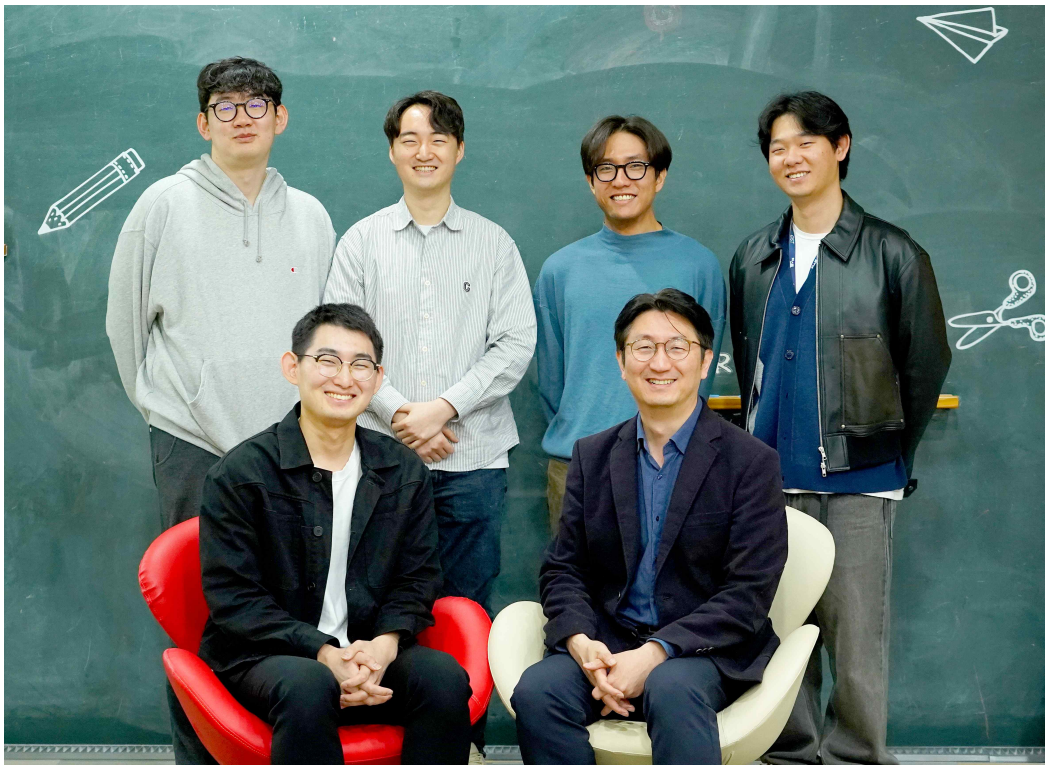
“학습하지 않은 낯선 환경에도 척척”
GIST, 세계 최고 수준 ‘실시간 환경 적응 AI’ 개발

- 이규빈 교수 연구팀, 학습 환경과 다른 운용 환경에서 저하되는 AI 모델의 이미지 인식 성능 개선, 벤치마크 세계 1위 달성... 날씨·조명·지형에 대응할 수 있어 자율주행차 등에 활용 기대
- AI가 다양한 환경과 조건에서 지속적으로 성장하며 안정적으로 작동할 수 있다는 가능성 확인... 오는 6월 컴퓨터 비전 분야 세계적 국제학술대회「CVPR」에서 발표 예정



▲ (앞줄 오른쪽부터 시계방향으로) 이규빈 교수, 유연국·신성호·백승혁·고민환·노상준 박사과정생

인공지능(AI) 모델은 하나의 **학습 환경에 최적화된 내부의 매개변수*가 고정**되어 있기 때문에 종전의 **학습 환경*과 다른 운용 환경*에서 AI 모델을 사용하면 성능이 저하되는 문제가 발생**한다.

예를 들어 화창한 날씨에 찍은 사진만으로 학습한 AI 모델은 이에 최적화되어 있어 비가 오는 날에는 이미지 인식 성능이 낮아지게 된다. 따라서 AI 모델이 학습이 끝난 후에도 이미지 인식 성능을 유지하려면 **AI 모델을 새로운 운용 환경에 맞춰 조정하는 기술이 필요**하다.

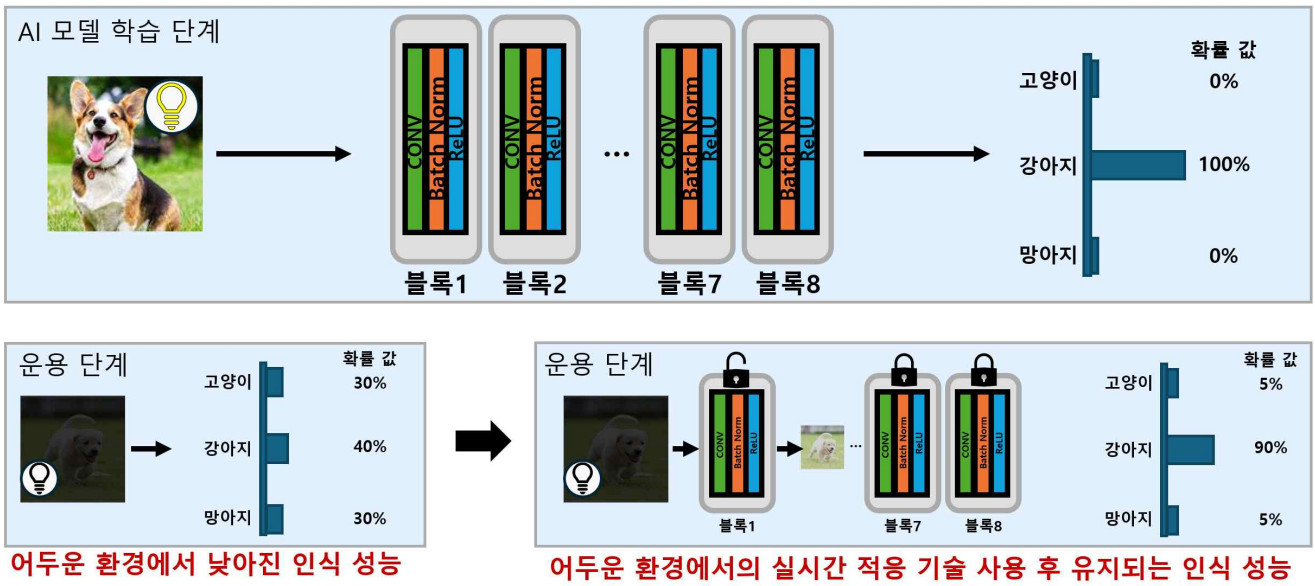
* **매개변수:** 입력(이미지)을 출력(인식결과)으로 바꾸기 위한 계산에 사용되는 변수를 뜻함. AI 모델을 학습할 때 변화하는 값임.

* **학습 환경(Source Domain):** AI 모델의 학습을 위해서 이미지를 취득한 환경을 뜻한다. 예를 들어, 자율주행차 AI 모델을 학습하기 위해 맑은 날씨에 도로를 촬영했다면 “맑은 날씨”가 학습 환경이 된다.

* **운용 환경(Target Domain):** AI 모델의 학습이 종료된 후 실제 모델을 운용할 때 만나게 되는 환경으로, 현재 눈이 오는 날씨라면 ‘눈 오는 날씨’가 운용 환경이 되며 이는 단순히 어떤 한 값으로 고정된 것이 아니라 시간에 따라 변할 수 있다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 **융합기술학제학부 이규빈 교수 연구팀이 AI 모델의 '실시간 환경 적응(Test-time adaptation)' 기술을 개발**했다고 밝혔다.

이번 연구 성과는 **학습 환경과 다른 운용 환경에서 얻어진 이미지가 입력될 때 성능이 저하되는 기존 AI 모델의 한계를 극복**하여 **향후 자율주행차 등에 활용될 수 있을 것으로 기대**된다.



▲ **실시간 적응 기술 개요**. AI 모델은 밝은 환경에서 강아지에 대한 인식을 학습하였음(그림 상단). 이때, 운용 단계에서 어두운 환경에서의 강아지 이미지에 대한 인식 성능이 떨어질 수 있음(그림 하단 왼쪽). 제안 방법은 선택된 블록에서 어두운 환경에 대한 적응을 통해 적절한 특징맵을 추출할 수 있도록 하여 성능을 올림(그림 하단 오른쪽).

'실시간 환경 적응 기술'은 **AI 모델의 매개변수를 학습이 끝난 후에도 운용 환경에 맞게 적응시켜 성능을 향상**시키는 기술로서 AI 모델이 새로운 환경이나 조건에서도 잘 작동하도록 **실시간으로 AI 모델의 매개변수를 미세 조정할 수 있다**.

연구팀은 기존 연구와 다르게 **환경 변화에 민감한 블록을 선택하는 방법**을 통해 날씨, 조명 등 **다양한 변화 요소에 민감한 AI 모델을 실시간으로 주어진 환경에 적응시키는 기술을 개발**했다.

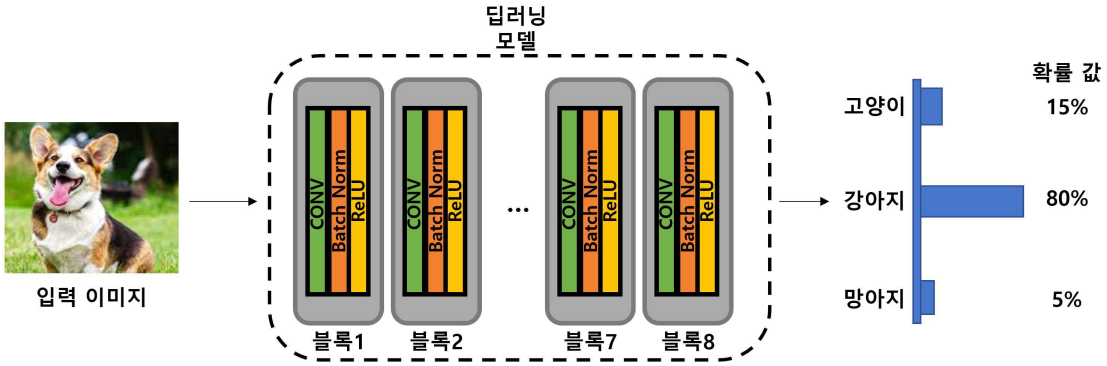
AI 모델의 학습을 위해서는 입력 이미지에 대한 정답 라벨이 필요하지만 **실제로 운용 중인 AI 모델은 입력 이미지에 대한 정답 라벨이 없어** 학습하는 것이 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위해 **실시간 적응 연구에서는 AI 모델 스스로 입력된 이미지에 대한 정답 라벨을 생성**하고, 이를 학습하는 방법이 사용된다. 즉, **실시간 적응 연구에서는 정확한 정답 라벨 생성 방법에 대한 연구가 진행**되어 왔다.

기존 연구는 환경에 민감한 블록을 선택하는 기술을 사용하지 않아 환경 특성을 보지 않는 블록까지 변경되어 성능이 낮아지는 경우가 있었다. 또한, 정답 생성에 효율적이지 않은 방법을 사용하여 정답의 품질이 비교적 떨어졌다.

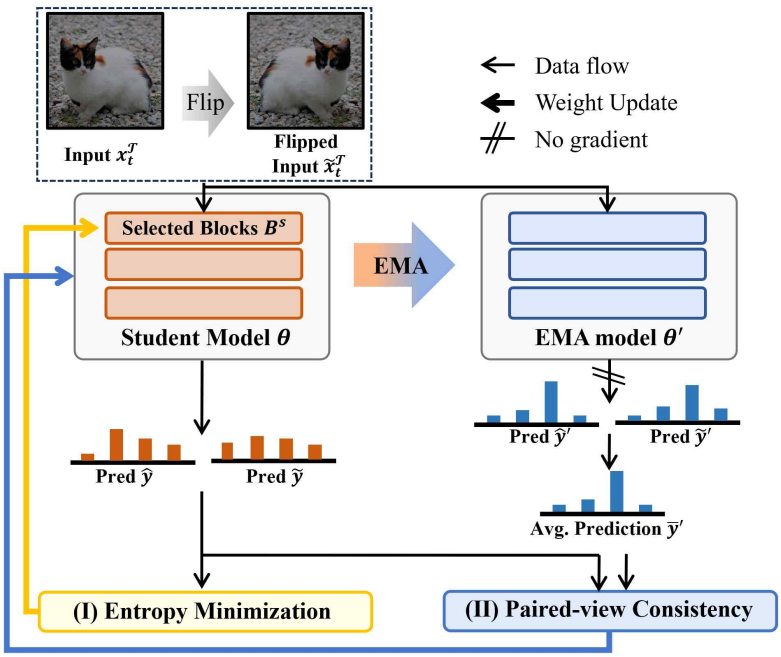
반면 연구팀은 **실시간 환경 적응에 적합한 블록 선택 기술과 정답 생성 기술을 이용하여 적응 기술의 성능 평가 벤치마크에서 세계 최고 수준을 달성**하였다.

연구팀은 두 가지 방법을 사용하여 AI 모델의 실시간 적응을 수행하였다. 첫 번째 방법은 **'환경 민감 블록 선택 기술'**로서 AI 모델이 이미지를 볼 때 어떤 블록들은 환경에 따라서 달라지는 특성(예: 날씨, 조명)을 보지만, 어떤 블록들은 환경에 민감하지 않다. 따라서 **환경 변화에 달라지는 블록만을 찾아내어 그 부분만 새로운 환경에 맞게 조정**하였다.



▲ **입력된 이미지(강아지)에 대해서 확률 값이 계산되는 딥러닝 모델 구조 도식.** 딥러닝 모델은 여러 층(Layer)로 구성된 블록으로 이루어져 있다. 일반적으로 앞단계의 블록은 환경(밝기, 색깔, 노이즈)에 민감하고 뒷단계의 블록은 형태(물체의 모양, 물체 존재 여부)에 민감한 것으로 알려져 있다.

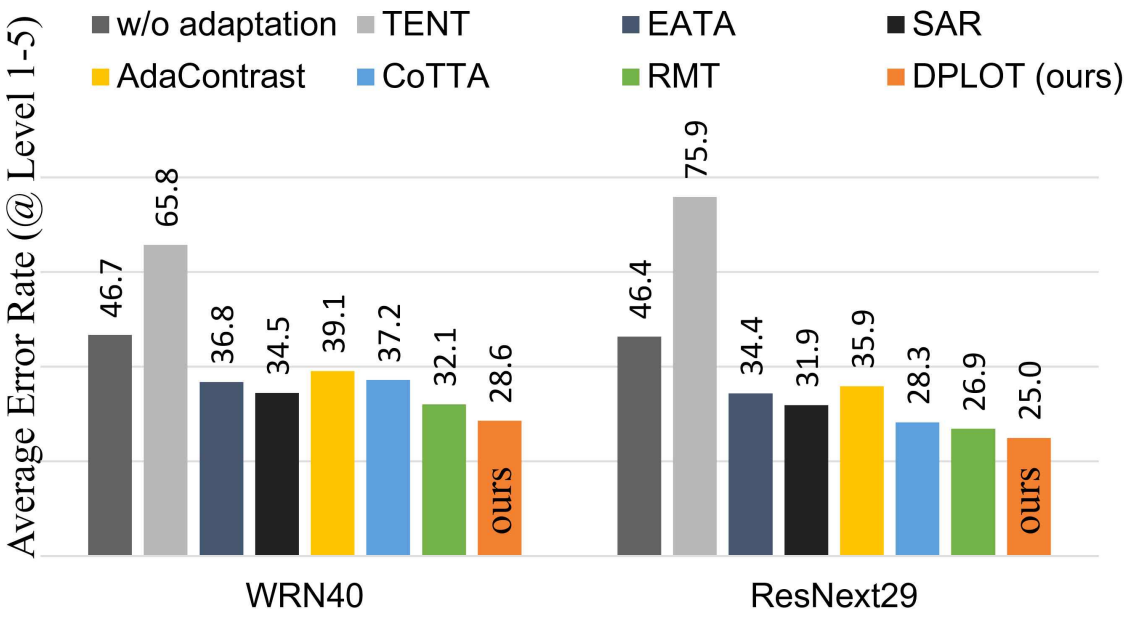
두 번째 방법은 **'좌우쌍 기반 정답 생성'**이다. AI 모델을 대상으로 같은 이미지를 좌우 반전을 통해 두 번 보여주고, 좌우 반전된 이미지 모두에서 높은 신뢰도로 같은 결과를 출력할 수 있도록 **AI 모델을 운용 환경에서 학습시켜 정확성**을 높였다.



▲ **제안된 방법에 대한 개요도**. 제안된 방법은 먼저, 운용 단계에서 얻어진 이미지(고양이)를 좌우 반전시킨 후, 모델이 입력한다. 그 후, 환경에 민감한 블록의 매개변수를 주어진 이미지에 대한 엔트로피를 줄이도록 업데이트 한다(노란색 실선). 또한, 좌우 이미지에 대해서 출력한 확률분포를 평균 내어 만든 확률분포에 각각의 출력이 가까워지도록 모든 매개변수를 업데이트 한다(파란색 실선).

벤치마크*에서 기존 연구와 비교한 결과, **에러율을 26.3%에서 23.9%로 낮추는 데 성공**했으며, 이는 **정확도가 9.1% 개선**된 것이다.

* **벤치마크:** 한 기술 분야에서 연구되는 방법론들의 정량적인 성능 비교를 쉽게 수행할 수 있도록 하는 실험 절차이다. 실험을 수행할 때 방법론만 다르고, 같은 데이터 및 절차를 사용하며 결괏값을 비교하는 것을 뜻한다.



▲ **실시간 적응 연구 벤치마크 수행 결과.** 본 연구에서 개발된 방법(주황색)은 다른 방법들에 비해서 에러율이 낮은 것을 확인할 수 있다.

이규빈 교수는 "이번 연구를 통해 **인공지능 시스템이 다양한 환경과 조건에서 지속적으로 성장하며 안정적으로 작동**할 수 있다는 것을 확인했다"며 "향후 **날씨, 조명 조건, 지리적 특성 등에 따른 환경 변화에도 흔들림 없이 물체를 정확히 인지**하여 **자율주행차 등에 활용될 수 있을 것으로 기대**한다"고 말했다.

융합기술학제학부 이규빈 교수가 지도하고 유연국 박사과정생이 수행한 이번 연구는 과학기술정보통신부와 LG전자의 지원을 받았으며, 컴퓨터 비전 분야 세계 최고 권위의 학회 'CVPR(Computer Vision and Pattern Recognition)'에서 2024년 6월 19일 발표될 예정이다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 학회명 : IEEE / CVF Computer Vision and Pattern Recognition Conference(CVPR)

  * 세계 최고 컴퓨터 비전 학회(2023년 기준 h5-index=422 in Computer Vision and Pattern Recognition, Top 1)이며, 인공지능/컴퓨터비전 분야 최우수 학술대회, 한국정보과학회 기준 최우수 학술대회(S급)

- 논문명 : Domain-Specific Block Selection and Paried-View Pseudo-Labeling for Online Test-Time Adaptation

- 저자 정보 : 유연국 박사과정생(제1저자, 융합기술학제학부), 신성호 박사과정생, 백승혁 박사과정생, 고민환 박사과정생, 노상준 박사과정생, 이규빈 교수(교신저자, 융합기술학제학부)