ISSN 2234-3873

VOL 21-9
2021.9

KEIT PD Issue Report

PD 기술 이슈

ISSUE 1 자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망

ISSUE 2 기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치

ISSUE 3 임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향

ISSUE 4 이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망

Keit 한국산업기술평가관리원
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology

OPEN 공공누리 출처표시 상업용금지 변경금지 공공저작물 자유이용허락

VOL 21-9 2021.9

KEIT PD ISSUE REPORT

❶ [PD 기술 이슈 1] 자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망 07

❷ [PD 기술 이슈 2] 기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치 29

❸ [PD 기술 이슈 3] 임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향 57

❹ [PD 기술 이슈 4] 이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망 78

ISSN 2234-3873

VOL 21-9
2021.9

KEIT PD Issue Report

PD 기술 이슈

ISSUE 1 자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망
ISSUE 2 기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치
ISSUE 3 임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향
ISSUE 4 이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망

Keit 한국산업기술평가관리원
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology

PD 기술 이슈

ISSUE 1
자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망
- KEIT 자율주행차PD

ISSUE 2
기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치
- KEIT 바이오PD

ISSUE 3
임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향
- KEIT 스마트제조PD

ISSUE 4
이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망
- KEIT 탄소·나노PD

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망

| 저자 | **서재형 자율주행차PD** / KEIT
노형주 센터장 / 한국자동차연구원

SUMMARY

고도자율주행(레벨 4 이상)을 위한 인지센서의 악천후 강건성 향상, 데이터 생산성 향상 및 검출/인식성능 강화를 위한 핵심기술 확보 시급

★ 인식성능 고도화를 위해 카메라는 악천후&저저도 강건성 확보, 보행자 및 동물 검출성능 강화, 레이다는 기존 불가능하였던 객체분류 및 보행자 및 동물 인식성능 확보, 라이다는 데이터 생산성 향상, 악천후 강건성 확보 및 객체분류 성능 강화를 위한 기술개발 가속화 전망

★ 블랙아이스, 수막현상에 의해 보이지 않는 차선이나 포트홀 등 눈에 보이지 않는 비가시위협객체(Non-visable object) 검출이 가능한 새로운 형태의 인지센서 기술 확보가 매우 시급하고 중요

주행안전도 확보를 위한 인공지능 적용 및 센서융합기술 개발 등이 가속화 전망

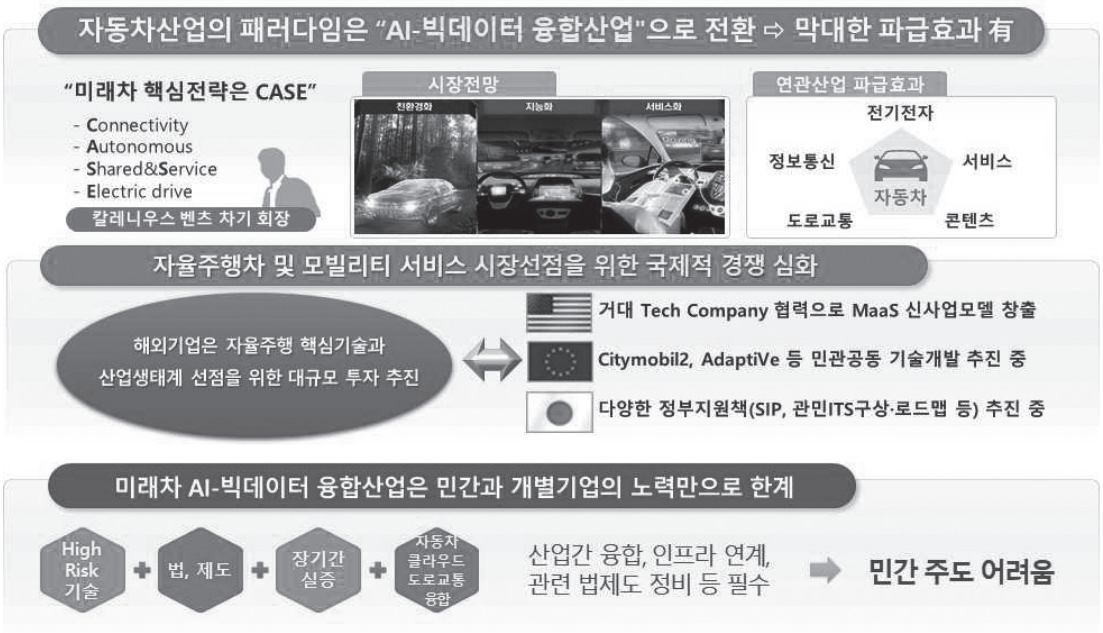
★ 단일센서가 갖는 인식오류 및 한계성능 극복을 위한 인공지능기반 異기종 센서간 센서융합기술 고도화, 이를 위한 컴퓨팅 플랫폼 및 인공지능 프레임워크 상용화를 위한 핵심 및 기반기술 확보 중요

시사점 및 정책제안

★ 글로벌 기술강국 및 선진업체 대비 상대적으로 열세이지만 자율주행산업의 핵심 동력이자 국가 기술경쟁력 확보를 위해 인지센서모듈(Chip/프로세서/광원기술 등), 고도 인공지능 인식모델 개발 등의 집중육성 및 지원이 시급

★ 고도자율주행차량의 사고발생율 제로 즉, 주행안전도 극대화를 위해서는 차량탑재용센서기술 – 클라우드기반 인공지능학습모델 – V2X기반도로교통정보 연계 등 차량 – ICT – 도로교통 전 영역의 협력이 매우 중요하며 이를 위해 국가 혁신성장동력 및 산업경쟁력 확보를 위해 관련 부처간 R&D 연계와 협력이 필수적임

1. 자율주행차산업 패러다임 변화



| 그림 1. 자동차산업 패러다임 전환에 따른 3대 미래 트랜드 및 AI-데이터 융합산업 확대 |

(산업 패러다임 변화) 자동차산업의 패러다임 변화와 함께 교통사고로 인한 인명손실과 사회적인 문제를 해결하기 위해서 전세계적으로 자율주행기술의 개발 및 상용화 연구사례가 증가하고 있으며, 향후 미래형 자동차 시장을 견인하게 될 것으로 전망

★ 현재 전 세계적으로 자율주행 SAE 레벨 2 수준의 차량이 양산되고 있으며, 향후 미래시장의 점유를 위해 경쟁적으로 SAE 레벨 4 수준의 완전자율주행 기술개발 투자가 진행

- 자율주행차는 미국 SAE 기준으로 레벨 0~5까지 구분되어 있으며, 현재 차량에 장착된 운전자의 안전운전을 지원하는 ADAS 수준은 자율주행 레벨 1단계에 해당

★ 자율주행기술은 기존의 서라운드 센서 등 자동차 독립적으로 개발되던 영역을 벗어나, 소프트웨어, 통신, 보안, ICT 인프라, IoT센서, 인공지능 등 거의 대부분의 영역과 융·복합이 진행될 것으로 전망

(자동차 업계의 3대 미래 트랜드) 디지털화, 자율주행화, 전기동력화 등으로 분석되며 모두 SW가 필수적인 요소로 이런 점이 자동차 업체가 SW를 중심으로 하는 업체로 변신을 꾀하고 아울러 SW를 중심으로 하는 IT 업체가 자동차 시장을 선도하고 있는 필연적인 현상임

★ 기술 융복합 심화로 인해 기존 산업의 경쟁구도, 생산주체, 기존산업-신산업 간 경계 측면에서 혁신적 변화로 인해 선도국의 여러 완성차 업체들은 부품기업과 IT계열 기업 등과 협력하여 완전 자율주행차 출시를 목표로 활발하게 기술개발을 진행

★ 구글, 애플, 우버, 엔비디아 등 다수 기업들이 독자적으로 혹은 완성차 업체와 기술 제휴를 통해 기술개발을 선도

★ 제어기술의 혁신을 주도할 수 있는 부품업체 및 IT 하드웨어 업체의 역할과 연결성 측면에서 통신업체, IT 소프트웨어 플랫폼, 컨텐츠 업체의 역할이 강조

★ 다양한 소비자 요구 및 기술 진보의 가속화로 산업 및 기술 패러다임이 빠르게 전환됨과 동시에 기술발전 속도, 표준화된 기술의 확산 등의 증가속도가 점차 빨라지고, 소비계층의 니즈 다양화로 인한 공급자-소비자 간 네트워크 강화 촉진

★ 자동차 자체의 인지·판단·제어 기술뿐만 아니라 차량-클라우드-도로 교통인프라가 연결된 초연결 통신 인프라 및 스마트인프라 구축 필요

(글로벌 품질확보) 레벨 4 이상 완전자율주행 상용화 경쟁력 확보를 위해 인지센서, 컴퓨팅플랫폼, 제어기 등 자율주행 핵심부품 및 모듈 등에 대한 글로벌 OEM 대응 상용화 성능 확보 중요

★ Lv.4 자율주행구현 및 상용화를 위해 On-Vehicle, On-Cloud, On-Road, On-Service 등에 대한 안전성·연결성·보완성·가용성 등에 대한 상용화 성능 및 신뢰성 확보 매우 중요

★ 강화되는 글로벌시장 안전기준의 조기 만족을 위해서는 HW/SW의 신뢰성 향상과 기능안전성 대책 마련 필요

- 자동차산업에서 기존에 요구하고 있는 ISO/TS16949와 함께, 기능안전을 명기하는 ISO26262의 관련요건을 만족시키는 설계 및 개발 기술을 적용하여 부품 및 시스템 신뢰성을 국제적 수준으로 향상
- 기존에 KOLAS 등 국제적 수준의 신뢰성 인증 및 평가시설 기반을 갖추고 있는 기관이 개발에 적극 참여하도록 유도함으로써, 신규시설 구축을 최소화 하면서 국제적 수준의 제품 신뢰성 확보 달성 필요

★ 자율주행차 고도화 및 대중화를 위한 성공 핵심요인은 관련 구성기술에 대한 신뢰성 확보와 사용자 수용성 및 인식 전환이 매우 중요한 요소로 대두

- 안전한 자동차를 지향하는 자율주행차가 안전하지 않을 수도 있다는 불안감을 불식시키기 위한 대중의 신뢰 확보가 중요

※ 테슬라(美) 모델S가 자율주행 충돌('16) 및 모델X 고속도로 자율주행 사고('18)

※ 우버(美) 차량이 길을 건너던 보행자 추돌 사고('18) 등

★ 차량안전무결성수준(ASIL) 중심 안전생명주기를 도입하여 자율주행 시스템의 오작동에 따른 사고를 방지하기 위한 HW 및 SW의 개발·생산·관리 등 산업표준 프로세스 정립·지원이 중요한 요소로 대두

[안전성 확보] 자율주행 융합 기술의 기능 안전성을 달성하기 위해 개념 개발 단계 부터 타당성 확인 단계까지 제품 개발 프로세스에 필요한 기능 안전성 확보 중요

★ 차량의 자율주행은 간단한 오류와 기능 오동작으로 인해 인명 피해, 재산 손실이 발생할 수 있기 때문에 기능안전성의 고려 필수

★ 자율주행차에 대한 운전자 및 사용자의 신뢰성 및 수용성 확보를 위한 redundancy 관점의 safe reliability 설계·검증기술 확보 중요

| 그림 2. 자동차 개발 전주기 각 단계별 빅데이터 획득/분석/활용 프로세스 예시 |

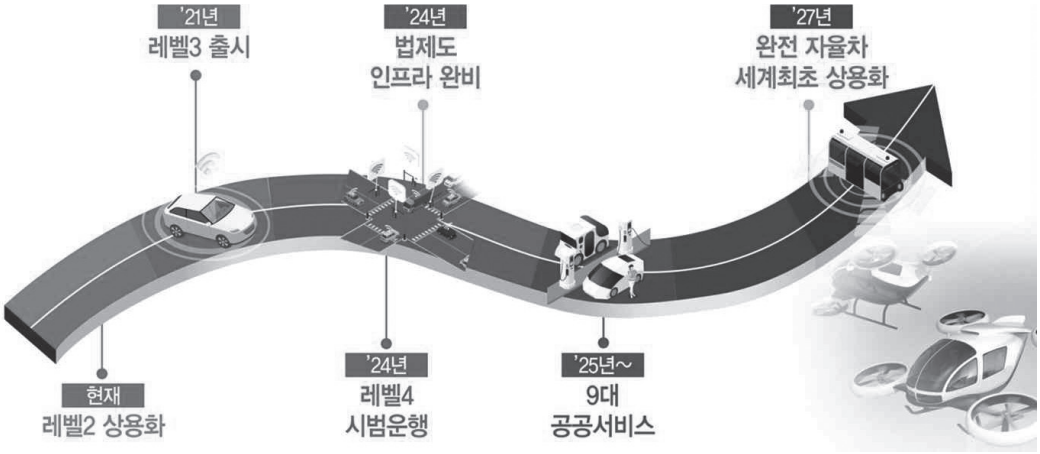
★ 자동차 단품/시스템의 안전성 국제표준인 ISO 26262에서는 자율주행 기술을 포함한 자동차 전장시스템의 설계·개발 단계에서부터 제품의 가용성과 신뢰성, 유지보수성을 고려하여 설계하도록 가이드 하고 있고, 특히 신뢰성은 HW, SW, 시스템 및 실차 단계에서 철저한 검증이 요구됨

★ 자율주행 융합 기술과 같은 자동차의 전장 기술은 개발 후 기능 안전성을 접목 시키기는 것이 아니라, 개념 개발, 설계·개발 단계부터 안전 목표 수립 및 그 대응 안전 메커니즘을 적용하는 사전 예방적 안전 기술 도입 필요

★ 자율주행 융합기술의 안전성을 확보하기 위해서는 기술이 적용되는 시스템/서브시스템의 신뢰성 목표에 맞춘 신뢰성이 충분히 확보되어야 하며, 설계/제조 결함에 의한 고장에도 강건성을 확보할 수 있는 Fail Safe 및 Fail Operation 설계 검증이 통합적으로 수반되어야 함

★ 실제 도로 환경에서는 다양한 돌발상황이 발생할 수 있고 자율주행 시스템은 이에 대처하여 탑승자를 안전하게 이동시킬 필요가 있음

- 다양한 자율주행 환경에서 발생할 수 있는 돌발요소에 대해 기능안전 관련 기능과 성능을 측정하고 평가할 수 있는 평가 체계 및 프로세스, 평가 장비 등이 필요



| 그림 3. 미래자동차 산업 발전 전략 2030년 국가 로드맵, 2019.10 |

[지원 정책동향] 관계부처 합동 미래자동차 산업 발전전략에서 2030년 국가 로드맵으로 '미래차 경쟁력 1등 국가'로 도약을 제시함('19.10)

★ 국내 대·중·소기업이 자율주행차 관련기술을 조기에 선점하고 실용화할 수 있도록 국가 차원의 지원이 요구되며, 정부도 이를 위한 투자계획, 법·제도 마련, 인프라 구축을 준비하고 있음

- VIP, 수석 보좌관 회의에서 "미래차(자율주행자동차 등), 바이오헬스, 시스템 반도체 등 3대 분야 중점육성산업 선정"('19.4)
- 자율주행자동차 등 13대 혁신성장동력 분야를 포함한 '혁신성장동력 시행계획'('18.5) 및 제 7차 산업기술혁신계획의 5대 전략투자 분야 선정('19.3)
- 혁신성장을 가속화하기 위해 초연결 지능화, 자율주행자동차, 드론, 스마트시티, 지능형 로봇 등 8대 선도 분야의 선정 및 투자계획 발표('18.6)
- 정부 국정과제에서 4차 산업혁명, 고부가가치 창출 및 미래형 신산업 발굴 및 육성을 위한 자동차-ICT융합 플랫폼 구축 등 스마트카 개발 및 자율주행자동차 산업 육성을 선정

★ 전국 주요 도로의 완전자율주행(레벨 4)의 세계 최초 상용화를 목표('27) 등 주요 로드맵 구축

- '21년 레벨 3 자율차 출시 → '24년 레벨 4 일부 상용화 → '27년 레벨 4 전국 상용화
- 이를 위한 전략으로 완전자율주행 법제도·인프라(주요 도로)를 세계에서 가장 먼저 완비('24)

  ※ 레벨 3 → 레벨 4 단계적 추진 전략에서 레벨 3+4 동시 기반조성 전략으로 전환

- 자율주행자동차의 미래시장 선점을 위하여 '27년 전국 주요도로 완전자율주행(레벨 4) 세계최초 상용화를 위하여 법 제도, 인프라(주요도로)를 세계에서 가장 먼저 완비('24)

  ※ (인프라 제도) 완전자율주행 통신인프라 등을 전국 주요 도로에 완비('24), R&D → 상용화의 발전단계별 규제정비·未備규정 마련('24)

  ※ (자동차 개발) 완성차社는 차량개발 출시를 최대한 가속화하고, 정부는 차량 출시와 연동하여 부품 국산화 등 산업생태계 지원

| 표 4. 자율주행차 미래시장 선점을 위한 전략 |

구분		'19~'20	'21~'22	'23~'25	'26~'30
4대 인프라		• 통신방식 연구반('20)	• 통신방식 결정('21)	• 차량통신망 전국구축('24)	
		• 고속도로(5,500km) 정밀지도 구축('19)			• 전국 도로 11만km 정밀지도('30)
		• 수도권 교통관제 시스템 10개소('20)	• 주요거점 교통관제 시스템 34개소('22)		• 교통관제시스템 전국 확대('30)
		• 신호등, 표지 등 인식도 개선착수('20)	• 인식도 강화 시범 사업('22)	• 신호등, 표지 등 전국 30% 통일('24)	• 교통안전시설 전국 구축('30)
제도		• 운전자·기능 정의('20)	• 운전자 준수 규정('21)	• 운전자 의무 정의('24) - 영상시청 허용 등	
			• 자율차 성능검증 체계('22)	• 레벨 4 성능검증체계('24)	
		• 자율차사고조사委 운영('20)		• 운전자/제조사 사고책임 규정('23)	
		• 레벨 3 제작안전기준 및 보험制 마련('19) • 레벨 4 제작가이드라인('20)	• 운전면허체계 개선안 마련('22)	• 운전금지 특례('24)	
			• 데이터 보안기준('22)	• 위치정보 수집 허용('23)	
서비스		• 데이터 공유 검토('20)		• 보안모델개발·실증('20~'23)	
		• 통신요금제도개선('19~)			
		• 자율노선버스시운행('19~)	• 대중교통운영체계마('21)	• 자율주행대중교통도('23)	
		• 자율셔틀 시운행('19)	• 자율셔틀 50대('22) • 로봇모빌리티 운행('21)	• 화물차군집주행도입('23) • 공공부문 서비스('23)	
		• 전동킥보드 실증('19)	• 개인이동수단안전기준 개정 검토('22)		
		• PAV 개발('19~)		• PAV비행실증('25)	• PAV 서비스활성화('30)
		• 가상도시 기반 환승 시스템 실증('20~)	• 스마트시티내환승 시스템 추진('21~)		
차량 기술	단계	• 부분 자율주행(레벨 3)			• 완전 자율주행(레벨 4)
	수준	• 고속도로 주행보조	• 고속도로 주행보조		• 주요 시내 완전자율주행
		- 자동 차선변경 - 충돌안전 지원	- 트럭 군집주행 - 고속도로 분·합류 자율		- 교차로 자율주행 - 자동 주차
	부품	• 근거리 라이다('19)			• 고해상도 3D 라이다
		• 장단거리 합레이더('21)	• 레이더-센서 통합모듈('25)		
		• 단중장거리카메라('21)	• 4D 이미징 카메라('27)		
		• 고용량처리 통합 SOC (2.5BG/s)	• 고용량처리 통합 SOC(10BG/s)		
	SW	• AI 컴퓨팅모듈기술('21)	• 개방형 융합 AI SW('23)		• 자기 진화 컴퓨팅('27)
					• 딥러닝 오류대응('27)

2. 자율주행 구성기술 및 특징

(자율주행 구성기술) 자율주행차는 인지(sense), 판단(think), 제어(act) 등의 3단계로 구분되며 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크, 플랫폼 등 다양한 요소기술을 활용

★ (인지) 주변 차량, 보행자, 차선, 교통신호 등의 교통시설물, 장애물 등의 주변 상황, 위치, 속도, 바퀴 등의 차량 상태 같은 주행에 필요한 데이터를 수집

- 관련 기술 : 카메라, 레이더, 라이다(LIDAR) 등 센서, 전용 프로세서(GPU), GPS, 고정밀/3D 지도, 검출 및 인식 소프트웨어, 차량 통신(V2X : Vehicle to Everything) 등

★ (판단) 차량에서 수집된 데이터와 지도, 교통량, 도로 상황 등 환경 데이터를 종합하여 최적의 주행경로와 속도를 결정

- 관련 기술 : 인공지능 알고리즘, 빅데이터 분석, 경로 계획 및 생성 알고리즘 등

★ (제어) 엔진, 브레이크 등 자동차의 각 부분을 제어하여 실제로 움직임을 구현

- 관련 기술 : 조향, 가감속, 제동 등 기존 자동차 전자제어 기술

(고수준 자율주행) 레벨 3 이상 고수준 자율주행 구현을 위해서는 현재와 같이 차량 자체에 장착된 센서와 제어기만으로는 한계가 존재하며, AI로 대표되는 소프트웨어와 통신기능을 비롯해서 보안, 항법 등 ICT 기술의 융합이 필수

| 그림 4. 자율주행 레벨별 특징 및 레벨 3 이상 고수준 자율주행을 위한 주요 이슈 현황 |

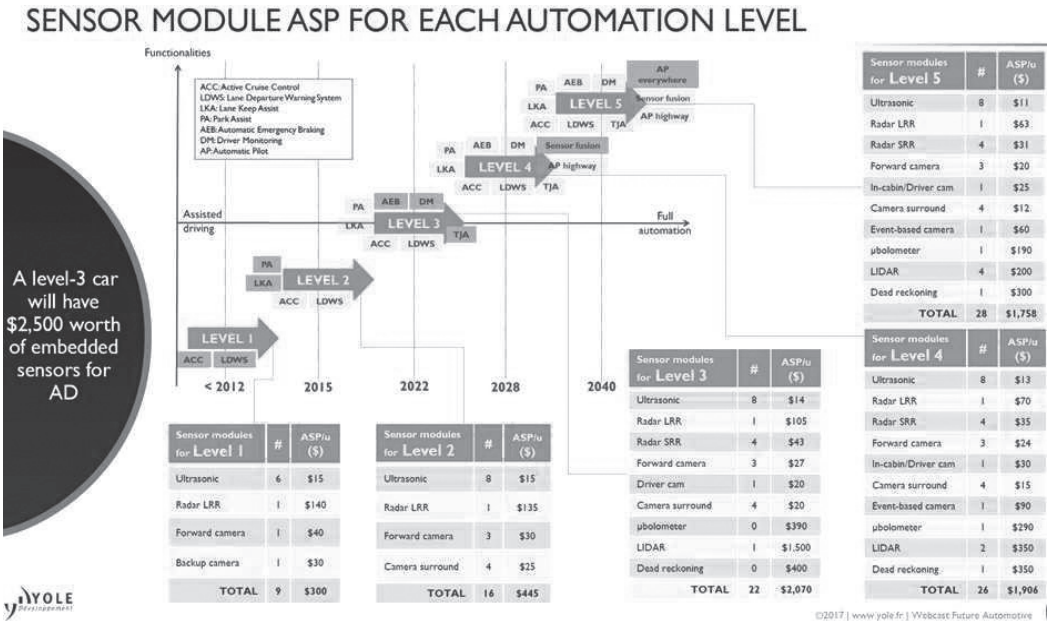
★ 특히 인식기술분야의 경우 자차량 전방 및 주변상황에 존재하는 정형객체 및 비정형객체에 대한 인식 및 검출이 가능해야 하며 경찰수신호인식 및 주행상황에 대한 Scene 해석이 가능해야 함

★ 이를 위해 동적인 장애물의 경우 회피, 정차 또는 돌발상황 등을 판단하기 위해 3차원 위치, 크기, 진행 방향, 장애물의 종류(차량, 보행자, 동물 등)와 주변 장애물의 속성 파악이 가능해야 함

- 차량의 속성의 예 : 경찰차, 구급차, 어린이 통학버스, 트럭, 버스 등
- 보행자의 속성의 예 : 교통경찰, 어린이/성인, 노약자, 도로공사 작업자 등
- 이상행동 물체 속성의 예 : 급감속 및 급출발 반복, 위협적인 행동을 하는 차량 또는 보행자, 고장 차량 등

★ 자동차의 주행 안전도 향상 및 자율주행기술 고도화에 따른 주행인지정확도 향상 및 안전도 이중화를 위해 차량에 장착되는 인지센서(카메라/라이다/레이다/초음파 등)의 유형 및 장착개수가 급격히 증가 되고있음

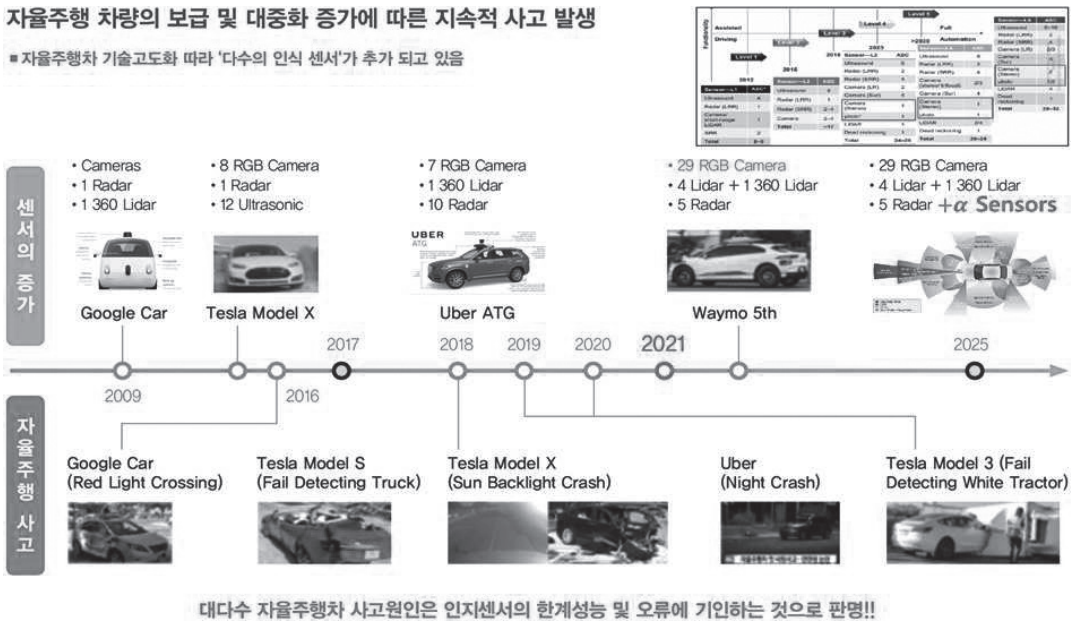
- 레벨 2 수준의 경우 전방인지카메라 3ch/AVM 4ch/Long range Radar 1ch/Ultrasonic 8ch 등 총 16개 이상의 인지 센서가 장착 중임
- 레벨 5 수준의 경우 전방인지카메라 3ch/AVM 4ch/In-cabin & Driver Cam 1ch/Event based Cam 1ch/Long range Radar 1ch/Short range Radar 4ch/Ultrasonic 8ch/ubolometer 1ch/Dead reckoning 1ch 등 총 28개 장착 예상됨



(출처 : YOLE 2017)

| 그림 5. 자율주행기술레벨에 따른 인지센서 유형 및 장착 개수 |

★ 아울러 자율주행차량의 보급 증가 및 실도로 주행이 늘어나면서 자율주행자동차와 관련된 안전사고의 발생수 및 빈도수가 빠르게 늘어나고 있는 상황



| 그림 6. 자율주행 고도화에 따른 차량탑재센서 증가 및 자율주행사고 주요 원인 |

3. 자율주행 인지센서 주요 특징

자동차 주행 중 교통정보의 90% 이상이 운전자의 눈을 통해 얻어지지만 운전자가 볼 수 있는 공간은 제한적이며 따라서 사고발생 가능성을 미연에 예방하기 위한 영상인식 기술 및 인공지능 인지예측 기술의 적용범위는 나날이 확대되고 있는 추세임

★ 카메라는 이미지 센서를 통해 도로의 차로(차선), 주변 사물 형태 및 색상, 제한속도, 교통표지판, 신호등 정보 등 해상도가 높은 정보 획득을 통해 보다 정확한 도로의 주행환경 정보를 인식하는 기능을 수행

- 카메라는 차선, 신호등, 표지판, 차량, 보행자 및 장애물 등의 다양한 사물을 동시에 인지하는 것이 가능
- 교통 표지판 인식(Traffic Sign Recognition, TSR), 차선 이탈 방지 등의 자율주행 기술 구현을 위해서는 카메라의 사용이 필수

- 레이더나 라이다 센서에 비해 비용 효율적이나, 측정거리나 정밀도가 떨어지고 날씨 및 시간대에 따라 제약을 받을 수 있다는 단점 존재

★ 카메라 센서를 위해 이미지센서, ISP, 고성능DSP, 메모리, 광학 렌즈 등 필요하며, 카메라 센서 성능의 고도화와 더불어 Fallback 상황에서 운전자의 즉각적인 반응이 가능하도록 하는 운전자 모니터링 카메라 관련 기술이 개발되는 추세

- ADAS 기능이 의무 장착되며 후방 감시 카메라, 다기능 전방카메라, 안전 주차를 보조하는 어라운드 뷰 카메라, 스테레오 카메라, 야간 감시 카메라, 운전자 모니터링 카메라 등 다양한 종류와 기능을 가진 카메라의 개발 및 장착 진행

★ 자율주행기술 고도화에따라 단일 센서의 기능을 넘어서서 돌발상황 대응, 악천후 대응, ODD(Operation Design Domain)상의 제약조건 극복을 위해 이종센서간 데이터융합 및 인공지능기술 접목 등 다양한 연구개발 등이 시도되고 있음

| 표 1. 자율주행차 센서 성능 비교 |

센서	유효 거리	해상도	신뢰성	취득 속도	데이터	가격
카메라	100m	HD	보통	30Hz	2D	양산
레이더	200m	Clutter	양호	15Hz	거리	양산
라이다	100m	QVGA	보통	10Hz	3D	샘플

(출처 : 기석철, 2017.9, 자율주행차 센서 기술 동향)

| 그림 4. 양산 적용중인 차량용 인지센서 유형 및 응용 분야 |

★ 특히 주변환경을 인식하는 센서의 주변환경 변화에 따른 미인식 및 오인식등 인식오류 및 악천후 등 인식한계조건에 따른 다수의 자율주행 사고 발생

- 2018년 3월 18일(일) 밤 10시, 미국 Arizona에서 Uber사 자율주행 차량이 횡단보도 54m 이상 떨어진 위치에서 자전거를 끌고 무단 횡단하던 49세 노숙자 여성을 치어 사망
- 2018년 3월, 테슬라 차량이 자율주행 모드로 주행 중 중앙 분리대를 충돌한 후 화재 전소
- 2018년 4월, 테슬라 사고는 오전 역광이 내리쬐는 상황에서 차량이 중앙 분리대를 들이받는 사고

★ 이러한 자율주행자동차의 사고원인을 파악해본 결과 카메라/레이다/라이다와 같은 인지센서가 갖는 한계검출성능(야간, 역광, 강우, 강설, 안개 등 악천후 강건성 미비), 인지오류 등이 대다수 원인으로 규명되고 있는 실정

| 그림 8. 인지센서 인식오류로 인한 교통사고 및 한계성능 발생조건 예시 |

★ 따라서 기존 인지센서가 갖고있는 인식오류 최소화 및 한계성능 극복을 위해 딥러닝 기반 다양한 인공지능 인식기술의 개발이 가속화 되고 있으며 이러한 인공지능 인식기술의 인식정확도 향상 및 성능확보를 위해서는 다양한 검출대상, 주행시나리오, 환경조건 등을 반영한 실도로 주행기반 원천데이터 및 학습용데이터의 확보와 공개가 필연적인 상황임

- 카메라는 전통적인 객체 검출 방식뿐만 아니라 딥러닝 기반 통합 다중 스케일기반 학습을 통해서 인식 예측 성능 및 신뢰도가 급격히 발전 중
- 혹한의 날씨에 대한 한계 및 조명 조건에 대한 제한을 해결할 수 있어야 하며, 인공지능 기반 높은 신뢰성과 다양한 인식 및 예측 기능이 중요

★ 이를 위해 해외의 경우 웨이모(Waymo)나 우버(Uber)의 경우 독자적으로 카메라와 라이다가 장착된 차량을 수십~수백여 대를 운행하면서 고해상도 데이터를 수집하고 있으며, 테슬라의 경우 오토파일럿(Autopilot), 모빌아이의 경우 REM(Road Expereince Management)라는 프로그램을 이용하여 자율주행차량을 운행하는 운전자들로부터 대규모 주행데이터를 수집 및 가공하여 인공지능 인식성능을 빠른 속도록 고도화 중임

★ 국내 자율주행차량용 인공지능 영상인식 알고리즘 개발시 학습용 데이터는 대부분 해외 공개 데이터를 활용하여 이뤄지고 있는바, 국내 도로환경 및 주행조건 등을 제대로 반영하지 못하고 있으며 그로 인해 인공지능기반 인식기술의 성능이 크게 개선되지 못 하고 있는 실정임

★ 따라서 국내 자율주행자동차 부품/시스템산업, 연관산업 및 서비스산업 등에 적용하기 위해 국내 상황에 맞는 도로구조 및 형태, 환경조건, 주행조건 등을 반영한 대규모 원시데이터, 학습용데이터의 구축과 공개가 또 하나의 매우 중요한 요소임

| 표 2. 글로벌 자율주행 선도기업 자율주행차량시스템 구성 및 특징 |

	웨이모	테슬라	우버
카메라	8대	8대	7대
라이다	장거리(중앙)와 단거리(앞 두 모퉁이) 장착	없음	중앙 장착
레이더	5개(중앙과 앞뒤 네 모퉁이)	전방 레이더	10개(360도 탐지)
초음파	?	12개	?
CPU/(GP)GPU	Nvidia로 추정	모빌아이에서 Nvidia로 변경	Nvidia
소프트웨어	독자 개발	모빌아이에서 독자 개발로 변경	독자 개발

(출처 : Waymo Team, "Introducing Waymo's suite of custom-built, self-driving hardware," 2017. 2. 테슬라, "모든 차량을 위한 완전 자율 주행 하드웨어" Heather Somerville, Paul Lienert, Alexandria Sag, "Uber's use of fewer safety sensors prompts questions after Arizona crash," Reuters, 2018. 3. 28.)

4. 자율주행 인지센서 개발 동향

이미지센서(카메라) 개발동향

★ 카메라는 충돌방지(AEB), 차선유지(LKA), 주차보조 등 레벨 2 이상의 다양한 환경에서 활용되는 필수장치, 일부 국가 장착 의무화로 비중 증가

- 주차 시 후방 카메라는 이미 친숙, 차량 주변 360도를 살필 수 있는 서라운드뷰 기능도 고급차량에서 일반차량으로 확대 중
- 한국은 2014년 9월부터 판매되는 대형트럭과 어린이 통학 차량에 후방카메라 장착 의무화, 미국은 2016년 대형트럭에 이어 2018년부터 전 차종 의무화

★ 초고화질 광각 카메라 개발 경쟁 중이며, 자율주행기술 발전에 따라 사물 식별이나 거리탐지가 가능한 소프트웨어적 이미지 처리기술이 강조

- CMOS기반의 이미지 센싱 칩이 기초가 되고 있으며 이 시장은 ON Semiconductor(Aptina 인수)가 46% 장악, 옴니비전, 파나소닉, 소니 등이 시장 세분화
- 모듈의 경우 모빌아이가 뛰어난 이미지 프로세싱 능력으로 시장의 80%를 과점 중이며, 시스템은 보쉬, 컨티넨탈과 같은 친숙한 자동차 부품사가 제조
- 삼성은 반도체 생산 역량을 바탕으로 이미지 프로세싱 칩과 CMOS 센서 개발경쟁에 진입

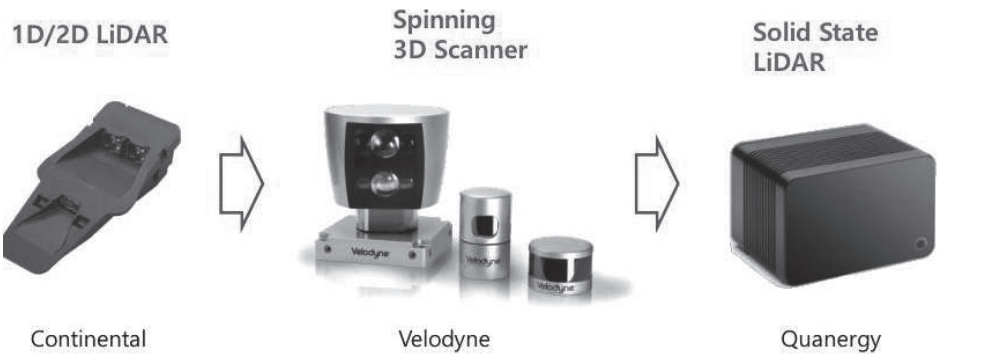
(출처 : 미래에셋대우, 2017)

| 그림 9. 차량용 카메라 밸류체인 |

라이다(LiDAR : Light Detection and Ranging) 개발동향

★ 라이다는 높은 정밀도(분해능)로 사물의 거리와 형상 인식이 가능해 자율주행차를 상징하는 센서로 인식되어 있으나 몇 가지 한계점 극복 필요

- 고출력 레이저를 통해 사물의 거리, 속도, 온도, 분포 등 다양한 물리적 특성 측정이 가능해 대기환경 연구에 사용되어 오다가 자율주행차에 적용
- 차량 주변 360도 전 방위를 정밀하게 측정할 수 있는 센서로 매우 유용하나, 높은 가격과 날씨에 따른 취약점(우천, 폭설 시 난반사)이 있어 실용화 한계
- 기존 360도 회전식 스캔장비는 진동 등 외부환경에도 정밀도를 유지하기 위해 제조비용이 높았으나 최근에는 고정형(Solid State) 라이다 개발로 돌파구 마련
- 인지각도는 줄었으나, 구조의 단순화, 부품소형화로 가격경쟁력을 확보했으며, 여타 자동차 부품의 패키지와 비슷해 설계 및 장착이 용이



(출처 : 컨티넨탈, 벨로다인, 쿼너지, POSRI 재구성)

| 그림 10. LiDAR기술의 발전 |

★ 라이다는 빛을 발산하는 이미터와 수신하는 리시버, 스캔한 이미지를 처리하는 프로세서로 구성, 벨로다인을 비롯한 여러 업체가 시장 경쟁 중

- 25개 기업과 자율주행차 프로그램을 진행 중인 벨로다인이 독보적 위치를 차지하고 있으며, 같은 실리콘밸리의 신생기업 쿼너지가 고정형 라이다로 추격
- 이 외에도 이노비즈 테크놀로지, 에어로스타, 레다테크, 이베오 오토모티브 시스템즈 등도 시장에 뛰어들었으며, 이로 인해 현재 수만 달러를 호가하는 라이다의 가격이 수년 내 대당 250달러까지 하락할 것으로 전망

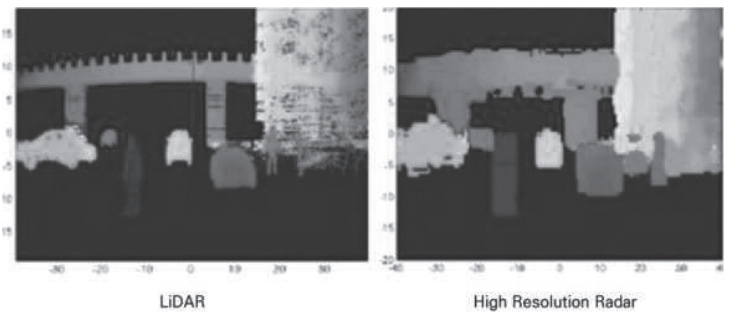
(출처 : 미래에셋대우, 2017)

| 그림 11. 차량용 라이다 밸류체인 |

레이다 개발동향

★ 카메라 혹은 라이다의 단점을 보완해주는 수단으로, 긴급제동(AEB), 스마트크루즈컨트롤(SCC), 사각지대경보시스템(BSD)에 필수

- 레이다는 물체의 탐지와 거리측정이 가능한 센서로 라이다와는 사실상 경쟁부품 관계, 테슬라와 같은 기업은 고가의 라이다를 배제하고 카메라와 레이다만으로 자율주행기술을 완성하려는 전략
- 레이다는 정밀도(분해능)는 떨어지는 데 반해, 빛이나 기후영향을 거의 받지 않아 카메라와 라이다의 단점을 보완하며 감도가 우수

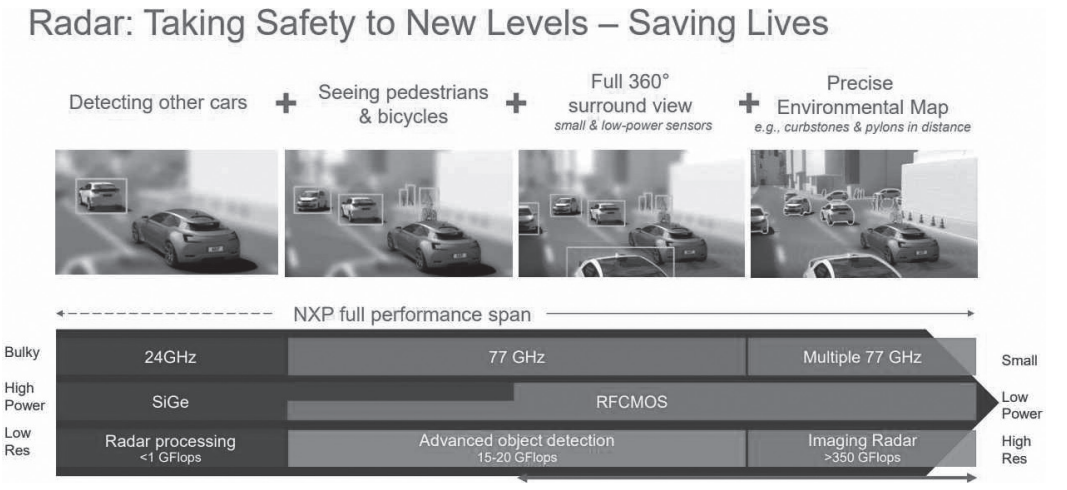


(출처 : NXP반도체, 2019)

| 그림 12. 라이다 vs. 고해상도 레이다 |

★ 레이다는 점차 크기와 무게를 줄인 컴팩트형 부품으로 출시되고 있으며, 측정각이나 측정거리를 확대하는 방향으로 기술 개발 전개

- 2000년 출시한 보쉬의 1세대 레이다는 무게 600g, 측정거리는 150m였으나, 현재 4세대는 무게는 300g에 불과하고 측정거리가 250m에 이름(LRR, Long Range Radar)
- 또한 측정각은 8도에서 현재는 40도로 크게 확대되어 빠른 성능향상을 이루고 있으며, 단거리(SRR, Short Range Radar)/장거리(LRR, Long Range Radar) 측정 전환이 가능한 멀티레이다도 개발
- 레이다 칩은 인피니언과 NXP가 각 40%의 시장점유율로 시장을 과점하고 있으며, 모듈은 컨티넨탈, 보쉬, 발레오, 헬라 등 자동차 부품사가 생산



(출처 : NXP반도체, 2021)

| 그림 13. 고성능 레이다 개발 로드맵 |

자율주행 인식/판단 기술수준 현황

★ 2019년에 발행된 IITP의 "2018 ICT 기술수준조사 보고서"는 자율주행차 주변환경 인식/판단기술 기술수준 제시

- 한국의 기술수준은 79.5%로 추격그룹에 해당
- 기초/응용/사업화 전 단계에서 미국, 유럽, 일본, 중국보다 기술수준이 낮은 것으로 평가되나, 정부의 제도개선과 R&D 투자를 통해 기술격차는 축소되고 있는 것으로 분석

구 분		상대수준 (100%)															기술격차				
		한국			미국			일본			중국			유럽			한국	미국	일본	중국	유럽
		기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화	기초	응용	사업화					
스마트 자동차	주행환경 인식/판단	78.9	79.5	76.5	100	100	100	92.0	93.5	91.7	87.3	89.5	88.0	98.8	97.3	98.6	2.3	0.0	0.6	1.3	0.1
	차량제어	78.6	80.6	76.6	100	100	100	91.6	90.6	90.6	87.9	91.6	90.9	97.9	98.1	98.1	2.0	0.0	0.7	1.1	0.1
	지도/측위	85.2	87.0	89.0	99.7	100	100	94.6	95.1	95.1	90.7	92.1	91.1	100	99.8	99.8	1.6	0.0	0.6	0.6	0.0
	차량 휴먼 인터페이스	81.5	82.9	84.3	100	99.3	98.8	95.4	94.2	93.4	84.8	86.1	86.5	99.4	100	100	1.1	0.0	0.1	1.0	0.0
	차량 통신/보안	77.6	80.8	81.2	95.9	96.0	96.3	87.7	89.3	89.0	80.3	83.4	81.5	100	100	100	1.3	0.4	0.7	1.2	0.0
	협력주행	82.1	83.1	81.2	98.7	99.2	98.2	90.2	91.2	89.7	85.1	88.2	87.2	100	100	100	1.0	0.2	0.8	0.6	0.0
	교통시스템/서비스	82.7	84.1	84.1	100	100	100	91.4	92.7	92.1	86.0	86.6	86.6	98.3	98.2	98.0	1.4	0.0	0.3	0.8	0.5
상대수준 및 기술 격차	평균	81.6	83.2	82.5	100	100	100	92.6	93.1	92.4	86.7	88.9	88.1	100	99.8	100					
	2018년	82.4			100			92.7			88.0			100			1.4	0.0	0.5	0.8	0.0
	2017년	79.3			100			93.3			83.3			95.7			1.7	0.0	0.5	1.0	0.5

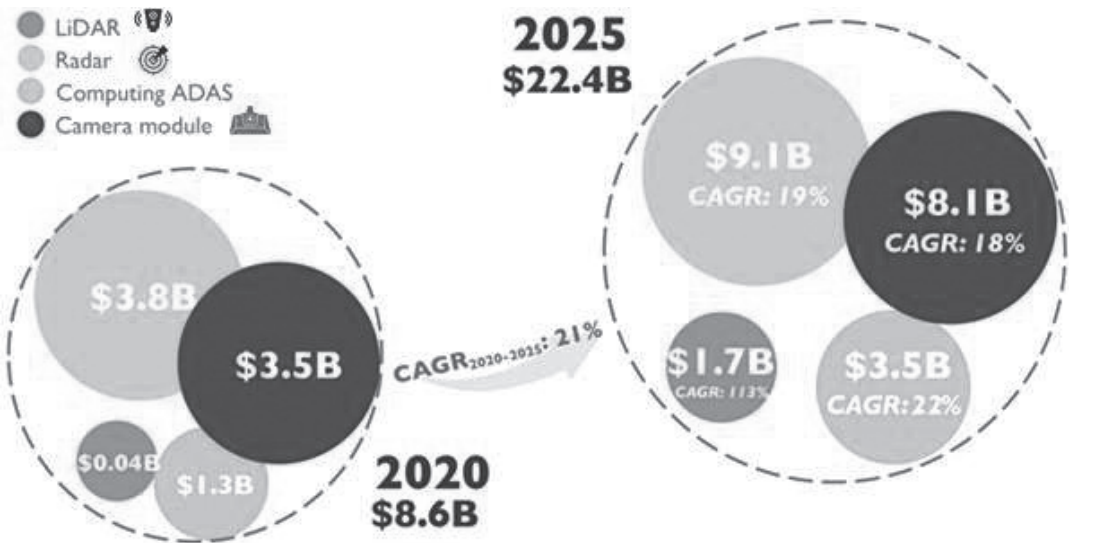
(출처 : IITP, 2018)

| 그림 14. 주요국 자율주행 인식관련 기술수준 |

국외 시장 규모

★ 글로벌 자율주행 센서 시장 규모는 2020년 약 240억 달러에서 2025년 400억 달러 규모로 성장할 것으로 예상됨 (출처 : Insight Partners). 자율주행 센서에서 카메라 센서가 핵심 센서로 평가되며 향후에도 자율주행 센서 시장에서 가장 큰 규모를 차지할 것으로 예측됨

★ 글로벌 자동차 카메라 모듈 시장은 2020년 약 170억 달러로 평가에서 2025년까지 289억 달러에 이를 것으로 예상되며 2021~2025년 동안 연 평균 11%로 성장할 것으로 예상됨(출처 : Yole Development)

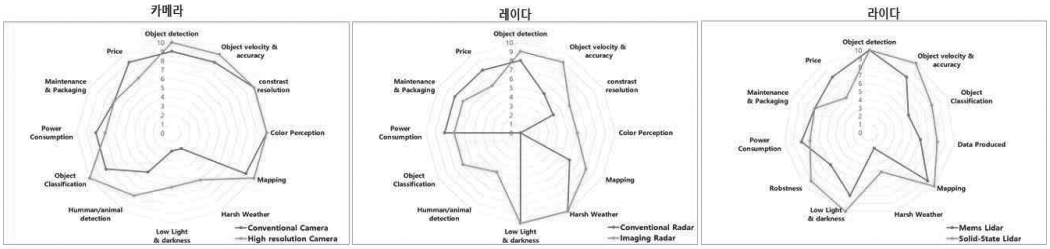


(출처 : yole, 2019)

| 그림 15. 자율주행 주요인지센서 시장규모 예상 |

5. 맺음말

Lv.4 이상 고도자율주행 상용화 및 보급활성화를 위해 기존인지센서의 한계성능 극복 및 성능고도화 관련 상용화 기술개발 중요



(출처 : Next generation Perception Sensors for Autonomous Driving Forecast to 2030, Frorst & Sullivan, June 2020)

| 그림 16. 차세대 인지센서 개발 방향 및 주요 성능개선 방향 |

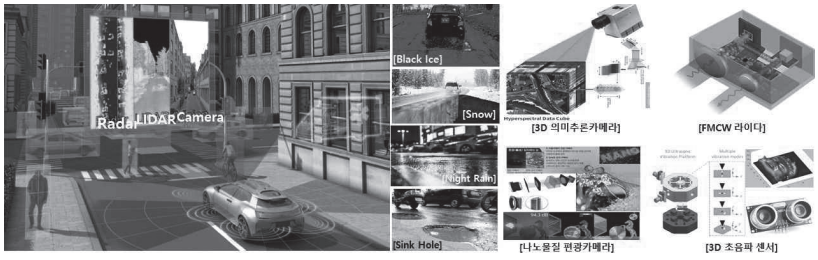
★ (카메라) 기존 영상센서대비 악천후&저저도 강건성 확보, 보행자&동물 검출성능 개선, 객체분류성능 향상, 8M급 이상 고해상도화를 위한 상용화 기술개발 등을 집중 육성 필요

★ (레이다) 객체인식 및 분류성능 확보, 보행자&동물 검출성능 확보가 가능한 이미징레이다 기술개발에 집중

★ (라이다) 데이터생산성 향상, 악천후&강건성 확보, 객체분류 성능 강화, 소형경량화 및 가격경쟁력 확보를 위한 상용화 기술개발 중요

ODD 등 주행환경 및 주행조건에 제한을 받지않는 Lv.5수준의 완전자율주행 및 4-free* 구현을 위한 초고난도 인지예측센서 원천 및 핵심기술 확보를 위한 산·학·연 협력 기술개발이 필요

* 4-free: Accident Free/ Barrier Free/ Congestion Free/ Delay Free



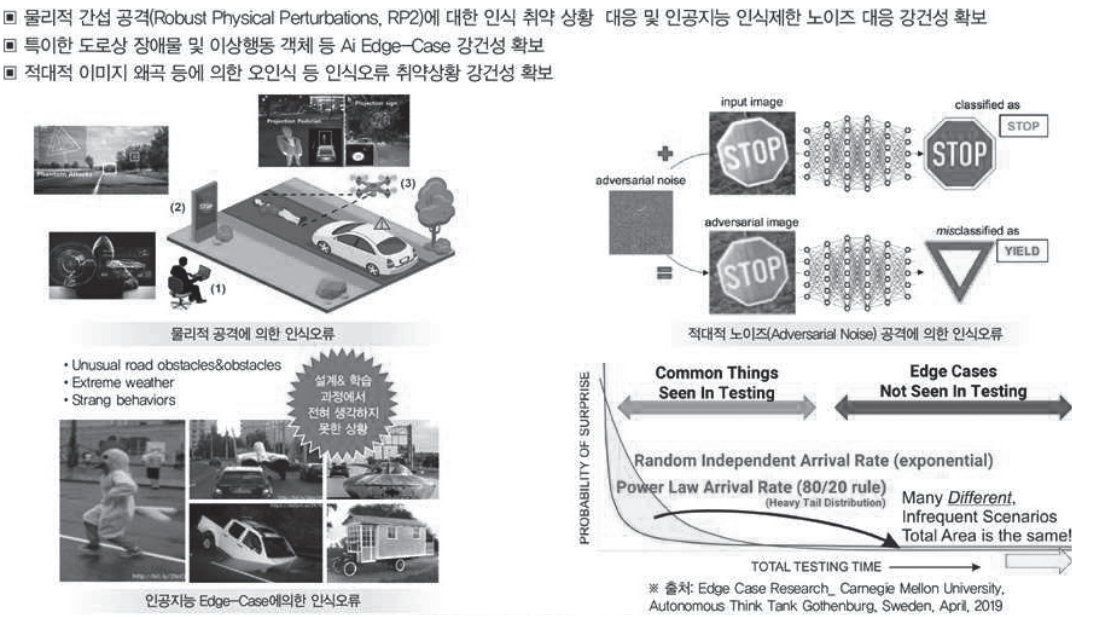
| 그림 17. 초고난도 자율주행모빌리티 인지예측센서 예시 |

★ 블랙아이스, 수막현상에 의해 보이지 않는 차선이나 포트홀 등 눈에 보이지 않는 비가시 위협객체(Non-visable object) 검출이 가능한 새로운 형태의 인지센서 기술 확보가 매우 시급하고 중요함

- 가시영역 및 SWIR(Short Wavelength Infrared) 영역대를 동시 수용을 통한 검출대상체의 표면재질 및 상태 파악 가능한 3D-의미추론카메라 원천 및 핵심기술
- 저전력 단파 광대역 적외선 레이저(low-power broadband shortwave infrared(SWIR) laser) 부품 원천 및 핵심기술
- 나노복합재(나노물질) 기반 μm 수준초박막평면렌즈 소재, 성형 등 원천 및 핵심기술
- 기존 상용카메라 대비 10,000배 이상의 다이나믹레인지(WDR) 확보가 가능한 생체모방형 편광카메라 소재 부품 원천 핵심 기술

차량탑재형 인공지능 인식기술 활성화에 따른 인공지능 인식취약성능 극복 중요

★ 외부공격, 고의해킹, Edge-case등 차량탑재용 인공지능 인식취약점 분석을 통한 인식오류 극복기술 확보 매우 중요



| 그림 18. 인공지능 인식취약조건 및 인식오류 대표 사례 |

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
㈜엠씨넥스	• 자동차전용도로 및 도심로 자율주행 Level 3 대응이 가능한 전방&측방 영상센서 개발	• 레벨 3 이상 자동차전용도로 및 도심로 자율주행시스템에 적용이 가능한 다중차선인식, 합류로/분기로 차선변경지원, 동적객체 및 도로시설물을 더멀리, 더 넓게, 더 정확하게 인식이 가능한 2M급 전방Tri-Focal카메라 및 측방 Side-Dual카메라, 통합ECU 개발	2017.06 - 2021.12
㈜만도	• 자율주행용 High-resolution 3D Solid-State 라이다 기술개발	• 비회전형 방식의 전방위 감지가 가능한 전방 및 측후방 감지용 Solid-State 라이다센서, 고해상도 저전력/소형화를 위한 Addressable Emitter구도기술, SPAD 구동회 및 신호처리 핵심기술개발 및 다중데이터 통합처리, 객체인식 및 추적알고리즘 개발	2021.06 - 2025.12
㈜스마트레이다	• 자율주행용 4D 이미징 레이더 센서모듈기술개발	• 자율주행 레벨 4 용 초고해상도 4D 이미징 레이더 모듈의 초고해상도 성능 구현과 상용화 설계 및 검증, AI 기반 객체 인식 SW 개발	2021.06 - 2025.12
㈜이래에이엠에스	• 주야간 대응이 가능한 열영상융합형3D 카메라 기술개발	• 주야간 및 악의조건(안개, 눈, 비) 등의 환경 조건에 강건한 열영상 카메라 모듈 및 3D(Depth map*) 융합 기술 ,조명조건 및 날씨조건에 강건한 열영상 카메라 모듈 개발,컬러 및 열영상 카메라 기반 3D(Depth map) 융합 기술 개발, 3차원 정보 기반 장애물 검출 및 주행가능 영역 검출기술 개발	2021.06 - 2025.12

OPEN 공공누리 출처표시 상업용금지 변경금지 공공저작물 자유이용허락

기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치

| 저자 | **김형철 바이오PD** / 한국산업기술평가관리원
허경화 대표 / 한국혁신의약품컨소시엄
김휘 PL / 한국혁신의약품컨소시엄
윤태현 PL / 한국혁신의약품컨소시엄

SUMMARY

고부가가치 기술기반의약품(Technology Based Medicine, TBM)

★ 기술기반의약품(TBM)기술은 방출을 조절하고 서방화하여 약물의 유효성과 환자의 복용편의성을 높이는 '방출제어형 비침습 제제 기술'로 대표되는 1세대 기술부터 '나노가용화 기반 생체흡수개선 기술', '장기지속형 극소침습/비침습 제제 기술', '거대분자약물용 비침습 제제 기술' 등 2~3세대 기술까지 다양한 발전을 통해 환자의 미충족 수요, 특히 고령화시대에 유효성, 안정성, 사용편의성 증진 등을 충족할 수 있는 고부가가치기술임

★ 글로벌 의약품시장 성장률이 2025년까지 약 6%로 예측되는 가운데 글로벌 개량의약품시장의 2030년까지 성장률은 약 11.9%로 예측되고 있어 기술기반의약품시장이 빠른 성장동력을 가지고 있을 것으로 판단됨

★ 국내에서는 TBM분야에 제네릭의약품 대비 10~20배 이상의 R&D 자금을 투자하여 꾸준히 기술개발역량을 축적하고 있고, 현재 빠르게 부상 중인 바이오의약품분야로의 확대적용(예 : 바이오베터)도 가능하여 사업성이 높은 분야임

시사점 및 정책제안

★ TBM 기술은 짧은 개발기간과 기술의 플랫폼화로 다양한 의약품에 적용할 수 있는 확장성을 가지는 고부가가치 기술로, 글로벌 진출을 가속화하고 제약바이오 강국으로 도약할 수 있는 전략적 신속성장 동력임

★ TBM의 글로벌 진출은 인허가 규제, 전략적 지적재산권 확보 및 관리, 현지 임상개발 및 사업화 경험 부족 등으로 인한 장벽이 높아 정부의 정책적 지원 등 민관협업을 통한 우수성공사례 발굴이 시급함

1. TBM의 정의 및 개발 필요성

TBM의 정의 및 세대분류

★ TBM 이란 기술기반의약품(Technology Based Medicine)을 지칭하며 기존 허가받은 유효물질에 약효, 생체이용률, 환자의 복약순응도 등을 개선하기 위한 진일보된 차세대 기반기술이 적용된 의약품으로서 넓은 의미에서 저분자화합물에 적용되는 개량의약품*과 개량생물의약품(바이오베터) 등을 포함하는 개념임

* Incrementally modified drug, value added medicine, hybrid medicine, super generic 등으로 불리기도 함

★ TBM 기술은 약물전달시스템을 기준으로 주성분의 변경, delivery materials의 변경, 방출기전의 변경, 투여경로의 변경 등으로 분류할 수 있고, 이를 시대별 기술발전에 따라 1세대, 2세대, 3세대로 분류할 수 있음

- 1세대 : 경구제의 방출변형조절 및 소형화, 경피 흡수제의 방출 조절 등과 같이 전달 시스템의 물리화학적 성질을 조절
- 2세대 : 생분해성 polymer를 사용한 장기 지속형 데포주사, 나노입자를 이용한 표적 전달 항암제 등 생물학적인 장벽을 극복
- 3세대 : 비침습적 펩타이드 및 전달기술, 신호 특이성 거대분자 전달기술, 물리화학적, BBB를 극복한 표적약물 기술 등 생물학적 장벽을 모두 극복

| 표 1. 약물전달 기술의 세대 분류 |

1950	1980	2010	2040
1st Generation	2nd Generation	3rd Generation	
Basics of controlled release	Smart delivery ststem	Modulated delivery systems	
• Oral delivery - Twice a day, once a day	• Zero-order release - First order vs zero order	• Poorly soluble drug delivery - Non toxic - excipients	
• Transdermal delivery - Once a day, once a week	• Peptide and protein delivery - Long term depot using biodegradable polymers - Pulmonary delivery	• Peptide and protein delivery - Delivery for 〉6months - Control of release kinetics - Non-invasive delivery	
• Drug release mechanisms - Dissolution - Diffusion - Osmosis - Ion exchange	• Smart polymers and hydrogels - Environment sensitive - Self regulated release (working only in vitro)	• Smart polymers and hydrogels - Signal specificity and sensitivity - Fast response kinetics (working in vivo)	
	• Nanoparticles - Tumor targeted delivery - Gene delivery	• Targeted drug delivery - Non-toxic to non-target cells - Overcoming blood brain barrier	
Successful control of physicochemical properties of delivery systems	Inability to overcome biological barriers	Need to overcome both physicochemical and biological barriers	

TBM의 개발 필요성

★ 국내 제약바이오산업은 협소한 내수시장 중심의 한계에서 벗어나지 못하고 있어 글로벌 진출을 위한 새로운 성장동력 확보가 시급한 시점임

- 2019년 기준 수출액 10억 이상인 50개 제약바이오기업을 대상으로 집계한 자료를 보면 총매출 대비 수출비중은 11.4%에 불과함 [2]

★ 글로벌 제약시장에서 대형 다국적 제약사가 절대적 우위를 선점하고 있는 혁신신약보다는 개발에 필요한 비용과 기간 등 부분에서 효율성이 높고, 혁신신약에 버금가는 글로벌 경쟁력을 가질 수 있는 고부가가치 TBM 기술을 적극 개발하여 전략적으로 글로벌 시장의 신속한 진입이 필요한 상황임

- 전 세계적으로 고령인구증가 추세에 따라 더 안전하고 덜 침습적인 환자수요중심 의약품 기술에 대한 필요성이 증대됨

★ 국내 제약바이오기업들은 제제기술의 축적으로 세계 10위 정도의 TBM기술 경쟁력을 가지고 있으나, 국내에서는 보험약가의 제한 등의 사유으로 다양한 제제기술의 사업화가 이루어지지 않았고, 글로벌 진출에서는 인허가 규제, 전략적 지적재산권 확보 및 관리, 현지사업화 경험 부족 등으로 인하여 소극적인 행보를 보였음

★ 따라서, 정부의 적극적 지원하에 글로벌 시장의 수요를 정밀 타겟팅 하는 다양한 고부가가치 TBM 기술의 연구개발을 통해 국내 제약바이오기업의 글로벌 시장으로의 신속한 진입, 사업화 인프라 구축, 글로벌 사업화 경험 축적 등 경쟁력을 갖추는 것이 시급함

2. TBM의 국내·외 기술개발 동향

기존 TBM 기술 개발 현황

★ 글로벌 시장에서 혁신 기술을 이용한 TBM 수요가 지속적으로 확대되고 있으며, TBM 기술은 경구제제, 주사제, 특수제제, 비경구/비침습 제제 등 카테고리를 형성하면서 기술체계가 확립되어왔음

| 표 2. 의약품 제품화 원천 기술 개요 [3] |

제품화 원천 기술		설명
경구 제제	서방성 제제	투여횟수 감소
	펄스형 제제	흡수부위 표적형 방출
	지연방출 제제	흡수부위 표적형 방출, 위장관내 안정성 개선
	작용지속형 제제	흡수지속화, 위장관내 안정화
	생체이용률 증진 제제	용출개선, 흡수촉진, 장관내 분해 방지
	복합제	환자 순응도 개선
주사제	서방주사제	주사횟수 감소
	감응성 방출 주사제	병소부위 특이 방출, 생체 장기 유사방출 비표적장기 부작용 최소화
	혈관 장기 체류형 주사제	고분자약물 혈중소실반감기 연장(예 : Lapscovery)
	첨단 주사용기 제제	주사용 포장개선으로 투약의 편의성 증진
특수제제	구강붕해제제	복용의 편의성 증진, 신속한 약효작용
	노인용 특수제제	복용의 편의성 증진, 노인환자 맞춤형 포장 설계 제제
	소아용 특수제제	복용의 편의성 증진, 소아환자 맞춤형 포장 설계제제
	정신신경계 특수제제	복약여부 확인 가능 제제, 오남용 방지 제제
	의료기기 융합제제	표적화, 흡수촉진 예) 초음파 장치, 이온토포레시스
비경구/비침습 제제	경피제제	투약의 편의성, 지속작용
	경폐 흡입 전달시스템	신속한 약효작용
	점막투과 제제	고분자약물 흡수용 제제
	안과용 제제	안과용 난치성 질환 치료용

★ 미국은 Incrementally modified drug의 카테고리에서 기술개발이 이어지고 있고 2008년부터 2017년까지 미FDA에서 허가된 TBM 기술을 보면 방출조절형 경구제제가 가장 많고, 그 다음으로 나노기술기반 약물전달, 폴리머기반 약물전달, 비침습성 약물전달 등 순서였음

| 표 3. FDA의 TBM 허가 플랫폼 현황(2008~2017) [4] |

Type of Technology	Number of platforms
Oral Controlled Release	26
Nanotechnology-based Drug Delivery	10
Polymer-based Drug Delivery	8
Non-Invasive Drug Delivery	7
Encapsulation-based Drug Delivery	6
Other Formulation Technologies	27
Others	5
Total	89

★ 약물전달시스템과 관련된 국내 기술개발은 1990년대 중반부터 매우 빠른 속도로 기술 개발이 진행되어 현재 저분자 약물전달시스템 기술개발에 대한 연구역량은 세계 10위권 수준의 기술력을 확보하는 등 선진국 대비 70~80% 수준의 우수한 기술력을 확보함

★ 최근 국내에서는 나노 또는 마이크로입자 제조기술, 하이드로겔, 리포좀 제조기술, 표적지향기술, 상기 기술의 융합기술 등 다양한 기술개발 및 제품개발을 진행하며 기술경쟁력 향상을 위한 활발한 연구를 진행하고 있어 혁신성, 임상적 유용성 개선, 산업적 적용 등 측면에서 국내 경쟁력은 지속적으로 상승하고 있음

★ 현재 TBM기술은 비침습적 펩타이드 단백질 전달기술, 신호 특이성 거대분자 전달기술 등 3세대 약물 전달기술까지 발전했지만 아직은 1세대인 경구제 방출변형조절기술이 가장 널리 활용되고 있으며 아직 3세대 기술은 활용 빈도가 낮은 편임

1세대형 TBM 기술 예시

★ 방출변형조절 기술(서방형 경구제, 소형화)

- 필요한 양 만큼의 약물이 보통 제제보다 장시간에 걸쳐 방출되도록 설계된 제제[5]
- 동일 투여경로의 일반제제(속방성제제)의 용출 속도를 조절해 복용횟수 감소
- 환자에게 복용편리성을 제공, 의료비 절감 유도 효과
- 씹을 수 있는 알약, 정제(lozenges), Gums 형태 등 소아나 노인성 질환 치료에 사용이 늘어나며 응용 가능성 증대

| 표 4. 글로벌 방출변형조절 기술개발 현황 [6] |

기업명	기술명	기술내용
Latitude	24H	• 최대 24시간 동안 수용성/불용성 원료의약품(API)의 방출이 가능
	MiniSphere	• 지속적인 방출 또는 고용량(high dose)에의 적용을 위해 사용되며 작은 펠렛(pellet)제제를 사용해 기존 알약에 비해 삼키기 쉬워 환자 복약 순응도를 증진
Rubicon Research	RubiReten	• Gastro-retentive 기술 플랫폼으로 가용화(solubilization)와 gastro-retention 기술이 결합되어 약물 방출을 조절하여 용해도가 낮은 활성 성분의 전달에 유용
	RubiSRL	• 약물의 오용 및 과다복용을 방지하기 위한 경구 제어 해제 기술이며, 이온 교환과 막 확산 제어라는 두 가지 제어 방출 기술의 결합을 통해 위장 환경 변화에 영향을 받지 않음
Tesa Labtec	Mucofilm	• 생체이용률이 낮은 약물에 사용하며, 국소 치료를 위해 활성 물질을 점막 안으로 전달
	Rapidfilm	• Orodispersible film으로도 알려져 있으며, 침과 닿는 즉시 약물 방출하고, 알약(tablet)과 같은 안정성과 투약능력을 제공하므로 소아 및 노인 환자의 약물투여에 도움을 줌

| 표 5. 국내 방출변형조절 기술개발 현황 |

기업명	기술·제품 내용
대원제약	• 이온결합 기술로 두 가지 작용기전을 가진 통증치료제를 결합하였으며 부작용 감소+서방화 기술 적용 • 1일 3회→1일 2회로 투여횟수 감소, 정제 소형화하여 복용 편리성 개선 [7]
렉스팜텍	• 팽윤시스템과 생점착시스템을 결합하여 1일 2회→1일 1회로 용법을 개선한 위장관 내 체류형 서방정 [8] • P-gP inhibitor 부형제를 API 와 동시에 방출시켜 장관벽의 P-gP receptor에 작용시켜 API의 reflux를 억제 및 흡수 증가
한미약품	• PPI 계열 위식도역류질환 치료제인 '에소메졸캡슐(에스오메프라졸스트론튬사수화물)'을 서방형 제제로 변경한 '에소메졸디알서방캡슐'를 출시함(2021년 1월) • 이중지연방출 제형 기술 이용 • 발매 첫 달에만 13억 3,000만 원의 원외처방액(유비스트 기준)을 기록하여 블록버스터 약물로 성장 전망됨 [9]
SK케미칼	• 2020년, SK케미칼은 자사의 항혈소판제 리넥신을 서방정 제형으로 업그레이드해 새로 시판 허가를 받음 • 실로스타졸-은행잎복합제가 서방형으로 출시되는 것은 세계 최초임 [10]
동아에스티	• 2020년 12월, 동아에스티는 당뇨병치료제 '슈가메트 서방정 5/1,000㎎'의 제형 크기를 축소해 출시함(에보글립틴+메트포르민 복합제) [11] • 약효는 그대로 유지하면서 환자들의 복약편의성과 순응도를 높임 • 동아에스티 자체 기술인 'LVMG(Low Volume Multi Granule)' 기술 적용 • 2019년 6월, 동아에스티는 위염치료제 '스티렌 2X정'의 제형 크기를 축소해 새로 발매함 (14.4㎜→9.95㎜) [12]
종근당	• 종근당은 2017년 비아그라 복제약 '센글라(실데나필)'를 동일 성분의 의약품 중 가장 작게 만들어 출시함 • 복용편의성을 높인 '센글라'는 후발주자임에도 성장세가 빨랐으며, '센글라'의 지난해 매출은 18억 원(아이큐비아 기준)으로 출시 1년 만에 전체 발기부전 치료제 시장 10위권에 안착함 • 종근당은 2016년 10월, 의약품 포장형태, 제형 크기를 개선한 고혈압 치료제 '텔미누보(텔미사르탄+에스암로디핀 복합제)'를 출시함 • '텔미누보'는 제형 변경 이후 매출이 빠르게 증가함 (2016년 219억 원→2018년 261억 원, 3년 새 28% 이상 증가) [13]

★ 장기지속형 극소침습/비침습 제제 기술(패치형 약물전달 시스템)

- 주사제형은 신속한 약효를 내기에 유리하나, 통증 및 불안감 유발, 병원 내 투여, 주사 시 고무나 유리조각 유입 등의 불편함이 있고 효력을 지속하기 어려움
- 패치형 약물전달 시스템 등 다양한 비침습적 제형 기술이 도입되어 활용중
- 패치형 약물전달 시스템은 투약편의성이 높고, 소화 효소에 의한 분해나 초회효과를 회피할 수 있어 장점이 큼
- 막제어 방식과 매트릭스 방식으로 나뉘며 막 제어방식은 막과 지지체 내에 반고형 물질이 들어 있고 막을 통해 약물 방출 조절
- 매트릭스 방식은 약물이 점착제 내에 포함되어 있거나 점착제층이 약물 층 주변을 둘러싸고 있는 구조
- 약물이 점착제 내에 포함되어 있거나 점착제층이 약물 층 주변을 둘러싼 구조
- 약물의 투과도를 높이기 위해 피부투과촉진제를 사용하는 연구도 진행중

| 표 6. 글로벌 장기지속형 비침습 약물전달 시스템 기술개발 현황 |

기업명	기술내용
임퀘스트	• 삼진제약의 항에이즈 신물질을 탑재한 피부 작용 패치 세계최초 개발 • Transdermal patch delivery system 은 피리미딘이온을 탑재한 필름형 패치로 피부를 통해 7일 동안 인체에 항에이즈 약물이 96% 이상 효과적으로 전달 [14]
Noven Pharmaceuticals	• 막 제어방식 패취형 경피흡수제 • 2019년 FDA에서 asenapine 경피 패취 제형 조현병 치료제로는 최초로 승인 • 1일 2~4회 → 1일 1회 [15]

| 표 7. 국내 장기지속형 비침습 약물전달 시스템 기술개발 현황 |

기업명	기술내용
아이큐어	• 1일 1회 경구 → 주 2회 경피투여 로 투여경로와 용법을 개선한 도네페질 패치제 개발진행중 • 국내에서 임상1상, 임상3상을 완료하였으며 임상3상에서 경구제 대비 비열등성 입증 • 셀트리온과 국내 독점 판권계약 체결 • 미국에서 임상1상 2021년 4월 승인 [16]
동아에스티	• 1주일 지속 도네페질 패치 개발중 • 두번의 임상1상을 마치고 안정성시험 검토중 • 인도에서도 치매패치제 임상1상 진행 예정 [17]

★ 환자친화형 복용편의증진 제제기술 (구강붕해제)

- 노인, 영유아나 중증환자는 신체 특성상 정제나 캡슐제 형태의 의약품을 삼키기 어려움, 정신신경계환자는 투여를 거부하거나 복용 후 토할 우려 있음
- 구강붕해정, 구강붕해필름은 일반 정제에 비해 보관이 편리
- 국내 특허청에 따르면, 경구붕해제 관련 특허는 2008년도 이후 66건 출원, 2014년 상반기 10건 출원
- 치매 암 등 중증장애를 앓고 있는 환자들이 좀 더 손쉽게 의약품을 복용할 수 있도록 기대

| 표 8. 국내 환자친화형 복용편의증진 제제기술개발 현황 |

기업명	기술내용
서울제약	• 발기부전치료제인 비아그라정(실데나필)의 필름을 개발하여 오리지널 비아그라 보유 기업인 한국화이자 제약에 공급 • 기존의 일반 정제를 필름으로 제제개선하여 휴대성과 복용편의성을 높임 [18]
씨티씨바이오	• 이탈리아 1위 제약사인 메나리니와 발기부전치료제인 씨알리스정(타다라필)을 구강붕해필름으로 제형 변경한 제품의 국내 판권 계약 체결 [19] • 화이자의 금연치료제인 챔픽스(바레니클린)정의 구강붕해필름을 개발하여 2021년 식약처 허가 완료 [20]

2~3세대 형 기술

★ 나노가용화 기반 생체흡수개선 기술

- 약물을 나노 수준의 미립자 형태로 만들어 난용성 약물의 문제점을 극복
- 제조공정이 간단하고 안정성이 우수
- 기존 제품을 동등 이하 크기로 제제 설계하여 복용편의성 및 생체이용률 등을 개선하여 국가적 차원의 건강보험료 비용 절감에 영향을 줄 것으로 예상
- 나노담체유형에 따라 나노입자(Nanoparticles), 면역접합체(Immunoconjugates), 나노에멀전(Nanoemulsions)으로 분류
- 모더나, 화이자의 mRNA 코로나 백신에도 LNP(지질나노입자, Lipid Nano Particle) 기술이 적용되었으며, mRNA가 체내에서 쉽게 분해되고, 세포막을 통과하기 어려운 단점을 극복하여 상용화에 상공함으로 나노가용화 기반 기술의 확장성을 보여줌

| 표 9. 글로벌 나노기반의약품 기술개발 현황 [21] |

기업명	기술내용
Ascendia Pharmaceuticals	• 체내에서 잘 용해되지 않는 약물의 표면적을 넓혀 생물학적 가용성을 증가시키며 지질기반(lipid-based) 나노입자가 약물의 분해를 높임
LATITUDE Pharmaceuticals	• 정맥, 피하, 근육 내, 안과, 구강 내 등 다양한 경로를 통해 펩타이드, small molecules 및 단백질 약물 전달에 사용할 수 있는 플랫폼
Taiwan Liposome Company	• 면역체계의 식세포(phagocytic)에 의한 약물의 흡수를 줄이기 위해 폴리에틸렌 글리콜 코팅 나노입자를 사용하여 체내에 약물이 오래 머물도록 하여 약효가 오래 지속되게 함

| 표 10. 국내 나노기반의약품 기술개발 현황 |

기업명	기술 내용
유한양행, 애드파마	• Top-down 방식과 Bottom-up 방식을 융합하여 최소한의 용매에 의약품을 현탁시켜 고압의 유체로 의약품을 분쇄해여 용매 사용을 최소화 • 수백~1000㎚의 파티클도 제조 가능, 회수도 용이하여 공정 중 손실 없음 • 일반 경구용 의약품에도 생산 적용 가능한 플랫폼 기술 [22]
우신라보타치	• 단백질의약품은 경구투여시 흡수율이 1% 미만으로 낮고, 안정성 확보가 매우 어려움 • 나노화 기술을 적용한 구강점막 전달체(구강필름)+인슐린 점막투과 효율을 증강(이온토포레시스)하여 고효율 인슐린 전달 시스템을 개발중 [23]
바이오 시네틱스	• NUFS™ : NUFS™는 nanoparitculation using fat and supercritical /subcritical fluid의 줄임말로, 바이오시네틱스가 개발하여 우리나라를 비롯하여 미국, 중국, 유럽, 일본, 캐나다, 호주 등 세계 주요국가에서 모두 특허를 취득한 플랫폼 나노입자화 기술임 • NUFS™ 나노기술은 고체상 지질(solid lipid)과 초임계/아임계 유체를 활용하여 나노크리스탈(nanocrystal)을 제조하는 기술임 [24]
휴온스	• 2020년 7월, 휴온스는 자체 개발한 안구건조증치료제 '나노복합점안제(HU-007)'에 대해 식약처에 품목허가를 신청 [25] - 20nm 이하 나노 입자화를 통해 기존의 사이클로스포린 단일제보다 사이클로스포린 사용량을 1/2 이하로 줄이면서 비열등한 항염 효과를 나타냄
삼양바이오팜	• 화학합성 나노고분자 DDS를 적용한 항암제 제넥솔®PM, 나녹셀®PM 상용화 • PM(Polymeric Micelle)과 PNP(Polymeric Nano Particle) 등의 약물전달기술 보유 [26]
에스엔 바이오사이언스	• 에스엔바이오사이언스는 항암제 나노의약품에 특화된 약물전달시스템을 연구하는 바이오벤처임 • 에스엔바이오사이언스는 이중나노입자 항암제 SNB-101의 미국 1상 시험계획을 승인받음 나노의약품으로는 국내 최초의 FDA 1상 승인 - 이중나노미셀 약물전달 기술로 개발한 제품 [27]

★ 장기지속형 주사제

- 주사 빈도를 줄여 환자의 편의성을 향상시킬 수 있는 약물방출제어 기술
- 서방성 주사제는 1회 투여로 수일~수개월 약효 지속되며 약물의 생체이용률이 낮거나 서서히 흡수되거나 체외로 빠르게 배설되는 경우 약물 방출속도 제어
- 장기지속형 주사제는 합성의약품 시장에서 이미 대형 품목으로 자리 잡고 있으며 시장 성장속도도 빠름
- 조현병 환자 대상 임상실험에서 실질적 입원일수 감소 등, 헬스케어 자원 절감 효과를 보임
- 리포좀, 마이크로/나노 입자, 고분자 또는 지질로부터 제조되는 미립자를 이용하여 수동적 표적화, 리간드, 페길화 등을 통해 능동적 표적화로도 연구가 진행
- 마이크로/나노 입자는 인체 내 주입되어 농도차에 의한 확산 및 생분해성 고분자 분해에 따른 약물 방출로 서방성 약물전달시스템 구축

| 표 11. 글로벌 장기지속형 주사제 기술개발 현황 [28] |

기업명	기술내용
Liposome Technology	생분해성 폴리머를 이용하여 마이크로캡슐을 제조하여 30일 이상 약물의 방출이 제어될 수 있는 기술 개발
Syntex	
American Cyanamid Company	성장 호르몬을 다중 에멀젼 시스템을 이용해 지속성 작용을 나타낼 수 있는 기술 개발
Alkermes Controled Therapeutics	인간 성장호르몬의 지속성 제제를 위해 고분자매트릭스를 형성하는 기술(Preolease) 보유
Brown University Research Foundation	신경전달 분비세포를 반투막으로 캡슐화하여 생체 내에서 일정한 속도로 방출될 수 있는 시스템 개발
Alza Corporation	삼투압에 의해 작동하는 약물방출제어용 약물전달시스템 개발
Sumitomo Pharmaceuticals Company	생분해성 고분자로 구성된 서방성 약물전달시스템으로 막대모양의 형태를 갖는 주사제형 개발
Syntec	폴리락타이드 매트릭스 안에 수용성 고분자 폴리펩타이드를 서방화하는 제제에 대한 기술 개발
MIT, Nova Pharmaceutical Corporation	공동으로 생분해성 고분자로 이루어진 주사형 성장호르몬의 체내 서방성 약물전달시스템 개발

| 표 12. 국내 장기지속형 주사제 기술개발 현황 |

기업명	기술 내용
동국제약	• 약물과 생분해성 고분자가 소량의 용매에 녹아있는 액상 형태(sol)로 체내에 투여되며 투여 부위에서 고형(gel)으로 상변화되어 약물이 서서히 방출되는 In-situ gelling 기술 보유 • 체액에 의한 단백질의약품의 변질을 막고, 약물의 혈장농도를 일정한 수준으로 유지 가능 • 용매 사용량을 획기적으로 낮춰 부작용과 통증 감소, 약물 용해도 및 용매/고분자 종류에 따라 약물 방출패턴 조절 가능 • 국부나 전신적 약물전달이 1개월~수개월까지 지속됨 [29]
티온랩 테라퓨틱스	• 약물을 지방산 용매에 녹여 근육에 주사하여 약물이 서서히 방출되는 데포주사 기술 보유 • 급격한 초반 방출을 제어하고 높은 봉입율로 부작용 감소 및 환자 맞춤형 최적 약효 유지 가능 [30]
펩트론	• SmartDepot™ : 스마트데포 기술은 약물을 체내에 투여한 후 제형으로부터 서서히 방출되게 하여 약물의 혈중농도를 높게 유지하고, 약효를 지속적으로 유지하게 하는 펩트론 고유의 기반기술 • 다양한 펩타이드 약물의 약효지속성 주사제 개발에 적용하고 있음 [31]
인벤티지랩	• IVL-PPFM®(IVL-Precision Particle Fabrication Method) : Controllable microsphere production technology인 IVL-PPFM®은 장기지속형 주사제형의 개량신약 및 신약 개발을 위한 새로운 microsphere 제조기술 [32]
비씨월드 제약	• Microsphere(서방성 미립자 기술) : 약물을 서서히 방출하는 마이크로 단위의 구형 약물전달 시스템으로, 짧게는 2주에서 3~6개월에 1회 주사로 지속적인 약물 효과를 유지 [33]
지투지 바이오	• 이노램프(InnoLAMP, Innovative Long-Acting MicroParticles) 기술 보유 : 생분해성 고분자를 이용해 약물을 봉입하여 10~100㎛ 크기의 균일한 마이크로스피어로 제조하는 기술. 약물 함유 미세입자를 피하/근육주사로 체내에 투여 시 약물이 1주일~수개월 동안 서서히 방출되어 약효가 장기간 지속적으로 유지됨 [34]
한국 유나이티드제약	• Sustained crystal injection technology : 생분해성 고분자인 PLGA에 약물을 봉입시키고, 에스테르 결합의 가수분해에 의하여 약물이 방출되는 원리의 서방성 주사제 제조기술 [35]
종근당	• Liquistal 기술 : 1회 주사로 1주일 내지 수 개월간 약효를 지속시키는 서방형 주사제 기술 [36]
한미약품	• 약물 지속형 제제기술 보유 • LAPSCOVERY™ : 단백질 의약품의 반감기를 늘려주는 플랫폼 기술로 투여 횟수를 줄여 환자의 삶의 질을 높이며, 투여량을 감소시킴으로써 부작용은 줄이고 효능은 개선하는 기반 기술 [37]

★ 거대분자약물용 비침습 제제기술

- 바이오의약품을 포함한 거대분자약물은 체내흡수의 한계로 주사에 의해 체내 투여해야 하는 단점을 갖고 있음
- 고분자의약품 특성상 피부, 장점막 등 장벽투과가 어렵고, 소화효소에 의한 분해나 열로 인한 변형이 쉬워 화학합성의약품 대비 시장화에는 큰 기술 장벽이 존재
- 비강, 피부, 폐, 눈, 경구 등 비침습적 경로 투여로 인해 환자 편리성이 강화된 고부가가치 의약품은 폭발적 성장이 쉽게 예측되므로 투자 필요성이 매우 큼

- 펩타이드나 단백질 의약품은 경구투여시 생체이용률이 0~2%로 매우 낮으나 크기가 작은 펩타이드는 단백질이나 항체보다 성공 가능성 높아 상대적으로 경구용 제형 개발 기술이 발전함
- 경구 투여는 소화관에 존재하는 소화효소 혹은 간 초회통과 효과로 흡수율이 낮은 문제가 있으나 안전하고 경제적인 투여경로이므로 시장이 가장 클 것으로 예상
- 피부로 투과되지 않는 약물(고분자, 친수성 등)을 대상으로 소노포레시스, 이온토포레시스, 마이크로니들 등 제형 개발이 진행중
- 마이크로니들 기술은 경피약물 전달시스템 중 하나로 피부 장벽층인 각질층을 통과하여 피내로 유효성분 전달. 약효부문에서는 혈류흡수 촉진, 투약 시 통증 경감, 경구로 투여가 어려운 약물 전달력 개선, 경제성에서는 제작단가 저렴, 대량생산 가능

| 표 13. 글로벌 거대분자약물용 비침습 제제 기술개발 현황 |

기업명	기술내용
Vyteris	• Lidocaine/Epinephrine 국소작용 목적 이온토포레시스 패치 • 2004년 FDA 승인 [38]
Alza	• Fentanyl 이온토포레시스 패치 • 2006년 FDA 승인받았으나 상업적 성공 못함 [39]
Zosano	• 호르몬제 약물과 편두통 치료제인 Zolmitriptan 임상3상 진행중 • 릴리 등과 펩타이드 약물 전달 기술 계약 맺고 연구 진행중 [40]
노보노디스크	• 환자의 편의성과 혈당조절 효과 개선한 혼합 인슐린 치료제 개발중 • 재조합 인지 바이오베터제품으로 기존 제품보다 효능을 개선하고 효과지속 시간을 늘린 글로코페질화 유도체와 속효성 유사체에 대한 임상 진행중 [41]
MSD	• 자궁경부암 백신 가다실의 바이오베터 개발중 [42]
로슈	• 항암제 및 류머티스관절염 치료제 맙테라와 비호지킨림프종 치료제 R7159 등의 바이오베터 개발중 [43]

| 표 14. 국내 거대분자약물용 비침습 제제 기술개발 현황 |

기업명	기술내용
삼천당제약	• S-PASS 기술로 혈당을 강하시키는 경구용 인슐린을 개발중 • 전임상에서 자사의 경구용 인슐린이 주사제와 거의 동일한 효능과 안전성을 보였다고 발표 • 먹는 인슐린의 2021년 하반기 중국내 임상1상 수행을 위한 텀시트를 2021년 7월 체결 [44], [45]
디앤디파마텍	• 단백질 의약품의 경구 흡수율을 획기적으로 높일 수 있는 바이콘테크 플랫폼 기술을 개발 • 최근 전임상 동물 시험에서 효능 확인 • 단백질의약품의 생체이용률을 5% 수준으로 끌어올리는 것이 목표 [46]

★ 개량생물의약품(바이오베터)

- 이미 허가된 생물의약품에 비해 안전성, 유효성 또는 복약순응도 등이 개선되었거나 의약기술에 있어 진보성이 있다고 여겨지는 의약품
- 오리지널 생물의약품과 동일한 타겟을 목표로 하므로 임상시험 실패 위험 낮음
- 지속성 증대, 약효개선, 제형변경, 제조기술 변경 등의 목적이 있음

| 표 15. 글로벌 개량생물의약품 기술개발 현황 [47] |

기업명	기술내용
Bayer	• 응고인자 제제에 PEG 분자를 부착시켜 반감기를 연장시키는 PEGylation 기술을 사용 • 기존 의약품 대비 1.4~1.6배 높은 반감기를 갖도록 제조
Amgen	• 오리지널 EPO 제품인 Epogen의 차세대 제품으로서, 2개의 당화 위치를 더 도입하여 시알산 함량을 증가시킴 • 시알산 함량 증가로 수용체와의 결합력이 감소하여 체내 반감기가 3배 증가
GSK	• 알부민 분자에 대한 변형을 통해 유전자 융합 및 화학적 결합을 보다 효과적으로 개선 • 신생아 Fc receptor에 대해 높은 친화력을 통해 작용기간을 연장하여 치료효과를 높이고 투여 빈도를 줄임
Roche	• 단일 항체의 변이를 일으켜 친화도를 개선 • 야생형인 rituximab 대비 표적세포 파괴 능력이 2~5배 정도 향상
Immunomedics	• 바이오 항체 치료제와 독성 항암제를 결합 • 분자 당 평균 7~8개의 억제제가 있을 정도로 약물 대 항체비 높임
MacroGenics	• 단일 클론항체에서 발견되는 단일 표적 대신 두 개의 별개 표적에 결합할 수 있는 기술 적용 • Potency가 높고 혈중 안정성 높임

| 표 16. 국내 바이오베터 기술개발 현황 [48] |

기업명	기술내용
한미약품	• 항체의 특정 부분을 별도로 만들어 화학적 방법으로 연결시키는 Lapscovery 기술 적용 글루카곤, GLP-1, GIP를 동시에 활성화하여 지방간과 염증, 섬유화를 동시에 타겟팅
알테오젠	• 플랫폼 기술인 NexP 기술을 적용 • 단백질캐리어인 NexP와 1세대 단백질치료제를 융합 • 융합 후에도 단백질의약품 자체의 생물학적 활성 저하가 없으며 제조효율이 높아 경제성 면에서 우월함
레고켐바이오 사이언스	• 항체와 약물의 연결고리인 링커의 불안정성을 개선해 약물을 암세포까지 효율적으로 전달할 수 있게 함 • 특정 site에 원하는 개수의 특정 약물을 선택적으로 연결

3세대 IT 융합형 기술

★ 디지털 및 3D 프린팅 기반 융합형 제제 기술

- 의약품과 IT의 융합을 통해 표적 부위에 약물을 정확하게 전달하거나 질병의 상태, 환자의 복약 여부 등을 실시간으로 모니터링
- 약물 부작용 최소화, 진단과 복약의 편의성 증대, 낮은 복약순응도로 인한 질병 악화를 방지하여 의료비 손실 경감
- 각종 전자장치가 내장된 초소형 알약인 스마트 필의 응용 분야는 캡슐형 내시경, 약물전달시스템, 환자 모니터링 등이 있음
- 현재까지의 디지털 융복합 제품은 주로 진단 및 건강 모니터링 등에 초점이 있으나 센서 소형화, 렌즈 두께 조절 기술 등 기술적 혁신이 이루어져 약물전달 기술과 융합하면 약물의 치료 효과를 높이는 디지털메디신으로 빠르게 진화할 것으로 예상

| 표 17. 글로벌 디지털 및 3D 프린팅 기술개발 현황 |

기업명	기술내용
오츠카-프로테우스	• Abilify MyCite 는 FDA 승인받은 최초의 스마트필 • 내부에 탑재된 칩은 체내에서 자연 분해 • 복용 후 위액에 닿으면 전기 신호 발생하여 웨어러블 기기를 통해 약 복용 시간 확인 가능 [49]
기븐이미징	• 의료용 캡슐 내시경 필캠 SB2(pillcam SB2) • 아무런 통증 없이 소장 내부를 컬러로 보여줌 [50]
RMIT대	• 물과 함께 삼켜 장내 가스를 측정하는 센서 개발 • 장내 가스인 수소, 이산화탄소, 산소 측정하여 스마트폰으로 전송 [51]
Rani Therapeutics	• 단백질, 펩타이드, 항체 등 고분자 약물을 전달하는 경구용 스마트필 개발 [52] • 소화효소 노출없이 장관내 주입하여 장관벽에 약물전달
Spritam	• 3D 프린터로 만든 최초의 경구용 제제 FDA 승인 [54]

3. TBM 시장 현황 및 전망

국내 의약품 시장 현황 및 한계

★ 국내 의약품 시장 규모는 2019년 기준 약 24.3조 원으로 2019년 기준 약 1조 2,500억 달러(약 1,460조 원) 규모의 글로벌 의약품시장 대비 약 1.7%에 불과함 [55]

★ 국내 제약바이오기업 매출액 대비 수출비중은 2019년 기준 11.4%로 내수위주의 시장특성을 보이며, 2015년부터 2019년까지 5년간 국내 의약품 무역수지는 평균 2조 1,801억 원의 적자를 보여 의약품 수출확대가 필요한 상황임 [56]

★ 보건산업진흥원 발표에 따르면 2020년 의약품 수출액은 84.3억 달러(약 9.8조 원)으로 전년도 대비 62.6% 증가하였으나 이는 바이오시밀러 제품과 위탁생산(CMO) 바이오의약품중심으로 한 의약품 수출액 증가가 대부분임 [57]

★ 국내 TBM 시장현황은 개량신약 제도 도입이후 2009년부터 현재까지 총 118개 품목이 허가되었으나 복합제(유효성분의 종류 또는 배합비율이 다른 의약품) 72품목, 제제개선(제형·함량 또는 용법·용량이 다른 의약품) 34품목이 90% 이상으로 대부분을 차지하여 고도의 기술집약적 기술기반의약품에 대한 연구개발은 아직 미흡함

| 표 18. 개량신약 유형별 허가현황(2009.01.~2020.12.) |

(단위 : 품목 수)

연도	새로운 조성	새로운 투여경로	새로운 효능·효과	새로운 염 또는 이성체	제제개선 (동일투여경로)	계
2009년	4	0	0	0	0	4
2010년	5	0	0	1	2	8
2011년	0	0	0	0	2	2
2012년	2	0	0	1	3	6
2013년	9	0	4	5	1	19
2014년	1	0	0	0	0	1
2015년	7	0	0	0	11	18
2016년	22	1	0	0	1	24
2017년	7	0	0	0	4	11
2018년	0	0	0	0	6	6
2019년	13	0	0	0	0	13
2020년	2	0	0	0	4	6
계	**72**	**1**	**4**	**7**	**34**	**118**

★ 따라서 디지털 및 4차 산업 기반 첨단 기술 간 융복합 신기술·신제품 개발하고 글로벌 기업과 동등 이상 수준으로 TBM을 발전시켜 시장을 주도할 제약바이오기업 육성 필요함

글로벌 TBM 시장 개요

★ 전 세계 인구 고령화, 경제 성장으로 인해 세계 의약품 시장은 지속적으로 확대될 것으로 전망되고, TBM은 상대적으로 짧은 개발기간과 기술의 플랫폼화로 다양한 의약품에 적용할 수 있는 장점으로 인하여 전 세계적으로 연구개발이 활발히 이루어지고 있어 전체 의약품 시장 중 차지하는 비중도 급격이 늘고 있음

★ 글로벌 TBM 시장은 크게 개량의약품(저분자화합물 적용)과 개량생물의약품(바이오베터)으로 구분할 수 있으며, 전체 글로벌 TBM시장규모는 2020년 기준 약 943.5억 달러(약 110조 원)에서 2030년 약 2,508억 달러(약 293조 원)로 성장할 것으로 예측됨

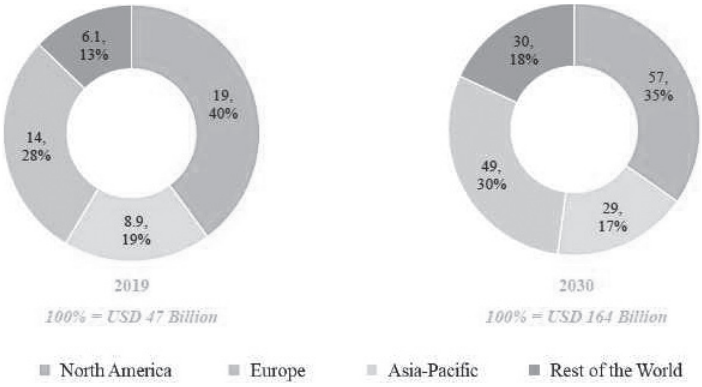
글로벌 개량의약품 시장 동향

★ 글로벌 개량의약품 시장은 2019년 약 470억 달러(약 55조 원)에서 연평균 11.9%의 성장으로 2030년 약 1,640억 달러(약 192조 원)의 시장규모를 형성할 것으로 예상됨 [58]

(출처 : Roots Analysis)

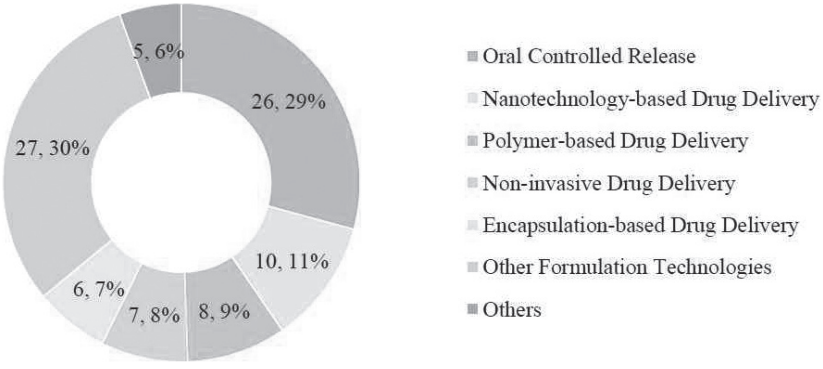
| 그림 1. 글로벌 개량의약품 시장규모 및 추이 |

★ 지역별 개량의약품 시장분포를 살펴보면 북미지역과 유럽지역의 점유율은 감소할 것으로 예측되고 있으며, 파머징 시장을 포함하는 아시아-태평양 지역 및 기타 지역의 시장점유율은 확대될 것으로 예측되고 있음 [58]



| 그림 2. 글로벌 지역별 TBM 시장 점유율 |

★ 기술기반의약품의 기술 유형별 분포에서 가장 큰 비중을 차지하는 기술은 경구 방출 조절 기술(29%)이며, 다음으로는 나노 기술 기반 의약품(11%)임. 그 외 기술로는 분포 비중 순서대로 고분자 기반 약물전달기술, 비침습 약물전달기술, 캡슐 기반 약물전달기술 등이 있음 [58]



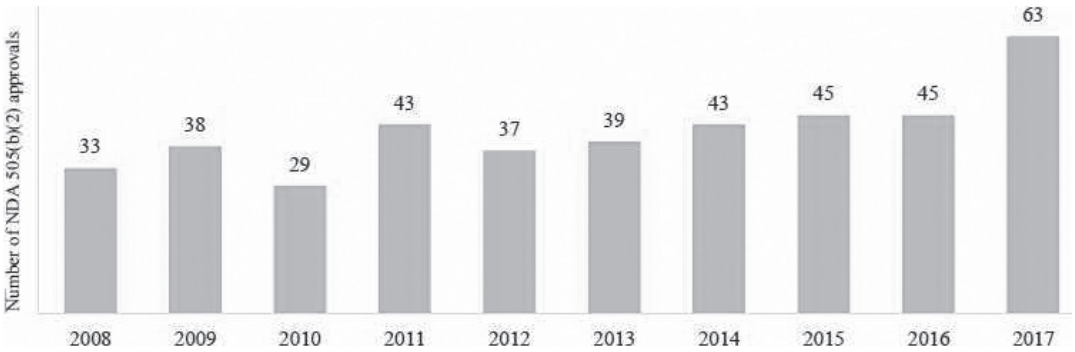
(출처 : Root Analysis)

| 그림 3. 글로벌 TBM 기술유형별 시장분포 |

북미, 유럽 등 제약선진지역 개량의약품 시장 현황

★ 미국을 비롯한 북미지역은 개량의약품을 통상 Incremental modified drug으로 명칭하고 있으며, 2019년 기준 190억 달러(약 22조 원)에서 CAGR 11%로 2030년 약 570억 달러(약 67조 원)의 시장규모를 형성할 것으로 예측됨

★ 최근 10년간 미국에서 505(b)(2) 경로로 허가받은 개량의약품의 수는 계속해서 늘어나고 있으며, 선진시장에서 의약품 개량기술이 주요 개발 트렌드중 하나임을 확인할 수 있음



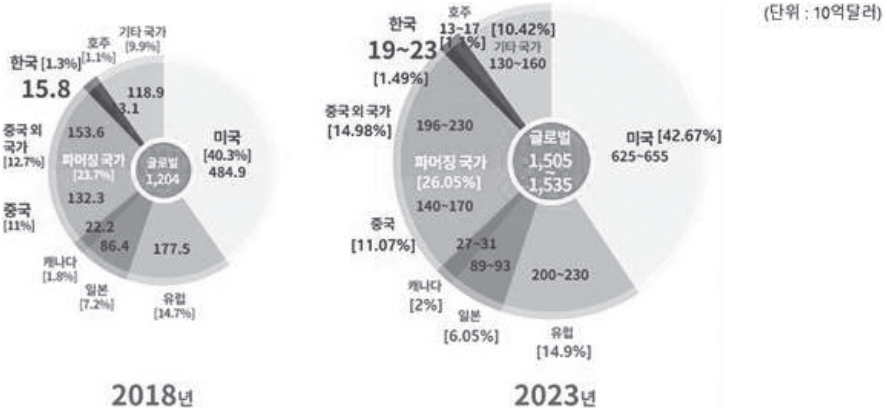
(출처 : Roots Analysis)

| 그림 4. 미국 505(b)(2) NDA허가 받은 개량의약품 수(2007-2017) |

★ 유럽은 개량의약품을 hybrid medicine(또는 Value added medicine)으로 명칭하고 있으며, 2019년 기준 90억 달러(약 10조 원)에서 CAGR 11%로 2030년 약 290억 달러(약 34조 원)의 규모를 형성할 것으로 예측됨 [58]

파머징 국가 의약품 시장 현황 및 TBM의 가능성

★ 파머징 시장은 아세안, 중동, 중남미, CIS지역 등을 포함하며 글로벌 의약품 시장에서 파머징 국가의 점유율은 약 26%로 미국 40.5%에 이어 2위를 차지하고 있는 큰 시장임 [59]



(출처 : IMS Health, 한국제약바이오협회)

| 그림 5. 글로벌 의약품 시장 지역별, 국가별 점유율 |

★ 파머징 시장은 미국, 유럽 등 선진시장에 비해 1인당 의약품 소비액은 적지만 인수구가 많고 높은 경제성장률에 따른 의약품시장 성장률도 약 10%에 이르러 글로벌 의약품 시장의 블루오션으로 주목받고 있는 시장임 [59]. 특히 아세안은 전체인구수가 약 6.4억 명(세계인구의 약 9%)에 달하며 [60], 경제활동인구 비율이 높아 의료소비에 대한 니즈가 증가할 것으로 예측되고 있음

★ 파머징 시장은 현재 주로 제약선진국으로부터 대부분의 의약품을 수입하고 있어 고가의 신약에 대한 의료비부담이 높을 것으로 예상됨에 따라 상대적으로 의료비 부담이 적고 파급력이 높은 TBM 의 수요가 높을 것으로 예상되고, 신약을 위주로 하는 다국적 제약사와 경쟁하기 위해서는 진출국 수요기반의 TBM으로 경쟁력을 찾아야 할 것으로 판단됨

- 아세안과 중동의 당뇨병 치료제 시장은 2019년 기준 각각 약 13억 달러(CAGR 25.7%)와 약 9.8억 달러(CAGR 30.1%)를 기록해 고속성장을 기록함

★ 따라서 국내 제약바이오산업이 글로벌 진출을 통한 차세대 국가성장동력으로 자리매김 하기 위해서는 우선적으로 아세안시장을 비롯한 중동, 중남미, CIS지역 등 파머징 시장을 선점 및 확대할 필요가 있음

개량생물의약품(바이오베터) 시장 동향

★ 글로벌 개량생물의약품(바이오베터) 시장 가치는 2020년 473.5억 달러(약 55조 원)에서 연평균 8.5%로 성장해 2030년 868.1억 달러(약 101조 원)에 이를 것으로 예측됨 [61]

(출처 : 1차년도 시장기술 분석 보고서 바이오개량기술 및 바이오베터(한국제약바이오협회, 2021))

| 그림 6. Global Biobetters Market Absolute $ Opportunity, 2020-2030 |
(Persistence Market Research, 2020)

★ 지역별 바이오베터 시장 점유율을 보면 2020년 기준 북미지역이 50.8%로 가장 높았고, 유럽(29.0%), 동아시아(8.7%), 라틴아메리카(5.6%), 남아시아(3.3%) 중동(2.3%), 오세아니아(0.5%) 순으로 높음 [61]

★ 국내 바이오베터 시장규모는 2020년 기준 6.3억 달러로 연평균 10.9% 성장률로 2030년 약 17.6억 달러에 이를 것으로 전망함 [61]

차세대 미래형 TBM 시장 동향

★ 4차 산업혁명 시대의 도래로 첨단 ICT 기술이 융합된 의약품 시장 출현함. 인공지능, 빅데이터 등 디지털 기술 기반 헬스케어 시장은 2016년 1,796억 달러(약 210조원)에서 GAGR 13.4%로 2025년 5,366억 달러(약 630조 원)에 이를 것으로 전망됨 [62]

★ 2017년 세계 최초로 IT기술과 제약기술의 융합으로 탄생된 스마트필이 미국 FDA 허가를 받았고, 글로벌 디지털치료 의약품 시장은 2016년 17억 달러(약 1.9조원)에서 CAGR 21%로 2025년 94억 달러(약 10조원)에 이를 것으로 전망됨 [63]

4. TBM의 국·내외 규제 동향

한국

★ 국내 식약처는 안전성·유효성 심사가 필요한 신약이 아닌 의약품을 자료제출의약품으로 분류하고 있으며, 2008년도부터 자료제출의약품 중 개량되었거나 진보성이 있는 품목을 개량신약으로 인정하고 있음

- 이미 허가된 의약품과 유효성분의 종류 또는 배합비율이 다른 전문의약품
- 이미 허가된 의약품과 유효성분은 동일하나 투여경로가 다른 전문의약품
- 이미 허가된 의약품과 유효성분 및 투여경로는 동일하나 명백하게 다른 효능효과를 추가한 전문의약품
- 이미 허가된 신약과 동일한 유효성분의 새로운 염 또는 이성체 의약품으로 국내에서 처음 허가된 전문의약품
- 유효성분 및 투여경로는 동일하나 제제개선을 통해 제형, 함량 또는 용법·용량이 다른 전문의약품

미국

★ 미국은 FD&C Act 규정에 따라 케미컬 의약품의 허가트랙을 크게 3개로 분류하며 기술기반의약품을 505(b)(2)로 지정

| 표 19. 미국의 허가 트랙 분류 [64] |

Section	의약품 분류
505(b)(1)	• 신약 an application that contains full reports of investigations of safety and effectiveness
505(b)(2)	• 기술기반의약품(개량신약) an application that contains full reports of investigations of safety and effectiveness but where at least some of the information required for approval comes from studies not conducted by or for the applicant and for which the applicant has not obtained a right of reference
505(j)	• 제네릭 an application that contains information to show that the proposed product is identical in active ingredient, dosage form, strength, route of administration, labeling, quality, performance characteristics, and intended use, among other things, to a previously approved product

유럽

★ 유럽은 Directive 2001/83/EC 규정에 따라 의약품의 허가트랙을 크게 5개로 분류하고 있으며 미국보다 세부적으로 복합제 등은 따로 분류하고 있음

| 표 20. 유럽의 허가 트랙 분류 [65] |

Section	의약품 분류
Article 8(3)	Full Application(신약)
Article 10	Generic, Hybrid or similar biological application(제네릭, 기술기반의약품(개량신약), 바이오시밀러) • Hybrid application - where the strict definition of a 'generic medicinal product' is not met - where the bioavailability studies cannot be used to demonstrate bioequivalence - where there are changes in the active substance(s), therapeutic indications, strength, pharmaceutical form or route of administration of the generic product compared to the reference medicinal product
Article 10a	Well-Established use application(문헌 등으로 검증된 적응증 추가)
Article 10b	Fixed combination application(복합제)
Article 10c	Informed consent application(위임형 제네릭)

파머징 국가

★ 파머징 시장의 대부분 국가는 기술기반의약품에 대한 허가규정 미비함. 파머징 국가들 중 태국은 기술기반의약품이 별도 분류되어 있으나 이를 제외한 ASEAN, 중남미, 중동 대부분의 국가들은 기술기반의약품에 대한 정의 및 허가 트랙이 명확하지 않음

| 표 21. 주요 파머징 국가의 허가신청시 의약품 분류 |

국가	의약품 분류
브라질 [66]	1) New synthetic drugs, 2) Generic drugs, 3) Similar drugs, 4) Potentized medicines, 5) Specific medicines, 6) Notified medicines, 7) OTC drug, 8) Herbal medicines, 9) Medicinal gases, 10) biologic products, 11) Radiopharmaceuticals
인도네시아 [67]	1) New Drugs and Biological Products, 2) Copy Drugs, 3) Other preparations containing drugs
베트남 [68]	1) New Modern drugs, vaccines, antibody containing sera, biologics, 2) generic drugs
태국 [69]	1) New Drugs (New Chemical Entities, New Indication, New Combination, New Delivery System, New Route of Administration, New Dosage Form, New Strength), 2) Generic Drugs
러시아 [70]	1) originator medicinal products, 2) generic medicinal products, 3) new combinations of previously registered medicinal products, 4) new dosage forms or new dosage rates of previously registered medicinal products

규제적 한계

★ 미국, 유럽, 한국 등 제약 선진 국가들은 505(b)(2), Hybrid Medicine, 개량신약 등 TBM을 위한 별도의 규정들이 마련되어 허가신청시 세부적인 가이드라인을 제공하고 있으나 파머징 국가들은 미비한 규정으로 인해 해당 국가에 허가 신청시 신약 트랙으로 진행해야 할 가능성이 높으므로 선진국 대비 높은 수준의 자료가 요구될 가능성이 있음

★ 규정이 미비한 파머징 국가에서 개개의 제약바이오업체가 직접 규제 당국과 TBM을 위한 허가적 기반 마련을 논의하기는 어려우므로 국가 차원의 지원이 필요

5. 결론 및 제언

★ 국내 제약바이오산업은 내수시장 위주의 한계 극복을 위해 글로벌 시장 진출을 위한 신속성장 동력을 확보해야 함

★ TBM 기술은 상대적으로 짧은 개발기간과 기술의 플랫폼화로 다양한 의약품에 적용할 수 있는 장점이 있어 글로벌 진출 성장동력이 될 수 있음

- TBM기술은 약물전달시스템, 약물개량 기술 등을 중심으로 다양한 기술들이 개발 및 적용되고 있으며, 바이오의약품 시장이 빠르게 성장함에 따라 개량생물의약품으로까지 적용할 수 있는 확장성까지 가져 그 미래가치가 무궁무진함

★ 환자중심의 TBM으로 빠르게 성장하고 있는 아세안, 중동, 중남미, CIS지역 등 파머징 시장에 신속하게 진입하여 글로벌 진출의 교두보를 마련해야 함

- 파머징 시장은 의약품 시장 성장률이 빠르게 확대되고 있지만, 대부분의 의약품을 선진국에서 수입하고 있는 상황으로 상대적으로 큰 의료비 부담을 경감해야하는 수요가 있음
- 기존 약물의 약효 증대, 환자의 복용 편리성 증대 등 환자중심 수요기반의 고부가가치 TBM의 개발로 파머징 시장으로의 신속한 진입이 필요함

★ TBM의 글로벌 진출은 인허가 규제, 전략적 지적재산권 확보 및 관리, 현지 임상개발 및 사업화 경험 부족 등으로 인한 장벽이 높아 정부의 연구개발 및 정책적 지원 등 민관협업을 통한 우수성공사례 발굴이 필요한 시점임

[참고문헌]

1. The Controlled Drug Delivery Systems: Past Forward and Future Back, Kinam Park, 2015.09.28., Journal of Controlled Release

2. 제약기업들 '수출비중' 3년째 위축…수출액은 늘어, 김창원 기자, 2020.04.08., 메디파나 뉴스

3. 약제학회 기술자문단

4. Generics Market: Focus on Value-Added Medicines / Supergenerics, 2019-2030, Roots Analysis, 2019.10.

5. 서방성 진통제 평가 가이드라인, 2007.05., 식약처

6. Generics Market: Focus on Value-Added Medicines / Supergenerics, 2019-2030, Roots Analysis, 2019.10.

7. 대원제약

8. 렉스팜텍

9. '들썩이는 위식도역류질환 치료제 시장 세대교체 본격화, 이순호 기자, 2021.02.16., 헬스코리아뉴스

10. 'SK케미칼, 실로스타졸-은행잎복합제 서방정 최초 허가', 이소구 기자, 2020.03.25., 파마투데이

11. '동아ST, 한번 더 작아진 슈가메트 서방정 5/1,000㎎ 출시', 이소구 기자, 2020.12.02., 파마투데이

12. '더 작게 더 먹기 쉽게 의약품 제형 바꾸기 바람', 민승기 기자, 2019.06.20., 머니투데이

13. '더 작게 더 먹기 쉽게 의약품 제형 바꾸기 바람', 민승기 기자, 2019.06.20., 머니투데이

14. '패치형 에이즈치료제 나올까? 삼진제약, 새 약물전달 기술 개발', 조문술 기자, 2011.10.31., 헤럴드경제

15. www.noven.com/secuado/

16. '아이큐어, 도네페질 패치제 품목허가 목전, 글로벌 진출 잰걸음', 곽예지 기자, 2021.08.05., 이코노믹리뷰

17. '동아 치매패치제, 장기부착 안전성시험 식약처와 협의 진행', 2021.08.17., e-의료정보

18. '서울제약·화이자, 필름형태 비아그라 '66억'계약', 김경선 기자, 2012.11.21., 메디컬투데이

19. '씨티씨바이오, 메나리니와 필름형 씨알리스 한국 판권 계약', 한민수 기자, 2014.12.03., 한경닷컴

20. '물 없이 먹고 복용 횟수 줄인 금연치료제 만든다', 송연주 기자, 2021.04.15., 뉴시스

21. Generics Market: Focus on Value-Added Medicines / Supergenerics, 2019-2030, Roots Analysis, 2019.10.

22. 유한양행

23. '우신라보타치, 세계 최초 인슐린 구강점막필름 개발', 박새롬 기자., 2021.06.04., 머니투데이

24. https://bio-synectics.com/business-area-model/

25. '휴온스, 나노복합점안제 식약처 품목허가 신청', 장종원 기자, 2020.07.01., 바이오스펙테이터

26. https://www.samyangbiopharm.com/ProductIntroduce/injection00

27. '에스엔바이오, 나노항암제 美 1상 승인', 장종원 기자, 2020.06.16., 바이오스페게이터

28. Generics Market: Focus on Value-Added Medicines / Supergenerics, 2019-2030, Roots Analysis, 2019.10.

29. 동국제약

30. 티온랩테라퓨틱스

31. '펩트론의'스마트데포'검증된 기술력, 그 다음은?', J. Ryang, 2016.08.26., 바이오스펙테이터

32. '김주희 인벤티지랩 대표 "mRNA 백신의 핵심, LNP 제조기술 확보"', 왕해나 기자, 2021.07.01., 팜이데일리

33. '비씨월드제약"약물전달시스템 분야에서 인정 받겠다", 이병희 기자, 2014.12.12., 조선비즈

34. G2GBIO 기업 소개 자료

35. https://www.kup.co.kr/research/introduce/skill06.htm

36. '종근당의 미래... 면역항암제 등 신약-개량신약 가능성 풍부', 엄태선 기자, 2021.7.22., 뉴스더보이스

37. '한미약품 신약기술 랩스커버리 6조원 규모 기술수출 대박', 김대성 기자, 2015.11.26., 글로벌이코노믹

38. www.drugs.com

39. Approval Package for: APPLICATION NUMBER:19-813/S044', CDER, 2009.7.31., FDA

40. https://www.zosanopharma.com/

41. 'NEXT ROUND 바이오베터 국내사 시장선점 드라이브', 양영구 기자, 2018.10.30., 메디컬옵저버

42. 'NEXT ROUND 바이오베터 국내사 시장선점 드라이브', 양영구 기자, 2018.10.30., 메디컬옵저버

43.'NEXT ROUND 바이오베터 국내사 시장선점 드라이브', 양영구 기자, 2018.10.30., 메디컬옵저버

44.'삼천당제약 경구용 인슐린, 연내 임상착수 목표', 김진구 기자, 2021.3.26., 데일리팜

45.'삼천당제약, 중국 통화동보제약과 먹는 인슐린 임상조건 합의', 2021.08.02., 박인혁 기자, 한경닷컴

46.'디앤디파마텍, 단백질의약품 경구투여 제품화 기술 개발 착수', 정현정 기자, 2020.08.24., 전자신문

47. 1차년도 시장·기술 분석 보고서 바이오개량기술 및 바이오베터, KPBMA, 2020.12.

48.1차년도 시장·기술 분석 보고서 바이오개량기술 및 바이오베터, KPBMA, 2020.12.

49. '미FDA, 디지털 알약 첫 승인 의학적 빅 브러더 우려', 박상주기자, 2017.11.14., 뉴시스

50.'기븐이미징, 필캠 콜론 미국 FDA 승인 획득', 윤현세 기자, 2014.02.04., 데일리팜

51. '우리 몸의 방귀를 추적하는 알약 나왔다', 이정현 미디어연구소, 2018.1.10., ZDNet Korea

52.'바늘 공포증도 걱정 끝, 삼키면 끝나는 알약 주사 로봇', 2021.04.08., 로봇신문

53.'3D 프린팅 의약품, 차별화된 제형 개발이 필수 성공 요건', 홍유식 기자, 2021.05.14., 보건뉴스

54.의약품의 허가·신고·심사규정

55.IMS Health, 한국제약바이오협회 홈페이지 산업개괄

56.'19년 국내 의약품·의약외품 생산, 수출 및 수입 현황, 식품의약안전처, 2020년

57. 한국보건산업진흥원 보도자료 2021년 3월 10일 배포

58.Generics Market : Focus on Value-Added Medicines/Supergenenrics, 2019-2030, Root Analysis

59. IMS Health

60.유엔인구기금(UNFPA), 아세안-코리아 센터

61. 1차년도 시장기술 분석 보고서 : 바이오개량기술 및 바이오베터(한국제약바이오협회, 2021)

62. Transparency Market Research, 2017

63. Grand View Research, 2017

64. Applications Covered by Section 505(b)(2), FDA, 1999.07.20., Guidance for Industry

65. pre-authorisation procedural advice for users of the centralised procedure, EMA, 2021.7.23.

66. ANIVISA 브라질 식약처 homepage

67. PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS OBAT DAN MAKANAN REPUBLIK INDONESIA, 2011, BPOM

68. NOMOR HK.03.1.23.10.11.08481, VFDA, 2014.11.25.

69. Drug regulation in Thailand, Thai FDA, 2017.08.03.

70. On Circulation of Medicines., Russian government, 2010.04.12., Federal Law of the Russian Federation No.61-FZ

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
재단법인 한국혁신의약품컨소시엄	• 글로벌 진출형 제형기술기반 개량의약제품 개발	• 아세안, 중동, CIS, 중남미 등 타겟지역에서의 임상 수행 지원 및 기업간 협업을 통한 혁신기술 플랫폼 구축 수행 등	2021.04 - 2024.12
대원제약	• 중남미와 아세안 시장 진출을 위한 환자맞춤형 약물방출조절(물질 구조개선 서방화 기술) 개량의약제품 기술개발	• 진통제, 경구용 항응고제 등 제제연구 및 타겟 지역별 원료의약품 생산, 비임상 등 수행	2021.04 - 2024.12
동국제약	• 중동과 아세안 시장 진출을 위한 환자맞춤형 약물방출조절(지속성 주사기술) 개량의약제품 기술개발	• 펩타이드 장기지속형 주사제 제형 연구, 주사제형 분석법 및 기시법 설정 및 비임상 평가 등	2021.04 - 2024.12
유한양행·애드파마	• CIS지역과 아세안 시장 진출을 위한 약효 및 생체효율 증진 나노기반 개량의약제품 기술개발	• 생체이용률이 증진된 리바록사반 제제의 우즈베키스탄 임상 및 나노에멀전/ 이온도입기술 적용 인슐린 구강점막 필름 임상 연구 등	2021.04 - 2024.12

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향

| 저자 | **고재진 스마트제조PD** / KEIT
황동준 선임 / KEIT

SUMMARY

차세대 임베디드SW 시장경쟁 및 우리 산업 지능화를 위한 임베디드 인공지능 기술맵 도출

★ 임베디드시스템은 인공지능 기능을 내장한 지능 부품·장비 개발 단계에 진입

★ 임베디드 인공지능은 제한된 하드웨어에서 최적의 성능을 구현하기 위하여, 데이터처리, 인공지능 엔진, 응용 관리 등 모든 내용이 일반 인공지능과 차이남

★ 임베디드 인공지능의 구성, 기능, 역할에 따라 시스템SW, 응용SW, 개발환경SW로 나누어 기술맵을 도출함

시사점 및 정책제안

★ 산업현장에서 요구되는 임베디드 인공지능 기술에 대한 투자확대 필요

★ 산업 현장에서 요구되는 인공지능 수준, 데이터 종류, 비용제한 등 상황에 따라 필요한 임베디드 인공지능 SW 기술확보를 위한 체계적인 접근 필요

★ 임베디드 인공지능 기술확보와 더불어 개발환경에 대한 투자 필요

1. 개요

임베디드 인공지능 SW 개요

★ (정의) 인공지능을 기반으로 하는 산업지능*(Industrial AI)을 산업기기의 센서·부품·장비에 내장하여 기존 하드웨어에 효율화 및 생산성을 극대화하는 임베디드SW 기술

* (산업지능) 산업 현장에서 데이터의 실시간 수집·분석·처리·제어 기능을 구현하여 상품·서비스의 고부가가치화 및 제조공정 혁신 등의 효과 창출하는 것

★ (범위) 산업 전반에 활용되는 센서·부품·장비에 활용

- 가치사슬 : [시스템반도체 – 임베디드SW – 센서·부품·장비 – 시스템]

| 그림 1. 임베디드 인공지능 SW 적용범위 |

★ (역할) 정부의 디지털뉴딜, 디지털기반 산업 혁신성장 전략 추진의 기반기술로서 인공지능·빅데이터의 산업적용을 위한 핵심역할

★ (한계) 인공지능 활용을 위해 요구되는 기술수준이 높아짐에 따라 산업현장의 중소중견기업들이 기술 확보에 어려움이 많음

- 기술, 인력, 인프라 부족으로 중소중견기업들의 AI기술 확보에 어려움 多

임베디드 인공지능 SW 기술맵 개요

★ (정의) 향후 기술개발 투자를 통하여 확보해야할 임베디드 인공지능 SW의 정의, 역할 그리고 연관관계 등을 도출하여 기술개발 추진 방향 설정에 활용

★ (범위) 경량 임베디드 인공지능 엔진, 데이터 처리 모듈에서 응용SW 및 개발환경SW까지 임베디드 인공지능 SW의 모든 영역을 포함

- SW의 역할 및 응용분야에 따라 타 사업과의 연계를 포함하여 요구되는 기술을 넓게 포함함

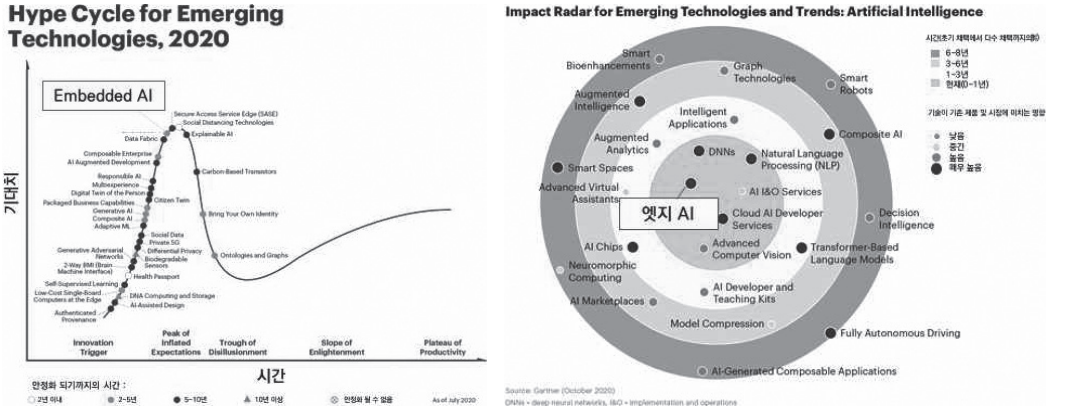
2. 산업동향

기술동향

★ 산업부품·장비에 D·N·A기술을 내장하여, 데이터 실시간 처리 및 인공지능 제어기능·서비스 기술에 대한 요구사항 확대

- 시장조사기관 Gartner는 임베디드 인공지능에 대한 시장의 기대가 커짐에 따라 향후 2~5년 이내 상당한 기술 발전을 이룰 것으로 전망

- 지능형 사물기기 증가에 따라 임베디드 인공지능(Embedded AI)에 대한 시장의 관심과 기술개발 노력 확산

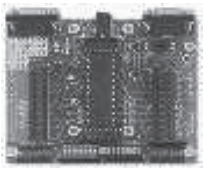


| 그림 2. (좌) Hype Cycle for Emerging Technologies, (우) Artificial Intelligence Emerging Technologies Radar |

★ 임베디드시스템은 인공지능 기능을 내장한 지능 부품·장비 개발단계에 진입

- 현재 고성능 멀티코어 AP를 활용한 고성능 지능형 SW기술이 적용, 향후 인공지능 기술을 활용한 인공지능 내장 임베디드시스템 적용확대 전망
- 3세대 스마트 디바이스의 고도화 추세에 따라 선후발 국가간 기술격차가 벌어지고 있으며, 산업응용 생태계 주도권 경쟁 심화

| 표 1. 임베디드시스템 발전동향 |

1세대(~2000) 단순제어 디바이스	2세대(2000~2008) 내장형 디바이스	3세대(2009~2018) 고성능 스마트 디바이스	4세대(2018~) 지능인지 디바이스
기계·장비 제어시스템	내장형 PC	스마트 기기	인공지능 기기
HW : 마이크로 컨트롤러	HW : 경량 프로세서	HW : 멀티코어 AP	HW : 인공지능 프로세서
			
엘리베이터	셋탑박스	스마트폰	자율주행자동차

산업동향

★ 국내외 기업들은 자사 경쟁력 확보를 위해 산업지능화에 필요한 인공지능 기술개발 및 인력 확보에 주력

- (국내현황) 대기업을 중심으로 뒤쳐진 인공지능 원천기술 확보에 힘쓰고 있으나, 주력산업 적용을 위한 응용기술 투자에는 한계
- 삼성, 현대차, LG전자 등 대기업들은 인공지능 기술 및 인력확보를 위해 기업의 사활을 걸고 대규모 투자를 진행 중

| 표 2. 국내 주요기업의 산업지능화 기술동향 |

삼성전자	• (미) 실리콘밸리와 뉴욕, (영) 켐브리지, (캐) 토론토와 몬트리올, (러) 모스크바 등에 AI센터를 설립하고 글로벌 인재확보 및 인공지능 기술개발에 집중 투자 - 코베리언트.AI, 언바벨, 인튜이션 로보틱스 등 우수한 AI 스타트업 인수
현대차	• AI 전문 연구조직 에어랩(AIR Lab)을 신설하고, 6대 AI 전략과제인 생산 효율화, 프로세스 효율화, 고객 경험 혁신, 미래 차량 개발, 모빌리티 서비스, 서비스 비즈니스 관련 연구 수행 중 - (미) 퍼셉티브 오토마타, (중) 딥글린트, (이스) 알레그로.ai 등에 전략 투자
전자	• (캐) 토론토, (미) 실리콘밸리, (러) 모스코바, (인) 벵갈로르에 AI 연구소 및 전담 조직 설립 - (캐) 토론토大, (미) 카네기멜론大, 카이스트大, 성균관大 등과 협력하여 AI 솔루션 개발 및 전문인력 육성에 힘쓰고 있음

- (국외현황) 글로벌 선도기업은 인공지능 전문기업과 산업 선도기업이 협력하여 산업현장에서의 지능서비스 적용확대 추진 중
- 인공지능 원천기술 확보 및 산업 플랫폼 기술경쟁이 대규모 데이터 분석에서 실시간 데이터 대응으로 진화 → 지능의 내재화를 위한 투자 증가

| 표 3. 글로벌 주요기업의 산업지능화 기술동향 |

독일 Siemens Mindsphere, SAP Leonardo 등	제조 특화 플랫폼을 이미 상용화 중 ❶ 인공지능을 내장한 생산설비로부터의 데이터 수집과 데이터 분석 결과가 바로 생산라인에 적용되는 클라우드-엣지 서비스 구축 ❷ 데이터 전문가가 부족한 제조기업을 고려한 쉬운 분석 및 시각화 지원
MS, BMW 그룹	스마트 팩토리 솔루션을 공유를 위한 개방형 제조 플랫폼 출시 ❶ 자동차 및 제조 부문에서 스마트 팩토리 솔루션을 공유 ❷ 미래의 산업 IoT 개발을 가속화하고 기술확산을 위한 개방형 커뮤니티 운영
NVIDIA	자사의 임베디드 인공지능 플랫폼에 구글의 메타 플랫폼 기술 적용 추진 중 ❶ 임베디드 인공지능 모듈의 성능향상에 따라 다양한 서비스 동시지원 가능 ❷ 수많은 산업분야에 손쉽게 적용하고, 제품의 유지·개선을 손쉽게 가능

3. 임베디드 인공지능 SW 기술맵

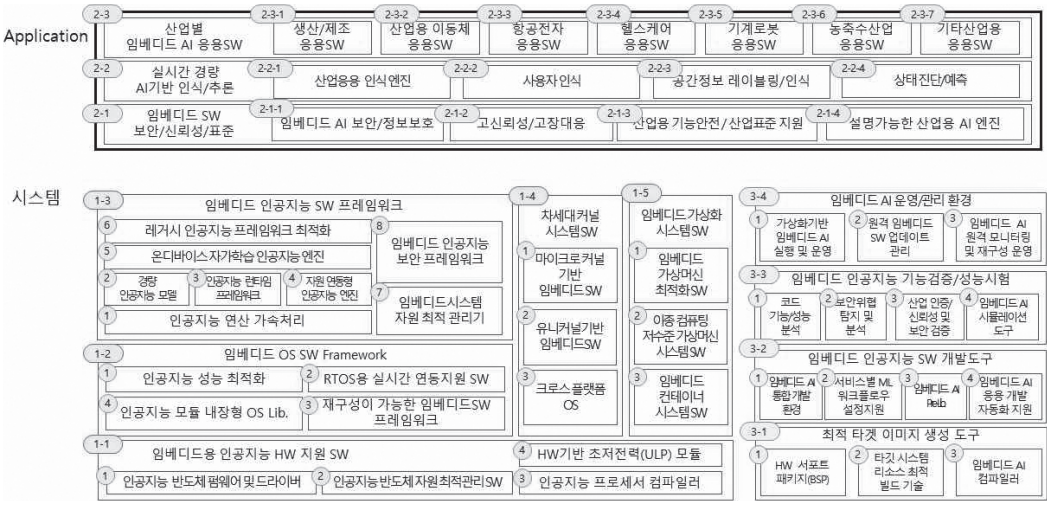
임베디드 인공지능 SW 기술맵 구성

★ 임베디드 인공지능 SW의 역할, 기술범위, 목적에 따라 시스템SW기술, 응용SW기술, 개발환경SW 기술로 구분

- 기존 임베디드SW 기술을 포함하되, 신규로 확보해야할 임베디드 인공지능 기술 중심으로 기술맵 구성

  ※ 향후 개발되어질 인공지능 가속 하드웨어를 감안하여 최적화 SW를 추가

- 신규 확보하고자 하는 경량 인공지능 기능을 시스템SW, 응용SW, 시험/검증SW 부분으로 나누어 구분
- 기술과 인력 부족으로 임베디드 인공지능 SW 활용에 어려움을 크게 겪고 있는 산업이슈를 반영하여, 개발환경SW 부분을 추가



| 그림 3. 임베디드 인공지능 SW 기술맵 |

★ 임베디드 인공지능 시스템SW 기술

- (기술 정의) 산업 부품·장비의 하드웨어를 제어하고 응용SW를 구현하기 위한 임베디드SW 핵심기술로서, 인공지능 내재를 위한 경량화·최적화 기술
- (기술 범위) 기존 산업용 부품·장비와 차세대 인공지능 반도체 등 임베디드 HW의 성능을 높이고, 다양한 인공지능 기능을 제공하기 위한 펌웨어, 운영체제, 인공지능 라이브러리 등 임베디드 시스템SW를 포함
- (필요성) 기존의 인공지능 기술은 대형 시스템기반 인공지능 기술에 집중되어, 산업현장에 인공지능 적용을 위한 임베디드 AI 엔진기술에 대한 기술확보 필요

★ 임베디드 인공지능 응용SW 기술

- (기술 정의) 산업 지능화 및 고부가가치화를 위해 산업별 특성에 맞춰 최적화된 산업용 지능부품 및 장비에 적용 가능한 임베디드 인공지능 공통 기술 개발

  ※ 지능 부품·장비에 필요한 임베디드SW 신뢰성/안전성 확보 및 쉬운 적용, 개발 기간/비용 최소화를 위한 사업화기술 개발

- (기술 범위) 스마트제조, 무인이동체, 로봇, 헬스케어 등 산업별 임베디드 인공지능 적용 사업화를 위한 지능부품·SW 기술 개발

  ※ 다양한 산업에 공통으로 적용 가능한 산업용 임베디드 인공지능기술 포함

- (필요성) 임베디드 인공지능 SW 개발자의 부족으로 다양한 산업에 인공지능 적용에 어려움이 많아, 산업현장에서 공통적으로 활용 가능한 응용SW 기술확보 필요

★ 임베디드 인공지능 개발환경SW 기술

- (기술 정의) 사업화 기술과 핵심요소기술을 더 쉽고 빠르며 정확하게 필요한 분야에 적용이 가능할 수 있도록 기술이 필요한 기업에 공용 SW 개발도구 및 인증 등의 개발환경지원 기술
- (기술 범위) 인공지능 임베디드SW를 개발하고 운영하는 모든 영역을 포함하며, 연구개발 활동의 개발, 통합, 시험, 검증, 운영에 해당하는 영역을 기술 범위로 설정
- (필요성) 매번 다른 응용 제품 개발마다 SW개발 환경 구축에 어려움이 크고, SW의 성능/안전 검증에 대한 요구사항이 높아지는 추세에 대비, 기술과 인력이 부족한 기업들이 손쉽게 개발할 수 있는 개발환경 기술확보 필요

임베디드 인공지능 시스템SW 기술

★ 임베디드 인공지능 SW의 핵심기술로서 인공지능 기술을 임베디드 시스템에 내재하기 위한 시스템SW 기술

- 임베디드 인공지능 시스템SW는 임베디드용 인공지능 HW지원 SW, 임베디드 OS SW 프레임워크, 임베디드 인공지능 SW 프레임워크, 차세대커널 시스템SW, 임베디드 가상화 시스템SW 등으로 구분

| 표 4. 임베디드 인공지능 시스템SW 중분류 기술정의 |

중분류	기술정의
임베디드 인공지능 HW 지원 SW	인공지능 처리가 가능한 임베디드 CPU, GPU, NPU, DSP, FPGA 등 컴퓨팅 유닛의 기능을 상위의 SW가 활용할 수 있도록 지원하는 펌웨어, BSP, 컴파일러 등 SW 기술
임베디드 OS SW Framework	넓고 다양한 스펙트럼의 임베디드 인공지능 HW의 기능을 활용하여 임베디드 인공지능 응용의 최적 실행을 지원하는 OS(운영체제) 기술
임베디드 인공지능 SW 프레임워크	서버와 데스크톱PC 대비 제한된 임베디드 컴퓨팅 환경의 자원을 최적 활용하여 인공지능 응용의 실행을 가능하게 하거나, 성능을 가속화하여 임베디드 인공지능 응용의 최적 실행을 지원하는 SW 프레임워크 기술
차세대커널 시스템SW	자율사물 등 다가오는 미래산업의 공통 핵심 기능으로 활용가능하고, 전세계적으로도 연구의 초기에 있어 기술 선점이 가능하며, 기술 확보시 파급효과가 큰 차세대 시스템SW 기술
임베디드 가상화 시스템SW	임베디드 시스템의 안정성, 신뢰성, 보안성, 응용 호환성 등을 파티셔닝 기법으로 지원하기 위한 컨테이너, 가상머신 등의 가상화 시스템SW 기술

★ 임베디드 인공지능 HW지원 SW

- 앞으로 출시되는 인공지능 특화 하드웨어 성능을 최대 활용가능하고, 최적화 할 수 있도록 지원하는 SW
- 인공지능 반도체 펌웨어 및 드라이버, 인공지능 반도체 자원 최적관리 SW, 인공지능 프로세서 컴파일러, HW기반 초저전력(ULP) 모듈 등으로 구분

| 표 5. 임베디드 인공지능 HW지원 SW 소분류 기술정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 인공지능 HW 지원 SW	인공지능 반도체 펌웨어 및 드라이버	인공지능 반도체 HW 지원 위한 펌웨어, 디바이스 드라이버 및 BSP(Board Support Package) 기술
	인공지능 반도체 자원 최적관리 SW	인공지능 반도체의 자원 최적 관리 위한 프리미티브 SW 기술
	인공지능 프로세서 컴파일러	인공지능 프로세서를 위한 컴파일러 기술
	HW기반 초저전력(ULP) 모듈	HW 수준의 초저전력(ULP) 모듈 기술

★ 임베디드 운영체제(OS) SW 프레임워크

- 임베디드 OS에서 인공지능 엔진을 지원하기 위한 SW 프레임워크
- 인공지능 성능 최적화 Lib., RTOS용 실시간 연동지원 SW, 인공지능 모듈 내장형 OS Lib., 재구성이 가능한 임베디드 SW 프레임워크 등으로 구분

| 표 6. 임베디드 OS SW 프레임워크 소분류 기술정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 OS SW Framework	인공지능 성능 최적화 Lib.	데이터를 활용한 인공지능 OS 서브시스템 성능 최적 관리 지원 기술
	RTOS용 실시간 연동지원 SW	인공지능 기능 활용을 위한 RTOS용 실시간성 지원 기술
	인공지능 모듈 내장형 OS Lib	인공지능 기반 내장형 OS 라이브러리 기술
	재구성이 가능한 임베디드 SW 프레임워크	시스템의 최적 적용을 위한 재구성 기능 지원 임베디드 SW 프레임워크 기술

★ 임베디드 인공지능 SW 프레임워크

- 연산 자원이 부족한 임베디드 시스템에서 동작 가능한 경량 임베디드 인공지능 엔진
- 인공지능 연산 가속처리 Lib., 경량 인공지능 모델, 인공지능 런타임 프레임워크, 자원 연동형 인공지능 엔진, 온디바이스 자가학습 인공지능 엔진, 레거시 인공지능 프레임워크 최적화, 임베디드 시스템 자원 최적 관리기, 임베디드 인공지능 보안 프레임워크 등으로 구분

| 표 7. 임베디드 인공지능 SW 프레임워크 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 인공지능 SW 프레임워크	인공지능 연산 가속처리 Lib.	신경망을 구성하는 매트릭스 등 연산 가속화 지원 기술
	경량 인공지능 모델	모델 신경망 처리 대상을 줄이는 기술
	인공지능 런타임 프레임워크	임베디드 인공지능의 원활한 실행과 모델 입출력을 처리하는 기술
	자원 연동형 인공지능 엔진	기존에 학습된 신경망의 파라미터 값을 활용해 새로운 모델 학습 시간을 줄이고 성능은 높이는 기술
	온디바이스 자가학습 인공지능 엔진	인공지능 런타임 프레임워크의 자가학습을 위한 Layer 제공 및 처리 기술
	레거시 인공지능 프레임워크 최적화	서버용 레거시 인공지능 프레임워크의 임베디드 인공지능용 변환 지원 기술
	임베디드 시스템 자원 최적 관리기	시스템 와이드 데이터 기반 자원 최적 관리 지원 기술
	임베디드 인공지능 보안 프레임워크	임베디드 인공지능 시스템의 보안성 향상을 위한 취약성 분석/공격대응/보안모듈 경량화/성능 최적 지원 기술

★ 차세대 커널 시스템SW

- 향후 임베디드 시스템 생태계에 활용도가 높을 것으로 전망되는 차세대 커널 시스템SW
- 마이크로 커널기반 임베디드SW, 유니커널기반 임베디드SW, 크로스 플랫폼 OS 등으로 구분

| 표 8. 차세대 커널 시스템SW 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
차세대 커널 시스템SW	마이크로 커널 기반 임베디드 SW	마이크로커널 구조 기반 플렉서블 임베디드 SW 기술
	유니커널 기반 임베디드 SW	가볍고 빠른 실행을 지원하는 유니커널 구조 기반의 임베디드 SW 기술
	크로스 플랫폼 OS	원 소스 멀티 유즈 가능한 크로스 플랫폼 OS 기술

★ 임베디드 가상화 시스템SW

- 산업현장에서 활용이 증가하고 있는 시스템 가상화를 위한 시스템SW
- 임베디드 가상머신 최적화 SW, 이종 컴퓨터 저수준 가상머신 시스템SW, 임베디드 컨테이너 시스템SW 등으로 구분

| 표 9. 임베디드 가상화 시스템SW 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 가상화 시스템SW	마이크로 커널 기반 임베디드 SW	마이크로커널 구조 기반 플렉서블 임베디드 SW 기술
	유니커널 기반 임베디드 SW	가볍고 빠른 실행을 지원하는 유니커널 구조 기반의 임베디드 SW 기술
	크로스 플랫폼 OS	원 소스 멀티 유즈 가능한 크로스 플랫폼 OS 기술

임베디드 인공지능 응용SW 기술

★ 산업 부품 및 장비에 요구되는 지능적 요소를 바탕으로 보다 안전하게, 보다 쉽게 적용하고, 보다 가격 경쟁력이 있는 품질향상이 가능한 상용화 기술

- 임베디드 SW 보안/신뢰성/표준, 실시간 경량 인공지능기반 인식/추론기술, 산업별 임베디드 인공지능 응용SW 등으로 구성됨

| 표 10. 임베디드 인공지능 응용SW 중분류 기술정의 |

중분류	기술 정의
임베디드 SW 보안/신뢰성/표준	임베디드 인공지능이 내장된 지능부품 및 소프트웨어의사업화를 위하여 필수적으로 요구되는 AI SW의 보안성, 고신뢰성/안전성 및 산업별 표준에 따른 기능안전성을 확보할 수 있는 기술
실시간 경량 AI 기반 인식/추론	산업용 임베디드 시스템 구현에 공통적으로 필요한 인공지능 기반 인식/추론 알고리즘을 임베디드 시스템에 구현 가능한 실시간 경량 인식/추론 엔진 기술로, 이를 기반으로 인식/추론 성능이 확보된 다양한 산업별 어플리케이션의 쉽고 빠른 구현이 가능한 기술
산업별 임베디드 인공지능 응용SW	산업별 장비, 시스템 및 서비스에 실시간 임베디드 인공지능을 적용하고 내재화 하기 위한 임베디드 인공지능 기반 지능부품 및 소프트웨어 기술

★ 임베디드 SW 보안/신뢰성/표준 기술

- 산업적용에 필수적으로 요구되는 신뢰성/보안/표준인증을 위한 임베디드 SW기술
- 임베디드 AI SW 보안 및 정보보호, 고신뢰성 및 고장대응 SW, 산업용 기능안전 및 산업표준 지원 SW, 설명가능한 산업용 AI 엔진 등으로 구분

| 표 11. 임베디드 SW 보안/신뢰성/표준기술 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 SW 보안/신뢰성/표준	임베디드 AI SW 보안/정보보호	AI를 적용하여 임베디드 시스템의 SW에 대한 사이버 보안 공격에 대한 실시간 감지 및 비정상 상태를 예측을 통한 사이버 보안 위협에 사전 대응하고 정보를 보호할 수 있는 기술
	고신뢰성/고장대응 SW	산업현장 데이터를기반으로 임베디드 AI를 적용하여 지능부품 및 임베디드 시스템의 이상징후를 실시간으로 감지하고 대응할 수 있는 고신뢰성 고장진단 및 대응 기술
	산업용 기능안전/산업표준 지원	산업별 국제표준 기반 실시간 통신 네트워크 솔루션 및 제어 시스템 및 AI를 기반한 임베디드시스템의 산업별 기능안전표준 적합성을 검증할 수 있는 기술
	설명가능한 산업용 AI 엔진	산업용 인공지능 기반 시스템의 의사결정에 대한 설명을 제공 및 인공지능 시스템의 장단점을 이해하도록 도와주는 설명 가능한 임베디드 인공지능(eXplainable AI, XAI) 기술

★ 실시간 경량 AI기반 인식 및 추론기술

- 산업 응용 분야에서 많이 활용되는 인식 및 추론 기능을 위한 경량 임베디드 인공지능 공통기술
- 산업응용 인식 엔진, 사용자 인식, 공간정보 레이블링 및 인식, 상태 진단 및 예측 기술 등으로 구분

| 표 12. 실시간 경량 AI기반 인식 및 추론기술 소분류 기술정의 |

중분류	소분류	기술 정의
실시간 경량 AI 기반 인식/추론	산업응용 인식 엔진	다양한 산업별 인식 대상객체에 대한 임베디드 AI기반 실시간 경량 인식이 가능한 SW엔진 및 라이브러리 기술
	사용자 인식	현장상황에 적응하며 임베디드 AI를 기반으로 실시간 경량 멀티사용자 식별, 음성, 행동 및 의도를 인식할 수 있는 기술
	공간정보 레이블링/인식	산업현장 특성을 반영한 임베디드 AI기반 맞춤형 공간정보 인식 및 자동 레이블링 기술
	상태 진단/예측	현장에서 발생하는 고장관련 데이터를 학습하고 임베디드 AI를 기반으로 실시간으로 감지할 수 있는 경량 학습모델, 실시간 시스템 상태 추론, 최적의 유지보수 솔루션 및 진단된 상태를 기반으로 수명을 예측할 수 있는 기술

★ 산업별 임베디드 인공지능 응용SW 기술

- 각 산업별 특성에 맞춰 시장 경쟁력이 높은 응용SW 기술
- 생산 및 제조 응용SW, 산업용 이동체 응용SW, 항공전자 응용SW, 헬스케어 응용SW, 기계로봇 응용SW, 농축수산업 응용SW, 기사 산업용 응용SW 등으로 구분

| 표 13. 산업별 임베디드 인공지능 응용SW기술 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
산업별 임베디드 인공지능 응용SW	생산/제조 응용SW	현장데이터를 기반으로 학습된 추론모델을 통하여 실시간으로 현재 생산제조 장비및 시스템의 고장, 비정상 상태, 위험상황 판단 등 실시간 AI추론 모델이 기존스마트 생산제조 장비, 공정시스템 레거시 시스템SW에 통합.운영할 수 있는 SW 기술
	산업용 이동체 응용SW	산업용 이송장비 등 산업용 이동체를 위한 임베디드 AI기반 실시간 환경인지, 경로생성 및 주행 제어 등의 SW 기술
	항공전자 응용SW	다목적 초소형 플라잉카 등 항공전자 시스템을 위한 임베디드 AI기반 장애물 회피, 자율비행 제어 등의 SW 기술
	헬스케어 응용SW	사용자의 헬스정보를 임베디드 AI 시스템을 기반으로 실시간으로 획득하고, 학습된 추론 모델에 의해 실시간 추론을 수행할 수 있는 SW기술
	기계로봇 응용SW	지능형 생산장비, 로봇의 레거시 제어시스템에 연동 및 적용 가능한 실시간으로 변화하는 주변 객체/환경에 대한 자율적 모션 및 작업 생성 및 통합 AI 추론 어플리케이션을 설계,구현할 수 있는 SW 기술
	농축수산업 응용SW	스마트 축사, 농장, 양어장 등을 관리 운영 및 가축, 작물, 수산물의 생장, 병충해 등 상태을 예측하고 이에 대한 관리를 AI기반으로 수행할 수 있는 임베디드 SW 기술
	기타산업용 응용SW	비대면 교육, 트레이닝, 현장 작업자의 안전 위협에 대한 사전위협 감지 등 다양한 산업에 필요한 임베디드 AI SW 기술

임베디드 인공지능 개발환경SW 기술

★ 사업화기술과 핵심기술을 더 쉽고 빠르고 정확하게 필요한 분야에 적용이 가능할 수 있도록 성장지원이 필요한 기업에 공용 SW 개발도구 및 인증 등의 개발환경지원 기술

- 최적 타겟 이미지 생성 도구, 임베디드 인공지능 SW 개발도구, 임베디드 인공지능 기능검증/성능시험, 인공지능 SW 프레임워크 등으로 구분

| 표 14. 임베디드 인공지능 개발환경SW 기술 중분류 기술정의 |

중분류	기술 정의
최적 타겟 이미지 생성 도구	임베디드AI 프로세서와 여러 페리페럴로 구성된 임베디드 시스템 하드웨어에 최적화된 실행파일을 생성하는 도구기술
임베디드 인공지능 SW 개발도구	개발자가 임베디드 인공지능 SW를 개발을 쉽고 빠르게 할수있도록 지원하는 SW개발 도구
임베디드 인공지능 기능검증/성능시험	개발자가 개발한 임베디드 인공지능 SW의 신뢰성과 안전성을 위해 기능을 검증하고 성능을 시험할수 있도록 지원하는 도구
인공지능 인공지능 운영/관리 환경	임베디드 인공지능 SW가 사용되는 환경에서 기능과 성능을 고도화하고 최적화 상태로 운영하기 위한 운영/관리 기술

★ 최적 타겟 이미지 생성도구

- 임베디드 시스템 타켓 하드웨어에 따라 적절한 Lib.를 제공하여 손쉬운 개발환경 구축을 지원하는 기술
- 하드웨어 서포트 패키지, 타깃 시스템 리소스 최적 빌드 기술, 임베디드 AI 컴파일러 등으로 구분

| 표 15. 최적 타겟 이미지 생성도구 기술 소분류 기술정의 |

중분류	소분류	기술 정의
최적 타겟 이미지 생성 도구	HW 서포트 패키지(BSP)	HW 서포트 패키지(board support package, BSP)는 임베디드 시스템 하드웨어를 동작시기키 위해 필요한 SW기술로 실시간 운영 체제를 로드하기 위한 최소한의 장치를 지원하고, 하드웨어 보드의 장치를 위한 디바이스 드라이버를 포함
	타깃 시스템 리소스 최적 빌드 기술	개발자가 코딩한 소스코드를 타깃 시스템 리소스에 최적화된 실행파일로 변환하는 기술
	임베디드 AI 컴파일러	AI 하드웨어에 최적화된 컴파일러로 인공지능 컴파일러는 유향 비순환 그래프(DAG : Directed Acyclic Graph)로 표현된 CNN, DNN 등의 뉴럴 네트워크를 하드웨어 명령어 집합(InstructionSet)으로 변환하는 기술로 그래프의 최적화, 하드웨어별 자원 할당 및 분배 기술을 포함

★ 임베디드 인공지능 SW 개발도구

- 손쉽게 임베디드 인공지능 SW를 개발하기 위한 개발환경 기술
- 임베디드 AI 통합개발환경, 서비스별 머신러닝 워크플로우 설정지원, 임베디드 AI Pre-Lib., 임베디드 AI 응용 개발 자동화 지원 등으로 구분

| 표 16. 임베디드 인공지능 SW 개발도구 기술 소분류 기술정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 인공지능 SW 개발도구	임베디드 AI 통합개발환경	개발자가 임베디드 인공지능 응용SW를 쉬게 개발하기위한 개발 지원 기술로 인공지능 코딩, 디버그, 컴파일, 배포 등 프로그램 개발에 관련된 모든 작업을 하나의 프로그램 안에서 처리하는 환경을 제공하는 소프트웨어
	서비스별 ML 워크플로우 설정지원	서비스 응용에 따른 머신러닝 모델 개발을 위한 일련의 과정 중에 머신러닝 파라미터 설정을 지원하는 기술
	임베디드 AI Pre-Lib	임베디드 인공지능 응용을 쉽게 개발하기 위한 기반/핵심 라이브러리 기술
	임베디드 AI 응용 개발 자동화 지원	개발자가 임베디드 인공지능 응용SW를 쉽게 개발하기위한 개발 자동화 기술로 코딩없이 애플리케이션 위저드를 통해 응용개발을 지원하는 기술

★ 임베디드 인공지능 기능검증 및 성능시험 기술

- 산업적용에 필수적으로 요구되는 신뢰성/보안/표준인증을 개발단계에서 손쉽게 지원하기 위한 기술
- 코드 기능 및 성능 분석, 보안위협탐지 및 분석, 산업 인증 및 신뢰성 검증, 임베디드 AI 시뮬레이션 도구 등으로 구분

| 표 17. 임베디드 인공지능 기능검증 및 성능시험 기술 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 인공지능 기능검증 및 성능시험	코드 기능/성능 분석	임베디드 인공지능 응용 SW의 기능을 테스트하고 성능을 분석하는 기술
	보안위협탐지 및 분석	임베디드 인공지능 응용 SW의 보안위협을 탐지하고 분석하는 기술
	산업 인증/신뢰성 및 보안 검증	산업별 인증과 SW의 신롸성 및 보안을 검증 시험하는 기술
	임베디드 AI 시뮬레이션 도구	임베디드 인공지능 SW 테스팅을 위해 발생할수있는 다양한 환경과 상황을 모사하여 검증을 수행하기 위한 시뮬레이션 기술

★ 임베디드 인공지능 운영 및 관리환경 기술

- 산업적용에 필수적으로 요구되는 신뢰성/보안/표준인증을 위한 임베디드 SW기술
- 가상화기반 임베디드 AI 실행 및 운영, 임베디드SW 원격 업데이트 관리, 임베디드 AI 원격 모니터링 및 재구성 운영 등으로 구분

| 표 18. 임베디드 인공지능 운영 및 관리환경 기술 소분류 기술 정의 |

중분류	소분류	기술 정의
임베디드 인공지능 운영 및 관리 환경	가상화 기반 임베디드 AI 실행 및 운영	임베디드 시스템 하드웨어에 종속된 리소스를 효율적으로 사용하기위해 논리적인 객체로 추상화하여 임베디드 인공지능 SW를 실행시키고 관리하는 기술
	임베디드 SW 원격 업데이트 관리	임베디드 인공지능 모듈의 SW를 원격에서 업데이트 하고 관리하는 기술
	임베디드 AI 원격 모니터링 및 재구성 운영	임베디드 인공지능 모듈을 원격에서 모니터링하고 환경이나 응용에 따라 재구성하여 최적화 운영하는 기술

5. 기대효과 및 시사점

기대효과

★ (기술확보 추진방향 설정) 내장형 인공지능 기술을 기반으로 임베디드SW 전문기업의 경쟁력 강화를 위한 임베디드SW 핵심기술 확보 추진방향 설정

- 우리 임베디드SW 산업 생태계의 고유 기술로 글로벌 시장을 선점할 수 있는 핵심요소 기술개발 추진

★ (주력산업 경쟁력 제고) 우리산업 환경에 맞춰 센서·부품·장비의 스마트화에서 지능화로 전환 촉진

- 빠른 산업 적용 및 사업화를 타겟으로 업종별 조건*에 따른 맞춤식 지능 부품·장비 기술 개발 → 적용사례 조기 창출

  * 산업현장의 필요기능, 기존 장비와의 융합성, 추가되는 비용 및 창출 부가가치 등

- 지능형 반도체, 스마트 센서 등 연관 사업과의 협력 체계를 구축하고, 지능기반 신산업제품을 목표로 부가가치 효과 높은 기술 우선 발굴

★ (시장 도전기업 참여 확대) 전문기업의 부족한 인력 및 자원을 해결하기 위한 손쉬운 개발환경, 신뢰성 검증, 산업현장 운영관리 기술 등 지원

- 시장 참여기업 확대를 위한 개발환경의 진입장벽을 낮추고, 신뢰성 검증을 지원하여 기업의 Track Record 확보에 기여
- 임베디드 지능장비 운용비용 감소를 지원하는 산업현장의 운영관리 기술 지향

시사점

★ 산업현장에서 요구되는 임베디드 인공지능 기술에 대한 투자확대 필요

- 기존 정부의 인공지능 기술투자는 대형 시스템기반의 고성능 인공지능 기술에 초점이 맞추어져 있음
- 반면, 산업현장에서 요구되는 인공지능 기술은 저렴한 비용으로 필요한 지능을 제공하는 맞춤형 인공지능 기술이 대부분
- 산업현장의 임베디드SW 기업들은 기술과 인력의 부족으로 인공지능 기술확보를 위한 투자에 어려워해, 이에 대한 정부의 투자 확대 필요

★ 산업 현장에서 요구되는 인공지능 수준, 데이터 종류, 비용제한 등 상황에 따라 필요한 임베디드 인공지능 SW 기술확보를 위한 체계적인 접근 필요

- 임베디드 인공지능은 성능에 제한적인 하드웨어에서 최적의 인공지능을 구현해야 하기 때문에, 데이터 전처리, 인공지능 엔진, 응용SW 등 모든 분야에서 새로운 기술이 요구됨

- 멀티미디어 데이터를 실시간 전처리하기 위한 하드웨어 성능이 낮아, 임베디드 인공지능에서는 저수준의 데이터로 학습 및 인식을 하는 경우가 많음
- 응용 분야별 효과적인 경량 인공지능 엔진이 서로 달라, 산업 응용을 위해서는 다양한 엔진을 상황에 따라 선택해야 하는 경우가 많음
- 여러 산업의 다양한 응용에서 공통적으로 활용 가능한 인식/추적/예측/판단을 위한 SW가 산업 전반에 인공지능 활용도를 높일 수 있음

★ 임베디드 인공지능 기술확보와 더불어 개발환경에 대한 투자 필요

- 기존 SW개발과 달리 임베디드 인공지능 SW 개발을 위해 필요한 추가요소들에 대한 투자 필요
- 기술과 인력이 부족한 중소·중견기업들이 경제적 이득을 위해서는 손쉬운 개발환경 구축이 매우 중요함
- 기술개발 과정에서 인공지능 기능에 대한 검증, 표준 인증, 신뢰성 테스트 등 기업들이 쉽게 해결하기 어려운 기능들에 대한 지원 필요
- SW개발도구는 기업의 경쟁력 강화에 실질적이고 중요한 요소이므로, 신기술 개발과 더불어 개발도구 구축이 매우 중요함

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망

| 저자 | **최영철 탄소·나노PD** / KEIT
정희진 책임 / 한국전기연구원
정승열 책임 / 한국전기연구원
이건웅 본부장 / 한국전기연구원

SUMMARY

이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망

★ 세계 이차전지 음극재 시장은 2019년 19만 톤에서 연평균 39% 성장하여 2025년 136만 톤 규모에 달할 것으로 예측되며, 이 중 실리콘 음극재는 2019년 약 3%에서 연평균 70% 이상 증가하여 2025년에 11%를 차지할 것으로 전망됨

★ 탄소나노소재는 기존 실리콘 음극재의 안정성 문제를 해결할 수 있는 소재로서 실리콘 함량을 증가시키고 전극과의 계면저항을 감소할 수 있어 스마트 에너지 소재로서 각광받고 있으며 향후 급속도로 성장할 리튬 배터리용 첨가제 시장의 주요 소재로 작용할 것으로 예측됨

★ 이차전지용 탄소나노소재의 전체시장 규모는 그래핀의 경우 2024년 168M$에서 연평균 23.9%의 성장률로 2030년 609M$으로, 탄소나노튜브의 경우 2020년 21M$에서 연평균 59%로 성장하여 2030년 2,099M$에 달할 것으로 전망됨

시사점 및 정책제안

★ 국내 이차전지 산업 규모는 세계시장을 주도할 정도로 성장하였으나, 이차전지 핵심 핵심소재는 대부분 수입에 의존하고 있어 차별화된 소재의 원천기술 보유를 통한 국산화가 필수적임

★ 프리미엄급 탄소나노소재 기술은 고용량/장수명 이차전지의 핵심기술로 기존의 탄소계 핵심기술 품목의 수입 비의존적 자립형 모델 창출의 기회이므로 국내 탄소산업 생태계 강화 및 신시장 선점을 위해 전략적인 기술 개발이 필요함

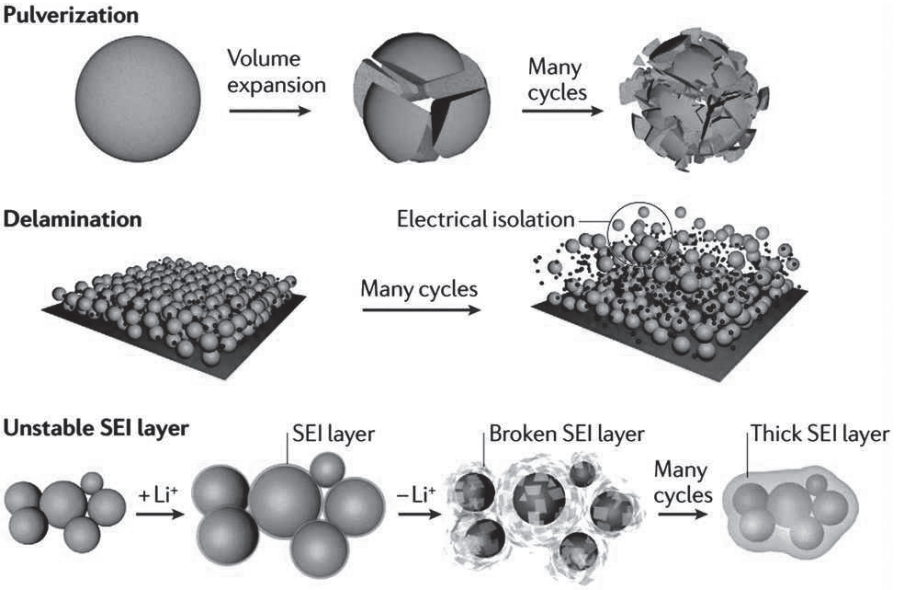
★ 전 세계적으로 비교적 초기 단계인 고용량/장수명 이차전지 음극재용 탄소나노소재 제조기술 확보를 위해 국내 소재기업과 수요기업 간 긴밀한 협업체제 구축 및 중앙 정부차원의 체계적 기술개발 지원이 필요함

1. 이차전지 음극재용 탄소나노소재 개요

배경 및 기술 개요

★ 2020 한국형 그린 뉴딜정책 시행 및 2050 탄소 중립 추진전략의 수립과 함께 화석연료의 사용을 최소화하는 친환경 수송체 시스템의 주행거리의 증가를 위해 배터리의 효율증가 및 포스트 코로나19 시대 세계 경제의 미래 에너지 패러다임 전환 대비 이슈가 점차 극대화되고 있음

★ 친환경 수송체 시스템용 중대형 배터리 시장에서도 고용량 음극 소재를 필요로 하면서 기존에 쓰이던 탄소계, 흑연계 음극재에서 최근에는 금속복합계인 실리콘(Si) 음극재가 주목받고 있으나 이를 단독으로 사용할 경우 부피팽창에 의한 파쇄 및 탈착, 두꺼운 SEI 층 형성으로 인해 수명이 감소하는 문제가 존재함

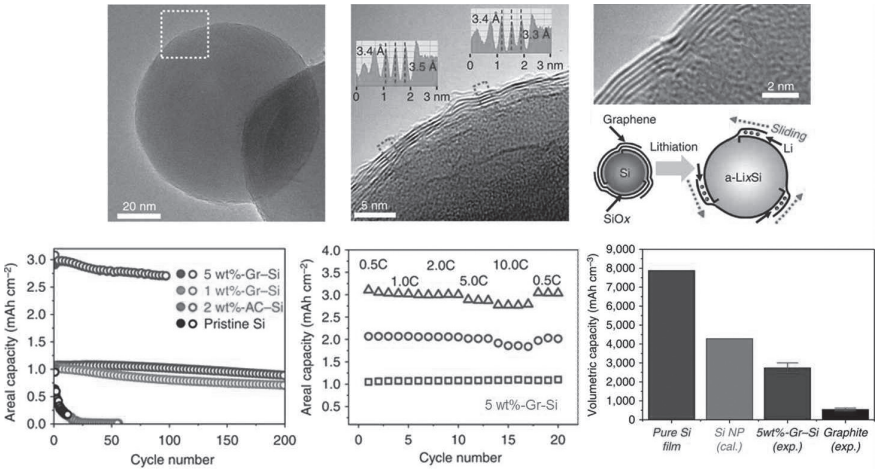


| 그림 1. 실리콘 음극 활물질의 문제점 [1] |

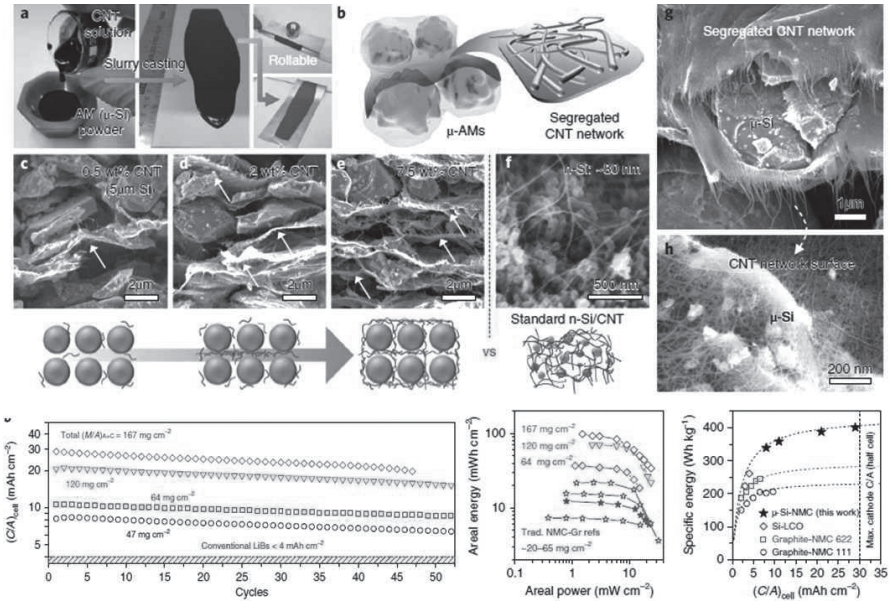
★ 현재 세계적으로 탄소나노소재(Graphene, CNT) 기반의 첨단 신산업(배터리, 슈퍼커패시터, 연료전지, 디스플레이, 전자파차폐, 센서, 항공기, 자동차용 복합체 등)의 급속한 팽창이 예견되며, 이에 따라 탄소나노소재 원소재 및 응용분야 공정에 직접 사용될 수 있는 전도성 및 기능성 잉크/페이스트와 같은 중간재에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있음

★ 첨단 신산업인 에너지 저장소자 분야로서 이차전지의 소재부품은 탄소나노소재의 접목을 통한 응용 시 다양한 특성 향상 및 상용화 접목이 가능한 영역으로 대두되고 있음

★ 특히 탄소나노소재는 기존 실리콘 음극재의 안정성 문제를 해결할 수 있는 소재로서 실리콘 함량을 증가시키고 전극과의 계면저항을 감소할 수 있어 스마트 에너지 소재로서 각광받고 있음

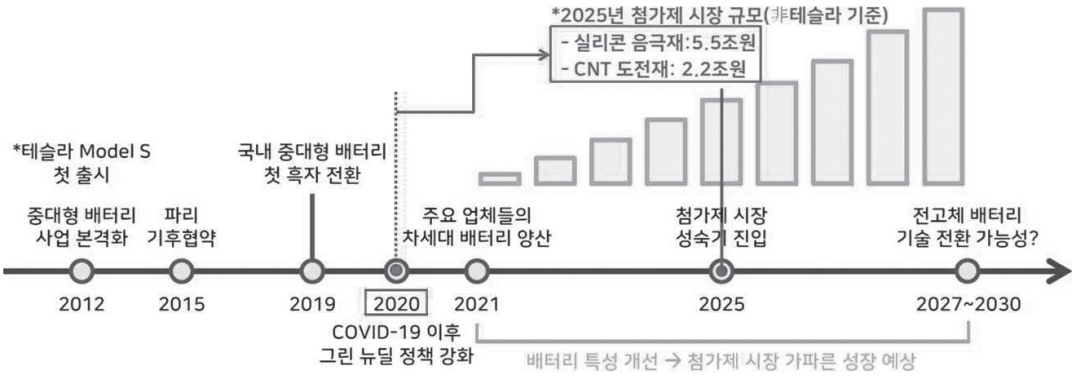


| 그림 2. 그래핀을 활용한 고용량, 고내구성 실리콘 음극 활물질 [2] |



| 그림 3. 탄소나노튜브를 활용한 실리콘 후막전극 [3] |

★ 그러므로 향후 급속도로 성장할 리튬 배터리용 첨가제 시장에서 프리미엄급의 탄소나노소재는 핵심 원천소재로 작용할 것으로 예측됨 [4]

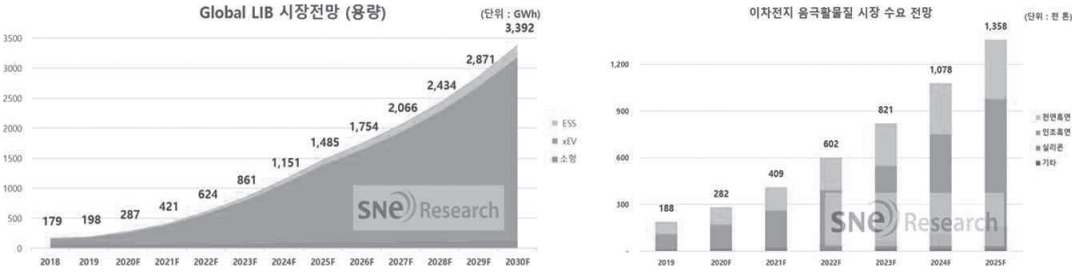


| 그림 4. 리튬 배터리 기술 변화 |

시장 규모

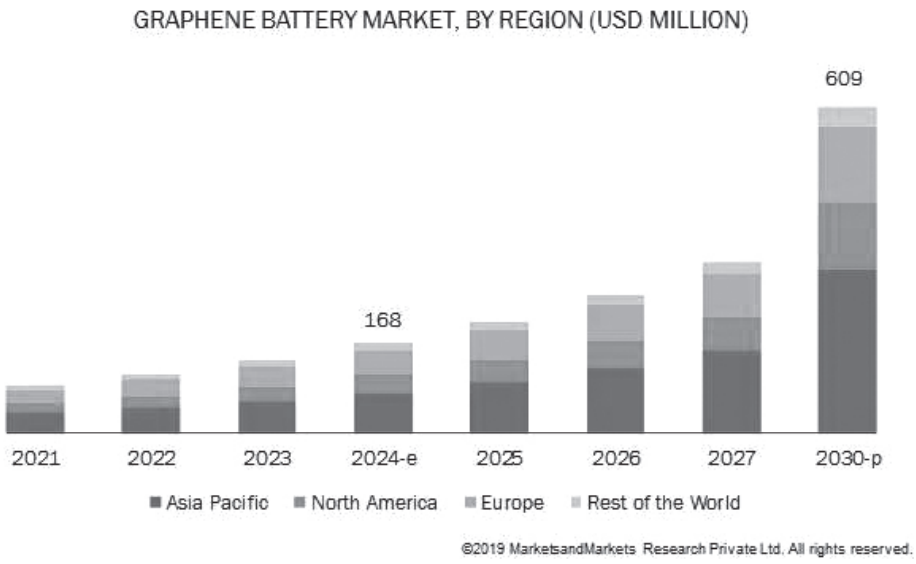
★ 전기자동차 및 ESS 시장의 성장에 따라 리튬이차전지 전체시장은 2019년 198GWh에서 약 17배 성장하여 2030년 3,392GWh에 달할 것으로 예측하는데 이 중 전기자동차가 2018년 100GWh에서 약 30배 성장하여 2030년 3,066GWh로, ESS가 2019년 12GWh에서 2030년 203GWh 규모의 성장이 이루어질 것으로 예상됨 [5]

★ 이차전지 음극재 전체시장은 2019년 19만 톤에서 연평균 39% 성장하여 2025년 136만 톤 규모로 성장할 것으로 예측되며, 이 중 실리콘 음극재는 2019년 약 3%에서 연평균 70% 이상 증가하여 2025년에 11%를 차지할 것으로 예상됨 [6]



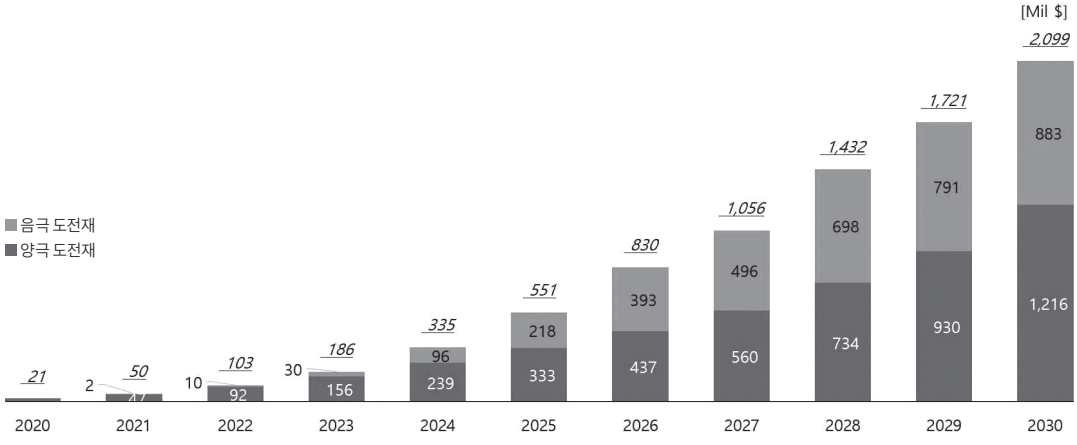
| 그림 5. (좌) 글로벌 리튬이차전지 시장전망, (우) 리튬이차전지 음극재 시장전망 |

★ 이차전지용 탄소나노소재의 전체시장 규모는 그래핀의 경우 2024년 168M$에서 연평균 23.9%의 성장률로 2030년 609M$에 달할 것으로 예상됨 [7]



| 그림 6. 배터리용 그래핀 소재 글로벌 시장전망 |

★ CNT 도전재의 경우 2020년 21M$에서 연평균 59%로 성장하여 2030년 2,099M$에 달할 것으로 예상되며, 그 중 양극 도전재가 1,216M$, 음극 도전재가 883M$를 차지할 것으로 예측됨 [8]



| 그림 7. 배터리용 CNT 도전재 글로벌 시장전망 |

2. 이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술 현황

★ 3세대 전기자동차의 개발 요구 조건인 에너지 밀도 증가, 충전시간 단축 등을 충족하기 위하여 high Nickel계 양극재, 음극재의 실리콘 채용이 필수적임에 따라 전도성 증가 및 실리콘의 팽창, 효율, 수명 감소를 개선하기 위한 차세대 소재인 CNT, CNF, Graphene 등 새로운 물질 적용을 위한 기술적 난이도 해결 중심으로 기술 개발이 진행되고 있음

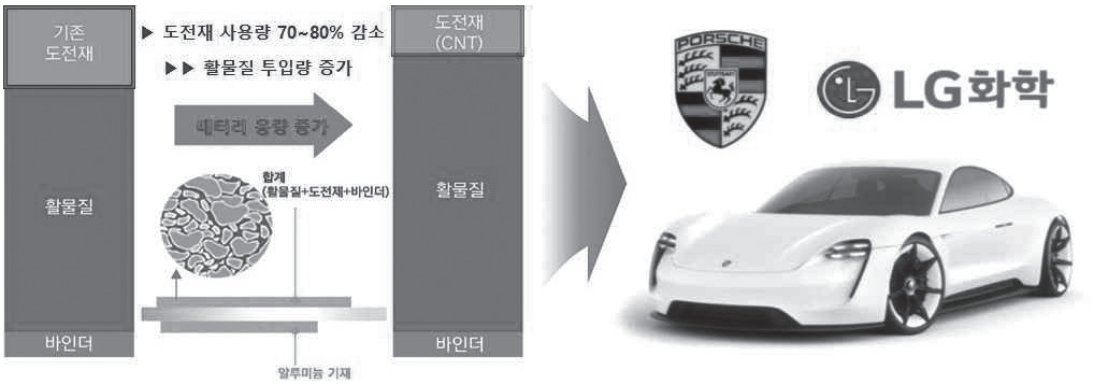
국내 기술 현황

★ 삼성SDI, LG화학 등 국내 배터리 제조사의 경우 소형 IT용 제품에만 일부 이차전지 분야에 카본블랙 계열의 입자형 도전재가 아닌 선형 도전재인 CNT를 전극 공정에 적용하기 시작하였으며, 셀 성능 향상을 위해 탄소나노 제조업체와 CNT 등 탄소나노소재의 형상 제어 기술 개발을 위한 공동 연구 진행

★ LG전자는 gram 노트북에 CNT 도전재가 적용된 베터리를 탑재하여 용량을 기존 대비 1.7배 이상 증가시켜 장시간 사용할 수 있다는 점을 강조하였으며, 향후 5G 통신망 구축으로 데이터 통신 속도가 빨라지고 기기 간 연결이 늘어나면서 전력 소모가 많아질 경우를 대비해 CNT 도전재 적용 부각 가능성을 강조

★ 리튬이차전지의 양극재용 CNT 도전재(Multi-walled CNT+NMP solvent)를 상용화시킨 업체로는 전 세계적으로 LG화학과 나노신소재가 있으며, 그 중 LG화학은 배터리 소재 수요에 대응하기 위해 약 650억 원을 투자해 2021년 1분기까지 CNT 생산 설비 규모를 기존 500톤에서 1,700톤까지 증설하였으며, 향후 이차전지 소재 시장에서 CNT 도전재의 수요가 급증할 것을 전망

★ LG화학은 실리콘 음극재 적용 시 파우치 셀의 부피 팽창으로 인한 문제들을 보완하기 위해 CNT 도전재를 일부 혼합하여 공정에 적용하였으며, 이를 2020년 Porsche Taycan에 5wt% 실리콘 음극재가 적용된 중대형 배터리를 전 세계 최초로 공급



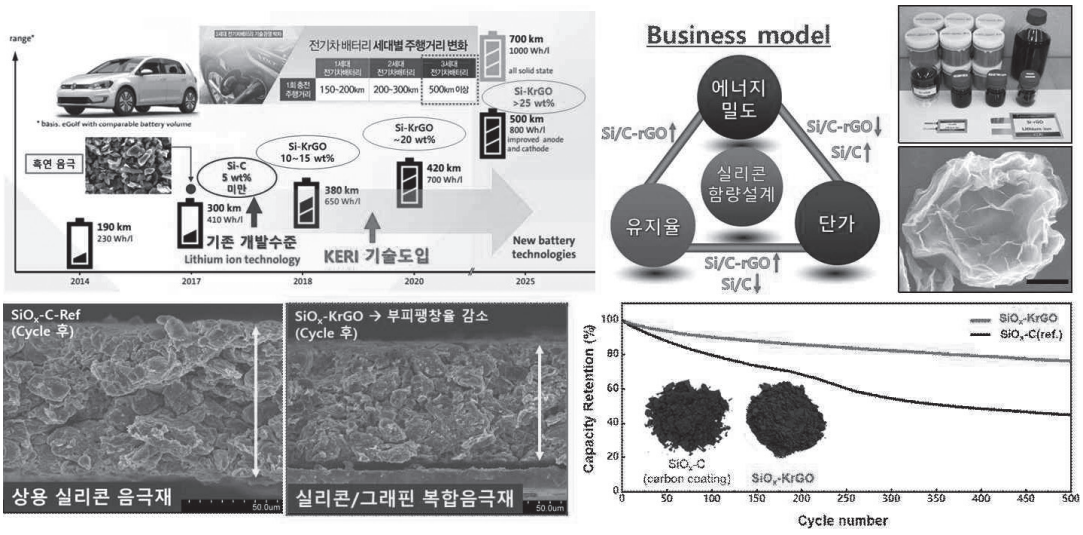
| 그림 8. 실리콘 음극 활물질/CNT 도전재 적용 기술 |

★ 이차전지용 신규 도전재로 CNT뿐만 아니라 그래핀 기반 탄소소재에 대한 적용 연구가 학·연을 중심으로 연구되고 있으며, 특히, 실리콘 기반의 음극 적용을 위한 화학적 박리그래핀 기반 고품질 환원그래핀(rGO) 제조 및 고농도 수계 분산기술은 업계의 다양한 응용소재로서 니즈가 있지만, 현재 약 ~100S/cm 정도의 전기전도도 및 유기계 분산용액 상태의 제품이 소수 판매되고 있는 상태이며, ~1,000S/cm 이상의 순수 그래핀 기반 수계 분산용액 및 고농도 페이스트 제조관련 기술은 전 세계적으로 lab scale 수준의 한계가 있음

★ 삼성SDI와 LG화학 등 업체에서 고용량 음극 신소재를 적용한 전지 개발이 진행 중에 있으며, 대주전자재료가 방전용량과 초기효율 및 용량유지율을 개선시킨 실리콘 음극 복합산화물(Si-Mg_xSiO_x)을 유일하게 상용화하여 LG화학에 공급함

★ 실리콘과 흑연을 배합해 서로의 장점을 살리는 방법 중 하나로 실리콘/탄소 복합체(Si/Carbon nanocomposite)를 삼성SDI-삼성종기원이 독자적으로 개발하여 특허를 보유하고 한솔케미칼, 중국 BTR 등을 통해 실리콘 음극활물질을 상용화시켜 배터리 경쟁력을 강화함

★ 한국전기연구원에서는 고결정성 그래핀 수계 분산 기술을 적용하여 코어/쉘 구조의 실리콘/그래핀 복합 음극재 대량 제조기술을 개발하고 ㈜HNS에 기술이전하여 상용화 연구를 수행 중임. 특히 기존 고가의 나노 실리콘 대비 저렴한 마이크론 크기의 실리콘을 활용하여 가격경쟁력을 확보하였고, 리튬이차전지 음극 활물질의 실리콘 함량을 기존 5% 이내 수준에서 20%까지 증가시켜 고용량의 음극을 안정적으로 제조할 수 있는 기술을 개발함



| 그림 9. 실리콘/그래핀-코어/쉘 음극 활물질 적용 기술 |

	구분	해결 방안(첨가제)	국내 관련 업체
1. 주행 거리	양극재	High-nickel(NCM, NCA, NCMA) CNT 도전재	에코프로비엠, LG화학, 포스코케미칼, 엘앤에프 LG화학, 나노신소재
	음극재	Si 음극활물질 첨가+CNT 도전재	대주전자재료(LGC)/한솔케미칼(SDI)+나노신소재
	양극판	Al foil 극판 두께 얇게..	롯데알루미늄
	음극판	Cu foil 극판 두께 얇게..	일진머티리얼즈, 두산솔루스, SK넥실리스
2. 충전 시간	양극재	CNT 도전재	LG화학, 나노신소재
	음극재	Si 음극활물질 첨가+CNT 도전재	대주전자재료(LGC)/한솔케미칼(SDI)+나노신소재
	전해질	$LiPO_2F_2$, LiDFOP, LiBOB	천보
3. 저온 특성	전해액	LiFSI(Lithium bis(fluorosulfonyl)imide)	천보
4. 수명	양극재	CNT 도전재	LG화학, 나노신소재
	음극재	Si 음극활물질 첨가+CNT 도전재	대주전자재료(LGC)/한솔케미칼(SDI)+나노신소재
	전해액	LiFSI, $LiPO_2F_2$, LiDFOP	천보

| 그림 10. 국내 리튬이차전지 업체의 탄소나노소재 기술 적용 동향 [1] |

국외 기술 현황

★ 수송용 등 고에너지밀도 및 장수명이 요구되는 중대형 이처전지 용량 증대, 출력 특성 향상, 수명특성 향상 및 급속 충전을 목적으로 전도성이 우수한 도전재 및 이를 적용한 상용화 기술 개발의 경우 일본과 중국이 선도하고 있음

★ 특히 중국을 중심으로 탄소나노 도전재 제조 관련 기업이 급속도로 성장하고 있으며, 최근 수송 분야 중대형 전지에 적용될 수 있는 전도성이 우수한 탄소나노소재 제조 기술 확보에 주력을 이루고 있음

★ 일본, 중국 역시 소형 IT용 이차전지를 중심으로 부피당 에너지밀도 극대화를 위하여 탄소나노소재 기반 도전재로 대체하고 있으며, 이를 중대형 이차전지 분야 적용 확대를 위한 방법 모색 중임

★ 현재 이차전지용 도전재는 미국(Cabot), 일본(미쓰비시화학-Ketjen black, Denki그룹-Denki black, 쇼와덴코-VGCF), 중국(Cabot 중국 공장) 순서로 생산되어 적용되고 있음

★ 중국의 BTR에서는 표면에 탄소를 코팅시킨 실리콘산화물(SiOx-C) 및 나노실리콘(nano Si) 기반의 음극재를 개발하고 있으며, 일본 Shinetsu의 실리콘산화물과 비슷한 수준까지 기술 수준에 도달함

★ 중국내 인조흑연 생산 1위 업체인 Shanshan의 경우 실리콘-탄소(Si-C), 실리콘산화물-탄소(SiOx-C) 기반 복합소재 개발 중에 있으며, 일부 제품에 대하여 상용화에 성공했지만 여전히 낮은 용량과 사이클 특성으로 인하여 성능 개선 연구가 진행 중에 있으며 실질적으로 나노실리콘-탄소 복합체, 실리콘 복합산화물 연구에 집중되고 있음

★ 현재 고효율/고용량 실리콘 경쟁제품군으로는 실리콘 합금(Silicon alloy), 나노실리콘-탄소(nano Si-C) 복합체, 실리콘 산화물(SiOx)이 경쟁적으로 개발되고 있으나, 실질적으로 나노실리콘-탄소 복합체, 실리콘 복합산화물이 제품 후보군임

| 표 1. 국외 주요 리튬이차전지 업체의 탄소나노소재 기술 적용 동향 |

업체명	사업영역 및 주요 내용
BTR(중국)	층상계 양극 및 탄소계 음극재 제조, CVD기반 그래핀계 코팅된 SiOx-C, nano SiOx, SiOx-metal composite, 이차전지용 그래핀 제조 설비투자(1억 달러)
Shanghai shanshan(중국)	층상계(LCO, NCM) 양/음극재 제조
화웨이(중국)	그래핀 소재 기반 고성능 배터리 시제품 개발
CATL(중국)	셀/고체전해질 제조, 황화물계 고체전해질 및 각형 이차전지 셀 제작
BYD(중국)	셀, 모듈, 팩 제작 및 각형 이차전지 셀 제작
Shinetsu(일본)	탄소계 음극재 제조, 인조흑연 및 SiOx-C, nano SiOx, SiOx-metal composite 양산화
Showa Denko(일본)	탄소계 음극재 제조, 인조흑연 및 SiOx-C, nano SiOx 양산화
Tokai Carbon(일본)	탄소계 음극재 제조, 인조흑연 및 SiOx-C, nano SiOx 양산화
Nippon Carbon(일본)	탄소계 음극재 제조, 인조흑연 및 SiOx-C, nano SiOx 양산화
Panasonic(일본)	셀, 모듈, 팩 제작 및 원통형 이차전지 셀 제작
Cabot(미국)	탄소기반 특수소재 제조업체, 그래핀 기반 이차전지용 도전제 제조(PBX® 300G)

3. 결론 및 제언

★ 지금까지 리튬이차전지 산업은 에너지밀도 향상과 원가절감이라는 키워드에 맞춰 다양한 시장에서 빠르게 성장해 왔음. 국내 전지 기업들은 일본 기업들에 비해 뒤늦게 시장에 진입했음에도 불구하고 탄탄한 제조 경쟁력을 바탕으로 높은 지위를 차지하고 있으나, 전지 핵심 소재는 대부분 수입에 의존하고 있음

★ 또한, 최근 중국 전지 기업들이 공급사슬망 통합을 통한 가격 경쟁력 향상과 한국 전지 기업을 견제하는 중국 정부의 규제 강화 정책에 힘입어 급성장하고 있으므로 국내 전지 기업들은 차세대 전지 개발의 주도권을 잡으면서 빠르게 뒤쫓아 오고 있는 중국 전지 기업들을 견제해 나갈 수 있는 차별화된 소재/부품 원천기술을 보유해야 함

★ 프리미엄급 탄소나노소재 기술은 고용량/장수명 이차전지의 핵심기술로 기존의 탄소계 핵심기술 품목의 수입 비의존적 자립형 모델 창출의 기회이므로 국내 탄소산업 생태계 강화 및 신시장 선점을 위해 전략적인 기술 개발이 필요함

★ 전 세계적으로 비교적 초기 단계인 고용량/장수명 이차전지 음극재용 탄소나노소재 제조기술 확보를 위해 국내 소재기업과 수요기업 간 긴밀한 협업체제 구축 및 중앙 정부차원의 체계적 기술개발 지원이 필요함

[참고문헌]

1. Jang Wook Choi & Doron Aurbach, Nat. Rev. Mater. 1, 16013, 2016

2. In Hyuk Son et al., Nat. Commun. 6, 7393, 2015

3. Sang-Hoon Park et al., Nat. Energy 4, 560, 2019

4. [이차전지] 3가지 마법의 가루(첨가제), 하이투자증권, 2020

5. 리튬이온 2차전지 주요 소재 업체 심층 분석, SNE리서치, 2020

6. 리튬이온 2차전지 음극재 기술동향 및 시장전망, SNE리서치, 2020

7. Graphene Battery Market, Marketsandmarkets, 2019

8. 리튬이온 이차전지 도전재 개발현황 및 중장기 전망, SNE리서치, 2020

작성자/문의처

정책기획팀	▶ 이정우 팀장	042-712-9300	jwlee@keit.re.kr
	▶ 최재홍 연구위원	042-712-9313	jaehong815@keit.re.kr
	▶ 도정회 연구위원	042-712-9301	dojh@keit.re.kr
	▶ 이철주 수석	042-712-9305	lcj08@keit.re.kr
	▶ 정찬혁 수석	042-712-9304	supei@keit.re.kr
	▶ 임문혁 책임	042-712-9303	mhyim@keit.re.kr
	▶ 차현진 책임	042-712-9302	fmcha@keit.re.kr
	▶ 유동훈 선임	042-712-9307	yudonghun@keit.re.kr
	▶ 진명현 주임	042-712-9306	ayoayd1314@keit.re.kr

| 주력산업 |

전기수소차	▶ 이백행 PD	02-556-9532	leebh@keit.re.kr
자율주행차	▶ 서재형 PD	02-556-9533	sjhbjj@keit.re.kr
조선해양	▶ 류민철 PD	02-556-9531	okpo6000@keit.re.kr
첨단기계	▶ 전형호 PD	02-556-9535	hhchun@keit.re.kr
첨단장비	▶ 심창섭 PD	02-556-9534	caleb92@keit.re.kr
로봇	▶ 이준석 PD	02-556-9536	ssesera@keit.re.kr

| 신산업 |

바이오	▶ 김형철 PD	02-6009-8771	hckim@keit.re.kr
지식서비스	▶ 김돈정 PD	02-6009-8772	jamesdon@keit.re.kr
디자인	▶ 이태림 PD	02-6009-8777	lilia@keit.re.kr
의료기기	▶ 박지훈 PD	02-6009-8773	jihoon@keit.re.kr
이차전지	▶ 송준호 PD	02-6009-8774	battery@keit.re.kr
스마트제조	▶ 고재진 PD	02-6009-8775	jaejini@keit.re.kr
스마트전자	▶ 변기영 PD	02-6009-8776	gybyun@keit.re.kr

| 소재부품산업 |

화학공정	▶ 한정우 PD	02-556-9572	jwhan@keit.re.kr
섬유	▶ 윤석한 PD	02-556-9573	yshs@keit.re.kr
세라믹	▶ 이건훈 PD	02-556-9571	khoon17@keit.re.kr
탄소·나노	▶ 최영철 PD	02-556-9575	carbonnano@keit.re.kr
뿌리기술	▶ 이병현 PD	02-556-9577	bhlee@keit.re.kr
시스템 반도체	▶ 김진섭 PD	02-556-9579	keti3@keit.re.kr
반도체 공정장비	▶ 이정호 PD	02-556-9574	plasma@keit.re.kr
디스플레이	▶ 박영호 PD	02-556-9576	yhopark@keit.re.kr
금속재료	▶ 김도근 PD	02-556-9578	dogeunkim@keit.re.kr

PD이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
18-특집호	19대 분야	2017년 연구개발 주요성과 및 2018년 추진 계획
18-3호	FOCUSING ISSUE	폐, 간, 심질환 영상판독지원을 위한 인공지능 원천기술개발 및 PACS 연계 상용화
	바이오의약	차세대 신약개발 플랫폼: 표적 단백질 분해 기술
	메디컬디바이스	스마트 헬스케어의 현재와 미래
	첨단장비	롤투롤 패터닝 시스템 개발동향 및 개발방향
	산업융합	비침습 생체정보 처리 기술 현황
	금속재료	초내열합금 소재·부품 개발 동향
	특집	최신 자동차 기술 발전 동향
18-4호	FOCUSING ISSUE	혼합현실(Mixed Reality) 기반 산업용 협업지원시스템
	지식서비스.ENG	4차 산업혁명 시대의 스마트 플랜트 엔지니어링
	미래형 자동차	전기 추진자동차(xEV) 에너지저장시스템 기술 동향
	조선해	자율운항선박 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	운전자 감성인지 능동형 내장재 모듈 기술 동향
18-5호	FOCUSING ISSUE	생산성 최적화 및 Seamless 설비운영을 위한 인공지능 기반 제조상황 진단예측 시스템 개발
	나노융합	4차산업혁명 초연결 기반을 만드는 기술, 스마트 나노센서 산업 동향
	스마트전자	IoT 가전 기반 스마트홈 기술 동향
	지능형반도체	적외선 분광센서 기술 동향 및 시사점
	화학공정	3D 프린팅용 광경화성 유연 탄성 재료 기술개발 동향
	특집	산업별 센서의 혁신
18-6호	FOCUSING ISSUE	하지기능회복 및 보조를 위한 스마트 근골격 인공대체기기 기술개발
	디자인	디자인, 스마트시티를 그리다
	표준	스마트시티의 성공과 표준
	지능형 로봇	글로벌 로봇 기술개발 챌린지 현황 및 한국 로봇 챌린지 제안
	디스플레이	「SID 2018(Display Week)」를 통해 본 디스플레이 산업 동향
	특집 1	비즈니스 효율성을 높이는 인공지능과 머신러닝, 블록체인의 혁신

발간호	발간분야	이슈제목
18-7호	FOCUSING ISSUE	만성완전폐색병변 치료용 마이크로의료로봇 시스템 개발
	바이오의약	디지털 진단 기술 및 동향 분석
	첨단기계	농업 및 건설분야 드론 활용기술
	산업융합	경량 임베디드시스템을 위한 내장형 인공지능 기술 동향
	지식서비스	스마트 금융 서비스 창출을 위한 기술 동향 분석
	특집	첨단 디스플레이 기술 발전 현황
18-8호	FOCUSING ISSUE	비정형 환경 고난도 중량물 작업을 위한 유압 로봇 제어 기술 개발
	메디칼디바이스	글로벌 기술규제에 따른 의료기기 R&D 투자 전략
	산업융합	Linux 기반 지능형 IoT 시스템플랫폼 기술 동향
	금속재료	희토류 친환경 재활용 기술 및 자원 확보 방안
	세라믹	첨단신소재 제조혁신 선도를 위한 i-Ceramic 플랫폼
18-9호	FOCUSING ISSUE	자율운항 선박을 위한 운항관제 인공지능 시스템 원천기술 개발
	나노 융합	나노 냉음극 전계 방출형 신개념 디지털 엑스선 튜브 개발 동향
	미래형자동차	자율주행서비스 기술 동향
	조선해양	조선해양 ICT융합 분야 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	다공성 표면처리 기술 및 시장동향
	산업융합	디지털 트윈 기술 발전방향
18-10호	FOCUSING ISSUE	리튬이온전지의 10C(6min)급 급속충전을 위한 융복합 음극 소재 개발
	디자인	「디자인 경영」 선언
	스마트전자	산업용 AR의 기술 동향과 산업 전망
	지능형반도체	바이오헬스케어용 반도체 기술 및 시장 동향
	화학공정	3D 프린팅용 고강도/고내열성 고분자 소재 개발 동향

PD이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
18-11호	FOCUSING ISSUE	장비/제어/공정 통합 가상공작기계 기술 및 이에 기반한 공작기계 지능화 원천기술 개발
	지능형로봇	시각 및 촉각을 이용한 로봇의 파지/조작 기술
	디스플레이	OLED 제조혁신을 통한 디스플레이 산업 경쟁력 강화
	기능성섬유	맞춤형 의류 산업으로의 사업모델 동향
18-12호	첨단기계	스마트 건설기계 기술개발 배경 및 추진전략
	산업융합	스마트공장 선도모델공장 및 R&D 연계 전략
	세라믹	스마트 공간산업을 위한 글래스 기반 인터랙티브 모듈·서비스 산업
19-특집호	20대 분야	2018년 연구개발 주요성과 및 2019년 추진 계획
19-3호	FOCUSING ISSUE	실용화를 위한 ODD-RSD 기반 자율주행시스템 개발
	FOCUSING ISSUE	SiC 파워반도체 상용화 센터 구축 및 공정기술 개발
	나노융합	나노복합소재를 이용한 천연활성물질 기반 고기능성 화장품
	반도체	차량용 반도체 기술 및 국내 발전 전략
	금속재료	경량 금속소재(Al, Mg, Ti) 시장 및 기술 동향
19-4호	FOCUSING ISSUE	전기승용차·전기버스 범용 충전 가능한 400kW급 전기차 충전기 개발
	지식서비스	음성인식 가상비서 기술 동향 및 전망
	로봇	자율주행로봇을 위한 SLAM 기술 동향과 산업 전망
	디스플레이	Volumetric 디스플레이 기술 동향 및 향후 추진 방향
	뿌리기술	열처리 산업 현장의 에너지 효율 향상 방안
19-5호	FOCUSING ISSUE	스마트미러기반 복합상황인지 IoT 스마트 가전 기술
	바이오	융복합 기술기반 의약품 개발 동향
	스마트전자	지능형 스마트홈의 미래 홈케어 기술
	첨단장비	국내외 High-end 정밀가공장비 스마트 요소기술 분석
	산업융합	스마트 공장 시험인증 서비스 개발 현황
	화학공정	생분해성 고분자 소재 연구 및 선진 연구 개발 동향

발간호	발간분야	이슈제목
19-6호	FOCUSING ISSUE	수면환경관리 및 무자각 생체리듬 유도를 통한 통합수면관리 서비스
	디자인	기업의 미래먹거리 발굴 전략으로서 선행디자인
	첨단기계	자율주행기반 스마트 농기계 기술개발 배경 및 추진전략
	자동차	전기자동차 공조 및 통합열관리 기술 동향
19-7호	FOCUSING ISSUE	응급상황 사전 예측을 위한 의사결정 지원 시스템 개발
	의료기기	미용 의료기기 기술 동향과 산업 전망
	조선해양	한국형 스마트 야드의 기술현황 및 산업 전망
	자율주행	자율주행차 인공지능 상용화기술과 산업 전망
	세라믹	세라믹 비드 제조 기술 및 시장 동향
19-8호	FOCUSING ISSUE	NeoPepsee 머신러닝 신항원 예측 알고리즘 기반 CART 대체 개인맞춤 T 면역세포 치료제 개발
	나노융합	나노 안전성 분야 주요 이슈 및 동향
	스마트 전자	공기산업 기술
	반도체	2.5D/3D Heterogeneous integration using Advanced packaging
	금속재료	인공지능활용 금속재료 합금설계 기술 동향
19-9호	FOCUSING ISSUE	스트레처블 디스플레이를 위한 20% 연신 가능한 백플레인 및 발광화소 개발
	지식서비스	에듀테크 현황 및 추진방향
	로봇	수술로봇 기술 동향과 산업 전망
	뿌리기술	이종소재 접합기술 개발 동향
	디스플레이	「SID 2019(Display Week)」를 통해 본 디스플레이 산업 동향
19-10호	FOCUSING ISSUE	심혈관 진단/치료 가이드용 기능성 융합미세영상기기 개발
	바이오	생분해성 바이오플라스틱 생산기술과 산업 동향
	첨단장비	스마트 섬유제조장비 글로벌 기술개발 동향
	스마트제조	실내외 무선측위기술 동향과 전망
	화학공정	미래차용 경량 고분자 소재 연구 개발 동향

PD이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
19-11호	FOCUSING ISSUE	하반신 완전마비 장애인의 일상생활 운동보조를 위한 전동형 외골격로봇 개발 및 제품화
	디자인	표면감성디자인 프로세스 체계화
	첨단기계	터보분자펌프 기술개발 배경 및 추진전략
	전기·수소자동차	수소상용차 기술개발 동향
	섬유	Techtextil 2019 전시회를 통해 본 기능성 섬유 기술개발 동향 (친환경 섬유 및 전자기능 섬유 중심)
	표준	블록체인과 표준
19-12호	의료기기	선형가속기 기반 암치료기 기술 동향과 산업 현황
	조선해양	선박용 수소연료전지 기술개발 동향과 방향
	자율주행차	자율주행 셔틀 및 서비스 개발 동향
	섬유	부직포 소재 산업의 기술 혁신과 미래 전망
	세라믹	시멘트산업 현황 및 최근 이슈 동향
	탄소·나노	활성탄소 산업 현황과 기술 전망
20-특집호	21대 분야	2019년 연구개발 주요성과 및 2020년 추진 계획
20-3호	FOCUSING ISSUE	수소전기버스용 대용량 수소탱크 개발
	탄소·나노	표준화를 통한 나노제품의 기술선도와 규제대응
	디스플레이	미래 디스플레이 : 평판 디스플레이를 뛰어넘어 탈평판 디스플레이로
	세라믹	밀가루, 세라믹 분말 그리고 국내 세라믹 원료산업의 현황
	로봇	웨어러블 로봇의 기술동향과 산업전망
	의료기기	디지털치료제 기술동향과 산업전망
20-4호	뿌리기술	'주조, 용접, 표면처리 최신 기술 개발 동향'
	스마트전자	공기산업을 선도하는 스마트 센서기술
	이차전지	고에너지 고안전성 전고체전지 기술
	특집	「CES(Consumer Electronics Show) 2020」를 통해 본 소비자가전 주요 산업동향

발간호	발간분야	이슈제목
20-5호	FOCUSING ISSUE 1	자율주행 인지 대응형 코팅 소재 및 공정기술 개발
	FOCUSING ISSUE 2	CMOS 호환 고성능 GaN 전력반도체 개발
	첨단장비	공정혁신 제조장비 국내외 기술동향 및 수요 분석
	지식서비스	디지털엔지니어링 기술동향 및 전망
	자율자동차	자율주행 사용화를 위한 차량 안전기술 동향
	첨단기계	승강기산업의 기술동향과 산업전망
20-6호	FOCUSING ISSUE	As 및 Sb 미함유 친환경 원적외선 광학유리 소재 및 광학렌즈 기술 개발
	해양조선	IMO 친환경선박 관련 규제 및 대응 방안
	디자인	소재 및 표면처리 특허 빅데이터를 활용한 디자인 프로세스 개발
	전기수소차	대형 상용차 전기구동시스템 기술 동향
	화학공정	위·변조 방지 태그 기술 현황 및 개발 방향
20-7호	FOCUSING ISSUE 1	다양한 물품을 운반할 수 있는 사람 추종형 이송로봇 개발
	FOCUSING ISSUE 2	온실가스 저감용 방오성능을 갖는 선박용 저마찰 필름 기술 개발
	반도체	경량 인공지능 반도체의 발전 전망
	섬유	친환경 섬유 기술동향 및 전망
	바이오	EAP 서비스산업 동향 분석
20-8호	FOCUSING ISSUE	초실감 미래형 디스플레이를 위한 마이크로디스플레이 기술 개발
	탄소·나노	탄소섬유 소재산업 및 기술개발 동향
	디스플레이	OLED 발광재료 기술개발 현황 및 전망
	세라믹	세라믹 소재와 단일도메인항체의 융합 그리고 감염병 진단 기술
	의료기기	이동형병원 산업동향과 개발전망
	로봇	직접교시기술의 동향 및 전망

PD이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
20-9호	FOCUSING ISSUE	빅데이터 기반 AI의 산업특화 활용을 위한 개방형 AI 클라우드 서비스 시스템 개발
	첨단장비	절삭공구 데이터 플랫폼 관련 국내외 기술동향
	금속재료	미래 선도형 금속재료산업 기술동향 및 전망
	이차전지	이차전지산업 현황 및 전망
	스마트전자	전장용 MLCC 기술동향과 산업전망
	스마트제조	증강기술을 활용한 스마트제조 기술동향
20-10호	FOCUSING ISSUE 1	잔존 혈액암세포 검사용 혈구 분석시스템 개발
	FOCUSING ISSUE 2	미래 선박 - 자율운항선박 기술개발
	첨단기계	굴착기용 전기구동 실린더 기술개발 동향
	지식서비스	비대면서비스 산업동향 및 기술현황
	자율주행차	미래 교통수단 퍼스널 모빌리티 산업 생태계
20-11호	FOCUSING ISSUE	토공작업 자동화를 위한 양방향 실시간 3D 측량정보를 제공하는 스마트건설기계연동형 드론측량시스템 개발
	조선해양	친환경선박 대체연료 기술개발 동향
	화학공정	카메라 적외선 차단(흡수) 필터 소재 기술 동향
	디자인	에코패키지 디자인 동향
	전기수소차	수소전기차용 수소저장용기 기술동향
20-12호	FOCUSING ISSUE	리튬이차전지용 파우치
	섬유	방역용 섬유소재 산업동향
	바이오	3차원 생체조직 칩 기반 신약개발 플랫폼 기술
	스마트제조	산업일자리 고도화 기술동향
	뿌리기술	3D 프린팅 기술을 접목한 금형 제조기술 동향
21-특집호	21대 분야	2020년 연구개발 주요성과 및 2021년 추진 계획

발간호	발간분야	이슈제목
21-3호	FOCUSING ISSUE	장시간 무인가공을 위한 유연 라인 가공시스템 실증
	이차전지	전기차용 고성능 배터리의 니켈계 양극소재 기술
	세라믹	양방향 세라믹연료전지의 기술개발 동향과 방향
	금속재료	항공용 금속소재 자립화 현황 및 전망
	전기수소차	전기자동차 배터리 팩 고밀도화 기술
20-4호	FOCUSING ISSUE	5G 연계 산업유형별 폼펙터를 적용한 산업용 AR기기 참조모델 개발
	로봇	비대면 휴먼케어 서비스 로봇 기술 현황 및 발전 방향
	바이오	의약품 3D 프린팅 기술의 현재와 미래
	탄소·나노	탄소소재 적용 전자파 차폐 산업현황과 기술전망
	자율주행차	자율주행기술 활용 상용차 위험환경 극복 기술 동향
21-5호	FOCUSING ISSUE	비정상 비행상황 대응 팀 단위 협업 훈련을 위한 가상 운항승무원 트레이닝 서비스 시스템 개발
	지식서비스	디지털 유통물류 기술동향과 산업전망
	스마트전자	광융합휴먼케어 기술동향과 산업전망
	뿌리	지능형 소성가공기술 동향 및 전망
	스마트제조	스마트공장을 위한 수직 통합패키지 개발
21-6호	FOCUSING ISSUE	생체의료용 고기능성 타이타늄(Ti) 합금 소재 및 응용제품 개발
	첨단기계	광산장비의 친환경 스마트 기술혁신
	디자인	휴먼팩터 지능화의 디자인 기술동향과 산업전망
	화학공정	국내 불소화학 산업 동향
	반도체	반도체 소부장 산업현황 및 투자전략

PD이슈리포트 발간 목록

발간호	발간분야	이슈제목
21-7호	FOCUSING ISSUE	퍼스널 모빌리티 플랫폼 핵심기술 개발 및 실증
	첨단장비	3D Printed Electronics(3DPE) 분야 국내·외 기술동향
	의료기기	신경자극 의료기기 기술 및 시장동향
	섬유	자원순환 화학재생 섬유 기술동향 및 전망
	디스플레이	디스플레이용 QD 소재 기술 동향 및 향후 추진 방향
21-8호	FOCUSING ISSUE	AI 반도체 기술 소개
	전기수소차	중대형 수소상용차의 기술개발 방향
	로봇	유연물 핸들링 로봇 시스템을 위한 인식, 파지, 조작 기술
	이차전지	리튬-황 차세대 이차전지의 기술 동향 및 전망
	금속재료	수소 파이프라인 강재 기술개발 동향
21-9호	자율주행차	자율주행차 인지센서 상용화기술과 산업전망
	바이오	기술기반의약품(TBM)의 기술개발 동향과 미래가치
	스마트제조	임베디드 인공지능 SW 기술맵 동향
	탄소·나노	이차전지 음극재용 탄소나노소재 기술동향 및 전망

KEIT PD Issue Report

| 발 행 일 | 2021년 9월
| 발 행 처 | 한국산업 기술평가관리원(KEIT)
| 주 소 | (대구본원) 41069 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동 1152번지) TEL. 053-718-8114
(대전분원) 35262 대전광역시 서구 문정로 48길 48(탄방동 647) 계룡빌딩 3층 TEL. 042-712-9300~5
| 홈페이지 | www.keit.re.kr

이 책자의 저작권은 한국산업기술평가관리원에 있습니다. 무단전재와 복제를 금합니다.
ISSN 2234-3873

평범한 우리가
세상을 바꾸는 방법

공익신고

공익신고자 보호 더욱 강해졌습니다

보호
- 비밀보장, 신변보호, 불이익조치 금지, 책임감면

보상
- 내부 공익신고자에게 최대 30억원의 보상금 지급
- 공익에 기여한 경우 최대 2억원의 포상금 지급
- 구조금(치료비, 이사비, 소송비용 등) 지원

상담
- 국번없이 **110** 또는 **1398**

신고
- 홈페이지 **1398.acrc.go.kr**
- 우편(서울시 서대문구 통일로 87)

신고대상 : 6대 분야, 284개 법률 위반행위

건강
- 불량식품 제조·판매
- 무면허 의료행위

안전
- 부실시공
- 소방시설 미설치

환경
- 폐수 무단방류
- 폐기물 불법 매립

소비자이익
- 개인정보 무단 유출
- 허위·과장광고

공정경쟁
- 기업 간 담합
- 불법 하도급

기타 공공의 이익
- 거짓 채용광고
- 방위산업기술 불법사용

국민권익위원회

기술강국 코리아를 향한
R&D지원 글로벌 리더 Keit

R&D 골든타임을 찾다! —기획—

—평가— R&D 가치를 높이다!

—관리— R&D 성과를 창출하다!

Keit
한국산업기술평가관리원
Korea Evaluation Institute of Industrial Technology

청렴 R&D 우리의 미래입니다

www.keit.re.kr