

Physical AI 시대, 디스플레이 역할 재조명

박영준

본 보고서는 ETRI ICT전략연구소 기본사업인
“ICT 기술전략 및 기술정책 연구”를 통해 작성된 결과물입니다



본 보고서의 내용은 연구자의 견해이며 ETRI의 공식 의견이 아님을 알려드립니다.

본 보고서의 시장 자료는 출판사의 사용 허가를 받아 사용되었습니다. 재사용을 원하시면 출판사에 문의하시기 바랍니다.

목 차

C O N T E N T S

Executive Summary	i
1. 디스플레이 산업의 위기	1
가. 정체된 디스플레이 산업	1
나. 신시장 창출이 필요한 디스플레이의 미래	2
2. Physical AI 시대 디스플레이의 기회	4
가. Physical AI 시대의 도래	4
나. Physical AI 개념과 특성	5
다. Physical AI 주요기술 개발 동향	7
라. Physical AI를 위한 디스플레이의 역할	11
3. Physical AI 시대의 디스플레이 역할 재조명	13
가. 인지강화형 디스플레이	14
나. AI 내재형 디스플레이	16
4. 결론 및 시사점	18
가. Physical AI 대응을 통한 디스플레이 시장 창출	18
나. Physical AI 디스플레이 시장의 현실과 상용화 과제	19
다. 정책적 시사점 및 추진과제	20
참고문헌	23



Executive Summary

디스플레이 산업의 위기

○ 정체된 디스플레이 산업

- 지난 6년('20 ~'25)간 글로벌 디스플레이 시장은 전반적으로 정체되고 있는 상황
- 기존 주력 품목(Mobile phone, LCD TV) 시장의 정체 및 감소가 두드러지는 가운데, 신시장 영역인 자동차용 디스플레이, 스마트워치 등이 시장을 확대하고 있는 상황
- 정체된 디스플레이 시장 상황에서 디스플레이 생산의 주요 국가별 경쟁은 더욱 치열하게 전개되어, 중국이 시장의 과반을 차지하면서 핵심 강국으로 부상

○ 신시장 창출이 필요한 디스플레이의 미래

- 향후 디스플레이 시장은 '26년 1,288억 달러에서 '33년 1,443억 달러로 연평균 1.6%씩 증가하여 향후에도 성숙기 산업으로서 완만한 성장을 보일 것으로 전망
- 자동차용 디스플레이, 스마트워치에 이어 Near Eye, 마이크로LED TV와 같은 새로운 품목이 현재 시장 규모는 작지만 매우 높은 성장 가능성을 나타내고 있음

Physical AI 시대 디스플레이의 기회

○ Physical AI 시대의 도래

- CES 2025를 기점으로 피지컬(Physical) AI가 차세대 AI 패러다임으로 부상하며, 인공지능이 물리적 세계와 직접 상호작용하는 시대가 도래
- Physical AI는 AI가 디지털 영역을 넘어 물리적 환경과 결합하여 진화한 복합적 기술 진화의 결과물로, 실물 세계의 다양한 산업 현장에서 직접적인 의사결정과 행동을 수행
- Physical AI의 다양한 로봇 유형이 개발되어 현재 도입·확산기에 접어들었으며, '30년 이후에는 여러 산업에 확산되면서 사회구조를 혁신할 것으로 전망

Physical AI 개념과 특성

- (개념) AI가 물리적 실체 안에 구현되어 센서와 액추에이터 등을 통해 현실 세계를 인식하고, 자율적으로 판단·행동함으로써 환경과 유기적으로 상호작용할 수 있는 시스템(SPRI, 2025)
 - 대부분 정해진 규칙에 따라 반복 동작을 수행하는 기존 로봇이나 자동화 시스템에 비해, Physical AI는 환경을 감지하고, 상황을 이해하고, 그에 따라 실제 행동을 결정해 실행에 옮기는 자율성을 갖춘다는 점에서 차별화
- (3단계 기능구조) Physical AI는 ‘인지-판단-행동’으로 이어지는 세 가지 핵심 기능이 유기적으로 결합된 구조이며, 이 세 가지가 종합적으로 조화롭게 작동하여야 함
 - (인지: Perception) 다양한 센서기반 인식 기술을 통해 주변환경, 객체, 사람, 상태 변화를 실시간으로 인식하는 것으로, 센서 무결성과 데이터 신뢰성이 매우 중요
 - (판단: Cognition) 인식된 정보를 바탕으로 무엇을 할지 결정하는 것으로, AI는 단순 규칙을 넘어서, 상황 맥락(Context)을 이해하고 우선순위를 판단
 - (행동: Action) AI의 판단을 실제 물리적 행동으로 실행하는 것으로, 로봇이나 차량이 방향을 바꾸고, 설비가 작동을 멈추는 등 AI의 결정이 곧 현실의 움직임이 됨

Physical AI 주요기술 개발 동향

- (인자·센싱) 손·손가락 단위의 촉각 인식은 상용화가 빠르게 진행 중이나 로봇 전신을 덮는 대면적 촉각 센싱 및 시각·촉각·청각 통합 멀티모달 센싱은 아직 초기 단계
- (모델·연산) SmolVLA·OpenVLA와 같은 경량 오픈소스 VLA가 확산되며 진입장벽이 낮아지고 있으나, 아직 실제 산업으로 확산 되기에는 간극이 존재
- (제어·행동) 테슬라, Figure AI, 아마존 등은 실제 작업 환경에 로봇을 배치하며 성능을 검증하고 있으며, 복잡한 섬세한 손기술을 구현하는 범용 로봇이 개발되는 중

Physical AI를 위한 디스플레이의 역할

- 미래의 디스플레이는 로봇의 ‘얼굴’이자 ‘표정’으로 기능하며, 로봇에 대한 사용자의 심리적 수용성 (social acceptance)을 좌우하는 핵심 변수로 부상
 - 디스플레이가 단순 영상 출력 기능을 넘어, 센서·연산·구동·음향·통신·전력 등 이중 기능을 패널 구조내에서 직접 통합·수행
- (디스플레이 역할) 디스플레이는 주변 환경 및 현실 정보를 감지하는 감각기관, AI의 학습과 판단을 감독하는 매체, 그리고 인간과 AI를 연결하는 소통 창구로 역할 확장
 - ① (감각 전달 매체) 디스플레이가 화소 단위에서 압력·광·온도 등 물리적 자극을 지연없이 실시간으로 감지하는 감각 기관·피부로서의 역할 수행
 - ② (AI 관리 및 감독 매체) 디스플레이가 AI의 물리 법칙 학습 과정과 판단 근거(강화학습 추이, 어텐션 맵

등)를 실시간으로 시각화 및 재현함으로써 AI 관리 및 감독 매체로서의 역할 수행

- Physical AI의 확산은 여러 산업 분야에 기회를 제공할 것으로 전망되며, 특히 디스플레이 산업의 경우 제조 인프라 및 기술 구현 용이성 등으로 인해 주목받고 있음
 - 디스플레이 산업은 대면적 반도체 공정 기반의 성숙한 제조 인프라를 보유하고 있어, 센서·연산소자를 추가 집적하는 이종 융합(heterogeneous integration)에 유리
 - 디스플레이는 픽셀 단위로 개별 주소지정(addressable)이 가능한 구조여서, 화면 전체를 하나의 분산 센서·연산 어레이로 재해석할 수 있는 잠재력을 지님

Physical AI 시대의 디스플레이 역할 재조명

인지강화형 디스플레이

- 디스플레이는 시각적 출력 기능을 넘어 촉각, 생체인식, 카메라 등 다양한 센서기술이 디스플레이 패널 내부에 통합된 프리폼 감각 디스플레이로 진화 필요
- (기술개발 동향) 지문·카메라 등 개별 센서를 디스플레이 패널에 통합하는 기술은 이미 스마트폰에서 적용되고 있으며, 프리폼 디스플레이도 응용 수준의 완성도를 확보
- (핵심 이슈) 프리폼 감각 디스플레이는 수축 과정에서 픽셀간격 변화, 광학경로 왜곡, 전기적 특성 변화 등으로 인해 휘도/색 불균일, 명암비 저하, MURA(얼룩) 등이 발생
 - In-Pixel 센서를 통해 수축 상태를 실시간으로 감지하고, AI기반 분석으로 변형장(Deformation Field)을 재구성하며, 화질 열화를 예측하여 실시간 보상하는 기술이 필요
 - 또한 제조 과정에서는 엘라스토머 기판의 연성(soft) 특성으로 인한 기존 포토리소그래피 공정 적용의 어려움, 마이크로 LED 대면적 전사공정의 정렬 정밀도·수율 문제 발생
- (도전 과제) 환경을 실시간으로 인지하는 프리폼 감각 인터페이스 구현
 - 사람 몸이나 로봇·사물의 곡면과 움직임을 따라 여러 방향으로 자연스럽게 늘고 휘어 개체에 꼭 맞는 형태로 붙어 작동하는 디스플레이 개발
 - 접고 펴고 늘려도 글자와 색, 밝기, 선명도가 흐트러지지 않도록 화면을 스스로 보정해 균일한 화질을 유지
 - 다감각 센서-디스플레이 융합을 통해 Physical AI의 감각과 상태를 실시간 모니터링하고 양방향 소통과 판단을 통해 사용자와 인터랙션 구현

AI 내재형 디스플레이

- 디스플레이 패널의 픽셀마다 프로세서를 집적하여 ‘센싱+전처리AI+화면표시’를 디스플레이가 통합하여 담당하는 System-on-Panel로의 진화 필요
- (기술개발 동향) 온디바이스 AI 반도체와 XAI·디지털트윈 플랫폼은 이미 상용화 단계에 진입했으나, 패널 내에 프로세서를 결합하는 산화물 TFT 뉴로모픽 기술과 Physical AI에 특화된 시각화 기술은

아직 실험실·연구 단계 수준

- (핵심 이슈) 디스플레이 패널에 표시소자(발광·액정), 센서소자, 그리고 뉴로모픽 연산소자 등 이종 소자들을 동일한 박막트랜지스터(TFT) 공정 위에서 함께 구현
 - In-Pixel 영역에서 아날로그 시냅스 연산(MAC)과 디지털 뉴런 보정을 함께 수행하면서도 화소 발광 특성에 영향을 주지 않도록 열·전기적으로 격리하고, 소자 편차와 연산 오차를 실시간으로 감지·보정하는 Hybrid In-Pixel AI 회로 및 캘리브레이션 기술이 필요
 - 제조 과정에서는 시냅스·뉴런 TFT를 기존 산화물(IGZO 등) 디스플레이 백플레인 공정과 동일한 대면적·저온 공정 안에서 형성해야 하는 공정 호환성 문제, 대면적 어레이 전체에서 소자 간 균일도와 반복 구동 신뢰성(선형성, 내구성)을 확보해야 하는 수율 문제 발생
- (도전 과제) 표시·센싱·추론 등 AI 연산을 픽셀 내에서 수행하는 System-on-Panel 구현
 - 디스플레이 화소 내부에 Display-integrated AI 회로를 내장하고, 센싱-연산-보정-표시가 패널 내부에서 완결되는 초저전력 회로 구조 구현
 - 아날로그 MAC(시냅스)+디지털 보정(뉴런) 기반 Hybrid In-Pixel AI 알고리즘 구조 확보
 - 디스플레이 패널 내부에 센싱·AI 연산·판단·보정·표시 기능을 직접 내장하여, 초저전력 지능형 인터페이스 플랫폼 제조 공정 구현

결론 및 시사점

● Physical AI 대응을 통한 디스플레이 시장 창출

- 디스플레이 시장의 성장 정체와 함께 국가 간 치열한 경쟁속에서 Physical AI는 정체된 디스플레이 산업에 새로운 수요를 창출할 수 있는 중요한 전환점으로 판단됨
- 기존 디지털 AI에서는 디스플레이가 정보와 영상을 출력하는 주변 장치에 가까웠으나, Physical AI에서는 인간·AI·물리적 환경을 연결하는 핵심 매체로 역할이 확대됨
- Physical AI 시대의 디스플레이는 ‘보는 화면’에서 ‘감지하고 판단하며 소통하는 지능형 인터페이스’로 진화해야 함

● Physical AI 디스플레이 시장의 현실과 상용화 과제

- 국내 디스플레이 기업은 OLED와 프리폼 기술을 기반으로 로봇용 디스플레이 시장에 선제적으로 진입하려는 움직임을 보이고 있음
- 다만 디스플레이 기술이 준비되어 있다는 사실이 실제 로봇 시장에서 디스플레이의 채택을 자동으로 보장하지는 않음
- 따라서 Physical AI 디스플레이는 단순한 영상 출력 장치가 아니라 Physical AI의 성능을 실질적으로 향상

하는 기능적 부품이 될 수 있는 방향으로 발전할 필요가 있음

● 정책적 시사점 및 추진과제

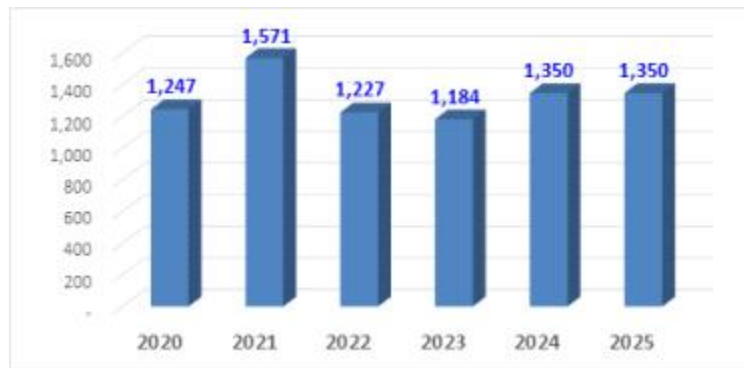
- 프리폼 감각 인터페이스와 System-on-Panel을 국가 차원의 중장기 도전형 R&D 과제로 추진할 필요가 있음
- 디스플레이 기업과 로봇·모빌리티·XR·의료기기 기업이 공동으로 참여하는 수요 연계형 R&BD 체계를 구축해야 함
- 프리폼 감각 인터페이스와 System-on-Panel의 신규 기능에 적합한 신뢰성 평가와 표준인증체계를 선제적으로 구축해야 함
- 소재·부품·장비와 AI 반도체를 포괄하는 개방형 산업생태계를 구축해야 함
- 결론적으로, Physical AI 시대의 감각·연산 통합형 디스플레이는 기술 격차를 통한 새로운 프리미엄 시장을 창출할 수 있는 전략적 전환점이 될 것으로 판단됨

1 디스플레이 산업의 위기

가. 정체된 디스플레이 산업

- 지난 6년('20 ~'25)간 글로벌 디스플레이 시장은 전반적으로 정체되고 있는 상황
 - 전체 디스플레이 시장은 '20년 1,246억 달러에서 '25년 1,350억 달러로 시장이 미미하게 성장
 - '19년 Covid-19로 비대면 문화가 확산하면서 '21년에는 디스플레이 시장의 매출이 반등
 - 그러나 '위드 코로나' 전환과 주요 전자기기 교체 완료로 인해 디스플레이 시장이 '22년에는 1,227억 달러 규모의 평년 성장세로 재진입하여 '25년까지 성장이 정체되고 있는 상황

그림 1 글로벌 디스플레이 시장 규모 현황('20~'25, 단위: 억 달러)

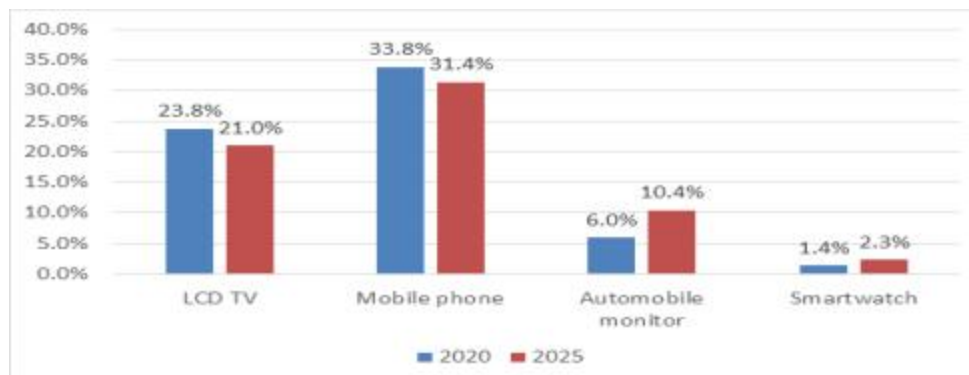


* 출처: OMDIA 자료를 이용하여 재편집

Results are not an endorsement of ETRI. Any reliance on these results is at the third party's own risk.

- 기존 주력 품목(Mobile phone, LCD TV) 시장의 정체 및 감소가 두드러지는 가운데, 신시장 영역인 자동차용 디스플레이, 스마트워치 등이 새롭게 시장을 확대 중

그림 2 주요 품목별 시장 비중의 변화 ('20 vs. '25, 단위: %)



* 출처: OMDIA 자료를 이용하여 재편집

Results are not an endorsement of ETRI. Any reliance on these results is at the third party's own risk.

- 기존 주력 품목(Mobile phone, LCD TV)의 비중은 '20년 57.6%에서 '25년 52.3%로 줄어들고 있음
 - Mobile phone용 디스플레이는 스마트폰의 보급이 이미 성숙 단계에 진입함에 따라, '20년 422억 달러에서 '25년에는 423억 달러로 시장이 정체됨
 - LCD TV용 디스플레이 시장도 이와 비슷한 양상을 나타내어, '20년 290억 달러에서 '25년에는 283억 1,170만 달러로 시장이 축소됨
 - 반면, 새로운 분야로 떠오르는 Automobile monitor는 '20년 74억 달러에서 '25년에는 140억 달러로, 연평균 13.6%의 성장율(CAGR)로 매우 빠르게 시장을 확대하고 있음
 - 스마트워치용 디스플레이 역시 '20년 17억 달러에서 '25년에는 31억 달러로, 연평균 12.5%의 성장율(CAGR)로 매우 빠르게 시장이 확대되고 있음
- 정체된 디스플레이 시장 상황에서 디스플레이 생산의 주요 국가별 경쟁은 더욱 치열하게 전개되어, 중국이 시장의 과반을 차지하면서 핵심 강국으로 부상
- (중국의 독주 및 시장 지배력 공고화) 중국은 '20년에 시장점유율이 36.7%로 한국과 비슷한 수준이었으나 '25년은 53.4%로 전체 디스플레이 시장의 과반을 차지하는 절대적 1위로 부상
 - (한국의 점유율 하락) 한국은 '20년까지는 사실상 1위였으나 '25년에는 31.7%로 시장점유율이 하락하였고, 이에 국내 업체는 OLED·프리미엄 중심으로 사업구조를 전환하고 있는 상황
 - (대만의 꾸준한 축소) 대만은 시장점유율이 '20년에 22.5%에서 '25년 13.8%로 매년 감소하고 있으며, AUO·Innolux 등 대만 업체는 중국과의 경쟁에서 밀리며 지속적으로 약화
 - (일본의 사실상 시장 이탈) 일본은 이미 '20년 3.5%의 낮은 점유율이었으며, '25년에는 점유율이 0.7%까지 축소되어 사실상 유의미한 공급국 지위를 상실

표 1 주요 국가별 디스플레이 시장점유율 현황 (단위: %)

국가	2020	2021	2022	2023	2024	2025
중국	36.7	41.3	42.5	48.0	50.9	53.4
한국	36.8	33.3	37.0	33.2	33.2	31.7
대만	22.5	23.1	18.2	16.7	14.5	13.8
일본	3.5	1.9	2.0	1.7	1.1	0.7
기타	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4

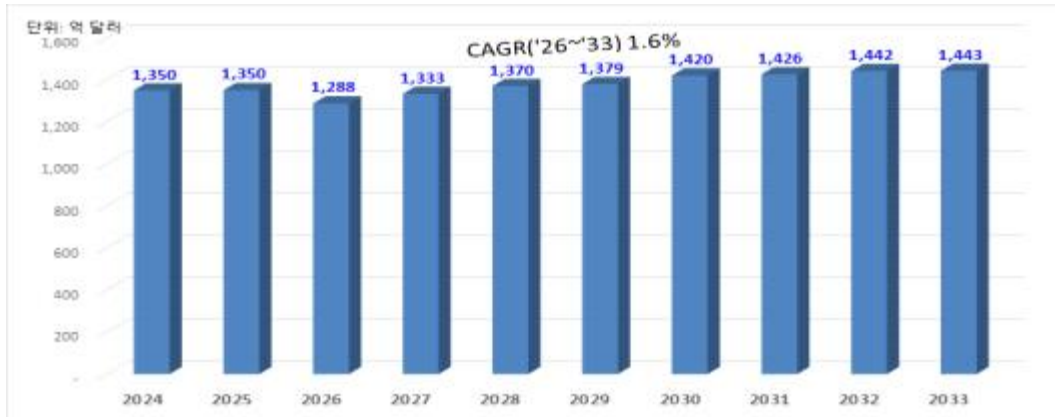
* 출처 : 한국디스플레이산업협회(2026)

나. 신시장 창출이 필요한 디스플레이의 미래

- 향후 디스플레이 시장은 '26년 1,288억 달러에서 '33년 1,443억 달러로 연평균 1.6%씩 증가하여 향후에도 성숙기 산업으로서 완만한 성장을 보일 것으로 전망

- 디스플레이 산업이 지속적으로 성장하기 위해서는 기존의 스마트폰·TV 중심 시장에서 벗어나 AI 시대의 사용 환경에 적합한 디스플레이 시장을 적극적으로 창출할 필요가 있음

그림 3 글로벌 디스플레이 시장 규모 전망

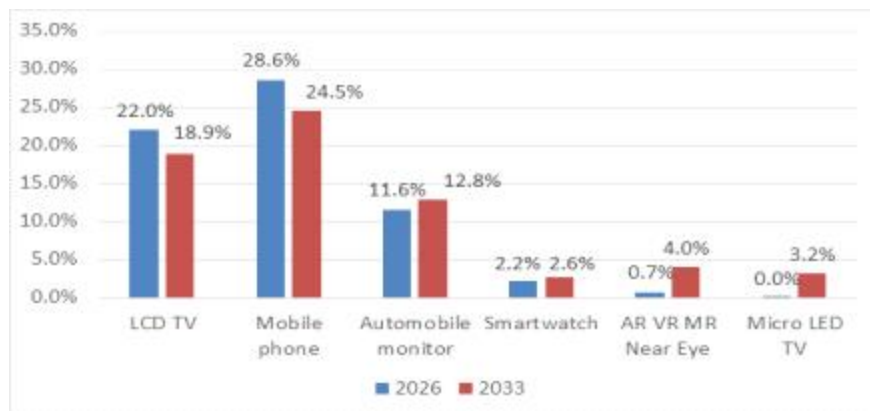


* 출처: Omdia(2026), Display Long-Term Demand Forecast Tracker, 2026Q2.

Results are not an endorsement of ETRI. Any reliance on these results is at the third party's own risk.

- 자동차용 디스플레이, 스마트워치에 이어 Near Eye, 마이크로LED TV와 같은 새로운 품목이 현재 시장 규모는 작지만 매우 높은 성장 가능성을 나타내고 있음
 - 기존 주력 품목인 LCD TV, Mobile phone, Desktop monitor의 시장 비중은 '26년에 각각 22.0%, 28.6%에서 '33년에는 18.9%, 24.5%로 점차 축소될 것으로 예상됨
 - 현재 새로운 시장을 형성하고 있는 자동차용 디스플레이, 스마트워치용 디스플레이의 시장 비중은 '26년에 각각 11.6%, 2.2%에서 '33년에는 12.8%, 2.6%로 비중을 확대할 것으로 전망
 - 한편 Near Eye 및 Micro LED TV용 디스플레이가 새롭게 부상하고 있으며, 이들의 비중은 '26년에 각각 0.7%, 0.0%에서 '33년에는 4.0%, 3.2%로 비중을 확대할 것으로 전망

그림 4 주요 품목별 성장률 전망('26~'33, 단위: %)



* 출처: OMDIA 자료를 이용하여 재편집

Results are not an endorsement of ETRI. Any reliance on these results is at the third party's own risk.

2 Physical AI 시대 디스플레이의 기회

가. Physical AI 시대의 도래

- CES 2025를 기점으로 피지컬(Physical) AI가 차세대 AI 패러다임으로 부상하며, 인공지능이 물리적 세계와 직접 상호작용하는 시대가 도래
 - Physical AI는 AI가 디지털 영역을 넘어 물리적 환경과 결합하여 진화한 복합적 기술 진화의 결과물로, 실물 세계의 다양한 산업 현장에서 직접적인 의사결정과 행동을 수행

그림 5 AI의 진화에 따른 Physical AI의 등장



* 출처: KEARNEY KOREA(2025)

- Physical AI의 다양한 로봇 유형이 개발되어 현재 도입·확산기에 접어들었으며, '30년 이후에는 여러 산업에 확산되면서 사회구조를 혁신할 것으로 전망

표 2 Physical AI의 다양한 로봇 유형과 시장 전망 (단위: 백만대)

로봇 유형	'24	'25	'30	'35	'50	CAGR
Autonomous Vehicle	27	34	126	380	1,858	17.4%
Domestic Cleaning Robot	286	326	541	793	1,188	5.3%
Humanoids	0	0	1	13	648	60.7%
AGV & AMR	2	3	9	28	181	17.7%
Drone	37	40	54	73	149	5.4%
Caring Robot	0	1	6	18	71	20.0%
Commercial Cleaning Robot	1	2	6	14	25	10.6%
Food & Grocery Delivery Robot	0	0	4	11	19	19.2%
Food Service Robot	0	0	3	10	15	17.2%
Caring Overlap	0	0	(1)	(5)	(18)	-
합계	354	405	749	1,337	4,136	9.7%

* 출처 : Citi Group(2024), ETRI Insight(2025) 재인용

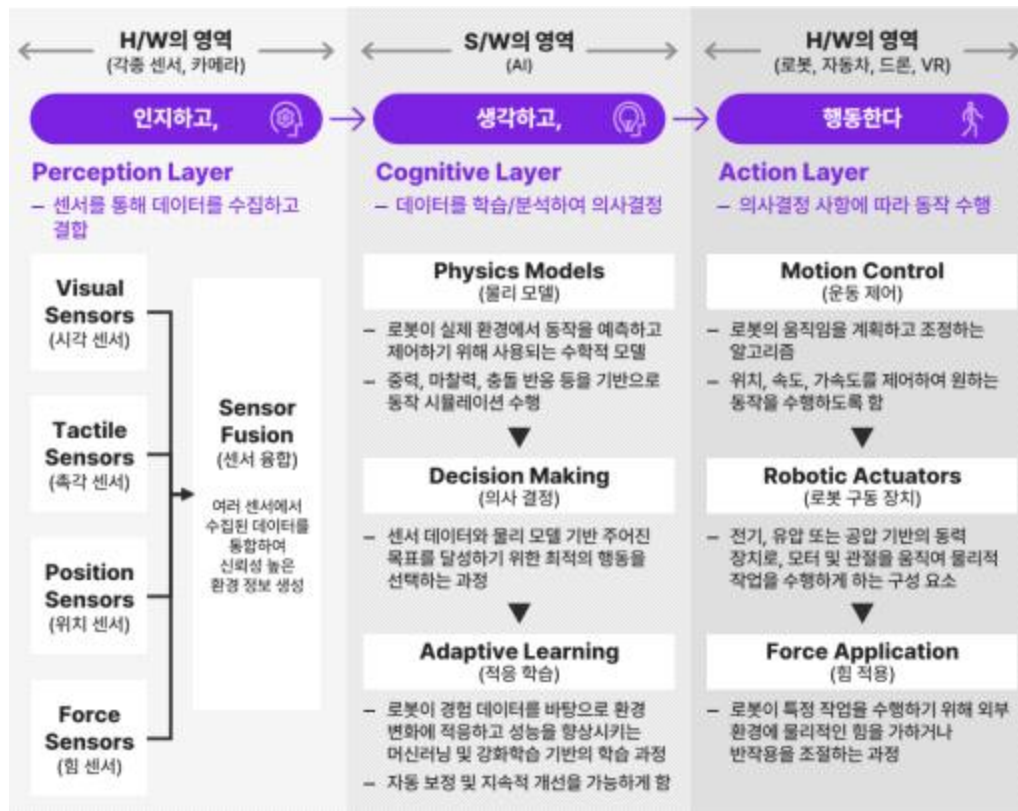
- (도입·확산기, '25년~'30년) 제조, 물류, 헬스케어 등에서 휴머노이드 로봇, 자율주행 시스템, 스마트 제조 등이 본격적으로 상용화되는 시기로 구체적 변화가 나타남
- (대중화기, '30년 이후) Physical AI 기반 휴머노이드, 지능형 로봇, 자율 운송 등이 병원, 건설, 농업, 서비스 등 다양한 산업에 확산되면서 사회 구조적 혁신을 이끄는 주축으로 성장
 - ※ '35년에 전 세계적으로 13억 대 이상의 AI 로봇이 보급되고 '50년까지는 약 41억 대 이상으로 확산될 것으로 전망
 - ※ 휴머노이드 로봇 시장의 경우에는 기술적 가능성, 사용 사례, 그리고 경제성을 고려할 때 '50년까지 6억 4,800만 대로 성장할 것으로 예상
- (Physical AI 부상 요인) AI는 소프트웨어에서 하드웨어로 확장하고 있으며, 이는 파운데이션 모델의 확장, 시뮬레이션 학습, 하드웨어 원가 하락 등의 기반 기술에 기인
 - (파운데이션 모델의 확장) 언어·이미지 중심의 파운데이션 모델이 3차원 공간과 물리 법칙을 학습하는 월드 모델(World Model)로 확장되면서, AI가 “무엇을 볼 것인가”를 넘어 “다음에 무슨 일이 일어날 것인가”를 예측할 수 있게 됨
 - (Sim-to-Real 전환) 고정밀 물리 시뮬레이션 환경에서 대량의 가상 데이터로 로봇을 학습 시키고, 이를 실제 하드웨어로 전이(Sim-to-Real Transfer)하는 방식이 실용화되며 데이터 확보 병목이 완화됨
 - (하드웨어 원가 하락) 센서(LiDAR, 촉각센서)·액추에이터·연산 칩의 가격이 하락하면서 휴머노이드 로봇 등 물리적 구현체의 상용화 문턱이 낮아짐
- Physical AI의 확산에 따라 디스플레이 적용 분야가 더욱 확대되고, 이는 정체된 디스플레이 산업을 획기적으로 활성화 시킬 수 있는 기회를 제공
 - 휴머노이드 로봇에서 디스플레이는 단순 정보창을 넘어 사용자와의 감정적 연결을 형성하는 핵심 인터페이스로 기능
 - 디스플레이는 더 이상 부품이 아니라 로봇의 '정체성'을 구성하는 핵심 요소로 진화할 전망

나. Physical AI 개념과 특성

- (개념) AI가 물리적 실체 안에 구현되어 센서와 액추에이터 등을 통해 현실 세계를 인식하고, 자율적으로 판단·행동함으로써 환경과 유기적으로 상호작용할 수 있는 시스템 (SPRI, 2025)
 - 대부분 정해진 규칙에 따라 반복 동작을 수행하는 기존 로봇이나 자동화 시스템에 비해, Physical AI는 환경을 감지하고, 상황을 이해하고, 그에 따라 실제 행동을 결정해 실행에 옮기는 자율성을 갖춘다는 점에서 차별화
 - 즉, 센서로 주어진 정보를 받아들이고, 이를 기반으로 판단을 내린 뒤, 물리적 움직임으로 실행하는 감각-지능-행동의 통합 구조가 핵심

- (3단계 기능구조) Physical AI는 ‘인지-판단-행동’으로 이어지는 세 가지 핵심 기능이 유기적으로 결합된 구조이며, 이 세 가지가 종합적으로 조화롭게 작동하여야 함

그림 6 Physical AI의 인지-판단-행동의 3단계 기능 구조



* 출처: KEARNEY KOREA(2025)

- (인지: Perception) 다양한 센서기반 인식 기술을 통해 주변환경, 객체, 사람, 상태 변화를 실시간으로 인식하는 것으로, 센서 무결성과 데이터 신뢰성이 매우 중요

※ 카메라, LiDAR, 레이더, 촉각센서

- (판단: Cognition) 인식된 정보를 바탕으로 무엇을 할지 결정하는 것으로, AI는 단순 규칙을 넘어서 상황 맥락(Context)을 이해하고 우선순위를 판단

※ 딥러닝 기반 판단 모델, 강화학습(RL)을 통한 행동 선택, 실시간 위험 평가 및 시나리오 비교

- (행동: Action) AI의 판단을 실제 물리적 행동으로 실행하는 것으로, 로봇이나 차량이 방향을 바꾸고 설비가 작동을 멈추는 등 AI의 결정이 곧 현실의 움직임이 됨

※ 로봇 제어 시스템, 모터(Motor)·액추에이터(Actuator) 제어, 산업 제어 시스템(ICS) 연동

- (Physical AI와 기존 AI와의 차이) 언어 중심의 기존 AI와 달리 Physical AI는 시스템이 직접적인 인지-판단-행동을 통해 실제 물리 법칙이 적용되는 현실 세계 지능을 구현

표 3 언어중심 AI와 Physical AI의 차별화 포인트

차별화 포인트	언어중심 AI	Physical AI
물리 세계와의 직접적 상호작용	디지털 데이터 분석, 언어 이해, 이미지 인식 등 가상·비물리적 환경에서만 작동	센서·로봇·엣지컴퓨팅 등 물리적 장치와 결합해 실제 환경에서 직접적으로 행동하고 현실 세계에 개입 가능
환경 지각 → 인지·판단·계획 → 실시간 행동의 완전한 루프(Closed Loop) 구현	데이터 입력 → SW적 판단이나 예측만 제공 (의사결정 지원, 예측, 추천 등)	센서로 실시간 환경 지각 → 상황 인지 및 판단(행동 계획) → 실제 행동(물체 조작 또는 이동 등)까지 전 주기의 통합 시스템
물리 법칙 내재화	텍스트·이미지·음성 등 비물리적 데이터 위주로 학습	마찰, 힘, 충돌, 관성 등 실제 물리 법칙을 내재적으로 이해·학습하여 현실에서 다양한 변수에 안전하게 대응
실시간성 및 적응력	대부분 오프라인 또는 서버에서 데이터 분석	실시간 현실 변화를 센서·로봇이 즉각 반영, 예측 결과에 따라 행동을 실시간 수정하며 환경에 유연하게 적응
자율적 자기 진화 (강화학습 등)	자기생성 데이터와 자체 피드백 기반의 강화학습 통해 실시간 업데이트 및 진화	현실 세계와 상호작용하며 환경 변화에 실시간 대응하는 자기진화형 물리학습 (강화학습)
중심 산업 및 사회적 효과	디지털 산업 및 업무 효율화 중심 효과	현실 산업 현장 지능화 및 일상 생활 변화 중심 효과

* 출처 : ETRI Insight(2025)

- (적용 분야) Physical AI는 우선적으로 로봇, 자율주행 자동차, 스마트 공간, 웨어러블·헬스케어 등의 분야에서 핵심 기술이 개발되어 적용되면서 산업을 혁신할 전망
 - (로봇) 로봇을 단순한 자동화 수준에서 실시간으로 감지, 추론, 행동할 수 있도록 지원하며 모든 환경에서 더 높은 안전성, 정밀도, 적응력으로 수행
 - (자율주행) 자율주행 자동차는 실시간으로 센서 데이터를 처리하여 주변 환경을 인식 및 이해하고 보행자 감지 및 차선 변경 등을 효과적으로 수행
 - (스마트 공간) 공장, 창고와 같은 대규모 실내외 공간에서 사람, 차량, 로봇 등의 위치 및 경로 추적 등을 통해 동적 경로 계획을 개선하고 운영 효율성을 최적화
 - (웨어러블·헬스케어) 전자피부 기술과 연계하여 신체에 밀착한 센서-디스플레이 융합 기기가 생체 신호를 실시간으로 감지·판단하여 피드백을 제공

다. Physical AI 주요기술 개발 동향

- (인지·센싱) 손·손가락 단위의 촉각 인식은 상용화가 빠르게 진행 중이나 로봇 전신을 덮는 대면적 촉각 센싱 및 시각-촉각-청각 통합 멀티모달 센싱은 아직 초기 단계

- (독일 항공우주센터) 전자피부(e-skin)를 전혀 부착하지 않고도 로봇 관절 내부의 토크(torque) 반응 변화만으로 사람의 접촉 여부와 강도를 구분해내는 시스템을 개발
 - ※ 가볍게 스치는 접촉은 표면 압력 센서 방식으로, 세게 누르는 접촉은 손가락 마디의 토크 반응으로 이원화하여 감지하는 방식을 통해 고가의 대면적 촉각센서 없이도 로봇-인간 간 직관적 상호작용을 구현할 수 있음을 보여준 사례
- (MIT CSAIL) 카메라 기반 시각 정보에 촉각 센서 데이터를 결합하여, 손으로 잡은 물체의 기울어진 방향과 표면의 거칠기까지 함께 인식하는 로봇 손을 개발
 - ※ 촉각 센서가 손끝에서 미끄러짐과 압력 분포를 감지하고, 카메라가 물체의 전체적인 자세와 형태를 보완적으로 파악하는 이중 감각 구조를 채택
- (막스플랑크) 훔볼트대학교·슈투트가르트대학교 등 5개 연구그룹과 공동으로 코끼리 코 표면을 덮은 약 1,000개의 수염 구조를 분석하여 로봇 촉각 센서 설계에 응용하는 연구 수행
 - ※ 코끼리 수염은 두꺼운 피부와 낮은 시력에도 불구하고 땅콩처럼 작은 물체를 정밀하게 잡아낼 수 있다는 점에 착안하여 소재의 물리적 구조 자체로 촉각 성능을 확보하는 새로운 센서 접근 제시
- (Meta FAIR) 메타의 AI 연구소 FAIR(Fundamental AI Research)는 시각 정보만으로 촉각을 추정하는 범용 인코더 ‘메타 스파르시(Meta Sparsh)’를 공개
 - ※ 46만 개가 넘는 촉각 이미지 데이터를 자체 감독 학습(SSL) 방식으로 학습시켜, 별도의 레이블링 작업 없이도 다양한 촉각 인식 작업에 활용할 수 있도록 설계하여 기존 촉각 인식 모델 대비 평균 95% 이상 우수한 성능을 보임
- (Meta와 GelSight 공동연구) 메타는 GelSight와 공동으로 질감·온도·접촉 등을 인지할 수 있는 인공 손가락 형태의 고해상도 멀티모달 촉각 센서인 ‘Digit 360’을 개발
 - ※ ‘Digit 360’ 압력, 진동, 온도, 표면질감, 화학 신호 등 18개 이상의 다양한 촉각 모달리티를 동시에 감지하며, 온디바이스 AI 칩을 통해 실시간 처리하고 즉각적인 피드백을 제공
- (GelSight) 촉각 전문기업인 GelSight는 DIGIT·GelSight Mini 등 비전 기반 촉각센서를 상용 제품으로 양산하여, 로봇 손끝에 인간 피부와 유사한 촉각 인지 기능을 부여
 - ※ 센서 표면의 부드러운 젤 패드가 물체 접촉 시 인간 피부처럼 미세하게 변형되고, 내부 고해상도 카메라가 이 변형을 즉시 포착해 표면 지형을 3D 지도처럼 시각화하는 원리를 사용
 - ※ 광학식 비전 기반 촉각 센서가 대중화되면서, GelSight Mini가 499달러, Meta AI와 협력해 만든 DIGIT 센서가 350달러 선으로 저렴해 짐
- (Figure AI) 미국 휴머노이드 스타트업 피규어AI는 가정용 휴머노이드 ‘피규어 03’에 손바닥 내장 카메라와 3g 수준의 미세한 압력까지 감지하는 자체 개발 촉각 센서를 탑재
 - ※ ‘피규어 03’의 손가락 마디와 손바닥 전체에 탑재한 ‘초정밀 촉각 센서’는 사물과 접촉하는 순간 발생하는 미세한 압력 변화, 표면의 질감, 그리고 마찰력을 정밀하게 감지
- (테슬라) 라이다(LiDAR) 없이 차량과 로봇에 탑재된 다수의 카메라만으로 공간을 인지하는 ‘비전 온리(Vision-only)’ 전략을 고수
 - ※ 완전자율주행(FSD)을 위해 개발한 신경망 기반 인지-플래닝 알고리즘을 옵티머스 로봇에도 이식하여, 방대한 차량 주행 데이터로 학습한 시각 인지 역량을 로봇 인지에 재활용

- (고려대 연구팀) 외부 메모리나 별도 저장장치 없이 접촉이 발생한 시점과 위치 정보를 소자 자체에 내재적으로 기록하는 촉각센서를 개발
 - ※ 두 개의 절연체가 접촉할 때 기계적 자극만으로 일시적인 유사 전도성(MSPC) 채널이 형성되고, 이 채널의 휘발성(시간이 지나면 자연 소멸하는 성질)을 이용해 접촉 시점을 역산하는 방식
- (원익로보틱스) 국내 기업 원익로보틱스는 ‘세미콘 코리아 2026’에서 로봇 핸드 플랫폼 ‘알레그로 핸드(Allegro Hand)’ 제품 3종을 전시
 - ※ 기존 제품인 알레그로 핸드 V4·V5 Plus와 함께 출시를 앞둔 V5 Sense를 활용해 ‘고감도 센서 기반 정밀 파지’, ‘AI 학습 기반 비정형 물체 핸들링’, ‘유리컵 파지’, ‘다관절 독립 구동 제어’ 등의 동작을 시연
- (PPS, 집테크놀로지) 국내 센서 기업 집테크놀로지는 휴머노이드 로봇 핸드의 손가락용 고정밀 촉각 압력 센서 솔루션을 개발하여 ‘스마트센서코리아 2026’에서 공개
 - ※ ‘spray pressure sensor’와 ‘로보텍 센서’ 등 압력 감지 전용 솔루션을 통해 로봇 손가락 끝의 정밀한 힘 제어를 지원
- (모델·연산) SmolVLA·OpenVLA와 같은 경량·오픈소스 VLA가 확산되며 진입 장벽이 낮아지고 있으나, 아직 실제 산업으로 확산 되기에는 간극이 존재
 - ※ VLA(Vision-Language-Action)는 시각 정보, 자연어 지시, 그리고 로봇의 물리적 행동을 하나의 신경망으로 통합한 로봇 인공지능 모델로, 대형 언어 모델(LLM)과 시각 모델(VLM)의 능력을 확장해, AI가 눈으로 보고 직접 손발을 움직여 작업을 수행하게 만드는 Physical AI의 핵심 기술

표 4 LLM, VLM, VLA 특성 비교

구분	LLM	VLM	VLA
입력	텍스트	텍스트 + 이미지	텍스트 + 이미지 + 센서
출력	텍스트	텍스트	텍스트 + 행동 명령
현실세계 상호작용	불가능	관찰만 가능	직접 조작 가능
학습 데이터	인터넷 텍스트	텍스트 + 이미지	현장 센서 + 실로봇 동작

* 출처 : 페를러스 블로그(2025)

- (NVIDIA) 2024년 3월에 휴머노이드 로봇을 위한 범용 파운데이션 AI 모델 ‘Project GR00T’를 공개한 이후, 2025년에 N1을 공식 출시하고 업그레이드하여 현재 N1.7을 출시
 - ※ N1.7은 2026년 4월에 공개되었으며, 수십억 파라미터(약 30억 파라미터) 규모의 오픈소스 VLA 모델로, 1X, 피규어, 어질리티, 보스턴다이나믹스 등 글로벌 휴머노이드 기업 대부분이 GR00T를 채택하고 있어, 사실상 휴머노이드 업계의 표준 소프트웨어 플랫폼 역할을 하고 있음
- (Google) 구글은 로봇 파운데이션 모델 RT-1을 2022년에 출시한 이래 2023년에는 시각-언어-동작 추론을 위한 최초의 대규모 VLA모델인 RT-2를 개발
 - ※ RT-1은 로봇이 일상적인 작업(물건 집기, 정리 등)을 하도록 수많은 로봇 행동 데이터를 학습시킨 기본 모델이며, RT-2는 방대한 텍스트와 이미지 지식을 로봇 제어와 연결한 VLA모델

- (CMU Sim-to-Real) 카네기멜론대학교(CMU) 연구팀은 시뮬레이터로 합성데이터를 만들 때의 렌더링 문제를 해결하기 위해 SplatSim 기법을 CoRL 2024 워크숍에서 발표
 - ※ SplatSim은 기존 물리 엔진 자체는 그대로 두고 렌더링 방식만 사실적인 3DGS로 바꾸는 최소 개입 접근을 택하였음에도, zero-shot sim-to-real 전이 성공률이 86.25%까지 상승
- (Physical Intelligence) AI 로봇 스타트업인 Physical Intelligence는 모든 로봇에 이식이 가능한 범용 두뇌 모델인 ' $\pi 0$, $\pi 0.5$ '를 개발
 - ※ 2024년 10월 공개되고 2025년 2월 오픈소스화된 $\pi 0$ 은 자연어 명령을 받아 다양한 로봇 유형을 제어해 빨래 개기, 커피 내리기, 박스 조립 등 수십 가지 작업을 수행할 수 있으며, 2025년 4월에는 후속 모델인 $\pi 0.5$ 를 발표
- (Figure AI) 로봇 지능을 System 0, System 1, System 2의 3계층으로 구성하여, 로봇 (Helix)이 4분간의 식기세척기 작업 중 61개의 서로 다른 이동-조작 동작 수행
 - ※ System 0(운동선수)는 1,000시간 이상의 인간 움직임 데이터를 학습한 파운데이션 모델이며, System 1(전술가)은 로봇의 모든 감각(헤드 카메라, 새로운 손바닥 카메라, 손가락 끝의 촉각 센서)을 모든 관절에 연결하는 시각-운동 정책(Visuomotor policy)이며, System 2(전략가)는 장면과 언어를 분석하여 "식기세척기를 비워줘"라는 명령을 일련의 목표로 세분화
- (모벤시스) 국내 실시간 소프트웨어 기반 모션제어 기업 모벤시스는 엔비디아 'GTC 2026' 포스터 세션에 자사의 PhysicalAI 실시간 실행 스택 연구가 선정되었다고 발표
 - ※ 엔비디아 GTC는 AI, 로봇틱스, 디지털 트윈, 가속 컴퓨팅 분야의 최신 기술과 적용 사례가 공유되는 세계 최대 규모의 기술 컨퍼런스로, 모벤시스의 이번 연구는 Physical AI 시스템의 핵심 과제인 Sim-to-Real Gap 문제를 실시간 제어 관점에서 접근한 것으로, 엔비디아가 '역대 가장 경쟁이 치열한 선정 과정'이었다고 밝힌 이번 포스터 세션의 최종 발표 과제로 선정
- (OpenVLA) 스탠포드 및 버클리 연구팀은 이미지와 언어 지시를 입력으로 받아 로봇 행동을 예측하는 오픈소스 VLA 모델을 검증
 - ※ 기존의 VLA 모델들은 좋은 성능을 보였지만 대부분 비공개인 반면, 오픈소스 모델인 OpenVLA는 Open X-Embodiment 데이터셋으로 학습된 75억 개의 파라미터를 갖고 있으며, 누구나 내려받아 파인튜닝할 수 있는 출발점을 제공
- (SmolVLA) VLA 모델에 수십억 개의 파라미터가 필요하지 않다는 것을 입증하여, 로봇 파운데이션 모델의 진입장벽을 크게 낮추는 오픈소스 생태계 확산에 기여
 - ※ SmolVLA는 4억 5천만 개 파라미터로도 OpenVLA와 동등하거나 더 우수한 벤치마크 성능을 달성하였으며, 단일 소비자용 GPU에서 구동이 가능
- (제어·행동) 테슬라, Figure AI, 아마존 등은 실제 작업 환경에 로봇을 배치하며 성능을 검증하고 있으며, 복잡한 섬세한 손기술을 구현하는 범용 로봇이 개발되는 중
 - (테슬라) 2021년에 발표된 '옵티머스(Optimus)'는 End-to-End 신경망 기술을 로봇에 적용하였으며, 차세대 모델 Gen 3는 22 자유도 손과 50개의 액추에이터를 탑재할 예정
 - ※ Gen3의 로봇 손은 Gen2 대비 자유도 2배, 액추에이터 4.5배로, 계란 깨기, 껍질 벗기기, 바늘 실 꿰기, 빨래 개기 등 정교한 손 동작을 구현함
 - (보스턴다이나믹스) 2026년 CES에서 기존 유압식 '아틀라스(Atlas)'를 완전 전동식으로 전환

하고, 실제 제조 현장에서 활용할 수 있는 양산형 버전을 공개

- ※ 아틀라스는 56개의 자유도(DoF)를 갖춰 관절을 완전히 회전할 수 있고, 360° 카메라 기반 전방위 감지가 가능하며, 최대 50kg 운반 능력, 방수 방진 기능 그리고 자율 배터리 교환 기능까지 탑재
- (Agility Robotics) 어질리티 로보틱스의 ‘디짓(Digit)’은 GXO·아마존 창고에 배치되어 실제 상업적 작업을 수행하는 유일한 휴머노이드로 평가받고 있음
- ※ GXO 창고에서만 10만 개 이상의 물류 상자(tote)를 이동시켰으며, 아르헨티나의 메르카도 리브레(Mercado Libre)와 유상 계약을 체결하여 실질적인 매출을 창출하고 있음
- (1X Technologies) 세계 최초의 소비자용 가정용 휴머노이드 로봇 ‘NEO’는 일상 공간에서 사람들과 안전하게 공존하며 집안일을 돕는 것을 목표로 설계됨
- ※ 네오의 손은 총 25자유도(DOF)를 구현하고, 손가락 끝에 촉각 센서가 있어 물건이 미끄러지는 것을 실시간으로 감지하고 움켜쥌 수 있으며, 설거지, 빨래, 음료 따르기 등 정밀한 작업이 가능
- (Figure AI) 공장 및 물류 환경에서 활용되는 2세대 로봇 ‘Figure 02’에 이어 2025년에는 가정환경에서 사용할 수 있는 ‘Figure 03’을 개발
- ※ 피규어 03은 최대 20kg의 물체를 들어 옮길 수 있도록 설계되었으며, 전기 구동 방식으로 약 5시간 동안 동작하며, 주거 환경에서 화분에 물을 주거나 설거지를 하는 등 가정에서 활용되도록 설계됨

라. Physical AI를 위한 디스플레이의 역할

- 디스플레이 대표기업인 삼성디스플레이와 LG디스플레이는 각각 ‘CES 2026’와 ‘SID 2026’에서 AI 시대에 최적화된 OLED 디스플레이를 공개함
- 삼성디스플레이의 ‘AI OLED 붓’은 곡면, 원형 등 자유로운 디자인이 가능한 OLED 디스플레이를 로봇 얼굴에 탑재하고 대학 캠퍼스에서 강의실 안내, 수업 정보 등 맞춤형 경험 제공
- LG디스플레이의 ‘휴머노이드 로봇용 P-OLED’는 뛰어난 디자인 자유도를 구현하여 휴머노이드 로봇 디자인에도 유연하게 대응하며 안정적인 내구성과 고휘도, 장수명을 동시에 충족

그림 7 Physical AI용 OLED 디스플레이



〈삼성의 AI OLED 붓〉



〈LG의 휴머노이드 로봇용 P-OLED〉

* 출처: 삼성디스플레이 뉴스룸, LG디스플레이 뉴스룸

- 미래의 디스플레이는 로봇의 ‘얼굴’이자 ‘표정’으로 기능하며, 로봇에 대한 사용자의 심리적 수용성(social acceptance)을 좌우하는 핵심 변수로 부상
 - 디스플레이가 단순 영상 출력 기능을 넘어, 센서·연산·구동·음향·통신·전력 등 이중 기능을 패넬 구조 내에서 직접 통합·수행
 - ※ 디스플레이가 표시(Display), 지각(Sensing), 이해(Processing), 상호작용(Interaction), 구동(Action)의 전 단계를 통합 및 수행
- (디스플레이 역할) 디스플레이는 주변 환경 및 현실 정보를 감지하는 감각기관, AI의 학습과 판단을 감독하는 매체, 그리고 인간과 AI를 연결하는 소통 창구로 역할 확장

표 5 Physical AI의 기능단계별 요구 성능과 디스플레이 역할

Physical AI 기능	요구 성능	디스플레이 역할	
인지 (Perception)	센서 무결성 실시간성	① 감각 전달 매체 (Sensory Skin + New Form-factor)	-센서 융합을 통한 환경 인지 정확도 향상 -초저지연 구동으로 물리-디지털 반응간격 최소화 -로봇·모빌리티의 비정형 외피에 디스플레이 통합
판단 (Cognition)	물리법칙 내재화 자율적 자기진화	② AI 관리 및 감독 매체 (System-on-Panel)	-AI가 학습하는 시뮬레이션 훈련장 (디지털 트윈) -강화학습 과정 및 AI 의사결정 XAI(설명 가능한 AI) 시각화
행동 (Action)	정밀제어 안전·사용자 신뢰		-디스플레이를 활용한 눈·입·표정 표현은 로봇의 현재 상태와 행동 의도를 사람이 직관적으로 이해하도록 지원

* 출처 : 저자정리

- ① (감각 전달 매체) 디스플레이가 화소 단위에서 압력·광·온도 등 물리적 자극을 지연없이 실시간으로 감지하는 감각 기관·피부로서의 역할 수행
 - ※ Figure AI의 Figure 03은 손바닥에 카메라를, 손가락 마디와 손바닥 전체에 3g 수준의 미세 압력 감지 촉각센서를 결합하여 활용하고 있으며, 이때 센서들이 수집한 신호는 별도의 배선을 통해 중앙 프로세서로 전송·처리되어 부품 복잡도 증가 및 센서들간 신호처리 동기화 필요
 - ※ 디스플레이 화소 내부에 광센서·압력센서·온도센서를 내장하는 센서 통합형(In-Pixel Sensing) 디스플레이 기술, 초저지연(1ms 이하) 구동 기술을 통해 별도의 센서 모듈과 전용 배선 없이 디스플레이 패넬 자체가 감지 기능 수행
- ② (AI 관리 및 감독 매체) 디스플레이가 AI의 물리 법칙 학습 과정과 판단 근거(강화학습 추이, 어텐션 맵 등)를 실시간으로 시각화 및 재현함으로써 AI 관리 및 감독 매체로서의 역할 수행

- ※ PhysicalAI는 강화학습을 통해 현실 세계와 상호작용하며 실시간으로 정책을 갱신하는 자기진화형 구조를 지향하며, 자기진화 과정에서 로봇이 어떤 새로운 행동 전략을 학습했는지 사전에 알 수 없으므로, 그 학습 결과를 지속적으로 확인하는 감독 체계가 필요
- ※ 고정밀 물리 시뮬레이션 렌더링(디지털 트윈) 기술, AI 의사결정 과정과 학습 추이를 실시간 가시화하는 XAI(설명가능 AI) 시각화 기술, 패널 내부에서 AI 추론을 수행하는 System-on-Panel 기술을 통해 실시간 감독 기능 수행
- Physical AI의 확산은 여러 산업 분야에 기회를 제공할 것으로 전망되며, 특히 디스플레이 산업의 경우 제조 인프라 및 기술 구현 용이성 등으로 인해 주목받고 있음
 - 디스플레이 산업은 대면적 반도체 공정 기반의 성숙한 제조 인프라를 보유하고 있어, 센서·연산소자를 추가 집적하는 이종 융합(heterogeneous integration)에 유리
 - 디스플레이는 픽셀 단위로 개별 주소지정(addressable)이 가능한 구조여서, 화면 전체를 하나의 분산 센서·연산 어레이로 재해석할 수 있는 잠재력을 지님
 - 이미 로봇 얼굴, 차량 콕핏, 웨어러블 기기 등 Physical AI의 물리적 접점에 디스플레이가 기본 탑재되어 있어, 별도 부품 추가 없이 기능을 확장할 수 있는 위치를 선점

3 Physical AI 시대의 디스플레이 역할 재조명

- 디스플레이는 Physical AI가 가상의 연산 공간을 벗어나 현실 세계에서 안전하고 신뢰 가능하게 작동할 수 있도록 지원하는 물리-디지털 연결 매체로 발전 필요

그림 8 Physical AI에 대한 디스플레이 역할 재조명



* 출처: 저자 정리

- ① (인지강화형 디스플레이) 지문·터치·카메라·촉각 센서를 디스플레이 패널에 완전히 통합해 하나의 인터페이스로 동작하도록 발전시킴으로써, 이종 모달리티 간 정합 오차 해결
 - 이는 화소 내부에 센서를 내장하는 In-Pixel Sensing과 1ms 이하 초저지연 구동, 그리고 어떤 표면에도 밀착 가능한 프리폼 폼팩터를 통해 구현

- ② (AI 내재형 디스플레이) AI의 추론 과정(어텐션 맵·보상함수 추이·행동분포)을 다중 레이어로 시각화하는 XAI 엔진을 패널에 내장함으로써, 작업자가 로봇의 판단 근거를 실시간 모니터링하고 이상 징후에 즉각 개입

→ 이는 외부 연산장치에 의존하지 않고 패널 자체가 AI 추론·시뮬레이션 렌더링 기능을 내장하는 등 연산·지능 내재화로 구체화

가. 인지강화형 디스플레이

- 디스플레이는 시각적 출력기능을 넘어 촉각, 생체인식, 카메라 등 다양한 센서 기술이 디스플레이 패널 내부에 통합된 ‘프리폼 감각 디스플레이’로 진화 필요
 - 디스플레이가 환경을 감지 및 반응하는 감각 피부(Sensory Skin)로 발전하기 위해서는 화소 내부에 광센서·압력센서·온도센서 등을 내장한 인픽셀 센싱(In-Pixel Sensing) 구조로 전환
 - Physical AI의 ‘인지-판단-행동 루프’의 지연에 따른 치명적 오류 방지를 위해서는 초저지연(1ms 이하) 구동 기술이 필요
 - Physical AI가 산업 현장과 일상 생활에 침투하려면, 디스플레이가 어떤 물리적 표면에도 어떤 형태로도 통합될 수 있는 새로운 폼팩터(Form-factor)로 발전 필요

그림 9 프리폼 감각 디스플레이 발전 방향



* 출처: 한국정보디스플레이학회(2026), 디스플레이 미래기술 전략 로드맵, 2026.02.

- (기술개발 동향) 지문·카메라 등 개별 센서를 디스플레이 패널에 통합하는 기술은 이미 스마트폰에서 적용되고 있으며, 프리폼 디스플레이도 응용 수준의 완성도를 확보
 - (센서 내장형 디스플레이) 초음파식 및 광학식 내장형 지문인식과 언더디스플레이카메라(UDC)의 상용화를 통해 센서-디스플레이 이중 통합의 기술적 토대가 이미 마련됨
 - ※ 삼성전자는 2014년 갤럭시 S5 이후부터 지문인식 센서를 적용하고 있으며, 갤럭시 Z 폴드 시리즈

- 에서는 언더디스플레이카메라(UDC)를 적용하여 카메라 홀 상부에도 화소를 배치함
- (센서 통합형 헬스케어 디스플레이) 삼성디스플레이는 'SID 2026'에서 손끝 접촉만으로 혈류량 기반 건강정보를 측정하는 500PPI "센서 OLED 디스플레이"를 공개
 - ※ 2025년 처음 공개된 374PPI 대비 해상도를 33% 높인 것으로, OLED 소자와 유기 포토다이오드(OPD)를 함께 증착해 패널에 내재화하여 화면에서 나오는 빛으로 혈압·심박수를 측정
- (프리폼 디스플레이) 단순 평판(flat)을 넘어 늘어나고 수축 가능한 스트레처블(stretchable) 디스플레이가 실제 응용 수준의 완성도를 확보
 - ※ 삼성디스플레이는 'SID 2026'에서 마이크로 LED 기반 200PPI 해상도로, 주행 상황에 따라 속도계 화면이 늘어나거나 변형돼, 운전자에게 시각적인 정보를 직관적으로 제공하는 차량 계기판 형태의 '스트레처블 2.0'을 공개
 - ※ LG디스플레이는 2024년에 12인치 화면이 18인치까지 늘어나는 세계 최고 수준의 연신율 50%를 구현하면서도 100ppi 해상도와 RGB 풀컬러를 동시에 확보한 스트레처블 디스플레이를 공개
- (촉각·생체신호 통합 센서) 디스플레이·전자피부에 공통 응용 가능한 초박형·고신축 촉각 및 생체신호 센서 연구가 활발히 진행되고 있음
 - ※ Johns Hopkins 대학교의 Sriramana Sankar 연구팀은 2025년 99.69%의 정확도로 15가지 일상 물체(봉제인형, 물병, 수세미, 파인애플 등)를 식별하고, 26가지 다양한 질감을 98.38%의 정확도로 구별할 수 있는 로봇 손을 Science Advances에 발표
 - ※ KAIST는 뉴욕대 아부다비(NYUAD)와의 공동연구로 생체 임피던스 측정이 가능한 무자각 온스킨 센서 디바이스를 개발, 근골격 모니터링·재활 분야 적용을 목표로 연구 진행 중
- (핵심 이슈) 프리폼 감각 디스플레이는 수축과정에서 픽셀간격 변화, 광학경로 왜곡, 전기적 특성 변화 등으로 인해 휘도/색 불균일, 명암비 저하, MURA(얼룩) 등이 발생
 - In-Pixel 센서를 통해 수축 상태를 실시간으로 감지하고, AI기반 분석으로 변형장(Deformation Field)을 재구성하며, 화질 열화를 예측하여 실시간 보상하는 기술이 필요
 - 또한 제조 과정에서는 엘라스토머 기판의 연성(soft) 특성으로 인한 기존 포토리소그래피 공정 적용의 어려움, 마이크로 LED 대면적 전사공정의 정렬 정밀도·수율 문제 발생
- (도전 과제) 실시간으로 변형·접촉·감각을 인지하고 반응하는 프리폼 감각 디스플레이 구현
 - 사람 몸이나 로봇·사물의 곡면과 움직임에 따라 여러 방향으로 자연스럽게 늘고 휘어 개체에 꼭 맞는 형태로 붙어 작동하는 디스플레이 개발
 - 접고 펴고 늘려도 글자와 색, 밝기, 선명도가 흐트러지지 않도록 화면을 스스로 보정해 균일한 화질을 유지
 - 다감각 센서-디스플레이 융합을 통해 Physical AI의 감각과 상태를 실시간 모니터링하고 양방향 소통과 판단을 통해 사용자와 인터랙션 구현

나. AI 내재형 디스플레이

- 디스플레이 패널의 픽셀마다 프로세서를 집적하여 ‘센싱+전처리AI+화면표시’를 디스플레이가 통합하여 담당하는 ‘System-on-Panel’로의 진화 필요
 - 디스플레이 패널 내부에 AI 추론 칩·메모리·센서 인터페이스가 통합되어, 클라우드 왕복 없이 멀티모달 입력 전처리를 패널 자체에서 실시간 AI 처리가 이루어지는 구조로 전환
 - 이렇게 되면 물리 법칙 학습 시뮬레이션이나 강화학습 루프의 실시간 시각화를 디스플레이 자체가 담당할 수 있게 되어 Physical AI의 엣지 자율성이 극대화(온디바이스 AI) 될 수 있음
 - 또한 XAI 시각화는 산업 현장에서 작업자가 로봇의 판단 근거를 실시간으로 모니터링하고 이상 징후 발생 시 즉각 개입할 수 있는 안전장치로서 매우 중요하게 대두

그림 10 System-on-Panel 디스플레이 발전 방향



* 출처: 한국정보디스플레이학회(2026), 디스플레이 미래기술 전략 로드맵, 2026.02.

- (기술개발 동향) 온디바이스 AI 반도체와 XAI·디지털트윈 플랫폼은 이미 상용화 단계에 진입했으나, 패널 내에 프로세서를 결합하는 산화물 TFT 뉴로모픽 기술과 Physical AI에 특화된 시각화 기술은 아직 실험실·연구 단계 수준
 - (초저전력 온디바이스 AI 반도체) KAIST는 2024년 국제고체회로설계학회에서 기존 GPU 대비 초저전력·초고속 성능을 갖춘 AI반도체 ‘상보형 트랜스포머’를 세계 최초로 개발·발표
 - ※ 상보형 트랜스포머는 인간 뇌의 구조와 기능을 모방한 뉴로모픽 컴퓨팅 시스템의 일종인 ‘스파이킹 뉴럴 네트워크’와 ‘심층 인공신경망’을 선택적으로 사용해 트랜스포머 기능을 구현하는 기술로, 400밀리와트(mW) 초저전력을 소모하면서 0.4초 만에 거대 언어 모델(LLM) 처리 가능
 - ※ 우리나라의 딥엑스, 리벨리온, 퓨리오사 등은 온디바이스 AI 반도체(딥엑스), 추론 특화 NPU ‘ATOM’(리벨리온), 저전력 LLM 추론 칩 ‘RNGD’(퓨리오사)를 각각 상용화
 - (인-센서/인-픽셀 컴퓨팅) 센서 단에서 자체적으로 정보를 처리·판단하는 인-센서 컴퓨팅 연구가

- 진행되고 있으며, 향후 디스플레이 픽셀 수준의 지능형 프로세서 개발에 응용 가능
- ※ KAIST는 시각·촉각·후각 뉴런을 각각 모사한 뉴로모픽 반도체 모듈 개발에 이어, 2차원 소재 기반 광전자 뉴런과 강유전체 시냅스를 하나의 소자에 이중 집적한 뉴로모픽 비전 연구를 국제학술지 Nature Communications(2026)에 발표
 - ※ 아주대는 인체 망막을 모사해 저전압에서는 메모리성 이벤트 센서로, 고전압에서는 일반 광센서로 동작하는 단일소자 기반 뉴로모픽 광감지 센서를 개발
 - ※ 서울대는 초저전력으로 AI 연산을 수행하는 뉴로모픽 하드웨어를 개발하여 국제학술지 Nature Nanotechnology에 발표
 - (산화물 TFT 뉴로모픽 소자) 패널의 화소를 구동하는 TFT 자체를 시냅스·뉴런으로 활용하는 방식으로 시냅스 TFT와 뉴런 TFT가 있으며, 이들은 현재 실험실 기본 검증 단계에 있음
 - ※ 시냅스 TFT: 디스플레이 화소 구동에 쓰이는 것과 동일한 산화물 반도체 기반으로 아날로그 가중치 조절이 가능한 시냅스 소자를 구현하는 기술
 - ※ 뉴런 TFT: 산화물 TFT를 이용해 생물학적 뉴런의 적분·발화 동작을 재현하는 기술
 - (XAI 시각화 기술) IBM, Fiddler AI, DataRobot 등은 일반 머신러닝모델을 대상으로 엔터라이즈 MLOps용 XAI 플랫폼을 제공하고 있으나, Physical AI 행동에 특화된 XAI 시각화는 아직 연구 단계에 있음
 - ※ IBM(舊 Watson OpenScale)은 AI 모델의 편향(bias)·드리프트·정확도를 실시간 모니터링하고, 판단 근거를 시각화된 대시보드로 제공하는 엔터프라이즈 거버넌스 플랫폼을 제공
 - ※ Fiddler AI의 모델 성능 관리(Model Performance Management) 플랫폼은 개별 예측에 대한 시각적 설명과 데이터 드리프트 탐지를 결합해 Fortune 500 기업들이 사용 중
 - ※ DataRobot는 모델 개발·배포·모니터링·거버넌스를 하나의 플랫폼에서 제공하며, SHAP 기반 특성 기여도(feature impact) 시각화를 내장
 - ※ LG AI연구원은 사후분석(post-hoc) 방식으로 별도의 재학습 없이 기존 DNN 모델의 추론 근거를 레이어별 히트맵으로 시각화하는 XAI 알고리즘 ‘SISE(Semantic Input Sampling Explanation)’를 개발
 - (디지털 트윈 기반 시뮬레이션 렌더링) NVIDIA, Ansys 등은 공장 등 시설의 디지털 트윈 안에서 로봇 군집과 센서 데이터를 실시간 렌더링·시뮬레이션하는 상용 솔루션을 제공
 - ※ NVIDIA Omniverse는 OpenUSD(Universal Scene Description) 표준을 기반으로 산업용 디지털 트윈과 로보틱스 시뮬레이션을 개발 및 구동하는 실시간 3D 협업 컴퓨팅 플랫폼을 제공
 - ※ Ansys는 다양한 산업군의 제조업체가 디지털 트윈을 빠르고 쉽게 생성하고 검증할 수 있는 포괄적인 시뮬레이션 기반 도구인 ‘Ansys Twin Builder’를 제공
 - (핵심 이슈) 디스플레이 패널에 표시소자(발광·액정), 센서소자, 그리고 뉴로모픽 연산 소자 등 이중 소자들을 동일한 박막트랜지스터(TFT) 공정 위에서 함께 구현
 - In-Pixel 영역에서 아날로그 시냅스 연산(MAC)과 디지털 뉴런 보정을 함께 수행하면서도 화소 발광 특성에 영향을 주지 않도록 열·전기적으로 격리하고, 소자 편차와 연산 오차를 실시간으로 감지·보정하는 Hybrid In-Pixel AI 회로 및 캘리브레이션 기술이 필요

- 제조 과정에서는 시냅스·뉴런 TFT를 기존 산화물(IGZO 등) 디스플레이 백플레인 공정과 동일한 대면적·저온 공정 안에서 형성해야 하는 공정 호환성 문제, 대면적 어레이 전체에서 소자 간 균일도와 반복 구동 신뢰성(선형성, 내구성)을 확보해야 하는 수율 문제 발생
- (도전 과제) 픽셀 단위 AI 연산으로 표시·센싱·추론을 패널 내부에서 완결하는 System-on-Panel 구현
 - 디스플레이 화소 내부에 Display-integrated AI 회로를 내장하고, 센싱-연산-보정-표시가 패널 내부에서 완결되는 초저전력 회로 구조 구현
 - 아날로그 MAC(시냅스)+디지털 보정(뉴런) 기반 Hybrid In-Pixel AI 알고리즘 구조 확보
 - 디스플레이 패널 내부에 센싱·AI 연산·판단·보정·표시 기능을 직접 내장하여, 초저전력 지능

4 결론 및 시사점

가. Physical AI 대응을 통한 디스플레이 시장 창출

- 디스플레이 시장의 성장 정체와 함께 국가 간 치열한 경쟁속에서 Physical AI는 정체된 디스플레이 산업에 새로운 수요를 창출할 수 있는 중요한 전환점으로 판단됨
 - 글로벌 디스플레이 시장은 '26년 1,288억 달러에서 '33년 1,443억 달러로 연평균 1.6%씩 증가하여 향후에도 성숙기 산업으로서 완만한 성장을 보일 것으로 전망
 - 중국이 대규모 생산능력과 가격경쟁력을 기반으로 LCD뿐만 아니라 OLED 분야까지 빠르게 추격하고 있어, 국내 디스플레이 산업은 디스플레이의 기능과 역할 자체를 재정의하는 방향으로 전환할 필요가 있음
 - 모바일 폰·LCD TV용 디스플레이 중심의 기존 시장이 연평균 1.6%대의 완만한 성장에 머무는 상황에서, 로봇·모빌리티·웨어러블 등 Physical AI 응용분야는 디스플레이가 '표시 부품'을 넘어 '지능형 인터페이스'로 재정의될 수 있는 새로운 성장 공간을 제공
- 기존 디지털 AI에서는 디스플레이가 정보와 영상을 출력하는 주변 장치에 가까웠으나, Physical AI에서는 인간·AI·물리적 환경을 연결하는 핵심 매체로 역할이 확대됨
 - Physical AI는 AI가 로봇, 자동차, 웨어러블 기기 등 물리적 실체에 구현되어 센서를 통해 주변 환경을 인지하고, 상황을 판단한 뒤 실제 행동으로 연결하는 시스템임
 - 디스플레이는 주변 환경과 상태를 감지하는 감각기관, AI의 학습과 판단 과정을 시각화하는 관리 감독 매체, AI의 의도와 상태를 사람에게 전달하는 소통 인터페이스로 기능할 수 있음
 - 이에 따라 디스플레이는 단순 출력 부품이 아니라 Physical AI의 안전성과 신뢰성, 사회적 수용성을 좌우하는 핵심 구성요소로 부상할 가능성이 큼

- Physical AI 시대의 디스플레이는 ‘보는 화면’에서 ‘감지하고 판단하며 소통하는 지능형 인터페이스’로 진화해야 함
 - 이러한 진화 방향에서 디스플레이는 환경을 실시간으로 인지하는 ‘프리폼 감각 인터페이스’와 AI 연산 및 학습 기능을 일부 내재화한 ‘System-on-Panel’로 발전할 필요가 있음
 - 프리폼 감각 인터페이스는 디스플레이를 로봇 인체·차량 등의 곡면에 자연스럽게 부착하고, 압력·온도·광·촉각·생체정보 등을 화소 수준에서 감지하는 감각 피부로 발전시키는 개념임
 - System-on-Panel은 디스플레이 패널에 센서, 메모리 및 AI 연산 기능을 결합하여 센싱-전처리-추론-보정-표시의 일부 과정을 패널 내부에서 처리하는 개념임

나. Physical AI 디스플레이 시장의 현실과 상용화 과제

- 국내 디스플레이 기업은 OLED와 프리폼 기술을 기반으로 로봇용 디스플레이 시장에 선제적으로 진입하려는 움직임을 보이고 있음
 - 삼성디스플레이는 CES 2026에서 로봇의 얼굴 부분에 OLED를 탑재한 ‘AI OLED 붓’을 공개, LG디스플레이는 차량용 탠덤 OLED를 활용한 ‘휴머노이드용 P-OLED’를 선보임
 - ※ OLED는 백라이트가 필요 없는 자발광 구조로 얇고 가볍게 제작할 수 있으며, 곡면·원형 등 다양한 디자인을 구현하기 유리함
 - 특히 사람과 같은 공간에서 작동하는 휴머노이드에서는 성능뿐만 아니라 표정과 상태, 의도를 전달하는 외형적 인터페이스가 중요하므로, 디자인 자유도가 높은 OLED가 새로운 응용처를 확보할 가능성이 있음
 - 디스플레이를 활용한 눈·입·표정 표현은 로봇의 현재 상태와 행동 의도를 사람이 직관적으로 이해하도록 지원하여 로봇에 대한 심리적 거리와 불안감을 낮추는 수단이 될 수 있음
- 다만 디스플레이 기술이 준비되어 있다는 사실이 실제 로봇 시장에서 디스플레이의 채택을 자동으로 보장하지는 않음
 - 현대자동차그룹 보스턴다이나믹스의 ‘아틀라스’와 중국 유니트리·등의 주요 휴머노이드는 얼굴에 디스플레이를 탑재하지 않은 형태로 공개됨
 - 이는 로봇 제조사가 비용, 전력 소비, 무게, 충격 안전성, 내구성 등을 고려하여 디스플레이의 필요성을 아직 확정하지 못하고 있음을 보여줌
 - LG디스플레이 역시 로봇틱스 기업들이 디스플레이 인터페이스 구현 여부를 결정하지 못한 상황이라고 평가한 바 있음
 - 로봇은 스마트폰이나 TV와 달리 충돌·진동·먼지·열·습기 등 가혹한 환경에서 장시간 작동해야 하므로, 일반 소비자용 디스플레이와 다른 수준의 내구성과 신뢰성이 요구됨
 - 디스플레이가 로봇의 얼굴에 탑재될 경우 파손에 따른 안전 문제와 수리비용, 지속적인 화면

구동에 따른 전력 소비도 함께 고려해야 함

- 따라서 Physical AI 디스플레이는 단순한 영상 출력 장치가 아니라 Physical AI의 성능을 실질적으로 향상하는 기능적 부품이 될 수 있는 방향으로 발전할 필요가 있음
 - Physical AI 디스플레이는 로봇의 얼굴 표정 표현과 같은 디자인 요소뿐 아니라 환경 센싱, 사용자 인증, 접촉 감지, 상태 모니터링 및 안전 알림 등 명확한 기능적 가치를 제공해야 함
 - ※ 예를 들어 로봇 표면의 프리폼 디스플레이가 접촉 위치와 압력을 감지하면, 로봇은 사람이나 장애물과의 접촉을 즉시 인식하고 동작을 중지하거나 힘을 조절할 수 있음
 - AI 판단 근거와 센서 이상을 시각화하면 작업자가 로봇의 오류를 조기에 발견하고 개입할 수 있어, 디스플레이가 안전성과 신뢰성을 높이는 관리·감독 인터페이스로 기능할 수 있음
 - ※ 디스플레이를 통해 로봇의 이동 방향, 작업 단계, 위험 수준 및 배터리 상태를 실시간으로 표시하면 사람과 로봇이 같은 공간에서 작업할 때 예측 가능성을 높일 수 있음
 - 따라서 Physical AI 디스플레이의 가치는 화면 자체의 화질보다 센싱·표시·상호작용을 하나의 부품으로 통합함으로써 별도의 센서와 인터페이스를 줄이는 데서 찾아야 함

다. 정책적 시사점 및 추진과제

- 프리폼 감각 인터페이스와 System-on-Panel을 국가 차원의 중장기 도전형 R&D 과제로 추진할 필요가 있음
 - 개별 요소기술 개발에서 벗어나 소재, 소자, 회로, AI 알고리즘, 제조공정 및 시스템을 아우르는 전체 생태계를 고려한 중장기적 투자가 필요함
 - 프리폼 감각 인터페이스는 고신축 기판·전극·TFT·봉지 소재, In-Pixel 복합센서, 초저지연 구동, 변형 감지 및 화질 보상 기술을 중심으로 우선적인 투자가 필요함
 - System-on-Panel은 산화물 TFT 기반 시냅스·뉴런 소자, Hybrid In-Pixel AI 회로, SNN-DNN 알고리즘, 3D 적층 및 이중 집적 공정에 대한 기초·원천연구가 요구됨
- 디스플레이 기업과 로봇·모빌리티·XR·의료기기 기업이 공동으로 참여하는 수요 연계형 R&BD 체계를 구축해야 함
 - 로봇 기업이 요구하는 기능과 비용 수준이 명확하지 않은 상태에서 디스플레이 기업이 독자적으로 제품을 개발하면 기술개발과 실제 시장수요 사이에 간극이 발생할 수 있음
 - 정부 R&D 기획 단계부터 디스플레이 패널 기업, 소재·장비 기업, AI 반도체 기업, 로봇 제조사 및 서비스 기업이 공동으로 참여해 적용 시나리오와 목표 성능을 설정해야 함
 - 제조·물류·돌봄·의료·가정용 로봇 등 응용 분야별 실증모델을 선정하고, 실제 사용 환경에서 디스플레이의 내구성, 전력 소비, 응답속도, 안전성 및 사용자 수용성을 검증할 필요가 있음
 - 초기 시장에서는 대규모 범용 제품보다 산업용 로봇의 상태표시 패널, 협동로봇의 안전 인터

페이스, 차량용 감각 디스플레이 등 채택 가능성이 높은 응용처부터 단계적으로 접근하는 것이 바람직함

● 프리폼 감각 인터페이스와 System-on-Panel의 신규 기능에 적합한 신뢰성 평가와 표준·인증체계를 선제적으로 구축해야 함

- 휘도·색재현율·명암비·수명 등 영상표시 성능을 중심으로 구성되어 있는 기존 디스플레이의 평가체계는 프리폼 감각 디스플레이와 In-Pixel AI의 성능을 충분히 평가하기 어려움
- 프리폼 디스플레이에는 다축 연신·압축·비틀림·곡률 변화와 반복 변형 이후의 화질 및 센서 정확도를 평가하는 새로운 시험방법이 필요함
- In-Pixel 센싱에는 압력·온도·광·생체신호별 감도와 정밀도, 센서 간 간섭, 응답지연, 데이터 신뢰성 등의 지표가 요구됨
- System-on-Panel에는 연산 정확도, 추론지연, 에너지 효율, 소자 편차, 장기 반복 구동 신뢰성 및 표시기능과 AI 연산기능 간 간섭을 평가하는 기준이 필요함
- 이 분야에 대한 국제표준이 아직 정립되지 않은 만큼, 국내 기술개발과 국제표준화를 동시에 추진하여 시장 진입장벽과 기술 주도권을 확보할 필요가 있음

● 소재·부품·장비와 AI 반도체를 포괄하는 개방형 산업생태계를 구축해야 함

- Physical AI 디스플레이는 패널 제조사뿐 아니라 신축성 소재, 센서, 반도체, 통신, 전력, 패키징, AI 소프트웨어 및 로봇 기업의 협력이 필요한 융합산업임
- 특히 국내 AI 반도체 기업의 초저전력 NPU·뉴로모픽 기술과 국내 디스플레이 기업의 백플레인 기술을 연계하여 새로운 Physical AI 시스템 시장을 창출하는 전략이 요구됨
- 개별 기업 및 연구소가 이종 융합에 필요한 모든 기술을 담당하기는 어려우며, 공동 공정 플랫폼, 시제품 제작라인, 성능평가 장비 및 실증공간을 공유할 수 있는 기반을 마련해야 함
- 중소 소재·장비 기업과 대학·연구기관이 개발한 기술을 패널 기업의 생산라인과 연계하여 검증할 수 있도록 개방형 테스트베드와 MPW 형태의 공동 시제품 제작지원이 필요함

● 결론적으로 Physical AI 시대의 감각·연산 통합형 디스플레이는 기술 격차를 통한 새로운 프리미엄 시장을 창출할 수 있는 전략적 전환점이 될 것으로 판단됨

- 그러나 이 기회는 단순히 로봇에 OLED 화면을 장착하거나 기존 패널의 형태를 변형하는 것만으로 실현되기 어려움
- 미래의 디스플레이는 인간과 환경을 감지하고, 데이터를 실시간으로 처리하며, AI의 판단과 의도를 사람이 이해할 수 있도록 전달하는 지능형 인터페이스로 발전해야 함
- 이를 위해서는 초유연·다축 연신 프리폼 디스플레이, In-Pixel 센서 기반 변형 감지·화질 보상, 실시간 공감각 인터페이스, In-Pixel AI 회로, 뉴로모픽 알고리즘 및 이종 집적 공정 플랫폼을 유기적으로 개발해야 함

- 동시에 로봇·모빌리티·웨어러블 등 수요기업과의 공동 기획, 실증 중심의 R&BD, 신뢰성 평가 및 국제표준화, 안전·보안체계와 산업생태계 조성이 병행되어야 함
- 국내 디스플레이 산업이 축적해 온 OLED, 산화물 TFT, 마이크로 LED, 대면적 공정 및 화질 보정 역량을 AI 반도체·센서·로봇 기술과 결합한다면, Physical AI용 지능형 인터페이스라는 새로운 시장을 선도할 수 있을 것임

참고문헌

- 1X Technology 홈페이지, “NEO’s Hands|An API to the Physical World”, 2026.07.09.
- AI Matters(2025), What’s Next After ChatGPT? Tesla and Google’s Physical AI War.
- AI Matters(2024.11.4.), “메타, 차세대AI 로봇 기술 대거 공개…촉각 인식부터 인간-로봇 협업까지”.
- AI 타임스(2022), “사람보다 더 잘 느껴요…진화하는 ‘촉감 로봇’”, 2022.05.20.
- Ansys 공식 제품 페이지, ansys.com/products/digital-twin/ansys-twin-builder
- Citi Group(2024), THE RISE OF AI ROBOTS : Physical AI is Coming for You.
- DataRobot 홈페이지, <https://docs.datarobot.com/en/docs/classic-ui/data/index.html>
- IBM 공식 제품 페이지, ibm.com/products/watsonx-governance
- Johns Hopkins Medicine(2025), “Biotechnology Get a Grip”, News&Stories, 2025.05.22.
- KAIST 뉴스(2024), “기존보다 5배 정밀하게 생체 임피던스 측정 가능”, 2026.01.28.
- KEARNEY KOREA(2025), “Physical AI 시대의 도래와 대비방안”, Kearney Insight, 2025.4.22.
- LG AI연구원 블로그, “‘설명 가능한 인공지능’(XAI)의 새로운 알고리즘 SISE”, 2021.02.02.
- LG디스플레이 뉴스룸(2024), “LG디스플레이, 세계 최초 화면 50% 늘어나는 스트레처블 디스플레이 개발”, 2024.11.10.
- LG디스플레이 뉴스룸(2026), “[SID 2026] Zone 03. Innovative Technology”, 2026.05.06.
- MIT Technology Review Korea(2024), “인공 피부 없이도 인간의 손길을 감지하는 새로운 로봇 시스템 등장”, 2024.09.
- NVIDIA 공식 페이지, nvidia.com/ko-kr/omniverse
- OMDIA(2026), Display Long-Term Demand Forecast Tracker, 2026.Q2.
- Rainbowwave 블로그(2025), “Meta의 Digit 360: 촉각 센서의 혁신과 응용”, 2025.07.02.
- Rainbowwave 블로그(2026), “엔비디아 Issac GT00T 휴머노이드 로봇 플랫폼 분석”, 2026.06.02.
- RoboCloud Hub(2026), “Google Robotics Foundation Models 2026: RT-2, RT-X and Gemini Robotics Benchmarked”.
- RoboHorizon(2026), “10만 줄의 코드를 지운 파이썬어AI”, 2026.1.27.

- SourceForge(2026), “Fiddler AI Reviews in 2026”.
- SUPERB AI(2026), “매출 0원, 기업가치 11조… 무슨 일이죠?”, 슈퍼브 인사이트, 2026.4.15.
- SVRC(2026), “Physical AI in 2026: What It Is, Key Models, and How to Build It”.
- Tesla 대한민국 공식 페이지, “AI 및 로봇 공학”.
- 관계부처 합동(2025), AI반도체 산업 도약 전략(안), 2025.12.18.
- 교수신문(2026), “고려대, 외부 메모리 없이 시공간 정보 기록… 로봇 피부·웨어러블 기기 혁신 이끌 촉각 센서 등장”, 2026.4.28.
- 구재본, 박찬우(2026), “프리폼 디스플레이 기술 개발 동향 및 시장 전망”, 전자통신동향분석(ETRI), 41권 2호, 53-62.
- 네이버 프리미엄콘텐츠(2026), “테슬라 옵티머스 Gen 3 완전 분석”, 그래비티인사이트, 2026.6.11.
- 네이트뉴스(2026), “토종 AI 반도체 기업 상용화에 속도 - 리벨리온·퓨리오사…시장성 시험”, 2026.07.06.
- 더밀크, “MULTIMODAL” (메타-원익로보틱스 알레그로 핸드 파트너십).
- 디지털투데이(2024.11.1.), “메타, 감각 느끼는 로봇 손 개발 중... ‘인간같은 촉각’”.
- 로봇신문(2025), “피규어AI, 가정용 휴머노이드 로봇 ‘피규어03’ 공개”, 2025.10.13.
- 로봇신문(2025), “美 애질리티, 메르카도 리브르 텍사스 창고에 ‘디짓’ 공급”, 2025.12.15.
- 머니투데이(2026), “AI반도체 리벨리온·퓨리오사AI, 같지만 다른 감사 결과 이유는[비하인드 칩스]”, 2026.04.20.
- 모벤시스 보도자료(2026), “모벤시스, 피지컬AI를 위한 실시간 실행 기술 ‘GTC 2026’서 발표”, 2026.3.23.
- 사이언스타임즈(2026), “로봇의 눈이 스스로 생각도 하는 뉴로모픽 비전”, 2026.03.04.
- 산업종합저널(2026), “[움짤뉴스] 달걀 쥐고 딸기 굴리는 로봇 핸드…정밀 제어 눈길”, 2026.02.13.
- 삼성디스플레이 뉴스룸(2019), “2019 스마트폰 지문인식 트렌드, 왜 FoD 인가?”, D테크, 2019.03.15.
- 삼성디스플레이 뉴스룸(2026), “디스플레이 혁신 주도하는 삼성D, 美 SID서 차세대 기술 대거 공개”, 보도자료, 2026.05.05.
- 삼성디스플레이 뉴스룸(2026), “삼성디스플레이, ‘CES 2026’서 AI 시대의 OLED 선보인다”, 보도자료,

2026.01.04.

세계일보(2024), “인간 뇌를 본떠… 엔비디아 능가 AI반도체 세계 최초 개발”, 2024.03.06.

소프트웨어정책연구소(2025), “피지컬AI의 현황과 시사점”, ISSUE REPORT 2025.05.

신희숙, 이용호, 길연의(2026), “디바이스 중심 HCI에서 AI 에이전트 중심 HCI로”, 전자통신동향분석 (ETRI), 41권 2호, 32-41.

아주대학보(2025), “머신비전의 눈, 인체 망막 모사한 뉴로모픽 광감지 센서”, 2025.12.07.

엔비디아 홈페이지(2024), “휴머노이드 로봇 위한 ‘Project GR00T’ 파운데이션 모델 공개”, 2024.3.21.

이글루코퍼레이션(2026), “[보안101] 피지컬AI(Physical AI)란 무엇인가요?”, Security & Intelligence, 2026.2.5.

이성준, 박정렬, 이승환(2025), “지각특화 AI반도체 투자 타당성 검토”, ETRI ICT전략연구 2025-01.

인공지능신문(2024), “서울대 장호원 교수팀, 초저전력으로 AI 연산 수행하는 뉴로모픽 하드웨어 개발”, 2024.10.21.

전자신문(2011), “[ICT시사용어] 언더디스플레이카메라(UDC)”, 2021.08.19.

전자신문(2026), “퓨리오사AI, NPU 내년 ‘4만장’ 2배 증산”, 2026.07.13.

전자신문(2026), “산업에서 가정까지 확장…휴머노이드 ‘피규어03’”, 2026.01.22.

박찬우 외(2022), “상시 근골격 모니터링과 재활을 위한 온스킨 센서 디바이스 기술”, 전자통신동향분석 (ETRI), 37권 2호, 30-41.

태성에스엔이 공식 블로그(2025), “[73:미리보기] Ansys Digital Twin 2025 R1 업그레이드”, 2025.03.26.

페블러스 블로그(2025), “Vision-Language-Action 모델: VLA란?”, 2025.12.27.

페블러스 블로그(2026), “로봇에게 눈을 주다— 3DGS가 바꾸는 합성데이터의 미래” (CMU SplatSim).

페블러스 블로그(2026), “촉각 데이터 병목: 휴머노이드 자본과 로봇 센서 가격 붕괴”.

한국디스플레이산업협회(2026), 디스플레이산업 주요통계 2026년 1분기, 2026.04.

한국정보디스플레이학회(2026), 디스플레이 미래기술 전략 로드맵, 2026.02.

한국정보디스플레이학회(2026), 디스플레이 미래기술 전략로드맵, 인포메이션 디스플레이, 제27권 제3호.

헬로티(2026), “[스마트센서코리아2026 프리뷰] PPS(집테크놀로지), 휴머노이드 로봇 핵심 촉각



센서 솔루션 선보여”.

현대자동차 HMG PEDIA, “현대차그룹, CES 2026에서 우리의 일상으로 들어온 AI 로봇틱스를 선보이다”, 2026.01.07.



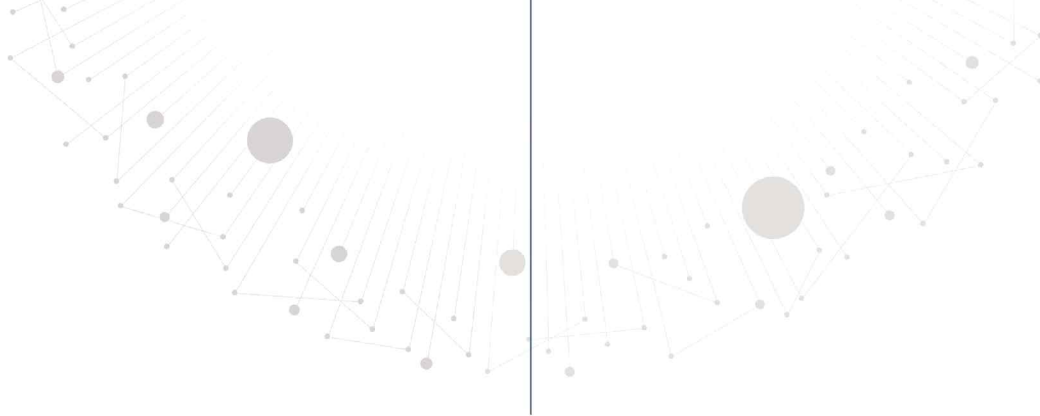
저자 소개

박영준 ETRI ICT전략연구소 기술정책연구본부 산업분석연구실 책임연구원
e-mail: joony@etri.re.kr Tel. 042-860-6498

Physical AI 시대의 디스플레이 역할 재조명

발행인 한 성 수
발행처 한국전자통신연구원 ICT전략연구소
발행일 2026년 9월 30일





www.etri.re.kr

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



ETRI Electronics and Telecommunications
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

