스 칩렛은 외부와의 데이터 송수신을 담당하게 된다. 이렇게 각 칩렛이 독립적인 기능을 수행하면서도, 서로 조화롭게 작동하여 완성된 인공지능 칩의 성능을 구현하는 것이다.

또한, 칩렛 기술은 기존 칩을 재활용하거나 새로운 칩렛을 추가하여 칩의 성능을 업그레이드하는 데에도 활용될 수 있다. 스마트폰 업그레이드를 위해 새로운 부품으로 교체하는 것처럼, 칩렛 기반 반도체도 낡은 칩렛을 새것으로 교체하거나 추가 칩렛을 장착하여 성능 향상을 꾀할 수 있다. 이는 반도체의 유연성과 확장성을 크게 높여주는 장점이 된다.

④ 왜 중요한가?

칩렛 기술은 특히 AI 반도체 설계에 있어 그 중요성이 더욱 부각되고 있다. AI 반도체는 고도의 병렬 연산 처리 능력과 대용량 메모리가 필요한데, 이를 하나의 큰 칩으로 구현하기에는 기술적, 경제적 한계가 있다.

칩렛 기술을 활용하면 서로 다른 최적의 공정과 설계로 제작된 칩렛들을 조합하여 고성능 AI 반도체를 구현할 수 있다. 예를 들어 연산 처리용 로직 칩렛, 고대역폭 메모리 칩렛, 저전력 IO 칩렛 등을 하나로 통합할 수 있는 것이다.

이는 AI 반도체의 성능을 높이고 전력 효율을 개선하는 동시에, 설계 기간을 단축하고 비용을 절감하는 효과를 가져온다. 또한 칩렛 단위의 표준화와 모듈화로 인해 AI 반도체의 설계 유연성이 높아지며, 다양한 AI 애플리케이션에 맞춤형된 반도체 개발이 용이해진다. 따라서 칩렛 기술의 발전은 AI 기술 혁신의 가속화와 대중화에 기여할 것으로 기대된다. 특히 클라우드, 엣지, 모바일 등 다양한 환경에서 AI 처리 수요가 폭증하고 있는 만큼, 칩렛 기반의 AI 반도체 설계는 더욱 중요해질 전망이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

칩렛 기술은 고성능 컴퓨팅, 인공지능, 데이터 센터, 모바일 기기 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다.

예를 들어, AMD는 칩렛 기술을 활용하여 고성능 CPU와 GPU를 개발하고 있다. 서버나 워크스테이션에서 요구되는 높은 성능을 칩렛 기반 설계로 구현함으로써, 더 효율적이고 경제적인 고성능 컴퓨팅 솔루션을 제공할 수 있게 된 것이다.

인텔 역시 칩렛 기술을 활용하여 데이터 센터용 칩을 개발하고 있다. 방대한 양의 데이터를 처리해야 하는 데이터 센터의 특성 상, 칩렛 기술을 통한 맞춤형 설계는 매력적인 대안이 될 수 있다.

이처럼 칩렛 기술은 다양한 영역에서 그 강점을 발휘할 수 있는 범용성을 가지고 있다. 앞으로도 칩렛은 반도체 산업을 이끄는 핵심 기술로서, 더 작고 빠르며 효율적인 칩을 만드는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

3. 컴퓨팅 방식

3.1. 인메모리 컴퓨팅 (In-Memory Computing): 데이터를 메모리에서 바로 처리하는 초고속 컴퓨팅

① 왜 나오게 되었나?

기존 컴퓨팅 방식은 데이터를 저장하는 메모리와 데이터를 처리하는 프로세서가 분리되어 있어, 데이터를 주고받는 과정에서 병목 현상이 발생하고 처리 속도가 느려지는 문제가 있었다. 마치 서류를 보관하는 캐비닛과 서류를 처리하는 사무실이 멀리 떨어져 있어, 직원이 서류를 가져오고 다시 돌려놓는 데 많은 시간을 소모하는 것과 같은 상황이었다.

특히 빅데이터 시대에 데이터 처리량이 폭발적으로 증가하면서 이러한 문제는 더욱 심각해졌다. 마치 서류의 양이 급증하면서 직원이 서류를 옮기는 데만 대부분의 시간을 쓰게 되는 것처럼, 데이터를 메모리와 프로세서 사이에서 옮기는 데 많은 시간과 에너지가 낭비되었다. 이를 해결하기 위해 데이터를 메모리에서 바로 처리하는 인메모리 컴퓨팅 기술이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

인메모리 컴퓨팅은 데이터를 하드디스크나 SSD(Solid State Drive)와 같은 저장장치에 저장하지 않고, 메모리에 저장하여 처리하는 기술이다. 메모리는 저장장치보다 훨씬 빠른 속도로 데이터를 읽고 쓸 수 있기 때문에, 데이터 처리 속도를 획기적으로 높일 수 있다.

이는 마치 책상 위에 필요한 서류를 모두 펼쳐놓고 바로 일하는 것과 같다. 서류를 캐비닛에서 꺼내고 다시 돌려놓는 시간이 없기 때문에, 훨씬 빠르고 효율적으로 일을 처리할 수 있다. 인메모리 컴퓨팅은 이와 같이 데이터를 메모리에 저장하여 프로세서가 바로 접근하고 처리할 수 있게 함으로써, 데이터 처리 속도를 극대화한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

인메모리 컴퓨팅은 실시간 데이터 분석, 금융 거래 처리, 인공지능 학습 등 대용량 데이터를 빠르게 처리해야 하는 분야에서 활용된다.

예를 들어, 주식 시장에서 실시간으로 주가 변동을 분석하고 투자 결정을 내리는 데 인메모리 컴퓨팅이 사용될 수 있다. 주가는 매초마다 변화하므로, 방대한 양의 실시간 데이터를 즉각적으로 처리해야 한다. 인메모리 컴퓨팅을 활용하면 주가 데이터를 메모리에 저장하고 바로 분석할 수 있어, 지연 시간 없이 신속한 투자 결정을 내릴 수 있다.

또한, 인공지능 모델 학습 시에도 인메모리 컴퓨팅이 활용된다. 인공지능 모델을 학습시키려면 대규모 데이터를 반복적으로 처리해야 하는데, 데이터를 메모리에 로드하여 고속으로 처리함으로써 학습 시간을 크게 단축할 수 있다. 이는 마치 방대한 자료를 책상 위에 펼쳐놓고 공부하는 것과 같다. 자료를 찾고 정리하는 시간을 줄이고 학습 효율을 높일 수 있는 것이다. 다만 이처럼 데이터를 메모리에 모두 펼쳐놓았을 때 학습 효율이 높아지는 것은 AI 반도체가 데이터를 하나씩 순차적으로 찾는 것이 아니라, 동시에 병렬적으로 처리할 수 있기 때문에 가능한 것이다.

④ 왜 중요한가?

인메모리 컴퓨팅은 AI 시대에 필수적인 기술이다. 데이터 처리 속도를 획기적으로 높여 실시간 데이터 분석, 빅데이터, 머신러닝 등 다양한 분야에서 혁신을 가져올 수 있다.

이는 마치 업무 속도를 높임으로써 더 많은 일을 처리하고, 더 나은 의사결정을 내릴 수 있는 것과 같다. 인메모리 컴퓨팅은 데이터 처리의 속도와 효율을 극대화함으로써, 기존에는 불가능했던 실시간 분석과 예측을 가능하게 한다.

또한, 데이터 처리 과정에서 발생하는 에너지 소비를 줄여 친환경적인 컴퓨팅 환경을 구축하는 데에도 기여한다. 데이터를 메모리와 프로세서 사이에서 옮기는 데 드는 에너지를 절약할 수 있기 때문이다. 이는 마치 서류를 옮기는 데 소모되는 시간과 노력을 줄임으로써, 더 효율적이고 지속가능한 업무 환경을 만드는 것과 같다.

⑤ 어디에 활용되는가?

인메모리 컴퓨팅은 금융, 의료, 제조, 유통 등 다양한 산업 분야에서 활용된다. 예를 들어, 금융 분야에서는 실시간 사기 탐지, 고객 맞춤형 상품 추천 등에 활용된다. 수많은 금융 거래 데이터를 실시간으로 분석하여 이상 징후를 포착하거나, 고객의 행동 패턴을 분석하여 최적의 금융 상품을 제안할 수 있다.

의료 분야에서는 환자 데이터 분석, 질병 예측 등에 활용된다. 방대한 의료 기록과 검사 결과를 고속으로 분석하여 질병을 조기에 진단하고, 환자에게 최적의 치료 방법을 제안할 수 있다.

제조 분야에서는 생산 공정 최적화, 품질 관리 등에 활용된다. 공장에서 생산되는 제품의 데이터를 실시간으로 모니터링하여 불량품을 조기에 발견하고, 생산 효율을 극대화할 수 있다.

유통 분야에서는 재고 관리, 판매 예측 등에 활용된다. 판매 데이터를 분석하여 상품 수요를 예측하고, 적절한 재고를 유지함으로써 판매 기회 손실을 최소화하고 수익을 극대화할 수 있다.

이처럼 인메모리 컴퓨팅은 데이터 처리 속도와 효율이 중요한 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있다. 앞으로도 인메모리 컴퓨팅 기술의 발전은 산업 전반의 디지털 혁신을 가속화할 것으로 기대된다.

3.2. 희소 컴퓨팅 (Sparse Computing): 0을 효율적으로 활용하는 똑똑한 계산법

① 왜 나오게 되었나?

AI 모델은 점점 더 복잡해지고 거대해지면서, 모델의 학습과 실행에 필요한 연산량과 메모리 사용량이 폭발적으로 증가했다. 그러나 대부분의 데이터는 0을 포함한 의미 없는 정보를 많이 포함하고 있다. 마치 책에서 내용과 관련 없는 빈 페이지가 대부분을 차지하는 것과 같은 상황이었다.

이러한 비효율성은 AI 모델의 학습과 실행 속도를 저하시키고, 막대한 컴퓨팅 자원을 낭비하는 결과를 초래했다. 한정된 자원을 효율적으로 활용하고, 더욱 복잡한 인공지능 모델을 다루기 위해서는 새로운 접근 방식이 필요했다. 이에 따라 데이터의 희소성(sparsity)을 활용하여 연산 효율을 극대화하는 희소 컴퓨팅 기술이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

희소 컴퓨팅은 데이터에서 0이나 의미 없는 값을 제외하고, 유의미한 값만을 이용하여 연산을 수행하는 기술이다. 마치 빈칸이 많은 시험지를 채점할 때 빈칸은 무시하고 정답만 확인하는 것과 비슷하다.

이해를 돕기 위해 책의 예시를 다시 들어보자. 500페이지 중 100페이지만 실제 내용이 있는 책이 있다고 가정해보자. 기존의 방식대로라면 500페이지 전체를 다 읽어야 하지만, 희소 컴퓨팅을 적용하면 내용이 있는 100페이지만 선별적으로 읽으면 된다. 이를 통해 책을 읽는 데 걸리는 시간과 노력을 크게 줄일 수 있다. 데이터 처리에서도 이와 같은 원리가 적용된다. 0이나 의미 없는 값을 건너뛰고 유의미한 값만 처리하므로, 연산량과 메모리 사용량을 줄이고 AI 모델의 학습 및 실행 속도를 높일 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

자연어 처리에서 사용되는 단어 임베딩(word embedding)을 예로 들어보자. 단어 임베딩은 각 단어를 수백 개의 숫자로 이루어진 벡터로 표현하는데, 대부분의 벡터는 0을 많이 포함하고 있다.

예를 들어, “고양이”라는 단어의 임베딩 벡터가 [0, 0, 0.5, 0, 0.2, 0, ..., 0.8] 이라고 해보자. 대부분의 원소가 0이고, 의미 있는 값은 몇 개뿐이다. 희소 컴퓨팅은 이러한 0을 모두 저장하지 않고, [3: 0.5, 5: 0.2, ..., 300: 0.8]와 같이 의미 있는 값의 위치와 값만 저장한다. 이렇게 하면 메모리 사용량을 크게 줄일 수 있다. 또한 연산 시에도 0이 아닌 값만 고려하면 되므로, 연산량도 크게 감소한다.

이는 마치 책에서 중요한 내용만 발췌하여 요약본을 만드는 것과 같다. 중요하지 않은 내용은 과감히 생략하고, 핵심 내용만 간추려 담으면 책의 분량을 줄일 수 있고, 읽는 시간도 단축할 수 있다. 희소 컴퓨팅은 데이터의 요약본을 만들어 처리하는 것이라고 이해할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

희소 컴퓨팅은 인공지능 모델의 효율성을 획기적으로 높이는 기술이다. 연산량과 메모리 사용량을 줄여 AI 모델의 학습 및 실행 속도를 높이고, 더욱 복잡하고 거대한 모델을 효율적으로 처리할 수 있게 한다.

이는 마치 책을 더 빨리 읽고 이해할 수 있게 해주는 속독법과 같다. 희소 컴퓨팅을 통해 AI 모델은 방대한 데이터를 더욱 빠르게 학습하고, 실시간으로 추론을 수행할 수 있게 된다. 이는 인공지능 기술의 실용성을 높이고, 더 다양한 분야에서 인공지능을 활용할 수 있는 토대가 된다.

또한 희소 컴퓨팅은 인공지능 모델의 에너지 효율성을 높이는 데에도 기여한다. 불필요한 연산을 줄임으로써 전력 소모를 감소시키고, 더 친환경적인 AI 시스템을 구축할 수 있게 된다. 이는 AI의 지속가능성을 높이고, 더 넓은 범위에서 AI기술을 활용할 수 있는 발판이 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

희소 컴퓨팅은 자연어 처리, 추천 시스템, 이미지 인식 등 다양한 인공지능 분야에서 활용된다.

예를 들어, 자연어 처리에서는 대규모 언어 모델의 학습 및 추론에 희소 컴퓨팅을 적용하여 메모리 사용량을 줄이고 속도를 높일 수 있다. GPT-4와 같은 거대 언어 모델은 수천억 개의 파라미터를 가지고 있는데, 이를 모두 저장하고 연산하는 것은 엄청난 자원을 요구한다. 희소 컴퓨팅을 통해 불필요한 파라미터를 제거하고 연산을 최적화함으로써, 더 효율적으로 언어 모델을 다룰 수 있게 된다.

또한, 추천 시스템에서는 사용자-아이템 상호작용 행렬의 희소성을 활용하여 추천 성능을 향상시킬 수 있다. 아마존이나 넷플릭스와 같은 서비스에서는 사용자가 상품이나 영화에 매긴 평점 데이터를 기반으로 추천을 제공한다. 그러나 대부분의 사용자는 전체 상품 중 일부에만 평점을 매기므로, 평점 행렬은 대부분 0으로 채워진 희소 행렬이 된다. 희소 컴퓨팅은 이러한 행렬의 희소성을 효과적으로 다루어, 더 정확하고 효율적인 추천 알고리즘을 만드는 데 기여한다.

이처럼 희소 컴퓨팅은 데이터의 희소성이 두드러지는 다양한 AI 문제에 적용되어, 인공지능 기술의 효율성과 실용성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있다. 앞으로도 희소 컴퓨팅은 AI 기술의 발전을 가속화하는 핵심 기술로 자리매김할 것으로 기대된다.

4. 특수 목적 컴퓨팅

4.1. 뉴로모픽 컴퓨팅 (Neuromorphic Computing): 인간 뇌를 닮은 새로운 컴퓨팅 방식

① 왜 나오게 되었나?

기존의 컴퓨터는 정해진 순서대로 연산을 처리하는 방식으로, 인간의 뇌처럼 복잡하고 유연한 정보 처리에는 한계가 있었다. 마치 요리책에 나온 대로만 요리할 줄 아는 요리사와 같이, 컴퓨터는 프로그래밍된 대로만 일을 처리할 수 있었던 것이다.

특히, AI 분야에서는 인간의 뇌처럼 학습하고 판단하는 능력을 갖춘 컴퓨터 개발이 요구되었다. 바둑이나 체스처럼 복잡한 문제를 해결하거나, 인간의 언어를 이해하고 대화하는 등의 업무 또는 활동은 기존의 컴퓨터로는 쉽게 구현할 수 없었기 때문이다. 이러한 필요성에 따라 인간의 뇌 구조와 작동 방식을 모방한 뉴로모픽 컴퓨팅 기술이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

뉴로모픽 컴퓨팅은 인간의 뇌 신경망 구조와 뉴런의 작동 방식을 모방하여 정보를 처리하는 컴퓨팅 방식이다.

기존 컴퓨터처럼 정해진 순서대로 연산을 처리하는 것이 아니라, 뉴런과 시냅스로 구성된 신경망을 통해 병렬적으로 정보를 처리한다.

이는 마치 수많은 사람들이 동시에 정보를 주고받으며 문제를 해결하는 것과 같다. 한 사람이 모든 일을 순차적으로 처리하는 것보다, 여러 사람이 협력하여 동시에 일을 처리하는 것이 더 빠르고 효율적일 수 있다. 뉴로모픽 컴퓨팅도 이와 같은 원리로, 복잡한 문제를 병렬적으로 처리함으로써 기존 컴퓨터보다 빠르고 효율적인 정보 처리를 가능하게 한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

뉴로모픽 컴퓨팅은 뇌의 뉴런과 시냅스를 모방한 인공 뉴런과 인공 시냅스로 구성된다. 인공 뉴런은 입력 신호를 받아 특정 조건을 만족하면 출력 신호를 생성하고, 인공 시냅스는 뉴런 간의 연결 강도를 조절하여 학습을 가능하게 한다.

예를 들어, 이미지 인식 작업을 수행하는 뉴로모픽 컴퓨터를 상상해보자. 이미지 픽셀 정보가 입력 신호로 들어오면, 이를 받은 인공 뉴런들이 각자의 조건에 따라 출력 신호를 생성한다. 이때, 인공 시냅스를 통해 뉴런 간의 연결이 조절되면서, 네트워크는 특정 패턴(예를 들어 고양이 모양)을 인식하도록 학습된다.

이러한 구조를 통해 뉴로모픽 컴퓨터는 기존 컴퓨터보다 훨씬 적은 에너지로 복잡한 연산을 수행할 수 있으며, 패턴 인식, 학습, 추론 등 인간의 뇌와 유사한 기능을 수행할 수 있다. 마치 한 사람이 모든 퍼즐 조각을 맞추는 것보다, 여러 사람이 동시에 조각을 맞추는 것이 더 효율적인 것과 같은 이치이다.

④ 왜 중요한가?

뉴로모픽 컴퓨팅은 인공지능 분야의 핵심 기술로 떠오르고 있다. 기존 컴퓨터의 한계를 극복하고 인간의 뇌처럼 학습하고 판단하는 능력을 갖춘 인공지능 개발을 가능하게 한다.

이는 마치 산업혁명이 기계의 힘으로 인간의 물리적 한계를 극복한 것처럼, 뉴로모픽 컴퓨팅이 컴퓨터의 인지적 한계를 극복하는 새로운 혁명을 불러올 수 있음을 의미한다. 더욱 지능적인 기계, 더욱 인간친화적인 기술의 개발이 가능해지는 것이다.

또한, 뉴로모픽 컴퓨팅은 저전력으로 고성능 연산을 수행할 수 있어 에너지 효율성이 중요한 모바일 기기, 로봇, 사물인터넷(IoT) 기기 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 이는 기술의 지속가능성 측면에서도 큰 의의가 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

뉴로모픽 컴퓨팅은 아직 초기 단계이지만, 딥러닝 모델의 학습 및 추론에 적용되어 이미지 인식, 음성 인식,

자연어 처리 등 다양한 인공지능 분야에서 혁신을 가져올 수 있다.

예를 들어, 뉴로모픽 칩을 탑재한 스마트폰은 클라우드 서버의 도움 없이도 로컬에서 음성 인식이나 번역을 수행할 수 있을 것이다. 이는 사용자 프라이버시 보호와 빠른 응답속도 측면에서 큰 장점이 될 수 있다.

또한, 뉴로모픽 컴퓨팅은 로봇의 인지 능력, 학습 능력, 의사 결정 능력을 향상시켜 더욱 지능적인 로봇 개발을 가능하게 한다. 환경을 인식하고 상황을 판단하여 자율적으로 행동하는 로봇, 사용자와 자연스럽게 상호작용하는 로봇 등이 현실화될 수 있는 것이다.

뿐만 아니라, 수많은 센서에서 실시간으로 데이터를 받아 처리해야 하는 IoT 기기 분야에서도 뉴로모픽 컴퓨팅의 강점이 발휘될 수 있다. 저전력, 고효율 특성은 배터리로 동작하는 IoT 기기에 매우 적합하기 때문이다.

나아가 뉴로모픽 컴퓨팅은 뇌 질환 연구 및 뇌 기능 분석과 같은 의료 분야에서도 새로운 가능성을 제시한다. 인간 뇌의 작동 원리를 모사한 뉴로모픽 컴퓨터는 뇌 기능에 대한 이해를 깊게 하고, 뇌 질환의 진단 및 치료에 새로운 통찰을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

4.2. 양자 컴퓨팅(Quantum Computing): 켄탐의 신비로운 힘으로 난제를 해결하는 컴퓨팅

① 왜 나오게 되었나?

기존 컴퓨터는 0과 1로 정보를 표현하고 처리하는 비트(bit) 단위로 계산한다. 하지만 이런 방식으로는 복잡한 문제를 해결하는 데 한계가 있었다. 마치 바둑에서 모든 경우의 수를 일일이 계산하며 최선의 수를 찾는 것처럼, 기존 컴퓨터로는 너무 많은 시간과 자원이 필요했던 것이다.

이런 한계를 극복하기 위해 양자 컴퓨팅이 등장했다. 양자 컴퓨팅은 양자역학의 원리를 이용하여 0과 1의 상태를 동시에 가지는 큐비트(qubit) 단위로 계산한다. 이러한 특성 덕분에 기존 컴퓨터로는 해결하기 어려운 복잡한 문제를 빠르게 해결할 수 있는 가능성을 제시하며 주목받기 시작했다.

② 쉽게 설명하면?

양자 컴퓨팅은 양자역학의 원리를 이용하여 여러 가지 계산을 동시에 처리하는 컴퓨팅 방식이다. 기존 컴퓨터가 한 번에 하나의 계산만 처리하는 것과 달리, 양자 컴퓨터는 여러 계산을 동시에 처리할 수 있어 훨씬 빠른 속도로 문제를 해결할 수 있다.

이는 마치 수많은 미로 속에서 동시에 모든 길을 탐색하여 출구를 찾는 것과 비슷하다. 기존 컴퓨터라면 한 번에 하나의 길만 탐색할 수 있어 모든 길을 확인하려면 오랜 시간이 걸리겠지만, 양자 컴퓨터는 모든 길을 동시에 탐색하여 순식간에 출구를 찾아낼 수 있는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

양자 컴퓨팅은 큐비트라는 양자 비트를 사용한다. 큐비트는 0과 1의 상태를 동시에 가질 수 있는 특징인 중첩(superposition)과 멀리 떨어져 있는 큐비트끼리 서로 연결되는 얽힘(entanglement) 현상을 이용하여 여러 계산을 동시에 처리한다.

예를 들어, 4개의 도시를 가장 짧은 거리로 여행하는 경로를 찾는 문제를 생각해 보자. 기존 컴퓨터는 가능한 모든 경로를 하나씩 계산하며 최단 경로를 찾아야 한다. 하지만 도시의 수가 늘어날수록 가능한 경로의 수는 기하급수적으로 증가하여, 기존 컴퓨터로는 계산이 불가능해진다.

반면, 양자 컴퓨터는 모든 가능한 경로를 큐비트의 중첩 상태로 표현하고, 얽힘 현상을 통해 한 번에 모든 경로를 계산할 수 있다. 마치 모든 경로를 동시에 여행하며 최단 경로를 찾아내는 것과 같다. 이처럼 양자 컴퓨팅은 복잡한 문제를 효율적으로 해결하는 데 큰 강점을 가지고 있다.

④ 왜 중요한가?

양자 컴퓨팅은 신약 개발, 재료 과학, 금융 모델링, 인공지능 등 다양한 분야에서 혁신을 가져올 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 특히, 기존 컴퓨터로는 해결하기 어려운 복잡한 문제를 해결할 수 있어 미래 컴퓨팅 기술의 핵심으로 주목받고 있다.

이는 마치 증기기관이 산업혁명을 이끈 것처럼, 양자 컴퓨팅이 컴퓨팅 능력의 혁명적 발전을 이끌 수 있음을 의미한다. 양자 컴퓨팅의 발전은 우리가 직면한 복잡한 문제들, 예를 들어 기후변화, 질병, 에너지 문제 등을 해결하는 데 결정적인 도움을 줄 수 있다. 따라서 양자 컴퓨팅의 발전은 단순히 기술적 진보를 넘어, 우리 사회 전반에 큰 영향을 미칠 수 있다는 점에서 매우 중요하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

양자 컴퓨팅은 복잡한 분자 구조를 분석하고 시뮬레이션하여 신약 개발 속도를 높이고, 새로운 소재 개발 및 기존 소재의 특성 개선에도 활용될 수 있다.

예를 들어, 단백질 접힘(protein folding) 문제는 생물학 및 의학 분야에서 매우 중요하다. 단백질은 우리 몸의 구조와 기능을 담당하는 핵심 물질로, 단백질이 정확한 3차원 구조로 접히는 것이 그 기능을 수행하는 데 필수적이기 때문이다. 만약 단백질이 제대로 접히지 않으면 알츠하이머병, 파킨슨병과 같은 질병으로 이어질 수 있다.

그러나 단백질 접힘의 복잡성 때문에 기존 컴퓨터로는 이 문제를 해결하기 어려웠다. 하지만 양자 컴퓨팅을 활용하면 단백질 접힘 문제를 훨씬 빠르게 해결할 수 있어, 신약 개발에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

또한, 복잡한 금융 시장 예측 및 투자 전략 수립에도 양자 컴퓨팅이 활용될 수 있다. 금융 시장은 수많은 변

수가 복잡하게 상호작용하기 때문에 정확한 예측이 매우 어렵다. 양자 컴퓨팅을 활용하면 이러한 복잡성을 효과적으로 다룰 수 있어, 더 정확한 금융 모델링과 예측이 가능해질 것이다.

나아가 양자 컴퓨팅은 인공지능, 특히 딥러닝에서의 학습 및 추론 속도를 크게 향상시킬 수 있다. 딥러닝은 방대한 데이터를 처리해야 하므로 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하는데, 양자 컴퓨팅을 활용하면 이를 훨씬 효율적으로 처리할 수 있다.

다만, 양자 컴퓨팅의 강력한 연산 능력은 기존 암호 체계를 위협할 수도 있다. 많은 암호 체계가 큰 숫자를 소인수분해하기 어렵다는 점에 기반하고 있는데, 양자 컴퓨터는 이를 빠르게 풀어낼 수 있기 때문이다. 따라서 양자 컴퓨팅의 발전과 함께 새로운 양자 암호 체계 개발도 함께 이루어져야 할 것이다.

5. AI 반도체 성능 지표

5.1. FLOPS(Floating-point Operations Per Second): AI 반도체의 연산 속도를 나타내는 단위

① 왜 나오게 되었나?

인공지능 기술이 발전하면서 딥러닝 모델은 점점 더 복잡해지고 거대해졌다. 이러한 모델을 학습하고 실행하기 위해서는 엄청난 양의 연산이 필요한데, 마치 수학 시험에서 복잡한 계산 문제를 푸는 것과 같다고 할 수 있다.

이때 AI 반도체의 연산 속도를 객관적으로 비교하고 평가하기 위한 지표가 필요해졌다. 마치 수학 시험에서 학생들의 계산 속도를 평가하기 위해 '분당 풀이 문제 수'와 같은 지표를 사용하는 것처럼, AI 반도체의 성능을 평가하기 위한 기준이 필요했던 것이다. 이에 따라 초당 부동 소수점 연산 횟수를 의미하는 FLOPS가 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

FLOPS는 컴퓨터나 AI 반도체가 1초 동안 수행할 수 있는 부동 소수점 연산 횟수를 의미한다. 부동 소수점 연산은 소수점이 포함된 실수 연산을 의미하며, 딥러닝 모델 학습 및 실행에 필수적인 연산이다.

실제 세계의 데이터는 정수보다는 실수로 표현되는 경우가 많기 때문에, AI 모델이 이러한 데이터를 처리하고 학습하기 위해서는 부동 소수점 연산이 필수적이다. 부동 소수점 연산은 AI 반도체의 성능을 평가하는 중요한 지표로, FLOPS가 높을수록 더 빠르고 정확한 AI 모델 학습과 추론이 가능해진다.

이를 일상생활에 비유하자면, FLOPS는 1초 동안 얼마나 많은 양의 일을 처리할 수 있는지를 나타내는 것과 같다. 예를 들어, '1초 동안 몇 개의 햄버거를 만들 수 있는가'라는 질문에 답하는 것과 유사하다. FLOPS는 AI 반도체의 연산 속도를 나타내는 단위로, FLOPS 값이 높을수록 더 빠른 속도로 연산을 처리할 수 있다. 따라서 부동 소수점 연산과 FLOPS는 AI 시대에 중요한 기술 수준 측정 단위가 될 것으로 보인다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

FLOPS는 1초에 몇 번의 부동 소수점 연산을 수행할 수 있는지를 나타내는 단위로, KFLOPS(1,000 FLOPS), MFLOPS(1,000,000 FLOPS), GFLOPS(1,000,000,000 FLOPS), TFLOPS(1,000,000,000,000 FLOPS), PFLOPS(1,000,000,000,000,000 FLOPS) 등으로 표현된다.

예를 들어, 어떤 AI 반도체의 연산 속도가 10 TFLOPS라면, 이 반도체는 1초에 10조 번의 부동 소수점 연산을 수행할 수 있다는 의미이다. 이는 마치 1초 동안 10조 개의 햄버거를 만들 수 있는 것과 같다고 할 수 있다. 물론 실제로는 이렇게 많은 양의 햄버거를 1초 만에 만드는 것은 불가능하지만, AI 반도체의 엄청난 연산 속도를 이해하는 데 도움이 될 수 있다.

④ 왜 중요한가?

FLOPS는 AI 반도체의 성능을 비교하고 평가하는 중요한 지표이다. FLOPS 값이 높을수록 딥러닝 모델 학습 및 추론 속도가 빨라져 인공지능 기술 개발 및 서비스 제공에 유리하다.

이는 마치 수학 시험에서 계산 속도가 빠른 학생이 더 좋은 성적을 얻을 가능성이 높은 것과 같다. 계산 속도가 빠르면 주어진 시간 내에 더 많은 문제를 풀 수 있기 때문이다. 마찬가지로 AI 반도체의 FLOPS 값이 높으면 주어진 시간 내에 더 많은 연산을 처리할 수 있어, 더 복잡하고 거대한 인공지능 모델을 다룰 수 있게 된다. 따라서 AI 반도체 개발 업체들은 FLOPS 값을 높이기 위해 끊임없이 노력하고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

FLOPS는 AI 반도체의 성능을 비교하고 평가하는 데 사용된다.

예를 들어, 새로운 AI 반도체를 개발할 때 기존 제품과의 성능 비교를 위해 FLOPS 값을 측정한다. 이는 마치 새로운 햄버거 제조 기계를 개발할 때, 기존 기계와의 성능 비교를 위해 '분당 햄버거 제조 수'를 측정하는 것과 같다. FLOPS 값을 통해 새로운 AI 반도체의 성능 향상 정도를 객관적으로 평가할 수 있다.

또한, 딥러닝 모델 학습 및 추론에 필요한 연산량을 예측하고 적절한 AI 반도체를 선택하는 데에도 FLOPS 값이 활용된다. 예를 들어, 특정 딥러닝 모델을 학습하는 데 필요한 연산량이 100 TFLOPS라고 한다면, 이를 처리하기 위해서는 최소 100 TFLOPS 이상의 FLOPS 값을 가진 AI 반도체가 필요할 것이다.

이처럼 FLOPS는 AI 반도체의 성능을 평가하고, 인공지능 기술 개발에 필요한 하드웨어 자원을 예측하고 할당하는 데 중요한 역할을 한다. AI 기술이 점점 더 발전하고 복잡해짐에 따라, FLOPS 값의 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다.

5.2. TOPS(Tera Operations Per Second): AI 반도체의 딥러닝 연산 능력을 나타내는 단위

① 왜 나오게 되었나?

인공지능, 특히 딥러닝 기술이 발전하면서 AI 모델의 복잡도와 크기가 증가함에 따라, 이를 효율적으로 처리할 수 있는 AI 반도체의 중요성이 커졌다. 마치 복잡한 요리를 빠르게 만들기 위해 고성능 주방 기기가 필요한 것처럼, 복잡한 딥러닝 모델을 빠르게 처리하기 위해서는 고성능 AI 반도체가 필요하게 된 것이다.

이에 따라 AI 반도체의 성능을 평가하고 비교하기 위해 다양한 지표가 사용되는데, TOPS는 딥러닝 연산에 특화된 지표로 등장했다. TOPS는 AI 반도체가 딥러닝 연산을 얼마나 빠르게 처리할 수 있는지를 나타내는 척도로, 딥러닝 시대에 AI 반도체의 성능을 가늠하는 중요한 기준이 되었다.

② 쉽게 설명하면?

TOPS는 AI 반도체가 1초 동안 수행할 수 있는 딥러닝 연산 횟수를 나타내는 단위이다. 딥러닝 연산은 행렬 곱셈과 같은 특정 연산을 반복적으로 수행하는 특징이 있는데, TOPS는 이러한 연산을 초당 몇 조(Trillion)번 수행할 수 있는지를 나타낸다.

이는 마치 레스토랑에서 주문한 음식이 나오는 속도를 나타내는 것과 비슷하다. 레스토랑의 주방이 초당 몇 개의 음식을 만들어낼 수 있는지에 따라 고객이 음식을 받는 속도가 달라지듯, AI 반도체의 TOPS 값에 따라 딥러닝 모델의 학습 및 추론 속도가 결정되는 것이다. TOPS 값이 높을수록 AI 반도체가 더 빠르게 딥러닝 연산을 처리할 수 있다는 의미이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

예를 들어, 어떤 AI 반도체의 TOPS가 100이라면, 이 반도체는 1초에 100조 번의 딥러닝 연산을 수행할 수 있다는 의미이다. 100조 번이라는 숫자가 실감나지 않을 수 있는데, 이는 지구 인구 전체가 하루에 1억 번씩 딥러닝 연산을 수행하는 것과 맞먹는 수준이다.

이렇게 높은 TOPS 값은 이미지 인식, 자연어 처리, 음성 인식 등 다양한 딥러닝 응용 분야에서 모델의 학습 및 추론 속도를 높이는 데 기여한다. 예를 들어, 자율주행차가 주변 환경을 인식하고 판단하는 데 있어, 높은 TOPS 값을 가진 AI 반도체를 사용한다면 더 빠르고 정확하게 상황을 파악하고 대처할 수 있을 것이다.

④ 왜 중요한가?

TOPS는 AI 반도체의 성능을 비교하고 평가하는 데 중요한 지표이다. TOPS 값이 높을수록 딥러닝 모델을 더 빠르게 학습하고 실행할 수 있어 인공지능 서비스의 성능 향상에 기여한다.

이는 마치 자동차의 엔진 성능을 나타내는 마력(horsepower)과 같다. 마력이 높은 자동차가 더 빠른 속도를 낼 수 있듯, TOPS 값이 높은 AI 반도체는 더 빠른 딥러닝 연산 속도를 보장한다. 따라서 AI 반도체 개발 업체는 TOPS를 통해 자사 제품의 경쟁력을 홍보하고, 사용자는 TOPS를 기반으로 자신에게 맞는 AI 반도체를 선택할 수 있다.

더 나아가, TOPS의 중요성은 인공지능 기술의 발전과 함께 더욱 커질 것으로 예상된다. 딥러닝 모델이 점점 더 복잡해지고 대규모화됨에 따라, 이를 효율적으로 처리할 수 있는 고성능 AI 반도체에 대한 수요가 증가할 것이기 때문이다. TOPS는 이러한 수요에 부응하는 AI 반도체를 개발하고 선택하는 데 있어 중요한 기준이 될 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

TOPS는 AI 반도체의 성능을 나타내는 대표적인 지표로, 다양한 분야에서 활용된다.

먼저, AI 반도체 개발 과정에서 TOPS는 중요한 역할을 한다. 새로운 AI 반도체를 개발할 때, 개발자들은 목표 TOPS 값을 설정하고 이를 달성하기 위해 노력한다. 또한 개발 과정에서 지속적으로 TOPS 값을 측정하고 비교함으로써, 반도체의 성능을 평가하고 최적화한다.

다음으로, 여러 AI 반도체의 성능을 비교하고 선택하는 데에도 TOPS가 활용된다. AI 서비스를 개발하거나 제공하려는 기업들은 자신들의 니즈에 맞는 AI 반도체를 선택해야 하는데, 이때 TOPS 값은 중요한 참고 지표가 된다. 예를 들어, 실시간 음성 인식 서비스를 제공하는 기업이라면 높은 TOPS 값을 가진 AI 반도체를 선호할 것이다.

마지막으로, 딥러닝 모델 학습 및 추론에 필요한 연산량을 예측하고 적절한 AI 반도체를 할당하는 데에도 TOPS가 사용된다. 딥러닝 모델을 학습시키려면 방대한 양의 연산이 필요한데, 이를 처리하기 위해서는 충분한 TOPS 값을 가진 AI 반도체가 필요하다. 모델의 복잡도와 크기를 고려하여 필요한 TOPS 값을 계산하고, 이에 맞는 AI 반도체를 할당하는 것이다.

| 표 2 FLOPS vs. TOPS 비교 |

| 특징 | FLOPS | TOPS |
|-------|---|--|
| 정의 | • Floating-point Operations Per Second의 약자로, 초당 부동 소수점 연산 횟수를 나타내는 단위 | • Tera Operations Per Second의 약자로, 초당 1조 번의 딥러닝 연산 횟수를 나타내는 단위 |
| 측정 대상 | • 일반적인 연산 능력 (덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 등) | • 딥러닝에 특화된 연산 능력 (행렬 곱셈, 컨볼루션 등) |
| 활용 분야 | • 슈퍼컴퓨터, 데스크톱 CPU, GPU 등 다양한 컴퓨팅 장치의 성능 비교 | • AI 반도체, 딥러닝 가속기 등 인공지능에 특화된 하드웨어의 성능 비교 |
| 장점 | • 다양한 컴퓨팅 분야에서 폭넓게 사용되는 지표 • 오랜 기간 동안 사용되어 왔기 때문에 많은 데이터와 비교 기준이 있음 | • 딥러닝 연산에 최적화되어 있어 AI 반도체의 성능을 더 정확하게 평가할 수 있음 • 딥러닝 모델의 복잡도 증가에 따른 연산량 증가를 잘 반영함 |
| 단점 | • 딥러닝 연산의 특성을 고려하지 않아 AI 반도체의 성능을 정확히 평가하기 어려움 • 실제 딥러닝 성능과의 상관관계가 낮을 수 있음 | • 비교적 새로운 지표로, 아직 널리 사용되고 있지 않음 • FLOPS에 비해 인지도가 낮고, 일반 사용자에게는 다소 생소할 수 있음 |

| 표 3 TFLOPS(부동 소수점 연산)과 TOPS(딥러닝 연산) 비교 |

| | TFLOPS (부동 소수점 연산) | TOPS(딥러닝 연산) |
|-------|--|---|
| 정의 | 1초당 1조(10^{12}) 회의 부동 소수점 연산을 수행 가능 능력을 나타내는 단위 | 1초당 1조(10^{12}) 회의 정수 연산, 주로 딥러닝에서 사용되는 MAC(Multiply-Accumulate) 연산을 수행 가능한 능력을 나타내는 단위 |
| 연산 종류 | 부동 소수점 연산 (덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 등)을 포함하며, 실수 데이터를 처리할 때 사용 | 주로 정수 연산, 특히 딥러닝에서 많이 사용되는 MAC 연산에 초점을 맞춤 |
| 정밀도 | 일반적으로 FP32(단정밀도), FP64(배정밀도)와 같은 높은 정밀도의 부동 소수점 연산을 사용 | INT8(8비트 정수), INT16(16비트 정수)과 같은 낮은 정밀도의 정수 연산을 사용하여 연산량 늘리고 효율성을 향상 |
| 활용 분야 | 과학 계산, 시뮬레이션, 렌더링 등 높은 정밀도를 요구하는 분야에서 주로 사용 | 이미지 분류, 객체 탐지, 자연어 처리 등 딥러닝 추론에 주로 사용 |
| 하드웨어 | GPU(그래픽 처리 장치)나 CPU(중앙 처리 장치)에서 주로 사용되며, 고성능 컴퓨팅에 적합 | TPU(Tensor Processing Unit)나 NPU(Neural Processing Unit)와 같은 딥러닝에 특화된 가속기에서 주로 사용 |
| 전력 효율 | 상대적으로 높은 전력 소모량을 보임 | 낮은 정밀도 연산을 사용해 전력 효율성이 높음 |

II-2. 생성형 AI의 확장, 다양한 감각을 생성하는 멀티모달 AI

2024년은 멀티모달 AI 시대로의 본격적인 도입이 이루어진 해로 기억될 것이다. 오픈AI(OpenAI)의 GPT-4o(포오) 출시로 음성을 통해 AI와 대화하고 소통하는 것이 대중화되었고, 이는 영화 ‘HER’에서 묘사된 미래가 현실이 되고 있다. 또한 오픈AI의 소라(SORA), 구글의 루미에르(Lumiere), 중국의 클링(KLING) 등 동영상 생성 AI의 등장은 창조의 영역에서 AI의 역할과 가능성을 한 단계 더 높였다.

이러한 발전은 이전부터 대중에게 알려진 챗GPT(ChatGPT) 등의 언어 생성 AI와 미드저니(Midjourney), 달-E(DALL-E), 스테이블 디퓨전(Stable Diffusion) 등의 이미지 생성 AI에서 더 나아가, AI가 인간의 창의력을 확장하고 증폭시킬 수 있음을 보여준다. 멀티모달 AI는 단순히 텍스트, 이미지, 음성, 동영상 등 개별 영역에서의 성과를 넘어, 이들을 통합적으로 활용하여 새로운 형태의 콘텐츠와 경험을 창출할 수 있게 되었다.

이제 우리는 AI와 함께 창조의 한계를 뛰어넘는 시대로 접어들고 있다. 예술, 디자인, 영상, 음악 등 다양한 분야에서 AI는 인간의 상상력과 창의력을 확장시키는 도구로 자리매김할 것이다. 동시에 이러한 기술의 발전은 창작자와 AI의 협업, 저작권과 윤리적 문제 등 새로운 이슈들을 제기할 것으로 보인다.

멀티모달 AI의 등장은 우리가 정보를 소비하고 지식을 습득하는 방식, 그리고 창의적 작업을 수행하는 방식에 혁신을 가져올 것이다. AI와 인간의 협업을 통해 기존에는 불가능했던 영역들이 개척되고, 창조의 경계가 확장됨에 따라 우리 삶의 모습도 더욱 풍요로워질 것으로 기대된다. 2024년은 이러한 변화의 시작점으로 기록될 것이며, 앞으로 펼쳐질 멀티모달 AI 시대의 무한한 가능성을 기대해 볼 만하다.

- 오픈AI가 음성 생성 AI의 포문을 GPT-4o를 통해서 열었다. GPT-4o는 사용자와 실시간으로 대화하며 질문과 답변을 할 수 있다. 이에 오픈AI와 기술경쟁을 벌이고 있는 구글도 구글 I/O 2024에서 프로젝트 아스트라(Project Astra)를 공개했다. 사람처럼 보고 듣고 말하면서 사용자를 도와주는 모델이다. 또 아마존도 관련 기술에 속도를 내고 있다.⁸⁾
- 전세계가 오픈AI의 동영상 생성 AI인 소라의 공개 사용을 기다리는 가운데, 중국 내 콰이쇼우가 중국판 소라인 클링(KLING)을 2024년 6월 10일 발표했다. 클링은 오픈 액세스 형태로 제공되는데, 2023년 월 스미스 국수 먹는 동영상을 시연해 비판을 받았지만 1년만에 지적받았던 오류가 보이지 않았다. 이에 이제 중국이 동영상 생성 AI 분야에서 진전이 나타나고 있다.⁹⁾

8) 목소리 갖게 된 AI...감정까지 파악하는 ‘음성 비서’ 눈앞 (최진석, 2024)

9) 중국판 오픈AI, 소라 넘어선 동영상AI 첫선...“국수 먹는 남성 놀라워” (이상덕, 2024)

- AI가 급격하게 발전해온 과도기에 다수의 기업들은, 배우·성우들에게 AI 학습에 대한 불충분한 설명을 제공하거나, AI에게 작업물·초상권을 무단 학습시키기도 하고, 정당한 비용 또한 지불하지 않는 모습을 보여왔다. 그랬기에 배우, 성우들이 AI 무단 학습 및 악용에 크게 반대해온 것이다. 최근 오픈 AI가 GPT-4o를 공개했을 때, 스칼렛 요한슨이 자신의 동의 없이 목소리가 AI 보이스에 사용됐다고 주장한 것도 마찬가지다. 오픈 AI 측은 무단 학습한 결과물이 아니라고 주장하면서도, 해당 보이스를 일시 중단했다. 양쪽 중 누구의 주장이 맞는 지 시비를 가리지 않더라도, 이제 AI 무단 학습이라는 화두가 현실성 없는 논쟁이 아니게 된 시대 변화를 드러내주는 대표적인 사례다.¹⁰⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 기술적 방법론

1.1. 멀티모달 AI(Multimodal AI): 오감을 활용하는 인공지능, 세상을 더욱 풍부하게 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

기존의 AI는 주로 한 가지 종류의 정보만 다루었다. 예를 들어, 텍스트만 이해하거나 이미지만 분석하는 식이었다. 하지만 우리가 사는 세상은 그렇게 단순하지 않다. 우리는 매일 글도 읽고, 사진도 보고, 소리도 듣는다. 이렇게 다양한 정보를 동시에 처리하는 인간의 능력을 본떠 만든 것이 바로 멀티모달 AI이다. 마치 요리사가 여러 가지 재료를 사용해 맛있는 요리를 만드는 것처럼, 멀티모달 AI는 다양한 정보를 조합하여 더 풍부한 이해를 만들어낸다.

② 쉽게 설명하면?

멀티모달 AI는 여러 가지 감각을 가진 인공지능이라고 생각하면 된다. 사람이 눈으로 보고, 귀로 듣고, 손으로 만지는 것처럼 이 AI는 텍스트, 이미지, 소리, 영상 등 다양한 형태의 정보를 동시에 이해하고 분석할 수 있다. 예를 들어, 영화를 볼 때 우리는 화면도 보고 대사도 듣고 자막도 읽는다. 멀티모달 AI도 이처럼 여러 정보를 종합하여 상황을 이해한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

실생활에서 멀티모달 AI의 활용 예를 살펴보자. 음식 주문 앱을 사용할 때, 여러분은 메뉴 사진을 보고 설명을 읽는다. 멀티모달 AI는 이 과정을 더욱 스마트하게 만들 수 있다. 예를 들어, 사용자가 “매운 음식 추천해줘”라고 말하면, AI는 음식 사진과 설명을 함께 분석하여 적절한 매운 음식을 추천할 수 있다. 또 다른 예로, 스

10) “AI로부터 성우들을 지켜달라” 미국 배우 노조 파업 확률 높아져 (김승준, 2024)

마트홈 시스템에서 멀티모달 AI는 집 안의 온도(숫자 데이터), 사용자의 음성 명령, 실내 CCTV 영상을 종합적으로 분석하여 가장 쾌적한 환경을 만들 수 있다.

④ 왜 중요한가?

멀티모달 AI의 중요성은 현실 세계의 복잡성을 더 잘 반영할 수 있다는 점에 있다. 우리의 일상도 단순히 텍스트나 이미지만으로 이루어지지 않는다. 예를 들어, 친구와 대화할 때 우리는 말의 내용뿐만 아니라 표정, 목소리 톤, 몸짓 등을 종합적으로 이해한다. 멀티모달 AI는 이러한 인간의 복합적인 인지 능력을 모방하여 더 자연스럽고 정확한 인공지능 서비스를 제공할 수 있다. 이는 인간과 AI 사이의 상호작용을 더욱 원활하게 만들어, 우리의 삶을 더욱 편리하게 만들 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

멀티모달 AI는 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다. 예를 들어, 온라인 쇼핑에서 ‘이 옷과 어울리는 신발 추천해줘’라고 하면, AI가 옷의 이미지와 설명을 분석하여 적절한 신발을 추천할 수 있다. 교육 분야에서는 학생의 표정, 음성, 답변 내용을 종합적으로 분석하여 개인 맞춤형 학습을 제공할 수 있다. 의료 분야에서는 X-레이 영상, 환자의 증상 설명, 과거 병력 등을 통합적으로 분석하여 더 정확한 진단을 내릴 수 있다. 또한 자율주행 자동차에서는 카메라 영상, GPS 데이터, 주변 소리 등을 종합적으로 분석하여 안전한 주행을 가능하게 한다. 이처럼 멀티모달 AI는 우리 삶의 다양한 영역에서 더 스마트하고 효율적인 서비스를 제공할 수 있다.

1.2. 제로샷 학습(Zero-shot Learning): 한 번도 본 적 없는 것을 이해하는 인공지능의 놀라운 능력

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능의 학습 방식 혁신이 필요해 등장한 제로샷 학습은 멀티모달 등장으로 그 필요성이 더욱 부각되었다. 멀티모달 AI는 이미지, 텍스트, 오디오 등 다양한 형태의 데이터를 통합적으로 이해하고 생성할 수 있는 AI를 말한다. 하지만 이렇게 다양한 데이터를 모두 대량으로 학습시키는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 제한된 데이터로도 새로운 개념을 이해할 수 있는 제로샷 학습 기술이 멀티모달 AI에게 필수적인 능력이 되었다.

② 쉽게 설명하면?

제로샷 학습은 멀티모달 AI가 한 번도 접해보지 않은 조합의 데이터도 이해할 수 있게 해주는 기술이다. 예를 들어, “노란색 바나나”라는 텍스트와 바나나 이미지를 본 적 있는 AI는 “파란색 바나나” 이미지를 처음 봐도 그것이 바나나라는 것을 알 수 있다. 이는 AI가 색상과 물체에 대한 개별적인 이해를 바탕으로 새로운 조합도 인식할 수 있기 때문이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

멀티모달 제로샷 학습의 실제 활용 예시로 영화 추천 시스템을 들 수 있다. 이 시스템은 사용자가 본 영화의 장르, 배우, 줄거리 등 다양한 정보를 분석하여 새로운 영화를 추천한다. 그런데 사용자가 “우주를 배경으로 한 뮤지컬 영화”와 같이 기존에 없던 조합을 요청한다면? 제로샷 학습이 가능한 멀티모달 AI는 “우주”와 “뮤지컬”이라는 개념을 이해하고 있기에, 이 둘을 조합하여 적절한 영화를 찾아낼 수 있다. 비록 그런 영화를 직접 본 적은 없지만, 관련 개념에 대한 이해를 바탕으로 추론이 가능한 것이다.

④ 왜 중요한가?

멀티모달 환경에서 제로샷 학습은 AI의 확장성과 창의성을 크게 향상시킨다. 모든 조합의 데이터를 일일이 학습시키는 것은 불가능하므로, 제로샷 학습 능력은 AI가 새로운 상황에 유연하게 대처하는 데 핵심적인 역할을 한다. 또한 이는 AI의 창의력 향상에도 기여한다. 새로운 개념을 만들어내고 이를 활용하는 것은 인간의 창의력의 기반이 되는데, 제로샷 학습은 AI에게 이와 유사한 능력을 부여한다. 결국 제로샷 학습은 멀티모달 AI를 더욱 지능적이고 유연하게 만들어, 실생활에서의 활용 가능성을 크게 확장시킨다.

⑤ 어디에 활용되는가?

멀티모달 제로샷 학습은 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 예를 들어, 시각장애인을 위한 음성 지원 앱에서는 사용자가 찍은 사진에 대한 설명을 제공한다. 여기에 제로샷 학습이 적용되면, 앱은 처음 보는 물체의 조합도 인식하고 설명할 수 있다. 또한 챗봇과 같은 대화형 AI에서도 제로샷 학습이 활용된다. 사용자가 이전에 없던 주제로 대화를 시도해도, AI는 관련 개념을 조합하여 적절한 응답을 생성할 수 있다. 이 외에도 자율주행, 로봇 지능, 창작 AI 등 다양한 분야에서 멀티모달 제로샷 학습은 AI의 핵심 기술로 자리매김할 것으로 예상된다.

1.3. 멀티모달 AI 학습의 핵심, 역전파 : 조율을 통한 오류 수정의 마법

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능, 특히 딥 뉴럴 네트워크의 학습 과정을 혁신하기 위해 등장한 역전파가 멀티모달로 인해 중요성이 더 부각되었다. 멀티모달 AI는 이미지, 텍스트, 오디오 등 다양한 형태의 데이터를 통합적으로 처리하고 이해하는 AI를 말한다. 이러한 복잡한 데이터를 효과적으로 학습하기 위해서는 각 모달리티(데이터 형태)에 맞는 특징을 추출하고, 이를 융합하여 최종 결과를 도출하는 과정이 필요하다. 이 과정에서 역전파는 각 모달리티의 특징 추출기와 융합 모델의 파라미터를 최적화하는 데 핵심적인 역할을 한다. 마치 여러 재료를 조화롭게 혼합하여 맛있는 음식을 만드는 요리사와 같이, 역전파는 다양한 데이터의 특징을 효과적으로 융합하여 정확한 예측 결과를 만드는 데 기여한다.

② 쉽게 설명하면?

멀티모달 환경에서 역전파는 여러 형태의 데이터를 함께 학습하는 과정에서 오차를 최소화하는 역할을 한다. 이는 마치 여러 악기가 함께 연주할 때, 지휘자가 각 악기의 소리를 조율하여 아름다운 하모니를 만드는 것과 유사하다. 여기서 중요한 개념이 의미 공간(Semantic Space)이다. 의미 공간(Semantic Space)은 다양한 모달리티의 데이터를 공통된 의미적 표현으로 매핑하는 추상적인 공간이다. 역전파는 각 모달리티에서 추출된 특징들을 이 의미 공간(Semantic Space) 안에서 최적화하고, 이를 바탕으로 각 모달리티의 특징 추출기와 융합 모델의 파라미터를 조정한다. 이 과정을 통해 멀티모달 AI는 텍스트, 이미지, 오디오 등 다양한 데이터의 상호 관계를 이해하고, 더 정확한 예측을 할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

멀티모달 AI에서 역전파와 의미 공간(Semantic Space)의 역할을 이해할 수 있는 예시로 영화 장르 분류 모델을 들 수 있습니다. 이 모델은 영화의 포스터(이미지), 줄거리(텍스트), 예고편(비디오) 등 다양한 데이터를 입력받아 영화의 장르를 예측합니다.

의미 공간(Semantic Space)은 이러한 다양한 형태의 데이터를 공통된 의미 공간에 표현합니다. 예를 들어, '밝은 색감의 포스터', '로맨틱한 대사', '부드러운 배경음악' 등이 이 공간에서 '로맨스' 장르와 가깝게 위치하게 됩니다.

처음에는 모델이 로맨스 영화를 코미디로 잘못 분류할 수 있습니다. 이때 역전파가 작동하여 오차를 의미 공간(Semantic Space)과 각 데이터 처리 부분으로 전달합니다. 이를 통해 '로맨스' 특징들의 중요도를 높이고, 각 데이터 형태에서 이러한 특징들을 더 잘 포착하도록 모델을 조정합니다.

이렇게 역전파를 통해 의미 공간(Semantic Space)에서의 표현과 각 데이터 형태의 특성을 학습하고 융합하는 과정을 반복하면, 모델은 점점 더 정확하게 영화 장르를 예측할 수 있게 됩니다.

④ 왜 중요한가?

역전파는 멀티모달 AI가 복잡한 실제 세계의 데이터를 이해하고 활용하는 데 필수적인 기술이다. 우리 주변의 정보들은 텍스트, 이미지, 소리 등 다양한 형태로 존재하며, 이들 간의 상호 관계를 이해하는 것이 중요하다. 역전파는 이러한 멀티모달 데이터를 통합적으로 학습하고, 각 데이터 형태 간의 연관성을 파악하는 데 핵심적인 역할을 한다. 이는 이미지 캡셔닝, 비디오 요약, 음성 합성 등 다양한 멀티모달 AI 기술의 발전을 가능하게 한다. 결국 역전파는 인공지능이 인간의 다감각적 인지 능력에 더 가깝게 다가가는 데 중요한 발판이 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

역전파를 활용한 멀티모달 AI 기술은 우리 삶의 다양한 영역에서 활용된다. 예를 들어, 스마트폰의 AI 카메라는 이미지와 텍스트 정보를 함께 분석하여 최적의 촬영 설정을 제안한다. 또한, 음성 비서는 사용자의 음성 명령과 주변 상황(이미지, 위치 등)을 종합적으로 파악하여 더 정확한 응답을 제공한다. 자율주행 자동차는 카메라, 라이다, GPS 등 다양한 센서 정보를 융합하여 안전하게 운행한다. 소셜 미디어 플랫폼은 사용자가 업로드한 텍스트, 이미지, 동영상 등을 분석하여 개인화된 콘텐츠를 추천한다. 이처럼 역전파는 다양한 멀티모달 AI 애플리케이션의 핵심 기술로 자리잡고 있으며, 우리의 일상을 더욱 지능적으로 변화시키고 있다.

2. 멀티모달 AI 생성 모델(주요 생성형 AI 모델)

2.1. 트랜스포머(Transformer): 멀티모달 AI의 언어 천재, 문맥을 파악하여 맥락 있는 결과를 생성하다

① 왜 나오게 되었는가?

트랜스포머는 인공지능이 언어를 더 잘 이해하고 생성할 수 있도록 하기 위해 등장했다. 이전의 자연어 처리 모델은 RNN(순환 신경망, Recurrent Neural Network)이라는 방식을 사용했는데, 이는 마치 책을 한 문장씩 차례대로 읽어나가는 것과 비슷했다. 이 방식은 긴 문장을 이해하는 데 어려움이 있었고, 처리 속도도 느렸다. 예를 들어, “나는 어제 친구와 함께 영화를 보았다. 그것은 정말 재미있었다.”라는 문장에서 “그것”이 무엇을 가리키는지 파악하는 데 어려움이 있었다. 트랜스포머는 이러한 문제를 해결하고, 더 나아가 텍스트뿐만 아니라 이미지, 음성 등 다양한 형태의 데이터를 함께 처리할 수 있는 멀티모달 AI의 기반을 발전 및 고도화시킨다.

② 쉽게 설명하면?

트랜스포머는 문장 전체를 한 번에 이해하는 인공지능 모델이다. 이는 마치 사람이 문장을 읽을 때 전체적인 맥락을 파악하는 것과 비슷하다. 예를 들어, “배가 바다를 향해한다”와 “배가 고프다”라는 두 문장에서 ‘배’라는 단어의 의미가 다르다는 것을 문맥을 통해 이해하는 것과 같다. 트랜스포머는 이러한 방식으로 단어들 사이의 관계를 파악하고, 문장의 의미를 정확하게 이해한다. 또한, 여러 문장을 동시에 처리할 수 있어 매우 빠르게 작동한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

트랜스포머의 핵심은 ‘어텐션 메커니즘(Attention Mechanism)’이라는 기술이다. 이는 마치 사람이 문장을 읽을 때 중요한 부분에 집중하는 것과 같다. 예를 들어, “나는 파란 하늘을 보며 행복을 느꼈다”라는 문장에서 ‘행복’이라는 감정은 ‘파란 하늘’과 연관이 있다. 트랜스포머는 이러한 관계를 파악하여 문장의 의미를 이해한다.

실생활에서의 예를 들어보자. 당신이 외국어 학습 앱을 사용하고 있다고 가정해보자. 이 앱이 트랜스포머 기술을 사용한다면, “I love eating apples”라는 문장을 번역할 때 단순히 단어 하나하나를 번역하는 것이 아니라, 문장 전체의 맥락을 고려하여 “나는 사과 먹는 것을 좋아한다”라고 자연스럽게 번역할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

트랜스포머의 중요성은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 언어 이해와 생성 능력을 크게 향상시켰다. 이는 번역, 요약, 질문 답변 등 다양한 언어 관련 작업의 성능을 획기적으로 개선한다. 둘째, 다양한 형태의 데이터를 함께 처리할 수 있는 기반을 마련한다. 이는 텍스트뿐만 아니라 이미지, 음성 등을 함께 이해하고 생성할 수 있는 멀티모달 AI의 발전을 이끈다.

예를 들어, 의료 분야에서 트랜스포머 기반 AI는 환자의 증상 설명(텍스트), X-ray 이미지, 과거 진료 기록 등을 종합적으로 분석하여 더 정확한 진단을 내리는 데 도움을 줄 수 있다. 이처럼 트랜스포머는 AI가 보다 인간적이고 종합적인 판단을 할 수 있게 해주는 중요한 기술이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

트랜스포머는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 가장 대표적인 예는 번역 서비스이다. 구글 번역¹¹⁾과 같은 번역 앱들은 트랜스포머 기술을 활용하여 더 자연스러운 번역을 제공한다. 또한, 스마트폰의 음성 비서나 챗봇도 트랜스포머 기술을 기반으로 작동한다. 이들은 사용자의 질문을 정확히 이해하고 적절한 답변을 생성한다.

더 나아가, 최근에는 달-이(DALL-E)나 미드저니(Midjourney)와 같은 이미지 생성 AI에도 트랜스포머 기술이 활용되고 있다. 이들은 텍스트 설명을 기반으로 이미지를 생성하는데, 예를 들어 “해변에서 서핑하는 강아지”라는 설명만으로도 그에 맞는 이미지를 만들어낼 수 있다.

교육 분야에서도 트랜스포머 기술이 활용되고 있다. 개인화된 학습 콘텐츠를 추천하거나, 학생의 답변을 자동으로 채점하고 피드백을 제공하는 등 다양한 방식으로 활용되고 있다.

이처럼 트랜스포머는 우리 생활 전반에 걸쳐 AI 기술의 성능을 높이고, 더욱 지능적이고 자연스러운 서비스를 제공하는 데 기여하고 있다.

11) Google Translate Architecture illustrated (VivienLa, 2024)

2.2. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers): 맥락을 이해하는 언어 모델, 멀티모달 AI의 기반을 다지다

① 왜 나오게 되었는가?

BERT는 언어의 복잡성과 맥락을 더 잘 이해하기 위해 개발되었다. 기존의 자연어 처리 모델은 마치 외국어를 단어장만으로 공부하는 학생처럼, 단어의 순서나 개별적인 의미에만 집중했다. 하지만 실제 언어는 훨씬 복잡하다. 예를 들어, “배”라는 단어는 문맥에 따라 ‘과일’일 수도 있고, ‘운송 수단’일 수도 있으며, ‘신체 부위’를 가리킬 수도 있다. 이렇게 문맥에 따라 달라지는 단어의 의미를 정확히 파악하기 위해 BERT가 등장했다. BERT는 ‘Bidirectional Encoder Representations from Transformers’의 약자로, ‘양방향 인코더 표현을 위한 트랜스포머’라고 해석할 수 있다.

② 쉽게 설명하면?

BERT는 마치 뛰어난 독해 능력을 가진 학생처럼 문장 전체의 맥락을 고려하여 각 단어의 의미를 이해한다. 이 모델은 문장을 앞에서부터 읽는 것뿐만 아니라, 뒤에서부터도 읽어 전후 맥락을 모두 파악한다. 이는 마치 추리 소설을 읽을 때 앞뒤 문맥을 모두 고려하여 범인을 추리하는 것과 비슷하다. BERT는 이러한 방식으로 대량의 텍스트 데이터를 학습하여, 다양한 언어 관련 작업에서 뛰어난 성능을 보인다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

BERT의 작동 방식을 일상적인 예로 설명해보자. 당신이 친구에게 “나 어제 배 먹었어”라는 문자를 받았다고 가정해보자. 여기서 ‘배’가 과일인지, 아니면 배를 타고 어딘가를 다녀왔다는 의미인지는 문맥을 알아야 파악할 수 있다. BERT는 이전 대화 내용, 계절, 친구의 평소 습관 등을 모두 고려하여 ‘배’의 의미를 정확히 파악할 수 있다.

또 다른 예로, “The chef made the salad with fresh greens and crisp apples(그 요리는는 신선한 콩과 아삭아삭한 사과로 샐러드를 만들었다.)”라는 영어 문장에서 BERT는 ‘crisp(아삭아삭한)’이라는 단어가 ‘apples(사과)’를 수식한다는 것을 이해한다. 이는 BERT가 문장 구조와 단어 간의 관계를 정확히 파악할 수 있음을 보여준다.

④ 왜 중요한가?

BERT의 중요성은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, BERT는 언어의 복잡성을 더욱 정확하게 이해할 수 있게 해준다. 이는 기계 번역, 질문 답변 시스템, 감정 분석 등 다양한 언어 관련 기술의 성능을 크게 향상시켰다. 예를 들어, BERT를 활용한 번역 시스템은 “I’m blue”라는 문장을 단순히 “나는 파랗다”로 번역하지 않고, 문맥에 따라 “나는 우울하다”로 정확하게 번역할 수 있다.

둘째, BERT는 다른 AI 기술과 결합하여 더욱 강력한 멀티모달 AI의 기반을 제공한다. 예를 들어, 이미지와 텍스트를 함께 이해하는 AI 모델에서 BERT는 텍스트 부분을 담당하여 이미지와 텍스트 간의 관계를 더욱 정확하게 파악할 수 있게 한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

BERT는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 가장 대표적인 예는 검색 엔진이다. BERT를 활용한 검색 엔진은 사용자의 검색 의도를 더 정확히 파악하여 관련성 높은 결과를 제공한다. 예를 들어, “갤럭시 s20 방수”라고 검색했을 때, BERT는 이것이 갤럭시 S20의 방수 기능에 대한 질문임을 이해하고 관련 정보를 우선적으로 보여준다.

고객 서비스 분야에서도 BERT는 중요한 역할을 한다. BERT를 활용한 챗봇은 고객의 문의 내용을 더 정확히 이해하고, 적절한 답변을 제공할 수 있다. 예를 들어, “환불이 언제 되나요?”라는 질문에 대해 BERT는 이전 대화 내용을 고려하여 해당 고객의 구체적인 주문 정보와 환불 정책을 연결지어 답변할 수 있다.

2.3. GAN Model (Generative Adversarial Networks): 창과 방패의 대결, 경쟁 속에서 진화하는 AI

① 왜 나오게 되었는가?

GAN 모델은 보다 현실적이고 다양한 데이터를 만들어내기 위해 등장했다. 이전의 AI 모델들은 마치 복사기처럼 주어진 데이터를 그대로 따라 만들기만 했다. 예를 들어, 고양이 사진을 만들려고 하면 기존 고양이 사진들을 평균 내어 흐릿하고 어색한 이미지를 만들어냈다. 이는 마치 여러 사람의 얼굴을 합성해 평균적인 얼굴을 만들면 누구의 얼굴과도 닮지 않은 모호한 이미지가 나오는 것과 비슷하다. GAN은 이러한 한계를 극복하고 더욱 생생하고 다양한 데이터를 만들어내기 위해 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

GAN은 ‘적대적 생성 신경망’이라는 뜻으로, 서로 경쟁하며 발전하는 두 개의 AI 시스템으로 구성된다. 하나는 ‘생성자’로 가짜 데이터를 만들어내고, 다른 하나는 ‘판별자’로 이 데이터가 진짜인지 가짜인지 구별한다. 이는 마치 화폐 위조범(생성자)과 경찰(판별자)의 끊임없는 숨바꼭질과 같다. 위조범은 점점 더 정교한 위조 지폐를 만들고, 경찰은 더욱 세밀하게 위조 지폐를 감별하는 능력을 키운다. 이 과정에서 두 시스템 모두 계속해서 발전하게 되고, 결과적으로 매우 현실적인 가짜 데이터를 만들어낼 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

실생활에서 GAN의 원리를 이해할 수 있는 재미있는 예를 들어보자. 여러분이 부모님께 거짓말을 하지 않고 늦게 들어오는 방법을 찾으려 한다고 가정해보자. 여러분(생성자)은 계속해서 새로운 핑계를 만들어내고, 부

모님(판별자)은 이 핑계가 진실인지 거짓인지 판단하려 노력한다. 처음에는 “학교에서 청소당번이었어요”라는 단순한 핑계로 시작했지만, 부모님이 이를 의심하자 “선생님께서 급한 일이 생겨서 제가 대신 청소를 했어요”라는 식으로 점점 더 정교한 핑계를 만들어낸다. 이 과정에서 여러분의 핑계는 점점 더 그럴듯해지고, 부모님의 의심도 점점 더 섬세해진다.

GAN도 이와 비슷하게 작동한다. 예를 들어, 고양이 이미지를 생성하는 GAN에서 생성자는 처음에는 어설픈 고양이 그림을 만들어낸다. 하지만 판별자가 이를 가짜로 판별하면, 생성자는 더 세밀한 특징(예: 고양이의 수염, 귀 모양 등)을 추가하며 점점 더 실제 같은 고양이 이미지를 만들어낸다. 이 과정을 통해 GAN은 결국 실제 고양이 사진과 구별하기 어려운 수준의 이미지를 생성할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

GAN의 중요성은 그것이 가진 무한한 창조성에 있다. 이는 마치 인간의 상상력을 AI에 불어넣은 것과 같다. GAN은 단순히 주어진 데이터를 복제하는 것이 아니라, 완전히 새로운 것을 만들어낼 수 있다. 예를 들어, 패션 디자인 분야에서 GAN은 기존의 디자인을 학습한 후 전혀 새로운 옷 디자인을 제안할 수 있다. 이는 디자이너들에게 새로운 영감을 줄 수 있다.

또한, GAN은 데이터 부족 문제를 해결하는 데 큰 도움이 된다. 예를 들어, 의료 분야에서 희귀 질병의 X-ray 영상이 부족할 때, GAN을 사용하여 추가적인 가상의 X-ray 영상을 생성할 수 있다. 이렇게 생성된 데이터는 의료 AI의 학습 데이터로 활용되어 진단의 정확도를 높이는 데 기여할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

GAN은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 가장 대표적인 예는 스노우와 같은 스마트폰의 카메라 앱이다. 요즘 스마트폰으로 찍은 사진이 점점 더 좋아지는 이유 중 하나는 GAN 기술 덕분이다. GAN은 저화질의 사진을 고화질로 변환하거나, 어두운 곳에서 찍은 사진을 밝게 만드는 데 사용된다.

또 다른 예로, 온라인 쇼핑몰에서 가상 피팅 서비스를 들 수 있다. GAN을 활용하면 실제로 옷을 입어보지 않고도 자신의 사진 위에 원하는 옷을 입혀볼 수 있다. 이는 소비자들이 더 쉽고 재미있게 쇼핑을 할 수 있게 해준다.

엔터테인먼트 분야에서도 GAN의 활용도가 높다. 예를 들어, 영화나 게임에서 CG로 만든 캐릭터나 배경을 더욱 현실감 있게 만드는 데 GAN이 사용된다. 심지어 돌아가신 배우의 모습을 GAN으로 재현하여 영화에 출연시키는 것도 가능해졌다.

2.4. VAE(Variational Autoencoder): 데이터의 숨겨진 특징을 찾아내는 탐험가, 새로운 데이터 생성의 마법사

① 왜 나오게 되었는가?

VAE, 즉 변분 오토인코더(Variational Autoencoder)는 기존 AI 모델의 한계를 극복하기 위해 등장했다. 이전의 오토인코더라는 모델은 데이터를 압축하고 다시 복원하는 데는 뛰어났지만, 새로운 것을 만들어내는 능력이 부족했다. 이는 마치 사진을 잘 복사할 수 있지만 새로운 그림을 그리지 못하는 화가와 같았다. VAE는 이러한 한계를 넘어, 데이터의 본질적인 특징을 이해하고 이를 바탕으로 새로운 데이터를 만들어내기 위해 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

VAE는 데이터의 핵심을 파악하고, 이를 바탕으로 새로운 것을 만들어내는 AI 모델이다. 이는 마치 요리사가 다양한 음식의 레시피를 학습한 후, 그 지식을 바탕으로 완전히 새로운 요리를 창작하는 것과 비슷하다. VAE는 데이터의 ‘레시피’라고 할 수 있는 핵심 특징들을 학습하고, 이를 조합하여 새로운 데이터를 만들어낸다. 예를 들어, 많은 얼굴 사진을 학습한 VAE는 눈의 크기, 코의 모양, 입술의 두께 등 얼굴의 주요 특징들을 파악하고, 이를 다양하게 조합하여 실제로 존재하지 않는 새로운 얼굴을 만들어낼 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

VAE의 작동 원리를 일상생활의 예로 설명해보자. 여러분이 퍼즐 맞추기를 하는 상황을 상상해보자. 일반적인 퍼즐은 정해진 그림을 맞추는 것이 목표지만, VAE는 이와 다르다. VAE는 수많은 퍼즐을 보고 퍼즐 조각들의 특징을 학습한 다음, 완전히 새로운 그림의 퍼즐을 만들어내는 능력을 가진 것과 같다.

예를 들어, VAE가 동물 이미지를 학습한다고 가정해보자. VAE는 학습 과정에서 ‘귀의 모양’, ‘눈의 크기’, ‘털의 질감’ 등 동물의 특징들을 파악한다. 이후 VAE는 이러한 특징들을 새롭게 조합하여 실제로는 존재하지 않지만 그럴듯해 보이는 새로운 동물 이미지를 만들어낼 수 있다. 예를 들어, 토끼의 귀, 고양이의 눈, 강아지의 코를 가진 새로운 동물 이미지를 생성할 수 있는 것이다.

④ 왜 중요한가?

VAE의 중요성은 그것이 가진 창의적 능력에 있다. VAE는 단순히 주어진 데이터를 복사하는 것이 아니라, 데이터의 본질을 이해하고 이를 바탕으로 새로운 것을 창조해낸다. 이는 마치 인공지능에 상상력을 부여한 것과 같다.

예를 들어, 패션 디자인 분야에서 VAE는 수많은 옷 디자인을 학습한 후, 완전히 새로운 스타일의 옷을 제안할 수 있다. 이는 디자이너들에게 새로운 영감을 줄 수 있으며, 창의적인 디자인 과정을 가속화할 수 있다. 또한, VAE는 데이터의 특징을 효과적으로 압축하여 표현할 수 있기 때문에, 대용량 데이터를 효율적으로 저장하고 처리하는 데에도 활용될 수 있다. 이는 빅데이터 시대에 매우 중요한 기술이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

VAE는 우리 일상 생활의 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 가장 대표적인 예는 디지털 아트나 게임 개발 분야이다. VAE를 활용하면 완전히 새로운 캐릭터나 배경을 자동으로 생성할 수 있다. 예를 들어, 판타지 게임을 개발할 때 VAE를 사용하여 다양한 괴물 캐릭터를 자동으로 생성할 수 있다.

음악 산업에서도 VAE가 활용될 수 있다. VAE는 다양한 장르의 음악을 학습한 후, 완전히 새로운 멜로디나 화음을 만들어낼 수 있다. 이는 작곡가들에게 새로운 영감을 줄 수 있으며, 자동 작곡 서비스의 기반이 될 수 있다.

의료 분야에서도 VAE의 활용 가능성이 크다. 예를 들어, VAE를 사용하여 MRI 이미지의 노이즈를 제거하거나 해상도를 높일 수 있다. 또한, 정상 세포와 비정상 세포의 특징을 학습한 VAE는 새로운 세포 이미지에서 이상을 감지하는 데 도움을 줄 수 있다.

2.5. 확산 모델(Diffusion Model): 픽셀 하나하나를 조율하여 현실과 구분하기 어려운 이미지를 만들어내는 AI 화가

① 왜 나오게 되었는가?

확산 모델은 더 사실적이고 다양한 이미지를 만들기 위해 등장했다. 이전의 AI 이미지 생성 기술들은 마치 초보 화가처럼 때로는 어색하거나 단조로운 그림을 그렸다. 특히 GAN(Generative Adversarial Networks, 적대적 생성 신경망)이라는 모델은 마치 번덕스러운 예술가처럼 때로는 멋진 작품을 만들어내지만, 때로는 형편없는 결과물을 내놓곤 했다. 이러한 불안정성과 품질 문제를 해결하고, 마치 숙련된 화가처럼 일관되게 뛰어난 작품을 만들어내기 위해 확산 모델이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

확산 모델은 이미지를 만들어내는 과정을 마치 퍼즐을 맞추는 것처럼 접근한다. 우선 완성된 퍼즐(원본 이미지)을 조금씩 흩뜨려 완전히 섞인 상태(노이즈)로 만든다. 그 다음, 이 섞인 조각들을 하나씩 제자리에 돌려놓는 방법을 학습한다. 이 과정을 수없이 반복하면서 모델은 섞인 조각에서 원래의 이미지를 복원하는 능력을 키운다. 결국 모델은 완전히 섞인 상태에서도 아름다운 이미지를 만들어낼 수 있게 된다. 이는 마치 천재 화가가 백지 상태에서 걸작을 그려내는 것과 같다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

확산 모델의 작동 원리를 실생활의 예로 설명해보자. 여러분이 요리 학원에서 요리를 배우는 상황을 상상해보자. 선생님은 먼저 완성된 요리를 보여준 다음, 그 요리를 조금씩 해체해 나간다. 마지막에는 모든 재료가 분리된 상태가 된다. 그리고 여러분에게 이 재료들을 가지고 원래의 요리를 만들어보라고 한다. 처음에는 어려워하겠지만, 이 과정을 반복하다 보면 결국 재료만 보고도 맛있는 요리를 만들어낼 수 있게 된다.

확산 모델도 이와 유사하게 작동한다. 예를 들어, 고양이 사진을 생성하는 확산 모델을 학습시킨다고 가정해보자. 모델은 먼저 다양한 고양이 사진을 배운다. 그리고 이 사진들을 점점 흐릿하게 만들어 결국에는 완전한 노이즈 상태로 만든다. 그 다음, 이 노이즈에서 원래의 고양이 사진을 복원하는 방법을 학습한다. 이 과정을 반복하면서 모델은 노이즈에서 고양이의 특징(귀 모양, 수염, 눈 등)을 하나씩 만들어내는 방법을 익힌다. 결국 모델은 완전한 노이즈 상태에서도 사실적인 고양이 이미지를 만들어낼 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

확산 모델의 중요성은 그것이 가진 안정성과 품질에 있다. 이는 마치 변덕스러운 천재 화가 대신 안정적이고 숙련된 화가를 고용하는 것과 같다. 확산 모델은 일관되게 높은 품질의 이미지를 생성할 수 있어, 다양한 분야에서 신뢰성 있게 활용될 수 있다.

예를 들어, 영화나 게임 산업에서 확산 모델은 배경이나 캐릭터 디자인에 활용될 수 있다. 시나리오 작가가 “푸른 달빛이 비치는 신비로운 숲” 같은 설명을 입력하면, 확산 모델은 이에 맞는 사실적인 배경 이미지를 생성할 수 있다. 이는 창작자들의 상상력을 시각화하는 데 큰 도움을 준다.

또한, 확산 모델은 의료 분야에서도 중요하게 활용될 수 있다. 예를 들어, MRI 영상의 품질을 개선하거나, 부족한 의료 이미지 데이터를 보충하는 데 사용될 수 있다. 이는 의료 진단의 정확성을 높이는 데 기여할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

확산 모델은 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다. 가장 눈에 띄는 활용 분야는 창작 산업이다. 예를 들어, 광고 디자이너는 “건강한 느낌의 아침 식사” 같은 설명만으로도 적절한 이미지를 빠르게 만들어낼 수 있다. 이는 창작 과정을 크게 단축시키고 새로운 아이디어를 빠르게 시각화할 수 있게 해준다.

패션 산업에서도 확산 모델이 활용될 수 있다. 디자이너가 “미래지향적인 친환경 운동화” 같은 아이디어를 입력하면, 모델은 이에 맞는 다양한 디자인을 제안할 수 있다. 이는 디자이너에게 새로운 영감을 줄 수 있다.

교육 분야에서도 확산 모델의 활용 가능성이 크다. 예를 들어, 역사 수업에서 “고대 로마의 일상 생활”에 대한 설명을 입력하면, 모델은 이에 맞는 생생한 이미지를 만들어낼 수 있다. 이는 학생들의 이해와 흥미를 크게 높일 수 있다.

이처럼 확산 모델은 이미지가 필요한 거의 모든 분야에서 창의성을 돕는 강력한 도구로 활용될 수 있으며, 앞으로 그 활용 범위가 더욱 넓어질 것으로 예상된다.

2.6. 위스퍼(Whisper): 소리 없는 속삭임까지 이해하는 AI, 음성 인식의 새로운 패러다임

① 왜 나오게 되었는가?

위스퍼는 실제 세상의 복잡한 음성을 더 잘 이해하기 위해 개발되었다. 기존의 음성 인식 AI는 마치 조용한 스튜디오에서 녹음된 깨끗한 음성만 듣고 자란 아이와 같았다. 하지만 실제 우리가 사는 세상은 그렇게 조용하지 않다. 길거리의 소음, 카페의 웅성거림, 다양한 억양과 발음 등 수많은 변수가 존재한다. 위스퍼는 이런 ‘시끄러운 세상’에서도 정확하게 음성을 인식하기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

위스퍼는 오픈AI에서 만든 ‘슈퍼 귀’를 가진 AI이다. 이 AI는 음성을 듣고 이를 글자로 바꾸는 작업을 수행한다. 그런데 보통의 AI와 달리, 위스퍼는 마치 오랜 경험을 가진 통역사처럼 다양한 언어와 억양을 이해하고, 시끄러운 환경에서도 원하는 소리를 정확히 골라낼 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

위스퍼의 능력을 실생활의 예로 설명해보자. 여러분이 국제 공항에 있다고 상상해보자. 주변에는 다양한 언어로 이야기하는 사람들, 비행기 이착륙 소리, 안내 방송 등 수많은 소리가 뒤섞여 있다. 보통 사람이라면 이런 환경에서 특정 대화를 정확히 알아듣기 어려울 것이다. 하지만 위스퍼는 이런 복잡한 상황에서도 각각의 언어를 구분하고, 원하는 대화 내용을 정확하게 텍스트로 변환할 수 있다.

예를 들어, 한 무리의 관광객들이 영어, 일본어, 한국어를 섞어가며 대화하는 상황을 생각해보자. “Let’s go to 신주쿠 for some 맛있는 라멘!”이라는 문장을 위스퍼에게 들려주면, 위스퍼는 이를 정확하게 인식하고 각 언어를 구분하여 텍스트로 변환할 수 있다. 심지어 주변의 비행기 소음이나 다른 사람들의 대화 소리가 섞여 있어도 말이다.

④ 왜 중요한가?

위스퍼의 중요성은 그것이 가진 '인간의 한계를 넘어선 청력'에 있다. 이는 단순히 음성을 텍스트로 바꾸는 것 이상의 의미를 갖는다. 예를 들어, 청각 장애를 가진 사람들에게 위스퍼는 세상의 소리를 이해하는 새로운 창구가 될 수 있다. 실시간으로 주변의 대화를 텍스트로 변환해 보여줌으로써, 그들이 더 쉽게 의사소통에 참여할 수 있게 돕는다.

또한, 위스퍼는 언어 장벽을 허무는 데 큰 역할을 할 수 있다. 다국어 환경에서 실시간 통역과 번역을 가능하게 함으로써, 세계 각국의 사람들이 더 쉽게 소통할 수 있게 돕는다. 이는 글로벌 비즈니스, 국제 협력, 문화 교류 등 다양한 분야에서 혁신을 가져올 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

위스퍼는 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다. 가장 흔한 예로, 동영상 플랫폼에서의 자동 자막 생성을 들 수 있다. 유튜브나 넷플릭스 같은 서비스에서 위스퍼를 활용하면, 다양한 언어와 방언, 심지어 배경 음악이 있는 상황에서도 정확한 자막을 생성할 수 있다.

교육 분야에서도 위스퍼의 활용 가능성이 크다. 예를 들어, 온라인 강의에서 실시간으로 강의 내용을 텍스트로 변환하여 제공함으로써, 학생들의 이해를 돕고 나중에 복습할 때 유용한 자료로 활용될 수 있다.

비즈니스 환경에서는 회의록 작성에 혁신을 가져올 수 있다. 위스퍼를 활용하면 회의 중 나온 모든 대화를 자동으로 기록하고, 심지어 각 발언자를 구분할 수도 있다. 이는 회의의 효율성을 높이고, 중요한 결정사항을 놓치지 않도록 도와준다.

더 나아가, 콜센터나 고객 서비스 분야에서도 위스퍼는 큰 역할을 할 수 있다. 고객의 음성 문의를 실시간으로 텍스트화하여 빠르게 분석하고, 적절한 답변을 제공하는 데 활용될 수 있다. 이는 고객 서비스의 질을 높이고, 응답 시간을 단축시키는 데 기여할 수 있다.

2.7. 웨이브넷(Wavenet): 섬세한 음파 조절로 사람의 목소리를 똑같이 따라 하는 AI 음성 합성 기술

① 왜 나오게 되었는가?

웨이브넷은 더욱 자연스러운 AI 음성을 만들기 위해 개발되었다. 이전의 AI 음성은 마치 옛날 내비게이션의 로봇 음성처럼 딱딱하고 부자연스러웠다. 이는 기존 기술이 음성을 단순한 파형의 조합으로만 바라보았기 때문이다. 하지만 실제 사람의 목소리는 훨씬 더 복잡하고 미묘한 변화가 많다. 웨이브넷은 이런 섬세한 차이를 표현하여 진짜 사람의 목소리처럼 들리는 AI 음성을 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

웨이브넷은 사람의 말소리를 아주 작은 단위로 쪼개어 분석하고 이를 다시 조합하여 음성을 만드는 AI 기술이다. 이는 마치 유명 화가가 그림을 그릴 때 붓 터치 하나하나에 신경 쓰는 것과 비슷하다. 웨이브넷은 음성의 각 순간을 미세하게 조절하여 사람의 목소리와 구분하기 힘들 정도로 자연스러운 음성을 만들어낸다. 기존의 AI 음성이 퍼즐 조각을 대충 맞춘 것 같다면, 웨이브넷은 각 조각을 정교하게 다듬어 완벽하게 맞추는 것과 같다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

웨이브넷의 작동 원리를 실생활의 예로 설명해보자. 여러분이 좋아하는 가수의 노래를 생각해보자. 그 가수만의 독특한 음색, 호흡, 떨림 등이 노래를 특별하게 만든다. 웨이브넷은 마치 열성 팬처럼 이 모든 특징을 세밀하게 학습한다. 그리고 새로운 노래를 부를 때, 학습한 특징들을 그대로 재현한다.

예를 들어, 유명 아나운서의 목소리로 날씨 예보를 읽게 하고 싶다고 가정해보자. 웨이브넷은 먼저 그 아나운서의 다양한 음성 샘플을 학습한다. 억양, 말의 속도, 특정 단어를 발음할 때의 특징 등을 모두 파악한다. 그리고 새로운 날씨 정보가 입력되면, 마치 그 아나운서가 직접 읽는 것처럼 자연스럽게 음성을 생성한다. “내일은 전국이 맑겠습니다”라는 문장을 읽을 때, ‘맑겠습니다’를 강조하는 아나운서의 특징까지 정확히 재현할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

웨이브넷의 중요성은 AI와 인간의 소통 방식을 한 단계 발전시켰다는 점에 있다. 이는 단순히 더 자연스러운 음성을 만드는 것 이상의 의미를 갖는다. 예를 들어, 시각 장애인을 위한 음성 안내 시스템에 웨이브넷을 적용하면, 더욱 편안하고 이해하기 쉬운 안내를 제공할 수 있다. 또한, 외국어 학습에서도 원어민의 발음을 완벽하게 재현하여 학습 효과를 높일 수 있다.

더 나아가, 웨이브넷은 음성을 잃은 사람들에게 새로운 희망을 줄 수 있다. 예를 들어, 질병으로 목소리를 잃은 사람이 자신의 과거 음성 녹음을 웨이브넷에 학습시키면, 다시 자신의 목소리로 말할 수 있게 될 수도 있다. 이는 단순한 기술 혁신을 넘어 삶의 질을 크게 향상시킬 수 있는 중요한 발전이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

웨이브넷은 음성이 필요한 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다. 가장 흔한 예로는 스마트폰의 AI 비서를 들 수 있다. 웨이브넷을 적용하면 시리나 빅스비가 마치 실제 비서와 대화하는 것처럼 자연스러운 음성으로 응답할 수 있다.

교육 분야에서도 웨이브넷의 활용도가 높다. 예를 들어, 온라인 강의에서 강사의 목소리로 자동으로 교재를 읽어주는 기능을 구현할 수 있다. 이는 학습자가 마치 강사가 옆에서 직접 설명해주는 것 같은 경험을 제공할 수 있다.

엔터테인먼트 산업에서도 웨이브넷은 새로운 가능성을 열어준다. 영화나 게임에서 캐릭터의 음성을 생성할 때, 성우의 목소리를 완벽하게 모방하여 더욱 몰입감 있는 경험을 제공할 수 있다. 심지어 고인이 된 유명 인사의 목소리를 재현하여 다큐멘터리나 추모 영상에 활용할 수도 있다.

또한, 콜센터와 같은 고객 서비스 분야에서도 웨이브넷은 큰 역할을 할 수 있다. AI 상담원의 음성을 실제 사람과 구분하기 어려울 정도로 자연스럽게 만들어, 고객에게 더 편안한 서비스 경험을 제공할 수 있다.

2.8. 타코트론 (Tacotron): 텍스트를 음성으로, 마법 같은 AI 음성 합성 기술

① 왜 나오게 되었는가?

타코트론은 딥러닝 기술을 활용하여 더욱 사람의 목소리와 유사한 자연스러운 음성을 합성하기 위해 개발되었다. 기존의 음성 합성 기술은 사람의 목소리를 단순히 조각조각 이어붙이는 방식이었기에 로봇 같은 딱딱한 음성을 생성했다. 예를 들어, ‘안녕하세요’라는 말을 ‘안-녕-하-세-요’의 다섯 개 소리를 단순히 이어 붙이는 식이었다. 하지만 타코트론은 딥러닝 기술을 통해 텍스트의 의미와 문맥을 이해하고, 억양과 감정까지 표현할 수 있게 되었다. 마치 전문 성우가 그 글을 이해하고 읽어주는 것과 같은 자연스러운 음성을 만들어내는 것이 타코트론의 탄생 배경이다.

② 쉽게 설명하면?

타코트론은 텍스트를 입력받아 마치 사람이 읽는 것처럼 자연스러운 음성으로 변환해주는 AI 기술이다. 이는 마치 전문 성우가 글을 읽어주는 것과 비슷하다. 기존의 음성합성 기술이 단어를 단순히 조합하는 수준이었다면, 타코트론은 문장의 의미와 감정을 이해하고 그에 맞게 억양과 톤을 조절한다. 예를 들어, “오늘 날씨가 정말 좋네요!”라는 문장을 입력하면, 타코트론은 ‘좋네요’를 강조하며 기쁨이 묻어나는 억양으로 말한다. 이는 마치 그 문장을 이해하고 감정을 담아 읽는 사람의 목소리와 매우 유사하다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

소설 한구절을 타코트론으로 읽어보는 상황을 생각해보자. “그녀는 눈물을 흘리며 말했다. ‘난 너를 믿었어...’”라는 문장이 있다고 가정하자. 사람이려면 이 문장을 읽을 때, ‘눈물을 흘리며’라는 부분에서 슬픈 어조를 내고, ‘난 너를 믿었어’를 절망감 가득한 톤으로 읽을 것이다. 타코트론도 이와 유사하게 동작한다. 먼저 문장의 구조와 의미를 분석하여 감정을 파악한다. 그리고 ‘눈물’, ‘믿었어’와 같은 핵심 단어를 찾아내어 이에 맞는 억

양과 톤을 결정한다. 이렇게 분석된 정보는 음성 신호의 특성을 담은 스펙트로그램(Spectrogram)으로 변환되고, 최종적으로 슬픔과 절망이 묻어나는 음성으로 재현된다. 이 과정은 마치 성우가 대본을 보고 감정을 입하여 연기하는 것과 유사하다.

④ 왜 중요한가?

타코트론은 인간과 AI의 상호작용에 새로운 가능성을 열어주었다. 기계가 만들어낸 음성이 감정을 담아 말할 수 있게 된 것이다. 이는 AI 비서, 오디오북, 음성 안내 시스템 등 다양한 분야에서 사용자 경험을 크게 향상시킬 수 있다. 예를 들어, AI 비서가 사용자의 감정 상태를 인식하고 그에 맞는 톤과 어조로 응답한다면, 사용자는 더 큰 만족감과 친밀감을 느낄 것이다. 또한 시각장애인을 위한 오디오북이 등장인물의 감정을 진실되게 표현할 수 있게 되면, 더욱 몰입감 있는 독서 경험을 제공할 수 있다. 이처럼 타코트론은 AI가 우리 일상에 자연스럽게 스며들 수 있는 토대를 마련했다는 점에서 그 중요성이 크다.

⑤ 어디에 활용되는가?

타코트론은 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 대표적으로 AI 비서나 스마트 스피커에 적용되어, 사용자와의 대화를 더욱 자연스럽게 감정적으로 만들 수 있다. 예를 들어, 사용자가 “오늘 기분이 안 좋아”라고 말하면, AI 비서는 위로하는 듯한 따뜻한 어조로 응답할 수 있다. 교육 분야에서는 디지털 교재의 내용을 마치 선생님이 설명하듯 생생하게 읽어줄 수 있다. 언어 학습 앱에서는 원어민의 발음과 억양을 정확히 재현하여 학습 효과를 높일 수 있다. 게임이나 영화 등 엔터테인먼트 산업에서는 등장인물의 대사를 상황에 맞는 감정과 톤으로 자동 생성할 수 있다. 이는 제작 과정의 효율성을 높이고 더욱 사실적인 캐릭터를 구현하는 데 도움이 된다. 이 외에도 고객 센터의 자동 응답 시스템, 대중교통의 안내 방송 등 다양한 분야에서 타코트론의 활용이 기대된다. 타코트론은 우리 삶 곳곳에 AI의 목소리를 더해줄 것이다.

2.9. VideoBERT: 영상과 언어의 만남, 멀티모달 AI로 영상을 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

VideoBERT는 AI가 인간처럼 영상을 이해할 수 있도록 만들기 위해 개발되었다. 기존의 AI는 글자나 그림 중 하나만 잘 이해할 수 있었지만, 실제 세상에서는 이 모든 정보가 동시에 존재한다. 예를 들어, 우리가 TV를 볼 때 화면도 보고 대사도 듣는 것처럼 말이다. 특히 요즘 세상에서 영상은 매우 중요한 정보 전달 수단이 되었다. 하지만 기존의 AI는 영상 속 복잡한 내용을 제대로 이해하지 못했다. 이런 한계를 극복하고 AI가 사람처럼 영상을 깊이 있게 이해할 수 있도록 하기 위해 VideoBERT가 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

VideoBERT는 영상과 텍스트를 동시에 이해하는 AI다. 이는 마치 외국 영화를 볼 때 화면을 보면서 자막도 함께 읽는 것과 비슷하다. VideoBERT는 영상에서 보이는 장면과 그에 관련된 텍스트 정보를 함께 학습한다. 예를 들어, 요리 동영상을 볼 때 화면에 보이는 요리 과정과 레시피 설명을 함께 이해하는 것이다. 이렇게 학습한 VideoBERT는 영상을 보고 내용을 설명하거나, 텍스트 설명을 듣고 관련 영상을 찾는 등의 작업을 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

VideoBERT의 작동 원리를 실생활의 예로 설명해보자. 여러분이 요리 유튜브 채널을 운영하는 상황을 상상해보자. 매일 다양한 요리 영상을 올리는데, 시청자들이 특정 요리 방법을 찾기 쉽게 만들고 싶다. 이때 VideoBERT가 큰 도움이 될 수 있다.

예를 들어, “스테이크 굽는 법” 영상을 올렸다고 가정해보자. VideoBERT는 이 영상을 보면서 동시에 자막이나 설명 텍스트도 함께 학습한다. 영상에서 스테이크가 팬에서 구워지는 모습, 간을 하는 장면, 뒤집는 동작 등을 인식하면서, 동시에 “중불에서 3분간 굽기”, “소금, 후추로 간하기”, “한 번만 뒤집기” 등의 텍스트 정보를 연결지어 이해한다.

이렇게 학습한 VideoBERT는 다음과 같은 일을 할 수 있다:

- 시청자가 “스테이크를 얼마나 오래 구워야 하나요?”라고 물으면, 영상 내용을 바탕으로 “중불에서 3분간 굽습니다”라고 답할 수 있다.
- “스테이크 뒤집는 장면”을 찾아달라고 하면, 해당 장면이 나오는 시간을 알려줄 수 있다.
- 새로운 요리 영상을 올릴 때, 자동으로 영상 내용을 설명하는 캡션을 만들어낼 수 있다.

④ 왜 중요한가?

VideoBERT의 중요성은 AI가 인간처럼 복합적으로 정보를 이해하고 처리할 수 있게 해준다는 점에 있다. 이는 단순히 영상을 잘 이해하는 것 이상의 의미를 갖는다. 예를 들어, 온라인 교육 플랫폼에서 VideoBERT를 활용하면, 학생들이 원하는 내용을 영상에서 빠르게 찾아주거나, 영상 내용에 대한 질문에 정확하게 답변할 수 있다. 이는 학습 효율을 크게 높일 수 있다.

또한, VideoBERT는 영상 콘텐츠의 접근성을 높이는 데 기여한다. 청각 장애인을 위해 영상의 내용을 정확하게 설명하는 자막을 자동으로 생성하거나, 시각 장애인을 위해 영상의 주요 장면을 음성으로 설명해줄 수 있다. 이는 정보 접근성 측면에서 큰 발전이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

VideoBERT는 영상이 사용되는 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다. 가장 흔한 예로는 유튜브와 같은 동영상 플랫폼을 들 수 있다. VideoBERT를 활용하면 사용자가 찾고자 하는 내용이 담긴 영상을 더 정확하게 추천해줄 수 있다. 예를 들어, “피자 도우 만드는 법”을 검색했을 때, 단순히 제목이나 태그가 아닌 영상의 실제 내용을 바탕으로 가장 적절한 영상을 찾아줄 수 있다.

교육 분야에서도 VideoBERT의 활용도가 높다. 온라인 강의 플랫폼에서 학생이 “미적분의 기초”에 대해 물으면, VideoBERT는 관련 내용이 가장 잘 설명된 강의 영상의 해당 부분을 찾아 보여줄 수 있다.

방송 산업에서도 VideoBERT는 유용하게 쓰일 수 있다. 예를 들어, 뉴스 제작 과정에서 특정 주제와 관련된 과거 뉴스 클립을 빠르게 찾아내거나, 생방송 중 자동으로 자막을 생성하는 데 활용될 수 있다.

보안 분야에서도 VideoBERT의 활용 가능성이 크다. CCTV 영상을 분석할 때, 특정 상황이나 행동을 자동으로 감지하고 설명할 수 있어, 보안 인력의 효율성을 높일 수 있다.

이처럼 VideoBERT는 영상 콘텐츠가 사용되는 다양한 분야에서 정보의 이해와 활용을 더욱 효과적으로 만들어주는 강력한 도구로 자리잡고 있으며, 앞으로 그 활용 범위가 더욱 넓어질 것으로 예상된다.

2.10. 시공간 확산(Space-Time Diffusion): 시간과 공간을 아우르는, 역동적인 영상을 창조하는 AI 예술가

① 왜 나오게 되었는가?

구글에서 공개한 비디오 생성 서비스인 루미에르(Lumiere)에 적용되어 유명한 시공간 확산 모델은 더 생동감 있는 AI 생성 콘텐츠에 대한 요구에 응답하기 위해 등장했다. 기존의 AI는 마치 사진작가처럼 정지된 이미지만을 만들어낼 수 있었다. 하지만 우리가 살아가는 세상은 끊임없이 움직이고 변화한다. 예를 들어, 거리를 걷다 보면 사람들이 오가고, 나뭇잎이 바람에 흔들리며, 차들이 지나가는 모습을 볼 수 있다. 이런 움직임과 변화를 담아내기 위해, 마치 영화감독처럼 생각하고 창작할 수 있는 AI가 필요해졌고, 그 결과로 시공간 확산 모델이 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

시공간 확산 모델은 글로 설명한 내용을 바탕으로 움직이는 영상을 만들어내는 AI다. 이는 마치 우리가 머릿속으로 상정한 장면을 실제 영상으로 만들어내는 것과 비슷하다. 예를 들어, “해변에서 파도가 치는 모습”이라는 문장을 입력하면, AI는 이를 바탕으로 실제로 파도가 해변으로 밀려오는 영상을 만들어낸다. 이 AI는 단순히 연속된 사진을 보여주는 것이 아니라, 시간의 흐름에 따른 자연스러운 움직임을 만들어낸다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

시공간 확산 모델의 작동 원리를 실생활의 예로 설명해보자. 여러분이 유튜브 요리 채널을 운영하는데, 새로운 요리 영상을 만들고 싶다고 가정해보자. 하지만 요리하는 모습을 직접 촬영할 시간이 없다. 이때 시공간 확산 모델을 활용할 수 있다.

“셰프가 양파를 썰고, 그 다음 팬에 기름을 두르고 양파를 볶는다. 양파가 갈색으로 변하면 소금을 뿌린다”라는 설명을 AI에 입력한다고 해보자. 시공간 확산 모델은 이 설명을 바탕으로 다음과 같은 과정을 거쳐 영상을 만들어낸다:

- 먼저, 셰프, 양파, 칼, 팬 등 필요한 요소들의 이미지를 생성한다.
- 그 다음, 시간의 흐름에 따라 이 요소들이 어떻게 변화하고 움직여야 할지 계산한다.
- 마지막으로, 이 모든 것을 조합하여 셰프가 실제로 요리하는 것 같은 자연스러운 영상을 만들어낸다.

이 과정에서 AI는 칼질하는 손의 움직임, 팬에서 양파가 볶아지는 모습, 양파 색깔의 변화 등 세세한 부분까지 고려한다. 결과적으로, 마치 실제 요리 과정을 촬영한 것 같은 생생한 영상이 만들어진다.

④ 왜 중요한가?

시공간 확산 모델의 중요성은 창작의 새로운 지평을 연다는 점에 있다. 이는 단순히 움직이는 그림을 만드는 것 이상의 의미를 갖는다. 예를 들어, 영화 제작 과정에서 이 기술을 활용하면, 감독이 머릿속으로 구상한 장면을 즉시 시각화할 수 있다. “우주선이 화성 표면에 착륙하는 장면”과 같이 현실에서 촬영하기 어려운 장면도 쉽게 만들어낼 수 있다.

또한, 이 기술은 교육 분야에서도 혁신을 가져올 수 있다. 역사 수업에서 “고대 로마의 콜로세움에서 벌어지는 검투사들의 결투” 같은 장면을 생생한 영상으로 재현할 수 있다. 이는 학생들의 이해와 흥미를 크게 높일 수 있다.

더 나아가, 시공간 확산 모델은 장애인들의 표현 능력을 확장시키는 데 기여할 수 있다. 예를 들어, 운동 능력이 제한된 사람들도 자신이 상상한 움직임이나 장면을 영상으로 표현할 수 있게 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

시공간 확산 모델은 영상이 필요한 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다. 가장 눈에 띄는 활용 분야는 엔터테인먼트 산업이다. 영화나 드라마 제작에서 이 기술을 활용하면, 비용이 많이 드는 CG 작업을 일부 대체할 수 있다. 예를 들어, “1940년대 뉴욕 거리를 달리는 클래식 자동차”와 같은 장면을 실제 촬영 없이도 만들어낼 수 있다.

광고 산업에서도 이 기술의 활용도가 높다. 광고주가 “새로운 운동화를 신고 달리는 운동선수”와 같은 아이디어를 제시하면, AI가 즉시 이를 영상으로 구현해 보여줄 수 있다. 이는 광고 제작 과정을 크게 단축시키고 비용을 절감할 수 있게 한다.

교육 분야에서는 복잡한 과학 현상을 시각화하는 데 활용될 수 있다. “DNA가 복제되는 과정”이나 “태양계 행성들의 공전”과 같은 추상적인 개념을 생동감 있는 영상으로 표현할 수 있다.

게임 개발에서도 이 기술은 큰 역할을 할 수 있다. 개발자가 “중세 기사와 용과 싸우는 장면”과 같은 아이디어를 입력하면, AI가 이를 바탕으로 게임 속 애니메이션을 자동으로 생성할 수 있다.

II-3. 온디바이스 AI, sLLM 지원과 개인정보 보호의 새로운 패러다임¹²⁾

2024년 CES에서 퀄컴과 엔비디아를 비롯한 기업들은 온디바이스 AI의 필요성과 중요성을 강조했다. 이는 개인정보 보호와 AI 처리 효율성 측면에서 클라우드 기반 AI의 한계를 인식하고, 기기 내에서 AI 연산을 수행하는 새로운 패러다임으로의 전환을 시사한다. 특히 민감한 정보를 다루는 스마트폰과 같은 기기에서는 온디바이스 AI가 필수적이며, 고가의 GPU 대신 적절한 수준의 AI 연산을 기기 내에서 처리하는 것이 효율적일 수 있다.

엔비디아는 AI의 역할에 따라 클라우드와 기기 내 처리를 적절히 분배하는 것이 중요하다고 강조했다. 예를 들어, 대규모 언어 모델을 활용하는 코파일럿(Copilot)과 같은 서비스는 클라우드에서 처리하는 것이 적합하지만, 개인정보 보호를 위한 흐림(blur) 처리 등은 기기 내에서 수행하는 것이 바람직하다.

또한 MS의 파이-3(Phi-3), 메타(Meta)의 라마 3-8b(Llama 3-8b), 구글의 제미니 나노(Gemini nano)와 제미니 플래시(Gemini flash), 오픈AI의 GPT-4o mini, 등 대형 기술 기업들이 sLLM(small Large Language Model)을 잇달아 출시하고 있다. 이는 대규모 언어 모델을 소형화하여 기기 내에서 구동할 수 있도록 하는 기술로, 온디바이스 AI 구현에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

이러한 움직임은 GPU 반도체 수급 문제와 가격 상승으로 인한 AI 산업의 제약과 한계를 극복하기 위한 노력의 일환으로 볼 수 있다. 온디바이스 AI와 sLLM은 AI 기술의 대중화와 실용화를 가속화하는 동시에, 개인정보 보호와 효율성 향상이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있는 해법으로 주목받고 있다.

2024년은 온디바이스 AI와 sLLM이 AI 산업의 새로운 패러다임으로 자리 잡는 해가 될 것이다. 이는 단순히 기술적 진보를 넘어, AI와 개인정보 보호의 조화, 그리고 AI 기술의 민주화와 접근성 향상이라는 사회적 가치를 실현하는 데 기여할 것으로 기대된다. 앞으로 온디바이스 AI와 sLLM이 어떠한 혁신과 변화를 가져올지 주목해 볼 만하다.

- 삼성전자가 2024년 1월 출시한 갤럭시 S24가 온디바이스 AI가 적용된 최초의 스마트폰으로 주목받았다. 단말기는 온디바이스 AI를 통해 자체적으로 AI를 구동해 저 멀리 있는 클라우드 서버를 다녀오지 않고도 기기에서 AI 연산을 할 수 있고 그 결과를 사용자에게 곧바로 전달해 줄 수 있게 된다. 이를 통해 응답 시간과 보안을 강화할 수 있다.¹³⁾
- 엔비디아의 데이터 센터 사업에 대한 가장 큰 위협은 처리가 이루어지는 위치의 변화일 수 있다. 퀄컴은 개발자들은 AI 작업이 서버 팜에서 우리가 소유한 노트북, PC 및 휴대폰으로 옮겨갈 것이라고 점점 더

12) 이 보고서에서는 sLLM(small Large Language Model) 용어로 사용한다. sLLM은 small Large Language Model 또는 smaller Large Language Model로도 활용되며, 동일 또는 유사 개념으로 SLM(Small Language Model)도 있다.

13) 삼성·애플·퀄컴·인텔 앞장 선 '온디바이스 AI' [요즘 뜨는 AI] (조상록, 2024)

확신하고 있다.¹⁴⁾

- 인공지능(AI) 기술 패권 다툼의 새로운 열쇳말로 ‘소형화’가 떠오르고 있다. 챗GPT를 만든 오픈AI가 이끄는 초거대AI 시장 틈새를 ‘온디바이스AI(네트워크 연결 없이 기기에서 바로 AI 구동)’가 파고들었기 때문이다. 거대한 학습량과 정확성을 목표로 하는 거대언어모델(LLM) 대신 데이터 양이 적어 어떤 기기에서든 빠르게 움직일 수 있는 소형언어모델(sLLM)이 주목받고 있다.¹⁵⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 기술 구현

1.1. 온디바이스AI(On-Device AI): 당신의 손 안에서 펼쳐지는 인공지능의 마법

① 왜 나오게 되었는가?

온디바이스 AI는 더 빠르고 안전한 인공지능 서비스에 대한 요구에 응답하기 위해 등장했다. 이전에는 대부분의 AI 작업이 멀리 있는 대형 컴퓨터(클라우드 서버)에서 처리되었다. 이는 마치 모든 계산을 하기 위해 멀리 있는 계산대로 가야 하는 것과 같았다. 이 방식은 시간이 오래 걸리고, 개인정보가 새어나갈 위험이 있으며, 인터넷이 끊기면 서비스를 이용할 수 없다는 문제가 있었다. 온디바이스 AI는 이러한 문제들을 해결하고, 마치 주머니 속 계산기처럼 언제 어디서나 빠르고 안전하게 AI를 사용할 수 있게 하기 위해 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

온디바이스 AI는 우리가 매일 사용하는 스마트폰, 태블릿, 노트북 등의 기기에 직접 탑재되는 작은 인공지능 두뇌이다. 이는 마치 여러분의 기기가 스스로 생각하고 판단하는 능력을 갖게 된 것과 같다. 예를 들어, 스마트폰에 탑재된 온디바이스 AI는 인터넷 연결 없이도 사진 속 얼굴을 인식하거나, 음성 명령을 이해하고 실행할 수 있다. 이는 마치 여러분의 스마트폰이 작은 비서가 되어, 언제 어디서나 즉시 여러분의 요청을 처리해주는 것과 같다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

온디바이스 AI의 활용 예시를 일상생활에서 찾아볼 수 있다. 여러분이 스마트폰으로 사진을 찍을 때, 카메라가 자동으로 최적의 설정을 조정하는 것은 온디바이스 AI의 작품이다. 이 AI는 현재 촬영 환경을 분석하고, 그에 맞는 최적의 설정을 즉시 적용한다.

14) Nvidia dominates the AI chip market, but there's more competition than ever (LeswingKif, 2024)

15) 온디바이스AI 뜨자...LLM 대신 sLLM 급부상 (김지현, 2024)

또 다른 예로, 스마트폰 키보드의 자동 완성 기능을 들 수 있다. 여러분이 메시지를 입력할 때, 다음에 입력할 단어를 예측하여 제안하는 것도 온디바이스 AI의 역할이다. 이 AI는 여러분의 평소 문장 패턴을 학습하여, 점점 더 정확한 단어를 제안하게 된다.

최근에는 온디바이스 AI가 sLLM(small Large Language Model, 경량화 언어 모델)이라는 기술을 지원하면서 더 똑똑해졌다. 예를 들어, 인터넷 연결 없이도 실시간으로 외국어를 번역하거나, 간단한 질문에 답변할 수 있는 AI 비서 기능을 제공한다. 이는 마치 여러분의 스마트폰이 작은 통역사이자 백과사전이 된 것과 같다.

④ 왜 중요한가?

온디바이스 AI의 중요성은 그것이 가져오는 편리함과 안전성에 있다. 먼저, 속도 면에서 큰 장점이 있다. 멀리 있는 서버와 통신할 필요 없이 기기 내에서 바로 처리하기 때문에, 마치 뇌가 손과 발을 움직이는 것처럼 즉각적인 반응이 가능하다.

또한, 개인정보 보호 측면에서도 중요하다. 여러분의 데이터가 외부로 전송되지 않고 기기 내에서 처리되기 때문에, 개인정보 유출 위험이 크게 줄어든다. 이는 마치 여러분의 비밀 일기를 집 밖으로 가지고 나가지 않고 안전하게 집에 보관하는 것과 같다.

더욱이, 온디바이스 AI는 개인 스마트폰에 있는 모든 콘텍스트 정보에 접근할 수 있어 더 개인화된 AI 지원이 가능하다. 이는 사용자의 습관, 선호도, 일정 등을 종합적으로 고려한 맞춤형 서비스를 제공할 수 있게 해준다.

더불어, 온디바이스 AI는 인터넷 연결이 없는 환경에서도 작동한다. 이는 산악 지역이나 비행기 안에서도 AI 기능을 사용할 수 있게 해준다.

⑤ 어디에 활용되는가?

온디바이스 AI는 우리 일상 곳곳에서 활용된다. 가장 흔한 예로, 스마트폰의 얼굴 인식 잠금 해제 기능 등이 있다. 이 기능은 온디바이스 AI를 사용하여 빠르고 안전하게 사용자의 얼굴을 인식한다.

또한, 스마트 홈 기기에서도 온디바이스 AI가 활용된다. 예를 들어, 스마트 스피커는 온디바이스 AI를 통해 사용자의 음성 명령을 즉시 이해하고 실행한다. “불 꺼줘”라고 말하면 바로 조명이 꺼지는 것이 이 기술 덕분이다.

건강 관리 분야에서도 온디바이스 AI의 활용도가 높다. 스마트워치는 온디바이스 AI를 사용하여 사용자의 심박수, 수면 패턴 등을 분석하고, 이상 징후를 즉시 감지할 수 있다.

자동차 산업에서도 온디바이스 AI는 중요한 역할을 한다. 자율주행 자동차의 경우, 온디바이스 AI를 통해 주변 환경을 실시간으로 인식하고 즉각적인 판단을 내린다. 이는 안전한 주행을 위해 필수적이다.

1.2. sLLM (small Large Language Model): 작지만 강력한 AI, 당신의 모든 기기를 똑똑하게

① 왜 나오게 되었는가?

sLLM은 우리의 일상 기기에서도 AI를 쉽게 사용할 수 있게 하기 위해 등장했다. 기존의 대규모 언어 모델 (Large Language Model, LLM)은 마치 거대한 도서관과 같아서, 엄청난 지식을 가지고 있지만 그만큼 많은 공간과 에너지가 필요했다. 이는 우리가 매일 사용하는 스마트폰이나 스마트워치 같은 작은 기기에서는 사용하기 어려웠다. 또한, 개인정보 보호에 대한 관심이 높아지면서, 우리의 데이터를 멀리 있는 서버로 보내지 않고 기기 안에서 처리할 수 있는 AI의 필요성이 커졌다. 이러한 요구에 맞춰 작지만 강력한 AI, sLLM이 탄생하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

sLLM은 '경량화 언어 모델'이라는 뜻으로, 마치 미니 백과 사전과 같다. 거대한 백과사전만큼 모든 정보를 담고 있지는 않지만, 일상생활에 필요한 핵심 정보를 빠르고 정확하게 제공할 수 있다. 이 작은 AI는 우리의 스마트폰이나 스마트워치 같은 작은 기기에도 쉽게 탑재될 수 있어, 언제 어디서나 우리의 말을 이해하고 도움을 줄 수 있다. 또한, 우리의 개인정보를 기기 밖으로 보내지 않고 안전하게 처리할 수 있을 뿐만 아니라 기기 내 다양한 정보를 종합적으로 활용할 수 있어 마치 신뢰할 수 있는 작은 비서와 같다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

sLLM의 실제 활용 예를 들어 설명해보자. 여러분이 스마트폰으로 문자 메시지를 작성할 때, 다음 단어를 예측해주는 기능을 본 적이 있을 것이다. 이것이 바로 sLLM의 한 예시이다. 이 작은 AI는 여러분의 평소 문장 패턴을 학습하여, 문맥에 맞는 다음 단어를 제안한다.

또 다른 예로, 스마트워치의 음성 비서를 들 수 있다. “오늘 날씨 어때?”라고 물으면, sLLM이 탑재된 음성 비서는 이 질문을 이해하고 적절한 답변을 제공한다. 이 모든 과정이 여러분의 작은 손목시계 안에서 이루어진다.

최근에는 더 발전된 sLLM 모델들이 등장하고 있다. 예를 들어, '디스틸버트(DistilBERT)'라는 모델은 기존의 큰 모델의 성능을 거의 그대로 유지하면서도 크기는 40%나 줄였다. 이는 마치 두꺼운 백과사전의 내용을 얇은 포켓북에 담은 것과 같다. DistilBERT는 지식 증류(Knowledge Distillation)라는 기술을 사용하여, 큰 모델 (Teacher Model)의 지식을 작은 모델(Student Model)로 전달한다. 이를 통해 작은 모델이 큰 모델의 성능에 근접하도록 학습되는 것이다.

'모바일버트(MobileBERT)'라는 모델은 특별히 스마트폰에서 잘 작동하도록 만들어져, 적은 배터리로도 효율적으로 작동한다. MobileBERT는 BERT 모델의 구조를 모바일 기기에 최적화하여 재설계한 것이다. 연산량을

줄이기 위해 일부 층을 제거하거나 병합하고, 모델 파라미터의 수를 줄여 모바일 기기에서도 빠르고 효율적으로 동작할 수 있게 만들었다. 이를 통해 스마트폰 사용자들은 강력한 언어 모델을 직접 자신의 기기에서 사용할 수 있게 되었다.

④ 왜 중요한가?

sLLM의 중요성은 AI를 우리의 일상 속으로 더 가깝게 가져온다는 점에 있다. 큰 서버가 필요 없이 우리가 매일 사용하는 기기에서 직접 AI를 구동할 수 있게 해주기 때문이다. 이는 마치 개인 비서를 24시간 곁에 둔 것과 같은 편리함을 제공한다.

또한, sLLM은 개인정보 보호 측면에서도 큰 의미가 있다. 우리의 데이터를 멀리 있는 서버로 보내지 않고 기기 내에서 처리하기 때문에, 개인정보 유출 위험이 크게 줄어든다. 이는 마치 중요한 비밀을 친구에게 말하는 대신 자신의 일기장에 쓰는 것과 같이 더 안전하다.

더불어, sLLM은 인터넷 연결이 없는 환경에서도 AI 기능을 사용할 수 있게 해준다. 이는 산속이나 비행기 안에서도 AI의 도움을 받을 수 있다는 의미이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

sLLM은 우리 주변의 다양한 기기에서 활용되고 있다. 가장 흔한 예로, 스마트폰의 키보드 앱을 들 수 있다. sLLM을 활용한 키보드 앱은 사용자의 입력 패턴을 학습하여 더 정확한 자동 완성과 오타 수정 기능을 제공한다.

또한, 스마트 스피커에서도 sLLM 활용이 확대될 것이다. “오늘 저녁 메뉴 추천해줘”라는 요청에 인터넷 연결 없이도 즉시 대답할 수 있는 것은 sLLM 덕분이다.

웨어러블 기기에서도 sLLM의 활용도가 높다. 예를 들어, 스마트워치는 sLLM을 통해 사용자의 건강 데이터를 분석하고 개인화된 건강 조언을 제공할 수 있다.

번역 앱에서도 sLLM이 사용된다. 인터넷 연결 없이도 기본적인 문장 번역이 가능하며, 사용자의 주요 사용 표현을 학습하여 더 자연스러운 번역을 제공한다.

2. 개인 정보 보호 기술

2.1. 연합학습 (Federated Learning): 데이터는 각자 보관, 인공지능은 함께 성장

① 왜 나오게 되었는가?

연합학습은 개인정보 보호와 AI 발전이라는 두 마리 토끼를 잡기 위해 등장했다. AI를 발전시키려면 많은 데이터가 필요하지만, 이를 한 곳에 모으면 개인정보 유출 위험이 커진다. 이는 마치 여러 사람의 비밀 일기를 한 곳에 모아두는 것과 같아서 위험하다. 특히 병원 기록이나 은행 거래 내역 같은 민감한 정보는 더욱 조심스럽게 다뤄야 한다. 또한, 엄청난 양의 데이터를 한 곳으로 옮기는 것은 시간과 비용이 많이 든다. 이런 문제들을 해결하면서도 AI를 효과적으로 발전시킬 방법이 필요했고, 그 해답으로 연합학습이 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

연합학습은 ‘함께 공부하되, 각자의 노트는 공개하지 않는’ 방식이라고 할 수 있다. 여러 기기나 서버가 각자 가진 데이터로 AI를 학습시키고, 그 결과만을 중앙에 보내 종합한다. 이는 마치 여러 학생이 각자 공부한 내용을 발표하고, 선생님이 이를 정리해 더 좋은 수업 자료를 만드는 것과 비슷하다. 이 과정에서 학생들의 개인적인 공부 노트는 공개되지 않는다. 마찬가지로 연합학습에서는 개인의 원본 데이터가 자신의 기기나 서버에 남아있어 개인정보가 안전하게 보호된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

연합학습의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 스마트폰에서 사용하는 키보드 앱을 생각해보자. 이 앱은 여러분의 단어 사용 패턴을 학습해 더 정확한 자동완성 기능을 제공한다. 연합학습을 사용하면, 이 과정이 다음과 같이 진행된다:

- 여러분의 스마트폰에서 키보드 앱이 여러분의 입력 패턴을 학습한다.
- 이 학습 결과(예: “사용자는 ‘안녕’이라는 단어 다음에 ‘하세요’를 자주 입력한다”)만 중앙 서버로 전송된다.
- 중앙 서버는 수많은 사용자로부터 받은 이런 정보들을 종합해 더 똑똑한 키보드 모델을 만든다.
- 이 개선된 모델이 다시 모든 사용자의 스마트폰으로 전송되어 적용된다.

이 과정에서 여러분이 실제로 입력한 메시지 내용은 절대 외부로 전송되지 않는다. 단지 입력 패턴에 대한 정보만 공유되어 개인정보가 안전하게 보호된다.

④ 왜 중요한가?

연합학습의 중요성은 ‘개인정보 보호’와 ‘AI 발전’이라는 두 가지 목표를 동시에 달성할 수 있다는 점에 있다. 이는 마치 케이크를 먹으면서도 다이어트에 성공하는 것과 같은 이상적인 상황이다. 개인정보 유출 걱정 없이 대규모 데이터를 활용해 AI를 발전시킬 수 있어, 더 많은 분야에서 AI 기술을 안전하게 적용할 수 있다.

특히, 의료나 금융 같은 민감한 정보를 다루는 분야에서 연합학습은 혁신적인 해결책이 될 수 있다. 예를 들어, 여러 병원이 환자 정보를 직접 공유하지 않고도 함께 더 정확한 질병 예측 모델을 만들 수 있게 된다. 이는 개인의 프라이버시를 지키면서도 의료 기술의 발전을 가속화할 수 있는 중요한 방법이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

연합학습은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 앞서 언급한 스마트폰 키보드 앱 외에도 다양한 분야에서 사용된다. 예를 들어:

- 음성 인식: 스마트 스피커가 여러분의 말을 더 잘 알아들을 수 있게 만드는데 사용된다. 개인의 음성 데이터는 기기에 남아있고, 학습 결과만 공유되어 모든 기기의 성능이 향상된다.
- 의료 분야: 여러 병원이 협력하여 희귀 질병의 진단 모델을 개발할 때 활용된다. 각 병원의 환자 정보는 외부로 나가지 않으면서도, 함께 더 정확한 진단 모델을 만들 수 있다.
- 금융 사기 탐지: 은행들이 고객의 거래 내역을 직접 공유하지 않고도 함께 더 효과적인 사기 탐지 시스템을 개발할 수 있게 한다.
- 자율주행차: 여러 자동차 회사가 각자의 주행 데이터를 공유하지 않으면서도 함께 더 안전한 자율주행 시스템을 개발할 수 있다.

2.2. TEE (Trusted Execution Environment): 데이터의 안전 자킴이, 기기 속 작은 금고

① 왜 나오게 되었는가?

TEE, 즉 신뢰 실행 환경(Trusted Execution Environment)은 우리의 개인정보를 더욱 안전하게 보호하기 위해 탄생했다. 스마트폰, 스마트워치, 스마트 TV 등 우리 주변의 모든 기기들이 점점 더 많은 개인정보를 다루게 되면서, 이를 안전하게 보호할 필요성이 커졌다. 기존의 방식은 마치 집 안의 모든 물건을 그냥 놓아두는 것과 같아서, 누군가 집에 들어오면 모든 것이 노출될 위험이 있었다. TEE는 이런 문제를 해결하기 위해, 기기 안에 아무나 열 수 없는 특별한 금고를 만드는 것과 같은 기술이다.

② 쉽게 설명하면?

TEE는 우리가 사용하는 기기 안에 만들어진 특별한 안전 영역이다. 이는 마치 집 안에 있는 금고와 같다. 일반적인 데이터는 집 안 여기저기에 놓여있지만, 정말 중요한 것들은 이 금고 안에 넣어둔다. 이 금고는 특별한 잠금장치가 있어서 허가받지 않은 사람은 절대 열 수 없다. TEE도 이와 같이 작동한다. 기기 안에서 암호키, 지문 정보, 신용카드 정보 같은 민감한 데이터를 이 특별한 영역에 보관하고 처리하여, 해커들이 접근할 수 없게 만든다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

TEE의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 스마트폰으로 모바일 뱅킹을 사용할 때를 상상해보자. 앱을 실행하고 지문으로 로그인한 후, 송금을 하려고 한다. 이 과정에서 TEE는 다음과 같이 작동한다:

- 지문 인식: 여러분의 지문 정보는 TEE 안에 안전하게 보관되어 있다. 지문을 스캔하면, 이 정보는 TEE 안에서만 처리되어 외부로 유출될 위험이 없다.
- 계좌 정보 확인: 여러분의 계좌 번호, 비밀번호 등은 TEE 안에서 암호화되어 저장된다. 앱이 이 정보를 확인할 때도 TEE 안에서만 처리된다.
- 송금 처리: 송금 과정에서 사용되는 암호화 키도 TEE 안에 보관되어 있다. 송금 정보는 이 키를 사용해 TEE 안에서 암호화된 후 은행 서버로 전송된다.

이 모든 과정에서 중요한 정보들은 TEE라는 안전한 금고 안에서만 처리되므로, 해커가 스마트폰을 해킹하더라도 이 정보들에는 접근할 수 없다.

④ 왜 중요한가?

TEE의 중요성은 우리의 디지털 생활을 더욱 안전하게 만든다는 점에 있다. 이는 마치 집 안에 견고한 금고를 설치하는 것과 같아서, 중요한 물건을 안심하고 보관할 수 있게 해준다. 특히 요즘처럼 스마트폰으로 모든 것을 하는 시대에, TEE는 우리의 개인정보와 재산을 지키는 파수꾼 역할을 한다.

또한, TEE는 AI 기술과 결합하여 더욱 강력해질 수 있다. 예를 들어, 스마트폰에서 작동하는 AI 비서가 우리의 개인정보를 이용할 때, 이 정보들을 TEE 안에서 안전하게 처리할 수 있다. 이로써 AI의 편리함은 그대로 누리면서도 privacy는 완벽하게 보호받을 수 있는 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

TEE는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 가장 흔한 예로는 스마트폰의 지문인식이나 안면인식 기능을 들 수 있다. 여러분이 지문으로 스마트폰 잠금을 해제할 때마다 TEE가 작동하고 있는 것이다.

또한, 신용카드 정보를 이용한 모바일 결제 시스템에서도 TEE가 중요한 역할을 한다. 애플페이 같은 서비스들이 안전하게 작동할 수 있는 것은 TEE 덕분이다.

최근에는 자동차 산업에서도 TEE의 활용도가 높아지고 있다. 자율주행차의 경우, 차량의 제어 시스템이나 사용자의 위치 정보 등 중요한 데이터를 TEE에 저장하고 처리하여 해킹을 방지한다.

심지어 스마트 TV에서 넷플릭스나 왓챠 같은 스트리밍 서비스를 이용할 때도 TEE가 사용된다. 영화나 드라마의 불법 복제를 막기 위해 콘텐츠를 암호화하는 데 TEE가 활용되는 것이다.

II-4. 지속 가능한 AI, 모두를 위한 지구를 위한 AI 기술

2024년은 AI 기술의 급격한 성장과 함께 그에 따른 에너지 소비 증가로 인해 지속 가능한 AI에 대한 관심이 그 어느 때보다 높아진 해였다. 특히 생성형 AI의 폭발적인 인기로 인해 데이터 센터의 전력 소비량이 급증하면서, AI가 환경에 미치는 영향에 대한 우려의 목소리가 커졌다.

국제에너지기구(IEA)의 보고서에 따르면, 2026년 전 세계 데이터 센터의 전력 소비량은 2022년 대비 최대 2.3배에 달할 것으로 예측되었다. 이는 AI 기술이 점점 더 많은 전력을 필요로 하고 있음을 보여주는 동시에, 지속 가능성 측면에서의 도전과제를 제기한다.

실제로 챗GPT와 같은 생성형 AI는 한 번의 질의응답에 구글 검색의 10배에 달하는 전력을 소비하는 것으로 나타났다. 이처럼 AI의 발전이 환경에 상당한 부담을 줄 수 있다는 점이 부각되면서, AI 기술의 지속 가능성에 대한 논의가 활발히 이루어졌다.

이에 따라 2024년에는 지속 가능한 AI를 위한 다양한 노력과 시도가 등장했다. 에너지 효율적인 AI 알고리즘 개발, 재생 에너지 기반의 데이터 센터 구축, AI 워크로드 최적화 등 기술적 해법뿐만 아니라, AI의 책임 있는 활용을 위한 정책적, 윤리적 논의도 활발히 전개되었다.

나아가 AI가 기후 변화 대응, 재난 예측, 신재생 에너지 개발 등에 기여할 수 있는 방안에 대한 모색도 이루어졌다. AI 기술이 단순히 에너지 소비의 주범으로 여겨지는 것이 아니라, 지속 가능한 미래를 위한 솔루션으로 활용될 수 있다는 인식이 확산된 것이다.

이러한 경험은 AI의 발전과 지속 가능성이 상호 배타적인 것이 아니라, 조화와 균형을 통해 함께 추구되어야 할 가치를 일깨워 주었다. 앞으로도 AI 기술의 혁신과 함께 환경적, 사회적 책임에 대한 고민이 지속될 것으로 보인다. 모두를 위한, 지구를 위한 AI 기술의 발전은 우리 시대의 중요한 화두로 자리매김할 전망이다.

- 기하급수적으로 늘어나는 AI의 전력 소비를 막을 방법은 아직 없지만, 각 문제를 해결하는데 최적의 모델을 통해서 지속가능성 이니셔티브에 미치는 영향을 완화할 방법을 마련하고 있다.¹⁶⁾
- 생성형AI발 전력부족, 에너지 위기가 현실로 다가오고 있다. 우리가 챗GPT에 질문 한 번 할 때, 소모하는 전력량은 기존 인터넷 검색 서비스의 10배 이상이다. 예를 들어 구글 검색엔 평균 0.3Wh의 전력이 쓰이는 반면 챗GPT는 한 번에 2.9Wh를 소모한다. 이미지 생성 AI가 이미지 하나를 만들 때는 스마트폰 한 대를 충전할 수 있는 양의 에너지가 필요하다. 빅테크들은 앞으로 다가올지도 모를 전력 부족 대비에 나서며 데이터 센터 구축에 힘을 쏟고 있다.¹⁷⁾

16) '생성형 AI와 지속가능성 잇기'... IT 리더들이 전하는 AI 저탄소 방안 3가지 (BransPat, 2024)

- 여러 연구자들은 AI 모델을 전력 소비를 절감하는 방향으로 구성하면 에너지 소비량을 크게 줄일 수 있다고 강조한다. 지금까지 AI 모델 개발과 운영은 주로 성능 개선에만 초점을 맞추고 발전해왔고, 현 상황부터 에너지 절감에 초점을 맞추면 얼마든지 개선할 수 있다는 것이다. 연구자들은 AI 인프라 관련 제조사에서 제품 전략을 지속가능성이란 한 방향으로 맞추면 달성할 수 있다고 조언한다.¹⁸⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 지속 가능 AI 개념

1.1. 지속 가능 AI(Sustainable AI): 환경을 생각하는 착한 인공지능

① 왜 나오게 되었는가?

지속 가능 AI는 인공지능 기술의 발전과 환경 보호를 동시에 추구하기 위해 등장했다. 인공지능은 우리 생활을 편리하게 만들어주지만, 그 이면에는 큰 환경적 비용이 숨어있다. 예를 들어, 우리가 매일 사용하는 음성 비서나 번역 앱은 거대한 데이터 센터에서 작동하는데, 이 센터들은 엄청난 양의 전기를 소비한다. 이는 마치 편리함을 위해 집 안의 모든 전자제품을 24시간 켜두는 것과 비슷하다. 이런 상황에서 인공지능의 발전이 지구 온난화를 가속화할 수 있다는 우려가 커졌고, 이에 대한 해결책으로 지속 가능 AI가 제안되었다.

② 쉽게 설명하면?

지속 가능 AI는 환경을 생각하는 똑똑한 인공지능이다. 이는 마치 에너지 절약 모드가 있는 에어컨과 비슷하다. 일반 에어컨이 계속해서 최대 출력으로 작동하는 반면, 에너지 절약 모드의 에어컨은 필요한 만큼만 작동하여 전기를 아낀다. 지속 가능 AI도 이와 같이 꼭 필요한 만큼만 에너지를 사용하여 똑같은 일을 해낸다. 또한, 태양광이나 풍력 같은 친환경 에너지를 사용하여 작동하기도 한다. 이를 통해 인공지능은 우리에게 편리함을 제공하면서도 지구에는 최소한의 부담만을 주게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

지속 가능 AI의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 매일 아침 스마트폰으로 날씨를 확인한다고 가정해보자. 기존의 AI는 여러분의 위치, 시간대, 계절 등 수많은 정보를 매번 새로 계산했다. 하지만 지속 가능 AI는 다음과 같은 방식으로 더 효율적으로 작동한다:

- 경량화된 AI 모델: 날씨 예측에 꼭 필요한 정보만을 사용하는 작은 AI 모델을 만든다. 이는 마치 큰 책 대신 요약본을 읽는 것과 같아서, 같은 정보를 얻는 데 필요한 에너지를 크게 줄일 수 있다.

17) '전기먹는 하마'...일반 검색 보다 전력 소모 10배하는 생성형AI (임나영, 2024)

18) AI 플랫폼, 성능과 지속가능성 함께 잡는 전략은 (김우용, 2024)

- **재생 에너지 활용:** AI 서버를 태양광 발전소 근처에 위치시켜, 맑은 날에는 태양 에너지로 작동하게 한다. 이는 환경에 미치는 영향을 최소화한다.
- **스마트 캐싱:** 자주 사용되는 정보(예: 특정 지역의 일반적인 기후)를 저장해두고 재활용한다. 이는 마치 자주 가는 길을 외워두어 매번 내비게이션을 켜지 않는 것과 비슷하다.

이런 방식을 통해, 지속 가능 AI는 똑같이 정확한 날씨 정보를 제공하면서도 에너지 소비와 환경 영향을 크게 줄일 수 있다.

④ 왜 중요한가?

지속 가능 AI의 중요성은 ‘기술 발전’과 ‘환경 보호’라는 두 마리 토끼를 한 번에 잡을 수 있다는 점에 있다. 이는 마치 맛있으면서도 건강에 좋은 음식을 먹는 것과 같다. 우리는 AI의 혜택을 누리면서도 지구의 미래를 걱정하지 않아도 된다.

특히 기후 변화가 심각한 문제로 대두되는 현재, 지속 가능 AI의 역할은 더욱 중요해지고 있다. 예를 들어, AI를 활용한 기후 변화 예측 모델이 있다고 가정해보자. 이 모델이 지속 가능한 방식으로 운영된다면, 기후 변화를 연구하면서 동시에 그 원인이 되는 탄소 배출을 줄일 수 있다. 이는 문제의 해결책이 문제의 일부가 되지 않도록 하는 중요한 접근 방식이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

지속 가능 AI는 우리 일상 생활의 다양한 영역에서 활용될 수 있다. 몇 가지 구체적인 예를 들어보자:

- **스마트 홈:** AI가 집안의 전기 사용량을 모니터링하고 최적화한다. 예를 들어, 사람이 없는 방의 불을 자동으로 끄거나, 태양광 패널의 발전량에 따라 가전제품의 사용을 조절한다.
- **교통 시스템:** AI가 교통 흐름을 분석하여 신호등 타이밍을 최적화한다. 이를 통해 차량의 불필요한 정차와 출발을 줄여 연료 소비와 배기가스 배출을 감소시킨다.
- **농업:** AI가 날씨, 토양 상태, 작물의 성장 상태 등을 분석하여 필요한 만큼만 물과 비료를 사용하도록 한다. 이는 자원 낭비를 줄이고 환경 오염을 방지한다.
- **제조업:** AI가 공장의 생산 라인을 최적화하여 에너지 사용량을 줄이고 폐기물 발생을 최소화한다. 예를 들어, 제품 수요를 정확히 예측하여 과잉 생산을 방지한다.

2. 지속 가능 AI 구현 기술

2.1. 그린AI(Green AI): 지구를 위한 착한 인공지능, 에너지 효율을 높이고 탄소 발자국을 줄이다

① 왜 나오게 되었는가?

그린AI는 인공지능의 발전과 환경 보호 사이의 균형을 맞추기 위해 등장했다. 인공지능은 우리 생활을 편리하게 만들어주지만, 그 이면에는 엄청난 에너지 소비가 숨어있다. 예를 들어, 우리가 스마트폰으로 음성 명령을 내릴 때마다 거대한 데이터 센터에서 수많은 컴퓨터가 쉴 새 없이 작동한다. 이는 마치 간단한 질문을 하기 위해 매번 대형 도서관의 모든 책을 뒤지는 것과 같다. 이런 방식은 많은 전기를 소비하고 결과적으로 지구 온난화를 가속화할 수 있다. 그린AI는 이런 문제를 해결하고 인공지능을 더 친환경적으로 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

그린AI는 환경을 생각하는 똑똑한 인공지능이다. 이는 마치 에너지 효율이 높은 LED 전구와 비슷하다. 일반 전구가 많은 전기를 소비하면서 열도 많이 발생시키는 반면, LED 전구는 적은 전기로도 밝은 빛을 내면서 열도 거의 발생시키지 않는다. 그린AI도 이와 같이 적은 에너지로 효율적으로 작동하여 같은 일을 해낸다. 또한, 태양광이나 풍력 같은 친환경 에너지를 사용하여 작동하기도 한다. 이를 통해 인공지능은 우리에게 편리함을 제공하면서도 지구에는 최소한의 부담만을 주게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

그린AI의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 매일 사용하는 스마트폰 음성 비서를 생각해보자. 기존의 AI 음성 비서는 모든 명령을 클라우드 서버로 보내 처리했다. 하지만 그린AI를 적용한 음성 비서는 다음과 같은 방식으로 더 효율적으로 작동한다:

- 경량화된 AI 모델: 간단한 명령(예: 알람 설정, 날씨 확인)은 스마트폰 내에서 직접 처리한다. 이는 마치 간단한 계산은 암산으로 하고, 복잡한 계산만 계산기를 사용하는 것과 같다. 이를 통해 서버와의 통신에 필요한 에너지를 크게 줄일 수 있다.
- 재생 에너지 활용: AI 서버를 운영할 때 태양광이나 풍력 발전으로 생산된 전기를 사용한다. 이는 환경에 미치는 영향을 최소화한다.
- 효율적인 학습 방식: AI 모델을 학습시킬 때, 불필요한 반복을 줄이고 효율적인 알고리즘을 사용한다. 이는 마치 시험공부를 할 때 무작정 반복하는 것이 아니라 효율적인 학습 방법을 사용하는 것과 같다.

이러한 그린AI의 개념은 학계에서도 주목받고 있다. 2019년 워싱턴 대학교의 연구팀이 Communications of the ACM 저널에 발표한 “Green AI” 논문에서는 AI 모델의 성능을 평가할 때 정확도뿐만 아니라 계산 효율성도 고려해야 한다고 주장했다¹⁹⁾. 이 연구는 환경을 고려한 AI 개발의 중요성을 강조하며 그린AI 개념의 기초를 다졌다.

④ 왜 중요한가?

그린AI의 중요성은 ‘기술 발전’과 ‘환경 보호’를 동시에 추구할 수 있다는 점에 있다. 이는 마치 맛있으면서도 건강에 좋은 음식을 먹는 것과 같다. 우리는 AI의 혜택을 누리면서도 지구의 미래를 걱정하지 않아도 된다.

특히 기후 변화가 전 세계적인 문제로 대두되는 현재, 그린AI의 역할은 더욱 중요해지고 있다. 예를 들어, AI를 활용한 기후 변화 예측 모델이 있다고 가정해보자. 이 모델이 그린AI 방식으로 운영된다면, 기후 변화를 연구하면서 동시에 그 원인이 되는 탄소 배출을 줄일 수 있다. 이는 문제의 해결책이 새로운 문제를 만들지 않도록 하는 중요한 접근 방식이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

그린AI는 우리 일상 생활의 다양한 영역에서 활용될 수 있다. 몇 가지 구체적인 예를 들어보자:

- 스마트 그리드: AI가 전력 사용량을 실시간으로 분석하고 최적화한다. 예를 들어, 전기 사용량이 많은 시간대에는 태양광 발전으로 생산된 전기를 우선적으로 공급하여 화력 발전소의 가동을 줄인다.
- 정밀 농업: AI가 날씨, 토양 상태, 작물의 생장 상태 등을 분석하여 필요한 만큼만 물과 비료를 사용하도록 한다. 이는 자원 낭비를 줄이고 환경 오염을 방지한다.
- 스마트 팩토리: AI가 공장의 생산 라인을 최적화하여 에너지 사용량을 줄이고 폐기물 발생을 최소화한다. 예를 들어, 제품 수요를 정확히 예측하여 과잉 생산을 방지한다.
- 자율주행 시스템: AI가 교통 흐름을 최적화하여 불필요한 정체와 연료 소비를 줄인다. 또한, 효율적인 주행으로 전기차의 주행 거리를 늘릴 수 있다.

19) Green AI (ROY SCHWARTZJESSE, 2020)

2.2. MLOps (Machine Learning Operations): 인공지능 모델 개발의 효율성과 지속 가능성을 높이는 DevOps의 확장

① 왜 나오게 되었는가?

MLOps는 인공지능 모델 개발 과정을 더 효율적이고 지속 가능하게 만들기 위해 등장했다. 인공지능 모델을 만드는 과정은 마치 복잡한 요리를 하는 것과 비슷하다. 재료(데이터) 준비부터 요리(모델 학습), 손님에게 서빙(모델 배포), 그리고 맛 평가(모니터링)까지 여러 단계를 거친다. 이 과정에서 실수가 생기거나 비효율적인 부분이 있으면, 시간과 비용이 많이 들고 결과물의 질도 떨어질 수 있다. 게다가 이런 비효율은 불필요한 에너지 소비로 이어져 환경에도 부담을 준다. MLOps는 이러한 문제들을 해결하고, 인공지능 개발 과정을 더 스마트하게 효율을 높여 친환경적으로 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

MLOps는 인공지능 모델을 만들고 배포하고 관리하는 과정을 자동화하고 효율적으로 만드는 방법이다. 이는 마치 스마트 홈 시스템과 비슷하다. 스마트 홈에서는 조명, 온도, 보안 등 여러 기능이 자동으로 관리되고 서로 연결되어 있어 효율적으로 집을 관리할 수 있다. MLOps도 이와 같이 인공지능 모델 개발의 여러 단계를 자동화하고 연결하여, 개발자들이 더 쉽고 빠르게 좋은 모델을 만들수 있도록 할 뿐만 아니라, 손쉽게 자동적으로 배포하고 새로운 데이터로 재학습할 수 있는 체계를 만드는 것을 돕는다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

MLOps의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 온라인 쇼핑몰에서 사용할 상품 추천 시스템을 개발한다고 가정해보자. MLOps를 적용하면 다음과 같은 방식으로 개발 과정이 진행된다:

- 데이터 관리: 고객의 구매 기록, 검색 기록 등의 데이터를 자동으로 수집하고 정리한다. 이는 마치 요리 재료를 자동으로 손질하고 분류해주는 로봇 조리사와 같다.
- 모델 학습: 수집된 데이터를 바탕으로 다양한 추천 알고리즘을 자동으로 테스트하고, 가장 좋은 성능을 보이는 모델을 선택한다. 이는 여러 레시피를 자동으로 시도해보고 가장 맛있는 요리법을 찾아내는 것과 같다.
- 모델 배포: 개발된 모델을 쇼핑몰 서비스에 자동으로 적용한다. 이는 완성된 요리를 손님 테이블에 자동으로 서빙하는 것과 비슷하다.
- 모니터링: 추천 시스템의 성능을 실시간으로 확인하고, 문제가 생기면 자동으로 알려준다. 이는 손님의 반응을 지속적으로 체크하고, 불만사항이 있으면 즉시 대응하는 것과 같다.

이런 방식으로 MLOps는 인공지능 모델 개발의 전 과정을 더 효율적이고 안정적으로 만든다.

④ 왜 중요한가?

MLOps의 중요성은 인공지능 개발을 더 빠르고, 안정적이며, 친환경적으로 만든다는 점에 있다. 이는 마치 자동차 생산 라인에 로봇을 도입하는 것과 비슷하다. 로봇 도입으로 생산 속도는 빨라지고, 품질은 일정해지며, 에너지 효율도 높아진다. MLOps도 이와 같이 인공지능 개발, 배포, 운영 과정을 자동화하고 최적화하여 여러 이점을 제공한다.

특히 환경 측면에서 MLOps의 역할은 중요하다. 인공지능 모델을 학습시키는 데는 많은 컴퓨팅 파워가 필요하고, 이는 많은 전기 사용으로 이어진다. MLOps를 통해 불필요한 학습을 줄이고 효율적인 모델을 만들면, 전기 사용량을 줄이고 결과적으로 탄소 배출도 감소시킬 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

MLOps는 인공지능을 사용하는 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다. 몇 가지 구체적인 예를 들어보자:

- 의료 분야: 병원에서 MLOps를 활용하면 질병 진단 AI를 더 빠르고 정확하게 개발할 수 있다. 예를 들어, X-ray 영상을 분석하여 폐렴을 진단하는 AI 모델을 지속적으로 업데이트하고 개선할 수 있다.
- 금융 서비스: 은행에서 MLOps를 사용하면 사기 거래를 탐지하는 AI 시스템을 더 효과적으로 운영할 수 있다. 새로운 사기 패턴이 발견되면 신속하게 모델을 업데이트하여 대응할 수 있다.
- 제조업: 공장에서 MLOps를 도입하면 품질 관리 AI를 더 효율적으로 운영할 수 있다. 제품의 불량률을 탐지하는 AI 모델을 지속적으로 개선하여 불량률을 낮출 수 있다.
- 환경 모니터링: 기상청에서 MLOps를 활용하면 날씨 예측 모델을 더 정확하게 관리할 수 있다. 새로운 기후 데이터가 수집될 때마다 모델을 자동으로 업데이트하여 예측 정확도를 높일 수 있다.

2.3. 연산-통신 효율성 (Compute-Communication Efficiency): 인공지능의 에너지 다이어트, 적은 자원으로 더 많은 일을 하다

① 왜 나오게 되었는가?

연산-통신 효율성은 인공지능의 에너지 사용 절감을 위해 등장했다. 최근 인공지능 모델들은 마치 과식하는 사람처럼 점점 더 많은 에너지를 소비하고 있다. 예를 들어, 최신 언어 모델 중 하나인 GPT-3를 한 번 학습시키는 데 드는 전기량은 보통 가정집이 1년 동안 사용하는 전기량과 맞먹는다. 이런 과도한 에너지 소비는 환경에 큰 부담을 주고 있다. 연산-통신 효율성은 이런 문제를 해결하고, 인공지능을 더 '날씬하고 건강하게' 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

연산-통신 효율성은 인공지능이 ‘적게 먹고 많이 일하게’ 만드는 방법이다. 이는 마치 다이어트와 운동을 통해 신체를 더 효율적으로 만드는 것과 비슷하다. 연산 효율성은 인공지능이 계산을 할 때 필요한 에너지를 줄이는 것이고, 통신 효율성은 데이터를 주고받을 때 필요한 에너지를 줄이는 것이다. 예를 들어, 스마트폰의 음성 비서가 적은 배터리로도 오래 작동할 수 있게 만드는 것이 연산-통신 효율성을 높이는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

연산-통신 효율성을 높이는 방법은 다양하다. 이를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- 모델 경량화: 이는 마치 큰 책을 요약본으로 만드는 것과 같다. 예를 들어, 스마트폰의 얼굴 인식 기능을 작은 모델로 만들어 빠르게 작동하게 한다.
- 가지치기(pruning): 이는 정원사가 나무의 불필요한 가지를 잘라내는 것과 비슷하다. AI 모델에서 중요하지 않은 파라미터 값을 0으로 만들어 모델을 더 가볍게 만든다.
- 양자화(quantization): 이는 고화질 영상을 낮은 화질로 변환하는 것과 유사하다. AI 모델의 파라미터 값의 정밀도를 조금 낮추는 대신, 메모리 사용량을 크게 줄일 수 있다.
- 분산 학습: 이는 여러 사람이 협력해서 큰 퍼즐을 맞추는 것과 비슷하다. 여러 기기가 학습을 분담하여 각 기기의 부담을 줄이고 전체적인 학습 속도를 높인다.

④ 왜 중요한가?

연산-통신 효율성의 중요성은 ‘지속 가능한 인공지능’을 만드는 데 있다. 이는 마치 친환경 자동차를 개발하는 것과 같다. 일반 자동차가 화석 연료를 많이 소비하고 환경을 오염시키는 것처럼, 비효율적인 AI 모델도 많은 전기를 소비하고 탄소를 배출한다. 연산-통신 효율성이 높은 AI는 전기를 적게 사용하면서도 똑같은 성능을 낼 수 있어, 결과적으로 환경 보호에 기여한다.

또한, 효율성이 높아지면 AI를 더 많은 곳에서 사용할 수 있게 된다. 예를 들어, 배터리로 작동하는 드론이나 작은 IoT 기기에서도 복잡한 AI 기능을 사용할 수 있게 되는 것이다. 이는 마치 연비가 좋은 자동차가 더 먼 거리를 갈 수 있는 것과 같다.

⑤ 어디에 활용되는가?

연산-통신 효율성은 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다. 몇 가지 예를 살펴보자:

- 스마트폰: 배터리 용량이 제한된 스마트폰에서 효율적인 AI는 필수적이다. 예를 들어, 더 적은 배터리로

더 오래 음성 비서를 사용할 수 있게 된다.

- 자율주행 자동차: 차량 내 컴퓨터의 전력 소비를 줄이면서도 빠르고 정확한 판단을 할 수 있게 해준다. 이는 전기차의 주행 거리를 늘리는 데 도움이 된다.
- 스마트 홈 기기: 작은 전력으로 작동하는 스마트 스피커나 온도 조절기에서도 복잡한 AI 기능을 사용할 수 있게 해준다.
- 웨어러블 기기: 작은 배터리로 작동하는 스마트워치에서도 건강 모니터링, 운동 추적 등 다양한 AI 기능을 제공할 수 있게 된다.

2.4. 에너지 인지 스케줄링 (Energy-Aware Scheduling): 인공지능의 에너지 절약 비법, 똑똑하게 작업을 분배하다

① 왜 나오게 되었는가?

에너지 인지 스케줄링은 인공지능의 '전기 요금'을 줄이기 위해 등장했다. 인공지능은 마치 수많은 전구를 한꺼번에 켜놓은 것처럼 많은 전기를 소비한다. 특히 여러 가지 일을 동시에 처리할 때는 더 많은 전기가 필요하다. 이는 마치 집에서 세탁기, 건조기, 식기세척기를 동시에 돌리면 전기 사용량이 급증하는 것과 비슷하다. 이렇게 많은 전기를 사용하면 환경에도 좋지 않고 전기 요금도 많이 나온다. 에너지 인지 스케줄링은 이런 문제를 해결하고 인공지능을 더 '친환경적'으로 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

에너지 인지 스케줄링은 인공지능의 '에너지 매니저'라고 할 수 있다. 이는 마치 집안의 전기 사용을 관리하는 똑똑한 스마트홈 시스템과 비슷하다. 예를 들어, 스마트홈 시스템은 전기 요금이 싼 시간대에 세탁기를 돌리거나, 사용하지 않는 방의 불을 자동으로 끄는 식으로 전기를 절약한다. 에너지 인지 스케줄링도 이와 비슷하게 인공지능 시스템의 작업을 효율적으로 배분하고 관리하여 전기 사용을 최소화한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

에너지 인지 스케줄링의 작동 방식을 실생활의 예로 설명해보자:

- DVFS(동적 전압 및 주파수 조절, Dynamic Voltage and Frequency Scaling): 이는 마치 자동 변속 자전거처럼 작동하는 것과 비슷하다. 언덕을 오를 때는 기어를 낮춰 힘을 덜 들이고, 평지를 달릴 때는 기어를 높여 빠르게 달리는 것처럼, 작업량에 따라 처리 속도(주파수)를 조절한다.
- DPM(동적 전력 관리, Dynamic Power Management): 이는 사용하지 않는 전자기기의 플러그를 뽑는

것과 비슷하다. 컴퓨터의 각 부품 중 사용하지 않는 부분은 일시적으로 전원을 끄거나 절전 모드로 전환하여 전기를 아낀다.

예를 들어, 스마트폰에서 에너지 인지 스케줄링을 사용하면 다음과 같이 작동한다: 화면을 크게 밝힐 때는 프로세서의 속도를 높이고, 음악만 들을 때는 화면을 끄고 프로세서 속도를 낮춘다. 이렇게 하면 똑같은 일을 하면서도 배터리를 오래 사용할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

에너지 인지 스케줄링의 중요성은 ‘지속 가능한 인공지능’을 만드는 데 있다. 이는 마치 에너지 효율이 높은 가전제품을 사용하는 것과 같다. 에너지 효율이 높은 냉장고를 사용하면 전기 요금도 아끼고 환경도 보호할 수 있듯이, 에너지 인지 스케줄링을 사용하면 인공지능의 전기 사용량을 줄여 비용을 절감하고 탄소 배출도 줄일 수 있다.

또한, 이 기술은 배터리로 작동하는 기기의 사용 시간을 늘리는 데도 중요하다. 예를 들어, 스마트폰이나 노트북에 이 기술을 적용하면 한 번 충전으로 더 오래 사용할 수 있게 된다. 이는 마치 자동차의 연비를 높여 주유소에 자주 들르지 않아도 되게 하는 것과 비슷하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

에너지 인지 스케줄링은 우리 생활 곳곳에서 활용될 수 있다.

- 데이터 센터: 대형 서버실에서 이 기술을 사용하면 전기 요금을 크게 절감할 수 있다. 이는 마치 대형 공장의 전기 사용을 효율적으로 관리하는 것과 같다.
- 스마트폰: 에너지 인지 스케줄링을 통해 배터리 수명을 연장할 수 있다. 예를 들어, 화면을 보고 있지 않을 때는 자동으로 프로세서 속도를 낮추어 전력 소비를 줄인다.
- 클라우드 컴퓨팅: 여러 사용자가 공유하는 클라우드 서버에서 이 기술을 사용하면, 각 사용자의 요구에 맞춰 효율적으로 자원을 분배하고 에너지를 절약할 수 있다.
- 스마트 홈: 가정에서 사용하는 AI 스피커나 스마트 가전제품에 이 기술을 적용하면, 전체적인 가정의 전기 사용량을 줄일 수 있다.

이처럼 에너지 인지 스케줄링은 인공지능을 더 친환경적이고 경제적으로 만들어, 우리 생활 곳곳에서 AI의 혜택을 더 오래, 더 지속가능하게 누릴 수 있게 해준다.

2.5. 모델 경량화(Model Compression): 인공지능 모델의 다이어트, 가볍지만 강력하게

① 왜 나오게 되었는가?

모델 경량화는 ‘똥똥해진’ AI를 위한 다이어트 프로그램처럼 등장했다. 최근의 인공지능 모델들은 마치 과식하는 사람처럼 점점 더 크고 복잡해지고 있다. 이는 더 높은 성능을 위한 것이지만, 동시에 많은 문제를 야기한다. 예를 들어, 이런 ‘똥똥한’ AI는 슈퍼컴퓨터 같은 거대한 컴퓨터에서나 돌아갈 수 있어서 우리가 매일 사용하는 스마트폰이나 스마트 홈 기기에서는 사용하기 어렵다. 또한, 이런 AI는 전기를 너무 많이 먹어서 환경에도 좋지 않다. 모델 경량화는 이런 문제들을 해결하고 AI를 더 ‘날씬하고 건강하게’ 만들기 위해 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

모델 경량화는 AI의 ‘살을 빼는’ 기술이다. 이는 마치 옷장 정리를 하는 것과 비슷하다. 우리가 옷장을 정리할 때 거의 입지 않는 옷은 버리고 꼭 필요한 옷만 남기듯이, 모델 경량화도 AI에서 꼭 필요한 부분만 남기고 나머지는 제거한다. 이렇게 하면 AI의 크기는 작아지지만, 여전히 중요한 기능은 모두 수행할 수 있다. 예를 들어, 스마트폰의 음성 인식 AI를 경량화하면, 더 적은 메모리를 사용하면서도 여전히 정확하게 우리의 목소리를 인식할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

모델 경량화는 여러 가지 방법으로 이루어진다. 이를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- 매개변수 공유(Parameter Sharing): 이는 옷장 안에 있는 옷을 여러 번 활용하는 것과 비슷하다. AI 모델에서 같은 매개변수를 여러 부분에서 공유하여 전체 매개변수의 수를 줄인다. 예를 들어, 이미지 인식 AI에서 같은 특징 추출 필터를 여러 레이어에 적용할 수 있다.
- 낮은 랭크 근사(Low-Rank Approximation): 이는 복잡한 패턴을 더 간단한 패턴의 조합으로 표현하는 것과 유사하다. AI 모델의 큰 행렬을 작은 행렬들의 곱으로 분해하여 메모리 사용량을 줄인다. 예를 들어, 언어 번역 AI에서 단어 간 관계를 나타내는 큰 행렬을 더 작은 행렬들로 분해할 수 있다.
- 컴팩트한 모델 아키텍처 설계: 이는 같은 기능을 하는 더 작고 효율적인 도구를 설계하는 것과 비슷하다. AI 모델의 구조 자체를 더 컴팩트하게 설계하여 불필요한 부분을 최소화한다. 예를 들어, MobileNet이라는 모델은 일반적인 CNN보다 훨씬 적은 매개변수를 사용하면서도 비슷한 성능을 보인다.
- 양자화 (Quantization): 이는 고화질 사진을 압축하여 용량을 줄이는 것과 비슷하다. AI 모델의 매개변수를 나타내는 숫자의 정밀도를 낮춰 모델의 크기를 줄인다. 예를 들어, 32비트 부동소수점으로 표현된 매개변수를 8비트 정수로 표현하여 모델의 크기를 1/4로 줄일 수 있다.

- 가지치기 (Pruning): 이는 나무의 불필요한 가지를 쳐내는 것과 비슷하다. AI 모델에서 중요하지 않은 연결이나 뉴런을 제거하여 모델의 크기를 줄인다. 예를 들어, 딥러닝 모델에서 작은 값을 가지는 연결을 제거하여 모델의 크기를 줄이고 연산 속도를 높일 수 있다.

④ 왜 중요한가?

모델 경량화의 중요성은 'AI를 더 가까이, 더 오래' 사용할 수 있게 한다는 점에 있다. 그래서 'AI의 민주화'를 위한다고도 할 수 있다. 경량화된 모델은 고성능 컴퓨터가 아닌 일반적인 기기에서도 실행될 수 있다. 이는 마치 비싼 슈퍼카가 아닌 보급형 자동차가 더 많은 사람들의 삶을 변화시킨 것과 같다. 경량화 덕분에 더 많은 사람들이 AI의 혜택을 누릴 수 있게 된다.

또한, 모델 경량화는 AI의 '그린 컴퓨팅'에도 기여한다. 경량화된 모델은 에너지 소비가 적어 환경 친화적이다. 이는 전기 자동차가 내연기관 자동차보다 더 친환경적인 것과 같은 이치이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

모델 경량화는 우리 일상 곳곳에서 활용된다. 몇 가지 예를 살펴보자:

- 모바일 애플리케이션: 경량화된 모델 덕분에 모바일 기기에서도 실시간 객체 인식, 얼굴 인식 등의 AI 기능을 사용할 수 있다.
- 사물인터넷(IoT): 작은 IoT 기기들은 제한된 연산 능력과 메모리를 갖고 있다. 경량화된 모델을 사용하면 이런 기기들도 스마트해질 수 있다.
- 웨어러블 기기: 손목시계형 기기나 스마트 글래스처럼 착용하는 기기들에서도 경량화된 AI 모델을 활용할 수 있다.
- 브라우저 내 AI: 경량화된 모델을 사용하면 클라우드가 아닌 사용자의 브라우저 내에서 AI 모델을 실행할 수 있다. 이는 개인정보 보호와 실시간 처리에 이점이 있다.

이처럼 모델 경량화는 AI를 더 작고, 더 효율적으로 만들어 우리 생활 곳곳에서 AI의 혜택을 누릴 수 있게 해준다.

2.6. 청정 데이터 (Clean Data): 인공지능의 건강한 식단, 정확하고 신뢰할 수 있는 데이터

① 왜 나오게 되었는가?

청정 데이터는 AI의 '건강'을 위해 등장했다. AI는 마치 어린아이처럼 주어진 데이터를 학습하며 성장한다. 그런데 만약 아이에게 잘못된 정보를 가르치거나 편견을 심어준다면 어떻게 될까? 아마도 그 아이는 잘못된 판단을 하거나 편견을 가진 사람으로 자랄 것이다. AI도 마찬가지다. 잘못되거나 편향된 데이터를 학습하면 부정확한 결과를 내놓거나 심지어 해로운 결정을 내릴 수 있다. 이런 문제를 해결하고 '건강한' AI를 만들기 위해 청정 데이터의 개념이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

청정 데이터는 인공지능을 위한 '건강식'이라고 할 수 있다. 우리가 건강하게 살기 위해 영양가 있고 균형 잡힌 음식을 먹듯이, AI도 정확하고 편향되지 않은 데이터를 '먹어야' 한다. 예를 들어, 우리가 매일 패스트푸드만 먹으면 건강에 해로운 것처럼, 인공지능이 잘못된 데이터만 학습하면 부정확한 결과를 내놓게 된다. 청정 데이터는 AI에게 필요한 모든 '영양소'를 균형 있게 제공하여, 정확하고 신뢰할 수 있는 결과를 낼 수 있게 해준다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

청정 데이터의 중요성을 실생활 예시로 살펴보자. 여러분이 새로운 동네로 이사를 갔다고 상상해보자. 이 동네에 대해 알기 위해 여러분은 다양한 정보를 수집할 것이다. 이때 여러분이 얻는 정보의 질에 따라 동네에 대한 이해가 달라질 수 있다:

- **정확성:** 만약 누군가 여러분에게 “이 동네에는 편의점이 없어”라고 말했는데, 실제로는 편의점이 여러 개 있다면 어떨까? 이는 부정확한 데이터의 예시다. AI도 이런 잘못된 정보를 학습하면 현실과 동떨어진 판단을 하게 된다.
- **최신성:** 5년 전의 지도를 보고 동네를 탐색한다면 어떨까? 새로 생긴 건물이나 도로를 찾지 못할 것이다. AI도 오래된 데이터만 학습하면 현재 상황에 맞지 않는 결정을 내릴 수 있다.
- **편향성:** 만약 동네 주민 중 특정 연령대의 의견만 들었다면, 여러분은 동네에 대해 편향된 시각을 가질 수 있다. AI도 마찬가지로 편향된 데이터를 학습하면 공정하지 못한 판단을 하게 된다.

청정 데이터는 이런 문제들을 해결하여 AI가 정확하고, 최신의, 편향되지 않은 정보를 학습할 수 있게 해준다.

④ 왜 중요한가?

청정 데이터의 중요성은 신뢰할 수 있는 AI를 만드는 데 있다. 이는 마치 신뢰할 수 있는 의사를 만드는 것과 비슷하다. 의사가 잘못된 의학 지식을 가지고 있다면 환자의 생명을 위험에 빠뜨릴 수 있듯이, 잘못된 데이터로 학습한 인공지능도 우리 생활에 해를 끼칠 수 있다.

예를 들어, 편향된 데이터로 학습한 채용 AI가 특정 성별이나 인종을 차별한다면 어떨까? 또는 부정확한 데이터로 학습한 의료 AI가 잘못된 진단을 내린다면? 이는 심각한 사회적 문제를 야기할 수 있다. 따라서 청정 데이터는 AI가 우리 사회에 긍정적인 영향을 미치고, 사람들의 신뢰를 얻는 데 매우 중요하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

청정 데이터는 AI가 사용되는 모든 분야에서 중요하게 활용된다. 몇 가지 구체적인 예를 살펴보자:

- 의료 분야: 정확한 환자 데이터를 바탕으로 질병을 진단하고 예측한다. 예를 들어, 다양한 연령대와 인종의 X-ray 데이터로 학습한 AI는 더 정확한 폐암 진단을 할 수 있다.
- 금융 분야: 편향되지 않은 고객 데이터로 공정한 대출 심사나 신용평가를 수행한다. 이는 특정 계층이 금융 서비스에서 소외되는 것을 방지한다.
- 자율주행 자동차: 다양한 도로 상황과 날씨 조건의 데이터로 학습하여 안전한 주행을 가능하게 한다. 예를 들어, 눈길 운전 데이터가 부족하면 겨울철 안전 운행에 문제가 생길 수 있다.
- 언어 모델: 다양한 문화와 언어의 데이터로 학습하여 편견 없는 대화와 번역을 제공한다. 이는 글로벌 커뮤니케이션을 더욱 원활하게 만든다.

이처럼 청정 데이터는 AI가 우리 삶의 다양한 영역에서 더욱 정확하고, 공정하며, 신뢰할 수 있는 결과를 제공하는 데 기여한다.

Ⅲ. AI 응용 및 영향

Ⅲ-1. AI 주권: 디지털 시대 국가 경쟁력의 핵심

AI 기술의 급속한 발전과 함께 'AI 주권'이 국가 경쟁력의 핵심 요소로 부상하고 있다. 엔비디아의 젠슨 황(Jensen Huang) CEO가 지적했듯이, 전 세계 국가들은 자국의 AI 인프라 구축에 총력을 기울이며 AI 주권 확보에 사활을 걸고 있다.

특히 미국 빅테크 기업들이 AI 개발을 주도하면서, 다른 국가들은 자국의 AI 주권을 지키기 위해 고군분투하고 있다. AI가 경제, 사회, 교육, 문화, 안보 등 거의 모든 분야에 영향을 미칠 것으로 예상되는 만큼, AI 주권을 해외 기업에 내주는 것은 국가 경쟁력에 치명적인 타격을 줄 수 있기 때문이다.

이런 상황에서 영국 이코노미스트지는 'AI 국가주의 시대'의 도래를 선언²⁰⁾했다. 각국이 AI 기술 개발과 활용을 국가 주도로 이끌어가려는 움직임이 가속화되고 있는 것이다.

이런 흐름 속에서 프랑스는 유럽의 'AI 독립'을 추구하는 미스트랄AI(Mistral AI)와 같은 혁신 기업을 배출하며 AI 주권 확보에 앞장서고 있다. 구글 딥마인드 출신이 설립한 미스트랄AI는 2024년 5월 2억 2천만 달러의 시드 투자를 유치하는 등 세계적인 주목을 받고 있다.

AI 주권 확보를 위한 각국의 노력은 데이터 주권, 컴퓨팅 주권, 알고리즘 주권, AI 인재 주권, AI 산업 주권 등 다양한 측면에서 이루어지고 있다. 데이터 주권은 자국 데이터에 대한 통제권을 확보하는 것이고, 컴퓨팅 주권은 AI 연산에 필요한 고성능 컴퓨팅 인프라를 자체적으로 구축하는 것을 의미한다. 알고리즘 주권은 AI 알고리즘의 개발과 활용에 대한 자국의 통제력을 높이는 것이며, AI 인재 주권은 AI 분야의 우수 인재를 육성하고 확보하는 것이다. 마지막으로 AI 산업 주권은 자국 기업의 AI 기술 경쟁력을 강화하고 관련 산업 생태계를 조성하는 것을 말한다.

AI가 국가 경쟁력의 핵심 요소로 자리매김하면서, AI 주권 확보를 위한 각국의 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다. 단순히 기술 개발을 넘어 인재, 데이터, 인프라, 산업 등 다방면에서의 종합적인 전략과 정책이 요구되는 상황이다. AI 주권을 선점하는 국가가 디지털 시대의 패권을 쥐게 될 것이라는 점에서, 이 분야에서의 각국의 행보가 주목된다.

20) Welcome to the era of AI nationalism (The Economist, 2024)

- 미국 빅테크 중심으로 AI 개발 속도가 빨라지면서 세계 각국이 AI 주권을 지키려는 ‘AI 국가주의’가 본격화되고 있다. 기술이나 자본을 갖춘 국가들은 AI 기술이 다른 국가에 뒤처지거나 종속되는 것을 막기 위해 정부 차원에서 AI 개발을 서두르고 있다.²¹⁾
- 자사의 솔루션으로만 AI 주권을 지키기 보다는 데이터 주권을 통해서 AI 주권을 확보하겠다는 접근도 나왔다. KT는 MS의 기술을 활용해 공공과 금융 분야 고객을 대상으로 데이터 및 AI주권 확보가 가능한 수준의 보안성을 강화하는 ‘소버린 클라우드’, ‘소버린 AI’를 개발해 한국 시장을 선도할 계획이라고 밝힌 바 있다.²²⁾
- 네이버는 안전한 AI가 만들어낸 혁신의 기회에서 어떤 사람이나 이해관계자, 국가도 배제되지 않으려면 모든 국가들이 각국의 문화와 맥락을 충분히 이해하고 있는 소버린 AI를 개발할 수 있도록 도와야 한다고 언급했다. 그러면서 네이버는 문화별 가치를 반영한 안전성 검증 프로토콜을 담은 ‘네이버 AI 안전 프레임워크(NAVER AI Safety Framework)’를 발표했다.²³⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. AI 주권의 구성 요소

1.1. 데이터 주권(Data Sovereignty): 데이터, 미래를 좌우하는 핵심 자원, 누가 통제하는가?

① 왜 나오게 되었는가?

데이터 주권은 디지털 시대의 ‘석유’ 라고 불리는 데이터를 지키고 활용하기 위해 등장했다. 우리가 스마트폰을 사용하거나 인터넷 쇼핑을 할 때마다 수많은 데이터가 생성된다. 이 데이터는 마치 보물과 같아서 기업들은 이를 이용해 새로운 서비스를 만들고 돈을 벌어들인다. 하지만 이 과정에서 개인정보가 유출되거나, 한 국가의 중요한 정보가 다른 나라로 빠져나가는 문제가 생겼다. 예를 들어, 한국인의 의료 데이터가 외국 기업에 넘어가 우리도 모르는 사이에 활용될 수 있다는 우려가 생긴 것이다. 이런 문제를 해결하고 각 나라가 자국민의 데이터를 지키고 관리할 수 있게 하기 위해 데이터 주권이라는 개념이 나오게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

데이터 주권은 국가가 자국민의 데이터를 지키고 관리할 수 있는 권리를 말한다. 이는 마치 우리 집에 있는 물건을 우리가 관리하는 것과 비슷하다. 예를 들어, 우리는 집에 있는 물건을 누가 가져가거나 함부로 사용하지

21) ‘AI 주권’ 지켜라... 자국 언어·문화 담은 인공지능 개발 경쟁 (변희원임경업, 2024)

22) KT·MS ‘맞손’, AI·클라우드·IT 전방위 협력 (채성오, 2024)

23) 네이버, ‘AI 안전 프레임워크’로 국가별 가치 AI에 반영한다 (한광범, 2024)

못하게 할 수 있다. 마찬가지로 데이터 주권은 국가가 자국민의 데이터를 누가 가져가거나 함부로 사용하지 못하게 할 수 있는 권리를 의미한다. 이를 통해 국가는 자국민의 개인정보를 보호하고, 데이터를 국가 발전을 위해 활용할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

데이터 주권이 어떻게 작동하는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- 개인정보 보호: 유럽연합(EU)은 GDPR(개인정보보호 규정)이라는 법을 만들었다. 이는 마치 개인정보에 대한 '교통 법규'와 같다. 예를 들어, 이 법에 따르면 기업은 당신의 동의 없이 개인정보를 수집하거나 사용할 수 없다. 만약 위반하면 큰 벌금을 물어야 한다.
- 데이터 현지화: 러시아는 자국민의 개인정보를 반드시 러시아 내의 서버에 저장하도록 법으로 이미 정했다. 이는 마치 우리 집의 중요한 서류를 반드시 집 안에 보관해야 하는 것과 같다. 이렇게 하면 외국 정부나 기업이 러시아 국민의 데이터에 쉽게 접근할 수 없게 된다.
- 데이터 이전 규제: 중국은 국가 안보와 관련된 중요한 데이터는 정부의 허가 없이 해외로 보낼 수 없게 했다. 이는 마치 국가 기밀 문서를 해외로 가져갈 때 정부의 허가가 필요한 것과 비슷하다.

이러한 정책들을 통해 각 국가는 자국민의 데이터를 보호하고 관리할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

데이터 주권은 디지털 시대의 '국력'과 직결된다. 데이터는 인공지능(AI)과 같은 첨단 기술의 '연료'이기 때문이다. AI를 더 똑똑하게 만들려면 많은 데이터가 필요하다. 따라서 데이터를 많이 가진 국가가 AI 기술에서 앞서 나갈 수 있다.

또한, 데이터 주권은 국민의 개인정보와 국가 안보를 지키는 데도 중요하다. 예를 들어, 한 국가의 중요한 기술 정보나 군사 정보가 다른 나라로 넘어간다면 큰 위험이 될 수 있다. 데이터 주권을 통해 이런 위험을 막을 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

데이터 주권은 우리 생활 곳곳에서 활용된다:

- 개인정보 보호: 온라인 쇼핑몰에서 물건을 살 때, 우리의 개인정보가 안전하게 보호받을 수 있다.
- 의료 데이터 관리: 병원에서 우리의 건강 정보가 외국으로 넘어가지 않고 국내에서 안전하게 관리될 수 있다.
- 금융 정보 보호: 은행 거래 정보나 신용카드 사용 내역과 같은 민감한 정보가 국내에서 안전하게 관리될 수 있다.

- 국가 안보: 군사 정보나 첨단 기술 정보가 외국으로 유출되는 것을 막을 수 있다.
- 산업 발전: 국내 기업들이 국민의 데이터를 활용해 새로운 서비스나 제품을 개발할 수 있게 된다.

이처럼 데이터 주권은 우리의 일상생활부터 국가의 미래까지 광범위하게 영향을 미친다.

1.2. 컴퓨팅 주권(Computing Sovereignty): 컴퓨팅 파워, 디지털 시대의 새로운 무기, 누가 쥐고 있는가?

① 왜 나오게 되었는가?

컴퓨팅 주권은 디지털 시대의 ‘군사력’이라고 할 수 있는 컴퓨팅 파워를 지키고 발전시키기 위해 등장했다. 최근 인공지능(AI), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등의 기술이 빠르게 발전하면서 이를 운영하는 데 필요한 컴퓨팅 파워의 중요성이 커졌다. 이는 마치 자동차 경주에서 더 좋은 엔진을 가진 차가 유리한 것과 같다. 특히 AI는 엄청난 양의 데이터를 처리해야 하므로 강력한 컴퓨터가 필요하다.

하지만 이런 첨단 기술을 위한 컴퓨팅 파워가 일부 국가나 기업에 집중되면 문제가 생길 수 있다. 예를 들어, 한 국가의 중요한 정보가 외국 기업의 클라우드 서버에 저장되어 있다면, 그 정보의 안전을 완전히 보장하기 어렵다. 이런 문제를 해결하고 각 나라가 자신의 컴퓨팅 파워를 확보하고 관리할 수 있게 하기 위해 컴퓨팅 주권이라는 개념이 나오게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

컴퓨팅 주권은 국가가 자신의 컴퓨팅 자원을 스스로 만들고, 관리하고, 사용할 수 있는 권리를 말한다. 이는 마치 나라마다 자신의 군대를 가지고 있는 것과 비슷하다. 예를 들어, 우리나라가 다른 나라의 군대에 의존하지 않고 자체적으로 국방을 책임지는 것처럼, 컴퓨팅 주권은 우리나라가 필요한 컴퓨팅 파워를 외국에 의존하지 않고 스스로 확보하고 운영할 수 있게 해준다. 이를 통해 국가는 자국의 중요한 정보를 안전하게 지키고, 첨단 기술 개발에 필요한 컴퓨팅 자원을 자유롭게 활용할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

컴퓨팅 주권이 어떻게 실현되는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- 슈퍼컴퓨터 개발: 중국은 미국의 반도체 기술 봉쇄에도 불구하고 자체 개발 칩을 사용한 슈퍼컴퓨터를 개발해 세계 2위의 성능을 달성했다는 소식이 전해졌다. 이는 마치 자동차 회사가 자체 엔진을 개발하는 것과 같다. 이를 통해 중국은 복잡한 기상 예측이나 신약 개발 등에 필요한 막대한 컴퓨팅 파워를 외국에 의존하지 않고 확보할 수 있게 되었다.

- 클라우드 플랫폼 구축: 유럽연합(EU)은 'GAIA-X'라는 자체 클라우드 플랫폼을 만들고 있다. 이는 마치 EU가 자신만의 창고를 짓는 것과 같다. 이렇게 하면 EU 국가들의 중요한 데이터를 미국이나 중국 기업의 클라우드가 아닌 자체 클라우드에 안전하게 보관할 수 있다.
- AI 반도체 개발: 한국은 자체 AI 반도체 개발에 투자하고 있다. AI 반도체는 AI 작업을 빠르게 처리할 수 있는 특별한 컴퓨터 칩이다. 이는 마치 일반 자동차 대신 특수 자동차를 만드는 것과 같다. 이를 통해 한국은 AI 기술 발전에 필요한 핵심 부품을 스스로 만들 수 있게 되기를 기대한다.

④ 왜 중요한가?

컴퓨팅 주권은 디지털 시대의 '국력'과 직결된다. 강력한 컴퓨팅 파워는 AI, 빅데이터 분석, 첨단 과학 연구 등을 가능하게 하는 기반이기 때문이다. 예를 들어, 코로나19 백신 개발 과정에서 슈퍼컴퓨터가 중요한 역할을 했다. 슈퍼컴퓨터의 강력한 연산 능력 덕분에 백신 후보 물질을 빠르게 분석하고 시뮬레이션 할 수 있었다.

또한, 컴퓨팅 주권은 국가 안보와 정보 보호에도 중요하다. 예를 들어, 군사 정보나 중요한 연구 데이터를 자국의 컴퓨팅 시스템에서 관리하면 외국의 해킹이나 정보 유출 위험을 줄일 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

컴퓨팅 주권은 우리 생활 곳곳에서 활용된다:

- 과학 연구: 기후 변화 예측, 신약 개발, 우주 탐사 등 복잡한 과학 연구에 필요한 컴퓨팅 파워를 제공한다.
- 국방 및 안보: 군사 시뮬레이션, 암호 해독, 사이버 방어 시스템 등에 활용된다.
- 경제 및 금융: 주식 시장 분석, 경제 예측, 금융 사기 탐지 등에 사용된다.
- 의료: 유전자 분석, 맞춤형 치료법 개발, 의료 영상 처리 등에 활용된다.
- 교통: 자율주행차 개발, 교통 흐름 최적화 등에 사용된다.

1.3. 알고리즘 주권(Algorithm Sovereignty): 인공지능의 판단 기준, 누가 결정하는가?

① 왜 나오게 되었는가?

알고리즘 주권은 인공지능(AI)의 '마음'을 누가 통제해야 하는지에 대한 고민에서 시작되었다. 요즘 AI는 단순히 계산만 하는 것이 아니라 우리 생활의 많은 부분에서 중요한 결정을 내린다. 예를 들어, 은행에서 대출을 받을 수 있는지, 어떤 뉴스를 먼저 볼 것인지, 심지어 법정에서 어떤 판결을 내릴지까지 AI가 판단하는 경우가 늘고 있다.

하지만 AI도 결국 사람이 만든 것이기 때문에, 만든 사람의 생각이나 편견이 AI의 판단에 영향을 미칠 수 있다. 마치 부모의 가치관이 자녀에게 영향을 미치는 것과 비슷하다. 이런 AI의 판단이 공정하지 않거나 사회에 해를 끼칠 수 있다는 우려가 생겼고, 이를 해결하기 위해 알고리즘 주권이라는 개념이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

알고리즘 주권은 AI의 ‘룰북’을 사회가 함께 만들고 관리하는 것이다. 이는 마치 축구 경기에서 규칙을 정하는 것과 비슷하다. 축구에서 모두가 동의하는 규칙이 있어야 공정한 경기가 가능한 것처럼, AI도 사회가 합의한 규칙에 따라 작동해야 한다는 것이다.

예를 들어, AI가 사람을 차별하지 않도록 하거나, AI의 결정 과정을 모두가 이해할 수 있게 투명하게 공개하는 것 등이 이런 규칙에 포함될 수 있다. 이를 통해 우리는 AI가 우리 사회에 도움이 되는 방향으로 작동하도록 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

알고리즘 주권이 어떻게 실현되는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- 투명성 확보: 온라인 쇼핑몰에서 상품 추천 AI가 어떤 기준으로 상품을 추천하는지 공개하는 것이다. 이는 마치 레스토랑이 음식 재료와 조리 과정을 공개하는 것과 비슷하다. 이렇게 하면 소비자들은 왜 특정 상품이 추천되었는지 이해할 수 있다.
- 공정성 평가: 취업 지원자를 선별하는 AI가 성별이나 나이 등으로 차별하지 않는지 검사하는 것이다. 이는 마치 학교에서 시험 문제가 특정 학생들에게 유리하지 않은지 검토하는 것과 비슷하다. 이를 통해 모든 지원자가 공평한 기회를 가질 수 있다.
- 책임 소재 규명: 자율주행 자동차 사고 시 책임이 운전자에게 있는지, AI 개발자에게 있는지, 아니면 자동차 회사에게 있는지 명확히 하는 것이다. 이는 교통사고 시 책임자를 가리는 것과 비슷하다. 이를 통해 사고 발생 시 신속한 대응과 보상이 가능해진다.

④ 왜 중요한가?

알고리즘 주권은 AI 시대의 ‘디지털 민주주의’를 위해 중요하다. AI가 우리 삶에 미치는 영향력이 커질수록, 이를 통제하고 관리하는 것이 더욱 중요해진다. 이는 마치 권력이 커질수록 이를 감시하고 견제하는 장치가 필요한 것과 같다.

예를 들어, AI가 뉴스 기사의 노출 순서를 결정한다고 생각해보자. 만약 이 AI가 특정 정치적 성향을 가진 기사만 상위에 노출한다면, 사람들의 정보 접근과 의사결정에 큰 영향을 미칠 수 있다. 알고리즘 주권을 통해 우리는 이런 AI의 작동 방식을 검토하고, 필요하다면 수정을 요구할 수 있다.

또한, 알고리즘 주권은 AI에 대한 사회적 신뢰를 높이는 데도 중요하다. AI의 결정 과정이 투명하고 공정하다는 것을 알게 되면, 사람들은 AI를 더 신뢰하고 적극적으로 활용할 수 있게 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

알고리즘 주권은 AI가 사용되는 모든 분야에서 활용될 수 있다:

- 금융: 대출 심사나 보험료 책정 시 AI의 판단 기준이 공정한지 검토한다. 이를 통해 경제적 약자들이 불이익을 받지 않도록 한다.
- 채용: 입사 지원자 선별 AI가 성별, 나이, 출신 지역 등으로 차별하지 않는지 감시한다. 이는 모든 지원자에게 공평한 기회를 제공한다.
- 법률: AI 판사 보조 시스템의 판단 근거를 검토하여 공정한 재판이 이루어지도록 한다.
- 미디어: 뉴스 추천 AI가 다양한 관점의 정보를 제공하는지 확인한다. 이는 정보의 편향성을 줄이고 민주주의를 강화하는 데 도움이 된다.
- 교육: 학생 평가 AI의 기준을 검토하여 모든 학생이 공정한 평가를 받을 수 있게 한다.

이처럼 알고리즘 주권은 AI가 우리 사회에 긍정적인 영향을 미치도록 하는 데 중요한 역할을 한다.

1.4. AI 인재 주권(AI Talent Sovereignty): AI 시대의 주인공, 우리 손으로 키운다!

① 왜 나오게 되었는가?

AI 인재 주권은 인공지능(AI) 시대의 ‘금광’을 누가 차지할 것인가에 대한 고민에서 시작되었다. 요즘 인공지능(AI)은 스마트폰, 자동차, 공장 등 우리 생활 곳곳에서 사용되고 있다. 이런 AI를 만들고 다룰 수 있는 사람들이 바로 현대판 ‘금광’인 것이다. 마치 과거 석유가 중요해지면서 석유 기술자들이 귀해졌듯이, 지금은 AI 전문가들이 매우 중요해졌다.

하지만 이런 AI 전문가들은 전 세계적으로 부족하다. 그래서 각 나라들은 AI 인재를 키우고 모으는 데 힘을 쏟고 있다. 예를 들어, 미국의 실리콘밸리에는 전 세계의 뛰어난 AI 인재들이 모여들고 있다. 이런 상황에서 우리나라도 AI 인재를 키우고 지키는 것이 중요해졌고, 이에 따라 AI 인재 주권이라는 개념이 나오게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

AI 인재 주권은 우리나라가 AI 전문가를 직접 키우고, 해외의 뛰어난 인재를 유치하며, 이들이 우리나라에서 능력을 마음껏 발휘할 수 있게 하는 것이다. 이는 마치 축구 국가대표팀을 만드는 것과 비슷하다. 어린 선수들을 발굴해 훈련시키고(인재 양성), 해외의 뛰어난 선수들을 영입하며(인재 유치), 이들이 최고의 실력을 발휘할 수 있는 환경을 만드는(역량 강화) 것이다.

이를 통해 우리나라가 AI 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있게 된다. 마치 우리나라 축구팀이 월드컵에서 좋은 성적을 내는 것처럼, AI 분야에서도 세계적인 성과를 낼 수 있게 되는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 인재 주권이 어떻게 실현되는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- **교육 강화:** 초등학교부터 AI 관련 수업을 시작하는 것이다. 예를 들어, 코딩 수업을 통해 아이들이 어릴 때부터 AI의 기초를 배울 수 있다. 이는 마치 어릴 때부터 영어를 배워 글로벌 인재가 되는 것과 비슷하다.
- **대학 지원:** 대학에 AI 학과를 만들고 연구비를 지원하는 것이다. 예를 들어, 서울대학교에 AI 대학원이 생겨 전문 인력을 양성하고 있다. 이는 의과대학이 의사를 양성하는 것과 비슷하다.
- **기업 지원:** AI 스타트업에 투자하고 대기업의 AI 연구를 지원하는 것이다. 예를 들어, 정부가 AI 스타트업에 자금을 지원하거나, 삼성전자나 네이버 같은 큰 기업들의 AI 연구소 설립을 돕는 것이다. 이는 정부가 자동차 산업을 육성하던 것과 비슷하다.
- **해외 인재 유치:** 외국의 뛰어난 AI 전문가들을 우리나라로 초청하는 것이다. 예를 들어, 특별 비자를 주거나 높은 연봉을 제공하는 등의 혜택을 줄 수 있다. 이는 프로 스포츠팀이 외국인 선수를 영입하는 것과 비슷하다.

④ 왜 중요한가?

AI 인재 주권은 우리나라의 미래를 좌우할 만큼 중요하다. AI는 이제 선택이 아닌 필수가 되었다. 예를 들어, 자동차 산업에서 AI 기술 없이는 더 이상 경쟁력을 가질 수 없다. 자율주행차, 전기차 등 미래 자동차에는 모두 AI 기술이 필요하기 때문이다.

또한, AI는 새로운 일자리를 만들어낸다. AI가 일부 일자리를 대체할 것이라는 우려도 있지만, 동시에 AI 관련 새로운 직업들이 생겨나고 있다. 예를 들어, AI 윤리 전문가, AI 트레이너 등의 새로운 직업이 등장했다. 더불어 AI는 우리 생활의 문제를 해결하는 데도 큰 도움을 준다. 예를 들어, AI를 이용한 의료 진단 시스템은 의사들이 더 정확하게 질병을 진단하도록 돕는다. 이처럼 AI 인재들은 우리 사회의 다양한 문제를 해결하는 데 기여할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 인재들은 우리 생활의 거의 모든 분야에서 활약할 수 있다:

- 의료: AI를 이용해 질병을 더 빨리, 더 정확하게 진단하고 치료법을 개발한다.
- 교육: 학생 개개인의 수준과 특성에 맞는 맞춤형 학습 프로그램을 AI로 개발한다.
- 환경: AI를 이용해 기후 변화를 예측하고 대응 방안을 마련한다.
- 교통: 자율주행차를 개발하고 교통 체증을 줄이는 스마트 신호 체계를 만든다.
- 금융: AI를 이용해 금융 사기를 탐지하고 개인별 맞춤 금융 상품을 추천한다.

이처럼 AI 인재들은 우리 삶의 질을 높이고 사회의 다양한 문제를 해결하는 데 기여한다

1.5. AI 산업 주권(AI Industry Sovereignty): 인공지능 산업, 미래 경제의 주도권을 잡다

① 왜 나오게 되었는가?

AI 산업 주권은 인공지능이라는 ‘새로운 대륙’을 누가 지배할 것인가에 대한 고민에서 시작되었다. 인공지능은 이제 스마트폰, 자동차, 가전제품 등 우리 생활 곳곳에서 사용되고 있다. 마치 과거 석유가 산업 전반에 영향을 미쳤듯이, 지금은 인공지능이 모든 산업에 영향을 주고 있다. 하지만 이 인공지능 기술은 주로 미국이나 중국 같은 몇몇 국가와 기업들이 주도하고 있다. 이는 마치 한 국가가 석유를 독점하는 것과 비슷한 상황이다.

이런 상황에서 다른 나라들은 기술을 빌려 쓰거나 비싼 값을 주고 사야 하는 처지에 놓일 수 있다. 예를 들어, 우리나라 기업이 AI 기술을 사용하려면 미국 기업에 많은 돈을 지불해야 할 수도 있다. 이는 국가 경제에 큰 부담이 될 수 있다. 이런 문제를 해결하고 우리나라도 AI 산업에서 주도권을 가지기 위해 AI 산업 주권이라는 개념이 나오게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

AI 산업 주권은 우리나라가 AI 산업을 자체적으로 키우고 발전시키며, AI 기술을 만들고 사용하는 데 있어 다른 나라에 의존하지 않고 스스로 결정할 수 있는 힘을 갖는 것이다. 이는 마치 농사를 짓는 것과 비슷하다. 우리가 직접 씨를 뿌리고(AI 기술 개발), 물을 주고(투자자 지원), 수확하여(상용화) 우리 먹거리를 해결하는 것처럼, AI 산업에서도 우리 힘으로 기술을 개발하고 활용하여 경제적 이익을 얻는 것이다.

이를 통해 우리나라가 AI 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖추게 된다. 마치 우리나라가 반도체나 조선 산업에서 세계 최고 수준의 경쟁력을 가진 것처럼, AI 산업에서도 선두 주자가 될 수 있는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 산업 주권이 어떻게 실현되는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- 연구개발 투자: 정부가 AI 연구에 많은 돈을 투자하는 것이다. 예를 들어, 미국은 DARPA(방위고등연구 계획국)라는 기관을 통해 AI 연구에 엄청난 돈을 쏟아붓고 있다. 이는 마치 우리나라가 과거에 반도체 산업에 집중 투자했던 것과 비슷하다.
- 스타트업 육성: AI 관련 새로운 기업들을 키우는 것이다. 이는 정부가 벤처기업을 육성하는 것과 비슷하다.
- 규제 완화: AI 기술 발전을 가로막는 불필요한 규제를 없애는 것이다. 예를 들어, 자율주행차 테스트를 쉽게 할 수 있도록 법을 바꾸는 것이다. 이는 마치 인터넷 뱅킹을 허용하기 위해 은행 관련 법을 바꾼 것과 비슷하다.
- 국제 표준 선점: AI 기술의 국제 기준을 우리나라가 먼저 만드는 것이다. 예를 들어, 삼성전자가 5G 통신 기술의 국제 표준을 많이 가지고 있는 것처럼, AI 기술의 표준도 우리가 만들어 세계적으로 인정받는 것이다.

④ 왜 중요한가?

AI 산업 주권은 우리나라의 미래 경제를 좌우할 만큼 중요하다. AI는 이제 거의 모든 산업에 영향을 미치고 있다. 예를 들어, 자동차 산업에서는 자율주행차, 의료 산업에서는 AI 진단 시스템, 금융 산업에서는 AI 투자 분석 등 AI 없이는 경쟁력을 가질 수 없는 상황이다.

또한, AI 산업은 새로운 일자리를 만들어낸다. AI 개발자, AI 윤리 전문가, AI 트레이너 등 새로운 직업들이 생겨나고 있다. AI 산업 주권을 갖추면 이런 양질의 일자리를 우리나라에 만들 수 있다.

더불어 AI 산업 주권은 국가 안보와도 관련이 있다. 예를 들어, 군사용 AI 기술을 다른 나라에 의존하면 안보에 위협이 될 수 있다. 따라서 AI 산업 주권을 확보하는 것은 국가의 독립성과 안전을 지키는 데도 중요하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 산업 주권은 우리 생활의 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다:

- 제조업: AI를 이용해 스마트 팩토리를 만들어 생산성을 높이고 불량률을 줄인다.
- 의료: AI 진단 시스템으로 질병을 더 빨리, 더 정확하게 찾아내고 치료법을 개발한다.
- 금융: AI로 주식 시장을 분석하고 개인별 맞춤 금융 상품을 추천한다.
- 교통: 자율주행차를 개발하고 AI로 교통 흐름을 최적화한다.

- 농업: AI로 작물의 생육 상태를 분석하고 최적의 재배 방법을 찾아낸다.

이처럼 AI 산업 주권은 우리 경제의 거의 모든 분야에서 혁신을 이끌고 경쟁력을 높이는 데 기여할 수 있다.

1.6. 응용 AI 서비스 주권(Applied AI Service Sovereignty): 인공지능 서비스, 우리 삶을 더욱 편리하게, 우리 손으로 만든다!

① 왜 나오게 되었는가?

응용 AI 서비스 주권은 우리의 일상생활에 깊숙이 들어온 AI 서비스를 누가 만들고 관리할 것인가에 대한 고민에서 시작되었다. 요즘 우리는 스마트폰으로 길을 찾고, AI 스피커에게 날씨를 물어보며, 온라인 쇼핑몰에서 AI 추천을 받아 물건을 산다. 이런 편리한 서비스들은 대부분 구글, 아마존 같은 외국 기업들이 만들고 있다.

이는 마치 우리나라 사람들이 먹는 김치를 모두 외국 회사가 만들어 파는 것과 비슷하다. 김치는 우리나라 사람들의 입맛에 맞게 우리가 만들어야 하는 것처럼, AI 서비스도 우리나라 사람들의 필요와 특성에 맞게 우리가 만들어야 한다는 주장이라 볼 수 있다. 또한, 외국 기업에 너무 의존하면 개인정보가 유출되거나 서비스가 갑자기 중단되는 등의 문제가 생길 수 있다. 이런 문제들을 해결하기 위해 응용 AI 서비스 주권이라는 개념이 나오게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

응용 AI 서비스 주권은 우리나라가 우리 국민에게 필요한 AI 서비스를 직접 만들고 관리하는 능력을 갖추는 것이다. 이는 마치 우리나라가 자체적으로 도로를 건설하고, 학교를 세우며, 병원을 운영하는 것과 비슷하다. 예를 들어, 우리나라 말씨를 정확히 알아듣는 AI 음성비서를 만들거나, 우리나라 의료 시스템에 맞는 AI 진단 서비스를 개발하는 것이다.

이를 통해 우리는 외국 기업에 의존하지 않고도 우리에게 꼭 맞는 AI 서비스를 사용할 수 있게 된다. 또한, 우리의 개인정보를 더 안전하게 보호하고, 서비스가 갑자기 중단되는 일 없이 안정적으로 이용할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

응용 AI 서비스 주권이 어떻게 실현되는지 실생활의 예를 통해 살펴보자:

- 의료 분야: 우리나라 사람들의 건강 데이터를 바탕으로 AI 진단 서비스를 만드는 것이다. 예를 들어, 한 국민에게 많이 발생하는 위암을 더 정확하게 진단하는 AI를 개발할 수 있다. 이는 마치 한국인의 체형에 맞는 옷을 한국 디자이너가 만드는 것과 비슷하다.
- 교육 분야: 한국어로 공부를 가르치는 AI 선생님을 만드는 것이다. 이 AI 선생님은 우리나라 교육과정을

잘 알고, 학생들의 학습 스타일을 이해하여 맞춤형 수업을 할 수 있다. 이는 마치 우리나라 선생님들이 직접 만든 교과서로 수업하는 것과 비슷하다.

- 금융 분야: 우리나라 금융 시장의 특성을 잘 아는 AI 투자 상담사를 만드는 것이다. 이 AI는 한국의 주식 시장, 부동산 시장 등을 분석하여 개인에게 맞는 투자 조언을 해줄 수 있다. 이는 마치 우리나라 금융 전문가가 직접 상담해주는 것과 비슷하다.

④ 왜 중요한가?

응용 AI 서비스 주권은 우리나라의 디지털 경쟁력과 국민의 삶의 질을 높이는 데 매우 중요하다. 첫째, 우리에게 꼭 맞는 서비스를 만들 수 있다. 예를 들어, 한국어를 정확히 이해하는 AI 비서는 우리의 일상을 더욱 편리하게 만들어줄 수 있다.

둘째, 우리의 개인정보를 더 안전하게 지킬 수 있다. 우리나라 법규에 맞게 개발된 AI 서비스는 개인정보 보호에 더 신경 쓸 수 있다. 이는 마치 우리 집 열쇠를 외국인이 아닌 우리가 직접 관리하는 것과 같다.

셋째, 새로운 일자리와 산업을 만들어낼 수 있다. AI 서비스를 직접 개발하고 운영하면서 많은 전문가들이 필요하게 되고, 이는 새로운 일자리 창출로 이어진다.

⑤ 어디에 활용되는가?

응용 AI 서비스 주권은 우리 생활의 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다:

- 의료: AI가 X-ray나 MRI 영상을 분석하여 의사의 진단을 돕거나, 개인 맞춤형 건강 관리 앱을 통해 일상적인 건강 체크를 할 수 있다.
- 교육: AI 튜터가 대한민국 교육 과정과 학생의 학습 수준과 스타일에 맞춰 개인별 맞춤 수업을 제공하거나, 학부모에게 자녀의 학습 상황을 실시간으로 알려줄 수 있다.
- 금융: AI가 개인의 소비 패턴을 분석하여 맞춤형 재테크 조언을 해주거나, 이상 거래를 탐지하여 금융 사기를 예방할 수 있다.
- 공공 서비스: AI 민원 상담사가 24시간 시민들의 질문에 답변하거나, AI 기반 재난 예측 시스템이 자연 재해를 미리 감지하여 대비할 수 있게 해준다.
- 교통: AI가 실시간 교통 상황을 분석하여 최적의 경로를 안내하거나, 자율주행 버스가 시민들을 안전하게 목적지까지 데려다줄 수 있다.

이처럼 응용 AI 서비스 주권은 우리 일상 곳곳에서 더 나은 서비스를 제공하고, 우리의 삶을 더욱 편리하고 안전하게 만드는 데 기여할 수 있다

III-2. 물리적 형태가 있는 AI(Embodied AI): 현실 세계를 움직이는 AI

2024년, 인공지능(AI) 기술의 발전은 휴머노이드 로봇 분야에도 큰 변화를 가져왔다. 특히 챗GPT 개발사 오픈 AI와 휴머노이드 로봇 스타트업 피규어의 협력으로 탄생한 피규어01은 사람의 질문을 이해하고 대답할 뿐만 아니라 실제로 움직이는 모습을 보여주며 전 세계에 충격을 안겼다. 이는 마치 영화 ‘터미네이터’에서 볼 수 있었던 장면을 현실로 옮긴 상황을 연상시켰다.

피규어01은 시각을 통해 물체를 인식하고 상황을 설명할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 이와 유사하게, 자동차 제조사 메르세데스-벤츠도 AI 휴머노이드 로봇을 공장에 도입하며 낮은 기술 수준의 육체 노동을 자동화하는 데 초점을 맞추고 있다. 이를 통해 기존 공장 시설을 그대로 활용하면서도 제조 작업을 자동화할 수 있을 것으로 기대된다.

AI 기술의 도입으로 휴머노이드 로봇 산업은 급속도로 성장하고 있다. 골드만삭스는 2035년 휴머노이드 로봇의 글로벌 시장 규모가 380억 달러(약 51조 원)에 이를 것으로 예측했는데, 이는 불과 1년 전 예상치인 60억 달러(약 8조 원)를 크게 상회하는 수치이다. 또한 로봇 출하량은 연간 100만 대를 넘어설 것으로 전망되며, 제조 비용도 40%가량 감소할 것으로 보인다.

이러한 급격한 성장의 배경에는 대형언어모델(LLM)의 도입이 큰 역할을 했다. LLM을 활용하면 엔지니어가 모든 것을 일일이 코딩하지 않아도 로봇이 스스로 판단하고 행동할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 로봇 부품의 가격 하락과 공급망 다양화, 설계 및 제조 기술의 발전도 휴머노이드 로봇의 대중화를 앞당기는 요인으로 작용하고 있다.

골드만삭스는 2030년에 산업용 휴머노이드 로봇이 25만 대 출하될 것으로 예상하며, 2035년에는 소비자용 휴머노이드 로봇의 연간 생산량이 100만 대를 넘어설 것으로 전망했다. 이처럼 AI 기술과 로봇 공학의 만남은 단순히 산업 현장뿐 아니라 우리의 일상생활에도 큰 변화를 가져올 것으로 보인다.

물리적 형태를 갖춘 AI, 즉 Embodied AI의 등장은 가상의 세계에만 존재하던 인공지능이 현실 세계와 직접적으로 상호작용하는 새로운 국면을 의미한다. 이는 제조업, 서비스업, 헬스케어 등 다양한 분야에서 혁신을 불러일으킬 것으로 기대되며, 동시에 윤리적, 사회적 문제에 대한 깊이 있는 고민도 필요할 것으로 보인다. 물리적 형태를 갖춘 AI(Embodied AI)의 발전은 인간과 기계의 협업, 나아가 공존의 새로운 패러다임을 제시할 것이다.

- 챗GPT 개발사인 오픈AI가 휴머노이드 로봇 스타트업인 피규어가 협력해 휴머노이드 로봇을 개발하면서 몸체를 가진 AI로의 관심을 촉발했다.²⁴⁾

24) “정말 미친 짓”...AI 로봇 ‘피규어 01’에 전세계 ‘충격’ [영상] (홍민성, 2024)

- 글로벌 투자은행인 골드만삭스는 휴머노이드 로봇의 글로벌 시장이 2035년 약 380억달러(약 51조원)에 이를 것으로 예상했다. 이는 불과 1년전인 2023년의 예상치였던 60억달러(약 8조원)를 6배 뛰어넘는 수치다. 가장 큰 이유로 대형언어모델(LLM) 도입이 2023년부터 로봇공학에 본격화되어 엔지니어가 로봇에 코딩할 필요없이, 로봇이 스스로 판단하고 행동할 수 있는 기반이 되었기 때문이라 밝혔다.²⁵⁾
- 최근 아마존, 엔비디아, MS 뿐만 아니라 다른 빅테크들도 AI를 넘어 물리적인 실체를 가진 휴머노이드 개발에 한창이다. 이러한 몸체를 가진 AI가 현재 AI 테크 기업들이 다음 단계로 지향하고 있는 AGI로 비유되고 있다. 그 배경은 AGI 개념을 처음 도입한 마크 구브루드 노스캐롤라이나대 교수가 1997년 군사용 AI 로봇 출현을 예고하면서 이야기했기 때문이다.²⁶⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 물리적 형태를 갖춘 AI(Embodied AI) 개념

1.1. 물리적 형태를 갖춘 AI(Embodied AI): 몸을 가지고 세상을 경험하고 배우는 인공지능

① 왜 나오게 되었는가?

물리적 형태를 갖춘 AI, 즉 Embodied AI는 인공지능이 현실 세계를 더 잘 이해하고 대응하기 위해 등장했다. 기존의 AI는 주로 컴퓨터 안에서만 존재하며 데이터를 분석하고 결과를 내놓았다. 이는 마치 책만 보고 세상을 배우는 것과 같다. 하지만 실제 세상은 책에 나오는 것보다 훨씬 복잡하고 예측하기 어렵다.

예를 들어, 자율주행차가 도로에서 마주치는 상황은 매번 다르다. 갑자기 뛰어드는 동물, 예기치 못한 공사 현장, 날씨 변화 등 수많은 변수가 있다. 이런 상황에서 AI가 효과적으로 대응하려면 실제 환경과 상호작용하며 학습하고 적응하는 능력이 필요하다. 이런 필요성에 의해 Embodied AI가 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

Embodied AI는 말 그대로 ‘몸을 가진 AI’이다. 이는 로봇, 드론, 자율주행차 등 물리적인 형태를 가진 AI 시스템을 말한다. 이들은 마치 우리 인간처럼 감각 기관(센서)으로 주변을 인식하고, 뇌(AI 알고리즘)로 상황을 판단하며, 근육(모터 등)을 움직여 행동한다.

25) 골드만삭스 “10년 뒤 휴머노이드 연간 100만대 이상 생산” (임대준, 골드만삭스 “10년 뒤 휴머노이드 연간 100만대 이상 생산”, 2024)

26) ‘AI 끝판왕’ 휴머노이드…인간처럼 ‘촉감’ 가진 로봇 5년내 나온다 (이해성강경주, 2024)

예를 들어, 로봇 청소기를 생각해보자. 로봇 청소기는 센서로 주변 장애물을 감지하고, 내장된 AI로 청소 경로를 계획하며, 바퀴와 브러시를 움직여 실제로 청소를 수행한다. 이처럼 Embodied AI는 실제 세상에서 직접 경험하고 학습하며 작업을 수행한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

Embodied AI의 예시는 우리 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

- 로봇 강아지: 소니의 '아이보'라는 로봇 강아지가 있다. 아이보는 카메라로 주인을 인식하고, 마이크로 음성 명령을 듣는다. AI로 상황을 판단하여 꼬리를 흔들거나 짖는 등의 반응을 보인다. 실제 강아지처럼 주변 환경과 상호작용하며 학습하고 성장한다.
- 자율주행차: 테슬라의 자율주행차는 여러 개의 카메라, 레이더, 초음파 센서 등으로 주변 상황을 파악한다. AI가 이 정보를 분석하여 차량의 속도와 방향을 조절한다. 주행 경험이 쌓일수록 더 안전하고 효율적인 주행이 가능해진다.
- 드론 택배: 아마존이 개발 중인 드론 택배 시스템이 있다. 이 드론은 GPS로 위치를 파악하고, 카메라로 장애물을 인식한다. AI가 최적의 경로를 계산하여 목적지까지 물건을 배달한다. 다양한 환경에서의 비행 경험을 통해 더욱 안정적인 배달이 가능해진다.

이처럼 Embodied AI는 실제 환경에서 경험을 쌓으며 더욱 똑똑해지고 유연해진다.

④ 왜 중요한가?

Embodied AI의 중요성은 AI가 현실 세계에 더 가까워진다는 점에 있다. 이는 마치 책으로만 공부하던 학생이 실제 현장에서 경험을 쌓는 것과 같다. 이를 통해 AI는 더 실용적이고 유연한 능력을 갖출 수 있다.

예를 들어, 재난 현장에서 활동하는 구조 로봇을 생각해보자. 이 로봇은 실제 재난 현장의 불규칙한 지형, 예측 불가능한 상황 등을 직접 경험하며 학습한다. 이런 경험을 통해 로봇은 더 효과적으로 인명을 구조하고 위험을 감지할 수 있게 된다.

또한 Embodied AI는 인간과 AI의 상호작용을 더욱 자연스럽게 만든다. 예를 들어, 노인 돌봄 로봇은 실제 노인들과 대화하고 교감하면서 더 섬세하고 인간적인 돌봄 서비스를 제공할 수 있게 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

Embodied AI는 우리 생활 곳곳에서 활용될 수 있다:

- 가정: 로봇 청소기뿐만 아니라 요리, 빨래, 설거지 등을 돕는 가사 도우미 로봇으로 활용된다.

- 의료: 정밀한 수술을 돕는 수술 로봇, 환자의 재활을 돕는 재활 로봇 등으로 사용된다.
- 교육: 학생들과 상호작용하며 개별 맞춤 학습을 제공하는 교육용 로봇으로 활용된다.
- 농업: 작물의 상태를 체크하고 자동으로 물을 주거나 농약을 뿌리는 농업용 로봇으로 사용된다.
- 재난 대응: 위험한 재난 현장에 투입되어 인명을 구조하고 상황을 파악하는 구조 로봇으로 활용된다.

이처럼 Embodied AI는 단순히 정보를 처리하는 것을 넘어, 실제 세상에서 다양한 작업을 수행하고 인간과 상호작용하는 존재로 발전하고 있다

1.2. 휴머노이드AI(Humanoid AI): 인간을 닮은 인공지능, 새로운 가능성을 열다

① 왜 나오게 되었는가?

휴머노이드 AI는 인공지능을 더 친숙하고 접근하기 쉽게 만들기 위해 탄생했다. 기존의 AI는 주로 컴퓨터 화면이나 스마트폰 속에 갇혀 있었다. 이는 마치 우리가 외국인 친구와 오직 전화로만 대화하는 것과 비슷하다. 하지만 인간의 모습을 한 AI, 즉 휴머노이드 AI는 우리와 직접 마주보고 대화하고 상호작용할 수 있다.

예를 들어, 노인 돌봄 서비스에서 휴머노이드 AI를 활용한다고 생각해보자. 화면 속 AI보다는 실제 사람처럼 생긴 로봇이 옆에서 대화를 나누고 도움을 주는 것이 노인들에게 훨씬 편안하고 자연스러운 것이다. 이처럼 인간과 더 가깝게 소통하고, 우리 삶에 직접적으로 도움을 줄 수 있는 AI를 만들기 위해 휴머노이드 AI가 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

휴머노이드 AI는 말 그대로 ‘사람을 닮은 AI’이다. 이는 인간의 모습을 한 로봇에 인공지능을 탑재한 시스템을 말한다. 휴머노이드 AI는 우리처럼 두 발로 걸어 다니고, 두 팔을 이용해 물건을 집을 수 있으며, 눈과 귀로 주변 환경을 인식한다. 또한 음성 인식과 자연어 처리 기술을 통해 우리와 대화를 나눌 수 있다.

이는 마치 공상과학 영화에 나오는 로봇들을 현실로 가져온 것과 같다. 예를 들어, 영화 ‘아이, 로봇’에 나오는 인공지능 로봇 ‘서니(Sonny)’를 떠올려보면 휴머노이드 AI를 쉽게 이해할 수 있다. 물론 현실의 휴머노이드 AI는 아직 영화 속 로봇만큼 완벽하지는 않지만, 점점 그 모습에 가까워지고 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

휴머노이드 AI의 실제 사례를 몇 가지 살펴보자:

- 소프트뱅크의 ‘페퍼’: 페퍼는 일본의 소프트뱅크가 만든 감정 인식 로봇이다. 키 120cm의 귀여운 외모를 가진 페퍼는 사람의 표정과 목소리를 분석해 감정을 파악하고, 그에 맞는 대화를 할 수 있다. 예를 들어, 백화점에서 페퍼가 고객을 맞이하고 상품을 추천하는 모습을 볼 수 있다.

- 보스턴 다이내믹스(Boston Dynamics)의 ‘아틀라스’: 아틀라스는 운동 능력이 뛰어난 휴머노이드 로봇이다. 두 발로 걷고 뛰는 것은 물론, 장애물을 넘고 점프도 할 수 있다. 심지어 팔굽혀펴기나 백핸드스프링 같은 고난도 동작도 가능하다. 이는 마치 올림픽 체조 선수를 로봇으로 만든 것 같다.
- 테슬라(Tesla)의 ‘옵티머스’: 테슬라가 개발 중인 옵티머스는 일상생활을 도와주는 것을 목표로 한다. 물건을 옮기거나, 집안일을 돕는 등 다양한 작업을 수행할 수 있도록 설계되고 있다. 이는 마치 영화 ‘아이언맨’의 주인공 토니 스타크를 돕는 로봇 ‘자비스’를 현실에서 구현하려는 시도와 같다.

④ 왜 중요한가?

휴머노이드 AI의 중요성은 인간과 AI의 상호작용을 더욱 자연스럽게 효과적으로 만든다는 점에 있다. 이는 마치 외국어를 배울 때 원어민 선생님과 직접 대화하며 배우는 것이 가장 효과적인 것과 같은 이치이다.

예를 들어, 자폐증이 있는 아이들을 위한 교육에 휴머노이드 AI를 활용할 수 있다. 실제 사람과의 상호작용에 어려움을 겪는 아이들에게 휴머노이드 AI는 인내심 있는 대화 상대가 되어줄 수 있다. AI는 지치지 않고 반복적으로 아이들과 소통하며, 아이들의 사회성 발달을 도울 수 있다.

또한, 휴머노이드 AI는 위험한 환경에서 인간을 대신해 작업을 수행할 수 있다. 예를 들어, 원전 사고 현장이나 화재 현장 같은 위험한 곳에 휴머노이드 AI를 투입하여 인명 피해를 줄이고 효과적으로 문제를 해결할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

휴머노이드 AI는 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다:

- 의료: 병원에서 환자를 돌보거나 수술을 보조하는 역할을 할 수 있다. 예를 들어, 코로나19 같은 전염병 상황에서 환자와 직접 접촉하며 돌봄 서비스를 제공할 수 있다.
- 교육: 개인 튜터나 특수 교육 보조 교사로 활용될 수 있다. 각 학생의 학습 속도와 스타일에 맞춰 끈기 있게 가르칠 수 있다.
- 서비스업: 호텔이나 레스토랑에서 고객을 응대하거나 안내하는 역할을 할 수 있다. 24시간 쉬지 않고 일할 수 있어 효율적이다.
- 가정: 집안일을 돕거나 노인을 돌보는 등 가사 도우미 역할을 할 수 있다. 힘든 일을 대신해주고, 말동무가 되어줄 수 있다.
- 엔터테인먼트: 테마파크나 이벤트장에서 관람객들과 상호작용하며 즐거움을 줄 수 있다.

| 표 4 Embodied AI와 Humanoid AI 비교 |

| 특징 | Embodied AI | Humanoid AI |
|-------|--|--|
| 정의 | 물리적인 형태를 갖추고 현실 세계와 상호작용하는 AI 시스템 | 인간의 신체적 특징과 유사한 외형을 갖고 인간처럼 움직이고 행동하는 AI시스템 |
| 외형 | 로봇, 드론, 자율주행차 등 다양한 형태 | 인간과 유사한 형태 (두 팔, 두 다리, 머리 등) |
| 주요 기능 | 환경 인식, 움직임 제어, 의사 결정, 작업 수행 등 | 인간과의 상호작용, 감정 인식, 자연어 처리, 사회적 행동 등 |
| 강점 | <ul style="list-style-type: none"> 현실 세계에서 직접 경험하고 학습하여 빠른 적응 가능 다양한 형태로 구현 가능 특정 작업에 특화된 기능 수행 | <ul style="list-style-type: none"> 인간과 유사한 외형으로 친근감 및 사회적 수용성 증대 인간과의 상호작용에 최적화 복잡한 사회적 상황 이해 및 대응 가능 |
| 약점 | <ul style="list-style-type: none"> 복잡한 사회적 상황 이해 및 대응 어려움 인간과의 자연스러운 의사소통 어려움 | <ul style="list-style-type: none"> 기술적 복잡성 및 높은 개발 비용 윤리적 문제 발생 가능성 (인간과의 관계, 책임 소재 등) |
| 활용 예시 | 자율주행 자동차, 드론, 산업용 로봇, 가정용 로봇, 의료 로봇 등 | 서비스 로봇 (호텔, 레스토랑, 상점 등), 교육용 로봇, 엔터테인먼트 로봇, 반려 로봇 등 |

1.3. AIoT(Artificial Intelligence of Things): 사물에 지능을 더하다, AI와 IoT의 만남

① 왜 나오게 되었는가?

AIoT는 우리 주변의 사물들이 더 똑똑해져야 할 필요성에서 탄생했다. 요즘 우리 주변의 많은 물건들이 인터넷에 연결되어 있다. 이를 사물인터넷(IoT, Internet of Things)이라고 부른다. 예를 들어, 스마트폰으로 집의 에어컨을 켜고 끄거나, 냉장고가 스스로 음식의 유통기한을 체크하는 것이 모두 IoT 기술 덕분이다.

하지만 이런 기기들이 모은 정보를 제대로 활용하려면 더 똑똑한 두뇌가 필요했다. 그 두뇌 역할을 하는 것이 바로 인공지능(AI)이다. 따라서 IoT에 AI를 결합한 AIoT가 등장하게 되었다. 이는 마치 운동 능력이 뛰어난 사람(IoT)에게 전략을 짜는 능력(AI)을 더해 최고의 운동선수를 만드는 것과 비슷하다.

② 쉽게 설명하면?

AIoT는 쉽게 말해 ‘생각하는 사물’을 만드는 기술이다. 기존의 IoT가 단순히 정보를 모으고 명령을 수행하는 수준이었다면, AIoT는 모은 정보를 스스로 분석하고 판단하여 행동한다.

예를 들어, 일반 IoT 냉장고는 음식이 떨어지면 단순히 알려주기만 한다. 하지만 AIoT 냉장고는 가족의 식습관, 선호도, 건강 상태 등을 분석해서 어떤 음식을 얼마나 살지 추천해줄 수 있다. 심지어 온라인으로 자동 주문까지 할 수 있다. 이처럼 AIoT는 사물에 ‘뇌’를 달아준다고 생각하면 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AIoT의 실제 활용 사례를 몇 가지 살펴보자:

- **스마트홈:** AIoT 스피커는 단순히 음악을 틀어주는 것을 넘어 집안 전체를 관리한다. 예를 들어, “오늘 밤 영화 보기 좋은 날인 것 같아”라고 말하면, 스피커가 날씨, 스케줄, 취향 등을 종합적으로 분석해 영화를 추천하고, 자동으로 조명을 어둡게 하고 팝콘 기계를 작동시킬 수 있다.
- **스마트팩토리:** 공장의 기계들이 AIoT 센서로 연결되어 있다. 이 센서들은 기계의 상태를 실시간으로 체크하고, AI가 이 데이터를 분석해 고장이 나기 전에 미리 수리가 필요한 부분을 알려준다. 이는 마치 의사가 정기 검진을 통해 질병을 예방하는 것과 비슷하다.
- **스마트농업:** 농장에 설치된 AIoT 센서가 토양 상태, 날씨, 작물의 성장 상태 등을 모니터링한다. AI는 이 정보를 분석해 최적의 물 공급량과 비료 사용량을 결정하고, 자동으로 관리한다. 이는 마치 식물 전문가가 24시간 농장을 관리하는 것과 같다.

④ 왜 중요한가?

AIoT의 중요성은 우리 삶을 더 편리하고 효율적으로 만든다는 점에 있다. 첫째, AIoT는 우리 대신 복잡한 결정을 내려준다. 예를 들어, 스마트 카는 교통 상황, 날씨, 운전자의 컨디션 등을 종합적으로 분석해 가장 안전하고 빠른 경로를 제안한다.

둘째, AIoT는 자원을 더 효율적으로 사용하게 해준다. 스마트 빌딩 시스템은 건물 내 사람들의 움직임, 외부 날씨 등을 분석해 필요한 만큼만 냉난방과 조명을 가동한다. 이는 에너지 절약과 비용 절감으로 이어진다.

셋째, AIoT는 우리의 안전을 지켜준다. 예를 들어, 스마트 시티의 CCTV는 단순히 영상을 녹화하는 것을 넘어, AI로 위험 상황을 감지하고 즉시 관계 기관에 알려 신속한 대응이 가능하게 한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AIoT는 우리 생활의 거의 모든 영역에서 활용될 수 있다:

- **헬스케어:** 스마트워치가 심박수, 운동량 등을 체크하고, AI가 이를 분석해 개인 맞춤형 건강 관리 조언을 제공한다.

- 쇼핑: 스마트 미러가 옷을 입어보지 않고도 가상으로 피팅해볼 수 있게 해주고, AI가 체형과 취향을 분석해 어울리는 스타일을 추천한다.
- 교통: 스마트 신호등이 실시간 교통량을 분석해 신호 체계를 최적화하고, 자율주행차와 통신해 더 안전하고 원활한 교통 흐름을 만든다.
- 환경: 스마트 쓰레기통이 쓰레기의 양과 종류를 파악해 최적의 수거 일정을 계획하고, 재활용률을 높인다.
- 교육: 학생의 학습 패턴을 분석해 개인별 맞춤 학습 콘텐츠를 제공하고, 학습 진도와 성취도를 실시간으로 체크한다.

이처럼 AIoT는 우리 삶의 모든 면에서 ‘스마트한 도우미’ 역할을 하며, 더 편리하고 효율적인 생활을 가능하게 한다.

2. Embodied AI 학습 기법

2.1. 강화학습 (Reinforcement Learning): 시행착오를 통해 스스로 학습하는 인공지능, 칭찬은 AI를 춤추게 한다

① 왜 나오게 되었는가?

강화학습은 AI에게 ‘스스로 배우는 능력’을 부여하기 위해 탄생했다. 기존의 AI 학습 방식은 마치 학교에서 정답이 적힌 문제집으로 공부하는 것과 비슷했다. 이를 ‘지도 학습(Supervised Learning)’이라고 부른다. 하지만 현실 세계의 많은 문제들은 정답이 명확하지 않거나, 정답을 알려주기 어려운 경우가 많다. 예를 들어, 자율주행 자동차를 만들 때 모든 상황에 대한 정답을 미리 알려주는 것은 불가능하다. 이런 한계를 극복하고 AI가 마치 아이가 세상을 경험하며 배우듯 스스로 학습할 수 있게 하기 위해 강화학습이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

강화학습은 ‘시행착오를 통한 학습’이라고 할 수 있다. 이는 마치 아이가 자전거 타는 법을 배우는 것과 비슷하다. 처음에는 넘어지기도 하지만, 조금씩 균형을 잡는 법을 터득하고, 결국 자유롭게 달릴 수 있게 된다. AI도 이와 같이 행동을 선택하고, 그 결과에 따라 보상(칭찬)이나 벌점을 받으면서 점차 최선의 행동을 학습한다. 예를 들어, 게임을 하는 AI는 점수를 얻으면 보상을 받고, 실수로 게임오버가 되면 벌점을 받는다. 이런 과정을 반복하면서 AI는 점점 더 게임을 잘하게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

강화학습의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- 바둑 AI ‘알파고(AlphaGo)’: 알파고는 강화학습을 통해 스스로 바둑을 두면서 실력을 키웠다. 이는 마치 초보자가 끊임없이 바둑을 두면서 실력이 늘어나는 것과 같다. 결국 알파고는 세계 최고의 바둑 기사를 이길 정도로 뛰어난 실력을 갖추게 되었다.
- 로봇 팔: 공장에서 사용되는 로봇 팔은 강화학습을 통해 물건을 잡는 법을 배운다. 처음에는 서툴게 물건을 떨어뜨리기도 하지만, 수많은 시도 끝에 정확하게 물건을 잡고 옮길 수 있게 된다.
- 자율주행 자동차: 자율주행 AI는 가상의 도로 환경에서 강화학습을 통해 운전을 배운다. 안전하게 목적지에 도착하면 보상을 받고, 사고가 나면 벌점을 받는다. 이런 과정을 통해 AI는 안전하고 효율적인 운전 방법을 터득한다.

이러한 학습 과정은 ‘보상’이라는 개념을 중심으로 이루어진다. AI는 마치 칭찬을 받은 아이가 그 행동을 반복 하듯, 높은 보상을 받은 행동을 더 자주 선택하게 된다.

④ 왜 중요한가?

강화학습의 중요성은 AI에게 ‘창의성’과 ‘적응력’을 부여한다는 점에 있다. 이는 마치 교과서적 지식을 넘어 실천 경험을 쌓는 것과 같다.

예를 들어, 재난 현장에서 활동하는 구조 로봇을 생각해보자. 모든 재난 상황을 미리 프로그래밍하는 것은 불가능하다. 하지만 강화학습을 통해 학습한 로봇은 처음 보는 상황에서도 적절히 대응할 수 있다. 이는 마치 숙련된 소방관이 예상치 못한 상황에서도 빠르게 판단하고 행동하는 것과 비슷하다.

또한, 강화학습은 AI가 인간보다 더 창의적인 해결책을 찾아낼 가능성을 열어준다. 실제로 알파고는 바둑 기사들이 수백 년간 생각지 못했던 새로운 착수(着手)를 선보여 많은 이들을 놀라게 했다.

⑤ 어디에 활용되는가?

강화학습은 우리 생활 곳곳에서 활용되고 있다:

- 게임: 온라인 게임의 NPC(Non-Player Character)가 더 똑똑해지고 현실적으로 행동한다.
- 로봇 공학: 가사 도우미 로봇이 집안 환경에 맞춰 효율적으로 청소하는 방법을 학습한다.
- 에너지 관리: 스마트홈 시스템이 거주자의 생활 패턴을 학습하여 에너지 사용을 최적화한다.

- 금융: 주식 거래 AI가 시장 상황에 따라 최적의 투자 전략을 학습한다.
- 마케팅: 추천 시스템이 사용자의 반응을 학습하여 더 정확한 상품을 추천한다.

2.2. 모방학습 (Imitation Learning): 인공지능, 선생님의 행동을 따라 하며 배우다

① 왜 나오게 되었는가?

모방학습은 AI가 더 효율적으로 배울 수 있도록 돕기 위해 탄생했다. 기존의 강화학습 방식은 AI가 스스로 시행착오를 겪으며 배우는 방법이었다. 이는 마치 아이가 자전거를 배울 때 혼자서 넘어지고 일어서기를 반복하는 것과 같다. 이 방법은 효과적이지만 시간이 오래 걸리고 때로는 위험할 수 있다. 그래서 연구자들은 “AI도 사람처럼 누군가를 따라하면서 배울 수 있지 않을까?”라는 생각에서 모방학습을 개발했다. 이는 마치 부모가 아이에게 자전거 타는 법을 직접 보여주는 것과 같은 원리이다.

② 쉽게 설명하면?

모방학습은 AI가 ‘전문가 따라하기’를 통해 배우는 방법이다. 이는 우리가 요리를 배울 때 요리 프로그램을 보며 따라하는 것과 비슷하다. AI는 전문가의 행동을 관찰하고, 그 행동을 그대로 따라하면서 학습한다. 예를 들어, 자율주행 AI는 숙련된 운전자의 운전 방식을 관찰하고 이를 모방하여 운전하는 법을 배운다. 이렇게 하면 AI는 스스로 모든 것을 시도해보며 배우는 것보다 더 빠르고 안전하게 학습할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

모방학습의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- 로봇 요리사: 로봇이 요리하는 법을 배우는 상황을 생각해보자. 강화학습만 사용한다면 로봇은 수많은 실패와 실수를 거쳐야 할 것이다. 하지만 모방학습을 사용하면, 로봇은 전문 요리사의 동작을 관찰하고 따라하면서 빠르게 요리 기술을 익힐 수 있다. 예를 들어, 프라이팬을 들고 재료를 볶는 동작, 칼로 야채를 썰는 방법 등을 직접 보고 배우는 것이다.
- AI 게임 플레이어: 복잡한 전략 게임을 하는 AI를 만든다고 가정해보자. 강화학습만으로는 게임의 기본적인 전략을 익히는 데도 오랜 시간이 걸릴 수 있다. 하지만 모방학습을 사용하면, AI는 프로 게이머들의 플레이를 관찰하고 따라하면서 빠르게 게임의 기본 전략과 고급 기술을 익힐 수 있다.
- 드론 조종: 드론이 복잡한 환경에서 비행하는 법을 배우는 경우를 생각해보자. 모방학습을 통해 드론은 숙련된 조종사의 비행 데이터를 학습하여 안전하게 장애물을 피하고 목표 지점에 도달하는 방법을 익힐 수 있다.

이러한 모방학습은 ‘전문가 데이터’를 활용한다는 점이 핵심이다. AI는 이 데이터를 통해 ‘좋은 행동이 무엇인지’를 직접 보고 배우는 것이다.

④ 왜 중요한가?

모방학습의 중요성은 AI 학습의 ‘효율성’과 ‘안전성’을 높인다는 점에 있다. 이는 마치 경험 많은 선생님에게 배우는 것과 같다.

예를 들어, 자율주행 자동차 개발을 생각해보자. 자동차가 도로에서 직접 시행착오를 겪으며 운전을 배운다면 매우 위험할 것이다. 하지만 모방학습을 통해 숙련된 운전자의 운전 방식을 먼저 학습한다면, 자율주행 자동차는 기본적인 운전 능력을 안전하게 갖출 수 있다.

또한, 모방학습은 AI가 인간의 전문성을 빠르게 습득할 수 있게 해준다. 이는 다양한 분야에서 AI의 활용 가능성을 크게 높인다. 예를 들어, 의료 분야에서 AI는 숙련된 의사들의 진단 방식을 학습함으로써 더 정확한 질병 진단을 할 수 있게 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

모방학습은 우리 생활 곳곳에서 활용되고 있다:

- 자율주행: 자동차가 사람의 운전 방식을 학습하여 더 자연스럽게 안전한 주행을 한다.
- 로봇 공학: 산업용 로봇이 숙련된 작업자의 동작을 모방하여 복잡한 조립 작업을 수행한다.
- 가상 비서: AI 비서가 인간 비서의 업무 처리 방식을 학습하여 더 효율적으로 일정을 관리하고 이메일에 답변한다.
- 교육: AI 튜터가 우수한 교사들의 교육 방식을 모방하여 학생들에게 맞춤형 학습을 제공한다.
- 게임: NPC(Non-Player Character)가 실제 플레이어들의 행동을 모방하여 더 현실감 있게 행동한다.

2.3. Sim-to-Real (시뮬레이션-현실 전이): 가상에서 현실로, AI의 안전하고 효율적인 학습 방법

① 왜 나오게 되었는가?

Sim-to-Real 기술은 AI를 안전하고 효율적으로 학습시키기 위해 탄생했다. 특히 로봇이나 자율주행차와 같이 실제 세계에서 작동해야 하는 AI(이를 ‘Embodied AI’라고 부릅니다)를 개발할 때 큰 도움이 된다. 현실 세계에서 직접 AI를 학습시키는 것은 마치 초보 운전자에게 바로 고속도로 주행을 시키는 것과 같아서 위험하고 비용도 많이 든다. 예를 들어, 자율주행차가 실제 도로에서 학습하다 사고를 내면 큰 피해가 발생할 수

있다. 이런 위험을 줄이고 효율적으로 학습할 수 있는 방법이 필요했고, 그래서 Sim-to-Real 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

Sim-to-Real은 ‘시뮬레이션에서 배워 현실에서 써먹는’ 기술이다. 이는 마치 비행기 조종사가 비행 시뮬레이터로 훈련한 후 실제 비행기를 조종하는 것과 비슷하다. AI는 컴퓨터 속 가상 세계(시뮬레이션)에서 다양한 상황을 경험하고 학습한다. 이렇게 학습한 내용을 바탕으로 실제 세계에서 안정적으로 작동할 수 있게 되는 것이다. 예를 들어, 자율주행 AI는 가상의 도로에서 수백만 킬로미터를 주행하며 학습한 후, 실제 도로에 나가게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

시뮬레이션-현실 전이(Sim-to-Real)의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- **자율주행차 개발:** 자율주행차 AI는 시뮬레이션에서 다양한 도로 상황을 경험한다. 맑은 날, 비 오는 날, 눈 오는 날 등 다양한 날씨 조건과 복잡한 도심, 한적한 시골길 등 여러 도로 환경에서 주행을 연습한다. 이렇게 학습한 AI는 실제 도로에 나가서도 안정적으로 운전할 수 있게 된다.
- **로봇 팔 조작:** 공장에서 물건을 집어 옮기는 로봇 팔을 생각해보자. 이 로봇은 시뮬레이션에서 다양한 모양과 크기의 물체를 집는 연습을 한다. 그래서 실제 공장에 배치되었을 때, 처음 보는 물체도 능숙하게 다룰 수 있게 된다.
- **드론 비행:** 드론 조종 AI는 시뮬레이션에서 다양한 장애물이 있는 환경을 비행하며 학습한다. 바람이 강한 상황, 좁은 공간 통과 등을 연습한 후 실제 비행에 투입된다.

이런 방식으로 AI는 현실 세계에 나가기 전에 가상 세계에서 충분히 연습할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

Sim-to-Real의 중요성은 AI 개발의 ‘안전성’과 ‘효율성’을 높인다는 점에 있다. 이는 마치 의대생이 실제 환자를 대하기 전에 모형으로 연습하는 것과 같다.

예를 들어, 재난 현장에서 활동할 구조 로봇을 개발한다고 생각해보자. 실제 재난 상황에서 이 로봇을 학습시키는 것은 위험하고 비용도 많이 든다. 하지만 Sim-to-Real을 이용하면, 가상의 재난 상황에서 안전하게 학습할 수 있다. 무너진 건물, 화재 현장 등 다양한 상황을 시뮬레이션으로 만들어 로봇을 훈련시킬 수 있다.

또한, Sim-to-Real은 AI의 성능을 향상시키는 데도 중요하다. 시뮬레이션에서는 현실에서 경험하기 힘든 극한 상황도 쉽게 만들어낼 수 있기 때문에, AI는 더 다양한 상황에 대처하는 법을 배울 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

시뮬레이션-현실 전이(Sim-to-Real)은 우리 생활 곳곳에서 활용되고 있다:

- 자동차 산업: 자율주행차뿐만 아니라 일반 자동차의 안전 시스템 개발에도 사용된다. 예를 들어, 자동 긴급 제동 시스템은 Sim-to-Real로 학습된 AI를 이용해 위험 상황을 감지하고 대응한다.
- 제조업: 공장의 로봇들이 새로운 제품을 만들거나 조립하는 방법을 가상 환경에서 먼저 학습한 후 실제 생산에 투입된다.
- 우주 탐사: 화성 탐사 로봇은 실제 화성에 가기 전에 시뮬레이션 환경에서 화성의 지형과 환경에 적응하는 법을 학습한다.
- 의료: 수술 보조 로봇이 가상의 수술 환경에서 학습한 후 실제 수술에 참여하게 된다.
- 게임: 게임 속 AI 캐릭터들이 더 자연스럽게 지능적으로 행동하도록 만드는 데 사용된다.

3. Embodied AI 와의 상호 작용

3.1. 인간-로봇 상호작용 (Human-Robot Interaction, HRI): 인간과 로봇, 서로 이해하고 소통하는 기술

① 왜 나오게 되었는가?

인간-로봇 상호작용(HRI)은 로봇이 우리 일상에 자연스럽게 녹아들 수 있도록 돕기 위해 탄생했다. 과거의 로봇은 공장에서 단순 반복 작업을 하는 기계에 불과했지만, 이제는 가정, 병원, 학교 등 다양한 곳에서 활용되고 있다. 예를 들어, 요양원에서 노인들의 말동무가 되어주는 로봇이나 자폐 아동의 사회성 향상을 돕는 로봇 등이 있다. 하지만 이런 로봇들이 제 역할을 하려면 인간과 자연스럽게 소통할 수 있어야 한다. 마치 외국인과의 대화할 때 서로의 언어와 문화를 이해해야 하는 것처럼, 인간과 로봇 사이에도 서로를 이해하고 소통하는 방법이 필요했다. 이런 필요성에서 HRI 기술이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

HRI는 인간과 로봇이 '서로 통하는 사이'가 되도록 돕는 기술이다. 이는 마치 우리가 반려동물과 교감하는 것과 비슷하다. 강아지는 인간의 말을 100% 이해하지 못하지만, 주인의 표정, 목소리 톤, 몸짓 등을 통해 의도를 파악한다. 반대로 주인도 강아지의 행동을 보고 그 의미를 이해한다. HRI는 이처럼 로봇이 인간의 언어, 표정, 몸짓을 이해하고 적절히 반응하도록 하며, 동시에 인간이 로봇의 행동을 쉽게 이해하고 예측할 수 있게 만든다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

HRI의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- **소셜 로봇 ‘페퍼’**: 일본의 소프트뱅크가 만든 로봇 ‘페퍼’는 HRI 기술의 좋은 예시다. 페퍼는 사람의 표정을 읽고 감정을 파악할 수 있다. 예를 들어, 누군가 슬픈 표정을 지으면 “무슨 일 있으세요?”라고 물어볼 수 있다. 이는 ‘컴퓨터 비전’ 기술을 이용해 얼굴 표정을 인식하고, ‘자연어 처리’ 기술로 적절한 대화를 생성하는 것이다.
- **협동 로봇 ‘베이맥스’**: 영화 ‘빅 히어로 6’의 로봇 베이맥스(Baymax)처럼, 실제로도 의료 현장에서 환자를 돌보는 로봇이 개발되고 있다²⁷⁾. 이런 로봇은 환자의 상태를 모니터링하고, 필요할 때 간호사를 부르거나 간단한 처치를 할 수 있다. 이를 위해 로봇은 환자의 말과 행동을 이해하고, 안전하게 환자를 다루거나 움직일 수 있는 ‘로봇 제어 기술’이 필요하다.
- **교육용 로봇 ‘아이보’**: 소니의 로봇 강아지 ‘아이보’는 HRI 기술을 활용해 주인과 교감하며 학습한다. 아이보는 주인의 목소리를 인식하고, 쓰다듬으면 반응하며, 시간이 지날수록 주인의 습관과 선호도를 학습해 더 친밀하게 상호작용한다.

이처럼 HRI 기술은 로봇이 인간과 더 자연스럽게 의미 있는 상호작용을 할 수 있게 해준다.

④ 왜 중요한가?

HRI의 중요성은 로봇을 ‘유용한 동반자’로 만든다는 점에 있다. 이는 마치 외국인 이웃과 원활히 소통할 수 있게 되어 서로 도움을 주고받는 사이가 되는 것과 같다.

예를 들어, 고령화 사회에서 노인 돌봄 로봇의 역할을 생각해보자. HRI 기술이 발달하면 로봇은 단순히 정해진 시간에 약을 건네주는 것을 넘어, 노인의 표정과 말투에서 기분과 건강 상태를 파악하고 적절히 대응할 수 있다. “오늘 표정이 안 좋아 보이세요. 어디 불편하신 곳이 있나요?”라고 물어볼 수 있고, 필요하다면 보호자나 의료진에게 연락할 수도 있다.

또한, HRI는 로봇에 대한 인간의 신뢰를 높인다. 로봇의 행동을 예측하고 이해할 수 있게 되면, 사람들은 로봇과 함께 일하거나 생활하는 것에 대해 더 편안함을 느끼게 된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

HRI는 우리 일상 곳곳에서 활용될 수 있다:

27) [K-AI열전④] “인공지능, 의사 대체할까”...가능성 엿보인다 (송중호, 2023)

- 서비스 산업: 레스토랑이나 호텔에서 로봇이 고객을 응대하고 서비스를 제공한다. 예를 들어, 주문을 받거나 길 안내를 하는 로봇이 이미 일부 지역에서 사용되고 있다.
- 교육: 개인 맞춤형 학습을 제공하는 AI 튜터 로봇이 학생들의 학습을 돕는다. 학생의 표정과 반응을 읽고 이해도를 파악하여 적절한 난이도의 문제를 제공할 수 있다.
- 의료: 수술 보조 로봇이 의사와 협력하여 정밀한 수술을 수행하거나, 재활 치료 로봇이 환자의 상태에 맞춰 운동을 지도한다.
- 제조업: 작업자와 협력하여 무거운 물건을 들거나 정밀한 조립을 수행하는 협동 로봇이 활용된다.
- 가정: 청소, 요리, 빨래 등 가사를 돕는 가정용 로봇이 개발되고 있다. 이런 로봇은 집안 구조를 학습하고 가족 구성원들의 습관을 이해하여 효율적으로 일을 처리할 수 있다.

4. Embodied AI 구현 기술

4.1. 주의집중 메커니즘 (Attention Mechanism): AI의 감각과 인지 능력 향상, 세상을 더욱 깊이 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

주의집중 메커니즘은 AI가 인간처럼 '맥락에 맞춰 중요한 정보에 집중'할 수 있도록 만들기 위해 탄생했다. 초기의 AI는 마치 갓 태어난 아기처럼, 주변의 모든 감각 정보를 똑같이 중요하게 여겼다. 예를 들어, Embodied AI 로봇이 방 안을 돌아다닐 때, 벽의 질감, 바닥의 먼지, 창문 밖 풍경 등 모든 정보를 동일하게 처리했다. 하지만 인간은 상황에 따라 중요한 정보에 집중한다. 길을 찾을 때는 주변 지형지물에, 대화할 때는 상대방의 표정과 목소리에 더 주목한다. AI도 이렇게 할 수 있다면 더 효율적으로 세상을 이해하고 상호작용할 수 있을 것이라는 생각에서 주의집중 메커니즘이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

주의집중 메커니즘은 AI에게 '선택과 집중'의 능력을 부여하는 기술이다. 이는 마치 숲속에서 길을 잃었을 때 나침반을 보며 방향을 찾는 것과 같다. 나침반은 우리에게 북쪽이 어디인지 알려주어 불필요한 방향을 줄여준다. 주의집중 메커니즘은 AI에게 이런 나침반 역할을 한다. 예를 들어, 자율주행 자동차가 복잡한 도로에서 주변 차량, 보행자, 신호등 등 중요한 정보에 집중하게 하거나, Embodied AI 로봇이 물체를 잡을 때 물체의 모양, 크기, 위치 등에 집중하게 한다. 이를 통해 AI는 불필요한 정보는 걸러내고 중요한 정보에만 집중하여 더 효율적으로 작업을 수행할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

주의집중 메커니즘의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- 자율주행 AI: 테슬라의 자율주행 시스템은 주의집중 메커니즘을 사용하여 주변 환경을 인식한다. 예를 들어, 교차로에서 좌회전할 때, AI는 좌측에서 오는 차량, 보행자 신호등, 횡단보도 등에 더 집중한다. 이를 통해 안전하게 좌회전을 할 수 있다.
- 로봇팔 AI: 아마존 물류센터의 로봇팔은 주의집중 메커니즘을 활용하여 물건을 집는다. 예를 들어, 컨베이어 벨트에서 특정 물건을 집을 때, AI는 물건의 모양, 크기, 위치 등에 집중한다. 이를 통해 다른 물건과 착각하지 않고 정확하게 물건을 집어 올릴 수 있다.
- 드론 AI: 농작물 관리에 사용되는 드론은 주의집중 메커니즘을 이용하여 농작물의 상태를 파악한다. 예를 들어, 병충해가 발생한 농작물을 찾을 때, AI는 잎의 색깔, 모양, 질감 등에 집중한다. 이를 통해 병충해 발생 여부를 빠르고 정확하게 판단할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

주의집중 메커니즘의 중요성은 AI의 ‘효율성’과 ‘안전성’을 크게 높인다는 점에 있다. 이는 마치 등산가가 험난한 산길을 오를 때 지도를 보며 길을 찾는 것과 같다. 지도는 우리에게 안전한 길을 알려주어 불필요한 위험을 줄여준다.

예를 들어, Embodied AI 재난 구조 로봇을 생각해보자. 무너진 건물 속에서 생존자를 찾는 로봇이 있다고 가정하자. 주의집중 메커니즘이 없다면 이 로봇은 건물 잔해의 모든 부분을 동일하게 탐색할 것이다. 하지만 주의집중 메커니즘을 사용하면, 로봇은 생존자가 있을 만한 공간, 소리, 열 등에 더 집중하여 탐색할 수 있다. 이는 생존자 발견 확률을 높이고, 탐색 시간도 단축시킬 수 있다.

또한, 주의집중 메커니즘은 AI의 행동을 더 쉽게 예측하고 제어할 수 있게 해준다. AI가 어떤 정보에 집중했는지를 분석하면, AI가 왜 특정 행동을 했는지 이해할 수 있다. 이는 AI의 안전성을 확보하는 데 중요한 역할을 한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

주의집중 메커니즘은 우리 일상 곳곳의 AI 및 Embodied AI 서비스에서 활용되고 있다:

- 로봇 청소기: 집안 구조를 파악하고 장애물을 피하며 효율적인 청소 경로를 설정한다.
- 배달 로봇: 복잡한 도시 환경에서 보행자, 차량, 신호등 등을 인식하며 안전하게 이동한다.
- 협동 로봇: 작업자와 함께 작업할 때, 작업자의 움직임, 도구의 위치 등을 파악하여 안전하고 효율적으로 협업한다.
- 안내 로봇: 사람들의 질문 의도를 파악하고 필요한 정보를 제공한다.
- 헬스케어 로봇: 환자의 상태를 모니터링하고 위험 신호를 감지하여 의료진에게 알린다.

4.2. 엣지 AI (Edge AI): 인공지능, 현장에서 즉각적인 판단을 내린다

① 왜 나오게 되었는가?

엣지 AI는 AI를 더 빠르고 안전하게 만들기 위해 탄생했다. 예전 AI는 마치 모든 결정을 본사에 물어보는 직원처럼 작동했다. Embodied AI 로봇이 센서를 통해 정보를 수집하면, 그 데이터는 멀리 있는 데이터 센터로 보내져 분석된 후 다시 로봇에게 명령이 전달되었다. 이 과정에서 시간도 오래 걸리고, 데이터 전송 중 오류나 해킹의 위험도 있었다. 또, 통신 환경이 좋지 않으면 AI는 아예 작동할 수 없었다. 이런 문제들을 해결하기 위해 "AI를 현장에 보내자"는 아이디어에서 엣지 AI가 탄생했다. 온디바이스 AI가 개별 기기 자체의 지능을 강화하는 데 초점을 둔다면, 엣지 AI는 기기와 가까운 곳에 위치한 소형 서버나 게이트웨이를 활용하여 더욱 강력한 처리 능력을 제공한다.

② 쉽게 설명하면?

엣지 AI는 '현장 전문가' AI라고 생각하면 쉽다. 본사의 전문가를 기다리지 않고, 현장에 있는 전문가가 바로 결정을 내리는 것처럼 작동한다. 예를 들어, Embodied AI 로봇이 사람과 대화할 때, 엣지 AI를 사용하면 로봇 자체에서 음성을 인식하고 처리하여 즉각적인 응답을 생성할 수 있다. 이는 로봇이 마치 사람처럼 자연스럽게 즉각적인 대화를 가능하게 한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

엣지 AI의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- 자율주행 자동차: 도로 위의 자율주행차는 엣지 AI의 좋은 예시다. 차량이 장애물을 만났을 때, 멀리 있는 서버에 물어볼 시간이 없다. 차량 자체에 탑재된 AI가 즉시 판단하고 브레이크를 밟아야 한다. 이것이 바로 엣지 AI의 역할이다.
- 스마트 홈 카메라: 집 현관에 설치된 카메라가 있다고 생각해보자. 이 카메라가 수상한 사람을 발견했을 때, 영상을 서버로 보내고 분석 결과를 기다리는 것은 너무 늦다. 엣지 AI를 사용하면 카메라 자체에서 즉시 위험을 감지하고 경보를 울릴 수 있다.
- 웨어러블 건강 기기: 심장 박동 수를 체크하는 스마트워치를 생각해보자. 엣지 AI를 사용하면 워치 자체에서 심장 박동이 위험한 수준인지 즉시 판단하고 경고를 줄 수 있다. 인터넷 연결이 없는 곳에서도 작동할 수 있어 더욱 안전하다.
- Embodied AI 로봇: 엣지 AI는 Embodied AI 로봇이 실시간으로 환경을 인지하고 반응하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들어, Embodied AI 로봇이 갑작스러운 장애물을 만났을 때, 엣지 AI는 로봇이 즉시 장애물을 피하거나 멈출 수 있도록 돕는다. 특히, 여러 대의 로봇이 협력하여 작업하는 환경에서는 엣지 AI를 통해 로봇 간의 실시간 정보 교환 및 협업이 가능해져 작업 효율성을 높일 수 있다. 또한, 엣지 AI를 통해 Embodied AI 로봇은 사용자의

음성 명령을 즉시 인식하고 반응하거나, 얼굴 표정을 분석하여 감정 상태를 파악하고 적절한 상호작용을 할 수 있다. 이처럼 옛지 AI는 빠른 반응 속도가 필요한 상황이나 여러 기기의 협업이 필요한 환경에서 특히 유용하다.

④ 왜 중요한가?

옛지 AI의 중요성은 'AI의 실생활 활용도'를 크게 높인다는 점에 있다. 이는 마치 소방서를 동네마다 만드는 것과 같다. 화재가 났을 때 멀리 있는 소방서를 기다리는 것보다 가까운 곳의 소방서가 출동하는 것이 더 효과적이다.

예를 들어, 공장에서 사용되는 AI 품질 관리 시스템을 생각해보자. 옛지 AI를 사용하면 제품의 불량률을 실시간으로 감지하고 즉시 생산라인을 멈출 수 있다. 이는 불량품 생산을 최소화하고 비용을 절감하는 데 큰 도움이 된다.

또한, 옛지 AI는 개인정보 보호에도 중요하다. 데이터를 외부 서버로 보내지 않고 기기 내에서 처리하므로 정보 유출 위험이 줄어든다. 이는 의료 데이터나 금융 정보 같은 민감한 정보를 다룰 때 특히 중요하다. 온디바이스 AI가 개별 기기의 개인정보 보호에 초점을 둔다면, 옛지 AI는 여러 기기에서 수집된 데이터를 안전하게 통합하고 분석하여 더욱 정확하고 효율적인 서비스를 제공하는 데 기여한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

옛지 AI는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- **Embodied AI 로봇:** 옛지 AI는 Embodied AI 로봇에게 실시간 상황 판단 능력을 제공하여, 로봇이 빠르게 변화하는 환경에 적응하고 효과적으로 작업을 수행할 수 있도록 돕는다. 예를 들어, 옛지 AI를 통해 로봇은 사람과의 안전한 상호작용, 복잡한 환경에서의 자율 주행, 실시간 물체 인식 및 조작 등을 수행할 수 있다. 또한, 옛지 AI를 통해 로봇은 사용자의 음성 명령을 즉시 인식하고 반응하거나, 얼굴 표정을 분석하여 감정 상태를 파악하고 적절한 상호작용을 할 수 있다.
- **스마트 홈:** 음성 명령을 인식하거나 에너지 사용을 최적화하는 데 활용된다.
- **농업:** 드론이 농작물의 상태를 실시간으로 분석하고 필요한 조치를 취한다.
- **유통:** 매장 내 재고를 실시간으로 파악하고 자동으로 발주한다.
- **의료:** 웨어러블 기기가 환자의 상태를 지속적으로 모니터링하고 이상 징후를 감지한다.

4.3. 멀티모달 퓨전 (Multimodal Fusion): 인공지능의 오감 통합, 더욱 풍부한 세상 이해를 위한 열쇠

① 왜 나오게 되었는가?

멀티모달 퓨전은 Embodied AI에게 ‘오감’을 주기 위해 탄생했다. 로봇이나 자율주행차와 같은 Embodied AI는 실제 환경에서 작동하며, 다양한 센서를 통해 환경과 상호작용한다. 하지만 초기의 Embodied AI는 마치 한 가지 감각만 가진 존재처럼 제한적으로 정보를 처리했다. 이런 한계를 극복하고 Embodied AI가 인간처럼 다양한 정보를 종합적으로 이해할 수 있도록 멀티모달 퓨전 기술이 개발되었다. 이는 Embodied AI가 복잡하고 역동적인 실제 환경에 더욱 효과적으로 대응할 수 있게 해준다.

② 쉽게 설명하면?

멀티모달 퓨전은 Embodied AI가 ‘여러 가지 센서 정보를 동시에 고려하여 환경을 이해하는 능력’이라고 할 수 있다. 이는 마치 요리사가 여러 가지 재료를 조화롭게 섞어 맛있는 요리를 만드는 것과 비슷하다. Embodied AI는 카메라(시각), 마이크(청각), 압력 센서(촉각) 등 다양한 센서 데이터를 ‘재료’로 사용하여 더 정확하고 풍부한 ‘요리(환경 이해)’를 만들어낸다. 예를 들어, 자율주행차는 카메라, 라이다, 레이더 등의 정보를 종합하여 주변 환경을 더욱 정확하게 파악할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

멀티모달 퓨전의 실제 활용 사례를 살펴보자:

- 서비스 로봇: 서비스 로봇은 멀티모달 퓨전을 활용하여 사용자와 더 자연스럽게 상호작용한다. 예를 들어, 사용자가 “저기 있는 빨간 컵 좀 가져다 주세요”라고 말하면, 로봇은 음성 명령(청각), 사용자의 시선 방향(시각), 주변 물체의 위치(공간 정보) 등을 종합하여 어떤 컵을 가져다 줘야 할지 이해할 수 있다.
- 산업용 로봇: 공장에서 일하는 로봇은 멀티모달 퓨전을 통해 더 정교한 작업을 수행한다. 예를 들어, 조립 로봇은 부품의 이미지(시각), 촉각 센서 데이터(촉각), 부품의 규격 정보(수치 데이터) 등을 종합하여 정확한 위치에 부품을 조립할 수 있다.
- 드론: 드론은 멀티모달 퓨전을 활용하여 복잡한 환경에서 길을 찾는다. GPS 데이터(위치 정보), 카메라 영상(시각), 가속도계와 자이로스코프 데이터(운동 정보) 등을 종합하여 장애물을 피하고 목적지까지 안전하게 비행할 수 있다.

이처럼 멀티모달 퓨전은 Embodied AI가 인간처럼 다양한 정보를 동시에 고려하여 더 정확하고 상황에 맞는 판단을 내릴 수 있게 해준다.

④ 왜 중요한가?

멀티모달 퓨전의 중요성은 Embodied AI의 ‘환경 이해력’을 크게 높인다는 점에 있다. 실제 세계는 매우 복잡하고 역동적이어서, 단일 모달리티(감각)만으로는 정확히 이해하기 어렵다. 예를 들어, 자율주행차가 카메라 영상만으로 주행한다면 안개나 악천후에 취약할 수밖에 없다. 하지만 레이더, 라이다 등 다른 센서 정보와 함께 종합적으로 분석한다면 더욱 안전하고 강건한 주행이 가능해진다.

또한, 멀티모달 퓨전은 Embodied AI와 인간의 상호작용을 더욱 자연스럽게 만든다. 인간은 말, 표정, 몸짓 등 다양한 방식으로 의사소통하는데, 멀티모달 퓨전을 통해 AI도 이런 다양한 정보를 종합적으로 이해할 수 있게 된다. 이는 서비스 로봇, 챗봇 등 인간과 직접 상호작용하는 AI에게 특히 중요하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

멀티모달 퓨전은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- 자율주행: 앞서 설명한 대로 자율주행차는 다양한 센서 정보를 융합하여 주변 환경을 이해하고 안전하게 주행한다.
- 로봇 매니퓰레이션: 로봇 팔이 물건을 집을 때, 카메라로 물체를 인식하고 촉각 센서로 적절한 힘을 조절하는 등 멀티모달 정보를 활용한다.
- 증강현실(AR) 및 혼합현실(MR): AR/MR 기기는 사용자의 음성, 제스처, 시선 등 다양한 입력을 종합하여 가상 객체와의 상호작용을 자연스럽게 만든다.
- 스마트 홈: 스마트 홈 기기는 사용자의 음성 명령, 실내 상태 센서 정보, 사용자 행동 패턴 등을 종합하여 최적의 서비스를 제공한다.

Embodied AI 기술이 발전함에 따라 로봇, 드론, 자율주행차 등 실제 환경에서 작동하는 AI 시스템이 늘어나고 있다. 이에 따라 멀티모달 퓨전의 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다. 멀티모달 퓨전은 이러한 Embodied AI들이 복잡한 실제 환경을 더욱 잘 이해하고 대응할 수 있게 하는 핵심 기술로 자리매김할 것이다.

5. 컴퓨터 비전

5.1. 컴퓨터 비전(Computer Vision): 눈을 가진 인공지능, 세상을 보고 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

컴퓨터 비전은 컴퓨터에게 ‘눈’을 달아주기 위해 탄생했다. 우리 인간은 눈으로 보고 뇌로 이해하면서 세상을 인식한다. 하지만 컴퓨터에게 세상은 단순한 숫자의 나열일 뿐이었다. 예를 들어, 우리가 귀여운 강아지 사진을 볼 때 컴퓨터는 그저 픽셀이라는 작은 점들의 집합을 보는 것과 같다. 이런 한계를 극복하고 컴퓨터가 사람처럼 이미지를 이해하고 해석할 수 있게 만들기 위해 컴퓨터 비전 기술이 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

컴퓨터 비전은 컴퓨터에게 ‘보는 능력’을 부여하는 기술이다. 이는 마치 아기가 세상을 보고 물체를 인식하는 법을 배우는 것과 비슷하다. 처음에는 단순히 색과 모양을 구분하다가, 점점 더 복잡한 것들을 인식하게 되는 것처럼 컴퓨터도 이미지나 영상을 ‘보고’ 그 안에 있는 물체를 식별하고, 상황을 이해하며, 심지어 감정까지 읽어낼 수 있게 된다.

예를 들어, 우리가 친구의 사진을 보고 “이 사람은 내 친구 철수고, 지금 행복해 보이네”라고 인식하는 것처럼, 컴퓨터 비전 기술이 적용된 시스템도 사진 속 인물을 식별하고 그 사람의 표정까지 분석할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

컴퓨터 비전의 주요 기능들을 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- 객체 인식: 이는 마치 ‘어디에 무엇이 있는지’ 찾는 것과 같다. 예를 들어, 자율주행 자동차가 도로 위의 차, 보행자, 신호등 등을 인식하는 것이 이에 해당한다.
- 이미지 분류: 이는 ‘이 사진은 어떤 종류의 사진인가’를 판단하는 것이다. 스마트폰 갤러리 앱이 자동으로 사진을 풍경, 음식, 인물 등으로 분류하는 것이 이 기술의 예다.
- 얼굴 인식: 이는 ‘이 사람이 누구인지’ 알아내는 기술이다. 스마트폰의 얼굴 인식 잠금 해제 기능이 대표적인 예시다.
- 이미지 분할: 이는 ‘이미지의 각 부분이 무엇인지’ 구분하는 것이다. 인스타그램의 배경 흐리게 하기 기능이 이 기술을 활용한다.

이러한 기능들은 딥러닝이라는 AI 기술, 특히 CNN(합성곱 신경망)이라는 특별한 AI 모델의 발전 덕분에 크게 향상되었다. CNN은 마치 인간의 시각 체계를 모방한 AI 모델로, 이미지의 특징을 효과적으로 학습할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

컴퓨터 비전의 중요성은 AI에게 ‘눈’을 달아줌으로써 AI의 활용 범위를 크게 넓힌다는 점에 있다. 이는 마치 장님에게 시력을 주는 것과 같은 혁명적인 변화다.

예를 들어, 의료 분야에서 컴퓨터 비전은 X-ray나 MRI 영상을 분석해 의사의 진단을 돕는다. 이는 마치 수십 년 경력의 전문의가 24시간 쉬지 않고 일하는 것과 같은 효과를 낸다. 실제로 일부 연구에서는 AI가 인간 의사보다 더 정확하게 암을 진단하기도 했다²⁸⁾.

또한, 컴퓨터 비전은 우리의 일상을 더욱 편리하고 안전하게 만든다. 예를 들어, 자율주행 자동차는 컴퓨터 비전을 통해 주변 상황을 인식하고 안전하게 운전한다. 이는 교통사고를 크게 줄일 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

컴퓨터 비전은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- 보안: 공항이나 대형 건물의 CCTV는 컴퓨터 비전으로 수상한 행동을 감지하고 위험 상황을 예방한다.
- 농업: 드론이 컴퓨터 비전으로 농작물의 상태를 체크하고 병충해를 조기에 발견한다.
- 엔터테인먼트: 스냅챗이나 인스타그램의 재미있는 필터들도 컴퓨터 비전 기술을 활용한다.
- 제조업: 공장에서 제품의 불량을 자동으로 검사하는 시스템에 컴퓨터 비전이 사용된다.

5.2. 객체 인식(Object Recognition): 인공지능의 눈, 세상 속 사물을 정확하게 식별하다

① 왜 나오게 되었는가?

객체 인식 기술은 컴퓨터에게 ‘사람의 눈’을 달아주기 위해 탄생했다. 우리 인간은 눈으로 보는 순간 주변의 사물들을 쉽게 구별할 수 있다. 예를 들어, 거리를 걷다 보면 자동차, 나무, 사람 등을 자연스럽게 인식한다. 하지만 컴퓨터에게 이 모든 것은 단순한 숫자의 나열일 뿐이었다. 컴퓨터는 이미지를 픽셀이라는 작은 점들의 집합으로 보기 때문에, ‘이것이 자동차다’, ‘저것이 나무다’라고 구별하는 것이 불가능했다. 이런 한계를 극복하고 컴퓨터가 사람처럼 사물을 인식하고 구별할 수 있게 만들기 위해 객체 인식 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

객체 인식은 컴퓨터가 이미지나 영상 속에서 ‘이것이 무엇인지’ 알아내는 기술이다. 이는 마치 어린아이가 그림책을 보며 사물의 이름을 배우는 것과 비슷하다. 처음에는 단순히 색과 모양을 구분하다가, 점점 더 복잡한 사물들을 인식하게 되는 것처럼 컴퓨터도 학습을 통해 다양한 사물을 인식할 수 있게 된다.

예를 들어, 우리가 친구의 사진을 보고 “이 사진에는 내 친구 철수가 있고, 뒤에는 에펠탑이 보이네”라고 인식하는 것처럼, 객체 인식 기술이 적용된 시스템도 사진 속 인물과 배경을 식별할 수 있다.

28) 인공지능: AI가 인간보다 암 진단 능력 뛰어나다는 연구 결과 나와 (웹시퍼거스, 2020)

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

객체 인식의 작동 원리를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- 특징 추출: 이는 사물의 특징적인 부분을 찾아내는 과정이다. 예를 들어, 고양이를 인식할 때 귀의 모양, 수염, 꼬리 등의 특징을 찾아낸다. 이는 마치 우리가 친구를 알아볼 때 그 사람의 특징적인 얼굴 생김새, 체형 등을 기억해내는 것과 비슷하다.
- 학습: 컴퓨터는 수많은 이미지를 보며 각 사물의 특징을 학습한다. 이는 마치 어린아이가 그림책을 반복해서 보며 사물의 이름을 외우는 것과 같다.
- 분류: 학습한 정보를 바탕으로 새로운 이미지 속 사물이 무엇인지 판단한다. 이는 우리가 처음 보는 물건도 기존 지식을 바탕으로 유추하는 것과 비슷하다.

이러한 과정은 CNN(합성곱 신경망)이라는 특별한 AI 모델을 통해 이루어진다. CNN은 마치 인간의 시각 체계를 모방한 AI 모델로, 이미지의 특징을 효과적으로 학습할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

객체 인식의 중요성은 컴퓨터에게 ‘보는 능력’을 부여함으로써 AI의 활용 범위를 크게 넓힌다는 점에 있다. 이는 마치 장님에게 시력을 주는 것과 같은 혁명적인 변화다.

예를 들어, 자율주행 자동차에서 객체 인식은 필수적이다. 자동차가 도로 위의 다른 차량, 보행자, 신호등 등을 정확히 인식해야 안전한 주행이 가능하기 때문이다. 실제로 테슬라와 같은 자율주행차 기업들은 객체 인식 기술 향상에 많은 투자를 하고 있다.

또한, 의료 분야에서도 객체 인식은 중요하게 활용된다. X-ray나 MRI 영상에서 종양을 찾아내는 데 객체 인식 기술이 사용되어 의사의 진단을 돕는다. 이는 질병의 조기 발견과 정확한 진단에 크게 기여한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

객체 인식은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- 스마트폰: 얼굴 인식 잠금 해제, 사진 촬영 시 자동 초점 맞추기 등에 사용된다.
- 보안 시스템: CCTV 영상에서 수상한 객체나 행동을 감지하는 데 활용된다.
- 농업: 드론이 농작물의 상태를 체크하고 병충해를 조기에 발견하는 데 사용된다.
- 제조업: 생산 라인에서 제품의 불량을 자동으로 검사하는 데 활용된다.

5.3. 객체 탐지(Object Detection): 인공지능의 매의 눈, 세상 속 사물을 찾아내고 위치까지 파악하다

① 왜 나오게 되었는가?

객체 탐지 기술은 AI에게 ‘매의 눈’을 달아주기 위해 탄생했다. 기존의 객체 인식 기술은 단순히 “이 사진에 고양이가 있어”라고 말할 수 있었지만, 현실 세계에서는 이것만으로는 부족했다. 예를 들어, 자율주행 자동차가 도로를 달릴 때는 “저기에 사람이 있어”라는 정보만으로는 안전 운행이 불가능하다. “오른쪽 3미터 앞에 사람이 있어”라는 구체적인 위치 정보가 필요하다. 이처럼 사물의 존재뿐만 아니라 정확한 위치와 크기까지 파악해야 하는 상황이 많아지면서 객체 탐지 기술이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

객체 탐지는 AI가 ‘숨은그림찾기’를 하는 것과 비슷하다. 사진이나 영상 속에서 특정 물체를 찾아내고, 그 물체가 어디에 있는지, 얼마나 큰지까지 알아내는 기술이다. 예를 들어, 운동장 사진에서 “축구공이 왼쪽 아래 모서리에 있고, 크기는 전체 사진의 약 5% 정도 돼”라고 말할 수 있는 능력이다. 이는 단순히 “축구공이 있어”라고 말하는 객체 인식보다 한 단계 더 발전된 기술이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

객체 탐지의 작동 원리를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- **영역 제안:** AI가 먼저 물체가 있을 만한 곳을 대략적으로 추측한다. 이는 마치 우리가 방을 정리할 때 대충 물건이 있을 만한 곳을 먼저 둘러보는 것과 비슷하다.
- **특징 추출:** 추측한 영역에서 물체의 특징을 자세히 살펴본다. 예를 들어, 고양이를 찾을 때 귀 모양, 꼬리, 수염 등을 확인한다. 이는 우리가 잃어버린 물건을 찾을 때 그 물건의 특징을 하나씩 떠올리며 찾는 것과 유사하다.
- **분류 및 위치 조정:** 찾은 물체가 무엇인지 판단하고, 정확한 위치와 크기를 결정한다. 마치 퍼즐 조각을 맞추듯 물체의 정확한 윤곽을 잡아낸다.

이러한 과정은 YOLO(You Only Look Once)나 Faster R-CNN 같은 특별한 AI 알고리즘을 통해 이루어진다. YOLO는 사진을 한 번에 쭉 훑어보고 물체를 찾아내는 빠른 방식이고, Faster R-CNN은 조금 더 꼼꼼히 살펴보는 정확한 방식이다.

④ 왜 중요한가?

객체 탐지의 중요성은 AI에게 ‘상황 판단 능력’을 부여한다는 점에 있다. 이는 마치 운전자가 도로 상황을 정확히 파악하고 대처하는 것과 같다.

예를 들어, 자율주행 자동차에서 객체 탐지는 필수적이다. 도로 위의 다른 차량, 보행자, 신호등 등의 위치와 크기를 정확히 파악해야 안전한 주행이 가능하기 때문이다. 실제로 테슬라의 오토파일럿 시스템은 고성능 객체 탐지 기술을 사용하여 주변 상황을 실시간으로 분석한다.

또한, 의료 분야에서도 객체 탐지는 중요하게 활용된다. X-ray나 MRI 영상에서 종양의 위치와 크기를 정확히 찾아내는 데 사용되어 의사의 진단을 돕는다. 이는 질병의 조기 발견과 정확한 치료 계획 수립에 크게 기여한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

객체 탐지는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- 보안 시스템: CCTV 영상에서 수상한 인물이나 물체를 감지하고 그 위치를 추적한다.
- 리테일: 매장 내 고객의 동선을 분석하거나, 진열대의 상품 재고를 파악하는 데 사용된다.
- 스포츠 중계: 축구 경기에서 선수들의 위치를 실시간으로 추적하고 분석하는 데 활용된다.
- 농업: 드론이 촬영한 영상에서 작물의 상태나 병충해를 정확히 찾아내는 데 사용된다.
- 증강현실(AR): 스마트폰 카메라로 주변을 비추면 실시간으로 물체를 인식하고 관련 정보를 표시해준다.

5.4. 자세 추정(Pose Estimation): 인공지능의 몸짓 언어 해독, 움직임 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

자세 추정 기술은 AI에게 ‘몸짓 언어’를 가르치기 위해 탄생했다. 우리 인간은 말을 하지 않아도 상대방의 자세나 몸짓을 보고 많은 것을 이해할 수 있다. 예를 들어, 누군가가 손을 흔들면 인사하는 것인지, 택시를 잡으려는 것인지 쉽게 알 수 있다. 하지만 AI에게는 이런 자세나 움직임이 그저 의미 없는 픽셀의 변화일 뿐이었다. AI가 인간의 움직임을 이해하고 그 의미를 파악할 수 있게 하기 위해 자세 추정 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

자세 추정은 AI가 사진이나 영상 속 사람의 ‘뼈대’를 그리는 것과 비슷하다. 우리가 막대기로 사람 모양을 그릴 때처럼, AI는 사람의 주요 관절(예: 어깨, 팔꿈치, 무릎 등)을 찾아 연결한다. 이렇게 만들어진 ‘디지털 뼈대’를 통해 AI는 사람의 자세와 움직임을 이해한다. 예를 들어, “팔을 위로 올리고 있다”, “앉아있다”, “달리고 있다” 등을 파악할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

자세 추정의 작동 원리를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- **관절 위치 파악:** AI가 이미지에서 사람의 주요 관절 위치를 찾아낸다. 이는 마치 우리가 별자리를 찾을 때 주요 별들의 위치를 파악하는 것과 비슷하다.
- **관절 연결:** 파악된 관절들을 선으로 연결하여 사람의 뼈대 모양을 만든다. 이는 점과 점을 잇는 선 굿기 놀이와 유사하다.
- **자세 해석:** 만들어진 뼈대 모양을 분석하여 자세를 해석한다. 예를 들어, 무릎이 구부러지고 팔이 앞으로 흔들리는 모양이면 ‘달리기’ 자세로 해석할 수 있다.

이러한 과정은 오픈포즈(OpenPose), 포즈넷(PoseNet) 같은 특별한 AI 모델을 통해 이루어진다.

오픈포즈(OpenPose)는 이미지나 비디오에서 사람의 자세를 실시간으로 감지할 수 있는 오픈소스 라이브러리이다. 마치 숙련된 무용 선생님이 학생들의 자세를 꼼꼼히 체크하듯, 오픈포즈(OpenPose)는 사람의 관절 위치를 정확하게 파악하고 연결한다.

포즈넷(PoseNet)은 모바일 기기에서도 쉽게 사용할 수 있도록 경량화된 자세 추정 모델이다. 마치 간편한 자세 교정 앱처럼, 포즈넷(PoseNet)은 누구나 손쉽게 자세 추정 기술을 활용할 수 있게 해준다.

이 모델들은 대량의 자세 데이터를 학습함으로써 사람의 자세를 이해하는 방법을 익힌다. 마치 무용수가 오랜 훈련을 통해 동작을 익히듯, 이 AI 모델들은 데이터를 통해 자세 추정 능력을 키운다. 이렇게 훈련된 모델은 새로운 이미지나 비디오에서도 정확하게 자세를 파악할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

자세 추정의 중요성은 AI에게 ‘눈치 보는 능력’을 부여한다는 점에 있다. 이는 마치 우리가 상대방의 표정과 몸짓을 보고 기분이나 의도를 파악하는 것과 같다.

예를 들어, 노인 돌봄 로봇에서 자세 추정은 매우 중요하다. 로봇이 노인의 자세를 정확히 파악할 수 있다면, 노인이 넘어졌을 때 즉시 알아차리고 도움을 줄 수 있다. 실제로 일본에서는 이러한 기술을 활용한 노인 돌봄 시스템을 개발하고 있다.

또한, 스포츠 분야에서도 자세 추정은 중요하게 활용된다. 예를 들어, 테니스 선수의 서브 동작을 분석하여 효과적인 기술 향상 방법을 제시할 수 있다. 프로 선수들의 동작을 AI가 분석하여 아마추어 선수들에게 맞춤형 조언을 제공하는 서비스도 등장하고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

자세 추정 은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- 헬스케어: 홈트레이닝 앱에서 사용자의 운동 자세를 분석하고 교정해준다.
- 보안: CCTV에서 수상한 행동(예: 싸움, 쓰러짐)을 감지하여 신속하게 대응한다.
- 엔터테인먼트: 비디오 게임에서 플레이어의 동작을 인식하여 게임 캐릭터를 조종한다.
- 스포츠 중계: 선수들의 동작을 실시간으로 분석하여 경기 해설에 활용한다.
- 애니메이션: 실제 배우의 연기를 애니메이션 캐릭터에 자연스럽게 적용한다.

5.5. 얼굴 인식 (Face Recognition): 인공지능의 능력, 사람의 얼굴을 구별하다

① 왜 나오게 되었는가?

얼굴 인식 기술은 AI에게 ‘사람 얼굴을 기억하는 능력’을 부여하기 위해 탄생했다. 우리 인간은 수천 명의 얼굴을 기억하고 순식간에 누구인지 알아볼 수 있다. 예를 들어, 오랜만에 만난 초등학교 동창을 한눈에 알아보는 것처럼 말이다. 하지만 AI에게 얼굴은 그저 복잡한 선과 색의 집합일 뿐이었다. AI가 우리처럼 얼굴을 기억하고 구별할 수 있게 만들기 위해 얼굴 인식 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

얼굴 인식은 AI가 사람의 얼굴을 ‘지문’처럼 다루는 기술이다. 우리 지문이 각자 고유하듯이, 얼굴의 특징도 사람마다 다르다. AI는 이 고유한 얼굴 특징을 분석하고 기억한다. 예를 들어, 눈 사이의 거리, 코의 모양, 입술의 곡선 등을 세밀하게 측정하고 기록한다. 그래서 나중에 같은 얼굴을 다시 보면 “아, 이 사람은 김철수구나!” 라고 인식할 수 있게 되는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

얼굴 인식의 작동 원리를 실생활의 예와 함께 살펴보자:

- 얼굴 감지: AI가 이미지에서 얼굴 부분을 찾아낸다. 이는 마치 우리가 군중 속에서 사람 얼굴만을 찾아내는 것과 비슷하다.
- 특징 추출: 찾아낸 얼굴에서 중요한 특징들을 분석한다. 예를 들어, 눈썹의 모양, 광대뼈의 위치, 턱선의 각도 등을 측정한다. 이는 경찰이 용의자의 특징을 기록하는 것과 유사하다.

- **얼굴 비교:** 추출한 특징을 데이터베이스에 저장된 얼굴들과 비교한다. 이는 마치 미아를 찾기 위해 사진을 들고 거리를 돌아다니며 찾는 것과 비슷하다.

이러한 과정은 CNN(합성곱 신경망)이라는 특별한 AI 모델을 통해 이루어진다. CNN은 마치 인간의 시각 체계를 모방한 AI 모델로, 얼굴의 특징을 효과적으로 학습할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

얼굴 인식의 중요성은 '신원 확인의 자동화'에 있다. 이는 마치 모든 사람에게 보디가드를 붙여주는 것과 같은 효과를 낸다.

예를 들어, 공항에서의 얼굴 인식 시스템을 생각해보자. 과거에는 직원이 일일이 여권 사진과 실제 얼굴을 대조해야 했다. 하지만 얼굴 인식 기술 덕분에 이 과정이 몇 초 만에 자동으로 이루어진다. 이는 출입국 절차를 크게 간소화하고, 동시에 보안을 강화한다.

또한, 얼굴 인식은 범죄 예방과 해결에도 중요한 역할을 한다. CCTV 영상에서 용의자를 신속하게 식별할 수 있어, 수사 시간을 단축하고 범죄 해결률을 높일 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

얼굴 인식은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다:

- **스마트폰:** 얼굴로 잠금을 해제하거나, 사진 앱에서 인물별로 사진을 자동 분류한다.
- **금융:** 은행에서 계좌 개설 시 본인 확인 절차를 간소화한다.
- **마케팅:** 매장에서 VIP 고객을 자동으로 인식하여 맞춤 서비스를 제공한다.
- **보안:** 회사나 아파트의 출입 통제 시스템에 활용된다.
- **엔터테인먼트:** SNS의 얼굴 필터나 AR 게임에서 사용자의 얼굴을 인식하고 가상 효과를 적용한다.

III-3. 생성형 AI의 내부 엿보기: 희소 오토인코더를 통해 드러난 AI 답변 방식

2024년은 생성형 AI의 답변 방식을 이해하는 데 있어 중요한 진전이 있었던 해로 기록될 것이다. 그동안 AI 모델들은 블랙박스로 여겨져 왔고, 그 작동 원리가 명확히 밝혀지지 않아 두려움의 대상이 되기도 했다. 하지만 5월, 인공지능 스타트업 앤스로픽(Anthropic)이 AI의 답변 방식을 부분적으로나마 해석할 수 있게 되었다는 소식을 전하면서 이러한 우려에 제동을 걸었다.

비록 완벽하지는 않지만, 인공지능의 답변 과정을 일부 해석할 수 있게 된 것은 큰 성과로 평가된다. 그동안 인공지능이 인간의 뇌와 유사한 방식으로 작동할 것이라는 가정 하에 모델링이 이루어져 왔지만, 실제로 그러한지는 이번에 처음으로 확인된 셈이다.

6월에는 오픈AI도 GPT-4의 답변 방식을 희소 오토인코더(Sparse Autoencoder)를 통해 해석하는 데 성공했다. 희소 오토인코더는 데이터의 압축과 복원 과정에서 중요한 특징만을 추출하는 방식으로, 이를 통해 GPT-4의 내부 작동 메커니즘을 들여다볼 수 있게 된 것이다.

희소 오토인코더를 활용한 연구는 아직 초기 단계이며, 해결해야 할 과제가 많이 남아 있다. 단기적으로는 이번 연구를 통해 발견된 특징들이 언어 모델의 동작을 모니터링하고 조정하는 데 실질적인 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어, 언어모델의 편향성을 파악하고 개선하거나, 학습 데이터를 효율적으로 관리하여 모델의 성능을 향상시키는 데 활용할 수 있다.

장기적인 관점에서 봤을 때, 해석 가능성 연구는 강력한 AI 모델에 대한 신뢰도를 높이는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 만약 AI 모델의 동작 원리를 명확히 이해할 수 있게 된다면, 모델의 안전성과 견고성을 보다 정확히 평가할 수 있게 될 것이다. 이는 강력한 AI 모델에 대한 사회적 신뢰를 크게 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

생성형 AI의 답변 방식을 엿볼 수 있게 된 것은 AI 기술 발전에 있어 중요한 이정표가 될 것이다. 블랙박스로 여겨졌던 AI 모델의 내부를 들여다볼 수 있게 됨으로써, 우리는 AI에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있게 되었다. 앞으로 이러한 연구가 더욱 진전된다면, AI와 인간의 협업 가능성도 한층 높아질 것으로 기대된다. 희소 오토인코더를 통해 드러나기 시작한 AI의 답변 방식은 우리에게 새로운 통찰을 제공할 것이며, AI에 대한 막연한 두려움을 걷어내는 데도 도움이 될 것이다.

- 앤트로픽이 처음으로 대형언어모델(LLM)의 내부 작동 방식을 자세히 들여다보는 데 성공했다고 밝혔다. 또 이를 통해 LLM을 조작한 사례도 공개했다. 이를 통해 LLM의 ‘블랙박스’ 문제를 해결한 단서를 찾았다고 전했다.²⁹⁾
- 일반적인 소프트웨어는 인간의 설계를 기반으로 개발하기 때문에 각 기능의 메커니즘을 이해한 후 기능을 수정하거나 평가할 수 있다. 반면 AI 개발에서는 신경망 학습 알고리즘 자체는 인간이 설계하지만 신경망 학습은 자동으로 수행되기 때문에, 완성된 신경망의 작동 방식은 인간이 해석하기가 어렵고 수정이나 평가도 어렵다. 이 때문에 LLM 내부는 ‘블랙박스’라고 불린다.³⁰⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 생성형 AI 분석 기술

1.1. 희소 오토인코더 (Sparse Autoencoder): 인공지능의 압축 기술, 중요한 정보만 남기고 효율성을 높인다

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 모델은 방대한 데이터를 학습하면서 복잡한 패턴을 파악한다. 하지만 이 과정에서 불필요한 정보까지 함께 학습하게 되면, 모델의 크기가 커지고 연산 속도가 느려지는 문제가 생길 수 있다. 마치 옷장 안에 잘 입지 않는 옷들까지 가득 채워져 있으면, 정작 필요한 옷을 찾기 힘들어지는 것과 같은 이치이다. 이러한 문제를 해결하고 인공지능 모델의 효율성을 높이기 위해 희소 오토인코더(Sparse Autoencoder)라는 기술이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

희소 오토인코더는 데이터의 핵심적인 특징만을 추출하여 압축하고, 이를 다시 원래의 형태로 복원하는 인공지능 모델이다. 마치 옷장 정리를 통해 자주 입지 않는 옷을 버리고 꼭 필요한 옷만 남겨두는 것처럼, 희소 오토인코더는 데이터에서 중요한 정보만 골라내고 불필요한 정보는 제거하여 모델의 크기를 줄이고 연산 속도를 높이는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

희소 오토인코더는 이미지 압축, 특징 추출, 이상 탐지 등 다양한 분야에서 활용된다. 예를 들어, 우리가 스마

29) 앤트로픽 “LLM 작동 방식 첫 해석 성공...모델 조작도 가능” (임대준, 앤트로픽 “LLM 작동 방식 첫 해석 성공...모델 조작도 가능”, 2024)

30) 오픈AI “GPT-4 내부 작동 방식 파악...해석 가능한 패턴 1600만개 추출” (박찬, 2024)

트폰으로 찍은 고화질의 사진을 클라우드에 저장할 때, 희소 오토인코더를 이용하면 사진의 용량을 줄이면서도 중요한 정보는 보존할 수 있다. 이렇게 압축된 사진을 다시 확인할 때는, 희소 오토인코더가 압축된 정보를 이용해 원본과 거의 같은 품질의 사진으로 복원해낸다. 또한 얼굴 인식 기술에서도 희소 오토인코더가 활용된다. 얼굴 이미지에서 눈, 코, 입 등의 주요 특징을 추출하여 압축함으로써, 적은 용량으로도 효과적인 얼굴 인식이 가능해진다.

④ 왜 중요한가?

희소 오토인코더는 인공지능 모델의 효율성을 높이는 데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 모델의 크기를 줄이고 연산 속도를 높임으로써, 제한된 컴퓨팅 자원을 가진 모바일 기기나 사물인터넷(IoT) 기기에서도 인공지능을 구현할 수 있게 된다. 또한 빅데이터 시대에 기하급수적으로 늘어나는 데이터를 처리하는 데에도 희소 오토인코더가 큰 도움을 줄 수 있다. 방대한 데이터에서 핵심적인 정보만 추출하여 압축함으로써, 데이터 저장 공간을 절약하고 분석 속도를 높일 수 있기 때문이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

희소 오토인코더는 이미지 압축, 특징 추출, 이상 탐지 외에도 추천 시스템, 자연어 처리 등 다양한 분야에서 활용된다. 추천 시스템의 경우, 희소 오토인코더를 통해 사용자의 선호도를 나타내는 핵심 정보를 압축하고, 이를 바탕으로 개인화된 추천을 제공할 수 있다. 자연어 처리에서는 텍스트 데이터에서 중요한 키워드나 문장을 추출하는 데 희소 오토인코더가 사용된다. 이렇게 추출된 정보는 문서 분류, 감성 분석, 챗봇 등 다양한 자연어 처리 응용 분야에 활용된다. 이처럼 희소 오토인코더는 인공지능 기술의 발전에 있어 없어서는 안 될 중요한 역할을 담당하고 있다.

2. 생성형 AI 내부 표상 분석

2.1. 단일의미성 (Monosemanticity): 인공지능의 명확한 개념 정의, 혼란을 줄이고 해석력을 높인다

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 모델, 특히 생성형 AI 모델은 방대한 데이터를 학습하여 새로운 콘텐츠를 만들어내는 능력을 갖추고 있다. 하지만 이 과정에서 하나의 단어나 표현이 여러 가지 의미를 가지는 다의성(polysemy)의 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어, '사과'라는 단어는 과일을 의미할 수도 있고, 잘못을 인정하고 용서를 구하는 행위를 뜻할 수도 있다. 이런 다의성은 인공지능 모델이 언어를 이해하고 활용하는 데 있어 혼란을 야기할 수 있다. 이 문제를 해결하고 인공지능 모델의 언어 이해 능력과 정확성을 향상시키기 위해 단일의미성(monosemanticity)이라는 개념이 도입되었다.

② 쉽게 설명하면?

단일의미성이란, 인공지능 모델이 학습하는 단어나 표현이 오직 하나의 의미만을 가지도록 하는 것을 말한다. 마치 우리가 사전을 찾아볼 때, 각 단어의 정확한 의미를 확인할 수 있는 것처럼, 단일의미성은 인공지능 모델이 각각의 단어나 표현을 명확하고 일관되게 이해할 수 있도록 돕는다. 이를 통해 모델이 언어를 처리하고 해석하는 과정에서 생길 수 있는 혼동을 최소화하고, 더 정확한 결과를 도출할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

단일의미성의 개념을 이해하기 위해, 챗봇과의 대화를 예로 들어보자. 사용자가 “I went to Bank today.(나는 오늘 Bank에 갔었다)”라고 말했다고 가정해보자. 여기서 ‘BANK’라는 단어는 은행이라는 금융 기관을 의미할 수도 있고, 강가나 호숫가의 경사진 둑이라는 뜻할 수도 있다. 만약 챗봇이 이 단어를 금융 기관이 아닌 다른 의미로 이해한다면, 대화의 맥락에 맞지 않는 엉뚱한 답변을 할 가능성이 크다. 하지만 챗봇이 ‘은행’이라는 단어를 항상 금융 기관으로 일관되게 이해한다면, 사용자의 말을 정확히 파악하고 적절한 답변을 제공할 수 있을 것이다. 이것이 바로 단일의미성이 인공지능 모델의 언어 이해에 기여하는 방식이다.

④ 왜 중요한가?

단일의미성은 인공지능 모델의 언어 이해 능력과 신뢰성을 높이는 데 매우 중요한 역할을 한다. 모델이 단어와 표현의 의미를 명확하고 일관되게 파악할 수 있다면, 언어 처리 과정이 더욱 투명해지고 예측 가능해진다. 이는 인공지능 모델의 결과에 대한 사용자의 신뢰도를 높이는 데 기여한다. 또한, 단일의미성은 모델이 언어 처리 과정에서 발생할 수 있는 오류와 편향을 줄이는 데에도 도움이 된다. 따라서 단일의미성은 인공지능 모델의 성능과 활용 가능성을 높이는 핵심 요소라고 할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

단일의미성은 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP), 이미지 인식, 추천 시스템 등 인공지능의 다양한 분야에서 활용된다. 자연어 처리 분야에서는 단어 임베딩(word embedding) 기술을 통해 단어의 의미를 벡터(vector) 공간에 표현할 때, 각 단어가 하나의 의미만을 가지도록 하여 모델의 이해력을 높인다. 이미지 인식에서는 객체 탐지 모델이 특정 사물을 정확히 인식하고 분류하는 데 있어 단일의미성이 중요한 역할을 한다. 예를 들어, ‘Apple’이라는 단어가 과일을 의미하는 것과 전자 기기 브랜드를 의미하는 것을 구분할 수 있어야 한다. 추천 시스템에서도 사용자의 선호도를 보다 정확히 파악하고 개인화된 추천을 제공하는 데 단일의미성이 활용될 수 있다. 이렇듯 단일의미성은 인공지능 기술의 다양한 응용 분야에서 모델의 성능과 신뢰성을 높이는 데 기여하고 있다.

2.2. 추론 체인 (Inference Chain): 인공지능의 사고 과정을 한눈에! 단계별 추론으로 AI의 생각을 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

최근 인공지능, 특히 딥러닝(Deep Learning) 모델은 매우 복잡한 구조와 수많은 매개변수를 가지고 있어, 모델이 어떤 과정을 거쳐 결과를 도출하는지 이해하기 어려운 경우가 많다. 이러한 ‘블랙박스’ 문제는 인공지능 모델의 예측 결과를 신뢰하고 활용하는 데 걸림돌이 되고 있다. 더욱이 모델의 편향이나 오류를 발견하고 수정하는 것도 쉽지 않다. 이런 문제를 해결하고 인공지능 모델의 의사결정 과정을 투명하게 이해하기 위해, 추론 체인(Inference Chain)이라는 개념이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

추론 체인은 인공지능 모델이 입력 데이터를 처리하고 최종 출력을 생성하는 과정을 단계별로 분석하는 방법이다. 마치 추리 소설에서 탐정이 단서를 하나씩 연결해 범인을 찾아가는 것처럼, 추론 체인은 인공지능 모델의 각 계층(layer)에서 어떤 정보가 추출되고 어떤 판단이 이루어지는지를 차례로 파악한다. 이를 통해 모델이 어떤 ‘사고 과정’을 거쳐 결과에 도달하는지 이해할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

한 가지 예로, 인공지능 모델이 사진 속 동물을 인식하는 상황을 생각해 보자. 모델에 강아지 사진을 입력했을 때, 모델은 어떻게 그것이 강아지라고 판단할까? 추론 체인을 통해 이 과정을 분석해 보면, 먼저 모델의 초기 계층에서는 이미지의 선, 모양, 색상 등 저수준(low-level) 특징을 감지한다. 다음 계층에서는 이러한 특징을 조합하여 눈, 코, 귀 등 동물의 신체 부위를 인식한다. 마지막으로 이런 정보를 종합하여 “이 사진 속 동물은 강아지”라는 최종 판단에 이른다. 이처럼 추론 체인은 인공지능 모델의 사고 과정을 단계별로 나누어 이해할 수 있게 해준다.

④ 왜 중요한가?

추론 체인은 인공지능 모델의 해석 가능성(interpretability)을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 모델의 의사결정 과정을 단계별로 분석할 수 있게 되면, 모델이 어떤 근거로 결론에 도달했는지 알 수 있다. 이는 모델의 예측 결과에 대한 신뢰도를 높일 뿐만 아니라, 모델의 오류나 편향을 발견하고 수정하는 데에도 도움을 준다. 나아가 추론 체인 분석을 통해 모델의 각 계층에서 어떤 정보가 중요하게 작용하는지 파악할 수 있으므로, 모델의 구조를 개선하거나 학습 데이터를 보완하는 등 성능 향상에도 기여할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

추론 체인은 인공지능의 투명성과 신뢰성이 특히 중요한 분야에서 활발히 활용되고 있다. 대표적인 예로 의료 진단 분야를 들 수 있다. 인공지능 모델이 환자의 의료 영상이나 건강 정보를 분석하여 질병을 진단할 때, 추론 체인을 통해 모델이 어떤 근거로 진단 결과를 도출했는지 확인할 수 있다. 이는 의사와 환자 모두에게 진단 결과에 대한 신뢰도를 높여준다. 또 다른 예로 자율주행차 분야에서도 추론 체인이 중요하게 활용된다. 자율주행 시스템이 내리는 각종 판단과 조작의 근거를 추론 체인으로 분석함으로써, 시스템의 안전성과 신뢰성을 확보하는 데 도움을 줄 수 있다. 이 외에도 금융, 법률, 제조 등 다양한 분야에서 인공지능 모델의 의사 결정 과정을 투명하게 이해하고 설명하기 위해 추론 체인이 널리 활용되고 있다.

2.3. 언어-시각 정보 통합(Language-Vision Integration) : 인공지능, 언어와 시각을 넘나들며 세상을 이해하다

① 왜 나오게 되었는가?

인간은 세상을 이해하고 소통할 때, 언어와 시각 정보를 자연스럽게 함께 활용한다. 가령, ‘귀여운 강아지’라는 말을 들으면 갈색 또는 흰색의 털을 가진 작고 앙증맞은 강아지의 모습이 떠오른다. 반대로 그런 강아지 사진을 보면 ‘귀엽다’는 단어가 자연스레 연상된다. 그러나 기존의 인공지능 모델들은 언어와 시각 정보를 별개로 처리했기에, 두 정보 사이의 연관성을 파악하는 데 어려움을 겪었다. 이런 한계를 극복하고, 인공지능도 인간처럼 언어와 시각을 유기적으로 잇는 통합적 이해를 할 수 있게 하고자, 언어-시각 정보 통합 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

언어-시각 정보 통합은 글과 그림, 텍스트와 이미지처럼 형태가 다른 정보들을 서로 연결 짓고 이해하는 인공지능의 능력을 말한다. 마치 퍼즐을 맞추듯, 언어라는 조각과 시각이라는 조각을 짜 맞춰 세상을 더 온전히 이해하는 것이다. 이를 통해 인공지능은 글을 읽고 그에 어울리는 그림을 그리거나, 반대로 그림을 보고 그것을 설명하는 글을 쓰는 등, 언어와 시각 정보를 자유자재로 오가며 활용할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

언어-시각 정보 통합 기술은 다양한 AI 모델에 적용되고 있다. 예컨대 SNS에 사진을 올리면 인공지능이 사진 속 내용을 분석하여 알맞은 해시태그를 추천해 주는 경우가 있다. 이는 이미지 캡셔닝(Image Captioning) 모델이 사진이라는 시각 정보를 텍스트로 변환한 것이다. 반대로 “벚꽃이 만개한 봄 공원을 산책하는 커플”이라는 텍스트 묘사를 입력하면, 신경망이 그에 부합하는 이미지를 생성해 내기도 한다. 텍스트와 이미지를 넘나드는 이 놀라운 능력은 대규모 언어 모델(Large Language Models, LLMs)과 최신 이미지 처리 기술의 만남으로

가능해졌다. 현재 연구자들은 LLM이 인간처럼 언어-시각 정보를 통합하고 개념을 범주화하는 모습을 집중 분석하며, 인공지능의 지평을 더욱 넓혀가고 있다.

④ 왜 중요한가?

언어-시각 정보 통합은 AI이 인간의 사고방식에 더욱 다가서는 데 핵심적인 역할을 한다. 언어와 시각을 아우르는 통합적 이해는 인간 고유의 인지 능력으로 여겨졌다. 그러나 이제 AI도 이 능력을 갖추게 됨으로써, 세상에 대한 더 정교하고 맥락적인 이해가 가능해졌다. 이는 향후 AI가 인간과 더 자연스럽게 소통하고 협업하는 길을 열어줄 것이다. 가령, 언어-시각 통합 인공지능은 우리가 말로 표현하기 어려운 생각이나 감정을, 그림이나 영상으로 공감적이고 창의적으로 시각화해 줄 수 있을 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

언어-시각 정보 통합 기술은 인공지능의 다양한 분야에서 활발히 활용되고 있다. 앞서 언급한 이미지 캡셔닝(Image captioning)은 시각장애인을 위한 화면 해설이나, 방대한 이미지 데이터베이스의 자동 태깅(Auto-Tagging) 등에 적용될 수 있다. 텍스트 기반 이미지 생성 기술은 북 커버 디자인, 광고 콘텐츠 제작, 어린이 동화 삽화 생성 등 창의적 영역에서 그 쓰임새를 넓혀가고 있다. 언어-시각 기술은 영상 분석과 검색, 자막 자동 생성 등 미디어 콘텐츠 분야에도 혁신을 불러일으키고 있다. 뿐만 아니라, 로봇이 시각 정보를 토대로 인간의 음성 질문에 적절히 대답하고 행동할 수 있게 하여, 미래 로봇 산업에도 큰 변화를 가져올 전망이다. 이렇듯 언어-시각 정보 통합 기술은 인간의 삶과 산업 곳곳에 AI의 힘을 스며들게 하고 있다.

2.4. 개념 인코딩 (Concept Encoding): 인공지능의 추상화 능력, 세상의 본질을 파악하다

① 왜 나오게 되었는가?

AI 모델은 방대한 양의 데이터를 학습하여 복잡한 패턴을 인식하고, 이를 바탕으로 새로운 내용을 생성해낸다. 그러나 단순히 데이터의 표면적 특징만을 학습하는 것으로는 AI이 세상을 깊이 있게 이해하고 추론하는데 한계가 있다. 마치 어린아이가 ‘사과’라는 단어를 듣고 빨갛고 둥그란 물체라는 표면적 특징만 떠올리는 것과 같은 수준에 머무를 수 있기 때문이다. 이런 한계를 극복하고, 인간처럼 ‘사과’라는 개념 속에 담긴 ‘과일’, ‘먹을 수 있음’, ‘건강에 좋음’과 같은 추상적이고 본질적인 의미를 이해할 수 있도록, 개념 인코딩(Concept Encoding) 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

개념 인코딩이란 AI가 데이터에서 추상적인 개념을 추출하고, 이를 잘 표현할 수 있는 방법을 학습하는 것을 말한다. 가령 우리가 ‘사랑’이라는 추상적 개념을 ‘정’, ‘행복’, ‘나눔’ 등 다양한 단어로 표현할 수 있는 것처럼,

AI도 데이터에서 발견한 여러 특징들을 조합하여 추상적 개념을 표현하도록 하는 것이다. 이렇게 개념을 인코딩하면, 인공지능은 세상을 보다 개념적이고 본질적으로 이해할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

개념 인코딩을 효과적으로 구현하는 방법 중 하나가 바로 희소 오토인코더(Sparse Autoencoder)이다. 희소 오토인코더는 데이터에서 가장 핵심적이고 의미 있는 특징만을 골라내어 압축하는 인공지능 모델이다. 이 과정에서 추상적 개념을 잘 포착할 수 있게 된다. 예를 들어 고양이 사진을 대량으로 학습한 희소 오토인코더는, 개별 사진의 모든 픽셀 정보를 다 기억하는 것이 아니라 ‘귀’, ‘수염’, ‘날렵함’ 같은 고양이의 핵심 특징을 추출하여 ‘고양이’라는 개념을 인코딩한다. 마찬가지로 방대한 텍스트 데이터를 학습한 희소 오토인코더는 ‘기쁨’, ‘만족’, ‘웃음’ 등의 단어가 자주 함께 등장하는 패턴을 포착하여, ‘행복’이라는 추상적 개념을 표현할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

개념 인코딩은 AI가 세상을 보다 깊이 있게 이해하고, 그 이해를 바탕으로 새로운 상황에 유연하게 대처할 수 있게 해준다는 점에서 중요하다. 개념을 잘 인코딩한 AI는 마치 경험 많은 전문가가 낯선 문제에 직면했을 때, 자신의 축적된 지식과 통찰을 활용하여 현명한 해결책을 찾아내는 것처럼 동작할 수 있다. 또한 AI의 판단 과정을 인간이 이해하고 해석하는 데에도 개념 인코딩이 도움을 준다. 단순히 수많은 데이터의 상관관계를 블랙박스처럼 숨겨두는 것이 아니라, 인간이 이해할 수 있는 개념 단위로 문제 해결 과정을 설명할 수 있기 때문이다. 나아가 개념 인코딩은 AI의 창의력을 발휘하는 데에도 기여한다. 서로 다른 개념을 조합하고 확장하여 기존에 없던 새로운 아이디어를 만들어낼 수 있는 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

개념 인코딩은 AI의 다양한 응용 분야에서 핵심적인 역할을 담당한다. 가령 이미지 생성 모델이 “푸른 하늘 아래 평화롭게 풀을 뜯는 말”과 같은 텍스트 묘사를 입력받았을 때, ‘푸른’, ‘하늘’, ‘평화’, ‘풀’, ‘말’ 등의 개념을 잘 인코딩한 덕분에 이에 걸맞은 그럴듯한 이미지를 생성해낼 수 있다. 텍스트 생성 분야에서도 개념 인코딩은 중요하다. 인공지능 작가가 ‘모험’, ‘우정’, ‘성장’과 같은 추상적 개념을 이야기 속에 자연스럽게 녹여낼 수 있도록 돕기 때문이다. 추천 시스템 역시 개념 인코딩의 수혜자이다. 사용자의 구매 내역, 검색어, 리뷰 등을 분석하여 사용자의 선호를 추상적인 개념으로 표현함으로써, 단순히 과거에 구매한 물건과 비슷한 것을 추천하는 것이 아니라 사용자의 근본적인 니즈와 취향을 파악하여 최적의 추천을 제공할 수 있게 된다. 이렇듯 개념 인코딩은 인공지능으로 하여금 데이터에 내재된 본질적인 의미를 포착하고 활용하도록 함으로써, 인간의 인지 능력에 한 걸음 더 다가가는 데 크게 기여하고 있다.

3. 생성형 AI의 문제점 분석

3.1. 데이터 편향 증폭 (Data Bias Amplification): 인공지능의 편견, 작은 불씨가 큰 불길로 번진다

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 모델은 대량의 데이터를 학습하여 만들어진다. 그런데 이 학습 데이터에 편향된 내용이 포함되어 있으면, 인공지능 모델도 이를 그대로 습득하게 된다. 특히 생성형 AI는 학습한 데이터의 패턴을 분석하여 새로운 결과물을 만들어내기 때문에, 데이터에 내재된 편향이 더욱 부각되고 심화될 위험이 있다. 이는 마치 편견이라는 작은 불씨가 인공지능이라는 돋보기를 통과하며 차별이라는 거대한 불길로 번지는 것과 같다. 이러한 데이터 편향 증폭 문제는 인공지능의 공정성과 신뢰성을 크게 저해할 수 있어 매우 심각하게 인식되고 있다.

② 쉽게 설명하면?

데이터 편향 증폭이란, AI가 편향된 데이터를 학습하여 그 편향을 더욱 강화하고 확대하여 결과물에 반영하는 현상을 말한다. 가령 인공지능에게 주로 금발의 백인 여성 사진을 훈련시키면, 이 AI는 여성은 금발에 백인이어야 한다는 편견을 갖게 될 것이다. 그리고 이 편견은 AI가 만들어내는 결과물, 예를 들어 새로 생성한 이미지나 텍스트에 그대로 반영되어, 마치 그것이 보편적인 진실인 것처럼 오해를 불러일으킬 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

데이터 편향 증폭은 다양한 분야에서 나타날 수 있지만, 특히 이미지와 텍스트 생성에서 두드러진다. 예컨대 특정 인종의 얼굴 사진을 많이 학습한 AI는 그 인종의 얼굴은 잘 인식하지만, 다른 인종의 얼굴은 잘 인식하지 못하는 문제를 보일 수 있다. 채용 과정에서 이런 AI를 활용한다면 특정 인종에 대한 차별로 이어질 수 있다.

또 다른 사례로, 뉴스 기사 데이터를 학습한 AI에게 “조폭”이라는 단어를 입력하면 한국인 남성의 이미지를 생성할 가능성이 크다. 실제 뉴스에서 조폭 관련 기사에 한국인 남성의 사진이 자주 사용되었기 때문이다. 하지만 이는 모든 한국인 남성이 조폭과 관련 있다는 잘못된 인식을 심어줄 수 있다.

④ 왜 중요한가?

데이터 편향 증폭은 단순히 부정확한 결과를 초래하는 것 이상의 심각한 문제를 야기한다. 인공지능이 내놓는 결과물이 특정 집단에 대한 차별과 편견을 조장한다면, 이는 사회적 불평등을 심화시키고 인공지능 기술 전반에 대한 불신을 초래할 수 있다. 또한 데이터 편향이 의료, 금융, 법률 등 중요한 의사결정에 활용되는 인공지능 시스템에 영향을 미친다면, 이는 개인의 삶에 직접적이고 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 데이터 편향 증폭 문제를 해결하고 공정하고 신뢰할 수 있는 인공지능을 구현하는 것은 개발자는 물론 우리 사회 모두가 노력해야 할 중요한 과제이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

데이터 편향 증폭은 AI 시스템을 개발하고 활용하는 모든 과정에서 고려되어야 할 중요한 이슈이다. 먼저 AI 학습을 위한 데이터를 수집하고 전처리하는 과정에서, 데이터의 다양성과 대표성을 확보하여 편향을 최소화하려는 노력이 필요하다. 또한 모델을 훈련시키고 평가하는 과정에서도 모델의 공정성을 객관적으로 분석하고 편향 요소를 제거하기 위한 다양한 기술적 방법론이 활용되어야 한다. 나아가 실제 서비스에 인공지능을 적용할 때에는 모델의 결과물을 맹목적으로 신뢰하기보다는, 그 한계와 편향 가능성을 인지하고 책임감 있게 활용해야 한다. 이를 위해서는 AI 개발자뿐 아니라 이를 활용하는 기업, 정부, 일반 사용자 모두의 인식 제고와 적극적인 참여가 필요하다.

4. 생성형 AI의 성능 향상 기술

4.1. 모순 탐지 (Contradiction Detection): 인공지능의 논리력 강화, 일관성 있는 답변을 위한 필수 기술

① 왜 나오게 되었는가?

생성형 AI 모델은 방대한 텍스트 데이터를 학습하여 새로운 텍스트를 생성한다. 하지만 학습 데이터에 포함된 정보 간의 모순이나 불일치로 인해 생성된 텍스트가 논리적으로 맞지 않거나 일관성이 없는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 문제는 AI 모델의 신뢰성을 저해하고 사용자에게 혼란을 줄 수 있다. 이에 따라 AI 모델이 생성하는 텍스트의 논리적 일관성을 검증하고 모순을 탐지하는 기술인 모순 탐지가 등장했다.

② 쉽게 설명하면?

모순 탐지는 AI 모델이 생성한 텍스트에서 서로 상충되거나 모순되는 내용을 찾아내는 기술이다.³¹⁾ 마치 탐정이 용의자의 진술에서 모순점을 찾아내 진실을 밝혀내듯, 모순 탐지는 인공지능 모델이 생성한 텍스트의 논리적 오류를 찾아내고 수정하여 더욱 정확하고 신뢰할 수 있는 텍스트를 생성하도록 돕는다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

모순 탐지 기술의 작동 원리를 예시와 함께 살펴보자. “오늘은 비가 오는 맑은 날이다”라는 문장은 “비가 오는”과 “맑은”이라는 상반된 정보를 동시에 포함하고 있어 논리적으로 모순된다. 모순 탐지 기술은 이러한 모순을 탐지하고 “오늘은 비가 온다” 또는 “오늘은 맑다”와 같이 논리적으로 일관된 문장으로 수정할 수 있도록 돕는다. 또 다른 예로, 챗봇이 사용자의 질문에 대해 “저는 인공지능이라 감정을 느낄 수 없습니다. 하지만 당신의 기분을 이해하고 공감합니다”와 같이 답변하는 경우, “감정을 느낄 수 없다”와 “공감한다”는 내용이 서로

31) Make Up Your Mind! Adversarial Generation of Inconsistent Natural Language Explanations (Oana-Maria CamburuBrendan, 2020)

모순된다. 모순 탐지 기술은 이러한 모순을 탐지하고 챗봇이 더욱 일관성 있는 답변을 생성하도록 돕는다.

④ 왜 중요한가?

모순 탐지는 생성형 AI 모델의 신뢰성과 성능을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다. AI 모델이 생성하는 텍스트의 논리적 일관성을 확보함으로써, 사용자는 AI가 생성한 정보를 신뢰하고 활용할 수 있다. 또한, 모순 탐지는 AI 모델의 학습 과정을 개선하고, 더욱 정확하고 신뢰할 수 있는 텍스트 생성 모델을 개발하는 데 기여한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

모순 탐지는 다양한 자연어 처리 분야에서 활용된다. 챗봇은 모순 탐지를 통해 사용자의 질문에 대해 더욱 정확하고 일관성 있는 답변을 제공하며, 기계 번역은 모순 탐지를 통해 번역 결과의 정확성을 높인다. 텍스트 요약 분야에서는 모순 탐지를 통해 요약문의 논리적 오류를 수정하고, 질의응답 시스템에서는 모순 탐지를 통해 질문에 대한 정확하고 일관성 있는 답변을 제공한다. 이처럼 모순 탐지 기술은 자연어 처리의 다양한 응용 분야에서 생성형 AI 모델의 성능과 신뢰성을 향상시키는 데 핵심적인 역할을 한다.

IV. AI 윤리와 규제

IV-1. AI 규제, 균형점을 찾아라: 혁신의 날개를 펼치되, 안전망은 촘촘하게

2024년은 AI 규제를 둘러싼 세계 각국의 움직임이 본격화된 해였다. 그 중심에는 세계 최초의 포괄적 AI 규제법인 ‘AI Act’를 통과시킨 EU가 있다. EU는 AI 기술 개발을 지원하는 혁신 패키지와 함께 사용자와 개발자의 권리를 보호하는 조정 계획을 담아, AI의 발전과 규제 사이의 균형을 모색했다. 이는 AI의 잠재력을 최대한 끌어올리면서도 부작용을 최소화하려는 선제적 노력으로 평가된다.

EU의 행보에 발맞춰 미국, 중국, 일본, 영국 등 주요국도 AI 규범 마련에 속도를 내기 시작했다. 특히 미국은 2023년 10월 AI 개발과 사용에 관한 행정명령을 내놓으며, 안전 검사 의무화 등 구체적인 규제 방안을 제시했다. 비록 EU만큼 포괄적이진 않지만, 입법 움직임도 있어 향후 강도 높은 규제로 이어질 가능성이 크다.

흥미로운 점은 각국이 자국의 이해관계에 부합하는 방향으로 AI 규범을 설계하고 있다는 사실이다. EU의 경우 AI 학습 데이터와 방법론 공개를 의무화함으로써, 시장을 주도하는 미국 기업들을 견제하려 한다는 분석이 우세하다. 반면 중국은 국가 주도의 AI 육성 정책을 견지하면서도, 윤리 규범 수립을 통해 국제사회의 우려를 불식시키려 노력 중이다.

AI 규제를 둘러싼 각국의 셈법이 엇갈리는 가운데, 국제 공조의 필요성도 함께 제기되고 있다. 개별 국가 차원의 규제로는 초국경적 성격의 AI 기술을 다루기 어렵기 때문이다. 규범의 조화와 협력 체계 구축이 시급한 과제로 부상한 셈이다.

2024년의 AI 규제 논의는 기술 혁신과 인간 중심의 가치를 조화시키기 위한 인류의 집단지성이 빛을 발한 한 해로 기억될 것이다. AI의 윤리적 활용을 보장하면서도 기술 발전의 동력을 살리는 균형점을 찾아가는 여정은 결코 순탄치 않겠지만, 그 과정에서 축적되는 경험과 지혜는 AI와 더불어 성장하는 인류에게 소중한 자산이 될 것이다.

- 유럽연합(EU)이 세계에서 처음으로 포괄적인 인공지능(AI) 기술 규제법인 ‘AI법(AI Act)’을 최종 승인했다. 이로써 11월부터 EU 27개 회원국에선 실시간 안면 인식을 한 뒤 프로파일링을 하는 등의 인권침해적 요소를 지닌 AI 서비스가 모두 금지된다. 내년엔 인간 수준의 사고력을 지닌 범용인공지능(AGI·Artificial General Intelligence)에 대한 규제도 시행된다.³²⁾

32) EU, 세계 첫 ‘AI 규제법’ 11월 시행… 韓은 시기본법도 못만들어 (동아일보, 2024)

- 세계 각국이 AI 규제 깃발을 들고 나선 것도, 미국과 영국이 손을 맞잡은 것도 ‘표준’을 선점하기 위해서라고 해석한다. 특정 국가가 AI에 관한 국제 표준을 만들 수 있다면 자국에 유리한 규제를 만들 수 있기 때문이다. 가까운 미래에 AI가 단순한 일상생활을 벗어나 국가 안보에도 영향을 미칠 가능성이 크다는 점을 고려하면 이런 움직임은 당연한 결과라는 해석이다.³³⁾
- 그동안 자국 기업 보호 차원에서 따로 규제 법안을 만들지 않던 미국도 최근 기류가 달라지고 있다. 2024년 6월 6일 FT는 캘리포니아 주의회가 AI 기술 관련 안전장치 마련을 골자로 하는 ‘첨단 AI 시스템을 위한 안전과 보안 혁신법’(Safe and Secure Innovation for Frontier Artificial Intelligence Systems Act)을 마련했다고 보도했다. 이 법안은 지난주 상원을 통과해 오는 8월 하원 표결을 앞두고 있다. 업계는 구글·애플·오픈AI 등 주요 AI 기업들이 포진해있는 캘리포니아 주에서 이런 법안이 나온 데 주목하고 있다.³⁴⁾

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. 규제 프레임워크

1.1. AI 규제 프레임워크 (AI Regulatory Framework): 인공지능의 안전하고 책임감 있는 활용을 위한 지침서

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 기술은 빠른 속도로 발전하며 우리 삶의 곳곳에 스며들고 있다. 자율주행차, 의료 진단 AI, 채용 과정에 활용되는 AI 등 그 영향력은 나날이 확대되고 있다. 하지만 이와 동시에 AI의 잘못된 판단이나 악용으로 인한 피해, 알고리즘의 편향성으로 인한 차별 문제, 개인 정보 침해 우려 등도 커지고 있다. 이에 AI의 개발과 활용에 있어 지켜야 할 원칙과 기준을 제시하고, 안전하고 신뢰할 수 있는 AI 생태계를 구축하기 위해 AI 규제 프레임워크의 필요성이 대두되었다.

② 쉽게 설명하면?

AI 규제 프레임워크는 AI라는 강력한 기술이 인류에게 도움이 되는 방향으로 개발되고 활용되도록 이끄는 나침반과 같다. 마치 건물을 지을 때 설계도와 건축 법규가 필요하듯, AI를 만들고 사용할 때도 지켜야 할 규칙과 기준이 있어야 한다. AI 규제 프레임워크는 바로 이런 역할을 한다. 기술 개발자들이 AI의 잠재적 위험을 사전에 예방하고, 사용자의 권리를 보호하며, 사회적 가치를 훼손하지 않도록 가이드라인을 제공하는 것이다.

33) 유럽 ‘AI 기술 규제’ 강화...이면엔 ‘종속 우려’ (이병희, 2024)

34) [팩플] 반독점에 발목 잡히나...美 MS·엔비디아·오픈AI 조사 착수 (권유진, 2024)

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

국가마다, 그리고 국제기구마다 AI 규제를 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 유럽연합은 ‘AI 액트(AI Act)’를 통해 AI 시스템의 위험 수준을 4단계로 분류하고, 고위험 AI에는 엄격한 의무를 부과하는 방안을 추진 중이다. 미국 백악관은 ‘AI 권리장전 청사진(Blueprint for an AI Bill of Rights)’을 발표하여, AI 시스템의 안전성, 투명성, 차별 금지 등 5대 원칙을 제시했다. 우리나라도 ‘인공지능 윤리기준’을 마련하여 인간 존엄성 존중, 사회의 공공선 증진 등을 AI 개발과 활용의 기본 원칙으로 삼고 있다.

예를 들어, 은행의 대출 심사에 AI를 도입한다고 가정해보자. AI 규제 프레임워크에 따르면, 이 AI 시스템은 고객의 인종, 성별 등에 따라 차별하지 않아야 하며(차별 금지 원칙), 대출 거절 시 그 이유를 설명할 수 있어야 한다(투명성 원칙). 또한 고객의 개인정보를 안전하게 관리하고, 보안 사고에 신속히 대응할 수 있는 체계를 갖춰야 한다(안전성 원칙). 이처럼 AI 규제 프레임워크는 AI가 윤리적이고 책임감 있게 활용될 수 있도록 구체적인 기준을 제공한다.

④ 왜 중요한가?

AI 규제 프레임워크는 AI 기술의 건전한 발전과 사회적 신뢰 구축을 위한 필수 요소이다. AI가 초래할 수 있는 부작용과 위험을 최소화하고, AI의 혜택이 모든 사람에게 공정하게 돌아갈 수 있도록 하는 데 AI 규제의 역할이 크다. 또한 AI 규제는 기업들에게 명확한 기준을 제시함으로써, 공정한 경쟁의 장을 마련하고 혁신을 촉진하는 효과도 있다. 나아가 AI에 대한 사회적 수용성을 높이고, AI가 궁극적으로 인류의 삶을 개선하는 방향으로 나아가는 데 AI 규제 프레임워크가 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 규제 프레임워크는 AI의 개발에서부터 배포, 활용, 모니터링에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 적용된다. 먼저 AI 기술을 개발하는 연구자와 기업들은 AI 규제 프레임워크를 참고하여, 윤리성과 안전성을 고려한 설계와 개발을 해야 한다. AI를 활용하는 기업이나 공공기관 역시 AI의 도입과 운영 과정에서 규제 프레임워크를 준수해야 한다. 정부와 입법 기관은 AI 규제 프레임워크를 토대로 구체적인 법률과 제도를 마련하고 시행하는 역할을 한다. 시민사회와 일반 대중도 AI 규제에 대한 이해를 바탕으로, AI의 사회적 영향력을 감시하고 바람직한 방향으로의 발전을 위해 목소리를 낼 수 있다. 이렇듯 AI 규제 프레임워크는 AI 기술을 둘러싼 다양한 이해관계자들이 협력하고 소통하는 데 있어 공통의 기반을 제공한다.

1.2. 고위험 AI (High-risk AI): 잠재적 위험을 안고 있는 인공지능

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 기술은 우리 삶의 많은 부분에 혁신을 가져오고 있다. 의료 진단부터 자율주행차, 금융 서비스까지 AI의 활용 범위는 나날이 확대되고 있다. 그러나 이런 AI 시스템이 잘못 작동하거나 편향된 판단을 내릴 경우, 그 피해는 개인의 생명과 안전, 나아가 사회 전반에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 특히 의료, 교통, 법률, 고용 등 민감한 영역에서 AI가 오작동할 경우 그 위험성은 더욱 크다. 이런 잠재적 위험을 지닌 AI를 ‘고위험 AI’라고 부르며, 이에 대한 특별한 주의와 규제가 필요하다는 인식이 확산되고 있다.

② 쉽게 설명하면?

고위험 AI란 마치 칼과 같은 존재이다. 칼은 요리를 하는 데 유용하게 쓰일 수도 있지만, 잘못 사용하면 사람에게 해를 줄 수도 있다. 이와 마찬가지로 고위험 AI는 인간의 삶에 큰 도움을 줄 수 있지만, 동시에 심각한 위험을 초래할 수도 있는 양면성을 지닌 기술이다. 따라서 고위험 AI는 일반적인 AI보다 더 엄격한 안전 기준과 규제를 적용해야 한다. 마치 칼을 다룰 때 더 주의를 기울이고, 어린이의 손에 닿지 않도록 관리하는 것처럼 말이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

고위험 AI가 활용되는 사례는 우리 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 가장 대표적인 예가 바로 자율주행차이다. 자율주행 기술은 운전자의 편의성을 높이고 교통사고를 줄이는 데 기여할 수 있지만, 한편으로는 기술의 오류로 인한 사고 위험성도 안고 있다. 만약 자율주행 시스템이 갑자기 오작동을 일으킨다면 그 결과는 참담할 수 있다.

의료 분야도 고위험 AI의 활용이 활발한 영역이다. AI를 활용한 질병 진단 시스템은 의사의 진단 정확도를 높이는 데 도움을 줄 수 있지만, 만약 AI가 잘못된 진단을 내린다면 환자의 생명을 위협할 수 있다. 유럽연합은 이런 위험성을 고려해 의료 분야에서 사용되는 AI 시스템에 대해 엄격한 임상시험 데이터 제출을 의무화하는 등의 규제 방침을 마련하고 있다.

고용이나 금융 분야에서도 AI가 개인의 삶에 미치는 영향력이 커지고 있다. 기업의 채용 과정에서 AI가 지원자를 차별하거나, 신용평가에서 AI가 특정 계층에 불리한 결정을 내린다면 이는 심각한 사회 문제로 이어질 수 있다.

④ 왜 중요한가?

고위험 AI에 대한 경각심과 적절한 규제가 중요한 이유는 명확하다. 만약 AI의 잠재적 위험이 현실화된다면 그 피해는 상상을 초월할 수 있기 때문이다. 고위험 AI로 인한 사고나 피해가 반복된다면 AI 기술 전반에 대한 사회적 불신이 커질 수 있고, 이는 AI의 건전한 발전을 가로막는 걸림돌이 될 수 있다. 반면 고위험 AI에

대한 안전장치와 규범이 마련된다면, 우리는 AI 기술의 혜택을 보다 안심하고 누릴 수 있을 것이다. 고위험 AI에 대한 규제와 관리는 결국 AI가 인류에게 도움이 되는 방향으로 발전하는 데 꼭 필요한 과정인 셈이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

현재 고위험 AI로 분류되는 분야는 자율주행, 의료 진단, 금융 서비스 등 다양하다. 하지만 앞으로 AI 기술이 고도화되고 활용 범위가 확대됨에 따라, 더 많은 영역이 고위험 AI의 범주에 포함될 것으로 예상된다. 법률, 교육, 공공 서비스 등 우리 삶의 많은 부분에서 AI의 역할이 커질수록, 그에 따른 위험성에 대한 고민도 깊어질 수밖에 없다.

이에 각국 정부와 국제기구는 고위험 AI에 대한 규제 기준을 마련하기 위해 노력하고 있다. EU의 'AI 법안'이 대표적인 사례이다. 이 법안은 AI 시스템을 위험 수준에 따라 4단계로 분류하고, 고위험 AI에 대해서는 안전성 검증, 인적 감독, 책임 소재 명확화 등 엄격한 의무 사항을 부과하고 있다.

기업들도 AI 개발 과정에서 윤리 기준을 세우고, 위험성을 사전에 점검하기 위해 노력하고 있다. 구글, 마이크로소프트 등 대형 IT 기업들은 AI 개발을 위한 윤리 가이드라인을 수립하고, AI의 편향성을 최소화하기 위한 기술 개발에 힘쓰고 있다. 고위험 AI에 대한 이런 다각도의 노력이 모여 우리는 AI의 순기능은 극대화하고, 역기능은 최소화하는 방향으로 나아갈 수 있을 것이다.

2. 사회적 · 윤리적 고려

2.1. AI 사회적 영향평가 (AI Social Impact Assessment): 인공지능의 긍정적 영향은 극대화하고, 부정적 영향은 최소화하는 안전 점검

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 기술은 우리 삶의 다양한 영역에서 혁신을 이끌고 있지만, 한편으로는 의도치 않은 부작용이나 새로운 사회적 문제를 야기할 수 있다. 가령, 편향된 데이터로 학습한 AI가 특정 집단을 차별하거나, 자율주행차의 오작동으로 인명 피해가 발생하는 상황 등을 생각해 볼 수 있다. 이런 위험 요소를 사전에 점검하고, AI가 가져올 긍정적 변화를 극대화하기 위해서는 체계적인 영향 평가 과정이 필요하다는 인식이 확산되었고, 이에 따라 AI 사회적 영향평가라는 개념이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

AI 사회적 영향평가란, AI 시스템이 국가 사회전반의 국민의 권리, 사회 전반, 경제, 환경 등 여러 영역에 미칠 영향을 사전에 점검하고 분석하는 일종의 '안전 진단' 과정이라 할 수 있다. 마치 새로 개발된 의약품이 시

중에 나오기 전에 여러 임상 시험과 검증 절차를 거치는 것처럼, AI 사회적 영향평가는 AI 시스템이 실제 적용되기 전에 그 영향과 위험 요인을 점검하고, 필요한 보완 조치를 취하는 과정인 셈이다. 이를 통해 AI의 잠재적 위험은 최소화하고, 긍정적 효과는 극대화할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 사회적 영향평가는 다양한 기준과 방법론을 통해 이루어진다. 크게 개인정보 보호, 차별 방지, 안전성 확보 등의 영역으로 나뉘볼 수 있다.

먼저 개인정보 보호 측면에서는 AI 시스템이 수집하고 활용하는 개인정보의 종류와 범위, 정보 처리 절차의 투명성과 안전성 등을 중점적으로 평가한다. 가령 AI 챗봇이 사용자와 대화하며 습득한 개인 정보를 어떻게 관리하고 있는지, 해킹이나 유출 위험은 없는지 등을 점검한다.

차별 방지 영역에서는 AI 알고리즘이 특정 인종, 성별, 연령 등에 따른 차별적 결과를 내뱉지 않는지 면밀히 분석한다. 대표적인 사례가 채용 과정에서 활용되는 AI 시스템인데, 입력 데이터의 편향으로 인해 여성이나 소수 인종에 대한 차별이 발생할 수 있다. AI 영향평가를 통해 이런 차별 요인을 사전에 발견하고 해결할 수 있다.

안전성 평가에서는 자율주행, 의료 진단 등 AI가 인간의 생명이나 안전에 직접적 영향을 미치는 분야를 집중적으로 점검한다. AI 시스템의 판단 오류나 기능 이상이 초래할 수 있는 위험을 다각도로 분석하고, 이에 대비한 안전장치와 보완책을 마련하는 것이 핵심이다.

④ 왜 중요한가?

AI 사회적 영향평가가 중요한 까닭은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째, AI의 부정적 영향과 위험 요인을 사전에 차단하고 최소화할 수 있다. AI 기술이 아무리 혁신적이고 효율적이라 하더라도 인간의 기본권을 침해하거나 사회적 가치를 훼손한다면 그 진정한 의미를 잃게 될 것이다. 영향평가는 이런 부작용을 예방하는 안전판 역할을 한다.

둘째, AI에 대한 신뢰도와 사회적 수용성을 높이는 데 기여한다. AI를 개발하고 활용하는 과정에서 윤리적 기준과 규범을 준수한다는 신호를 보냄으로써, 대중의 신뢰를 얻고 AI 기술의 사회적 확산을 앞당길 수 있다.

셋째, AI의 긍정적 영향을 극대화하는 촉매제가 될 수 있다. AI 시스템의 편익과 효용성을 객관적으로 분석하고 입증함으로써, AI가 가진 혁신성과 가능성을 더욱 부각시키고 활성화하는 계기로 삼을 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 사회적 영향평가는 AI 기술이 활용되는 거의 모든 영역에서 필수적이다. 특히 의료, 금융, 법률, 교통 등 국민 생활에 직결되고 민감한 분야일수록 영향평가의 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

구체적으로 살펴보면, 먼저 의료 진단 및 치료 영역에서는 AI의 판단이 인간의 생명과 직결되는 만큼, 안전성과 신뢰도에 대한 엄격한 평가가 요구된다. 금융 분야에서는 AI를 활용한 신용평가, 대출 심사 등에서 차별과 편향 문제가 제기될 수 있어 공정성에 대한 면밀한 점검이 필요하다. 자율주행, 드론 배송 등 AI 기반 모빌리티 서비스는 상용화되기 위해서는 운행 안전성에 대한 종합적인 영향평가가 선행되어야 할 것이다.

이 외에도 교육, 고용, 공공 행정 등 사회 전반에 걸쳐 AI의 영향력이 확대되는 만큼, 각 영역별 특성을 고려한 맞춤형 영향평가 모델을 개발하고 적용하는 노력이 활발히 전개되고 있다. 정부와 기업, 시민사회 등 다양한 이해관계자들이 참여하는 개방적이고 포용적인 AI 사회적 영향평가 체계를 구축함으로써, 우리는 AI의 혜택은 극대화하고 부작용은 최소화하는 균형 잡힌 성장 경로를 모색해 나갈 수 있을 것이다.

2.2. 설명 가능 AI (Explainable AI, XAI): 인공지능의 속마음을 들여다보는 돋보기

① 왜 나오게 되었는가?

요즘 인공지능 기술, 특히 딥러닝 모델은 점점 더 복잡해지고 있다. 복잡한 신경망 구조 속에서 어떤 계산과 판단이 이루어지는지 인간이 쉽게 이해하기 어려운 경우가 많다. 마치 말 못하는 동물의 속마음을 알기 힘든 것처럼, AI의 의사결정 과정은 종종 ‘블랙박스’에 가려져 있다. 특히 의료진단이나 금융거래 같은 중요한 영역에서 AI를 활용할 때, 그 판단 근거를 명확히 알 수 없다면 사용자 입장에서는 불안할 수밖에 없다. AI에 대한 신뢰와 수용성 문제가 제기되는 것도 이런 이유에서다. 이런 문제의식 속에서, AI의 판단 과정을 인간이 이해할 수 있는 형태로 설명해 주는 기술, 즉 ‘설명 가능한 AI(XAI, Explainable AI)’에 대한 필요성이 대두되었다.

② 쉽게 설명하면?

설명 가능 AI는 인공지능 모델이 내린 결정이나 예측에 대해 그 이유와 근거를 인간이 이해할 수 있는 방식으로 설명해 주는 기술이다. 마치 추리소설 속 명탐정이 사건을 해결한 후, 그 풀이 과정을 하나하나 논리적으로 설명해 주는 것과 비슷하다. 설명 가능 AI는 복잡한 AI 알고리즘 속에 감춰진 인과관계와 논리를 파헤쳐, 일반인도 이해할 수 있는 형태로 ‘번역’해 준다. 이를 통해 AI에 대한 믿음과 신뢰를 높일 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

설명 가능 AI는 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 대표적인 기법 중 하나는 LIME(Local Interpretable Model-Agnostic Explanations)이다. LIME은 AI 모델의 개별 예측 결과에 대한 설명을 제공한다. 예컨대

AI가 한 환자의 엑스레이 사진을 보고 ‘폐렴 양성’이라고 진단했다면, LIME은 그 사진의 어떤 부분이 폐렴 진단에 결정적 역할을 했는지 표시해 준다. 의사는 이를 보고 AI 진단의 타당성을 직관적으로 판단할 수 있다.

또 다른 기법으로는 SHAP(SHapley Additive exPlanations)이 있다. SHAP는 AI 모델의 예측에 영향을 준 주요 변수들과 그 기여도를 계산해 준다. 가령 은행의 대출 심사 AI가 한 고객에게 대출을 거절했다면, SHAP를 통해 그 고객의 어떤 특성(소득, 신용점수, 부채 비율 등)이 대출 거절에 얼마나 영향을 미쳤는지 알 수 있다.

이 밖에도 의사결정나무(Decision Tree)처럼 구조 자체가 직관적으로 이해하기 쉬운 모델을 활용하는 방법, AI의 추론 과정을 자연어로 설명하는 방법 등 다양한 설명 가능 AI 기법이 개발되고 있다.

④ 왜 중요한가?

설명 가능 AI는 크게 세 가지 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 첫째, AI에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 사람들은 자신이 이해할 수 없는 것을 쉽게 믿지 않는 경향이 있다. AI가 아무리 뛰어난 성능을 보인다고 해도, 그 내부 로직이 불투명하다면 사용자들의 의구심은 사그라들지 않을 것이다. 설명 가능 AI는 이런 블랙박스(Black Box)에 밝은 빛을 비춰, AI에 대한 신뢰를 한 단계 높일 수 있다.

둘째, AI 모델의 문제점을 발견하고 개선하는 데 도움이 된다. 모델이 내놓은 결과뿐 아니라 그 과정까지 들여다볼 수 있다면, 잘못된 추론 방식이나 편향성, 윤리적 결함 등을 발견하고 고칠 수 있다. 이는 더 공정하고 건전한 AI 생태계를 만드는 초석이 될 수 있다.

셋째, AI에 대한 법적, 사회적 책임성 문제를 해결하는 실마리가 될 수 있다. AI의 판단이 초래한 피해에 대해, 그 책임 소재를 가리기란 쉽지 않다. 의사결정의 근거를 명확히 설명할 수 있어야 이런 책임 문제에 대한 해법도 찾을 수 있을 것이다. 특히 EU는 ‘AI 법안’을 통해 고위험 AI에 대한 설명 의무를 부과하는 등, 설명 가능성을 AI 규제 핵심 원칙 중 하나로 천명한 바 있다. 향후 AI가 더욱 광범위하게 활용되기 위해서는 설명 가능성이 전제되어야 할 것으로 보인다.

⑤ 어디에 활용되는가?

설명 가능 AI는 AI 시스템의 판단이 개인의 권리나 이익에 직접적 영향을 미치는 분야에서 특히 중요하게 활용된다. 의료 진단 AI가 대표적인 사례이다. 의사와 환자 모두 진단 결과에 대한 근거를 명확히 알고 싶어한다. 설명 가능 AI는 진단의 실마리가 된 증상이나 검사 결과를 시각적으로 표시해줌으로써 진단에 대한 신뢰도를 높일 수 있다.

금융권에서도 설명 가능 AI의 중요성이 크다. 신용평가, 대출 심사, 보험금 책정 등에 AI를 활용하려면 그 판단 근거를 설명할 수 있어야 한다. 그래야 이의 제기나 분쟁 시 합리적으로 대응할 수 있다.

법률, 인사, 교육 등 다양한 의사결정 영역에서도 설명 가능 AI의 활용이 점차 늘어나고 있다. 채용 과정에서 AI가 특정 지원자를 탈락시켰다면 그 이유를 설명해야 공정성 시비를 피할 수 있다. 범죄 예방을 위해 AI가 범죄 위험도를 예측한다면, 그 근거가 차별적 요소에 기반한 것은 아닌지 면밀히 들여다봐야 한다.

전문가들은 앞으로 XAI 기술이 더욱 고도화되고, AI 시스템 개발에 필수 요소로 자리 잡을 것으로 전망한다. 블랙박스를 여는 열쇠인 셈이다. 궁극적으로 설명 가능 AI는 인간-AI 간 소통의 창구이자, 더 투명하고 신뢰할 수 있는 AI 시대를 향한 징검다리가 될 것이다.

2.3. AI 윤리(AI Ethics): 인공지능의 올바른 활용을 위한 나침반

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능 기술은 우리 삶의 거의 모든 영역에 스며들며 혁신을 가져오고 있다. 하지만 이런 급격한 변화 속에서 인공지능이 초래할 수 있는 윤리적, 사회적 문제에 대한 우려도 커지고 있다. 가령 인공지능이 학습하는 데이터에 내재된 편견으로 인해 특정 집단을 차별할 수 있고, 자율주행차의 판단 오류로 인명 사고가 발생할 수도 있다. 일자리 감소, 프라이버시 침해 등 부작용도 만만치 않다. 이런 문제의식 속에서 인공지능의 개발과 활용에 있어 지켜야 할 윤리 기준, 즉 'AI 윤리'에 대한 논의가 활발히 이뤄지고 있다.

② 쉽게 설명하면?

AI 윤리는 인공지능을 개발하고 사용하는 과정에서 우리가 지켜야 할 도덕적 기준이나 규범을 말한다. 마치 어린아이에게 옳고 그름을 가르치듯, 인공지능이 인간 사회에 긍정적 영향을 미치도록 바른 길로 이끄는 나침반 같은 역할을 한다. 예를 들어 '인공지능은 인간에게 해를 끼쳐서는 안 된다', '인공지능의 판단은 공정하고 차별 없어야 한다'와 같은 원칙이 AI 윤리에 해당한다. 이를 통해 우리는 인공지능이 가진 힘을 인류애적 방향으로 활용할 수 있게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 윤리가 다루는 주제는 무척 다양하다. 그중에서도 공정성, 투명성, 책임성, 인간 존엄성, 사회적 책임 등이 핵심 쟁점으로 꼽힌다.

공정성은 인공지능이 개인의 인종, 성별, 나이 등에 따라 차별하지 않아야 함을 뜻한다. 예컨대 은행의 대출 심사에 쓰이는 AI가 특정 인종에 대해 불리한 판단을 내린다면, 이는 공정성에 어긋나는 것이다.

투명성은 AI의 판단 과정과 근거를 사용자가 이해할 수 있어야 한다는 원칙이다. 의사가 AI의 진단 결과를 그대로 수용하기보다는, 그 과정을 살펴보고 전문 지식에 비추어 타당성을 검토할 수 있어야 한다.

책임성은 AI 로 인한 피해가 발생했을 때 그에 대한 책임 소재를 분명히 해야 함을 의미한다. 자율주행차 사고 시 과연 누구에게 책임을 물어야 할지, 이에 대한 법적, 윤리적 기준 마련이 필요하다.

인간존엄성은 AI 로 인해 인간의 기본적 가치가 훼손돼서는 안 된다는 대원칙이다. AI 를 활용한 감시와 통제가 인권을 침해하는 일이 있어서는 안 될 것이다.

끝으로 사회적 책임은 AI 가 일부 계층이 아닌 모든 사회 구성원의 이익을 고려해야 한다는 뜻이다. AI 로 인한 기술 혁신의 과실이 소수에게 돌아가는 것이 아니라 고루 분배될 수 있어야 한다.

④ 왜 중요한가?

AI 윤리는 크게 세 가지 측면에서 중요하다. 첫째, AI 의 부작용과 역기능을 예방하고 최소화하는 데 기여한다. 둘째, AI 에 대한 사회적 수용성과 신뢰도를 높이는 토대가 된다. AI 가 가진 힘을 인류애적 방향으로 활용한다는 믿음이 있어야 사람들이 AI 를 긍정적으로 받아들일 수 있을 것이다. 셋째, AI 기술의 지속 가능한 발전을 위한 방향타 역할을 한다. 윤리적 고려 없이 무분별하게 개발되고 활용되는 AI 는 결국 한계에 봉착할 수밖에 없다. AI 윤리는 우리가 지향해야 할 가치와 미래상을 제시함으로써 AI 의 건전한 발전을 이끈다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 윤리는 AI 의 전 생애주기, 즉 기획-개발-활용-평가-개선 의 모든 단계에서 고려돼야 한다. 먼저 AI 기술을 연구하고 개발하는 과학자와 엔지니어들은 윤리 원칙을 설계에 반영해야 한다. 가령 데이터 수집 시 개인정보를 최소한으로 처리하고, 알고리즘에 내재된 편향을 제거하기 위해 노력해야 한다.

AI 를 실제 제품이나 서비스에 적용하는 기업들도 윤리 기준을 마련해 책임감 있게 AI 를 활용해야 한다. 유럽연합은 ‘AI 윤리 가이드라인’을 통해 기업이 지켜야 할 일곱 가지 요건(인간 주도, 기술적 강건성, 프라이버시 보호, 투명성, 다양성 존중, 사회적 웰빙, 책임성)을 제시한 바 있다.

정부와 입법기관은 AI 윤리를 법제도화하는 역할을 맡는다. 최근 EU 가 ‘AI 법안’을 통과시킨 것처럼, 고위험 AI 의 관리 감독, 피해 구제, 책임 배상 등에 관한 법적 테두리를 만드는 것이 시급한 과제다.

나아가 AI 윤리는 교육 현장에서도 가르쳐져야 한다. 미래 세대가 AI 와 함께 살아가는 데 필요한 지혜와 역량을 갖추 수 있도록 교육 과정에 AI 윤리를 반영하는 것이 중요하다.

또한 일반 시민들도 AI 윤리에 대한 관심을 갖고 활발히 목소리를 내야 한다. 각종 토론회나 공청회, 합의 회의 등을 통해 AI 에 관한 사회적 합의를 끌어내고, 우리가 지향할 미래상을 함께 그려가야 할 것이다.

결국 AI 윤리는 ‘기술 중심’에서 ‘인간 중심’으로, ‘혁신 지상주의’에서 ‘지속가능한 발전’으로 우리의 좌표를 전환하는 나침반이 되어줄 것이다. AI 윤리가 확고히 뿌리내릴 때, 인간과 AI 는 공존과 번영이라는 새로운 장을 열 수 있을 것이다.

V. AI 필수 기술 용어 해설

☑ 관련 주요 용어 알아보기

1. AI 기본 개념

1.1. 인공 지능(Artificial Intelligence; AI): 인간의 지능을 모방하는 기계, 새로운 가능성을 열다

① 왜 나오게 되었는가?

인간은 오랜 세월 동안 도구를 만들고 사용하며 문명을 발전시켜 왔다. 그러나 아무리 정교한 도구라 해도 그 것을 다루는 사람의 명령에 따라 움직일 뿐, 스스로 사고하고 판단하는 능력은 없었다. 이런 한계를 뛰어넘어, 마치 사람처럼 주변 상황을 이해하고 문제를 해결할 수 있는 지능형 기계에 대한 꿈은 인공지능 연구의 출발 점이 되었다. 기계에게 인간 고유의 능력, 즉 학습과 추론, 적응력을 부여하고자 하는 노력이 이어지면서 AI라는 새로운 패러다임이 열린 것이다.

② 쉽게 설명하면?

AI란 인간의 지적 능력을 컴퓨터 시스템으로 구현한 것을 말한다. 인간의 두뇌가 데이터를 받아들여 분석하고, 경험을 통해 학습하며, 주어진 상황에 맞는 판단을 내리듯이, AI도 대량의 데이터를 처리하고 패턴을 인식하며 스스로 의사결정을 내릴 수 있다. 나아가 새로운 환경에 적응하고 창의적인 문제 해결책을 제시하기도 한다. 달리 말해 AI는 사람처럼 사고하고 행동하는 컴퓨터 프로그램이라 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

우리 주변에는 이미 AI 기술이 널리 활용되고 있다. 아마 여러분도 AI와 일상적으로 접하고 있을 것이다. 스마트폰의 얼굴 인식 기능, 맞춤형 뉴스 추천, 음성 인식 비서 등이 대표적이다. 얼굴 인식은 AI가 사진이나 동영상 속 사람의 얼굴을 구별해내는 기술이다. AI는 수많은 얼굴 이미지를 분석해 주요 특징을 파악하고, 이를 토대로 개개인을 식별한다. 이는 스마트폰의 잠금 해제나 출입 통제 등에 활용된다.

맞춤형 뉴스 추천도 AI의 대표적 활용 사례다. 포털 사이트나 뉴스 애플리케이션은 개인의 관심사와 기사 소비 패턴 등을 분석해, 사용자의 취향에 맞는 뉴스를 자동으로 추천한다. 이는 방대한 뉴스 속에서 원하는 정보를 손쉽게 찾도록 돕는다.

스마트폰의 음성 인식 비서는 AI가 사람의 말을 이해하고 적절히 응답하는 기술이다. 사용자의 음성 명령을 텍스트로 변환하고, 그 의미를 파악해 검색, 일정 관리, 음악 재생 등 요청된 작업을 수행한다. 마치 개인 비서와 대화하듯 편리하게 정보를 얻고 일을 처리할 수 있는 것이다.

④ 왜 중요한가?

AI는 단순한 유행을 넘어 우리 사회와 산업 전반에 혁신을 불러일으키는 핵심 동력이 되고 있다. 가장 큰 기대는 AI가 인간의 한계를 극복하고 더 높은 차원의 문제 해결 능력을 발휘할 수 있다는 점이다. AI는 사람보다 빠르고 정확하게 방대한 데이터를 분석할 수 있어, 의료 진단, 신약 개발, 기후 변화 예측 등 복잡한 문제 해결에 기여할 수 있다.

아울러 사람과 기계가 협업하는 새로운 일하는 방식도 가능해질 것이다. AI가 단순 반복 업무를 자동화하면 사람은 보다 창의적이고 가치 있는 일에 집중할 수 있다. 이는 생산성 향상은 물론, 인간 본연의 능력을 극대화하는 계기가 될 것이다.

나아가 AI는 맞춤형 교육, 스마트 시티, 자율주행 등 사회 전반의 지능화를 앞당길 것으로 기대된다. 개개인에 최적화된 교육 서비스, 교통·에너지·방범 등이 효율적으로 연결된 도시, 안전하고 편리한 이동 수단 등은 인공지능이 가져올 변화의 일부에 불과하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI의 활용 분야는 실로 다양하다. 제조업에서는 AI 기반 로봇이 자동차, 전자제품 등을 조립하고, 불량품을 검수한다. 의료계에서는 AI를 통해 MRI, CT 등 방대한 의료 영상을 분석하고, 질병을 조기 진단하는 데 활용한다. 금융권은 AI를 도입해 신용평가, 주식 투자, 보험금 청구 심사 등 각종 금융 서비스를 혁신하고 있다.

교육계에서도 AI는 큰 역할을 맡고 있다. 학생 개개인의 학습 습관과 성취도를 분석해 맞춤형 교육 콘텐츠를 제공하고, 에세이 첨삭, 시험 채점 등 교사의 업무를 보조하는 AI 교육 서비스가 확산되고 있다.

심지어 예술 창작에서도 AI의 영역이 확장되고 있다. AI가 그림을 그리고, 시를 짓고, 음악을 작곡하는 시대가 열리고 있다. 사람의 창의성과 AI의 연산 능력이 결합해 전에 없던 독특한 작품들이 탄생하고 있다.

이처럼 AI는 단순히 특정 분야에 국한된 기술이 아니라, 우리의 일상과 산업, 사회 구조 전반을 변화시키는 범용 기술(General Purpose Technology)로 자리매김하고 있다. 지금 우리가 마주한 인공지능은 시작에 불과하다. 앞으로 AI는 인간의 능력을 증강하고, 사회 문제를 해결하며, 더 나은 내일을 만드는 핵심 동력이 될 것이다. 우리의 미래가 어떤 모습일지는 AI와 어떻게 공존하고 협력해 나가느냐에 달려 있다 해도 과언이 아닐 것이다.

1.2. 머신 러닝 (Machine Learning; ML): 경험을 통해 성장하는 인공지능, 데이터로부터 배우는 능력

① 왜 나오게 되었는가?

초기의 AI 시스템은 사람이 일일이 설계한 규칙과 논리에 의존했다. 하지만 이런 방식으로는 복잡하고 유동적인 현실 세계의 문제를 다루는 데 한계가 있었다. 가령 바둑처럼 경우의 수가 많은 문제는 모든 상황을 미리 예측하고 대응 전략을 세우는 것이 불가능에 가까웠다. 또한 고정된 규칙은 새로운 상황에 유연하게 대처하지 못했다. 이런 문제를 극복하고자, AI가 데이터로부터 스스로 학습하고 규칙을 도출하는 기술이 개발되기 시작했고, 이를 머신 러닝(Machine Learning; ML)이라 부른다.

② 쉽게 설명하면?

머신러닝은 컴퓨터가 마치 사람처럼 경험을 통해 학습하고 성장하는 기술이라 할 수 있다. 어린아이가 수많은 개와 고양이 사진을 보며 그 차이를 배우듯, 머신 러닝 알고리즘도 방대한 데이터를 분석하며 숨겨진 패턴과 규칙을 스스로 찾아낸다. 이렇게 축적된 ‘경험’을 바탕으로 머신 러닝 모델은 새로운 상황에서 적절한 판단을 내리고, 문제를 해결하는 능력을 갖추게 된다. 즉, 머신은 데이터라는 ‘먹이’를 통해 지능을 성장시키는 일종의 기계학습 기술이라 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

우리 일상에는 이미 다양한 머신 러닝 기술이 스며들어 있다. 가장 대표적인 예가 이메일 서비스의 스팸 메일 필터링이다. 머신 러닝 알고리즘은 사용자가 스팸으로 분류한 이메일들의 특징(의심스러운 제목, 특정 문구 포함 등)을 학습한다. 그리고 이를 토대로 새로 도착한 메일이 스팸일 확률을 계산해, 자동으로 차단한다. 이런 지도 학습(Supervised Learning) 방식은 정답을 알려주는 ‘선생님’(라벨링된 데이터)의 도움을 받아 학습한다.

한편 넷플릭스(Netflix)나 유튜브(Youtube)의 영상 추천 시스템은 비지도 학습(Unsupervised Learning)의 사례다. 사용자의 시청 기록이라는 방대한 데이터 속에서, 비슷한 취향을 가진 사용자 그룹을 발견하고 새로운 콘텐츠를 추천하는 것이다. 흥미로운 점은 이때 ‘비슷한 취향’이라는 기준을 인공지능이 스스로 찾아낸다는 것이다.

알파고와 같은 인공지능 바둑 프로그램은 강화 학습(Reinforcement Learning)으로 만들어졌다. 알파고는 수많은 바둑 대국을 스스로 반복하며, 승리에는 보상을, 패배에는 불이익을 부여하는 방식으로 학습했다. 마치 어린아이가 시행착오를 겪으며 더 나은 전략을 터득하듯 말이다. 알파고는 프로 기사들의 기보를 학습한 적이 없음에도, 창의적이고 효과적인 수를 생각해냈다.

④ 왜 중요한가?

머신 러닝은 인공지능의 핵심 동력이자, 현대 사회를 변화시키는 혁신 기술로 자리 잡았다. 무엇보다 머신 러닝 덕분에 그동안 해결하기 어려웠던 복잡한 문제들을 풀어내는 돌파구가 열렸다. 방대하고 비정형적인 데이터 속에서 의미 있는 인사이트를 발견하고, 최적의 의사결정을 내리는 일이 가능해진 것이다.

특히 딥러닝의 등장으로 머신 러닝은 새로운 전기를 맞았다. 딥러닝은 인간 두뇌의 신경망을 모방한 심층 신경망(Deep Neural Network)을 활용한다. 이를 통해 이미지, 음성, 언어 등 비정형 데이터를 직접 학습하고 높은 수준의 추상화와 예측을 수행할 수 있게 되었다.

머신 러닝의 진가는 산업 전반의 효율성과 생산성을 높이는 데 있다. 제조, 금융, 의료, 에너지 등 주요 산업 영역에서 머신 러닝을 통해 공정을 최적화하고, 리스크를 예측하며, 맞춤형 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 기업들은 머신 러닝을 새로운 비즈니스 모델과 가치 창출의 원천으로 삼고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

머신 러닝의 활용 분야는 실로 광범위하다. 구글, 네이버와 같은 검색 엔진은 머신 러닝을 통해 사용자 질의에 최적화된 검색 결과를 제공한다. 스팸 메일 필터링, 챗봇, 음성 인식 등도 머신 러닝의 대표적 적용 사례다.

요즘 큰 주목을 받는 분야는 자율주행이다. 자율주행차는 머신 러닝을 통해 방대한 주행 데이터를 학습하고, 실시간으로 도로 상황을 인식하며, 최적의 주행 판단을 내린다. 교통사고 감소, 이동 편의성 증대 등 자율주행이 가져올 변화가 기대된다.

의료계에서도 머신 러닝은 게임 체인저로 떠오르고 있다. 의료 영상 분석, 신약 개발, 맞춤형 진단과 치료 등에 머신 러닝이 활발히 도입되고 있다. 머신 러닝은 방대한 의료 데이터 속에서 질병의 새로운 징후와 치료 실마리를 찾아내, 의사의 전문성을 보완하고 확장하는 역할을 한다.

금융권에서는 머신 러닝을 통해 실시간으로 시장을 분석하고 투자 포트폴리오를 최적화한다. 또한 수상한 거래 패턴을 학습하고 이상 거래를 탐지해, 금융 사기 예방에도 기여한다.

이 밖에도 제조업에서의 불량품 검출, 에너지 분야에서의 전력 수요 예측, 농업에서의 작물 수확량 예측 등 머신 러닝은 광범위한 분야에서 새로운 해법을 제시하고 있다. 앞으로 머신 러닝은 데이터 과학, 로봇 공학 등 인접 기술과 결합하며 더욱 스마트한 세상을 만들어갈 것으로 전망된다. 머신 러닝이 열어갈 미래는 무궁무진하다.

1.3. 딥러닝(Deep Learning; DL): 인공지능의 두뇌, 인간의 학습 능력을 모방하다

① 왜 나오게 되었는가?

전통적인 AI 기술은 인간이 직접 문제 해결 방법을 일일이 알려줘야 했다. 이런 규칙 기반 접근법은 단순하고 구조화된 문제에는 잘 작동했지만, 현실 세계의 복잡하고 역동적인 문제를 다루기에는 역부족이었다. 컴퓨터에게 모든 상황을 미리 정의하고 대응 규칙을 일일이 입력하는 것은 불가능에 가까웠기 때문이다. 이런 한계를 극복하기 위해, 인간처럼 데이터로부터 스스로 학습하고 유의미한 패턴을 찾아내는 새로운 AI의 패러다임이 필요했고, 이것이 바로 딥러닝이다.

② 쉽게 설명하면?

딥러닝은 인간의 두뇌가 학습하는 방식을 모방한 기계학습 기술이다. 우리 뇌에는 수많은 뉴런(신경세포)이 복잡한 네트워크를 이루며 정보를 주고받는다. 딥러닝은 이런 생물학적 신경망을 본떠, 여러 층(Layer)의 인공 뉴런을 쌓아 만든 인공 신경망(Artificial Neural Network)을 사용한다. 마치 사람이 반복적 경험과 연습을 통해 점점 더 나은 성과를 내듯, 딥러닝 모델도 방대한 데이터를 반복 학습하며 스스로 성능을 개선해 나간다. 이런 점에서 딥러닝은 ‘경험’으로부터 성장하는 진정한 의미의 인공(人工)지능이라 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

딥러닝의 대표 주자는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)이다. CNN은 마치 사람의 시각 체계가 사물을 인식하는 방식을 흉내 낸 것이다. CNN은 이미지의 작은 부분부터 점차 큰 부분으로 시야를 넓히며 전체 형상을 파악한다. 이 과정에서 이미지의 주요 특징(모서리, 색, 질감 등)을 계층적으로 추출한다. 가령 고양이 사진을 학습할 때, CNN은 먼저 귀, 코, 수염 등 낮은 수준의 특징을 인식하고, 이를 결합해 점차 고양이의 전체 모습을 인식하는 식이다.

자연어 처리 분야에서는 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)과 트랜스포머(Transformer) 모델이 각광받고 있다. RNN은 언어의 순차적 특성을 모델링하기에 적합하다. 즉 단어 순서에 따른 문맥을 파악할 수 있다. 한편 트랜스포머는 단어 간 관계를 더욱 정교하게 파악하는 데 강점이 있다. 예컨대 “그녀가 뿌린 씨앗이 결실을 맺었다”라는 문장에서 ‘결실’이 ‘씨앗’과 연관됨을 알아채는 것이다. 최근 자연어 처리 기술의 눈부신 발전은 바로 이런 딥러닝 모델 덕분이다.

④ 왜 중요한가?

딥러닝은 인공지능의 미래를 여는 열쇠와 같은 기술이다. 무엇보다 딥러닝 덕분에 그동안 기계가 다루기 어려웠던 비정형 데이터(이미지, 텍스트, 음성 등)의 패턴을 학습할 수 있게 되었다. 이는 인공지능의 인식과 이해의 영역을 현실 세계의 복잡성으로 대폭 확장시켰다.

또한 딥러닝은 인공지능을 ‘좁고 깊은’ 영역에서 ‘넓고 얇은’ 영역으로 진화시키고 있다. 예전에는 인공지능이 체스나 바둑처럼 규칙이 명확한 특정 문제에 특화되었다면, 이제는 인식, 이해, 학습 등 인간의 일반적 지적 능력을 폭넓게 다룰 수 있게 된 것이다.

무엇보다 딥러닝은 4차 산업혁명을 이끄는 핵심 동력이다. 제조, 의료, 금융, 교통 등 산업 전반에서 딥러닝을 통한 혁신이 펼쳐지고 있다. 이는 단순히 기술 혁신을 넘어, 인류의 역량을 한 단계 도약시키는 일대 전환이 될 것이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

딥러닝은 현대 사회에 가장 광범위하게 활용되는 인공지능 기술이다. 우선 스마트폰의 얼굴 인식, 음성 비서, 사진 분류 등 우리 일상에 깊숙이 자리 잡았다. 구글 번역기의 괄목할 만한 성능 향상도 딥러닝이 있기에 가능했다.

딥러닝은 자율주행차의 눈과 두뇌 역할을 한다. 딥러닝을 통해 방대한 주행 데이터로부터 도로 상황을 인지하고 주행 전략을 수립한다. 테슬라, 웨이모 등 글로벌 기업들이 딥러닝에 사활을 걸고 있는 이유다.

의료계에서도 딥러닝은 게임 체인저로 떠오르고 있다. 딥러닝을 활용한 의료 영상 분석은 이미 전문의 수준의 진단 정확도를 보이고 있다. 뿐만 아니라 의료 데이터를 분석해 질병을 조기 예측하거나, 신약 개발 과정을 효율화하는 데에도 딥러닝이 활약하고 있다.

금융권에서는 딥러닝을 통해 시장을 예측하고 투자 전략을 세운다. 방대한 금융 데이터 속에서 복잡한 패턴을 포착해내고, 실시간으로 대응 방안을 모색한다. 또한 불법 금융 거래를 탐지하는 데에도 딥러닝이 활용되고 있다.

이 외에도 스마트 팩토리, 기후 변화 예측, 신재생 에너지 관리, 맞춤형 교육, 콘텐츠 추천 등 딥러닝이 적용되지 않은 분야를 찾기 어려울 정도다. 앞으로 딥러닝은 데이터 과학, 사물인터넷, 클라우드 기술 등과 결합하며 더욱 창의적이고 혁신적인 활용 사례를 만들어낼 것으로 기대된다. 인간과 인공지능의 협업이 만들어갈 미래는 실로 무한하다.

1.4. 신경망(Neural Network): 인공지능의 두뇌, 인간의 뇌를 모방하다

① 왜 나오게 되었는가?

전통적인 컴퓨터는 정해진 규칙과 알고리즘에 따라 데이터를 처리했다. 하지만 이런 방식으로는 이미지나 음성을 인식하고, 자연어를 이해하는 등 인간의 인지 능력과 관련된 복잡한 문제를 다루기 어려웠다. 컴퓨터에게

모든 상황과 규칙을 일일이 입력하는 것은 불가능에 가까웠기 때문이다. 이런 문제를 해결하고, 컴퓨터가 인간처럼 스스로 학습하고 사고할 수 있게 하려는 노력 속에서 인간의 뇌를 모방한 신경망(Neural Network) 모델이 탄생했다.

② 쉽게 설명하면?

신경망은 인간 두뇌의 신경 구조에서 영감을 받아 만들어진 인공지능 모델이다. 우리 뇌는 수많은 뉴런(신경세포)이 복잡하게 연결되어 정보를 주고받으며 동작한다. 신경망도 이와 유사하게, 다수의 노드(Node)가 서로 연결되어 정보를 처리하고 학습하는 구조를 가진다. 각 노드는 입력 신호를 받아들이고, 이에 가중치(Weight)를 곱한 후, 활성화 함수(Activation Function)를 통해 다음 노드로 출력 신호를 보낸다. 이런 과정을 통해 신경망은 복잡한 데이터 속에서 유의미한 패턴을 찾아내고, 스스로 문제 해결 능력을 키워나간다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

신경망은 그 구조와 용도에 따라 다양한 종류로 나뉜다. 먼저 다층 퍼셉트론(Multilayer Perceptron, MLP)은 가장 기본적인 신경망 구조로, 입력층(Input Layer), 은닉층(Hidden Layer), 출력층(Output Layer)이 순차적으로 연결되어 있다. 각 층의 노드들은 이전 층의 노드에서 입력을 받고, 다음 층의 노드로 출력을 보낸다. MLP는 이미지 분류, 금융 데이터 분석 등에 활용된다.

한편 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)은 이미지 인식에 특화된 신경망이다. CNN은 이미지의 특징을 추출하는 합성곱 연산(Convolution Operation)을 활용해, 이미지의 지역적 패턴을 효과적으로 학습한다. 가령 얼굴 인식의 경우, CNN은 눈, 코, 입 등의 지역적 특징을 먼저 학습하고, 이를 조합해 얼굴 전체를 인식하는 방식으로 동작한다.

순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)은 시계열 데이터, 즉 시간 순서에 따라 변화하는 데이터를 처리하는 데 효과적이다. RNN은 이전 단계의 출력을 현재 단계의 입력으로 사용하는 순환 구조를 가지고 있어, 문맥을 고려한 예측이 가능하다. 가령 언어 모델에서 RNN은 이전에 등장한 단어들의 맥락을 고려해 다음에 올 단어를 예측한다.

최근에는 트랜스포머(Transformer) 모델이 주목받고 있다. 트랜스포머는 어텐션 메커니즘(Attention Mechanism)을 활용해, 입력 데이터의 각 부분 사이의 관계를 학습한다. 이를 통해 문장 내 단어들의 의존 관계를 효과적으로 파악할 수 있다. 트랜스포머는 기계 번역, 텍스트 요약 등에서 뛰어난 성능을 보이고 있다.

④ 왜 중요한가?

신경망은 인공지능의 핵심 기술로, 그 중요성이 나날이 커지고 있다. 신경망은 방대하고 복잡한 데이터 속에서 인간이 발견하기 어려운 패턴과 규칙을 스스로 학습할 수 있다. 이는 이미지 인식, 음성 인식, 자연어 처리 등 그동안 컴퓨터가 다루기 어려웠던 분야에서 획기적인 진전을 가능케 했다.

특히 딥러닝(Deep Learning)의 등장으로 신경망은 더욱 강력해졌다. 딥러닝은 여러 개의 은닉층을 가진 심층 신경망(Deep Neural Network; DNN)을 활용해, 데이터의 고차원적인 특징을 학습할 수 있다. 이는 이미지 분류, 객체 탐지, 음성 인식, 기계 번역 등 다양한 인공지능 과제에서 인간을 뛰어넘는 성능을 달성하는 데 크게 기여했다.

⑤ 어디에 활용되는가?

신경망의 활용 범위는 실로 광범위하다. 우선 이미지 처리 분야에서는 CNN을 활용한 얼굴 인식, 자율주행차의 객체 탐지, 의료 영상 진단 등에 활발히 사용된다. 최근에는 GAN(Generative Adversarial Network)이라는 신경망을 활용해 이미지를 생성하는 기술도 주목받고 있다.

자연어 처리 영역에서도 신경망은 핵심 기술로 자리 잡았다. RNN이나 트랜스포머 모델을 활용한 언어 모델은 기계 번역, 텍스트 요약, 감성 분석, 챗봇 등 다양한 분야에서 활약하고 있다. 음성 인식과 합성 기술도 RNN 기반의 신경망 덕분에 크게 발전했다.

금융권에서는 RNN 등을 활용해 주가나 환율을 예측하고, CNN을 통해 신용 평가나 보험 사기를 탐지한다. 의료계에서는 CNN으로 X-ray, CT, MRI 등의 의료 영상을 분석해 질병을 진단하고, RNN으로 환자의 의료 기록을 분석해 질병 예후를 예측한다.

이 외에도 추천 시스템, 이상 탐지, 게임 AI, 스마트 팩토리 등 신경망이 활용되지 않은 분야를 찾기 어려울 정도다. 앞으로는 신경망이 더욱 정교해지고, 다른 AI 기술 및 도메인 지식과 결합하며 그 활용 영역을 더욱 확장해 나갈 전망이다. 신경망은 인간의 인지능력을 확장하고, 나아가 창의성을 증폭시키는 도구가 될 것이다. 신경망으로 대표되는 인공지능 기술이 우리의 삶과 미래를 어떻게 바꿔놓을지 기대해 볼 만하다.

2. AI 모델 및 학습

2.1. 모델(Model): 인공지능의 두뇌, 세상을 배우고 표현하는 방법

① 왜 나오게 되었는가?

AI는 인간의 지적 능력, 특히 학습과 추론 능력을 모방하여 복잡한 문제를 해결하고 창의적인 결과물을 만들어낸다. 이 모든 것의 핵심에는 바로 ‘모델(Model)’이 자리 잡고 있다. 모델은 인공지능이 세상을 이해하고 해석하는 방식, 그리고 그 결과를 표현하는 방법을 결정하는 일종의 설계도이자 두뇌라 할 수 있다. 인공지능이 방대하고 다양한 데이터를 학습하여 특정 과제를 수행하는 것도 결국 모델이 있기에 가능해진다.

② 쉽게 설명하면?

모델은 AI의 알고리즘, 즉 문제 해결의 방법론이라고 이해할 수 있다. 모델은 AI가 데이터를 어떻게 해석하고, 그로부터 어떤 패턴을 발견할지 결정한다. 마치 사람이 수많은 경험과 학습을 통해 세상을 이해하고 지식을 쌓아가듯이, AI도 모델을 통해 데이터를 학습하고 그 속에서 의미 있는 정보를 추출해낸다. 이렇게 학습된 모델은 새로운 데이터가 주어졌을 때 적절한 판단을 내리거나 예측을 수행하는 데 활용된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI 모델은 그 용도와 구조에 따라 다양한 종류로 나뉜다. 각각의 모델은 다른 방식으로 데이터를 학습하고 표현한다.

대표적인 예로 이미지 분류 모델을 들 수 있다. 이 모델은 수많은 이미지를 학습 데이터로 삼아, 각 이미지가 어떤 범주(예: 개, 고양이, 자동차 등)에 속하는지 판단하는 법을 익힌다. 학습이 완료된 모델은 새로운 이미지가 입력되면 그것이 어떤 범주에 속할지 높은 정확도로 분류해낼 수 있게 된다.

텍스트 생성 모델도 흥미로운 사례이다. 이 모델은 방대한 양의 문서 데이터를 학습하여, 문장과 단어의 패턴을 파악한다. 이를 바탕으로 모델은 주어진 주제나 맥락에 적합한 새로운 문장이나 글을 생성해낼 수 있다. 최근 인기를 끌고 있는 챗GPT와 같은 대화형 AI가 바로 이런 텍스트 생성 모델의 산물이다.

이 외에도 음성 인식 모델, 추천 시스템 모델 등 다양한 종류의 AI 모델이 존재한다. 음성 인식 모델은 사람의 음성을 텍스트로 변환하는 데 사용되며, 추천 시스템 모델은 사용자의 행동 패턴을 분석하여 개인화된 추천을 제공하는 데 활용된다.

④ 왜 중요한가?

모델은 AI의 성능과 활용 가능성을 결정짓는 핵심 요소이다. 모델의 정교함과 효율성에 따라 인공지능이 얼마나 정확하고 빠르게 과제를 수행할 수 있을지가 결정된다. 따라서 AI 연구자들은 끊임없이 더 나은 모델을 개발하기 위해 노력하고 있다. 최근에는 딥러닝, 강화학습, 전이학습 등 다양한 학습 기법을 활용하여 모델의 성능을 한 단계 더 끌어올리고 있다.

특히 딥러닝의 등장은 AI 모델 발전의 중요한 전환점이 되었다. 딥러닝은 인간의 뇌 구조에서 영감을 얻은 심층 신경망(Deep Neural Network; DNN) 모델을 사용한다. 이 모델은 여러 층(Layer)의 뉴런(Neuron)으로 이루어져 있어, 데이터의 복잡한 특징을 추출하고 고차원적인 패턴을 학습할 수 있다. 딥러닝 모델은 이 이미지 인식, 자연어 처리, 음성 인식 등 다양한 분야에서 인간 수준을 뛰어넘는 성과를 보여주고 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

AI 모델은 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다. 스마트폰의 얼굴 인식 잠금 기능, 음성 비서, 이메일 스팸 필터링 등은 모두 인공지능 모델의 적용 사례이다. 예를 들어 얼굴 인식은 이미지 분류 모델을 통해, 음성 비서는 음성 인식과 자연어 처리 모델을 통해 구현된다.

산업 분야에서도 AI 모델의 활약이 두드러진다. 자율주행차는 이미지 인식 모델로 주변 환경을 인식하고 판단한다. 의료 분야에서는 진단 모델이 X-ray, CT 등의 의료 영상을 분석해 질병을 진단하는 데 사용된다. 금융권에서는 사기 탐지 모델이 이상 거래를 실시간으로 포착하고, 신용평가 모델이 개인과 기업의 신용도를 예측하는 데 활용된다.

이 외에도 온라인 쇼핑물의 상품 추천, 동영상 플랫폼의 콘텐츠 추천, 스마트 팩토리에서의 설비 이상 감지, 기후 변화 예측 등 인공지능 모델은 다양한 분야에서 새로운 가치를 창출하고 있다. 앞으로 인공지능 모델은 더욱 정교해지고 다양해질 것이며, 이는 우리 삶의 질을 한층 더 높이는 동시에 산업 전반의 효율성과 생산성을 크게 향상시킬 것으로 기대된다. 인공지능 모델의 발전은 곧 인류의 발전이며, 우리가 마주할 미래 그 자체라고 할 수 있다.

2.2. 파라미터(Parameter): 인공지능의 지식 저장소, 학습을 통해 세상을 이해하는 열쇠

① 왜 나오게 되었는가?

AI는 데이터를 학습하여 그 속에서 유의미한 패턴을 찾아내고, 이를 기반으로 새로운 문제에 대한 예측이나 해결책을 제시한다. 이때 AI가 데이터로부터 습득한 지식과 경험을 저장하는 공간이 필요한데, 바로 그 공간을 구성하는 것이 '파라미터(Parameter)'이다. AI 모델이 점점 더 복잡하고 난해한 과제를 수행하게 되면서, 그에 걸맞은 방대한 양의 지식을 저장할 수 있는 파라미터의 중요성이 커지게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

파라미터는 AI 모델이 학습을 통해 습득한 지식을 저장하는 일종의 변수 또는 상수라고 할 수 있다. 사람의 두뇌에서 뉴런과 뉴런 사이를 잇는 시냅스의 결합 강도가 학습과 경험에 의해 변화하며 기억을 만들어내듯, 인공신경망에서는 뉴런 간 연결 강도를 나타내는 가중치(Weight)가 바로 이 파라미터에 해당한다. AI는 데이터를 반복적으로 학습하면서 파라미터의 값을 조정해 나가는데, 이 과정을 통해 데이터에 내재된 패턴과 법칙을 파악하게 된다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

파라미터의 개념을 이해하기 위해 이미지 분류 모델을 예로 들어보자. 이 모델은 고양이, 강아지, 새 등 다양한 동물 사진을 학습 데이터로 사용한다. 모델은 각 사진의 픽셀 정보를 입력받아, 이를 특징(Feature)으로 변환하는 과정을 거친다. 이때 특징 추출에 사용되는 필터(Filter)의 값들이 바로 파라미터이다. 학습이 진행될수록 모델은 최적의 필터 값을 찾아가면서, 고양이와 강아지를 구분하는 데 필요한 특징(예: 귀 모양, 코의 위치 등)을 효과적으로 인코딩하게 된다.

또 다른 사례로 자연어 처리(Natural Language Processing) 모델을 생각해 볼 수 있다. 이 모델은 단어나 문장을 벡터(Vector)라는 숫자의 나열로 표현하는데, 이때 단어의 의미와 문장의 문법 구조를 벡터에 반영하는 것이 바로 파라미터이다. 가령 ‘왕(king)’이라는 단어 벡터에서 ‘남자(man)’의 벡터를 빼고 ‘여자(woman)’의 벡터를 더하면 ‘여왕(queen)’에 가까운 벡터가 된다는 것은 유명한 사례이다. 이는 모델이 방대한 텍스트 데이터를 학습하며, 단어 간 관계를 파라미터에 내재화한 결과라 할 수 있다.

Mixture of Experts (전문가 믹스; MoE): 희소 오토인코더와 유사하게, MoE는 특정 작업에 특화된 여러 전문가 모델을 활용하여 개념 인코딩을 수행한다. 예를 들어, ‘사과’라는 개념을 인코딩할 때, 과일 전문가, 영양 전문가, 요리 전문가 등 다양한 전문가 모델이 협력하여 ‘사과’의 다양한 측면을 포괄적으로 이해하고 표현할 수 있다.

④ 왜 중요한가?

파라미터는 AI 모델의 성능을 좌우하는 핵심 요인이다. 일반적으로 파라미터의 수가 많을수록 모델이 더 복잡하고 추상적인 특징을 학습할 수 있어 성능이 좋아지는 경향이 있다. 실제로 자연어 처리 분야에서 혁신을 일으킨 GPT-3 모델은 무려 1,750억 개의 파라미터를 사용한다.

그러나 파라미터가 지나치게 많아도 문제가 된다. 모델이 학습 데이터에 과적합(Overfitting)되어, 실제 활용 상황에서는 성능이 오히려 떨어지는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 적절한 수의 파라미터를 사용하되, 효율적인 학습 기법을 통해 최적의 파라미터 값을 찾아내는 것이 중요하다.

이를 위해 최근에는 모델 압축(Model Compression) 기술이 주목받고 있다. 대표적인 예가 희소 오토인코더(Sparse Autoencoder)이다. 이는 데이터의 핵심 특징만을 파라미터에 압축적으로 인코딩함으로써, 모델의 크기를 줄이면서도 성능을 유지하는 기술이다. 이런 노력을 통해 더욱 효율적이고 강력한 인공지능 모델을 만들어낼 수 있을 것으로 기대된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

파라미터는 AI 모델의 학습과 추론, 그리고 활용에 이르는 전 과정에서 없어서는 안 될 핵심 요소이다. 음성 인식 모델이 사람의 목소리를 정확히 텍스트로 변환하고, 기계 번역 모델이 한 언어의 문장을 다른 언어로 자연스럽게 바꾸며, 이미지 생성 모델이 텍스트 묘사에 맞는 그림을 그려내는 모든 과정의 이면에는 파라미터가 자리 잡고 있다.

특히 최근 주목받는 대규모 언어 모델(Large Language Model)들은 천문학적인 수의 파라미터를 활용한다. 앞서 언급한 GPT-3는 인터넷 상의 방대한 텍스트를 학습하여, 질문에 대한 답변 생성, 텍스트 요약, 창의적 글쓰기 등 다양한 자연어 처리 과제를 수행할 수 있다. 이는 모델이 파라미터에 언어에 대한 깊이 있는 이해를 담았기에 가능한 것이다.

또한 추천 시스템, 이상 탐지, 자율주행 등 여러 산업 분야에서 인공지능의 활약이 두드러지는데, 이 모든 적용 사례의 중심에는 파라미터가 있다. 넷플릭스(Netflix)가 사용자 개개인의 취향에 맞는 영화를 추천하고, 은행이 수상한 거래를 실시간으로 포착하며, 테슬라(Tesla)의 자율주행차가 복잡한 도로 상황을 안전하게 주행하는 것, 이 모든 것이 데이터로부터 학습한 파라미터가 있기에 가능한 것이다.

2.3. 학습 (Learning): 인공지능의 성장 동력, 데이터를 통해 세상을 이해하고 표현하는 능력

① 왜 나오게 되었는가?

AI는 인간과 달리 세상에 대한 사전 지식 없이 시작한다. 마치 갓 태어난 아기처럼, AI도 처음에는 아무것도 모르는 상태이다. 그러나 인간은 성장하면서 주변 환경과 상호작용하며 배우고 적응하듯, AI도 스스로 학습할 수 있는 능력이 있다. 이 학습 능력이야말로 AI가 끊임없이 발전하고, 새로운 문제에 대처할 수 있는 핵심 동력이 된다. 따라서 AI가 인간 수준의 지능에 도달하고, 더 나아가 그 한계를 뛰어넘기 위해서는 효과적인 학습 메커니즘이 반드시 필요하다.

② 쉽게 설명하면?

AI 학습은 경험을 통해 성장하는 과정이라고 할 수 있다. 여기서 '경험'이란 곧 데이터를 의미한다. AI 모델은 대량의 데이터를 입력받아 그 속에서 유의미한 패턴이나 특징을 스스로 찾아낸다. 그리고 이를 바탕으로 모델

내부의 파라미터(Parameter)를 조정해 나간다. 마치 우리가 시행착오를 겪으며 더 나은 방식을 터득해 나가듯, AI도 데이터를 반복적으로 학습하며 점차 원하는 작업을 더 잘 수행할 수 있게 된다. 즉, 학습을 통해 데이터에 내재된 지식을 습득하고, 이를 실제 문제 해결에 활용하는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

AI의 학습 방식은 크게 세 가지로 나뉜다. 첫째는 지도 학습(Supervised Learning)이다. 이는 정답이 무엇인지 알려주는 ‘선생님’이 있는 학습이라 할 수 있다. 가령 고양이와 강아지 사진을 분류하는 모델을 학습시킬 때, 우리는 각 사진에 ‘고양이’ 또는 ‘강아지’라는 레이블(Label)을 붙여준다. 모델은 이 정답 레이블을 기준으로 자신의 예측이 맞는지 틀리는지 피드백 받으며 점차 분류 능력을 향상시킨다. 스팸 메일 필터링, 손글씨 인식 등이 지도 학습의 대표적 사례이다.

반면 비지도 학습(Unsupervised Learning)은 정답 레이블 없이 데이터의 숨은 구조를 스스로 발견하는 방식이다. 일종의 ‘자율학습’이라 볼 수 있다. 예컨대 수많은 뉴스 기사를 학습한 모델이 스포츠, 정치, 경제 등 주제별로 기사를 자동 분류하는 것이 비지도 학습의 사례이다. 비슷한 패턴을 지닌 데이터끼리 묶는 군집화(Clustering)가 대표적인 비지도 학습 기법이다.

마지막으로 강화 학습(Reinforcement Learning)은 행동에 대한 보상(Reward)을 통해 학습하는 방식이다. 마치 애완동물이 주인의 칭찬과 간식에 따라 특정 행동을 학습하듯, 인공지능 모델도 어떤 행동을 했을 때 주어지는 보상을 최대화하는 방향으로 학습한다. 실수를 겪고 교훈을 얻으며 성장하는 것과 비슷하다고 할 수 있다. 바둑이나 체스 같은 대국 인공지능이 강화학습의 좋은 예시이다.

④ 왜 중요한가?

학습 능력은 인공지능을 AI답게 만드는 핵심이다. 단순히 정해진 규칙에 따라 동작하는 프로그램과 달리, 스스로 배우고 발전할 수 있는 학습 메커니즘이 있기에 인공지능은 새로운 상황에 적응하고 복잡한 문제를 풀어낼 수 있다. 인간이 교육을 통해 잠재력을 발휘하듯, 인공지능도 학습을 통해 그 진가를 발휘하게 되는 셈이다.

특히 빅데이터 시대를 맞아 학습의 중요성은 더욱 커지고 있다. 엄청난 양의 데이터가 생성되고 축적되면서, 이 데이터를 효과적으로 활용할 수 있는 학습 알고리즘에 대한 수요가 급증하고 있다. 실제로 딥러닝(Deep Learning)의 눈부신 성과는 방대한 데이터와 강력한 학습 알고리즘이 결합된 결과라 할 수 있다.

또한 학습은 인공지능의 신뢰성과 설명 가능성을 담보하는 데에도 중요한 역할을 한다. 모델이 어떻게 학습했고, 어떤 근거로 판단을 내리는지를 설명할 수 있어야 인공지능에 대한 사회적 신뢰를 확보할 수 있기 때문이다. 따라서 학습 과정의 투명성과 해석 가능성을 높이는 일 또한 인공지능 발전의 핵심 과제 중 하나이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

학습 능력은 사실상 AI의 모든 적용 분야에서 필수적이다. 자연어 처리(Natural Language Processing) 분야에서는 방대한 텍스트 데이터를 학습함으로써 기계 번역, 텍스트 요약, 감성 분석 등 다양한 과제를 수행한다. 구글 번역기의 눈부신 발전은 바로 학습 덕분이라 할 수 있다.

컴퓨터 비전(Computer Vision) 분야에서도 학습은 핵심 동력이다. 수많은 이미지를 학습한 모델은 사물을 인식하고 분류할 수 있다. 자율주행차가 도로 상황을 이해하고 장애물을 회피할 수 있는 것도, 의료 영상에서 질병을 진단해내는 것도 모두 학습의 결과이다.

이 외에도 추천 시스템은 사용자 행동 데이터를 학습하여 맞춤형 콘텐츠를 제안하며, 이상 탐지 시스템은 정상 데이터를 학습함으로써 비정상적인 패턴을 감지해낸다. 금융 분야에서는 방대한 트랜잭션 데이터를 학습하여 사기 거래를 실시간으로 차단하기도 한다.

2.4. 추론(Inference): 인공지능의 문제 해결 능력, 학습한 지식으로 새로운 답을 찾아낸다

① 왜 나오게 되었는가?

AI 모델은 대량의 데이터를 학습하여 그 속에 담긴 패턴과 규칙을 파악한다. 하지만 이는 어디까지나 과거의 데이터에 기반한 것이다. 실제 세계는 언제나 새롭고 예측 불가능한 상황을 만들어낸다. 이런 도전에 직면했을 때, 단순히 과거의 패턴을 되풀이하는 것만으로는 부족하다. AI가 진정으로 인간처럼 사고하고 문제를 해결하기 위해서는, 학습한 지식을 융통성 있게 활용하여 새로운 상황에 대처할 수 있어야 한다. 바로 이 능력이 '추론(Inference)'이다. 추론 능력이야말로 인공지능을 단순한 데이터 처리 도구가 아닌, 지능적인 의사결정 주체로 만드는 핵심이라 할 수 있다.

② 쉽게 설명하면?

추론은 AI 모델이 학습을 통해 습득한 지식을 활용하여, 이전에 경험하지 못한 새로운 데이터나 상황에 대한 예측이나 판단을 내리는 과정이다. 이는 마치 우리 인간이 과거의 경험과 배움을 토대로 낯선 문제에 대한 해법을 찾아내는 것과 유사하다. 가령 한 번도 가본 적 없는 도시의 지도를 보고 목적지까지의 경로를 추리해내는 것, 이것이 바로 추론의 과정이다. AI 모델 역시 데이터를 통해 학습한 패턴과 규칙을 창의적으로 조합하고 확장하여, 새로운 질문에 대한 답을 찾아내는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

추론은 AI의 다양한 적용 분야에서 핵심적인 역할을 담당한다. 가장 대표적인 예가 이미지 분류(Image Classification) 모델이다. 이 모델은 수많은 이미지를 학습하여, 각 이미지가 어떤 범주(예: 개, 고양이, 자동

차 등)에 속하는지 구분하는 법을 배운다. 그런데 학습 때 보지 못했던 새로운 이미지가 주어진다면 어떻게 될까? 바로 이때 추론이 등장한다. 모델은 새 이미지의 특징을 분석하고, 이를 학습을 통해 습득한 패턴과 비교하여 가장 적절한 범주를 할당한다. 이는 단순한 패턴 매칭이 아니라, 학습한 지식을 융통성 있게 활용하는 고차원적 사고 과정이다.

자연어 처리(Natural Language Processing) 분야에서도 추론은 매우 중요하다. 챗봇이 사용자의 질문에 적절히 답변하기 위해서는, 단순히 질문과 정답을 일대일로 매핑하는 것 이상의 능력이 필요하다. 질문의 맥락과 의도를 파악하고, 학습한 언어 지식을 바탕으로 논리적인 답변을 생성해내야 하는 것이다. 최근 주목받는 대형 언어 모델(Large Language Model)들은 방대한 텍스트 데이터를 학습하여, 인간 수준의 추론 능력을 보여주고 있다.

④ 왜 중요한가?

추론 능력은 AI가 실제 세계의 복잡성과 불확실성에 대처할 수 있게 하는 핵심 동력이다. 아무리 많은 데이터를 학습했다 하더라도, 그것만으로는 언제나 한계가 있기 마련이다. 세상에는 과거에 없던 새로운 문제가 끊임없이 등장하기 때문이다. 추론 능력이 있어야 인공지능이 이런 낯선 도전에 유연하게 대응하고, 창의적인 해결책을 제시할 수 있다. 이는 단순히 정해진 규칙을 따르는 것을 넘어, 진정한 의미의 지능적 행동이라 할 수 있다.

또한 추론은 AI의 의사결정 과정에 투명성과 설명 가능성을 부여한다. 인공지능이 내린 판단이 어떤 논리적 근거에 기반한 것인지 설명할 수 있어야, 그 결과에 대한 신뢰를 확보할 수 있기 때문이다. 추론 과정을 투명하게 공개하고 분석할 수 있다면, 인공지능의 편향이나 오류를 발견하고 수정하는 것도 수월해질 것이다. 따라서 인간이 이해하고 해석할 수 있는 추론 메커니즘 개발은 인공지능의 장기적 발전을 위한 중요한 과제이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

추론은 사실상 인공지능의 모든 적용 분야에 걸쳐 필수적인 요소라 할 수 있다. 자율주행 자동차가 복잡한 도로 상황을 인식하고 적절한 주행 판단을 내리는 것, 의료 진단 인공지능이 환자의 증상과 검사 결과를 종합하여 질병을 예측하는 것, 금융 분야에서 각종 경제 지표와 뉴스를 분석하여 시장의 미래를 전망하는 것, 이 모든 과정의 기저에는 추론이 자리하고 있다.

또한 추천 시스템이나 타겟 광고에서도 추론은 중요한 역할을 한다. 사용자의 과거 행동 데이터만으로는 개개인의 선호를 온전히 파악하기 어렵다. 여기에 나이, 성별, 지역 등 다양한 정보를 결합하여 사용자의 잠재적 니즈를 추론해낼 때, 비로소 정교한 맞춤형 서비스가 가능해지는 것이다.

게임 분야에서는 인공지능 플레이어가 실시간으로 게임 상황을 분석하고 최적의 전략을 추론해내는 데 활용된다. 바둑이나 포커 등 불완전 정보 게임에서 인공지능이 인간을 압도하는 성과를 거둔 것도, 강력한 추론 능력 덕분이라 할 수 있다.

이처럼 추론은 인공지능이 단순한 데이터 처리기가 아닌, 상황 적응력과 문제 해결력을 갖춘 지적 존재로 거듭나는 데 있어 필수 불가결한 능력이다. 앞으로 인공지능 기술이 고도화되고 그 영향력이 확대될수록, 강력하고 투명한 추론 메커니즘 개발은 더욱 중요해질 것이다. 데이터를 단순히 소비하는 것이 아니라, 그 이면의 논리와 의미를 추론할 수 있는 능력. 그것이 바로 진정한 의미의 인공 ‘지능’을 정의하는 잣대가 될 것이다.

추가적으로 엔비디아 CEO인 젠슨 황은 생성형 AI의 목표는 학습이 아니라 추론이라고 대만에서 열린 컴퓨텍스 2024에서 언급했다³⁵⁾. 추론할 때 사용되는 에너지 양이 학습할 때보다 훨씬 적게 듭니다. 그런 AI도 장기적으로 추론을 통해서 진행되어야 할 것이다. 라고 언급했다.

| 표 5 학습과 추론 비교 |

| 구분자 | 학습 (Training) | 추론 (Inference) |
|-------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 정의 | 인공지능 모델이 데이터로부터 패턴과 지식을 습득하는 과정 | 학습된 모델이 새로운 데이터에 대해 예측이나 결정을 내리는 과정 |
| 목적 | 모델이 데이터의 특성을 이해하고 일반화할 수 있도록 함 | 학습된 지식을 활용하여 실제 문제를 해결함 |
| 입력 | 대량의 학습 데이터 (입력-출력 쌍) | 새로운 데이터 (입력) |
| 출력 | 모델 매개변수(가중치, 편향 등)의 최적화된 값 | 예측값, 분류 결과, 생성된 콘텐츠 등 |
| 계산량 | 대량의 데이터를 여러 번 반복 처리하므로 계산량이 많음 | 학습에 비해 상대적으로 계산량이 적음 |
| 시간 소요 | 데이터의 양과 모델의 복잡도에 따라 장시간 소요될 수 있음 | 일반적으로 실시간 혹은 준실시간으로 처리 가능 |
| 비유 | 학생이 강의를 듣고 개념을 이해하는 과정 | 학습한 개념을 시험 문제에 적용하여 푸는 과정 |

2.5. 파인튜닝 (Fine-tuning): 인공지능 맞춤 교육, 특정 분야 전문가로 키우다

① 왜 나오게 되었는가?

대규모 데이터로 사전 학습된 인공지능 모델은 다양한 분야에서 놀라운 성능을 발휘한다. 하지만 이런 범용 모델도 특정 영역에 적용할 때는 한계를 드러내곤 한다. 가령 일반적인 언어 모델은 의학이나 법률 같은 전문 분야의 용어와 개념을 깊이 있게 이해하지 못할 수 있다. 마치 수학을 잘하는 학생이라도 처음 보는 물리 문제 앞에서 막막해하는 것과 비슷하다. 이런 문제를 해결하고 AI 모델을 특화된 분야에 최적화하기 위해 고안된 학습 기법이 바로 ‘파인튜닝(Fine-tuning)’이다.

② 쉽게 설명하면?

파인튜닝은 이미 학습된 딥러닝 모델을 특정 문제에 맞는 데이터로 추가 학습시켜 해당 문제에 특화된 모델로 만드는 과정이다. 이는 마치 기초 지식을 탄탄히 쌓은 학생이 특정 과목에 대한 심화 학습을 통해 해당 과목의

35) 엔비디아 CEO 젠슨황의 컴퓨텍스 기자 회견 전문 (이태호, 2024)

전문가가 되는 것과 유사하다. 파인튜닝은 모델의 전체 구조를 변경하지 않고, 사전 학습된 가중치를 미세하게 조정하여 새로운 데이터에 적응시키는 방식이다. 즉, 파인튜닝은 딥러닝 모델을 특정 문제 해결에 능숙한 전문가로 ‘재교육’하는 과정이라 할 수 있다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

의료 영상 분석 분야를 예로 들어보겠다. 엑스레이 사진에서 폐렴을 진단하는 딥러닝 모델을 개발하고자 한다면, ImageNet과 같은 대규모 이미지 데이터셋으로 사전 학습된 모델을 가져와 폐렴 환자의 엑스레이 사진 데이터로 파인튜닝을 수행한다. 이를 통해 모델은 이미지 분류에 대한 기본적인 능력을 유지하면서 폐렴 진단에 특화된 기능을 습득하게 된다.

파인튜닝은 특히 데이터가 부족한 상황에서 유용하게 활용된다. 딥러닝 모델 학습에는 많은 양의 데이터가 필요하지만, 특정 문제에 대한 데이터는 제한적인 경우가 많다. 이때 파인튜닝은 적은 양의 데이터로도 모델을 해당 문제에 맞게 최적화할 수 있는 효과적인 방법이다. 실제로 파인튜닝은 의료 영상 분석뿐만 아니라 자율 주행, 음성 인식 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.

④ 왜 중요한가?

파인튜닝은 딥러닝 모델의 실용성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 아무리 뛰어난 성능의 범용 모델이라도 특정 문제에 바로 적용하기는 어렵다. 현실 세계의 문제는 각각 고유한 특징과 난이도를 가지고 있기 때문이다. 파인튜닝은 이러한 문제의 특성을 모델에 반영하여 보다 정확하고 효율적인 해결책을 제시할 수 있도록 돕는다.

또한, 파인튜닝은 딥러닝 기술의 접근성을 높이는 데 기여한다. 사전 학습된 모델과 파인튜닝 도구가 공개되면서 이제 누구나 쉽게 자신만의 문제에 특화된 딥러닝 모델을 만들 수 있게 되었다. 이는 딥러닝 기술의 민주화를 촉진하고 다양한 분야에서 딥러닝 기술을 활용할 수 있는 기회를 제공한다.

⑤ 어디에 활용되는가?

파인튜닝의 활용 범위는 매우 넓다. 의료계에서는 방대한 의학 논문과 진료 기록을 학습한 언어 모델을 파인튜닝하여, 질병 진단이나 신약 개발에 활용한다. 변호사들은 방대한 법률 문서와 판례로 모델을 파인튜닝하여 법률 검토와 자문 업무를 효율화한다. 금융권에서는 경제 뉴스, 기업 공시, 애널리스트 리포트 등으로 모델을 파인튜닝하여 투자 전략 수립과 리스크 분석에 활용한다.

심지어 개인이나 소규모 집단도 파인튜닝을 통해 맞춤형 AI 도우미를 만들 수 있다. 가령 작가가 자신의 글쓰기 스타일로 언어 모델을 파인튜닝하면, 아이디어 제안부터 초안 작성까지 도와주는 AI 비서를 갖출 수 있다. 스타트업들은 자사 제품과 고객 데이터로 모델을 파인튜닝하여, 보다 설득력 있는 마케팅 메시지를 생성하고 고객 관리를 자동화할 수 있다.

교육계에서도 파인튜닝에 주목하고 있다. 교과서, 강의록, 시험지 등으로 모델을 파인튜닝하면 학생 개개인에게 맞춤형 학습 콘텐츠를 추천하고, 숙제를 자동 채점해주는 AI 튜터링 시스템을 구현할 수 있다. 이렇듯 파인튜닝은 전문 영역은 물론 우리 일상에도 AI의 힘을 가져다 줄 것으로 기대된다.

앞으로 파인튜닝 기술은 더욱 정교해지고 자동화될 전망이다. 누구나 몇 번의 클릭만으로 자신만의 전문 AI를 만드는 시대가 머지않았다. 범용 AI의 기반 위에 각자의 창의성과 전문성을 더하는 일, 그것이 바로 AI 시대를 살아가는 우리 모두의 과제이자 기회가 될 것이다. 파인튜닝은 이런 시대정신을 구현하는 핵심 열쇠가 될 것이다.

3. 생성형 AI 기술

3.1. RAG (Retrieval-Augmented Generation): 외부 지식을 활용하는 똑똑한 생성형 AI

① 왜 나오게 되었는가?

기존의 생성형 AI 모델은 방대한 데이터를 학습하여 그 안에서 답을 찾아내는 방식이었다. 하지만 이런 방식 만으로는 한계가 있었다. 학습 데이터에 없는 최신 정보나 전문적인 지식을 제공하기 어려웠고, 때로는 편향되거나 잘못된 정보를 생성하기도 했다. 이는 마치 오래된 백과사전만 보고 세상을 이해하려는 것과 같았다. 이런 문제를 해결하고자 RAG(Retrieval-Augmented Generation)라는 새로운 기술이 개발되었다. RAG는 AI 모델이 외부의 지식을 실시간으로 활용하여 보다 정확하고 최신의 정보를 제공할 수 있게 해준다.³⁶⁾³⁷⁾

② 쉽게 설명하면?

RAG는 AI가 마치 인간처럼 외부 정보를 검색하고 활용하여 질문에 답하는 기술이다. 기존의 AI는 자신이 학습한 데이터에만 의존했다면, RAG를 적용한 AI는 방대한 외부 데이터베이스나 문서를 실시간으로 검색하여 가장 적절한 정보를 찾아낸다. 그리고 이를 바탕으로 질문에 대한 답변을 생성한다. 이는 마치 우리가 모르는 것이 있을 때 책이나 인터넷을 찾아보고 답하는 것과 유사하다. RAG는 AI에게 이런 ‘검색 능력’을 부여함으로써, 보다 현명하고 유능한 AI를 만드는 것이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

RAG의 작동 원리를 이해하기 위해 하나의 예시를 살펴보자. 사용자가 AI 챗봇에게 “2022년 카타르 월드컵 우승팀은 어디인가요?”라고 질문했다고 가정해보자. 전통적인 AI 챗봇은 자신이 학습한 데이터 안에서만 답을 찾으려 할 것이다. 하지만 월드컵이 최근에 끝난 경우, 챗봇의 학습 데이터에는 우승팀 정보가 없을 수 있다.

반면 RAG(Retrieval Augmented Generation)를 적용한 AI 챗봇은 위키피디아, 뉴스 기사, 스포츠 웹사이트

36) Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks (Aleksandra Piktus†Fabio, 2020)

37) Improving language models by retrieving from trillions of tokens (DEEPMIND, 2022)

등 외부 정보원뿐만 아니라 기업 내부 문서, 고객 데이터베이스, 제품 매뉴얼 등 특정 문서나 자료 데이터까지 실시간으로 검색한다. 그리고 “2022년 카타르 월드컵에서 아르헨티나가 프랑스를 승부차기 끝에 누르고 우승했다”는 문장을 관련 자료에서 찾아낸다. 이를 바탕으로 챗봇은 “2022년 카타르 월드컵 우승팀은 아르헨티나입니다.”라고 정확한 답변을 생성할 수 있다. 이처럼 RAG는 AI가 최신의 정확한 정보뿐만 아니라 특정 분야의 전문 지식이나 기업 내부 정보까지 활용하여 답변의 질을 높이는 데 도움을 준다.

④ 왜 중요한가?

RAG는 AI의 신뢰성과 활용도를 한 단계 높이는 핵심 기술로 주목받고 있다. 무엇보다 RAG는 AI 모델이 외부 지식을 활용함으로써 보다 정확하고 최신의 정보를 제공할 수 있게 해준다. 이는 사용자의 만족도와 신뢰도를 높이는 데 크게 기여한다. 실제로 RAG를 적용한 AI 모델은 다양한 벤치마크 테스트에서 기존 모델을 압도하는 성능을 보여주고 있다.

또한 RAG는 AI의 답변 생성 과정을 보다 투명하게 만든다. RAG를 통해 AI는 어떤 외부 정보를 근거로 답변을 생성했는지 사용자에게 보여줄 수 있다. 이는 AI의 의사 결정 과정에 대한 사용자의 이해와 신뢰를 높이는 데 도움이 된다. 이런 측면에서 RAG는 AI의 ‘설명 가능성(Explainability)’을 향상시키는 중요한 기술이기도 하다.

⑤ 어디에 활용되는가?

RAG의 활용 분야는 매우 다양하다. 가장 대표적인 예는 챗봇과 같은 대화형 AI 서비스이다. RAG를 통해 챗봇은 사용자의 질문에 더욱 정확하고 유용한 답변을 제공할 수 있다. 또한 전문 분야의 지식을 요구하는 질문에도 효과적으로 대응할 수 있다.

정보 검색 분야에서도 RAG의 활용이 기대된다. RAG를 적용한 검색 엔진은 단순히 키워드 매칭에 그치지 않고, 질문의 맥락과 의도를 파악하여 가장 적절한 정보를 찾아줄 수 있다. 이는 검색의 정확도와 사용자 경험을 크게 향상시킬 것이다.

나아가 RAG는 콘텐츠 생성, 요약, 번역 등 다양한 자연어 처리 과제에도 활용될 수 있다. RAG를 통해 AI는 방대한 외부 지식을 활용하여 보다 정확하고 풍부한 콘텐츠를 생성할 수 있다. 이는 작가, 기자, 번역가 등 다양한 분야의 전문가들의 작업을 보조하고 효율화하는 데 기여할 것으로 기대된다.

3.2. LoRA(Low-Rank Adaptation of Large Language Models): 거대 언어 모델을 효율적으로 훈련하는 기술

① 왜 나오게 되었는가?

자연어 처리 분야에서는 GPT-4와 같은 거대 언어 모델(Large Language Model, LLM)이 큰 주목을 받고

있다. 이런 모델들은 수백억 개의 매개변수를 학습함으로써, 텍스트 생성, 번역, 질의응답 등 다양한 과제에서 인간에 버금가는 성능을 보여주었다. 하지만 이런 엄청난 규모의 모델은 학습과 배포에 막대한 컴퓨팅 자원과 시간이 든다는 문제가 있었다. 특히 특정 과제에 맞게 모델을 파인튜닝(Fine-tuning)하는 데에는 전체 모델을 다시 학습해야 해서 비효율적이었다. 이런 문제를 해결하기 위해, 모델의 일부분만 효율적으로 조정하는 LoRA(Low-Rank Adaptation)라는 기술이 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

LoRA는 거대한 언어 모델을 특정 과제에 맞게 조정할 때, 모델 전체를 다시 학습하는 대신 일부분만 수정하는 기술이다. 마치 거대한 공장의 일부 기계만 업그레이드하는 것처럼, LoRA는 모델의 핵심 구조는 그대로 둔 채 일부 층(Layer)에 소수의 매개변수만 추가하여 학습한다. 이렇게 하면 전체 모델을 다시 학습할 때보다 훨씬 적은 비용으로 원하는 성능 향상을 이룰 수 있다. 즉, LoRA는 거대 언어 모델을 다양한 과제에 맞게 효율적으로 '조련'하는 일종의 지름길인 셈이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

LoRA의 작동 방식을 이해하기 위해 구체적인 예시를 들어보자. 어떤 회사가 대고객 서비스용 챗봇을 개발하려고 한다고 가정해보자. 이때 회사는 GPT-4와 같은 거대 언어 모델을 활용하여 챗봇의 언어 이해 및 생성 능력을 높이고 싶어 한다. 그런데 GPT-4를 처음부터 다시 학습하는 것은 엄청난 시간과 비용이 든다.

이때 LoRA를 활용하면, GPT-4의 핵심 구조는 그대로 두고 일부 층에만 고객 서비스와 관련된 소량의 매개변수를 추가하여 학습할 수 있다. 예를 들어 고객 질의에 대한 이해도를 높이기 위한 층, 친절하고 정중한 어조로 답변하기 위한 층 등을 추가하는 식이다. 이렇게 하면 전체 모델을 다시 학습하는 것보다 훨씬 적은 비용으로도 고객 서비스에 특화된 챗봇을 만들 수 있다.

④ 왜 중요한가?

LoRA는 거대 언어 모델을 실제 응용 과제에 활용하는 데 있어 게임 체인저로 평가받고 있다. 무엇보다 LoRA를 통해 거대 모델의 미세 조정이 훨씬 쉽고 빨라졌다. 이는 다양한 분야의 개발자들이 최소한의 자원으로도 강력한 인공지능 서비스를 개발할 수 있게 해준다. 스타트업이나 중소기업도 거대 IT 기업 못지않은 수준의 언어 인공지능을 개발할 수 있게 된 것이다.

또한 LoRA는 인공지능의 민주화에도 기여할 것으로 보인다. 그동안 거대 언어 모델의 개발과 활용은 막대한 자본과 기술력을 가진 소수의 기업과 기관에 한정되어 있었다. 그러나 LoRA가 보편화되면, 더 많은 사람과 조직이 인공지능 기술의 수혜를 누릴 수 있을 것이다. 교육, 의료, 법률 등 다양한 분야에서 고품질의 언어 인공지능 서비스가 등장할 것으로 기대된다.

⑤ 어디에 활용되는가?

LoRA의 활용 범위는 매우 넓다. 사실상 언어 AI이 활용되는 모든 분야가 LoRA의 수혜를 입을 수 있다. 고객 서비스 챗봇부터 기계 번역, 문서 요약, 콘텐츠 생성에 이르기까지 다양한 과제에서 LoRA를 통해 거대 모델을 효율적으로 미세 조정할 수 있다.

예를 들어 법률 분야에서는 방대한 법률 문서를 학습한 거대 언어 모델을 LoRA로 미세 조정하여, 법률 자문 챗봇이나 판례 검색 시스템을 개발할 수 있다. 의료 분야에서는 의학 논문과 진료 기록으로 학습한 모델을 LoRA로 조정하여, 의사 결정 지원 시스템이나 의료 문서 자동화 도구를 만들 수 있다.

창작자들에게도 LoRA는 큰 도움이 될 수 있다. 작가의 글쓰기 스타일로 언어 모델을 미세 조정하여 아이디어 제안, 교정, 공동 창작 등을 지원하는 AI 작가 도우미를 개발할 수 있다. 마케터는 브랜드의 톤앤매너에 맞게 언어 모델을 조정하여, 마케팅 문구 생성, 고객 응대 등에 활용할 수 있다.

4. 개인 정보 보호 기술

4.1. 동형암호 (Homomorphic Encryption): 데이터를 암호화한 상태에서도 연산 가능, 개인정보 보호의 혁신

① 왜 나오게 되었는가?

동형암호는 데이터를 안전하게 보호하면서도 활용할 수 있는 방법을 찾기 위해 등장했다. 요즘 많은 사람들이 클라우드 서비스를 이용하는데, 이는 마치 우리의 소중한 물건을 대여 금고에 보관하는 것과 비슷하다. 하지만 이 물건을 사용하려면 매번 금고에서 꺼내야 하는 불편함이 있다. 게다가 꺼낼 때마다 누군가가 훔쳐볼 위험도 있다. 동형암호는 이런 문제를 해결하기 위해 나왔다. 금고 안의 물건을 꺼내지 않고도 사용할 수 있게 해주는 마법 같은 기술인 것이다.

② 쉽게 설명하면?

동형암호는 데이터를 암호화한 상태에서도 계산이나 분석을 할 수 있게 해주는 기술이다. 이는 마치 불투명한 주머니 안에 들어있는 레고 블록을 주머니 밖으로 꺼내지 않고도 조립할 수 있게 해주는 것과 같다. 우리는 주머니 안에 무엇이 있는지 정확히 볼 수 없지만, 주머니 바깥에서 조작하여 원하는 모양을 만들 수 있다. 이처럼 동형암호는 개인정보를 암호화된 상태로 유지하면서도 필요한 정보를 추출하거나 분석할 수 있게 해준다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

동형암호의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 온라인 쇼핑몰에서 옷을 구매하려 한다고 가정해보자. 이 쇼핑몰은 고객의 취향을 분석해 맞춤 추천을 해주는 서비스를 제공한다. 하지만 여러분은 개인정보 유출이 걱정된다. 이때 동형암호가 활용될 수 있다.

- 여러분의 구매 기록, 검색 기록 등의 데이터가 동형암호로 암호화되어 쇼핑몰 서버에 저장된다.
- 쇼핑몰의 AI는 이 암호화된 데이터를 직접 분석한다. 이때 데이터의 내용을 볼 수는 없지만, 패턴을 파악할 수 있다.
- 분석 결과를 바탕으로 AI는 여러분에게 맞는 옷을 추천한다.
- 이 모든 과정에서 여러분의 실제 데이터는 한 번도 노출되지 않는다.

이렇게 동형암호를 사용하면 개인정보를 안전하게 보호하면서도 맞춤형 서비스를 제공받을 수 있다.

④ 왜 중요한가?

동형암호의 중요성은 ‘개인정보 보호’와 ‘데이터 활용’이라는 두 마리 토끼를 한 번에 잡을 수 있다는 점에 있다. 이는 마치 케이크를 먹으면서도 다이어트에 성공하는 것과 같은 이상적인 상황이다. 개인정보 유출 걱정 없이 빅데이터를 활용할 수 있어, 의료, 금융, 공공 서비스 등 다양한 분야에서 혁신적인 서비스 개발이 가능해진다.

특히 민감한 정보를 다루는 분야에서 동형암호는 게임 체인저가 될 수 있다. 예를 들어, 의료 분야에서는 환자의 개인정보를 완벽하게 보호하면서도 대규모 의료 데이터를 분석하여 새로운 치료법을 개발하거나 질병을 예측할 수 있게 된다. 이는 의료 서비스의 질을 크게 향상시킬 수 있는 중요한 발전이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

동형암호는 개인정보 보호가 중요한 거의 모든 분야에서 활용될 수 있다.

- 금융 서비스: 은행은 고객의 금융 정보를 암호화된 상태로 분석하여 대출 심사를 할 수 있다. 이로써 고객의 privacy를 보호하면서도 정확한 신용 평가가 가능해진다.
- 의료 연구: 여러 병원의 환자 데이터를 암호화된 상태로 공유하고 분석하여 새로운 치료법을 개발할 수 있다. 환자의 개인정보는 완벽하게 보호되면서도 의학 발전에 기여할 수 있다.
- 선거 시스템: 투표 데이터를 암호화된 상태로 집계할 수 있어, 투표의 비밀을 보장하면서도 신속하고 정확한 개표가 가능해진다.

- 스마트 시티: 시민들의 이동 패턴, 에너지 사용량 등의 데이터를 암호화된 상태로 분석하여 더 효율적인 도시 관리가 가능해진다.

4.2. PET (Privacy-Enhancing Technology): 프라이버시를 지키면서 데이터 활용도 가능하게 하는 기술

① 왜 나오게 되었는가?

PET, 즉 프라이버시 강화 기술(Privacy-Enhancing Technology)은 우리의 개인정보를 보호하면서도 데이터의 가치를 활용하기 위해 탄생했다. 빅데이터 시대가 도래하면서 우리의 일상 활동은 모두 데이터화되고 있다. 이는 마치 우리가 걸어가다니면서 흔적을 남기는 것과 같다. 이런 데이터는 우리의 삶을 편리하게 만드는 데 큰 도움이 되지만, 동시에 개인정보 유출에 대한 걱정도 커지게 만든다. 예를 들어, 병원에서 진료를 받으면 우리의 건강 정보가 기록되는데, 이 정보는 의료 연구에 매우 중요하지만 동시에 매우 민감한 개인정보이기도 하다. PET는 이런 상황에서 데이터의 가치는 살리면서 개인의 프라이버시도 지킬 수 있는 방법을 제공하기 위해 개발되었다.

② 쉽게 설명하면?

PET는 우리의 개인정보를 보호하는 방패이자, 데이터를 안전하게 활용할 수 있게 해주는 열쇠와 같다. 이는 마치 우리가 가면을 쓰고 파티에 참가하는 것과 비슷하다. 가면을 쓰면 우리는 파티를 즐길 수 있지만, 다른 사람들은 우리가 누구인지 정확히 알 수 없다. PET도 이와 같이 작동한다. 데이터에서 개인을 식별할 수 있는 정보를 가리거나 변형시켜, 데이터의 가치는 유지하면서도 개인의 신원은 보호한다. 예를 들어, 이름, 주소, 전화번호 같은 직접적인 개인정보를 제거하거나, 나이를 정확한 숫자 대신 연령대로 표시하는 등의 방법을 사용한다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

PET의 실제 활용 예를 들어보자. 여러분이 동네 주민들의 건강 상태를 조사하여 지역 보건 정책을 수립하려 한다고 가정해보자. 이때 PET는 다음과 같은 방식으로 활용될 수 있다:

- 암호화: 주민들의 건강 정보를 암호화하여 저장한다. 이는 마치 일기장에 비밀 암호를 사용하여 글을 쓰는 것과 같다. 허가받은 사람만이 이 정보를 읽을 수 있다.
- 익명화: 주민들의 이름, 주소 등 개인을 직접 식별할 수 있는 정보를 제거한다. 대신 ‘30대 남성’, ‘40대 여성’ 같은 일반적인 정보만 남긴다.
- 차등 프라이버시: 데이터에 약간의 ‘노이즈’를 추가한다. 예를 들어, 실제 나이가 32세인 사람의 나이를

31세나 33세로 살짝 변경한다. 이렇게 하면 전체적인 통계는 크게 변하지 않지만, 개인을 정확히 특정하기는 어려워진다.

이런 방식을 통해 우리는 주민들의 개인정보를 보호하면서도 전체적인 건강 동향을 파악할 수 있게 된다.

④ 왜 중요한가?

PET의 중요성은 ‘개인정보 보호’와 ‘데이터 활용’이라는 두 마리 토끼를 한 번에 잡을 수 있게 해준다는 점에 있다. 이는 마치 안전벨트를 매고 자동차를 타는 것과 같다. 안전벨트는 우리를 보호하면서도 자동차의 기능을 방해하지 않는다. PET도 이와 같이 개인정보를 보호하면서도 데이터의 가치를 최대한 활용할 수 있게 해준다.

특히 의료, 금융 같은 민감한 정보를 다루는 분야에서 PET는 혁신적인 해결책이 될 수 있다. 예를 들어, 여러 병원의 환자 데이터를 PET를 통해 안전하게 처리하여 새로운 치료법 개발에 활용할 수 있다. 이는 환자의 프라이버시를 지키면서도 의료 기술의 발전을 가속화할 수 있는 중요한 방법이다.

⑤ 어디에 활용되는가?

PET는 우리 일상 생활의 다양한 영역에서 활용될 수 있다. 몇 가지 구체적인 예를 들어보자:

- 의료 분야: 병원에서 환자의 개인정보를 보호하면서도 질병 연구나 신약 개발에 필요한 데이터를 제공할 수 있다. 예를 들어, 코로나19 확진자의 동선을 공개할 때 PET를 활용하면 개인을 특정하지 않으면서도 필요한 정보를 제공할 수 있다.
- 금융 서비스: 은행은 고객의 금융 정보를 보호하면서도 이를 활용해 더 나은 서비스를 개발할 수 있다. 예를 들어, 고객의 소비 패턴을 분석하여 맞춤형 금융 상품을 추천할 때, PET를 활용하면 개인정보 유출 없이 이를 수행할 수 있다.
- 스마트 시티: 시민들의 이동 패턴, 에너지 사용량 등의 데이터를 PET로 처리하여 더 효율적인 도시 관리가 가능해진다. 예를 들어, 교통 체증을 줄이기 위해 차량 이동 데이터를 분석할 때, 개인의 이동 경로가 노출되지 않도록 할 수 있다.
- 온라인 광고: 광고주는 사용자의 관심사에 맞는 광고를 제공하면서도, 개인의 상세한 브라우징 기록을 알 필요가 없게 된다. 이는 사용자의 프라이버시를 보호하면서도 효과적인 광고를 가능하게 한다.

5. AI 데이터 관련

5.1. 빅데이터 (Big Data): 인공지능의 양식, 방대한 정보의 보고

① 왜 나오게 되었는가?

디지털 기기와 인터넷 사용이 증가하면서 엄청난 양의 데이터가 생성되기 시작했다. 스마트폰 사진, SNS 게시물, 온라인 쇼핑 기록 등 모든 것이 데이터가 되었다. 이렇게 폭발적으로 늘어난 데이터는 기존 방식으로 처리하기 어려워졌다. 마치 작은 양동이로 홍수를 막으려는 것과 같은 상황이 되었다. 이에 따라 이 거대한 데이터의 흐름을 효과적으로 다룰 수 있는 새로운 방법이 필요해졌고, 빅데이터라는 개념이 등장하게 되었다.

② 쉽게 설명하면?

빅데이터는 말 그대로 '큰 데이터'이다. 단순히 크기만 큰 것이 아니라, 우리 몸의 혈액처럼 끊임없이 흐르고 변화하는 특성을 가지고 있다. 예를 들어, 사람들이 SNS에 '좋아요'를 누르거나 검색을 하는 순간, 그 모든 것이 빅데이터의 일부가 된다. 이런 데이터들은 텍스트, 사진, 동영상 등 다양한 형태를 가지며, 초 단위로 엄청난 속도로 생성된다. 빅데이터는 이런 방대하고 다양하며 빠르게 변화하는 데이터를 모두 아우르는 개념이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

실생활에서 빅데이터를 이해하기 좋은 예시로 교통 정보 서비스가 있다. 내비게이션 앱을 켜면 실시간 교통 상황을 볼 수 있는데, 이는 수많은 차량의 GPS 정보, 도로의 CCTV 영상, 과거의 교통 데이터 등이 모여 만들어진 결과이다. 이런 빅데이터 덕분에 우리는 가장 빠른 길을 찾아갈 수 있게 되었다.

또 다른 예로, 넷플릭스(Netflix)의 영화 추천 서비스가 있다. 넷플릭스는 전 세계 사용자들의 시청 기록, 평점, 검색 기록 등의 빅데이터를 분석해 각 사용자에게 맞춤형 영화를 추천한다. 이처럼 빅데이터는 우리 일상 곳곳에서 활용되고 있다.

④ 왜 중요한가?

빅데이터는 현대 사회의 원유와 같다. 원유가 정제되어 다양한 제품으로 만들어지듯, 빅데이터도 분석되어 귀중한 정보와 통찰력을 제공한다. 이를 통해 기업은 고객의 니즈를 더 정확히 파악하고, 정부는 더 효율적인 정책을 수립할 수 있다. 또한 빅데이터는 AI 발전의 핵심 연료 역할을 한다. AI가 더 똑똑해지려면 더 많은 데이터로 학습해야 하기 때문이다. 따라서 빅데이터는 미래 기술 혁신과 사회 발전의 중요한 열쇠라고 할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

빅데이터는 우리 삶의 거의 모든 영역에서 활용되고 있다. 의료 분야에서는 환자의 진료 기록, 유전자 정보, 생활 습관 데이터 등을 분석해 질병을 예측하고 맞춤형 치료법을 개발한다. 농업에서는 날씨, 토양, 작물 생장 데이터를 활용해 최적의 재배 조건을 찾아낸다. 금융권에서는 거래 내역, 신용 정보 등의 빅데이터로 금융 사기를 탐지하고 개인화된 금융 상품을 제공한다. 심지어 스포츠 분야에서도 선수들의 경기 데이터를 분석해 전략을 수립하는 데 활용한다. 이처럼 빅데이터는 우리가 미처 생각하지 못한 곳에서도 활발히 사용되며, 우리의 삶을 더욱 편리하고 효율적으로 만들어가고 있다.

5.2. 데이터 (Data): 인공지능의 양식, 창조의 씨앗

① 왜 나오게 되었는가?

인공지능이 등장하면서 데이터의 중요성이 부각되기 시작한다. 초기의 인공지능은 간단한 규칙만으로 작동했지만, 점점 더 복잡한 문제를 해결하려다 보니 더 많은 정보가 필요해진다. 마치 어린아이가 자라면서 더 많은 경험과 지식이 필요한 것과 같다. 특히 딥러닝(Deep Learning)이라는 기술이 나오면서 데이터의 역할이 더욱 중요해진다. 딥러닝은 사람의 뇌를 모방한 인공지능 기술로, 엄청난 양의 데이터를 ‘학습’하며 스스로 패턴을 찾아내는 방식으로 작동한다.

② 쉽게 설명하면?

데이터는 인공지능의 ‘먹이’라고 할 수 있다. 우리가 음식을 먹고 영양분을 섭취해 자라듯이, 인공지능은 데이터를 ‘먹고’ 학습하며 성장한다. 이 데이터는 글, 사진, 소리, 영상 등 다양한 형태로 존재한다. 예를 들어, 스마트폰의 음성 비서가 우리의 말을 이해하고 대답하는 것은 수많은 사람들의 목소리 데이터를 학습했기 때문이다. 또, 자동 번역 서비스가 다양한 언어를 번역할 수 있는 것도 엄청난 양의 번역 데이터를 학습했기 때문이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

실생활에서 데이터가 어떻게 활용되는지 몇 가지 예를 들어본다. 먼저, 온라인 쇼핑몰의 상품 추천 서비스를 생각해본다. 사용자가 평소에 어떤 상품을 검색하고, 어떤 상품을 구매했는지에 대한 데이터를 인공지능이 학습한다. 그리고 이를 바탕으로 사용자가 좋아할 만한 상품을 추천한다.

또 다른 예로, 스마트폰의 얼굴 인식 기능이 있다. 이 기능은 수많은 얼굴 사진 데이터를 학습하여 눈, 코, 입의 위치와 모양을 파악하는 방법을 터득한다. 그래서 사용자의 얼굴을 정확히 인식하고 잠금을 해제할 수 있는 것이다.

마지막으로, 자율주행 자동차를 들 수 있다. 자율주행 자동차는 실제 도로에서 수집한 엄청난 양의 주행 데이

터를 학습한다. 신호등, 보행자, 다른 차량 등 다양한 상황에 대한 데이터를 바탕으로 안전하게 주행하는 방법을 익힌다.

④ 왜 중요한가?

데이터는 AI의 성능을 좌우하는 핵심 요소이다. 마치 좋은 재료로 요리를 해야 맛있는 음식이 나오는 것처럼, 양질의 데이터로 학습해야 뛰어난 성능의 AI가 만들어진다. 예를 들어, 의료 분야의 AI는 수많은 환자의 진료 기록과 의료 영상 데이터를 학습하여 질병을 진단한다. 이때 데이터의 양과 질이 풍부할수록 더 정확한 진단이 가능해진다.

또한, 다양한 데이터를 학습하면 AI의 편견을 줄일 수 있다. 예를 들어, 특정 성별이나 인종의 데이터만 학습하면 그에 치우친 결과를 낼 수 있지만, 다양한 배경의 데이터를 고르게 학습하면 더 공정한 판단을 하는 인공지능을 만들 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

데이터는 AI가 활용되는 모든 분야에서 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 금융 분야에서는 고객의 거래 내역, 신용 점수 등의 데이터를 활용해 대출 심사를 하거나 금융 사기를 탐지한다. 농업 분야에서는 날씨, 토양, 작물 생장 데이터를 분석해 최적의 재배 조건을 찾아낸다.

엔터테인먼트 분야에서도 데이터는 중요하다. 음악 스트리밍 서비스는 사용자의 청취 이력 데이터를 분석해 새로운 음악을 추천하고, 영화 제작사는 관객들의 반응 데이터를 분석해 흥행할 만한 영화의 특징을 파악한다.

심지어 스포츠 분야에서도 데이터가 활용된다. 프로 야구팀들은 선수들의 경기 데이터를 분석해 최적의 타순을 짜고 효과적인 수비 위치를 정한다.

5.3. 데이터셋 (Dataset): 인공지능의 학습 교재, 풍부하고 다양할수록 AI는 더 똑똑해진다

① 왜 나오게 되었는가?

AI가 데이터를 통해 세상을 배우고 성장하면서 데이터셋의 필요성이 대두되었다. 초기 AI는 단순한 규칙만으로 작동했지만, 딥러닝과 같은 고급 기술이 발전하면서 상황이 바뀌었다. 딥러닝은 인간의 뇌를 모방한 AI 기술로, 엄청난 양의 데이터를 학습하여 스스로 패턴을 찾아내는 방식이다. 이러한 기술 발전으로 인해 방대한 양의 데이터를 체계적으로 관리하고 제공하는 데이터셋의 중요성이 크게 부각되었다.

② 쉽게 설명하면?

데이터셋은 AI의 학습 교재라고 할 수 있다. 마치 학생들이 교과서로 공부하듯, AI도 데이터셋을 통해 세상을 배우고 이해한다. 이 ‘교과서’에는 사진, 글, 음성, 영상 등 다양한 형태의 정보가 담겨 있다. 예를 들어, 사진 인식 AI를 만들려면 수많은 사진과 각 사진이 무엇인지 설명하는 레이블(이름표)이 필요하다. 이런 사진들과 레이블을 모아놓은 것이 바로 이미지 데이터셋이다.

③ 예시와 함께 좀 더 자세히 알아볼까?

실생활에서 데이터셋의 활용 예를 살펴보자. 스마트폰의 얼굴 인식 기능은 수많은 얼굴 사진 데이터셋을 학습하여 작동한다. 이 데이터셋에는 다양한 각도, 조명, 표정의 얼굴 사진들이 포함되어 있어, AI가 여러 상황에서 서도 얼굴을 정확히 인식할 수 있게 한다.

또 다른 예로, 자동 번역 서비스를 들 수 있다. 이 서비스는 여러 언어로 된 문장들과 그 번역본을 포함한 대규모 텍스트 데이터셋을 학습한다. 덕분에 우리가 외국어 문장을 입력하면 빠르게 번역 결과를 받아볼 수 있다.

음성 인식 기술도 데이터셋의 힘을 보여주는 좋은 사례다. 스마트 스피커가 우리의 말을 이해하고 반응하는 것은 다양한 목소리, 억양, 방언이 포함된 음성 데이터셋을 학습했기 때문이다.

④ 왜 중요한가?

데이터셋은 AI의 성능을 좌우하는 핵심 요소다. 마치 좋은 교과서로 공부한 학생이 더 우수한 성적을 내듯, 양질의 데이터셋으로 학습한 AI는 더 정확하고 신뢰할 만한 결과를 낸다. 또한, 다양한 데이터셋을 학습하면 AI의 편견을 줄이고 적응력을 높일 수 있다. 예를 들어, 의료 AI가 다양한 인종과 연령대의 환자 데이터를 학습하면, 더 많은 사람들에게 정확한 진단을 제공할 수 있다.

⑤ 어디에 활용되는가?

데이터셋은 AI가 사용되는 거의 모든 분야에서 활용된다. 이미지넷(ImageNet)이라는 대규모 이미지 데이터셋은 컴퓨터 비전 기술의 혁신을 이끌었다. 이 데이터셋 덕분에 AI는 사진 속 사물을 인간만큼 정확하게 인식할 수 있게 되었다.

자연어 처리 분야에서는 위키피디아의 방대한 텍스트를 데이터셋으로 활용한다. 이를 통해 AI는 인간의 언어를 이해하고 생성하는 능력을 키운다.

음성 인식 모델은 ‘리브리스피치’(LibriSpeech, 오디오북 녹음 모음)나 ‘커먼 보이스’(Common Voice, 다양한 사람들이 기부한 목소리 녹음) 같은 음성 데이터셋을 통해 발전하고 있다. 이런 데이터셋들 덕분에 우리의 스마트폰이나 AI 스피커가 우리의 말을 더 정확히 이해할 수 있게 되었다.

VI. 결론: 2024년, AI 확산의 시작과 우리의 과제

2024년은 AI 기술이 우리 삶의 모든 영역에 혁명적인 변화를 가져온 해로 기억될 것이다. 챗GPT와 같은 대화형 AI는 친구처럼 우리의 질문에 답하고 업무를 돕고, AI 기반 추천 시스템은 우리의 취향에 맞는 상품이나 콘텐츠를 제안하며 삶의 편의성을 높여주고 있다. 또한, 자율주행 자동차는 AI의 눈과 두뇌를 빌려 복잡한 도로 위를 안전하게 주행하며, 의료 분야에서는 AI가 질병 진단의 정확성을 높이는 데 기여하고 있다. 심지어 인간의 고유 영역이라 여겨졌던 예술 분야에서도 AI는 새로운 창작의 가능성을 제시하며 우리를 놀라게 한다.

이러한 변화는 AI 기술의 급격한 발전이 가져온 결과이다. AI 반도체 경쟁 심화는 AI의 성능을 비약적으로 향상시키는 원동력이 되었으며, 멀티모달 AI의 부상은 AI가 인간처럼 다양한 감각을 활용하여 세상을 이해하고 소통할 수 있게 했다. 온디바이스 AI와 sLLM의 확산은 AI 기술의 대중화를 이끌고 있으며, 지속 가능한 AI 기술 개발은 환경 문제 해결에 기여하고 있다. AI 주권 확보와 AI 규제 논의는 AI 기술의 발전과 함께 등장한 새로운 정치적, 사회적 과제를 보여준다. 또한, Embodied AI의 등장은 AI가 현실 세계에 미치는 영향력을 더욱 확대시키고 있으며, AI의 사고 방식에 대한 연구는 AI에 대한 이해를 높이고 인간과 AI의 협력 가능성을 제시한다.

☑ 2024년 AI 핵심 키워드: 경계를 허무는 AI

2024년 AI 기술의 핵심 키워드는 '경계를 허무는 AI'이다. 과거에는 AI가 특정 영역에서만 활용되는 제한적인 기술이었다면, 이제는 다양한 분야와 기술이 융합되어 새로운 가능성을 열어가고 있다. 멀티모달 AI는 텍스트, 이미지, 음성, 영상 등 다양한 형태의 정보를 융합하여 AI의 활용 범위를 넓혀주고 있으며, 온디바이스 AI는 클라우드 의존성을 낮춰 AI 기술의 접근성을 높이고 있다. 또한, Embodied AI는 물리적 형태를 갖춘 AI의 등장을 통해 AI가 현실 세계에 직접적인 영향을 미치는 존재가 되었음을 보여준다. 이처럼 AI는 더 이상 단일 기술이 아닌, 다양한 기술과 융합하여 새로운 가치를 창출하는 핵심 동력으로 자리매김하고 있다.

☑ AI 시대의 명암: 기회와 도전

AI 기술의 발전은 우리 삶에 긍정적인 변화를 가져오는 동시에, 새로운 도전 과제를 제시한다. AI는 인간의 삶을 더욱 편리하고 풍요롭게 만들어 줄 잠재력이 무궁무진하지만, 동시에 윤리적 문제, 사회적 불평등, 일자리 감소 등의 위험도 내포하고 있다. 따라서 우리는 AI 기술의 혜택을 최대한 누리면서도 그 부작용을 최소화하기 위한 노력을 지속해야 한다.

AI의 윤리적 사용과 책임 소재에 대한 논의는 AI 시대의 필수적인 과제이다. AI가 인간의 존엄성을 존중하고 사회 전체의 이익에 기여하는 방향으로 발전할 수 있도록, AI 윤리 가이드라인을 수립하고 지속적으로 업데이트해야 한다. 또한, AI 기술의 발전에 따른 노동 시장의 변화에 대비하여 새로운 직무 능력 개발 프로그램을 마련하고, AI 기술의 혜택이 사회 전반에 골고루 돌아갈 수 있도록 AI 기술 접근성을 높이는 노력도 필요하다.

☑ 미래를 위한 준비: AI와 함께 성장하는 사회

AI는 이제 우리의 삶에서 떼려야 뗄 수 없는 존재가 되었다. 우리는 AI 기술의 발전을 적극적으로 수용하고 활용하면서도, AI가 인간 사회에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 끊임없이 고민하고 노력해야 한다. AI 기술의 발전은 막을 수 없는 흐름이며, 우리는 이 흐름에 적응하고 함께 성장하는 방법을 찾아야 한다.

AI 리터러시 교육을 강화하여 모든 시민이 AI 기술을 이해하고 활용할 수 있도록 돕고, AI 윤리에 대한 사회적 합의를 도출하여 AI 기술의 책임 있는 개발과 사용을 보장해야 한다. 또한, AI 기술의 발전으로 인해 발생할 수 있는 일자리 감소 문제에 대비하여 새로운 직업 창출과 직무 교육을 위한 노력도 필요하다.

AI는 이제 단순한 혁신 기술을 넘어 우리 사회의 근간을 이루는 핵심 인프라로 자리잡아 가고 있다. 마치 전기, 도로, 수도가 현대 사회의 기본 골격을 형성하듯, AI 역시 우리의 일상생활과 국가 경제에 필수불가결한 요소가 되어가고 있다. 이미 미국, 중국, 싱가포르 등 선진국들은 AI를 단순한 기술 혁신의 도구가 아닌, 국가 경쟁력을 좌우할 핵심 인프라로 인식하고 있다. 우리나라도 AI를 새로운 국가 인프라로 인식하고, 국민 누구나 누릴 수 있는 인프라로 보급하기 위한 장기적인 계획을 수립해야 한다. 마치 과거 전기 보급이나 도로 건설, 통신망 구축을 국가적 과제로 삼았듯이, 이제는 AI 인프라 구축을 위한 대규모 프로젝트가 필요한 시점이다. 이를 통해 우리나라도 AI 강국으로 도약하고, 미래 국가 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

AI는 우리에게 새로운 기회와 가능성을 열어주는 동시에, 우리 사회에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 끊임없이 고민하고 노력해야 한다. AI와 인간이 조화롭게 공존하는 미래를 만들기 위한 우리의 노력은 지금부터 시작되어야 한다.

〈참고 자료〉

1. Aleksandra Piktus†Petrone†, Vladimir Karpukhin†, Naman Goyal†, Heinrich Küttler†, Fabio. (2020). "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks." Vancouver, Canada: 34th Conference on Neural Information Processing Systems.
2. BransPat. (2024년 05월 30일). "생성형 AI와 지속가능성 잇기'... IT 리더들이 전하는 AI 저탄소 방안 3가지." CIO: <https://www.ciokorea.com/news/338888>에서 검색됨
3. DEEPMIND. (2022). "Improving language models by retrieving from trillions of tokens." arXIV.
4. LeswingKif. (2024년 06월 02일). "Nvidia dominates the AI chip market, but there's more competition than ever." CNBC: <https://www.cnbc.com/2024/06/02/nvidia-dominates-the-ai-chip-market-but-theres-rising-competition-.html>에서 검색됨
5. Oana-Maria CamburuShillingford, Pasquale Minervini, Thomas Lukasiewicz, Phil BlunsomBrendan. (2020). "Make Up Your Mind! Adversarial Generation of Inconsistent Natural Language Explanations." Short Paper at ACL.
6. ROY SCHWARTZDODGE, NOAH A. SMITH, AND OREN ETZIONJESSE. (2020). "Green AI." COMMUNICATIONS OF THE ACM .
7. ShivamHarsh. (2024년 01월 29일). "Google Lumiere: Everything about multimodal AI model for videos creation:." Business Standard: https://www.business-standard.com/technology/tech-news/google-lumiere-everything-about-multimodal-ai-model-for-videos-creation-124012900193_1.html에서 검색됨
8. The Economist. (2024년 01월 01일). "Welcome to the era of AI nationalism." The Economist: <https://www.economist.com/business/2024/01/01/welcome-to-the-era-of-ai-nationalism>에서 검색됨
9. VivienLa. (2024년 04월 12일). "Google Translate Architecture illustrated." La Vivien Post: <https://www.lavivienpost.com/google-translate-and-transformer-model/>에서 검색됨
10. 권동준. (2024년 05월 28일). "인텔, 가우디 앞세운 '개방형 AI 생태계'로 脫 엔비디아 도전." 전자신문: <https://www.etnews.com/20240527000250>에서 검색됨
11. 권유진. (2024년 06월 07일). "[팩플] 반독점에 발목 잡히나...美 MS·엔비디아·오픈AI 조사 착수." 중앙일보: <https://www.joongang.co.kr/article/25254861>에서 검색됨
12. 김승준. (2024년 06월 14일). "'AI로부터 성우들을 지켜달라' 미국 배우 노조 파업 확률 높아져." THIS IS GAME: <https://www.thisisgame.com/webzine/special/nboard/11/?n=190257>에서 검색됨
13. 김우용. (2024년 04월 28일). "AI 플랫폼, 성능과 지속가능성 함께 잡는 전략은." ZDNET KOREA: <https://zdnet.co.kr/view/?no=20240408111922>에서 검색됨
14. 김지현. (2024년 03월 02일). "온디바이스AI 뜨자...LLM 대신 sLLM 급부상." 한국일보: <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2024022614050005062>에서 검색됨
15. 동아일보. (2024년 06월 03일). "反엔비디아 동맹"... 구글-MS 등 뭉쳤다. 동아일보: <https://www.donga.com/news/Economy/article/all/20240603/125240927/1>에서 검색됨
16. 동아일보. (2024년 05월 23일). "EU, 세계 첫 'AI 규제법' 11월 시행... 韓은 AI기본법도 못만들어." 동아일보: <https://www.donga.com/news/Inter/article/all/20240523/125065594/1>에서 검색됨
17. 박찬. (2024년 06월 10일). "오픈AI "GPT-4 내부 작동 방식 파악...해석 가능한 패턴 1600만개 추출." AI타임즈: <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=160442>에서 검색됨
18. 방영덕. (2024년 05월 30일). "가트너 "올해 세계 AI 반도체 매출 97조원...전년비 33% 늘어." 매일경제: <https://www.mk.co.kr/news/business/11028594>에서 검색됨
19. 변희원임경엽. (2024년 01월 04일). "'AI 주권' 지켜라... 자국 언어·문화 담은 인공지능 개발 경쟁." 조선일보: https://www.chosun.com/economy/tech_it/2024/01/04/ATFBWFMBJRFIPMQEE74YAY4B44/에서 검색됨

20. 삼성전자. (2022년 06월 30일). “삼성전자, 세계 최초 3나노 파운드리 양산.”
삼성전자: <https://news.samsung.com/kr/%EC%82%BC%EC%84%B1%EC%A0%84%EC%9E%90-%EC%84%B8%EA%B3%84-%EC%B5%9C%EC%B4%88-3%EB%82%98%EB%85%B8-%ED%8C%8C%EC%9A%B4%EB%93%9C%EB%A6%AC-%EC%96%91%EC%82%B0에서> 검색됨
21. 송중호. (2023년 10월 01일). “[K-AI열전④] “인공지능, 의사 대체할까”…가능성 엿보인다.”
뉴스시: https://www.newsis.com/view/NISX20230926_0002464895에서 검색됨
22. 웰시퍼거스. (2020년 01월 03일). “인공지능: AI가 인간보다 암 진단 능력 뛰어나다는 연구 결과 나와.” BBC NEWS
코리아: <https://www.bbc.com/korean/news-50969558에서> 검색됨
23. 이병희. (2024년 06월 03일). “유럽 ‘AI 기술 규제’ 강화…이면엔 ‘종속 우려’.”
이코노미스트: <https://economist.co.kr/article/view/ecn202405280015에서> 검색됨
24. 이상덕. (2024년 06월 10일). “중국판 오픈AI, 소라 넘어서 동영상AI 첫선…‘국수 먹는 남성 놀라워’.”
매일경제: <https://www.mk.co.kr/news/it/11037133에서> 검색됨
25. 이유진. (2024년 05월 01일). ““엔비디아 독주 막자”…인텔, KAIST·네이버와 ‘AI 공동전선’.”
헬로디디: <https://www.hellodd.com/news/articleView.html?idxno=104072에서> 검색됨
26. 이재연. (2024년 05월 06일). “AI 동맹” 네이버-인텔, 엔비디아 독점구도 깬다는데….”
한겨레: <https://www.hani.co.kr/arti/economy/it/1136244.html에서> 검색됨
27. 이태호. (2024년 06월 06일). “엔비디아 CEO 젠슨황의 컴퓨텍스 기자 회견 전문.”
Pickol: <https://contents.premium.naver.com/pickool/pickooltech/contents/240606001436348tx에서> 검색됨
28. 이해성강경주. (2024년 05월 19일). “AI 끝판왕” 휴머노이드…인간처럼 ‘촉감’ 가진 로봇 5년내 나온다.”
한경: <https://www.hankyung.com/article/2024051980021에서> 검색됨
29. 임나영. (2024년 04월 24일). “전기먹는 하마”…일반 검색 보다 전력 소모 10배하는 생성형AI.”
한경BUSINESS: <https://magazine.hankyung.com/business/article/202404243333b에서> 검색됨
30. 임대준. (2024년 03월 27일). “골드만삭스 “10년 뒤 휴머노이드 연간 100만대 이상 생산.”
AIT타임즈: <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=158320에서> 검색됨
31. 임대준. (2024년 05월 25일). “엔트로픽 “LLM 작동 방식 첫 해석 성공…모델 조작도 가능.”
AIT타임즈: <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=160009에서> 검색됨
32. 조상록. (2024년 03월 21일). “삼성·애플·퀄컴·인텔 앞장 선 ‘온디바이스AI’ [요즘 뜨는 AI].”
조선일보: <https://it.chosun.com/news/articleView.html?idxno=2023092112146에서> 검색됨
33. 채성오. (2024년 06월 04일). “KT·MS ‘맞손’, AI·클라우드·IT 전방위 협력.”
디지털데일리: <https://m.ddaily.co.kr/page/view/2024060410052474304에서> 검색됨
34. 최진석. (2024년 05월 27일). “목소리 갖게 된 AI…감정까지 파악하는 ‘음성 비서’ 눈앞.”
한경: <https://www.hankyung.com/article/2024052748071에서> 검색됨
35. 한광범. (2024년 05월 26일). “네이버, ‘AI 안전 프레임워크’로 국가별 가치 AI에 반영한다.”
이데일리: <https://m.edaily.co.kr/news/read?newsId=01594086638892856&mediaCodeNo=257에서> 검색됨
36. 홍민성. (2024년 03월 14일). ““정말 미친 짓”…AI 로봇 ‘피규어 01’에 전세계 ‘충격’ [영상].”
한경: <https://www.hankyung.com/article/2024031488877에서> 검색됨

THE
AI
REPORT
2024

NIA 한국지능정보사회진흥원