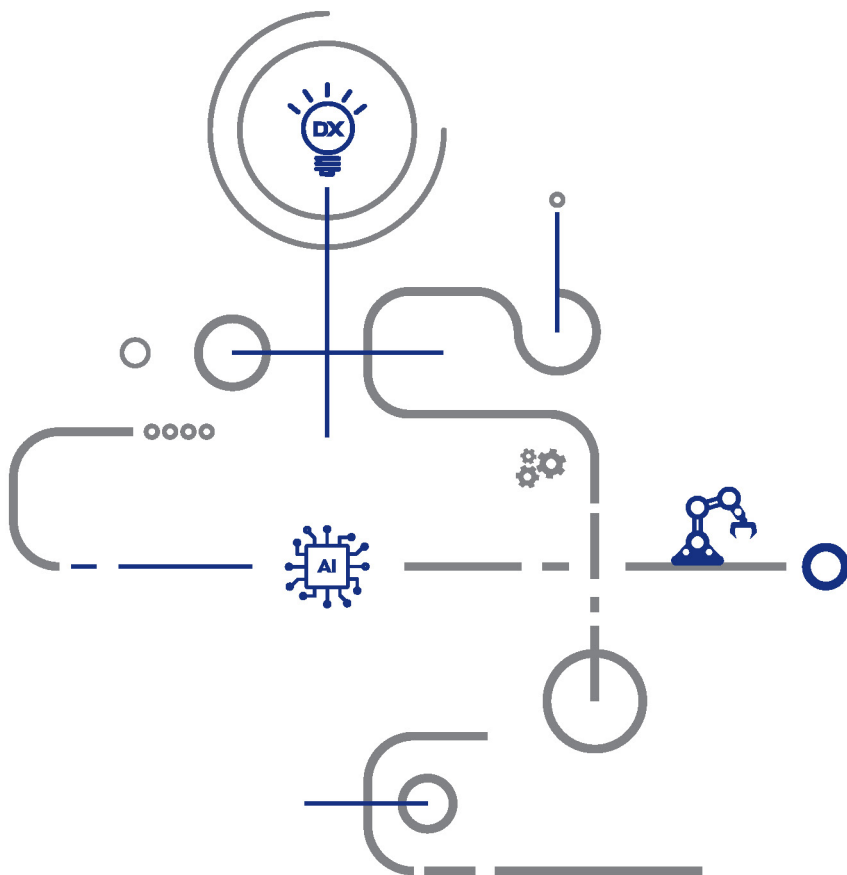


# 기계산업 디지털전환 기술 백서

2024. 12.



한국기계연구원  
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

DX전략연구단  
기계정책센터



# 목차

C O N T E N T S

<b>제 1 장 서론</b>	<b>1</b>
1. 백서 개요	3
2. 디지털전환의 정의 및 특성	6
3. 기계산업 DX 연구/개발 분야 개요	10
<b>제 2 장 디지털전환 관련 국내외 시장 및 산업 동향</b>	<b>13</b>
1. 국외 시장 및 산업동향과 전망	15
2. 국내 시장 및 산업동향과 전망	25
3. 시사점	36
<b>제 3 장 국내외 정책 동향</b>	<b>39</b>
1. 국외 정책동향	41
2. 국내 정책동향	44
3. 시사점	51
<b>제 4 장 기계산업 디지털 전환기술 동향</b>	<b>53</b>
1. 기술동향	55
2. 특허동향	91
<b>제 5 장 기계산업 DX 역량지표</b>	<b>117</b>
1. 개발 배경 및 필요성	119
2. 기계산업 DX 역량지표의 구성	121
3. 기계산업 DX 역량 세부 단계	126
4. DX 역량 단계 평가 및 산출 방법	133
<b>[ 불임자료 ]</b>	<b>135</b>
1. 기관별 디지털전환 시장전망	137

## 표 목차

표 1-1	4차 산업혁명과 디지털 전환이 산업의 구조적 변화에 미치는 효과 .....	4
표 1-2	산업 분야별 디지털 전환의 영향 .....	4
표 1-3	문헌조사를 통한 디지털 전환 정의 .....	6
표 1-4	산업계의 디지털 전환 정의 .....	7
표 1-5	디지털 대전환 분야별 광의 개념 .....	7
표 1-6	OECD 디지털 전환 정의 및 구성기술 .....	8
표 1-7	OECD가 정의하는 디지털 전환 특성 .....	9
표 1-8	기계산업 DX 연구/개발 분야 개요 .....	11
표 2-1	주요 성장 동력 .....	15
표 2-2	글로벌 데이터 시장 규모(2020~2023년(E)) 전망 .....	16
표 2-3	데이터 중심의 디지털 전환 성공기업 사례 .....	17
표 2-4	해외 기업의 빅데이터 분석 활용 사례 .....	18
표 2-5	스마트제조 특허 출원 건수 (23.4.24. 기준) .....	20
표 2-6	스마트제조 선도 기업 매출액 및 사업분야 .....	21
표 2-7	디지털트윈 주요 유망 기업 Top10 (매출액순) .....	23
표 2-8	국내 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 중분류별 시장 규모 (2018~2022년(E)) .....	29
표 2-9	디지털 전환 투자유치 관련 사례 .....	30
표 2-10	생산 공정 단계에서의 제조업의 스마트팩토리 사례 .....	32
표 2-11	중소기업의 스마트팩토리 사례 .....	33
표 2-12	국내 디지털트윈 시장규모 .....	33
표 2-13	디지털트윈 활용 기업 .....	35
표 3-1	독일 디지털 전환의 주요 내용 .....	42
표 3-2	중국 정책 주요 내용 .....	42
표 3-3	일본 Society 5.0 비전 주요 내용 .....	43
표 3-4	국가별 디지털 전환 주요 정책 및 특징 .....	52
표 4-1	기술분류 구분 .....	55
표 4-2	국의 IoT 플랫폼 기술 동향 .....	56
표 4-3	사물인터넷의 서비스 분야 국제 표준화 현황 및 전망 .....	58



표 4-4	국가별 연구활동내용 .....	59
표 4-5	주요 기업별 기술동향 .....	60
표 4-6	표준화기구별 엣지 컴퓨팅 개발 개요 .....	60
표 4-7	국내 IoT 플랫폼 기술 동향 .....	61
표 4-8	데이터 저장 및 관리 기술관련 기업 기술동향 .....	65
표 4-9	국내 기업별 연구개발 사례 .....	66
표 4-10	데이터 분석 및 활용 기술관련 국외 기술동향 .....	69
표 4-11	빅데이터 활용관련 국내 기술동향 .....	70
표 4-12	예지보전관련 국내 기술동향 .....	70
표 4-13	CPS관련 국내 기술동향 .....	73
표 4-14	국내 연구기관별 CPS 기술동향 .....	74
표 4-15	스마트팩토리 정부지원내용 .....	78
표 4-16	글로벌 머신 비전 시장의 주요 기업동향 .....	80
표 4-17	실감기술의 시대별 정책 방향, 연구사례 및 참여 기관 .....	83
표 4-18	AR/VR 기업별 제품 .....	85
표 4-19	산업분야별 기업 연구동향 .....	87
표 4-20	국가별 정부지원 내용 .....	89
표 4-21	특허조사 기술분류 .....	91
표 4-22	검색 DB 및 검색 범위 .....	92
표 4-23	특허조사 기술분류 .....	92
표 4-24	특허 검색 결과 .....	93
표 4-25	주요국별 특허 건수(전체) .....	95
표 4-26	주요국별 등록특허 건수 .....	95
표 4-27	디지털데이터 연도별 특허 빈도 .....	96
표 4-28	연도별 특허 빈도(출원인 국적별) .....	97
표 4-29	주요국 디지털데이터 기술 경쟁력 .....	98
표 4-30	산학연별 주요 특허 출원인 분석 .....	99
표 4-31	주요국별 특허 건수(전체) .....	100

## 표 목차

표 4-32	주요국별 등록특허 건수 .....	100
표 4-33	디지털트윈 연도별 특허 빈도 .....	101
표 4-34	연도별 특허 빈도(출원인 국적별) .....	102
표 4-35	주요국 디지털트윈 기술 경쟁력 .....	103
표 4-36	산학연별 주요 특허 출원인 분석 .....	104
표 4-37	주요국별 특허 건수(전체) .....	105
표 4-38	주요국별 등록특허 건수 .....	105
표 4-39	디지털데이터 연도별 특허 빈도 .....	106
표 4-40	연도별 특허 빈도(출원인 국적별) .....	107
표 4-41	주요국 제조AI 기술 경쟁력 .....	109
표 4-42	산학연별 주요 특허 출원인 분석 .....	110
표 4-43	주요국별 특허 건수(전체) .....	111
표 4-44	주요국별 등록특허 건수 .....	111
표 4-45	자율제조 연도별 특허 빈도 .....	112
표 4-46	연도별 특허 빈도(출원인 국적별) .....	113
표 4-47	주요국 자율제조 기술 경쟁력 .....	114
표 4-48	산학연별 주요 특허 출원인 분석 .....	115
표 5-1	1단계 : DX 모니터링 단계 진단 질문 표 .....	123
표 5-2	2단계 : DX 모델링 단계 진단 질문 표 .....	123
표 5-3	3단계 : DX 최적화 단계 진단 질문 표 .....	124
표 5-4	4단계 : DX 자율화 단계 진단 질문 표 .....	124
표 5-5	5단계 : DX 초연결 자율화 단계 진단 질문 표 .....	125

그림 2-1	글로벌 데이터 시장 규모(2020~2023년(E))	17
그림 2-2	글로벌 스마트제조 기술 시장규모	19
그림 2-3	글로벌 디지털트윈 시장규모	22
그림 2-4	글로벌 디지털트랜스포메이션 시장전망	25
그림 2-5	국내 기업 DX 추진현황	26
그림 2-6	국내 데이터산업 시장 규모(2018~2022년(E))	27
그림 2-7	국내 데이터산업 시장 전망(2022(E)~2028년(P))	28
그림 2-8	국내 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 시장 규모(2018~2022년(E))	28
그림 2-9	2021년 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 중분류별 시장 규모 비중	29
그림 2-10	스마트제조 국내 시장 규모 및 전망	31
그림 2-11	디지털트윈 중장기 로드맵	34
그림 3-1	‘대한민국 디지털 전략’의 비전 및 목표	46
그림 3-2	‘12대 국가전략기술 임무중심 전략로드맵’	48
그림 3-3	‘12대 국가전략기술 임무중심 전략로드맵’(첨단로봇·제조 목표)	49
그림 3-4	산업통상자원부 ‘AI자율제조’ 추진방향	50
그림 4-1	출원인 국적별 특허출원 건수	63
그림 4-2	디지털 스레드를 이용한 제조 단계별 데이터의 연결 예제	75
그림 4-3	독일 지멘스 암베르크 디지털 공장	76
그림 4-4	스마트팩토리 기술구조	77
그림 4-5	아이브(AiV) 로봇	81
그림 4-6	AI로봇을 활용한 Closed-loop 실험 단계 개념도	82
그림 4-7	프라운호퍼 연구활동	84
그림 4-8	AR/VR 연구개발동향	86
그림 4-9	MIT 개발 로봇	87
그림 4-10	3D 적층 작업	90
그림 5-1	기계산업 DX 역량 지표	121
그림 5-2	기계산업 DX 전환대상 기술 분류표	122

## 그림 목차

그림 6-1	디지털 전환 기술 투자 금액 .....	137
그림 6-2	Precedence Research 디지털 트랜스포메이션 시장전망 .....	139
그림 6-3	미국 디지털트랜스포메이션 시장전망 .....	140
그림 6-4	글로벌 디지털 트랜스포메이션 시장 전망 .....	141

# 제1장

---

## 서론

1. 백서 개요
2. 디지털전환의 정의 및 특성
3. 기계산업 DX 연구/개발 분야 개요



# 제1장 · 서론

## 1 백서 개요

### ❖ 백서 작성의 목적

- 기계산업의 디지털 전환(DX)에 대한 종합적이고 체계적인 이해를 제공하고, 국내외 시장 및 산업 동향, 정책 및 기술 동향, 그리고 디지털 전환 역량 지표를 통해 기계산업의 디지털 전환 방향과 전략적 과제를 도출하는 데 도움을 주고자 한다. 이를 통해 기계산업의 디지털 전환이 국가 경쟁력 강화와 지속 가능한 산업 발전에 어떻게 기여할 수 있는지 구체적으로 제시하고, 관련 정책 및 기술 개발의 기반 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### ❖ 배경 및 필요성

- 전 세계적으로 4차 산업혁명의 도래와 함께 디지털 기술의 도입이 가속화되고 있으며, 이는 기계산업에서도 중요한 변화가 요구됨.
  - 기계산업은 국가 경제의 핵심적인 부분으로, 제조업 생산량의 상당 부분을 차지하며 4차 산업혁명(Industry 4.0)의 핵심 기술을 도입해야 하는 상황에 직면함.
  - AI와 사물인터넷(IoT) 기술을 도입 시 예측 유지보수 및 스마트 팩토리/AI 자율제조 시스템 구축이 가능해져 생산 라인의 중단을 최소화하고 효율적인 자원 관리가 가능할 뿐만 아니라, AI가 브레인이 되어 전 생산 시스템을 컨트롤하는 시대가 도래할 것임.
  - 특히, 제품-서비스 결합(PaaS) 모델을 통해 제품 수명 주기 동안 고객에게 가치를 제공하는 방식으로 산업 모델 재편이 기대됨.
- 인공지능을 기반으로 한 디지털 전환은 기계/제조산업에 획기적인 구조적 변화를 일으키며, 인건비 절감, 생산량 증대, 기업 이윤 창출 등 여러 가지 측면에서 산업의 경쟁력을 강화함.

| 표 1-1 | 4차 산업혁명과 디지털 전환이 산업의 구조적 변화에 미치는 효과

변화 수준	세부 내용
산업간 경계의 붕괴, 산업간 융합 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별 기업의 업종 영역·경계 모호</li> <li>• 다른 산업 내 기업과의 전략적 제휴 증가 : 동종 산업 내 경쟁 줄임, 이종 산업 간 협력의 시너지 활용</li> </ul>
신산업 출현, 기존 산업의 구조 전환 촉진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 산업의 확장과 세분화</li> <li>• 기존 산업분류로 구분하기 어려운 새로운 유형의 산업 출현 (예 : 제조업과와 유통업의 결합된 산업)</li> </ul>
전·후방기업과의 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전·후방기업과 디지털전환의 동시 추진</li> <li>• 생산자, 소비자, 중간연결자 간 밀접도, 상호 교류 증가</li> </ul>

- OECD(2019)는 상호의존적인 디지털 기술 생태계가 디지털 전환을 뒷받침하며 생태계 간 서로 보완하여 새로운 가능성을 열어주기에 파급 효과가 클 것으로 전망됨.
- 산업의 패러다임이 변화하면서 유연성과 민첩성을 요구하는 산업 환경에 대응하기 위해서 조직이나 기업은 디지털 전환이 필수 불가결한 상황임.
- 글로벌 조사BCG(2020)에 따르면 기업들의 77%가 디지털 기술을 기반으로 산업의 연속성, 비용 절감 등을 경험하였고, 이를 통해 기업들은 ‘코로나19’ 이후 디지털 전환의 우선순위가 더욱 긴급해졌다고 응답함.

| 표 1-2 | 산업 분야별 디지털 전환의 영향

영향 분야	세부 내용
자동화 및 생산성 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공지능(AI), 로봇 공학, IoT, 빅데이터를 활용하여 생산성 향상과 비용 절감, 무인 공장 모델로 전환이 가속화됨.</li> </ul>
유연 생산 시스템 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 분석과 디지털 트윈을 통해 맞춤형 생산이 가능해지고, 소량 다품종 생산 및 실시간 생산 공정 최적화가 가능해짐.</li> </ul>
스마트 팩토리 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI, IoT, 클라우드 기반 스마트 팩토리가 에너지 효율성을 높이고, 실시간 제어 및 운영비용 절감이 가능해지며 생산성 증대.</li> </ul>
글로벌 가치사슬 재편	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 클라우드 기반 데이터 공유와 네트워크화된 생산으로 공급망 복잡성 감소, 공급망 중단에 대한 대응력 강화.</li> </ul>
노동 시장 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단순 노동이 자동화되면서 디지털 기술을 다룰 수 있는 고숙련 인력 수요가 증가하며, 재교육 및 재훈련 필요성 증가.</li> </ul>

※ 출처 : 각종 보고서(KPMG, McKinsey 등) 재정리



- 이에 디지털 기술과 기술 생태계의 융합을 통한 그 효과와 파급력이 증대될 수 있을 것으로 예상되며 변화하는 산업 패러다임에 따른 디지털 전환이 요구됨.

- ❖ 데이터 기반 의사결정을 통해 제조 공정을 최적화하고 유연한 대응이 가능해져, 글로벌 시장에서의 경쟁력을 유지할 수 있음.
- ❖ 국제적으로 많은 기업들이 디지털 전환을 통해 기술 리더십을 확립하고 있으며, 한국의 기계산업도 이러한 글로벌 동향에 발맞추어 혁신이 필요함.

## ●● 주요내용

- 기계산업 디지털 전환 기술 현황 조사 (기계산업 디지털 데이터, 기계산업 디지털트윈, 기계산업 AI, 기계산업 자율제조 등)
- 국내외 시장/특허 현황 조사 (시장 규모, 성장률, 주요국 관련 특허 등)
- 기계연 디지털 전환 연구 로드맵 작성 기반 자료 조사
- 국내외 디지털 전환 관련 정책 동향 조사
- 기계산업 DX 역량 지표 설계

## 2 디지털전환의 정의 및 특성

- 디지털 전환(Digital Transformation)\*은 경제·사회 및 일상에 빠르게 접목되고 있으며 계속 가속화될 것으로 전망됨.
  - 4차 산업혁명 가속화, 디지털 기술(인공지능·빅데이터 등)의 발전, 유연적 생산 등 기업 경쟁 방식으로 변화하고 있음.
  - 산업데이터, 디지털 기술 활용에 기반한 산업 디지털 전환이 기업의 생존과 산업 경쟁력 제고에 중요해짐.

표 1-3 | 문헌조사를 통한 디지털 전환 정의

출처	정의
장훈 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 전환은 디지털 기술이 바탕이 된 전환, 차별화된 변화를 의미하며 산업적 시각에서는 '다양한 디지털 기술을 바탕으로 기업의 전략이나 시스템 등을 근본적으로 변화시켜 새로운 가치를 창출하는 것'으로 정의 가능.</li> </ul>
한국정보화진흥원 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공지능 (AI), 클라우드 (Cloud), 데이터 (Data) 등 디지털 기술기반 비즈니스 모델을 중심으로 산업 구조 재편하는 것.</li> </ul>
김용진 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 전환은 사물과 사물의 커뮤니케이션, 정보의 실시간 추적 및 분석, 제품의 서비스화 및 서비스의 제품화를 가져오는 기반.</li> </ul>
IBM (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털과 물리적인 요소들을 통합해 비즈니스 모델을 변화하고 산업에 새로운 방향을 정립하는 것.</li> </ul>
Agile Elephant (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자산(assets)의 디지털화와 조직의 생각하고 일하는 방식을 바꾸는 프로세스 전환, 리더십과 신규비즈니스 모델의 창출 그리고 이해관계자, 고객, 직원 등의 경험을 향상시키기 위한 기술의 활용까지 포괄하는 개념.</li> </ul>
IDC (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업이 새로운 비즈니스 모델, 제품 및 서비스를 창출하기 위해 디지털 역량을 활용함으로써 고객 및 시장(외부 생태계)의 파괴적인 변화에 적응하거나 이를 추진하는 지속적인 프로세스.</li> </ul>
A. T. Kearney (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICBM (IoT, cloud, bigdata, mobile)+AI 등 디지털 신기술로 촉발되는 경영 환경상의 변화 동인에 선제적으로 대응함으로써 현행 비즈니스의 경쟁력을 획기적으로 높이거나 새로운 비즈니스를 통한 신규 성장을 추구하는 기업 활동.</li> </ul>

※ 출처 : 디지털 전환의 미래사회 위험이슈 및 대응전략, KISTEP, 2022

- 디지털 대전환 아젠다 발굴을 위한 전문가 조사 및 연구용역(KISDI)에서는 전문가의 집단지성을 활용하여 디지털 전환 개념에 대한 설문조사를 실시함(21) :
  - WEF, SAP, Bain & Company, PWC기업에서는 비즈니스·산업계에서 통용되는 디지털 전환의 개념을 아래와 같이 분류하고 있으며, 다수의 설문응답자 70%가 SAP기업이 제시하고 있는 정의를 선택하였음.
  - \* SAP(70%) > WEF(14%) = PWC(14%) > Bain & Company (-)

| 표 1-4 | 산업계의 디지털 전환 정의

구분	정의
WEF (세계경제포럼)	• 디지털 기술 및 성과를 향상시킬 수 있는 비즈니스 모델을 활용하여 조직을 변화시키는 것.
SAP	• 고객 경험, 비즈니스 모델, 운영 등을 근본적으로 바꿔 가치 제공과 수익 창출, 효율성 향상을 위한 새로운 방식을 발견하는 활동으로, 기업은 혁신 기술을 활용하여 전환을 달성.
Bain & Company	• 디지털 엔터프라이즈 산업을 디지털 기반으로 재정의하고 게임의 법칙을 근본적으로 뒤집음으로써 변화를 일으키는 것.
PWC (삼일회계법인)	• 기업경영에서 디지털 소비자 및 에코시스템이 기대하는 것들을 비즈니스 모델 및 운영에 적용시키는 일련의 과정.

※ 출처 : 디지털 대전환 아젠다 발굴을 위한 전문가 조사 및 연구용역, KISDI, 2021

- 디지털 대전환의 분야별(과학기술, 경제산업) 광의 개념을 정의함.

| 표 1-5 | 디지털 대전환 분야별 광의 개념

분야		분야별 디지털 전환 광의 개념
대분류	세부	
과학기술	기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과거 아날로그 세계를 구성하는 자연, 물질적인 인공물, 비물질적인 문화적 창조물을 이진법의 논리인 0과 1의 각종 조합으로 만들어 디지털 세계로 편입·전환하는 과정</li> <li>• 기술자체와 기술로 인한 결과의 사일로의 통합 과정</li> </ul>
	의료	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의료기관 등에서 디지털 기반한 소비자와 기관 종사자가 기대하는 것을 디지털 기반 플랫폼에서 분석하여 관련 정책과 절차에 반영하는 일련의 과정</li> </ul>
	혁신	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혁신활동(ex. 제품개발 등)에 필요한 정보(인풋)와 산출물(아웃풋)에 있어 정보의 누수나 왜곡 없이 최적화 될 필요가 있으며, 디지털 전환은 혁신에 필요한 인풋과 아웃풋을 적절하게 연결 시켜주는 도구</li> </ul>

분야		분야별 디지털 전환 광의 개념
대분류	세부	
경제산업	경제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 경제의 생산-유통-소비 시스템 전반의 효율화 및 총체적인 국민 경제의 생산성 제고를 도모할 수 있도록 ICT 기술에 기반하여 생산/유통/소비 양식의 혁신적 변화를 가져오는 것</li> <li>• 요소투입 중심의 성장방식에서 벗어나, 인공지능-데이터 등 디지털이 성장방식을 근본적으로 혁신</li> </ul>
	경영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비즈니스 측면에서 기업이 새로운 비즈니스 모델, 제품 및 서비스를 창출하기 위해 디지털 역량을 활용함으로써 고객 및 시장의 파괴적인 변화에 적응하거나 이를 추진하는 지속적인 프로세스</li> <li>• 내부 경영 측면에서 디지털 기술을 이용하여 기업 내부 프로세스를 개선하여 업무효율, 생산효율을 달성하는 것</li> </ul>
	제조업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 클라우드, SNS 등 플랫폼 디지털 기술과, 인공지능, IoT 등 가속화 디지털 기술이 제조업과 결합하면서 단순 제조공정 혁신을 넘어 새로운 가치창출 실현</li> <li>• 제조업 전반에 걸쳐 서비스 중심의 가치창출 방식 및 생산방식이 재구성되는 과정 혹은 현상</li> </ul>
	금융	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 자본의 축적과 이를 기반으로 정부/기업/개인이 디지털 자본을 활용해 나가는 과정</li> </ul>
	시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모, 개인의 취향에 맞는 맞춤형 서비스 제공을 통한 디지털 시장 환경의 변화</li> </ul>
	노동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 새로운 디지털 기술 이용한 노동형태의 등장 및 기업에서 요구하는 새로운 전문성의 등장과 이에 따른 원격/재택근무 등 일하는 방식의 변화 양상</li> </ul>

- OECD('19)는 디지털 전환의 개념 및 특성(7가지)을 아래와 같이 정의하고 있으며 기존의 행위에 변화를 유도하는 경제적, 사회적 효과를 의미함.

표 1-6 | OECD 디지털 전환 정의 및 구성기술

구분	주요내용
정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아날로그 데이터와 프로세스를 기계가 읽을 수 있는 형식으로 변환하는 디지탈화(digitisation)와 디지털 기술과 데이터, 이들의 상호연결을 활용하는 것을 의미하는 것으로 이는 새로운 행위 또는 기존 행위에 변화를 유도하는 디지탈화(digitalization)의 경제적/사회적 효과를 의미.</li> </ul>
구성기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• artificial intelligence, blockchain, big data, IoT, cloud computing, 5G networks.</li> </ul>

- OECD에서는 디지털 전환은 대중없는 규모의 확대, 넓은 범위, 속도, 무형의 자산과 가치 창출의 새로운 출처 등의 특성을 디지털 전환의 특성으로 구분하여 이에 정책 방향 마련하였음.

| 표 1-7 | OECD가 정의하는 디지털 전환 특성

구분		속성	시사점(정책)
1	대중 없는 규모 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심 디지털 제품과 서비스는 한계 비용이 0에 수렴하며, 적은 수의 직원으로도 인터넷을 활용해 시장을 전세계로 확대할 수 있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장 진입과 혁신에 대한 장애물을 철폐하고, 근로자 수에 기반한 정책 접근법을 변화시켜야 함.</li> </ul>
2	넓은 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털화는 많은 기능을 가진 복잡한 제품의 생성을 촉진하고 제품과 기업, 산업간의 상호운용성이 중요함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 정책 영역을 아우르는 정책이 요구되며, 세부 규정보다 높은 수준에서 적용될 원칙의 중요성이 높아짐.</li> </ul>
3	속도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 활동은 정책적 과정보다 훨씬 빠르게 발전하고, 과정과 활동을 설정하며, 사람들의 관심을 제한 가능함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정책적 원칙은 빠르게 시의적절성을 잃을 수 있는 세부적 규정보다 선호될 수 있음.</li> </ul>
4	무형의 자산과 가치 창출의 새로운 출처	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소프트웨어와 데이터와 같은 무형의 자산이 보다 많은 투자를 받게 됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정책입안가는 디지털 혁신과 생산과 관련된 경제 활동에 대한 투자에 인센티브를 줄 수 있음.</li> </ul>
5	공간의 변화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소프트웨어와 데이터, 컴퓨팅 자원은 어디서나 저장되고 활용될 수 있으며, 지리적 한계를 극복 가능함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특정 지역에 국한된 정책은 가치 창출과 분배 과정을 고려하도록 수정되어야 함.</li> </ul>
6	사용자의 권한 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인터넷의 엔드투엔드 원칙은 사용자가 자체적인 네트워크와 커뮤니티를 형성할 수 있도록 만들.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 보안, 데이터 스튜어트십, 노동, 사회 정책 등은 대규모 기관 중심에서 개인으로 초점을 변화시켜야 함.</li> </ul>
7	플랫폼과 생태계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장에서 거래 비용을 줄여주는 플랫폼은 서로 다른 수준의 통합, 상호 운영성, 자료 공유, 개방성을 가진 생태계로 기능하게 됨.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 충분한 경쟁 수준을 유지해 효율성을 증가시키는 플랫폼 시장으로의 전환을 유도하고 플랫폼의 장점을 활용해 공공 서비스를 제공할 방안을 고려하여야 함.</li> </ul>

※ 출처 : Vectors of digital transformation, OECD, 2019

### 3 기계산업 DX 연구/개발 분야 개요

- 기계산업의 DX 연구/개발 분야는 크게 디지털 데이터, 디지털트윈, 기계산업 AI, 자율제조, 이렇게 4가지 기술 분야로 나뉠 수 있음.
- (기계산업 디지털 데이터) 기계산업의 디지털 데이터 활용은 디지털 전환을 통해 기계산업 전반에 혁신을 가져오는 핵심 요소로, 생산 공정의 효율화를 달성하고 데이터 기반 의사결정을 가능하게 함. 클라우드 제조 및 클라우드 컴퓨팅 제조, 예측 유지보수 및 예지보전, 제조 빅데이터와 산업 데이터 분석, 데이터 인텔리전스 등은 기계산업의 데이터 활용을 고도화하여 생산성과 품질을 향상시키는 주요 기술로 자리잡고 있음. 이러한 디지털 데이터 기술은 기계산업의 변화와 발전을 이끄는 기반이 됨.
- (기계산업 디지털트윈) 디지털트윈 기술은 물리적 기계 장비와 가상 모델을 결합하여 실시간 모니터링과 예측 가능성을 제공하는 기계산업의 필수 기술로 부상하고 있음. 사이버 물리 시스템(CPS), 디지털 스레드, 제조 및 공정 시뮬레이션, 엣지 컴퓨팅 및 산업용 엣지 기술, 스마트 팩토리 및 스마트 생산 등은 디지털 트윈을 구현하는 데 필수적인 요소들임. 이 기술은 공정 최적화와 문제 해결 능력을 획기적으로 향상시키며, 기계산업의 효율성을 극대화하는데 기여함.
- (기계산업 AI) 인공지능(AI)은 기계산업의 자동화 및 지능화를 가속화하는 핵심 기술로, 예측 유지보수, 생산성 향상, 품질 제어와 같은 다양한 분야에서 기여하고 있음. 제조업 인공지능 및 머신러닝, 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 기술을 활용한 제조 혁신, 머신비전과 기계 시각인식 기술은 AI를 활용한 기계산업의 경쟁력을 강화하는 주요 기술임. 이를 통해 기계산업은 전문가의 브레인을 대체하는, 정교하고 효율적인 제조 환경을 구축할 수 있음.
- (기계산업 자율제조) 자율 제조 기술은 기계 장비가 최소한의 인간 개입으로 자율적으로 운영될 수 있도록 하며, 스마트 팩토리 구축을 넘어서는 새로운 패러다임을 제공함. 자기 최적화 생산 시스템, 인터스트리 4.0, 공정 자동화, 첨단 제조 기술, 적층 제조 및 생산 최적화 등은 자율 제조 기술을 구성하는 주요 요소임. 이러한 기술은 기계산업에서 효율적이고 지속 가능한 생산 환경을 마련하며, 미래 제조업의 새로운 표준으로 자리잡을 것임.

| 표 1-8 | 기계산업 DX 연구/개발 분야 개요

기술분야	주요 내용
기계산업 디지털 데이터	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 전환과 데이터 활용을 통한 기계산업의 혁신</li> <li>• 생산 공정의 효율화와 데이터 기반 의사결정 (클라우드 제조, 클라우드 컴퓨팅 제조, 예측 유지보수, 예지보전, 제조 빅데이터, 산업 데이터 분석, 데이터 인텔리전스)</li> </ul>
기계산업 디지털트윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 트윈 기술을 적용하여 물리적 기계 장비와 가상 모델을 결합, 실시간 모니터링 및 예측 가능성을 제공</li> <li>• 공정 최적화 (사이버 물리 시스템, 디지털 스레드, 산업 제어시스템, 제조 시뮬레이션, 공정 시뮬레이션, 엣지 컴퓨팅, 산업용 엣지 기술, 스마트 팩토리, 스마트 생산)</li> </ul>
기계산업 AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인공지능을 활용하여 기계산업의 자동화 및 지능화를 촉진</li> <li>• 예측 유지보수, 생산성 향상, 품질 제어 등을 실현 (제조업/산업 인공지능, 제조업 머신러닝, 기계학습, 제조용 증강현실, AR/VR 제조, 머신비전, 기계 시각인식)</li> </ul>
기계산업 자율제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자율 제조 기술을 통해 기계 장비가 최소한의 인간 개입으로 자율적으로 운영</li> <li>• 스마트 팩토리 구축의 핵심 요소로써 효율적인 생산 환경 마련 (자기 최적화 생산 시스템, 인터스트리 4.0, 자동화, 공정 자동화, 첨단 제조, 적층 제조, 공정/생산 최적화)</li> </ul>





## 제2장

---

### 디지털전환 관련 국내외 시장 및 산업 동향

1. 국외 시장 및 산업동향과 전망
2. 국내 시장 및 산업동향과 전망
3. 시사점



## 제 2 장 · 디지털전환 관련 국내외 시장 및 산업 동향

### 1 국외 시장 및 산업동향과 전망

- 글로벌 산업 DX 시장은 약 8,000억 달러 이상의 규모로 평가되며 2033년까지 8조 5,674억 달러에서 9조 1,494억 9천만 달러에 이를 것으로 전망됨.
  - 사물인터넷(IoT)의 보급 확대, 소셜 미디어 사용 증가, 제조업에서의 디지털 기술 수요 증가, 비접촉 솔루션 및 디지털 결제 채택 증가 등으로 인하여 시장 확대가 전망됨.

| 표 2-1 | 주요 성장 동력

구분	주요내용
클라우드 컴퓨팅	• 다양한 산업에서 데이터 저장 및 처리, 접근성을 높이기 위한 클라우드 서비스의 활용 증가.
빅 데이터 분석	• 실시간 데이터 분석을 통해 실행 가능한 통찰력 제공.
인공지능(AI) 및 머신러닝	• 운영 효율성을 높이고 고객 경험을 향상시키는 기술의 도입 증가.
사물인터넷(IoT)	• 산업 전반에서 연결성을 증대시키고 스마트 솔루션 제공.
사이버 보안	• 데이터 보호 및 보안 강화를 위한 기술 도입.

- (북미) 글로벌 디지털 전환 시장에서 가장 큰 부분을 차지하며, 주요 성장 요인 중 하나는 정부의 AI 및 디지털 전환 지원 정책으로 인한 투자 활성화임.
- (유럽) 소셜 미디어의 보급, 5G 네트워크 확장, 스마트폰 보급률 증가 등 관련 기술의 발전으로 인해 디지털 전환 솔루션의 활용이 촉진됨.
- (아시아) 디지털 전환 시장에서 가장 빠르게 성장하는 지역으로 중소기업의 디지털 혁신 솔루션 활용 증가와 AI 기반 분석 도구의 확산 추세를 보임.

- 디지털 전환 시장의 주요 성장 동력은 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 분석, 인공지능(AI), IoT 등의 기술에 해당되며 산업적 적용 사례는 아래와 같음.
  - 제조업 : 스마트 팩토리 구현을 통해 생산 효율성을 높이고, 공급망 관리를 최적화함.
  - 금융 서비스 : 디지털 बैं킹, 모바일 결제 시스템 도입으로 고객 편의성을 향상함.
  - 헬스케어 : 원격 의료, 전자 건강 기록 시스템 등을 통해 환자 관리와 진료 효율성 개선함.

1.1 데이터

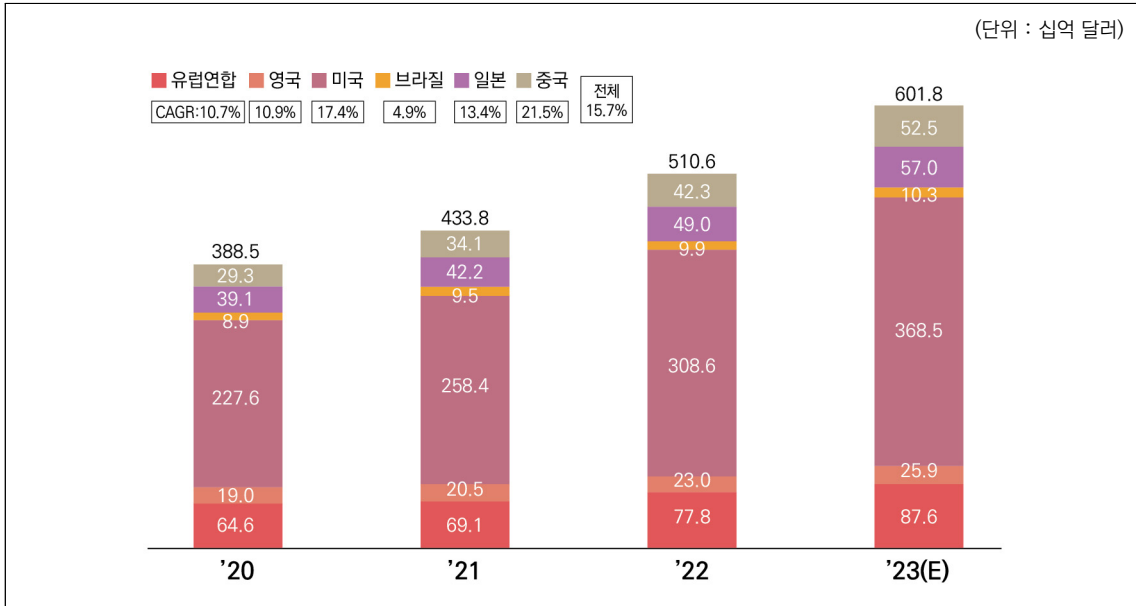
시장규모

- 미국의 디지털 데이터 시장은 세계 최대 규모로, 2020~2023년 연평균 성장률 17.4%를 기록하며 2023년에는 3,685억 달러 규모로 이후 더욱 증가될 것으로 전망됨.  
※ 출처 : IDC & Lisbon Council : European Data Market Study(2023)
- 유럽연합과 영국은 각각 10.7%와 10.9%의 연평균 성장률을 보이며, 일본은 13.4%, 중국은 21.5%로 빠르게 성장하고 있음.

표 2-2 | 글로벌 데이터 시장 규모(2020~2023년(E)) 전망

국가	시장규모
미국	<ul style="list-style-type: none"><li>• 디지털 데이터 시장은 규모 면에서 세계에서 가장 크다. 시장의 성장세 또한 높아서, 2020~2023년(E) 까지 연평균 성장률 17.4%를 보였음.</li><li>- 기존 시장 규모가 2020년 2,276억 달러였는데 2023년에는 3,685억 달러의 시장 형성이 예상될 만큼 지속적으로 두 자릿수 성장세를 나타냄.</li></ul>
유럽연합 (EU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 데이터 시장은 연평균 성장률 10.7% 수준으로 상대적으로 성장률이 낮음.</li></ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"><li>• 연평균 성장률 10.9%이며 2020년 190억 달러에서 2022년 259억 달러로 성장할 것으로 예상됨.</li></ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2020년 391억 달러에서 2023년 570억 달러로 연평균 성장률 13.4% 수준으로 추정됨.</li></ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2020년 293억 달러에서 2023년 525억 달러로 연평균 성장률 21.5% 수준의 가장 빠른 성장률을 나타냄.</li></ul>
브라질	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2020년 89억 달러에서 4.9% 성장해 2023년 103억 달러를 기록할 것으로 예상됨.</li></ul>

| 그림 2-1 | 글로벌 데이터 시장 규모(2020~2023년(E))



※ 출처 : IDC & Lisbon Council : European Data Market Study(2023)

## 기업 동향

- 디지털 전환에서 데이터 활용은 기업의 경쟁력 강화와 혁신에 핵심적인 역할을 하며 아마존, 넷플릭스 등의 기업은 데이터 중심의 디지털 전환 성공을 이룸.
- 이러한 글로벌 제조 기업들은 디지털 데이터를 활용하여 생산 효율성 향상, 품질 개선, 비용 절감 등 다양한 분야에서 혁신을 이루고 있음.

| 표 2-3 | 데이터 중심의 디지털 전환 성공기업 사례

기업명	디지털 전환 기술 및 데이터 활용	효과
아마존 (Amazon)	• 고객 데이터를 기반으로 개인 맞춤형 추천 시스템 구축, 재고 및 물류 최적화, AWS를 통해 디지털 전환 지원.	• 운영 효율성 향상, 고객 맞춤 서비스 제공으로 만족도 증가.
넷플릭스 (Netflix)	• 사용자 시청 데이터를 분석하여 개인화된 콘텐츠 추천 시스템 개발, 데이터 기반 콘텐츠 제작 결정.	• 개인화된 추천으로 사용자 만족도 증가, 성공적인 콘텐츠 제작.
도미노피자 (Domino's Pizza)	• 주문 데이터를 분석해 고객 선호도 파악, 온라인 주문 및 배달 추적 시스템 도입으로 고객 경험 향상.	• 고객 경험 향상, 효율적인 메뉴 개발 및 마케팅.

기업명	디지털 전환 기술 및 데이터 활용	효과
제너럴 일렉트릭 (GE)	• IIoT 플랫폼 Predix를 통한 기계와 설비 데이터 분석, 항공기 유지보수 예측 및 철도 운영 최적화.	• 효율성 향상, 항공편 지연 및 취소 방지, 철도 연료 절감.
제너럴 일렉트릭 (GE)	• 기계와 설비에서 수집된 데이터를 통해 항공기 유지보수 예측 및 철도 운영 최적화, 열차 속도와 연료 절감으로 효율성 향상.	• 생산 효율성 향상, 품질 개선, 비용 절감 등.
나이키 (Nike)	• 고객의 운동 데이터를 수집 및 분석하여 맞춤형 제품 개발과 마케팅 전략 수립.	• 생산 효율성 등.

- 빅데이터 분석이 고객 맞춤형 서비스 제공, 운영 효율성 향상, 새로운 비즈니스 모델 창출 등 다양한 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있음을 나타냄.

표 2-4 | 해외 기업의 빅데이터 분석 활용 사례

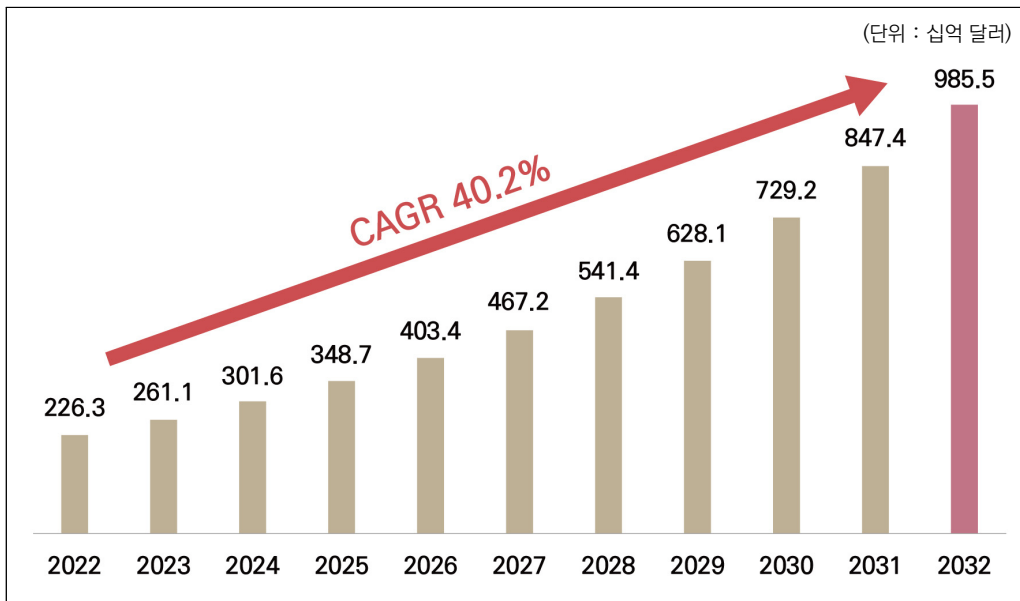
분류	기업명	빅데이터 활용 내용
고객 관계관리/경험의 변화	아비바생명	• 고객 맞춤형 보험 상품 제공
	사우스웨스트항공	• 고객 맞춤형 광고
	타겟	• 고객 맞춤형 상품 프로모션
내부 프로세스/효율성 개선	DHL	• 물류 효율화, 투자 의사결정에 참고
	자라(Zara)	• 효율적인 물류 배송망 운영
	구글	• 데이터센터 성능 및 에너지 사용 최적화
신규 Value Proposition 창출	아마존	• 고객 주문 전에 예측 배송
	GE	• 산업 인터넷으로 Smart Factory 구현
	후지쯔	• 새로운 제품 및 서비스 가치를 창출

## 1.2 스마트 제조

### ● 시장규모

- 글로벌 스마트제조 시장은 2022년 2,263만달러를 기록하였으며 2023년에는 2,611만 달러를 기록하며 더욱 증가할 것으로 전망됨.
  - 2023년까지 연평균 성장률 16%를 기록하며 약 9,855억 달러까지 성장함.  
※ 출처 : 프리시던스리서치(Precedence Research)
  - 스마트제조시장의 성장은 고급 모델링과 감지, 제어 및 시뮬레이션 기능을 갖춘 연결된 공급망 및 스마트제조에대한 수요 증가가 주도할 것으로 보임.
  - 또한 클라우드 기술과 산업용 사물인터넷 분야는 스마트제조 성장에 중요한 역할을 할 전망이다.

| 그림 2-2 | 글로벌 스마트제조 기술 시장규모



※ 출처 : Precedence Research(precedenceresearch.com)

- 글로벌 스마트공장 시장규모 조사에서 국가별 시장 규모를 기반으로 선진국가를 선정함.
    - 국가별 스마트공장 시장 규모에서 1위를 차지한 국가는 중국으로 229억 5,900만 달러를 기록하였으며 시장 비율은 28.05%를 차지함.
    - 2위 북미는 22억 6,900만 달러로 27.21%의 비율을 차지하였으며 2위 유럽은 179억 8,400만 달러를 기록하며 시장 비율 21.97%를 차지함.
- ※ 출처 : 글로벌인포메이션(Global Information)

표 2-5 | 스마트제조 특허 출원 건수 (23.4.24. 기준)

국가	시장규모	시장비율
중국	229억 5,900만달러	28.05%
북미	222억 6,900만달러	27.21%
유럽	179억 8,400만달러	21.97%

※ 출처 : MAXVAL(maxval.com)

- **(중국)** 스마트제조장비 규모는 3조 위안(약 4,200억 달러)를 기록하였으며 시스템 솔루션 제공업체 수는 6,000곳에 달함.
- 2025년까지 주요 제조기업의 70%가 디지털화 및 네트워크화를 실현하고 업계를 선도하는 500곳 이상의 스마트제조 시범 공장을 구축할 예정임.
- 중국 정부는 일정 규모 이상의 모든 제조기업에 대해 2035년까지 디지털화 및 네트워크화를 실현할 계획을 발표함.
- **(미국/ 캐나다, 북미지역)** 시장조사기관에 따르면, 미국의 스마트제조 시장 규모는 2023년에서 2030년까지 연평균 성장률 11.0%를 기록할 것으로 추산됨.
 

※ 출처 : 포춘비즈니스인사이트(Fortune Business Insights)
- 캐나다 역시 북미지역 스마트제조 산업을 주도하고 있는데 캐나다에는 인공지능과 빅데이터등 소프트웨어 기술을 보유한 기업이 다수 포진해 있어 스마트제조 산업 발전에 유리한 위치를 점유하고 있음.
- **(유럽)** 유럽의 스마트제조 시장규모는 2030년까지 연평균 성장률 12.5%를 기록할 것으로 예상됨.
- 제조업체의 생산성 향상과 비용 절감, 글로벌 시장에서의 경쟁력 유지에 대한 요구가 증가함에따라 유럽 내 시장 규모는 빠르게 성장할 것으로 전망됨.



## 기업동향

- 기술 대기업들은 스마트제조 핵심기술 및 애플리케이션 개발에 주력
- 지멘스(Siemens) : 스마트제조 대표 기업
  - 스마트제조 실행으로 생산 목표 달성하였으며, 메타버스와 생성형 AI 등 신기술 선두주자임.
- 보쉬(Bosch) : 완전 공장 자동화 기술 보유한 자동차 제조 기업
  - 완전 공장 자동화 기술 선보였으며, 넥시드 솔루션을 통한 생산효율성 증대를 제안함.
- 제너럴일렉트릭(General Electric Company) : 클라우드 제조 시스템 선두 기업
  - Proficy Smart Factory와 Proficy Operations Hub로 클라우드 제조 시스템을 선도함.
  - AWS 마켓플레이스에 자사 제품 확장함.

표 2-6 | 스마트제조 선도 기업 매출액 및 사업분야

순위	기업명	국가	매출	사업분야
①	Siemens	독일	921억 달러	• 3D 프린팅을 활용한 적층 제조
②	Bosch GmbH	독일	835억 달러	• 로봇 공학 및 자동화 기술로 제조 작업 간소화, IIoT 활용하여 기계, 장치 및 시스템 상호 연결
③	General Electric Company	미국	760억 달러	• AI, 로봇공학, 증강현실 기반의 스마트제조 분야 혁신
④	Schneider Electric	프랑스	364억 달러	• 디지털트윈 기반의 스마트제조 프로세스 최적화
⑤	Honeywell	미국	350억 달러	• 데이터 분석 센서, 예측 유지 관리 등 IIoT 솔루션
⑥	ABB	스위스	290억 달러	• 최첨단 제조 로봇 솔루션 개발
⑦	Danfoss	덴마크	107억 달러	• 자동화, 연결성, 데이터 중심 의사 결정을 통합한 에너지 효율적이고 기후 친화적인 솔루션 개발
⑧	Mitsubishi Electric	일본	80억 달러	• IIoT와 엣지 컴퓨팅을 기반의 실시간 모니터링 예측 유지 관리 등을 지원하는 IIoT 플랫폼 및 장치
⑨	Rockwell Automation	미국	70억 달러	• IIoT와 엣지 컴퓨팅을 활용한 산업용 장치의 데이터 분석 서비스
⑩	Fanuc Corporation	일본	40억 달러	• 다관절 로봇, 델타 로봇, 협동 로봇 개발, 디지털트윈 기반의 프로세스 최적화

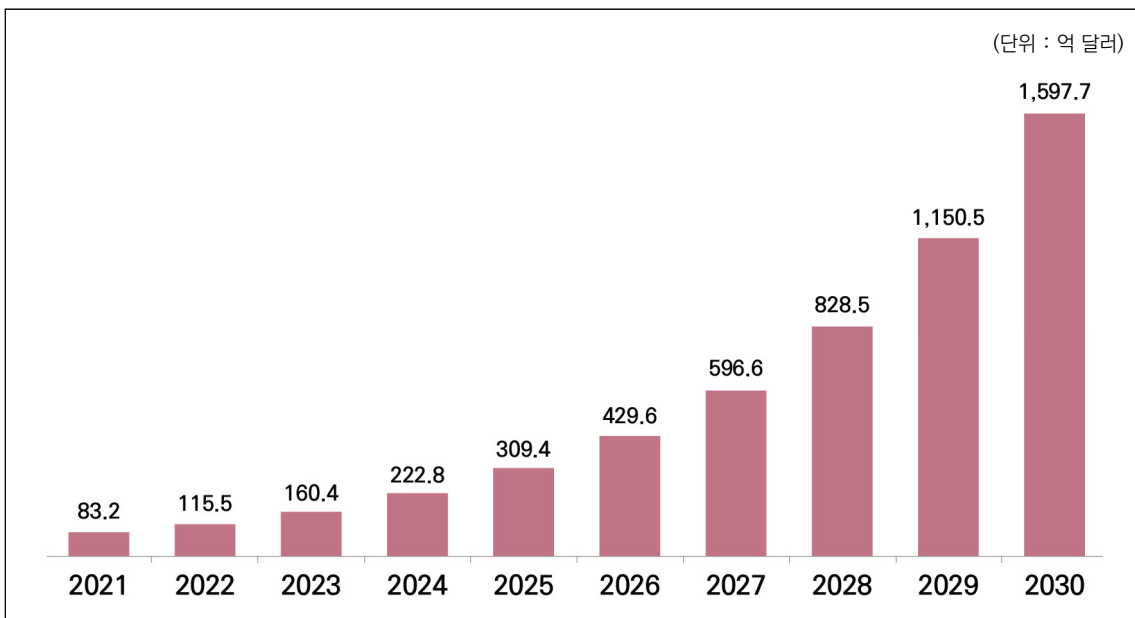
※ 출처 : 품목별 ICT 시장동향, 정보통신산업진흥원. 2022

## 1.3 디지털트윈

### ❖ 시장규모

- 2021년 글로벌 디지털트윈 시장은 83억 2,000만 달러였으며, 2022년에는 115억 5,000만 달러를 기록하였으며 2030년까지 연평균 성장률 38.87%를 기록해 1,597억 7,000만 달러까지 성장할 것으로 예상됨.
  - 코로나19로 인한 바이러스 확산 추적, 자동차 및 운송 분야에서의 디지털트윈 기술 활용 증가가 주요 성장 요인으로 분석되며 2022년 디지털트윈 시장 규모 115억 5,000만 달러 규모로 나타남.
- 제조업은 디지털트윈 시장의 성장을 견인하는 주요 산업 중 하나로, 2020년 제조업 분야의 시장 규모는 5억 9,000만 달러로 전체 디지털트윈 시장에서 가장 큰 비율을 차지함.
  - 2025년까지 제조업에서 디지털트윈 기술 활용이 더욱 활발해질 것으로 보이며, 2025년에는 66억 9,000만 달러로 성장할 전망이다.
  - 타 산업과 비교 : 2025년에는 비행 분야가 50억 900만 달러로 2위를 차지할 것으로 예상되며, 자동차와 에너지 및 헬스케어 산업에서도 디지털트윈 기술 수요가 증가할 것으로 예상됨.

| 그림 2-3 | 글로벌 디지털트윈 시장규모



※ 출처 : Precedence Research

## ❖ 기업동향

- 디지털트윈은 주요 유니콘 기업에서 활용하고 있으며 디지털 트윈은 제조업의 문제점을 해결하면서도 수익성을 개선할 수 있음.
  - Microsoft : 산업용 메타버스 및 디지털트윈 기술 제공함.
  - Bosch : 양자컴퓨팅 기반 디지털트윈 기술 제공함.
  - GE Company : 산업용 디지털트윈 구축함.
  - IBM : 자산 관리를 위한 디지털트윈 기술 제공함.
  - Siemens : 산업용 디지털트윈 기술 제공함.

| 표 2-7 | 디지털트윈 주요 유망 기업 Top10 (매출액순)

순위	기업명	국적	매출액(달러)	제공 서비스
①	Microsoft	미국	1,430억	• Azure Digital Twins
②	Bosch	독일	915억 1,000만	• Bosch IoT Hub, Bosch IoT Things (Eclipse Ditto)
③	GE	미국	756억 1,900만	• Predix™, GE Digital Twin
④	IBM	미국	736억	• IBM Digital Twin Exchange
⑤	Siemens	독일	673억	• Siemens Digital Enterprise Suite, MindSphere
⑥	Oracle	미국	390억 7,000만	• JSON 기반 모델, ML 기술 활용해 구현
⑦	Cisco	미국	493억	• Cisco Kinetic IoT 플랫폼, Cisco DNA Center, Field Network Director
⑧	Dassault Systems	프랑스	52억 4,000만	• 3D EXPERIENCE Platform
⑨	Ansys	미국	15억 1,600만	• Ansys Twin Builder
⑩	PTC Inc.	미국	11억 6,400만	• PTC Digital Twin

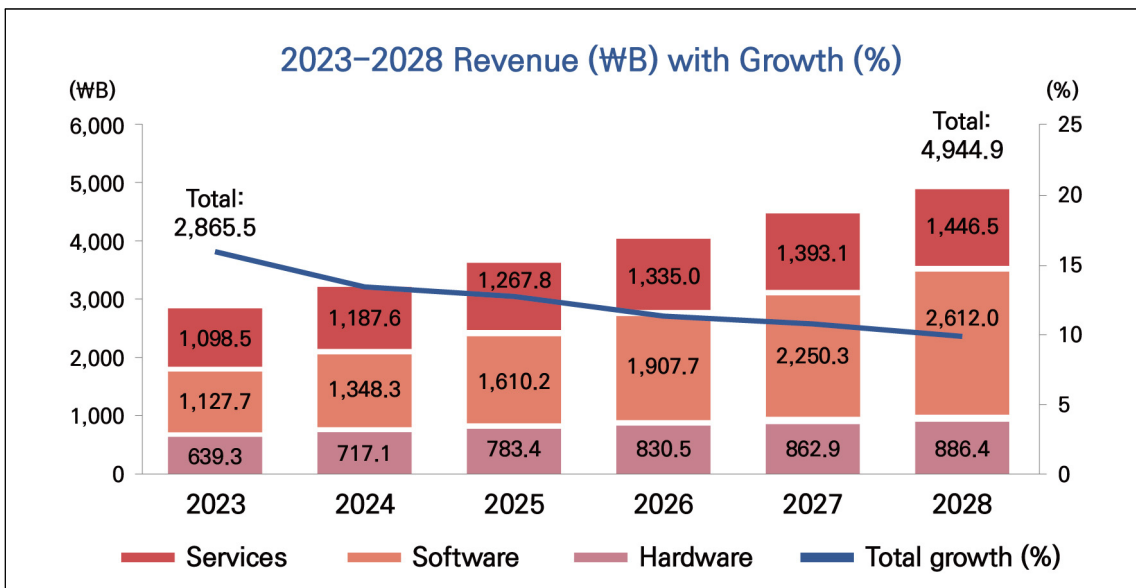
※ 출처 : Emergen Research(emergenresearch.com)

- BMW
  - 헝가리 공장 설계에 디지털 트윈을 적용, 공장 전체를 가상에 구현해 작업자의 동선, 움직임, 간섭, 로봇 동선 제약, 물류흐름 문제점 등을 사전에 파악해 생산공정을 설계하여 라인 설계 시간이 대폭 감소됐을 뿐 아니라 생산 라인의 효율도 향상됨.
- 롤스로이스
  - 항공기엔진 유지보수를 위해 제트엔진에 200개 이상의 센서를 장착해 엔진의 전체 상태를 모니터링하고, 시뮬레이션으로 엔진 교체시기와 상태를 예측함.
- 지멘스
  - 물류시스템을 최적화하여 위탁물이나 소포 등을 수초 단위로 시뮬레이션해 병목현상을 해결하고, 최적 물류 흐름 시뮬레이션으로 처리량을 대폭 개선함.
  - 데이터만으로 풀 수 없는 현장의 문제를 시뮬레이션으로 이해하고, 직접 실행하기 어려운 업무를 가상에서 진행해 시간과 비용, 안전 리스크 절감함.
  - 복잡해지는 제조현장을 통합적으로 이해하고, 숙련자의 실제적인 노하우를 가상에 축적함.

## 2 국내 시장 및 산업동향과 전망

- 국내 산업 디지털 전환(DX) 시장은 약 3조원 이상의 규모로 2024년부터 2028년까지의 연평균 성장률(CAGR)은 약 10% 이상으로 전망됨.
- (개요) BDA 시장의 성장과 AI 기술의 발전으로 기계산업 제조 현장의 디지털 전환이 가속화 될 것이며 데이터 기반 의사결정과 혁신을 통해 글로벌 경쟁력을 강화함.
- (성장률 및 시장 규모) 2024 규모는 4조 9,449억 원에 이를 것으로 전망됨.

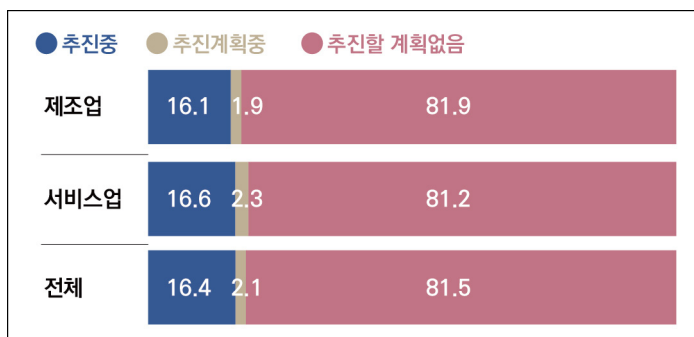
| 그림 2-4 | 글로벌 디지털트랜스포메이션 시장전망



※ 출처 : IDC (2024)

- 국내 제조 기업의 디지털전환(DX) 준비는 5점 만점으로 따져 1.21점 수준에 그치는 것으로 나타나며 중소기업의 64%는 디지털화 전략은 전무함.

| 그림 2-5 | 국내 기업 DX 추진현황



※ 출처 : 소프트웨어정책연구소, 한국산업기술진흥협회, 2022

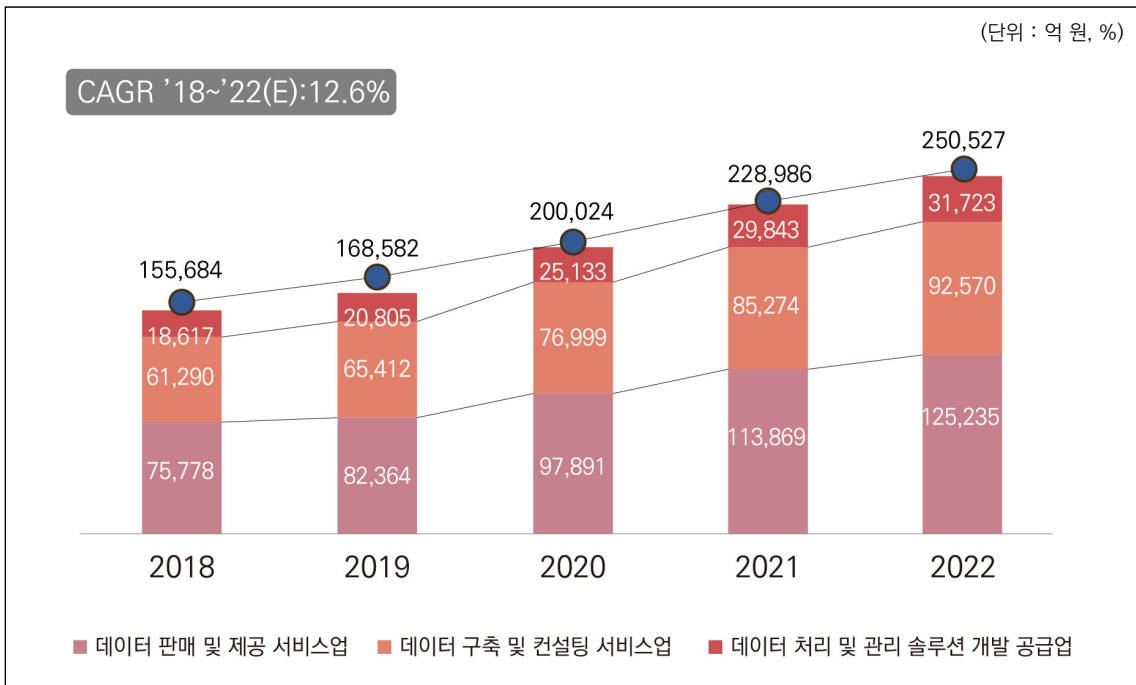
## 2.1 데이터

### 시장규모

- 2024년 국내 BDA 시장은 데이터 중심 문화와 디지털 비즈니스로의 전환을 촉진하며 견고한 성장세를 보임.
  - AI 기술은 실시간 데이터 분석 및 의사 결정 기능을 강화하여 새로운 기회를 창출하고 리소스 최적화 및 위험 완화를 가능하게 하고 있음.
- 세부 시장은 서비스, 소프트웨어, 하드웨어로 구분됨.
  - (서비스 부문) 2024년 국내 BDA 서비스 시장은 1조 1,876억 원의 규모로, 데이터 분석 및 활용 프로세스 전반에 걸쳐 조직을 지원하고 기술 투자 최적화를 돕는 전문적 서비스에 대한 수요가 지속됨.
  - (소프트웨어 부문) BDA 소프트웨어 시장은 2024년 1조 3,483억 원의 시장 규모를 형성하며, 데이터 분석 플랫폼 구축과 데이터 분석 및 AI 솔루션 간의 상호 작용 증가에 따른 투자가 활성화될 것임.
  - (하드웨어 부문) 데이터의 폭발적 증가와 AI 기반의 혁신 필요성 증대로, 국내 BDA 하드웨어 시장은 2024년에 7,171억 원의 시장을 형성함.

- 한편, 2021년 데이터산업 시장 규모는 전년 대비 14.5% 성장한 22조 8,986억 원이며, 2022년에는 25조 527억 원 규모로 성장할 것으로 나타남.
  - 2018년부터 2022년(잠정치)까지의 5개년 연평균 성장률(CAGR, Compound Annual Growth Rate)은 12.6%로 나타나면서 지속적인 성장세를 이어갈 것으로 조사됨.
  - 2022년 데이터 산업은 총 3개 대분류와 10개 중분류로 구성된다. 부문별 시장 규모 잠정치는 '데이터 판매 및 제공 서비스업' 시장이 12조 5,235억 원으로 가장 높은 비중을 차지하며, 다음으로 '데이터 구축 및 컨설팅 서비스업'이 9조 2,570억 원, '데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업'이 3조 2,723억 원으로 예상됨.

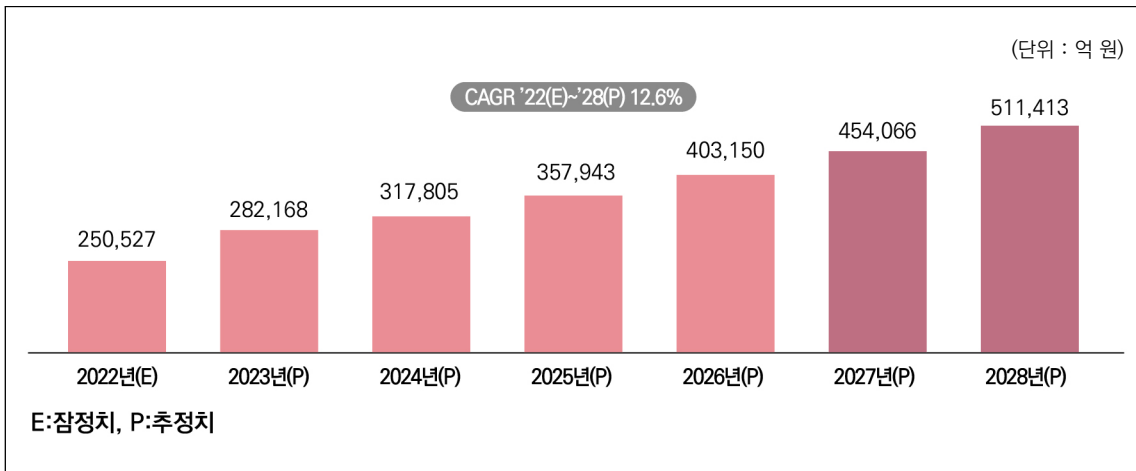
| 그림 2-6 | 국내 데이터산업 시장 규모(2018~2022년(E))



※ 출처 : 2023 데이터산업 백서(한국데이터산업진흥원)

- 국내 데이터산업 시장이 지난 5개년 연평균 성장률인 12.6%와 같이 지속적으로 성장한다면 2028년(추정치)까 지 51조 원을 넘어설 것으로 전망됨.

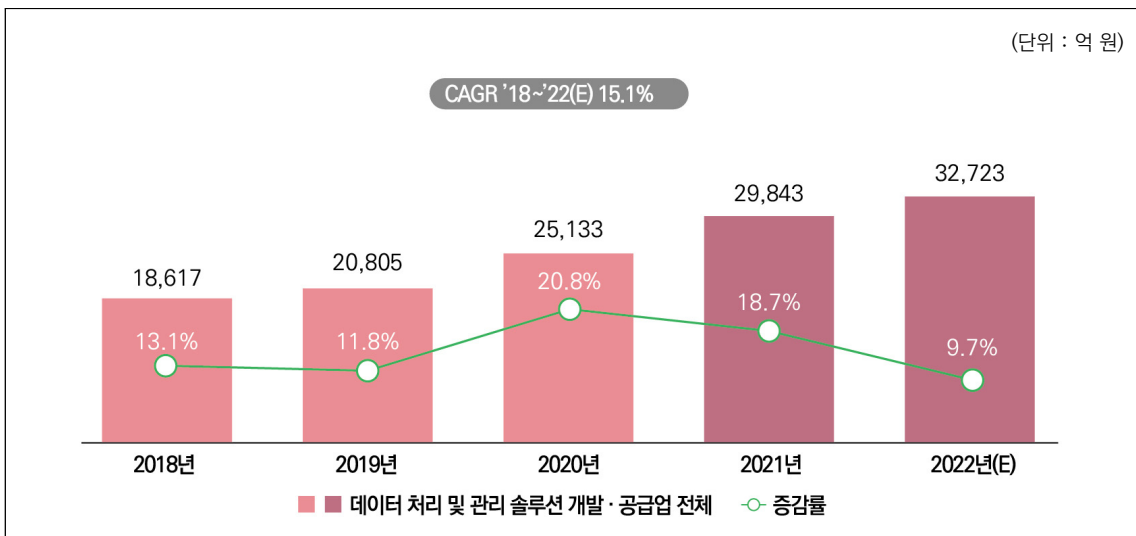
| 그림 2-7 | 국내 데이터산업 시장 전망(2022(E)~2028년(P))



※ 출처 : 2023 데이터산업 백서(한국데이터산업진흥원)

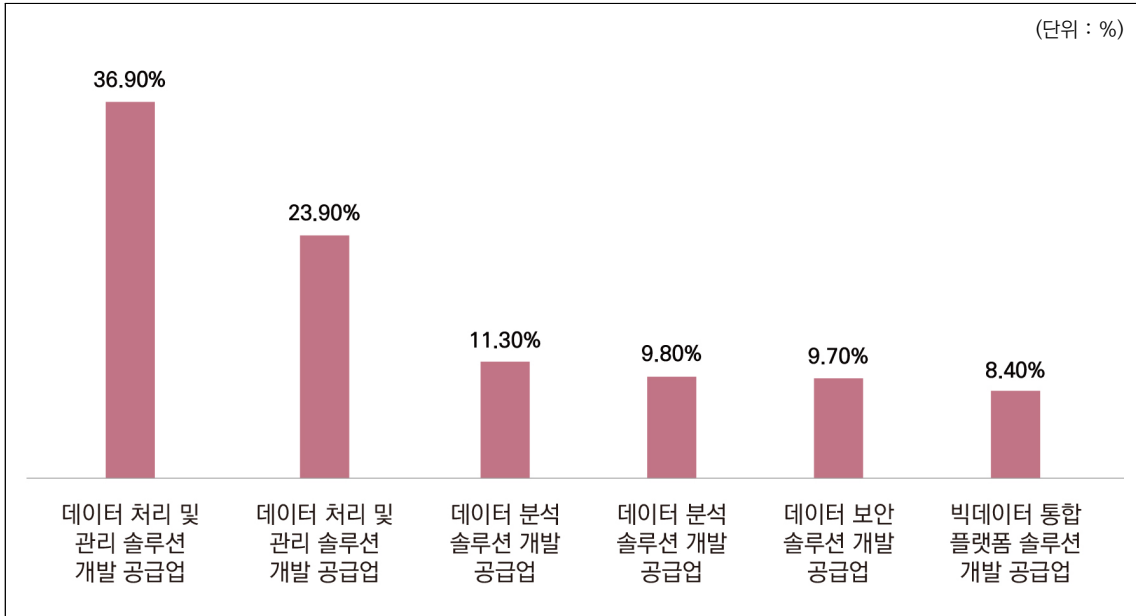
- 2022년 '데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업' 부문의 시장 규모 잠정치는 전년 대비 9.7% 성장한 3조 2,723억 원으로 전망되었으며, 2018년부터 5개년 연평균 성장률은 15.1%로 예상됨.

| 그림 2-8 | 국내 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 시장 규모(2018~2022년(E))





| 그림 2-9 | 2021년 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 중분류별 시장 규모 비중



- 2022년도 부문별 예상 매출액은 '데이터베이스 관리 시스템 솔루션 개발·공급업'이 약 1조 1,787억 원, '데이터관리 솔루션 개발·공급업'이 약 7,963억 원 순으로 높은 비중을 차지할 것으로 예상됨.

| 표 2-8 | 국내 데이터 처리 및 관리 솔루션 개발·공급업 중분류별 시장 규모 (2018~2022년(E))

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년 (E)	증감률 '20-'21	CAGR '20-'22 (E)
데이터 수입·연계 솔루션 개발·공급업	1,622	1,871	2,122	2,499	2,715	17.8%	13.1%
데이터베이스 관리 시스템 솔루션 개발·공급업	6,775	7,510	8,979	11,021	11,787	22.7%	14.6%

## 기업동향

- 관련 기업을 중심으로 디지털 전환(DX)에 대한 투자가 증가하고 있음.
- (장기 투자 전망) 디지털 전환 분야에서는 2024년부터 연간 17~18%의 투자 성장률 예상됨.

※ 출처 : 한국IDC






- (KT) KT는 5년 동안 27조원을 투자하여 디지털 전환을 추진, AI, 로봇, 클라우드, 미디어·콘텐츠 등 디지코 분야에 12조원을 투입하며, AI컨택센터(AICC), 로봇 등 신사업에 1조 5,000억원을 투입할 예정임.

※ 출처 : <https://dealsite.co.kr/articles/87914/103101>

- (포스코) 2030년까지 시설투자에 총 121조원을 투입할 계획이며, 이 중 스마트팩토리 등 생산라인 자동화 사업에는 최대 20조원이 투자될 것으로 예상됨.

- 기업의 디지털 기술을 도입을 통한 운영 효율성을 향상, 고객 경험 개선, 시장 경쟁력 강화에 대한 성공적인 사례를 발굴함.
  - 산업 전반적인 디지털 전환 현황을 파악하기 위해 주요 분야별로 디지털 전환에 대한 투자 배경과 목적, 투자 규모, 효과성을 조사함.
  - 대부분의 기업은 AI, RPA, 디지털 스캐닝 등의 첨단 기술을 도입하여 생산성 향상과 비용 절감을 목표로 하고 있음.
  - 이를 통해 각 산업에서 디지털 전환을 선도하며, 보다 효율적이고 혁신적인 솔루션을 제공하고자 함.

| 표 2-9 | 디지털 전환 투자유치 관련 사례

구분	내용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150억원 규모의 시리즈 C 투자 유치('21. 5.)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문 운송서비스와 고객 맞춤형 관리 솔루션으로 통합운송관리를 실현하면서 기업에게 최적 통합 운송 방안을 제시하고 물류 디지털화 선도</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 56억원 규모의 프리시리즈 A 투자 유치('23. 7.)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- AI를 활용해 약국 내 비효율성 개선을 목적으로 2020년 설립되었으며, 운영중인 알약 카운팅 앱 '필 아이'는 의료 서비스 제공자들이 눈과 손을 이용해서 알약 수량을 계산하는 시간을 크게 단축하여, 생산적인 업무에 집중할 수 있도록 개선</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30억원 규모의 프리시리즈 A 투자 유치('24. 4.)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 치과 디지털 전환 스타트업으로 치과용 진단 장비와 관련 소프트웨어, 디지털 캐드/캠(CAD/CAM) 등 치과의 디지털 트랜스포메이션을 리딩</li> <li>- 글라우드에서 선보인 '저스트스캔'은 디지털 구강 스캐너를 통해 디지털 치과 보철 관리 플랫폼을 제공하는 서비스로 구강스캐너 구입부터 교육, 보철 주문, 제작까지 원스톱으로 해결</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LS일렉트릭에서 시리즈 A 투자 유치('23. 12.)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 글로벌 제조 AI 및 자율공장 구축을 위한 솔루션을 제공하는 스타트업</li> <li>- 자율공장 솔루션 공동 사업화, 산업용 장비의 DX 전환 서비스 플랫폼 사업화 등을 목적으로 LS일렉트릭과 전략적 파트너십 체결 후 진행된 투자</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 81억 규모의 시리즈 A 투자 유치('24. 1.)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설명가능 인공지능(XAI) 기반 산업 AI 예측 솔루션을 제공하는 기업</li> <li>- 숙련된 현장 운전자의 가이던스를 제공해 국내 철강사, 시멘트 제조회사, 유리 제조회사, 화학·정유사의 품질 향상 및 일관성 확보, 생산성 향상, 에너지 비용 절감 등을 추진</li> </ul> </li> </ul>

## 2.2 스마트 제조

### ■ 시장규모

- 국내 스마트제조 시장은 2021년 7조 8,800억 원에서 2027년 12조 9,600 억 원으로 연평균 8.6% 성장으로 점차 확대될것으로 전망됨.

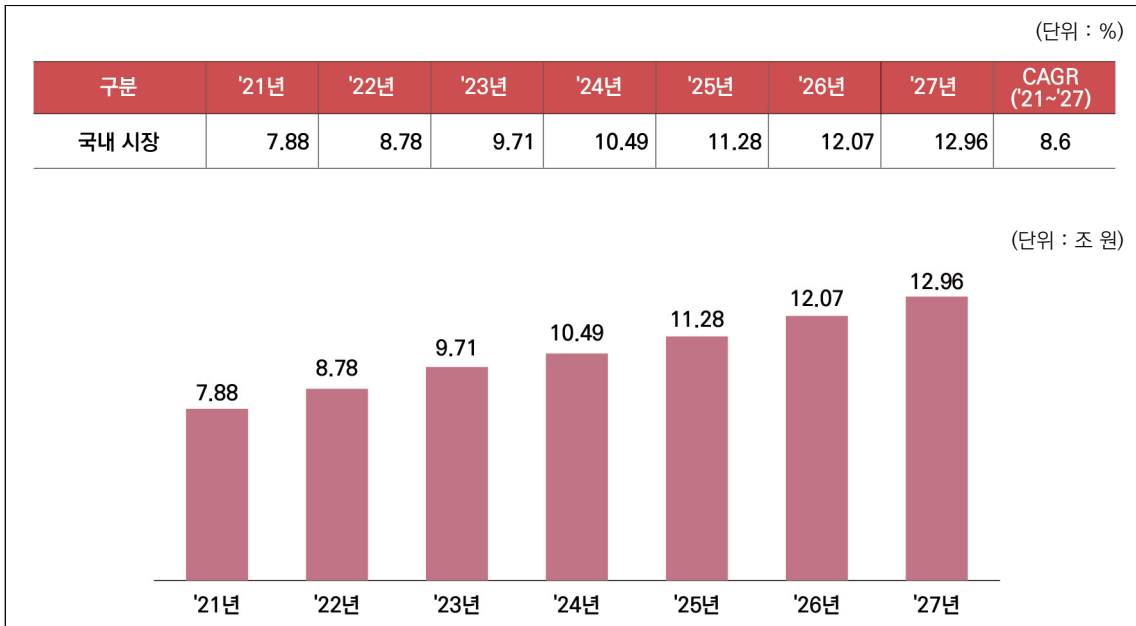
※ 출처 : 중기부, 중소기업 전략기술로드맵2024~2026 「스마트제조」

- 국내 스마트제조 산업에 대한 실태조사 결과 전체 기업의 57.5%가 솔루션·서비스+설비 분야를 모두 영위하고 있으며, 솔루션·서비스 또는 설비만을 판매하는 기업은 각각 38.6%, 3.9%로 조사됨.
- 스마트팩토리 시장 전망조사결과('19)에 따르면, 국내 제조 솔루션 분야의 시장 규모는 2024년까지 연평균 성장률 9.6%를 기록하며, 2024년 약 5조 9,000억 원까지 성장할 것으로 예상됨.

※ 출처 : Markets and Markets

- 제조업의 디지털 전환과 스마트 공장 도입이 가속화되면서, 관련 기술과 솔루션에 대한 수요 증가에 따름.

| 그림 2-10 | 스마트제조 국내 시장 규모 및 전망



※ 출처 : 스마트 팩토리 시장의 트렌드 변화와 시사점\_ASTI MARKET INSIGHT('21.12)에 기반하여 선형추산

- 스마트 제조 솔루션 시장\*은 최근 지속적으로 성장하고 있으며, 2023년에는 약 2조 6,200억 원에 이를 것으로 예상됨.

\* AI, 디지털 트윈, 5G 등 첨단 기술과 결합된 솔루션

## 기업동향

- 국내 주요 제조업체들은 디지털 트윈, AI, 클라우드, 로봇 기술 등을 활용해 스마트팩토리를 구축하여 생산 공정의 자동화와 실시간 모니터링을 통해 효율성과 품질을 극대화하고 있음.

표 2-10 | 생산 공정 단계에서의 제조업의 스마트팩토리 사례

기업명	업종	활용기술	세부내용
LG전자	전기·전자	디지털 트윈, AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LG스마트파크는 국내 가전 업계에서 최초 등대공장으로 선정된 스마트공장.</li> <li>• 디지털 트윈 기술을 기반으로 가동 중인 생산라인, 부품 이동, 재고 상황, 설비 이상 유무, 제품 생산 실적 등을 한눈에 확인 가능.</li> <li>• 30초마다 공장 안의 데이터를 수집·분석해 10분 뒤 생산라인을 예측하고 자재를 적시에 공급.</li> <li>• '22년 3월부터 지능화 용접이 가능해져 불량 조건을 스스로 판단, 이상 감지 시 딥러닝을 기반으로 자동 보정.</li> </ul>
삼성전자	전기·전자	AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2018년 미국 통신사 AT&amp;T와 텍사스 오스틴의 반도체 공장에 5G 스마트팩토리 테스트베드를 세계 최초로 구축.</li> <li>• 2020년 '글로벌 10대 디지털 팩토리' 4위 선정, 10개사 대부분 미국·유럽 기업이었으며 삼성은 아시아 기업 중 유일.</li> </ul>
현대자동차	자동차	디지털 트윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '22년 말 현대자동차그룹 싱가포르 글로벌 혁신센터(HMGICS) 완공에 맞춰 실시간 3D 메타버스 플랫폼에 현실 속 스마트팩토리 공장을 구현한 메타팩토리를 구축하기로 협약.</li> <li>• 실제 공장을 가동하지 않고도 메타팩토리 운영을 통해 최적의 공장 가동률을 산정하여 추후 실제 운영에 반영, 향후 문제 발생 시 신속한원인파악및원격으로실시간해결가능.</li> </ul>
현대중공업 그룹	선박	클라우드, AI, 디지털 트윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다수의 용접기에서 가동 정보를 수집·분석하는 스마트 용접 모니터링 시스템 'WeDAS' 구축.</li> <li>• 클라우드 기반으로 용접 현황을 실시간으로 모니터링, 양방향 통신의 원격 전류·전압 제어, 용접 데이터 축적 및 분석을 통해 용접작업 효율/품질 향상.</li> <li>• 현대중공업그룹은 디지털 지도 위에 선박을 클릭하면 건조 현황과 온실가스 배출량 등을 시각적인 정보로 제공하고, 크레인 등</li> <li>• 동력장비도 모니터링하는 디지털 트윈 조선소 '트윈 FOS'를 고도화.</li> </ul>

기업명	업종	활용기술	세부내용
아모레퍼시픽	뷰티	로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>아모레퍼시픽의 글로벌 기능성 화장품 브랜드 라네즈가 맞춤형 화장품 제조 서비스인 '비스포크 네오'를 개시.</li> <li>고객의 피부톤 측정 후 1:1 컨설팅을 통해 0.5호 단위로 컬러 미세조정, 최적화한 화장품을 로봇이 현장 제조.</li> </ul>

- 국내 중소기업들은 스마트 제조 기술 도입을 통해 생산성 향상과 품질 개선을 이루고 있음.

표 2-11 | 중소기업의 스마트팩토리 사례

기업명	업종	도입 내용
삼우금형	사출금형 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트공장 구축을 통해 생산 공정을 자동화하고 데이터 기반의 품질 관리를 도입하여 생산 효율성을 높이고 불량률을 감소.</li> </ul>
대양롤랜드	컨베이어 시스템 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇 시스템과 연계된 생산 정보 수집 체계를 구축하여 제조 이력 관리, 작업 일지 첨단화, 공정 모니터링 등을 고도화; 시간당 생산량 200% 증가, 공정 불량률 50% 감소.</li> </ul>
화요	주류 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>증류 소주 생산 공정에 IoT, 클라우드, AI 기술을 적용하여 MES 시스템을 구축; 공정 불량률 11% 감소, 생산 원가 절감, 생산성 6% 향상.</li> </ul>

2.3 디지털 트윈

시장규모

- 국내 디지털트윈 시장은 2016년 271억 원에서 2020년 742억 원으로 연평균 28.6% 증가했으며, 이후 2025년까지 연평균 52.5% 성장하여, 6,122억 원의 시장을 형성할 것으로 전망됨.

표 2-12 | 국내 디지털트윈 시장규모

(단위 : 억 원)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
규모	271	379	534	755	742	1050	1709	2958	5267	6122
성장률(%)	-	39.6	40.9	41.4	-1.7	41.5	62.8	73.1	78.1	16.2

※ 출처 : 디지털트윈 마켓, Markets and Market, 2020년, 한국기업데이터 재구성

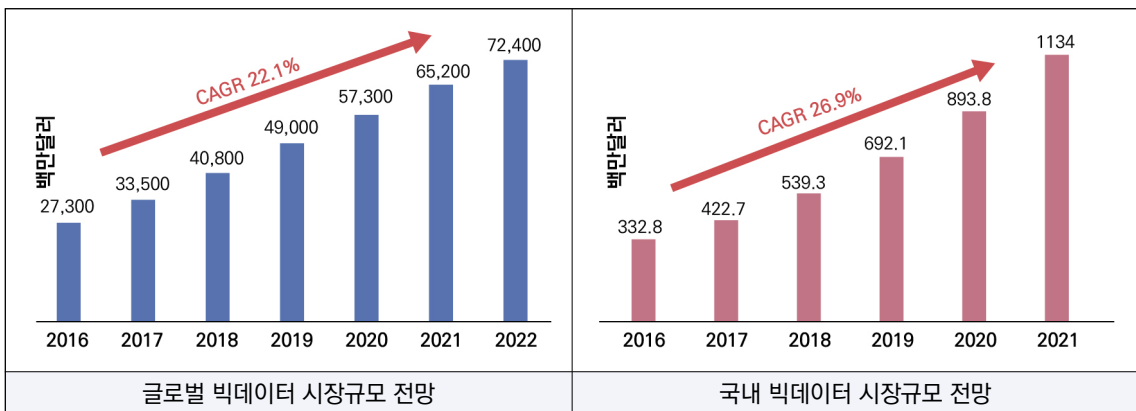
- 4차 산업혁명(Industry 4.0)의 성장(자율주행자동차 및 스마트 장치 확산, 인터넷 보급 증가, 3D 시뮬레이션 모델링 확산 등)에 따라 IOT 적용이 증가하고 있음.
- 다양한 산업분야로의 디지털트윈의 적용은 제조 부문, 소매·소비재 부문에서 빠르게 적용되고 있으며 스마트 시티, 교통 부문에도 응용되고 있는 추세임.

※ 출처 : Global Market Insights 보고서

- 자율주행자동차 발전으로 자동차·운송 부문에서 디지털트윈이 빠르게 적용되고 있으며 석유가스 정제, 조립·생산 공장, 물류, 풍력 발전, 병원, 정부 부문에서 시스템 디지털트윈이 확대될 것으로 나타남.
- 특히, 천연자원 평가 및 분석, 탐사 계획, 파이프라인 모니터링, 비상 대응을 위해 석유가스 등 천연 자원 분야에서 디지털 지도가 유용하며, 석유가스 등 천연자원의 디지털 지도 시장이 2024년까지 연간 성장률 17.6%로 산업 중 성장률이 가장 높을 것으로 전망됨.

※ 출처 : Markets and Markets 보고서

| 그림 2-11 | 디지털트윈 중장기 로드맵



※ 출처 : 도시/건설 분야 디지털트윈 기술 기획 연구, 한국건설기술연구원, 2018년

## ❖ 기업동향

- 디지털트윈 기술을 활용하여 도시 인프라 관리, 공정 최적화, 물류 관리, 스마트 시티 솔루션 등을 구현하며, 디지털 혁신을 선도함.
- 기업은 제조 공정의 시뮬레이션을 통해 실제 환경을 재현함으로써 공장 운영 중 발생할 수 있는 문제를 사전에 예측하고 대응하는 능력을 강화함.

- 이를 통해 불량률을 줄이고 유지보수 비용을 절감하며, 생산성을 극대화할 수 있음.

표 2-13 | 디지털트윈 활용 기업

기업명	활용 분야	도입 내용
KT	• 도시 인프라 모니터링 및 예측 서비스	• AI 기가트윈 서비스 개발로 도시 인프라를 실시간 모니터링하고 예측 서비스 제공.
현대자동차	• 스마트 팩토리 및 생산 공정 최적화	• 싱가포르 글로벌 혁신센터에 메타팩토리를 구축하여 가상 환경에서 생산 공정 시뮬레이션 및 최적화. 문제 발생 시 원격 해결 가능.
삼성전자	• 반도체 제조 공정	• 반도체 생산 라인에 디지털 트윈 인프라를 구축하여 제조 공정 최적화, 생산 효율 및 품질 향상, 비용 절감 실현.
현대중공업그룹	• 조선 및 해양 플랜트	• LNG 운반선 가상 시운전 기술을 개발하여 실제 시운전 없이 성능 검증 및 최적화 가능.
두산중공업	• 스마트 제조 및 설비 관리	• 디지털 트윈 기술을 도입하여 생산 공정을 가상으로 시뮬레이션하고, 이를 통해 생산 라인의 효율성을 높이고 불량률을 감소시키며, 신제품 개발 및 출시 시간을 단축.
포스코건설	• 건설 및 스마트 팩토리	• 디지털트윈 기반 스마트 팩토리로 시공 통합 시스템 구축 및 공정 최적화.
LG CNS	• 물류 및 통합 관리	• MTV 물류센터의 디지털 환경 구현 및 자율운송체와 자동창고 시스템 운영.
바이브컴퍼니	• 빅데이터 분석 및 스마트 시티	• LH 디지털트윈 구축 사업과 스마트 시티 연구소 설립으로 도시 문제 분석 및 정책 실험 지원.
이삭엔지니어링	• 산업용 IoT 및 스마트 팩토리	• 산업용 IoT 플랫폼과 디지털트윈 기술로 LG전자와 삼호중공업 등에 솔루션 제공.

### 3 시사점

#### ❖ 국내외 디지털 전환 및 디지털 데이터 활용 동향

- 해외 주요 기업들은 디지털 전환을 통해 데이터 중심의 혁신을 추진하고 있으며, 클라우드 컴퓨팅, IoT, 빅데이터, AI와 같은 기술을 통해 비용 절감, 운영 효율성 개선, 맞춤형 서비스 제공 등을 목표로 함.
  - 미국과 유럽을 중심으로 많은 기업이 데이터 분석을 통해 경쟁력을 강화하고 있음.
- 국내 기업들도 데이터 기반 의사결정을 강조하며 디지털화에 힘쓰고 있으며 제조업 분야에서 디지털 데이터를 통한 생산 공정의 최적화, 비용 절감 등에 집중하고자 함.

#### ❖ 제조업용 인공지능(AI) 시장 동향

- 글로벌 제조업용 AI는 예측 유지보수, 품질 검사, 생산 계획 최적화와 같은 다양한 분야에서 활용되며, 2023년 약 11억 달러에 이를 정도로 급성장하고 있으며를 통해 기업들은 유지보수 비용 절감, 생산성 향상, 품질 개선 등을 이루고자함.
- 국내 제조업에서도 AI 도입이 가속화되고 있으며, 중소기업을 포함한 다양한 기업들이 AI 기반 분석과 예측 기술을 통해 운영 효율성을 높이고 있음.

#### ❖ 디지털 트윈 기술 동향

- 글로벌 디지털 트윈 시장은 급격한 성장을 이루고 있으며, 특히 제조업, 항공, 에너지 분야에서의 수요가 큼.
  - 디지털 트윈 기술은 공정의 실시간 모니터링과 예측을 통해 불량률을 줄이고 유지보수의 효율성을 높이는 데 기여하고 있음.
- 국내는 대기업을 중심으로 디지털 트윈 기술이 도입되고 있으며, 스마트 팩토리 구현과 연결되어 생산 공정의 최적화를 돕고 있음.
  - 다양한 산업에서 디지털 트윈 도입을 확대해 공정 시뮬레이션을 통한 비용 절감과 운영 효율성 향상을 추구하고 있음.



## ❖ 스마트 제조 시장 동향

- 글로벌 스마트 제조 시장은 AI, 로봇, IoT, 디지털 트윈과 같은 첨단 기술을 통해 자동화와 생산성 향상을 이루며 성장 중이며, 특히, 북미와 유럽에서는 스마트 제조 기술 도입이 활발하여 2025년까지 큰 성장이 예상됨.
- 국내 스마트 제조는 중소기업의 도입률이 다소 낮지만, 정부와 대기업의 지원 아래 중소기업의 스마트 제조 기술 도입이 촉진되고 있으며, 이를 통해 효율성 제고, 비용 절감, 맞춤형 생산이 가능해짐.

## ❖ 경쟁력 확보를 위한 지속적인 투자의 필요성

- 디지털 전환을 통해 국내외 기업들은 운영 효율성과 고객 만족도를 높여 글로벌 시장에서 경쟁력을 강화하고 있으며, 데이터와 AI 기반의 예측, 자동화된 운영은 기업들이 변화하는 시장에 빠르게 적응할 수 있도록 지원 필요함.
- 디지털 전환 기술은 초기 투자 비용이 크지만, 장기적으로는 운영 비용 절감, 품질 향상 등의 성과를 제공하며 국내 기업들도 지속적인 투자를 통해 글로벌 경쟁력을 유지 필요함.

## ❖ 기술 생태계 구축의 중요성 및 기대 효과

- AI, 빅데이터, IoT, 클라우드 등 여러 기술이 유기적으로 연결된 디지털 전환 생태계 구축이 중요하며, 이를 통해 새로운 비즈니스 모델과 가치 창출이 가능해질 것으로 기대됨.



## 제3장

---

### 국내외 정책 동향

1. 국외 정책동향
2. 국내 정책동향
3. 시사점



## 제 3 장 · 국내외 정책 동향

### 1 국외 정책동향

#### ❖ 주요국 디지털 전환 지원 정책

- (미국) 인터넷 플랫폼 기업 중심의 디지털 혁신은 미국의 경제성장의 주요 동력으로 자리매김했으며, 코로나19 이후 제조업의 스마트화·디지털화 전략과 공급망 재편 전략도 추진 중임.

- (제조업 분야의 디지털 전환 정책) 1989년부터 추진되기 시작한 제조업 확장 파트너십(MEP)\*, 첨단 제조업 리더십 확보 전략(2018), MEP 재확대 산업정책(2021) 추진 중임.

※ Manufacturing Extension Partnership

- 바이든 행정부는 첨단 제조 분야에서 ‘Manufacturing USA’을 통해 기술 및 공급망에 대한 대규모 협업체계를 구축함.
- ‘20년 이후 산업 파트너 연계된 18개 국립 AI 연구소 출범 등의 성과를 냈으며, AI 분야 국제 경쟁력 유지를 위한 획기적 기술 R&D에 3천억 달러 신규 투자가 예정됨 (\*22. 4. 미래산업법 관련).

❖ 제조업의 디지털화를 위해 ‘Manufacturing USA’ 프로그램을 통해 기술 개발과 공급망 강화를 추진하고 있습니다. 또한, ‘산업 확장 파트너십(MEP)’을 통해 중소기업의 기술 혁신과 디지털 전환을 지원.

- (독일) 다른 국가들에 비해 선제적으로 디지털 전환을 국가적 아젠다로 추진함.
- ‘12년 디지털 전환 정책 ‘인더스트리 4.0’을 발표하며 인구 고령화, 중국, 인도 등 후발국들과의 경쟁 심화 등 시장 환경의 빠른 변화 극복하고 제조업 강국으로서 국가 경쟁력 유지 방안 제시함.
- ‘15년 인더스트리 4.0 확대 및 확산을 위해 정부기관과 노조 등을 포함한 플랫폼 인더스트리 (Plattform Industry 4.0)를 공식 출범함.
- 이후 인더스트리 5.0으로 확장을 논의하며 4.0이 디지털화 및 AI 기반 기술에 중점을 두어 생산의 효율성, 유연성 향상 집중했다면 5.0의 개념은 장기적 관점의 서비스를 국가 간에 지원하기 위한 연구와 혁신의 중요성을 강조함.

※ KIAT, 2021.2, ‘ISSUE PAPER 인더스트리 5.0’

표 3-1 | 독일 디지털 전환의 주요 내용

구분	주요 내용
중소기업 역량 강화	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 기업의 제품 및 서비스에 인공지능 연구결과를 신속하게 전환하는 기술이전 이니셔티브를 추진.</li> <li>2 독일 연방정부는 인공지능 관련 중소기업을 위하여 자금 조달과 홍보 계획을 개선.하여 네트워크를 추가적으로 구성하고, 기업과 기업 간 협력 지원.</li> <li>3 실제 사용 환경에서 기술을 시험할 수 있는 리빙랩 설립과 기업의 테스트베드 구축 지원.</li> </ol>
창업지원 강화	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 개별 예산 조정을 통해 2020년까지 과학기반 대학 창업지원 프로그램인 'EXIST'의 투자규모 확대.</li> <li>2 기술성장펀드 이니셔티브(Tech Growth Fund Initiative)를 추진하여 벤처캐피탈에 새로운 투자기회 제공.</li> <li>3 창업기업에 대한 자문 서비스와 자금 지원 서비스 확대.</li> </ol>
노동시장 구조 변화에 따른 지원 정책	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 인공지능을 개발하고 활용하면서도 사람 중심, 사용자 중심의 접근방식 원칙 수립.</li> <li>2 '독일 인공지능 관측소'(AI Observatory)를 설립하여 사회적으로 호환할 수 있는 인공지능 기술 설계 방안 모색.</li> <li>3 '국가심층훈련전략'(National Further Training Strategy)의 일환으로 독일 연방정부는 노동자의 역량 강화와 기술 재교육을 위한 도구 개발.</li> <li>4 새로운 기술 모니터링 시스템(skill monitoring system)을 활용하여 인공지능 등의 디지털 신기술 분야에서 필요한 숙련 노동 조건을 홍보하고 재교육 지원.</li> <li>5 인공지능 도입과 관련하여 '노동협의회'의 '공동결정권'을 보호.</li> </ol>

❖ 기업에 대한 직접 지원을 하기 보다는 플랫폼 구축과 참여를 유도하는 간접지원과 동시에 다양한 이해관계자 들의 참여를 통해 사회 혁신을 동시에 추진한다는 특징을 가지고 있음.

※ KIAT, 2022. 10. '디지털 전환의 국내외 추진현황 및 정책적 시사점'

- (중국) '스마트제조 발전 14차 5개년 계획(2021~2025)'을 기반으로 2025년까지의 구체적인 단기 목표 및 2035년까지의 장기 목표를 설정하여 추진함.
- 디지털 전환과 관련하여, 스마트 제조 홍보 및 지원을 위한 적용 사례 개발·보급 지원과 디지털화 촉진에 초점을 맞추어 추진함.

표 3-2 | 중국 정책 주요 내용

구분	주요 내용
시범 공장 건설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 혁신 요소를 포함한 디지털화, 네트워크화, 스마트화 시범 공장을 구축하고 공급사슬 내 상하 벤더들의 통합 혁신을 위한 공급망 협업 플랫폼 구축.</li> </ul>
디지털화 및 네트워크화 발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비제조, 전자정보, 원자재, 소비재 등 각 세분화된 산업의 특성과 애로사항 해결을 지원할 수 있는 스마트제조 로드맵 수립, 단계별 디지털화·네트워크화 지원.</li> </ul>
지역 제조업 디지털화 촉진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역별 특성을 반영한 스마트제조 발전 경로를 탐색하고 핵심 기술 혁신, 수요 공급 매칭, 인력 교육 분야 지역 간 협력 촉진.</li> </ul>

- (일본) 제5기 과학기술기본계획에서 Society 5.0 비전을 발표함.
  - 고령화, 인구 감소, 노동력 부족과 같은 일본이 직면한 사회적 과제를 해결하는 동시에, 기술을 통해 개인의 삶의 질을 향상하고 지속 가능한 경제 성장까지 도모하는 초연결 사회의 구현을 목표로 함.
  - 다양한 분야(예 : 의료, 농업, 물류, 교육 등)에서 구체적인 혁신과제를 설정하고 기술 활용을 통해 달성하고자 함.
  - 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 로봇공학 등의 첨단 기술을 활용해 경제적 성과와 사회적 과제를 해결하고자 함.
  - 초연결 사회, 지능형 인프라, 맞춤형 서비스, 지속 가능한 성장 등의 주요 정책 내용과 실행 방향을 설정함.

| 표 3-3 | 일본 Society 5.0 비전 주요 내용

구분	주요 내용
목표	• 경제 성장과 사회 문제 해결을 동시에 이루는 초스마트 사회 실현
초연결 사회 구현	• 인간, 사물, 시스템을 IoT, AI로 연결하여 실시간 데이터 공유 및 분석을 통해 최적화된 의사 결정 지원
지능형 인프라 구축	• 스마트시티, 스마트 공장 등 스마트 인프라를 통해 에너지 효율화 및 환경 보호를 위한 관리 체계 마련
맞춤형 서비스 제공	• 의료, 교육, 복지 등 개인 맞춤형 서비스 제공을 목표로 하여 데이터 분석과 AI를 통해 국민에게 최적의 서비스를 제공
지속 가능한 성장	• 고령화, 인구 감소 등의 문제 해결을 위해 자동화 및 로봇 기술을 통한 일자리 혁신과 생산성 향상
데이터 표준화 및 협력	• 산업 데이터 표준화를 통해 기업 간 협업을 촉진하고 중소기업의 디지털 전환 참여를 독려

## 2 국내 정책동향

### ❖ 디지털 전환 정책 추진현황

❖ 디지털 전환은 △조직 운영 및 공정·물류 프로세스 개선, △해외 잠재 수요자 접촉 확대와 사업 영역 확장, △고객과의 상호작용 강화 및 수요 기반 제품 생산 등을 도와 기업의 경쟁력 제고.

- 전통산업 영역의 생산성 제고, 신산업의 창출, 지속가능성 등을 동시에 확보할 수 있는 개념으로 디지털 전환에 관심이 고조됨.
  - 전통적 주력 제조업의 생산성 제고와 국가 전반의 ICT 기반 디지털 경쟁력을 강화를 통해 디지털 전환 대응을 위한 다양한 정책\* 발표함.

※ 4차 산업혁명 대응계획('17.11.), 데이터·AI경제 활성화 계획('19.1.), 디지털 뉴딜('20.7.) 등

- (산업부) 산업 디지털 전환 종합계획('22-'25)
  - (배경) 산업데이터 활용과 보호 원칙을 제시해 산업데이터 활용을 활성화하고, 정책 추진체계를 규율하며 민간의 디지털 전환 활동을 지원함.
  - (목표) 정부는 민간이 과감하게 도전하고, 서로 협력할 수 있도록 생태계 조성 및 규제 개선 지원함.
  - (주요내용) 산업데이터 및 지능정보기술 활용을 지원하는 산업 디지털 전환 지원 전문회사 제도를 도입하고, 산업데이터의 상호 호환성과 기업 간 협력 가능성을 높이기 위해 산업데이터 표준화를 추진함.
  - 산업 디지털 전환에 관한 기술·장비·소프트웨어와 제품·서비스의 개발을 촉진하기 위해 실태·통계 조사, 기술개발·사업화, 기반 구축 사업 추진, 전문인력 양성, 세제·금융 지원을 포함함.

\* 산업부는 2021년 7월 법률 시행 후 산업디지털 전환위원회를 구성하고, 실태조사를 거쳐 2022년 내 종합계획 수립·발표

- (산업부) 산업 디지털 전환 촉진법('22.1.)
  - (개요) 산업데이터·AI 등 지능정보기술 활용 촉진을 위한 산업데이터 활용보호 규범, 지원제도, 추진체계 등을 규정함.
  - (주요내용) ① 산업데이터 활용·보호 원칙, ② 선도사업 지원 등 정부 종합지원 근거, ③ 부처간 협업 추진체계 등이 담겨 있으며 산업 디지털 전환 정책 추진을 위한 제도적 기반 마련함.
  - 총칙, 종합계획/위원회, 산업데이터 활용 생태계 조성, 디지털 전환 지원 등 6개장, 30개 조문으로 구성함.



- (디지털 전환 활성화 지원) 협업지원센터, 기술/서비스개발, 전문인력 양성, 금융/세제, 국제협력 등을 포함함.

\* 플랫폼 구축 관련 공동 인프라 기술개발 및 활용, 컨설팅, 데이터 표준화 등 지원

- (세제 지원 관련) 산업 디지털 전환 촉진을 위해 「조세특례제한법」, 「지방세특례제한법」 등 조세 관련 법률에서 정하는 바에 따라 세제 지원을 할 수 있음을 명시하여, 세제 지원을 통한 디지털 전환을 유도함.

※ 출처 : 산업부, 2022. 7. '7.5일, 「산업 디지털 전환 촉진법」 시행'

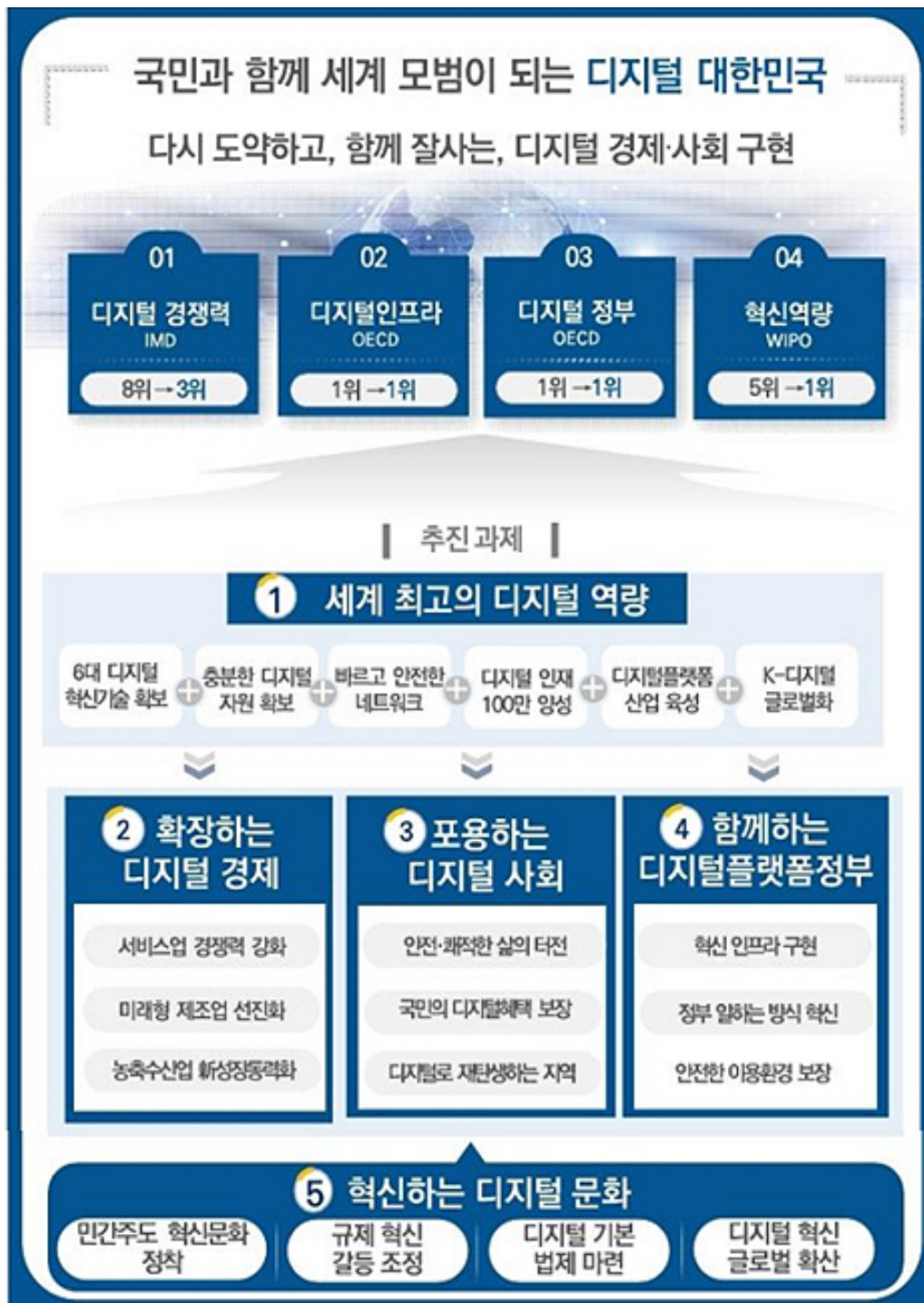
#### ● (과기부) 디지털 뉴딜('20.7)

- (목표) ICT 역량을 전 산업 분야에 융합함으로써 코로나19와 GVC 재편 등으로 인한 복합적인 경제위기를 극복하고 새로운 일자리를 창출함.
- (주요내용) 국가 전반의 디지털 전환을 꺾이기 위한 다양한 추진과제 강구함.
- 공공데이터 구축 및 활용을 통해 이종 데이터 융합을 통한 신산업 창출을 촉진함.
- 5G·AI의 전산업 융합 확산을 위한 스마트공장, 실감콘텐츠, 자율주행차, 비대면 서비스업 육성 등을 포함함.

#### ● (과기부) 대한민국 디지털 전략('22.9)

- (배경) 디지털이 단순한 일상의 변화와 기술·산업의 발전을 넘어 정치와 안보, 경제, 사회, 문화 등 모든 혁신의 기본이 되는 새로운 체제에 직면함.
- 이러한 시점에 우리가 마주하고 있는 글로벌 패권경쟁의 심화, 저성장·양극화의 위기, 기후변화 등 대내외적 변화와 위기에 대한 해법으로 디지털이 부상함.
- 디지털이 지닌 가치와 역할에 주목해서 디지털을 통한 구조적 혁신을 도모하고 혁신의 동력과 범위, 방식을 새롭게 마련해 나가는 것이 무엇보다 시급하다고 판단함.
- (목표) 세계의 모범이 되는 디지털 강국을 실현함.
- 경제·사회·정부 등 전 분야를 아우르는 계획들을 통해 디지털 경제의 확장, 포용적 디지털 사회, 디지털 문화의 정착 등을 달성함.
- (추진전략) 세계 최고 디지털 역량을 갖추고 정부와 경제 사회 전반을 디지털에 적합한 구조로 5년 내 전환을 위한 5대 과제 19개 세부 계획으로 구성됨.
- (기대 효과) 글로벌 경쟁력 지수의 세계 최고 수준의 도약·유지를 통한 국가 위상을 확립함.
- 기업/산업 측면에서는 중소·벤처의 디지털 혁신, 제조기업은 미래형 제조업으로 체질 개선, 글로벌 디지털 기업으로 성장 여건 조성, 쏠 기업의 에너지 효율화·탄소 중립 실현이 가능할 것으로 기대됨.

그림 3-1 | ‘대한민국 디지털 전략’의 비전 및 목표



- (중기부) 신(新) 디지털 제조혁신 추진전략('23)

- (목표) 2027년까지 디지털 제조혁신 기업 2만 5,000개를 육성하여 대한민국 제조업의 디지털 전환을 가속화함.
- (주요내용) 기업 맞춤형 지원 : 기업의 역량에 따라 선도 모델, 고도화 또는 기초 단계의 지능형 공장 지원, 중소기업과 대기업 모두에 적합한 단계별 지원 체계 구축함.
- 제조 데이터 표준화 : 기업 간 협업을 촉진하기 위해 제조 데이터를 표준화하여 데이터 상호 호환성 강화, 제조업 전반의 디지털 연계를 위한 표준화를 추진함.
- 민간·지역 주도 협력 네트워크 구축 : 지속 가능한 디지털 혁신을 위해 민간과 지역이 주도하는 협력 네트워크 형성, 지역별 특화 산업과 연계한 디지털 전환 모델을 개발함.
- 기술 공급 기업 역량 강화 : 기술 공급 기업의 역량을 높이고 건전한 시장 질서를 확립하여 기술 확산 촉진, 디지털 전환을 위한 기술 제공 인프라를 강화함.
- (기대효과)제조업의 디지털 전환으로 생산성과 글로벌 경쟁력을 높이고, 중소기업의 디지털화 촉진과 산업 생태계 활성화를 통해 지속 가능한 혁신 기반을 마련함.

- (국정과제-77) 민·관 협력을 통한 디지털 경제 패권국가 실현('22)

- (목표) 전 세계적인 디지털 전환과 기술 패권 경쟁 속에서 민·관의 역량을 결집하여 국가·사회 디지털 혁신의 근간인 AI·데이터·클라우드 등 핵심 기반을 강화하고, 메타버스·디지털플랫폼 등 신산업을 육성하여 디지털 경제 패권국가로 도약함.
- (주요내용) 최고 수준의 인공지능 기술 확보를 위해 대규모의 도전적 AI R&D를 추진하고, AI의 핵심 두뇌인 AI반도체 육성을 추진함('22).
- 대학·중소기업 등의 AI 활용을 지원하는 세계적 컴퓨팅 인프라를 구축(광주 AI특화 데이터센터 및 차세대 슈퍼컴 도입, '23)하고, 재난안전·교육·복지 등 쏠 분야에 AI 전면 적용('22)을 통해 AI 융합을 확산함.

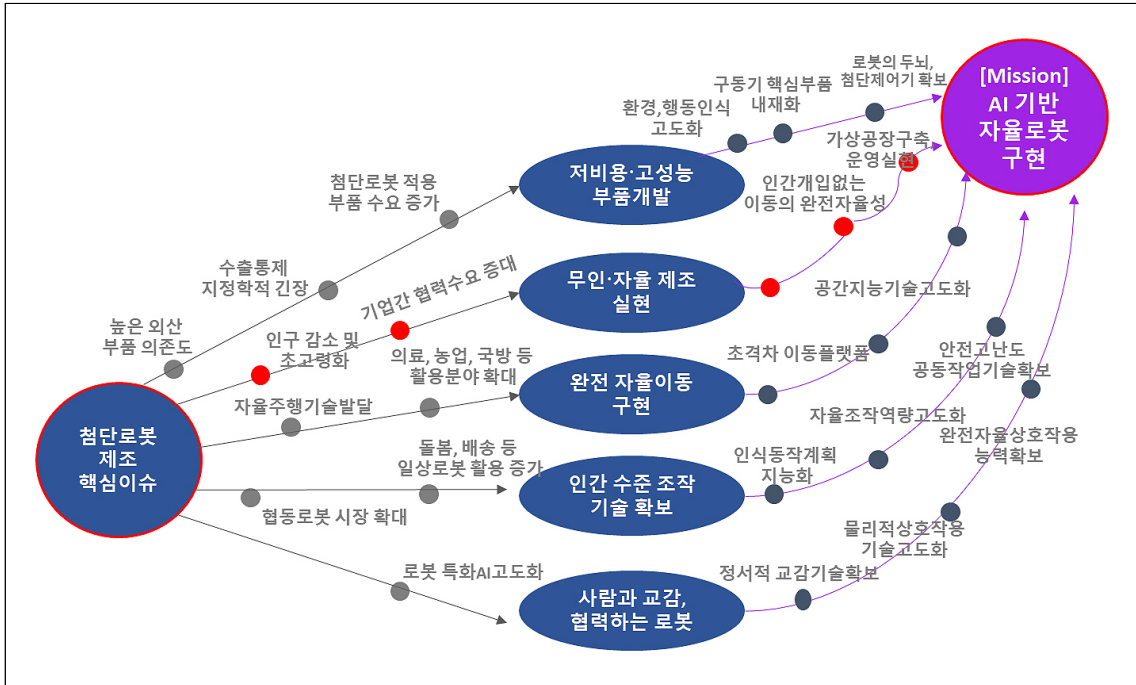
- (국가전략기술 특별위원회) 초격차 '12대 국가전략기술 임무중심 전략로드맵'을 완성('24)

- 정부는 2024.02.01. 국가과학기술자문회의 '국가전략기술 특별위원회'에서 초격차'12대 국가전략 기술 임무중심 전략로드맵'을 완성하고, 선도국 독과점, 글로벌 빅테크 진입에 따른 공급망 재편성에 대비한 기술 자립화, AI, 자율주행 등 디지털 전환 기술발전으로 확대되는 로봇·제조 신시장 경쟁력 확보를 위해 시 기반 자율로봇 구현으로 국가 생산성을 증대하겠다는 비전을 제시함.
- 제조업 중심의 산업구조와 함께, 인구절벽을 눈앞에 둔 우리나라에 있어 산업 전반의 로봇화(robotization)은 반드시 달성해야 할 목표임. 특히 생성형 AI 본격화에 따라, 이동·조작·상호작용 등 핵심기능 중심의 원천기술·AI모델 확보가 글로벌 경쟁력 확보의 열쇠가 될 것으로 전망하고, "AI 기반 자율로봇 구현으로 국가 생산성 증대"라는 임무 하에 공급망 관점의 ▲로봇 부품·SW 자립화, 차세대 로봇의 초격차 기술인 ▲자율이동, ▲고난도 자율조작, ▲인간-로봇 행동의 상호작용과 제조업 패러다임 변화에 대응하는 ▲가상 제조 등 5개 중점기술 단위로 로드맵을 수립함.

| 그림 3-2 | '12대 국가전략기술 임무중심 전략로드맵'



| 그림 3-3 | '12대 국가전략기술 임무중심 전략로드맵'(첨단로봇·제조 목표)



● (산업통상자원부) 인공지능(AI)자율제조 마스트플랜 수립 ('24)

- 산업통상자원부는 2024.03.07. 제조업의 공정혁신과 생산성 제고를 통한 '산업 대전환'을 위해 '인공지능(AI)자율제조 마스트플랜'을 수립 후, 2024.07.22. 제조업에 인공지능(AI)을 도입해 생산성·안전성·환경성을 획기적으로 높이는 'AI자율제조 얼라이언스 출범식'을 개최하고, 제조 현장의 AI도입은 선택이 아닌 생존을 위한 필수전략임을 강조하면서, AI자율제조 선도 프로젝트를 시작으로 2028년까지 200개 사업을 발굴하고 추진하기로 함으로써 이차전지 제조공정의 자동화·첨단화에 기여 예상됨.



| 그림 3-4 | 산업통상자원부 'AI자율제조' 추진방향



### 3 시사점

- **(국내) 디지털 전환 정책을 통해 산업 구조 전반의 경쟁력을 높이고 지속 가능한 혁신 기반을 조성하고자 함.**
  - 제조업, 특히 기계산업과 같은 전통적인 산업 영역을 중심으로 생산성 향상과 글로벌 경쟁력 강화를 목표로 하는 포괄적인 전략을 마련하고 있음.
  - 제조업의 디지털화는 새로운 시장 창출과 기존 프로세스의 효율화를 동시에 이루어 기업의 생존력과 경쟁력을 강화하는 효과를 가져올 수 있으며 이를 통해 한국은 글로벌 디지털 전환 경쟁에서 앞서 나갈 수 있는 기회를 마련하고자 함.
  - 정부는 산업 데이터와 인공지능, 클라우드와 같은 첨단 기술을 기반으로 전통적인 산업에 혁신을 가하고자 함.
  - 특히 제조업 분야에서 데이터 표준화를 통해 데이터의 상호 운용성을 확보하고, 기업 간 협업을 촉진하여 디지털화된 제조 혁신 생태계를 구축하고 있음.
  - 기술 공급 기업의 역량 강화를 통해 디지털 전환을 지원하는 인프라를 구축하고, 기술 확산을 촉진함으로써 전반적인 산업 생태계의 성장에도 기여함.
- **(국외) 제조업의 디지털화를 국가 전체의 경제 성장과 직결되는 중요한 요소로 인식함.**
  - 미국의 MEP 및 Manufacturing USA와 같은 정책들이 제조업의 디지털화를 지원하고 있으며, 이러한 모델은 공급망 리스크 관리 및 운영 효율성을 높이는 데 기여함.
  - 인공지능, IoT, 빅데이터와 같은 첨단 기술을 제조 공정에 적용하면 작업 효율과 정확성을 대폭 향상시킬 수 있으며 중국의 스마트 제조 정책과 일본의 Society 5.0이 이러한 기술 도입을 촉진함.
  - 디지털 전환을 통해 에너지 효율과 환경 보호 측면에서 지속 가능한 성장에 기여할 수 있으며 독일과 일본의 정책은 디지털화된 제조 공정이 환경에 미치는 영향을 최소화하면서도 생산성을 높이는 방향의 전략 수립함.
  - 미국, 독일, 중국, 일본, 싱가포르의 각각 제조업 디지털화 및 스마트화를 위한 기술 개발, 표준화, 디지털 전환 로드맵 등을 통해 국가별 경쟁력 강화에 집중함.

| 표 3-4 | 국가별 디지털 전환 주요 정책 및 특징

국가	주요 정책 및 특징
미국	• MEP(Manufacturing Extension Partnership), Manufacturing USA 등 프로그램으로 기술 개발 및 공급망 강화 지원
독일	• 인더스트리 4.0 및 인더스트리 5.0 추진, AI와 데이터 표준화를 통한 중소기업 및 대기업 간 협업 촉진
중국	• 스마트 제조 5개년 계획으로 시범 공장, 디지털화 및 네트워크화 발전, 스마트화된 공급망 협업 플랫폼 구축
일본	• Society 5.0을 통한 초연결 사회 구축, IoT와 AI를 통한 스마트 공장 및 개인 맞춤형 서비스 제공
싱가포르	• SMEs Go Digital로 중소기업을 위한 단계별 디지털 전환 로드맵 제공, 스마트 솔루션 지원

- ❖ 미국, 독일, 일본 등 주요 선진국들은 이미 디지털 전환을 촉진하기 위한 다양한 지원 정책을 시행하고 있으며 제조업의 디지털 전환을 통하여 생산성 향상, 공급망 안정성 강화, 첨단 기술 적용을 통한 경쟁력 확보 필요.



## 제4장

---

### 기계산업 디지털 전환기술 동향

1. 기술동향
2. 특허동향



## 제 4 장 · 기계산업 디지털 전환기술 동향

### 1 기술동향

#### 1.1 기술분류

- 기계산업 디지털 데이터, 기계산업 디지털 트윈, 기계산업 AI, 기계산업 자율 제조 기술은 아래와 같이 분야별 세부 기술로 분류할 수 있음.

| 표 4-1 | 기술분류 구분

구분	세부 기술
기계산업 디지털 데이터	• 데이터 수집 및 연결 기술
	• 데이터 저장 및 관리 기술
	• 데이터 분석 및 활용 기술
기계산업 디지털 트윈	• 디지털 모델링 및 시뮬레이션
	• 데이터 통합 및 인프라 관리
기계산업 AI	• AI 기반 예측 유지보수 및 품질 제어
	• 증강현실(AR) 및 가상현실(VR) 연계
기계산업 자율 제조	• 자율 운영 시스템
	• 지능형 예지 보전
	• 자동 생산 라인 및 물류 자동화

## 1.2 기계산업 디지털 데이터

### 1.2.1 데이터 수집 및 연결 기술 : 산업용 IoT 관련 기술(플랫폼, 센서 등) 등

#### ●● 국외 기술동향

- 수집 및 저장된 데이터를 분석하고 예지 보전, 공정 최적화, 품질 개선 등에 활용되며, 이를 통해 기계산업의 생산성과 효율성을 높이는데 기여함.
- (IoT 플랫폼) IoT 서비스의 기술적인 기반을 제공하는 플랫폼으로 IoT 비즈니스 (서비스)와 기술 (하드웨어 및 소프트웨어)을 연결할 수 있는 기반을 제공해주며 스마트 시티, 스마트 홈, 스마트 빌딩, 스마트 미터링, 에너지 등의 많은 분야에서 활용됨.
  - 스마트홈을 구성하기 위한 다양한 종류의 기기들이 시장에 공급되고 있으며, 해외의 경우 대부분 사용자가 스마트홈 기기들을 구입해서 기존 주택에 적용하는 방식이 일반적임.
    - \* Google과 Amazon은 인공지능 기술과 플랫폼을 가전제품에 폭넓게 적용하면서 대표적인 스마트홈 기업으로 부상
  - 신종 코로나바이러스 감염증(코로나19) 사태 이후 집에서 머무는 시간이 늘어나면서 인공지능 비서(IVA·Intelligent Virtual Assistants) 플랫폼과 인공지능(AI) 스피커 경쟁이 다시 치열해지고 있음.
    - \* 여러 기업의 신제품 출시가 잇따르는 가운데 최근엔 Google 참여 시작
  - Google, Amazon, Microsoft 등의 기업들이 IoT 플랫폼을 개발하여 자신들의 타 플랫폼과 연계한 여러 종류의 서비스를 이미 제공하고 있음.
  - 해외에서는 Google, Amazon, Microsoft 등의 기업들이 IoT 플랫폼을 개발하여 자신들의 타 플랫폼과 연계한 여러 종류의 서비스를 이미 제공함.

| 표 4-2 | 국외 IoT 플랫폼 기술 동향

구분	기업	특징
Cloud IoT	Google	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 예지와 클라우드를 활용한 데이터를 연결, 처리, 저장, 분석하여 지능형 IoT 서비스를 제공.</li> <li>● Google Big query를 사용하여 비즈니스 민첩성 및 의사결정 속도 향상.</li> <li>● Google 지도를 활용한 위치 기반의 IoT 솔루션을 제공.</li> <li>● TensorFlow를 활용한 머신러닝 서비스 제공.</li> </ul>

구분	기업	특징
AWS IoT	Amazon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pub/Sub 모델을 채용하여 낮은 전력, 낮은 대역폭 환경에서의 성능 향상.</li> <li>• AWS IoT Rule 엔진을 활용하여 디바이스 데이터를 저장, 분석하여 예측할 수 있음.</li> <li>• Amazon CloudWatch, Amazon DynamoDB 등의 아마존에서 제공하는 클라우드 및 DB와 연계하여 서비스 제공 가능.</li> <li>• 로컬 이벤트에 신속히 반응할 수 있으며, 오프라인 운영이 가능.</li> </ul>
Azure IoT	Microsoft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT 업계의 유일한 엔드투엔드 보안 솔루션을 사용하여 더 안전한 애플리케이션 빌드 가능.</li> <li>• Azure Sphere를 활용하여 MCU 기반 IoT 디바이스의 보안성 강화.</li> <li>• 검증된 결과가 포함된 사례의 템플릿을 사용하여 맞춤형 IOT 솔루션 빌드 가능.</li> <li>• Azure IoT Edge를 활용한 에지 디바이스로 데이터를 분산 처리하여 지연시간 개선.</li> </ul>
Kinetic	Cisco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisco Kinetic Edge 모듈을 통해 머신 데이터를 추출 및 변환하고 데이터를 정규화하여 사용 가능함.</li> <li>• Cisco Kinetic for Manufacturing을 통해 높은 가치의 물리적 자산에서 얻은 머신 데이터를 의미 있는 비즈니스 결과로 변환하도록 지원함.</li> <li>• 모든 생산과 관련된 디바이스에서 생성된 IoT 데이터를 집계하여 데이터 시각화 분석을 하고 기업 및 제조업체의 사설/공용 클라우드로 전송할 수 있음.</li> </ul>
IoTivity	OCF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인텔, 삼성전자 등이 공동으로 설립하여 사물인터넷 미들웨어 표준을 개발하는 OCF 단체에서 개발한 IoT 플랫폼.</li> <li>• IoT 네트워크상에서 이종 OS 및 플랫폼을 사용하는 경량형 디바이스를 연결하기 위한 상호운용성을 보장함.</li> <li>• RESTful 구조 모델을 바탕으로 개발되어 CoAP과 HTTP간의 높은 호환성을 가짐.</li> <li>• 모든 운영체제와 연결 플랫폼의 미들웨어로 동작하며 여러 프로그래밍 언어와 OS를 지원함.</li> </ul>

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 IoT, 중기부

| 표 4-3 | 사물인터넷의 서비스 분야 국제 표준화 현황 및 전망

개발기구	구분	표준화 현황 및 전망
oneM2M	oneM2M	<ul style="list-style-type: none"> <li>가전 디바이스 프로파일 정의를 위한 별도의 규격서(TS-0023) 개발 중으로, 가전뿐만 아니라, 홈에서 사용될 수 있는 모든IoT 기기를 대상으로 함(예, 헬스케어 디바이스 포함). 타 표준 기술들과의 연동을 위해 OCF,ECONET,OMA 등의 프로파일과 매핑 작업 수행 중.</li> <li>2018년 RAILDE(Railway Domain Enablement) 워크 아이템을 채택하고 철도 사물인터넷 분야의 사물인터넷 정보모델을 제정 중.</li> <li>Rel-1 표준부터 시맨틱 기술 표준화를 시작하여 도메인별 확장가능한 베이스 온톨로지를 규격화 하였으며, Rel-3에서는 시맨틱 지원 기능을 고도화하여 표준규격으로 제정 완료.</li> <li>다양한 산업분야를 포함하는 다양한 디바이스의 통합 관리를 위한 정보모델링 규격 제정 중.</li> <li>2017년 개발자를 위한 oneM2M 시맨틱 기능 구현가이드규격을 제정완료.</li> </ul>
	oneM2M RDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>TS-0023에 다양한 산업영역을 일반,도시,건강,홈,산업,차량,철도 등으로 구분하여 관련 센서 및 디바이스의 정보모델을 정의.</li> </ul>
OCF	OCF Smerthome TG	<ul style="list-style-type: none"> <li>가전 디바이스 프로파일 정의를 위한 별도의 규격서(OCF Smart Home Device Specification) 개발 중으로, 오직 가전 기기(냉장고, 청소기 등) 대상으로만 정의. OCF1.0 규격서가 공개되었고, 향후 차기 버전에서 기기 및 기능 정의 지속 개발 예정.</li> </ul>
	OCF Bridging TG	<ul style="list-style-type: none"> <li>OCF 브릿징 관련 기술들에 대한 총괄 관리 및OCF Bridging Specification에 대한 개발작업을 진행중.</li> <li>2019년 새로운 브릿징 대상 기술에 대한 빠른 대응을 위해서 charter의 업데이트를 통하여 새로운 브릿징 대상기술에 대한 요구가 있을 시 BridgingTG 차원에서 대응 중.</li> <li>따라서 EnOceanAlliance에 대한 브릿징기술 규격개발은 BTG에서 진행 중.</li> </ul>
OMA SpecWorks	OMA SpecWorks	<ul style="list-style-type: none"> <li>웹기반의GotAPI와DWAPI를 통해2015년 홈에서 사용 가능한 헬스케어 디바이스 프로파일을 정의하였고, 2017년에는 3D프린터 디바이스 프로파일을 정의.</li> <li>2018년에는 IPSO얼라이언스와의 합병을 통해 5월IPSOWG을 신설하고 LwM2M 기반의 디바이스 프로파일 제정을 개시.</li> </ul>
ITU	ITU-TSG20 Q2	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물인터넷환경(Apple리케이션과 서비스로 구분)에서 정보 취약계층의 접근성을 보장하기 위한 요구사항을 개발.</li> <li>이와 함께 스마트시티에서 대중교통이 취약계층의 접근을 보장하기 위한 정보접근성 요구사항을 개발 중.</li> </ul>
	ITU-TSG20 Q3	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물인터넷 서비스 연동을 위한 디바이스탐색 및 디바이스 프로파일 관리기술표준 (ITU-TY.IoT-sd-arch)개발중.</li> </ul>

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 IoT, 중기부

- **(산업용 IoT 센서)** 북미에서는 커넥티드 카의 도입에 따라, IoT 스마트 센서 시장도 더불어 성장할 것으로 전망되고 있음.
  - \* 차량 내부에서 여행자 또는 자동차 자체에서 자동으로 데이터를 공유하는 기술로, 기존의 자동차에 대한 인식변화를 가져오는 획기적인 기술에 해당함
  - 미국은 산업용 IoT 센서 기술 개발에 앞장서고 있음. 특히, 제조업 분야에서 센서를 활용한 스마트 팩토리 구현을 위해 IoT 센서 기술을 적극 도입하고 있음.
  - GE는 산업용 IoT 플랫폼인 Predix를 통해 다양한 센서 데이터를 수집하고 분석하여 생산 효율성을 높이고 있음.
  - 독일은 '인더스트리 4.0' 전략의 일환으로 IoT 센서 기술을 적극 도입하고 있으며 지멘스는 스마트 공장 구현을 위해 다양한 센서를 활용하여 생산 공정의 디지털화를 추진하고 있음.
  - \* 일본도 관련분야에 독보적인 지위를 가지고 있으며 전 세계 센서 시장의 50%를 장악
  - CMOS 이미지 센서는 SONY, 혈압센서는 Omron, 압력센서는 Denso, 온도 센서는 Chino라는 회사가 실질적인 세계 표준을 가짐.
  - 제조 설비 분야도 일본이 전 세계 시장의 60%를 넘게 차지하고 있으며, 센서 적용이 필수인 로봇 분야에서도 세계 2위 기업인 YASKAWA 전기, FANUC 등이 있어, 시장을 유지할 수 있음.

| 표 4-4 | 국가별 연구활동내용

국가	동향	주요내용
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가기간산업으로 지정되어 집중육성되고있음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주강지역, 상해 및 난징이 속한 장강 지역이 상업용 센서 중심의 R&amp;D 기지로 성장하고 있으며, 북경/천진, 동북, 화중 지역은 국가 주도의 센서 R&amp;D 클러스터를 중심으로 발전 중.</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트센서 분야를 국가핵심 산업으로 집중 육성하기 위해 원천기술, 자본, 설비, 인력 등 성장인프라에 집중 투자 지원.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LETI(프랑스), IMTEK(독일), CSEM(스위스) 등 대학연구소 및 국가지원연구소를 중심으로 스마트센서 연구결과 공동 활용 추진.</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일본의 센서 업체들은 대부분 업력이 100년을 넘은 센서 전통 기업에 해당함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신성장 동력으로, 인간 중심의 스마트센서 정책 전개 및 스마트 센서를 통해 고령화 및 의료인력 부족에서 발생하는 문제점 해결을 위한 'i-japan 2015'의 일환으로 의료개혁을 추진.</li> </ul>

- ❖ 최근의 센서 기술은 미국, 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 하여 반도체, MEMS 등의 제조기술이 접목되는 스마트센서에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.

- **(엣지 컴퓨팅)** 세계 3대 퍼블릭 클라우드 사업자인 아마존, 마이크로소프트, 구글 모두가 이미 엣지 컴퓨팅 기능을 제공하기 시작함.

\* 엣지 컴퓨팅은 일반적으로 IoT 장치에 연결되고 클라우드가 아닌 엔터프라이즈 네트워크의 엣지에 배포되는 작은 데이터 센터로 여겨짐

- 미국의 주요 IT 기업들은 엣지 컴퓨팅 기술 개발에 집중하고 있음. 마이크로소프트의 Azure IoT Edge와 아마존의 AWS Greengrass는 엣지 디바이스에서 데이터 처리를 가능하게 하여 지연 시간을 줄이고 실시간 처리를 지원함.

| 표 4-5 | 주요 기업별 기술동향

기업	기술동향
아마존	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 웨이브LENGTH(Wavelength)를 통하여 미국 전역에 5G 기반 엣지 컴퓨팅 서비스를 제공.</li> <li>• 'AWS IoT Greengrass'는 AWS를 엣지 기기까지 확장하여 데이터가 생성되는 엣지 기기 및 클라우드에 간헐적으로 연결되는 기기에서도 로컬 컴퓨팅, 데이터 캐싱, 메시징, 동기화 및 머신러닝 추론 등을 가능하게 하는 소프트웨어.</li> </ul>
마이크로소프트 (MS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Azure IoT Edge'를 통하여 클라우드 플랫폼 'Azure'의 기능을 IoT 엣지 기기로 확장해 주는 서비스를 제공.</li> <li>• Azure 컴퓨팅, 스토리지 및 인텔리전스를 엣지 위치에서 제공하는 Azure 관리형 디바이스인 'Azure Stack Edge'도 출시.</li> <li>• 기계 학습 및 IoT 애플리케이션에 최적화.</li> </ul>
구글	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT 엣지 기기에서 텐서플로우 라이트머신러닝을 수행할 수 있는 초소형 AI 칩 '엣지TPU(Tensor Processing Unit)'를 개발.</li> <li>• 구글 클라우드 플랫폼에 서 학습된 머신러닝 모델을 Edge TPU 칩의 기능.</li> <li>• 을 통해 Cloud IoT Edge 기기에서 실행 가능.</li> </ul>

※ 출처 : 엣지 컴퓨팅 기술 동향, ETRI, 2020

- 독일의 산업용 소프트웨어 기업인 SAP는 엣지 컴퓨팅 솔루션을 개발하여 제조 현장에서의 데이터 처리를 지원, 이를 통해 실시간 데이터 분석과 공정 최적화를 기대함.
- 기존 클라우드 컴퓨팅을 엣지 컴퓨팅으로 확장하기 위한 분야와 이동통신 서비스 및 사물인터넷 등의 응용서비스에 적용하기 위한 분야로 나뉘어 상호보완적으로 표준이 개발 중임.

| 표 4-6 | 표준화기구별 엣지 컴퓨팅 개발 개요

표준화 기구	표준개발내용
ITU-T	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5G 엣지 컴퓨팅, 엣지 클라우드 등 다양한 유무선 통신환경에서의 엣지 컴퓨팅 관련 표준을 개발 중(2017년~현재).</li> </ul>



표준화 기구	표준개발내용
ISO/IEC JTC1	• 본격적인 엣지 컴퓨팅 표준개발을 위한 사전 작업으로 클라우드 컴퓨팅 관점에서의 엣지 컴퓨팅(SC 38)과 사물인터넷 관점에서의 엣지 컴퓨팅(SC 41) 관련용어 및 요구사항 관련 기술문서 개발(2018~2019년).
3GPP	• 이동통신 서비스 환경에서 MEC 개념을 수용하기 위한5G 기반 MEC 관련 표준을 개발 중(2018년~현재).
ETSI	• 모바일 엣지 컴퓨팅(MEC) 개념을 정립하고 MEC 관련 서비스 시나리오, 용어, 참조구조, API 등 약 35종의 규격을 표준화 완료(2014~2020년).
IETF/IRTF	• 사물인터넷 관점에서 엣지 컴퓨팅 요구사항 및 기능 표준을 개발 중에 있으며(2018년~현재), 이기종 네트워크 접속 관리 기술(Multi-Access Management Services)을 최근 표준으로 제정(RFC 8743)(2020년 3월).

※ 출처 : 엣지 컴퓨팅 기술 동향, ETRI, 2020

## 국내 기술동향

- 센서 기술과 엣지 컴퓨팅, 클라우드 통합을 통해 지연 시간을 줄이고, 실시간 데이터 분석과 효율적인 데이터 관리를 지원하여 산업용 IoT의 디지털 전환을 촉진함.
- (IoT 플랫폼) 많은 기업들이 IoT 비즈니스 시장에서 성공하기 위해 빠른 주기로 새로운 센서 및 디바이스, 참신한 앱, 데이터 분석 기법, 인공지능 등 다양한 신기술을 보유함.
  - 삼성, LG, KT, SKT 등의 여러 대기업에서 IoT 서비스를 제공하기 위해 자체 IoT 플랫폼을 개발하고 지원하고 있으며, KETI와 같은 연구소 측에서도 사물인터넷 표준에 맞춰 IoT 플랫폼을 개발하고 있음.

| 표 4-7 | 국내 IoT 플랫폼 기술 동향

구분	기업	특징
SmartThings	삼성전자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존에 제공하던 삼성 커넥트, 아티크 등의 플랫폼들을 SmartThings 클라우드로 통합한 플랫폼</li> <li>• 스마트폰의 SmartThings 앱 하나로 모든 IoT 디바이스들을 연동하여 조작할 수 있음</li> <li>• 빅스비를 연계하여 각종 IoT 디바이스들을 음성 인식을 통해 제어 할 수 있음</li> </ul>

구분	기업	특징
INFIoT	LG CNS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 트윈 기술을 지원함</li> <li>• 디바이스 연결 및 서비스 개발 비용을 최소화할 수 있음</li> <li>• HTTP, MQTT, CoAP 등의 프로토콜부터 Modbus, BACnet, SNMP 프로토콜까지 다양하게 지원함</li> <li>• LWM2M 어댑터를 통한 NB-IoT를 지원함</li> <li>• HTML5 기반의 UI Builder 제공함</li> </ul>
IoTmakers	KT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KT Cloud를 활용한 서비스를 지원할 수 있음</li> <li>• 기업 전용으로 사용할 수 있는 IoT플랫폼서비스를 구축할 수 있음</li> <li>• 중, 대규모 사업을 구축하고 운영 및 관리하는 솔루션을 제공함</li> <li>• 국제 표준 프로토콜과 KT 표준인 I/F 프로토콜을 지원</li> <li>• GUI 기반 에디터로 워크플로우를 쉽게 설정할 수 있도록 지원</li> </ul>
ThingPlug	SKT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SKT 인프라와 누적 데이터를 기반으로 IoT 서비스를 지원</li> <li>• 앱 빌딩 솔루션, 데이터 분석 도구를 활용</li> <li>• LoRA 디바이스와 연동 기능 지원</li> <li>• 네트워크 통신 구조에 관한 기술개발 지원</li> </ul>
Mobius	KETI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계 최초 oneM2M 표준 기반 오픈소스 플랫폼</li> <li>• 산업현장 및 드론의 모니터링 관리 등에 활용될 수 있는 신뢰성과 실시간성 지원</li> <li>• 수많은 카메라를 동시에 관리하는 스트리밍 서비스연계 기능 지원</li> <li>• OCF, LWM2M 등 타 표준 및 레거시 장치 연동성 확대</li> </ul>

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023 IoT, 중기부

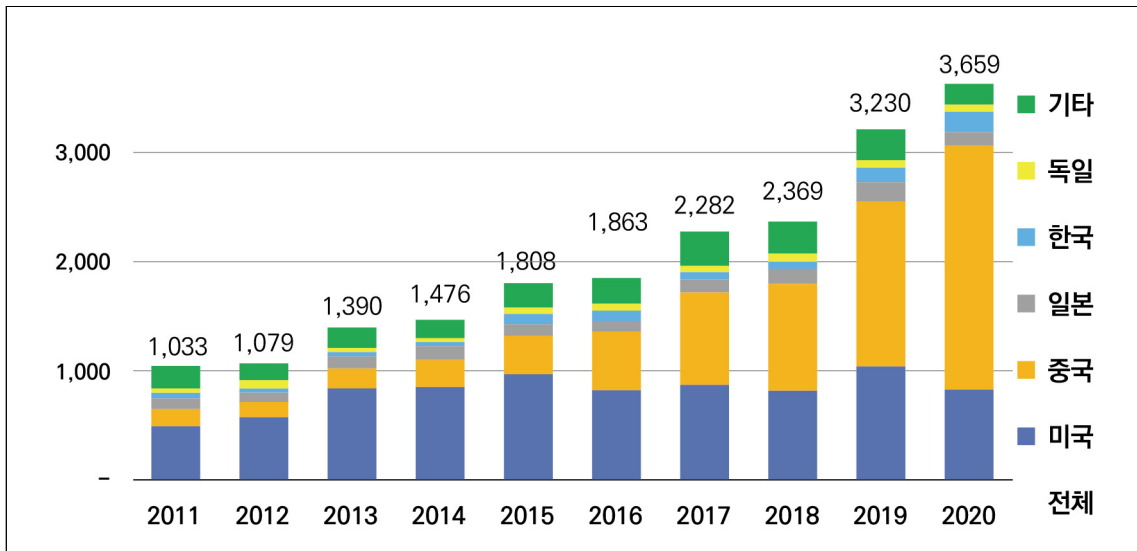
- **(산업용 IoT 센서)** 국내 센서 분야의 핵심기술 수준은 선진국 대비하여 낮으며, 대부분의 스마트 센서를 수입하여 활용하는데 의존하고 있는 실정임
  - 국내의 센서 핵심기술 주요 선진국 대비하여 55.5%의 수준이며, 수요의 80% 이상을 수입에 의존.
  - 국내 센서 기업들은 영세성, 기술력 부족, 판로개척의 어려움 등에 따라 대부분이 센서칩을 수입하여 단순 모듈화하여 공급하는 수준에 머무르고 있으며, 그 결과 무역역조가 심화될 것으로 전망됨.
  - 2016년 기준 국내의 센서 관련 기업은 총 299개이며, 이중 75%가 중소기업에 해당하며, 매출이 1,000억 미만인 기업이 88.6%에 달하는 것으로 파악됨.

- ❖ IoT용 스마트센서는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 92.7%의 기술수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 0.9년으로 분석.
  - 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 75.4%, 기술격차는 2.1년으로 평가.
  - 한국(92.7%) > EU(86.2%) > 일본(80.0%) > 중국(78.3%)의 순으로 평가 기술수명주기(TCT)18).
  - IoT용 스마트센서는 4.13의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악.

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵2021-2023. IoT, 중기부

- **(엣지 컴퓨팅)** 엣지 컴퓨팅과 클라우드 기술이 결합된 서비스 및 솔루션 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 이러한 기술은 데이터를 사용자 가까이에서 처리하여 지연 시간을 줄이고, 효율적인 데이터 관리와 실시간 분석을 가능하게 함.
  - 엣지 컴퓨팅과 관련된 특허 출원이 꾸준히 증가하는 추세임.
  - 특히 미국, 중국, 일본 등 주요 국가와 함께 한국도 기술 개발과 특허 출원에 적극적으로 참여하고 있으며 한국은 전체 특허 출원 비중에서 3.9%를 차지하며 4위를 기록함.

| 그림 4-1 | 출원인 국적별 특허출원 건수



## 1.2.2 데이터 저장 및 관리 기술 : 클라우드 스토리지, 데이터 레이크, 데이터베이스 관리 시스템, 데이터 통합 및 정제 기술

### ❖ 국외 기술동향

- 기계산업에서 생성된 방대한 데이터를 효율적으로 저장하고 관리하는 기술로서 데이터 수집 및 저장(클라우드 기반 인프라 등)

❖ Gartner, IDC는 '20년도 유망 기술 및 '20년도 전략적 기술 트렌트 Top 10으로 분산·멀티클라우드, 엣지컴퓨팅 기술을 선정하고 컨테이너 및 서버리스 기술의 사용 확산 전망.

- (Gartner) 기업들은 멀티 클라우드와 하이브리드 클라우드의 전략 수립의 필요성과 함께 분산 클라우드 및 엣지 클라우드의 도입 고려를 권고(2020 Planning Guide for Cloud Computing, Gartner 2019).
- (IDC) '22년 까지 전 세계 기관의 40% 이상이 클라우드에 엣지를 포함할 것이며, 엣지 및 단말에서 AI 알고리즘을 실행할 것으로 전망.

\* IDC FutureScope : Worldwide IT Industry 2019 Predictions, IDC 2018.

- (클라우드 제조) 글로벌 시장에서 클라우드 제조 소프트웨어는 고급 분석 채택, IoT 장치 통합, 디지털 트윈의 부상 등으로 혁신을 주도하고 있으며 이는 제조 환경을 변화시킴.

- 글로벌 클라우드 컴퓨팅 시장은 지속적인 성장을 보이고 있으며, 이는 제조업의 디지털 전환을 가속화 시킴.

※ marketresearch, 클라우드 기술 보고서

- Amazon, Salesforce, Google, IBM, Microsoft, VMware 등은 자체 보유한 클라우드 기술력과 솔루션을 근간으로 차기 ICT 서비스를 위한 타 기술/분야 연계형 클라우드 시장 진출을 강화함.

- 글로벌 기업과 서버 기업 모두 엣지 컴퓨팅을 위한 차기 시장 선점을 위한 특화 솔루션 출시를 준비하면서 기존 사업 영역의 확장을 모색함.

- (Amazon) 저지연과 로컬 데이터 프로세싱 수요에 효과적으로 대응할 수 있는 'Greengrass'('16) 및 AWS Outposts 서버 출시함('18. 11).

- (MS) 향후 4년 간 사물인터넷 분야에 50억 달러 투자계획을 발표('18)하면서 클라우드와 엣지컴퓨팅을 결합한 'Azure IoT 엣지 솔루션' 서비스 공개함('17. 11).

- 주요 클라우드 기업은 분산·멀티 클라우드 분야의 기술 개발 및 타 기업과의 협력을 통해 경쟁력을 지속적으로 강화하며 시장 지배력 확산 중임.

| 표 4-8 | 데이터 저장 및 관리 기술관련 기업 기술동향

구분	기술동향
Amazon	• 전세계에 보유한 자사의 클라우드의 통합 운용을 위한 기술 연구 추진
Google	• 컨테이너 관리 플랫폼 간의 연동 기술을 공개SW 기반으로 개발 추진
공개SW	• 분산·멀티 클라우드 관련 글로벌 공개SW 커뮤니티 다수 ※ Crossplane, Rancher, LibCloud, Zenco, Spinnaker 등

※ 출처 : ICT 기술로드맵 2025, IITP

- 글로벌 클라우드 선도기업은 압도적 기술우위, 서비스 경쟁력 등을 앞세워 국내 클라우드 시장을 점진적으로 잠식하려는 추세임.
  - \* 미국(100%) > 유럽(89.3%) > 중국(85.0%) > 일본(84.2%) > 한국(84.0%)
  - 아마존(AWS), MS, GE\* 등 글로벌 기업들은 클라우드에 IoT·빅데이터·AI 등을 융합하여 제조·금융·의료·교육 등 산업 전반에 클라우드가 확산됨.
    - \* 산업용 클라우드 플랫폼을 기반으로 AR, 인공지능 등 다양한 제품과 통합('16)
- 최근에는 클라우드 기반 '고도화 기술', 대규모 클라우드 서비스를 위한 '멀티 클라우드 서비스', 사물/단말/웹을 연계하는 'IoT클라우드' 관련 기술이 출현 중임.
  - 기업들이 클라우드 제공업체 의존성을 줄이기 위해 멀티 클라우드를 도입하는 경향이 증가함.
  - 멀티클라우드 서비스 : EU Horizon 2020 및 일부 해외 기업 등에서 이종 클라우드 연동 기반의 대규모 서비스가 가능한 서비스 브로커리지 기술의 연구개발을 추진함.
  - IoT 클라우드 : EU iCore, OpenIoT 등에서 개방형 플랫폼 기술 및 사용자 상황인지 지능형 단말 플랫폼 기술을 개발함.
- 클라우드 서비스의 빠른 개발·배포 프로세스를 지원하기 위해 컨테이너 기술, DevOps, 마이크로 서비스, 서버리스 컴퓨팅 등이 발전 중임.
  - 사용한 시간만큼 지불하고, 낮은 오버헤드 프로세스를 기반으로, 서버환경에 독립적인 환경에서 빠르게 개발·배포 가능함.

## ● 국내 기술동향

- 국내 기업들은 클라우드 제조 소프트웨어를 도입하여 생산 공정의 효율성을 높이고 있음.
- 국내기술수준은 성장 중에 있으나, 중국이 빠르게 성장하며 한국을 앞서고 있음.

\* 최고기술국(미국) 대비 한국은 16.0%의 기술수준 격차를 보이고 있으며, 국가별로는 미국(100%) 대비 유럽(10.7%), 중국(15.0%), 일본(15.8%), 한국(16.0%)을 유지

| 표 4-9 | 국내 기업별 연구개발 사례

기업명	연구개발 사례	주요 내용
현대자동차	• 스마트 팩토리 클라우드 플랫폼 개발	• 클라우드 기반 플랫폼을 통해 생산 공정을 실시간 모니터링하고 데이터 분석으로 공정 최적화 및 품질 관리 수행. 다수 공장 통합 관리 가능.
SK하이닉스	• 클라우드 기반 AI 제조 플랫폼	• 클라우드와 AI를 통해 반도체 제조 공정 데이터 분석, 품질 관리, 예측 유지보수 수행으로 불량률 감소 및 공정 최적화.
포스코	• 디지털 트윈과 클라우드 기술 결합	• 디지털 트윈을 이용하여 공정 데이터를 클라우드에서 실시간 수집 및 시뮬레이션하여 운영 효율 극대화.
LG화학	• 클라우드 기반 품질 관리 시스템	• 클라우드에서 실시간 데이터 분석을 통한 품질 개선 및 불량 발생 시 즉각 조치 가능, 공정 데이터의 통합 관리.
삼성전자	• 스마트 제조 클라우드 플랫폼	• 클라우드, AI, 빅데이터 분석을 통해 반도체 생산 라인의 공정 최적화 및 품질 관리 지원.

※ 출처 : 기업의 디지털전환관련 기사 재정리

- 클라우드 활용 방식의 진화로 IaaS·PaaS·SaaS의 단순 활용에서 신기술과 연계하여 산업전반으로 확산, 새로운 가치를 창출하는 클라우드 2.0 단계로 접어들고 있으나 초기 단계임.
  - (클라우드 1.0) ICT 인프라의 클라우드 환경 전환을 통한 업무혁신·비용절감을 추구함.
  - (클라우드 2.0) 지능정보사회의 니즈(대규모화, 다중 클라우드화, 지능화, 고성능화)를 수용함.
- 국내 SaaS 분야의 경우 일부 기술경쟁력을 확보하고 있으나 IaaS, PaaS 등 원천기술은 해외기술 및 오픈소스 의존도가 높음.
  - 국내는 개별 SaaS 기술 위주의 서비스로 SaaS 간 융합 서비스 취약함.

- IoT·빅데이터·AI 등 첨단기술 연계나 금융·교육·제조업·의료 등 특화플랫폼 사례이 부재함.
  - 정밀의료(P-HIS), 금융(기업자금관리) 분야에서 특화 클라우드 모델을 추진 중이며, KT, NBP, 더존비즈온 등 인공지능, 빅데이터등을 자체 개발하여 클라우드로 출시됨.
- 국내는 다중 클라우드 기반의 차기 클라우드 서비스 기술을 위한 연구개발이 시작되고 있으며, 멀티/분산 클라우드 기술 준비 단계임.
  - 국내 스타트업 기업은 컨테이너 기반 마이크로 서비스 및 데브옵스, 빅데이터 분석, MSP 등 신규 클라우드 시장 진입을 위한 핵심 기술 및 서비스 개발에 집중함.
- 기업용 클라우드 플랫폼은 일부 글로벌 상용 플랫폼이 장악하고 있으나 오픈 스택 및 클라우드 스택, 도커 등의 공개SW 플랫폼도 빠르게 확산 중임.
  - 클라우드 기반의 SW개발·운영·관리 지원 및 기업·기술종속성 없이 누구나 활용토록 공개SW로 배포되는 오픈 플랫폼 개발이 진행 중이나 타 분야 대비 기술 확보 미흡함.
- 국내 서버리스 클라우드 기술은 핵심원천기술보다는 아마존 웹서비스나 구글의 솔루션 등을 채용하여 비즈니스 로직에 활용하는 수준- 로켓펀치, 직방 등 스타트업을 중심으로 자사 서비스에 접목 중임.
  - 국내 스타트업 기업은 컨테이너 기반 마이크로 서비스 및 데브옵스, 빅데이터 분석, MSP(Managed Service Provider) 등 신규 클라우드 시장 진입을 위한 기술 개발에 집중함.
    - \* 2016년 중국 진출 한국 클라우드 스타트업 기업 : 와탭, 베스핀, Qubit, Vsystems 등
- 소프트웨어 지향형 하이퍼 컨버지드 인프라(HCI) 솔루션으로 엣지 스케일 클라우드(ESC)를 출시하고, 한국 데이터허브 얼라이언스(K-DA) 협의체를 출시하여 클라우드 시장을 공략함.

### 1.2.3 데이터 분석 및 활용 기술 : 빅데이터 분석, 예지 보전(Predictive Maintenance), 실시간 분석 및 공정 최적화 기술 등

#### ●● 국외 기술동향

- 기계산업의 빅데이터 활용은 생산성 향상, 비용 절감, 품질 개선 등 경쟁력을 강화하고, 지속 가능한 성장을 도모하는 데 중요한 역할을 함.
- **(예지 보전(Predictive Maintenance))** 빅데이터 분석을 통해 기계 설비의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 고장 발생 이전에 예방 조치를 취하는 예지 보전 기술이 확산됨.
  - 빅데이터 분석을 통해 기계 설비의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 고장 발생 이전에 예방 조치를 취하는 기술이 확산됨.
  - (미국) 롤스로이스는 항공기 엔진의 데이터를 분석하여 예방 유지보수 서비스인 'Total Care'를 제공함.

※ 항공기에 부착된 자사 엔진 가동 빅데이터를 수집, 예방 유지 보수 서비스를 제공함으로써 시장 점유율 향상과 수익성 제고 동시 달성

- 약 500개 항공사의 14,000개 엔진에 다양한 센서\*를 부착하여 매일 6.5만 시간 분량의 가스터빈 엔진 가동 데이터를 수집

\* 약 100개의 진동, 압력, 온도, 속도, 유량 센서를 통해 데이터를 수집하며, 연간 약 5억 개의 데이터 분석 보고서를 생산

※ 출처 : 기계산업의 빅데이터 활용 동향분석과 시사점, 기계연, 2015

- **(생산 공정 최적화)** 제조업체들은 빅데이터를 활용하여 생산 공정의 병목 현상을 파악하고, 이를 개선하여 생산성 향상하고자 함.
  - (미국) GE는 산업용 인터넷 플랫폼인 Predix를 통해 기계 데이터를 실시간으로 분석하여 운영 효율을 향상시키고자 함.
- **(품질 관리 강화)** 빅데이터를 활용하여 제품의 결함 원인을 분석하고, 품질 문제를 사전에 예방하는 시스템이 도입됨.
  - (독일) Siemens는 MindSphere 플랫폼을 통해 생산 설비의 데이터를 수집·분석하여 품질 관리에 활용함.



- **(공급망 관리(Supply Chain Management))** 빅데이터 분석을 통해 공급망의 수요 예측, 재고 관리, 물류 최적화 등이 가능해 지고 있으며 이를 통해 비용 절감과 고객 만족도를 향상시키는 사례가 증가하고 있음.
  - 아마존(Amazon)은 빅데이터와 머신러닝을 활용하여 고객의 구매 패턴을 분석하고, 이를 기반으로 재고를 최적화하며, 물류 경로를 효율적으로 관리하여 배송 시간을 단축하고, 고객 만족도를 높이고자함.
  - 월마트(Walmart)는 빅데이터 분석을 통해 매장별 판매 데이터를 실시간으로 모니터링하고, 수요 예측을 개선하여 재고를 효율적으로 관리하여 재고 부족이나 과잉을 방지하고, 운영 비용을 절감.

표 4-10 | 데이터 분석 및 활용 기술관련 국외 기술동향

국가	기업	기술동향
미국	제너럴 일렉트릭 (GE)	• 산업용 인터넷 플랫폼인 'Predix'를 개발하여 기계 데이터를 실시간으로 분석하고, 이를 통해 예지 보전 및 생산 공정 최적화를 구현
	IBM	• 'IBM Maximo' 플랫폼을 통해 설비 관리와 예지 보전 솔루션을 제공하며, 빅데이터 분석을 활용한 설비 상태 모니터링과 유지보수를 지원
독일	지멘스 (Siemens)	• 'MindSphere'라는 산업용 IoT 플랫폼을 통해 기계 설비의 데이터를 수집·분석하여 예지 보전과 생산성 향상을 도모
	보쉬 (Bosch)	• 'Bosch IoT Suite'를 통해 제조 현장의 데이터를 분석하여 설비의 예지 보전과 공정 최적화를 지원하는 솔루션을 개발
일본	히타치 (Hitachi)	• 'Lumada'라는 IoT 플랫폼을 통해 제조 현장의 데이터를 분석하여 설비의 예지 보전과 생산성 향상을 지원
	미쓰비시 (Mitsubishi Electric)	• 'e-F@ctory'라는 스마트 팩토리 솔루션을 통해 빅데이터 분석을 활용한 생산 공정 최적화와 예지 보전을 구현
중국	화웨이 (Huawei)	• 'OceanConnect IoT' 플랫폼을 통해 제조업체들이 빅데이터 분석과 예지 보전 솔루션을 도입할 수 있도록 지원
	알리바바 (Alibaba)	• 'ET Industrial Brain'을 통해 제조 현장의 데이터를 분석하여 생산 공정 최적화와 예지 보전을 지원하는 서비스를 제공

※ 출처 : 기업별 사이트 및 기사 등 재정리

※ IBM의 Planning Analytics는 물류와 재고 계획을 조정하여 비용과 수익을 창출하는 요소를 확인하고, 시장 변화에 따라 전략을 조정할 수 있도록 지원

- AI 및 고급 분석을 통해 수요를 정확하게 계획하고 예측하여 수익성을 극대화

※ 출처 : IBM 사이트

❖ 국내 기술동향

- 국내 기계산업에서 빅데이터와 예지 보전(Predictive Maintenance) 기술의 활용이 활발히 진행되고 있음.
- (빅데이터 활용) 빅데이터 분석 플랫폼을 활용하여 공장 내 다양한 설비와 센서로부터 수집된 데이터를 분석하여, 설비 고장 발생을 예측하거나 조업 과정에서의 이상을 실시간으로 감지함.
  - 국내 기업들은 공장 내 다양한 설비와 센서로부터 수집된 데이터를 분석하여 설비 고장 예측 및 조업 과정의 이상을 실시간으로 감지하는 빅데이터 분석 플랫폼을 개발함.

| 표 4-11 | 빅데이터 활용관련 국내 기술동향

구분	기업	기술동향
빅데이터	한국전자기술연구원 (KETI)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 지능형 제조 시스템 개발을 위해 빅데이터와 인공지능 기술을 활용한 스마트팩토리 플랫폼을 연구.</li><li>* '제조 AI ETL 프로세스'</li></ul>
빅데이터 통계 활용	한국타이어	<ul style="list-style-type: none"><li>• '테블로'*라는 데이터 플랫폼을 개발하여 글로벌 사무소의 경영, 재무, 제품 등의 데이터를 분석하고, 이를 통해 운영 효율화를 달성.</li></ul>

\* (테블로) 다양한 종류의 데이터를 시각화하여 사용자들이 쉽고 간편하게 분석할 수 있도록 해주는 데이터 분석 플랫폼.

- 사용자 편의성을 높이고 시각적 분석 툴을 강화한 것이 특징. 복잡한 프로그램 사용법이나 연산어를 배우지 않아도 마우스 클릭, 끌어놓기 등을 통해 직관적으로 데이터를 수집하고 통합할 수 있으며, 복잡한 DB를 몇번의 조작으로 간편하게 그래프나 도표로 시각화 가능
- (예지 보전(Predictive Maintenance)) 생산 효율성과 설비 가동률을 향상시키기 위해 활발히 도입하고 있음.

| 표 4-12 | 예지보전관련 국내 기술동향

구분	기업	기술동향
AI 기반 설비 예지보전 솔루션 개발	LG 유플러스	<ul style="list-style-type: none"><li>• 산업현장 정보를 AI와 빅데이터 기술로 분석하여 설비 예지보전 및 이상진단 솔루션 3종을 개발하였음.</li><li>• 이를 통해 산업용 설비의 고장·장애 여부를 진단·예측하는 기술을 제공.</li></ul>
설비 예지보전 서비스 확대	원프레딕트	<ul style="list-style-type: none"><li>• 산업 설비에서 발생하는 진동·소음 등의 데이터를 AI 기술로 분석하여 상태를 진단하고, 고장 발생 시기와 남은 수명을 예측하는 솔루션을 개발.</li></ul>

## 1.3 기계산업 디지털트윈

### 1.3.1 디지털 모델링 및 시뮬레이션 기술 : 사이버 물리 시스템(CPS) 및 디지털 스레드, 제조 및 공정 시뮬레이션 등

#### ●● 국외 기술동향

- 모든 사물이 IoT 기반으로 연결되고 컴퓨팅과 물리세계(physical world)가 융합돼 사물이 자동·지능화 되는 시스템으로 향후 제조와 의료·헬스케어, 에너지·송전, 운송, 국방 등 다양한 분야에 광범위한 적용이 예상됨.
- (사이버 물리 시스템(CPS)) 물리적 세계와 사이버 공간을 통합하여 실시간으로 상호작용하는 시스템으로, 다양한 산업 분야에서 혁신을 주도함.
  - (미국) CPS 연구를 위한 예산을 책정하고 연구에 집중하고 있으며, 선진국 중심으로 CPS 연구 활동이 진행됨.
  - NITRD\*는 2017년에 이미 예산요구안 45.4억 달러 중 고신뢰컴퓨팅 분야(HCSS)에 1.6억 달러를 요구함.
 

\* The Networking and Information Technology Research and Development, 미국 NITRD 프로그램은 각 부처 및 기관이 추진하는 ICT 분야의 연구개발 사업들이 하나로 합쳐진 연구개발 프레임워크이며, 대통령 직속기구인 국가과학기술위
  - CPS 구현을 위한 통합된 기반, 모델 및 도구, 시스템 성능 및 구성 연구, 보증 기술(Assurance), 신뢰할 수 있는 실시간 시스템, CPS 교육 등을 연구함.
  - DARPA, DHS, DoD Service Research Organizations, DOE, NASA, NIH, NIST, NOAA, NSA, NSF 그리고 OSD 등 11개 공식 참여조직과 6개 비공식 참여조직이 활동\*\* 학계에서는 CPS 관련 다수의 워크숍과 학회 신설원회를 중심으로 추진함.
 

\*\* DARPA(방위고등연구계획국), DHS(국토안보부), DoD(국방부), DoE(에너지부), NASA(국립항공우주국), NIST(표준기술연구소), NOAA(해양대기청), NSA(국가안전보장국), NSF(국립과학재단), OSD(국방부장관실)
  - 현재 학회는 임베디드 시스템 관계 학계를 중심으로 이루어지고 있으며, 소프트웨어 및 네트워크 측면에서도 접근하는 연구 필요함.

※ 출처 : 소프트웨어정책연구소 자료

- (독일) ‘인더스트리 4.0’ 전략을 통해 CPS 기술 개발에 집중하고 있습니다. 독일 국립 과학기술학회(acatech)와 연방교육연구부(BMBF)는 CPS 연구 아젠다를 수립하여 관련 산업과 연구기관의 경쟁력 향상을 목표로 함.

#### ※ Industry 4.0 개요

- 유연하고 효율적인 생산을 위해 정보통신기술(ICT)을 활용하여 산업용 장비와 공정을 네트워크화 하는 “산업부문의 디지털 전환” 전략
- 목표 : ‘사이버 물리시스템(CPS)’ 기술 및 제품 시장에서의 우위를 확보하고, 독일의 제조업 및 기계설비산업을 세계 최고 수준으로 유지·발전시키는 것

- 2025년까지 스마트 그리드, 네트워크 기반 모빌리티, 원격 진료 등 4대 응용기술 분야를 중점적으로 지원함.

- ‘첨단 기술 전략 2025’를 통해 CPS를 포함한 디지털 기술에 대한 연구개발 투자를 강화하고 있습니다. 이를 통해 디지털 혁신과 산업 경쟁력 강화를 추진함.

- 지멘스와 IBM은 다쏘시스템, PTC도 PLM 솔루션을 기반으로 사업을 확장해 나가고 있으며 CPS를 구축한 성공 사례로는 아래와 같음.

\* BMW는 신차 출시에 따라 수시로 변하는 부품형상을 3D 프린트로 제조함에 따라 비용절감 및 생산성 제고는 물론 고객니즈에 즉각 대응

\* GM은 신속 프로토타입(Rapid Prototyping) 프로그램을 통해 차량 부품의 사전 조립 시뮬레이션과 성능 검증 등을 하며 생산력을 향상에 도움

- CPS 진전에 필수적인 AI 연구를 위해 경제산업성(AI연구센터 설립), 문부과학성(AI연구에 10년 동안 1,000억엔 투자), 총무성(AI 연구에 주력) 등 3개 부처가 연계해 AI컨소시엄 구성도 고려함.

- (디지털 스레드) 제품의 설계, 제조, 운영, 유지보수 등 전 과정에서 발생하는 데이터를 통합하여 정보의 일관성과 추적성을 제공함.

- (미국) 국방부는 디지털 스레드 기술을 통해 무기 시스템의 설계부터 운영까지의 데이터를 통합 관리하며 시스템의 효율성과 신뢰성을 향상시키고 있음.

\* 디지털 스레드 기술을 활용하여 무기 시스템의 효율성 및 신뢰성 향상

- 항공기 엔진의 디지털 스레드를 활용하여 설계 단계에서부터 운영 및 유지보수 단계까지의 데이터를 통합 관리함으로써 엔진의 성능을 최적화하고 유지보수 비용을 절감함.

## ❖ 국내 기술동향

- 제조업체들은 실시간 모니터링, 공정 제어, 데이터 통합을 구현하여 생산성 향상, 품질 개선, 운영 효율성 극대화를 추구함.
- (사이버 물리 시스템(CPS)) 국내 제조업체들은 CPS를 활용하여 스마트 팩토리를 구축하고 있으며 이를 통해 생산 공정의 실시간 모니터링과 제어가 가능해져 생산 효율성이 향상됨.

### ※ (산업부) 스마트 제조혁신 전략

- CPS 기술 개발을 지원을 통하여 중소기업의 디지털 전환을 촉진하고, 제조업의 경쟁력강화

- 국내 제조업체들은 사이버 물리 시스템(CPS)을 활용하여 스마트 팩토리를 구축하고 있으며 생산 공정의 실시간 모니터링과 제어가 가능해져 생산 효율성이 향상됨.

표 4-13 | CPS관련 국내 기술동향

기업	기술 도입 및 구현	기대효과
삼성전자	• CPS를 활용한 스마트 팩토리 구축. 생산 공정의 디지털화 및 실시간 모니터링.	• 생산성 향상, 실시간 공정 제어.
현대자동차	• CPS 기반 스마트 제조 시스템 적용. 제조 공정의 실시간 데이터 관리 및 최적화.	• 효율성 증대, 품질 향상.
LG전자	• IoT와 CPS 기술을 통합한 스마트 제조 플랫폼 구축. 생산 과정 전반의 데이터 수집 및 분석.	• 유지보수 최적화, 비용 절감.
SK하이닉스	• 제조 공정에서 CPS를 적용한 데이터 관리 시스템 운영. 설비 효율 개선 및 공정 데이터 실시간 모니터링.	• 공정 안정성 향상, 생산성 증가.

※ 출처 : 기업별 사이트 및 기사 등 재정리

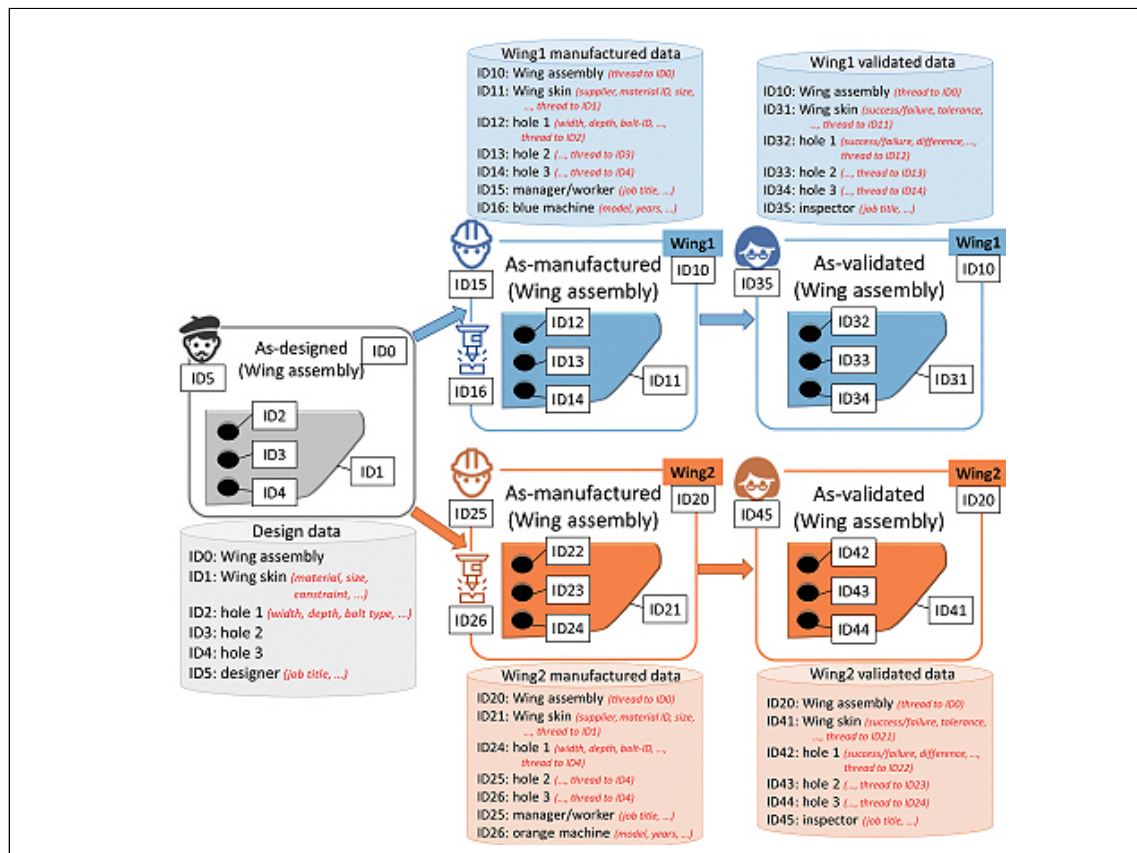
- 국내 연구기관들은 사이버 물리 시스템(CPS) 분야에서 다양한 연구개발을 진행하며 제조업 혁신과 디지털 전환을 지원함.

표 4-14 | 국내 연구기관별 CPS 기술동향

연구기관	주요 연구 동향
한국전자통신연구원 (ETRI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 팩토리 플랫폼 개발 : CPS 기반의 스마트 팩토리 플랫폼을 개발하여 제조 현장의 디지털화를 추진.</li> <li>• 이를 통해 생산 공정의 실시간 모니터링과 제어가 가능해져 생산효율성 향상.</li> </ul>
한국과학기술연구원 (KIST)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지능형 로봇 시스템 개발 : CPS를 활용한 지능형 로봇 시스템을 개발하여 제조 현장의 자동화와 효율성을 높이고 있음.</li> <li>• 생산 공정의 유연성과 생산성이 향상.</li> </ul>
한국생산기술연구원 (KITECH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 제조 기술 개발 : CPS 기반의 스마트 제조 기술을 개발하여 중소기업의 디지털 전환을 지원.</li> <li>• 생산 공정의 최적화와 품질 향상.</li> </ul>

- **(디지털 스레드)** 제품의 설계, 제조, 운영, 유지보수 등 전 과정에서 발생하는 데이터를 통합하여 정보의 일관성과 추적성을 제공하며 다양한 연구개발이 진행 중임.
  - 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 디지털 스레드 기술 개발을 위한 연구를 수행하고 있으며, 이를 통해 제조업의 디지털 전환을 지원함.
    - \* ISO 23247 표준의 후속으로 디지털 트윈을 위한 디지털 스레드 표준과 다중 디지털 트윈 구성에 대한 표준 및 디지털 트윈을 이용한 반도체 잉곳 공정 관리에 대한 기술 개발
  - 삼성전자는 디지털 스레드 개념을 적용한 제품 수명 주기 관리(PLM) 시스템을 도입하여 제품의 설계, 생산, 유지보수 등 전 과정의 데이터를 통합 관리하여 제품 개발 기간 단축과 품질 향상을 달성할 수 있음.
  - 현대자동차는 디지털 스레드를 활용하여 제조 공정의 데이터를 실시간으로 수집, 분석하여 생산 공정의 최적화를 추구하여 운영 효율성을 향상시킴.

그림 4-2 | 디지털 스레드를 이용한 제조 단계별 데이터의 연결 예제



※ 출처 : 디지털 트윈 국제표준화 현황 및 전망, ETRI, 2021

### 1.3.2 데이터 통합 및 인프라 관리기술 : 스마트 팩토리 연계

\* 디지털 트윈을 활용해 스마트 팩토리 내에서 공정 최적화 및 운영 상태를 실시간 모니터링

#### ●● 국외 기술동향

- 데이터 통합 및 인프라 관리 기술을 통한 스마트 팩토리 구현은 제조업의 디지털 전환에 핵심적인 역할을 하고있음.

\* 기존의 제조업과 스마트 기술을 융합하려 하고[6] 주로 사물인터넷이나 가상물 리 시스템과 같은 IT기술, 설비자동화 등 첨단기술 분야를 중점 육성

- (스마트 팩토리) 데이터 통합과 실시간 모니터링, 공정 최적화를 위한 IoT와 CPS 기반 플랫폼 구축함.
  - (미국) SMLC\*를 중심으로 스마트 제조를 위한 데이터 통합 및 인프라 관리 기술 연구를 수행 중임.
    - \* Smart Manufacturing Leadership Coalition : 스마트 제조 확산 및 발전을 위해 설립된 비영리단체
  - 클라우드 기반의 제조 데이터 플랫폼을 개발하여 다양한 제조 공정의 데이터를 통합하고 분석하는 시스템을 구축하여 생산 공정의 최적화와 예지 보전(Predictive Maintenance)을 실현함.

※ 테슬라의 'Giga Factory(기가 팩토리)'

- 테슬라는 2010년 GM/도요타 생산공장을 인수하여 자동화 공장으로 개조하였다. 생산성 증진을 위해 쿠카(KUKA), 화낙(FANUC)의 산업용 로봇을 도입하여 전체 생산과 조립, 검수까지 자동화 하였지만 완전 자동화 양산체계에는 실패
- 테슬라는 이러한 실패를 반면교사로, 보다 저렴하고, 더 거대한 규모의 생산이 가능한 기가 팩토리를 건설

- (독일) 독일 정부와 기업들은 표준화된 데이터 통신 프로토콜과 플랫폼 개발에 주력함.
- 프라운호퍼 연구소(Fraunhofer Institute) : CPS와 디지털 트윈 기술을 활용한 스마트 팩토리 연구를 진행하여 생산 공정의 최적화와 유연성을 향상시키는 방안을 모색함.
- 지멘스 암베르크(Amberg) 디지털 공장 : 암베르크 공장은 평범한 공장으로 1989년만 하더라도 불량률은 500dpm(100만개당 불량품이 500개)에 달했지만 현재는 약10dpm에 불과함.
- 99.9989%라는 세계적인 수율을 달성했고 창립 이후 인력은 그대로 유지하면서, 생산량을 8배 끌어올림.

| 그림 4-3 | 독일 지멘스 암베르크 디지털 공장



※ 출처 : KCIST



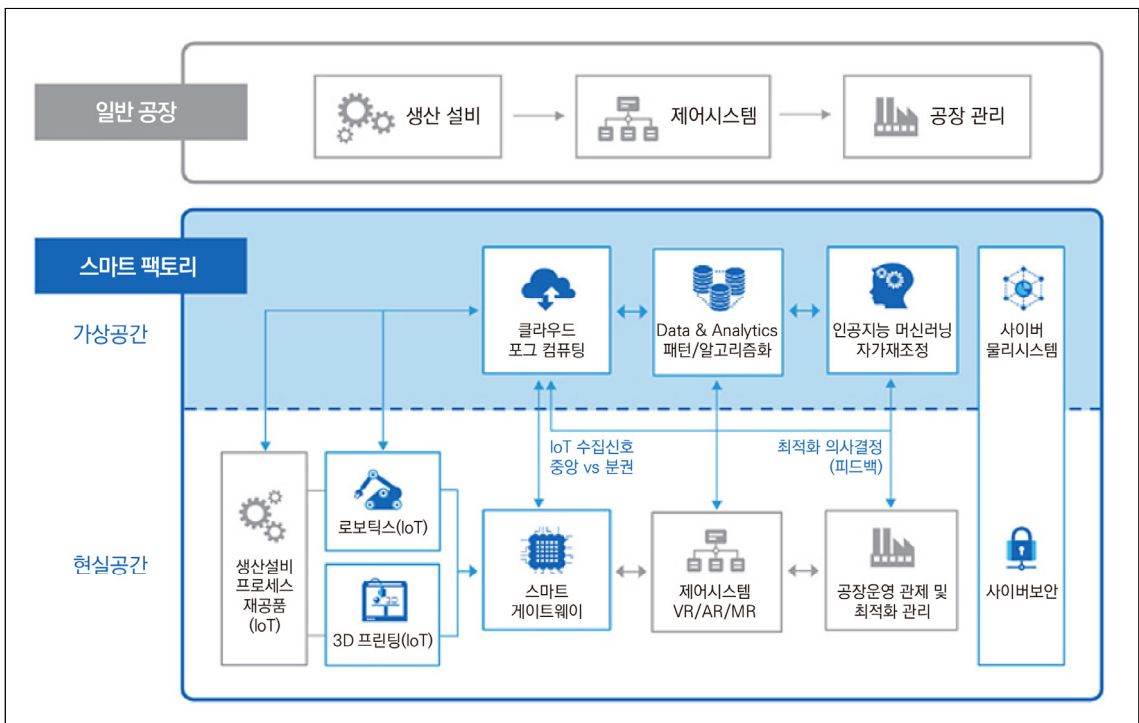
## ❖ 국내 기술동향

- 정부의 스마트 제조혁신 전략과 주요 기업들의 디지털 전환을 통해 CPS, IoT 기반의 실시간 데이터 통합과 생산 공정 최적화를 목표로 제조업의 효율성과 경쟁력을 강화하고자 함.

\* IT와 소프트웨어의 융합을 목표로 제조업 경쟁력을 강화하고자 함

- (스마트 팩토리) 정부의 지원과 연구기관 및 기업의 협력을 통해 제조업 전반의 디지털 전환을 가속화하고 있음.

| 그림 4-4 | 스마트팩토리 기술구조



※ 출처 : 삼정KPMG, 4차 산업혁명과 제조혁신, 2018.

- (삼성전자) 삼성전자는 운영, 천안공장에 세계 최초 반도체 패키징 무인화 라인을 가동했으며 무인화 비중은 20% 수준으로 나타남('23).
- 기존 반도체 전 공정에는 웨이퍼만 이동하는 방식이었고, 후 공정에서 기판, 트레이 등 여러 부품이 이동하는 방식으로 인력 투입율이 높았으나, 스마트팩토리 도입 후 웨이퍼 이송장치, 리프트, 컨베이어, 반송장비 등 설비 완전자동화를 실현함.

- 생산통합 모니터링으로 인력을 효율화하였으며, 설비 고장율은 90% 감소하였으며 삼성전자는 2030년까지 주요 글로벌 생산기지를 무인화할 계획을 발표함.
- (LG전자) LG전자는 2022년 스마트파크 창원 공장을 설립했으며, 국내 가전업체 중 최초로 세계경제포럼(WEF)이 선정한 '등대공장'으로 선정함.
- 스마트팩토리의 핵심기술인 '디지털트윈' 기술과 생산시설 전반에 AI, 빅데이터 등 디지털 기술을 적용함.
- 스마트파크에서는 수집된 대용량 데이터를 실시간 분석하여 제품의 불량률을 줄이고, 설비 고장을 사전 예방하는 시스템이 구현됨.
- 디지털트윈 기술을 적용하여 실시간으로 생산과정을 시뮬레이션하며, 10분 뒤 생산 라인 상황을 예측할 수 있어 불량원인을 분석하는 시간을 50% 이상 단축하였으며, 불량률은 이전 대비 30% 감소한 것으로 발표함.
- (스마트팩토리) 스마트팩토리 기술 개발을 촉진하기 위해 정부가 다양한 연구개발 지원을 제공함.

| 표 4-15 | 스마트팩토리 정부지원내용

부처	지원 사업	내용
중소벤처기업부	• 지능형(스마트)제조혁신 지원	• 2024년 총 2,180억 원 규모로 중소기업의 디지털 전환과 제조 경쟁력 강화를 지원.
	• 스마트공장 보급·확산 사업	• 중소기업의 스마트공장 구축을 지원하여 생산성 향상 및 품질 개선을 도모.
산업통상자원부	• 스마트 제조혁신 전략	• 스마트팩토리 관련 기술 개발을 위한 연구개발(R&D) 지원을 강화하여 제조업 경쟁력 제고.

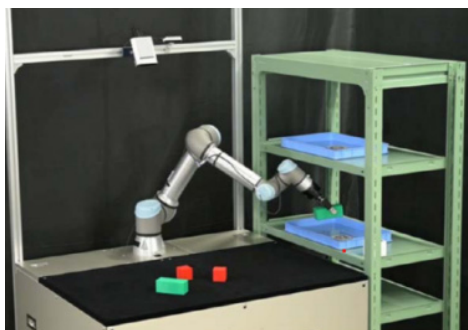
## 1.4 기계산업 AI

### 1.4.1 AI 기반 예측 유지보수 및 품질 제어 : 머신비전, 기계 시각 인식 기술 등

\* 인공지능을 통해 디지털 트윈 데이터를 분석하고 기계의 고장을 예측하며, 품질을 자동으로 제어하는 기술

#### ●● 국외 기술동향

- AI와 딥러닝, 3D 비전, 엣지 컴퓨팅 등을 통합하여 제조업과 물류, 의료 등 다양한 산업에서 실시간 품질 검사와 자동화를 통해 효율성과 정밀성을 높이고자 함.
- (머신비전) 제조, 물류, 의료 등 다양한 산업 분야에서 실시간 품질 검사와 자동화를 통해 정밀도와 생산성을 높이는 방향으로 미국, 독일, 일본 등 주요 국가와 기업들이 연구개발을 활발히 진행함.
  - (미국) AI와 딥러닝을 접목한 머신 비전 기술 개발에 주력하고 있습니다. 코그넥스(Cognex)는 딥러닝 기반의 머신 비전 솔루션을 제공하여 제조 공정의 품질 검사를 자동화하고 있음.
  - 엔비디아(NVIDIA)는 엣지 AI 플랫폼인 Jetson을 통해 머신 비전 애플리케이션의 성능을 향상시키고 있음.
  - 케인로보틱스(Kane Robotics)는 머신비전에 AI를 결합, 협동로봇이 높은 정밀도 및 속도로 용접 이음매를 자동 추적하고 연마할 수 있도록 하여 미세 작업에서 AI가 가진 잠재력을 활용함.
  - (독일) '인더스트리 4.0' 전략을 통해 머신 비전 기술을 제조업에 적극 도입하고 있음.
  - 지멘스(Siemens)는 3D 비전 기술을 활용하여 복잡한 부품의 검사와 조립을 자동화하고 있음.
  - 프라운호퍼 연구소(Fraunhofer Institute)는 머신 비전과 AI를 결합한 스마트 제조 시스템을 연구.
  - (일본) 정밀 제조 분야에서 머신 비전 기술을 활용하여 품질 관리와 생산 효율성을 높이고 있음.
  - 히타치(Hitachi)는 'Lumada'라는 IoT 플랫폼을 통해 머신 비전 데이터를 통합하여 설비의 상태를 모니터링하고 있음.
  - 도쿄대학교는 머신 비전과 로봇 기술을 결합한 스마트 팩토리 연구를 진행함.
  - NEC가 로봇 '교시(티칭)' 동작을 자동화해주는 인공지능(AI) 기술인 '목표 지향적 작업 계획(task planning)'을 개발함.
- \* 작업자 모사를 통한 로봇 교시 자동화



- 입고된 부품을 선반에 넣는 작업을 수행하기 위해선 현장 작업자가 로봇에게 “복수의 부품을 선반에 있는 트레이에 분류하라”고작업 목표를 지시하면 흩어져 있는 여러 부품을 적절한 순서로 피킹하고, 선반에 부딪히지않고 트레이까지 운반하기 위해 작업 순서와 로봇의 동작을 자동으로 최적화
- 기존 방식을 활용할 경우 부품과 선반의 배치에 따라 작업 순서의 생성과 로봇 동작의 설정에 보통 2~3시간이 걸렸지만 이번 솔루션을 활용하면 몇분 안으로 단축

- 전 세계 머신 비전 시장에서 주요 기업은 Cognex(미국), Keyence(일본), Teledyne(미국), TKH Group(독일), Basler(독일) 등이 있음.

표 4-16 | 글로벌 머신 비전 시장의 주요 기업동향

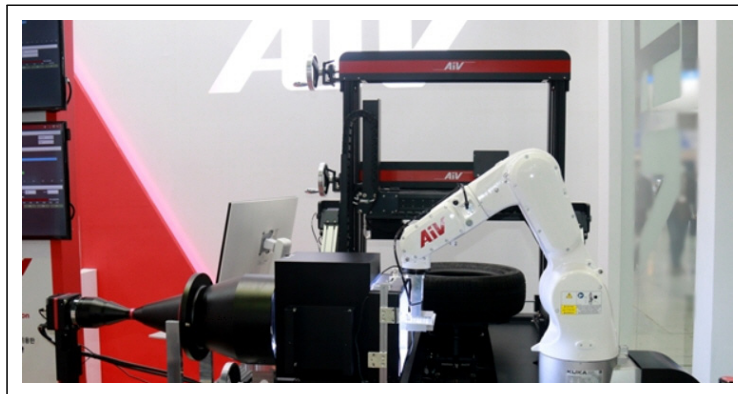
순위	기업명	국가	주요 제품 및 서비스	주요 용도
1	Cognex	미국	• 머신 비전 시스템, 비전 센서, 3D 변위 센서, 딥러닝 소프트웨어	• 제조, 의료, 물류, 건축 등
2	Keyence	일본	• 측정 센서, 레이저 마커, 머신 비전 시스템	• 자동차, 의료, 산업 관리
3	Teledyne	미국	• AI 솔루션, 비전 카메라, 프레임 그래버	• 자동 검사, 로봇 안내, 공정 제어
4	TKH Group	독일	• 2D 및 3D 품질 검사 시스템, 로봇제어 솔루션	• 품질 보증, 제품 품질 향상, 공장 자동화
5	Basler	독일	• 디지털 카메라, 라인 스캔 및 영역 스캔 카메라, 타임오브플라이트 카메라	• 공장 자동화, 교통 시스템, 의료 및 생명 과학

※ 출처 : 글로벌 시장동향 보고서, 연구개발특구진흥재단, 2021

## ❖ 국내 기술동향

- 머신 비전과 AI, 협동로봇 기술을 결합하여 자동화 공정의 정밀도와 효율성을 높이는 솔루션이 개발됨.
- (머신비전) 머신 비전과 인공지능(AI), 협동로봇을 결합한 자동화 솔루션 개발이 활발히 진행되고 있음.
  - 두산로보틱스와 산업용 딥러닝 컴퓨터 비전 기술기업 아이브(AiV)는 머신비전과 AI, 협동로봇 간 조합을 팔레타이징 공정에 적용한 새로운 솔루션을 개발함.
  - 관련 시스템은 각기 다른 크기를 가진 구조화되지 않은 상자를 처리해 물류 자동화에 있어 효율성을 향상할 수 있도록 지원함.
  - 국내 제조업에서 다양한 공정 자동화와 품질 관리를 강화하며, 생산성과 작업 효율성을 높이는데 기여함.

| 그림 4-5 | 아이브(AiV) 로봇

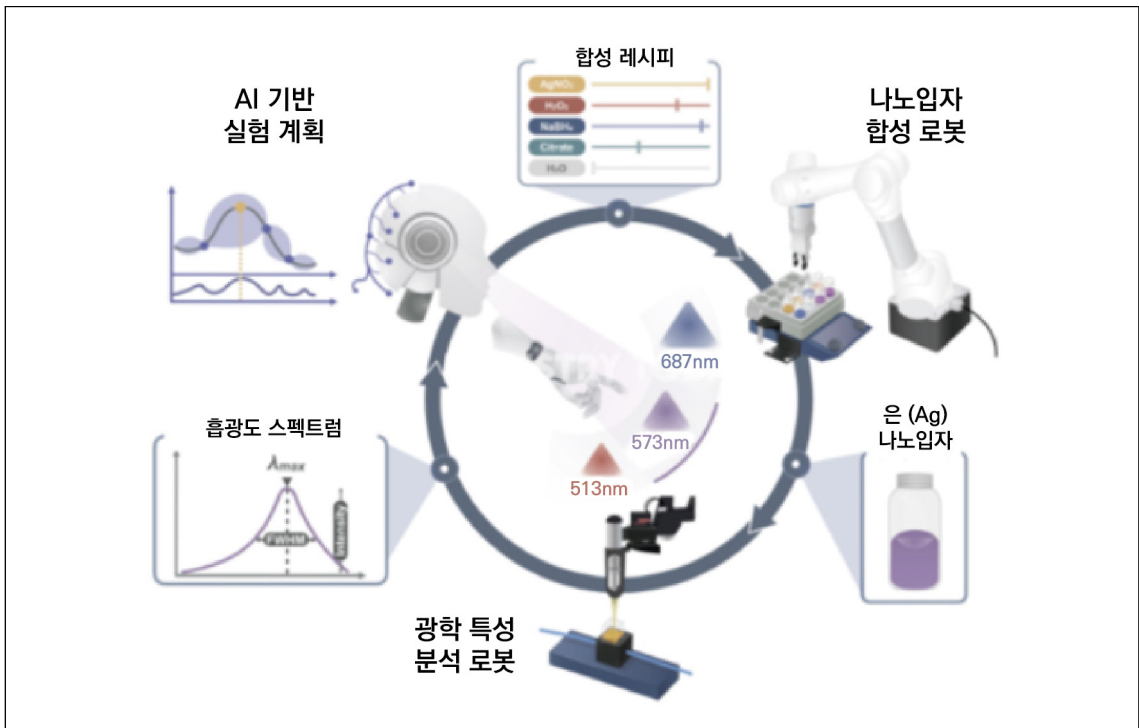


※ 출처 : 기사내용 재정리, 2022

- 현대중공업에서 물적 분할된 국내 산업용 로봇 1위 기업인 현대 로보틱스는 컴퓨터 비전 기반의 제조 로봇을 자체 개발함('19).
- KT, KAIST, 한양대, ETRI 등 5개 기관과 'AI One Team'을 결성해 인공지능을 산업용 로봇 및 스마트 제조 플랫폼에 확대 적용하고 결과물을 중소기업들과 공유함.
- 현대자동차그룹 산하의 현대 위아는 자사 공장에서도 운영 중인 스마트 제조 플랫폼을 최근 상용화 하면서, 2020년까지 협동 로봇 시장에 진출하고 다음 단계로 인공지능 기반의 물류/필드/무인 이동체 로봇을 개발함.

- 한국과학기술연구원(KIST)은 협동로봇과 머신 비전 시스템을 결합한 스마트 제조 기술을 연구하여 생산 공정 효율성 제고할 수 있음.

| 그림 4-6 | AI로봇을 활용한 Closed-loop 실험 단계 개념도



※ 출처 : 기사내용 재정리, 2024

## 1.5 증강현실(AR) 및 가상현실(VR) 연계 : AR/VR

\* AR/VR을 통해 기계의 실시간 데이터를 시각화하고 원격으로 모니터링 및 지원을 제공하여 기계의 상태를 직관적으로 파악

### ❖ 국외 기술동향

- 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 기술은 기계의 실시간 데이터 시각화와 원격 모니터링에 활용되어, 기계 상태를 직관적으로 파악하고 지원하는 데 중요한 역할을 함.
- (AR/VR) 주요 국가들도 AR/VR 기술을 활용하여 제조 및 물류 분야에서 작업자의 시각적 데이터 접근성을 강화하고, 원격 진단 및 유지보수 지원을 제공하는 시스템을 도입하는 등 산업 전반에 걸쳐 AR/VR 기술의 활용 범위를 확장함.
  - (미국) 세계 최고 실감기술(CG, VR·AR 등) 보유국으로, 정부는 장기·선제적 투자를 통해 실감 기술의 연구개발을 선도함.
    - \* 미국의 실감기술에 관한 R&D 정책을 NITRD(Networking and Information Technology Research and Development)1프로그램을 중심으로 3기로 구분
  - 2016년 사이의 실감기술에 관한 정책 방향은 VR 기술의 발전으로 인해 다양한 공공기관에서 VR 기술 활용이 극대화됨.

표 4-17 | 실감기술의 시대별 정책 방향, 연구사례 및 참여 기관

실감기술 정책 방향	실감기술 정책 방향	실감기술을 활용한 프로젝트 사례	참여 기관
1990년대 HuCS 분야 (인간중심)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시각화 기법 (CG, VR기술 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D Virtual Environment</li> <li>• Virtual Human project(CT, MRI, Visible Human Datasets, etc.)</li> <li>• Education : Virtual Library</li> </ul>	NASA, NIH, NSF, DARPA, DOE, DoD, DOC/NIST, EPA, etc.
2000년~2016년 HCI 분야 (인간과 기계의 상호작용)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VR 기술의 활용 및 확대</li> <li>• 시연(Demonstrations)</li> <li>• 원격리에서의 협업을 위한 가상환경</li> <li>• 지형 등의 복잡성 탐색 툴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VR for simulating medical procedures</li> <li>• Virtual Los Angeles</li> <li>• Mobile Autonomous Robot Software</li> <li>• Information visualization</li> <li>• Visualization and virtual reality for collaboration and manufacturing</li> <li>• Virtual reality display devices</li> <li>• Multisite teleconferencing, training, and research collaboration in 3-D immersive environments</li> <li>• Human factors in aerospace systems</li> </ul>	Air Force, Army, DARPA, DOE/EM, Navy, NIH, NIST, NRC, NASA, NSF, NOAA, EPA, DoD, etc.

실감기술 정책 방향	실감기술 정책 방향	실감기술을 활용한 프로젝트 사례	참여 기관
2017년~CHuman 분야(인간-로봇,공동 로봇의 상호작용)	<ul style="list-style-type: none"> <li>AR 시스템 추구</li> <li>AI와의 융합 (Fusion)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rational decision-making Education, training, and lifelong learning</li> <li>Smart homes and personal virtual assistants</li> </ul>	Air Force, Army, DARPA, DOE/EM, Navy, NIH, NIST, NRC, NSF, DoD, DOJ, NIJ, ONR, etc.

※ 출처 : NITRD 기반, 소프트웨어정책연구소 사이트

- (독일) 프라운호퍼 연구소는 증강현실(AR) 기술을 활용하여 기계의 실시간 데이터를 통합하고 시각화하는 연구를 진행함.
- AR 기술을 통해 기계의 실시간 데이터를 통합하고 시각화함으로써 작업자들의 효율적인 의사결정을 지원하고 생산성을 향상시키는데 기여함.

| 그림 4-7 | 프라운호퍼 연구활동



- (정부지원)미국의 범부처 차원 NITRD 프로그램은 네트워킹, 정보기술에 관한 연구개발 활동을 조정하며 연방부처들의 투자에 대한 우선순위를 결정하고 연간 50억 달러의 투자 규모로 진행됨.
  - \* 2019년 회계연도 기준으로 참여 기관은 24개 연방기관과 11개 독립기관이 ICT 연구개발을 위해 총 52억 달러의 예산을 집행
- 각 기업의 제품과 활용 사례를 포함하여, 증강현실 및 가상현실을 활용한 원격 모니터링과 실시간 데이터 시각화를 통한 산업 지원 사례가 있음.



| 표 4-18 | AR/VR 기업별 제품

기업명	국가	주요 제품 및 서비스	활용 예시
Google	미국	• Google Glass, ARCore	• AR 안경을 통해 실시간 정보 제공, 업무 지원
PTC	미국	• Vuforia 플랫폼, Creo, Windchill	• AR 플랫폼을 통해 원격 모니터링 및 지원
Epson	일본	• 스마트 안경 Moverio	• 시각화 장치로 원격 진단 및 유지보수 지원
Microsoft	미국	• Microsoft HoloLens, Azure	• HoloLens로 기계 데이터 시각화 및 원격 협업
Lenovo	중국	• ThinkReality A6, Mirage AR	• 제조업 현장에서의 데이터 시각화 및 원격 관리 지원

※ 출처 : 글로벌 시장동향 보고서, 증강현실시장, 연구개발특구진흥재단, 2021

## 국내 기술동향

- 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 기술을 활용하여 기계의 실시간 데이터 시각화와 원격 모니터링을 구현하는 연구개발을 실시함.
- (AR/VR) ‘디지털 뉴딜’ 정책의 지원 아래 AR/VR 기술을 통해 기계의 실시간 데이터 시각화, 원격 모니터링, 그리고 VR 기반 유지보수 교육 시스템 등 개발 진행 중임.
  - (과기부) ‘디지털 뉴딜’ 정책의 일환으로 AR/VR 기술 개발과 산업 적용을 촉진하기 위해 다양한 지원 프로그램을 운영함.
  - 2021년에는 가상융합기술(XR) 생태계 조성을 위해 VR·AR 디바이스, 홀로그램 등 핵심기술 개발에 총 535억 원을 투입함.
  - 비대면·몰입형 실감콘텐츠 핵심기술 개발 및 상용화 지원에 165억원을 지원하여 산업현장에서 AR/VR 기술의 활용을 촉진하고, 관련 기업들의 경쟁력 강화하고자 함.
  - 한국전자통신연구원(ETRI) AR/VR 기술을 활용한 산업용 원격 지원 시스템을 개발하여, 현장 작업자들이 AR 기기를 통해 기계의 실시간 데이터를 확인하고, 원격 전문가의 지도를 받을 수 있는 플랫폼을 연구함.
  - 한국과학기술연구원(KIST)는 VR 기반의 기계 유지보수 교육 시스템을 개발하여, 작업자들이 가상 환경에서 기계의 구조와 작동 원리를 학습하고, 실제 현장에서의 오류를 최소화하는 연구를 진행함.
    - \* 사례1) 기술개념 발달장애인 및 인지능력이 낮은 사용자의 맞춤형 AR/VR 훈련을 위해 훈련자와 훈련상태를 분석하고 적절한 시점에 가상 중재 콘텐츠를 제공·활용분야 장애인 대상 AR/VR 직업훈련 서비스, 청소년 직업체험 및 진로탐색 서비스, 가상 실습용 실감형 교육 콘텐츠 등
    - \* 사례2) 기술개념 비착용형AR 실내 스포츠 체험에 필요한 객체증강 및 인터랙션을 위해 실내의 간접 센싱 방식 다시점 RGB-D 카메라를 통한 다중 사용자의 영상·관절 데이터를 획득하고 모션을 추적·활용분야 학교체육용/생활 체육용/놀이문화용/가상게임용 AR 스포츠 서비스

| 그림 4-8 | AR/VR 연구개발동향



## 1.6 기계산업 자율제조

### 1.6.1 자율 운영 시스템, 지능형 예지 보전, 자동 생산 라인 및 물류 자동화 : 자기 최적화 시스템

\* 인공지능(AI)과 머신러닝(ML) 기술을 활용하여 시스템이 스스로 최적의 성능을 유지하거나 향상시키는 기술

#### ●● 국외 기술동향

- 디지털 트윈을 기반으로 스스로 데이터를 분석하여 공정을 최적화하는 자기 최적화 생산 시스템을 통하여 작업의 효율성과 생산성을 향상
- (자기 최적화 시스템) 제조, 물류, 에너지 등 다양한 산업 분야에서 연구 및 개발 진행중이며 AI와 ML 기술의 발전에 따라 다양한 산업 분야에서 적용 범위가 확대
  - MIT와 스탠포드대 연구진이 역동적인 환경에서 로봇이나 드론을 보다 효과적으로 제어할 수 있는 기계학습법을 개발
    - \* NASA 대학 리더십 이니셔티브(NASA University Leadership Initiative)와 캐나다 자연과학 및 공학연구위원회(Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada.)의 지원
  - 모델에서 효과적인 컨트롤러를 즉시 추출하여 학습 기반 제어 시스템(learning-based control system)이 빠르게 변화하는 환경에서 더 나은 성능을 달성

| 그림 4-9 | MIT 개발 로봇



※ 출처 : MIT

| 표 4-19 | 산업분야별 기업 연구동향

산업 분야	기업	국가	주요 기술 및 연구 동향	기대 효과
제조 분야	지멘스 (Siemens)	독일	• AI 기반 자율 생산 시스템 개발. 생산 공정에서 실시간 데이터를 분석하고 스스로 최적의 운영 조건을 설정하여, 생산 효율성과 품질을 향상시킴.	• 생산 효율성 및 품질 향상
	GE	미국	• '디지털 트윈' 기술을 통해 기계 장비의 가상 모델을 생성하고, 실시간 모니터링을 통해 스스로 최적의 운영 방안을 도출하는 시스템을 개발.	• 장비 상태 모니터링, 운영 최적화
물류 분야	아마존 (Amazon)	미국	• 자율 이동 로봇(AMR)을 활용하여 물류 센터에서 상품 이동과 정리 자동화. 로봇이 경로를 스스로 최적화하여 작업 효율성을 높임.	• 작업 효율성 및 물류 자동화
	직플러스 (Geek+)	중국	• AI 기반 물류 로봇 개발. 창고 내 상품 피킹 및 정렬을 자동화하며, 실시간 데이터를 통해 스스로 작업 경로와 방식을 최적화함.	• 피킹 및 정렬 효율성 향상
에너지 분야	셸 (Shell)	영국-네덜란드	• AI를 활용하여 석유 굴착 장비의 운영을 최적화하는 시스템 개발. 장비의 효율성을 높이고 운영 비용을 절감함.	• 장비 효율성 및 비용 절감
	엔비디아 (NVIDIA)	미국	• AI 기반 에너지 관리 시스템 개발. 데이터 센터의 에너지 소비를 실시간 모니터링하고, 스스로 최적의 에너지 사용 방안을 도출하는 기술 연구.	• 에너지 효율성 향상, 비용 절감

## ❖ 국내 기술동향

- AI와 머신러닝을 사용하여 프로세스, 재료, 제품 설계를 지속적으로 개선하여 항상 최적의 성능을 보장함.
- **(자기 최적화 시스템)** 적응형 및 자기 최적화 시스템으로 미래의 제조 시스템은 변화하는 수요와 조건에 대응하여 스스로를 재구성할 수 있는 고도의 적응력을 개발함.
  - 인공지능(AI)과 머신러닝(ML)을 활용하여 제조 공정, 재료, 제품 설계를 지속적으로 개선하는 자기 최적화 시스템의 연구개발 수행함.

### ※ (산업부) ‘스마트 제조혁신 추진단’을 운영

- 스마트 공장 구축 지원 : 중소·중견기업이 생산 현장에 정보통신기술(ICT)을 도입하여 생산성 향상과 품질 개선을 이루도록 지원
- 기업들의 생산 공정의 자동화, 데이터 기반 의사결정, 실시간 모니터링 등 구현
- 스마트 제조혁신 지원사업 : 2025년까지 스마트공장 3만 개 구축을 목표로, 정부는 ‘스마트 제조혁신 비전 2025’를 발표하여 중소기업의 스마트 제조혁신을 선도
- 스마트 공장과 자율 제조 시스템의 기반을 형성하며, 궁극적으로 변화에 대응할 수 있는 자율적 생산 환경 구축 지원

- 한국기계연구원(KIMM) : KIMM은 자율제조연구소를 통해 초정밀 가공장비 및 공정 기술, 정밀 제조장비 설계/해석/제어/측정/진단 기술, 정밀 제조시스템 디지털 트윈 및 무인자율화 기술을 개발함.
- LG CNS는 스마트 팩토리 플랫폼 ‘팩토바(Factova)’를 통해 AI와 빅데이터를 활용한 생산 공정의 자기 최적화 시스템을 제공하여 생산 효율성과 품질을 향상시키고 있음.
- 포스코는 스마트 팩토리 구축을 통해 AI 기반의 생산 라인 최적화 시스템을 도입하여, 변화하는 수요와 조건에 대응하는 적응형 제조 시스템을 구현함.

## 1.6.2 자율 운영 시스템 : 첨단 제조 및 적층 제조 최적화관련 기술

\* 디지털 트윈 모델링과 시뮬레이션을 통해 적층 제조 등 첨단 제조 공정의 최적화 지원

### ●● 국외 기술동향

- 첨단 제조 및 적층 제조 공정의 실시간 최적화와 자동화를 촉진하여 생산 효율성과 경쟁력을 높이는 핵심 기술로서 연구되고 있음.
  - (첨단제조/적층제조) 디지털 트윈과 시뮬레이션 기술을 통한 첨단 제조 및 적층 제조 공정의 최적화는 세계 각국에서 연구 및 개발되고 있음.
    - GE는 디지털 트윈 기술을 활용하여 적층 제조 공정의 시뮬레이션과 최적화를 수행하여 제품 개발 주기를 단축하고, 생산 비용을 절감하며, 품질을 향상시킴.
    - NASA는 적층 제조(3D 프린팅) 기술을 활용하여 우주 탐사에 필요한 부품과 구조물을 개발하고 있습니다. 특히, 로켓 엔진 부품과 같은 복잡한 구조물을 적층 제조로 제작하여 비용 절감과 성능 향상을 추구하고 있음.
- \* ‘Evolved Structures’ 프로젝트를 통해 제너레이티브 디자인과 적층 제조를 결합하여 경량화된 우주선 부품을 개발하고 있습니다. 이러한 접근은 부품의 무게를 줄이고, 제조 시간을 단축하며, 성능을 향상시키는 데 기여
- 주요 국가들의 연구개발 지원 프로그램과 각 지원 내용이 디지털 트윈 및 시뮬레이션 기술을 활용하여 첨단 제조 공정의 최적화에 기여함.

표 4-20 | 국가별 정부지원 내용

국가	지원 기관	지원 프로그램/프로젝트	지원 내용
미국	DARPA	디지털 제조 및 설계 혁신(DMDI)	• 디지털 트윈과 시뮬레이션 기술을 활용한 첨단 제조 연구를 지원, 제조 공정의 효율성과 품질 향상 목표
	NIST	스마트 제조 시스템 설계 및 분석 프로그램	• 디지털 트윈을 통한 제조 공정 최적화 연구 지원
독일	BMBF*	인더스트리 4.0	• 디지털 트윈과 시뮬레이션 기술을 활용하여 제조업의 디지털화를 촉진, 첨단 제조 연구 지원
	프라운호퍼 연구소	정부 지원 연구	• 디지털 트윈과 시뮬레이션을 통한 적층 제조 공정 최적화 연구 수행
일본	METI	스마트 제조 추진 프로그램	• 디지털 트윈과 시뮬레이션 기술을 통한 제조업 경쟁력 강화 지원
	AIST	정부 지원 연구	• 디지털 트윈과 시뮬레이션을 활용한 적층 제조 공정 최적화 연구 수행

\* 연방교육부

## ❖ 국내 기술동향

- 다양한 산업 분야에서 제조 공정의 효율화와 고성능 부품 제작을 추진하여 산업 전반의 디지털 전환과 경쟁력 강화를 추진함.
- (첨단제조/적층제조) 연구기관 중심으로 산업 전반에 걸친 공정 개선과 품질 향상을 목표로 첨단 기술을 개발함.

\* 3D 프린팅은 우리나라 제조업의 기반이 되는 뿌리산업과 결합해 시너지 효과를 낼 수 있는 기술이므로 향후 발전 가능성이 높은 분야 해당

### ※ 유기체적으로 움직이는 적층제조공정

- 방산, 우주 발사체, 소재·부품 등을 만드는 역할은 물론 최근 의료 분야로도 3D 프린팅의 무대는 넓어지고 있음
- 단순한 사례로는 치과에 필요한 치아의 모델을 제작하는데, 하루에 80만 개 이상을 만들어낼 정도로 생산 효율성도 높일 수 있음
- 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 3D 프린팅 기술을 활용한 스마트 제조 플랫폼 개발을 진행하고 있으며, 이를 통해 제조 공정의 실시간 모니터링과 최적화를 구현함.
- 한국생산기술연구원(KITECH)는 금속 적층 제조 기술 개발에 주력하고 있으며, 특히 항공우주 및 의료 분야에서 활용 가능한 고성능 부품 제작을 위한 연구를 수행함.

| 그림 4-10 | 3D 적층 작업



- 삼성전자는 3D 프린팅 기술을 활용하여 반도체 제조 공정의 최적화를 추진, 3D 프린팅을 통해 복잡한 형상의 부품을 효율적으로 제작하고, 이를 반도체 제조 장비에 적용하여 생산성을 향상함.

## 2 특허동향

### 2.1 기술분류

- 기계산업 핵심분야 디지털 전환관련 특허의 국가별, 주요 주체별 출원빈도 등 조사하기 위하여 디지털 전환을 대분류로하고 4개(디지털 데이터, 디지털 트윈, AI, 자율제조)분야를 중분류로 구분하여 기술 키워드를 도출함.

표 4-21 | 특허조사 기술분류

대분류	중분류	기술 키워드			
		주요키워드		추가 키워드	
		국문	영문	국문	영문
디지털 전환	디지털 데이터	<ul style="list-style-type: none"> <li>클라우드 제조</li> <li>클라우드컴퓨팅제조</li> <li>예측 유지보수</li> <li>예지보전</li> <li>제조 빅데이터</li> <li>산업 데이터 분석</li> <li>산업 데이터 분석</li> <li>데이터 인텔리전스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cloud Manufacturing</li> <li>Predictive Maintenance</li> <li>Big Data in Manufacturing</li> <li>Data Analytics in Industry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 센서, 산업용 센서</li> <li>공급망 관리, 디지털 공급망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Smart Sensors</li> <li>Supply Chain Management</li> </ul>
	디지털 트윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>사이버물리시스템</li> <li>디지털 트윈</li> <li>디지털 스레드</li> <li>디지털 트윈</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cyber-Physical Systems (CPS)</li> <li>Digital Twin</li> <li>Digital Thread</li> <li>Digital Twin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업 제어 시스템</li> <li>제조 시뮬레이션, 공정 시뮬레이션</li> <li>엣지 컴퓨팅, 산업용 엣지 기술</li> <li>스마트 팩토리, 지능형 공장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrial Control Systems (ICS)</li> <li>Simulation in Manufacturing</li> <li>Edge Computing</li> <li>Smart Factory</li> </ul>
	AI(제조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>제조업 인공지능</li> <li>산업 인공지능</li> <li>제조업 머신러닝</li> <li>기계학습</li> <li>제조용 증강현실</li> <li>AR 제조</li> <li>제조용 가상현실</li> <li>VR 제조</li> <li>머신 비전</li> <li>기계 시각 인식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI in Manufacturing</li> <li>Machine Learning in Manufacturing</li> <li>Augmented Reality (AR) in Manufacturing</li> <li>Virtual Reality (VR) in Manufacturing</li> <li>Machine Vision</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간-로봇 협업</li> <li>산업용 로봇</li> <li>로봇 자동화</li> <li>인간-기계 상호작용</li> <li>HMI</li> <li>지능형 생산</li> <li>스마트 생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Human-Robot Collaboration Robotics</li> <li>Human-Machine Interaction</li> <li>Intelligent Production</li> </ul>
	자율제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율제조</li> <li>인더스트리 4.0</li> <li>4차 산업혁명</li> <li>자기 최적화 생산 시스템</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autonomous Manufacturing</li> <li>Industry 4.0</li> <li>Self-Optimizing Production Systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동화</li> <li>공정 자동화</li> <li>첨단 제조</li> <li>적층 제조</li> <li>3D 프린팅</li> <li>공정 최적화</li> <li>생산 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automation</li> <li>Advanced Manufacturing</li> <li>Additive Manufacturing</li> <li>Process Optimization</li> </ul>



## 2.2 특허수집

### 검색 개요

| 표 4-22 | 검색 DB 및 검색 범위

검색 DB	대상국가	분석구간	검색범위
WipsOn	한국	2014.11~2024.11	특허 공개/등록 전체 문서
	미국		
	일본		
	유럽		
	중국		
	PCT		

### 조사검색식

| 표 4-23 | 특허조사 기술분류

중분류	검색식
디지털 데이터	((("Cloud and Manufactur*") or ("클라우드 제조" "클라우드 컴퓨팅 제조" and 디지털데이터)) or (("Predictive Maintenance") or (기계산업 데이터*) and ("디지털 데이터") or ("예측 유지보수" "예지 보전*")) OR ((("Big Data in Manufactur*") or ("제조 빅데이터" "제조 빅데이터 분석" "산업 데이터 분석" and 디지털데이터)) or (("Data Analytic in Industry") OR ("산업 데이터 분석" "데이터 인텔리전스" and 디지털데이터)) or ((Manufactur* 제조*) near2 ("Smart Sensor" "스마트 센서" "산업용 센서" and 디지털데이터)) or (("Supply Chain Management") or ("공급망 관리" "디지털 공급망" and 디지털데이터))
디지털 트윈	((("Cyber-Physical Systems (CPS)" and "사이버 물리 시스템") or ("Digital Twin*" "디지털 트윈")) or ("산업 디지털 트윈" or "제조디지털 트윈") or ("Digital Thread" or "디지털 스레드") or ("Machine Learning in Manufacturing" or "제조업 머신러닝" or "기계학습" and "디지털 트윈") or ("Industrial Control Systems (ICS)" or "산업 제어 시스템" and "디지털 트윈") or ("Simulation in Manufacturing" or "제조 시뮬레이션" or "공정 시뮬레이션" and "디지털 트윈") or ("Edge Computing" and "엣지 컴퓨팅" or "산업용 엣지 기술" and "디지털 트윈") or ("Smart Factory" or "스마트 팩토리" or "지능형 공장" and "디지털 트윈")) or (Manufactur* or 제조*) NEAR2 ("산업 디지털" "디지털 트윈")
AI(제조)	((("AI in Manufacturing" and "제조업 인공지능" and "산업 인공지능" and "제조 ai") or ("Machine Learning in Manufacturing" or "제조업 머신 러닝" or "산업 기계학습" and "제조 ai") or ("Augmented Reality in Manufacturing" or "제조용 증강현실" and "AR 제조" and "제조 ai") or ("Virtual Reality in Manufacturing" or "제조용 가상현실" and "VR 제조" and "제조 ai") or ("Machine Vision" and "머신 비전" or "기계 시각 인식" and "제조 ai")) or ((("Human-Robot Collaboration" "인간로봇 협업" and "제조 ai") or ("Robotics" or "산업용 로봇" and "로봇 자동화" and "제조 ai"))



중분류	검색식
자율제조	((("Autonomous Manufacturing*" and "자율제조") NEAR2 ("Self-Optimizing Production Systems" "자기 최적화 생산 시스템" "생산" "시스템" "생산 시스템") and "자율제조") or ("Industry 4.0" and ("인더스트리 4.0" or "4차 산업혁명") and "자율제조") or ("Additive Manufacturing" or "3d프린팅") and "자율제조")) or ("Process Optimization" and ("공정 최적화" or "생산 최적화" or "공정 자동화") and "자율제조") or ("Smart Factory" and ("스마트 팩토리" or "지능형 공장") and "자율제조") or ("Digital Transformation" and ("디지털 전환" or "디지털 혁신") and "자율제조") or ("Autonomous Manufacturing" or "자율제조" or "Self-Optimizing Production Systems" or "Adaptive Manufacturing Systems" or "자동화 제조" or "Smart Manufacturing" or "지능형 제조" "스마트제조" "스마트 자율제조" and 자율제조)

## 검색 결과

- 검색식을 이용하여 특허 검색을 수행함.

\* 제조업, 기계산업에 대한 디지털 전환에 대한 키워드 공통 적용

### | 표 4-24 | 특허 검색 결과

중분류	검색식 결과(1차)
디지털 데이터	<div> <div>• 검색 건수 : 7,563</div> <div> <div> <div>검색결과 총 7,563 건</div> <div> <div>최초 검색결과 7,563</div> <div> <div>검색제거</div> <div>등록 우선</div> <div>공개 우선</div> <div>재발령그림됨</div> <div>공개내 그림됨</div> <div>확장 후 그림됨</div> </div> </div> <div> <div>한국 819 건·특허공개 432 건   특허공고/등록 387 건 / 일본 733 건·특허공개 380 건 (공개 219 건   공표 154 건   재공표 7 건)   특허공고/등록 353 건 / 중국 4,506 건·특허공개 3,471 건   특허공고/등록 1,055 건 / 미국 883 건·특허공개 551 건   특허공고/등록 332 건 / EP 213 건·특허공개 165 건   특허공고/등록 48 건 / PCT 409 건</div> </div> </div> </div> </div>
디지털 트윈	<div> <div>• 검색 건수 : 17,701</div> <div> <div> <div>검색결과 총 17,701 건</div> <div> <div>최초 검색결과 17,701</div> <div> <div>검색제거</div> <div>등록 우선</div> <div>공개 우선</div> <div>재발령그림됨</div> <div>공개내 그림됨</div> <div>확장 후 그림됨</div> </div> </div> <div> <div>한국 1,886 건·특허공개 1,144 건   특허공고/등록 742 건 / 일본 140 건·특허공개 97 건 (공개 57 건   공표 40 건   재공표 0 건)   특허공고/등록 43 건 / 중국 12,960 건·특허공개 9,990 건   특허공고/등록 2,978 건 / 미국 1,508 건·특허공개 1,095 건   특허공고/등록 413 건 / EP 413 건·특허공개 360 건   특허공고/등록 53 건 / PCT 706 건</div> </div> </div> </div> </div>
AI(제조)	<div> <div>• 검색 건수 : 39,807</div> <div> <div> <div>검색결과 총 39,807 건</div> <div> <div>최초 검색결과 39,807</div> <div> <div>검색제거</div> <div>등록 우선</div> <div>공개 우선</div> <div>재발령그림됨</div> <div>공개내 그림됨</div> <div>확장 후 그림됨</div> </div> </div> <div> <div>한국 1,981 건·특허공개 1,091 건   특허공고/등록 890 건 / 일본 2,177 건·특허공개 1,325 건 (공개 823 건   공표 409 건   재공표 93 건)   특허공고/등록 852 건 / 중국 19,719 건·특허공개 14,129 건   특허공고/등록 5,590 건 / 미국 8,543 건·특허공개 5,211 건   특허공고/등록 3,332 건 / EP 2,517 건·특허공개 1,872 건   특허공고/등록 645 건 / PCT 4,870 건</div> </div> </div> </div> </div>
자율제조	<div> <div>• 검색 건수 : 834</div> <div> <div> <div>검색결과 총 834 건</div> <div> <div>최초 검색결과 834</div> <div> <div>검색제거</div> <div>등록 우선</div> <div>공개 우선</div> <div>재발령그림됨</div> <div>공개내 그림됨</div> <div>확장 후 그림됨</div> </div> </div> <div> <div>한국 209 건·특허공개 105 건   특허공고/등록 104 건 / 일본 29 건·특허공개 17 건 (공개 11 건   공표 6 건   재공표 0 건)   특허공고/등록 12 건 / 중국 483 건·특허공개 365 건   특허공고/등록 98 건 / 미국 51 건·특허공개 35 건   특허공고/등록 16 건 / EP 25 건·특허공개 22 건   특허공고/등록 3 건 / PCT 57 건</div> </div> </div> </div> </div>

\* 2024.10월 기준

## 특허 경쟁력 분석 방법

## • 피인용도 지수 (CPP, Cotes Per Patent)

- 피인용도 지수(CPP: Cites Per Patent)는 미국등록특허를 대상으로 분석가능하며, 특정 등록·특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타냄.
- CPP 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단할 수 있음.

$$CPP = \frac{\text{등록특허의 피인용 횟수}}{\text{등록특허건수}}$$

## • 시장확보 지수(PFS, Patent Family Size)

- 시장확보력을 파악하기 위하여, 한 특허에 대하여 각 국가마다 출원된 특허인 패밀리 특허의 건수를 활용하여 분석함.
- 해당 국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 패밀리 특허수가 많으면 특허를 통한 시장 확보력에 대한 의지가 크다고 판단되어 이를 시장 확보력의 지표로 사용함.
- 출원인 국적별 Family 특허수를 분석하는 것은 기술보유국 중 여러 시장에서 기술개발 활동을 활발하게 하는 국가가 어디인가를 나타냄으로써 해당 기술 분야에서 글로벌 시장을 타깃으로 한 연구개발분야가 무엇인지에 대한 파악이 가능함.

$$PFS = \frac{\frac{\text{해당분야(국가또는출원인) 패밀리특허수}}{\text{해당분야(국가또는출원인) 특허수}}}{\frac{\text{전체 패밀리특허수}}{\text{전체특허수}}} \\ = \frac{\text{해당분야(국가또는출원인) 평균 특허 패밀리특허수}}{\text{전체평균특허 패밀리특허수}}$$

## • 기술력 지수 (TS; Technology strength)

- 기술력지수는 인용관계에 의한 영향력지수(PII)에 특허활동의 규모를 나타내는 특허건수를 곱하여 특허활동의 질적 수준과 함께 양적인 측면을 고려한 평가 지표임.
- TS 지수를 통해 개별 기술성과들의 평균적 수준과 기술성과에 대한 양적인 측면이 모두 고려된 특정 국가 또는 기관의 기술역량에 대한 정보를 제공받을 수 있음.
- 기술력지수가 클수록 해당출원 국가의 특허가 질적·양적으로 기술력이 높음을 의미하며, 어떤 국가가 질적으로 우수하고 많은 특허를 출원하였는지에 대한 기술력 판단이 가능함.

$$TS = \text{영향력지수}(PII) \times \text{특허건수}$$

## • 영향력 지수(PII; Patent Impact Index)

- CPP(Cites Per Patent)를 이용하여 산출하기 때문에 CPP와 마찬가지로 특정 국가 또는 기업이 보유한 특허의 질적 수준을 상대적으로 평가하기 위한 지표임.
- PII가 1이면 해당 국가 또는 기업의 질적 수준이 평균적인 수준을 의미하며, PII가 1이상 경우는 질적 수준이 평균보다 높음을 의미함.

$$PII = \frac{\text{분석대상주체의 CPP}}{\text{전체 CPP}}$$

- PII는 특허의 피인용 횟수를 특정 기술 분야 내에서 상대적인 값으로 전환시킨 지수로, 관심대상인 특정 국가 또는 기업의 상대적인 기술 수준 파악에 활용할 수 있음.
- CPP 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단할 수 있음.

2.3 특허동향

2.3.1 기계산업 디지털 데이터

검색결과

- 검색식을 이용하여 특허를 검색, 총 7,665건의 특허가 검색됨.

| 표 4-25 | 주요국별 특허 건수(전체)

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
디지털데이터	822	892	733	214	4594	410	7,665

- 이 중 등록특허를 기준으로 2,195건의 출원 동향을 파악함.

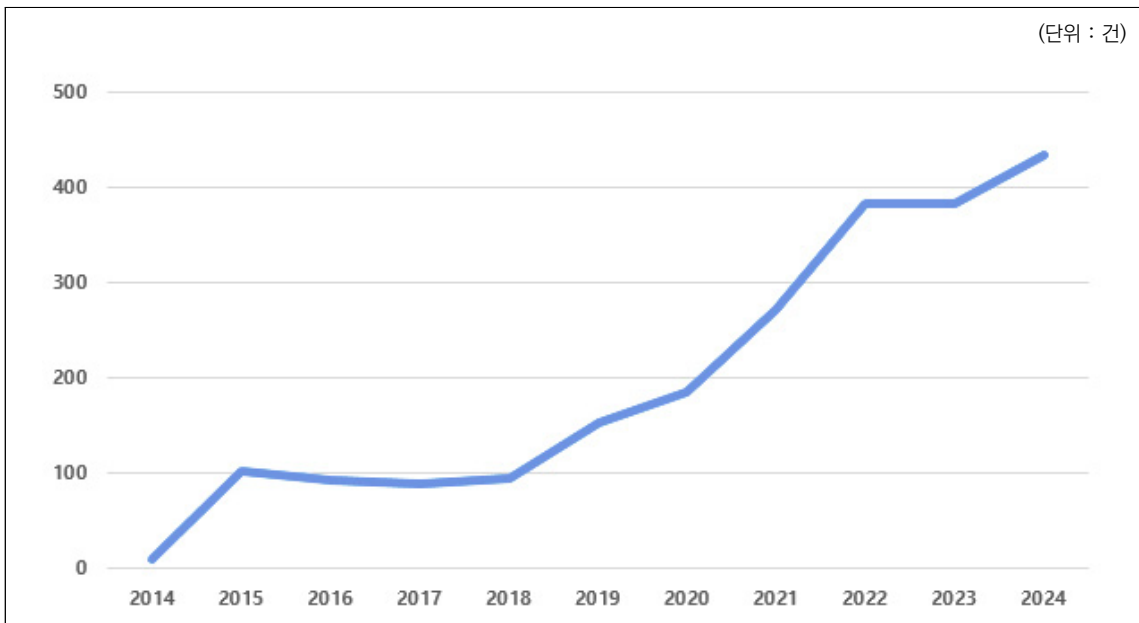
| 표 4-26 | 주요국별 등록특허 건수

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
디지털데이터	398	336	352	49	1,060	-	2,195

## 특허 동향

- (특허청별 출원 빈도) 디지털데이터 관련 특허는 지속적으로 증가 추세를 보이며, 특히 '20년 이후 증가폭이 커져 활발한 연구가 진행 중인 것으로 나타남.
  - 특허 출원빈도가 지속적으로 증가한 것에는 중국이 지속적으로 특허출원을 확대하고 있는 영향으로 나타남.

| 표 4-27 | 디지털데이터 연도별 특허 빈도



국가	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
전체	10	102	92	88	95	153	184	272	382	383	434	2,195
KIPO	2	41	33	27	22	43	42	36	70	44	38	398
USPTO	-	9	8	18	11	22	38	50	70	71	39	336
JPO	8	44	38	30	27	38	28	25	36	49	29	352
EPO	-	4	-	3	4	4	6	5	3	8	12	49
SIPO	-	4	13	10	31	46	70	156	203	211	316	1,060

- (출원인 국적별 출원 빈도) 출원인의 국적은 중국이 1,024건으로 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 미국(382건), 한국(323건), 일본(194건) 등이 뒤를 이어 다수 특허를 출원 중임.

| 표 4-28 | 연도별 특허 빈도(출원인 국적별)

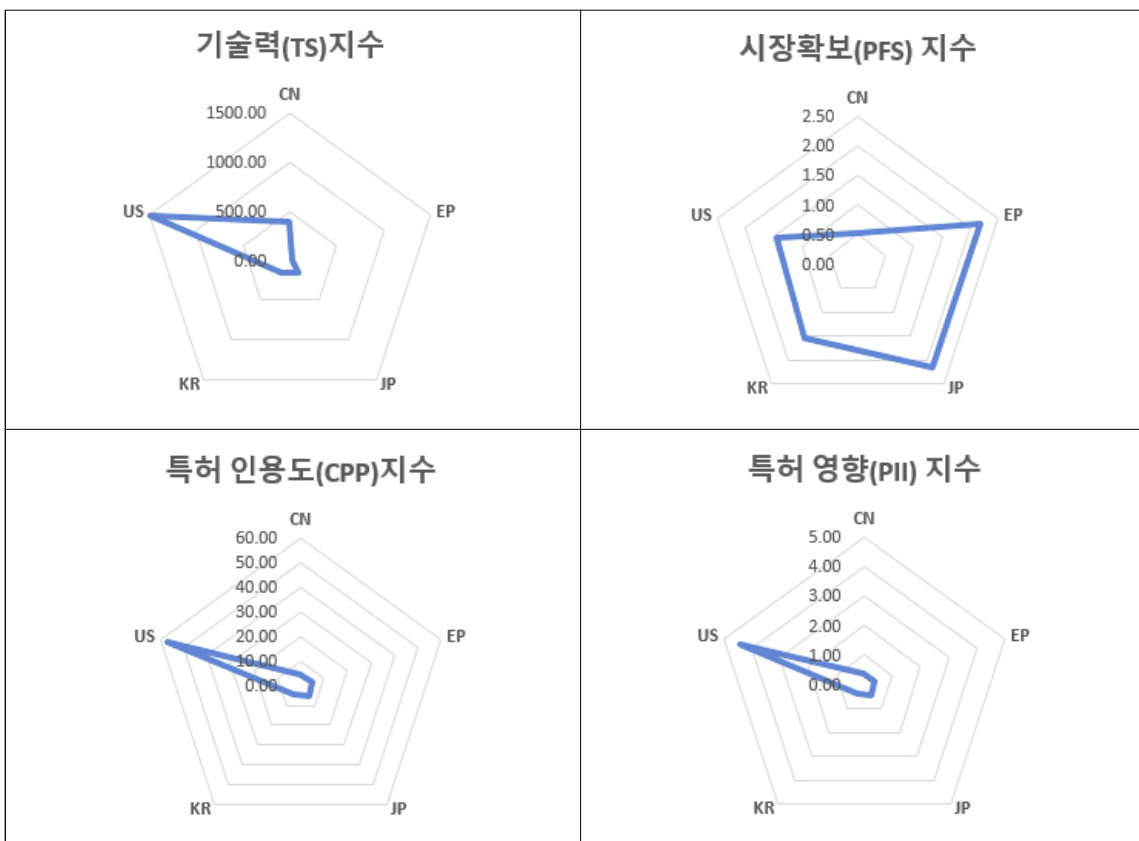
(단위 : 건)

국가	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
오스트리아							1				2	3
오스트레일리아				1	1		2		1			5
벨기에					1	1	1		2	2		7
벨리즈									1			1
캐나다			1					1	3	2	3	10
스위스		1	3	1	1	2	1		2	8	4	23
중국		4	11	8	29	46	69	148	198	202	309	1,024
독일		1	9	2	2	4	4	6	10	7	13	58
덴마크							1	2		2	2	7
스페인				1	2		1	2	2			8
핀란드				1	1					1	2	5
프랑스	1	7	8	10		5	3	3	1	3	2	43
영국		1				1		1	1	2		6
그리스							1					1
홍콩				2		1	2	4	4	3		16
아일랜드		1		1	2	1		2		1		8
이스라엘		1					1					2
인도					2				2		4	8
이탈리아		1			1	1	1	1	1	2		8
일본	3	30	17	17	16	23	11	14	23	26	14	194
대한민국	1	24	16	13	17	30	42	44	61	41	34	323
영국(케이만제도)			1	1								2
룩셈부르크								1				1
멕시코							1					1
네덜란드		1	2	5	2	4	3	2	5	2	2	28
미국(푸에르토리코섬)											1	1
사우디아라비아							1		1			2
스웨덴									1	1	2	4
싱가포르			4							1		5
타이완	2	1				1	1		1	1		7
우크라이나							1					1
미국	3	28	20	25	18	33	36	41	62	76	40	382
영국(버진제도)		1										1
총계	10	102	92	88	95	153	184	272	382	383	434	2,195

- **(국가별 기술 경쟁력)** 기술의 양적 경쟁력(TS)은 미국이 가장 높게 나타났으며, 중국, 일본 등의 순서로 나타남.
  - 특허가 다양한 기술시장에 출원되어 있는 정도는 유럽, 일본, 한국 등의 순서로 나타났으며, 중국은 글로벌 시장확보력이 부족한 것으로 판단됨.
  - 특허의 인용도는 미국이 가장 높게 나타났으며, 특허 영향력 또한 미국, 일본 등의 순서로 나타남.

표 4-29 | 주요국 디지털데이터 기술 경쟁력

국가	기술 경쟁력 판단 지수		기술 질적 수준판단 지수	
	기술력(TS)지수	시장확보(PFS) 지수	특허 인용도(CPP)지수	특허 영향(PII) 지수
한국(KR)	145.41	1.53	4.71	0.37
미국(US)	1488.29	1.44	57.09	4.43
일본(JP)	152.86	2.16	5.60	0.43
유럽(EP)	17.92	2.19	4.71	0.37
중국(CN)	390.52	0.53	4.75	0.37



- **(산학연별 주요 특허 출원인 분석)** 산학연별 주요 출원인 분석 결과를 보면, 산업 및 학계의 경우 중국 기업이 다수의 특허를 출원하고 있으며, 연구 분야는 한국생산기술연구원이 7건으로 가장 많은 특허를 출원함.

| 표 4-30 | 산학연별 주요 특허 출원인 분석

순 번	산		학		연	
	기업명	건수	대학명	건수	기관명	건수
1	Shanghai Shen Xue Supply Chain Management Co.,Ltd.	75	Anhui Agricultural University	5	한국생산기술연구원	7
2	(주)아이티공간	53	Taiyuan University of Technology	5	CHANGZHOU VOCATIONAL INSTITUTE OF MECHATRONIC TECHNOLOGY	4
3	Yibin Comprehensive Bonded Zone Supply Chain Management Co.,Ltd.	20	XI'AN JIAOTONG University	5	the 36th Research Institute of CETC	3
4	HONG KONG R&D CENTRE FOR LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT ENABLING TECHNOLOGIES LIMITED	34	GUANGDONG University OF TECHNOLOGY	4	국방과학연구소	3
5	IBM	16	한양대학교 산학협력단	3	BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY	2

### 2.3.2 기계산업 디지털트윈

#### ●● 검색결과

- 검색식을 이용하여 특허를 검색, 총 18,157건의 특허가 검색됨

| 표 4-31 | 주요국별 특허 건수(전체)

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
디지털트윈	1,903	1,549	136	428	13,345	796	18,157

- 이 중 등록특허를 기준으로 4,354건의 출원 동향을 파악

| 표 4-32 | 주요국별 등록특허 건수

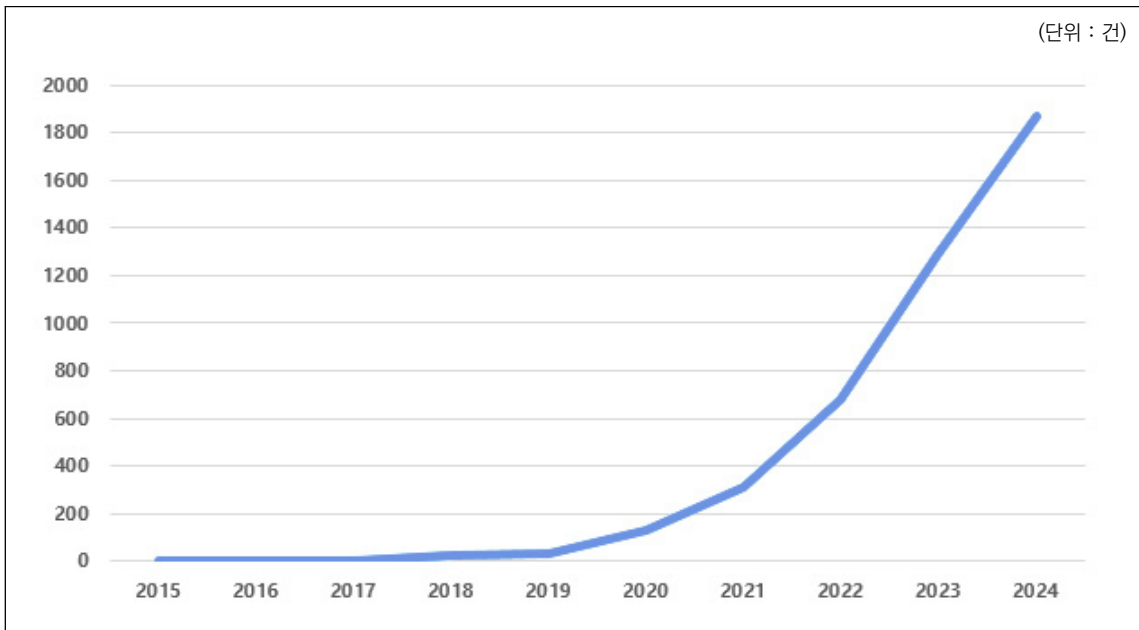
국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
디지털트윈	750	422	44	55	3,083	-	4,354



## 특허 동향

- (특허청별 출원 빈도) 디지털 트윈 관련 특허는 2020년 이후부터 급격하게 증가하는 추세를 보이며, 특허 출원 빈도가 지속적으로 증가하는 모습을 보임.
- 특허 출원빈도가 급격하게 증가한 것에는 중국이 특허출원을 확대하고 있는 영향으로 나타남.

표 4-33 | 디지털트윈 연도별 특허 빈도



국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
전체	1	1	5	26	35	131	313	683	1,287	1,872	4,354
KIPO	-	1	5	18	22	65	120	153	188	178	750
USPTO	-	-	-	4	6	19	46	77	115	155	422
JPO	1	-	-	-	-	-	4	8	14	17	44
EPO	-	-	-	-	1	2	4	4	18	26	55
SIPO	-	-	-	4	6	45	139	441	952	1,496	3,083

- **(출원인 국적별 출원 빈도)** 출원인의 국적은 중국이 3,065건으로 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 한국(765건), 미국(319건), 독일(80건) 등이 뒤를 이어 다수 특허를 출원 중임.

표 4-34 | 연도별 특허 빈도(출원인 국적별)

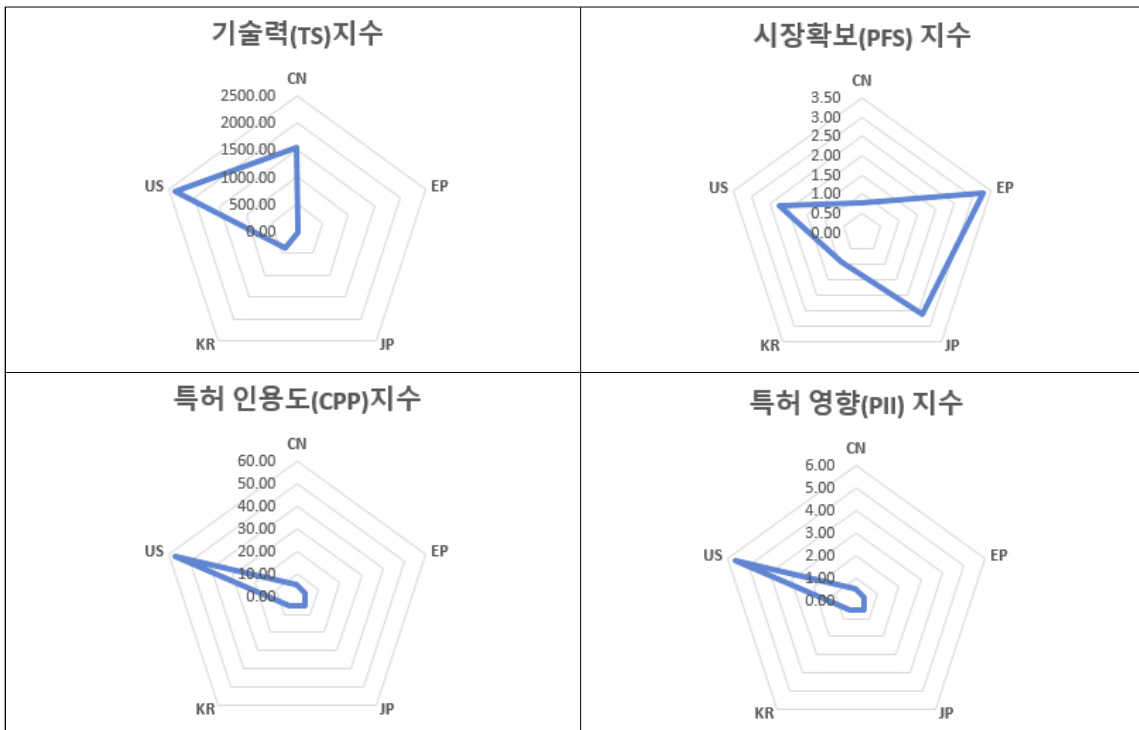
(단위 : 건)

국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
앤티과바부다	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	5
오스트레일리아	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
벨기에	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
브라질	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
캐나다	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
스위스	-	-	-	-	-	1	-	4	7	21	33
칠레	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
중국	-	-	-	4	6	45	144	441	945	1480	3,065
독일	-	-	-	-	2	3	9	14	27	25	80
덴마크	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
핀란드	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	3
프랑스	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4
영국	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3
아일랜드	-	-	-	-	-	-	2	1	2	2	7
이스라엘	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
인도	-	-	-	-	-	-	-	3	1	6	10
일본	1	-	-	-	-	-	2	9	10	12	34
대한민국	-	1	5	18	21	66	123	154	188	189	765
영국(케이만제도)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
리투아니아	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
룩셈부르크	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
네덜란드	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2
사우디아라비아	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
터키	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
타이완	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	5
미국	-	-	-	4	5	15	33	52	93	117	319
총계	1	1	5	26	35	131	313	683	1,287	1,872	4,354

- **(국가별 기술 경쟁력)** 기술의 양적 경쟁력(TS)은 미국이 높게 나타났으며, 그 뒤로 중국, 한국, 일본, 유럽의 순서로 나타남.
  - 특허가 다양한 기술시장에 출원되어 있는 정도는 유럽, 일본, 미국이 비교적 높게 나타났으며, 한국과 중국은 이에 비해 글로벌 시장확보력이 다소 부족한 것으로 나타남.
  - 특허의 인용도는 미국이 가장 높게 나타났으며, 특허 영향력 또한 미국이 가장 높은 것으로 나타남.
  - 국내 특허의 질적 수준이 일본, 유럽, 중국보다 비슷한 수준을 보이고 있어 글로벌시장에서 질적 경쟁이 충분히 가능한 것으로 판단됨.

| 표 4-35 | 주요국 디지털트윈 기술 경쟁력

국가	기술 경쟁력 판단 지수		기술 질적 수준판단 지수	
	기술력(TS)지수	시장확보(PFS) 지수	특허 인용도(CPP)지수	특허 영향(PII) 지수
한국(KR)	397.66	0.92	5.39	0.53
미국(US)	2368.35	2.25	57.05	5.61
일본(JP)	23.91	2.62	5.52	0.54
유럽(EP)	19.28	3.27	3.56	0.35
중국(CN)	1544.80	0.78	5.09	0.50



- **(산학연별 주요 특허 출원인 분석)** 산학연별 주요 출원인 분석 결과를 보면, 산업계는 IBM, 지멘스, GE 등이 있으며, 학계는 중국 소재 대학이 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 연구계는 중국소재 연구기관과 한국전자기술연구원, 한국전자통신연구원이 다수 출원함.

| 표 4-36 | 산학연별 주요 특허 출원인 분석

순 번	산		학		연	
	기업명	건수	대학명	건수	기관명	건수
1	IBM	40	BEIHANG University	60	한국전자기술연구원	27
2	Siemens Aktiengesellschaft	31	GUANGDONG University OF TECHNOLOGY	49	BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY	17
3	Beijing Wuyi Vision digital twin Technology Co.,Ltd.	26	XI'AN JIAOTONG University	28	한국전자통신연구원	14
4	GENERAL ELECTRIC COMPANY	25	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	27	HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	8
5	Zhejiang Yingji Power Technology Co.,Ltd.	24	ZHEJIANG University	26	China Institute of Water Resources and Hydropower Research	7

### 2.3.3 제조AI

#### 🔍 검색결과

- 검색식을 이용하여 특허를 검색, 총 40,047건의 특허가 검색됨.

| 표 4-37 | 주요국별 특허 건수(전체)

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
제조AI	1,995	8,606	2,182	2,541	19,832	4,891	40,047

- 이 중 등록특허를 기준으로 11,411건의 출원 동향을 파악함.

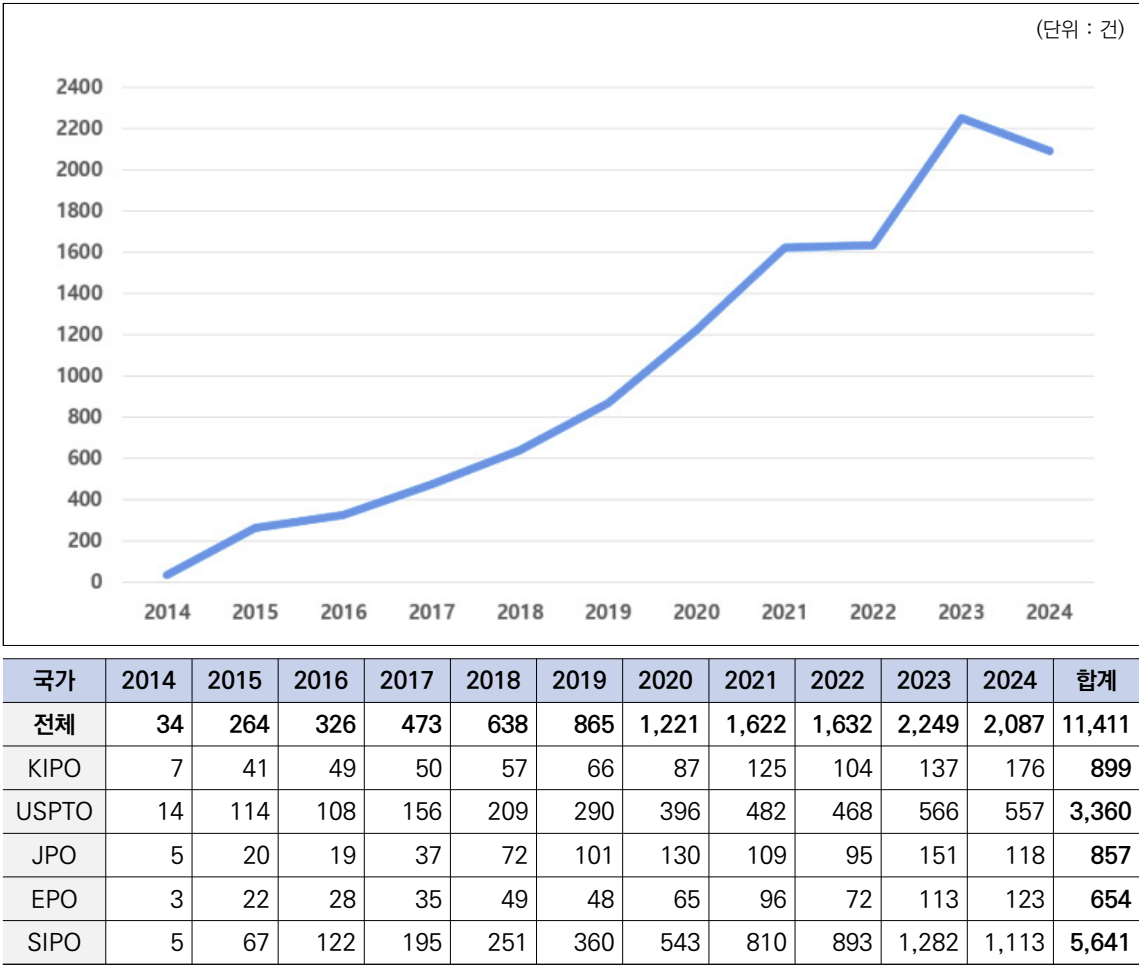
| 표 4-38 | 주요국별 등록특허 건수

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
제조AI	899	3,360	857	654	5,641	-	11,411

특허 동향

- (특허청별 출원 빈도) 제조AI 관련 특허는 지속적으로 증가 추세를 보이며, 특히 '22~'23년 사이 크게 증가한 것으로 나타나 활발한 연구가 진행 중인 것으로 나타남.
  - 한국, 일본, 미국 등 지속적으로 특허를 출원하고 있으나, 중국의 특허 출원빈도가 크게 증가함에 따라 연도별 특허 출원빈도가 증가 추세를 보임.

표 4-39 | 디지털데이터 연도별 특허 빈도



- **(출원인 국적별 출원 빈도)** 출원인의 국적은 중국이 6,464건으로 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 미국(2,336건), 한국(697건), 일본(607건) 등이 뒤를 이어 다수 특허를 출원 중임.

| 표 4-40 | 연도별 특허 빈도(출원인 국적별)

(단위 : 건)

국가	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
아랍에미레이트											1	1
오스트리아					1	3			2	4	1	11
오스트레일리아			2	1	1	1	6	4	1	4	7	27
벨기에	1	1		1			1	2		2	1	9
브라질		1						3		1		5
캐나다		1	4	13	11	13	21	42	27	30	18	180
스위스			1	1	1	4	4	1	5	2	4	23
중국	6	61	108	192	285	435	696	993	1,025	1,410	1,253	6,464
키프로스					1							1
체코 공화국						1						1
독일		2	2		5	12	9	14	26	15	25	110
덴마크			1	2		2	4	10	10	10	3	42
에스토니아										2		2
스페인	1		6	2				2	2	4	5	22
핀란드			1	2				1			2	6
프랑스		15	16	27	60	67	28	20	15	24	22	294
영국			1		5	6	12	17	8	23	24	96
그리스					2		2	1	1		1	7
홍콩				1			4		5	2	3	15
아일랜드				2		1	3	3	1	1		11
이스라엘	1	9	6	10	10	12	23	28	46	47	46	238
인도							2	5	2	3	5	17
이란						3			2	1	1	7
이탈리아	1	1	1	1			2	1	2	3	4	16
일본	4	21	25	34	48	82	97	64	54	84	94	607
대한민국	8	34	34	39	32	35	62	97	71	125	160	697
영국(케이만제도)							1	4	6	2	4	17
룩셈부르크								1				1
네덜란드			1	1				1	6	4	5	18

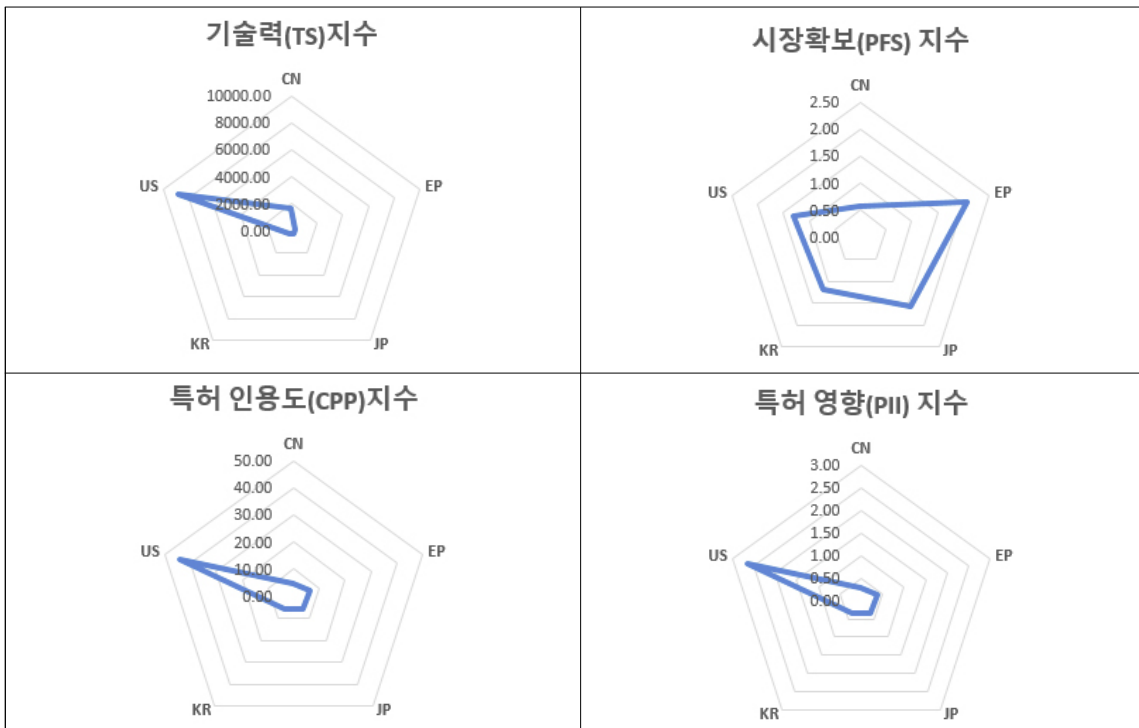
국가	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
노르웨이		1							2	6	8	17
뉴질랜드				1			3	1	2	1	1	9
폴란드		1			1		1	1	1	1		6
미국(푸에르토리코섬)					2	1	4					7
포르투갈							1	1			1	3
러시아							1	1			1	3
사우디아라비아				1				1	1			3
스웨덴	1	1		2	1	7	4	4	2	3	1	26
싱가포르						1				5	5	11
슬로바키아									1	1		2
터키			2	3	2	1		2		1		11
타이완		1		2	2	2	3	2	11	6	2	31
미국	11	113	115	135	168	176	227	295	295	422	379	2,336
베트남		1										1
총계	34	264	326	473	638	865	1,221	1,622	1,632	2,249	2,087	11,411



- **(국가별 기술 경쟁력)** 기술의 양적 경쟁력(TS)은 미국이 가장 높게 나타났으며, 중국, 한국, 일본, 유럽의 순서로 나타남.
  - 특허가 다양한 기술시장에 출원되어 있는 정도인 시장확보 지수는 유럽이 가장 높으며, 일본, 미국, 한국, 중국의 순서로 나타남.
  - 특허의 인용도는 미국이 가장 높게 나타났으며, 특허 영향력 또한 유럽, 일본, 한국, 중국의 순서로 나타남.
  - 국내 특허의 경우 질적 수준 대비 시장확보 지수가 낮아 향후 글로벌 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있는 가능성이 존재하는 것으로 보여짐.

표 4-41 | 주요국 제조AI 기술 경쟁력

국가	기술 경쟁력 판단 지수		기술 질적 수준 판단 지수	
	기술력(TS)지수	시장확보(PFS) 지수	특허 인용도(CPP)지수	특허 영향(PII) 지수
한국(KR)	291.52	1.19	5.41	0.32
미국(US)	8891.68	1.31	44.18	2.65
일본(JP)	285.95	1.59	5.57	0.33
유럽(EP)	256.24	2.08	6.54	0.39
중국(CN)	1685.62	0.57	4.99	0.30



- **(산학연별 주요 특허 출원인 분석)** 산학연별 주요 출원인 분석 결과를 보면, 중국이 산학연 분야에서 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남.
  - 중국 내 산업자동화, 로봇 등의 수요가 지속적으로 확대됨에 따라 특허 출원 건수 또한 매우 높은 것으로 보여짐.

| 표 4-42 | 산학연별 주요 특허 출원인 분석

순 번	산		학		연	
	기업명	건수	대학명	건수	기관명	건수
1	Shenzhen UBTECH Technology	1,142	ANHUI POLYTECHNIC University	21	HRG INTERNATIONAL INSTITUTE FOR RESEARCH & INNOVATION	122
2	ECOVACS ROBOTICS	400	THE CHINESE University OF HONGKONG SHENZHEN	10	SOUTH CHINA ROBOTICS INNOVATION Research Institute	61
3	BEIJING HORIZON ROBOTICS TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT	353	GUANGDONG University OF TECHNOLOGY	8	GUANGDONG INTELLIGENT ROBOTICS INSTITUTE	47
4	UBTECH ROBOTICS	326	Cornell University	5	Shenzhen Institute of artificial intelligence and Robotics	46
5	AUTEL ROBOTICS	312	THE BOARD OF REGENTS OF THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	4	GUANGDONG HUST INDUSTRIAL TECHNOLOGY Research Institute	15

### 2.3.4 자율제조

#### 🔍 검색결과

- 검색식을 이용하여 특허를 검색, 총 837건의 특허가 검색됨.

| 표 4-43 | 주요국별 특허 건수(전체)

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
자율제조	211	51	29	25	464	57	837

- 이 중 등록특허를 기준으로 234건의 출원 동향을 파악함.

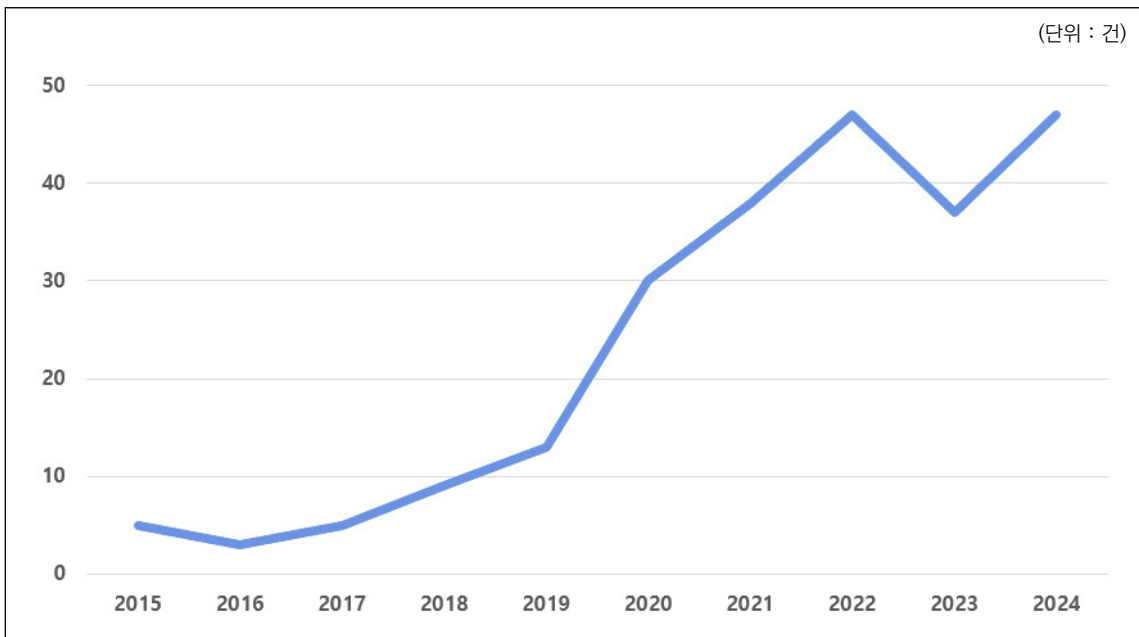
| 표 4-44 | 주요국별 등록특허 건수

국가	한국	미국	일본	유럽	중국	PCT	계
자율제조	106	16	12	3	97	-	234

## 특허 동향

- (특허청별 출원 빈도) 자율제조 관련 특허는 지속적으로 증가 추세를 보이며, '20년 이후부터 증가폭이 높아진 것으로 나타나 활발한 연구가 진행 중인 것으로 나타남.

표 4-45 자율제조 연도별 특허 빈도



국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
전체	5	3	5	9	13	30	38	47	37	47	234
KIPO	2	3	2	4	8	19	14	20	12	22	106
USPTO	1	-	-	2	1	3	-	2	4	3	16
JPO	1	-	-	-	1	2	1	3	3	1	12
EPO	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3
SIPO	1	-	3	3	3	6	23	21	16	21	97

- (출원인 국적별 출원빈도) 출원인의 국적은 한국이 101건으로 가장 많은 특허를 출원하고 있으며, 중국(97건), 미국(15건) 등의 순서로 나타남.

표 4-46 | 연도별 특허 빈도(출원인 국적별)

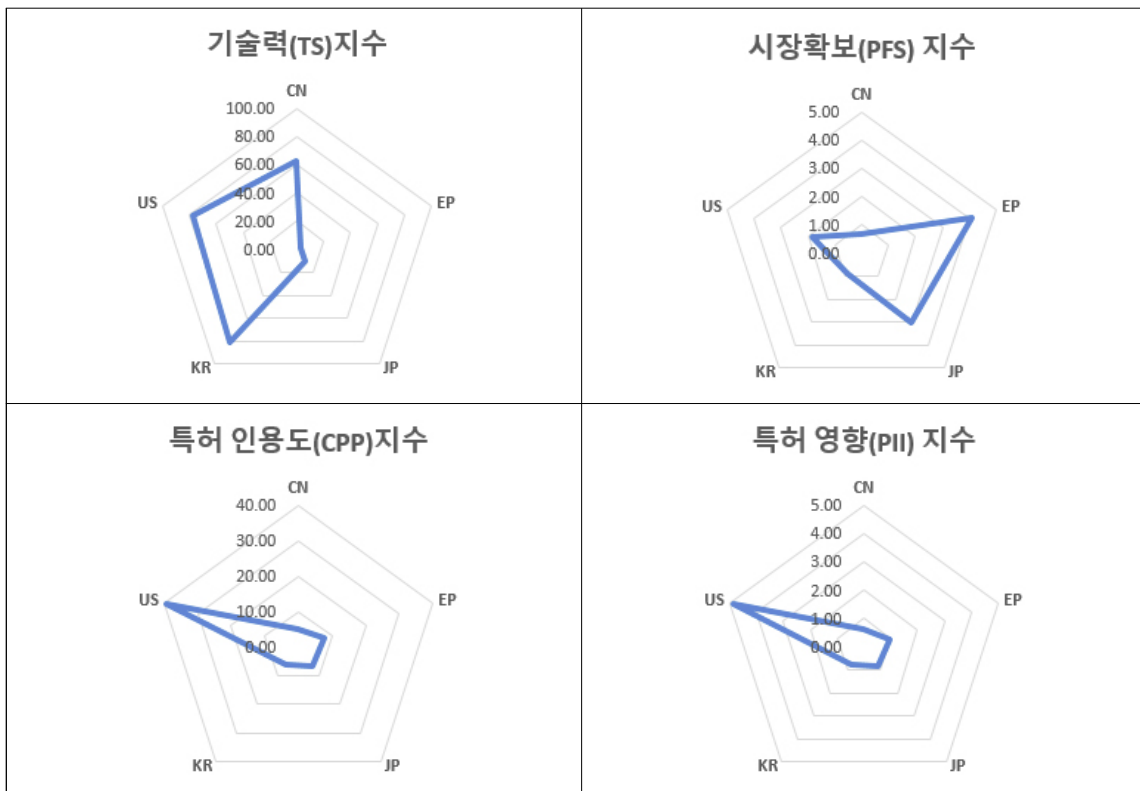
(단위 : 건)

국가	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
캐나다	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
중국	-	-	3	3	2	6	22	21	18	22	97
독일	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	3
프랑스	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
영국	1	1	-	-	-	1	1	-	2	-	6
일본	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2
대한민국	2	2	2	4	7	19	14	18	11	22	101
타이완	1	-	-	-	-	-	-	4	2	1	8
미국	1	-	-	2	2	2	1	2	3	2	15
총계	5	3	5	9	13	30	38	47	37	47	234

- **(국가별 기술 경쟁력)** 기술의 양적 경쟁력(TS)은 한국이 가장 높게 나타났으며, 한국, 미국, 중국이 유사한 수준을 보이는 것으로 나타남.
  - 특허가 다양한 기술시장에 출원되어 있는 정도인 시장확보 지수는 유럽이 가장 높으며, 일본, 미국, 한국, 중국의 순서로 나타남.
  - 특허의 인용도는 미국이 가장 높게 나타났으며, 특허 영향력 또한 미국이 가장 높으며, 유럽, 일본, 한국, 중국의 순서로 나타남.

| 표 4-47 | 주요국 자율제조 기술 경쟁력

국가	기술 경쟁력 판단 지수		기술 질적 수준 판단 지수	
	기술력(TS)지수	시장확보(PFS) 지수	특허 인용도(CPP)지수	특허 영향(PII) 지수
한국(KR)	80.76	0.87	6.17	0.76
미국(US)	77.67	1.83	39.31	4.85
일본(JP)	9.63	3.01	6.50	0.80
유럽(EP)	2.84	4.08	7.67	0.95
중국(CN)	63.10	0.66	5.27	0.65



- **(산학연별 주요 특허 출원인 분석)** 산학연별 주요 출원인 분석 결과를 보면, 산업 및 연구계의 경우 중국 기업 및 기관이 다수의 특허를 출원하고 있으며, 학계의 경우는 국내 대학이 다수의 특허를 출원하고 있는 것으로 나타남.

| 표 4-48 | 산학연별 주요 특허 출원인 분석

순 번	산		학		연	
	기업명	건수	대학명	건수	기관명	건수
1	WEBEN SMART MANUFACTURING SYSTEM (SHANGHAI) CO.,LTD.	21	서울대학교산학협력단	5	XI'AN AERO-SPACE ENGINE & SMART MANUFACTURING INSTITUTE CO.,LTD.	8
2	SHENZHEN JINGTE SMART MANUFACTURING TECHNOLOGY Co.,Ltd.	8	국립부경대학교 산학협력단	5	한국전자통신연구원 (1) CHINA ELECTRONIC PRODUCT RELIABILITY AND ENVIRONMENTAL TESTING Research Institute(1) 등	
3	Beijing Star glory Space Technology Co.,Ltd.   Beijing Star glory Technology, Beijing Star smart Manufacturing Technology	6	경기대학교 산학협력단	5		
4	HANGZHOU YONGTONG SMART MANUFACTURING TECHNOLOGY Co.,Ltd.	6	THE JOHN HOPKINS UNIVERSITY	2		
5	AGILE WING SMART MANUFACTURING CO LTD	3	-	-		





## 제5장

---

### 기계산업 DX 역량지표

1. 개발 배경 및 필요성
2. 기계산업 DX 역량지표의 구성
3. 기계산업 DX 역량 세부 단계
4. DX 역량 단계 평가 및 산출 방법



## 제 5 장 · 기계산업 DX 역량지표

### 1 개발 배경 및 필요성

#### 1.1 기계산업 DX 역량지표 개요

- 기계산업은 전통적으로 국가 경제와 제조업의 근간을 이루는 핵심 산업으로, 정밀한 공정과 고도의 기술력이 요구됨. 그러나 최근 글로벌 시장에서는 4차 산업혁명과 함께 AI, IoT, 빅데이터, 디지털트윈과 같은 첨단 디지털 기술이 급속히 도입되고 있음. 이러한 변화 속에서 기계산업의 경쟁력을 유지하고 지속 가능한 성장을 이루기 위해서는 디지털 전환(DX)이 필수적임.
- 디지털 전환은 단순히 공정의 자동화에 그치지 않고, 데이터 기반 의사결정, 운영 최적화, 자율제조 시스템 구축 등 전반적인 산업 혁신을 의미함. 이에 따라 기계산업의 디지털 전환 수준을 체계적으로 진단하고, 이를 발전시키기 위한 단계별 전략 수립이 필요한 상황임.
- 기계산업 DX 역량지표는 이러한 배경에서 개발되었음. 이 지표를 통해 각 기술 및 공정의 디지털 전환 현황을 정확히 진단하고, 단계별 발전 목표를 설정함으로써 기계산업의 디지털 혁신 역량을 강화하고자 함.

#### 1.2 기계산업 DX 역량지표 개발 배경 및 필요성

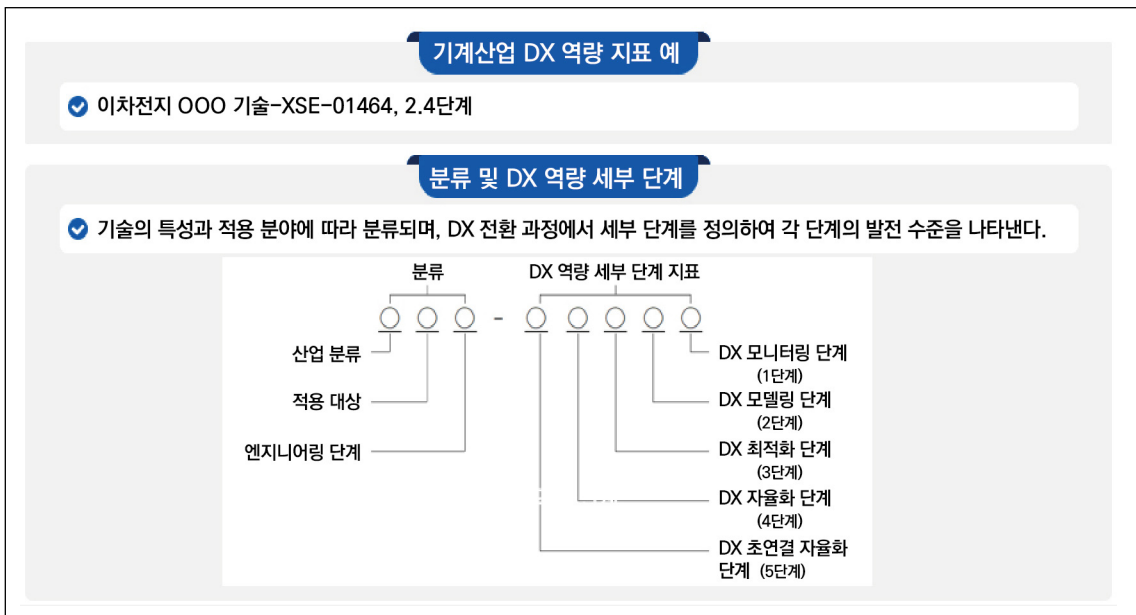
- **(디지털 혁신 역량 강화)** 기계산업 내 기업 및 연구기관은 디지털 혁신 역량을 체계적으로 강화해야 글로벌 경쟁에서 살아남을 수 있음. DX 역량지표는 각 기관이 디지털 전환의 수준을 진단하고, 이를 기반으로 체계적인 혁신 전략을 수립하도록 도움.
- **(단계별 발전 방향 제시)** DX 역량지표는 모니터링, 모델링, 최적화, 자율화, 초연결 자율화의 5단계로 나누어 평가함. 이를 바탕으로 각 기업이나 연구기관이 목표로 하는 DX 수준에 도달하기 위한 구체적인 로드맵을 수립할 수 있음.

- **(디지털 전환 성과의 정량적 평가)** DX 역량지표는 0.0에서 5.0까지의 정량적 평가 방식을 채택하고 있어, 디지털 전환의 성과를 수치로 나타낼 수 있음. 이를 통해 디지털 혁신의 성과를 객관적으로 검토하고 지속적으로 개선할 수 있음.
- **(산업 경쟁력 제고 및 지속 가능한 발전)** 기계산업의 디지털 전환은 생산성 향상, 비용 절감, 품질 개선, 자원 효율화를 가능하게 하며, 궁극적으로 산업 경쟁력 제고와 지속 가능한 발전에 기여함.
- 따라서, 기계산업 DX 역량지표는 단순한 진단 도구를 넘어 기계산업 전체의 디지털 혁신을 촉진하고, 미래 기술 발전에 대응하기 위한 핵심적인 전략적 수단이라고 할 수 있음.

## 2 기계산업 DX 역량지표의 구성

- 기계산업 DX 역량지표는 기계산업 분야에서 디지털 전환(DX) 수준을 진단하고 평가하기 위해 설계된 정량적 지표임. 이 지표는 각 기술과 공정의 디지털 혁신 역량을 수치화하여 표현함으로써, 현재의 DX 수준을 명확히 파악하고 향후 발전 방향을 수립할 수 있도록 지원함.
- DX 역량지표는 0.0에서 5.0까지의 단계별 점수로 평가되며, 이를 통해 디지털 전환의 진행 상태를 직관적으로 확인할 수 있음. 이 지표를 활용하면 기계산업 내 기업 및 연구기관이 디지털 혁신을 체계적으로 추진하고, 경쟁력을 강화하는 데 필요한 전략적 기반을 마련하는데 도움을 주고자 함.
- 기계산업 DX 역량지표는 기계산업의 디지털 전환 수준을 체계적으로 진단하기 위해 다음과 같은 4가지 주요 요소로 구성됨.

| 그림 5-1 | 기계산업 DX 역량 지표



- **(기술명)** 평가 대상이 되는 기술의 명칭을 의미하며, 해당 기술의 디지털 전환 수준을 진단하는 기준이 된다.

\* 예 : 이차전지 기술, 인쇄전자 기술, 자율주행 기술 등.

- **(분류)** 기술의 특성과 적용 분야에 따라 세분화된 분류로, 평가의 범위와 대상을 명확히 구분하여 기계산업의 다양한 기술 및 공정을 체계적으로 진단할 수 있는 기준을 제공함.

| 그림 5-2 | 기계산업 DX 전환대상 기술 분류표

DX 전환대상 기술 분류표		
산업 분류	적용 대상	엔지니어링 단계
M : 일반기계 F : 제조장비 R : 로봇 E : 에너지 H : 수소 B : 바이오 N : 마이크로·나노 S : 반도체·디스플레이 X : 이차전지 C : 자동차 Y : 조선해양 A : 우주항공	M : 소재 C : 부품 P : 공정 S : 장비/시스템 L : 라인 F : 공장	D : 설계·해석 M : 제작·제조 E : 성능평가 O : 유지관리

- **(DX 역량 세부 단계)** 디지털 전환 과정을 1단계부터 5단계까지 세부 단계로 나누어 각 단계별 발전 수준을 평가함.
- **(1단계 : DX 모니터링 단계)** DX 모니터링 단계는 기계산업 디지털 전환의 출발점으로, 디지털 데이터를 수집하고 체계적으로 모니터링하는 단계임.
- 이 단계는 디지털 전환을 위한 기초를 다지며, 데이터 수집 및 관리 체계를 구축하고 공정 상태를 실시간으로 파악하는 것을 목표로 함.

| 표 5-1 | 1단계 : DX 모니터링 단계 진단 질문 표

평가항목	질문	답변
데이터 수집	디지털전환을 목표로, 디지털 데이터를 수집하였는가?	0/1
	디지털 데이터의 사이버 보안을 위한 방안을 고려하였는가?	0/1
	수집한 데이터의 아키텍처가 수립되어 체계적으로 저장되는가?	0/1
	수집한 데이터의 중요성을 판단하기 위해, 데이터 상호간의 연관도 등을 분석하였는가?	0/1
	대상기계가 2D(1점) 또는 3D(2점) 모델링되어 시각화 되었는가?	0/1/2
	실시간으로 데이터를 모니터링하여 디지털트윈에 표현되는 모니터링 기능이 있는가?	0/1
데이터 정제/가공	디지털 데이터를 모델링하기 위하여 정제/가공/효율화 등의 전처리 과정을 수행하는가?	0/1
	디지털 데이터의 전처리 과정을 위하여 AI 기술을 사용하였는가?	0/1
총점		9

- (2단계 : DX 모델링 단계) DX 모델링 단계는 디지털 데이터를 기반으로 공정과 시스템의 디지털 모델을 구축하고, 디지털트윈의 기반을 마련하며, 기초적인 시뮬레이션을 통해 예측과 분석을 수행하는 단계임.
- 이 단계에서는 데이터 수집과 전처리를 자동화하고, AI를 활용한 모델링과 상태 동기화가 이루어져야 함.

| 표 5-2 | 2단계 : DX 모델링 단계 진단 질문 표

평가항목	질문	답변
데이터 수집	디지털 데이터의 수집은 수동이 아닌 자동화 되었는가?	0/1
데이터 정제/가공	디지털 데이터의 전처리는 수동이 아닌 모두 자동화 되었는가?	0/1
	디지털 데이터는 자동화 전처리되고, 정확성/품질 유지를 위하여 AI 기술을 사용하여 자동으로 이상데이터를 식별하는가?	0/1
데이터 처리	디지털 데이터를 이용하여, 대상을 모델링 하였는가?	0/1
	대상의 모델링에 AI 기술을 사용하였는가?	0/1
	PT/DT 간의 상태 동기화(모니터링+DT의 PT 실시간 제어) 기능이 구현되어 있는가?	0/1
	디지털 데이터를 이용하여, 대상의 현재 상태를 분석/진단할 수 있는가?	0/1
	대상의 현재 상태를 분석/진단하는데, AI 기술을 사용하였는가?	0/1
연합역량	다수의 DT/PT 간 데이터 모델링 기능이 있는가?	0/1
총점		9

- **(3단계 : DX 최적화 단계)** DX 최적화 단계(3단계)는 디지털 모델링을 바탕으로 공정 및 시스템을 최적화하는 단계임.
- 2단계까지가 모델링을 완성하는 단계라면, 3단계부터는 이를 이용하는 단계로써, AI 기술과 시뮬레이션을 활용하여 예측하고, 공정 조건을 최적화하며, 시스템의 성능을 향상시키는 것을 목표로 함.
- DX 최적화 단계(3단계)에서 성공적으로 시스템을 최적화하면, 이후 자율화 및 초연결 자율화 단계로의 발전이 가능해짐.

표 5-3 | 3단계 : DX 최적화 단계 진단 질문 표

평가항목	질문	답변
데이터 예측	DX 대상의 예측을 위한, 시뮬레이션 기능이 있는가?	0/1
	디지털 데이터의 예측을 위한, 시뮬레이션 기능에 AI 기술을 사용하였는가?	0/1
	디지털 데이터를 이용하여 대상기계를 최적화하는 기술이 있는가?	0/1
	디지털 데이터를 이용하여 대상기계를 최적화하는 기술에 AI 기술을 사용하였는가?	0/1
	DT 시뮬레이션 결과가 실제 시스템에 자동으로 적용되도록 연동되었는가?	0/1
	대상 기계의 예지/보전을 위한 모델이 구현되어 있는가?	0/1
	대상 기계의 예지/보전을 위한 모델링에 AI 기술을 사용하였는가?	0/1
연합역량	다수의 DT/PT 간 협력적 시뮬레이션이 가능한가?	0/1
	다수의 DT간 협력적 시뮬레이션을 통해 최적화하는 기술이 있는가?	0/1
	다수의 DT/PT 간의 상태 동기화(모니터링+DT의 PT 실시간 제어) 기능이 구현되어 있는가?	0/1
총점		9

- **(4단계 : DX 자율화 단계)** DX 자율화 단계는 공정과 시스템이 최적화된 상태에서, AI와 디지털 기술을 통해 자율적으로 의사결정을 수행하고 시스템을 제어하는 단계임.
- 이 단계에서는 시스템이 사람의 개입 없이 스스로 성능을 향상하고 오류를 수정하며, 자율적으로 운영됨.

표 5-4 | 4단계 : DX 자율화 단계 진단 질문 표

평가항목	질문	답변
데이터 수집	DX 대상이 자율적으로 디지털 데이터의 수집을 하는가?	0/1
자율 의사결정	DX 대상이 자율적으로 모델을 업데이트하는가?	0/1
	DX 대상이 자율적으로 시스템 성능을 실시간 향상/최적화하는 기능이 포함되는가?	0/1
	DX 대상이 자율적으로 의사결정을 내리고 실행하는 기술이 포함되는가?	0/1



평가항목	질문	답변
	예지/보전 모델이, PT/DT 간의 상태 동기화와 실시간 업데이트를 통해서 자동 적응 진화하는가?	0/1
	DX 대상이 자율적으로 시스템 안정성을 높이는 기술이 포함되는가?	0/1
	DX 대상이 자율적으로 오류를 감지하고 수정하는 기술이 있는가?	0/1
	자율 개선 과정을 문서화하고 분석하는 기술이 있는가?	0/1
연합역량	다수의 기계/설비/시스템 간 연합된 생산시스템 효율 최적화 모델이 자율적으로 업데이트 되는가?	0/1
	연합된 디지털 트윈이 생산관리를 위하여 자율적으로 의사결정을 내리고 실행하는 기술이 있는가?	0/1
총점		9

- (5단계 : DX 초연결 자율화 단계) DX 초연결 자율화 단계는 공장 내부뿐만 아니라 외부 공급망, 협력사, 경영 시스템과 긴밀하게 연계된 자율 제조 운영이 이루어지는 단계를 의미함.
- 이 단계는 공장 내부와 외부의 모든 요소가 실시간으로 연결되고 자율적으로 운영되는 디지털 전환의 완성 단계임.

| 표 5-5 | 5단계 : DX 초연결 자율화 단계 진단 질문 표

평가항목	질문	답변
초연결 자율화 역량	공장 내부의 물류/재고 관리와 연합된 자율제조 기술이 있는가?	0/1
	공장 외부의 공급망, 협력사에서 제공하는 부품/장비와 연합된 자율제조 기술이 있는가?	0/1
	최적의 이윤달성을 위한 미래 생산 계획 수립과 연합된 자율제조운영 체계를 갖추었는가?	0/1
	경영 계획, 금융 자원, 인력 지원 등의 경영권과 연합된 자율제조운영 체계를 갖추었는가?	0/1
	DX 연합 자율화 데이터가, 자율적으로 보안과 관리, 프라이버시 보호 시스템 기술을 적용받는가?	0/1
	에너지 소비, 글로벌 자원활용, 환경 영향 등과 연동된 자율제조운영 체계를 갖추었는가?	0/1
	고객 피드백 실시간 수집, 시장변화상황 감시와 연합된 자율제조운영 체계를 갖추었는가?	0/1
	크로스 인더스트리의 영향 및 협업을 고려한 신시장창출 자유제조 운영 체계를 갖추었는가?	0/1
	각국의 규제, 법률, 사회적, 윤리적 책임 등을 실시간 반영하는 자율제조운영 체계를 갖추었는가?	0/1
총점		9

- (DX 역량 단계) 세부 단계에서 평가된 결과를 종합하여 0.0에서 5.0까지의 점수로 표현함.
- 점수는 'a.b' 형식으로 나타내며, 현재의 DX 수준과 목표 지향점을 명확히 진단할 수 있음.

\* 예 : 2.4 단계, 3.5 단계

### 3 기계산업 DX 역량 세부 단계

- 기계산업 DX 역량지표의 DX 세부 단계는 디지털 전환의 성숙도를 진단하기 위해, 1장에 소개된 바와 같이, 1단계부터 5단계까지로 구분됨.
  - 각 세부단계는 디지털 기술 도입과 활용의 심화 정도에 따라 나뉘며, 단계가 높아질수록 디지털 혁신 수준과 자율화 정도가 진보함.
- 각 세부 단계는 진단 문항에 답변하는 방식으로 점수를 매길 수 있음.
  - 단계별로 설정된 진단 질문에 대한 답변을 통해 디지털 전환의 현 수준을 정량적으로 평가하며, 이렇게 산출된 점수를 바탕으로 해당 기술이나 공정이 어느 세부 단계에 속하는지를 확인할 수 있음.
  - 이를 통해 DX 세부 단계의 지표를 구체적으로 파악하고, 각 기관은 현재의 DX 수준과 향후 발전 목표를 명확히 설정할 수 있음.
- 아래에서는 각 DX 세부 단계를 진단하기 위한 구체적인 질문 문항을 소개함.

#### - 1단계 : DX 모니터링 단계

##### [1-1] 디지털전환을 목표로, 디지털 데이터를 수집하였는가?

- 디지털 전환의 첫걸음은 데이터를 수집하는 것이다. 센서, IoT 장치, PLC(Programmable Logic Controller) 등을 활용하여 공정과 기계에서 발생하는 데이터를 체계적으로 수집해야 함.
- 이는 디지털화된 의사결정과 최적화를 위한 필수 기반이며, 데이터 없이는 디지털 전환이 불가능함.

##### [1-2] 디지털 데이터의 사이버 보안을 위한 방안을 고려하였는가?

- 수집된 디지털 데이터가 안전하게 관리되기 위해 사이버 보안 체계를 마련해야 함.
- 암호화, 접근 제어, 보안 모니터링 등을 통해 외부 침해로부터 데이터를 보호함.
- 데이터 보안은 시스템 무결성을 유지하고 지속 가능한 디지털 전환을 위해 필수적임.

##### [1-3] 수집한 데이터의 아키텍처가 수립되어 체계적으로 저장되는가?

- 수집한 데이터는 일관된 구조와 체계적인 저장소에 보관되어야 함.
- 데이터베이스나 클라우드 스토리지를 활용해 데이터 아키텍처를 설계함으로써, 향후 분석과 활용을 용이하게 함.
- 이는 데이터의 접근성과 활용성을 높이는 기반이 됨.

**[1-4] 수집한 데이터의 중요성을 판단하기 위해, 데이터 상호간의 연관도 등을 분석하였는가?**

- 수집된 데이터 간의 연관성을 분석하여 데이터의 중요도를 판단해야 함.
- 데이터 상호 관계를 파악하면 공정의 문제점을 진단하고 개선할 수 있는 인사이트를 도출할 수 있으며, 이는 데이터 기반 의사결정의 정확성을 높임.

**[1-5] 대상기계가 2D(1점) 또는 3D(2점) 모델링되어 시각화 되었는가?**

- 대상 기계를 2D 또는 3D로 시각화하면 기계 및 공정 상태를 직관적으로 파악할 수 있음.
- 2D 모델링은 기본적인 시각화 기능을 제공하며, 3D 모델링은 보다 정교한 분석과 진단을 가능하게 함.
- 시각화는 데이터 해석과 문제 해결을 도움.

**[1-6] 실시간으로 데이터를 모니터링하여 디지털트윈에 표현되는 모니터링 기능이 있는가?**

- 수집된 데이터를 실시간으로 모니터링하여, 현재 공정 상태를 직관적으로 확인할 수 있으며, 이는 실시간 의사결정에 중요한 역할을 함.

**[1-7] 디지털 데이터를 모델링하기 위하여 정제/가공/효율화 등의 전처리 과정을 수행하는가?**

- 수집된 데이터를 정제, 가공, 효율화하는 전처리 과정을 수행해야 함.
- 전처리를 통해 데이터의 품질과 신뢰성을 확보하고, 분석 및 모델링에 필요한 준비를 하며, 이는 데이터 기반 분석의 정확성을 높임.

**[1-8] 디지털 데이터의 전처리 과정을 위하여 AI 기술을 사용하였는가?**

- 데이터 전처리 과정에서 AI 기술을 사용하면 이상 데이터를 자동으로 식별하고 정제할 수 있으며, 모델링을 위해 라벨링을 하는데에 도움을 줌.
- AI 기반 전처리는 데이터 품질을 유지하고, 전처리 작업의 자동화 및 효율화를 가능하게 함.

**- 2단계 : DX 모델링 단계****[2-1] 디지털 데이터의 수집은 수동이 아닌 자동화 되었는가?**

- 디지털 데이터가 수동이 아닌 자동화된 시스템을 통해 수집되어야 함.
- 센서, IoT 장치, PLC 등을 활용해 데이터를 자동으로 수집하면 데이터 누락이나 오류를 최소화할 수 있음.
- 자동화된 데이터 수집은 일관된 데이터 확보와 신속한 대응을 가능하게 함.

**[2-2] 디지털 데이터의 전처리는 수동이 아닌 모두 자동화 되었는가?**

- 데이터 전처리 과정이 수동 작업이 아닌 자동화 시스템으로 이루어져야 함.

- 자동화된 전처리는 데이터 정제, 가공, 효율화를 일관되게 수행하며, 시간과 인력을 절감할 수 있음.
- 이는 데이터 품질을 보장하고 분석 준비 과정을 효율화함.

### **[2-3] 디지털 데이터는 자동화 전처리되고, 정확성/품질 유지를 위하여 AI 기술을 사용하여 자동으로 이상 데이터를 식별하는가?**

- AI 기술을 활용해 자동화된 전처리 과정에서 이상 데이터를 식별하고 정확성과 품질을 유지해야 함.
- AI 기반 전처리는 데이터 오류를 사전에 감지하고 해결함으로써 신뢰성 있는 데이터 분석을 가능하게 함.

### **[2-4] 디지털 데이터를 이용하여, 대상을 모델링하였는가?**

- 수집된 디지털 데이터를 바탕으로 공정이나 시스템을 디지털 모델로 재현해야 함.
- 디지털 모델링은 공정의 시뮬레이션과 분석을 가능하게 하며, 문제점을 사전에 파악하고 개선할 수 있는 기반을 제공한다.

### **[2-5] 대상의 모델링에 AI 기술을 사용하였는가?**

- 디지털 모델링 과정에서 AI 기술을 적용하면 모델의 정확도와 예측 능력을 향상할 수 있음.
- AI 기반 모델링은 복잡한 변수와 패턴을 학습하고 최적화된 모델을 생성하는 데 효과적임.

### **[2-6] PT/DT 간의 상태 동기화(모니터링 + DT의 PT 실시간 제어) 기능이 구현되어 있는가?**

- 물리적 대상(PT)과 디지털트윈(DT) 간에 상태를 실시간으로 동기화하고, 물리적 시스템은 현재 상태를 디지털트윈에게 즉각 전달할 수 있어야 하며, 이에 따라서, 디지털트윈이 물리적 시스템을 제어할 수 있어야 함.
- 이를 통해 공정 상태를 즉각 반영하고 제어함으로써 실시간 대응이 가능해짐.

### **[2-7] 디지털 데이터를 이용하여, 대상의 현재 상태를 분석/진단할 수 있는가?**

- 디지털 데이터를 기반으로 시스템이나 공정의 현재 상태를 분석하고 진단할 수 있어야 함.
- 이를 통해 공정의 문제점을 사전에 파악하고 신속하게 대응할 수 있음.

### **[2-8] 대상의 현재 상태를 분석/진단하는 데 AI 기술을 사용하였는가?**

- AI 기술을 사용해 현재 상태를 분석하고 진단하면 데이터 기반 의사결정의 정확성과 신속성이 높아짐.
- AI는 복잡한 데이터에서 패턴을 인식하고 이상 징후를 자동으로 감지할 수 있음.

## [2-9] 다수의 DT/PT 간 데이터 모델링 기능이 있는가?

- 다수의 디지털트윈(DT)과 물리적 대상(PT) 간에 데이터 모델링이 가능해야 함.
- 이를 통해 복합적인 시스템 간 상호작용을 분석하고 최적화할 수 있으며, 이는 대규모 시스템의 통합 운영을 가능하게 함.

## - 3단계 : DX 최적화 단계

### [3-1] DX 대상의 예측을 위한, 시뮬레이션 기능이 있는가?

- 공정이나 시스템의 예측을 위해 시뮬레이션 기능이 필요함.
- 시뮬레이션을 통해 다양한 시나리오를 가정하고, 공정에서 발생할 수 있는 문제를 사전에 파악하여 대응할 수 있음.

### [3-2] 디지털 데이터의 예측을 위한, 시뮬레이션 기능에 AI 기술을 사용하였는가?

- 시뮬레이션 과정에 AI 기술을 적용하면 예측의 정확도가 향상됨.
- AI는 복잡한 데이터 패턴을 학습하고 최적의 예측 모델을 생성하여, 시뮬레이션 결과의 신뢰성을 높임.

### [3-3] 디지털 데이터를 이용하여 대상기계를 최적화하는 기술이 있는가?

- 디지털 데이터를 활용하여 대상 기계의 성능을 최적화하는 기술이 필요하며, 이를 통해 생산성 향상, 에너지 절감, 품질 개선 등의 효과를 기대할 수 있음.

### [3-4] 디지털 데이터를 이용하여 대상기계를 최적화하는 기술에 AI 기술을 사용하였는가?

- 기계 최적화 과정에 AI 기술을 적용하면 최적화의 효율성과 정확성이 높아짐.
- AI는 최적 조건을 자동으로 도출하고, 공정을 지속적으로 개선할 수 있음.

### [3-5] DT 시뮬레이션 결과가 실제 시스템에 자동으로 적용되도록 연동되었는가?

- 디지털트윈(DT) 시뮬레이션 결과가 실제 물리적 시스템에 자동으로 적용되도록 연동되어야 함.
- 이를 통해 시뮬레이션에서 도출된 최적화 결과를 즉각적으로 현장에 반영할 수 있음.

### [3-6] 대상 기계의 예지/보전을 위한 모델이 구현되어 있는가?

- 대상 기계의 예지 보전 모델이 구현되어야 함.
- 예지 보전은 기계의 고장이나 이상 징후를 사전에 예측하여, 가동 중단을 최소화하고 유지보수 비용을 절감할 수 있음.

**[3-7] 대상 기계의 예지/보전을 위한 모델링에 AI 기술을 사용하였는가?**

- 예지 보전 모델링에 AI 기술을 활용하면 고장 예측의 정확도가 향상됨.
- AI는 기계의 데이터를 분석하여 패턴을 학습하고, 고장 가능성을 실시간으로 진단함.

**[3-8] 다수의 DT/PT 간 협력적 시뮬레이션이 가능한가?**

- 다수의 디지털트윈(DT)과 물리적 대상(PT) 간 협력적 시뮬레이션이 필요함.
- 이를 통해 복잡한 시스템 간 상호작용을 분석하고, 전체 시스템의 최적화가 가능해짐.

**[3-9] 다수의 DT 간 협력적 시뮬레이션을 통해 최적화하는 기술이 있는가?**

- 여러 디지털트윈 간 협력적 시뮬레이션을 통해 공정을 최적화하는 기술이 필요함.
- 이를 통해 전체 생산 시스템의 효율을 극대화할 수 있음.

**[3-10] 다수의 PT/DT 간의 상태 동기화(모니터링 + DT의 PT 실시간 제어) 기능이 구현되어 있는가?**

- 다수의 물리적 대상(PT)과 디지털트윈(DT) 간 상태를 실시간으로 동기화하고 제어하는 기능이 필요함.
- 이를 통해 복잡한 생산 시스템을 실시간으로 모니터링하고 제어할 수 있음.

**- 4단계 : DX 자율화 단계**

**[4-1] DX 대상이 자율적으로 디지털 데이터의 수집을 하는가?**

- 시스템이 사람의 개입 없이 자율적으로 디지털 데이터를 수집해야 함.
- 이는 지속적이고 일관된 데이터 확보를 자율적으로 가능하게 함.

**[4-2] DX 대상이 자율적으로 모델을 업데이트하는가?**

- 시스템이 자율적으로 디지털 모델을 업데이트해야 함.
- 자율 모델 업데이트는 변화하는 공정 조건에 맞게 모델을 지속적으로 최적화하고 정확성을 유지함.

**[4-3] DX 대상이 자율적으로 시스템 성능을 실시간 향상/최적화하는 기능이 포함되는가?**

- 시스템이 실시간으로 성능을 평가하고 자율적으로 최적화해야 함.
- 자율 최적화 기능은 생산성 향상, 품질 개선, 에너지 효율화 등을 지속적으로 추진할 수 있게 함.

**[4-4] DX 대상이 자율적으로 의사결정을 내리고 실행하는 기술이 포함되는가?**

- 시스템이 스스로 데이터를 분석하고, 현상 상황에 맞도록 자율적으로 의사결정을 내린 후 실행해야 함.
- 자율 의사결정은 공정에서 발생하는 문제에 신속하게 대응하는데 기여함.

**[4-5] 예지/보전 모델이, PT/DT 간의 상태 동기화와 실시간 업데이트를 통해서 자동 적응 진화하는가?**

- 예지 보전 모델이 물리적 시스템(PT)과 디지털트윈(DT) 간의 상태 동기화를 통해 실시간으로 업데이트되고 진화해야 함.
- 이를 통해 변화하는 환경에 맞게 유지보수 전략을 조정할 수 있음.

**[4-6] DX 대상이 자율적으로 시스템 안정성을 높이는 기술이 포함되는가?**

- 시스템이 자율적으로 성능을 진단하고 최적화하여 안정성을 높여야 함.
- 이는 시스템의 고장 위험을 줄이고 운영의 신뢰성을 높이는 데 중요함.

**[4-7] DX 대상이 자율적으로 오류를 감지하고 수정하는 기술이 있는가?**

- 시스템이 자동으로 오류를 감지하고 자율적으로 수정해야 함.
- 자율 오류 수정 기능은 생산 중단을 최소화하고, 시스템의 지속적인 가동을 보장함.

**[4-8] 자율 개선 과정을 문서화하고 분석하는 기술이 있는가?**

- 시스템이 수행한 자율 개선 과정을 자동으로 기록하고 분석해야 함.
- 이는 향후 개선 방향을 도출하고, AI 모델이 아직 도입되지 않아서 예측할 수 없는 부분에 대한, 지속적 발전과 개선에 도움을 줌.

**[4-9] 다수의 기계/설비/시스템 간 연합된 생산시스템 효율 최적화 모델이 자율적으로 업데이트 되는가?**

- 다수의 기계, 설비, 시스템이 협력하여 생산 시스템의 효율을 최적화하는 모델이 자율적으로 업데이트되어야 함.
- 이를 통해 전체 생산 라인의 효율성을 극대화할 수 있음.

**[4-10] 연합된 디지털트윈이 생산관리를 위하여 자율적으로 의사결정을 내리고 실행하는 기술이 있는가?**

- 연합된 디지털트윈이 생산 관리 과정에서 자율적으로 의사결정을 내리고 실행해야 함.
- 이를 통해 공정 간 협업이 원활해지고, 생산 효율이 향상됨.

**- 5단계 : DX 초연결 자율화 단계**

**[5-1] 공장 내부의 물류/재고 관리와 연합된 자율제조 기술이 있는가?**

- 공장 내부에서 물류와 재고 관리가 자율적으로 이루어지며, 제조 공정과 연합된 시스템을 통해 최적화해야 함.
- 이를 통해 생산 중단 없이 원활한 재고 흐름과 자율 생산이 가능해짐.

**[5-2] 공장 외부의 공급망, 협력사에서 제공하는 부품/장비와 연합된 자율제조 기술이 있는가?**

- 공장 외부의 공급망과 협력사에서 제공하는 부품 및 장비와 자율적으로 연계되어야 함.
- 이를 통해 공급망 변화에 실시간으로 대응하고 생산 계획을 유연하게 조정할 수 있음.

**[5-3] 최적의 이윤 달성을 위한 미래 생산 계획 수립과 연합된 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 미래의 생산 계획을 수립할 때, 최적의 이윤을 달성하기 위해 자율제조 운영 체계를 연합되어야 함.
- 이를 통해 시장 수요 변화에 맞는 생산 계획을 자율적으로 조정할 수 있음.

**[5-4] 경영 계획, 금융 자원, 인력 지원 등의 경영권과 연합된 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 경영 계획, 재무 전략, 인력 관리 등 경영권과 자율제조 운영이 통합되어야 함.
- 이를 통해 경영 의사결정과 생산 운영이 일관되게 수행될 수 있다.

**[5-5] DX 연합 자율화 데이터가, 자율적으로 보안과 관리, 프라이버시 보호 시스템 기술을 적용받는가?**

- DX 데이터가 보안 및 프라이버시 보호 기술을 자율적 시스템을 통해 적용받아야 함.
- 이를 통해 데이터 무결성과 기밀성을 유지하며, 외부 위협으로부터 시스템을 보호함.

**[5-6] 에너지 소비, 글로벌 자원 활용, 환경 영향 등과 연동된 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 에너지 소비와 자원 활용을 최적화하고, 환경 영향을 최소화하는 자율제조 운영 체계를 통해 지속 가능한 생산시스템을 구축해야 함.

**[5-7] 고객 피드백 실시간 수집, 시장 변화 상황 감시와 연합된 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 고객 피드백을 실시간으로 수집하고, 시장 변화 상황을 감시하여 자율적으로 생산 운영을 조정해야 함.
- 이를 통해 고객 수요에 맞는 유연한 생산이 가능해짐.

**[5-8] 크로스 인더스트리의 영향 및 협업을 고려한 신시장 창출 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 다른 산업과의 협업과 상호작용을 고려한 자율제조 운영 체계가 필요함.
- 이를 통해 새로운 시장을 창출하고 비즈니스 확장 기회를 발굴할 수 있음.

**[5-9] 각국의 규제, 법률, 사회적, 윤리적 책임 등을 실시간 반영하는 자율제조 운영 체계를 갖추었는가?**

- 각국의 규제와 법률, 사회적 및 윤리적 책임을 실시간으로 반영하는 자율제조 운영 체계가 필요함.
- 이를 통해 글로벌 시장에서 법적 준수와 사회적 책임을 다할 수 있음.



## 4 DX 역량 단계 평가 및 산출 방법

- 본 장에서는 기계산업 DX 역량지표를 바탕으로 DX 역량 단계를 산출하는 절차와 방법을 설명함.
- DX 역량 단계는 0.0에서 5.0까지의 점수로 평가되며, 'a.b' 형식으로 표시됨.
- 역량 단계를 산출하기 위해 적용된 가정은 다음과 같다.
  - 세부단계에서 7점 이상을 확보하면, 해당 단계는 달성한 것으로 간주함.
  - 세부단계에서 3점 이상을 확보하면, 해당 단계는 달성에 진입한 것으로 간주하며, 그 전 단계는 달성한 것으로 봄.
  - 세부단계에서 1점 이상 2점 이하를 확보하면, 해당 단계는 달성에 진입하지 않았으나, 일정 부분 기여가 있다고 판단하여 소숫점 점수를 부여함.
- 이와 같은 가정을 바탕으로, DX 역량 단계는 정수 부분 a와 소수 부분 b로 구성되며, 다음의 절차에 따라 계산된다.
  - **(DX 역량 단계 정수 a 산출 방법)** 정수 부분 a는 지표값의 크기에 따라 결정되며, 다음의 절차를 따른다 :
    - 지표값이 7 이상인 단계 중 가장 높은 단계 값을 a1로 설정함.
    - 만약 지표값 중 7 이상의 값이 없는 경우, a1은 0으로 설정함.
    - 지표값이 3 이상인 단계(1~5) 중 가장 높은 단계(1~5) 에서, 그 단계 숫자(단계의 지표값이 아닌) 에서 1을 뺀 값을 a2 로 설정함.
    - 만약 지표값 중 3 이상의 값이 없으면, a2는 0으로 설정함.
    - a1과 a2 중 큰 값을 최종 정수 a로 설정함.
  - **(DX 역량 단계 소수 b 산출 방법)** 소수 부분 b는 정수 부분 a가 결정된 후 다음과 같은 방식으로 계산됨 :
    - a가 5인 경우, b는 0으로 설정함.
    - a가 0~4인 경우, b는 'a+1' 단계 이상의 지표값들의 합으로 설정함.
    - 단, 계산된 b 값이 9를 초과하면, b를 9로 설정한다.
  - DX 역량 단계 산출 예시
    - '이차전지 000 기술-XSE-01464' → 2.5단계

- ‘인쇄전자 OOO 기술-NSM-00073’ → 2.0단계
- ‘자율주행 OOO 기술-AVC-11127’ → 1.5단계
- ‘인공지능 OOO 기술-AIM-00126’ → 0.9단계
- ‘스마트팩토리 공정-XSE-01364’ → 2.4단계
- ‘스마트물류 시스템-LGA-00234’ → 1.5단계
- ‘예지보전 시스템-PRS-11137’ → 1.6단계
- ‘디지털트윈 기반 제어-DTW-00326’ → 2.3단계

## 붙임자료

### 1. 기관별 디지털전환 시장전망



# 붙임자료

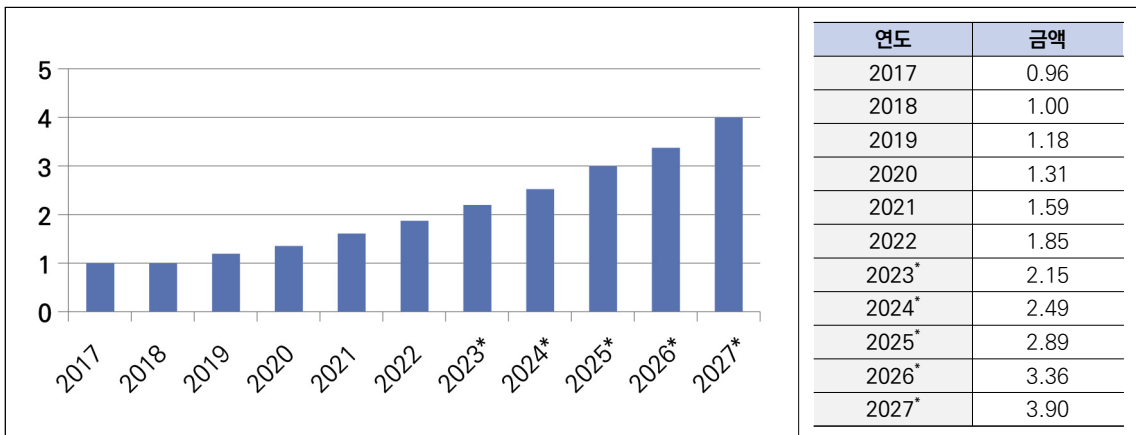
## 붙임 1 기관별 디지털전환 시장전망

### 1.1 Statista(2023)

- (개요) 디지털 전환 기술의 글로벌 투자 금액이 2017년 0.96조 달러에서 2027년에는 3.90조 달러로 증가할 전망
- (성장률) 2017년부터 2027년까지의 기간 동안 예상되는 연평균 복합 성장률(CAGR)은 약 15%로, 디지털 전환 기술 투자가 강력한 성장 동력을 유지할 것으로 분석됨
  - 디지털 전환의 높은 성장률은 COVID-19 팬데믹으로 인해 증가한 재택근무와 기업들의 경쟁력 유지 필요성 때문
- (전망) 투자 증가는 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터, 인공지능, 사물 인터넷(IoT) 등과 같은 첨단 기술의 발전과 밀접한 관련이 있으며, 이 기술들이 경제 전반에 미치는 영향이 확대됨에 따라 투자 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

| 그림 6-1 | 디지털 전환 기술 투자 금액

(단위 : 조 달러)



\* 출처 : Statista (2023.11.), \*는 추정치

1.2 Fact.MR(2024)

- (개요) 2024년 글로벌 디지털 전환 시장은 7,914억 달러로 추산되며, 2034년 2조 6,394억 달러에 이를 것으로 예상
    - 국내 디지털 전환 시장규모는 2024년 349억 달러에서 2034년 1,408억 달러로 증가할 것으로 추정
  - (성장률) 2024년부터 10여년간 연평균 12.8%의 성장률로 확장될 것으로 분석, 국내 성장률은 13.6%로 평균을 상회
    - 블록체인, 양자컴퓨팅, 예측분석, AI, 머신러닝의 도입이 시장 확대를 이끌 것으로 예측되며, IoT는 제조, 자동차, 의료 등 다양한 산업에서 중요한 역할을 할 것
  - (전망) 디지털 전환은 비즈니스를 단순화하고 자동화를 통해 오류 가능성을 줄이며, 조직들이 시간과 노력을 절약하고 지속 가능한 방식으로 자원을 사용할 수 있도록 하는 것으로 발전할 것으로 예상
  - (주요기업) 첨단 기술과 혁신적 솔루션을 제공하여 다양한 산업의 비즈니스 운영을 변화시키는 데 역할하고 있는 기업들을 소개
- \* Kellton Tech Solutions Ltd., Microsoft Corporation, Salesforce, Inc., Accenture Plc., Adobe Systems Inc., IBM, Oracle, Hewlett Packard Enterprise Co., International Business Machines Corporation, Dell EMC, Dempton Consulting Group, Google Inc., Happiest Minds, Broadcom, Inc., Cisco Systems, Inc., SAP SE, TIBCO Software.

| 표 6-1 | 디지털 전환 시장 전망

구분	미국	대한민국
시장 가치 (2024E)	\$842억 달러	\$394억 달러
성장률 (2024년-2034년)	연평균 성장률 13.3%	연평균 성장률 13.6%
예상 가치 (2034F)	\$2,925억 달러	\$1,408억 달러

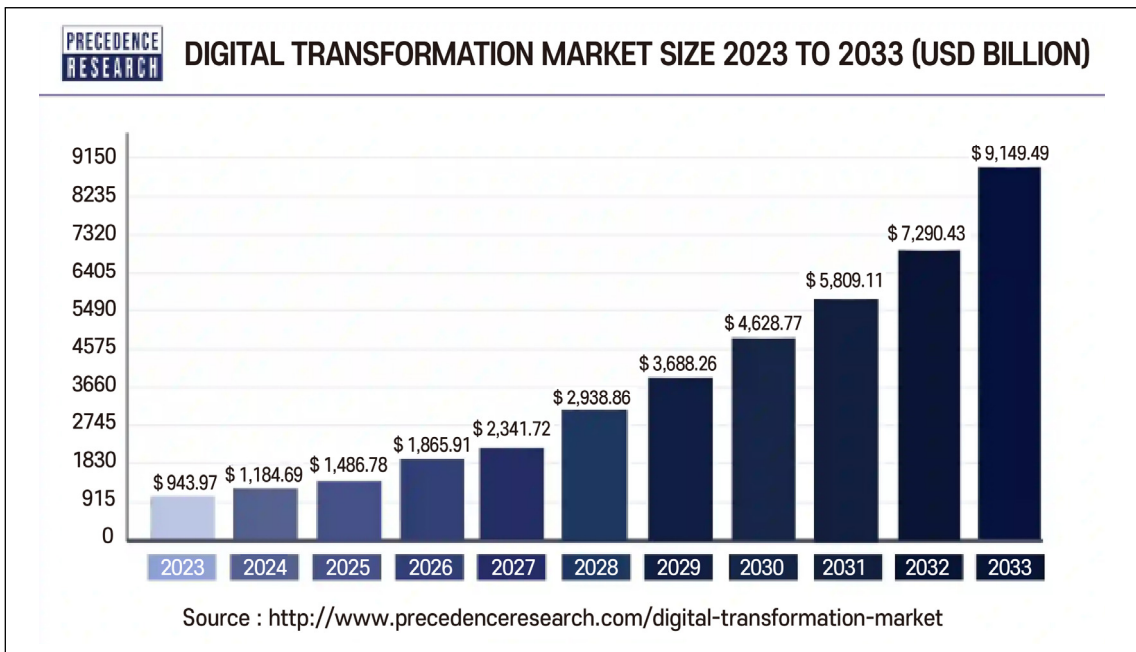
\* 출처 : Fact.MR.

### 1.3 Precedence Research(2024)

- (개요) 2023년 글로벌 디지털 전환 시장은 9,439억 7천만 달러로 평가되었으며, 2024년부터 2033년까지 연평균 성장률(CAGR) 25.5%로 성장하여 2033년까지 9조 1,494억 9천만 달러에 이를 것으로 예상
  - 아시아 태평양 지역은 가까운 미래에 가장 빠르게 성장하는 시장으로 예상되며, 2024년부터 2033년까지의 연평균 성장률은 29.5%로 예측
- (성장 동력) Industry 4.0의 보급 증가와 다양한 비즈니스 기업에서 빅 데이터 분석, 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅과 같은 첨단 기술에 대한 수요가 증가
- (주요기업) 디지털 혁신 시장에서 각각 특화된 기술과 서비스를 제공하며, 이를 통해 각 산업 분야의 디지털 전환을 촉진하는 기업

\* Dell EMC, Cognizant, Accenture PLC, Google, Capgemini, Siemens AG, Cognex Corporation, IBM Corporation, Microsoft Corporation, Deloitte Touche Tohmatsu Ltd., PricewaterhouseCoopers, Hewlett-Packard Company, SAP SE, Oracle Corporation, Adobe Systems Inc., HukunMatata Solutions, ScienceSoft Inc., SumatoSoft, Space-O Technologies.

| 그림 6-2 | Precedence Research 디지털 트랜스포메이션 시장전망



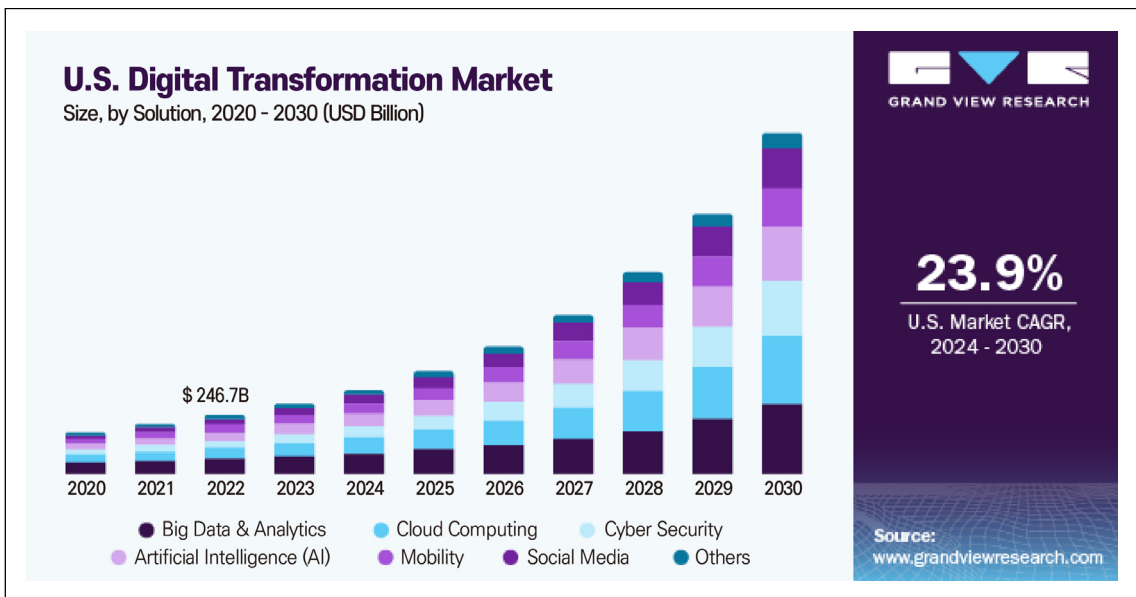
\* 출처 : Precedence Research (2024.5.)

## 1.4 Grand View Research(2023)

- (개요) 2023년 글로벌 디지털 전환 시장은 8,802억 8천만 달러로 평가되었으며, 2024년부터 2030년까지 연평균 복합 성장률(CAGR) 27.6%로 성장하여 2030년까지 9조 1,494억 9천만 달러
  - 아시아 태평양 디지털 전환 시장은 중소기업의 디지털 혁신 솔루션 채택 증가로 인해 연평균 성장률(CAGR) 30.3%로 빠르게 성장
- (기술 도입 및 적용 분야) 디지털 혁신은 조직이 다양한 위험을 관리하고 지정학적 상황, 시장 변동, 기업 재구성 등의 혼란을 처리하는데 도입
  - 기업은 실시간 정보를 활용하여 실행 가능한 통찰력을 얻고, 고객 요구를 더 잘 이해하며, 전반적인 효율성을 높이는 데 AI, 빅 데이터 및 BI를 점점 더 활용
- (주요기업) 비즈니스 프로세스를 최적화하고, 클라우드, AI, 데이터 분석, 보안 등의 첨단 기술을 통해 전 세계 조직들의 효율성을 향상하는 기업

\* Accenture plc, Adobe Systems Inc., Broadcom, Inc., Cisco Systems, Inc., Dell EMC, Dempton Consulting Group, Google Inc., Happiest Minds, Hewlett Packard Enterprise Co., International Business Machines Corporation, Kellton Tech Solutions Ltd., Microsoft Corporation, Salesforce, Inc., SAP SE, TIBCO Software

| 그림 6-3 | 미국 디지털트랜스포메이션 시장전망



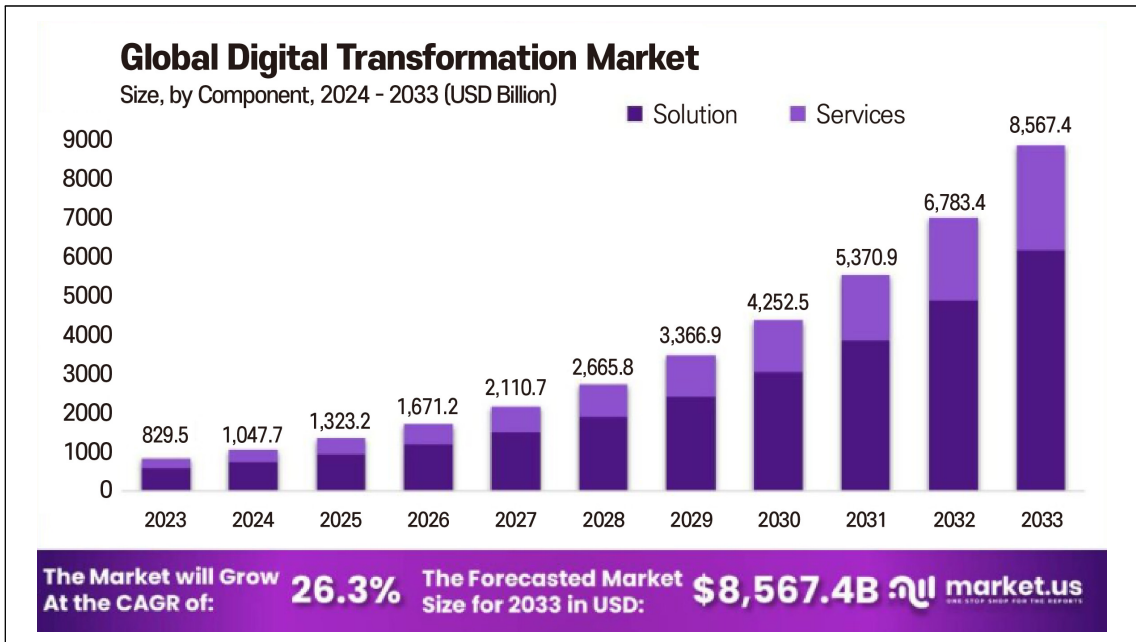
\* 출처 : Grand View Research(2023)



## 1.5 Market US(2024)

- (개요) 2023년 글로벌 디지털 전환 시장은 8,295억달러로 평가되었으며, 2024년부터 2033년까지 연평균 복합 성장률(CAGR) 26.3%로 성장하여 2033년까지 8조 5,674억 달러
  - 디지털 전환 시장은 클라우드 컴퓨팅, 빅 데이터 분석, AI, IoT, 로봇 프로세스 자동화, 사이버 보안 등을 포함한 광범위한 솔루션과 서비스를 포괄
- (GDP 기여율) 2023년까지 디지털 혁신 기업은 전 세계 GDP의 50% 이상, 53조 3,000억 달러에 달하는 기여를 할 것으로 예상
- (AI의 기여) AI 기반 디지털 전환 솔루션의 효율성과 정확성이 크게 향상될 것으로 예상되며, 데이터 분석과 의사 결정에 통찰을 제공
  - \* 예를 들어, Microsoft Dynamics 365 Field Service와 Microsoft Dynamics 365 Sales를 활용하여 G&J Pepsi는 수익을 8% 늘리고 운영 비용을 6.6% 절감
- (억제요인) 사이버 보안 위험 및 데이터 개인정보 보호의 엄격한 규정은 디지털 전환의 성장의 억제요인이라 할 수 있음

| 그림 6-4 | 글로벌 디지털 트랜스포메이션 시장 전망



\* 출처 : Market US (2024.3)

# 기계산업 디지털전환 기술 백서

인쇄일 2024년 12월 31일

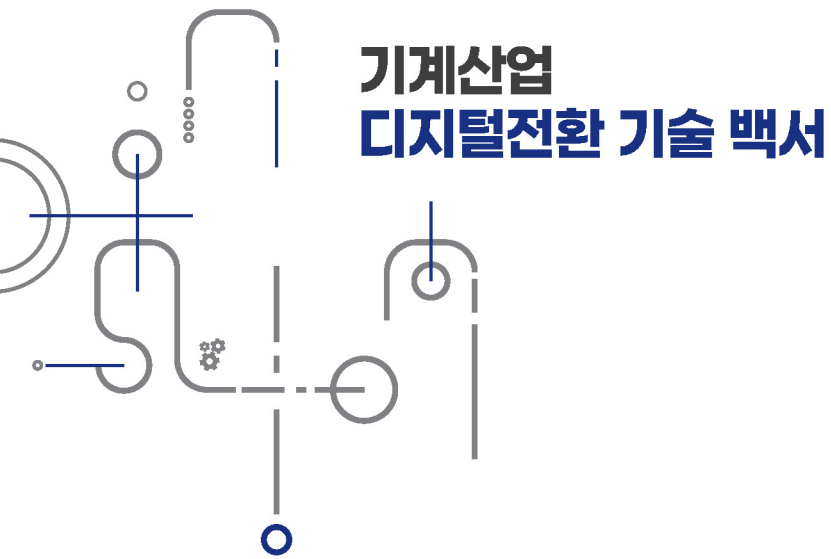
발행일 2024년 12월 31일

발행처 한국기계연구원  
DX전략연구단 / 기계정책센터

주 소 (34103) 대전광역시 유성구 가정북로 156

전 화 042-868-7451 / 042-868-7640

본 책자의 무단복제 및 상업용으로 사용을 일체 금합니다.



## 기계산업 디지털전환 기술 백서



**한국기계연구원**  
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

DX전략연구단  
기계정책센터

(34103) 대전광역시 유성구 가정북로 156 한국기계연구원 기계정책센터  
TEL : 042-868-7451, 042-868-7640 [www.kimm.re.kr](http://www.kimm.re.kr)